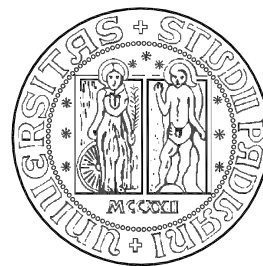


UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA

AREA EDILIZIA, PATRIMONIO IMMOBILIARE E ACQUISTI

Servizio Progettazione e Sviluppo Edilizio

PADOVA - Riviera Tito Livio n. 6 - tel. 049/8273274 fax 049/8273269



LOTTO 5B Serre '800

Restauro Serre Ottocentesche Orto Botanico di Padova
Bando Regionale di cui alla D.G.R. n. 2048 del 3.11.2014.
PAR FSC 2007-2013 Attuazione Asse 3 "Beni Culturali e Naturali"



Università di Padova

Responsabile Procedimento
Arch. Enrico D'Este

Mosaico Progetti

Coordinamento e progettazione
Ing. Federico Nosandoni
Dott. Gianluca Malaspina

Progettazione architettonica
Arch. Federico De Marzo
con:
Ing. Riccardo Nosandoni
Arch. Silvia Barbaro

Progettazione impianti termotecnici
Per. Ind. Andrea Sbroglio
Per. Ind. Luciano Callegaro

Progettazione impianti elettrici
Per. Ind. Luca Busatto

Progettazione strutturale
Ing. Piero Rigo



Gruppo di progettazione:

Progettazione architettonica:



VENEZIA MESTRE via Toffoli 14 - 30175
info@mosaicoprogetti.it - www.mosaicoprogetti.it

Progettazione specialistiche:

Soluzioni Termotecniche, Via Castellana 88 C/D int. 1 - 30030 Martellago (Ve)
New Project S.r.l., Via Castellana 88 C/D int. 1 - 30030 Martellago (Ve)
Piero Rigo Ingegnere, Via Cairoli 74 - 30031 Dolo (Ve)

cod.edif.: 0010A

Lotto 5B - Serre Ottocentesche

PROGETTO ESECUTIVO

Capitolato speciale appalto - prescrizioni tecniche opere edili

scala:

data: novembre 2015

Redatto:

Tav:

aggiorn.: aprile 2016

EarRel0210

nome file: 112L5B EarRel 0210 Capitolato speciale - Prescrizioni

INDICE GENERALE DEGLI ARTICOLI

Capitolo 1 - NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI

Art. 0 - Art. 33 – articoli riguardanti aspetti contrattuali e amministrativi– cancellati e sostituiti dallo Schema di Contratto

Art. 34 - Lavori a misura

Art. 35 - Impianti

Art. 36 - Sottofondi stradali e pavimentazioni varie

Art. 37 - Lavori in economia, lavori compensati a corpo e lavori diversi

Art. 38 - Opere a verde

Capitolo 2 - QUALITÀ, PROVENIENZA E NORME DI ACCETTAZIONE DEI MATERIALI E DELLE FORNITURE

Art. 39 - Accettazione, qualità ed impiego dei materiali

Art. 40 - Provvista dei materiali

Art. 41 - Sostituzione dei luoghi di provenienza dei materiali previsti in contratto

Art. 42- Norme di riferimento

Art. 43- Ghiaia e pietrisco

Art. 44 - Sabbia

Art. 45 - Acqua

Art. 46 - Impasti

Art. 47 - Additivi

Art. 48 - Malte

Art. 49 - Gesso

Art. 50 - Calce

Art. 51 - Cemento

Art. 52 - Laterizi

Art. 53 - Manufatti di pietre naturali o ricostruite

Art. 54 - Prodotti per pavimentazione

Art. 55 - Prodotti per rivestimenti interni ed esterni

Art. 56 - Sigillanti, adesivi, geotessili

Art. 57 - Prodotti e materiali per pareti esterne e partizioni interne

Art. 58 - Prodotti per coperture discontinue (a falda)

Art. 59 - Impermeabilizzazioni e coperture piane

Art. 60 - Acciaio per cemento armato

Art. 61 - Acciaio per cemento armato precompresso

Art. 62 - Acciaio per strutture

Art. 63 - Vetri

Art. 64 - Prodotti a base di legno

Art. 65 - Infissi

Art. 66 - Prodotti per assorbimento acustico

Art. 67 - Prodotti per isolamento acustico

Capitolo 3 - MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLE OPERE

- Art. 68 - Normativa sulla prevenzioni infortuni
- Art. 69 - Dispositivi di protezione
- Art. 70 - Scavi e sbancamenti
- Art. 71 - Divieti per l'Appaltatore
- Art. 72 - Riparazione di sottoservizi
- Art. 73 - Rilevati e rinterri
- Art. 74 - Paratie e diaframmi
- Art. 75 - Palancole infisse
- Art. 76 - Paratie costruite in opera
- Art. 77 - Demolizioni
- Art. 78 - Materiali di demolizione e oggetti trovati
- Art. 79 - Allontanamento e /o deposito delle materie di scarico
- Art. 80 - Fondazioni dirette
- Art. 81 - Opere e strutture di muratura
- Art. 82 - Spessore minimo dei muri
- Art. 83 - Cordoli di piano
- Art. 84 - Muratura armata
- Art. 85 - Murature e riempimenti in pietrame a secco - Vespai
- Art. 86 - Murature formate da elementi resistenti artificiali
- Art. 87 - Murature formate da elementi resistenti naturali
- Art. 88 - Incatenamenti orizzontali interni
- Art. 89 - Collegamenti
- Art. 90 - Costruzione delle volte
- Art. 91 - Calcestruzzo leggero strutturale e per strutture in c.a. normale. Calcestruzzo aerato autoclavato
- Art. 92 - Cemento armato precompresso
- Art. 93 - Armature minime degli elementi strutturali in c.a
- Art. 94 - Dimensioni minime degli elementi strutturali in c.a
- Art. 95 - Solai misti di c.a. e c.a.p. e blocchi forati in laterizio
- Art. 96 - Solai misti di c.a. e c.a.p. e blocchi diversi dal laterizio
- Art. 97 - Solai realizzati con l'associazione di elementi in c.a. e c.a.p. prefabbricati con unioni e/o getti di completamento
- Art. 98 - Solai in legno
- Art. 99 - Esecuzione coperture continue (piane)
- Art. 100 - Esecuzione coperture discontinue (a falda)
- Art. 101 - Opere di impermeabilizzazione
- Art. 102 - Esecuzione delle pareti esterne e partizioni interne
- Art. 103 - Sistemi per rivestimenti interni ed esterni
- Art. 104 - Opere di vetratura e serramentistica
- Art. 105 - Esecuzione delle pavimentazioni
- Art. 106 - Regole pratiche di progettazione ed esecuzione per le strutture in acciaio
- Art. 107 - Unioni con bulloni normali e saldate
- Art. 108 - Modalità esecutive per le unioni di strutture in acciaio
- Art. 109 - Piastre od apparecchi di appoggio
- Art. 110 - Travi a parete piena e reticolari
- Art. 111 - Travi reticolari
- Art. 112 - Verniciatura e zincatura
- Art. 113 - Strutture in legno
- Art. 114 - Adesivi e collegamenti per strutture in legno
- Art. 115 - Unità ambientali per l'accessibilità e visitabilità
- Art. 116 - Edifici in muratura - Provvedimenti tecnici di intervento
- Art. 117 - Consolidamenti di edifici in cemento armato - Provvedimenti tecnici d'intervento

Art. 118 - Decorazioni, tinteggiature, verniciature, tappezzerie

Capitolo 4 - PROVE VERIFICHE E COLLAUDO

Art. 119 - Controlli regolamentari sul conglomerato cementizio

Art. 120 - Controlli sul calcestruzzo fresco

Art. 121 - Altri controlli sul calcestruzzo in corso d'opera

Art. 122 - Altri controlli sul calcestruzzo indurito

Art. 123 - Rilevazione del copriferro, posizione e diametro dei ferri

Art. 124 - Controlli sulle armature

Art. 125 - Collaudo statico di strutture in c.a.

Art. 126 - Determinazione sperimentale della resistenza a compressione degli elementi resistenti artificiali e naturali

Art. 127 - Determinazione sperimentale della resistenza a compressione e della resistenza a taglio della muratura

Art. 128 - Prove non distruttive sulle murature in situ

Art. 129 - Collaudo statico degli edifici in muratura

Art. 130 - Collaudo statico di opere di sostegno e di fondazione

Art. 131 - Ancoraggi o tirantature

Art. 132 - Prove distruttive per bulloni e chiodi di ancoraggio soggetti a sforzi di prevalente trazione

Art. 133 - Controlli non distruttivi sulle strutture in acciaio

Art. 134 - Controllo sulle strutture in legno

Art. 135 - Prove non distruttive sul legno lamellare

Parte Seconda

PREMESSA

1. La parte amministrativa e contrattuale è definita nello schema di contratto
2. Il presente capitolato speciale riguarda solamente gli aspetti tecnici e normativi delle opere da realizzare; gli articoli riguardanti gli aspetti contrattuali dall'art. 1 all'art. 33 del presente capitolato speciale sono stati annullati e inseriti nello Schema di Contratto di cui sono parte integrante.

Capitolo 1

NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI

Art. 34 - Lavori a misura

Premessa

I lavori a misura sono esclusivamente i lavori relativi alla realizzazione delle fondazioni.

I seguenti articoli definiscono la modalità di misurazione e misura qualora fosse necessaria al fine di verifiche, varianti ecc.

34.1. Scavi

34.1.1. Scavi in genere

Oltre che per gli obblighi particolari emergenti dal presente articolo, con i prezzi d'elenco per gli scavi in genere l'Appaltatore deve ritenere compensato per tutti gli altri eventuali oneri:

- per taglio di piante, estirpazione di ceppaie, radici, ecc.;
- per il taglio e lo scavo con qualsiasi mezzo delle materie sia asciutte che bagnate, di qualsiasi consistenza ed anche in presenza d'acqua;
- per paleggi, innalzamento, carico, trasporto e scarico a rinterro od a rifiuto entro i limiti previsti in elenco prezzi, sistemazione delle materie di rifiuto, deposito provvisorio e successiva ripresa;
- per la regolazione delle scarpate o pareti, per lo spianamento del fondo, per la formazione di gradoni, attorno e sopra le condotte di acqua od altre condotte in genere, e sopra le fognature o drenaggi secondo le sagome definitive di progetto esecutivo;
- per puntellature, sbadacchiature ed armature di qualsiasi importanza e genere secondo tutte le prescrizioni contenute nel presente Capitolato speciale d'appalto, compresi le composizioni, scomposizioni, estrazioni ed allontanamento, nonché sfridi, deterioramenti, perdite parziali o totali del legname o dei ferri;
- per impalcature, ponti e costruzioni provvisorie, occorrenti sia per il trasporto delle materie di scavo sia per la formazione di rilevati, per passaggi, attraversamenti, ecc.;
- per ogni altra spesa necessaria per l'esecuzione completa degli scavi.

34.1.2. Misurazione degli scavi in genere

La misurazione degli scavi verrà effettuata nei seguenti modi:

- il volume degli scavi di sbancamento verrà determinato col metodo delle sezioni ragguagliate, in base ai rilevamenti eseguiti in contraddittorio con l'Appaltatore, prima e dopo i relativi lavori;
- gli scavi di fondazione saranno computati per un volume uguale a quello risultante dal prodotto della base di fondazione per la sua profondità sotto il piano degli scavi di sbancamento, ovvero del terreno naturale, quando detto scavo di sbancamento non viene effettuato.

Al volume così calcolato si applicheranno i vari prezzi fissati nell'elenco per tali scavi; quindi essi saranno valutati sempre come eseguiti a pareti verticali, ritenendosi già compreso e compensato col prezzo unitario di elenco ogni maggiore scavo.

Tuttavia per gli scavi di fondazione da eseguire con impiego di casseri, paratie o simili strutture, sarà incluso nel volume di scavo per fondazione anche lo spazio occupato dalle strutture stesse.

I prezzi di elenco, relativi agli scavi di fondazione, sono applicabili unicamente e rispettivamente ai volumi di scavo compresi fra piani orizzontali consecutivi, stabiliti per diverse profondità, nello stesso elenco dei prezzi.

Pertanto la valutazione dello scavo risulterà definita, per ciascuna zona, dal volume ricadente nella zona stessa e dall'applicazione ad esso del relativo prezzo di elenco.

34.2. Demolizioni, dismissioni, rimozioni

34.2.1. Demolizioni di fabbricati

La demolizione di fabbricati o residui di fabbricati sarà valutata a metro cubo vuoto per pieno. La misurazione del volume vuoto per pieno sarà fatta computando le superfici esterne dei vari piani, con esclusione di aggetti, cornici e balconi, e moltiplicando dette superfici per le altezze dei vari piani, da solaio a solaio; per l'ultimo piano demolito sarà preso come limite superiore d'altezza il piano di calpestio del solaio di copertura, o dell'imposta della linea di gronda del tetto; per il piano più basso si farà riferimento alla quota inferiore di demolizione.

34.2.2. Demolizioni di tramezzi

Le demolizioni parziali o totali di elementi tramezzi di qualsiasi spessore compresi i rivestimenti saranno valutate per ogni metro quadrato e per ogni cm di spessore, compreso l'onere del trasporto a rifiuto del materiale di risulta.

34.2.3. Demolizione di pavimenti e rivestimenti

La demolizione di pavimenti e rivestimenti interni quali marmi, piastrelle e simili, compresa la demolizione dell'eventuale sottostrato di malta ed il trasporto a rifiuto del materiale di risulta sarà compensata a metro quadrato di superficie demolita.

34.2.4. Demolizione di elementi strutturali in conglomerato cementizio armato e non armato

La demolizione elementi strutturali in conglomerato cementizio armato e non armato il trasporto a rifiuto del materiale di risulta sarà compensata a metro cubo di struttura demolita.

34.2.5. Dismissioni

La dismissione di lastre di marmo per soglie, davanzali di finestre, pedate alzate di gradini e simili, compreso la rimozione dello strato di malta sottostante ed il trasporto a rifiuto del materiale inutilizzabile sarà compensata a metro quadrato di superficie dismessa.

34.2.6. Rimozioni di tubazioni e grondaie

La rimozione di tubazioni di scarico, acqua, gas, pluviali e grondaie di qualsiasi diametro ed il trasporto a rifiuto del materiale inutilizzabile sarà compensata a metro lineare di tubazione dismessa.

34.2.7. Rimozioni di infissi

La rimozione di infissi interni od esterni, compreso mostre, telai, succieli, ed il trasporto a rifiuto del materiale inutilizzabile sarà compensata a corpo.

34.2.8. Rimozioni di ringhiere, grate, cancelli, ecc.

La rimozione di opere in ferro quali ringhiere, grate, cancelli, ecc., ed il trasporto a rifiuto del materiale inutilizzabile sarà compensata a metro quadrato.

34.2.9. Rimozione di apparecchi igienico-sanitari e di riscaldamento

La rimozione di apparecchi igienico-sanitari e di riscaldamento, ed il trasporto a rifiuto del materiale di risulta sarà compensata ad elemento.

34.3. Rilevati, rinterri, vespai

34.3.1. Misurazioni

Il volume dei rilevati e dei rinterri sarà determinato con il metodo delle sezioni ragguagliate, in base a rilevamenti eseguiti come per gli scavi di sbancamento. I rinterri di cavi a sezione ristretta saranno valutati a metro cubo per il loro volume effettivo misurato in opera. Nei prezzi di elenco sono previsti tutti gli oneri per il trasporto dei terreni da qualsiasi distanza e per gli eventuali indennizzi a cave di prestito.

34.3.2. Preparazione del piani di posa dei rilevati

La preparazione del piano di posa dei rilevati, compresi: il taglio e l'asportazione di piante, arbusti, basso bosco, ceppai e vegetazione in genere, l'asportazione del terreno vegetale per uno spessore non inferiore a 30 cm (da computare nel calcolo dei volumi), il riempimento con idonei materiali dei vuoti lasciati dalle parti asportate, ecc., sarà compensato per ogni metro quadrato di superficie preparata.

34.3.3. Riempimento con misto granulare

Il riempimento con misto granulare a ridosso delle murature per drenaggi, vespai, ecc., sarà valutato a metro cubo per il suo volume effettivo misurato in opera.

34.3.4. Paratie di calcestruzzo armato

Saranno valutate per la loro superficie misurata tra le quote di imposta delle paratie stesse e la quota di testata della trave superiore di collegamento.

Nel prezzo sono compresi tutti gli oneri per la trivellazione, la fornitura ed il getto del calcestruzzo, la fornitura e posa del ferro d'armatura, la formazione e successiva demolizione delle corree di guida nonché la scapitozzatura, la formazione della trave superiore di collegamento, l'impiego di fanghi bentonitici, l'allontanamento dal cantiere di tutti i materiali di risulta e gli spostamenti delle attrezzature.

34.3.5. Vespai

Nei prezzi dei vespai è compreso ogni onere per la fornitura di materiali e posa in opera come prescritto nelle norme sui modi di esecuzione.

La valutazione sarà effettuata al metro cubo di materiali in opera.

34.4. Murature

34.4.1. Generalità

Tutte le murature in genere, salvo le eccezioni in appresso specificate, saranno misurate geometricamente, a volume od a superficie, secondo la categoria, in base a misure prese sul vivo dei muri, esclusi cioè gli intonaci. Sarà fatta deduzione di tutti i vuoti di luce superiore a $1,00\text{ m}^2$ e dei vuoti di canne fumarie, canalizzazioni, ecc., che abbiano sezione superiore a $0,25\text{ m}^2$, rimanendo per questi ultimi, all'Appaltatore, l'onere della loro eventuale chiusura con materiale in cotto. Così pure sarà sempre fatta deduzione del volume corrispondente alla parte incastrata di pilastri, piattabande, ecc., di strutture diverse, nonché di pietre naturali od artificiali, da pagarsi con altri prezzi di tariffa.

Nei prezzi unitari delle murature di qualsiasi genere, qualora non debbano essere eseguite con paramento di faccia vista, si intende compreso il rinzafo delle facce visibili dei muri. Tale rinzafo sarà sempre eseguito, ed è compreso nel prezzo unitario, anche a tergo dei muri che debbono essere poi caricati a terrapieni. Per questi ultimi muri è pure sempre compresa la eventuale formazione di feritoie regolari e regolarmente disposte per lo scolo delle acque ed in generale quella delle ammorsature e la costruzione di tutti gli incastri per la posa in opera della pietra da taglio od artificiale. Nei prezzi della muratura di qualsiasi specie si intende compreso ogni onere per formazione di spalle, sguinci, canne, spigoli, strombature, incassature per imposte di archi, volte e piattabande.

Qualunque sia la curvatura data alla pianta ed alle sezioni dei muri, anche se si debbano costruire sotto raggio, le relative murature non potranno essere comprese nella categoria delle volte e saranno valutate con i prezzi delle murature rotte senza alcun compenso in più.

Le ossature di cornici, cornicioni, lesene, pilastri, ecc., di aggetto superiore a 5 cm sul filo esterno del muro, saranno valutate per il loro volume effettivo in aggetto con l'applicazione dei prezzi di tariffa stabiliti per le murature.

Per le ossature di aggetto inferiore a 5 cm non verrà applicato alcun sovrapprezzo.

Quando la muratura in aggetto è diversa da quella del muro sul quale insiste, la parte incastrata sarà considerata come della stessa specie del muro stesso.

Le murature di mattoni ad una testa od in foglio si misureranno a vuoto per pieno, al rustico, deducendo soltanto le aperture di superficie uguale o superiore a 1 m^2 , intendendo nel prezzo compensata la formazione di sordini, spalle, piattabande, ecc., nonché eventuali intelaiature in legno che la Direzione dei lavori ritenesse opportuno di ordinare allo scopo di fissare i serramenti al telaio, anziché alla parete.

34.4.2. Murature in pietra da taglio

La pietra da taglio da pagarsi a volume sarà sempre valutata a metro cubo in base al volume del primo parallelepipedo retto rettangolare, circoscrivibile a ciascun pezzo. Le lastre, i lastroni e gli altri pezzi da pagarsi a superficie, saranno valutati in base al minimo rettangolo circoscrivibile.

Per le pietre di cui una parte viene lasciata grezza, si comprenderà anche questa nella misurazione, non tenendo però alcun conto delle eventuali maggiori sporgenze della parte non lavorata in confronto delle dimensioni assegnate dai tipi prescritti.

Nei prezzi relativi di elenco si intenderanno sempre compresi tutti gli oneri specificati nelle norme sui materiali e sui modi di esecuzione.

34.5. Calcestruzzi

I calcestruzzi per fondazioni e le strutture costituite da getto in opera saranno in genere pagati a metro cubo e misurati in opera in base alle dimensioni previste dal progetto esecutivo, esclusa quindi ogni eccedenza, ancorché inevitabile, dipendente dalla forma degli scavi aperti e dal modo di esecuzione dei lavori.

Nei prezzi del conglomerato sono inoltre compresi tutti gli oneri derivanti dalla formazione di palchi provvisori di servizio, dall'innalzamento dei materiali, qualunque sia l'altezza alla quale l'opera di cemento armato dovrà essere eseguita, nonché per il getto e la vibratura.

L'armatura ad aderenza migliorata verrà compensata a parte.

34.6. Casseformi

I casseri, le casseforme e le relative armature di sostegno, sono comprese nei prezzi di elenco del conglomerato cementizio. Pertanto, per il compenso di tali opere, bisognerà attenersi a quanto previsto nell'Elenco dei Prezzi Unitari.

34.7. Acciaio per armature e reti elettrosaldate

34.7.1. Diametri

Le barre di acciaio ad aderenza migliorata, per armature di opere di cemento armato di qualsiasi tipo, nonché la rete elettrosaldata, opportunamente sagomate e collocate in opera secondo le quantità del progetto esecutivo delle strutture in c.a., sarà valutato secondo il peso effettivo; nel prezzo oltre alla lavorazione e lo sfrido è compreso l'onere della legatura dei singoli elementi e la posa in opera dell'armatura stessa.

Si ricorda che la massa teorica (γ) dell'acciaio ad aderenza migliorata è di 7,865 kg/dm³. Il diametro della barra tonda equipesante può essere calcolato con la seguente relazione:

$$\phi_{eq} = 2 \cdot \sqrt{\frac{m}{\pi \cdot l \cdot \gamma}}$$

dove:

l = lunghezza di uno spezzone di barra

m = massa dello spezzone di ferro

γ = massa teorica dell'acciaio 7,865 kg/dm³.

34.7.2. Tolleranze

Nei calcoli statici si adottano di norma le sezioni nominali. Le sezioni effettive non devono risultare inferiori al 98% di quelle nominali.

Nei calcoli statici si adotteranno le sezioni effettive, qualora queste risultassero inferiori a tale limite. Per barre ad aderenza migliorata non è comunque ammesso superare le tolleranze indicate nella seguente tabella:

Tabella 34.1 – Tolleranze ammesse per le barre di acciaio

Diametro nominale (mm)	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20
Tolleranza sulla sezione ammessa per l'impiego (γ)	± 10	± 10	± 9	± 8	± 8	± 8	± 8	± 6	± 6	± 6	± 6
Diametro nominale mm	22	24	26	28	30						
Tolleranza in % sulla sezione ammessa per l'impiego	± 5	± 5	± 5	± 5	± 5						

Nell'elaborazione dei risultati sperimentali ottenuti in laboratorio si opera comunque sulle sezioni effettive delle barre lisce e sulle sezioni delle barre equipesanti per barre e fili trafilati ad aderenza migliorata.

Per i fili di acciaio trafilati e per i fili delle reti e dei tralicci la tolleranza sulle sezioni ammesse per l'impiego è di $\pm 4\%$ per tutti i diametri.

34.8. Solai, controsoffitti, impermeabilizzazioni e coibentazioni

34.8.1. Solai

I solai interamente di cemento armato (senza laterizi) saranno valutati al metro cubo come ogni altra opera di cemento armato.

Ogni altro tipo di solaio, qualunque sia la forma, sarà invece pagato al metro quadrato di superficie netta misurato all'interno dei cordoli e delle travi di calcestruzzo armato, esclusi, quindi, la presa e l'appoggio su cordoli perimetrali o travi di calcestruzzo armato o su eventuali murature portanti.

Nei prezzi dei solai in genere è compreso l'onere per lo spianamento superiore della caldana, nonché ogni opera e materiale occorrente per dare il solaio completamente finito, come prescritto nelle norme sui materiali e sui modi di esecuzione. Nel prezzo dei solai, di tipo prefabbricato, misti di cemento armato, anche predalles o di cemento armato precompresso e laterizi sono escluse la fornitura, lavorazione e posa in opera del ferro occorrente.

È invece compreso il noleggio delle casseformi e delle impalcature di sostegno di qualsiasi entità, con tutti gli oneri specificati per le casseformi dei cementi armati.

Il prezzo a metro quadrato dei solai suddetti si applicherà senza alcuna maggiorazione anche a quelle porzioni in cui, per resistere a momenti negativi, il laterizio sia sostituito da calcestruzzo; saranno però pagati a parte tutti i cordoli perimetrali relativi ai solai stessi.

34.8.2. Controsoffitti

I controsoffitti piani saranno pagati in base alla superficie della loro proiezione orizzontale. È compreso e compensato nel prezzo anche il raccordo con eventuali muri perimetrali retti o curvi, tutte le forniture, magisteri e mezzi d'opera per dare i controsoffitti finiti.

È esclusa e compensata a parte l'orditura portante principale di sostegno.

34.8.3. Impermeabilizzazioni

Le impermeabilizzazioni con malta di asfalto, bitume, guaina prefabbricata a base di bitume, membrana composita, ecc., dello spessore minimo e caratteristiche rispondenti a quelle indicate nell'elenco prezzi o nei disegni progettuali esecutivi, sarà compensata:

- a metro quadrato, per le superfici piane;
- a metro quadrato di proiezione orizzontale per le superfici inclinate.

34.8.4. Massetto isolante

Il massetto isolante posto in opera a qualunque altezza nel rispetto di eventuali pendenze, con le caratteristiche indicate nell'elenco prezzi e le dimensioni minime illustrate nel progetto esecutivo, sarà compensata a metro cubo.

34.8.5. Isolamento termo-acustico di pareti verticali o intercapedini di murature, solai, terrazze, ecc.

L'isolamento termo-acustico di pareti verticali, intercapedini di murature, solai, terrazze realizzate con pannelli rigidi, posti in opera con le caratteristiche indicate nell'elenco prezzi e le dimensioni minime illustrate nel progetto esecutivo, sarà compensato a metro quadrato.

34.8.6. Norme sulla misurazione delle coibentazioni

Per altre indicazioni circa la misurazione delle coibentazioni, non previste espressamente, si rimanda alla norma:

UNI 6665 - *Superficie coibentate. Metodi di misurazione.*

La norma stabilisce le modalità per la misurazione delle superficie ai fini della loro contabilizzazione. Si applica per la misurazione in base ai disegni esecutivi, sia in situ delle superficie coibentate di tubazioni, apparecchi e serbatoi.

34.9. Pavimenti

I pavimenti, di qualunque genere, saranno valutati per la superficie in vista, pertanto le parti coperte da altre strutture non verranno considerate. Nella misura non sarà perciò compresa l'incassatura dei pavimenti nell'intonaco.

I prezzi di elenco per ciascun genere di pavimento comprendono l'onere per la fornitura dei materiali e per ogni lavorazione intesa a dare i pavimenti stessi completi e finiti, compreso il sottofondo.

In ciascuno dei prezzi concernenti i pavimenti, anche nel caso di sola posa in opera, si intendono compresi gli oneri, le opere di ripristino e di raccordo con gli intonaci, qualunque possa essere l'entità delle opere stesse.

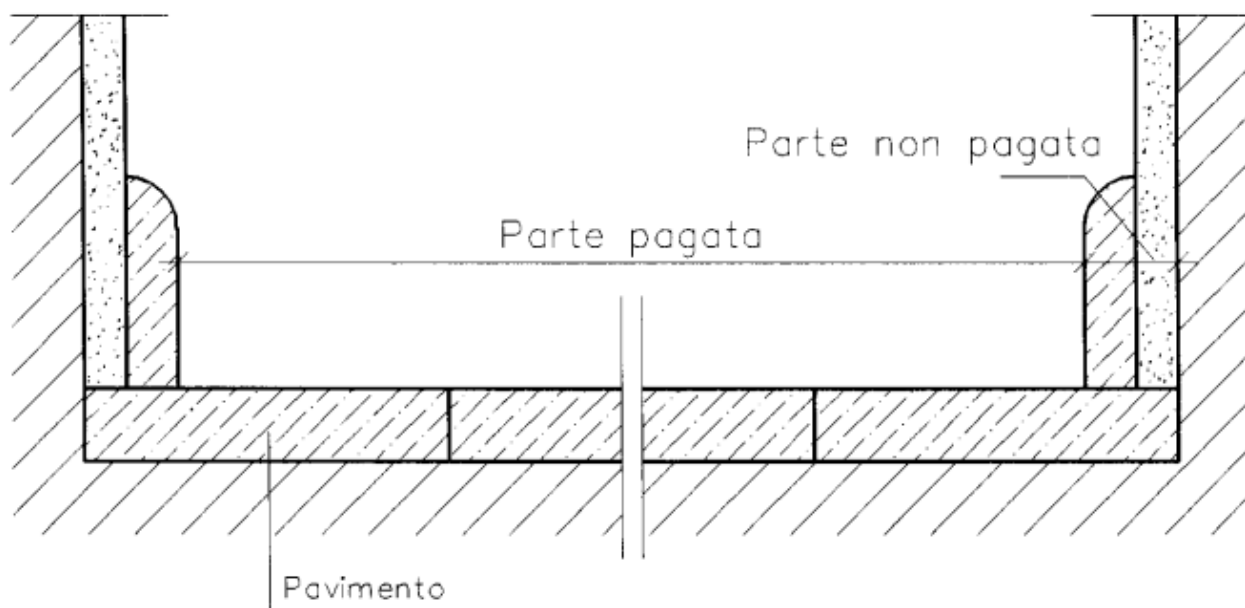


Fig. 34.1. – Misurazione dei pavimenti

34.10. Rivestimenti di pareti

I rivestimenti di piastrelle verranno misurati per la superficie effettiva qualunque sia la sagoma e la posizione delle pareti da rivestire. Nel prezzo al metro quadrato sono comprese la fornitura e la posa in opera di tutti i pezzi speciali di raccordo, angoli, ecc., che saranno computati nella misurazione, nonché l'onere per la preventiva preparazione con malta delle pareti da rivestire, la stuccatura finale dei giunti e la fornitura di collante per rivestimenti.

34.11. Fornitura in opera dei marmi e delle pietre naturali od artificiali

I prezzi della fornitura in opera dei marmi e delle pietre naturali od artificiali, previsti in elenco, saranno applicati alle superfici effettive dei materiali in opera.

Ogni onere derivante dall'osservanza delle norme, prescritte nel presente Capitolato, si intende compreso nei prezzi di elenco.

Specificatamente detti prezzi comprendono gli oneri per la fornitura, lo scarico in cantiere, il deposito e la provvisoria protezione in deposito, la ripresa, il successivo trasporto ed il sollevamento dei materiali a qualunque altezza, con eventuale protezione, copertura o fasciatura; per ogni successivo sollevamento e per ogni ripresa con boiacca di cemento od altro materiale, per la fornitura di lastre di piombo, di grappe, staffe, regolini, chavette, perni occorrenti per il fissaggio; per ogni occorrente scalpellamento delle strutture murarie e per la successiva chiusura e ripresa delle stesse, per la stuccatura dei giunti, per la pulizia accurata e completa, per la protezione a mezzo di opportune opere provvisorie delle pietre già collocate in opera, e per tutti i lavori che risultassero necessari per il perfetto rifinito dopo la posa in opera.

I prezzi di elenco sono pure comprensivi dell'onere dell'imbottitura dei vani dietro i pezzi, fra i pezzi stessi o comunque tra i pezzi e le opere murarie da rivestire, in modo da ottenere un buon collegamento, e, dove richiesto, un incastro perfetto.

34.12. Intonaci

34.12.1. Generalità

I prezzi degli intonaci saranno applicati alla superficie intonacata senza tener conto delle superfici laterali di risalti, lesene e simili. Tuttavia saranno valutate anche tali superfici laterali quando la loro larghezza superi 5 cm. Varranno sia per superfici piane, che curve. L'esecuzione di gusci di raccordo, se richiesti negli angoli fra pareti e soffitto e fra pareti e pareti, con raggio non superiore a 15 cm, è pure compresa nel prezzo, avuto riguardo che gli intonaci verranno misurati anche in questo caso come se esistessero gli spigoli vivi.

Nel prezzo di elenco degli intonaci è compreso l'onere della ripresa, dopo la chiusura, di tracce di qualunque genere, della muratura di eventuali ganci al soffitto e delle riprese contropavimenti, zoccolature e serramenti.

I prezzi dell'elenco valgono anche per intonaci su murature di mattoni forati dello spessore di una testa, essendo essi comprensivi dell'onere dell'intasamento dei fori dei laterizi.

34.12.2. Intonaci interni

Gli intonaci interni sui muri di spessore maggiore di 15 cm saranno computati a vuoto per pieno, a compenso dell'intonaco nelle riquadrature dei vani, che non saranno perciò sviluppate.

Tuttavia saranno detratti i vani di superficie maggiore di 4 m², valutando a parte la riquadratura di detti vani.

Gli intonaci interni su tramezzi in foglio o ad una testa saranno computati per la loro superficie effettiva; dovranno essere pertanto detratti tutti i vuoti di qualunque dimensione essi siano, ed aggiunte le loro riquadrature.

Nessun ulteriore compenso sarà dovuto all'Appaltatore per gli intonaci eseguiti a piccoli tratti anche in corrispondenza di spalle e mazzette di vani di porte e finestre.

34.13. Tinteggiature, coloriture e verniciature

34.13.1. Generalità

Nei prezzi delle tinteggiature, coloriture e verniciature in genere sono compresi tutti gli oneri prescritti nelle norme sui materiali e sui modi di esecuzione del presente Capitolato oltre a quelli per mezzi d'opera, trasporto, sfilatura e rinfilatura d'infissi, ecc..

Tutte le coloriture o verniciature s'intendono eseguite su ambo le facce e con i rispettivi prezzi di elenco si intende altresì compensata la coloritura, o verniciatura di nottole, braccioletti e simili accessori.

34.13.2. Pareti interne ed esterne

Le tinteggiature interne ed esterne per pareti e soffitti saranno in generale misurate con le stesse norme applicate per gli intonaci.

34.13.3. Infissi e simili

Per le porte, bussole e simili, si computerà due volte la luce netta dell'infisso, oltre alla mostra o allo sguincio, se ci sono, non detraendo la eventuale superficie del vetro.

È compresa con ciò anche la verniciatura del telaio per muri grossi o del cassettone tipo romano per tramezzi e dell'imbotto tipo lombardo, pure per tramezzi.

La misurazione della mostra e dello sguincio sarà eseguita in proiezione su piano verticale parallelo a quello medio della bussola (chiusa) senza tener conto di sagome, risalti o risvolti.

34.13.4. Opere in ferro semplici e senza ornati

Per le opere in ferro semplici e senza ornati, quali finestre grandi a vetrate e lucernari, serrande avvolgibili a maglia, saranno computati i tre quarti della loro superficie complessiva, misurata sempre in proiezione, ritenendo così compensata la coloritura dei sostegni, grappe e simili accessori, dei quali non si terrà conto alcuno nella misurazione.

34.13.5. Opere in ferro di tipo normale a disegno

Per le opere in ferro di tipo normale a disegno, quali ringhiere, cancelli anche riducibili, inferriate e simili, sarà computata due volte l'intera loro superficie, misurata con le norme e con le conclusioni di cui al punto precedente.

34.13.6. Serrande in lamiera ondulata

Per le serrande in lamiera ondulata o ad elementi di lamiera, sarà computata due volte e mezza la luce netta del vano, in altezza, tra la soglia e la battitura della serranda, intendendo con ciò compensato anche la coloritura della superficie non in vista.

34.14. Infissi

34.14.1. Modalità di misurazione delle superfici

La superficie degli infissi, qualora non espressamente o non chiaramente indicata nell'elenco prezzi, sarà misurata considerando le luci nette (fig. 34.2, a).

I prezzi elencati comprendono la fornitura a pie' d'opera dell'infisso e dei relativi accessori di cui sopra, l'onere dello scarico e del trasporto sino ai singoli vani di destinazione e la posa in opera.

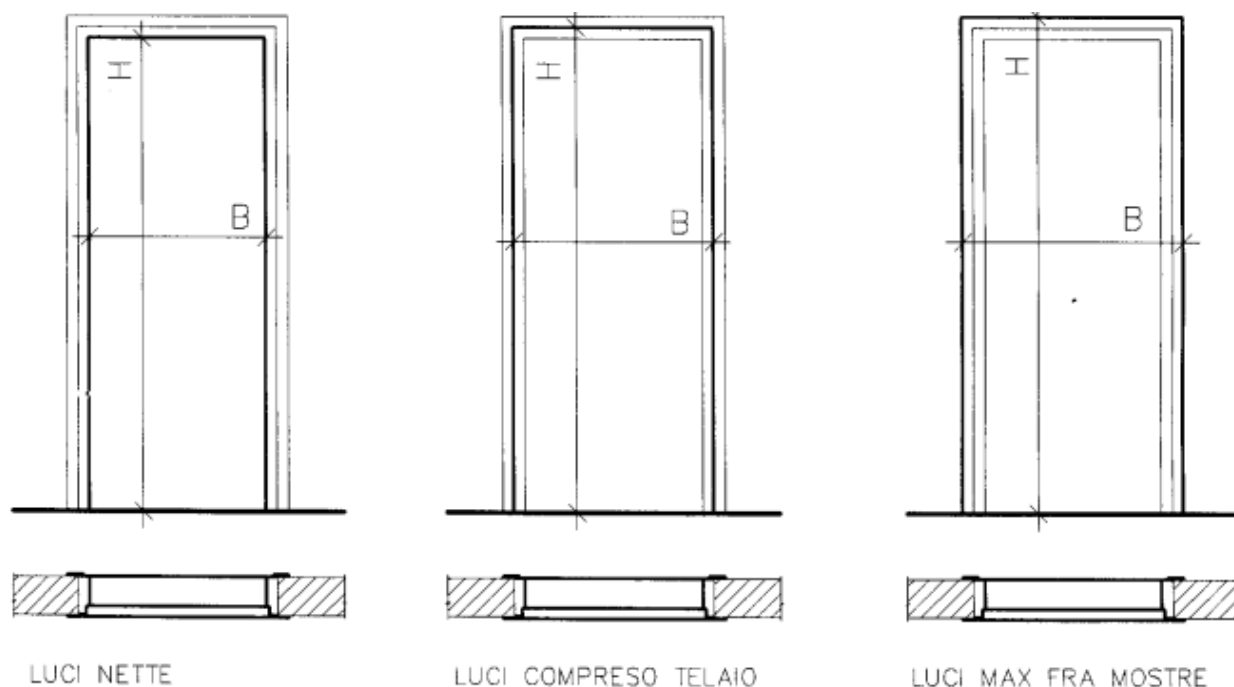


Fig. 34.2. – Misurazione delle superfici degli infissi

34.14.2. Infissi in legno

Gli infissi, come porte, finestre, vetrate, coprirulli e simili, si misureranno da una sola faccia sul perimetro esterno dei telai, siano essi semplici o a cassettoni, senza tener conto degli zampini da incassare nei pavimenti o soglie. Le parti centinate saranno valutate secondo la superficie del minimo rettangolo circoscritto, ad infisso chiuso, compreso come sopra il telaio maestro, se esistente. Nel prezzo degli infissi sono comprese mostre e contromostre.

Gli spessori indicati nelle varie voci del prezzo di elenco sono quelli che debbono risultare a lavoro compiuto.

Tutti gli infissi dovranno essere sempre provvisti delle ferramenta di sostegno e di chiusura, delle codette a muro, maniglie e di ogni altro accessorio occorrente per il loro buon funzionamento. Essi dovranno inoltre corrispondere in ogni particolare ai campioni approvati dalla Direzione dei lavori per l'esecuzione di prove e controlli in riferimento alle norme UNI in materia.

34.14.3. Infissi di alluminio

Gli infissi di alluminio, come finestre, vetrate di ingresso, porte, pareti a facciate continue, saranno valutati od a cadauno elemento od al metro quadrato di superficie misurata all'esterno delle mostre e coprifili e compensati con le rispettive voci d'elenco. Nei prezzi sono compresi i controtelai da murare, tutte le ferramenta e le eventuali pompe a pavimento per la chiusura automatica delle vetrate, nonché tutti gli oneri derivanti per l'esecuzione di tali opere.

34.15. Lavori in metallo

34.15.1. Lavori in metallo

Tutti i lavori in metallo saranno in generale valutati a peso e i relativi prezzi verranno applicati al peso effettivo dei metalli stessi a lavorazione completamente ultimata e determinato prima della loro posa in opera, con pesatura diretta fatta in contraddittorio ed a spese dell'Appaltatore, escluse bene inteso dal peso le verniciature e coloriture.

Nei prezzi dei lavori in metallo è compreso ogni e qualunque compenso per forniture accessorie, per lavorazioni, montatura e posizione in opera.

34.15.2. Ringhiere e cancellate

Le ringhiere e cancellate costituite da elementi uguali e ripetuti in lunghezza saranno valutate a peso per metro lineare, sulla base dei tabellari dei ferri e dei profilati che ne riportano il peso per metro lineare.

34.15.3. Tubi pluviali

I tubi pluviali potranno essere di plastica, metallo, ecc.. I tubi pluviali di plastica saranno misurati al metro lineare in opera, senza cioè tener conto delle parti sovrapposte, intendendosi compresa nei rispettivi prezzi di elenco la fornitura a posa in opera di staffe e cravatte di ferro.

I tubi pluviali di rame o lamiera zincata, ecc., saranno valutati a peso.

Art. 35 - Impianti

35.1. Impianti termico, idrico-sanitario, antincendio, gas, innaffiamento

35.1.1. Tubazioni e canalizzazioni

Le tubazioni di ferro e di acciaio saranno valutate a peso, la quantificazione verrà effettuata misurando l'effettivo sviluppo lineare in opera, comprendendo linearmente anche i pezzi speciali, al quale verrà applicato il peso unitario del tubo accertato attraverso la pesatura di campioni effettuata in cantiere in contraddittorio.

Nella misurazione a chilogrammi di tubo sono compresi: i materiali di consumo e tenuta, la verniciatura con una mano di antiruggine per le tubazioni di ferro nero, la fornitura delle staffe di sostegno ed il relativo fissaggio con tasselli di espansione.

35.1.1.1. Tubazioni di ferro nero o zincato con rivestimento esterno bituminoso

Le tubazioni di ferro nero o zincato con rivestimento esterno bituminoso saranno valutate al metro lineare; la quantificazione verrà valutata misurando l'effettivo sviluppo lineare in opera, comprendente linearmente anche i pezzi speciali.

Nelle misurazioni sono comprese le incidenze dei pezzi speciali, gli sfridi, i materiali di consumo e di tenuta e l'esecuzione del rivestimento in corrispondenza delle giunzioni e dei pezzi speciali.

35.1.1.2. Tubazioni di rame nude o rivestite di PVC

Le tubazioni di rame nude o rivestite di PVC saranno valutate al metro lineare; la quantificazione verrà effettuata misurando l'effettivo sviluppo lineare in opera, comprendendo linearmente anche i pezzi speciali, i materiali di consumo e di tenuta, l'esecuzione del rivestimento in corrispondenza delle giunzioni e dei pezzi speciali, la fornitura delle staffe di sostegno ed il relativo fissaggio con tasselli ad espansione.

35.1.1.3. Tubazioni di polietilene

Le tubazioni in pressione di polietilene poste in vista o interrate saranno valutate al metro lineare; la quantificazione verrà effettuata misurando l'effettivo sviluppo lineare in opera, comprendendo linearmente anche i vari pezzi speciali, la fornitura delle staffe di sostegno e il relativo fissaggio con tasselli ad espansione.

35.1.1.4. Tubazioni di plastica

Le tubazioni di plastica, le condutture di esalazione, ventilazione e scarico saranno valutate al metro lineare; la quantificazione verrà effettuata misurando l'effettivo sviluppo lineare in opera (senza tener conto delle parti sovrapposte) comprendendo linearmente anche i pezzi speciali, gli sfridi, i materiali di tenuta, la fornitura delle staffe di sostegno e il relativo fissaggio con tasselli ad espansione.

35.1.1.5. Norme UNI per tubi di PVC rigido (non plastificato) per condotte di fluidi in pressione

UNI 7441-75 *Tubi di PVC rigido (non plastificato) per condotte di fluidi in pressione. Tipi, dimensioni e caratteristiche.*

UNI 7442 *Raccordi e flange di PVC rigido (non plastificato) per condotte di fluidi in pressione. Tipi, dimensioni e caratteristiche.*

UNI 7445 *Tubi di PVC rigido (non plastificato) per condotte interrate di convogliamento di gas combustibili. Tipi, dimensioni e caratteristiche.*

UNI 7446 *Raccordi di PVC rigido (non plastificato) per condotte interrate di convogliamento di gas combustibili. Tipi, dimensioni e caratteristiche.*

UNI 7448 *Tubi di PVC rigido (non plastificato). Metodi di prova.*

UNI 7449 *Raccordi e flange di PVC rigido (non plastificato). Metodi di prova.*

UNI ISO/TR 7473 *Tubi e raccordi di policloruro di vinile (PVC) rigido (non plastificato). Resistenza chimica nei confronti dei fluidi.*

35.1.1.6. Norme UNI per tubazioni di materia plastica per fognature e scarichi interrati non in pressione

UNI EN 1401-1 *Sistemi di tubazioni di materia plastica per fognature e scarichi interrati non in pressione.*

Policloruro di vinile non plastificato (PVC-U). Specificazioni per i tubi, i raccordi ed il sistema.

35.1.1.7. Norme UNI per tubazioni di materia plastica per scarichi (a bassa ed alta temperatura) all'interno dei fabbricati

UNI EN 1329 Sistemi di tubazioni di materia plastica per scarichi (a bassa ed alta temperatura) all'interno dei fabbricati. Policloruro di vinile non plastificato (PVC-U). Specifiche per tubi, raccordi e per il sistema.

35.1.2. Pezzi speciali

35.1.2.1. Pezzi speciali in lamiera

I canali, i pezzi speciali e gli elementi di giunzione, eseguiti in lamiera zincata (mandata e ripresa dell'aria) o in lamiera di ferro nera (condotto dei fumi) saranno valutati a peso sulla base di pesature convenzionali. La quantificazione verrà effettuata misurando l'effettivo sviluppo lineare in opera, misurato in mezzeria del canale, comprendendo linearmente anche i pezzi speciali, giunzioni, flange, risvolti della lamiera, staffe di sostegno e fissaggi, al quale verrà applicato il peso unitario della lamiera secondo lo spessore e moltiplicando per i metri quadrati della lamiera, ricavati questi dallo sviluppo perimetrale delle sezioni di progetto moltiplicate per le varie lunghezze parziali.

Il peso della lamiera verrà stabilito sulla base di listini ufficiali senza tener conto delle variazioni percentuali del peso. È compresa la verniciatura con una mano di antiruggine per gli elementi in lamiera nera.

35.1.2.2. Pezzi speciali in plastica, gres, ecc.

I pezzi speciali (curve, braghe, riduzioni, ecc.), in mancanza del prezzo specifico, possono essere valutati a corpo, per ogni tipo, oppure come normale tubazione considerandoli come tubazioni virtuali avente lunghezza equivalente a 1,00 m..

Tabella 35.1 – 1 Pezzi speciali e lunghezza equivalente

Pezzo speciale	Caratteristiche geometriche	Tubazione virtuale (ml)
Braga semplice	-	1,00
Braga doppia	-	1,00
Curva semplice a 45°	$\varnothing \leq 20$ cm	1,00
Curva semplice a 45°	$\varnothing > 20$ cm	1,00
Curva a squadra a 90°	$\varnothing \leq 20$ cm	1,00
Curva a squadra a 90°	$\varnothing > 20$ cm	1,00
Riduzione	-	1,00
Ispezioni con tappo, ecc.	-	1,00
Tappo piano	-	0,25
Giunto semplice	-	1,00
Giunto a squadra	-	1,00
Sifone verticale	-	2,00
Sifone orizzontale	-	2,00

35.1.3. Sigillature

Le sigillature delle tubazioni eseguite con materiali idonei previa accettazione da parte del Direttore dei lavori, non previste nell'esecuzione di opere idrauliche, saranno valutate in base al loro sviluppo lineare.

35.1.4. Apparecchiature

35.1.4.1. Organi di intercettazione

Gli organi di intercettazione, misura e sicurezza, saranno valutati a numero nei rispettivi diametri e dimensioni. Sono comprese le incidenze per i pezzi speciali di collegamento ed i materiali di tenuta.

35.1.4.2. Radiatori

I radiatori saranno valutati, nelle rispettive tipologie, sulla base dell'emissione termica ricavata dalle rispettive tabelle della ditta costruttrice (*Watt*).

Sono comprese la protezione antiruggine, i tappi e le riduzioni agli estremi, i materiali di tenuta e le mensole di sostegno.

35.1.4.3. Ventilconvettori

I ventilconvettori saranno valutati a numero secondo le rispettive caratteristiche costruttive ed in relazione alla portata d'aria e alla emissione termica, ricavata dalle tabelle della Ditta costruttrice.

Nei prezzi sono compresi anche i materiali di tenuta.

35.1.4.4. Caldaie

Le caldaie saranno valutate a numero secondo le caratteristiche costruttive ed in relazione alla potenzialità resa. Sono compresi anche i pezzi speciali di collegamento ed i materiali di tenuta.

35.1.4.5. Bruciatori

I bruciatori saranno valutati a numero secondo le rispettive caratteristiche di funzionamento ed in relazione alla portata del combustibile.

Nel prezzo sono compresi l'apparecchiatura elettrica ed i tubi flessibili di collegamento.

35.1.4.6. Scambiatori di calore

Gli scambiatori di calore saranno valutati a numero secondo le rispettive caratteristiche costruttive e di funzionamento ed in relazione alla potenzialità resa.

Sono compresi anche i pezzi speciali di collegamento ed i materiali di tenuta.

35.1.4.7. Elettropompe

Le elettropompe saranno valutate a numero secondo le rispettive caratteristiche costruttive e di funzionamento ed in relazione alla portata e prevalenza.

Sono compresi anche i pezzi speciali di collegamento ed i materiali di tenuta.

35.1.4.8. Serbatoi di accumulo

I serbatoi di accumulo saranno valutati a numero secondo le rispettive caratteristiche costruttive ed in relazione alla capacità.

Sono compresi anche gli accessori d'uso, i pezzi speciali di collegamento ed i materiali di tenuta.

35.1.4.9. Serbatoi autoclave

I serbatoi autoclave saranno valutati a numero secondo le rispettive caratteristiche costruttive ed in relazione alla capacità.

Sono compresi anche gli accessori d'uso, i pezzi speciali di collegamento ed i materiali di tenuta.

35.1.4.10. Gruppi completi autoclave monoblocco

I gruppi completi autoclave monoblocco saranno valutati a numero secondo le rispettive caratteristiche costruttive, alla portata e prevalenza delle elettropompe ed alla capacità del serbatoio.

Sono compresi anche gli accessori d'uso, tutte le apparecchiature di funzionamento, i pezzi speciali di collegamento ed i materiali di tenuta.

35.1.4.11. Bocchette, anemostati, griglie, serrande di regolazione, ecc.

Le bocchette, gli anemostati, le griglie, le serrande di regolazione, sovrappressione e tagliafuoco ed i silenziatori saranno valutati a decimetro quadrato ricavando le dimensioni dai rispettivi cataloghi delle ditte costruttrici.

Sono compresi anche i controtelai ed i materiali di collegamento.

35.1.4.12. Cassette terminali riduttrici della pressione dell'aria

Le cassette terminali riduttrici della pressione dell'aria saranno valutate a numero in relazione della portata dell'aria. È compresa la fornitura e posa in opera di tubi flessibili di raccordo, i supporti elastici e le staffe di sostegno.

35.1.4.13. Elettroventilatori

Gli elettroventilatori saranno valutati a numero secondo le loro caratteristiche costruttive e di funzionamento ed in relazione alla portata e prevalenza.

Sono compresi anche i materiali di collegamento.

35.1.4.14. Batterie di scambio termico

Le batterie di scambio termico saranno valutate a superficie frontale per il numero di ranghi.

Sono compresi anche i materiali di fissaggio e collegamento.

35.1.4.15. Condizionatori monoblocco

I condizionatori monoblocco, le unità di trattamento dell'aria, i generatori di aria calda ed i recuperatori di calore, saranno valutati a numero secondo le loro caratteristiche costruttive e di funzionamento ed in relazione alla portata d'aria e alla emissione termica.

Sono compresi anche i materiali di collegamento.

35.1.4.16. Gruppi refrigeratori d'acqua e torri di raffreddamento

I gruppi refrigeratori d'acqua e le torri di raffreddamento saranno valutati a numero secondo le loro caratteristiche costruttive e di funzionamento ed in relazione alla potenzialità resa.

Sono comprese le apparecchiature elettriche relative ed i pezzi speciali di collegamento.

35.1.4.17. Apparecchi per il trattamento dell'acqua

Gli apparecchi per il trattamento dell'acqua saranno valutati a numero secondo le rispettive caratteristiche costruttive e di funzionamento ed in relazione alla portata.

Sono comprese anche le apparecchiature elettriche relative ed i pezzi speciali di collegamento.

35.1.4.18. Gruppi completi antincendio

I gruppi completi antincendio per attacco motopompa e gli estintori portatili saranno valutati a numero secondo i rispettivi componenti ed in relazione alla capacità. Norme UNI di riferimento:

UNI 9489 *Apparecchiature per estinzione incendi. Impianti fissi di estinzione automatici a pioggia (sprinkler).*

UNI 9490 *Apparecchiature per estinzione incendi. Alimentazioni idriche per impianti automatici antincendio.*

UNI EN 671-1 *Sistemi fissi di estinzione incendi. Sistemi equipaggiati con tubazioni. Napi antincendio con tubazioni semirigide.*

UNI EN 671-2 *Sistemi fissi di estinzione incendi. Sistemi equipaggiati con tubazioni. Idranti a muro con tubazioni flessibili.*

UNI EN 671-2 *Sistemi fissi di estinzione incendi. Sistemi equipaggiati con tubazioni. Idranti a muro con tubazioni flessibili.*

UNI 10779 *Impianti di estinzione incendi. Reti di idranti. Progettazione, installazione ed esercizio.*

UNI EN 54-2 *Sistemi di rivelazione e di segnalazione d'incendio. Centrale di controllo e segnalazione.*

UNI EN 54-4 *Sistemi di rivelazione e di segnalazione d'incendio. Apparecchiatura di alimentazione.*

UNI 9795 *Sistemi fissi automatici di rivelazione, di segnalazione manuale e di allarme d'incendio. Sistemi dotati di rivelatori puntiformi di fumo e calore e punti di segnalazione manuali.*

35.1.4.19. Rivestimenti termoisolanti

I rivestimenti termoisolanti saranno valutati al metro quadrato di sviluppo effettivo misurando la superficie esterna dello strato coibente.

Le valvole, le saracinesche saranno valutate con uno sviluppo convenzionale di 2 m² cadauna.

35.1.4.20. Rubinetterie per gli apparecchi sanitari

Le rubinetterie per gli apparecchi sanitari saranno valutate a numero per gruppi completi secondo le rispettive caratteristiche, tipologie e dimensioni.

Sono compresi i materiali di tenuta.

35.1.4.21. Valvole, saracinesche

Le valvole, le saracinesche e le rubinetterie varie saranno valutate a numero secondo le rispettive caratteristiche e dimensioni.

Sono compresi i materiali di tenuta.

35.1.4.22. Quadri elettrici relativi alle centrali, tubi protettivi, ecc.

I quadri elettrici relativi alle centrali, i tubi protettivi, le linee elettriche di alimentazione e di comando delle apparecchiature, le linee di terra ed i collegamenti equipotenziali sono valutati nel prezzo di ogni apparecchiatura a piè d'opera alimentata elettricamente.

35.2. Impianti elettrico e telefonico

35.2.1. Canalizzazioni e cavi

- I tubi di protezione, le canalette portacavi, i condotti sbarre, il piatto di ferro zincato per le reti di terra, saranno valutati al metro lineare misurando l'effettivo sviluppo lineare in opera.
Sono comprese le incidenze per gli sfridi e per i mezzi speciali per gli spostamenti, raccordi, supporti, staffe, mensole e morsetti di sostegno ed il relativo fissaggio a parete con tasselli ad espansione.
I cavi multipolari o unipolari di MT e di BT saranno valutati al metro lineare misurando l'effettivo sviluppo lineare in opera, aggiungendo 1 m per ogni quadro al quale essi sono attestati.
Nei cavi unipolari o multipolari di MT e di BT sono comprese le incidenze per gli sfridi, i capi corda ed i marca cavi, esclusi i terminali dei cavi di MT.
- I terminali dei cavi a MT saranno valutati a numero. Nel prezzo dei cavi di MT sono compresi tutti i materiali occorrenti per l'esecuzione dei terminali stessi.
- I cavi unipolari isolati saranno valutati al metro lineare misurando l'effettivo sviluppo in opera, aggiungendo 30 cm per ogni scatola o cassetta di derivazione e 20 cm per ogni scatola da frutto.
Sono comprese le incidenze per gli sfridi, morsetti volanti fino alla sezione di 6 mm, morsetti fissi oltre tale sezione.
- Le scatole, le cassette di derivazione ed i box telefonici, saranno valutati a numero secondo le rispettive caratteristiche, tipologia e dimensione.

Nelle scatole di derivazione stagne sono compresi tutti gli accessori quali passacavi, pareti chiuse, pareti a cono, guarnizioni di tenuta, in quelle dei box telefonici sono comprese le morsettiere.

35.2.2. Apparecchiature in generale e quadri elettrici.

Le apparecchiature in generale saranno valutate a numero secondo le rispettive caratteristiche, tipologie e portata entro i campi prestabiliti.

Sono compresi tutti gli accessori per dare in opera l'apparecchiatura completa e funzionante.

I quadri elettrici saranno valutati a numero secondo le rispettive caratteristiche e tipologie in funzione di:

- superficie frontale della carpenteria e relativo grado di protezione (IP);
- numero e caratteristiche degli interruttori, contatori, fusibili, ecc..

Nei quadri la carpenteria comprenderà le cerniere, le maniglie, le serrature, i pannelli traforati per contenere le apparecchiature, le etichette, ecc..

Gli interruttori automatici magnetotermici o differenziali, i sezionatori ed i contatori da quadro, saranno distinti secondo le rispettive caratteristiche e tipologie quali:

- a) il numero dei poli;
- b) la tensione nominale;
- c) la corrente nominale;
- d) il potere di interruzione simmetrico;
- e) il tipo di montaggio (contatti anteriori, contatti posteriori, asportabili o sezionabili su carrello); comprenderanno l'incidenza dei materiali occorrenti per il cablaggio e la connessione alle sbarre del quadro e quanto occorre per dare l'interruttore funzionante.
- I corpi illuminanti saranno valutati a numero secondo le rispettive caratteristiche, tipologie e potenzialità. Sono comprese le lampade, i portalampade e tutti gli accessori per dare in opera l'apparecchiatura completa e funzionante.
- I frutti elettrici di qualsiasi tipo saranno valutati a numero di frutto montato. Sono escluse le scatole, le placche e gli accessori di fissaggio che saranno valutati a numero.

35.3. Impianti ascensori e montacarichi

Gli impianti saranno valutati a corpo per ciascun impianto.

Nel prezzo a corpo sono compresi tutti i materiali e prestazioni di manodopera specializzata necessari per dare l'impianto completo e funzionante.

35.4. Opere di assistenza agli impianti

Le opere e gli oneri di assistenza di tutti gli impianti compensano e comprendono le seguenti prestazioni:

- scarico dagli automezzi, collocazione in loco compreso il tiro in alto ai vari piani e sistemazione in magazzino di tutti i materiali pertinenti agli impianti;
- apertura e chiusura di tracce, predisposizione e formazione di fori ed asole su murature e strutture di calcestruzzo armato;
- muratura di scatole, cassette, sportelli, controtelai di bocchette, serrande e griglie, guide e porte ascensori;
- fissaggio di apparecchiature in genere ai relativi basamenti e supporti;
- formazione di basamenti di calcestruzzo o muratura e, ove richiesto, interposizione di strato isolante, baggioli, ancoraggi di fondazione e nicchie;
- manovalanza e mezzi d'opera in aiuto ai montatori per la movimentazione inerente alla posa in opera di quei materiali che per il loro peso e/o volume esigono tali prestazioni;
- materiali di consumo ed i mezzi d'opera occorrenti per le prestazioni di cui sopra;
- trasporto alla discarica dei materiali di risulta delle lavorazioni;
- scavi e rinterri relativi a tubazioni od apparecchiature poste interrate;
- ponteggi di servizio interni ed esterni.

Le opere e gli oneri di assistenza agli impianti saranno calcolati a corpo sulla base della categoria compresa la manodopera impiegata e i materiali necessari e riferiti a ciascun gruppo di lavoro.

Art. 36 - Sottofondi stradali e pavimentazioni varie

36.1. Cigli e cunette

I cigli e le cunette in calcestruzzo, ove in elenco non sia stato previsto prezzo a metro lineare, saranno pagati a metro cubo, comprendendo nel prezzo ogni magistero per dare le superfici viste rifinite fresche al frattazzo.

36.2. Carreggiata

36.2.1. Compattazione meccanica dei rilevati

La compattazione meccanica dei rilevati sarà valutata a mc, quale compenso in aggiunta a quello per la formazione dei rilevati.

36.2.2. Massicciata

La ghiaia ed il pietrisco ed in generale tutti i materiali per massicciate stradali si valuteranno a metro cubo.

Normalmente la misura dovrà effettuarsi prima della posa in opera; il pietrisco o la ghiaia verranno depositati in cumuli regolari e di volume il più possibile uguale lungo la strada, oppure in cataste di forma geometrica; la misurazione a scelta della Direzione dei lavori verrà fatta o con canne metriche, oppure col mezzo di una cassa parallelepipedica senza fondo che avrà le dimensioni di ml 1,00 x 1,00 x 0,50.

All'atto della misurazione sarà in facoltà della Direzione dei lavori di dividere i cumuli in tante serie ognuna di un determinato numero, e di scegliere in ciascuna serie il cumulo da misurare come campione.

Il volume del cumulo misurato sarà applicato a tutti quelli della corrispondente serie e se l'Impresa avrà mancato all'obbligo della uguaglianza dei cumuli dovrà sottostare al danno che per avventura le potesse derivare da tale applicazione.

Tutte le spese di misurazione, comprese quelle della fornitura e trasporto della cassa, e quelle per lo spandimento dei materiali, saranno a carico dell'Impresa e compensate coi prezzi di tariffa della ghiaia e del pietrisco.

Quanto sopra vale anche per i rimanenti materiali di massicciata, ghiaia e pietrisco di piccole dimensioni che potessero occorrere per le banchine di marciapiedi, piazzali ed altro, e per il sabbione a consolidamento della massicciata, nonché per le cilindature, bitumature, quando la fornitura non sia compresa nei prezzi di questi lavori, e per qualsiasi altro scopo.

- Potrà anche essere disposta la misura in opera con convenienti norme e prescrizioni.

36.2.3. Impietramento od ossatura

L'impietramento per sottofondo di massicciata verrà valutato a metro quadrato della relativa superficie e, con i prezzi di elenco stabiliti a seconda delle diverse altezze da dare al sottofondo, l'Impresa s'intende compensata di tutti gli oneri ed obblighi necessari.

- La misura ed il pagamento possono riferirsi a volume misurato in opera od in cataste come per la precedente punto 36.2.2.

36.3. Fondazioni e pavimentazioni in conglomerato cementizio; fondazioni in terra stabilizzata

Anche per queste voci la valutazione è prevista a mc di opera finita. Il prezzo a mc della fondazione e pavimentazione in calcestruzzo comprende tutti gli oneri per:

- studio granulometrico della miscela;
- la fornitura e stesa di un centimetro di sabbia quale letto di posa del calcestruzzo, e dello strato di cartone catramato isolante;
- la fornitura degli inerti delle qualità e quantità prescritte dal Capitolato, nonché la fornitura del legante e dell'acqua;
- il nolo del macchinario occorrente per la confezione, il trasporto e posa in opera del calcestruzzo;
- la vibrazione e stagionatura del calcestruzzo;
- la formazione e sigillatura dei giunti;
- tutta la mano d'opera occorrente per i lavori suindicati, ed ogni altra spesa ed onere per il getto della lastra, ivi compreso quello del getto in due strati, se ordinato.

Lo spessore sarà valutato in base a quello prescritto con tolleranza non superiore ai 5 mm purché le differenze si presentino saltuariamente e non come regola costante. In questo caso non si terrà conto delle eccedenze, mentre si dedurranno le deficienze riscontrate.

Per armatura del calcestruzzo verrà fornita e posta in opera una rete d'acciaio a maglie che verrà valutata a parte, secondo il peso unitario prescritto e determinato in precedenza a mezzo di pesatura diretta.

Anche per le fondazioni in terra stabilizzata valgono tutte le norme di valutazione sopra descritte. Si precisa ad ogni modo che il prezzo comprende:

- gli oneri derivanti dalle prove preliminari necessarie per lo studio della miscela nonché da quelle richieste durante l'esecuzione del lavoro;
- la eventuale fornitura di terre e sabbie idonee alla formazione della miscela secondo quanto prescritto o richiesto dalla Direzione dei lavori;
- il macchinario e la mano d'opera necessari e quanto altro occorra come precedentemente descritto.

36.4. protettivi delle pavimentazioni - manti di conglomerato - pavimentazioni di cemento

I trattamenti superficiali, le penetrazioni, i manti di conglomerato, le pavimentazioni cementizie e in genere qualunque tipo di pavimentazione di qualsiasi spessore verranno di norma misurati in ragione di superficie intendendosi tassativi gli spessori prescritti e nel relativo prezzo unitario sarà compreso ogni magistero e fornitura per dare il lavoro completo con le modalità e norme indicate. Per i conglomerati, ove l'elenco dei prezzi lo prescriva, la valutazione sarà fatta a volume. Qualora i quantitativi di legante o di materiale di aggregazione stabiliti variassero, ovvero, nel caso di manti a tappeto od a conglomerati a masse aperte o chiuse da misurarsi a superficie, si modificassero gli spessori, si farà luogo alle relative detrazioni analogamente a come su espresso. I cordoli laterali (bordi), se ordinati, saranno valutati a parte. L'Amministrazione si riserva comunque di rifiutare emulsioni aventi più dell'1% di bitume in meno rispetto a quella prescritta. Qualora la partita venisse egualmente accettata, verranno effettuate negli stati di avanzamento detrazioni come segue: per percentuali tra 1 e 3%, 10% del prezzo di emulsione per ogni kg di emulsione impiegata; per percentuali maggiori di 3 sino a 5%, il 25% del prezzo dell'emulsione per ogni kg di emulsione impiegata.

36.5. Acciottolati, selciati, lastricati, pavimentazioni in cemento, di porfido

Gli acciottolati, i selciati, i lastricati e le pavimentazioni in cubetti saranno anch'essi pagati a metro quadrato. Sarà pagata la loro superficie vista, limitata cioè dal vivo dei muri o dai contorni, esclusa quindi ogni incassatura anche se necessaria e prescritta dalla Direzione dei lavori.

Nei prezzi relativi è sempre compreso il letto di sabbia o di malta, ogni compenso per riduzione, tagli e sfridi di lastre, pietre o ciottoli, per maggiori difficoltà di costruzione dovute ad angoli rientranti e sporgenti, per la preparazione, battitura e regolarizzazione del suolo; per la stuccatura o profilatura dei giunti con malta di cemento o bitumatura secondo le prescrizioni della Direzione dei lavori e per qualunque altra opera o spesa per dare i lavori ultimati ed in perfetto stato.

I prezzi di elenco sono applicabili invariabilmente qualunque sia, o piana o curva, la superficie vista, e qualunque sia il fondo su cui sono posti in opera.

Se l'acciottolato, selciato, lastricato o pavimentazione in cubetti dovessero posare sopra sottofondo di sabbia, malta, macadam cilindrato o calcestruzzo, questo¹ verrà valutato a parte ai prezzi di elenco relativi a questi vari sottofondi e sostegni in muratura di calcestruzzo.

36.6. Soprastrutture stabilizzate

Le soprastrutture in terra stabilizzata, in terra stabilizzata con cemento, in terra stabilizzata con legante bituminoso, in pozzolana stabilizzata con calce idrata, verranno valutate a metro quadrato di piano viabile completamente sistemato.

Art. 37 - Lavori in economia, lavori compensati a corpo e lavori diversi

37.1. Lavori in economia

37.1.1. Manodopera

Gli operai per i lavori da eseguirsi in economia dovranno essere idonei al lavoro per il quale sono richiesti e dovranno essere provvisti dei necessari attrezzi.

L'Appaltatore è obbligato, senza compenso alcuno, a sostituire tutti quegli operai ritenuti non idonei dalla Direzione dei lavori.

Circa le prestazioni di manodopera saranno osservate le disposizioni e convenzioni stabilite dalle leggi e dai contratti collettivi di lavoro, stipulati e convalidati a norma delle leggi sulla disciplina giuridica dei rapporti collettivi.

Nell'esecuzione dei lavori che formano oggetto del presente appalto, l'impresa si obbliga ad applicare integralmente tutte le norme contenute nel contratto collettivo nazionale di lavoro per gli operai dipendenti dalle aziende industriali edili ed affini e negli accordi locali integrativi dello stesso, in vigore per il tempo e nella località in cui si svolgono i lavori anzidetti.

L'impresa si obbliga altresì ad applicare il contratto e gli accordi medesimi anche dopo la scadenza e fino alla sostituzione e, se cooperative, anche nei rapporti con i soci.

I suddetti obblighi vincolano l'impresa anche se non sia aderente alle associazioni stipulanti o receda da esse e indipendentemente dalla natura industriale della stessa e da ogni altra sua qualificazione giuridica, economica o sindacale.

In caso di inottemperanza agli obblighi precisati nel presente articolo, si rimanda all'articolo 26.44..

37.1.2. Subappalto

L'impresa è responsabile in rapporto alla Stazione appaltante dell'osservanza delle norme anzidette da parte degli eventuali subappaltatori nei confronti dei rispettivi loro dipendenti, anche nei casi in cui il contratto collettivo non disciplini l'ipotesi del subappalto.

Il fatto che il subappalto sia o non sia stato autorizzato, non esime l'impresa dalla responsabilità di cui al comma precedente e ciò senza pregiudizio degli altri diritti della Stazione appaltante.

Non sono, in ogni caso, considerati subappalti le commesse date dall'impresa ad altre imprese:

- a) per la fornitura di materiali;
- b) per la fornitura anche in opera di manufatti ed impianti speciali che si eseguono a mezzo di ditte specializzate.

37.1.3. Noleggi

Le macchine e gli attrezzi dati a noleggio debbono essere in perfetto stato di servibilità e provvisti di tutti gli accessori necessari per il loro regolare funzionamento.

Sono a carico esclusivo dell'Appaltatore la manutenzione degli attrezzi e delle macchine.

Il prezzo comprende gli oneri relativi alla mano d'opera, al combustibile, ai lubrificanti, ai materiali di consumo, all'energia elettrica e a tutto quanto occorre per il funzionamento delle macchine.

I prezzi di noleggio di meccanismi in genere si intendono corrisposti per tutto il tempo durante il quale i meccanismi rimangono a pié d'opera a disposizione dell'Amministrazione, e cioè anche per le ore in cui i meccanismi stessi non funzionano, applicandosi il prezzo stabilito per meccanismi in funzione soltanto alle ore in cui essi sono in attività di lavoro e il prezzo relativo a meccanismi in riposo, in ogni altra condizione di cose, anche per tutto il tempo impiegato per scaldare per portare a regime i meccanismi.

Nel prezzo del noleggio sono compresi e compensati gli oneri e tutte le spese per il trasporto a pié d'opera, montaggio, smontaggio ed allontanamento dei detti meccanismi.

Per il noleggio dei carri e degli autocarri il prezzo verrà corrisposto soltanto per le ore di effettivo lavoro, rimanendo escluso ogni compenso per qualsiasi altra causa o perditempo.

37.1.4 Trasporti

Con i prezzi dei trasporti s'intende compensata anche la spesa per i materiali di consumo, la mano d'opera del conducente, e ogni altra spesa occorrente.

I mezzi di trasporto per i lavori in economia debbono essere forniti in pieno stato di efficienza e corrispondere alle prescritte caratteristiche.

La valutazione delle materie da trasportare è fatta, a seconda dei casi, a volume o a peso, con riferimento alla distanza.

37.2. Lavori compensati a corpo

La valutazione dei lavori per la parte a corpo è effettuata secondo le specificazioni date nell'enunciazione e nella descrizione del lavoro a corpo, nonché secondo le risultanze degli elaborati grafici e di ogni altro allegato progettuale; il corrispettivo per il lavoro a corpo resta fisso e invariabile senza che possa essere invocata dalle parti contraenti alcuna verifica sulla misura o sul valore attribuito alla quantità di detti lavori.

- a) Nel corrispettivo per l'esecuzione dei lavori s'intende sempre compresa ogni spesa occorrente per dare l'opera compiuta sotto le condizioni stabilite dallo schema di contratto d'appalto e secondo i tipi indicati e previsti negli atti progettuali. Pertanto nessun compenso può essere richiesto per lavori, forniture e prestazioni che, ancorché non esplicitamente specificati nella descrizione dei lavori a corpo, siano rilevabili dagli elaborati grafici o viceversa. Lo stesso dicasi per lavori, forniture e prestazioni che siano tecnicamente e intrinsecamente indispensabili alla funzionalità, completezza e corretta realizzazione dell'opera appaltata secondo le regole dell'arte.
- b) La contabilizzazione dei lavori è effettuata applicando all'importo netto di aggiudicazione le percentuali convenzionali, ricalcolate in base all'offerta, relative alle singole categorie di lavoro indicate nella tabella «B», allegata allo schema di contratto per farne parte integrante e sostanziale, di ciascuna delle quali va contabilizzata la quota parte in proporzione al lavoro eseguito.
- c) La «lista» non ha validità ai fini del presente articolo, in quanto l'appaltatore era tenuto, in sede di partecipazione alla gara, a verificare le voci e le quantità richieste per l'esecuzione completa dei lavori progettati, ai fini della formulazione della propria offerta e del corrispondente corrispettivo.

Art. 38 - Opere a verde

38.1. Prati

I prati saranno valutati secondo la superficie effettiva ovvero secondo eventuali diverse specificazioni dell'elenco prezzi.

38.2. Seminagioni e piantagioni

Le seminagioni sulle scarpate dei rilevati saranno valutate a superficie per la proiezione orizzontale delle scarpate stesse, mentre le piantagioni saranno valutate a numero di piantine attecchite.

Nei relativi prezzi, oltre la fornitura dei semi e delle piantine, è compresa la preparazione del terreno ed ogni onere necessario per la piantagione.

Nelle viminate è pure compreso ogni onere e garanzia per l'attecchimento. La valutazione viene fatta per metro quadrato.

Capitolo 2

QUALITÀ, PROVENIENZA E NORME DI ACCETTAZIONE DEI MATERIALI E DELLE FORNITURE

Art. 39 - Accettazione, qualità ed impiego dei materiali

I materiali e i componenti devono corrispondere al Decreto Ministeriale 11/04/2007 alle prescrizioni del Capitolato speciale ed essere della migliore qualità: possono essere messi in opera solamente dopo l'accettazione del Direttore dei lavori; in caso di contestazioni, si procederà ai sensi dell'art. 137 del regolamento D.P.R. n. 554/1999.

L'accettazione dei materiali e dei componenti è definitiva solo dopo la loro posa in opera. Il Direttore dei lavori può rifiutare in qualunque tempo i materiali e i componenti deperiti dopo la introduzione in cantiere, o che per qualsiasi causa non fossero conformi alle caratteristiche tecniche risultanti dai documenti allegati al contratto; in questo ultimo caso l'Appaltatore deve rimuoverli dal cantiere e sostituirli con altri a sue spese.

Ove l'Appaltatore non effettui la rimozione nel termine prescritto dal Direttore dei lavori, la Stazione appaltante può provvedervi direttamente a spese dell'Appaltatore, a carico del quale resta anche qualsiasi onere o danno che possa derivargli per effetto della rimozione eseguita d'ufficio.

Anche dopo l'accettazione e la posa in opera dei materiali e dei componenti da parte dell'Appaltatore, restano fermi i diritti e i poteri della Stazione appaltante in sede di collaudo.

L'Appaltatore che nel proprio interesse o di sua iniziativa abbia impiegato materiali o componenti di caratteristiche superiori a quelle prescritte nei documenti contrattuali, o eseguito una lavorazione più accurata, non ha diritto ad aumento dei prezzi e la contabilità è redatta come se i materiali avessero le caratteristiche stabilite.

Nel caso sia stato autorizzato per ragioni di necessità o convenienza da parte del Direttore dei lavori l'impiego di materiali o componenti aventi qualche carenza nelle dimensioni, nella consistenza o nella qualità, ovvero sia stata autorizzata una lavorazione di minor pregio, viene applicata una adeguata riduzione del prezzo in sede di contabilizzazione, sempre che l'opera sia accettabile senza pregiudizio e salve le determinazioni definitive dell'organo di collaudo.

Gli accertamenti di laboratorio e le verifiche tecniche obbligatorie, ovvero specificamente previsti dal Capitolato speciale d'appalto, sono disposti dalla Direzione dei lavori o dall'organo di collaudo, imputando la spesa a carico delle somme a disposizione accantonate a tale titolo nel quadro economico. Per le stesse prove la Direzione dei lavori provvede al prelievo del relativo campione ed alla redazione di apposito verbale di prelievo; la certificazione effettuata dal laboratorio prove materiali riporta espresso riferimento a tale verbale.

La Direzione dei lavori o l'organo di collaudo possono disporre ulteriori prove ed analisi ancorché non prescritte dal Capitolato speciale d'appalto ma ritenute necessarie per stabilire l'idoneità dei materiali o dei componenti. Le relative spese sono poste a carico dell'Appaltatore.

Art. 40 - Provvista dei materiali

Se gli atti contrattuali non contengono specifica indicazione, l'Appaltatore è libero di scegliere il luogo ove prelevare i materiali necessari alla realizzazione del lavoro, purché essi abbiano le caratteristiche prescritte dai documenti tecnici allegati al contratto. Le eventuali modifiche di tale scelta non comportano diritto al riconoscimento di maggiori oneri, né all'incremento dei prezzi pattuiti.

Nel prezzo dei materiali sono compresi tutti gli oneri derivanti all'Appaltatore dalla loro fornitura a piè d'opera, compresa ogni spesa per eventuali aperture di cave, estrazioni, trasporto da qualsiasi distanza e con qualsiasi mezzo, occupazioni temporanee e ripristino dei luoghi.

A richiesta della Stazione appaltante l'Appaltatore deve dimostrare di avere adempiuto alle prescrizioni della legge sulle espropriazioni per causa di pubblica utilità, ove contrattualmente siano state poste a suo carico, e di aver pagato le indennità per le occupazioni temporanee o per i danni arrecati.

Art. 41 - Sostituzione dei luoghi di provenienza dei materiali previsti in contratto

Qualora gli atti contrattuali prevedano il luogo di provenienza dei materiali, il Direttore dei lavori può prescrivere uno diverso, ove ricorrano ragioni di necessità o convenienza.

Nel caso di cui al comma 1, se il cambiamento importa una differenza in più o in meno del quinto del prezzo contrattuale del materiale, si fa luogo alla determinazione del nuovo prezzo ai sensi degli articoli 136 e 137 del regolamento n. 554/1999.

Qualora i luoghi di provenienza dei materiali siano indicati negli atti contrattuali, l'Appaltatore non può cambiarli senza l'autorizzazione scritta del Direttore dei lavori, che riporti l'espressa approvazione del Responsabile del procedimento. In ogni caso si applica il 2° e 3° comma dell'art. 40 del presente Capitolato.

Art. 42 - Norme di riferimento

I materiali e le forniture da impiegare nella realizzazione delle opere dovranno rispondere alle prescrizioni contrattuali ed in particolare alle indicazioni del progetto esecutivo, e possedere le caratteristiche stabilite dalle leggi e dai regolamenti e norme UNI e certificazioni CEI vigenti in materia, anche se non espressamente richiamate nel presente Capitolato speciale d'appalto. In assenza di nuove ed aggiornate norme, il Direttore dei lavori potrà riferirsi alle norme ritirate o sostitutive. In generale si applicano le prescrizioni degli artt. 39, 40 e 41 del presente Capitolato speciale d'appalto. Salvo diversa indicazione, i materiali e le forniture proverranno da quelle località che l'Appaltatore riterrà di sua convenienza, purché, ad insindacabile giudizio della Direzione lavori, ne sia riconosciuta l'idoneità e la rispondenza ai requisiti prescritti dagli accordi contrattuali.

L'Appaltatore è obbligato a prestarsi, in qualsiasi momento, ad eseguire od a far eseguire presso il laboratorio di cantiere, presso gli stabilimenti di produzione o presso gli Istituti autorizzati, tutte le prove scritte dal presente Capitolato speciale d'appalto o dalla Direzione dei lavori, sui materiali impiegati o da impiegarsi, nonché sui manufatti, sia prefabbricati che realizzati in opera e sulle forniture in generale. Il prelievo dei campioni, da eseguire secondo le norme regolamentari ed UNI vigenti, verrà effettuato in contraddittorio con l'Impresa sulla base della redazione di verbale di prelievo

Art. 43 - Ghiaia e pietrisco

43.1. Requisiti per l'accettazione

Gli inerti, naturali o di frantumazione, devono essere costituiti da elementi non gelivi e non friabili, privi di sostanze organiche, limose ed argillose, di gesso, ecc., in proporzioni nocive all'indurimento del conglomerato od alla conservazione delle armature.

La ghiaia o il pietrisco devono avere dimensioni massime commisurate alle caratteristiche geometriche della carpenteria del getto ed all'ingombro delle armature e devono essere lavati con acqua dolce qualora ciò sia necessario per eliminare materie nocive.

La ghiaia deve essere bene assortita, formata da elementi resistenti e non gelivi, scevra da sostanze estranee, da parti friabili o terrose, o comunque dannose.

Il pietrisco deve provenire dalla frantumazione di roccia compatta, non gessosa né geliva, non deve contenere impurità né materie pulverulenti, deve essere costituito da elementi, le cui dimensioni soddisfino alle condizioni sopra indicate per la ghiaia.

43.2. Norme UNI per gli aggregati per confezione di calcestruzzi

UNI 8520-1 *Aggregati per confezione di calcestruzzi. Definizione, classificazione e caratteristiche.*

UNI 8520-2 *Aggregati per confezione di calcestruzzi. Requisiti.*

UNI 8520-7 *Aggregati per confezione calcestruzzi. Determinazione del passante allo staccio 0,075 UNI 2332.*

UNI 8520-8 *Aggregati per confezione di calcestruzzi. Determinazione del contenuto di grumi di argilla e particelle friabili.*

UNI 8520-13 *Aggregati per confezione di calcestruzzi. Determinazione della massa volumica e dell'assorbimento degli aggregati fini.*

UNI 8520-16 *Aggregati per confezione di calcestruzzi. Determinazione della massa volumica e dell'assorbimento degli aggregati grossi (metodi della pesata idrostatica e del cilindro).*

UNI 8520-17 *Aggregati per confezione di calcestruzzi. Determinazione della resistenza a compressione degli aggregati grossi.*

UNI 8520-20 *Aggregati per confezione di calcestruzzi. Determinazione della sensibilità al gelo e disgelo degli aggregati grossi.*

UNI 8520-21 *Aggregati per confezione di calcestruzzi. Confronto in calcestruzzo con aggregati di caratteristiche note*

UNI 8520-22 *Aggregati per confezione calcestruzzi. Determinazione della potenziale reattività degli aggregati in presenza di alcali.*

43.3. Norme UNI per gli aggregati leggeri

UNI 7549-1 *Aggregati leggeri. Definizione, classificazione e pezzatura.*

UNI 7549-2 *Aggregati leggeri. Identificazione visuale degli scisti e delle argille espansi.*

UNI 7549-3 *Aggregati leggeri. Analisi granulometrica.*

UNI 7549-4 *Aggregati leggeri. Determinazione della massa volumica del materiale in mucchio (peso in mucchio).*

- UNI 7549-5** *Aggregati leggeri. Determinazione della massa volumica media del granulo.*
UNI 7549-6 *Aggregati leggeri. Determinazione del coefficiente di imbibizione.*
UNI 7549-7 *Aggregati leggeri. Determinazione della resistenza dei granuli allo schiacciamento.*
UNI 7549-8 *Aggregati leggeri. Determinazione del potere macchiante.*
UNI 7549-9 *Aggregati leggeri. Determinazione della perdita al fuoco.*
UNI 7549-10 *Aggregati leggeri. Determinazione della resistenza al gelo.*
UNI 7549-11 *Aggregati leggeri. Determinazione della stabilità al trattamento a vapore.*
UNI 7549-12 *Aggregati leggeri. Valutazione delle proprietà mediante prove su calcestruzzo convenzionale.*

43.4. Norme UNI per le prove sugli aggregati

- UNI EN 1367-2** *Prove per determinare le proprietà termiche e la degradabilità degli aggregati. Prova al solfato di magnesio.*
UNI EN 1367-4 *Prove per determinare le proprietà termiche e la degradabilità degli aggregati. Determinazione del ritiro per essiccamento.*
UNI EN 1744-1 *Prove per determinare le proprietà chimiche degli aggregati. Analisi chimica.*

Art. 44 - Sabbia

La sabbia per malte dovrà essere priva di sostanze organiche, terrose o argillose, solfati ed avere dimensione massima dei grani di 2 mm per murature in genere, di 1 mm per gli intonaci e murature di paramento o in pietra da taglio. La sabbia naturale o artificiale deve risultare bene assortita in grossezza e costituita di grani resistenti, non provenienti da roccia decomposta o gessosa. Essa deve essere scricchiolante alla mano, non lasciare traccia di sporco, non contenere materie organiche, melmose o comunque dannose; dev'essere lavata con acqua dolce, qualora ciò sia necessario, per eliminare materie nocive.

Tabella 44.1 – Pezzature normali

	Trattenuto dal	Passante al
Sabbia	setaccio 0,075 UNI 2332	setaccio 2 UNI 2332

Le sabbie da impiegarsi nel confezionamento dei conglomerati cementizi devono corrispondere alle caratteristiche granulometriche stabilite dal R.D. 16 novembre 1939, n. 229.

Nelle sabbie per conglomerati è ammessa una percentuale massima del 10% di materiale trattenuto sul crivello 7,1, vedi **UNI 2334** - Crivelli di controllo e relativi fondi e coperchi - o sul setaccio 2, vedi **UNI 2332-1** - Vagli di controllo, stacci di controllo e relativi fondi e coperchi. Dimensioni e tolleranze, a seconda che si tratti di sabbia per conglomerati cementizi o di sabbia per conglomerati bituminosi; in ogni caso non si devono avere dimensioni inferiori a 0,05 mm. Le sabbie possono essere naturali o di frantumazione, devono presentare una perdita per decantazione in acqua inferiore al 2%.

L'Appaltatore non può impiegare sabbie di mare che non siano state preventivamente lavate a fondo con acqua dolce. La Direzione dei lavori potrà accertare in via preliminare le caratteristiche delle cave di provenienza del materiale per rendersi conto dell'uniformità della roccia, dei sistemi di coltivazione e di frantumazione, prelevando dei campioni da sottoporre alle prove necessarie per caratterizzare la roccia nei riguardi dell'impiego. Il prelevamento di campioni potrà essere omesso quando le caratteristiche del materiale risultano da certificato emesso in seguito ad esami fatti eseguire da Amministrazioni pubbliche, a seguito di sopralluoghi nelle cave ed i risultati di tali indagini siano ritenute idonee dalla Direzione dei lavori.

Il prelevamento dei campioni di sabbia normalmente deve avvenire dai cumuli sul luogo di impiego, diversamente può avvenire dai mezzi di trasporto ed eccezionalmente dai sili. La fase di prelevamento non deve alterare le caratteristiche del materiale ed in particolare la variazione della sua composizione granulometrica e perdita di materiale fine. I metodi prova riguardano l'analisi granulometrica e il peso specifico reale.

Art. 45 - Acqua

L'acqua per gli impasti deve essere dolce, limpida, priva di sali (particolarmente solfati e cloruri) in percentuali dannose, priva di materie terrose e non essere aggressiva. L'acqua, a discrezione della Direzione dei lavori, in base al tipo di intervento od uso potrà essere trattata con speciali additivi per evitare l'insorgere di reazioni chimico-fisiche al contatto con altri componenti l'impasto.

Art. 46 - Impasti

La distribuzione granulometrica degli inerti, il tipo di cemento e la consistenza dell'impasto devono essere adeguati alla particolare destinazione del getto ed al procedimento di posa in opera del conglomerato.

Il quantitativo d'acqua deve essere il minimo necessario a consentire una buona lavorabilità del conglomerato tenendo conto anche dell'acqua contenuta negli inerti.

Partendo dagli elementi già fissati, il rapporto acqua-cemento, e pertanto il dosaggio del cemento, dovrà essere scelto in relazione alla resistenza richiesta per il conglomerato.

L'impasto deve essere fatto con mezzi idonei ed il dosaggio dei componenti eseguito con modalità atte a garantire la costanza del proporzionamento previsto in sede di progetto.

Art. 47 - Additivi

47.1. Generalità

Gli additivi per impasti cementizi si intendono classificati come segue: fluidificanti; aeranti; ritardanti; acceleranti; fluidificanti-aeranti; fluidificanti-ritardanti; fluidificanti-acceleranti; antigelo-superfluidificanti.

Per le modalità di controllo ed accettazione il Direttore dei lavori potrà far eseguire prove od accettare l'attestazione di conformità alle norme vigenti.

47.2. Calcestruzzo

I conglomerati cementizi per strutture in cemento armato dovranno rispettare tutte le prescrizioni di cui al D.M. 9 gennaio 1996 e relative circolari esplicative; in particolare l'impiego di eventuali additivi dovrà essere subordinato all'accertamento dell'assenza di ogni pericolo di aggressività.

Gli additivi dovranno possedere le seguenti caratteristiche:

- dovranno essere opportunamente dosati rispetto alla massa del cemento;
- non dovranno contenere componenti dannosi alla durabilità del calcestruzzo;
- provocare la corrosione dei ferri d'armatura;
- dovranno interagire sul ritiro o sull'espansione del calcestruzzo; in tal caso si dovrà procedere alla determinazione della stabilità dimensionale.

47.2.1. Additivi acceleranti

Il dosaggio degli additivi acceleranti dovrà essere contenuto tra 0,5 e 2% (ovvero come indicato dal fornitore) sul peso del cemento, in caso di prodotti che non contengono cloruri tali valori possono essere incrementati fino al 4%. Per evitare concentrazioni del prodotto prima dell'uso dovrà essere opportunamente diluito.

La Direzione dei lavori si riserva di verificare la loro azione prima dell'impiego, mediante:

- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo secondo previste dal D.M. 9 gennaio 1996 e norme UNI vigenti;
- determinazione dei tempi di inizio e fine presa del calcestruzzo additivato mediante la misura della resistenza alla penetrazione, da eseguire con riferimento alla norma **UNI 7123** - Calcestruzzo. Determinazione dei tempi di inizio e fine presa mediante la misura della resistenza alla penetrazione.

In generale, per quanto non specificato, si rimanda alla **UNI EN 934-2** - Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione - Additivi per calcestruzzo - Definizioni e requisiti.

47.2.2. Additivi ritardanti

Gli additivi ritardanti sono da utilizzarsi per il trasporto del calcestruzzo in betoniera al fine di ritardarne l'indurimento.

La Direzione dei lavori si riserva di verificare la loro azione prima dell'impiego, mediante:

- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo secondo previste dal D.M. 9 gennaio 1996 e norme UNI vigenti;
- determinazione dei tempi di inizio e fine presa del calcestruzzo additivato mediante la misura della resistenza alla penetrazione, da eseguire con riferimento alla norma **UNI 7123**.

Le prove di resistenza a compressione di regola devono essere eseguite dopo la stagionatura di 28 giorni, la presenza dell'additivo non deve comportare diminuzione della resistenza del calcestruzzo.

In generale per quanto non specificato si rimanda alla **UNI EN 934-2** - Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione - Additivi per calcestruzzo - Definizioni e requisiti.

47.2.3. Additivi antigelo

Gli additivi antigelo sono da utilizzarsi nel caso di getto di calcestruzzo effettuato in periodo freddo, previa autorizzazione della Direzione dei lavori.

Il dosaggio degli additivi antigelo dovrà essere contenuto tra 0,5 e 2% (ovvero come indicato dal fornitore) sul peso del cemento che dovrà essere del tipo ad alta resistenza e in dosaggio superiore rispetto alla norma. Per evitare

concentrazioni del prodotto prima dell'uso dovrà essere opportunamente miscelato al fine di favorire la solubilità a basse temperature.

In generale per quanto non specificato si rimanda alle seguenti norme:

UNI 7109 *Additivi per impasti cementizi. Additivi antigelo. Idoneità e relativi metodi di controllo.*

UNI 7120 *Additivi per impasti cementizi. Determinazione dei tempi di inizio e di fine presa delle paste cementizie contenenti additivi antigelo.*

La Direzione dei lavori si riserva di verificare la loro azione prima e dopo l'impiego, mediante:

- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo secondo previste dal D.M. 9 gennaio 1996 e norme UNI vigenti;
- determinazione dei tempi d'inizio e fine presa del calcestruzzo additivato mediante la misura della resistenza alla penetrazione, da eseguire con riferimento alla norma **UNI 7123** - Calcestruzzo. Determinazione dei tempi d'inizio e fine presa mediante la misura della resistenza alla penetrazione.

Le prove di resistenza a compressione di regola devono essere eseguite dopo la stagionatura di 28 giorni; la presenza dell'additivo non deve comportare diminuzione della resistenza del calcestruzzo.

47.2.4. Additivi fluidificanti e superfluidificanti

Gli additivi fluidificanti sono da utilizzarsi per aumentare la fluidità degli impasti, mantenendo costante il rapporto acqua /cemento e la resistenza del calcestruzzo, previa autorizzazione della Direzione dei lavori.

Il dosaggio degli additivi fluidificanti dovrà essere contenuto tra 0,2 e 0,3% (ovvero come indicato dal fornitore) sul peso del cemento. Gli additivi superfluidificanti vengono aggiunti in quantità superiori al 2% rispetto al peso del cemento.

In generale, per quanto non specificato, si rimanda alla **UNI EN 934-2** - Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione - Additivi per calcestruzzo - Definizioni e requisiti.

La Direzione dei lavori si riserva di verificare la loro azione prima e dopo l'impiego, mediante:

- determinazione della consistenza dell'impasto effettuata con l'impiego della tavola a scosse con riferimento alla **UNI 8020** - Calcestruzzo fresco - Determinazione della consistenza - Spandimento alla tavola a scosse;
- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo secondo previste dal D.M. 9 gennaio 1996 e norme UNI vigenti;
- prova di essudamento secondo la **UNI 7122** - Calcestruzzo fresco. Determinazione della quantità d'acqua d'impasto essudata.

47.2.5. Additivi aeranti

Gli additivi aeranti sono da utilizzarsi per migliorare la resistenza del calcestruzzo ai cicli di gelo e disgelo, previa autorizzazione della Direzione dei lavori. La quantità dell'aerante deve essere compresa tra 0,005 e 0,05% (ovvero come indicato dal fornitore) sul peso del cemento.

La Direzione dei lavori si riserva di verificare la loro azione prima e dopo l'impiego, mediante:

- determinazione del contenuto d'aria secondo la **UNI 6395** - Determinazione volumetrica per pressione del contenuto d'aria nel calcestruzzo fresco;
- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo secondo previste dal D.M. 9 gennaio 1996 e norme UNI vigenti;
- prova di resistenza al gelo secondo la **UNI 7087** - Calcestruzzo. Determinazione della resistenza alla degradazione per cicli di gelo e disgelo;
- prova di essudamento secondo la **UNI 7122** - Calcestruzzo fresco. Determinazione della quantità d'acqua d'impasto essudata;

Le prove di resistenza a compressione di regola devono essere eseguite dopo la stagionatura.

47.2.6. Agenti espansivi

Gli agenti espansivi sono da utilizzarsi per aumentare il volume del calcestruzzo sia in fase plastica che indurito, previa autorizzazione della Direzione dei lavori. La quantità dell'aerante deve essere compresa tra 7 e 10% (ovvero come indicato dal fornitore) sul peso del cemento.

In generale per quanto non specificato si rimanda alle seguenti norme UNI:

UNI 8146 *Agenti espansivi non metallici per impasti cementizi. Idoneità e relativi metodi di controllo.*

UNI 8146 FA 125-83 *Foglio di aggiornamento n. 1 alla UNI 8146. Agenti espansivi non metallici per impasti cementizi. Idoneità e relativi metodi di controllo.*

UNI 8147 *Agenti espansivi non metallici per impasti cementizi. Determinazione dell'espansione contrastata della malta contenente l'agente espansivo.*

UNI 8147 FA 126-83 *Foglio di aggiornamento n. 1 alla UNI 8147. Agenti espansivi non metallici per impasti cementizi. Determinazione dell'espansione contrastata della malta contenente l'agente espansivo.*

UNI 8148 *Agenti espansivi non metallici per impasti cementizi. Determinazione dell'espansione contrastata del calcestruzzo contenente l'agente espansivo.*

UNI 8148 FA 127-83 *Foglio di aggiornamento n. 1 alla UNI 8148. Agenti espansivi non metallici per impasti cementizi. Determinazione dell'espansione contrastata del calcestruzzo contenente l'agente espansivo.*

UNI 8149 *Agenti espansivi non metallici per impasti cementizi. Determinazione della massa volumica.*

UNI 8149 FA 128-83 *Foglio di aggiornamento n. 1 alla UNI 8149. Agenti espansivi non metallici per impasti cementizi. Determinazione della massa volumica.*

La Direzione dei lavori si riserva di verificare la loro azione prima e dopo l'impiego, mediante:

- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo previste dal D.M. 9 gennaio 1996 e norme UNI vigenti;
- determinazione dei tempi di inizio e fine presa del calcestruzzo additivato mediante la misura della resistenza alla penetrazione, da eseguire con riferimento alla norma **UNI 7123**, Calcestruzzo. Determinazione dei tempi di inizio e fine presa mediante la misura della resistenza alla penetrazione.

Le prove di resistenza a compressione di regola devono essere eseguite dopo la stagionatura.

47.3. Metodi di prova

In generale per quanto non specificato si rimanda alle seguenti norme UNI:

UNI 7110 *Additivi per impasti cementizi. Determinazione della solubilità in acqua distillata ed in acqua satura di calce.*

UNI 7112 *Additivi per impasti cementizi. Determinazione delle sostanze zuccherine riducenti.*

UNI 7114 *Additivi per impasti cementizi. Determinazione del potere schiumogeno degli additivi aeranti e fluidificanti- aeranti.*

UNI 7115 *Additivi per impasti cementizi. Determinazione della densità degli additivi liquidi o in soluzione.*

UNI 7116 *Additivi per impasti cementizi. Determinazione dell'alcalinità totale.*

UNI 7117 *Additivi per impasti cementizi. Determinazione della tensione superficiale di soluzioni contenenti additivi.*

UNI 7118 *Additivi per impasti cementizi. Determinazione del pH di soluzioni contenenti additivi.*

UNI EN 934-2 *Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Additivi per calcestruzzo. Definizioni e requisiti*

UNI 10765 *Additivi per impasti cementizi. Additivi multifunzionali per calcestruzzo. Definizioni, requisiti e criteri di conformità.*

Art. 48 - Malte

48.1. Malte tradizionali

L'acqua per gli impasti deve essere limpida, priva di sostanze organiche o grassi, non deve essere aggressiva nè contenere solfati o cloruri in percentuale dannosa.

La sabbia da impiegare per il confezionamento delle malte deve essere priva di sostanze organiche, terrose o argillose.

Le calci aeree, le pozzolane ed i leganti idraulici devono possedere le caratteristiche tecniche ed i requisiti previsti dalle vigenti norme (R.D. 16 novembre 1939, n. 2230 e R.D. n. 2231; legge 26 maggio 1965, n. 595, D.M. 14 gennaio 1966, D.M. 3 giugno 1968, D.M. 3 agosto 1972 e successive integrazioni o modificazioni).

L'impiego di malte premiscelate e pronte per l'uso è consentito purché ogni fornitura sia accompagnata da una dichiarazione del fornitore attestante il gruppo della malta, il tipo e la quantità dei leganti e degli eventuali additivi. Ove il tipo di malta non rientri tra quelli appresso indicati il fornitore dovrà certificare con prove ufficiali anche le caratteristiche di resistenza della malta stessa.

Le modalità per la determinazione della resistenza a compressione delle malte sono riportate nel D.M. 3 giugno 1968 così come modificato dal D.M. 13 settembre 1993.

I tipi di malta e le loro classi sono definite in rapporto alla composizione in volume secondo la seguente tabella:

Tabella 48.1 - Classe e tipi di malta (D.M. 20 novembre 1987)

Classe	Tipo di malta	Composizione				
		Cemento	Calce aerea	Calce idraulica	Sabbia	Pozzolana
M4	Idraulica	-	-	1	3	-
M4	Pozzolonica	-	1	-	-	3
M4	Bastarda	1	-	2	9	-

M3	Bastarda	1	-	1	5	-
M2	Cementizia	1	-	0,5	4	-
M1	Cementizia	1	-	-	3	-

Tabella 48.2 - Rapporti di miscela delle malte(AITEC)

Tipo di malta	Rapporti in volume	Quantità per 1 mq di malta (kg)
Calce idrata,sabbia	1: 3,5	142-1300
	1: 4,5	110-1300
Calce idraulica, sabbia	1:3	270-1300
	1:4	200-1300
Calce eminentemente idraulica, sabbia	1:3	330-1300
	1:4	250-1300
Calce idrata, cemento, sabbia	2:1:8	125-150-1300
	2:1:9	110-130-1300
Cemento, sabbia	1:3	400-1300
	1:4	300-1300

Alla malta cementizia si può aggiungere una piccola quantità di calce aerea con funzione plastificante. Malte di diverse proporzioni nella composizione confezionate anche con additivi, preventivamente sperimentate, possono essere ritenute equivalenti a quelle indicate qualora la loro resistenza media a compressione risulti non inferiore ai valori seguenti:

- 12 N/mm² [120 kgf/cm²] per l'equivalenza alla malta M1
- 8 N/mm² [80 Kgf/cm²] per l'equivalenza alla malta M2
- 5 N/mm² [50 kgf/cm²] per l'equivalenza alla malta M3
- 2,5 N/mm² [25 Kgf/cm²] per l'equivalenza alla malta M4.

48.2. Malte speciali

Le malte speciali a base cementizia (espansive, autoportanti, antiritiro, ecc.) composte da cementi ad alta resistenza, inerti, silice, additivi, da impiegarsi nei ripristini di elementi strutturali in c.a., impermeabilizzazioni, iniezioni armate, devono possedere le caratteristiche indicate nel progetto esecutivo; in caso di applicazione di prodotti equivalenti, gli stessi devono essere accettati ed autorizzati dalla Direzione dei lavori.

Per qualunque contestazione si rimanda alle prescrizioni delle seguenti norme:

- UNI 8993** *Malte cementizie espansive premiscelate per ancoraggi. Definizione e classificazione.*
- UNI 8993 FA 1-89** *Malte cementizie espansive premiscelate per ancoraggi. Definizione e classificazione.*
- UNI 8994** *Malte cementizie espansive premiscelate per ancoraggi. Controllo dell'idoneità.*
- UNI 8994 FA 1-89** *Malte cementizie espansive premiscelate per ancoraggi. Controllo dell'idoneità.*
- UNI 8995** *Malte cementizie espansive premiscelate per ancoraggi. Determinazione della massa volumica della malta fresca.*
- UNI 8995 FA 1-89** *Malte cementizie espansive premiscelate per ancoraggi. Determinazione della massa volumica della malta fresca.*
- UNI 8996** *Malte cementizie espansive premiscelate per ancoraggi. Determinazione dell'espansione libera in fase plastica.*
- UNI 8996 FA 1-89** *Malte cementizie espansive premiscelate per ancoraggi. Determinazione dell'espansione libera in fase plastica.*
- UNI 8997** *Malte cementizie espansive premiscelate per ancoraggi. Malte superfluide. Determinazione della consistenza mediante canaletta.*
- UNI 8997 FA 1-89** *Malte cementizie espansive premiscelate per ancoraggi. Malte superfluide. Determinazione della consistenza mediante canaletta.*
- UNI 8998** *Malte cementizie espansive premiscelate per ancoraggi. Determinazione della quantità d'acqua d'impasto essudata.*
- UNI 8998 FA 1-89** *Malte cementizie espansive premiscelate per ancoraggi. Determinazione della quantità d'acqua d'impasto essudata.*
- UNI EN 12190** *Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo. Metodi di prova. Determinazione della resistenza a compressione delle malte da riparazione.*

48.3. Metodi di prova delle malte cementizie

UNI 7044	<i>Determinazione della consistenza delle malte cementizie mediante l'impiego di tavola a scosse.</i>
UNI EN 1015-1	<i>Metodi di prova per malte per opere murarie. Determinazione della distribuzione granulometrica (mediante staccatura).</i>
UNI EN 1015-2	<i>Metodi di prova per malte per opere murarie. Campionamento globale e preparazione delle malte di prova.</i>
UNI EN 1015-3	<i>Metodi di prova per malte per opere murarie. Determinazione della consistenza della malta fresca (mediante tavola a scosse).</i>
UNI EN 1015-4	<i>Metodi di prova per malte per opere murarie. Determinazione della consistenza della malta fresca (mediante penetrazione della sonda).</i>
UNI EN 1015-6	<i>Metodi di prova per malte per opere murarie. Determinazione della massa volumica apparente della malta fresca.</i>
UNI EN 1015-7	<i>Metodi di prova per malte per opere murarie. Determinazione del contenuto d'aria della malta fresca.</i>
UNI EN 1015-19	<i>Metodi di prova per malte per opere murarie. Determinazione della permeabilità al vapore d'acqua delle malte da intonaco indurite.</i>
UNI ENV 1170-8	<i>Malte e paste di cemento rinforzate con fibre di vetro (GRC). Prova mediante cicli climatici;</i>

Art. 49 - Gesso

Il gesso è ottenuto per frantumazione, cottura e macinazione di roccia sedimentaria, di struttura cristallina, macrocristallina oppure fine, il cui costituente essenziale è il solfato di calcio biidrato ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), dovrà presentarsi perfettamente asciutto, di recente cottura, di fine macinazione, privo di materie eterogenee e non alterato per estinzione spontanea. Le caratteristiche fisiche, meccaniche e chimiche delle rocce dovranno inoltre corrispondere alle prescrizioni della norma **UNI 5371** - Pietra da gesso per la fabbricazione di leganti. Classificazione, prescrizioni e prove.

I gessi dovranno essere forniti in sacchi sigillati di idoneo materiale, riportanti il nominativo del produttore e la qualità del gesso contenuto. La conservazione dovrà essere effettuata con tutti gli accorgimenti atti ad evitare degradazioni per umidità.

Art. 50 - Calce

50.1. Calci aeree

Le calci aeree impiegate dovranno avere le caratteristiche ed i requisiti prescritti dal R.D. 16 novembre 1939, n. 2231, (aggiornato alla G.U. 29 agosto 2000) recante Norme per l'accettazione delle calci.

Agli effetti delle suddette norme le calci si dividono in:

A Calci aeree:

- a) calce grassa in zolle;
- b) calce magra in zolle;
- c) calce idrata in polvere.

Si dicono calci aeree magnesiache quelle contenenti più del 20% di MgO .

B Calci idrauliche:

- a) calce idraulica naturale in zolle;
- b) calce idraulica naturale o artificiale in polvere;
- c) calce eminentemente idraulica naturale o artificiale in polvere;
- d) calce idraulica artificiale pozzolanica in polvere;
- e) calce idraulica artificiale siderurgica in polvere.

Le calci sono così definite:

A Calci aeree:

- a) La calce grassa in zolle, di colore pressoché bianco, è il prodotto della cottura di calcari di adatta composizione morfologica e chimica.
- b) La calce magra in zolle è il prodotto della cottura di calcari a morfologia e composizione chimica tali da non dare calci che raggiungano i requisiti richiesti per le calci di cui alla lettera a).
- c) La calce idrata in polvere è il prodotto dello spegnimento completo delle calci predette, fatto dallo stabilimento produttore in modo da ottenerla in polvere fina e secca.

Per ulteriori definizioni si rimanda alla norma **UNI 10319** - Calci aeree. Terminologia.

B Calci idrauliche:

- a) La calce idraulica in zolle è il prodotto della cottura di calcari argillosi di natura tale da risultare di facile spegnimento.
- b), c) La calce idraulica e quella eminentemente idraulica, naturale o artificiale è il prodotto ottenuto con la cottura di marne naturali oppure di mescolanze intime ed omogenee di calcare e di materie argillose, con la successiva estinzione, stagionatura e macinazione.
- d) La calce idraulica artificiale pozzolanica è il prodotto della miscela intima, ottenuta per macinazione, di pozzolana energica e calce aerea.
- e) La calce idraulica siderurgica è il prodotto della miscela intima, ottenuta per macinazione, di loppe di altoforno basiche granulate e calce aerea.

Per le calci devono essere soddisfatte le seguenti limitazioni, nelle quali le quantità sono espresse percentualmente in peso.

Tabella 50.1. – Contenuti e limitazioni delle calci aeree

Calci aeree	Requisiti	Contenuto in CaO + MgO	Contenuto in umidità	Contenuto in carboni e impurità
Calce grassa in zolle	-	≥ 94%	-	-
Calce magra in zolle	-	≤ 94%	-	-
Calce idrata in polvere	Fiore di calce	≥ 91%	≤ 3%	≤ 6%
	Calce idrata da costruzione	≤ 82%	≥ 3%	≥ 6%

Tabella 50.2. - Requisiti fisico-meccanici delle calci aeree

Calci aeree	Rendimento in grassello	Residuo al vaglio da 900 maglie /cmq	Residuo al vaglio da 4900 maglie/cm ²	Prova di stabilità di volume
Calce grassa in zolle	≥ 2,5 mc./tonn.	-	-	-
Calce magra in zolle	≥ 1,5 mc./tonn.	-	-	-
Calce idrata in polvere	Fiore di calce	≤ 1%	≤ 5%	positiva
	Calce da costruzione	≤ 2%	≤ 15%	positiva

Tutte le calci idrauliche in polvere devono:

- 1) lasciare sul setaccio da 900 maglie/cm² un residuo percentuale in peso inferiore al 2% e sul setaccio da 4900 maglie/cm² un residuo inferiore al 20%;
- 2) iniziare la presa fra le 2 e le 6 ore dall'inizio dell'impasto e averla già compiuta dalle 8 alle 48 ore dal medesimo;
- 3) essere di composizione omogenea, costante, e di buona stagionatura.

Tabella 50.3 – Contenuti e limitazioni delle calci idrauliche

Calci idrauliche	Perdita al fuoco	contenuto in MgO	Contenuto in carbonati	Rapporto di costituzione*	Contenuto in Mno	Residuo insolubile
Calce idraulica naturale in zolle	≥ 10%	≥ 5%	≥ 10%	-	-	-
Calce idraulica naturale o artificiale in polvere	-	≤ 5%	≥ 10%	-	-	-
Calce eminentemente idraulica naturale o artificiale in polvere	-	≤ 5%	≥ 10%		-	-
Calce idraulica artificiale pozzolanica in polvere	-	≤ 5%	≥ 10%	1,5%		-
Calce idraulica artificiale siderurgica in polvere	≤ 5%	≤ 5%	-	-	≤ 5%	≤ 2,5%

* $R_c = (SiO_2 + Al_2O_3) / CaO$

Tabella 50.4. - Requisiti fisico-meccanici delle calce idrauliche in polvere

Calci idrauliche in polvere	Resistenze meccaniche su malta normale battuta 1:3 tolleranza del 10 %		Prova di stabilità del volume
	Resistenza a trazione dopo 28 giorni di stagionatura	Resistenza a compressione dopo 28 giorni di stagionatura	
Calce idraulica naturale o artificiale in polvere	$\geq 5 \text{ Kg/cmq.}$	$\geq 10 \text{ Kg/cmq.}$	positiva
Calce eminentemente idraulica naturale o artificiale	$\geq 10 \text{ Kg/cmq.}$	$\geq 100 \text{ Kg/cmq.}$	positiva
Calce idraulica artificiale pozzolanica	$\geq 10 \text{ Kg/cmq.}$	$\geq 100 \text{ Kg/cmq.}$	positiva
Calce idraulica artificiale siderurgica	$\geq 10 \text{ Kg/cmq.}$	$\geq 100 \text{ Kg/cmq.}$	positiva

Per le prove chimico-fisiche si rinvia alle prescrizioni del citato R.D. 16 novembre 1939, n. 2231 - Norme per l'accettazione delle calce.

Art. 51 - Cemento

51.1. Classificazione dei cementi

Ai sensi della legge 26 maggio 1965, n. 595, i cementi sono classificati in:

A *Cementi normali e ad alta resistenza:*

- a) portland;
- b) pozzolanico;
- c) d'altoforno.

B *Cemento alluminoso.*

C *Cementi per sbarramenti di ritenuta:*

- a) portland;
- b) pozzolanico;
- c) d'altoforno.

D *Agglomeranti cementizi:*

- a) a lenta presa;
- b) a rapida presa.

51.2. Definizioni

I legami idraulici sopra nominati rispondono alle seguenti definizioni:

A *Cementi:*

- a) Cemento portland. - Per cemento portland si intende il prodotto ottenuto per macinazioni di clinker (consistente essenzialmente in silicati idraulici di calcio), con aggiunta di gesso o anidrite dosata nella quantità necessaria per regolarizzare il processo di idratazione;
- b) Cemento pozzolanico. - Per cemento pozzolanico si intende la miscela omogenea ottenuta con la macinazione di clinker portland e di pozzolana o di altro materiale a comportamento pozzolanico, con la quantità di gesso o anidrite necessaria a regolarizzare il processo di idratazione;
- c) Cemento d'altoforno. - Per cemento d'altoforno si intende la miscela omogenea ottenuta con la macinazione di clinker portland e di loppa basica granulata di altoforno, con la quantità di gesso o anidrite necessaria per regolarizzare il processo di idratazione.

B *Cemento alluminoso.*

Per cemento alluminoso s'intende il prodotto ottenuto con la macinazione di clinker costituito essenzialmente da alluminati idraulici di calcio.

C Cementi per sbarramenti di ritenuta.

Per cementi per sbarramenti di ritenuta, la cui costruzione è soggetta al regolamento approvato con D.P.R. 1° novembre 1959, n. 1363, si intendono quei cementi normali, di cui alla lettera A, i quali abbiano i particolari valori minimi di resistenza alla compressione prescritti dalle norme vigenti.

D Agglomeranti cementizi.

Per agglomeranti cementizi si intendono i leganti idraulici che presentano resistenze fisiche inferiori o requisiti chimici diversi da quelli che verranno stabiliti per i cementi normali di cui alla lettera A. Per le resistenze minime ed i requisiti chimici degli agglomeranti cementizi si rinvia al D.M. vigente.

51.3. Fornitura

I cementi e gli agglomeranti cementizi in polvere debbono essere forniti:

- a) in sacchi sigillati;
- b) in imballaggi speciali a chiusura automatica a valvola che non possono essere aperti senza lacerazione;
- c) alla rinfusa.

Se i leganti idraulici sono forniti in sacchi sigillati, essi dovranno essere del peso di 50 kg chiusi con legame munito di sigillo. Il sigillo deve portare impresso in modo indelebile il nome della ditta fabbricante e del relativo stabilimento nonché la specie del legante.

Deve essere inoltre fissato al sacco, a mezzo del sigillo, un cartellino resistente sul quale saranno indicati con caratteri a stampa chiari e indelebili:

- a) la qualità del legante;
- b) lo stabilimento produttore;
- c) la quantità d'acqua per la malta normale;
- d) le resistenze minime a trazione e a compressione dopo 28 giorni di stagionatura dei provini.

Se i leganti sono forniti in imballaggi speciali a chiusura automatica a valvola che non possono essere aperti senza lacerazione, le indicazioni di cui sopra debbono essere stampate a grandi caratteri sugli imballaggi stessi.

I sacchi debbono essere in perfetto stato di conservazione; se l'imballaggio fosse comunque manomesso o il prodotto avariato, la merce può essere rifiutata.

Se i leganti sono forniti alla rinfusa, la provenienza e la qualità degli stessi dovranno essere dichiarate con documenti di accompagnamento della merce. La qualità potrà essere accertata mediante prelievo di campioni e loro analisi.

51.4. Accertamento dei requisiti d'accettazione dei cementi

Per l'accertamento dei requisiti d'accettazione dei cementi, degli agglomerati cementizi e delle calce idrauliche in polvere, le prove debbono essere eseguite su materiale proveniente da un campione originario di almeno 50 kg di legante prelevato da dieci sacchi per ogni partita di mille sacchi o frazione. In caso di contestazione sull'omogeneità del prodotto, saranno prelevati in contraddittorio, e per ogni mille sacchi, altri due sacchi, e sul campione prelevato da ciascuno di essi verranno ripetute le prove normali.

Qualora tutte le parti non siano presenti, la campionatura dovrà avvenire alla presenza di un notaio o di un ufficiale giudiziario.

Per le forniture di leganti alla rinfusa, la campionatura per le prove sarà effettuata all'atto della consegna, in contraddittorio fra le parti, mediante il prelievo di un campione medio in ragione di 10 kg per ogni 50 tonnellate o frazione.

Il campione per le prove sulle calce idrauliche naturali in zolle deve essere di 50 kg per ogni 10 tonnellate di calce, e deve essere preso con la pala da diversi punti del mucchio.

51.5. Marchio di conformità

L'attestato di conformità autorizza il produttore ad apporre il marchio di conformità sull'imballaggio e sulla documentazione di accompagnamento relativa al cemento certificato. Il marchio di conformità è costituito dal simbolo dell'organismo abilitato seguito da:

- a) nome del produttore e della fabbrica ed eventualmente del loro marchio o dei marchi di identificazione;
- b) ultime due cifre dell'anno nel quale è stato apposto il marchio di conformità;
- c) numero dell'attestato di conformità;
- d) descrizione del cemento;
- e) estremi del decreto.

Ogni altra dicitura è preventivamente sottoposta all'approvazione dell'organismo abilitato.

Classe	Resistenza alla compressione (N/mm ²)				Tempo inizio presa min	Espansione mm
	Resistenza iniziale		Resistenza normalizzata 28 giorni			
	2 giorni	7giorni				
32,5	-	> 16	≥ 32,5	≤ 52,5	≥ 60	≤ 10
32,5 R	> 10	-				
4,25	> 10	-	≥ 42,5	≤ 62,5		
4,25 R	> 20	-				
52,5	> 20	-	≥ 52,5	-	≥ 45	
52.5 R	> 30	-				

Tabella 51.2. - Requisiti chimici dei cementi (D.M. 12 luglio 1999, n. 314)

Proprietà	Prova secondo	Tipo di cemento	Classe di resistenza	Requisiti
Perdita al fuoco	EN 196-2	CEM I – CEM III	Tutte le classi	≤ 5,0%
Residuo insolubile	EN 196-2	CEM I – CEM III	Tutte le classi	≤ 5,0%
Solfati come (SO ₃)	EN 196-2	CEM I CEM II (2) CEM IV CEM V	32,5 32,5 R 42,5	≤ 3,5%
			42,5 R 52,5 52,5 R	≤ 4,0%
		CEM III (3)	Tutte le classi	
Cloruri	EN 196-21	Tutti i tipi (4)	Tutte le classi	≤ 0,10%
Pozzolanicità	EN 196-5	CEM IV	Tutte le classi	Esito positivo della prova

1) I requisiti sono espressi come percentuale in massa
2) Questa indicazione comprende i cementi tipo CEM II/A e CEM II/B, ivi compresi i cementi Portland composti contenenti solo un altro componente principale, per esempio II/A-S o II/B-V, salvo il tipo CEM II/B-T che può contenere fino al 4,5% di SO₃, per tutte le classi di resistenza
3) Il cemento tipo CEM III/C può contenere fino al 4,5% di SO₃.
4) Il cemento tipo CEM III può contenere più dello 0,100% di cloruri ma in tal caso si dovrà dichiarare il contenuto effettivo in cloruri.

Tabella 51.3. - Valori limite dei cementi (D.M. 12 luglio 1999, n. 314)

Proprietà		Valori limite					
		Classe di resistenza					
		32,5	32,5R	42,5	42,5R	52,5	42,5R
Limite inferiore di resistenza (N/mm ²)	2 giorni	-	8,0	8,0	18,0	18,0	28,0
	7 giorni	14,0	-	-	-	-	-
	28 giorni	30,0	30,0	40,0	40,0	50,0	50,0
Tempo di inizio presa - Limite inferiore (min)		45			40		
Stabilità (mm) - Limite superiore		11					
Contenuto di SO3 (%) Limite superiore	Tipo I Tipo II (1) Tipo IV Tipo V	4,0			4,5		
	Tipo III/A Tipo III/B	4,5					
	Tipo III/C	5,0					

Contenuto di cloruri (%) - Limite superiore (2)	0,11
Pozzolanicità	Positiva a 15 giorni

(1) Il cemento tipo II/B può contenere fino al 5% di SO₃ per tutte le classi di resistenza

(2) Il cemento tipo III può contenere più dello 0,11% di cloruri, ma in tal caso deve essere dichiarato il contenuto reale di cloruri.

51.6. Metodi di prova

UNI EN 196-1 Metodi di prova dei cementi. Determinazione delle resistenze meccaniche.

UNI EN 196-2 Metodi di prova dei cementi. Analisi chimica dei cementi.

UNI EN 196-3 Metodi di prova dei cementi. Determinazione del tempo di presa e della stabilità.

UNI ENV 196-4 Metodi di prova dei cementi. Determinazione quantitativa dei costituenti.

UNI EN 196-5 Metodi di prova dei cementi. Prova di pozzolanicità dei cementi pozzolanici.

UNI EN 196-6 Metodi di prova dei cementi. Determinazione della finezza.

UNI EN 196-7 Metodi di prova dei cementi. Metodi di prelievo e di campionatura del cemento.

UNI EN 196-21 Metodi di prova dei cementi. Determinazione del contenuto di cloruri, anidride carbonica e alcali nel cemento.

UNI ENV 197-1 Cemento. Composizione, specifiche e criteri di conformità. Cementi comuni.

UNI ENV 197-2 Cemento. Valutazione della conformità.

UNI 10397 Cementi. Determinazione della calce solubilizzata nei cementi per dilavamento con acqua distillata.

UNI 10517 Cementi Comuni. Valutazione della conformità.

UNI ENV 413-1 Cemento da muratura. Specifica.

UNI EN 413-2 Cemento da muratura. Metodi di prova.

Art. 52 - Laterizi

52.1. Generalità

Si intendono per laterizi materiali artificiali da costruzione, formati di argilla, contenente quantità variabili di sabbia, di ossido di ferro, di carbonato di calcio, purgata, macerata, impastata, pressata e ridotta in pezzi di forma e di dimensioni prestabilite, i pezzi dopo asciugamento, vengono esposti a giusta cottura in apposite fornaci e dovranno rispondere alle prescrizioni del R.D. 16 novembre 1939, n. 2233 - Norme per l'accettazione dei materiali laterizi.

52.2. Classificazione

I materiali laterizi si suddividono in:

- materiali laterizi pieni, quali i mattoni ordinari, i mattoncini comuni e da pavimento, le piastrelle per pavimentazione, ecc.;
- materiali laterizi forati, quali i mattoni con due, quattro, sei, otto fori, le tavole, i tavelloni, le forme speciali per volte, per solai di struttura mista, ecc.;
- materiali laterizi per coperture, quali i coppi e le tegole di varia forma ed i rispettivi pezzi speciali.

52.3. Requisiti

I laterizi di qualsiasi tipo, forma e dimensione debbono nella massa essere scevri da sassolini e da altre impurità; avere facce lisce e spigoli regolari; presentare alla frattura (non vetrosa) grana fine ed uniforme; dare, al colpo di martello, suono chiaro; assorbire acqua per immersione; asciugarsi all'aria con sufficiente rapidità; non sfaldarsi e non sfiorire sotto l'influenza degli agenti atmosferici e di soluzioni saline; non screpolarsi al fuoco; avere resistenza adeguata agli sforzi ai quali dovranno essere assoggettati, in relazione all'uso.

52.4. Accettazione e prove

Per accertare se i materiali laterizi abbiano i requisiti prescritti, oltre all'esame accurato della superficie e della massa interna ed alle prove di percussione per riconoscere la sonorità del materiale, debbono essere sottoposti a prove fisiche e chimiche.

Le prove debbono essere eseguite in uno dei laboratori ufficiali indicati dalle norme vigenti.

Le prove fisiche sono quelle di compressione, flessione, urto, gelività, imbibimento e permeabilità.

Le prove chimiche sono quelle necessarie per determinare il contenuto in sali solubili totali ed in solfati alcalini.

In casi speciali può essere prescritta una analisi chimica più o meno completa dei materiali, seguendo i procedimenti analitici più accreditati.

I laterizi da usarsi in opere a contatto con acque contenenti soluzioni saline sono analizzati, per accertare il comportamento di essi in presenza di liquidi di cui si teme la aggressività.

52.5. Prove fisiche e prove chimiche

Per quanto attiene alle modalità delle prove chimiche e fisiche, si rimanda al citato R.D. 16 novembre 1939, n. 2233.

52.6. Norme UNI di riferimento

52.6.1. Elementi per murature

Per la terminologia, il sistema di classificazione, i limiti di accettazione ed i metodi di prova si farà riferimento alle norme:

UNI 8942-1 *Prodotti di laterizio per murature. Terminologia e sistema di classificazione.*

UNI 8942-2 *Prodotti di laterizio per murature. Limiti d'accettazione.*

UNI 8942-3 *Prodotti di laterizio per murature. Metodi di prova.*

Gli elementi da impiegarsi nelle murature dovranno avere facce piane e spigoli regolari, essere esenti da screpolature, fessure e cavità e presentare superfici atte alla adesione delle malte. I mattoni da paramento dovranno presentare in maniera particolare regolarità di forma, integrità superficiale e sufficiente uniformità di colore per l'intera partita. Gli elementi in laterizio impiegati nelle murature portanti debbono rispondere alle prescrizioni contenute nel D.M. 20 novembre 1987 - Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento. La resistenza meccanica degli elementi deve essere dimostrata attraverso certificati contenenti i risultati delle prove condotte da laboratori ufficiali negli stabilimenti di produzione con le modalità previste dal D.M. citato.

52.6.2. Elementi per solai

Per la terminologia, il sistema di classificazione, i limiti di accettazione ed i metodi di prova si farà riferimento alle norme:

UNI 9730-1 *Elementi di laterizio per solai. Terminologia e classificazione.*

UNI 9730-2 *Elementi di laterizio per solai. Limiti di accettazione.*

UNI 9730-3 *Elementi di laterizio per solai. Metodi di prova.*

Dovranno inoltre essere rispettate le norme dei cui al punto 7, parte 1^a, del D.M. 9 gennaio 1996.

Nei blocchi forati, la resistenza caratteristica a compressione, determinata secondo le prescrizioni dell'Allegato 7 del D.M. citato e riferita alla sezione netta delle pareti e delle costolature, dovrà risultare non minore di:

a) Solai con blocchi aventi funzioni di alleggerimento:

30 N/mm² nella direzione dei fori; 15 N/mm² nella direzione trasversale ai fori.

Tabella 52.1 - Caratteristiche di tavelle e tavelloni di uso comune

Tipo	Spessore cm	W (cm ³ /ml)	Peso kN/m ²	Lunghezza cm	Larghezza cm	Rottura	
						P (kN)	Mr (kNm)
Tavellone UNI 2105	3	122	0,28	50	25	1,50	0,72
	3	122	0,28	60	25		
	4	187	0,34	60	25	1,80	1,00
	4	187	0,34	70	25	1,70	1,00
	4	187	0,34	80	25	1,50	1,00
	4	187	0,34	90	25	1,10	1,00
Tavellone UNI 2106	4	187	0,34	100	25	1,00	1,00
	6	332	0,38	80	25	2,60	1,95
	6	332	0,38	90	25	2,30	1,95
	6	332	0,38	100	25	2,10	1,95
	4	496	0,44	110	25	3,10	2,95
	4	496	0,44	110	25	2,80	2,95
	4	496	0,44	120	25	2,60	2,95

W = Momento resistente minimo riferito alla sezione larga 1 m (4 elementi affiancati); P= Carico minimo di rottura concentrato in mezzera di una tavella poggiante su due coltelli posti a cm 2,5 dagli estremi (Tabella UNI 2107); Mr= Momento flettente di rottura minimo riferito alla sezione larga 1 m (4 elementi affiancati). (fonte: *Manualetto RDB*, Fag, Milano, 1997)

b) Solai con blocchi aventi funzione statica in collaborazione con il conglomerato:

15 N/mm² nella direzione dei fori; 5 N/mm² nella direzione trasversale ai fori.

In assenza di cassero continuo inferiore durante la fase di armatura e getto, tutti i blocchi dovranno resistere ad un carico concentrato, applicato nel centro della faccia superiore, non inferiore a 1,5 kN. Il modulo elastico non dovrà essere superiore a 25 kN/mm².

52.6.3. Tavelle e tavelloni

Si farà riferimento alle seguenti norme:

1) Tipi e dimensioni:

UNI 2105 Tavelle. Tipi e dimensioni

UNI 2106 Tavelloni. Tipi e dimensioni.

2) Requisiti e prove

UNI 2107 Tavelle e tavelloni. Requisiti e prove.

52.6.4. Tegole

UNI 8089 Edilizia. Coperture e relativi elementi funzionali. Terminologia funzionale.

UNI 8090 Edilizia. Elementi complementari delle coperture. Terminologia.

UNI 8091 Edilizia. Coperture. Terminologia geometrica.

UNI 8178 Edilizia. Coperture. Analisi degli elementi e strati funzionali.

UNI 8635-16 Edilizia. Prove dei prodotti per coperture discontinue. Determinazioni delle inclusioni calcaree nei prodotti di laterizio.

UNI 9460 3 Coperture discontinue. Codice di pratica per la progettazione e l'esecuzione di coperture discontinue con tegole di laterizio e cemento.

Art. 53 - Manufatti di pietre naturali o ricostruite

53.1. Generalità

La terminologia utilizzata ha il significato di seguito riportato, le denominazioni commerciali devono essere riferite a campioni, atlanti, ecc..

Per le prove da eseguire presso i laboratori ufficiali autorizzati si rimanda alle prescrizioni del R.D. 16 novembre 1939, n. 2232, Norme per l'accettazione delle pietre naturali da costruzione, al R.D. 16 novembre 1939, n. 2234, Norme per l'accettazione dei materiali per pavimentazione, e alle norme UNI vigenti.

I campioni delle pietre naturali da sottoporre alle prove da prelevare dalle forniture esistenti in cantiere debbono presentare caratteristiche fisiche, chimiche e meccaniche conformi a quanto prescritto nei contratti, in relazione al tipo della pietra ed all'impiego che di essa deve farsi nella costruzione.

Tabella 53.1. - Valori indicativi di tenacità

Roccia	Tenacità
Calcere	1
Gneiss	1,20
Granito	1,50
Arenaria calcarea	1,50
Basalto	2,30
Arenaria silicea	2,60

Tabella 53.2. - Valori indicativi di resistenza a taglio

Roccia	Carico di rottura (Mpa)
Arenarie	3-9
Calcere	5-11
Marmi	12
Granito	15

Porfido	16
Serpentini	18-34
Gneiss	22-31

53.2. *Marmo*

Roccia cristallina, compatta, lucidabile, da decorazione e da costruzione, prevalentemente costituita da minerali di durezza Mohs da 3 a 4 (quali calcite, dolomite, serpentino).

A questa categoria appartengono:

- i marmi propriamente detti (calcari metamorfici ricristallizzati), i calcefiri ed i cipollini;
- i calcari, le dolomie e le breccie calcaree lucidabili;
- gli alabastri calcarei;
- le serpentiniti;
- le oficalciti.

53.3. *Granito*

Roccia fanero-cristallina, compatta, lucidabile, da decorazione e da costruzione, prevalentemente costituita da minerali di durezza Mohs da 6 a 7 (quali quarzo, felspati, felspatoidi).

Nota: A questa categoria appartengono:

- i graniti propriamente detti (rocce magmatiche intrusive acide fanero-cristalline, costituite da quarzo, felspati sodico-potassici e miche);
- altre rocce magmatiche intrusive (dioriti, granodioriti, sieniti, gabbri, ecc.);
- le corrispettive rocce magmatiche effusive, a struttura porfirica;
- alcune rocce metamorfiche di analoga composizione come gneiss e serizzi.

53.4. *Travertino*

Roccia calcarea sedimentaria di deposito chimico con caratteristica strutturale vacuolare, da decorazione e da costruzione; alcune varietà sono lucidabili.

53.5. *Pietra*

Roccia da costruzione e/o da decorazione, di norma non lucidabile.

A questa categoria appartengono rocce di composizione mineralogica svariata, non inseribili in alcuna classificazione. Esse sono riconducibili ad uno dei due gruppi seguenti:

- rocce tenere e/o poco compatte;
- rocce dure e/o compatte.

Esempi di pietre del primo gruppo sono: varie rocce sedimentarie (calcareniti, arenarie a cemento calcareo, ecc.), varie rocce piroclastiche (peperini, tufi, ecc.); al secondo gruppo appartengono le pietre a spacco naturale (quarziti, micascisti, gneiss lastroidi, ardesie, ecc.), e talune vulcaniti (basalti, trachiti, leucititi, ecc.).

Per gli altri termini usati per definire il prodotto in base alle norme, dimensioni, tecniche di lavorazione ed alla conformazione geometrica, vale quanto riportato nella norma: **UNI 8458** - Edilizia. Prodotti lapidei. Terminologia e classificazione.

53.6. *Requisiti d'accettazione*

I prodotti di cui sopra devono rispondere a quanto segue:

- a) appartenere alla denominazione commerciale e/o petrografica indicata nel progetto oppure avere origine dal bacino di estrazione o zona geografica richiesta nonché essere conformi ad eventuali campioni di riferimento ed essere esenti da crepe, discontinuità, ecc., che riducono la resistenza o la funzione;
- b) avere lavorazione superficiale e/o finiture indicate nel progetto e/o rispondere ai campioni di riferimento; avere le dimensioni nominali concordate e le relative tolleranze;
- c) delle seguenti caratteristiche il fornitore dichiarerà i valori medi (ed i valori minimi e/o la dispersione percentuale):
 - massa volumica reale ed apparente, misurata secondo la norma **UNI 9724, parte 2^a**;
 - coefficiente di imbibizione della massa secca iniziale, misurato secondo la norma **UNI 9724, parte 2^a**;
 - resistenza a compressione, misurata secondo la norma **UNI 9724, parte 3^a**;
 - resistenza a flessione, misurata secondo la norma **UNI 9724, parte 5^a**;
 - resistenza all'abrasione, misurata secondo le disposizioni del RD 16 novembre 1939, n. 2234;

- d) per le prescrizioni complementari da considerare in relazione alla destinazione d'uso (strutturale per murature, pavimentazioni, coperture, ecc.) si rinvia agli appositi articoli del presente Capitolato ed alle prescrizioni di progetto.

I valori dichiarati saranno accettati dalla Direzione dei lavori anche in base ai criteri generali dell'art 39 del presente Capitolato speciale d'appalto.

53.7. Manufatti da lastre

I manufatti da lastre devono essere ricavati da lastre di spessore non superiore a 8 cm; si hanno i seguenti prodotti:

- a) lastre refilate;
- b) listelli;
- c) modulmarmo – modulgranito.

53.8. Manufatti in spessore

I manufatti in spessore devono essere ricavati da blocchi o lastre di spessore superiore a 8 cm; si hanno i seguenti prodotti:

- a) masselli;
- b) binderi;
- c) cordoni.

53.9. Manufatti a spacco e sfaldo

Tra i manufatti a spacco si indicano;

- a) cubetti di porfido;
- b) smolleri;
- c) lastre di ardesia;
- d) lastre di quarzite;
- e) lastre di serpentino;
- f) lastre di beola;
- c) lastre di arenaria.

53.10. Manufatti stradali

- UNI 2713** *Manufatti lapidei stradali. Bocchette di scarico, di pietra.*
- UNI 2714** *Manufatti lapidei stradali. Risvolti di pietra, per ingressi carrai.*
- UNI 2715** *Manufatti lapidei stradali. Guide di risvolto, di pietra, per ingressi carrai.*
- UNI 2716** *Manufatti lapidei stradali. Scivolo di pietra, per ingressi carrai.*
- UNI 2717** *Manufatti lapidei stradali. Guide di pietra.*
- UNI 2718** *Manufatti lapidei stradali. Masselli di pietra, per pavimentazione.*
- UNI 2712** *Manufatti lapidei stradali. Cordoni di pietra.*

53.11. Prove d'accettazione. Riferimento alle norme UNI

Per quanto non espressamente indicato si rinvia alle prescrizioni delle seguenti norme:

- UNI 9724-1** *Materiali lapidei. Descrizione petrografica.*
- UNI 9724-2** *Materiali lapidei. Determinazione della massa volumica apparente e del coefficiente di imbibizione.*
- UNI 9724-3** *Materiali lapidei. Determinazione della resistenza a compressione semplice.*
- UNI 9724-4** *Materiali lapidei. Confezionamento sezioni sottili e lucide.*
- UNI 9724-5** *Materiali lapidei. Determinazione della resistenza a flessione.*
- UNI 9724-6** *Materiali lapidei. Determinazione della microdurezza Knoop.*
- UNI 9724-7** *Materiali lapidei. Determinazione della massa volumica reale e della porosità totale e accessibile.*

Art. 54 - Prodotti per pavimentazione

54.1. Generalità

Si definiscono prodotti per pavimentazione quelli utilizzati per realizzare lo strato di rivestimento dell'intero sistema di pavimentazione.

I prodotti vengono di seguito considerati al momento della fornitura; il Direttore dei lavori, ai fini della loro accettazione, può procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura oppure richiedere un attestato di conformità della fornitura alle prescrizioni secondo le norme vigenti:

R.D. 16 novembre 1939, n. 2234. Norme per l'accettazione dei materiali per pavimentazione:

UNI 7998 Edilizia. Pavimentazioni. Terminologia.

UNI 7999 Edilizia. Pavimentazioni. Analisi dei requisiti.

UNI 8437 Edilizia. Pavimentazioni. Classificazione in base all'isolamento dal rumore di calpestio.

UNI 5574 Pavimenti vinilici. Metodi di prova.

UNI EN 661 Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della propagazione dell'acqua.

UNI EN 662 Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione dell'incurvamento per esposizione all'umidità.

UNI EN 663 Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della profondità convenzionale del rilievo.

UNI EN 664 Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della perdita di sostanze volatili.

UNI EN 665 Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione dell'essudazione dei plastificanti.

UNI EN 666 Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della gelatinizzazione.

UNI EN 669 Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della stabilità dimensionale delle piastrelle di linoleum dovuta a variazioni dell'umidità atmosferica.

UNI EN 670 Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Identificazione del linoleum e determinazione del contenuto di cemento e della cenere residua.

UNI EN 672 Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della massa volumica apparente del sughero agglomerato

UNI EN 684 Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della resistenza delle giunzioni.

UNI EN 685 Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Classificazione.

UNI EN 686 Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Specifica per linoleum liscio e decorativo su un supporto di schiuma

UNI EN 687 Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Specifica per linoleum liscio e decorativo su un supporto di agglomerati compositi di sughero

UNI EN 688 Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Specifica per agglomerati di sughero linoleum

UNI 10329 Posa dei rivestimenti di pavimentazione. Misurazione del contenuto di umidità negli strati di supporto cementizi o simili.

54.2. Caratteristiche dei prodotti in legno per pavimentazione

I prodotti di legno per pavimentazione: tavolette, listoni, mosaico di lamelle, blocchetti, ecc., s'intendono denominati nelle loro parti costituenti come indicato nella letteratura tecnica.

I prodotti di cui sopra devono rispondere a quanto segue:

a) essere della essenza legnosa adatta all'uso e prescritta nel progetto;

b) sono ammessi i seguenti difetti visibili sulle facce in vista:

b1) qualità I: piccoli nodi sani con diametro minore di 2 mm se del colore della specie (minore di 1 mm se di colore diverso) purché presenti su meno del 10% degli elementi del lotto; imperfezioni di lavorazione con profondità minore di 1 mm e purché presenti su meno del 10% degli elementi;

b2) qualità II:

- piccoli nodi sani con diametro minore di 5 mm se del colore della specie (minore di 2 mm se di colore diverso) purché presenti su meno del 20% degli elementi del lotto;
- imperfezioni di lavorazione come per la classe I;
- piccole fenditure;
- alburno senza limitazioni ma immune da qualsiasi manifesto attacco di insetti;

b3) qualità III: esenti da difetti che possono compromettere l'impiego (in caso di dubbio valgono le prove di resistenza meccanica). Alburno senza limitazioni, ma immune da qualsiasi manifesto attacco di insetti;

c) avere contenuto di umidità tra il 10 ed il 15%;

d) tolleranze sulle dimensioni e finitura:

d1) listoni: 1 mm sullo spessore; 2 mm sulla larghezza; 5 mm sulla lunghezza;

d2) tavolette: 0,5 mm sullo spessore; 1,5% sulla larghezza e lunghezza;

d3) mosaico, quadrotti, ecc.: 0,5 mm sullo spessore; 1,5% sulla larghezza e lunghezza;

d4) le facce a vista ed i fianchi da accertare saranno lisci;

e) la resistenza meccanica a flessione, la resistenza all'impronta ed altre caratteristiche saranno nei limiti solitamente riscontrati sulla specie legnosa e saranno comunque dichiarati nell'attestato che accompagna la fornitura. Per i metodi di misura valgono quelli previsti all'art. 34.9 del presente Capitolato;

f) i prodotti devono essere contenuti in appositi imballi che li proteggano da azioni meccaniche, umidità nelle fasi di trasporto, deposito e manipolazione prima della posa.

Nell'imballo un foglio informativo indicherà, oltre al nome del fornitore e contenuto, almeno le caratteristiche di cui ai commi da a) ad e).

Per i pavimenti in sughero si applicheranno le disposizioni delle seguenti norme **UNI ISO 3813** - Piastrelle di agglomerato di sughero per rivestimenti di pavimenti. Caratteristiche, campionamento e imballaggio - e **UNI ISO 3810** - Piastrelle di sughero agglomerato per rivestimenti di pavimenti. Metodi di prova.

54.3. Classificazione su metodo di formatura ed assorbimento d'acqua delle piastrelle in ceramica

Le piastrelle di ceramica per pavimentazioni dovranno essere del materiale indicato nel progetto tenendo conto che le dizioni commerciali e/o tradizionali (cotto, cottoforte, gres, ecc.) devono essere associate alla classificazione basata sul metodo di formatura e sull'assorbimento d'acqua secondo la norma.

UNI EN 87 - *Piastrelle di ceramica per rivestimento di pavimenti e pareti. Definizioni, classificazione, caratteristiche e contrassegno.*

- 9) A seconda della classe di appartenenza (secondo **UNI EN 87**) le piastrelle di ceramica estruse o pressate di prima scelta devono rispondere alle norme seguenti:

Tab. 54.3.1. - Assorbimento d'acqua delle piastrelle di ceramica

Assorbimento d'acqua, E in %				
Formatura	Gruppo I $E \leq 3\%$	Gruppo II ^a $3\% < E \leq 6\%$	Gruppo II ^b $6\% < E < 10\%$	Gruppo III $E > 10\%$
Estruse (A)	UNI EN 121	UNI EN 186	UNI EN 187	UNI EN 188
Pressate	UNI EN 176	UNI EN 177	UNI EN 178	UNI EN 159

I prodotti di seconda scelta, cioè quelli che rispondono parzialmente alle norme predette, saranno accettati in base alla rispondenza ai valori previsti dal progetto ed, in mancanza, in base ad accordi tra Direzione dei lavori e fornitore.

- b) Per i prodotti definiti “pianelle comuni di argilla”, “pianelle pressate ed arrotate di argilla” e “mattonelle greificate” dal R.D. 16 novembre 1939 n. 334, devono inoltre essere rispettate le prescrizioni seguenti: resistenza all'urto 2 Nm (0,20 kgm) minimo; resistenza alla flessione 2,5 N/mm² (25 kg/cm²) minimo; coefficiente di usura al tribometro 15 mm per 1 km di percorso.
- c) Per le piastrelle colate (ivi comprese tutte le produzioni artigianali) le caratteristiche rilevanti da misurare ai fini di una qualificazione del materiale sono le stesse indicate per le piastrelle pressate a secco ed estruse (vedi norma **UNI EN 87**) per cui:
- per quanto attiene ai metodi di prova si rimanda alla normativa UNI EN vigente e già citata;
 - per quanto attiene i limiti di accettazione, tenendo in dovuto conto il parametro relativo all'assorbimento d'acqua, i valori di accettazione per le piastrelle ottenute mediante colatura saranno concordati fra produttore ed acquirente, sulla base dei dati tecnici previsti dal progetto o dichiarati dai produttori ed accettate dalla Direzione dei lavori;
- d) I prodotti devono essere contenuti in appositi imballi che li proteggano da azioni meccaniche, sporatura, ecc. nelle fasi di trasporto, deposito e manipolazione prima della posa ed essere accompagnati da fogli informativi riportanti il nome del fornitore e la rispondenza alle prescrizioni predette.

54.4. Prodotti in gomma per pavimentazioni

I prodotti di gomma per pavimentazioni sotto forma di piastrelle e rotoli devono rispondere alle prescrizioni date dal progetto ed in mancanza e/o a complemento devono rispondere alle prescrizioni seguenti:

- a) essere esenti da difetti visibili (bolle, graffi, macchie, aloni, ecc.) sulle superfici destinate a restare in vista;
- b) avere costanza di colore tra i prodotti della stessa fornitura; in caso di contestazione deve risultare entro il contrasto dell'elemento n. 4 della scala dei grigi di cui alla **UNI 5137**;
Per piastrelle di forniture diverse ed in caso di contestazione vale il contrasto dell'elenco n. 3 della scala dei grigi della stessa norma **UNI 5137**;
- c) sulle dimensioni nominali ed ortogonalità dei bordi sono ammesse le tolleranze seguenti:
- piastrelle: lunghezza e larghezza $\pm 0,3\%$, spessore $\pm 0,2$ mm
 - rotoli: lunghezza $\pm 1\%$, larghezza $\pm 0,3\%$, spessore $\pm 0,2$ mm
 - piastrelle: scostamento dal lato teorico (in millimetri) non maggiore del prodotto tra dimensione del lato (in millimetri) e 0,0012
 - rotoli: scostamento dal lato teorico non maggiore di 1,5 mm;
- d) la durezza deve essere tra 75 e 85 punti di durezza Shore A;
- e) la resistenza all'abrasione deve essere non maggiore di 300 mm²;
- f) la stabilità dimensionale a caldo deve essere non maggiore dello 0,3% per le piastrelle e dello 0,4% per i rotoli;
- g) la classe di reazione al fuoco deve essere la prima secondo il DM 26 giugno 1984 allegato A3.1);
- h) la resistenza alla bruciatura da sigaretta, intesa come alterazioni di colore prodotte dalla combustione, non deve originare contrasto di colore uguale o minore al n. 2 della scala dei grigi di cui alla **UNI 5137**. Non sono inoltre ammessi affioramenti o rigonfiamenti;
- i) il potere macchiante, inteso come cessione di sostanze che sporcano gli oggetti che vengono a contatto con il rivestimento, per i prodotti colorati non deve dare origine ad un contrasto di colore maggiore di quello dell'elemento

N3 della scala dei grigi di cui alla **UNI 5137**. Per i prodotti neri il contrasto di colore non deve essere maggiore dell'elemento N2;

l)

m) il controllo delle caratteristiche di cui ai commi da a) ad i) e si intende effettuato secondo i criteri indicati in 54.1 utilizzando la norma **UNI 8272**;

n) i prodotti devono essere contenuti in appositi imballi che li proteggano da azioni meccaniche ed agenti atmosferici nelle fasi di trasporto, deposito e manipolazione prima della posa.

Il foglio di accompagnamento indicherà oltre al nome del fornitore almeno le informazioni di cui ai commi da a) ad i).

54.5. Prescrizioni dei prodotti in vinile

I prodotti di vinile, omogenei e non, ed i tipi eventualmente caricati devono rispondere alle prescrizioni di cui alle seguenti norme.

UNI 5574 *Pavimenti vinilici. Metodi di prova.*

UNI EN 649 *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Rivestimenti omogenei ed eterogenei per pavimentazioni a base di policloruro di vinile. Specifica.*

UNI EN 650 *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Rivestimenti per pavimentazioni a base di policloruro di vinile su supporto di iuta o di feltro di poliestere oppure su supporto di feltro di poliestere con policloruro di vinile. Specifica.*

UNI EN 651 *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Rivestimenti per pavimentazioni a base di policloruro di vinile con strato di schiuma. Specifica.*

UNI EN 652 *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Rivestimenti per pavimentazioni a base di policloruro di vinile con supporto a base di sughero. Specifica.*

UNI EN 653 *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Rivestimenti per pavimentazioni a base di policloruro di vinile espanso (cushioned). Specifica.*

UNI EN 654 *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Piastrelle semiflessibili di policloruro di vinile. Specifica.*

UNI EN 655 *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Piastrelle di agglomerato di sughero con strato di usura a base di policloruro di vinile. Specifica.*

UNI EN 718 *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della massa areica di un'armatura o di un supporto dei rivestimenti di polivinile di cloruro per pavimentazioni.*

I prodotti devono essere contenuti in appositi imballi che li proteggano da azioni meccaniche ed agenti atmosferici nelle fasi di trasporto, deposito e manipolazione prima della posa.

Il foglio di accompagnamento indicherà le caratteristiche di cui alle norme precitate.

54.6. Prodotti di resina

I prodotti di resina (applicati fluidi od in pasta) per rivestimenti di pavimenti saranno realizzati:

- mediante impregnazione semplice (I1);
- a saturazione (I2);
- mediante film con spessori fino a 200 mm (F1) o con spessore superiore (F2);
- con prodotti fluidi cosiddetti autolivellanti (A);
- con prodotti spatolati (S).

Le caratteristiche segnate come significative nel prospetto seguente devono rispondere alle prescrizioni del progetto.

I valori di accettazione sono quelli dichiarati dal fabbricante ed accettati dal Direttore dei lavori.

I metodi di accettazione sono quelli contenuti all'art. 39 facendo riferimento alla norma **UNI 8298** (varie parti).

Tabella 54.2. - Caratteristiche significative dei prodotti di resina

Caratteristiche	Grado di significatività rispetto ai vari tipi					
	i1	i2	F1	F2	A	S
Colore	-	-	+	+	+	-
Identificazione chimico-fisica	+	+	+	+	+	+
Spessore	-	-	+	+	+	+
Resistenza all'abrasione	+	+	+	+	+	+
Resistenza al punzonamento dinamico (urto)	-	+	+	+	+	+
Resistenza al punzonamento statico	+	+	+	+	+	+
Comportamento all'acqua	+	+	+	+	+	+
Resistenza alla pressione idrostatica inversa	-	+	+	+	+	+
Reazione al fuoco	+	+	+	+	+	+
Resistenza alla bruciatura della sigaretta	-	+	+	+	+	+
Resistenza all'invecchiamento termico in aria	-	+	+	+	+	+

Resistenza meccanica dei ripristini	-	-	+	+	+	+
+ significativa; – non significativa						

I prodotti devono essere contenuti in appositi imballi che li proteggano da azioni meccaniche e da agenti atmosferici nelle fasi di trasporto, deposito e manipolazione prima della posa.

Il foglio informativo indicherà, oltre al nome del fornitore, le caratteristiche, le avvertenze per l'uso e per la sicurezza durante l'applicazione.

54.7. Prodotti di calcestruzzo per pavimentazioni

I prodotti di calcestruzzo per pavimentazioni a seconda del tipo di prodotto devono rispondere alle prescrizioni del progetto e di quelle del presente Capitolato speciale d'appalto.

54.7.1. Mattonelle di cemento

Mattonelle di cemento con o senza colorazione e superficie levigata; mattonelle di cemento con o senza colorazione con superficie striata o con impronta; marmette e mattonelle a mosaico di cemento e di detriti di pietra con superficie levigata.

I prodotti sopracitati devono rispondere alle prescrizioni del R.D. 2234 del 16 novembre 1939 per quanto riguarda le caratteristiche di resistenza all'urto, resistenza alla flessione e coefficiente di usura al tribometro ed alle prescrizioni del progetto. L'accettazione deve avvenire secondo l'art. 39 avendo il R.D. sopracitato quale riferimento.

Norme di riferimento:

- UNI 2623** *Mattonella quadrata di conglomerato cementizio.*
- UNI 2624** *Mattonella rettangolare di conglomerato cementizio.*
- UNI 2625** *Mattonella esagonale di conglomerato cementizio.*
- UNI 2626** *Marmette quadrate di conglomerato cementizio.*
- UNI 2627** *Marmette rettangolari di conglomerato cementizio.*
- UNI 2628** *Pietrini quadrati di conglomerato cementizio.*
- UNI 2629** *Pietrini rettangolari di conglomerato cementizio.*

54.7.2. Masselli di calcestruzzo

Masselli di calcestruzzo per pavimentazioni saranno definiti e classificati in base alla loro forma, dimensioni, colore e resistenza caratteristica; per la terminologia delle parti componenti il massello e delle geometrie di posa ottenibili si rinvia alla documentazione tecnica. Essi devono rispondere alle prescrizioni del progetto in mancanza e/o completamente devono rispondere a quanto segue:

- a) essere esenti da difetti visibili e di forma quali protuberanze, bave, incavi che superino le tolleranze dimensionali ammesse.
Sulle dimensioni nominali è ammessa la tolleranza di 3 mm per un singolo elemento e 2 mm quale media delle misure sul campione prelevato;
- b) le facce di usura e di appoggio devono essere parallele tra loro con tolleranza $\pm 15\%$ per il singolo massello e $\pm 10\%$ sulle medie;
- c) la massa volumica deve scostarsi da quella nominale (dichiarata dal fabbricante) non più del 15% per il singolo massello e non più del 10% per le medie;
- d) il coefficiente di trasmissione meccanica non deve essere minore di quello dichiarato dal fabbricante;
- e) il coefficiente di aderenza delle facce laterali deve essere il valore nominale con tolleranza $\pm 5\%$ per il singolo elemento e $\pm 3\%$ per la media;
- f) la resistenza convenzionale alla compressione deve essere maggiore di 50 N/mm² per il singolo elemento e maggiore di 60 N/mm² per la media;
- g)

I criteri di accettazione sono quelli riportati all'art. 39

I prodotti saranno forniti su appositi pallets opportunamente legati ed eventualmente protetti dall'azione di sostanze sporcanti.

Il foglio informativo indicherà, oltre al nome del fornitore, almeno le caratteristiche di cui sopra e le istruzioni per la movimentazione, sicurezza e posa.

Norme di riferimento:

- UNI 9065-1** *Masselli di calcestruzzo per pavimentazioni. Terminologia e classificazione.*
- UNI 9065-2** *Masselli di calcestruzzo per pavimentazioni. Metodo di prova e di calcolo.*
- UNI 9065-3** *Masselli di calcestruzzo per pavimentazioni. Limiti di accettazione.*

54.8. Prodotti in pietre naturali

I prodotti di pietre naturali o ricostruite per pavimentazioni.

Si intendono definiti come segue:

- elemento lapideo naturale: elemento costituito integralmente da materiali lapideo (senza aggiunta di leganti);
- elemento lapideo ricostituito (conglomerato): elemento costituito da frammenti lapidei naturali legati con cemento o con resine;
- lastra rifilata: elemento con le dimensioni fissate in funzione del luogo d'impiego, solitamente con una dimensione maggiore di 60 cm e spessore di regola non minore di 2 cm;
- marmetta: elemento con le dimensioni fissate dal produttore ed indipendenti dal luogo di posa, solitamente con dimensioni minori di 60 cm e con spessore di regola minore di 2 cm;
- marmetta calibrata: elemento lavorato meccanicamente per mantenere lo spessore entro le tolleranze dichiarate;
- marmetta rettificata: elemento lavorato meccanicamente per mantenere la lunghezza e/o larghezza entro le tolleranze dichiarate.

Per gli altri termini specifici dovuti alle lavorazioni, finiture, ecc., vedere la norma **UNI 9379** - Edilizia. Pavimenti lapidei. Terminologia e classificazione.

- a) I prodotti di cui sopra devono rispondere alle prescrizioni del progetto (dimensioni, tolleranze, aspetto, ecc.) ed a quanto prescritto nell'articolo prodotti di pietre naturali o ricostruite.
In mancanza di tolleranze su disegni di progetto si intende che le lastre grezze contengono la dimensione nominale; le lastre finite, marmette, ecc., hanno tolleranza 1 mm sulla larghezza e lunghezza e 2 mm sullo spessore (per prodotti da incollare le tolleranze predette saranno ridotte);
- b) le lastre ed i quadrelli di marmo o di altre pietre dovranno inoltre rispondere al R.D. n. 2234 del 16 novembre 1939 per quanto attiene il coefficiente di usura al tribometro in mm;
- c) l'accettazione avverrà secondo l'art. 39. Le forniture avverranno su pallets ed i prodotti saranno opportunamente legati ed eventualmente protetti dall'azione di sostanze sporcanti.

Il foglio informativo indicherà almeno le caratteristiche di cui sopra e le istruzioni per la movimentazione, sicurezza e posa.

54.9. I prodotti tessili per pavimenti (moquettes)

- a) Si intendono tutti i rivestimenti nelle loro diverse soluzioni costruttive e cioè:
 - rivestimenti tessili a velluto (nei loro sottocasi velluto tagliato, velluto riccio, velluto unilivellato, velluto plurilivello, ecc.);
 - rivestimenti tessili piatti (tessuto non tessuto).

In caso di contestazioni circa la qualità del materiale fornito dall'Appaltatore si farà riferimento alle seguenti norme:

UNI 8013-1 *Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Terminologia e classificazione.*

UNI 8014-1 *Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Prelievo, numero e dimensioni delle provette.*

UNI 8014-2 *Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Determinazione della massa areica totale.*

UNI 8014-3 *Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Determinazione della massa areica dell'intero strato d'utilizzazione.*

UNI 8014-4 *Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Determinazione della massa areica della parte utile dello strato di utilizzazione.*

UNI 8014-5 *Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Determinazione dello spessore totale.*

UNI 8014-6 *Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Determinazione dello spessore della parte utile dello strato d'utilizzazione.*

UNI 8014-7 *Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Determinazione della perdita di spessore dopo applicazione di breve durata di carico statico moderato*

UNI 8014-8 *Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Determinazione della perdita di spessore dopo applicazione di lunga durata di carico statico elevato.*

UNI 8014-9 *Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Determinazione della perdita di spessore dopo applicazione di carico dinamico.*

UNI 8014-10 *Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Determinazione della massa volumica del pelo utile.*

UNI 8014-12 *Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Determinazione della tendenza all'accumulo di cariche elettrostatiche generate dal calpestio.*

UNI 8014-13 *Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Determinazione del numero di fiocchetti per unità di lunghezza e per unità di area.*

UNI 8014-14 *Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Determinazione della forza di strappo dei fiocchetti.*

UNI 8014-15 *Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Determinazione della resistenza allo sporcamiento.*

UNI 8014-16 *Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Determinazione della resistenza elettrica orizzontale (superficiale) e verticale (trasversale).*

b) I prodotti devono rispondere alle prescrizioni del progetto ed in mancanza o completamento a quanto segue:

- massa areica totale e dello strato di utilizzazione;
- spessore totale e spessore della parte utile dello strato di utilizzazione;
- perdita di spessore dopo applicazione (per breve e lunga durata) di carico statico moderato;
- perdita di spessore dopo applicazione di carico dinamico.

In relazione all'ambiente di destinazione saranno richieste le seguenti caratteristiche di comportamento:

- tendenza all'accumulo di cariche elettrostatiche generate dal calpestio;
- numero di fiocchetti per unità di lunghezza e per unità di area;
- forza di strappo dei fiocchetti;
- comportamento al fuoco;

-

c) I criteri d'accettazione generale sono quelli precisati nell'art. 39; i valori saranno quelli dichiarati dal fabbricante ed accettati dal Direttore dei lavori. Le modalità di prova da seguire in caso di contestazione sono quelle indicate nella norma **UNI 8014** (varie parti) sopra riportata.

d) I prodotti saranno forniti protetti da appositi imballi che li proteggano da azioni meccaniche, da agenti atmosferici ed altri agenti degradanti nelle fasi di trasporto, deposito e manipolazione prima della posa. Il foglio informativo indicherà il nome del produttore, le caratteristiche elencate in b) e le istruzioni per la posa.

54.10. Prove di accettazione

Le prove da eseguire per accertare la qualità dei materiali da pavimentazione in lastre o piastrelle sono quelle di resistenza alla rottura, per urto, alla rottura per flessione, alla usura per attrito radente, all'usura per getto di sabbia; la prova di gelività e, per le mattonelle d'asfalto o di altra materia cementata a caldo, anche quella d'impronta.

Le prove d'urto, flessione e impronta, vengono eseguite su quattro provini, ritenendo valore definitivo la media dei tre risultati più omogenei tra i quattro.

La prova di usura si esegue su due provini i cui risultati vengono mediati.

La prova di gelività si effettua su tre provini e ciascuno di essi deve resistere al gelo perché il materiale sia considerato non gelivo.

Le prove debbono essere eseguite in uno dei laboratori ufficiali autorizzati.

54.11. Pavimenti sopraelevati modulari

UNI 10465 *Pavimenti sopraelevati modulari. Termini e definizioni.*

UNI 10466 *Pavimenti sopraelevati modulari. Requisiti*

UNI 10467-1 *Pavimenti sopraelevati modulari. Metodi di prova. Generalità.*

UNI 10467-2 *Pavimenti sopraelevati modulari. Metodi di prova. Misurazione delle caratteristiche geometrico-dimensionali del pannello.*

UNI 10467-3 *Pavimenti sopraelevati modulari. Metodi di prova. Prove di carico sul modulo di pavimento.*

UNI 10467-4 *Pavimenti sopraelevati modulari. Metodi di prova. Prove di carico sui componenti*

UNI 10467-5 *Pavimenti sopraelevati modulari. Metodi di prova. Misurazione della resistenza elettrica sul modulo di pavimento.*

54.12. Rivestimenti resinosi

UNI 8636 *Rivestimenti resinosi per pavimentazioni. Significatività delle caratteristiche.*

UNI EN 1177 *Rivestimenti di superfici di aree da gioco ad assorbimento di impatto. Requisiti di sicurezza e metodi di prova.*

UNI EN 1269 *Rivestimenti tessili per pavimentazioni. Valutazione delle impregnazioni nei rivestimenti agugliati mediante una prova di sporcatura.*

UNI EN 1307 *Rivestimenti tessili per pavimentazioni. Classificazione dei tappeti a pelo.*

UNI 8297 *Rivestimenti resinosi per pavimentazioni. Terminologia.*

UNI 8298-1 *Rivestimenti resinosi per pavimentazioni. Determinazione dell'adesione del rivestimento al supporto*

UNI 8298-2 *Edilizia. Rivestimenti resinosi per pavimentazione. Determinazione della resistenza al punzonamento dinamico.*

UNI 8298-3 *Edilizia. Rivestimenti resinosi per pavimentazioni. Determinazione della resistenza al punzonamento statico.*

UNI 8298-4 *Edilizia. Rivestimenti resinosi per pavimentazioni. Determinazione della resistenza agli agenti chimici.*

- UNI 8298-5** Edilizia. Rivestimenti resinosi per pavimentazioni. Determinazione del comportamento all'acqua.
- UNI 8298-6** Edilizia. Rivestimenti resinosi per pavimentazioni. Determinazione della resistenza all'invecchiamento termico in aria.
- UNI 8298-7** Edilizia. Rivestimenti resinosi per pavimentazioni. Determinazione della resistenza alla bruciatura da sigaretta.
- UNI 8298-8** Edilizia. Rivestimenti resinosi per pavimentazioni. Determinazione della resistenza alla pressione idrostatica inversa.
- UNI 8298-9** Rivestimenti resinosi per pavimentazioni. Determinazione della resistenza all'abrasione.
- UNI 8298-10** Rivestimenti resinosi per pavimentazioni. Determinazione della resistenza elettrica.
- UNI 8298-11** Edilizia. Rivestimenti resinosi per pavimentazioni. Preparazione dei provini per la determinazione della reazione al fuoco e della non combustibilità.
- UNI 8298-12** Rivestimenti resinosi per pavimentazioni. Determinazione dello spessore.
- UNI 8298-13** Rivestimenti resinosi per pavimentazioni. Determinazione della resistenza meccanica dei ripristini.
- UNI 8298-14** Rivestimenti resinosi per pavimentazioni. Determinazione della lavabilità e della resistenza al lavaggio.
- UNI 8298-15** Rivestimenti resinosi per pavimentazioni. Preparazione dei provini per la determinazione della massa volumica apparente.
- UNI 8298-16** Rivestimenti resinosi per pavimentazioni. Determinazione della resistenza allo scivolamento.

54.13. Accessibilità

Per pavimentazione antisdrucciolevole si intende una pavimentazione realizzata con materiali il cui coefficiente di attrito, misurato secondo il metodo della British Ceramic Research Association Ltd. (B.C.R.A.) Rep. CEC. 6/81, sia superiore ai seguenti valori:

0,40 per elemento scivolante cuoio su pavimentazione asciutta;

0,40 per elemento scivolante gomma dura standard su pavimentazione bagnata.

I valori di attrito predetto non devono essere modificati dall'apposizione di strati di finitura lucidanti o di protezione che, se previsti, devono essere applicati sui materiali stessi prima della prova.

Le ipotesi di condizione della pavimentazione (asciutta o bagnata) debbono essere assunte in base alle condizioni normali del luogo ove sia posta in opera.

Gli strati di supporto della pavimentazione devono essere idonei a sopportare nel tempo la pavimentazione ed i sovraccarichi previsti nonché ad assicurare il bloccaggio duraturo degli elementi costituenti la pavimentazione stessa.

Gli elementi costituenti una pavimentazione devono presentare giunture inferiori a 5 mm, stilate con materiali durevoli, essere piani con eventuali risalti di spessore non superiore a 2 mm.

I grigliati inseriti nella pavimentazione devono essere realizzati con maglie non attraversabili da una sfera di 2 cm di diametro; i grigliati ad elementi paralleli devono comunque essere posti con gli elementi ortogonali al verso di marcia.

Art. 55 - Prodotti per rivestimenti interni ed esterni

55.1. Caratteristiche

Si definiscono prodotti per rivestimenti quelli utilizzati per realizzare i sistemi di rivestimento verticali (pareti - facciate) ed orizzontali (controsoffitti) dell'edificio. Prima dell'esecuzione degli intonaci dovranno essere rimosse le parti di muratura di supporto poco aderenti. Gli intonaci finiti devono avere lo spessore maggiore o uguale a quello indicato nel progetto esecutivo o voce dell'elenco prezzi, compreso l'onere per la formazione degli spigoli, angoli, suggellature all'incrocio con i pavimenti ed i rivestimenti e quanto altro richiesto dalla Direzione dei lavori per definire le opere. L'intonaco non dovrà presentare scarsa aderenza al supporto, peli, irregolarità negli allineamenti e negli spigoli, ecc., in tal caso, a discrezione del Direttore dei lavori, dovranno essere demoliti e rifatti dall'Appaltatore. I prodotti per rivestimenti si distinguono:

Stato fisico:

- rigidi (rivestimenti in ceramica - pietra - vetro - alluminio - gesso - ecc.);
- flessibili (carte da parati - tessuti da parati - ecc.);
- fluidi o pastosi (intonaci - vernicianti - rivestimenti plastici - ecc.).

Collocazione:

- per esterno;
- per interno.

Collocazione nel sistema di rivestimento:

- di fondo;
- intermedi;
- di finitura.

Il Direttore dei lavori, ai fini della loro accettazione, può procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura, oppure richiedere un attestato di conformità della stessa alle prescrizioni di seguito indicate.

55.2. Prodotti rigidi

55.2.1. Piastrelle di ceramica

Con riferimento al D.M. 26 giugno 1997, Istituzione dei marchi “ceramica artistica e tradizionale” e “ceramica di qualità” (*Pubblicato nella G.U. 3 luglio 1997, n. 153*), la ceramica artistica e tradizionale deve recare il marchio previsto.

Per le piastrelle di ceramica, per qualunque altra indicazione o contestazione si rimanda alle prescrizioni delle seguenti norme:

- UNI EN 87** *Piastrelle di ceramica per rivestimento di pavimenti e pareti. Definizioni, classificazione, caratteristiche e contrassegno.*
- UNI EN 101** *Piastrelle di ceramica. Determinazione della durezza della superficie secondo la scala di Mohs.*
- UNI EN 121** *Piastrelle di ceramica. Piastrelle estruse con basso assorbimento d'acqua ($E \leq 3\%$). Gruppo A I.*
- UNI EN 159** *Piastrelle di ceramica pressate a secco con assorbimento d'acqua $E > 10\%$. Gruppo B III.*
- UNI EN 176** *Piastrelle di ceramica pressate a secco con basso assorbimento d'acqua ($E \leq 3\%$). Gruppo B I.*
- UNI EN 177** *Piastrelle di ceramica. Piastrelle pressate a secco con assorbimento d'acqua di $3\% < E < 6\%$. Gruppo B IIa.*
- UNI EN 178** *Piastrelle di ceramica. Piastrelle pressate a secco con assorbimento d'acqua di $6\% < E \leq 10\%$. Gruppo B IIb.*
- UNI EN 186-1** *Piastrelle di ceramica. Piastrelle estruse con assorbimento d'acqua di $3\% < E \leq 6\%$. Gruppo A IIa.*
- UNI EN 186-2** *Piastrelle di ceramica. Piastrelle estruse con assorbimento d'acqua di $3\% < E \leq 6\%$. Gruppo A IIa.*
- UNI EN 187-1** *Piastrelle di ceramica. Piastrelle estruse con assorbimento d'acqua di $6\% < E \leq 10\%$. Gruppo A IIb.*
- UNI EN 187-2** *Piastrelle di ceramica. Piastrelle estruse con assorbimento d'acqua di $6\% < E \leq 10\%$. Gruppo A IIb.*
- UNI EN 188** *Piastrelle di ceramica. Piastrelle estruse con assorbimento d'acqua di $E > 10\%$. Gruppo A III.*
- UNI EN ISO 10545-1** *Piastrelle di ceramica. Campionamento e criteri di accettazione.*
- UNI EN ISO 10545-2** *Piastrelle di ceramica. Determinazione delle caratteristiche dimensionali e della qualità della superficie.*
- UNI EN ISO 10545-3** *Piastrelle di ceramica. Determinazione dell'assorbimento di acqua, della porosità apparente, della densità relativa apparente e della densità apparente.*
- UNI EN ISO 10545-4** *Piastrelle di ceramica. Determinazione della resistenza a flessione e della forza di rottura.*
- UNI EN ISO 10545-5** *Piastrelle di ceramica. Determinazione della resistenza all'urto mediante misurazione del coefficiente di restituzione.*
- UNI EN ISO 10545-6** *Piastrelle di ceramica. Determinazione della resistenza all'abrasione profonda per piastrelle non smaltate.*
- UNI EN ISO 10545-7** *Piastrelle di ceramica. Determinazione della resistenza all'abrasione superficiale per piastrelle smaltate.*
- UNI EN ISO 10545-8** *Piastrelle di ceramica. Determinazione della dilatazione termica lineare.*
- UNI EN ISO 10545-9** *Piastrelle di ceramica. Determinazione della resistenza agli sbalzi termici.*
- UNI EN ISO 10545-10** *Piastrelle di ceramica. Determinazione della dilatazione dovuta all'umidità.*
- UNI EN ISO 10545-11** *Piastrelle di ceramica. Determinazione della resistenza al cavillo per piastrelle smaltate.*
- UNI EN ISO 10545-12** *Piastrelle di ceramica. Determinazione della resistenza al gelo.*
- UNI EN ISO 10545-13** *Piastrelle di ceramica. Determinazione della resistenza chimica.*
- UNI EN ISO 10545-14** *Piastrelle di ceramica. Determinazione della resistenza alle macchie.*

55.2.2. Lastre di pietra naturale

Per le lastre di pietra naturale valgono le indicazioni del progetto esecutivo circa le caratteristiche più significative e le lavorazioni da apportare. In mancanza o ad integrazione di indicazioni del progetto esecutivo valgono i criteri di accettazione generali indicati nell'articolo 53. Sono comunque da prevedere gli opportuni incavi, fori, ecc. per il fissaggio alla parete e gli eventuali trattamenti di protezione dagli agenti atmosferici ed altro.

55.2.3. Elementi di metallo o materia plastica

Per gli elementi di metallo o materia plastica valgono le prescrizioni del progetto esecutivo.

Le loro prestazioni meccaniche (resistenza all'urto, abrasione, incisione), di reazione e resistenza al fuoco, di resistenza agli agenti chimici (detergenti, inquinanti aggressivi, ecc.) ed alle azioni termogravimetriche saranno quelle prescritte in norme UNI in relazione all'ambiente (interno/esterno) nel quale saranno collocati ed alla loro quota dal pavimento (o suolo), oppure in loro mancanza valgono quelle dichiarate dal fabbricante ed accettate dalla Direzione dei lavori. Saranno inoltre predisposti per il fissaggio in opera con opportuni fori, incavi, ecc..

Per gli elementi verniciati, smaltati, ecc. le caratteristiche di resistenza all'usura, ai mutamenti di colore, ecc. saranno riferite ai materiali di rivestimento.

La forma e costituzione dell'elemento saranno tali da ridurre al minimo fenomeni di vibrazione, produzione di rumore tenuto anche conto dei sistemi di fissaggio al supporto.

55.2.4. Lastre di cartongesso

Per le lastre di cartongesso si rinvia all'articolo sui prodotti per pareti esterne e partizioni interne.

55.2.5. Lastre di fibrocemento

Per le lastre di fibrocemento si rimanda alle prescrizioni di cui all'articolo 58 sui prodotti per coperture discontinue.

55.2.6. Lastre di calcestruzzo

Per le lastre di calcestruzzo valgono le prescrizioni generali date nell'articolo su prodotti di calcestruzzo con in aggiunta le caratteristiche di resistenza agli agenti atmosferici (gelo/disgelo) ed agli elementi aggressivi trasportati dall'acqua piovana e dall'aria.

Per gli elementi piccoli e medi fino a 1,2 m come dimensione massima si debbono realizzare opportuni punti di fissaggio ed aggancio. Per gli elementi grandi (pannelli prefabbricati) valgono per quanto applicabili e/o in via orientativa le prescrizioni dell'articolo sulle strutture prefabbricate di calcestruzzo.

55.3. Prodotti flessibili

55.3.1. Carte da parati

Le carte da parati devono rispettare le tolleranze dimensionali dell'1,5% sulla larghezza e lunghezza; garantire resistenza meccanica ed alla lacerazione (anche nelle condizioni umide di applicazione); avere deformazioni dimensionali ad umido limitate; resistere alle variazioni di calore e quando richiesto avere resistenza ai lavaggi e reazione o resistenza al fuoco adeguate.

Le confezioni devono riportare i segni di riferimento per le sovrapposizioni, allineamenti (o sfalsatura) dei disegni, ecc.; inversione dei singoli teli, ecc..

55.3.2. Rivestimenti tessili

I rivestimenti tessili per pareti devono rispondere alle prescrizioni elencate nel punto 55.3.1 precedente, avere adeguato livello di resistenza e possedere le necessarie caratteristiche di elasticità, ecc. per la posa a tensione.

55.3.3. Norme di riferimento

Per qualunque altra indicazione o contestazione si rimanda alle prescrizioni delle seguenti norme:

UNI EN 233 *Rivestimenti murali in rotoli. Specifiche delle carte da parati finite, dei fogli di vinile e dei fogli di plastica.*

UNI EN 234 *Rivestimenti murali in rotoli. Specifiche per i rivestimenti murali da decorare successivamente.*

UNI EN 234:1990/A1 *Rivestimenti murali in rotoli. Specifiche per i rivestimenti murali da decorare successivamente*

UNI EN 235 *Rivestimenti murali in rotoli. Vocabolario e simboli.*

UNI EN 259 *Rivestimenti murali in rotoli. Specifica per i rivestimenti murali per uso intenso.*

UNI EN 259:1993/A1 *Rivestimenti murali in rotoli. Specifica per i rivestimenti murali per uso intenso.*

UNI EN 266 *Rivestimenti murali in rotoli. Specifica per i rivestimenti murali tessili.*

UNI EN 12149 *Rivestimenti murali in rotoli. Determinazione della migrazione dei metalli pesanti e di altre sostanze, del cloruro di vinile monomero e del rilascio di formaldeide.*

55.4. Prodotti fluidi o in pasta

55.4.1. Intonaci

Gli intonaci sono rivestimenti realizzati con malta per intonaci costituita da un legante (calce-cemento-gesso) da un inerte (sabbia, polvere o granuli di marmo, ecc.) ed eventualmente da pigmenti o terre coloranti, additivi e rinforzanti. Gli intonaci devono possedere le caratteristiche indicate nel progetto esecutivo e le caratteristiche seguenti:

- capacità di riempimento delle cavità ed eguagliamento delle superfici;
- proprietà ignifughe;
- impermeabilità all'acqua e/o funzione di barriera all'acqua;
- effetto estetico superficiale in relazione ai mezzi di posa usati;
- adesione al supporto.

Per i prodotti forniti premiscelati è richiesta la rispondenza a norme UNI; per gli altri prodotti valgono i valori dichiarati dal fornitore ed accettati dalla Direzione dei lavori:

UNI 9727 *Prodotti per la pulizia (chimica) di rivestimenti (lapidei e intonaci). Criteri per l'informazione tecnica.*

UNI 9728 *Prodotti protettivi per rivestimento costituiti da lapidei ed intonaci. Criteri per l'informazione tecnica.*

55.4.2. Prodotti vernicianti

I prodotti vernicianti sono prodotti applicati allo stato fluido, costituiti da un legante (naturale o sintetico), da una carica e da un pigmento o terra colorante che, passando allo stato solido, formano una pellicola o uno strato non pellicolare sulla superficie.

Si distinguono in:

- tinte, se non formano pellicola e si depositano sulla superficie;
- impregnanti, se non formano pellicola e penetrano nelle porosità del supporto;
- pitture, se formano pellicola ed hanno un colore proprio;
- vernici, se formano pellicola e non hanno un marcato colore proprio;
- rivestimenti plastici, se formano pellicola di spessore elevato o molto elevato (da 1 a 5 mm circa), hanno colore proprio e disegno superficiale più o meno accentuato.

I prodotti vernicianti devono possedere valori adeguati delle seguenti caratteristiche in funzione delle prestazioni loro richieste:

- dare colore in maniera stabile alla superficie trattata;
- avere funzione impermeabilizzante;
- essere traspiranti al vapore d'acqua;
- impedire il passaggio dei raggi UV;
- ridurre il passaggio della CO₂;
- avere adeguata reazione e/o resistenza al fuoco;
- avere funzione passivante del ferro;
- resistenza alle azioni chimiche degli agenti aggressivi (climatici, inquinanti);
- resistere all'usura.

I limiti di accettazione saranno quelli prescritti nel progetto esecutivo od in mancanza quelli dichiarati dal fabbricante ed accettati dalla Direzione dei lavori.

Art. 56 - Sigillanti, adesivi, geotessili

56.1. Sigillanti

Per sigillanti si intendono i prodotti utilizzati per riempire in forma continua e durevole i giunti tra elementi edilizi (in particolare nei serramenti, nelle pareti esterne, nelle partizioni interne, ecc.) con funzione di tenuta all'aria, all'acqua, ecc..

Oltre a quanto specificato nel progetto esecutivo, o negli articoli relativi alla destinazione d'uso, si intendono rispondenti alle seguenti caratteristiche:

- compatibilità chimica con il supporto al quale sono destinati;
- diagramma forza deformazione (allungamento) compatibile con le deformazioni elastiche del supporto al quale sono destinati;
- durabilità ai cicli termoigrometrici prevedibili nelle condizioni di impiego, cioè con decadimento delle caratteristiche meccaniche ed elastiche che non pregiudichino la sua funzionalità;
- durabilità alle azioni chimico-fisiche di agenti aggressivi presenti nell'atmosfera o nell'ambiente di destinazione.

Il soddisfacimento delle prescrizioni predette si intende comprovato quando il prodotto risponde al progetto od alle norme:

UNI 9610 *Edilizia. Sigillanti siliconici monocomponenti per giunti. Requisiti e prove;*

UNI 9611 *Edilizia. Sigillanti siliconici monocomponenti per giunti. Confezionamento.*

In loro mancanza si fa riferimento ai valori dichiarati dal produttore ed accettati dalla Direzione dei lavori.

56.2. Adesivi

Per adesivi si intendono i prodotti utilizzati per ancorare un prodotto ad uno attiguo, in forma permanente, resistendo alle sollecitazioni meccaniche, chimiche, ecc. dovute all'ambiente ed alla destinazione d'uso.

Sono inclusi nel presente articolo gli adesivi usati in opere di rivestimenti di pavimenti e pareti o per altri usi e per diversi supporti (murario, ferroso, legnoso, ecc.).

Sono esclusi gli adesivi usati durante la produzione di prodotti o componenti.

Oltre a quanto specificato nel progetto esecutivo, o negli articoli relativi alla destinazione d'uso, si intendono forniti rispondenti alle seguenti caratteristiche:

- compatibilità chimica con il supporto al quale essi sono destinati;
- durabilità ai cicli termoigrometrici prevedibili nelle condizioni di impiego (cioè con un decadimento delle caratteristiche meccaniche che non pregiudichino la loro funzionalità);
- durabilità alle azioni chimico-fisiche dovute ad agenti aggressivi presenti nell'atmosfera o nell'ambiente di destinazione;
- caratteristiche meccaniche adeguate alle sollecitazioni previste durante l'uso.

56.2.1. Adesivi per strutture portanti in legno

Le caratteristiche di cui al precedente punto, si intendono soddisfacenti quando il prodotto risponde anche alle seguenti norme:

UNI EN 301 *Adesivi fenolici e amminoplastici per strutture portanti in legno. Classificazione e requisiti prestazionali.*

UNI EN 302-1 *Adesivi per strutture portanti in legno. Metodi di prova. Determinazione della resistenza del giunto al taglio a trazione longitudinale.*

UNI EN 302-2 *Adesivi per strutture portanti in legno. Metodi di prova. Determinazione della resistenza alla delaminazione (Metodo di laboratorio).*

UNI EN 302-3 *Adesivi per strutture portanti in legno. Metodi di prova. Determinazione dell'effetto dell'attacco acido alle fibre del legno, dovuto ai trattamenti ciclici di temperature e umidità, sulla resistenza alla trazione trasversale.*

UNI EN 302-4 *Adesivi per strutture portanti in legno. Metodi di prova. Determinazione dell'effetto del ritiro del legno sulla resistenza al taglio.*

56.2.2. Adesivi per piastrelle

UNI EN 1323 *Adesivi per piastrelle. Lastra di calcestruzzo per le prove.*

UNI EN 1324 *Adesivi per piastrelle. Determinazione dell'adesione mediante sollecitazione al taglio di adesivi in dispersione.*

UNI EN 1308 *Adesivi per piastrelle. Determinazione dello scorrimento.*

UNI EN 1346 *Adesivi per piastrelle. Determinazione del tempo aperto.*

UNI EN 1347 *Adesivi per piastrelle. Determinazione del potere bagnante.*

UNI EN 1348 *Adesivi per piastrelle. Determinazione dell'aderenza mediante trazione su adesivi cementizi.*

56.2.3. Adesivi per rivestimenti ceramici

UNI 10110 *Adesivi per rivestimenti ceramici. Determinazione del potere di ritenzione d'acqua della pasta.*

UNI 10111 *Adesivi per rivestimenti ceramici. Determinazione della granulometria della polvere.*

UNI 10112 *Adesivi per rivestimenti ceramici. Determinazione del pH.*

UNI 10113 *Adesivi per rivestimenti ceramici. Determinazione del residuo secco.*

56.2.4. metodi di prova

UNI EN 828 *Adesivi. Bagnabilità. Determinazione mediante misurazione dell'angolo di contatto e della tensione superficiale critica della superficie solida.*

UNI EN 1066 *Adesivi. Campionamento.*

UNI EN 924 *Adesivi. Adesivi con e senza solvente. Determinazione del punto di infiammabilità.*

UNI EN 1067 *Adesivi. Esame e preparazione di campioni per le prove.*

UNI EN 1465 *Adesivi. Determinazione della resistenza al taglio per trazione di assemblaggi a due substrati rigidi incollati.*

UNI EN 1841 *Adesivi. Metodi di prova degli adesivi per rivestimenti di pavimentazione e pareti. Determinazione delle variazioni dimensionali di un rivestimento per pavimentazione in linoleum a contatto con un adesivo.*

UNI 9056 *Adesivi. Determinazione della viscosità apparente con viscosimetro a rotazione.*

UNI 9059 *Adesivi. Determinazione del tempo di gelificazione di resine ureiche.*

UNI 9445 *Adesivi. Determinazione del punto di rammollimento con il metodo sfera e anello degli adesivi termofusibili.*

UNI 9446 *Adesivi. Determinazione della massa volumica apparente di adesivi in polvere per rivestimenti ceramici.*

UNI 9447 *Adesivi. Determinazione dell'appiccicosità col metodo della sfera rotolante (rolling ball tack).*

UNI 9591 *Adesivi. Determinazione della resistenza al distacco (peeling) a caldo di un adesivo per incollaggio di policloruro di vinile (PVC) su legno.*

UNI 9594 *Adesivi. Determinazione del tempo aperto massimo di adesivi per legno mediante prove di taglio per trazione.*

UNI 9595 *Adesivi. Determinazione della rapidità di presa a freddo di adesivi per legno mediante prove di taglio per trazione.*

UNI 9752 *Adesivi. Determinazione del potere bagnante di un adesivo mediante la misura dell'angolo di contatto.*
UNI 10765 *Additivi per impasti cementizi. Additivi multifunzionali per calcestruzzo. Definizioni, requisiti e criteri di conformità.*
UNI EN 26922 *Adesivi. Determinazione della resistenza alla trazione dei giunti di testa.*
UNI EN 28510-1 *Adesivi. Prova di distacco per un assemblaggio ottenuto per incollaggio di un materiale flessibile su rigido. Distacco a 90°.*
UNI EN 28510-2 *Adesivi. Prova di distacco per un assemblaggio ottenuto per incollaggio di un materiale flessibile su rigido. Distacco a 180°.*
UNI EN 29142 *Adesivi. Guida alla scelta di condizioni normalizzate di laboratorio per le prove di invecchiamento su giunti adesivi.*
UNI EN 29653 *Adesivi. Metodo per la determinazione del potere adesivo mediante prova di resistenza al taglio.*
 In loro mancanza si fa riferimento ai valori dichiarati dal produttore ed accettati dalla Direzione dei lavori.

56.3. Geotessili

Per geotessili si intendono i prodotti utilizzati per costituire strati di separazione, contenimento, filtranti, drenaggio in opere di terra (rilevati, scarpate, strade, giardini, ecc.) ed in coperture. La natura del polimero costituente è (poliestere, polipropilene, poliammide, ecc.).

Si distinguono in:

- tessuti: stoffe realizzate intrecciando due serie di fili (realizzando ordito e trama);
- non tessuti: feltri costituiti da fibre o filamenti distribuiti in maniera casuale, legati tra loro con trattamento meccanico (agugliatura) oppure chimico (impregnazione) oppure termico (fusione). Si hanno non tessuti ottenuti da fiocco o da filamento continuo. Sono caratterizzati da:
 - filamento continuo (o da fiocco);
 - trattamento legante è meccanico (o chimico o termico);
 - peso unitario è di

Il soddisfacimento delle prescrizioni predette s'intende comprovato quando il prodotto risponde ad una norma UNI di cui al successivo punto e/o è in possesso di attestato di conformità; in loro mancanza valgono i valori dichiarati dal produttore ed accettati dalla Direzione dei lavori.

56.3.1. Geotessili. Norme UNI di riferimento

Quando non è specificato nel progetto esecutivo, o negli articoli s'intendono forniti rispondenti alle seguenti caratteristiche:

UNI EN 918 *Geotessili e prodotti affini. Prova di punzonamento dinamico (metodo della caduta del cono).*
UNI EN ISO 9863-2 *Geotessili e prodotti affini. Determinazione dello spessore a pressioni stabilite. Procedura per la determinazione dello spessore dei singoli strati di prodotti multistrato.*
UNI EN ISO 10319 *Geotessili. Prova di trazione a banda larga.*
UNI EN ISO 10321 *Geotessili. Prova di trazione a banda larga per giunzioni e cuciture.*
UNI ENV 12447 *Geotessili e prodotti affini. Metodo di prova per la determinazione della resistenza all'idrolisi.*
UNI ENV 12224 *Geotessili e prodotti affini. Determinazione della resistenza agli agenti atmosferici.*
UNI ENV 12225 *Geotessili e prodotti affini. Metodo per la determinazione della resistenza microbiologica mediante prova di interrimento.*
UNI ENV 12226 *Geotessili e prodotti affini. Prove generali per valutazioni successive a prove di durabilità.*
UNI EN ISO 12236 *Geotessili e prodotti affini. Prova di punzonamento statico (metodo CBR).*
UNI ENV ISO 13438 *Geotessili e prodotti affini. Metodo di prova per la determinazione della resistenza all'ossidazione.*

56.3.2. Nontessuti. Norme UNI di riferimento

Per quanto non espressamente indicato si rimanda alle prescrizioni delle seguenti norme:

UNI 8279-1 *Nontessuti. Metodi di prova. Campionamento.*
UNI 8279-1 *FA 1-91. Nontessuti. Metodi di prova. Campionamento.*
UNI 8279-3 *Non tessuti. Metodi di prova. Determinazione della permeabilità all'aria.*
UNI 8279-4 *Non tessuti. Metodi di prova. Prova di trazione (metodo di Grab).*
UNI 8279-5 *Non tessuti. Metodi di prova. Determinazione dell'assorbimento di liquidi (metodo del cestello).*
UNI 8279-6 *Non tessuti. Metodi di prova. Determinazione dell'assorbimento di liquidi (metodo della rete).*
UNI 8279-7 *Non tessuti. Metodi di prova. Determinazione dell'ascensione capillare.*
UNI 8279-11 *Non tessuti. Metodi di prova. Determinazione della resistenza alla perforazione con il metodo della sfera.*
UNI 8279-12 *Non tessuti. Metodi di prova. Determinazione della variazione dimensionale a caldo.*
UNI 8279-13 *Non tessuti. Metodi di prova. Determinazione del coefficiente di permeabilità radiale all'acqua.*

UNI 8279-14 *Nont essuti. Metodi di prova. Determinazione della resistenza al punzonamento e della deformazione a rottura (metodo della penetrazione).*

UNI 8279-16 *Non tessuti. Metodi di prova. Determinazione del tempo di assorbimento di acqua (metodo della goccia).*

UNI EN 29073-1 *Tessili. Metodi di prova per non tessuti. Determinazione della massa areica.*

UNI EN 29073-3 *Tessili. Metodi di prova per non tessuti. Determinazione della resistenza a trazione e dell'allungamento.*

UNI EN 29092 *Tessili. Non tessuti. Definizione.*

Art. 57 - Prodotti e materiali per pareti esterne e partizioni interne

57.1.Generalità

Si definiscono prodotti per pareti esterne e partizioni interne quelli utilizzati per realizzare i principali strati funzionali di queste parti di edificio.

I prodotti vengono di seguito considerati al momento della fornitura; il Direttore dei lavori, ai fini della loro accettazione può procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura oppure richiedere un attestato di conformità della fornitura alle prescrizioni di seguito indicate. Nel caso di contestazione s'intende che la procedura di prelievo dei campioni, le modalità di prova e valutazione dei risultati sono quelli indicati nelle norme UNI ed in mancanza di questi quelli descritti nella letteratura tecnica (primariamente norme internazionali).

57.2.Prodotti a base di laterizio, calcestruzzo e similari

I prodotti a base di laterizio, calcestruzzo e similari non aventi funzione strutturale (vedere articolo murature) ma unicamente di chiusura nelle pareti esterne e partizioni devono rispondere alle prescrizioni del progetto esecutivo ed a loro completamento alle prescrizioni di seguito elencate:

a) gli elementi di laterizio (forati e non) prodotti mediante trafilatura o pressatura con materiale normale od alleggerito devono rispondere alla norme:

UNI 8942-1 *Prodotti di laterizio per murature. Terminologia e sistema di classificazione.*

UNI 8942-2 *Prodotti di laterizio per murature. Limiti di accettazione.*

UNI 8942-3 *Prodotti di laterizio per murature. Metodi di prova.*

b) gli elementi di calcestruzzo dovranno rispettare le stesse caratteristiche indicate nella norma **UNI 8942** (ad esclusione delle caratteristiche di inclusione calcarea), i limiti di accettazione saranno quelli indicati nel progetto ed in loro mancanza quelli dichiarati dal produttore ed approvati dalla Direzione dei lavori;

c) gli elementi di calcio silicato, pietra ricostruita, pietra naturale, saranno accettati in base alle loro caratteristiche dimensionali e relative tolleranze; caratteristiche di forma e massa volumica (foratura, smussi, ecc.); caratteristiche meccaniche a compressione, taglio a flessione; caratteristiche di comportamento all'acqua ed al gelo (imbibizione, assorbimento d'acqua, ecc.).

I limiti di accettazione saranno quelli prescritti nel progetto ed in loro mancanza saranno quelli dichiarati dal fornitore ed approvati dalla Direzione dei lavori.

57.3.Prodotti e componenti per facciate continue

I prodotti ed i componenti per facciate continue dovranno rispondere alle prescrizioni del progetto ed in loro mancanza alle seguenti prescrizioni:

- gli elementi dell'ossatura devono avere caratteristiche meccaniche coerenti con quelle del progetto in modo da poter trasmettere le sollecitazioni meccaniche (peso proprio delle facciate, vento, urti, ecc.) alla struttura portante, resistere alle corrosioni ed azioni chimiche dell'ambiente esterno ed interno;
- gli elementi di tamponamento (vetri, pannelli, ecc.) devono essere compatibili chimicamente e fisicamente con l'ossatura; resistere alle sollecitazioni meccaniche (urti, ecc.); resistere alle sollecitazioni termoisolometriche dell'ambiente esterno e chimiche degli agenti inquinanti;
- le parti apribili ed i loro accessori devono rispondere alle prescrizioni sulle finestre o sulle porte;
- i rivestimenti superficiali (trattamenti dei metalli, pitturazioni, fogli decorativi, ecc.) devono essere coerenti con le prescrizioni sopra indicate;
- le soluzioni costruttive dei giunti devono completare ed integrare le prestazioni dei pannelli ed essere sigillate con prodotti adeguati.

La rispondenza alle norme UNI per gli elementi metallici e loro trattamenti superficiali, per i vetri, i pannelli di legno, di metallo o di plastica e per gli altri componenti, viene considerato automaticamente soddisfacimento delle prescrizioni sopradette.

57.4.Prodotti e componenti per partizioni interne prefabbricate

I prodotti ed i componenti per partizioni interne prefabbricate che vengono assemblate in opera (con piccoli lavori di adattamento o meno) devono rispondere alle prescrizioni del progetto esecutivo ed, in mancanza, alle prescrizioni indicate al punto precedente.

57.5. Prodotti a base di cartongesso

I prodotti a base di cartongesso devono rispondere alle prescrizioni del progetto esecutivo ed, in mancanza, alle prescrizioni seguenti: avere spessore con tolleranza $\pm 0,5$ mm, lunghezza e larghezza con tolleranza ± 2 mm, resistenza all'impronta, all'urto, alle sollecitazioni localizzate (punti di fissaggio) ed, a seconda della destinazione d'uso, con basso assorbimento d'acqua, con bassa permeabilità al vapore (prodotto abbinato a barriera al vapore), con resistenza all'incendio dichiarata, con isolamento acustico dichiarato.

I limiti di accettazione saranno quelli indicati nel progetto esecutivo ed, in loro mancanza, quelli dichiarati dal produttore ed approvati dalla Direzione dei lavori.

57.6. Blocchi di gesso

I blocchi in gesso pieni o forati per la formazione di pareti verticali, secondo le dimensioni del progetto esecutivo, a discrezione del Direttore dei lavori, per evitare in futuro rigonfiamenti e danni dovuti all'elevata umidità relativa od al contatto con acqua, dovranno essere collocati previa predisposizione di una guaina impermeabile collocata a livello del pavimento al fine di evitare la risalita dell'umidità.

In mancanza di norma italiana specifiche si potrà fare riferimento alla **DIN 18163**.

In cantiere il materiale deve essere appoggiato a pavimento, sempre in piano, al coperto o sotto un telo di plastica.

57.7. Norme UNI di riferimento

a) Classificazione

UNI 8369-2 Edilizia. Pareti perimetrali verticali. Classificazione e terminologia.

UNI 8979 Edilizia. Pareti perimetrali verticali. Analisi degli strati funzionali.

UNI 9269 Edilizia. Pareti verticali. Prova di resistenza agli urti.

b) Pareti interne semplici

UNI 8201 Edilizia residenziale. Pareti interne semplici. Prova di resistenza agli urti da corpo molle e duro.

UNI 8326 Edilizia residenziale. Pareti interne semplici. Prove di resistenza ai carichi sospesi.

UNI 8327 Edilizia residenziale. Pareti interne semplici. Prova di resistenza al calore per irraggiamento.

c) Pareti interne mobili

UNI 10700 Partizioni interne. Pareti interne mobili. Terminologia e classificazione.

UNI 10815 Pareti interne mobili. Attrezzabilità per impianti tecnici. Criteri generali.

UNI 10816 Pareti interne mobili. Attrezzabilità con equipaggiamenti di servizio. Criteri generali.

UNI 10817 Pareti interne mobili. Collegamenti di messa a terra. Requisiti e verifica.

UNI 10879 Pareti interne mobili. Prova di resistenza ai carichi sospesi ed orizzontali.

UNI 10880 Pareti interne mobili. Requisiti e metodi di prova di resistenza agli urti.

UNI 10820 Partizioni interne. Pareti interne mobili. Analisi dei requisiti.

d) Materie plastiche cellulari rigide

UNI 10386 Materie plastiche cellulari rigide. Pannelli compositi con anima di poliuretano espanso rigido e paramenti rigidi per coperture, pareti perimetrali verticali esterne e di partizione interna. Tipi, requisiti e prove.

e) Strutture di legno

UNI EN 594 Strutture di legno. Metodi di prova. Resistenza rigidezza di piastra di pannelli per pareti con telaio di legno.

UNI EN 596 Strutture di legno. Metodi di prova. Prova di impatto con un corpo morbido su pareti con telaio di legno.

Art. 58 - Prodotti per coperture discontinue (a falda)

58.1. Definizioni

Si definiscono prodotti per le coperture quelli utilizzati per realizzare lo strato di tenuta all'acqua nei sistemi di copertura e quelli usati per altri strati complementari.

Per la realizzazione delle coperture discontinue nel loro insieme si rinvia all'articolo sull'esecuzione delle coperture discontinue.

I prodotti vengono di seguito considerati al momento della fornitura; il Direttore dei lavori ai fini della loro accettazione può procedere a controlli (anche parziali) su campioni della fornitura oppure richiedere un attestato di conformità della fornitura alle prescrizioni di seguito indicate.

58.2.Tegole e coppi in laterizio

Tegole e coppi di laterizio per coperture ed i loro pezzi speciali si intendono denominati secondo le dizioni commerciali usuali (marsigliese, romana, ecc.).

I prodotti di cui sopra devono rispondere alle prescrizioni del progetto ed, in mancanza od a completamento alle seguenti prescrizioni:

- a) i difetti visibili sono ammessi nei seguenti limiti:
 - le fessure non devono essere visibili o rilevabili a percussione;
 - le protuberanze e scagliature non devono avere diametro medio (tra dimensione massima e minima) maggiore di 15 mm e non deve esserci più di 1 protuberanza; è ammessa 1 protuberanza di diametro medio tra 7 e 15 mm ogni 2 dm² di superficie proiettata;
 - le sbavature sono tollerate purché permettano un corretto assemblaggio;
- b) sulle dimensioni nominali e forma geometrica sono ammesse le tolleranze seguenti: lunghezza $\pm 3\%$; larghezza $\pm 3\%$ per tegole e $\pm 8\%$ per coppi;
- c) sulla massa convenzionale è ammessa tolleranza del 15%;
- d) l'impermeabilità non deve permettere la caduta di goccia d'acqua dall'intradosso;
- e) resistenza a flessione: forza F singola maggiore di 1000 N;
- f) carico di rottura valore singolo della forza F maggiore di 1000 N e valore medio maggiore di 1500 N;
- g) i criteri di accettazione generali sono quelli del punto 58.1.

In caso di contestazione si farà riferimento alle norme **UNI 8626 e 8635**, in particolare alla **UNI EN 1304**, Tegole di laterizio per coperture discontinue - Definizioni e specifiche di prodotto.

I prodotti devono essere forniti su appositi pallets, legati e protetti da azioni meccaniche, chimiche e sporco che possano degradarli nella fase di trasporto, deposito e manipolazione prima della posa. Gli imballaggi, solitamente di materiale termoretraibile, devono contenere un foglio informativo riportante il nome del fornitore e le indicazioni dei commi da a) ad f) ed eventuali istruzioni complementari.

Tabella 58.1. - Pendenze ammissibili secondo il tipo di copertura

Materiale	Pendenza %
Coppi	35%
Tegole piane marsigliesi	35%
Tegole marsigliesi	30%
Lamiera ondulata	20 ÷ 25 %

58.3.Tegole in cemento

Le tegole di in cemento per coperture ed i loro pezzi speciali s'intendono denominati secondo le dizioni commerciali usuali (portoghese, olandese, ecc.). La colorazione è realizzata direttamente nell'impasto con pigmentazioni. La pendenza della falda può arrivare ad un minimo di 29 ÷ 30% adottando le necessarie sovrapposizioni; in caso di pendenze inferiori 17÷18% sotto il manto di copertura deve essere collocato un manto di impermeabilizzazione. In caso di pendenza superiore al 45% le tegole devono essere opportunamente fissate al supporto anche mediante chiodatura. I prodotti di cui sopra devono rispondere alle prescrizioni del progetto esecutivo ed in mancanza e/o completamento alle prescrizioni di seguito elencate:

- a) i difetti visibili sono ammessi nei seguenti limiti:
 - le fessure non sono ammesse;
 - le incavature non devono avere profondità maggiore di 4 mm (escluse le tegole con superficie granulata);
 - le protuberanze sono ammesse in forma lieve per tegole colorate nell'impasto;
 - le scagliature sono ammesse in forma leggera;
 - le sbavature e deviazioni sono ammesse purché non impediscano il corretto assemblaggio del prodotto;
- b) sulle dimensioni nominali e forma geometrica sono ammesse le seguenti tolleranze:
 - lunghezza $\pm 1,5\%$;
 - larghezza $\pm 1\%$;
 - altre dimensioni dichiarate $\pm 1,6\%$;
 - ortometria scostamento orizzontale non maggiore dell'1,6% del lato maggiore;

- c) sulla massa convenzionale è ammessa la tolleranza del $\pm 10\%$;
- d) l'impermeabilità non deve permettere la caduta di gocce d'acqua, dall'intradosso, dopo 24 h;
- e) dopo i cicli di gelività la resistenza a flessione F deve essere maggiore od uguale a 1800 N su campioni maturati 28 giorni;
- f) la resistenza a rottura F del singolo elemento deve essere maggiore od uguale a 1000 N; la media deve essere maggiore od uguale a 1500 N;
- g) i criteri di accettazione sono quelli del punto 58.1.

In caso di contestazione per difetti e limiti di accettazione si farà riferimento alle norme:

UNI 8626 *Edilizia. Prodotti per coperture discontinue. Caratteristiche, piani di campionamento e limiti di accettazione;*

UNI 8627 *Edilizia. Sistemi di copertura. Definizione e classificazione degli schemi funzionali, soluzioni conformi e soluzioni tecnologiche.*

I prodotti devono essere forniti su appositi pallets legati e protetti da azioni meccaniche, chimiche e sporco che possano degradarli nelle fasi di trasporto, deposito e manipolazione prima della posa.

58.4. Le lastre di fibrocemento

1) Le lastre possono essere dei tipi seguenti:

- lastre piane (a base: fibrocemento e silico calcare; fibrocemento; cellulosa; fibrocemento/silico calcare rinforzati);
- lastre ondulate a base di fibrocemento aventi sezione trasversale formata da ondulazioni approssimativamente sinusoidali; possono essere con sezioni traslate lungo un piano o lungo un arco di cerchio;
- lastre nervate a base di fibrocemento, aventi sezione trasversale grecata o caratterizzata da tratti piani e tratti sagomati.

I criteri di controllo sono quelli indicati in 58.2.

2) Le lastre piane devono rispondere alle caratteristiche indicate nel progetto esecutivo ed in mancanza od integrazione alle seguenti:

- a) larghezza 1200 mm, lunghezza scelta tra 1200, 2500 o 5000 mm con tolleranza $\pm 0,4\%$ e massimo 5 mm;
- b) spessore mm (scelto tra le sezioni normate) con tolleranza $\pm 0,5$ mm fino a 5 mm e $\pm 10\%$ fino a 25 mm;
- c) rettilineità dei bordi: scostamento massimo 2 mm per metro, ortogonalità 3 mm per metro;
- d) caratteristiche meccaniche (resistenza a flessione);

- tipo 1: 13 N/mm² minimo con sollecitazione lungo le fibre, e 15 N/mm² minimo con sollecitazione perpendicolare alle fibre;

- tipo 2: 20 N/mm² minimo con sollecitazione lungo le fibre, e 16 N/mm² minimo con sollecitazione perpendicolare alle fibre;

e) massa volumica apparente:

- tipo 1: 1,3 g/cm² minimo;

- tipo 2: 1,7 g/cm² minimo;

f) tenuta d'acqua con formazione di macchie di umidità sulle facce inferiori dopo 24 h sotto battente d'acqua ma senza formazione di gocce d'acqua;

g) resistenza alle temperature di 120 °C per 2 h con decadimento della resistenza a flessione non maggiore del 10%.

3) Le lastre ondulate devono rispondere alle caratteristiche indicate nel progetto ed in mancanza o ad integrazione alle seguenti:

a) facce destinate all'esposizione alle intemperie lisce, bordi diritti e taglio netto e ben squadrate ed entro i limiti di tolleranza;

b) caratteristiche dimensionali e tolleranze di forma secondo quanto dichiarato dal fabbricante ed accettato dalla Direzione dei lavori;

c) tenuta all'acqua;

d) resistenza a flessione, secondo i valori dichiarati dal fabbricante ed accettati dalla Direzione dei lavori;

e) resistenza al gelo dopo 25 cicli in acqua a temperatura di + 20 °C seguito da permanenza in frigo a -20 °C, non devono presentare fessurazioni, cavillature o degradazione;

f) la massa volumica non deve essere minore di 1,4 kg/dm².

Gli accessori devono rispondere alle prescrizioni sopradette per quanto attiene l'aspetto, le caratteristiche dimensionali e di forma, la tenuta all'acqua e la resistenza al gelo.

4) Le lastre nervate devono rispondere alle caratteristiche indicate nel progetto ed in mancanza o ad integrazione a quelle indicate nel punto 3.

Norme di riferimento:

UNI EN 492 *Lastre piane di fibrocemento e relativi accessori per coperture. Specifiche di prodotto e metodi di prova.*

UNI EN 494 *Lastre nervate di fibrocemento e relativi accessori per coperture. Specifiche di prodotto e metodi di prova.*

UNI 10636 *Lastre ondulate di fibrocemento per coperture. Istruzioni per l'installazione.*

58.5. Lastre di materia plastica rinforzata

Le lastre di materia plastica rinforzata o non rinforzata si intendono definite e classificate secondo le norme UNI vigenti.

I prodotti di cui sopra devono rispondere alle prescrizioni del progetto ed in mancanza e/o completamente alle seguenti prescrizioni:

- a) lastre ondulate traslucide di materia plastica rinforzata con fibre di vetro
 - UNI 6774** *Lastre ondulate traslucide di materia plastica rinforzata con fibre di vetro. Generalità e prescrizioni.*
 - UNI 6775** *Lastre ondulate traslucide di materia plastica rinforzata con fibre di vetro. Metodi di prova.*
- b) lastre di polistirene
 - UNI 7073** *Lastre estruse di polistirene antiurto. Tipi, prescrizioni e prove;*
- c) lastre di polimetilmetacrilato devono essere conformi alle norme:
 - UNI EN ISO 7823-1** *Lastre di polimetilmetacrilato. Tipi, dimensioni e caratteristiche. Lastre colate;*
 - UNI EN ISO 7823-2** *Materie plastiche. Lastre di poli (metilmetacrilato). Tipi, dimensioni e caratteristiche. Lastre estruse calandrate.*
- d) lastre profilate di materia plastica, che trasmettono la luce, per copertura a parete semplice
 - UNI EN 1013-1** *Lastre profilate di materia plastica, che trasmettono la luce, per copertura a parete semplice. Requisiti generali e metodi di prova;*
 - UNI EN 1013-2** *Lastre profilate di materia plastica, che trasmettono la luce, per copertura a parete semplice. Requisiti specifici e metodi di prova per lastre di resina poliestere rinforzata con fibra di vetro (PRFV);*
 - UNI EN 1013-3** *Lastre profilate di materia plastica, che trasmettono la luce, per copertura a parete semplice. Requisiti specifici e metodi di prova per lastre di policloruro di vinile (PVC).*
- e) lastre ondulate ed alveolari di materiale plastico trasparente, incolore o traslucido per serre
 - UNI 10452** *Lastre ondulate ed alveolari di materiale plastico trasparente, incolore o traslucido per serre ed apprestamenti analoghi. Tipi, dimensioni, requisiti e metodi di prova.*
- f) i criteri di accettazione sono quelli del punto 58.1.

58.6. Lastre di metallo

Le lastre di metallo (acciaio zincato, acciaio zincato-alluminio, acciaio zincato-rame, alluminio) ed i loro pezzi speciali si intendono denominati secondo la usuale terminologia commerciale. Essi dovranno rispondere alle prescrizioni del progetto ed in mancanza ed a completamente alle seguenti caratteristiche:

- a) i prodotti completamente supportati: tolleranze dimensioni e di spessore, resistenza al punzonamento, resistenza al piegamento a 360°; resistenza alla corrosione; resistenza a trazione
Le caratteristiche predette saranno quelle riferite al prodotto in lamina prima della lavorazione. Gli effetti estetici e difetti saranno valutati in relazione alla collocazione dell'edificio;
- b) i prodotti autoportanti (compresi i pannelli, le lastre grecate, ecc.) oltre a rispondere alle prescrizioni predette dovranno soddisfare la resistenza a flessione secondo i carichi di progetto e la distanza tra gli appoggi.

I criteri di accettazione sono quelli già indicati. In caso di contestazione si fa riferimento alla norma **UNI 10372 - Coperture discontinue. Istruzioni per la progettazione e l'esecuzione con elementi metallici in lastre.**

Le lamiere saranno inoltre esenti da difetti visibili (quali scagliature, bave, crepe, crateri, ecc.) e da difetti di forma (svergolamento, ondulazione, ecc.) che ne pregiudichino l'impiego e/o la messa in opera e dovranno avere l'eventuale rivestimento superficiale prescritto nel progetto.

La fornitura dovrà essere accompagnata da foglio informativo riportante il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

58.7. Prodotti di pietra

I prodotti di pietra dovranno rispondere alle caratteristiche di resistenza a flessione, resistenza all'urto, resistenza al gelo e disgelo, comportamento agli aggressivi inquinanti. I limiti saranno quelli prescritti dal progetto o quelli dichiarati dal fornitore ed accettati dalla Direzione dei lavori.

I criteri di accettazione sono quelli indicati al punto 58.1.

La fornitura dovrà essere accompagnata da foglio informativo riportante il nome del fornitore e la corrispondenza alle caratteristiche richieste.

58.8. Normativa di riferimento

Nel caso di contestazione si intende che le procedure di prelievo dei campioni, i metodi di prova e valutazione dei risultati sono quelli indicati nelle norme UNI di seguito riportate:

- UNI 8625-1** *Edilizia. Prove di coperture discontinue. Determinazione della permeabilità all'acqua.*
UNI 8625-1, FA 1-93 *Edilizia. Prove di coperture discontinue. Determinazione della permeabilità all'acqua.*
UNI 8626 *Edilizia. Prodotti per coperture discontinue. Caratteristiche, piani di campionamento e limiti di accettazione.*
UNI 8627 *Edilizia. Sistemi di copertura. Definizione e classificazione degli schemi funzionali, soluzioni conformi e soluzioni tecnologiche.*
UNI 8635-1 *Edilizia. Prove di prodotti per coperture discontinue. Esame dell'aspetto e della confezione.*
UNI 8635-2 *Edilizia. Prove di prodotti per coperture discontinue. Determinazione della lunghezza.*
UNI 8635-3 *Edilizia. Prove di prodotti per coperture discontinue. Determinazione della larghezza.*
UNI 8635-4 *Edilizia. Prove di prodotti per coperture discontinue. Determinazione dello spessore.*
UNI 8635-5 *Edilizia. Prove di prodotti per coperture discontinue. Determinazione della planarità.*
UNI 8635-6 *Edilizia. Prove di prodotti per coperture discontinue. Determinazione dell'ortometria e della rettilineità dei bordi.*
UNI 8635-7 *Edilizia. Prove di prodotti per coperture discontinue. Determinazione del profilo.*
UNI 8635-8 *Edilizia. Prove di prodotti per coperture discontinue. Determinazione della massa convenzionale.*
UNI 8635-9 *Edilizia. Prove di prodotti per coperture discontinue. Determinazione della permeabilità all'acqua.*
UNI 8635-10 *Edilizia. Prove di prodotti per coperture discontinue. Determinazione dell'impermeabilità all'acqua.*
UNI 8635-11 *Edilizia. Prove di prodotti per coperture discontinue. Determinazione della gelività con cicli alterni.*
UNI 8635-12 *Edilizia. Prove di prodotti per coperture discontinue. Determinazione della gelività con porosimetro.*
UNI 8635-13 *Edilizia. Prove di prodotti per coperture discontinue. Determinazione del carico di rottura a flessione.*
UNI 8635-14 *Edilizia. Prove dei prodotti per coperture discontinue. Determinazione della resistenza meccanica del dispositivo di ancoraggio.*
UNI 8635-15 *Edilizia. Prove per prodotti di coperture discontinue. Determinazione del numero per unità di area e della massa areica.*
UNI 8635-16 *Edilizia. Prove dei prodotti per coperture discontinue. Determinazioni delle inclusioni calcaree nei prodotti di laterizio.*
UNI 9308-1 *Coperture discontinue. Istruzione per la progettazione. Elementi di tenuta.*
UNI 10372 *Coperture discontinue. Istruzioni per la progettazione e l'esecuzione con elementi metallici in lastre.*

Art. 59 - Impermeabilizzazioni e coperture piane

59.1. Generalità

I prodotti per impermeabilizzazioni e per coperture piane sono sotto forma di:

- membrane in fogli e/o rotoli da applicare a freddo od a caldo, in fogli singoli o pluristrato;
- prodotti forniti in contenitori (solitamente liquidi e/o in pasta) da applicare a freddo od a caldo su eventuali armature (che restano inglobate nello strato finale) fino a formare in sito una membrana continua.

59.2. Membrane

Le membrane si classificano in base:

- 1) al materiale componente (esempio: bitume ossidato fillerizzato, bitume polimero elastomero, bitume polimero plastomero, etilene propilene diene, etilene vinil acetato, ecc.);
- 2) al materiale di armatura inserito nella membrana (esempio: armatura vetro velo, armatura poliammide tessuto, armatura polipropilene film, armatura alluminio foglio sottile, ecc.);
- 3) al materiale di finitura della faccia superiore (esempio: poliestere film da non asportare, polietilene film da non asportare, graniglie, ecc.);
- 4) al materiale di finitura della faccia inferiore (esempio: poliestere non tessuto, sughero, alluminio foglio sottile, ecc.).

59.3. Prodotti forniti in contenitori

I prodotti forniti in contenitori possono essere:

- 1) mastici di rocce asfaltiche e di asfalto sintetico;
- 2) asfalti colati;
- 3) malte asfaltiche;
- 4) prodotti termoplastici;
- 5) soluzioni in solvente di bitume;
- 6) emulsioni acquose di bitume;
- 7) prodotti a base di polimeri organici.

I prodotti vengono di seguito considerati al momento della loro fornitura, le modalità di posa sono trattate negli articoli relativi alla posa in opera.

Il Direttore dei lavori ai fini della loro accettazione può procedere a controlli (anche parziali) su campioni della fornitura oppure richiedere un attestato di conformità della fornitura alle prescrizioni di seguito indicate.

Le membrane per coperture di edifici in relazione allo strato funzionale che vanno a costituire (esempio strato di tenuta all'acqua, strato di tenuta all'aria, strato di schermo e/o barriera al vapore, strato di protezione degli strati sottostanti, ecc.) devono rispondere alle prescrizioni del progetto ed in mancanza od a loro completamento alla norma **UNI 8178** - Edilizia. Coperture. Analisi degli elementi e strati funzionali.

59.4. Membrane destinate a formare strati di schermo e/o barriera al vapore

Le membrane destinate a formare strati di schermo e/o barriera al vapore devono soddisfare:

- le tolleranze dimensionali (lunghezza, larghezza, spessore);
- difetti, ortometria e massa areica;
- resistenza a trazione;
- flessibilità a freddo;
- comportamento all'acqua;
- permeabilità al vapore d'acqua;
- invecchiamento termico in acqua;
- le giunzioni devono resistere adeguatamente a trazione ed avere adeguata impermeabilità all'aria.

59.4.1. Caratteristiche di accettazione

Per quanto riguarda le caratteristiche predette esse devono rispondere alle norme:

UNI 9380-1 *Membrane per impermeabilizzazione di coperture. Limiti di accettazione dei tipi BPP per strato di barriera e/o schermo al vapore.*

UNI 9380-2 *Membrane per impermeabilizzazione di coperture. Limiti di accettazione dei tipi BOF per strato di barriera e/o schermo al vapore, oppure per i prodotti non normati, rispondere ai valori dichiarati dal fabbricante ed accettati dalla Direzione dei lavori.*

Le membrane rispondenti alle varie parti della norma **UNI 8629** per le caratteristiche precitate sono valide anche per questo impiego:

UNI 8629-1 *Membrane per impermeabilizzazione di coperture. Caratteristiche prestazionali e loro significatività.*

UNI 8629-2 *Membrane per impermeabilizzazione di coperture. Limiti di accettazione dei tipi BPP per elemento di tenuta.*

UNI 8629-3 *Membrane per impermeabilizzazione di coperture. Limiti di accettazione dei tipi BPE per elemento di tenuta.*

UNI 8629-4 *Membrane per impermeabilizzazione di coperture. Limiti di accettazione per tipi EPDM e IIR per elementi di tenuta.*

UNI 8629-5 *Membrane per impermeabilizzazione di coperture. Limiti di accettazione dei tipi BPP (con autoprotezione metallica) per elemento di tenuta.*

UNI 8629-6 *Membrane per impermeabilizzazione di coperture. Limiti di accettazione dei tipi a base di PVC plastificato per elementi di tenuta.*

UNI 8629-7 *Membrane per impermeabilizzazione di coperture. Limiti di accettazione dei tipi BOF (con autoprotezione metallica) per elemento di tenuta.*

UNI 8629-8 *Membrane per impermeabilizzazione di coperture. Limiti di accettazione dei tipi BOF per elemento di tenuta.*

59.5. Membrane destinate a formare strati di continuità, di diffusione o di egualizzazione della pressione di vapore

Le membrane destinate a formare strati di continuità, di diffusione o di egualizzazione della pressione di vapore, di irrigidimento o ripartizione dei carichi, di regolarizzazione, di separazione e/o scorrimento o drenante devono soddisfare:

- le tolleranze dimensionali (lunghezza, larghezza e spessore);
- difetti, ortometria e massa areica;
- comportamento all'acqua;
- invecchiamento termico in acqua.

Per quanto riguarda le caratteristiche predette esse devono rispondere alla norma **UNI 9168**, oppure per i prodotti non normati, rispondere ai valori dichiarati dal fabbricante ed accettati dalla Direzione dei lavori.

Le membrane rispondenti alle norme **UNI 9380** e **UNI 8629** per le caratteristiche precitate sono valide anche per questo impiego.

59.6. Membrane destinate a formare strati di tenuta all'aria

Le membrane destinate a formare strati di tenuta all'aria devono soddisfare:

- le tolleranze dimensionali (lunghezza, larghezza e spessore);
- difetti, ortometria e massa areica;
- resistenza a trazione ed alla lacerazione;
- comportamento all'acqua;
- le giunzioni devono resistere alla trazione ed alla permeabilità all'aria.

Per quanto riguarda le caratteristiche predette esse devono rispondere alle norme:

UNI 9168-1 *Membrane complementari per impermeabilizzazione. Limiti di accettazione dei tipi con armatura cartafeltro o vetro velo.*

UNI 9168-2 *Membrane complementari per impermeabilizzazione. Limiti di accettazione dei tipi BOF,* oppure per i prodotti non normati, ai valori dichiarati dal fabbricante ed accettati dalla Direzione dei lavori.

Le membrane rispondenti alle norme **UNI 9380** e **UNI 8629** per le caratteristiche precitate sono valide anche per formare strati di tenuta all'aria.

59.7. Membrane destinate a formare strati di tenuta all'acqua

Le membrane destinate a formare strati di tenuta all'acqua devono soddisfare:

- le tolleranze dimensionali (lunghezza, larghezza, spessore);
- difetti, ortometria e massa areica;
- resistenza a trazione e alla lacerazione;
- punzonamento statico e dinamico;
- flessibilità a freddo;
- stabilità dimensionale in seguito ad azione termica;
- stabilità di forma a caldo;
- impermeabilità all'acqua e comportamento all'acqua;
- permeabilità al vapore d'acqua;
- resistenza all'azione perforante delle radici;
- invecchiamento termico in aria ed acqua;
- resistenza all'ozono (solo per polimeriche e plastomeriche);
- resistenza ad azioni combinate (solo per polimeriche e plastomeriche);
- le giunzioni devono resistere adeguatamente alla trazione ed avere impermeabilità all'aria.

Per quanto riguarda le caratteristiche predette esse devono rispondere alla varie parti della norma **UNI 8629** (varie parti), oppure per i prodotti non normati rispondere ai valori dichiarati dal fabbricante ed accettati dalla Direzione dei lavori.

59.8. Membrane destinate a formare strati di protezione

Le membrane destinate a formare strati di protezione devono soddisfare:

- le tolleranze dimensionali (lunghezza, larghezza, spessore);
- difetti, ortometria e massa areica;
- resistenza a trazione e alle lacerazioni;
- punzonamento statico e dinamico;
- flessibilità a freddo;
- stabilità dimensionali a seguito di azione termica;
- stabilità di forma a caldo (esclusi prodotti a base di PVC, EPDM, IIR);
- comportamento all'acqua;
- resistenza all'azione perforante delle radici;
- invecchiamento termico in aria;
- le giunzioni devono resistere adeguatamente alla trazione;
- l'autoprotezione minerale deve resistere all'azione di distacco.

Per quanto riguarda le caratteristiche predette esse devono rispondere alla varie parti della norma **UNI 8629** (varie parti), oppure per i prodotti non normati rispondere ai valori dichiarati dal fabbricante ed accettati dalla Direzione dei lavori.

59.9. Membrane a base di elastomeri e di plastomeri

Le membrane a base di elastomeri e di plastomeri dei tipi elencati nel seguente lettera a) utilizzate per impermeabilizzazione delle opere elencate nel seguente lettera b) devono rispondere alle prescrizioni elencate nel successivo lettera c).

a) I tipi di membrane considerati sono:

- membrane in materiale elastomerico senza armatura (per materiale elastomerico si intende un materiale che sia fondamentalmente elastico anche a temperature superiori o inferiori a quelle di normale impiego e/o che abbia subito un processo di reticolazione (per esempio gomma vulcanizzata).);
- membrane in materiale elastomerico dotate di armatura (per materiale plastomerico si intende un materiale che sia relativamente elastico solo entro un intervallo di temperatura corrispondente generalmente a quello di impiego ma che non abbia subito alcun processo di reticolazione (come per esempio cloruro di polivinile plastificato o altri materiali termoplastici flessibili o gomme non vulcanizzate);
- membrane in materiale plastomerico flessibile senza armatura;
- membrane in materiale plastomerico flessibile dotate di armatura;
- membrane in materiale plastomerico rigido (per esempio polietilene ad alta o bassa densità, reticolato o non, polipropilene);
- membrane polimeriche a reticolazione posticipata (per esempio polietilene clorosolfonato) dotate di armatura;
- membrane polimeriche accoppiate (membrane polimeriche accoppiate o incollate sulla faccia interna ad altri elementi aventi funzioni di protezione altra funzione particolare, comunque non di tenuta. In questi casi, quando la parte accoppiata all'elemento polimerico impermeabilizzante ha importanza fondamentale per il comportamento in opera della membrana; le prove devono essere eseguite sulla membrana come fornita dal produttore);

b) Classi di utilizzo:

Classe A membrane adatte per condizioni eminentemente statiche del contenuto (per esempio, bacini, dighe, sbarramenti, ecc.);

Classe B membrane adatte per condizioni dinamiche del contenuto (per esempio, canali, acquedotti, ecc.);

Classe C membrane adatte per condizioni di sollecitazioni meccaniche particolarmente gravose, concentrate o no (per esempio, fondazioni, impalcati di ponti, gallerie, ecc);

Classe D membrane adatte anche in condizioni di intensa esposizione agli agenti atmosferici e/o alla luce.

Classe E membrane adatte per impieghi in presenza di materiali inquinanti e/o aggressivi (per esempio, discariche, vasche di raccolta e/o decantazione, ecc.);

Classe F membrane adatte per il contatto con acqua potabile o sostanze di uso alimentare (per esempio, acquedotti, serbatoi, contenitori per alimenti, ecc.).

Nell'utilizzo delle membrane polimeriche per impermeabilizzazione, possono essere necessarie anche caratteristiche comuni a più classi.

c) Le membrane di cui alla lettera a) sono valide per gli impieghi di cui alla lettera b) purché rispettino le caratteristiche previste nelle varie parti della norma **UNI 8898** (varie parti):

UNI 8898-1 *Membrane polimeriche per opere di impermeabilizzazione. Terminologia, classificazione e significatività delle caratteristiche.*

UNI 8898-2 *Membrane polimeriche per opere di impermeabilizzazione. Membrane elastomeriche senza armatura. Caratteristiche e limiti di accettazione.*

UNI 8898-3 *Membrane polimeriche per opere di impermeabilizzazione. Membrane elastomeriche dotate di armatura. Caratteristiche e limiti di accettazione.*

UNI 8898-4 *Membrane polimeriche per opere di impermeabilizzazione. Membrane plastomeriche flessibili senza armatura. Caratteristiche e limiti di accettazione.*

UNI 8898-5 *Membrane polimeriche per opere di impermeabilizzazione. Membrane plastomeriche flessibili dotate di armatura. Caratteristiche e limiti di accettazione.*

UNI 8898-6 *Membrane polimeriche per opere di impermeabilizzazione. Membrane plastomeriche rigide. Caratteristiche e limiti di accettazione.*

UNI 8898-7 *Membrane polimeriche per opere di impermeabilizzazione. Membrane elastomeriche a reticolazione posticipata dotate di armatura. Caratteristiche e limiti di accettazione.*

59.10. Prodotti forniti sotto forma di liquidi o paste

I prodotti forniti solitamente sotto forma di liquidi o paste destinati principalmente a realizzare strati di tenuta all'acqua (ma anche altri strati funzionali della copertura piana) a secondo del materiale costituente, devono rispondere alle caratteristiche ed i valori di limiti di riferimento normalmente applicati; quando non sono riportati limiti si intende che valgono quelli dichiarati dal produttore nella sua documentazione tecnica ed accettati dalla Direzione dei lavori.

59.10.1. Bitumi da spalmatura per impermeabilizzazioni

I bitumi da spalmatura per impermeabilizzazioni (in solvente e/o emulsione acquosa) devono rispondere ai limiti specificati, per i diversi tipi, alle prescrizioni delle seguenti norme:

UNI 4157 *Edilizia. Bitumi da spalmatura per impermeabilizzazioni. Campionamento e limiti di accettazione.*

UNI 4163 *Impermeabilizzazione delle coperture. Bitumi da spalmatura. Determinazione dell'indice di penetrazione dei bitumi.*

Tabella 59.1. - Caratteristiche dei bitumi da spalmatura		
Indicazione per la designazione	Penetrazione a 25 °C dmm/min	Punto di rammollimento (palla anello °C/min)
0	40	55
15	35	65
25	20	80

59.10.2. Malte asfaltiche

Le malte asfaltiche per impermeabilizzazione devono rispondere alle seguenti norme:

- UNI 5660** *Impermeabilizzazione delle coperture. Malte asfaltiche. Caratteristiche e prelievo dei campioni.*
- UNI 5660 FA 227-87** *Foglio di aggiornamento n. 1 alla UNI 5660. Impermeabilizzazione delle coperture. Malte asfaltiche. Caratteristiche e prelievo dei campioni.*
- UNI 5661** *Impermeabilizzazione delle coperture. Malte asfaltiche. Determinazione del punto di rammollimento con il metodo palla-anello.*
- UNI 5661 FA 228-87** *Foglio di aggiornamento n. 1 alla UNI 5661. Impermeabilizzazione delle coperture. Malte asfaltiche. Determinazione del punto di rammollimento con il metodo palla-anello.*
- UNI 5662** *Impermeabilizzazione delle coperture. Malte asfaltiche. Determinazione dello scorrimento su piano inclinato.*
- UNI 5662 FA 229-87** *Foglio di aggiornamento n. 1 alla UNI 5662. Impermeabilizzazione delle coperture. Malte asfaltiche. Determinazione dello scorrimento su piano inclinato.*
- UNI 5663** *Impermeabilizzazione delle coperture. Malte asfaltiche. Determinazione della fragilità (punto di rottura).*
- UNI 5663 FA 230-87** *Foglio di aggiornamento n. 1 alla UNI 5663. Impermeabilizzazione delle coperture. Malte asfaltiche. Determinazione della fragilità (punto di rottura).*
- UNI 5664** *Impermeabilizzazione delle coperture. Malte asfaltiche. Determinazione dell'impermeabilità all'acqua.*
- UNI 5664 FA 231-87** *Foglio di aggiornamento n. 1 alla UNI 5664. Impermeabilizzazione delle coperture. Malte asfaltiche. Determinazione dell'impermeabilità all'acqua.*
- UNI 5665** *Impermeabilizzazione delle coperture. Malte asfaltiche. Trattamento di termo-ossidazione.*
- UNI 5665 FA 232-87** *Foglio di aggiornamento n. 1 alla UNI 5665. Impermeabilizzazione delle coperture. Malte asfaltiche. Trattamento di termo-ossidazione.*

59.10.3. Asfalti colati

Gli asfalti colati per impermeabilizzazioni devono rispondere alle seguenti norme:

- UNI 5654** *Impermeabilizzazione delle coperture. Asfalti colati. Caratteristiche e prelievo dei campioni.*
- UNI 5654 FA 191-87** *Foglio di aggiornamento n. 1 alla UNI 5654. Impermeabilizzazione delle coperture. Asfalti colati. Caratteristiche e prelievo dei campioni.*
- UNI 5655** *Impermeabilizzazione delle coperture. Asfalti colati. Determinazione del punto di rammollimento con il metodo palla-anello.*
- UNI 5655 FA 192-87** *Foglio di aggiornamento n. 1 alla UNI 5655. Impermeabilizzazione delle coperture. Asfalti colati. Determinazione del punto di rammollimento con il metodo palla-anello.*
- UNI 5656** *Impermeabilizzazione delle coperture. Asfalti colati. Determinazione dello scorrimento su piano inclinato.*
- UNI 5656 FA 193-87** *Foglio di aggiornamento n. 1 alla UNI 5656. Impermeabilizzazione delle coperture. Asfalti colati. Determinazione dello scorrimento su piano inclinato.*
- UNI 5657** *Impermeabilizzazione delle coperture. Asfalti colati. Determinazione della fragilità a freddo.*
- UNI 5657 FA 224-87** *Foglio di aggiornamento n. 1 alla UNI 5657. Impermeabilizzazione delle coperture. Asfalti colati. Determinazione della fragilità a freddo.*
- UNI 5658** *Impermeabilizzazione delle coperture. Asfalti colati. Determinazione dell'impermeabilità all'acqua.*
- UNI 5658 FA 225-87** *Foglio di aggiornamento n. 1 alla UNI 5658. Impermeabilizzazione delle coperture. Asfalti colati. Determinazione dell'impermeabilità all'acqua.*
- UNI 5659** *Impermeabilizzazione delle coperture. Asfalti colati. Trattamento di termo-ossidazione.*
- UNI 5659 FA 226-87** *Foglio di aggiornamento n. 1 alla UNI 5659. Impermeabilizzazione delle coperture. Asfalti colati. Trattamento di termo-ossidazione.*

59.10.4. Mastice di rocce asfaltiche

Il mastice di rocce asfaltiche per la preparazione di malte asfaltiche e degli asfalti colati deve rispondere alle seguenti norme:

UNI 4377 *Impermeabilizzazione delle coperture. Mastice di rocce asfaltiche per la preparazione delle malte asfaltiche e degli asfalti colati.*

UNI 4377 FA 233-87 *Foglio di aggiornamento n. 1 alla UNI 4377. Impermeabilizzazione delle coperture. Mastice di rocce asfaltiche per la preparazione delle malte asfaltiche e degli asfalti colati.*

59.10.5. Mastice di asfalto sintetico

Il mastice di asfalto sintetico per la preparazione delle malte asfaltiche e degli asfalti colati deve rispondere alle seguenti norme:

UNI 4378 *Impermeabilizzazione delle coperture. Mastice di asfalto sintetico per la preparazione delle malte asfaltiche e degli asfalti colati.*

UNI 4378 FA 234-87 *Foglio di aggiornamento n. 1 alla UNI 4378. Impermeabilizzazione delle coperture. Mastice di asfalto sintetico per la preparazione delle malte asfaltiche e degli asfalti colati.*

UNI 4379 *Impermeabilizzazione delle coperture. Determinazione dell'impronta nei mastici di rocce asfaltiche e nei mastici di asfalto sintetici.*

UNI 4379 FA 235-87 *Foglio di aggiornamento n. 1 alla UNI 4379. Impermeabilizzazione delle coperture. Determinazione dell'impronta nei mastici di rocce asfaltiche e nei mastici di asfalto sintetici.*

UNI 4380 *Impermeabilizzazione delle coperture. Determinazione delle sostanze solubili in solfuro di carbonio presenti nei mastici di rocce asfaltiche e nei mastici di asfalto sintetici.*

UNI 4380 FA 236-87 *Foglio di aggiornamento n. 1 alla UNI 4380. Impermeabilizzazione delle coperture. Determinazione delle sostanze solubili in solfuro di carbonio presenti nei mastici di rocce asfaltiche e nei mastici di asfalto sintetici.*

UNI 4381 *Impermeabilizzazione delle coperture. Estrazione del bitume dai mastici di rocce asfaltiche e dai mastici di asfalto sintetici.*

UNI 4381 FA 237-87 *Foglio di aggiornamento n. 1 alla UNI 4381. Impermeabilizzazione delle coperture. Estrazione del bitume dai mastici di rocce asfaltiche e dai mastici di asfalto sintetici.*

UNI 4382 *Impermeabilizzazione delle coperture. Determinazione degli asfalteni presenti nei bitumi contenuti nei mastici di rocce asfaltiche e nei mastici di asfalto sintetici.*

UNI 4382 FA 238-87 *Foglio di aggiornamento n. 1 alla UNI 4382. Impermeabilizzazione delle coperture. Determinazione degli asfalteni presenti nei bitumi contenuti nei mastici di rocce asfaltiche e nei mastici di asfalto sintetici.*

UNI 4383 *Impermeabilizzazione delle coperture. Determinazione dei carbonati presenti nel materiale minerale contenuto nei mastici di rocce asfaltiche e nei mastici di asfalto sintetici.*

UNI 4383 FA 239-87 *Foglio di aggiornamento n. 1 alla UNI 4383. Impermeabilizzazione delle coperture. Determinazione dei carbonati presenti nel materiale minerale contenuto nei mastici di rocce asfaltiche e nei mastici di asfalto sintetici.*

UNI 4384 *Impermeabilizzazione delle coperture. Determinazione delle sostanze insolubili in acido cloridrico presenti nel materiale minerale contenuto nei mastici di rocce asfaltiche e nei mastici di asfalto sintetici.*

UNI 4384 FA 240-87 *Foglio di aggiornamento n. 1 alla UNI 438. Impermeabilizzazione delle coperture. Determinazione delle sostanze insolubili in acido cloridrico presenti nel materiale minerale contenuto nei mastici di rocce asfaltiche e nei mastici di asfalto sintetici.*

UNI 4385 *Impermeabilizzazione delle coperture. Controllo granulometrico del materiale minerale contenuto nei mastici di rocce asfaltiche e nei mastici di asfalto sintetici.*

UNI 4385 FA 241-87 *Foglio di aggiornamento n. 1 alla UNI 4385. Impermeabilizzazione delle coperture. Controllo granulometrico del materiale.*

59.11. Altre norme di riferimento

UNI 8178 *Edilizia. Coperture. Analisi degli elementi e strati funzionali.*

UNI 9380-1 *Membrane per impermeabilizzazione di coperture. Limiti di accettazione dei tipi BPP per strato di barriera e/o schermo al vapore.*

UNI 9380-2 *Membrane per impermeabilizzazione di coperture. Limiti di accettazione dei tipi BOF per strato di barriera e/o schermo al vapore.*

UNI 9460 *Coperture discontinue. Codice di pratica per la progettazione e l'esecuzione di coperture discontinue con tegole di laterizio e cemento.*

Art. 60 - Acciaio per cemento armato

60.1. Requisiti principali

Non si devono porre in opera armature ossidate, corrose, recanti difetti superficiali, che ne riducano la resistenza o ricoperte da sostanze che possano ridurne sensibilmente l'aderenza al conglomerato.

60.2. Acciai in barre tonde lisce

Le barre di acciaio tonde lisce devono possedere le proprietà indicate nel successivo prospetto.

Tabella 60.1. - Barre di acciaio tonde lisce

Tipo di acciaio	Fe B 22 k	Fe B 32 k
Tensione caratteristica di snervamento..... f_{yk} N/mm ²	≥ 215	≥ 315
Tensione caratteristica di rottura..... f_{tk} N/mm ²	≥ 335	≥ 490
Allungamento A ₅ %	≥ 24	≥ 23
Piegamento a 180° su mandrino avente diametro D	2 Ø	3 Ø

60.3 Acciai in barre ad aderenza migliorata

Le barre di acciaio ad aderenza migliorata si differenziano dalle barre lisce per la particolarità di forma atta ad aumentare l'aderenza al conglomerato cementizio e sono caratterizzate dal diametro Ø della barra tonda equipasante, calcolato nell'ipotesi che la densità dell'acciaio sia pari a 7,85 kg/d m³.

Le barre ad aderenza migliorata devono avere diametro:

5 = Ø = 30 mm per acciaio Fe B 38 k;

5 = Ø = 26 mm per acciaio Fe B 44 k, salvo quanto specificato al punto 2.2.7. del D.M. 9 gennaio 1996.

60.4. Caratteristiche meccaniche e tecnologiche

Gli acciai in barre ad aderenza migliorata devono possedere le caratteristiche indicate nel seguente prospetto, valutando le tensioni di snervamento e di rottura come grandezze caratteristiche secondo quanto indicato al punto 2.2.8. del D.M. 9 gennaio 1996.

La prova di piegamento e raddrizzamento si esegue alla temperatura di 20 ± 5 °C piegando la provetta a 90°, mantenendola poi per 30 minuti in acqua bollente e procedendo, dopo raffreddamento in aria, al parziale raddrizzamento per almeno 20°. Dopo la prova il campione non deve presentare cricche.

Poiché gli acciai, pur rispettando le limitazioni delle caratteristiche indicate nella tabella 60.2, possono presentare valori sensibilmente diversi, per costruzioni in zona sismica, e, comunque, quando si opera la ridistribuzione delle sollecitazioni di cui al punto 4.1. del D.M. 9 gennaio 1996, il progettista deve dichiarare nella relazione sui materiali i limiti dei rapporti f_y/f_{yk} e $(f_t/f_y)_{medio}$ posti a base del calcolo e che dovranno essere soddisfatti dall'acciaio impiegato.

I limiti precedentemente definiti saranno controllati nello stabilimento di produzione e si riferiranno agli stessi campioni di cui alle prove di qualificazione (Allegato n. 4, punto 1.1 del D.M. 9 gennaio 1996).

In tali limiti f_y rappresenta il singolo valore di snervamento, f_{yk} il valore nominale di riferimento ed f_t il singolo valore della tensione di rottura.

Tabella 60.2. – Caratteristiche meccaniche degli acciai in barre ad aderenza migliorata

Tipo di acciaio		Fe B 38 k	Fe B 44 k
Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk} N/mm ²	≥ 375	≥ 430
Tensione caratteristica di rottura	f_{tk} N/mm ²	≥ 450	≥ 540
Allungamento A ₅	%	≥ 14	≥ 12
Per barre ad aderenza migliorata aventi Ø (*)	fino a 12 mm	Piegamento a 180 su mandrino avente diametro D	3 Ø
	oltre 12 mm fino a 18 mm	Piegamento e raddrizzamento su mandrino avente diametro D	4 Ø
			6 Ø
	oltre 18 mm fino a 25 mm		8 Ø
			10 Ø

	oltre 25 mm fino a 30 mm		10 Ø	12 Ø
--	-----------------------------	--	------	------

(*) Il diametro Ø è quello della barra tonda liscia equipesante.

60.5.Prova di aderenza

Le barre ed i fili trafilati ad aderenza migliorata devono superare con esito positivo le prove di aderenza secondo il metodo "Beam-test" conformemente a quanto previsto nell'allegato 6 del D.M. 9 gennaio 1996; nell'allegato stesso sono pure indicate le modalità di controllo del profilo da eseguirsi in cantiere o in stabilimento.

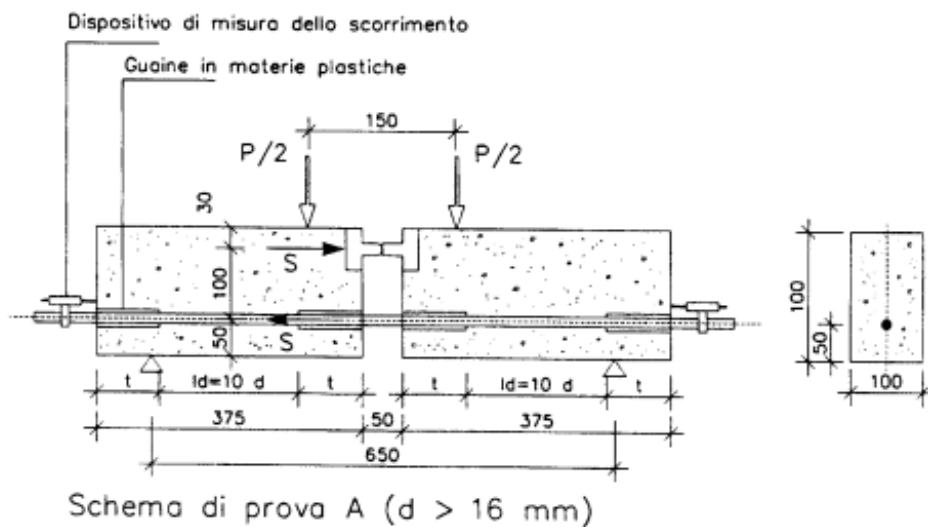
60.6.Fili di acciaio trafilato o laminato a freddo di diametro compreso fra 5 e 12 mm

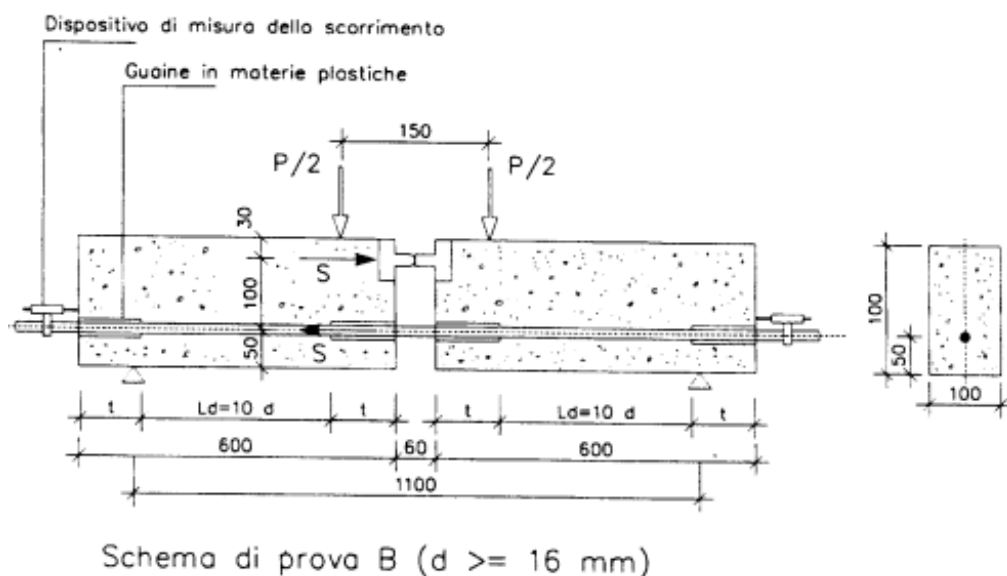
L'acciaio per fili deve rispondere alle proprietà indicate nel seguente prospetto:

Tabella 60.3. – Caratteristiche meccaniche dell'acciaio trafilato o laminato a freddo

Tensione f_{yk} , ovvero $f(0,2)k$	N/mm ²	≥ 390
Tensione caratteristica f_{tk}	N/mm ²	≥ 440
Allungamento A_{l0}	%	≥ 8
Piegamento a freddo a 180° su mandrino avente diametro	D	2 Ø

Per la prova di aderenza vale quanto precisato al punto 2.2.3.2. del D.M. 9 gennaio 1996.





60.7. Reti e tralicci di acciaio elettrosaldati

Le reti ed i tralicci devono avere fili elementari di diametro \varnothing compreso tra 5 e 12 mm e devono rispondere alle caratteristiche riportate nel seguente prospetto:

Tabella 60.4. – Caratteristiche meccaniche di reti e tralicci di acciaio elettrosaldati

Tensione f_{yk} , ovvero $f_{(0,2)k}$	N/mm ²	≥ 390
Tensione caratteristica f_{tk}	N/mm ²	≥ 440
Rapporto dei diametri dei fili dell'ordito.....	$\varnothing_{\min} / \varnothing_{\max}$	$\geq 0,60$
Allungamento A_{10}	%	≥ 8
Rapporto f_{tk}/f_{yk}		$\geq 1,10$

La tensione di rottura, quella di snervamento e l'allungamento devono essere determinati con prova di trazione su campione che comprenda almeno uno dei nodi saldati.

Il trattamento termico di cui al punto 2.2.1. del D.M. 9 gennaio 1996, non si applica per la determinazione delle proprietà meccaniche di reti e tralicci di acciaio elettrosaldato.

Dovrà inoltre essere controllata la resistenza al distacco offerta dalla saldatura del nodo, determinata forzando con idoneo dispositivo il filo trasversale nella direzione di quello maggiore posto in trazione; tale resistenza dovrà risultare maggiore di:

$$R = 0,3 \cdot 400 \cdot A_0 \text{ [N]}$$

Nella quale A_0 è l'area della sezione del filo di diametro maggiore misurata in millimetri quadrati.

La distanza assiale tra i fili elementari non deve superare 35 cm.

Tabella 60.5. - Peso delle reti elettrosaldate

Diametro \varnothing mm	Peso barra kg/m	Peso in una direzione kg/m								
		Interasse tondini in mm								
		50	75	100	125	150	200	250	300	350
4	0,099	1,98	1,32	0,99	0,79	0,66	0,49	0,39	0,33	0,28
5	0,154	3,08	2,05	1,54	1,23	1,03	0,77	0,62	0,51	0,44
6	0,222	4,44	2,96	2,22	1,78	1,48	1,11	0,89	0,75	0,63
7	0,302	6,04	4,03	3,02	2,42	2,01	1,51	1,21	1,01	0,86
8	0,394	7,89	5,26	3,94	3,15	2,63	1,97	1,58	1,31	1,13
9	0,499	9,98	6,60	4,99	4,00	3,30	2,49	1,98	1,65	1,43

10	0,617	12,30	8,18	6,17	4,93	4,09	3,08	2,45	2,04	1,76
11	0,746	14,90	9,84	7,46	5,97	4,92	3,73	2,96	2,46	2,13
12	0,888	17,80	11,80	8,88	7,10	5,88	4,44	3,52	2,94	2,54

Tabella 60.6. - Sezioni delle reti elettrosaldate

Diametro Ø mm	Sezione barra cm_	cm_ per metro								
		Barre portanti					Barre trasversali			
		50	75	100	125	150	200	250	300	350
4	0,126	2,52	1,68	1,26	1,01	0,84	0,63	0,50	0,42	0,36
5	0,196	3,93	2,62	1,96	1,57	1,31	0,98	0,79	0,65	0,56
6	0,283	5,65	3,77	2,83	2,30	1,88	1,41	1,13	0,94	0,81
7	0,385	7,69	5,13	3,85	3,00	2,56	1,92	1,54	1,28	1,10
8	0,502	10,05	6,70	5,02	4,00	3,35	2,51	2,01	1,67	1,43
9	0,635	12,70	8,45	6,35	5,10	4,23	3,18	2,54	2,12	1,81
10	0,785	15,70	10,50	7,85	6,30	5,22	3,92	3,14	2,61	2,24
11	0,947	18,90	12,60	9,47	7,60	6,31	4,74	3,79	3,15	2,71
12	1,130	22,60	15,10	11,30	9,10	7,53	5,65	4,52	3,76	3,23

60.8.Saldature

Gli acciai saldabili saranno oggetto di apposita marchiatura depositata secondo quanto indicato nel punto 2.2.9. del D.M. 9 gennaio 1996, che li differenzia dagli acciai non saldabili.

Sono proibite le giunzioni mediante saldatura in opera o fuori opera, nonché il fissaggio delle gabbie di armatura tramite punti di saldatura per tutti i tipi di acciaio per i quali il produttore non abbia garantito la saldabilità all'atto del deposito di cui al punto 2.2.9. suddetto.

Per tali acciai l'analisi chimica effettuata su colata e l'eventuale analisi chimica di controllo effettuata sul prodotto finito dovranno inoltre soddisfare le limitazioni sotto riportate:

Tabella 60.7. – Requisiti accettazione analisi chimiche

Elementi	Massimo contenuto di elementi chimici in %		
		Analisi su prodotto	Analisi di colata
Carbonio	C	0,24	0,22
Fosforo	F	0,055	0,050
Zolfo	S	0,055	0,050
Azoto	N	0,013	0,012
Carbonio equivalente	C_{eq}	0,52	0,50

Il calcolo del carbonio equivalente C_{eq} sarà effettuato con la seguente formula:

$$C_{eq} = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15$$

in cui i simboli chimici denotano il contenuto degli elementi stessi espresso in percentuale.

60.9.Deroga alle limitazioni dimensionali

Le limitazioni riguardanti i massimi diametri ammessi di cui al punto 2.2.3. del D.M. 9 gennaio 1996, non si applicano alle armature ad aderenza migliorata destinate a strutture in conglomerato cementizio armato di particolari caratteristiche e dimostrate esigenze costruttive.

L'impiego di tali armature di maggior diametro deve essere autorizzato dal Servizio tecnico centrale del Ministero dei lavori pubblici, sentito il Consiglio superiore dei lavori pubblici.

60.10.Norme di riferimento

UNI 8926 *Fili di acciaio destinati alla fabbricazione di reti e tralicci elettrosaldati per cemento armato strutturale.*

UNI 8927 Reti e tralicci elettrosaldati di acciaio per cemento armato strutturale.
UNI 9120 Disegni tecnici. Disegni di costruzione e d'ingegneria civile. Distinta dei ferri.
UNI 10622 Barre e vergella (rotoli) di acciaio d'armatura per cemento armato, zincati a caldo.
CNR UNI 10020 Prova di aderenza su barre di acciaio ad aderenza migliorata.
UNI ENV 10080 Acciaio per cemento armato. Armature per cemento armato saldabili nervate B500. Condizioni tecniche di fornitura per barre, rotoli e reti saldate.
UNI ISO 10065 Barre di acciaio per l'armatura del calcestruzzo. Prova di piegamento e raddrizzamento.
UNI ISO 3766 Disegni di costruzioni e d'ingegneria civile. Rappresentazione simbolica delle armature del calcestruzzo.
UNI ISO 10287 Acciaio per calcestruzzo armato. Determinazione della resistenza dei nodi delle reti saldate.

Art. 61 - Acciaio per cemento armato precompresso

61.1.Generalità

Gli acciai per armature da precompressione forniti sotto forma di:

Filo: prodotto trafilato di sezione piena che possa fornirsi in rotoli;

Barra: prodotto laminato di sezione piena che possa fornirsi soltanto in forma di elementi rettilinei;

Treccia: gruppi di 2 e 3 fili avvolti ad elica intorno al loro comune asse longitudinale. Il passo e il senso di avvolgimento dell'elica sono eguali per tutti i fili della treccia;

Trefolo: gruppi di fili avvolti ad elica in uno o più strati intorno ad un filo rettilineo disposto secondo l'asse longitudinale dell'insieme e completamente ricoperto dagli strati. Il passo ed il senso di avvolgimento dell'elica sono eguali per tutti i fili di uno stesso strato.

I fili possono essere lisci, ondulati, con impronte, tondi o di altre forme; vengono individuati mediante il diametro nominale o il diametro nominale equivalente riferito alla sezione circolare equipesante. Non è consentito l'uso di fili lisci nelle strutture precomprese ad armature pre-tese.

Le barre possono essere lisce, a filettatura continua o parziale, con risalti; vengono individuate mediante il diametro nominale.

61.2.Composizione chimica

Il produttore deve controllare la composizione chimica e la struttura metallografica al fine di garantire le proprietà meccaniche prescritte.

61.3.Controlli

Le presenti norme prevedono due forme di controllo:

- controlli obbligatori nello stabilimento di produzione;
- controlli facoltativi in cantiere o nel luogo di formatura dei cavi.

I controlli eseguiti in stabilimento si riferiscono a lotti di fabbricazione, i controlli eseguiti in cantiere si riferiscono a lotti di spedizione.

Lotti di spedizione: lotti al massimo di 30 t, spediti in un'unica volta, costituiti da prodotti aventi grandezze nominali omogenee (dimensionali, meccaniche, di formazione).

Lotti di fabbricazione: si riferiscono a produzione continua, ordinata cronologicamente mediante apposizione di contrassegni al prodotto finito (numero di rotolo finito, della bobina di trefolo e del fascio di barre). Un lotto di fabbricazione deve avere grandezze nominali omogenee (dimensionali, meccaniche, di formazione) ed essere compreso tra 30 e 100 tonnellate.

Il produttore dovrà accompagnare tutte le spedizioni con un proprio certificato di controllo che si riferirà ad un numero di prove almeno pari a quello indicato nella colonna 4 della tabella 1 dell'Allegato 3 del D.M. 9 gennaio 1996.

61.4.Controlli in stabilimento

I prodotti di acciaio per armature da precompressione devono essere sottoposti presso gli stabilimenti di produzione a prove a carattere statistico, seguendo le prescrizioni di cui al punto 2.3.3. del D.M. 9 gennaio 1996. L'effettuazione di tali prove deve essere debitamente certificata.

I produttori dovranno contrassegnare cronologicamente la loro produzione numerando i lotti di fabbricazione. Per ciascun lotto saranno tenuti ad eseguire presso lo stabilimento di produzione, controlli continuativi geometrici e meccanici dei quali riporteranno i risultati in appositi registri.

Tutte le forniture di acciaio debbono essere accompagnate da un certificato di un Laboratorio ufficiale riferentesi al tipo di armatura di cui trattasi e munite di un sigillo sulle legature con il marchio del produttore, secondo quanto indicato al punto 2.3.5. del D.M. 9 gennaio 1996. La data del certificato deve essere non anteriore di 3 mesi alla data di spedizione.

Limitatamente alla resistenza a fatica e al rilassamento, il certificato è utilizzabile se ha data non anteriore di un anno alla data di spedizione.

Tale periodo può essere prolungato fino a 6 mesi qualora il produttore abbia comunicato ufficialmente al laboratorio incaricato del controllo di avere sospeso la produzione; nel qual caso il certificato dovrà essere accompagnato da copia di detta comunicazione.

Qualora la sospensione della produzione si prolunghi per oltre 5 mesi, la procedura di qualificazione dovrà essere ripresa *ab initio*.

Il certificato può essere utilizzato senza limitazione di tempo per i lotti cui si riferiscono le prove citate nel certificato stesso.

61.5. Controlli in cantiere o nel luogo di formazione dei cavi

Il Direttore dei lavori in cantiere o il tecnico responsabile dell'officina di formazione dei cavi, che assume a tale riguardo le responsabilità attribuite dalla legge al Direttore dei lavori, deve controllare che si possano individuare in modo incontrovertibile l'origine e le caratteristiche del materiale. È inoltre responsabilità del tecnico responsabile dell'officina di formazione dei cavi di documentare al Direttore dei lavori la provenienza, le caratteristiche ed il marchio del materiale stesso.

Qualora il Direttore dei lavori o il tecnico responsabile dell'officina di formazione dei cavi ritenesse di ricontrollare forniture di acciai che rispondano ai requisiti di cui sopra, valgono le seguenti norme.

Effettuato un prelievo, in cantiere o nel luogo di formazione dei cavi, di dieci saggi provenienti da una stessa fornitura ed appartenenti ad una stessa categoria, si determinano, mediante prove effettuate presso un Laboratorio Ufficiale, i corrispondenti valori medi g_{mn} di f_{pt} , f_{py} , $f_{p(0,2)}$, $f_{p(1)}$, ed i relativi scarti quadratici medi s_n e si controllano inoltre le grandezze \emptyset , A, N, I, E_p , a (180°).

I risultati delle prove vengono considerati compatibili con quelli ottenuti in stabilimento se le grandezze \emptyset , A, N, I, E_p , a (180°) rispettano le prescrizioni di cui all'Allegato 3, punto 3, del D.M. 9 gennaio 1996 e se:

- per le tensioni di rottura f_{pt} : $g_{mn} = 1,03 f_{ptk}$

- per le grandezze f_{py} , $f_{p(0,2)}$, $f_{p(1)}$:

$$g_{mn} \left\{ \begin{array}{l} s_n \geq 0,05 f_{ptk} \\ f_{p(0,2)k} \\ \geq 1,04 \\ f_{pyk} \end{array} \right. f_{p(1)k}$$

$$s_n \left\{ \begin{array}{l} f_{p(0,2)k} \\ \geq 0,07 \\ f_{pyk} \end{array} \right. f_{p(1)k}$$

nelle quali i valori caratteristici sono quelli garantiti che figurano nel catalogo del produttore.

Se le condizioni non sono verificate, o se non sono rispettate le prescrizioni di cui all'Allegato 3 del D.M. 9 gennaio 1996, si ripeteranno, previo avviso al produttore, le prove su altri 10 saggi.

L'ulteriore risultato negativo comporta l'inidoneità della partita e la trasmissione dei risultati al produttore, che sarà tenuto a farli inserire tra i risultati dei controlli statistici della sua produzione.

Inoltre il Direttore dei lavori dovrà comunicare il risultato anomalo sia al Laboratorio Ufficiale incaricato del controllo in stabilimento che al Ministero dei lavori pubblici, Servizio tecnico centrale.

I certificati relativi alle prove (meccaniche) degli acciai devono riportare l'indicazione del prescritto marchio identificativo, di cui al successivo punto 61.10., a cura del Laboratorio incaricato dei controlli, sui campioni da sottoporre a prove. Ove i campioni fossero sprovvisti di tale marchio, oppure il marchio non dovesse rientrare fra quelli depositati presso il Ministero dei Lavori Pubblici, Servizio Tecnico Centrale, dovrà essere riportata specifica annotazione sul certificato di prova.

61.6. Prodotti provenienti dall'estero

I controlli in cantiere e in stabilimento si applicano anche ai prodotti provenienti dall'estero.

Per i prodotti provenienti da Paesi della Comunità economica europea nei quali sia in vigore una certificazione di idoneità tecnica riconosciuta dalle rispettive Autorità competenti, il produttore potrà, in alternativa a quanto previsto al

primo comma, inoltrare al Ministero dei lavori pubblici, Servizio tecnico centrale, domanda intesa ad ottenere il riconoscimento dell'equivalenza della procedura adottata nel Paese di origine, depositando contestualmente la relativa documentazione per i prodotti da fornire con il corrispondente marchio.

L'equivalenza della procedura di cui al precedente comma è sancita con decreto del Ministero dei Lavori Pubblici, sentito il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

61.7. Requisiti

Gli acciai possono essere forniti in rotoli (fili, trecce, trefoli), in bobine (trefoli), in fasci (barre).

I fili debbono essere forniti in rotoli di diametro tale che, all'atto dello svolgimento, allungati al suolo su un tratto di 10 m non presentino curvatura con freccia superiore a 400 mm; il produttore deve indicare il diametro minimo di avvolgimento.

Ciascun rotolo di filo liscio, ondulato o con impronte dovrà essere esente da saldature.

Sono ammesse le saldature di fili destinati alla fabbricazione di trecce e di trefoli se effettuate prima della trafilatura; per trefoli sono ammesse saldature anche durante l'operazione di cordatura purché tali saldature siano opportunamente distanziate e sfalsate.

61.8. Condizioni degli acciai all'atto della posa in opera

All'atto della posa in opera gli acciai devono presentarsi privi di ossidazione, corrosione, difetti superficiali visibili, pieghe.

È tollerata un'ossidazione che scompaia totalmente mediante sfregamento con un panno asciutto.

Non è ammessa in cantiere alcuna operazione di raddrizzamento.

61.9. Prelievo dei saggi

I saggi destinati ai controlli non debbono essere avvolti con diametro inferiore a quello della bobina o rotolo di provenienza.

I saggi debbono essere prelevati con le lunghezze richieste dal Laboratorio Ufficiale di destinazione ed in numero sufficiente per eseguire eventuali prove di controllo successive.

I saggi debbono essere adeguatamente protetti nel trasporto.

61.10. Marchiatura per identificazione

Tutti i produttori di acciaio per armatura da precompressione debbono munire le loro forniture di un sigillo nelle legature contenente il marchio del produttore da cui risulti, in modo inequivocabile, il riferimento all'azienda produttrice, allo stabilimento, alle caratteristiche dell'acciaio.

A tali produttori è fatto obbligo di depositare il "marchio" presso il Ministero dei Lavori Pubblici, Servizio Tecnico Centrale.

61.11. Cadute di tensione per rilassamento

In assenza di dati sperimentali afferenti al lotto considerato, la caduta di tensione per rilassamento deve rispettare le prescrizioni del punto 2.3.6., parte I del D.M. 9 gennaio 1996.

Il rilassamento di armature, che subiscono un ciclo termico dopo la messa in tensione, è opportuno che venga valutato sperimentalmente.

61.12. Norme di riferimento

UNI 7675 *Prodotti finiti di acciaio non legato trafilati. Fili per cemento armato precompresso.*

UNI 7676 *Funi spiroidali di acciaio non legato. Trefoli a 7 fili per cemento armato precompresso.*

UNI 7690 *Funi spiroidali di acciaio non legato. Formazione, dimensioni e caratteristiche tecniche.*

UNI 8664 *Prodotti finiti di acciaio non legato laminati a caldo. Vergella per armature per cemento armato precompresso.*

UNI EN 445 *Malta per cavi di precompressione. Metodi di prova*

UNI EN 446 *Malta per cavi di precompressione. Procedimento di iniezione della malta.*

UNI EN 447 *Malta per cavi di precompressione. Prescrizioni per malta comune.*

Art. 62 - Acciaio per strutture

62.1. Generalità

Le presenti norme prevedono l'impiego degli acciai denominati Fe 360, Fe 430, Fe 510 dei quali, ai punti successivi, vengono precisate le caratteristiche.

È consentito l'impiego di tipi di acciaio diversi da quelli previsti purché venga garantita alla costruzione, con adeguata documentazione teorica e sperimentale, una sicurezza non minore di quella prevista dalle presenti norme.

Le caratteristiche meccaniche indicate nel seguito, il prelievo dei saggi, la posizione nel pezzo da cui essi devono essere prelevati, la preparazione delle provette e le modalità di prova saranno rispondenti alle prescrizioni delle norme:

UNI EN ISO 377 Acciaio e prodotti di acciaio. Prelievo e preparazione dei saggi e delle provette per prove meccaniche.

UNI 552 Prove meccaniche dei materiali metallici. Simboli, denominazioni e definizioni.

UNI EN 10002-1 Materiali metallici. Prova di trazione. Metodo di prova (a temperatura ambiente).

UNI EN 10025 Prodotti laminati a caldo di acciai non legati per impieghi strutturali. Condizioni tecniche di fornitura.

Le presenti norme non riguardano gli elementi di lamiera grecata ed i profilati formati a freddo, ivi compresi i profilati cavi saldati non sottoposti a successive deformazioni o trattamenti termici; valgono, tuttavia, per essi, i criteri e le modalità di controllo riportati nell'Allegato 8, relativamente alle lamiere o nastri d'origine. Per essi si possono adottare i metodi di calcolo indicati nella norma **CNR 10022-84** - Profilati d'acciaio formati a freddo - Istruzioni per l'impiego nelle costruzioni" (Bollettino Ufficiale C.N.R. - XXII - n. 126 - 1988), oppure altri metodi fondati su ipotesi teoriche e risultati sperimentali chiaramente comprovati.

Potranno inoltre essere impiegati materiali e prodotti conformi ad una norma armonizzata o ad un benessere tecnico europeo così come definiti nella Direttiva 89/106/CEE, ovvero conformi a specifiche nazionali dei Paesi della Comunità europea, qualora dette specifiche garantiscano un livello di sicurezza equivalente e tale da soddisfare i requisiti essenziali della Direttiva 89/106/CEE. Tale equivalenza deve risultare accertata dal Ministero dei Lavori Pubblici, Servizio Tecnico Centrale, sentito il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

62.2. Acciaio laminato

Gli acciai di uso generale laminati a caldo, in profilati, barre, larghi piatti, lamiere e profilati cavi (anche tubi saldati provenienti da nastro laminato a caldo), dovranno appartenere a uno dei seguenti tipi:

Fe 360, Fe 430, Fe 510

aventi le caratteristiche meccaniche indicate al punto 2.1.1. del D.M. 9 gennaio 1996.

Gli acciai destinati alle strutture saldate dovranno anche corrispondere alle prescrizioni del punto 2.3. del D.M. 9 gennaio 1996.

62.3. Caratteristiche meccaniche

I valori di f_t e f_y indicati nei prospetti 1-II e 2-II sono da intendersi come valori caratteristici, con frattile di ordine 0,05 (vedasi Allegato 8 del D.M. 9 gennaio 1996).

Tab. 62.1. - Profilati, barre, larghi piatti, lamiere.

Simbolo adottato	Simbolo UNI	Caratteristica o parametro		Fe 360 (1)	Fe 430 (1)	Fe 510 (1)
f_t	R_m	Tensione (carico unitario) di rottura a trazione [N/mm ²]		(2) ≥ 340 < 470	(3) ≥ 410 < 560	(4) ≥ 490 < 630
f_y	R_e	Tensione (carico unitario) di snervamento		(5) ≥ 235	(6) ≥ 275	(7) ≥ 355
KV	KV	Resilienza KV [J] (8)	B +20°C	≥ 27	≥ 27	≥ 27
			C 0°C	≥ 27	≥ 27	≥ 27
			D -20°C	≥ 27	≥ 27	≥ 27
			DD -20°C	-	-	≥ 40
e_t	A _{min}	Allungamento % a rottura ($L_0=5,65 \cdot \sqrt{A_0}$) - per lamiere - per barre, laminati mercantili, profilati, larghi		≥ 24 (9)	≥ 20 (9)	≥ 20 (9)

		piatti	≥ 26 (10)	≥ 22 (10)	≥ 22 (10)
--	--	--------	-------------------	-------------------	-------------------

(1) Rientrano in questi tipi di acciai, oltre agli acciai Fe 360, Fe 430 ed Fe 510 nei gradi B, C, D e DD della UNI EN 10025 (febbraio 1992), anche altri tipi di acciai purché rispondenti alle caratteristiche indicate in questo prospetto.

(2) Per spessori maggiori di 3 mm fino a 100 mm.

(3) Per spessore maggiori di 3 mm fino a 100 mm.

(4) Per spessori maggiori di 3 mm fino a 100 mm.

(5) Per spessori fino a 16 mm;

per spessori maggiori di 16 mm fino a 40 mm è ammessa la riduzione di 10 N/mm²;

per spessori maggiori di 40 mm fino a 100 mm è ammessa la riduzione di 20 N/mm².

(6) Per spessori fino a 16 mm;

per spessori maggiori di 16 mm fino a 40 mm è ammessa la riduzione di 10 N/mm²;

per spessori maggiori di 40 mm fino a 63 mm è ammessa la riduzione di 20 N/mm²;

per spessori maggiori di 63 mm fino a 80 mm è ammessa la riduzione di 30 N/mm²;

per spessori maggiori di 80 mm fino a 100 mm è ammessa la riduzione di 40 N/mm².

(7) Per spessori fino a 16 mm;

per spessori maggiori di 16 mm fino a 40 mm è ammessa la riduzione di 10 N/mm²;

per spessori maggiori di 40 mm fino a 63 mm è ammessa la riduzione di 20 N/mm²;

per spessori maggiori di 63 mm fino a 80 mm è ammessa la riduzione di 30 N/mm²;

per spessori maggiori di 80 mm fino a 100 mm è ammessa la riduzione di 40 N/mm².

(8) Per spessori maggiori di 10 mm fino a 100 mm.

(9) Da provette trasversali per lamiere, nastri e larghi piatti con larghezza 600 mm;

per spessori maggiori di 3 mm fino a 40 mm;

per spessori maggiori di 40 mm fino a 63 mm è ammessa la riduzione di 1 punto;

per spessori maggiori di 63 mm fino a 100 mm è ammessa la riduzione di 2 punti.

(10) Da provette longitudinali per barre, laminati mercantili, profilati e larghi piatti con larghezza < 600 mm;

per spessori maggiori di 3 mm fino a 40 mm;

per spessori maggiori di 40 mm fino a 63 mm è ammessa la riduzione di 1 punto;

per spessori maggiori di 63 mm fino a 100 mm è ammessa la riduzione di 2 punti.

Tabella 62.2. - Profilati cavi.

Simbolo adottato	Simbolo UNI	Caratteristica o parametro		Fe 360 (1)	Fe 430 (1)	Fe 510 (1)
f_t	R_m	Tensione (carico unitario) di rottura a trazione [N/mm ²]		(2) ≥ 360	(2) ≥ 430	(3) ≥ 510
f_y	R_e	Tensione (carico unitario) di snervamento		(5) ≥ 235	(6) ≥ 275	(7) ≥ 355
KV	KV	Resilienza KV [J] (8)	B +20°C	≥ 27	≥ 27	≥ 27
			C 0°C	≥ 27	≥ 27	≥ 27
			D -20°C	≥ 27	≥ 27	≥ 27
ϵ_t	A min	Allungamento % a rottura ($L_0=5,65 \cdot \sqrt{A_0}$)%		≥ 24	≥ 21	≥ 20

(1) Rientrano in questi tipi di acciai, oltre agli acciai Fe 360, Fe 430 ed Fe 510 nei gradi B, C e D della UNI 7806

(dicembre 1979) e UNI 7810 (dicembre 1979), anche altri tipi di acciai purché rispondenti alle caratteristiche indicate in questo prospetto.

(2) Per spessori fino a 16 mm;

per spessori maggiori di 16 mm fino a 40 mm è ammessa la riduzione di 10 N/mm².

(3) Per spessori fino a 16 mm;

per spessori oltre 16 mm fino a 35 mm è ammessa la riduzione di 10 N/mm²;

per spessori maggiori di 35 mm e fino a 40 mm è ammessa la riduzione di 20 N/mm².

62.4. Controlli sui prodotti laminati

I controlli sui laminati verranno eseguiti secondo le prescrizioni di cui all'Allegato 8 del D.M. 9 gennaio 1996.

62.5. Acciaio per getti

Per l'esecuzione di parti in getti delle opere di cui alle presenti istruzioni si devono impiegare getti di acciaio Fe G 400, Fe G 450, Fe G 520 **UNI 3158:1977** - Acciai non legati di qualità in getti per costruzioni meccaniche di impiego generale. Qualità, prescrizioni e prove – o equivalenti¹.

Quando tali acciai debbano essere saldati, devono sottostare alle stesse limitazioni di composizione chimica previste per gli acciai laminati di resistenza simile (vedi punto 2.3.1. del D.M. 9 gennaio 1996).

62.6. Acciaio per strutture saldate

62.6.1. Composizione chimica e grado di ossidazione degli acciai

Acciaio tipo Fe 360 ed Fe 430

Gli acciai da saldare con elettrodi rivestiti, oltre a soddisfare le condizioni indicate al punto 2.1. del D.M. 9 gennaio 1996, devono avere composizione chimica contenuta entro i limiti raccomandati dalla **UNI 5132** - Elettrodi rivestiti per la saldatura ad arco degli acciai non legati e debolmente legati al manganese. Condizioni tecniche generali, simbologgiatura e modalità di prova - per le varie classi di qualità degli elettrodi impiegati.

Sopraindicati limiti di analisi, devono essere di tipo semicalmato o calmato, salvo che vengano impiegati elettrodi rivestiti corrispondenti alla classe di qualità 4 della **UNI 5132**.

Gli acciai destinati ad essere saldati con procedimenti che comportano una forte penetrazione della zona fusa nel metallo base devono essere di tipo semicalmato o calmato e debbono avere composizione chimica, riferita al prodotto finito (e non alla colata), rispondente alle seguenti limitazioni:

Grado B	$C \leq 0,24\%$	$P \leq 0,055\%$	$S \leq 0,055\%$
Grado C	$C \leq 0,22\%$	$P \leq 0,050\%$	$S \leq 0,050\%$
Grado D	$C \leq 0,22\%$	$P \leq 0,045\%$	$S \leq 0,045\%$

Acciai tipo Fe 510

Gli acciai dovranno essere di tipo calmato o semicalmato; è vietato l'impiego di acciaio effervescente. L'analisi effettuata sul prodotto finito deve risultare:

Grado B	$C \leq 0,26\%$	$Mn \leq 1,6 \%$	$Si \leq 0,60\%$	$P \leq 0,050\%$	$S \leq 0,050\%$
Grado C	$C \leq 0,24\%$	$Mn \leq 1,6 \%$	$Si \leq 0,60\%$	$P \leq 0,050\%$	$S \leq 0,050\%$
Grado D	$C \leq 0,22\%$	$Mn \leq 1,6 \%$	$Si \leq 0,60\%$	$P \leq 0,050\%$	$S \leq 0,045\%$

Qualora il tenore di C risulti inferiore o uguale, per i tre gradi B, C, D, rispettivamente a 0,24%, 0,22% e 0,20% potranno accettarsi tenori di Mn superiori a 1,6% ma comunque non superiori a 1,7%.

62.6.2. Fragilità alle basse temperature

La temperatura minima alla quale l'acciaio di una struttura saldata può essere utilizzato senza pericolo di rottura fragile, in assenza di dati più precisi, deve essere stimata sulla base della temperatura T alla quale per detto acciaio può essere garantita una resilienza KV , secondo **EN 10045/1***, di 27 J .

La temperatura T deve risultare minore o uguale a quella minima di servizio per elementi importanti di strutture saldate soggetti a trazione con tensione prossima a quella limite aventi spessori maggiori di 25 mm e forme tali da produrre sensibili concentrazioni locali di sforzi, saldature di testa o d'angolo non soggette a controllo, od accentuate deformazioni plastiche di formatura. A parità di altre condizioni, via via che diminuisce lo spessore, la temperatura T potrà innalzarsi a giudizio del progettista fino ad una temperatura di circa 30°C maggiore di quella minima di servizio per spessori dell'ordine di 10 millimetri.

Un aumento può aver luogo anche per spessori fino a 25 mm via via che l'importanza dell'elemento strutturale decresce o che le altre condizioni si attenuano.

Il progettista, stimata la temperatura T alla quale la resistenza di 27 J deve essere assicurata, sceglierà nella unificazione e nei cataloghi dei produttori l'acciaio soddisfacente questa condizione.

62.7. Saldature

62.7.1. Procedimenti di saldature

Possono essere impiegati i seguenti procedimenti:

- saldatura manuale ad arco con elettrodi rivestiti;
- saldatura automatica ad arco sommerso;
- saldatura automatica o semiautomatica sotto gas protettore (CO₂ o sue miscele);
- altro procedimento di saldatura la cui attitudine a garantire una saldatura pienamente efficiente deve essere previamente verificata mediante le prove indicate al successivo punto 2.4.2. del D.M. 9 gennaio 1996.

Per la saldatura manuale ad arco devono essere impiegati elettrodi omologati secondo **UNI 5132** adatti al materiale base:

- per gli acciai Fe 360 ed Fe 430 devono essere impiegati elettrodi del tipo E 44 di classi di qualità 2, 3 o 4; per spessori maggiori di 30 mm o temperatura di esercizio minore di 0°C saranno ammessi solo elettrodi di classe 4 B;
- per l'acciaio Fe 510 devono essere impiegati elettrodi del tipo E 52 di classi di qualità 3 B o 4 B; per spessori maggiori di 20 mm o temperature di esercizio minori di 0°C saranno ammessi solo elettrodi di classe 4 B.

Per gli altri procedimenti di saldatura si dovranno impiegare i fili, i flussi (o i gas) e la tecnica esecutiva usati per le prove preliminari (di qualifica) di cui al punto seguente.

62.7.2. Prove preliminari di qualifica dei procedimenti di saldatura

L'impiego di elettrodi omologati secondo **UNI 5132** esime da ogni prova di qualifica del procedimento.

Per l'impiego degli altri procedimenti di saldatura occorre eseguire prove preliminari di qualifica intese ad accertare:

- l'attitudine ad eseguire i principali tipi di giunto previsti nella struttura ottenendo giunti corretti sia per aspetto esterno che per assenza di sensibili difetti interni, da accertare con prove non distruttive o con prove di rottura sul giunto;
- la resistenza a trazione su giunti testa a testa, mediante provette trasversali al giunto, resistenza che deve risultare non inferiore a quella del materiale base;
- la capacità di deformazione del giunto, mediante provette di piegamento che dovranno potersi piegare a 180° su mandrino con diametro pari a 3 volte lo spessore per l'acciaio Fe 360 ed Fe 430 e a 4 volte lo spessore per l'acciaio Fe 510;
- la resilienza su provette intagliate a V, secondo la norma **UNI EN 10045-1** - Materiali metallici. Prova di resilienza su provetta Charpy. Metodo di prova, ricavate trasversalmente al giunto saldato, resilienza che verrà verificata a +20°C se la struttura deve essere impiegata a temperatura maggiore o uguale a 0°C, o a 0°C nel caso di temperature minori; nel caso di saldatura ad elettrogas o elettroscoria tale verifica verrà eseguita anche nella zona del materiale base adiacente alla zona fusa dove maggiore è l'alterazione metallurgica per l'alto apporto termico.

I provini per le prove di trazione, di piegamento, di resilienza ed eventualmente per altre prove meccaniche, se ritenute necessarie, verranno ricavati da saggi testa a testa saldati; saranno scelti allo scopo gli spessori più significativi della struttura.

62.7.3. Classi delle saldature

Per giunti testa a testa, o a croce o a T, a completa penetrazione, si distinguono due classi di giunti.

Prima classe. Comprende i giunti effettuati con elettrodi di qualità 3 o 4 secondo **UNI 5132** o con gli altri procedimenti qualificati di saldatura indicati al punto 2.4.1. del D.M. 9 gennaio 1996, e realizzati con accurata eliminazione di ogni difetto al vertice prima di effettuare la ripresa o la seconda saldatura.

Tali giunti debbono inoltre soddisfare ovunque l'esame radiografico con i risultati richiesti per il raggruppamento B della norma **UNI 7278** - Gradi di difettosità nelle saldature testa a testa riferiti al controllo radiografico. Dimensioni, simboli ed esempi di applicazione.

L'aspetto della saldatura dovrà essere ragionevolmente regolare e non presentare bruschi disavviamenti col metallo base specie nei casi di sollecitazione a fatica.

Seconda classe. Comprende i giunti effettuati con elettrodi di qualità 2, 3 o 4 secondo **UNI 5132** o con gli altri procedimenti qualificati di saldatura indicati al punto 2.4.1. del D.M. 9 gennaio 1996 e realizzati egualmente con eliminazione dei difetti al vertice prima di effettuare la ripresa o la seconda saldatura.

Tali giunti devono inoltre soddisfare l'esame radiografico con i risultati richiesti per il raggruppamento F della **UNI 7278**.

L'aspetto della saldatura dovrà essere ragionevolmente regolare e non presentare bruschi disavviamenti col materiale base.

Per entrambe le classi l'estensione dei controlli radiografici o eventualmente ultrasuoni deve essere stabilita dal Direttore dei lavori, sentito eventualmente il progettista, in relazione alla importanza delle giunzioni e alle precauzioni prese dalla ditta esecutrice, alla posizione di esecuzione delle saldature e secondo che siano state eseguite in officina o al montaggio.

Per i giunti a croce o a T, a completa penetrazione nel caso di spessori $t > 30$ mm, l'esame radiografico o con ultrasuoni atto ad accertare gli eventuali difetti interni verrà integrato con opportuno esame magnetoscopico sui lembi esterni delle saldature al fine di rilevare la presenza o meno di cricche da strappo.

Nel caso di giunto a croce sollecitato normalmente alla lamiera compresa fra le due saldature, dovrà essere previamente accertato, mediante ultrasuoni, che detta lamiera nella zona interessata dal giunto sia esente da sfogliature o segregazioni accentuate.

I giunti con cordoni d'angolo, effettuati con elettrodi aventi caratteristiche di qualità 2, 3 o 4 **UNI 5132** o con gli altri procedimenti indicati al punto 2.4.1. del D.M. 9 gennaio 1996, devono essere considerati come appartenenti ad una unica classe caratterizzata da una ragionevole assenza di difetti interni e da assenza di incrinature interne o di cricche da strappo sui lembi dei cordoni. Il loro controllo verrà di regola effettuato mediante sistemi magnetici; la sua estensione verrà stabilita dal Direttore dei lavori, sentito eventualmente il progettista e in base ai fattori esecutivi già precisati per gli altri giunti.

62.7.4. Bulloni

I bulloni normali, devono essere conformi per le caratteristiche dimensionali alle seguenti norme:

UNI 5727 Viti a testa esagonale con gambo parzialmente filettato. Filettatura metrica ISO a passo grosso. Categoria C (norma ritirata).

UNI 5592 Dadi esagonali normali. Filettatura metrica ISO a passo grosso e a passo fine. Categoria C.

UNI 5591 Dadi esagonali alti (per impieghi speciali). Filettatura metrica ISO a passo grosso. Categoria C (norma ritirata).

e quelli ad alta resistenza, conformi alle caratteristiche di cui al prospetto Tabella 62.2, devono appartenere alle sottoindicate classi dalle seguenti norme

UNI EN 20898-2 Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento. Dadi con carichi di prova determinati. Filettatura a passo grosso.

UNI EN 20898-7 Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento. Prova di torsione e coppia minima di rottura per viti con diametro nominale da 1 mm a 10 mm,

associate nel modo indicato nel seguente prospetto.

Tabella 62.1. - Classi di bulloni

	Normali			Ad alta resistenza	
Vite	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
Dado	4	5	6	8	10

62.7.5. Bulloni per giunzioni ad attrito

I bulloni per giunzioni ad attrito devono essere conformi alle prescrizioni del seguente prospetto.

Tabella 62.2. - Bulloni per giunzioni ad attrito

Elemento	Materiale	Riferimento
Viti	8.8 - 10.9 secondo UNI EN 20898/1	UNI 5712
Dadi	8 - 10 secondo UNI EN 3740/4^a	UNI 5713
Rosette	Acciaio C 50 UNI 7845 temprato e rinvenuto HRC 32 - 40	UNI 5714
Piastrine	Acciaio C 50 UNI 7845 temprato e rinvenuto HRC 32 ÷ 40	UNI 5715 UNI 5716

62.7.6. Chiodi

Per i chiodi da ribadire a caldo si devono impiegare gli acciai previsti dalla norma **UNI 7356** - Prodotti finiti di acciaio laminati a caldo. Vergella e tondi per bulloneria e chiodi da ribadire, stampati a freddo o a caldo.

Art. 63 - Vetri

63.1. Norme di riferimento

I vetri dovranno essere rispondenti alle prescrizioni del progetto esecutivo ed alle ulteriori richieste della Direzione dei lavori.

In generale dovranno rispondere inoltre alle disposizioni delle seguenti norme di unificazione:

UNI EN 572-1 Vetro per edilizia. Prodotti a base di vetro di silicato sodo-calcico. Definizione e proprietà generali fisiche e meccaniche.

UNI EN 572-2 Vetro per edilizia. Prodotti a base di vetro di silicato sodo-calcico. Vetro float.

UNI EN 572-5	<i>Vetro per edilizia. Prodotti a base di vetro di silicato sodo-calcico. Vetro stampato.</i>
UNI EN 572-4	<i>Vetro per edilizia. Prodotti a base di vetro di silicato sodo-calcico. Vetro tirato.</i>
UNI EN 572-7	<i>Vetro per edilizia. Prodotti a base di vetro di silicato sodo-calcico. Vetro profilato armato e non armato.</i>
UNI 7142	<i>Vetri piani. Vetri temperati per edilizia ed arredamento.</i>
UNI 7143	<i>Vetri piani. Spessore dei vetri piani per vetrazioni in funzione delle loro dimensioni, dell'azione del vento e del carico neve.</i>
UNI 7144	<i>Vetri piani. Isolamento termico.</i>
UNI 7170	<i>Vetri piani. Isolamento acustico.</i>
UNI 9186	<i>Vetri piani. Vetri stratificati per edilizia e arredamento con prestazioni antivandalismo e anticrimine.</i>
UNI 9187	<i>Vetri piani. Vetri stratificati per l'edilizia e arredamento con prestazioni antiproiettile.</i>
UNI 10593-1	<i>Vetro per edilizia. Vetrare isolanti. Generalità e tolleranze dimensionali.</i>
UNI 10593-2	<i>Vetro per edilizia. Vetrare isolanti. Prove di invecchiamento, misurazione della penetrazione del vapor d'acqua e requisiti.</i>
UNI 10593-3	<i>Vetro per edilizia. Vetrare isolanti. Prove di tipo iniziali per la misurazione della velocità di perdita di gas su vetrate isolanti riempite con gas.</i>
UNI 10593-4	<i>Vetro per edilizia. Vetrare isolanti. Metodi di prova per la determinazione delle proprietà fisiche della sigillatura dei bordi.</i>
UNI EN ISO 12543-1	<i>Vetro per edilizia. Vetro stratificato e vetro stratificato di sicurezza. Definizioni e descrizione delle parti componenti.</i>
UNI EN ISO 12543-2	<i>Vetro per edilizia. Vetro stratificato e vetro stratificato di sicurezza. Vetro stratificato di sicurezza.</i>
UNI EN ISO 12543-3	<i>Vetro per edilizia. Vetro stratificato e vetro stratificato di sicurezza. Vetro stratificato.</i>
UNI EN ISO 12543-4	<i>Vetro per edilizia. Vetro stratificato e vetro stratificato di sicurezza. Metodi di prova per la durabilità.</i>
UNI EN ISO 12543-5	<i>Vetro per edilizia. Vetro stratificato e vetro stratificato di sicurezza. Dimensioni e finitura dei bordi</i>
UNI EN ISO 12543-6	<i>Vetro per edilizia. Vetro stratificato e vetro stratificato di sicurezza. Aspetto.</i>
UNI 9186	<i>Vetri piani. Vetri stratificati per edilizia e arredamento con prestazioni antivandalismo e anticrimine.</i>
UNI 9187	<i>Vetri piani. Vetri stratificati per l'edilizia e arredamento con prestazioni antiproiettile.</i>

63.2. Vetri di sicurezza. Prove

Le prove delle lastre di vetro di sicurezza sono prescritte dall'art. 14, D.P.R. 29 maggio 1963, n. 1497 - Approvazione del regolamento per gli ascensori ed i montacarichi in servizio privato.

Le lastre di vetro di sicurezza devono essere sottoposte alle prove da eseguirsi su lastre campione di cui ai seguenti punti.

63.2.1. Prova d'urto

La prova deve essere fatta su una lastra di 0,3 x 0,3 m appoggiata sui quattro lati, ai bordi, per larghezza di circa 10 mm, su un telaio di legno.

Sul centro della lastra è lasciata cadere liberamente, dall'altezza di 0,5 m, una sfera di acciaio levigato del peso di 0,76 kg. A seguito di tale prova la lastra di vetro retinato, di vetro stratificato, o di materiale simile, non deve produrre frammenti acuminati pericolosi che si distacchino dal supporto; la lastra di vetro temperato non deve rompersi.

La prova deve essere ripetuta lasciando cadere la sfera da altezza maggiore. A seguito di tale prova la lastra di vetro retinato, di vetro stratificato, o di materiale simile, non deve venire perforata dalla sfera per altezza di caduta fino a 1 m; la lastra di vetro temperato rompendosi deve produrre frammenti minuti, non taglienti.

Le prove devono essere fatte con temperature ambientali fra 15 °C e 25 °C.

63.2.2. Prova di flessione

La prova deve essere fatta su una lastra delle dimensioni massime previste per la applicazione, appoggiata sui due lati più corti, ai bordi, per larghezza di circa 20 mm, su appoggi di legno. Su una striscia mediana larga non più di 50 mm parallela agli appoggi è applicato un carico distribuito di 100 kg per metro lineare per la lastra di vetro retinato; di vetro stratificato, o di materiale simile, e di 200 kg per metro lineare per la lastra di vetro temperato. La lastra non deve rompersi né fessurarsi.

Se sono usate lastre di vetro retinato, di vetro stratificato, o di materiale simile con larghezza maggiore di 0,6 m o lastre di vetro temperato con larghezza maggiore di 1 m, una lastra per ciascuna partita deve essere sottoposta in fabbrica alla prova di flessione.

63.3.Applicazione delle lastre di vetro di sicurezza

Le lastre di vetro di sicurezza, salvo le lastre di vetro retinato, devono essere segnate con marchio indelebile.

Nelle porte dei piani, nella cabina e nelle porte della cabina degli ascensori, le lastre di vetro di sicurezza devono essere completamente intelaiate.

Nelle protezioni del vano di corsa degli ascensori, le lastre di vetro di sicurezza devono essere intelaiate completamente, salvo le lastre di vetro temperato le quali possono essere fissate su almeno tre lati per mezzo di supporti, di zanche, o simili.

Nelle porte dei piani, nelle pareti e nelle porte della cabina degli ascensori, costituite prevalentemente da lastre di vetro di sicurezza, devono essere applicate protezioni per impedire la caduta di persone nel vano di corsa nel caso di rottura delle lastre. In ogni caso deve essere applicata almeno una fascia di protezione di materiale resistente, di altezza non minore di 0,15 m dal piano di calpestio, e una sbarra di protezione ad altezza di circa 0,9 m dal piano di calpestio.

Nelle porte dei piani e nelle porte della cabina degli ascensori le cerniere, le maniglie, le serrature e gli altri dispositivi non devono essere applicati alle lastre di vetro di sicurezza.

Art. 64 - Prodotti a base di legno

64.1.Generalità

Si intendono per prodotti a base di legno quelli derivanti dalla semplice lavorazione e/o dalla trasformazione del legno e che sono presentati solitamente sotto forma di segati, pannelli, lastre, ecc..

I prodotti vengono di seguito considerati al momento della loro fornitura ed indipendentemente dalla destinazione d'uso. Il Direttore dei lavori ai fini della loro accettazione può procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura oppure richiedere un attestato di conformità della stessa alle prescrizioni di seguito indicate.

Per le prescrizioni complementari da considerare in relazione alla destinazione d'uso (strutture, pavimentazioni, coperture, ecc.) si rinvia agli appositi articoli del presente Capitolato ed alle prescrizioni del progetto.

64.2.Segati di legno

I segati di legno a complemento di quanto specificato nel progetto o negli articoli relativi alla destinazione d'uso si intendono forniti con le seguenti caratteristiche:

- tolleranze sulla lunghezza e larghezza: +/- 10 mm;
- tolleranze sullo spessore: +/- 2 mm;
- umidità non maggiore del 15%, misurata secondo la norma **UNI 9021/2**;
- difetti visibili ammessi, valutati secondo la norme:

a) Conifere

ISO 1029 *Segati di conifere. Difetti. Classificazione*

ISO 1030 *Segati di conifere. Difetti. Misurazione*

ISO 1031 *Segati di conifere. Difetti. Termini e definizioni*

UNI 8198 *Segati di conifere. Classificazione in base alla resistenza meccanica.*

b) Latifoglie

ISO 2299 *Segati di latifoglie. Difetti. Classificazione*

ISO 2300 *Segati di latifoglie. Difetti. Termini e definizioni*

ISO 2301 *Segati di latifoglie. Difetti. Misurazione.*

Altre norme di riferimento:

UNI 8947 *Segati di legno. Individuazione e misurazione dei difetti da essiccazione.*

- trattamenti preservanti con metodo e comunque resistenti ai, valutati secondo le seguenti norme:

UNI 8662-1 *Trattamenti del legno. Termini generali.*

UNI 8662-1 FA 197-87 *Foglio di aggiornamento n. 1 alla UNI 8662/1. Trattamenti del legno. Termini generali.*

UNI 8662-2 *Trattamenti del legno. Termini relativi all'impregnazione e alla preservazione.*

UNI 8662-3 *Trattamenti del legno. Termini relativi all'essiccazione.*

UNI 8859 *Trattamenti preservanti del legno. Impregnazione a pressione in autoclave mediante composti in soluzione acquosa di rame, cromo e arsenico (CCA).*

UNI 8976 *Trattamenti preservanti del legno. Impregnazione a pressione in autoclave mediante creosoto;*

UNI 8940 *Legno. Trattamenti preservanti. Applicazione di sostanze preservanti in solvente organico con il procedimento a doppi vuoto.*

UNI 9090 *Legno. Trattamenti preservanti contro attacchi di funghi. Istruzioni per la preservazione con soluzioni a base di ossido di stagno tributilico.*

UNI 9092-2 *Trattamenti preservanti del legno. Impregnazione a pressione in autoclave. Determinazione dell'assorbimento netto di liquido impregnante.*

UNI 9030 *Segati di legno. Qualità di essiccazione.*
UNI 9030 FA 1-90 *Segati di legno. Qualità di essiccazione.*

64.3. Pannelli a base di fibra di legno

I pannelli a base di fibra di legno, oltre a quanto specificato nel progetto e/o negli articoli relativi alla destinazione d'uso, si intendono forniti con le seguenti caratteristiche:

- tolleranze sulle lunghezza e larghezza: ± 3 mm;
- tolleranze sullo spessore: $\pm 0,5$ mm;
- umidità non maggiore dell'8%, misurata secondo
- massa volumica: per tipo tenero minore di 350 kg/m^2 ; per tipo semiduro tra 350 e 800 kg/m^2 ; per tipo duro oltre 800 kg/m^2 , misurate secondo la norma **UNI EN ISO 20354**.

La superficie potrà essere:

- grezza (se mantenuta come risulta dalla pressatura);
- levigata (quando ha subito la lavorazione predetta);
- rivestita su uno o due facce mediante (placcatura, carte impregnate, smalti, altri).

Funzionalmente avranno le seguenti caratteristiche:

- assorbimento di acqua di massimo (misurato secondo);
- resistenza minima a trazione (misurato secondo);
- resistenza minima a compressione (misurato secondo);
- resistenza minima a flessione (misurato secondo);
-

Norme di riferimento:

UNI EN 316 *Pannelli di fibra di legno. Definizione, classificazione e simboli.*

UNI EN 318 *Pannelli di fibra di legno. Determinazione delle variazioni dimensionali associate a variazioni di umidità relativa.*

UNI EN 320 *Pannelli di fibra di legno. Determinazione della resistenza alla estrazione assiale delle viti.*

UNI EN 321 *Pannelli di fibra di legno. Prove cicliche in ambiente umido.*

64.4. Pannelli a base di particelle di legno

I pannelli a base di particelle di legno a complemento di quanto specificato nel progetto, o negli articoli relativi alla destinazione d'uso, si intendono forniti con le seguenti caratteristiche:

- tolleranze sulla lunghezza e larghezza: ± 5 mm;
- tolleranze sullo spessore: $\pm 0,5$ mm;
- umidità del 10% $\pm 3\%$;
- massa volumica kg/m^2 ;
- superficie:
 - grezza ();
 - levigata ();
 - rivestita con
- resistenza al distacco degli strati esterni N/mm^2 minimo.

Funzionalmente avranno le seguenti caratteristiche:

- rigonfiamento massimo dopo immersione in acqua: 12% (oppure 16%), misurato secondo
- assorbimento massimo d'acqua%, misurato secondo
- resistenza minima a flessione di N/mm^2 , misurata secondo
-

Norme di riferimento:

UNI EN 309 *Pannelli di particelle di legno. Definizione e classificazione.*

UNI EN 311 *Pannelli di particelle di legno. Resistenza al distacco degli strati esterni dei pannelli di particelle. Metodo di prova.*

UNI EN 312-1 *Pannelli di particelle di legno. Specifiche. Requisiti generali di tutti i tipi di pannelli.*

UNI EN 312-2 *Pannelli di particelle di legno. Specifiche. Requisiti dei pannelli per uso generale in ambiente secco.*

UNI EN 312-3 *Pannelli di particelle di legno. Specifiche. Requisiti dei pannelli. Requisiti dei pannelli per allestimenti interni (inclusi i mobili) per uso in ambiente secco.*

UNI EN 312-4 *Pannelli di particelle di legno. Specifiche. Requisiti dei pannelli portanti per uso in ambiente secco.*

UNI EN 312-5 *Pannelli di particelle di legno. Specifiche. Requisiti dei pannelli portanti per uso in ambiente umido.*

UNI EN 312-6 *Pannelli di particelle di legno. Specifiche. Requisiti dei pannelli portanti per carichi pesanti per uso in ambiente secco.*

UNI EN 312-7 *Pannelli di particelle di legno. Specifiche. Requisiti dei pannelli portanti per carichi pesanti per uso in ambiente umido.*

UNI EN 317 *Pannelli di particelle di legno e pannelli di fibra di legno. Determinazione del rigonfiamento dello spessore dopo immersione in acqua.*

UNI EN 319 *Pannelli di particelle di legno e pannelli di fibra di legno. Determinazione della resistenza a trazione perpendicolare al piano del pannello.*

64.5. Pannelli di legno compensato e paniforti

I pannelli di legno compensato e paniforti a complemento di quanto specificato nel progetto, o negli articoli relativi alla destinazione d'uso, si intendono forniti con le seguenti caratteristiche:

- tolleranze sulle lunghezze e larghezze: +/- 5 mm;
- tolleranze sullo spessore: +/- 1 mm;
- umidità non maggiore del 12%, misurata secondo
- grado di incollaggio (da 1 a 10), misurato secondo **UNI EN 314/1 e 2**;

Funzionalmente avranno le seguenti caratteristiche:

- resistenza minima a trazione N/mm², misurata secondo
- resistenza minima a flessione statica N/mm², misurata secondo
-
-

Norme di riferimento:

UNI EN 313-1 *Pannelli di legno compensato. Classificazione e terminologia. Classificazione.*

UNI EN 313-2 *Pannelli di legno compensato. Classificazione e terminologia. Terminologia.*

UNI EN 314-1 *Pannelli di legno compensato. Qualità dell'incollaggio. Metodi di prova.*

UNI EN 314-2 *Pannelli di legno compensato. Qualità dell'incollaggio. Requisiti.*

UNI EN 315 *Pannelli di legno compensato. Tolleranze dimensionali.*

Art. 65 - Infissi

65.1. Generalità. Definizioni

Si intendono per infissi gli elementi edilizi aventi la funzione principale di regolare il passaggio di persone, animali, oggetti, e sostanze liquide o gassose nonché dell'energia tra spazi interni ed esterni dell'organismo edilizio o tra ambienti diversi dello spazio interno.

Essi si dividono tra elementi fissi (cioè luci fisse non apribili) e serramenti (cioè con parti apribili); gli infissi si dividono a loro volta in porte, finestre e schermi.

Per la terminologia specifica dei singoli elementi e delle loro parti funzionali, in caso di dubbio, si fa riferimento alla norma **UNI 8369** (varie parti).

I prodotti vengono di seguito considerati al momento della loro fornitura; le modalità di posa sono sviluppate nell'articolo relativo alle vetrazioni ed ai serramenti.

Il Direttore dei lavori, ai fini della loro accettazione, può procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura, oppure richiedere un attestato di conformità della fornitura alle prescrizioni di seguito indicate.

65.2. Forme. Luci fisse

Le luci fisse devono essere realizzate nella forma, con i materiali e nelle dimensioni indicate nel disegno di progetto. In mancanza di prescrizioni (od in presenza di prescrizioni limitate) si intende che comunque devono nel loro insieme (telai, lastre di vetro, eventuali accessori, ecc.) resistere alle sollecitazioni meccaniche dovute all'azione del vento od agli urti, garantire la tenuta all'aria, all'acqua e la resistenza al vento.

Quanto richiesto dovrà garantire anche le prestazioni di isolamento termico, isolamento acustico, comportamento al fuoco e resistenza a sollecitazioni gravose dovute ad attività sportive, atti vandalici, ecc..

Le prestazioni predette dovranno essere garantite con limitato decadimento nel tempo.

Il Direttore dei lavori potrà procedere all'accettazione delle luci fisse mediante i criteri seguenti:

- a) mediante controllo dei materiali costituenti il telaio + vetro + elementi di tenuta (guarnizioni, sigillanti) più eventuali accessori, e mediante controllo delle caratteristiche costruttive e della lavorazione del prodotto nel suo insieme e/o dei suoi componenti; in particolare trattamenti protettivi del legno, rivestimenti dei metalli costituenti il telaio, l'esatta esecuzione dei giunti, ecc.;
- b) mediante l'accettazione di dichiarazioni di conformità della fornitura alle classi di prestazione quali tenuta all'acqua, all'aria, resistenza agli urti, ecc.; di tali prove potrà anche chiedere la ripetizione in caso di dubbio o contestazione.

Le modalità di esecuzione delle prove saranno quelle definite nelle relative norme UNI per i serramenti.

65.3. Serramenti interni ed esterni

I serramenti interni ed esterni (finestre, porte finestre, e similari) dovranno essere realizzati seguendo le prescrizioni indicate nei disegni costruttivi o comunque nella parte grafica del progetto. In mancanza di prescrizioni (od in presenza di prescrizioni limitate) si intende che comunque nel loro insieme devono essere realizzati in modo da resistere alle sollecitazioni meccaniche e degli agenti atmosferici e contribuire, per la parte di loro spettanza, al mantenimento negli ambienti delle condizioni termiche, acustiche, luminose, di ventilazione, ecc.; lo svolgimento delle funzioni predette deve essere mantenuto nel tempo.

- a) il Direttore dei lavori potrà procedere all'accettazione dei serramenti mediante il controllo dei materiali che costituiscono l'anta ed il telaio ed i loro trattamenti preservanti ed i rivestimenti mediante il controllo dei vetri, delle guarnizioni di tenuta e/o sigillanti, degli accessori. Mediante il controllo delle sue caratteristiche costruttive, in particolare dimensioni delle sezioni resistenti, conformazione dei giunti, delle connessioni realizzate meccanicamente (viti, bulloni, ecc.) e per aderenza (colle, adesivi, ecc.) e comunque delle parti costruttive che direttamente influiscono sulla resistenza meccanica, tenuta all'acqua, all'aria, al vento, e sulle altre prestazioni richieste;
 - b) il Direttore dei lavori potrà altresì procedere all'accettazione della attestazione di conformità della fornitura alle prescrizioni indicate nel progetto per le varie caratteristiche od in mancanza a quelle di seguito riportate. Per le classi non specificate valgono i valori dichiarati dal fornitore ed accettati dalla Direzione dei lavori.
- 1) Finestre
 - isolamento acustico (secondo la norma **UNI 8204**);
 - tenuta all'acqua, all'aria e resistenza al vento (misurata secondo le norme **UNI EN 86, 42 e 77**);
 - resistenza meccanica (secondo le norme **UNI 9158** ed **EN 107**);
 - 2) Porte interne
 - tolleranze dimensionali (misurate le norme secondo **UNI EN 25**); (misurata secondo la norma **UNI EN 24**);
 - resistenza all'urto corpo molle (misurata secondo la norma **UNI 8200**),
 - resistenza al fuoco (misurata secondo la norma **UNI 9723**; -
 - resistenza al calore per irraggiamento (misurata secondo la norma **UNI 8328**)
 - 3) Porte esterne
 - tolleranze dimensionali misurate secondo la norma **UNI EN 25**;
 - planarità misurata secondo la norma **UNI EN 24**;
 - tenuta all'acqua, aria, resistenza al vento, misurata secondo la norma **UNI EN 86, 42 e 71**;
 - resistenza all'antintrusione misurata secondo la norma **UNI 9569**.

L'attestazione di conformità dovrà essere comprovata da idonea certificazione e/o documentazione.

65.4. Schermi (tapparelle, persiane, antoni)

Gli schermi (tapparelle, persiane, antoni) con funzione prevalentemente oscurante dovranno essere realizzati nella forma, con il materiale e nelle dimensioni indicate nel disegno di progetto; in mancanza di prescrizioni o con prescrizioni insufficienti, si intende che comunque lo schermo deve nel suo insieme resistere alle sollecitazioni meccaniche (vento, sbalzi, ecc.) ed agli agenti atmosferici mantenendo nel tempo il suo funzionamento.

- a) Il Direttore dei lavori dovrà procedere all'accettazione degli schermi mediante il controllo dei materiali che costituiscono lo schermo e, dei loro rivestimenti, controllo dei materiali costituenti gli accessori e/o organi di manovra, mediante la verifica delle caratteristiche costruttive dello schermo, principalmente dimensioni delle sezioni resistenti, conformazioni delle connessioni realizzate meccanicamente (viti, bulloni, ecc.) o per aderenza (colle, adesivi, ecc.) e comunque delle parti che direttamente influiscono sulla resistenza meccanica e durabilità agli agenti atmosferici.
- b) Il Direttore dei lavori potrà altresì procedere all'accettazione mediante attestazione di conformità della fornitura alle caratteristiche di resistenza meccanica, comportamento agli agenti atmosferici (corrosioni, cicli con lampada solari; camere climatiche, ecc.). La attestazione dovrà essere comprovata da idonea certificazione e/o documentazione.

65.5. Accessibilità

La luce netta della porta di accesso di ogni edificio e di ogni unità immobiliare deve essere di almeno 80 cm. La luce netta delle altre porte deve essere di almeno 75 cm.

L'altezza delle maniglie deve essere compresa tra 85 e 95 cm (consigliata 90 cm).

Devono inoltre essere preferite soluzioni per le quali le singole ante delle porte non abbiano larghezza superiore ai 120 cm, e gli eventuali vetri siano collocati ad una altezza di almeno 40 cm dal piano del pavimento. L'anta mobile deve poter essere usata esercitando una pressione non superiore a 8 kg.

65.6. Infissi esterni

L'altezza delle maniglie o dispositivo di comando deve essere compresa tra 100 e 130 cm; consigliata 115 cm. Per consentire alla persona seduta la visuale anche all'esterno, devono essere preferite soluzioni per le quali la parte opaca del parapetto, se presente, non superi i 60 cm di altezza dal calpestio, con l'avvertenza, però, per ragioni di sicurezza, che l'intero parapetto sia complessivamente alto almeno 100 cm e inattraversabile da una sfera di 10 cm di diametro. Nelle finestre lo spigolo vivo della traversa inferiore dell'anta apribile deve essere opportunamente sagomato o protetto per non causare infortuni. Le ante mobili degli infissi esterni devono poter essere usate esercitando una pressione non superiore a kg 8.

Art. 66 - Prodotti per assorbimento acustico

66.1. Definizioni

Si definiscono materiali assorbenti acustici (o materiali fonoassorbenti) quelli atti a dissipare in forma sensibile l'energia sonora incidente sulla loro superficie e, di conseguenza, a ridurre l'energia sonora riflessa. Questa proprietà è valutata con il coefficiente di assorbimento acustico (α), definito dall'espressione:

$$\alpha = W_a/W_i$$

dove:

W_i = energia sonora incidente;

W_a = energia sonora assorbita.

66.2. Classificazione dei materiali

Sono da considerare assorbenti acustici tutti i materiali porosi a struttura fibrosa o alveolare aperta. A parità di struttura (fibrosa o alveolare) la proprietà fonoassorbente dipende dalla spessore.

I materiali fonoassorbenti si classificano secondo lo schema di seguito riportato.

a) materiali fibrosi:

- 1) minerali (fibra di amianto, fibra di vetro, fibra di roccia);
- 2) vegetali (fibra di legno o cellulosa, truciolari).

b) materiali cellulari.

1) minerali:

- calcestruzzi leggeri (a base di pozzolane, perlite, vermiculite, argilla espansa);
- laterizi alveolari;
- prodotti a base di tufo.

2) materiali sintetici:

- poliuretano a celle aperte (elastico-rigido);
- polipropilene a celle aperte.

66.3. Caratteristiche costruttive

Per tutti i materiali fonoassorbenti forniti sotto forma di lastre, blocchi o forme geometriche predeterminate, si devono dichiarare le seguenti caratteristiche fondamentali:

- lunghezza - larghezza: valgono le tolleranze stabilite nelle norme UNI, oppure specificate negli altri documenti progettuali; in assenza delle prime valgono quelle dichiarate dal produttore nella sua documentazione tecnica ed accettate dalla Direzione dei lavori;
- spessore: valgono le tolleranze stabilite nelle norme UNI, oppure specificate negli altri documenti progettuali; in assenza delle prime valgono quelle dichiarate dal produttore nella sua documentazione tecnica ed accettate dalla Direzione dei lavori;
- massa areica: deve essere entro i limiti prescritti nella norma UNI o negli altri documenti progettuali; in assenza delle prime valgono quelli dichiarati dal produttore nella sua documentazione tecnica ed accettate dalla direzione tecnica;
- coefficiente di assorbimento acustico: misurato in laboratorio secondo le modalità prescritte dalla norma **UNI ISO 354 (UNI EN 20354)**, deve rispondere ai valori prescritti nel progetto od in assenza a quelli dichiarati dal produttore ed accettati dalla Direzione dei lavori.

Saranno inoltre da dichiarare, in relazione alle prescrizioni di progetto, le seguenti caratteristiche:

- resistività al flusso d'aria (misurate secondo **ISO/DIS 9053**);
- reazione e/o comportamento al fuoco;
- limiti di emissione di sostanze nocive per la salute;
- compatibilità chimico-fisica con altri materiali.

I prodotti vengono valutati al momento della fornitura; la Direzione dei lavori ai fini della loro accettazione può procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura oppure chiedere un attestato di conformità della stessa alle prescrizioni sopra riportate.

In caso di contestazione i metodi di campionamento e di prova delle caratteristiche di cui sopra sono quelli stabiliti dalle norme UNI ed in mancanza di queste ultime, quelli descritti nella letteratura tecnica (primariamente norme internazionali od estere).

Tabella 66.1. - Caratteristiche di idoneità all'impiego in relazione alla loro destinazione d'uso

Caratteristica	Unità di misura	Destinazione d'uso A B C D valori richiesti
<i>Comportamento all'acqua:</i> - assorbimento all'acqua per capillarità - assorbimento d'acqua per immersione % - resistenza gelo e disgelo cicli - permeabilità vapor d'acqua	% % cicli μ	(.....) (.....) (.....) (.....)
<i>Caratteristiche meccaniche:</i> - resistenza a compressione a carichi di lunga durata - resistenza a taglio parallelo alle facce - resistenza a flessione - resistenza al punzonamento - resistenza al costipamento	N/mmq N/mmq N/mmq N/mmq %	(.....) (.....) (.....) (.....) (.....)
<i>Caratteristiche di stabilità:</i> - stabilità dimensionale - coefficiente di dilatazione lineare - temperatura limite di esercizio A =.... B =.... C =.... D =....	% mm/m °C	(.....) (.....) (.....)

66.4. Materiali fonoassorbenti che assumono la forma definitiva in opera

Per i materiali fonoassorbenti che assumono la forma definitiva in opera devono essere dichiarate le stesse caratteristiche riferite ad un campione significativo di quanto realizzato in opera. La Direzione dei lavori deve inoltre attivare controlli della costanza delle caratteristiche del prodotto in opera, ricorrendo ove necessario a carotaggi, sezionamenti, ecc. significativi dello strato eseguito.

Entrambe le categorie di materiali fonoassorbenti devono rispondere ad una o più delle caratteristiche di idoneità all'impiego, tra quelle della seguente tabella, in relazione alla loro destinazione d'uso (pareti, coperture, contro soffittature, pavimenti, ecc.).

Se non vengono prescritti i valori valgono quelli proposti dal fornitore ed accettati dalla Direzione dei lavori.

In caso di contestazione i metodi di campionamento e di prova delle caratteristiche di cui sopra sono quelli stabiliti dalle norme UNI ed in mancanza di queste ultime quelli descritti nella letteratura tecnica (primariamente norme internazionali od estere). Per le caratteristiche possedute intrinsecamente dal materiale non sono necessari controlli.

Art. 67 - Prodotti per isolamento acustico

67.1. Definizioni

Si definiscono materiali isolanti acustici (o materiali fonoisolanti) quelli atti a diminuire in forma sensibile la trasmissione di energia sonora che li attraversa.

Questa proprietà valutata con il potere fonoisolante (R) definito dalla seguente formula:

$$R = 10 \log W_i/W_t$$

dove:

W_i = energia sonora incidente;

W_t = energia sonora trasmessa.

Tutti i materiali comunemente impiegati nella realizzazione di divisori in edilizia posseggono proprietà fonoisolanti. Per materiali omogenei questa proprietà dipende essenzialmente dalla loro massa areica.

Quando sono realizzati sistemi edilizi compositi (pareti, coperture, ecc.) formate da strati di materiali diversi, il potere fonoisolante di queste strutture dipende, oltre che dalla loro massa areica, dal numero e qualità degli strati, dalle modalità di accoppiamento, dalla eventuale presenza d'intercapedini d'aria.

67.2. Caratteristiche costruttive

Per tutti i materiali fonoisolanti forniti sotto forma di lastre, blocchi o forme geometriche predeterminate, si devono dichiarare le seguenti caratteristiche fondamentali:

- Dimensioni: lunghezza - larghezza; valgono le tolleranze stabilite nelle norme UNI, oppure specificate negli altri documenti progettuali; in assenza delle prime valgono quelle dichiarate dal produttore nella sua documentazione tecnica ed accettate dalla Direzione dei lavori.
- Spessore: valgono le tolleranze stabilite nelle norme UNI, oppure specificate negli altri documenti progettuali; in assenza delle prime valgono quelle dichiarate dal produttore nella sua documentazione tecnica ed accettate dalla Direzione dei lavori.
- Massa areica: deve essere entro i limiti prescritti nella norma UNI o negli altri documenti progettuali; in assenza delle prime due valgono quelli dichiarati dal produttore nella sua documentazione tecnica ed accettate dalla Direzione tecnica.
- Potere fonoisolante: misurato in laboratorio secondo le modalità prescritte dalla norma **UNI 8270/3**, deve rispondere ai valori prescritti nel progetto od in assenza a quelli dichiarati dal produttore ed accettati dalla Direzione dei lavori.

Saranno inoltre da dichiarare, in relazione alle prescrizioni di progetto, le seguenti caratteristiche:

- modulo di elasticità;
- fattore di perdita;
- reazione o comportamento al fuoco;
- limiti di emissione di sostanze nocive per la salute;
- compatibilità chimico-fisica con altri materiali.

I prodotti vengono considerati al momento della fornitura; la Direzione dei lavori ai fini della loro accettazione può procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura oppure chiedere un attestato di conformità della stessa alle prescrizioni sopra riportate.

In caso di contestazione i metodi di campionamento e di prova delle caratteristiche di cui sopra sono quelli stabiliti dalle norme UNI ed in mancanza di queste ultime, quelli descritti nella letteratura tecnica (primariamente norme internazionali od estere).

67.3. Materiali fonoisolanti che assumono la forma definitiva in opera

Per i materiali fonoisolanti che assumono la forma definitiva in opera devono essere dichiarate le stesse caratteristiche riferite ad un campione significativo di quanto realizzato in opera. La Direzione dei lavori deve inoltre attivare i controlli della costanza delle caratteristiche del prodotto in opera ricorrendo ove necessario a carotaggi, sezionamenti, ecc. significativi dello strato eseguito.

67.4. Idoneità all'impiego

Entrambe le categorie di materiali fonoisolanti devono rispondere ad una o più delle caratteristiche di idoneità all'impiego in relazione alla loro destinazione d'uso.

Capitolo 6

MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLE OPERE

Art. 68 - Normativa sulla prevenzioni infortuni

Nell'esecuzione delle demolizioni e degli scavi, anche se non espressamente richiamate, dovranno essere osservate le disposizioni delle seguenti norme e successive modificazioni ed integrazioni:

- D.P.R. 27 aprile 1955, n. 547. Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro;
- D.P.R. 7 gennaio 1956, n. 164. Norme per prevenzione degli infortuni sul lavoro;
- D.Lg. 15 agosto 1991, n. 277. Attuazione delle direttive n. 80/1107/CEE, n. 82/605/CEE, n. 83/477/CEE, n. 86/188/CEE e n. 88/642/CEE, in materia di protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da esposizione ad agenti chimici, fisici e biologici durante il lavoro, a norma dell'art. 7 della legge 30 luglio 1990, n. 212;
- D.Lg. 19 settembre 1994, n. 626. Attuazione delle direttive 89/391/CEE, 89/654/CEE, 89/655/CEE, 89/656/CEE, 90/269/CEE, 90/270/CEE, 90/394/CEE e 90/679/CEE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro;
- D.Lg. 14 agosto 1996, n. 493. Attuazione della direttiva 92/58/CEE concernente le prescrizioni minime per la segnaletica di sicurezza e/o di salute sul luogo di lavoro;
- D.Lg. 14 agosto 1996, n. 494 con le modifiche introdotte dal D.Lg. 19 novembre 1999 n. 528. Attuazione della direttiva 92/57/CEE concernente le prescrizioni minime di sicurezza e di salute da attuare nei cantieri temporanei o mobili.

In generale dovranno essere rispettate le prescrizioni del piano di sicurezza e di coordinamento, del piano operativo e le indicazioni impartite dal Coordinatore per l'esecuzione dei lavori. e/o del Direttore dei lavori.

Art. 69 - Dispositivi di protezione

Sulla rispondenza alla normativa vigenti norme dei dispositivi di protezione si rimanda alle seguenti norme:

UNI EN 340 *Indumenti di protezione. Requisiti generali.*

UNI EN 34 *Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto. Dispositivi di discesa.*

UNI EN 341:1993/A1 *Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto. Dispositivi di discesa.*

UNI EN 352-1 *Protezioni auricolari. Requisiti di sicurezza e prove. Cuffie.*

UNI EN 353-1 *Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto. Dispositivi anticaduta di tipo guidato su una linea di ancoraggio rigida.*

UNI EN 353-2 *Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto. Dispositivi anticaduta di tipo guidato su una linea di ancoraggio flessibile.*

UNI EN 354 *Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto. Cordini.*

UNI EN 355 *Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto. Assorbitori di energia.*

UNI EN 358 *Dispositivi individuali per il posizionamento sul lavoro e la prevenzione delle cadute dall'alto. Sistemi di posizionamento sul lavoro.*

UNI EN 360 *Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto. Dispositivi anticaduta di tipo retrattile.*

UNI EN 361 *Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto. Imbracature per il corpo.*

UNI EN 362 *Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto. Connettori.*

UNI EN 363 *Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto. Sistemi di arresto caduta.*

UNI EN 364 *Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto. Metodi di prova.*

UNI EN 365 *Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto. Requisiti generali per le istruzioni per l'uso e la marcatura.*

UNI EN 367 *Indumenti di protezione. Protezione contro il calore e le fiamme. Metodo di prova: determinazione della trasmissione di calore mediante esposizione a una fiamma.*

Art. 70 - Scavi e sbancamenti

70.1. Ricognizione

L'Appaltatore prima di eseguire gli scavi o sbancamenti previsti deve eseguire indagini sulla natura del terreno, per individuare la presenza di eventuali scavi precedenti, tubazioni di acqua, gas e fognature, cavi elettrici e telefonici, cavità sotterranee, ecc., eventualmente non indicati (o erroneamente indicati) negli elaborati progettuali esecutivi, in modo da potere impiegare i mezzi idonei per l'esecuzione dei lavori.

Il cantiere dovrà essere delimitato da recinzione in rete metallica (oppure di tipo prefabbricato) fissata con paletti di ferro o legno, infissi nel terreno o in plinti in calcestruzzo.

70.2. Viabilità nei cantieri

Durante i lavori deve essere assicurata nei cantieri la viabilità delle persone e dei veicoli.

Le rampe di accesso al fondo degli scavi di splateamento o di sbancamento devono avere una carreggiata solida, atta a resistere al transito dei mezzi di trasporto di cui è previsto l'impiego, ed una pendenza adeguata alla possibilità dei mezzi stessi.

La larghezza delle rampe deve essere tale da consentire un franco di almeno 70 cm, oltre la sagoma di ingombro del veicolo. Qualora nei tratti lunghi il franco venga limitato ad un solo lato, devono essere realizzate piazzuole o nicchie di rifugio ad intervalli non superiori a 20 m lungo l'altro lato.

I viottoli e le scale con gradini ricavati nel terreno o nella roccia devono essere provvisti di parapetto nei tratti prospicienti il vuoto quando il dislivello superi i 2,00 m.

Le alzate dei gradini ricavati in terreno friabile devono essere sostenute, ove occorra, con tavole e paletti robusti.

Alle vie di accesso ed ai punti pericolosi non proteggibili devono essere apposte segnalazioni opportune e devono essere adottate le precauzioni necessarie per evitare la caduta di gravi dal terreno a monte dei posti di lavoro.

70.3. Splateamento e sbancamento

Nei lavori di splateamento o sbancamento eseguiti senza l'impiego di escavatori meccanici, le pareti delle fronti di attacco, secondo le prescrizioni dell'art. 12 del D.P.R. 7 gennaio 1956, n. 164, devono avere una inclinazione o un tracciato tali, in relazione alla natura del terreno, da impedire franamenti. Quando la parete del fronte di attacco supera l'altezza di 1,50 m è vietato il sistema di scavo manuale per scalzamento alla base e conseguente franamento della parete.

Quando per la particolare natura del terreno o per causa di piogge, di infiltrazione, di gelo o disgelo, o per altri motivi, siano da temere frane o scosscendimenti, deve provvedersi all'armatura o al consolidamento del terreno.

Nei lavori di scavo eseguiti con mezzi meccanici deve essere vietata la presenza degli operai nel campo di azione dell'escavatore e sul ciglio del fronte di attacco.

Il posto di manovra dell'addetto all'escavatore, quando questo non sia munito di cabina metallica, deve essere protetto con solido riparo. Ai lavoratori deve essere fatto esplicito divieto di avvicinarsi alla base della parete di attacco e, in quanto necessario in relazione all'altezza dello scavo o alle condizioni di accessibilità del ciglio della platea superiore, la zona superiore di pericolo deve essere almeno delimitata mediante opportune segnalazioni spostabili col proseguire dello scavo.

70.4. Scavo a sezione obbligata: pozzi, scavi e cunicoli

Nello scavo di pozzi e di trincee profondi più di 1,50 m, quando la consistenza del terreno non dia sufficiente garanzia di stabilità, anche in relazione alla pendenza delle pareti, secondo le prescrizioni dell'art. 13 del D.P.R. 7 gennaio 1956, n. 164, si deve provvedere, man mano che procede lo scavo, all'applicazione delle necessarie armature di sostegno.

Le tavole di rivestimento delle pareti devono sporgere dai bordi degli scavi almeno 30 cm rispetto al livello del terreno o stradale.

Nello scavo dei cunicoli, a meno che si tratti di roccia che non presenti pericolo di distacchi, devono predisporre idonee armature per evitare franamenti della volta e delle pareti. Dette armature devono essere applicate man mano che procede il lavoro di avanzamento; la loro rimozione può essere effettuata in relazione al progredire del rivestimento in muratura.

Idonee armature e precauzioni devono essere adottate nelle sottomurazioni e quando in vicinanza dei relativi scavi vi siano edifici o manufatti, le cui fondazioni possano essere scoperte o indebolite dagli scavi.

Nell'infissione di pali di fondazione devono essere adottate misure e precauzioni per evitare che gli scuotimenti del terreno producano lesioni o danni alle opere vicine, con pericolo per i lavoratori.

Nei lavori in pozzi di fondazione profondi oltre 3,00 m deve essere disposto, a protezione degli operai addetti allo scavo ed all'esportazione del materiale scavato, un robusto impalcato con apertura per il passaggio della benna.

70.5. Scavi in presenza d'acqua. Prosciugamento

Si ritengono scavi subacquei quelli eseguiti a profondità maggiore di 20 cm sotto un livello costante determinato da acque sorgive nelle cavità di fondazione, sia dopo un parziale prosciugamento con pompe, sia dopo la predisposizione di canali di drenaggio.

Se l'Appaltatore, in caso di acque sorgive o filtrazioni, non potesse far defluire l'acqua naturalmente, è in facoltà della Direzione dei lavori di ordinare, secondo i casi e quando lo riterrà opportuno, l'esecuzione degli scavi subacquei, oppure il prosciugamento.

Il volume di scavo eseguito in acqua, sino ad una profondità non maggiore di 20 cm dal suo livello costante, verrà perciò considerato come scavo in presenza d'acqua, ma non come scavo subacqueo. Quando la Direzione dei lavori ordinasse il mantenimento degli scavi in asciutto, sia durante l'escavazione, sia durante l'esecuzione delle murature o di

altre opere di fondazione, i completamenti relativi verranno eseguiti in economia, e l'Appaltatore, se richiesto, avrà l'obbligo di fornire le macchine e gli operai necessari.

I sistemi di prosciugamento del fondo adottati dall'Appaltatore dovranno essere accettati dalla Direzione dei lavori, specialmente durante l'esecuzione di strutture in muratura o in c.a. al fine di prevenire il dilavamento delle malte.

70.6. Impiego di esplosivi

L'uso di esplosivi per l'esecuzione di scavi all'interno o in prossimità di centri abitati è vietato.

70.7. Deposito di materiali in prossimità degli scavi

È vietato, secondo le prescrizioni dell'art. 14 del D.P.R. 7 gennaio 1956, n. 164, costituire depositi di materiali presso il ciglio degli scavi, soprattutto se privi delle necessarie armature, in quanto il materiale accumulato può esercitare pressioni tali da provocare frane.

Qualora tali depositi siano necessari per le condizioni del lavoro, si deve provvedere alle necessarie puntellature.

70.8. Presenza di gas negli scavi

Quando si eseguono lavori entro pozzi, fogne, cunicoli, camini e fosse in genere, come stabilisce l'art. 15 del D.P.R. 7 gennaio 1956, n. 164, devono essere adottate idonee misure contro i pericoli derivanti dalla presenza di gas o vapori tossici, asfissianti, infiammabili o esplosivi, specie in rapporto alla natura geologica del terreno o alla vicinanza di fabbriche, depositi, raffinerie, stazioni di compressione e di decompressione, metanodotti e condutture di gas, che possono dar luogo ad infiltrazione di sostanze pericolose.

Quando sia accertata o sia da temere la presenza di gas tossici, asfissianti o la irrespirabilità dell'aria ambiente e non sia possibile assicurare una efficiente aerazione ed una completa bonifica, i lavoratori devono essere provvisti di apparecchi respiratori, ed essere muniti di cintura di sicurezza con bretelle passanti sotto le ascelle collegate a funi di salvataggio, le quali devono essere tenute all'esterno dal personale addetto alla sorveglianza. Questo deve mantenersi in continuo collegamento con gli operai all'interno ed essere in grado di sollevare prontamente all'esterno il lavoratore colpito dai gas. Possono essere adoperate le maschere respiratorie, in luogo di autorespiratori, solo quando, accertate la natura e la concentrazione dei gas o vapori nocivi o asfissianti, esse offrano garanzia di sicurezza e sempreché sia assicurata una efficace e continua aerazione.

Quando è stata accertata la presenza di gas infiammabili o esplosivi, deve provvedersi alla bonifica dell'ambiente mediante idonea ventilazione; deve inoltre vietarsi, anche dopo la bonifica, se siano da temere emanazioni di gas pericolosi, l'uso di apparecchi a fiamma, di corpi incandescenti e di apparecchi comunque in grado di provocare fiamme o surriscaldamenti tali ad incendiare il gas.

Nei casi sopra previsti i lavoratori devono operare in abbinamento nell'esecuzione dei lavori.

Art. 71 - Divieti per l'Appaltatore

L'Appaltatore dopo l'esecuzione degli scavi non può iniziare l'esecuzione delle strutture di fondazione, prima che la Direzione dei lavori abbia verificato la rispondenza geometrica degli scavi o sbancamenti alle prescrizioni del progetto esecutivo e l'eventuale successiva verifica geologica e geotecnica del terreno di fondazione.

Art. 72 - Riparazione di sottoservizi

L'Appaltatore ha l'obbligo e l'onere di riparare o provvedere al pagamento delle spese di riparazione alle aziende erogatrici di eventuali sottoservizi (allacci fognari, tubazione di adduzione acqua, ecc.) danneggiati con o senza incuria dall'impresa durante gli scavi e demolizioni e certificati dalla Direzione dei lavori.

Art. 73 - Rilevati e rinterri

Per la formazione dei rilevati o per qualunque opera di rinterro, ovvero per riempire i vuoti tra le pareti degli scavi e le murature o le strutture di fondazione, o da addossare alle murature o alle strutture di fondazione, e fino alle quote prescritte dagli elaborati progettuali o dalla Direzione dei lavori, si impiegheranno in generale, e, salvo quanto segue, fino al loro totale esaurimento, tutte le materie provenienti dagli scavi di qualsiasi genere eseguiti per quel cantiere, in quanto disponibili ed adatte, a giudizio della Direzione dei lavori, per la formazione dei rilevati.

Quando venissero a mancare in tutto o in parte i materiali di cui sopra, si preleveranno le materie occorrenti ovunque l'Appaltatore crederà di sua convenienza, purché i materiali siano riconosciuti idonei dalla Direzione dei lavori.

Per rilevati e rinterri da addossarsi alle murature o alle strutture di fondazione, si dovranno sempre impiegare materie sciolte, o ghiaiose, restando vietato in modo assoluto l'impiego di quelle argillose e, in generale, di tutte quelle che con l'assorbimento di acqua si rammolliscono e si gonfiano generando spinte.

Nella formazione dei suddetti rilevati, rinterri e riempimenti dovrà essere usata ogni diligenza perché la loro esecuzione proceda per strati orizzontali di eguale altezza non superiori a 30 cm, disponendo contemporaneamente le materie bene sminuzzate con la maggiore regolarità e precauzione, in modo da caricare uniformemente le strutture portanti su tutti i lati e da evitare le sfiancature che potrebbero derivare da un carico male distribuito.

Le materie trasportate in rilevato o rinterro con vagoni, automezzi non dovranno essere scaricate direttamente contro le murature, ma dovranno depositarsi in vicinanza dell'opera per essere riprese poi al momento della formazione dei suddetti rinterri.

È vietato di addossare terrapieni a murature o strutture in c.a. di recente realizzazione e delle quali si riconosca il non completato il processo di maturazione.

Tutte le riparazioni o ricostruzioni che si rendessero necessarie per la mancata od imperfetta osservanza delle prescrizioni del presente articolo, saranno a completo carico dell'Appaltatore.

È obbligo dell'Appaltatore, escluso qualsiasi compenso, di dare ai rilevati durante la loro costruzione, quelle maggiori dimensioni richieste dall'assestamento delle terre, affinché all'epoca del collaudo i rilevati eseguiti abbiano dimensioni non inferiori a quelle ordinate.

Art. 74 - Paratie e diaframmi

La paratia od il diaframma costituiscono una struttura di fondazione infissa o costruita in opera a partire dalla superficie del terreno con lo scopo di realizzare tenuta all'acqua ed anche a sostegno di scavi.

Le paratie ed i diaframmi potranno essere:

- del tipo a palancole metalliche infisse;
- del tipo a palancole prefabbricate in calcestruzzo armato centrifugato infisse;
- del tipo a pali in calcestruzzo armato di grosso diametro accostati;
- a diaframma gettato in opera di calcestruzzo armato;

Devono essere precisate le modalità di esecuzione con particolare riguardo agli accorgimenti previsti per garantire i getti dagli eventuali dilavamenti e sottopressioni, nonché la natura e le caratteristiche dei materiali che saranno impiegati.

Art. 75 - Palancole infisse

75.1. Paratie a palancole metalliche infisse

Le palancole metalliche, di sezione varia, devono rispondere comunque ai seguenti requisiti fondamentali: adeguata resistenza agli sforzi di flessione, facilità di infissione, impermeabilità delle giunzioni, facilità di estrazione e reimpiego (ove previsto), elevata protezione contro le corrosioni.

L'infissione delle palancole sarà effettuata con i sistemi normalmente in uso.

Il maglio dovrà essere di peso complessivo non minore del peso delle palancole comprensivo della relativa cuffia.

Dovranno essere adottate speciali cautele affinché durante l'infissione gli incastri liberi non si deformino e rimangano puliti da materiali così da garantire la guida alla successiva palanca.

A tale scopo gli incastri prima dell'infissione dovranno essere riempiti di grasso.

Durante l'infissione si dovrà procedere in modo che le palancole rimangano perfettamente verticali non essendo ammesse deviazioni, disallineamenti o fuoriuscite dalle guide.

Per ottenere un più facile affondamento, specialmente in terreni ghiaiosi e sabbiosi, l'infissione, oltre che con la battitura potrà essere realizzata con il sussidio dell'acqua in pressione fatta arrivare, mediante un tubo metallico, sotto la punta della palanca.

Se durante l'infissione si verificassero fuoriuscite dalle guide, disallineamenti o deviazioni che a giudizio della Direzione dei lavori non fossero tollerabili, la palanca dovrà essere rimossa e reinfissa o sostituita, se danneggiata.

Per ulteriori informazioni si rimanda alle prescrizioni delle seguenti norme:

UNI EN 10248-1 *Palancole laminate a caldo di acciai non legati. Condizioni tecniche di fornitura.*

UNI EN 10248-2 *Palancole laminate a caldo di acciai non legati. Tolleranze dimensionali e di forma.*

UNI EN 10249-1 *Palancole profilate a freddo di acciai non legati. Condizioni tecniche di fornitura.*

UNI EN 10249-2 *Palancole profilate a freddo di acciai non legati. Tolleranze dimensionali e di forma.*

75.2. Paratia a palancole prefabbricate in calcestruzzo armato centrifugato

Le palancole prefabbricate saranno centrifugate a sezione cava.

Il conglomerato cementizio impiegato dovrà avere una resistenza caratteristica a 28 giorni non inferiore a 40 N/mm^2 e dovrà essere esente da porosità od altri difetti. Il cemento sarà ferrico pozzolanico, pozzolanico o d'altoforno.

Potrà essere richiesto, per infissione con battitura in terreni tenaci, l'inserimento nel getto di puntazza metallica.

L'operazione d'infissione sarà regolata da prescrizioni analoghe a quelle stabilite per i pali in calcestruzzo armato centrifugato di cui al successivo articolo.

Nel caso specifico, particolare cura dovrà essere posta nell'esecuzione dei giunti, da sigillare con getto di malta cementizia.

Art. 76 - Paratie costruite in opera

76.1. Paratie a pali in calcestruzzo armato di grosso diametro accostati

Le paratie saranno di norma realizzate mediante pali di calcestruzzo armato eseguiti in opera accostati fra loro e collegati in sommità da un cordolo di calcestruzzo armato.

Per quanto riguarda le modalità di esecuzione dei pali, si rinvia a quanto fissato nel relativo articolo.

Nel caso specifico particolare cura dovrà essere posta nell'accostamento dei pali fra loro e nel mantenere la verticalità dei pali stessi.

76.2. Diaframmi in calcestruzzo armato

In linea generale i diaframmi saranno costruiti eseguendo lo scavo del terreno a qualsiasi profondità con benna od altro sistema idoneo a dare tratti di scavo (conci) della lunghezza singola di norma non inferiore a 2,50 m.

Lo scavo verrà eseguito con l'ausilio di fango bentonitico per evacuare i detriti, e per il sostegno provvisorio delle pareti.

I fanghi di bentonite da impiegare nello scavo dovranno essere costituiti di una miscela di bentonite attivata, di ottima qualità, ed acqua, di norma nella proporzione di 8 ÷ 16 kg di bentonite asciutta per 100 litri d'acqua, salvo la facoltà della Direzione dei lavori di ordinare una diversa dosatura.

Il contenuto in sabbia finissima dovrà essere inferiore al 3% in massa della bentonite asciutta.

Eseguito lo scavo e posta in opera l'armatura metallica interessante il concio, opportunamente sostenuta e mantenuta in posizione durante il getto, sarà effettuato il getto del conglomerato cementizio con l'ausilio di opportuna prolunga o tubo di getto, la cui estremità inferiore sarà tenuta almeno due metri al di sotto del livello del fango, al fine di provocare il rifluimento in superficie dei fanghi bentonitici e di eseguire senza soluzioni di continuità il getto stesso.

Il getto dovrà essere portato fino ad una quota superiore di circa 50 cm a quella di progetto.

I getti dei calcestruzzi saranno eseguiti solo dopo il controllo della profondità di scavo raggiunta e la verifica della armatura da parte della Direzione dei lavori.

Nella ripresa dei getti, da concio a concio, si adotteranno tutti gli accorgimenti necessari al fine di evitare distacchi, discontinuità e differenze nei singoli conci.

L'allineamento planimetrico della benna di scavo del diaframma sarà ottenuto di norma con la formazione di guide o corree in calcestruzzo anche debolmente armato.

76.3. Prove e verifiche sul diaframma

Oltre alle prove di resistenza sui calcestruzzi e sugli acciai impiegati previsti dalle vigenti norme, la Direzione dei lavori potrà richiedere prove di assorbimento per singoli pannelli, nonché eventuali carotaggi per la verifica della buona esecuzione dei diaframmi stessi.

Art. 77 - Demolizioni

77.1. Interventi preliminari

L'Appaltatore prima dell'inizio delle demolizioni deve assicurarsi dell'interruzione degli approvvigionamenti idrici, gas, allacci di fognature; dell'accertamento e successiva eliminazione di elementi in amianto in conformità alle prescrizioni del D.M. 6 settembre 1994 recante "Normative e metodologie tecniche di applicazione dell'art. 6, comma 3, e dell'art. 12, comma 2, della Legge 27 marzo 1992, n. 257, relativa alla cessazione dell'impiego dell'amianto".

Ai fini pratici, i materiali contenenti amianto presenti negli edifici possono essere divisi in tre grandi categorie:

- 1) materiali che rivestono superfici applicati a spruzzo o a cazzuola;
- 2) rivestimenti isolanti di tubi e caldaie;
- 3) una miscellanea di altri materiali comprendente, in particolare, pannelli ad alta densità (cemento-amianto), pannelli a bassa densità (cartoni) e prodotti tessili. I materiali in cemento-amianto, soprattutto sotto forma di lastre di copertura, sono quelli maggiormente diffusi.

77.2. Luoghi di transito

Il transito sotto ponti sospesi, ponti a sbalzo, scale aeree e simili deve essere impedito con barriere o protetto con l'adozione di misure o cautele adeguate.

77.3. Rafforzamento delle strutture

Prima dell'inizio di lavori di demolizione è fatto obbligo di procedere alla verifica delle condizioni di conservazione e di stabilità delle strutture da demolire e dell'eventuale influenza statica su strutture limitrofe.

In relazione al risultato di tale verifica devono essere eseguite le opere di rafforzamento e di puntellamento necessarie ad evitare che, durante la demolizione, si possano verificare crolli intempestivi o danni anche a strutture di edifici confinanti o adiacenti.

77.4. Idoneità delle opere provvisionali

Le opere provvisionali, in legno o in ferro, devono essere allestite con buon materiale ed a regola d'arte, sulla base di giustificati calcoli di resistenza; esse devono essere conservate in efficienza per l'intera durata del lavoro.

Prima di reimpiegare elementi di ponteggi di qualsiasi tipo si deve provvedere alla loro revisione per eliminare quelli non ritenuti più idonei.

In particolare per gli elementi metallici devono essere sottoposti a controllo della resistenza meccanica e della preservazione alla ruggine degli elementi soggetti ad usura come ad esempio: giunti, spinotti, bulloni, lastre, cerniere, ecc...

Il coordinatore per l'esecuzione dei lavori e/o il Direttore dei lavori potrà ordinare l'esecuzione di prove per verificare la resistenza degli elementi strutturali provvisionali impiegati dall'Appaltatore.

77.5. Ordine delle demolizioni

I lavori di demolizione come stabilito, dall'art. 72 del del D.P.R. 7 gennaio 1956, n. 164, devono procedere con cautela e con ordine dall'alto verso il basso ovvero secondo le indicazioni del piano operativo di sicurezza e devono essere condotti in maniera da non pregiudicare la stabilità delle strutture portanti o di collegamento e di quelle eventuali edifici adiacenti, ricorrendo, ove occorra, al loro preventivo puntellamento.

La successione dei lavori, quando si tratti di importanti ed estese demolizioni, deve risultare da apposito programma il quale deve essere firmato dall'Appaltatore, dal coordinatore per l'esecuzione dei lavori e dal Direttore dei lavori e deve essere tenuto a disposizione degli Ispettori del lavoro.

77.6. Misure di sicurezza

La demolizione dei muri deve essere fatta servendosi di ponti di servizio indipendenti dall'opera in corso di demolizione.

È vietato fare lavorare gli operai sui muri in demolizione.

Gli obblighi di cui sopra non sussistono quando trattasi di muri di altezza inferiore ai 5 m; in tali casi e per altezze da due a cinque metri gli operai devono fare uso di cinture di sicurezza.

77.7. Convogliamento del materiale di demolizione

Il materiale di demolizione non deve essere gettato dall'alto, come stabilito dall'art. 74 del D.P.R. 7 gennaio 1956, n. 164, ma deve essere trasportato oppure convogliato in appositi canali, il cui estremo inferiore non deve risultare ad altezza maggiore di 2 m dal livello del piano di raccolta.

I canali suddetti devono essere costruiti in modo che ogni tronco imbocchi nel tronco successivo; gli eventuali raccordi devono essere adeguatamente rinforzati.

L'imboccatura superiore del canale deve essere sistemata in modo che non possano cadervi accidentalmente persone. Ove sia costituito da elementi pesanti od ingombranti, il materiale di demolizione deve essere calato a terra con mezzi idonei.

Durante i lavori di demolizione si deve provvedere a ridurre il sollevamento della polvere, irrorando con acqua le murature ed i materiali di risulta.

77.8. Sbarramento della zona di demolizione

Nella zona sottostante la demolizione deve essere vietata la sosta ed il transito, delimitando la zona stessa con appositi sbarramenti.

L'accesso allo sbocco dei canali di scarico per il caricamento ed il trasporto del materiale accumulato deve essere consentito soltanto dopo che sia stato sospeso lo scarico dall'alto.

77.9. Demolizione per rovesciamento

Salvo l'osservanza delle leggi e dei regolamenti speciali e locali, la demolizione di parti di strutture aventi altezza sul terreno non superiore a 5,00 m può essere effettuata mediante rovesciamento per trazione o per spinta.

La trazione o la spinta deve essere esercitata in modo graduale e senza strappi e deve essere eseguita soltanto su elementi di struttura opportunamente isolati dal resto del fabbricato in demolizione in modo da non determinare crolli intempestivi o non previsti di altre parti.

Devono inoltre essere adottate le precauzioni necessarie per la sicurezza del lavoro quali: trazione da distanza non minore di una volta e mezzo l'altezza del muro o della struttura da abbattere e allontanamento degli operai dalla zona interessata.

Si può procedere allo scalzamento dell'opera da abbattere per facilitarne la caduta soltanto quando essa sia stata adeguatamente puntellata; la successiva rimozione dei puntelli deve essere eseguita a distanza a mezzo di funi.

Il rovesciamento per spinta può essere effettuato con martinetti solo per opere di altezza non superiore a 3 m, con l'ausilio di puntelli sussidiari contro il ritorno degli elementi smossi.

Deve essere evitato in ogni caso che per lo scuotimento del terreno in seguito alla caduta delle strutture o di grossi blocchi possano derivare danni o lesioni agli edifici vicini o ad opere adiacenti pericolosi ai lavoratori.

Art. 78 - Materiali di demolizione e oggetti trovati

78.1. Proprietà degli oggetti trovati

Fatta eccezione per i diritti che spettano allo Stato a termini di legge, appartiene alla Stazione appaltante la proprietà degli oggetti di valore e di quelli che interessano la scienza, la storia, l'arte o l'archeologia, compresi i relativi frammenti, che si dovessero reperire nei fondi occupati per l'esecuzione dei lavori e per i rispettivi cantieri e nella sede dei lavori stessi.

L'Appaltatore ha diritto al rimborso delle spese sostenute per la loro conservazione e per le speciali operazioni che fossero state espressamente ordinate al fine di assicurarne l'integrità ed il diligente recupero.

Il reperimento di cose di interesse artistico, storico o archeologico deve essere immediatamente comunicato alla Stazione appaltante. L'Appaltatore non può demolire o comunque alterare i reperti, né può rimuoverli senza autorizzazione della Stazione appaltante.

78.2. Proprietà dei materiali di demolizione

I materiali provenienti da escavazioni o demolizioni sono di proprietà dell'Amministrazione.

L'Appaltatore deve trasportarli e regolarmente accatastarli nel luogo stabilito negli atti contrattuali, intendendosi di ciò compensato coi prezzi degli scavi e delle demolizioni relative.

Qualora gli atti contrattuali prevedano la cessione di detti materiali all'Appaltatore, il prezzo ad essi convenzionalmente attribuito deve essere dedotto dall'importo netto dei lavori, salvo che la deduzione non sia stata già fatta nella determinazione dei prezzi.

Art. 79 - Allontanamento e /o deposito delle materie di scarico

Il materiale degli scavi ritenuto inutilizzabile dal Direttore dei lavori per la formazione di rilevati o rinterri deve essere allontanato dal cantiere per essere portato a rifiuto presso pubblica discarica del comune in cui si eseguono i lavori od altra discarica autorizzata ovvero su aree preventivamente acquisite dal comune e autorizzate dallo stesso; diversamente l'Appaltatore potrà trasportare a sue spese il materiale di risulta presso proprie aree.

Il materiale proveniente dagli scavi che dovrà essere riutilizzato dovrà essere depositato entro l'ambito del cantiere, o sulle aree precedentemente indicate ovvero in zone tali da non costituire intralcio al movimento di uomini e mezzi durante l'esecuzione dei lavori.

Art. 80 - Fondazioni dirette

80.1. Scavi di fondazione

Nell'esecuzione degli scavi per raggiungere il piano di posa della fondazione, secondo quanto prescritto dal punto C.4.5 del D.M. 11 marzo 1988, n. 127, si deve tener conto di quanto specificato al punto A.2, al punto D.2 ed alla Sezione G, dello stesso D.M..

Il terreno di fondazione non deve subire rimaneggiamenti e deterioramenti prima della costruzione della opera. Eventuali acque ruscellanti o stagnanti devono essere allontanate dagli scavi.

Il piano di posa degli elementi strutturali di fondazione deve essere regolarizzato e protetto con conglomerato cementizio magro o altro materiale idoneo eventualmente indicato dal Direttore dei lavori.

Nel caso che per eseguire gli scavi si renda necessario deprimere il livello della falda idrica si dovranno valutare i cedimenti del terreno circostante; ove questi non risultino compatibili con la stabilità e la funzionalità delle opere esistenti, si dovranno opportunamente modificare le modalità esecutive. Si dovrà, nel caso in esame, eseguire la verifica al sifonamento. Per scavi profondi, si dovrà eseguire la verifica di stabilità nei riguardi delle rotture del fondo.

80.2. Rispondenza tra la caratterizzazione geotecnica assunta in progetto e la situazione effettiva

In corso d'opera si deve controllare la rispondenza tra la caratterizzazione geotecnica assunta in progetto e la situazione effettiva del terreno.

Art. 81 - Opere e strutture di muratura

81.1. Malte per murature

L'acqua e la sabbia per la preparazione delle malte per murature devono possedere i requisiti e le caratteristiche tecniche di cui agli articoli 44e 45.

L'impiego di malte premiscelate e premiscelate pronte è consentito, purché ogni fornitura sia accompagnata da una dichiarazione del fornitore attestante il gruppo della malta, il tipo e la quantità dei leganti e degli eventuali additivi. Ove il tipo di malta non rientri tra quelli appresso indicati l'Appaltatore dovrà produrre il certificato del fornitore relativo all'esecuzione di prove ufficiali per dimostrare le caratteristiche di resistenza della malta stessa.

Le modalità per la determinazione della resistenza a compressione delle malte sono quelle previste dalle norme vigenti. I tipi di malta e le loro classi sono definiti in rapporto alla composizione in volume; malte di diverse proporzioni nella composizione confezionate anche con additivi, preventivamente sperimentate, possono essere ritenute equivalenti a quelle indicate qualora la loro resistenza media a compressione risulti non inferiore ai valori di cui al D.M. 20 novembre 1987, n. 103.

81.2. Criteri generali per l'esecuzione

Nelle costruzioni delle murature in genere verrà curata la perfetta esecuzione, in riferimento alle specifiche indicazioni del progetto esecutivo o ulteriori indicazioni impartite dalla Direzione dei lavori, degli spigoli, delle volte, piattabande, archi, ecc. e verranno lasciati tutti i necessari incavi, sfondi, canne e fori per:

- ricevere le chiavi e i capichiavi delle volte, gli ancoraggi delle catene e delle travi a doppio T; le testate delle travi (di legno, di ferro); le pietre da taglio e quanto altro non venga messo in opera durante la formazione delle murature;
- il passaggio delle canalizzazioni verticali (tubi pluviali e di scarico delle acque reflue, dell'acqua potabile, canne di stufe e camini, rifiuti, ecc.);
- il passaggio delle condutture elettriche, telefoniche e di illuminazione;
- le imposte delle volte e degli archi;
- gli zoccoli, dispositivi di arresto di porte e finestre, zanche, soglie, ferriate, ringhiere, davanzali, ecc..

Quanto detto, in modo che non vi sia mai bisogno di scalpellare le murature già eseguite.

La costruzione delle murature deve iniziarsi e proseguire uniformemente, assicurando il perfetto collegamento sia con le murature esistenti, sia fra le parti di esse.

I mattoni, prima del loro impiego, dovranno essere bagnati fino a saturazione per immersione prolungata in appositi bagnaroli e mai per aspersione. Essi dovranno mettersi in opera con i giunti alternati ed in corsi ben regolari e normali alla superficie esterna; saranno posati sopra un abbondante strato di malta e premuti sopra di esso in modo che la malta rifluisca all'ingiro e riempia tutte le connessure.

La larghezza dei giunti non dovrà essere maggiore di 8 mm né minore di 5 mm.

I giunti non verranno rabboccati durante la costruzione per dare maggiore presa all'intonaco od alla stuccatura col ferro. Le malte da impiegarsi per l'esecuzione delle murature dovranno essere passate al setaccio per evitare che i giunti fra i mattoni riescano superiori al limite di tolleranza fissato.

Le murature di rivestimento saranno fatte a corsi bene allineati e dovranno essere opportunamente collegate con la parte interna.

Se la muratura dovesse eseguirsi con paramento a vista (cortina) si dovrà avere cura di scegliere per le facce esterne i mattoni di migliore cottura, meglio formati e di colore più uniforme, disponendoli con perfetta regolarità e ricorrenza nelle connessure orizzontali, alternando con precisione i giunti verticali.

In questo genere di paramento i giunti non dovranno avere larghezza maggiore di 5 mm e, previa loro raschiatura e pulitura, dovranno essere profilati con malta idraulica o di cemento, diligentemente compressa e lisciata con apposito ferro, senza sbavatura.

Le sordine, gli archi, le piattabande e le volte dovranno essere costruite in modo che i mattoni siano sempre disposti in direzione normale alla curva dell'intradosso e la larghezza dei giunti non dovrà mai eccedere i 5 mm all'intradosso e 10 mm all'estradosso.

All'innesto con muri da costruirsi in tempo successivo dovranno essere lasciate opportune ammorsature in relazione al materiale impiegato.

I lavori di muratura, qualunque sia il sistema costruttivo adottato, debbono essere sospesi nei periodi di gelo, durante i quali la temperatura si mantenga, per molte ore, al disotto di zero gradi centigradi.

Quando il gelo si verifichi solo per alcune ore della notte, le opere in muratura ordinaria possono essere eseguite nelle ore meno fredde del giorno, purché al distacco del lavoro vengano adottati opportuni provvedimenti per difendere le murature dal gelo notturno.

Le impostature per le volte, gli archi, ecc. devono essere lasciate nelle murature sia con gli addentellati d'uso, sia col costruire l'origine delle volte e degli archi a sbalzo mediante le debite sagome, secondo quanto verrà prescritto.

La Direzione dei lavori stessa potrà ordinare che sulle aperture di vani di porte e finestre siano collocati degli architravi (cemento armato, acciaio) delle dimensioni che saranno fissate in relazione alla luce dei vani, allo spessore del muro e al sovraccarico.

Nel punto di passaggio fra le fondazioni entro terra e la parte fuori terra sarà eseguito un opportuno strato (impermeabile, drenante, ecc.) che impedisca la risalita per capillarità.

81.3. Tipologie e caratteristiche tecniche

Si dovrà fare riferimento alle "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura" contenute nel D.M. 20 novembre 1987, n. 103 e relativa circolare di istruzione del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei LLPP, n. 30787 del 4 gennaio 1989.

In particolare vanno tenute presenti le prescrizioni che seguono:

a) Muratura costituita da elementi resistenti artificiali.

La muratura è costituita da elementi resistenti aventi generalmente forma parallelepipedica, posti in opera in strati regolari di spessore costante e legati tra di loro tramite malta.

Gli elementi resistenti possono essere di:

- laterizio normale;
- laterizio alleggerito in pasta;
- calcestruzzo normale;
- calcestruzzo alleggerito.

Gli elementi resistenti artificiali possono essere dotati di fori in direzione normale al piano di posa (elementi a foratura verticale) oppure in direzione parallela (elementi a foratura orizzontale).

b) Muratura costituita da elementi resistenti naturali.

La muratura è costituita da elementi di pietra legati tra di loro tramite malta.

Le pietre, da ricavarsi in genere per abbattimento di rocce, devono essere non friabili o sfaldabili, e resistenti al gelo, nel caso di murature esposte direttamente agli agenti atmosferici.

Non devono contenere in misura sensibile sostanze solubili o residui organici.

Le pietre devono presentarsi monde di cappellaccio e di parti alterate o facilmente removibili; devono possedere sufficiente resistenza sia allo stato asciutto che bagnato, e buona adesività alle malte.

In particolare gli elementi devono possedere i requisiti minimi di resistenza determinabili secondo le modalità descritte nell'allegato 1 del citato D.M. 20 novembre 1987, n. 103.

L'impiego di elementi provenienti da murature esistenti è subordinato al soddisfacimento dei requisiti sopra elencati ed al ripristino della freschezza delle superfici a mezzo di pulitura e lavaggio delle superfici stesse.

Le murature formate da elementi resistenti naturali si distinguono nei seguenti tipi:

- 1) muratura di pietra non squadrata composta con pietrame di cava grossolanamente lavorato, posto in opera in strati pressoché regolari;
- 2) muratura listata: costituita come la muratura in pietra non squadrata, ma intercalata da fasce di conglomerato semplice o armato oppure da ricorsi orizzontali costituiti da almeno due filari in laterizio pieno, posti ad interasse non superiore a 1,6 m ed estesi a tutta la lunghezza ed a tutto lo spessore del muro;
- 3) muratura di pietra squadrata: composta con pietre di geometria pressoché parallelepipedica poste in opera in strati regolari.

81.4. Facce a vista delle murature di pietrame

Per le facce a vista delle murature di pietrame, secondo gli ordini della Direzione dei lavori, potrà essere prescritta l'esecuzione delle seguenti speciali lavorazioni:

- a) con pietra rasa e teste scoperte (ad opera incerta);
- b) a mosaico grezzo;
- c) con pietra squadrata a corsi pressoché regolari;
- d) con pietra squadrata a corsi regolari.

Nel paramento con *pietra rasa e teste scoperte* (ad opera incerta) il pietrame dovrà essere scelto diligentemente fra il migliore e la sua faccia vista dovrà essere ridotta col martello a superficie approssimativamente piana; le pareti esterne dei muri dovranno risultare bene allineate e non presentare rientranze o sporgenze maggiori di 25 mm.

Nel paramento a *mosaico grezzo* la faccia vista dei singoli pezzi dovrà essere ridotta col martello e la grossa punta a superficie perfettamente piana ed a figura poligonale, ed i singoli pezzi dovranno combaciare fra loro regolarmente, restando vietato l'uso delle scaglie.

In tutto il resto si seguiranno le norme indicate per il paramento a pietra rasa.

Nel paramento a *corsi pressoché regolari* il pietrame dovrà essere ridotto a conci piani e squadriati, sia col martello che con la grossa punta, con le facce di posa parallele fra loro e quelle di combaciamento normali a quelle di posa. I conci saranno posti in opera a corsi orizzontali di altezza che può variare da corso a corso, e potrà non essere costante per l'intero filare. Nelle superfici esterne dei muri saranno tollerate rientranze o sporgenze non maggiori di 15 mm.

Nel paramento a *corsi regolari* i conci dovranno essere perfettamente piani e squadriati, con la faccia vista rettangolare, lavorati a grana ordinaria, essi dovranno avere la stessa altezza per tutta la lunghezza del medesimo corso, e qualora i vari corsi non avessero eguale altezza, questa dovrà essere disposta in ordine decrescente dai corsi inferiori ai corsi superiori, con differenza però fra due corsi successivi non maggiore di 5 cm. La Direzione dei lavori potrà anche prescrivere l'altezza dei singoli corsi, ed ove nella stessa superficie di paramento venissero impiegati conci di pietra da taglio, per rivestimento di alcune parti, i filari di paramento a corsi regolari dovranno essere in perfetta corrispondenza con quelli della pietra da taglio.

Tanto nel paramento a corsi pressoché regolari, quanto in quello a corsi regolari, non sarà tollerato l'impiego di scaglie nella faccia esterna; il combaciamento dei corsi dovrà avvenire per almeno un terzo della loro rientranza nelle facce di posa, e non potrà essere mai minore di 10 cm nei giunti verticali.

La rientranza dei singoli pezzi non sarà mai minore della loro altezza, né inferiore a 25 cm; l'altezza minima dei corsi non dovrà essere mai minore di 20 cm.

In entrambi i paramenti a corsi, lo sfalsamento di due giunti verticali consecutivi non dovrà essere minore di 10 cm e le connessure avranno larghezza non maggiore di 1 cm.

Per tutti i tipi di paramento le pietre dovranno mettersi in opera alternativamente di punta in modo da assicurare il collegamento col nucleo interno della muratura.

Per le murature con malta, quando questa avrà fatto convenientemente presa, le connessure delle facce di paramento dovranno essere accuratamente stuccate.

In quanto alle connessure, saranno mantenuti i limiti di larghezza fissati negli articoli precedenti secondo le diverse categorie di muratura.

Per le volte in pietrame si impiegheranno pietre di forma, per quanto possibile, regolari, aventi i letti di posa o naturalmente piani o resi grossolanamente tali con la mazza o col martello.

In tutte le specie di paramenti la stuccatura dovrà essere fatta raschiando preventivamente le connessure fino a conveniente profondità per purgarle dalla malta, dalla polvere, e da qualunque altra materia estranea, lavandole con acqua abbondante e riempiendo quindi le connessure stesse con nuova malta della qualità prescritta, curando che questa penetri bene dentro, comprimendola e lisciandola con apposito ferro, in modo che il contorno dei conci sui fronti del paramento, a lavoro finito, si disegni nettamente e senza sbavature.

Art. 82 - Spessore minimo dei muri

A norma del D.M. 20 novembre 1987, lo spessore minimo dei muri, per realizzazione in zona sismica non può essere inferiore ai valori di cui alla seguente tabella.

Tabella 82.1. - Spessore dei muri

Tipo di muratura	Spessore minimo cm
a) muratura in elementi resistenti artificiali pieni	12
b) muratura in elementi resistenti artificiali semipieni	20
c) muratura in elementi resistenti artificiali forati	25
d) muratura di pietra squadrata	24
e) muratura listata	40
f) muratura di pietra non squadrata	50

È ammesso per gli edifici con non più di due piani fuori terra l'uso di muratura listata con l'impiego di malta cementizia.

La listatura deve essere realizzata mediante fasce di conglomerato semplice o armato oppure tramite ricorsi orizzontali costituiti da almeno tre corsi in laterizio pieno, posti ad interasse non superiore a 1,6 m ed estesi a tutta la lunghezza e a tutto lo spessore del muro; gli spessori dei muri devono essere non inferiori a quelli indicati nella seguente tabella:

Tabella 82.2. - Spessori dei muri

Spessori dei muri in pietrame listato			
	S = 6	S = 9	S = 12
piano secondo	40	40	50
piano primo	40	40	65
piano cantinato	55	55	80

Lo spessore delle murature deve essere non inferiore a 24 cm, al netto dell'intonaco; le murature debbono presentare in fondazione un aumento di spessore di almeno 20 cm.

Art. 83 - Cordoli di piano

I cordoli di piano realizzati in c.a., in riferimento alle prescrizioni del punto C.5, lettera d) del D.M. 16 gennaio 1996, al fine di garantire l'efficacia di collegamento tra le strutture resistenti verticali ed orizzontali, devono essere realizzati rispettando le seguenti indicazioni:

- i cordoli, in corrispondenza dei solai di piano e di copertura devono avere larghezza pari a quella della muratura sottostante; è consentita una riduzione di larghezza fino a 6 cm per l'arretramento del filo esterno, per la realizzazione di elementi di coibentazione termica o di fasce marcapiano. L'altezza di detti cordoli deve essere almeno pari a quella del solaio, e comunque non inferiore a 15 cm. L'armatura longitudinale deve essere di almeno 8 cm² costituita da ferri con diametro non inferiore a 16 mm e da staffe con diametro non inferiore a 6 mm poste ad interasse non superiore a 25 cm;
- nei solai le travi metalliche e i travetti prefabbricati devono essere prolungati nel cordolo per una lunghezza non inferiore alla metà della larghezza del cordolo stesso e comunque non inferiore a 12 cm; le travi metalliche devono essere munite di appositi ancoraggi.

La norma suddetta in corrispondenza degli incroci d'angolo dei muri maestri perimetrali prescrive su entrambi i lati zone di muratura di lunghezza pari ad almeno 1,00 m; tali lunghezze si intendono comprensive dello spessore del muro ortogonale.

Art. 84 - Muratura armata

84.1. Oggetto e ambito di applicazione

Per muratura armata s'intende quella costituita da elementi resistenti artificiali semipieni tali da consentire la realizzazione di pareti murarie incorporanti apposite armature metalliche verticali e orizzontali.

I blocchi devono essere collegati mediante malta di classe M2 - M1, che deve assicurare il riempimento sia dei giunti orizzontali sia dei giunti verticali.

L'armatura deve essere disposta concentrata alle estremità verticali ed orizzontali dei pannelli murari, definiti nel punto C.5.3.4 del D.M. 16 gennaio 1996 e diffusa nei pannelli secondo le indicazioni dei successivi punti C.5.3.3.2. e C.5.3.3.3 dello stesso D.M.. Nel caso in cui la muratura sia impiegata per la realizzazione di edifici per i quali sia da attribuire al coefficiente di protezione sismica I, di cui al punto C.6.1.1 del citato D.M. 16 gennaio 1996., un valore maggiore di uno, detta armatura diffusa deve essere integrata dall'armatura diffusa definita nel successivo punto C.5.3.3.4, sempre dello stesso D.M..

È ammessa la realizzazione di edifici mediante muratura armata non conforme alle presenti norme purché ne sia comprovata l'idoneità da una dichiarazione rilasciata dal Presidente del Consiglio superiore dei lavori pubblici, su conforme parere dello stesso Consiglio.

La malta o il conglomerato di riempimento dei vani ove alloggianno le armature deve avere resistenza caratteristica cubica non inferiore a 15 N/mm² (150 Kg/cm²).

84.2. Concezione strutturale dell'edificio

Tutte le pareti murarie devono essere di regola efficacemente connesse da solai tali da costituire diaframmi rigidi; è ammissibile che alcuni degli orizzontamenti non costituiscano diaframma rigido, ma soltanto collegamento tra le pareti murarie opposte.

84.3. Dettagli costruttivi

Le barre di armatura devono essere esclusivamente del tipo ad aderenza migliorata.

La disposizione dell'armatura deve essere studiata in modo da assicurarne la massima protezione nei confronti degli agenti corrosivi esterni; in ogni caso le distanze tra la superficie esterna di ciascuna barra e le superfici esterne del muro che la contiene devono essere non inferiori a 5 cm. La conformazione degli elementi resistenti e la disposizione delle barre devono essere tali da permettere la realizzazione dello sfalsamento dei giunti verticali tra i blocchi, sia nel piano del muro che nel suo spessore.

84.3.1. Armature in corrispondenza delle aperture

Lungo i bordi orizzontali delle aperture si deve disporre armatura la cui sezione trasversale complessiva deve essere quella richiesta dalle verifiche di sicurezza, e comunque non inferiore a 3 cm^2 per ciascun bordo. Tale armatura deve essere prolungata ai lati dell'apertura per almeno 60 diametri.

84.3.2. Armature verticali

L'armatura verticale deve essere disposta in corrispondenza degli innesti, degli incroci e dei bordi liberi dei pannelli murari, così come definiti nel successivo punto C.5.3.4. del D.M. 16 gennaio 1996; la sezione trasversale complessiva deve essere quella richiesta dall'analisi delle sollecitazioni, con un minimo di 4 cm^2 per estremità. Altra armatura verticale, di sezione uguale a quella disposta alle estremità, si deve disporre nel corpo delle pareti, in modo da non eccedere l'interasse di 5 m. Tutte le armature verticali devono essere estese all'intera altezza del pannello murario; nel caso in cui si abbia continuità verticale tra più pannelli, le corrispondenti armature devono essere collegate tra loro con le modalità nel seguito precisate. Le armature che non proseguono oltre il cordolo devono essere a questo ancorate. Le armature verticali devono essere alloggiare in vani di forma tale che in ciascuno di essi risulti inscrivibile un cilindro di almeno 6 cm di diametro. Di detti vani deve essere assicurato l'efficace e completo riempimento con malta o conglomerato cementizi.

Le sovrapposizioni devono garantire la continuità nella trasmissione degli sforzi di trazione, in modo che al crescere del carico lo snervamento dell'acciaio abbia luogo prima che venga meno il contenimento esercitato dagli elementi. In mancanza di dati sperimentali relativi agli elementi impiegati, o per forti in cui il diametro del cilindro inscrivibile sia superiore a 10 cm, le barre devono essere connesse per mezzo di idonei dispositivi meccanici, ovvero circondate da idonea staffatura per tutta la lunghezza della sovrapposizione, che deve essere assunta almeno pari a 60 diametri.

84.3.3. Armature orizzontali

In corrispondenza dei solai vanno disposti cordoli in calcestruzzo armato, secondo quanto prescritto al punto C.5.1. del D.M. 16 gennaio 1996, lettera d). Nei cordoli deve essere alloggiata l'armatura concentrata alle estremità orizzontali dei pannelli, di cui al punto C.5.3.1., fatti salvi i minimi di cui al punto C.5.1., lettera d) del citato D.M..

Altra armatura orizzontale, che costituisce incatenamento, di sezione non inferiore a 4 cm^2 , deve essere disposta nel corpo delle pareti, in modo da non eccedere l'interasse di 4 m.

Tale armatura deve essere alloggiata all'interno di vani di dimensioni tali da permetterne il completo ricoprimento con la stessa malta usata per la muratura.

La lunghezza di sovrapposizione va assunta almeno pari a 60 diametri. Alle estremità dei muri le barre devono essere ripiegate nel muro ortogonale per una lunghezza pari ad almeno 30 diametri.

Ulteriori armature orizzontali di diametro non inferiore a 5 mm devono essere disposte nel corpo della muratura a interassi non superiori a 60 cm, collegate mediante ripiegatura alle barre verticali presenti alle estremità del pannello murario.

84.3.4. Armatura diffusa

Detta armatura deve essere costituita da barre orizzontali e verticali, di sezione non inferiore a $0,2 \text{ cm}^2$ ciascuna, disposte nelle pareti murarie ad interassi non superiori al doppio dello spessore di ciascuna parete, e collegate mediante ripiegatura alle barre rispettivamente verticali e orizzontali presenti alle estremità del pannello murario. La sezione complessiva delle barre verticali non deve risultare inferiore allo 0,4 per mille del prodotto dello spessore della parete per la sua lunghezza; la sezione complessiva delle barre orizzontali non deve risultare inferiore allo 0,4 per mille del prodotto dello spessore della parete per la sua altezza.

L'armatura diffusa orizzontale, se presente, s'intende sostitutiva di quella di cui all'ultimo comma del punto C.5.3.3.3 del D.M. 16 gennaio 1996.

84.3.5. Prescrizioni tecniche per la resistenza alle sollecitazioni sismiche e verifica degli elementi resistenti

Con riferimento al D.M. 16 gennaio 1996:

- per gli edifici in muratura armata l'analisi delle sollecitazioni sismiche e la verifica degli elementi resistenti, è obbligatoria quando l'altezza dell'edificio superi i limiti previsti al punto C.2 del citato D.M. 16 gennaio 1996, per le costruzioni in muratura ordinaria.

Negli altri casi è sufficiente che siano rispettate:

- a) le prescrizioni di cui alle lettere a), b), e), g), h), i), l) e m) del punto C.5.2. sempre dello stesso D.M., con le seguenti modifiche: la distanza massima di cui alla lettera e) non deve superare 7 m, con snellezza dei setti murari comunque non superiore a 14; il coefficiente 0,50 riduttivo dell'area resistente totale di piano, che compare nell'espressione della tensione normale riportata alla lettera l), è elevato a 0,60; i limiti contenuti nelle tabelle 4a e 4b possono essere ridotti sottraendo 1,5 a ciascuno dei valori percentuali ivi indicati;
- b) le prescrizioni di cui ai punti precedenti relativi agli edifici in muratura armata; in particolare, per le sezioni delle barre di armatura dei pannelli murari, si devono adottare almeno i valori minimi, che qui si riportano:
 - 3 cm^2 lungo i bordi orizzontali delle aperture;
 - 4 cm^2 lungo i bordi verticali dei pannelli murari, così come definiti al punto C.5.3.4. sempre dello stesso D.M., e anche verticalmente nel corpo della muratura, qualora la lunghezza del pannello ecceda i 5 m;
 - 4 barre di diametro minimo 16 mm all'interno dei cordoli in corrispondenza dei solai, con staffe di diametro minimo 6 mm ad interasse non superiore a 25 cm;
 - 4 cm^2 per le barre disposte orizzontalmente nel corpo della muratura qualora l'altezza del pannello ecceda i 4 m;
 - armature orizzontali di diametro non inferiore a 5 mm disposte nel corpo della muratura ad interassi non superiori a 60 cm.

Art. 85 - Murature e riempimenti in pietrame a secco - Vespai

85.1. Murature in pietrame a secco

Dovranno essere eseguite con pietre lavorate in modo da avere forma il più possibile regolare, restando assolutamente escluse quelle di forma rotonda; le pietre saranno collocate in opera in modo che si colleghino perfettamente fra loro, scegliendo per i paramenti quelle di maggiori dimensioni, non inferiori a 20 cm di lato, e le più adatte per il miglior combaciamento, onde supplire così con l'accuratezza della costruzione alla mancanza di malta. Si eviterà sempre la ricorrenza delle connessioni verticali.

Nell'interno della muratura si farà uso delle scaglie soltanto per appianare i corsi e riempire gli interstizi tra pietra e pietra.

La muratura in pietrame a secco per muri di sostegno in controriva o comunque isolati sarà sempre coronata da uno strato di muratura in malta di altezza non minore di 30 cm; a richiesta della Direzione dei lavori vi si dovranno eseguire anche regolari fori di drenaggio, regolarmente disposti, anche su più ordini, per lo scolo delle acque.

I riempimenti in pietrame a secco (per drenaggi, fognature, banchettoni di consolidamento e simili) dovranno essere formati con pietrame da collocarsi in opera a mano su terreno ben costipato, al fine di evitare cedimenti per effetto dei carichi superiori.

Per drenaggi o fognature si dovranno scegliere le pietre più grosse e regolari e possibilmente a forma di lastroni quelle da impiegare nella copertura dei sottostanti pozzetti o cunicoli; oppure infine negli strati inferiori il pietrame di maggiore dimensione, impiegando nell'ultimo strato superiore pietrame minuto, ghiaia o anche pietrisco per impedire alle terre sovrastanti di penetrare e scendere otturando così gli interstizi tra le pietre. Sull'ultimo strato di pietrisco si dovranno pigiare convenientemente le terre, con le quali dovrà completarsi il riempimento dei cavi aperti per la costruzione di fognature e drenaggi.

85.2. Vespai e intercapedini

Nei locali in genere i cui pavimenti verrebbero a trovarsi in contatto con il terreno naturale potranno essere ordinati vespai in pietrame o intercapedini in laterizio. In ogni caso il terreno di sostegno di tali opere dovrà essere debitamente spianato, bagnato e ben battuto per evitare qualsiasi cedimento.

Per i vespai in pietrame si dovrà formare anzitutto in ciascun ambiente una rete di cunicoli di ventilazione, costituita da canaletti paralleli aventi interasse massimo di 1,50 m; essi dovranno correre anche lungo tutte le pareti ed essere comunicanti tra loro. Detti canali dovranno avere sezione non minore di 15 cm x 20 cm di altezza ed un sufficiente sbocco all'aperto, in modo da assicurare il ricambio dell'aria.

Ricoperti tali canali con adatto pietrame di forma pianeggiante, si completerà il sottofondo riempiendo le zone rimaste fra cunicolo e cunicolo con pietrame in grossi scheggioni disposti col l'asse maggiore verticale ed in contrasto fra loro, intasando i grossi vuoti con scaglie di pietra e spargendo infine uno strato di ghiaietto di conveniente grossezza sino al piano prescritto.

Le intercapedini, a sostituzione di vespai, potranno essere costituite da un piano di tavelloni murati in malta idraulica fina e poggiati su muretti in pietrame o mattoni, ovvero da voltine di mattoni, ecc..

Art. 86 - Murature formate da elementi resistenti artificiali

86.1. Caratteristiche meccaniche della muratura

Le due proprietà fondamentali in base alle quali si classifica una muratura sono la sua resistenza caratteristica a compressione f_k e la sua resistenza caratteristica a taglio f_{vk} .

86.2. Resistenza caratteristica a compressione

La resistenza caratteristica a compressione f_k di una muratura si determina per via sperimentale su campioni di muro secondo quanto indicato nell'allegato 2 del D.M. 20 novembre 1987.

Per murature in elementi artificiali pieni e semipieni tale resistenza può anche essere valutata in funzione delle proprietà dei suoi componenti, nel caso in cui siano verificate condizioni indicate al punto 92.3..

In ogni caso la resistenza caratteristica a compressione f_k richiesta dal calcolo statico deve essere indicata nel progetto delle opere.

Per progetti nei quali la verifica di stabilità richieda un valore di f_k maggiore o uguale a 8 N/mm^2 [80 Kg/cm^2] la Direzione dei lavori procederà al controllo del valore di f_k , secondo le modalità descritte nell'allegato 2 D.M. 20 novembre 1987.

86.3. Determinazione della resistenza caratteristica a compressione in base alle caratteristiche dei componenti

Per le murature formate da elementi artificiali pieni o semipieni il valore di f_k , può essere dedotto dalla resistenza a compressione degli elementi e dalla classe di appartenenza alla malta tramite la tabella seguente.

Tabella 86.1. - Valore della f_k per murature in elementi artificiali pieni e semipieni

Resistenza Caratteristica a compressione f_{bk} dell'elemento		Tipo di malta							
		M1		M2		M3		M4	
N/mm ²	kgf/cm ²	N/mm ²	kgf/cm ²	N/mm ²	kgf/cm ²	N/mm ²	kgf/cm ²	N/mm ²	kgf/cm ²
2.0	20	1.2	12	1.2	12	1.2	12	1.2	12
3.0	30	2.2	22	2.2	22	2.2	22	2.0	20
5.0	50	3.5	35	3.4	34	3.3	33	3.0	30
7.5	75	5.0	50	4.5	45	4.1	41	3.5	35
10.0	100	6.2	62	5.3	53	4.7	47	4.1	41
15.0	150	8.2	82	6.7	67	6.0	60	5.1	51
20.0	200	9.7	97	8.0	80	7.0	70	6.1	61
30.0	300	12.0	120	10.0	100	8.6	86	7.2	72
40.0	400	14.3	143	12.0	120	10.4	104	-	-

La validità di tale tabella è limitata a quelle murature aventi giunti orizzontali e verticali riempiti di malta e di spessore compreso tra 5 a 15 mm.

Per valori non contemplati in tabella è ammessa l'interpolazione lineare; in nessun caso sono ammesse estrapolazioni.

Per le murature che non soddisfino alla precedente condizione la tabella seguente non è valida e si procederà alla determinazione sperimentale della f_k secondo le modalità descritte nell'allegato 2 del D.M. 20 novembre 1987.

86.4. Resistenza caratteristica a taglio

La resistenza caratteristica a taglio della muratura in assenza di carichi verticali f_{vko} si determina per via sperimentale su campioni di muro, secondo le modalità dell'allegato 2 del D.M. 20 novembre 1987.

Per le murature formate da elementi resistenti artificiali pieni o semipieni tale resistenza può essere valutata per via indiretta in base alle caratteristiche dei componenti.

86.5. Determinazione della resistenza caratteristica a taglio in base alle caratteristiche dei componenti

La resistenza caratteristica a taglio della muratura è definita come resistenza all'effetto combinato delle forze orizzontali e dei carichi verticali agenti nel piano del muro e può essere ricavata tramite la seguente relazione:

$$f_{vk} = f_{vko} + 0,4 < s_n$$

ed inoltre per elementi resistenti artificiali semipieni o forati $f_{vk} = f_{vk \text{ lim}}$.

in cui

- f_{vko} resistenza caratteristica a taglio in assenza di carichi verticali;
- sn tensione normale media dovuta ai carichi verticali agenti nella sezione di verifica;
- $f_{vk \text{ lim}}$ valore massimo della resistenza caratteristica a taglio che può essere impiegata nel calcolo.

I valori di f_{vko} possono essere dedotti dalla resistenza caratteristica a compressione f_{bk} degli elementi resistenti tramite le tabelle B, C.

La validità di tali tabelle è limitata a quelle murature che soddisfano le condizioni già citate per la tabella A.

Per le murature che non soddisfino a tali condizioni si procederà alla determinazione sperimentale della f_{vko} secondo le modalità descritte nell'allegato 2.

I valori di $f_{vk \text{ lim}}$ saranno assunti pari a: $f_{vk \text{ lim}} = 1,4 f_{bk}$.

Essendo f_{bk} il valore caratteristico della resistenza degli elementi in direzione orizzontale e nel piano del muro (valore da ricavare secondo le modalità descritte nell'allegato 1 del D.M. 20 novembre 1987).

Tabella 86.2. - Valore di f_{vko} per murature in elementi artificiali in laterizio pieni e semipieni

Resistenza caratteristica a compressione f_{bk} dell'elemento		Tipo di malta	f_{vko}	
N/mm ²	Kgf/cm ²	M1-M2-M3-M4 M1-M2-M3-M4	N/mm ²	Kgf/cm ²
$f_{bk} = 15$	f_{bk}		0,20	2,0
$f_{bk} > 15$	$f_{bk} > 150$		0,30	3,0

Tabella 86.3. - Valore di f_{vko} per murature in elementi artificiali in calcestruzzo pieni e semipieni

Resistenza caratteristica a compressione f_{bk} dell'elemento		Tipo di malta	f_{vko}	
N/mm ²	Kgf/cm ²	M1-M2-M3-M4 M1-M2-M3-M4	N/mm ²	Kgf/cm ²
$f_{bk} = 3$	$F_{bk} = 30$		0,1 0,1 0,2 0,1	1 1 2 1
$f_{bk} > 3$	$f_{bk} > 30$			

Art. 87 - Murature formate da elementi resistenti naturali

87.1. Resistenza caratteristica a compressione della muratura

La resistenza caratteristica a compressione della muratura si determina per via sperimentale su campioni di muro secondo quanto indicato nell'allegato 2 del D.M. 20 novembre 1987, oppure può essere valutata in funzione delle proprietà dei suoi componenti tramite la tabella 96.1.

La validità di tale tabella è limitata a quelle murature aventi giunti orizzontali e verticali riempiti con malta avente le caratteristiche descritte all'art. 48 del presente Capitolato e di spessore compreso tra 5 e 15 mm.

In ogni caso la resistenza caratteristica a compressione f_k della muratura richiesta dal calcolo statico deve essere indicata nel progetto delle opere.

Per progetti nei quali la verifica di stabilità richiede un valore di f_k maggiore o eguale a 8/N mm² [80 Kgf/cm²] la

Direzione dei lavori procederà al controllo del valore di f_k , secondo le modalità descritte nell'allegato 2 del D.M. 20 novembre 1987.

88.1.1. Determinazione della resistenza caratteristica a compressione della muratura in base alle caratteristiche dei componenti

Ai fini della determinazione della resistenza caratteristica a compressione della muratura in funzione delle proprietà dei suoi componenti si assume convenzionalmente la resistenza caratteristica a compressione dell'elemento f_{bk} pari a:

$$f_{bk} = 0,75 f_{bm}$$

dove f_{bm} rappresenta la resistenza media a compressione degli elementi in pietra squadrata valutata secondo le indicazioni dell'allegato 1 al D.M. 20 novembre 1987.

Il valore della resistenza caratteristica a compressione della muratura f_k può essere dedotto dalla resistenza caratteristica a compressione degli elementi f_{bk} e dalla classe di appartenenza della malta tramite la seguente tabella 96.1.

Per valori non contemplati in tabella è ammessa l'interpolazione lineare; in nessun caso sono ammesse estrapolazioni.

Tabella 87.1- Valore della f_k per murature in elementi naturali di pietra squadrata.

Resistenza caratteristica a compressione f_{bk} dell'elemento		Tipo di malta							
		M1		M2		M3		M4	
N/mm ²	kgf/cm ²	N/mm ²	kgf/cm ²	N/mm ²	kgf/cm ²	N/mm ²	kgf/cm ²	N/mm ²	kgf/cm ²
1.5	15	1.0	10	1.0	10	1.0	10	1.0	10
3.0	30	2.2	22	2.2	22	2.2	22	2.0	20
5.0	50	3.5	35	3.4	34	3.3	33	3.0	30
7.5	75	5.0	50	4.5	45	4.1	41	3.5	35
10.0	100	6.2	62	5.3	53	4.7	47	4.1	41
15.0	150	8.2	82	6.7	67	6.0	60	5.1	51
20.0	200	9.7	97	8.0	80	7.0	70	6.1	61
30.0	300	12.0	120	10.0	100	8.6	86	7.2	72
≥40.0	≥400	14.3	143	12.0	120	10.4	104	-	-

88.1.2. Resistenza caratteristica a taglio della muratura

La resistenza caratteristica a taglio della muratura in assenza di carichi verticali f_{vko} si determina per via sperimentale su campioni di muro, secondo le modalità dell'allegato 2 del D.M. 20 novembre 1987.

Tale resistenza può essere valutata anche in funzione delle proprietà dei suoi componenti nel caso in cui siano verificate le condizioni di cui al primo comma del punto 3.3.1. del D.M. 20 novembre 1987.

La resistenza caratteristica a taglio della muratura in base alle caratteristiche dei componenti è definita come resistenza all'effetto combinato delle forze orizzontali e dei carichi verticali agenti nel piano del muro e può essere ricavata tramite la seguente relazione:

$$f_{vk} = f_{vko} + 0,4 \sigma_n$$

dove

f_{vko} resistenza caratteristica a taglio in assenza di carichi verticali;

σ_n tensione normale media dovuta ai carichi verticali agenti nella sezione di verifica;

I valori di f_{vko} possono essere dedotti dalla resistenza caratteristica a compressione f_{bk} degli elementi resistenti tramite la tabella 96.2.

Tabella 87.2 - Valore di f_{vko} per murature in pietra naturale squadrata

Resistenza caratteristica a compressione f_{bk} dell'elemento		Tipo di malta	f_{vko}	
N/mm ²	kgf/cm ²	M1-M2-M3-M4 M1-M2-M3-M4	N/mm ²	kgf/cm ²
$f_{bk} \leq 3$	$F_{bk} = 30$		0,1	1
			0,1	1
			0,2	2
			0,1	1

$f_{bk} > 3$	$f_{bk} > 30$			
--------------	---------------	--	--	--

Art. 88 - Incatenamenti orizzontali interni

Gli incatenamenti orizzontali interni, aventi lo scopo di collegare i muri paralleli della scatola muraria ai livelli dei solai, devono essere realizzati per mezzo di armature metalliche.

Tali incatenamenti dovranno avere le estremità efficacemente ancorate ai cordoli.

Nella direzione di tessitura del solaio possono essere omessi gli incatenamenti quando il collegamento è assicurato dal solaio stesso.

In direzione ortogonale al senso di tessitura del solaio gli incatenamenti orizzontali saranno obbligatori per solai con luce superiore ai 4,5 m e saranno costituiti da armature con una sezione totale pari a 4 cm² per ogni campo di solaio.

Art. 89 - Collegamenti

Tutti i muri saranno collegati al livello dei solai mediante cordoli e, tra di loro, mediante ammorsamenti lungo le intersezioni verticali.

Inoltre essi saranno collegati da opportuni incatenamenti al livello dei solai. Nella direzione di tessitura dei solai la funzione di collegamento potrà essere espletata dai solai stessi purché adeguatamente ancorati alla muratura.

Il collegamento tra la fondazione e la struttura in elevazione di norma deve essere realizzato mediante cordolo in c.a. disposto alla base di tutte le murature verticali resistenti, di spessore pari a quello della muratura di fondazione e di altezza non inferiore alla metà di detto spessore.

Art. 90 - Costruzione delle volte

Le volte in genere saranno costruite sopra solide armature, formate secondo le migliori regole, ed in modo che il manto o tamburo assuma la conformazione assegnata all'intradosso degli archi, volte o piattabande, salvo a tener conto di quel tanto in più, nel sesto delle centine, che si crederà necessario a compenso del presumibile abbassamento della volta dopo il disarmo.

È data facoltà all'Appaltatore di adottare nella formazione delle armature suddette quel sistema che crederà di sua convenienza, purché presenti la necessaria stabilità e sicurezza, avendo l'Appaltatore l'intera responsabilità della loro riuscita, con l'obbligo di demolire e rifare a sue spese le parti che, in seguito al disarmo, si siano deformate o abbiano perduto la voluta robustezza.

Ultimata l'armatura e diligentemente preparate le superfici d'imposta delle volte, saranno collocati in opera i conci di pietra od i mattoni con le connessure disposte nella direzione precisa dei successivi raggi di curvatura dell'intradosso, curando di far procedere la costruzione gradatamente contemporaneamente sui due fianchi. Dovranno inoltre essere sovraccaricate le centine alla chiave per impedirne lo sfiancamento, impiegando a tale scopo lo stesso materiale destinato alla costruzione della volta.

In quanto alle connessure saranno mantenuti i limiti di larghezza fissati negli articoli precedenti secondo le diverse categorie di muratura.

Per le volte in pietrame si impiegheranno pietre di forma, per quanto possibile, regolare, aventi i letti di posa o naturalmente piani o resi grossolanamente tali con la mazza o col martello.

Nelle volte con mattoni di forma ordinaria le connessure non dovranno mai eccedere la larghezza di 5 mm all'intradosso e di 10 all'estradosso. A tal uopo l'Appaltatore per le volte di piccolo raggio, è obbligato, senza diritto ad alcun compenso speciale, a tagliare diligentemente i mattoni per renderli cuneiformi, ovvero a provvedere, pure senza speciale compenso, mattoni speciali lavorati a raggio.

Si avrà la maggiore cura tanto nella scelta dei materiali, quanto nel loro collocamento in opera, e nell'unire con malta gli ultimi filari alla chiave si useranno i migliori metodi suggeriti dall'arte, onde abbia a risultare un lavoro in ogni parte perfetto.

Le imposte degli archi, piattabande e volte dovranno essere eseguite contemporaneamente ai muri e dovranno riuscire bene collegate ad essi. La larghezza delle imposte stesse non dovrà in nessun caso essere inferiore a 20 cm. Occorrendo impostare volte od archi su piedritti esistenti, si dovranno preparare preventivamente i piani di imposta mediante i lavori che saranno necessari, e che sono compresi fra gli oneri a carico dell'Appaltatore.

Per le volte oblique, i mattoni debbono essere tagliati sulle teste e disposti seguendola linea prescritta.

Nelle murature di mattoni pieni, messi in foglio o di costa, murati con cemento a pronta presa per formazione di volte a botte, a crociera, a padiglione, a vela, ecc., e per volte di scale alla romana, saranno seguite tutte le norme e cautele che l'arte specializzata prescrive, in modo da ottenere una perfetta riuscita dei lavori.

Sulle volte saranno formati i regolari rinfianchi fino al livello dell'estradosso in chiave, con buona muratura in malta in corrispondenza delle pareti superiori e con calcestruzzo per il resto. Le sopraindicate volte in foglio dovranno essere

rinforzate, ove occorra, da ghiere o fasce della grossezza di una testa di mattoni collegate alla volta durante la costruzione.

Per le volte e gli archi di qualsiasi natura l'Appaltatore non procederà al disarmo senza il preventivo assenso della Direzione dei lavori. Le centinature saranno abbassate lentamente ed uniformemente per tutta la larghezza, evitando soprattutto che per una parte il volto rimanga privo di appoggio, mentre l'altra è sostenuta dall'armatura.

Art. 91 - Calcestruzzo leggero strutturale e per strutture in c.a. normale. Calcestruzzo aerato autoclavato

91.1. Calcestruzzo leggero strutturale

91.1.1. Definizioni

Si definisce calcestruzzo leggero strutturale, un conglomerato cementizio a struttura chiusa ottenuto sostituendo tutto o in parte l'inerte ordinario con aggregato leggero artificiale, costituito da argilla o scisti espansi.

Questo calcestruzzo è caratterizzato da una massa volumica a 28 gg. compresa tra 1400 e 2000 kg/m².

La resistenza caratteristica a compressione R_{ck} a 28 gg. deve risultare non inferiore a 15 N/mm².

La massa volumica del conglomerato viene misurata secondo le procedure indicate nella norma **UNI 7548 - Parte 2°**.

Per la determinazione di R_{ck} valgono le prescrizioni relative ai conglomerati ordinari.

91.1.2. Aggregato leggero

91.1.2.1. Definizioni

Si definisce massa volumica media dei granuli il rapporto tra la massa del materiale essiccato ed il suo volume, delimitato dalla superficie dei granuli stessi. Il suo valore si può determinare con le procedure indicate nella norma **UNI 7549 - Parte 5°**.

Si definisce massa volumica dell'aggregato leggero in mucchio (peso in mucchio) la massa di un volume unitario di aggregato, comprendendo nella misura i vuoti dei granuli e fra i granuli. Il suo valore si può determinare con le procedure indicate nella norma **UNI 7549 - Parte 4°**.

Per gli aggregati di argilla espansa, in via approssimata, la massa volumica media dei granuli può stimarsi moltiplicando per 1,7 la massa volumica in mucchio.

91.1.2.2. Caratteristiche dei granuli

Per granuli di argilla espansa e di scisti espansi si richiede:

- nel caso di argilla espansa: superficie a struttura prevalentemente chiusa, con esclusione di frazioni granulometriche ottenute per frantumazione successiva alla cottura;
- nel caso di scisti espansi: struttura non sfaldabile con esclusione di elementi frantumati come sopra indicato.

91.1.2.3. Coefficiente di imbibizione

Il coefficiente di imbibizione dell'aggregato leggero è definito come quantità di acqua che l'inerte leggero può assorbire, in determinate condizioni, espressa in per cento della sua massa.

Il suo valore si può determinare con le procedure indicate nella norma UNI 7549 Parte 6° (giugno 1976).

Il coefficiente di imbibizione determinato dopo 30 min. deve essere non maggiore del 10% per aggregati con massa volumica in mucchio superiore a 500 kg/m², e 15% per aggregati con massa volumica in mucchio non superiore a 500 kg/m².

91.1.3. Composizione del calcestruzzo

91.1.3.1. Definizioni

Il volume del calcestruzzo assestato è uguale alla somma dei volumi assoluti del cemento, degli aggregati, dell'acqua e dell'aria occlusa.

Si definisce volume assoluto di un componente il suo volume reale, escludendo i vuoti dei granuli e fra i granuli, per i componenti solidi.

Si definisce indice di assestamento di un calcestruzzo leggero il valore determinato con le procedure indicate nell'appendice B della norma **UNI 7549 - Parte 12°**.

91.1.3.2. Acqua

L'acqua impiegata per l'impasto del calcestruzzo leggero è costituita da:

- acqua efficace: è quella contenuta nella pasta cementizia. Essa condiziona la lavorabilità e la resistenza del calcestruzzo leggero. A titolo orientativo, per un calcestruzzo di consistenza plastica, avente un indice di

assestamento compreso tra 1,15 e 1,20 il dosaggio di acqua efficace risulta compreso fra 150 e 180 litri per metro cubo di calcestruzzo assestato;

- acqua assorbita dell'aggregato leggero nel periodo di tempo tra miscelazione e posa in opera.

L'assorbimento dà luogo ad una perdita progressiva di lavorabilità dell'impasto.

Si assume pari all'assorbimento in peso a 30 min. misurato secondo **UNI 7549-76**. In mancanza di una determinazione diretta, tale assorbimento può essere valutato pari al 10% del peso dell'aggregato leggero presente nell'impasto.

Il dosaggio dell'acqua risulta dalla somma dell'acqua efficace e dell'acqua assorbita. Da tale somma si deve detrarre l'acqua contenuta nella sabbia naturale ed il 40% dell'acqua presente come umidità nell'aggregato leggero.

Quindi l'umidità presente nell'aggregato leggero deve essere determinata ai fini del calcolo del dosaggio dell'acqua di impasto. La prebagnatura degli aggregati leggeri non è necessaria se non in casi particolari.

91.1.3.3. Aria occlusa

È misurata dai vuoti residui di assestamento dell'impasto ed ha un volume che può considerarsi mediamente compreso tra il 2,5% ed il 3,5% del volume del calcestruzzo assestato.

La quantità di aria occlusa può essere aumentata a mezzo di additivi aeranti (vedi **UNI 7103-72**), comunque non superando il 7% del volume del calcestruzzo assestato.

91.1.4. Confezione e posa del calcestruzzo

91.1.4.1. Confezione

È opportuno eseguire una prova del mescolatore al fine di verificare l'idoneità per l'impasto previsto.

In condizioni normali, si consiglia di introdurre i componenti dell'impasto nel mescolatore in rotazione nel seguente ordine:

- aggregato grosso;
- 2/3 dell'acqua totale prevista e, dopo un intervallo di circa 30" / 60":
- aggregato fine e cemento,
- 1/3 dell'acqua prevista, con eventuali additivi.

Il tempo di miscelazione, a partire dall'avvenuta introduzione di tutti i componenti, non deve risultare inferiore a un minuto primo, seppure sia consigliabile un tempo maggiore.

91.1.4.2. Consistenza

Per disporre di sufficiente coesione ed evitare segregazioni, la consistenza dovrà essere "plastica" al momento della posa in opera, e cioè con un indice di assestamento compreso, nei casi ordinari, tra 1,10 e 1,20.

La consistenza necessaria al momento del getto dovrà essere determinata, caso per caso, con prove preliminari.

91.1.4.3. Posa e compattazione

I getti devono essere eseguiti a strati di spessore limitato per consentirne la vibrazione completa ed evitare il fenomeno della segregazione.

La compattazione del calcestruzzo leggero va sempre realizzata con l'impiego di vibrazione, la cui entità deve essere maggiore che per il calcestruzzo ordinario.

91.1.5. Proprietà del calcestruzzo indurito

Data la estrema variabilità delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo leggero in funzione della sua composizione e del tipo di aggregato leggero utilizzato, la maggior parte delle caratteristiche necessarie ai fini dei calcoli strutturali andranno definite per via sperimentale.

È obbligatorio quindi eseguire uno "studio preliminare di qualificazione" esteso alle grandezze di seguito indicate.

91.1.5.1. Massa volumica

Si intende quella misurata a 28 giorni di stagionatura, determinata secondo la norma **UNI 7548 - Parte 2°**.

La massa del calcestruzzo armato, in mancanza di valutazioni specifiche, si potrà assumere incrementando di 100 kg/m² la massa misurata del calcestruzzo.

91.1.5.2. Resistenza caratteristica a compressione

È definita e va controllata come per il calcestruzzo normale secondo i criteri di cui all'Allegato 2 del D.M. 9 gennaio 1996.

91.1.5.3. Resistenza a trazione

Va determinata mediante prove sperimentali a trazione semplice, secondo le modalità di cui alle norme UNI. Se la resistenza a trazione è determinata mediante prove di resistenza a trazione indiretta o a trazione per flessione, il valore della resistenza a trazione semplice può essere dedotto utilizzando opportuni coefficienti di correlazione. Valutata la resistenza a trazione media f_{ctm} su almeno 6 campioni prismatici o cilindrici, i valori caratteristici corrispondenti ai frattili 5% e 95% possono assumersi pari a:

$$\begin{aligned}f_{ctk} (5\%) &= 0,7 f_{ctm} \\f_{ctk} (95\%) &= 1,3 f_{ctm}\end{aligned}$$

Il valore della resistenza a trazione per flessione si assumerà, in mancanza di sperimentazione diretta, pari a:

$$f_{ctm} = 1,2 f_{ctm}$$

91.1.5.4. Modulo elastico

Il modulo elastico secante a compressione va determinato mediante sperimentazione diretta da eseguirsi secondo la norma **UNI 6556**, ed è dato dal valore medio su almeno 3 Provini prismatici o cilindrici.

91.1.5.5. Dilatazione termica

In mancanza di determinazione diretta, il coefficiente di dilatazione termica può assumersi pari a:

$$\alpha = 0,8 \cdot 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$$

91.2. Calcestruzzo per strutture in c.a. normale

91.2.1. Trasporto e consegna

Il Direttore dei lavori prima dell'accettazione del calcestruzzo dovrà verificare l'eventuale segregazione dei materiali, perdita di componenti o contaminazione della miscela durante il trasporto e lo scarico dai mezzi.

Per il calcestruzzo preconfezionato i tempi di trasporto devono essere commisurati alla composizione del calcestruzzo ed alle condizioni atmosferiche, a tal la Direzione dei lavori potrà chiedere all'Appaltatore, prima dell'esecuzione del getto, informazioni circa la composizione del calcestruzzo (additivi, tipo di cemento, rapporto acqua/cemento, tipo di aggregati, ecc., impianto di produzione del calcestruzzo preconfezionato, tipo di autobetoniera e quantità di calcestruzzo, certificazioni varie, estremi della bolla di consegna). Tali informazioni dovranno essere date dall'Appaltatore prima o durante il getto del calcestruzzo.

Le considerazioni su esposte valgono anche per il calcestruzzo confezionato in cantiere.

Il Direttore dei lavori potrà rifiutare il calcestruzzo qualora non risponda alle prescrizioni contrattuali ed alle prescrizioni delle norme UNI vigenti in materia ovvero se la consistenza venga portata ai valori contrattuali.

Norma di riferimento:

UNI 9858 Calcestruzzo. Prestazioni, produzione, posa in opera e criteri di conformità.

91.2.2. Getto

91.2.2.1 Modalità

Prima dell'esecuzione del getto la Direzione dei lavori dovrà verificare la corretta posizione delle armature metalliche, la rimozione di polvere, terra, ecc, dentro le casseformi; i giunti di ripresa delle armature, la bagnatura dei casseri, le giunzioni tra i casseri, la pulitura dell'armatura da ossidazioni metalliche superficiali, la stabilità delle casseformi, ecc.. I getti devono essere eseguiti a strati di spessore limitato per consentirne la vibrazione completa ed evitare il fenomeno della segregazione dei materiali, spostamenti e danni alle armature, guaine, ancoraggi, ecc

Il calcestruzzo pompabile deve avere una consistenza semifluida, con uno slump non inferiore a 10-15 cm, inoltre l'aggregato deve avere diametro massimo non superiore ad 1/3 del diametro interno del tubo della pompa.

Le pompe a rotore o a pistone devono essere impiegate per calcestruzzo avente diametro massimo dell'aggregato non inferiore a 15 mm. In caso di uso di pompe a pistone devono adoperarsi le necessarie riduzioni del diametro del tubo in relazione al diametro massimo dell'inerte che non deve essere superiore ad 1/3 del diametro interno del tubo di distribuzione.

Le pompe pneumatiche devono adoperarsi per i betoncini e le malte o pasta di cemento.

La Direzione dei lavori, durante l'esecuzione del getto del calcestruzzo, dovrà verificare la profondità degli strati, e la distribuzione uniforme entro le casseformi, l'uniformità della compattazione senza fenomeni di segregazione, gli accorgimenti per evitare danni dovuti alle vibrazioni o urti alle strutture già gettate.

L'Appaltatore ha l'onere di approntare i necessari accorgimenti per la protezione delle strutture appena gettate dalle condizioni atmosferiche negative o estreme: piogge, freddo, caldo. La superficie dei getti deve essere mantenuta umida per almeno tre giorni.

Non si deve mettere in opera calcestruzzo a temperature minori di 0 °C salvo il ricorso ad opportune cautele autorizzate dalla Direzione dei lavori.

Norma di riferimento:

UNI 9858 *Calcestruzzo. Prestazioni, produzione, posa in opera e criteri di conformità.*

91.2.2.2. Riprese di getto. Riprese di getto su calcestruzzo fresco e su calcestruzzo indurito

Le interruzioni del getto devono essere limitate al minimo possibile, in tutti i casi devono essere autorizzate dalla Direzione dei lavori.

Le riprese del getto su calcestruzzo fresco possono essere eseguite mediante l'impiego di additivi ritardanti nel dosaggio necessario in relazione alla composizione del calcestruzzo.

Le riprese dei getti su calcestruzzo indurito devono prevedere superfici di ripresa del getto precedente molto rugose che devono essere accuratamente pulite e superficialmente trattate per assicurare la massima adesione tra i due getti di calcestruzzo. La superficie di ripresa del getto di calcestruzzo può essere ottenuta con:

- scarificazione della superficie del calcestruzzo già gettato;
- spruzzando sulla superficie del getto una dose di additivo ritardante la presa;
- Collegando i due getti con malta con collegamento a ritiro compensato.

Norma di riferimento:

UNI 9858 *Calcestruzzo. Prestazioni, produzione, posa in opera e criteri di conformità.*

91.2.2.3 Getti in climi freddi

I getti di calcestruzzo in climi freddi non devono essere eseguiti a temperatura inferiore a 0 °C. Nei casi estremi la Direzione dei lavori potrà autorizzare l'uso di additivi acceleranti. In caso di temperature molto basse il calcestruzzo dovrà essere confezionato con inerti preriscaldati con vapore ed acqua con temperatura tra 50 e 90 °C, avendo cura di non mescolare il cemento con l'acqua calda per evitare una rapida presa.

A discrezione della Direzione dei lavori anche le casseforme potranno essere riscaldate dall'esterno mediante vapore acqueo, acqua calda od altro.

91.2.2.4. Getti in climi caldi

I getti di calcestruzzo in climi caldi devono essere eseguiti di mattina, di sera o di notte ovvero quando la temperatura risulta più bassa.

Il calcestruzzo dovrà essere confezionato preferibilmente con cementi a basso calore di idratazione oppure aggiungendo additivi ritardanti all'impasto.

Il getto successivamente deve essere trattato con acqua nebulizzata e con barriere frangivento per ridurre l'evaporazione dell'acqua di impasto.

Nei casi estremi il calcestruzzo potrà essere confezionato raffreddando i componenti ad esempio tenendo all'ombra gli inerti ed aggiungendo ghiaccio all'acqua. In tal caso, prima dell'esecuzione del getto entro le casseforme, la Direzione dei lavori dovrà accertarsi che il ghiaccio risulti completamente disciolto.

91.2.3. Vibrazione e compattazione

La compattazione del calcestruzzo deve essere appropriata alla consistenza del calcestruzzo. Nel caso di impiego di vibratori l'uso non deve essere prolungato per non provocare la separazione dei componenti il calcestruzzo per effetto della differenza del peso specifico ed il rifluimento verso l'alto dell'acqua di impasto con conseguente trasporto di cemento.

La compattazione del calcestruzzo deve evitare la formazione di vuoti, soprattutto nelle zone di copriferro.

Norma di riferimento:

UNI 9858 *Calcestruzzo. Prestazioni, produzione, posa in opera e criteri di conformità.*

91.2.4. Stagionatura e protezione - Fessurazione superficiale

La stagionatura delle strutture in calcestruzzo armato potrà essere favorita approntando accorgimenti per prevenire il prematuro essiccamento per effetto dell'irraggiamento solare e dell'azione dei venti, previa autorizzazione della Direzione dei lavori, mediante copertura con teli di plastica, rivestimenti umidi, getti d'acqua nebulizzata sulla

superficie, prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione ed il ultimo allungando i tempi del disarmo. I metodi predetti possono essere applicati sia separatamente o combinati.

I tempi di stagionatura potranno essere determinati con riferimento alla maturazione in base al grado di idratazione della miscela di calcestruzzo, agli usi locali, ecc.; in tutti i casi si farà riferimento al punto 10.6. - Stagionatura e protezione, della norma UNI 9858 ed in particolare al Prospetto XII - Durata minima del tempo di stagionatura in giorni per classi di esposizione 2 e 5a.

Per le strutture in c.a. in cui non sono ammesse fessurazioni dovranno essere predisposti i necessari accorgimenti previsti dal progetto esecutivo o impartite dalla Direzione dei lavori. Le fessurazioni superficiali dovute al calore che si genera nel calcestruzzo devono essere controllate mantenendo la differenza di temperatura tra il centro e la superficie del getto intorno ai 20°C.

Norme di riferimento:

UNI 9858 *Calcestruzzo. Prestazioni, produzione, posa in opera e criteri di conformità.*

UNI 8656 *Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione. Classificazione e requisiti.*

UNI 8656 FA 219-87 *Foglio di aggiornamento n. 1. Alla UNI 8656. Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione. Classificazione e requisiti.*

UNI 8657 *Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione. Determinazione della ritenzione d'acqua.*

UNI 8657 FA 220-87 *01/05/87 Foglio di aggiornamento n. 1 alla UNI 8657. Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione. Determinazione della ritenzione d'acqua.*

UNI 8658 *Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione. Determinazione del tempo di essiccamento.*

UNI 8658 FA 221-87 *Foglio di aggiornamento n. 1 alla UNI 8658. Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione. Determinazione del tempo di essiccamento.*

UNI 8659 *Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione. Determinazione del fattore di riflessione dei prodotti filmogeni pigmentati di bianco.*

UNI 8659 FA 222-87 *Foglio di aggiornamento n. 1 alla UNI 8659. Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione. Determinazione del fattore di riflessione dei prodotti filmogeni pigmentati di bianco.*

UNI 8660 *Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione. Determinazione dell'influenza esercitata dai prodotti filmogeni sulla resistenza all'abrasione del calcestruzzo.*

UNI 8660 FA 223-87 *Foglio di aggiornamento n. 1 alla UNI 8660. Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione. Determinazione dell'influenza esercitata dai prodotti filmogeni sulla resistenza all'abrasione del calcestruzzo.*

91.2.5 Maturazione accelerata a vapore

In cantiere la maturazione accelerata a vapore del calcestruzzo gettato può ottenersi con vapore alla temperatura di 55-80 °C alla pressione atmosferica. La temperatura massima raggiunta dal calcestruzzo non deve superare i 60 °C, il successivo raffreddamento deve avvenire con gradienti non superiori a 10°C/h.

Norma di riferimento:

UNI 9858 *Calcestruzzo. Prestazioni, produzione, posa in opera e criteri di conformità.*

91.2.6. Disarmo delle strutture

Il disarmo deve avvenire per gradi ed in modo da evitare azioni dinamiche adottando opportuni provvedimenti.

Il disarmo non deve avvenire prima che la resistenza del conglomerato abbia raggiunto il valore necessario in relazione all'impiego della struttura all'atto del disarmo, tenendo anche conto delle altre esigenze progettuali e costruttive; la decisione è lasciata al giudizio del Direttore dei lavori.

Le operazioni di disarmo delle strutture devono essere eseguite da personale specializzato, dopo l'autorizzazione del Direttore dei lavori e alla presenza del capo cantiere. Si dovrà tenere conto e prestare attenzione che sulle armature da disarmare non vi siano carichi accidentali e temporanei e verificare i tempi di maturazione dei getti in calcestruzzo.

Il disarmo di armature provvisorie di grandi opere quali:

- centine per ponti ad arco;
- coperture ad ampia luce e simili;
- altre opere che non rientrano negli schemi di uso corrente

deve essere eseguito:

- con cautela;
- da operai pratici;
- sotto la stretta sorveglianza del capo cantiere;
- solo dopo l'autorizzazione del Direttore dei lavori.

È vietato disarmare le armature di sostegno se sulle strutture insistono carichi accidentali e temporanei.

Il disarmo deve essere eseguito ad avvenuto indurimento del calcestruzzo, le operazioni non devono provocare danni al calcestruzzo e soprattutto agli spigoli.

L'Appaltatore non può effettuare il disarmo delle strutture entro giorni dalla data di esecuzione del getto.

Il caricamento delle strutture in c.a. disarmate deve essere autorizzato dalla Direzione dei lavori che deve valutarne l'idoneità statica o in relazione alla maturazione del calcestruzzo ed i carichi sopportabili.

La Direzione dei lavori potrà procedere alla misura delle deformazioni delle strutture dopo il disarmo, considerando l'azione del solo peso proprio.

In ogni caso per il disarmo delle strutture in c.a. si farà riferimento alle norme:

D.P.R. 7 gennaio 1956, n. 164 - Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro nelle costruzioni.

SS UNI U50.00.206.0 Casseforme. Requisiti generali per la progettazione, la costruzione e l'uso.

UNI 9858 Calcestruzzo. Prestazioni, produzione, posa in opera e criteri di conformità.

Tabella 91.1. Tempi minimi per del disarmo delle strutture in c.a. dalla data del getto

	Calcestruzzo normale (giorni)	Calcestruzzo ad alta resistenza (giorni)
Sponde dei casseri di travi e pilastri	3	2
Solette si luce modesta	10	4
Puntelli e centine di travi, archi e volte	24	12
Strutture a sbalzo	28	14

91.2.7. Casseforme e puntelli

Le casseforme possono essere realizzate con i seguenti materiali:

- metallici: acciai e leghe di alluminio;
- legno e materiali a base di legno;
- altri materiali purché rispondenti alle prescrizioni di sicurezza per la struttura.

I casseri e i puntelli devono rimanere indisturbati fino alla data di disarmo delle strutture. I casseri ed i puntelli devono assicurare le tolleranze strutturali in modo da non compromettere l'idoneità delle strutture interessate.

La controfreccia assicurata ai casseri deve essere rispondente alle prescrizioni progettuali strutturali e della centinatura.

Le giunzioni dei pannelli dei casseri devono assicurare una tenuta stagna per evitare la perdita degli inerti fini. La superficie interna dei casseri non deve provocare difetti alla superficie del calcestruzzo. La superficie interna dei casseri, prima dell'uso, deve essere accuratamente pulita, gli eventuali prodotti disarmanti devono essere autorizzati dalla Direzione dei lavori.

I casseri ed i puntelli devono rispondere alla seguente norma: **SS UNI U50.00.206.0** Casseforme. Requisiti generali per la progettazione, la costruzione e l'uso, inoltre, devono essere montati da personale specializzato.

Tabella 91.2. Legname per carpenteria

Tavolame	Tavole (o sottomisure)	spessore 2,5 cm larghezza 8-16 cm lunghezza 4 m
	Tavoloni (da ponteggio)	spessore 5 cm larghezza 30-40 cm lunghezza 4 m
Legname segato	Travi (sostacchine)	sezione quadrata da 12x12 a 20x20 cm lunghezza 4 m
Legname tondo	Antenne, candele	diametro min 12 cm lunghezza > 10-12 cm
	Pali, ritti	diametro 10-12 cm lunghezza > 6-12 cm
Residui di lavorazioni precedenti	da tavole (mascelle) da travi (mozzature)	lunghezza >20 cm

Fonte: AITEC, Il cemento armato: carpenteria

91.2.8. Disarmanti

L'impiego di disarmanti per facilitare il distacco delle casseforme non deve pregiudicare l'aspetto della superficie del calcestruzzo, la permeabilità, influenzarne la presa, o determinare la formazione di bolle e macchie.

La Direzione dei lavori potrà autorizzare l'uso di disarmanti sulla base di prove sperimentali per valutarne gli effetti finali; in generale le quantità di disarmante non devono superare i dosaggi indicati dal produttore lo stesso vale per l'applicazione del prodotto.

Norme di riferimento:

UNI 8866-1 *Prodotti disarmanti per calcestruzzi. Definizione e classificazione.*

UNI 8866-1 FA 1-89 *Prodotti disarmanti per calcestruzzi. Definizione e classificazione.*

UNI 8866-2 *Prodotti disarmanti per calcestruzzi. Prova dell'effetto disarmante, alle temperature di 20 e 80 °C, su superficie di acciaio o di legno trattato.*

UNI 8866-2 FA 1-89 *Prodotti disarmanti per calcestruzzi. Prova dell'effetto disarmante, alle temperature di 20 e 80 °C, su superficie di acciaio o di legno trattato.*

91.3. Relazione a struttura ultimata

Le operazioni di collaudo avranno inizio dopo il completamento della struttura e la redazione da parte del Direttore dei lavori della relazione a strutture ultimate (art. 6, legge n. 1086/1971). Quest'ultima deve essere emessa in duplice copia, entro il termine di 60 giorni e inviata all'Ufficio del Genio Civile competente per territorio, e dovrà riguardare gli adempimenti degli obblighi di cui all'art. 4 della legge n. 1086/1971, esponendo e/o allegando:

- a) i certificati delle prove sui materiali impiegati emessi da laboratori ufficiali;
- b) per le opere in conglomerato armato precompresso, ogni indicazione inerente alla tesatura dei cavi ed ai sistemi di messa in coazione;
- c) l'esito delle eventuali prove di carico, allegando le copie dei relativi verbali firmate per copia conforme.

Delle due copie della relazione, una sarà conservata agli atti del Genio Civile e l'altra, con l'attestazione dell'avvenuto deposito, sarà restituita al Direttore dei lavori che provvederà a consegnarla al Collaudatore statico unitamente agli elaborati progettuali architettonici e strutturali e a tutta la documentazione inerente alla Direzione dei lavori.

91.4. Calcestruzzo aerato autoclavato

Per questo calcestruzzo si deve fare riferimento alle seguenti norme:

UNI EN 1351 *Calcestruzzo aerato autoclavato (AAC). Determinazione della resistenza a flessione.*

UNI EN 1352 *Calcestruzzo aerato autoclavato (AAC) o calcestruzzo alleggerito con struttura aperta (LAC). Determinazione del modulo di elasticità-statico a compressione.*

UNI EN 1353 *Calcestruzzo aerato autoclavato (AAC). Determinazione del contenuto di umidità.*

UNI EN 1355 *Calcestruzzo aerato autoclavato (AAC) o calcestruzzo alleggerito con struttura aperta (LAC). Determinazione dello scorrimento viscoso a compressione.*

UNI EN 1356 *Calcestruzzo aerato autoclavato (AAC) o calcestruzzo alleggerito con struttura aperta (LAC). Prova di carico trasversale su componenti prefabbricati armati.*

UNI EN 1737 *Calcestruzzo aerato autoclavato (AAC) o calcestruzzo alleggerito con struttura aperta (LAC). Determinazione della resistenza a taglio di giunti saldati per reti o gabbie di armatura per elementi prefabbricati.*

UNI EN 1738 *Calcestruzzo aerato autoclavato (AAC). Determinazione della sollecitazione dell'acciaio in elementi armati non caricati.*

UNI EN 1739 *Calcestruzzo aerato autoclavato (AAC) o calcestruzzo alleggerito con struttura aperta (LAC). Determinazione della resistenza a taglio del giunto tra elementi prefabbricati in presenza di forze agenti nel piano dell'elemento.*

UNI EN 1740 *Calcestruzzo aerato autoclavato (AAC) o calcestruzzo alleggerito con struttura aperta (LAC). Determinazione della resistenza di elementi prefabbricati armati sottoposti a carico longitudinale predominante (elementi verticali).*

UNI EN 1741 *Calcestruzzo aerato autoclavato (AAC) o calcestruzzo alleggerito con struttura aperta (LAC). Determinazione della resistenza a taglio dei giunti tra elementi prefabbricati in presenza di forze agenti fuori dal piano degli elementi.*

UNI EN 1742 *Calcestruzzo aerato autoclavato (AAC) o calcestruzzo alleggerito con struttura aperta (LAC). Determinazione della resistenza a taglio tra strati di elementi multistrato.*

UNI EN 678 *Calcestruzzo aerato autoclavato (AAC). Determinazione della massa volumica a secco.*

UNI EN 679 *Calcestruzzo aerato autoclavato (AAC). Determinazione della resistenza a compressione.*

UNI EN 680 *Calcestruzzo aerato autoclavato (AAC). Determinazione del ritiro da essiccamento.*

UNI EN 772-10 *Metodi di prova per elementi di muratura. Determinazione del contenuto di umidità in elementi di muratura in silicato di calcio e in calcestruzzo aerato autoclavato.*

UNI EN 989:1997 *Calcestruzzo aerato autoclavato (AAC). Determinazione dell'aderenza delle armature mediante prova di spinta (push-out).*

- UNI EN 990** *Calcestruzzo aerato autoclavato (AAC) o calcestruzzo alleggerito con struttura aperta (LAC). Metodi di prova per la verifica della protezione dalla corrosione delle armature.*
- UNI EN 991** *Calcestruzzo aerato autoclavato (AAC) o calcestruzzo alleggerito con struttura aperta (LAC). Determinazione delle dimensioni di componenti prefabbricati armati.*
- UNI 8981-1:1999** *Durabilità delle opere e degli elementi prefabbricati di calcestruzzo. Definizioni ed elenco delle azioni aggressive (Codice ICS: 01.040.91 91.080.40).*
- UNI 8981-2:1999** *Durabilità delle opere e degli elementi prefabbricati di calcestruzzo. Istruzioni per ottenere la resistenza ai solfati (Codice ICS: 91.080.40).*
- UNI 8981-3:1999** *Durabilità delle opere e degli elementi prefabbricati di calcestruzzo. Istruzioni per ottenere la resistenza alle acque dilavanti (Codice ICS: 91.080.40).*
- UNI 8981-4:1999** *Durabilità delle opere e degli elementi prefabbricati di calcestruzzo. Istruzioni per ottenere la resistenza al gelo e disgelo (Codice ICS: 91.080.40).*
- UNI 8981-5:1999** *Durabilità delle opere e degli elementi prefabbricati di calcestruzzo. Istruzioni per prevenire la corrosione delle armature (Codice ICS: 91.080.40).*
- UNI 8981-6:1999** *Durabilità delle opere e degli elementi prefabbricati di calcestruzzo. Istruzioni per ottenere la resistenza all'acqua di mare (Codice ICS: 91.080.40).*
- UNI 8981-7:1989** *Durabilità delle opere e manufatti di calcestruzzo. Istruzioni per la progettazione, la confezione e messa in opera del calcestruzzo. (Codice ICS: 91.080.40 91.100.30).*
- UNI 8981-8:1999** *Durabilità delle opere e degli elementi prefabbricati di calcestruzzo. Istruzioni per prevenire la reazione alcali-silice (Codice ICS: 91.080.40).*
- UNI 9535:1989** *Corrosione e protezione dell'armatura del calcestruzzo. Determinazione del potenziale dei ferri di armatura. (Codice ICS: 91.100.30 77.060).*
- UNI 9535:1989/A1:1992** *Corrosione e protezione dell'armatura del calcestruzzo. Determinazione del potenziale dei ferri di armatura. (Codice ICS: 91.100.30 77.060).*
- UNI 9944:1992** *Corrosione e protezione dell'armatura del calcestruzzo. Determinazione della profondità di carbonatazione e del profilo di penetrazione degli ioni cloruro nel calcestruzzo. (Codice ICS: 77.060 91.100.30).*
- UNI EN 12329:2000** *Protezione dei materiali metallici contro la corrosione. Rivestimenti elettrolitici di zinco con trattamento supplementare su materiali ferrosi o acciaio (Codice ICS: 25.220.40).*
- UNI EN 12330:2001** *Protezione dei materiali metallici contro la corrosione. Rivestimenti elettrolitici di cadmio su ferro o acciaio (Codice ICS: 25.220.40).*
- UNI EN 12487:2000** *Protezione dei materiali metallici contro la corrosione. Rivestimenti di conversione cromati per immersione e senza immersione su alluminio e leghe di alluminio (Codice ICS: 25.220.40).*
- UNI EN 12540:2000** *Protezione dei materiali metallici contro la corrosione. Rivestimenti elettrodepositati di nichel, nichel più cromo, rame più nichel e rame più nichel più cromo (Codice ICS: 25.220.40).*
- UNI EN 1403:2000** *Protezione dalla corrosione dei metalli. Rivestimenti elettrolitici. Metodo per la definizione dei requisiti generali. (Codice ICS: 25.220.40).*
- UNI EN ISO 12944-1:2001** *Pitture e vernici. Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura. Introduzione generale (Codice ICS: 87.020).*
- UNI EN ISO 12944-2:2001** *Pitture e vernici. Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura. Classificazione degli ambienti (Codice ICS: 87.020).*
- UNI EN ISO 12944-3:2001** *Pitture e vernici. Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura. Considerazioni sulla progettazione (Codice ICS: 87.020 91.080.10).*
- UNI EN ISO 12944-4:2001** *Pitture e vernici. Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura. Tipi di superficie e loro preparazione (Codice ICS: 87.020 25.220.10).*
- UNI EN ISO 12944-6:2001** *Pitture e vernici. Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura. Prove di laboratorio per le prestazioni (Codice ICS: 87.020).*
- UNI EN ISO 12944-7:2001** *Pitture e vernici. Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura. Esecuzione e sorveglianza dei lavori di verniciatura (Codice ICS: 87.020).*

Art. 92 - Cemento armato precompresso

92.1. Compattazione dei getti

Il getto deve essere costipato per mezzo di pervibratori ad ago o a lamina, ovvero con vibratori esterni, facendo particolare attenzione a non deteriorare le guaine dei cavi.

92.2. Spessore di ricoprimento delle armature di precompressione

Le superfici esterne dei cavi post-tesi devono distare dalla superficie del conglomerato non meno di 25 mm nei casi normali, e non meno di 35 mm in caso di strutture site all'esterno o in ambiente aggressivo. Il ricoprimento delle

armature pre-tese non deve essere inferiore a 15 mm o al diametro massimo dell'inerte impiegato, e non meno di 25 mm in caso di strutture site all'esterno o in ambiente aggressivo.

92.3. Testate di ancoraggio dell'armatura di precompressione

Dietro gli apparecchi di ancoraggio deve disporsi una armatura tridirezionale atta ad assorbire, con largo margine, gli sforzi di trazione e di taglio derivanti dalla diffusione delle forze concentrate, ivi comprese le eventuali reazioni vincolari.

92.4. Posa delle barre, dei cavi e loro messa in opera

Nel corso dell'operazione di posa si deve evitare, con particolare cura, di danneggiare l'acciaio con intaglio, pieghe, ecc..

Si deve altresì prendere ogni precauzione per evitare che i fili subiscano danni di corrosione sia nei depositi di approvvigionamento sia in opera, fino alla ultimazione della struttura. All'atto della messa in tiro si debbono misurare contemporaneamente lo sforzo applicato e l'allungamento conseguito; i due dati debbono essere confrontati tenendo presente la forma del diagramma sforzi allungamenti a scopo di controllo delle perdite per attrito.

Il posizionamento delle barre e dei cavi dovrà essere accuratamente controllato prima del getto.

92.4.1. Operazioni di tiro

Qualora all'atto del tiro si riscontrino perdite per attrito superiori a quelle previste in progetto, un'aliquota di queste, fino ad un massimo del 7% della tensione iniziale, potrà essere compensata da una maggiore tensione di carattere temporaneo.

I risultati conseguiti nelle operazioni di tiro, ossia le letture ai manometri e gli allungamenti misurati, verranno registrati in apposite tabelle sulle quali saranno preventivamente indicate le tensioni iniziali delle armature e gli allungamenti teorici.

Il dispositivo di misura dello sforzo deve essere possibilmente indipendente dalle apparecchiature per indurre la pre-tensione.

I manometri debbono essere frequentemente tarati.

Si deve inoltre effettuare preventivamente una misura degli attriti che si sviluppano all'interno del martinetto.

All'atto del tiro si confronteranno gli allungamenti rilevati con quelli previsti dal calcolo.

Un'insufficienza di allungamento, rilevando un attrito superiore a quello supposto, richiede la messa in atto di appositi accorgimenti innalzando la tensione iniziale fino al massimo consentito e, all'occorrenza, l'attuazione di procedimenti particolari, quale lubrificazione che però non deve alterare la successiva aderenza tra armatura e malta delle iniezioni.

Un'eccedenza di allungamento, quando non sia dovuta al cedimento dell'ancoraggio opposto o all'assestamento iniziale del cavo, ciò che si deve accertare con particolare attenzione, indica un attrito inferiore a quello previsto; in tal caso si deve ridurre la tensione per evitare che la tensione finale lungo il cavo sia superiore a quella ammessa.

92.4.2. Protezione dei cavi ed iniezioni

Le guaine dei cavi devono essere assolutamente stagne e le giunzioni devono essere efficacemente protette.

Alla buona esecuzione delle iniezioni è affidata la conservazione nel tempo delle strutture in c.a.p. a cavi e, pertanto, di seguito vengono fornite apposite indicazioni.

L'iniezione dei cavi scorrevoli ha due scopi principali:

- a) prevenire la corrosione dell'acciaio di precompressione;
- b) fornire un'efficace aderenza fra l'acciaio ed il conglomerato.

92.4.2.1. Caratteristiche della malta

La malta deve essere fluida e stabile con minimo ritiro ed adeguata resistenza e non deve contenere agenti aggressivi. Deve essere composta da cemento, acqua ed eventuali additivi. Elementi inerti (ad esempio farina di sabbia) possono impiegarsi solo per guaine di dimensioni superiori a 12 cm nel rapporto in peso $\text{inerti/cemento} < 25\%$.

Gli additivi non debbono contenere ioni aggressivi (cloruri, solfati, nitrati, ecc.) e comunque non produrre un aumento di ritiro.

Possono impiegarsi resine sintetiche o bitume o altro materiale solo dopo averne dimostrato la validità mediante idonea documentazione sperimentale.

La malta deve essere sufficientemente fluida perché la si possa correttamente iniettare nei canali. Si consiglia di controllare la fluidità della malta accertando che il tempo misurato al cono di Marsh sia compreso fra 13 e 25 secondi.

La resistenza a trazione per flessione a 8 giorni deve essere maggiore od eguale a 4 N/mm^2 .

Il tempo d'inizio della presa a 30 °C deve essere superiore a tre ore.

Il rapporto acqua/cemento, da determinare sperimentalmente per ogni tipo di cemento, deve essere il minore possibile compatibilmente con la fluidità richiesta e comunque non deve superare 0,40 e 0,38 se con additivi, e inoltre deve essere tale che la quantità d'acqua di essudamento alla superficie della pasta, in condizioni di riposo sia inferiore al 2%. Il ritiro a 28 giorni non deve superare 2,8 mm/m.

92.4.2.2. Operazioni di iniezione

- a) Dopo l'impasto la malta deve essere mantenuta in movimento continuo. È essenziale che l'impasto sia esente da grumi;
- b) immediatamente prima dell'iniezione di malta, i cavi vanno puliti;
- c) l'iniezione deve avvenire con continuità e senza interruzioni. La pompa deve avere capacità sufficiente perché in cavi di diametro inferiore a 10 cm la velocità della malta sia compresa fra 6 e 12 m al minuto, senza che la pressione superi le 1000 kPa (10 atm);
- d) la pompa deve avere un'efficace dispositivo per evitare le sovrappressioni;
- e) non è ammessa l'iniezione con aria compressa;
- f) quando possibile l'iniezione si deve effettuare dal più basso ancoraggio o dal più basso foro del condotto;
- g) per condotti di grande diametro può essere necessario ripetere l'iniezione dopo circa due ore;
- h) la malta che esce dagli sfiati deve essere analoga a quella alla bocca di immissione e non contenere bolle d'aria; una volta chiusi gli sfiati si manterrà una pressione di 500 kPa 5 (atm) fin tanto che la pressione permane senza pompare per almeno 1 minuto;
- i) la connessione fra l'ugello del tubo di iniezione ed il condotto deve essere realizzata con dispositivo meccanico e tale che non possa aversi entrata d'aria;
- l) appena terminata l'iniezione, bisogna avere cura di evitare perdite di malta dal cavo. I tubi di iniezione devono essere di conseguenza colmati di malta, se necessario.

91.4.2.3. Condotti

- a) I punti di fissaggio dei condotti debbono essere frequenti ed evitare un andamento serpeggiante;
- b) ad evitare sacche d'aria devono essere disposti sfiati nei punti più alti del cavo;
- c) i condotti debbono avere forma regolare, preferibilmente circolare. La loro sezione deve risultare maggiore di:

$$i = n$$

$$A_o = 2 S a_i \text{ (per cavi a fili, trecce o trefoli)}$$

$$i = 1$$

$$A_o = 1,5 a \text{ (per sistemi a barra isolata)}$$

dove a_i è l'area del singolo filo, treccia o trefolo, n il numero di fili, trecce o trefoli costituenti il cavo ed a l'area della barra isolata. In ogni caso l'area libera del condotto dovrà risultare non minore di 4 cm²;

- d) si devono evitare per quanto possibile brusche deviazioni o cambiamenti di sezione.

101.4.2.4. Iniezioni

- a) Fino al momento dell'iniezione dei cavi occorre proteggere l'armatura dall'ossidazione. Le iniezioni dovranno essere eseguite entro 15 giorni a partire dalla messa in tensione, salvo casi eccezionali di ritardatura nei quali debbono essere adottati accorgimenti speciali al fine di evitare che possano iniziare fenomeni di corrosione;
- b) in tempo di gelo, è bene rinviare le iniezioni, a meno che non siano prese precauzioni speciali;
- c) se si è sicuri che la temperatura della struttura non scenderà al di sotto di 5 °C nelle 48 ore seguenti alla iniezione, si può continuare l'iniezione stessa con una malta antigelo di cui sia accertata la non aggressività, contenente il 6 ÷ 10% di aria occlusa;
- d) se può aversi gelo nelle 48 ore seguenti all'iniezione, bisogna riscaldare la struttura e mantenerla calda almeno per 48 ore, in modo che la temperatura della malta iniettata non scenda al di sotto di 5°C;
- e) dopo il periodo di gelo bisogna assicurarsi che i condotti siano completamente liberi da ghiaccio o brina. È vietato il lavaggio a vapore.

Art. 93 - Armature minime degli elementi strutturali in c.a

Le armature elementi strutturali in c.a secondo le norme tecniche D.M. 9 gennaio 1996 e delle indicazioni contenute nella C.M. 10 aprile 1997, n. 65/AA.GG, *Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche"* di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996 - debbono rispettare le seguenti dimensioni minime:

a) Pilastri

a.1) armature longitudinali

L'armatura deve rispettare le seguenti limitazioni:

$$1\% = \frac{A_{\text{totale armatura}}}{B \times H} = 4\%$$

dove A e B sono le dimensioni della sezione trasversale; si ricorda che A e B devono avere la dimensione minima di 30 cm.

Per tutta la lunghezza del pilastro l'interasse delle barre longitudinali non deve essere superiore a 25 cm.

a.2) armature trasversali

Alle due estremità del pilastro si devono disporre staffe di contenimento e legature per una lunghezza, misurata a partire dalla sezione di estremità, pari alla maggiore delle seguenti quantità:

- il lato maggiore della sezione trasversale;
- un sesto dell'altezza netta del pilastro;
- 45 cm.

In ciascuna delle due zone di estremità devono essere rispettate le condizioni seguenti: le barre disposte sugli angoli della sezione devono essere contenute dalle staffe; almeno una barra ogni due, di quelle disposte sui lati, dovrà essere trattenuta da staffe interne o da legature; le barre non fissate devono trovarsi a meno di 15 cm da una barra fissata.

Il diametro delle staffe di contenimento e legature non deve essere inferiore a 8 mm.

Esse saranno disposte ad un passo pari alla più piccola delle quantità seguenti:

- 6 volte il diametro delle barre longitudinali che collegano;
- un quarto del lato minore della sezione trasversale;
- 15 cm.

Nelle parti intermedie del pilastro la distanza tra le staffe non deve superare i valori seguenti:

- 10 volte il diametro delle barre longitudinali che collegano;
- metà del lato minore della sezione trasversale;
- 25 cm.

Le armature di cui sopra devono comunque soddisfare la verifica a taglio.

b) Travi normali di strutture intelaiate

b.1) Armature longitudinali

Almeno due barre di diametro non inferiore a 12 mm devono essere presenti superiormente e inferiormente per tutta la lunghezza della trave.

b.2) Armature trasversali

Nelle zone di attacco con i pilastri, per un tratto pari a due volte l'altezza utile della sezione trasversale, devono essere previste staffe di contenimento. La prima staffa di contenimento deve distare non più di 5 cm dalla sezione a filo pilastro; le successive devono essere disposte ad un passo non maggiore della più piccola delle grandezze seguenti:

- un quarto dell'altezza utile della sezione trasversale;
- sei volte il diametro minimo delle barre longitudinali considerate ai fini delle verifiche;
- 15 cm.

c) Nodi trave-pilastro

Le armature longitudinali delle travi, sia superiori che inferiori, devono attraversare, di regola, il nodo senza giunzioni.

Quando ciò non risulti possibile, sono da rispettare le seguenti prescrizioni:

- le barre vanno ancorate oltre la faccia opposta a quella di intersezione, oppure rivoltate verticalmente in corrispondenza di tale faccia;
- la lunghezza di ancoraggio va calcolata in modo da sviluppare una tensione nelle barre pari a $1,25 f_{yk}$, e misurata a partire da una distanza pari a 6 diametri dalla faccia del pilastro verso l'interno.

Lungo le armature longitudinali del pilastro che attraversano i nodi devono essere disposte staffe di contenimento in quantità almeno pari alla maggiore prevista nelle zone del pilastro inferiore e superiore adiacenti al nodo.

Questa regola può non essere osservata quando nel pilastro si innestano travi su ciascuna delle quattro facce.

d) Pareti

Le armature, sia orizzontali che verticali, devono essere disposte su entrambe le facce della parete.

Le armature presenti sulle due facce devono essere collegate con legature in ragione di almeno sei ogni metro quadrato.

Il passo tra le barre deve essere non maggiore di 30 cm.

Il diametro delle barre deve essere non maggiore di un decimo dello spessore della parete.

Un'armatura trasversale orizzontale più fitta va disposta alla base della parete per un'altezza pari alla lunghezza in pianta (l) della parete stessa, in vicinanza dei due bordi per una lunghezza pari a 0,20 l su ciascun lato.

In tali zone l'armatura trasversale deve essere costituita da tondini di diametro non inferiore a 8 mm, disposti in modo da fermare tutte le barre verticali con un passo pari a 10 volte il diametro della barra ma non inferiore a 25 cm.

e) Travi di collegamento tra pareti

Le travi di collegamento di pareti accoppiate vanno verificate con i criteri previsti per le travi normali delle strutture intelaiate purché il rapporto tra luce netta ed altezza sia superiore a 3.

Quando tale condizione non è soddisfatta esse devono essere armate a flessione con armatura doppia simmetrica; la stessa armatura trasversale richiesta per assorbire il taglio deve essere disposta anche longitudinalmente in modo da costituire due reti a maglia quadrata disposte sulle due facce.

Se il valore della tensione tangenziale di calcolo, eccede il limite previsto dalle norme tutto il taglio deve essere assorbito da un'armatura ad X che attraversa diagonalmente la trave e si ancora nelle due pareti adiacenti.

Ciascuno dei due fasci di armatura deve essere racchiuso da armatura a spirale o da staffe di contenimento con passo non superiore a 100 mm.

In questo caso, in aggiunta all'armatura diagonale sarà disposta su ciascuna faccia della trave una rete di diametro 10 mm a maglia quadrata di lato 10 cm, ed armatura corrente di 2 barre da 16 mm ai bordi superiore ed inferiore.

Gli ancoraggi delle armature nelle pareti saranno del 50% più lunghi di quanto previsto per le zone non sismiche.

Quando è necessario adottare armature ad X lo spessore delle pareti accoppiate e delle travi deve essere non minore di 20 cm.

f) Solai

Lo spessore minimo dei solai a portata unidirezionale che non siano di semplice copertura è riportato nella seguente tabella.

Tabella 93.1. Spessore minimo dei solai

Tipo di solaio	Spessore in rapporto alla luce di calcolo L
Solai gettati in opera in c.a. normale	$h \geq 1/25 L$ In ogni caso $h \geq 12$ cm
Solai con travetti in c.a.p. e blocchi interposti	$h \geq 1/30 L$ In ogni caso $h \geq 12$ cm

Nei solai con blocchi aventi funzione principale di alleggerimento lo spessore minimo della soletta di conglomerato cementizio non deve essere minore di 4 cm.

Nei solai con blocchi aventi funzione statica in collaborazione con il conglomerato può essere omessa la soletta di calcestruzzo e la zona rinforzata con laterizio, per altro sempre rasata con calcestruzzo, può essere considerata collaborante e deve soddisfare i seguenti requisiti:

- avere spessore non minore di 1/5 di quello del solaio qualora sia minore o uguale a 25 cm, e non minore di 5 cm per solai con spessore maggiore;
- avere area effettiva dei setti e delle pareti misurata in qualunque sezione normale alla direzione dello sforzo di compressione, non minore del 50% della superficie lorda.

La larghezza minima delle nervature in calcestruzzo per i solai con nervature gettate o completate in opera non deve essere minore di 1/8 dell'interasse e comunque non inferiore a 8 cm. Per i pannelli di solai completi realizzati in stabilimento il limite può scendere a 5 cm.

Art. 94 - Dimensioni minime degli elementi strutturali in c.a.

94.1. Riferimenti normativi

Gli elementi strutturali secondo le norme tecniche D.M. 9 gennaio 1996 e delle indicazioni contenute nella citata C.M. 10 aprile 1997, n. 65/AA.GG, debbono rispettare le dimensioni minime di cui ai seguenti punti.

94.1.1. Pilastri

La dimensione minima della sezione trasversale non deve essere inferiore a 30 cm. Il rapporto tra i lati minimo e massimo della sezione trasversale non deve essere inferiore a 0,3; in caso contrario l'elemento sarà assimilato a setto o parete portante. Il rapporto L/b tra l'altezza netta e la minima dimensione trasversale non deve essere maggiore di:

- 16 se il pilastro è soggetto a momenti di segno opposto alle due estremità;
- 10 negli altri casi.

Ove gli indicati valori del rapporto L/b non vengano rispettati, occorre seguire una specifica verifica che tenga conto dalle sollecitazioni indotte dagli effetti del 2° ordine.

94.1.2.Travi normali di strutture intelaiate

La lunghezza libera delle travi non deve essere minore di tre volte l'altezza, h , della sezione trasversale. In caso contrario l'elemento si definisce trave corta e dovrà rispettare le prescrizioni per i setti o pareti portanti. La larghezza della trave b , non deve essere minore di 20 cm e, per le travi basse comunemente denominate *a spessore*, non maggiore della larghezza del pilastro, aumentata da ogni lato di metà dell'altezza della sezione trasversale del pilastro stesso. Il rapporto b/h non deve essere minore di 0,25.

94.1.3.Nodi trave-pilastro

Si definiscono nodi le zone dei pilastri che si incrociano con le travi ad esso concorrenti. Sono da evitare per quanto possibile eccentricità tra l'asse della trave e l'asse del pilastro. Nel caso che tale eccentricità superi 1/4 della lunghezza del pilastro la trasmissione degli sforzi deve essere assicurata da armature adeguatamente dimensionate allo scopo.

94.1.4.Pareti

Si definiscono pareti gli elementi portanti verticali che hanno il rapporto tra la minima e la massima dimensione della sezione trasversale inferiore a 0,3. Lo spessore delle pareti deve essere generalmente non inferiore a 15 cm, oppure 20 cm nel caso previsto al Punto 4.3 della suddetta C.M. 10 aprile 1997, n. 65/AA.GG..

94.1.5.Travi di collegamento tra pareti

Il rapporto tra la luce netta e l'altezza della trave (L/h) deve essere superiore a 3.

93.1.6.Solai. (D.M. 9 gennaio 1996)

Lo spessore minimo dei solai a portata unidirezionale che non siano di semplice copertura è riportato nella seguente tabella 96.1.

Nei solai con blocchi aventi funzione principale di alleggerimento lo spessore minimo della soletta di conglomerato cementizio non deve essere minore di 4 cm.

Nei solai con blocchi aventi funzione statica in collaborazione con il conglomerato può essere omessa la soletta di calcestruzzo e la zona rinforzata con laterizio, per altro sempre rasata con calcestruzzo, può essere considerata collaborante e deve soddisfare i seguenti requisiti:

- avere spessore non minore di 1/5 di quello del solaio qualora sia minore o uguale a 25 cm, e non minore di 5 cm per solai con spessore maggiore;
- avere area effettiva dei setti e delle pareti misurata in qualunque sezione normale alla direzione dello sforzo di compressione, non minore del 50% della superficie lorda.

La larghezza minima delle nervature in calcestruzzo per i solai con nervature gettate o completate in opera non deve essere minore di 1/8 dell'interasse e comunque non inferiore a 8 cm. Per i pannelli di solai completi realizzati in stabilimento il limite può scendere a 5 cm.

Art. 95 - Solai misti di c.a. e c.a.p. e blocchi forati in laterizio

95.1. Classificazione

I solai misti in cemento armato normale e precompresso e blocchi forati in laterizio si distinguono nelle seguenti categorie:

- a) solai con blocchi aventi funzione principale di alleggerimento;
- b) solai con blocchi aventi funzione statica in collaborazione con il conglomerato.

95.2. Prescrizioni generali

I blocchi di cui al punto 104.1 devono essere conformati in modo che nel solaio in opera sia assicurata con continuità la trasmissione degli sforzi dall'uno all'altro elemento.

Nel caso si richieda al laterizio il concorso alla resistenza agli sforzi tangenziali, si devono usare elementi monoblocco disposti in modo che nelle file adiacenti, comprendenti una nervatura di conglomerato, i giunti risultino sfalsati tra loro. In ogni caso, ove sia prevista una soletta di conglomerato staticamente integrativa di altra in laterizio, quest'ultima deve avere forma e finitura tali da assicurare la solidarietà ai fini della trasmissione degli sforzi tangenziali.

Per entrambe le categorie il profilo dei blocchi delimitanti la nervatura di conglomerato da gettarsi in opera non deve presentare risvolti che ostacolino il deflusso di calcestruzzo e restringano la sezione delle nervature stesse sotto i limiti stabiliti nel punto 104.4.3.

95.3. Requisiti di accettazione prove e controlli

95.3.1. Spessore delle pareti e dei setti.

Lo spessore delle pareti orizzontali compresse non deve essere minore di 8 mm, quello delle pareti perimetrali non minore di 8 mm, quello dei setti non minore di 7 mm.

Tutte le intersezioni dovranno essere raccordate con raggio di curvatura, al netto delle tolleranze, maggiore di 3 mm.

Si devono adottare forme semplici, caratterizzate da setti rettilinei ed allineati, particolarmente in direzione orizzontale, con setti con rapporto spessore/lunghezza il più possibile uniforme.

Il rapporto fra l'area complessiva dei fori e l'area lorda delimitata dal perimetro della sezione del blocco non deve risultare superiore a $0,6 + 0,625 h$, ove h è l'altezza del blocco in metri, con un massimo del 75%.

95.3.2. Caratteristiche fisico-meccaniche

La resistenza caratteristica a compressione, determinata secondo le prescrizioni dell'Allegato 7 del D.M. 9 gennaio 1996, riferita alla sezione netta delle pareti e delle costolature deve risultare non minore di:

- 30 N/mm² nella direzione dei fori;
- 15 N/mm² nella direzione trasversale ai fori, nel piano del solaio, per i blocchi di cui al punto 104.1;

e di:

- 15 N/mm² nella direzione dei fori;
- 5 N/mm² nella direzione trasversale ai fori, nel piano del solaio, per i blocchi di cui al 104.1.

La resistenza caratteristica a trazione per flessione determinata secondo l'Allegato 7, deve essere non minore di:

- 10 N/mm² per i blocchi di tipo b),

e di:

- 7 N/mm² per i blocchi tipo a).

In assenza di cassero continuo inferiore durante la fase di armatura e getto tutti i blocchi devono resistere ad un carico concentrato, applicato nel centro della faccia superiore (su un'area di 5 x 5 cm²) non inferiore a 1,5 kN. La prova va effettuata secondo le modalità indicate nell'Allegato 7 del D.M. 9 gennaio 1996.

Il modulo elastico del laterizio non deve essere superiore a: 25 kN/mm².

Il coefficiente di dilatazione termica lineare del laterizio deve essere:

$$a = 6 \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$$

Il valore di dilatazione per umidità misurato secondo quanto stabilito nell'Allegato 7 deve essere minore di $4 \cdot 10^{-4}$

95.3.3. Integrità dei blocchi

Speciale cura deve essere rivolta al controllo dell'integrità dei blocchi con particolare riferimento alla eventuale presenza di fessurazioni.

95.3.4. Controlli di qualità dei blocchi in laterizio

La produzione degli elementi laterizi deve essere controllata mediante prove su blocchi di produzione corrente certificate da Laboratori Ufficiali, con frequenza almeno annuale.

95.4. Progettazione (prescrizioni regolamentari)

104.4.1. Spessore minimo dei solai

Lo spessore dei solai a portata unidirezionale che non siano di semplice copertura non deve essere minore di 1/25 della luce di calcolo ed in nessun caso minore di 12 cm.

Per i solai costituiti da travetti precompressi e blocchi interposti il predetto limite può scendere ad 1/30.

Le deformazioni devono risultare compatibili con le condizioni di esercizio del solaio e degli elementi costruttivi ed impiantistici ad esso collegati.

95.4.2. Spessore minimo della soletta

Nei solai di cui al punto 7.1.1.a) del D.M. 9 gennaio 1996 lo spessore minimo del calcestruzzo della soletta di conglomerato non deve essere minore di 4 cm.

Nei solai di cui al punto 7.1.1.b) del D.M. 9 gennaio 1996, può essere omessa la soletta di calcestruzzo e la zona rinforzata di laterizio, per altro sempre rasata con calcestruzzo, può essere considerata collaborante e deve soddisfare i seguenti requisiti:

- possedere spessore non minore di 1/5 dell'altezza, per solai con altezza fino a 25 cm, non minore di 5 cm per solai con altezza maggiore;
- avere area effettiva dei setti e delle pareti, misurata in qualunque sezione normale alla direzione dello sforzo di compressione, non minore del 50% della superficie lorda.

95.4.3. Larghezza ed interasse delle nervature

La larghezza minima delle nervature in calcestruzzo per solai con nervature gettate o completate in opera non deve essere minore di 1/8 dell'interasse e comunque non inferiore a 8 cm.

Nel caso di produzione di serie in stabilimento di pannelli di solaio completi controllati come previsto al punto 7.1.4.1. il predetto limite minimo potrà scendere a 5 cm.

L'interasse delle nervature non deve in ogni caso essere maggiore di 15 volte lo spessore medio della soletta. Il blocco interposto deve avere dimensione massima inferiore a 52 cm.

Per i solai di categoria b) possono considerarsi appartenenti alle nervature ai fini del calcolo le pareti di laterizio formanti cassero, sempre che sia assicurata l'aderenza fra i due materiali. La larghezza collaborante va determinata in conformità al punto 5.5 del D.M. 9 gennaio 1996; per produzioni di serie in stabilimento di pannelli solaio completi, la larghezza collaborante potrà essere determinata con la sperimentazione di cui al punto 4.4.

95.4.4. Armatura trasversale

Per i solai con nervatura gettata o completata in opera e di luce superiore a 4,50 m o quando sia sensibile il comportamento a piastra o quando agiscano carichi concentrati che incidano in misura considerevole sulle sollecitazioni di calcolo, si deve prevedere all'estradosso una soletta gettata in opera di spessore non inferiore a 4 cm munita di adeguata armatura delle solette o nelle eventuali nervature pari almeno a 3 Ø 6 al metro o al 20% di quella longitudinale nell'intradosso del solaio.

Particolare attenzione deve essere dedicata alla sicurezza al distacco di parti laterizie, specialmente in dipendenza di sforzi trasversali anche di carattere secondario.

In assenza di soletta in calcestruzzo (solaio rasato) è necessaria l'adozione di almeno una nervatura trasversale per luci superiori a 4,5 m. Nel caso di produzione di serie in stabilimento di pannelli solaio completi, la capacità di ripartizione trasversale potrà essere garantita anche a mezzo di altri dispositivi la cui efficacia è da dimostrarsi con idonee prove sperimentali.

95.4.5 Armatura longitudinale

L'armatura longitudinale deve essere superiore a:

$$A_{s \min} = 0,07 h \text{ cm}^2 \text{ al metro}$$

ove h è l'altezza del solaio espressa in cm.

94.4.6 Armatura per il taglio

Nelle condizioni previste in 4.2.2.2. del D.M. 9 gennaio 1996 può non disporsi armatura per il taglio.

Quando invece occorre far ricorso ad una armatura per il taglio, non è ammesso tener conto della collaborazione delle pareti laterali di laterizio ai fini della valutazione della sollecitazione tangenziale t_{cI} .

95.5. Esecuzione (prescrizioni regolamentari)

95.5.1. Protezione delle armature

Nei solai, la cui armatura è collocata entro scanalature, qualunque superficie metallica deve risultare contornata in ogni direzione da uno spessore minimo di 5 mm di malta cementizia.

Per armatura collocata entro nervatura, le dimensioni di questa devono essere tali da consentire il rispetto dei seguenti limiti:

- distanza netta tra armatura e blocco = 8 mm;

- distanza netta tra armatura ed armatura = 10 mm.

95.5.2. Bagnatura degli elementi

Prima di procedere ai getti i laterizi devono essere convenientemente bagnati.

95.5.3. Caratteristiche degli impasti per elementi prefabbricati

Devono impiegarsi malte cementizie con dosature di legante non minori a 450 kg/m^2 di cemento e conglomerati con $R_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$.

95.5.4. Blocchi

Gli elementi con rilevanti difetti di origine o danneggiati durante la movimentazione dovranno essere eliminati.

94.5.5. Allineamenti e forzature

Si dovrà curare il corretto allineamento dei blocchi evitando la forzatura dei blocchi interposti tra i travetti prefabbricati.

95.5.6. Conglomerati per i getti in opera

Si dovrà studiare la composizione del getto in modo da evitare rischi di segregazione o la formazione di nidi di ghiaia e per ridurre l'entità delle deformazioni differite.

Il diametro massimo degli inerti impiegati non dovrà superare $1/5$ dello spessore minimo delle nervature nè la distanza netta minima tra le armature.

Il getto deve essere costipato in modo da garantire l'avvolgimento delle armature e l'aderenza sia con i blocchi sia con eventuali altri elementi prefabbricati.

95.5.7. Modalità di getto

Per rendere efficace quanto indicato ai punti precedenti occorre con opportuni provvedimenti eliminare il rischio di arresto del getto al livello delle armature.

95.5.8. Solidarizzazione tra intonaci e superfici di intradosso

Qualora si impieghino materiali d'intonaco cementizi aventi resistenza caratteristica a trazione superiore ad 1 N/mm^2 dovranno adottarsi spessori inferiori ad 1 cm o predisporre armature di sostegno e diffusione opportunamente ancorate nelle nervature.

95.6. Disposizioni aggiuntive per travetti di solaio precompressi prefabbricati per la realizzazione di solai con blocchi di laterizio

95.6.1. Elementi con armatura pre-tesa

Per elementi con armatura pre-tesa è ammessa la deroga all'obbligo di disporre la staffatura minima prevista al punto 5.4.2 del D.M. 9 gennaio 1996.

95.6.2. Getti in opera

I travetti privi di armature a taglio devono essere integrati sugli appoggi da getti in opera armati secondo quanto previsto al punto 7.0. a), ultimo capoverso del D.M. 9 gennaio 1996, salvo che per gli elementi di solai di copertura poggianti su travi e dotati di adeguata lunghezza di appoggio.

Tali collegamenti, se destinati ad assicurare continuità strutturale agli appoggi, dovranno essere verificati secondo le disposizioni relative al conglomerato cementizio armato normale, verificando altresì le condizioni di aderenza fra getti in opera e travetti, secondo i criteri indicati al punto 7.1.6.2 del D.M. 9 gennaio 1996.

Art. 95 - Solai misti di c.a. e c.a.p. e blocchi diversi dal laterizio

96.1. Classificazione e prescrizioni generali

I blocchi con funzione principale di alleggerimento, possono essere realizzati anche con materiali diversi dal laterizio (calcestruzzo leggero di argilla espansa, calcestruzzo normale sagomato, materie plastiche, elementi organici mineralizzati ecc.).

Il materiale dei blocchi deve essere stabile dimensionalmente.

Ai fini statici si distinguono due categorie di blocchi per solaio:

- a) blocchi collaboranti;
- b) blocchi non collaboranti.

Salvo contraria indicazione nel seguito valgono le prescrizioni generali e le prescrizioni di progettazione e di esecuzione riportate al punto 7.1 del D.M. 9 gennaio 1996.

96.2. Blocchi collaboranti

Devono avere modulo elastico superiore a 8 kN/mm^2 ed inferiore a 25 kN/mm^2 .

Devono essere totalmente compatibili con il conglomerato con cui collaborano sulla base di dati e caratteristiche dichiarate dal produttore e verificate dalla Direzione dei lavori. Devono soddisfare a tutte le caratteristiche fissate nel paragrafo 7.1 del D.M. 9 gennaio 1996, per i blocchi in laterizio avente funzione statica con il conglomerato

96.3. Blocchi non collaboranti

Devono avere modulo elastico inferiore ad 8 kN/mm^2 e svolgere funzioni di solo alleggerimento.

Solai con blocchi non collaboranti richiedono necessariamente una soletta di ripartizione, dello spessore minimo di 4 cm, armata opportunamente e dimensionata per la flessione trasversale. Il profilo e le dimensioni dei blocchi devono essere tali da soddisfare le prescrizioni dimensionali imposte nel paragrafo 7.1. del D.M. 9 gennaio 1996 per i blocchi in laterizio non collaboranti.

96.4 Verifiche di rispondenza

Le caratteristiche dei blocchi devono essere controllate mediante prove certificate da Laboratori Ufficiali secondo le norme dell'Allegato 7 del D.M. 9 gennaio 1996, con frequenza almeno annuale.

96.5 Spessori minimi

Per tutti i solai, così come per i componenti collaboranti, lo spessore delle singole parti di calcestruzzo contenenti armature di acciaio non potrà essere inferiore a 4 cm.

Art. 97 - Solai realizzati con l'associazione di elementi in c.a. e c.a.p. prefabbricati con unioni e/o getti di completamente

Oltre a quanto indicato nei precedenti paragrafi, in quanto applicabile ed in particolare al punto 104.6, per elementi precompressi devono essere tenute presenti le seguenti norme complementari.

97.1. Solidarizzazione tra gli elementi del solaio

Ove si debba garantire il comportamento del solaio a piastra o a diaframma, è prescritto un collegamento trasversale discreto o continuo tra strisce di solaio accostate.

97.2. Altezza minima del solaio

L'altezza minima del solaio va determinata con riferimento alle dimensioni finali di esercizio e non riguarda le dimensioni degli elementi componenti nelle fasi di costruzione.

L'altezza minima non può essere inferiore ad 8 cm.

Nel caso di solaio vincolato in semplice appoggio monodirezionale, il rapporto tra luce di calcolo del solaio e spessore del solaio stesso non deve essere superiore a 25.

Per solai costituiti da pannelli piani, pieni od alleggeriti, prefabbricati precompressi (tipo III), senza soletta integrativa, in deroga alla precedente limitazione, il rapporto sopra indicato può essere portato a 35.

Per i solai continui, in relazione al grado d'incastro o di continuità realizzato agli estremi, tali rapporti possono essere incrementati fino ad un massimo del 20%.

È ammessa deroga alle prescrizioni di cui sopra qualora i calcoli condotti con riferimento al reale comportamento della struttura (messa in conto dei comportamenti non lineari, fessurazione, affidabili modelli di previsione viscosa, ecc.) anche eventualmente integrati da idonee sperimentazioni su prototipi, documentino che l'entità delle frecce istantanee e a lungo termine non superino i limiti seguenti:

a) freccia istantanea dovuta alle azioni permanenti G_k e a tutte quelle variabili Q_{ik}

$$f_{ist} \frac{1}{1000}$$

10) freccia a tempo infinito dovuto alle azioni permanenti G_k e ad $1/3$ di tutte quelle variabili Q_{ik}

11)

$$f_{\infty} \frac{1}{1500}$$

Le deformazioni devono risultare in ogni caso compatibili con le condizioni di esercizio del solaio e degli elementi costruttivi ed impiantistici ad esso collegati.

97.3. Solai alveolari

Per i solai alveolari, per elementi privi d'armatura passiva d'appoggio, il getto integrativo deve estendersi all'interno degli alveoli interessati dall'armatura aggiuntiva per un tratto almeno pari alla lunghezza di trasferimento della precompressione. Vale anche quanto indicato al punto 104.6.

97.4. Solai con getto di completamento

La soletta gettata in opera deve avere uno spessore non inferiore a 4 cm ed essere dotata di una armatura di ripartizione a maglia incrociata.

Art. 98 - Solai in legno

98.1. Generalità

Le travi principali di legno avranno le dimensioni e le distanze che saranno indicate in relazione alla luce ed al sovraccarico.

I travetti (secondari) saranno collocati alla distanza, fra asse e asse, corrispondente alla lunghezza delle tavole che devono essere collocate su di essi e sull'estradosso delle tavole deve essere disteso uno strato di calcestruzzo magro di calce idraulica formato con ghiaietto fino o altro materiale inerte.

Si premette che in Italia, per l'assenza di una specifica normativa sulle costruzioni in legno, massiccio o lamellare, si fa riferimento alle seguenti normative tecniche estere:

- DIN 1052, Germania;
- REGLES C.B. 71, Francia;
- SIA 164, Svizzera;
- ASTM, Stati Uniti;
- BRITISH STANDARD (Gran Bretagna);
- EUROCODICE 5.

98.1.1. Solai ad orditura semplice

Il solaio ad orditura semplice, che è impiegato per coprire ambienti con luce netta massima di $3,50 \div 4,00$ m, è composto da:

- travi (dette *travicelli* o *panconi*) disposte parallelamente al lato minore del vano, con interasse di $40 \div 80$ cm in relazione all'entità dei carichi gravanti, alle dimensioni delle travi ed allo spessore dell'assito. Per le travi si consiglia orientativamente di porre l'altezza minima della sezione pari a $1/14$ della lunghezza. Le travi sono incastrate nei muri perimetrali per profondità minime di $25 \div 30$ cm, avendo cura di disporre sotto di esse un appoggio costituito da una lastra di pietra o un piano di muratura in mattoni. Inoltre gli alloggiamenti delle travi devono essere dotati di opportuna ventilazione al fine di evitare che la testata della trave stessa possa essere soggetta ad infradiciatura. L'ancoraggio delle travi principali sui muri perimetrali può essere reso molto efficace dotando le testate di opportune chiavi in ferro;
- assito (o *tavolato*) con spessore di $2,5 \div 7$ cm;
- caldana realizzata in materiale leggero dello spessore di circa 4 cm;
- sottofondo di allettamento;
- pavimento;
- soffitto che può essere costituito da:
- un semplice tavolato fissato alle travi portanti;

correnti fissati alle travi portanti per il sostegno di cannucciato sul quale viene applicato l'intonaco in malta di calce dello spessore di circa un 1 cm.

Tabella 98.1. - Sezioni di travi in legno per solai a semplice orditura (σ_{amm} (flessione) = 7 N/mm²)

Interasse (m)	Luce (m)							
	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00
Carico totale 300 N/mq								
0,50	6 x 8	8 x 10	9 x 12	10 x 13	10 x 14	12 x 16	13 x 17	13 x 18
0,60	7 x 9	8 x 11	9 x 12	10 x 14	11 x 15	13 x 17	13 x 18	14 x 19
0,70	7 x 9	8 x 11	10 x 13	11 x 15	13 x 17	13 x 18	14 x 19	15 x 20
0,80	8 x 10	9 x 12	10 x 14	11 x 15	13 x 17	13 x 18	15 x 20	15 x 21
Carico totale 450 N/mq								
0,50	8 x 10	9 x 12	11 x 13	11 x 15	12 x 16	13 x 18	14 x 19	15 x 20
0,60	8 x 10	9 x 12	10 x 14	12 x 16	13 x 17	14 x 19	15 x 21	16 x 22
0,70	8 x 11	10 x 13	11 x 15	13 x 17	13 x 18	15 x 20	16 x 22	17 x 23
0,80	8 x 11	10 x 13	11 x 15	13 x 17	14 x 19	15 x 21	17 x 23	18 x 24
Carico totale 600 N/mq								
0,50	8 x 10	10 x 13	11 x 15	12 x 16	13 x 18	15 x 20	15 x 21	17 x 23
0,60	7 x 11	10 x 13	11 x 15	13 x 17	14 x 19	15 x 21	17 x 23	18 x 24
0,70	9 x 12	10 x 14	12 x 16	13 x 18	15 x 20	16 x 22	18 x 24	18 x 25
0,80	9 x 12	11 x 15	13 x 17	14 x 19	15 x 21	17 x 23	18 x 25	20 x 27

Fonte U. Alasia, *Prontuario di costruzioni*, Torino, 1991

98.1.2. Solai ad orditura composta

Il solaio ad orditura composta è impiegato per coprire ambienti con luce netta maggiore di 4,00 ÷ 5,00 m. A differenza di quello ad orditura semplice ha la struttura portante composta da due ordini di travi: principali e secondarie. Le travi principali (dette anche *travi maestre*) sono disposte parallelamente al lato minore del vano, ad interasse variabile di 2 ÷ 4 m. Le travi secondarie sono disposte ortogonalmente a quelle principali ed hanno interassi variabili di 40 ÷ 60 cm.

Tabella 98.2. - Sezioni di travi principali in legno per solai ad orditura composta (σ_{amm} (flessione) = 7 N/mm²)

Interasse (m)	Luce (m)						
	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00
Carico totale 300 N/mq							
3,00	17 x 23	19 x 29	20 x 28	23 x 31	24 x 33	25 x 35	27 x 37
3,50	18 x 25	20 x 27	22 x 30	23 x 32	25 x 34	27 x 37	28 x 39
4,00	19 x 26	20 x 28	23 x 31	25 x 34	26 x 36	28 x 38	30 x 41
4,50	20 x 27	22 x 30	23 x 32	25 x 35	27 x 37	29 x 40	30 x 42
5,00	20 x 28	23 x 31	24 x 33	26 x 36	28 x 29	30 x 41	32 x 44
Carico totale 450 N/mq							
3,00	20 x 27	22 x 30	23 x 32	25 x 35	27 x 37	29 x 40	30 x 42

3,50	20 x 28	23 x 31	25 x 34	27 x 37	28 x 39	30 x 42	32 x 44
4,00	21 x 29	23 x 32	25 x 35	28 x 38	30 x 41	32 x 44	33 x 46
4,50	23 x 31	25 x 34	27 x 37	29 x 40	31 x 43	33 x 46	35 x 48
5,00	23 x 32	25 x 35	28 x 38	30 x 41	32 x 44	34 x 47	36 x 50
Carico totale 600 N/mq							
3,00	21 x 29	23 x 32	25 x 35	28 x 38	30 x 41	32 x 44	33 x 46
3,50	23 x 31	25 x 34	27 x 37	29 x 40	31 x 43	33 x 46	35 x 49
4,00	23 x 32	26 x 36	28 x 39	30 x 42	33 x 45	35 x 48	37 x 51
4,50	25 x 34	27 x 37	30 x 41	32 x 44	34 x 47	36 x 50	38 x 53
5,00	25 x 35	28 x 38	30 x 42	33 x 45	35 x 49	38 x 52	40 x 55

Fonte U. Alasia, *Prontuario di costruzioni*, Torino, 1991

98.2. Interventi di consolidamento dei solai in legno

In generale gli interventi di consolidamento statico¹ dei solai devono mirare a conseguire i seguenti risultati:

- resistenza adeguata ai carichi previsti in fase di utilizzazione;
- in relazione a detti carichi, rigidzze (trasversali e nel proprio piano) sufficienti ad assicurare sia la funzionalità in esercizio dell'elemento strutturale, sia la funzione di diaframma di collegamento e ripartizione tra le strutture verticali;
- collegamento efficace con le murature verticali, agli effetti delle trasmissioni degli sforzi.

Le nuove norme sismiche emanate con D.M. 16 gennaio 1996, al punto C.9.8.2. Solai, prevedono che in caso di sostituzione di solai questi devono essere del tipo in cemento armato ordinario o precompresso o solai misti con blocchi interposti in laterizio od altro materiale, ovvero in acciaio efficacemente ancorati alle estremità di cordoli.

Qualora le murature portanti siano prive di cordoli armati in corrispondenza degli orizzontamenti, questi devono essere realizzati con altezze non inferiori allo spessore del solaio. I cordoli possono essere eseguiti - se necessario - a tratti, sovrapponendo le armature ed eventualmente con predisposizione di un tubo centrale per l'inserimento di tiranti o cavi di precompressione. Nel caso invece che le murature presentino consistenza e buona fattura, i cordoli possono non essere estesi a tutto lo spessore del muro ovvero sostituiti con iniezioni di pasta cementizia o miscele sintetiche.

98.2.1. Interventi di irrigidimento

L'irrigidimento del solaio in legno può essere conseguito con:

- collocazione di un nuovo assito, dello spessore minimo di 3 cm, con le tavole disposte ortogonalmente a quelle dell'assito preesistente, ed ancorato alle pareti mediante reggette poste ad interasse di circa 2,50 m;
- getto di uno strato di calcestruzzo dello spessore di almeno 4 cm, disposto su una rete elettrosaldata delle dimensioni 15 x 15 cm con tondini Ø 4 mm, fissata alle travi portanti e collegata alle pareti mediante un cordolo in c.a.;
- totale sostituzione del solaio in legno con uno nuovo in c.a. e laterizio opportunamente collegato alle pareti mediante cordolo in c.a.;
- collegamento delle travi portanti ai muri perimetrali mediante tiranti metallici a coda di rondine o piastra fissati alla trave per una lunghezza minima dall'appoggio di circa 100 cm;
- collegamento del solaio ai muri perimetrali mediante realizzazione di cordolo in c.a. parzialmente inserito nella muratura ed ancorato con apparecchi a coda di rondine;
- applicazione all'intradosso del solaio di tiranti metallici opportunamente vincolati ai muri perimetrali e fissati alle travi mediante cravatte metalliche.

98.2.2. Interventi sulle travi portanti

Gli interventi sulle travi portanti possono riguardare:

- iniezione di resine nelle parti degradate per effetto di insetti o funghi o che presentano lesioni;
- inserimento di una trave in legno lamellare o in profilato in ferro piatto previa esecuzione di un incavo longitudinale lungo la faccia superiore della trave. Le nuove subtravi saranno rese solidali alla trave preesistente mediante l'applicazione di resine epossidiche;
- formazione di reticoli in vetroresina all'interno della trave, realizzati praticando dei fori sulla faccia inferiore della trave;

- d) sostituzione della parte di trave degradata con una altra in legno. Il collegamento delle parti a contatto è realizzato con resina epossidica ed in questi casi è preferibile risolvere la soluzione di continuità della trave ricorrendo a piastre o profilati opportunamente imbullonati alle parti da giuntare.

98.2.3. Interventi sugli appoggi

Gli interventi sugli appoggi, che in generale comportano la riduzione della luce della trave, possono riguardare:

- a) la realizzazione di appoggi sui muri perimetrali mediante mensole in acciaio con profilati a L;
- b) la realizzazione di appoggi con scarpe metalliche;
- c) la realizzazione di nuovi appoggi con elemento continuo sporgente rispetto alla superficie esterna della muratura, ad esempio mediante l'applicazione di profilati ad L;
- d) il rinforzo della parte terminale dell'appoggio della trave con piastre metalliche poste sulle superfici di intradosso ed estradosso;
- e) il rifacimento degli appoggi mediante cordolo in c.a. con una fascia sporgente per ampliare la profondità della lunghezza di appoggio;
- f) il rifacimento degli appoggi con cordolo in c.a. e sostituzione della parte terminale della trave mediante mensola realizzata in profilato di acciaio ad U.

98.2.4. Consolidamento delle travi

Gli interventi di consolidamento delle travi possono consistere in:

- a) applicazione di un profilato metallico, ad esempio del tipo IPE, all'estradosso della trave in legno. Il collegamento tra le due travi sarà reso solidale mediante cravatte metalliche ovvero mediante tirafondi;
- b) applicazione di profilati metallici sulle superfici laterali della trave. Il collegamento tra le travi sarà realizzato mediante cravatte metalliche;
- c) rinforzo della trave mediante l'applicazione di piastre metalliche lungo la superficie di intradosso della trave. La piastra viene collegata alla trave tramite chiavarde metalliche imbullonate alle estremità;
- d) ripristino della continuità della trave mediante l'applicazione, lungo una sufficiente lunghezza maggiore di quella della parte danneggiata, di profilati metallici del tipo IPE o L posti sulle superfici laterali della trave e resi solidali da chiavarde;
- e) applicazione una trave in legno a quella preesistente. Le superfici di contatto delle due travi possono essere connesse mediante incastri, biette o strato di resina epossidica. Il collegamento delle due travi avverrà mediante tiranti metallici verticali imbullonati alle estremità;
- f) applicazione di una o più travi in legno, lamellare o normale, di irrigidimento accostate a quella preesistente. Il collegamento delle travi sarà realizzato con tiranti metallici orizzontali imbullonati alle estremità;
- g) applicazione di un ferro piatto fissato con resina epossidica, oppure di uno strato di vetroresina, lungo la porzione della superficie di intradosso della trave da consolidare.

Art. 99 - Esecuzione coperture continue (piane)

99.1. Definizioni

Si intendono per coperture continue quelle in cui la tenuta all'acqua è assicurata indipendentemente dalla pendenza della superficie di copertura.

Esse si intendono convenzionalmente suddivise nelle seguenti categorie:

- copertura senza elemento termoisolante con strato di ventilazione oppure senza;
- copertura con elemento termoisolante, con strato di ventilazione oppure senza strato di ventilazione.

Quando non è diversamente descritto negli altri documenti progettuali (o quando questi non sono sufficientemente dettagliati) si intende che ciascuna delle categorie sopracitate sarà composta dai seguenti strati funzionali (definite secondo **UNI 8178**).

- a) La copertura non termoisolata non ventilata avrà quali strati di elementi fondamentali: 1) l'elemento portante con funzioni strutturali; 2) lo strato di pendenza con funzione di portare la pendenza della copertura al valore richiesto; 3) l'elemento di tenuta all'acqua con funzione di realizzare la prefissata impermeabilità all'acqua meteorica e di resistere alle sollecitazioni dovute all'ambiente esterno; 4) lo strato di protezione con funzione di limitare le alterazioni dovute ad azioni meccaniche, fisiche, chimiche e/o con funzione decorativa.
- b) La copertura ventilata ma non termoisolata avrà quali strati ed elementi fondamentali:
 - 1) l'elemento portante;
 - 2) lo strato di ventilazione con funzione di contribuire al controllo del comportamento igrotermico delle coperture attraverso ricambi d'aria naturali o forzati;
 - 3) strato di pendenza (se necessario);
 - 4) elemento di tenuta all'acqua;

- 5) strato di protezione.
- c) La copertura termoisolata non ventilata avrà quali strati ed elementi fondamentali:
 - 1) l'elemento portante;
 - 2) strato di pendenza;
 - 3) strato di schermo o barriera al vapore con funzione di impedire (schermo), o di ridurre (barriera) il passaggio del vapore d'acqua e per controllare il fenomeno della condensa;
 - 4) elemento di tenuta all'acqua;
 - 5) elemento termoisolante con funzione di portare al valore richiesto la resistenza termica globale della copertura;
 - 6) strato filtrante;
 - 7) strato di protezione.
- d) La copertura termoisolata e ventilata avrà quali strati ed elementi fondamentali:
 - l'elemento portante con funzioni strutturali;
 - l'elemento termoisolante;
 - lo strato di irrigidimento o supporto con funzione di permettere allo strato sottostante di sopportare i carichi previsti;
 - lo strato di ventilazione;
 - l'elemento di tenuta all'acqua;
 - lo strato filtrante con funzione di trattenere il materiale trasportato dalle acque meteoriche;
 - lo strato di protezione.
- e) La presenza di altri strati funzionali (complementari) eventualmente necessari perché dovuti alla soluzione costruttiva scelta, dovrà essere coerente con le indicazioni della UNI 8178 sia per quanto riguarda i materiali utilizzati sia per quanto riguarda la collocazione rispetto agli altri strati nel sistema di copertura.

99.2. Realizzazione degli strati

Per la realizzazione degli strati si utilizzeranno i materiali indicati nel progetto, ove non sia specificato in dettaglio nel progetto od a suo complemento si rispetteranno le prescrizioni seguenti.

- 1) Per l'elemento portante, a seconda della tecnologia costruttiva adottata, si farà riferimento alle prescrizioni già date nel presente Capitolato sui calcestruzzi, strutture metalliche, sulle strutture miste acciaio calcestruzzo, sulle strutture o prodotti di legno, ecc..
- 2) Per l'elemento termoisolante si farà riferimento all'articolo sui materiali per isolamento termico ed inoltre si curerà che nella posa in opera siano realizzate correttamente le giunzioni, siano curati i punti particolari, siano assicurati adeguati punti di fissaggio e/o garantita una mobilità termoigrometrica rispetto allo strato contiguo.
- 3) Per lo strato di irrigidimento (o supporto), a seconda della soluzione costruttiva impiegata e del materiale, si verificherà la sua capacità di ripartire i carichi, la sua resistenza alle sollecitazioni meccaniche che deve trasmettere e la durabilità nel tempo.
- 4) Lo strato di ventilazione sarà costituito da una intercapedine d'aria avente aperture di collegamento con l'ambiente esterno, munite di griglie, aeratori, ecc. capaci di garantire adeguato ricambio di aria, ma limitare il passaggio di piccoli animali e/o grossi insetti.
- 5) Lo strato di tenuta all'acqua sarà realizzato a seconda della soluzione costruttiva prescelta con membrane in fogli o prodotti fluidi da stendere in sito fino a realizzare uno strato continuo.
 - a) Le caratteristiche delle membrane sono quelle indicate all'articolo prodotti per coperture. In fase di posa si dovrà curare: la corretta realizzazione dei giunti utilizzando eventualmente i materiali ausiliari (adesivi, ecc.), le modalità di realizzazione previste dal progetto e/o consigliate dal produttore nella sua documentazione tecnica ivi incluse le prescrizioni sulle condizioni ambientali (umidità, temperature, ecc.) e di sicurezza. Attenzione particolare sarà data all'esecuzione dei bordi, punti particolari, risvolti, ecc. ove possono verificarsi infiltrazioni sotto lo strato.
 - b) Le caratteristiche dei prodotti fluidi e/o in pasta sono quelle indicate nell'articolo prodotti per coperture. In fase di posa si dovrà porre cura nel seguire le indicazioni del progetto e/o del fabbricante allo scopo di ottenere strati uniformi e dello spessore previsto che garantiscano continuità anche nei punti particolari quali risvolti, asperità, elementi verticali (camini, aeratori, ecc.).

Sarà curato inoltre che le condizioni ambientali (temperatura, umidità, ecc.) od altre situazioni (presenza di polvere, tempi di maturazione, ecc.) siano rispettate per favorire una esatta rispondenza del risultato finale alle ipotesi di progetto.
- 6) Lo strato filtrante, quando previsto, sarà realizzato a seconda della soluzione costruttiva prescelta con fogli di non tessuto sintetico od altro prodotto adatto accettato dalla Direzione dei lavori. Sarà curata la sua corretta collocazione nel sistema di copertura e la sua congruenza rispetto all'ipotesi di funzionamento con particolare attenzione rispetto a possibili punti difficili.
- 7) Lo strato di protezione, sarà realizzato secondo la soluzione costruttiva indicata dal progetto. I materiali (verniciature, granigliature, lamine, ghiaietto, ecc.) risponderanno alle prescrizioni previste nell'articolo loro applicabile. Nel caso di protezione costituita da pavimentazione quest'ultima sarà eseguita secondo le

indicazioni del progetto e/o secondo le prescrizioni previste per le pavimentazioni curando che non si formino incompatibilità meccaniche, chimiche, ecc. tra la copertura e la pavimentazione sovrastante.

- 8) Lo strato di pendenza è solitamente integrato in altri strati, pertanto si rinvia i materiali allo strato funzionale che lo ingloba. Per quanto riguarda la realizzazione si curerà che il piano (od i piani) inclinato che lo concretizza abbia corretto orientamento verso eventuali punti di confluenza e che nel piano non si formino avvallamenti più o meno estesi che ostacolano il deflusso dell'acqua. Si cureranno inoltre le zone raccordate all'incontro con camini, aeratori, ecc..
- 9) Lo strato di barriera o schermo al vapore sarà realizzato con membrane di adeguate caratteristiche (vedere articolo prodotti per coperture continue).
Nella fase di posa sarà curata la continuità dello strato fino alle zone di sfogo (bordi, aeratori, ecc.), inoltre saranno seguiti gli accorgimenti già descritti per lo strato di tenuta all'acqua.
- 10) Per gli altri strati complementari riportati nella norma **UNI 8178** si dovranno adottare soluzioni costruttive che impieghino uno dei materiali ammessi dalla norma stessa.

Il materiale prescelto dovrà rispondere alle prescrizioni previste nell'articolo di questo Capitolato ad esso applicabile. Per la realizzazione in opera si seguiranno le indicazioni del progetto e/o le indicazioni fornite dal produttore, ed accettate dalla Direzione dei lavori, ivi comprese quelle relative alle condizioni ambientali e/o le precauzioni da seguire nelle fasi di cantiere.

99.3. Compiti del Direttore dei lavori

Il Direttore dei lavori per la realizzazione delle coperture piane opererà come segue.

- a) Nel corso dell'esecuzione dei lavori (con riferimento ai tempi e alle procedure) verificherà via via che i materiali impiegati e le tecniche di posa siano effettivamente quelle prescritte ed inoltre, almeno per gli strati più significativi, verificherà che il risultato finale sia coerente con le prescrizioni di progetto e comunque con la funzione attribuita all'elemento o strato considerato.

In particolare verificherà: il collegamento tra gli strati; la realizzazione dei giunti/sovrapposizioni (per gli strati realizzati con pannelli, fogli ed in genere con prodotti preformati); l'esecuzione accurata dei bordi e dei punti particolari. Ove sono richieste lavorazioni in sito verificherà con semplici metodi da cantiere:

- 1) le resistenze meccaniche (portate, pulsonamenti, resistenze a flessione);
- 2) adesioni o connessioni fra strati (o quando richieda l'esistenza di completa separazione);
- 3) la tenuta all'acqua, all'umidità ecc..

- b) A conclusione dell'opera eseguirà prove (anche solo localizzate di funzionamento formando battenti di acqua, condizioni di carico, di punzonamento, ecc.) che siano significative delle ipotesi previste dal progetto e dalla realtà.

Avrà cura di far aggiornare e raccogliere i disegni costruttivi più significativi unitamente alla descrizione e/o schede tecniche dei prodotti impiegati (specialmente quelli non visibili ad opera ultimata) e le prescrizioni attinenti la successiva manutenzione.

Art. 100 - Esecuzione coperture discontinue (a falda)

100.1. Generalità

Si intendono per coperture discontinue (a falda) quelle in cui l'elemento di tenuta all'acqua assicura la sua funzione solo per valori della pendenza maggiori di un minimo, che dipende prevalentemente dal materiale e dalla conformazione dei prodotti.

Esse si intendono convenzionalmente suddivise nelle seguenti categorie:

- coperture senza elemento termoisolante, con strato di ventilazione oppure senza;
- coperture con elemento termoisolante, con strato di ventilazione oppure senza.

100.2 Strati funzionali

Quando non è diversamente descritto negli altri documenti progettuali (o quando questi non sono sufficientemente dettagliati), si intende che ciascuna delle categorie sopracitate sarà composta dai seguenti strati funzionali (definite secondo la norma **UNI 8178**).

- a) La copertura non termoisolata e non ventilata avrà quali strati ed elementi fondamentali:
 - 1) l'elemento portante: con funzione di sopportare i carichi permanenti ed i sovraccarichi della copertura;
 - 2) strato di pendenza: con funzione di portare la pendenza al valore richiesto (questa funzione è sempre integrata in altri strati);
 - 3) elemento di supporto: con funzione di sostenere gli strati ad esso appoggiati (e di trasmettere la forza all'elemento portante);
 - 4) elemento di tenuta: con funzione di conferire alle coperture una prefissata impermeabilità all'acqua meteorica e di resistere alle azioni meccaniche fisiche e chimiche indotte dall'ambiente esterno e dall'uso.
- b) La copertura non termoisolata e ventilata avrà quali strati ed elementi funzionali:

- 1) lo strato di ventilazione: con funzione di contribuire al controllo delle caratteristiche igrotermiche attraverso ricambi d'aria naturali o forzati;
 - 2) strato di pendenza (sempre integrato);
 - 3) l'elemento portante;
 - 4) l'elemento di supporto;
 - 5) l'elemento di tenuta.
- c) La copertura termoisolata e non ventilata avrà quali strati ed elementi fondamentali:
- 1) l'elemento termoisolante: con funzione di portare al valore richiesto la resistenza termica globale della copertura;
 - 2) lo strato di pendenza (sempre integrato);
 - 3) l'elemento portante;
 - 4) lo strato di schermo al vapore o barriera al vapore: con funzione di impedire (schermo) o di ridurre (barriera) il passaggio del vapore d'acqua e per controllare il fenomeno della condensa;
 - 5) l'elemento di supporto;
 - 6) l'elemento di tenuta.
- d) La copertura termoisolata e ventilata avrà quali strati ed elementi fondamentali:
- 1) l'elemento termoisolante;
 - 2) lo strato di ventilazione;
 - 3) lo strato di pendenza (sempre integrato);
 - 4) l'elemento portante;
 - 5) l'elemento di supporto;
 - 6) l'elemento di tenuta.
- e) La presenza di altri strati funzionali (complementari) eventualmente necessari perché dovuti alla soluzione costruttiva scelta dovrà essere coerente con le indicazioni della **UNI 8178** sia per quanto riguarda i materiali utilizzati sia per quanto riguarda la collocazione nel sistema di copertura.

100.3 Realizzazione degli strati

Per la realizzazione degli strati si utilizzeranno i materiali indicati nel progetto, ove non sia specificato in dettaglio nel progetto od a suo complemento si rispetteranno le prescrizioni seguenti.

- 1) Per l'elemento portante vale quanto riportato in 109.2.
- 2) Per l'elemento termoisolante vale quanto indicato nell'art. 59.8.
- 3) Per l'elemento di supporto a seconda della tecnologia costruttiva adottata si farà riferimento alle prescrizioni già date nel presente Capitolato su prodotti di legno, malte di cemento, profilati metallici, getti di calcestruzzo, elementi preformati di base di materie plastiche. Si verificherà durante l'esecuzione la sua rispondenza alle prescrizioni del progetto, l'adeguatezza nel trasmettere i carichi all'elemento portante nel sostenere lo strato sovrastante.
- 4) L'elemento di tenuta all'acqua sarà realizzato con i prodotti previsti dal progetto e che rispettino anche le prescrizioni previste nell'articolo sui prodotti per coperture discontinue.
In fase di posa si dovrà curare la corretta realizzazione dei giunti e/o le sovrapposizioni, utilizzando gli accessori (ganci, viti, ecc.) e le modalità esecutive previste dal progetto e/o consigliate dal produttore nella sua documentazione tecnica, ed accettate dalla Direzione dei lavori, ivi incluse le prescrizioni sulle condizioni ambientali (umidità, temperatura, ecc.) e di sicurezza.
Attenzione particolare sarà data alla realizzazione dei bordi, punti particolari e comunque ove è previsto l'uso di pezzi speciali ed il coordinamento con opere di completamento e finitura (scossaline, gronde, colmi, camini, ecc.).
- 5) Per lo strato di ventilazione vale quanto riportato in 109.2.. Inoltre nel caso di coperture con tegole posate su elemento di supporto discontinuo, la ventilazione può essere costituita dalla somma delle microventilazioni sottotegola.
- 6) Lo strato di schermo al vapore o barriera al vapore dovrà soddisfare a quanto prescritto nel punto 59.4..
- 7) Per gli altri strati complementari il materiale prescelto dovrà rispondere alle prescrizioni previste nell'articolo di questo Capitolato ad esso applicabile. Per la realizzazione in opera si seguiranno le indicazioni del progetto e/o le indicazioni fornite dal produttore, ed accettate dalla Direzione dei lavori, ivi comprese quelle relative alle condizioni ambientali e/o precauzioni da seguire nelle fasi di cantiere.

100.4. Compiti del Direttore dei lavori

Il Direttore dei lavori per la realizzazione delle coperture discontinue (a falda) opererà come segue:

Nel corso dell'esecuzione dei lavori con riferimento ai tempi e alle procedure, verificherà via via che i materiali impiegati e le tecniche di posa siano effettivamente quelle prescritte ed inoltre almeno per gli strati più significativi verificherà che il risultato finale sia coerente con le prescrizioni di progetto e comunque con la funzione attribuita all'elemento o strato considerato.

In particolare verificherà i collegamenti tra gli strati, la realizzazione dei giunti/sovrapposizioni dei singoli prodotti costituenti uno strato, l'esecuzione accurata dei bordi e dei punti particolari ove sono richieste lavorazioni in sito. Per

quanto applicabili verificherà con semplici metodi da cantiere le resistenze meccaniche (portate, punzonamenti, resistenza a flessione, ecc.), la impermeabilità dello strato di tenuta all'acqua, la continuità (o discontinuità) degli strati, ecc..

A conclusione dell'opera eseguirà prove (anche solo localizzate) per verificare la tenuta all'acqua, condizioni di carico (frecce), resistenza ad azioni localizzate e quanto altro può essere verificato direttamente in sito a fonte delle ipotesi di progetto. Avrà cura di far aggiornare e raccogliere i disegni costruttivi unitamente alla descrizione e/o schede tecniche dei prodotti impiegati (specialmente quelli non visibili ad opera ultimata) e le prescrizioni attinenti la successiva manutenzione.

Art. 101 - Opere di impermeabilizzazione

101.1. Definizioni

Si intendono per opere di impermeabilizzazione quelle che servono a limitare (o ridurre entro valori prefissati) il passaggio di acqua (sotto forma liquida o vapore) attraverso una parte dell'edificio (pareti, fondazioni, pavimenti controterra ecc.) o comunque lo scambio igrometrico tra ambienti.

Esse si dividono in:

- impermeabilizzazioni costituite da strati continui (o discontinui) di prodotti;
- impermeabilizzazioni realizzate mediante la formazione di intercapedini ventilate.
-

101.2. Categorie di impermeabilizzazioni

Le impermeabilizzazioni, si intendono suddivise nelle seguenti categorie:

- a) Impermeabilizzazioni di coperture continue o discontinue;
- b) Impermeabilizzazioni di pavimentazioni;
- c) Impermeabilizzazioni di opere interrato;
- d) Impermeabilizzazioni di elementi verticali (non risalita d'acqua).

101.3. Realizzazione

Per la realizzazione delle diverse categorie si utilizzeranno i materiali e le modalità indicate negli altri documenti progettuali, ove non siano specificate in dettaglio nel progetto od a suo completamento si rispetteranno le prescrizioni seguenti:

- 1) Per le impermeabilizzazioni di coperture, vedere articolo 59.
- 2) Per le impermeabilizzazioni di pavimentazioni, vedere art. 54.11.
- 3) Per la impermeabilizzazione di opere interrate valgono le prescrizioni seguenti:
 - a) Per le soluzioni che adottino membrane in foglio o rotolo si sceglieranno i prodotti che per resistenza meccanica a trazione, agli urti ed alla lacerazione meglio si prestano a sopportare l'azione del materiale di reinterro (che comunque dovrà essere ricollocato con le dovute cautele) le resistenze predette potranno essere raggiunte mediante strati complementari e/o di protezione ed essere completate da soluzioni adeguate per ridurre entro limiti accettabili, le azioni di insetti, muffe, radici e sostanze chimiche presenti del terreno.
Inoltre durante la realizzazione si curerà che i risvolti, punti di passaggio di tubazioni, ecc. siano accuratamente eseguiti onde evitare sollecitazioni localizzate o provocare distacchi e punti di infiltrazione.
 - b) Per le soluzioni che adottano prodotti rigidi in lastre, fogli sagomati e similari (con la formazione di interspazi per la circolazione di aria) si opererà come indicato nel comma a) circa la resistenza meccanica. Per le soluzioni ai bordi e nei punti di attraversamento di tubi, ecc. si eseguirà con cura la soluzione adottata in modo da non costituire punti di infiltrazione e di debole resistenza meccanica.
 - c) Per le soluzioni che adottano intercapedini di aria si curerà la realizzazione della parete più esterna (a contatto con il terreno) in modo da avere continuità ed adeguata resistenza meccanica. Al fondo dell'intercapedine si formeranno opportuni drenaggi dell'acqua che limitino il fenomeno di risalita capillare nella parete protetta.
 - d) Per le soluzioni che adottano prodotti applicati fluidi od in pasta si sceglieranno prodotti che possiedano caratteristiche di impermeabilità ed anche di resistenza meccanica (urti, abrasioni, lacerazioni). Le resistenze predette potranno essere raggiunte mediante strati complementari e/o di protezione ed essere completate da soluzioni adeguate per ottenere valori accettabili di resistenza ad agenti biologici quali radici, insetti, muffe, ecc. nonché di resistenza alle possibili sostanze chimiche presenti nel terreno.
Durante l'esecuzione si curerà la corretta esecuzione di risvolti e dei bordi, nonché dei punti particolari quali passaggi di tubazioni, ecc. in modo da evitare possibili zone di infiltrazione e/o distacco. La preparazione del fondo, l'eventuale preparazione del prodotto (miscelazioni, ecc.) le modalità di applicazione ivi comprese le condizioni ambientali (temperatura ed umidità) e quelle di sicurezza saranno quelle indicate dal produttore nella sua documentazione tecnica ed accettate dalla Direzione dei lavori.

- 4) Per le impermeabilizzazioni di elementi verticali (con risalita d'acqua) si eseguiranno strati impermeabili (o drenanti) che impediscano o riducano al minimo il passaggio di acqua per capillarità, ecc.. Gli strati si eseguiranno con fogli, prodotti spalmati, malte speciali, ecc. curandone la continuità e la collocazione corretta nell'elemento. L'utilizzo di estrattori di umidità per murature, malte speciali ed altri prodotti simili, sarà ammesso solo con prodotti di provata efficacia ed osservando scrupolosamente le indicazioni del progetto e del produttore per la loro realizzazione.

101.4. Compiti del Direttore dei lavori

Il Direttore dei lavori per la realizzazione delle opere di impermeabilizzazione opererà come segue.

- a) Nel corso dell'esecuzione dei lavori, con riferimento ai tempi e alle procedure, verificherà via via che i materiali impiegati e le tecniche di posa siano effettivamente quelle prescritte ed inoltre almeno per gli strati più significativi verificherà che il risultato finale sia coerente con le prescrizioni di progetto e comunque con la funzione attribuita all'elemento o strato considerato.
In particolare verificherà i collegamenti tra gli strati, la realizzazione di giunti/sovrapposizioni dei singoli prodotti costituenti uno strato, l'esecuzione accurata dei bordi e dei punti particolari ove sono richieste lavorazioni in sito. Per quanto applicabili verificherà con semplici metodi da cantiere le resistenze meccaniche (punzonamenti, resistenza a flessione, ecc.), la impermeabilità dello strato di tenuta all'acqua, le continuità (o discontinuità) degli strati, ecc..
- b) A conclusione dell'opera eseguire prove (anche solo localizzate) per verificare le resistenze ad azioni meccaniche localizzate, l'interconnessione e compatibilità con altre parti dell'edificio e con eventuali opere di completamento. Avrà cura di far aggiornare e raccogliere i disegni costruttivi unitamente alle schede tecniche di prodotti ed eventuali prescrizioni per la manutenzione.

Art. 102 - Esecuzione delle pareti esterne e partizioni interne

102.1. Definizioni

Si intende per parete esterna il sistema edilizio avente la funzione di separare e conformare gli spazi interni al sistema rispetto all'esterno.

Si intende per partizione interna un sistema edilizio avente funzione di dividere e conformare gli spazi interni del sistema edilizio.

Nella esecuzione delle pareti esterne si terrà conto della loro tipologia (trasparente, portante, portata, monolitica, ad intercapedine, termoisolata, ventilata) e della loro collocazione (a cortina, a semicortina od inserita).

Nella esecuzione delle partizioni interne si terrà conto della loro classificazione in partizione semplice (solitamente realizzata con piccoli elementi e leganti umidi) o partizione prefabbricata (solitamente realizzata con montaggio in sito di elementi predisposti per essere assemblati a secco).

102.2. Strati funzionali

Quando non è diversamente descritto negli altri documenti progettuali (o quando questi non sono sufficientemente dettagliati) si intende che ciascuna delle categorie di parete sopracitata è composta da più strati funzionali (costruttivamente uno strato può assolvere a più funzioni), che devono essere realizzati come segue.

- a) Le pareti a cortina (facciate continue) saranno realizzate utilizzando i materiali e prodotti rispondenti al presente Capitolato (vetro, isolanti, sigillanti, pannelli, finestre, elementi portanti, ecc.). Le parti metalliche si intendono lavorate in modo da non subire microfessure o comunque danneggiamenti ed, a seconda del metallo, opportunamente protette dalla corrosione.

Durante il montaggio si curerà la corretta esecuzione dell'elemento di supporto ed il suo ancoraggio alla struttura dell'edificio eseguendo (per parti) verifiche della corretta esecuzione delle giunzioni (bullonature, saldature, ecc.) e del rispetto delle tolleranze di montaggio e dei giochi. Si effettueranno prove di carico (anche per parti) prima di procedere al successivo montaggio degli altri elementi.

La posa dei pannelli di tamponamento, dei telai, dei serramenti, ecc. sarà effettuata rispettando le tolleranze di posizione, utilizzando i sistemi di fissaggio previsti. I giunti saranno eseguiti secondo il progetto e comunque posando correttamente le guarnizioni ed i sigillanti in modo da garantire le prestazioni di tenuta all'acqua, all'aria, isolamento termico, acustico, ecc. tenendo conto dei movimenti localizzati della facciata e dei suoi elementi dovuti a variazioni termiche, pressione del vento, ecc..

La posa di scossaline coprigiunti, ecc. avverrà in modo da favorire la protezione e la durabilità dei materiali protetti ed in modo che le stesse non siano danneggiate dai movimenti delle facciate.

Il montaggio dei vetri e dei serramenti avverrà secondo le indicazioni date nell'articolo 115.

- b) Le pareti esterne o partizioni interne realizzate a base di elementi di laterizio, calcestruzzo, calcio silicato, pietra naturale o ricostruita e prodotti simili saranno realizzate con le modalità descritte nell'articolo opere di muratura, tenendo conto delle modalità di esecuzione particolari (giunti, sovrapposizioni, ecc.) richieste quando la muratura ha compiti di isolamento termico, acustico, resistenza al fuoco, ecc. Per gli altri strati presenti morfologicamente e con

precise funzioni di isolamento termico, acustico, barriera al vapore, ecc. si rinvia alle prescrizioni date nell'articolo relativo alle coperture.

Per gli intonaci ed i rivestimenti in genere si rinvia all'articolo sull'esecuzione di queste opere. Comunque in relazione alle funzioni attribuite alle pareti ed al livello di prestazione richiesto si curerà la realizzazione dei giunti, la connessione tra gli strati e le compatibilità meccaniche e chimiche.

Nel corso dell'esecuzione si curerà la completa esecuzione dell'opera con attenzione alle interferenze con altri elementi (impianti), all'esecuzione dei vani di porte e finestre, alla realizzazione delle camere d'aria o di strati interni curando che non subiscano schiacciamenti, discontinuità, ecc. non coerenti con la funzione dello strato.

- c) Le partizioni interne costituite da elementi predisposti per essere assemblati in sito (con o senza piccole opere di adeguamento nelle zone di connessione con le altre pareti o con il soffitto) devono essere realizzate con prodotti rispondenti alle prescrizioni date nell'articolo prodotti per pareti esterne e partizioni interne.

Nell'esecuzione si seguiranno le modalità previste dal produttore (ivi incluso l'utilizzo di appositi attrezzi) ed approvate dalla Direzione dei lavori. Si curerà la corretta predisposizione degli elementi che svolgono anche funzione di supporto in modo da rispettare le dimensioni, tolleranze ed i giochi previsti o comunque necessari ai fini del successivo assemblaggio degli altri elementi. Si curerà che gli elementi di collegamento e di fissaggio vengano posizionati ed installati in modo da garantire l'adeguata trasmissione delle sollecitazioni meccaniche. Il posizionamento di pannelli, vetri, elementi di completamento, ecc. sarà realizzato con l'interposizione di guarnizioni, distanziatori, ecc. che garantiscano il raggiungimento dei livelli di prestazione previsti ed essere completate con sigillature, ecc..

Il sistema di giunzione nel suo insieme deve completare il comportamento della parete e deve essere eseguito secondo gli schemi di montaggio previsti; analogamente si devono eseguire secondo gli schemi previsti e con accuratezza le connessioni con le pareti murarie, con i soffitti, ecc..

Art. 103- Sistemi per rivestimenti interni ed esterni

103.1. Definizioni

Si definisce sistema di rivestimento il complesso di strati di prodotti della stessa natura o di natura diversa, omogenei o disomogenei che realizzano la finitura dell'edificio.

I sistemi di rivestimento si distinguono, a seconda della loro funzioni in:

- rivestimenti per esterno e per interno;
- rivestimenti protettivi in ambienti con specifica aggressività;
- rivestimenti protettivi di materiali lapidei, legno, ferro, metalli non ferrosi, ecc..

103.2 Sistemi realizzati con prodotti rigidi

Devono essere realizzati secondo le prescrizioni del progetto ed a completamento del progetto con le indicazioni seguenti.

- a) Per le piastrelle di ceramica (o lastre di pietra, ecc. con dimensioni e pesi simili) si procederà alla posa su letto di malta svolgente funzioni di strato di collegamento e di compensazione e curando la sufficiente continuità dello strato stesso, lo spessore, le condizioni ambientali di posa (temperatura ed umidità) e di maturazione. Si valuterà inoltre la composizione della malta onde evitare successivi fenomeni di incompatibilità chimica o termica con il rivestimento e/o con il supporto.

Durante la posa del rivestimento si curerà l'esecuzione dei giunti, il loro allineamento, la planarità della superficie risultante ed il rispetto di eventuali motivi ornamentali.

In alternativa alla posa con letto di malta si procederà all'esecuzione di uno strato ripartitore avente adeguate caratteristiche di resistenza meccanica, planarità, ecc. in modo da applicare successivamente uno strato di collegamento (od ancoraggio) costituito da adesivi aventi adeguate compatibilità chimica e termica con lo strato ripartitore e con il rivestimento. Durante la posa si procederà come sopra descritto.

- b) Per le lastre di pietra, calcestruzzo, fibrocemento e prodotti simili si procederà alla posa mediante fissaggi meccanici (elementi ad espansione, elementi a fissaggio chimico, ganci, zanche e simili) a loro volta ancorati direttamente nella parte muraria e/o su tralicci o simili. Comunque i sistemi di fissaggio devono garantire una adeguata resistenza meccanica per sopportare il peso proprio e del rivestimento, resistere alle corrosioni, permettere piccole regolazioni dei singoli pezzi durante il fissaggio ed il loro movimento in opera dovuto a variazioni termiche. Il sistema nel suo insieme deve avere comportamento termico accettabile, nonché evitare di essere sorgente di rumore inaccettabile dovuto al vento, pioggia, ecc. ed assolvere le altre funzioni loro affidate quali tenuta all'acqua ecc.. Durante la posa del rivestimento si cureranno gli effetti estetici previsti, l'allineamento o comunque corretta esecuzione di giunti (sovrapposizioni, ecc.), la corretta forma della superficie risultante, ecc..
- c) Per le lastre, pannelli, ecc. a base di metallo o materia plastica si procederà analogamente a quanto descritto in b) per le lastre.

Si curerà in base alle funzioni attribuite dal progetto al rivestimento, l'esecuzione dei fissaggi la collocazione rispetto agli strati sottostanti onde evitare incompatibilità termiche, chimiche od elettriche. Saranno considerate le possibili

vibrazioni o rumore indotte da vento, pioggia, ecc.. Verranno inoltre verificati i motivi estetici, l'esecuzione dei giunti, la loro eventuale sigillatura, ecc..

103.3. Sistemi realizzati con prodotti flessibili

Devono essere realizzati secondo le prescrizioni date nel progetto con prodotti costituiti da carte da parati (a base di carta, tessili, fogli di materie plastiche o loro abbinamenti) aventi le caratteristiche riportate nell'articolo loro applicabile ed a completamento del progetto devono rispondere alle indicazioni seguenti.

A seconda del supporto (intonaco, legno, ecc.), si procederà alla sua pulizia ed asportazione dei materiali esistenti nonché al riempimento di fessure, piccoli fori, alla spianatura di piccole asperità, ecc. avendo cura di eliminare, al termine, la polvere ed i piccoli frammenti che possono successivamente collocarsi tra il foglio ed il supporto durante la posa.

Si stenderà uno strato di fondo (fissativo) solitamente costituito dallo stesso adesivo che si userà per l'incollaggio (ma molto più diluito con acqua) in modo da rendere uniformemente assorbente il supporto stesso e da chiudere i pori più grandi. Nel caso di supporti molto irregolari e nella posa di rivestimenti particolarmente sottili e lisci (esempio tessili) si provvederà ad applicare uno strato intermedio di carta foderata o prodotto similare allo scopo di ottenere la levigatezza e continuità volute.

Si applica infine il telo di finitura curando il suo taglio preliminare in lunghezza e curando la concordanza dei disegni, la necessità di posare i teli con andamento alternato ecc..

Durante l'applicazione si curerà la realizzazione dei giunti, la quantità di collante applicato, l'esecuzione dei punti particolari quali angoli, bordi di porte, finestre, ecc., facendo le opportune riprese in modo da garantire la continuità dei disegni e comunque la scarsa percepibilità dei giunti.

103.4. Sistemi realizzati con prodotti fluidi

Devono essere realizzati secondo le prescrizioni date nel progetto (con prodotti costituiti da pitture, vernici impregnanti, ecc.) aventi le caratteristiche riportate nell'articolo loro applicabile ed a completamento del progetto devono rispondere alle indicazioni seguenti:

- a) su pietre naturali ed artificiali impregnazione della superficie con siliconi o olii fluorurati, non pellicolanti, resistenti agli UV, al dilavamento, agli agenti corrosivi presenti nell'atmosfera;
- b) su intonaci esterni:
 - tinteggiatura della superficie con tinte alla calce, o ai silicati inorganici;
 - pitturazione della superficie con pitture organiche;
- c) su intonaci interni:
 - tinteggiatura della superficie con tinte alla calce, o ai silicati inorganici;
 - pitturazione della superficie con pitture organiche o ai silicati organici;
 - rivestimento della superficie con materiale plastico a spessore;
 - tinteggiatura della superficie con tinte a tempera;
- d) su prodotti di legno e di acciaio.

I sistemi si intendono realizzati secondo le prescrizioni del progetto ed in loro mancanza (od a loro integrazione) si intendono realizzati secondo le indicazioni date dal produttore ed accettate dalla Direzione dei lavori; le informazioni saranno fornite secondo le norme **UNI 8758** o **UNI 8760** e riguarderanno:

- criteri e materiali di preparazione del supporto;
 - criteri e materiali per realizzare l'eventuale strato di fondo ivi comprese le condizioni ambientali (temperatura, umidità) del momento della realizzazione e del periodo di maturazione, condizioni per la successiva operazione;
 - criteri e materiali per realizzare l'eventuale strato intermedio ivi comprese le condizioni citate all'alinea precedente per la realizzazione e maturazione;
 - criteri e materiali per lo strato di finiture ivi comprese le condizioni citate al secondo alinea.
- e) Durante l'esecuzione, per tutti i tipi predetti, si curerà per ogni operazione la completa esecuzione degli strati, la realizzazione dei punti particolari, le condizioni ambientali (temperatura, umidità) e la corretta condizione dello strato precedente (essiccazione, maturazione, assenza di bolle, ecc.), nonché le prescrizioni relative alle norme di igiene e sicurezza.

103.5. Compiti del Direttore dei lavori

Il Direttore dei lavori per la realizzazione del sistema di rivestimento opererà come segue.

- a) Nel corso dell'esecuzione dei lavori (con riferimento ai tempi ed alle procedure) verificherà via via che i materiali impiegati e le tecniche di posa siano effettivamente quelle prescritte ed inoltre almeno per gli strati più significativi verificherà che il risultato delle operazioni predette sia coerente con le prescrizioni di progetto e comunque con la funzione che è attribuita all'elemento o strato realizzato.
- In particolare verificherà:

- per i rivestimenti rigidi le modalità di fissaggio, la corretta esecuzione dei giunti e quanto riportato nel punto loro dedicato, eseguendo verifiche intermedie di resistenza meccanica, ecc.;
 - per i rivestimenti con prodotti flessibili (fogli) la corretta esecuzione delle operazioni descritte nel relativo punto;
 - per i rivestimenti fluidi od in pasta il rispetto delle prescrizioni di progetto o concordate come detto nel punto a) verificando la loro completezza, ecc. specialmente delle parti difficilmente controllabili al termine dei lavori.
- b) A conclusione dei lavori eseguirà prove (anche solo localizzate) e con facili mezzi da cantiere creando sollecitazioni compatibili con quelle previste dal progetto o comunque similanti le sollecitazioni dovute all'ambiente, agli utenti futuri, ecc. Per i rivestimenti rigidi verificherà in particolare il fissaggio e l'aspetto delle superfici risultanti; per i rivestimenti in fogli, l'effetto finale e l'adesione al supporto; per quelli fluidi la completezza, l'assenza di difetti locali, l'aderenza al supporto.

Art. 104 - Opere di vetratura e serramentistica

104.1. Definizioni

- Si intendono per opere di vetratura quelle che comportano la collocazione in opera di lastre di vetro (o prodotti similari sempre comunque in funzione di schermo) sia in luci fisse sia in ante fisse o mobili di finestre, porte-finestre o porte;
- si intendono per opere di serramentistica quelle relative alla collocazione di serramenti (infissi) nei vani aperti delle parti murarie destinate a riceverli.

104.2. Realizzazione

La realizzazione delle opere di vetratura deve avvenire con i materiali e le modalità previsti dal progetto ed ove questo non sia sufficientemente dettagliato valgono le prescrizioni seguenti:

- a) Le lastre di vetro in relazione al loro comportamento meccanico devono essere scelte tenendo conto delle loro dimensioni, delle sollecitazioni previste dovute a carico vento e neve, delle sollecitazioni dovute ad eventuali sbalzi e delle deformazioni prevedibili del serramento.
Devono inoltre essere considerate per la loro scelta le esigenze di isolamento termico, acustico, di trasmissione luminosa, di trasparenza o traslucidità, di sicurezza sia ai fini antinfortunistici che di resistenza alle effrazioni, atti vandalici, ecc..
Per la valutazione della adeguatezza delle lastre alle prescrizioni predette, in mancanza di prescrizioni nel progetto si intendono adottati i criteri stabiliti nelle norme UNI per l'isolamento termico ed acustico, la sicurezza, ecc. (**UNI 7143, UNI 7144, UNI 7170 e UNI 7697**).
- Gli smussi ai bordi e negli angoli devono prevenire possibili scagliature.
- b) I materiali di tenuta, se non precisati nel progetto, si intendono scelti in relazione alla conformazione e dimensioni delle scanalature (o battente aperto con ferma vetro) per quanto riguarda lo spessore e dimensioni in genere, capacità di adattarsi alle deformazioni elastiche dei telai fissi ed ante apribili; resistenza alle sollecitazioni dovute ai cicli termigrometrici tenuto conto delle condizioni microlocali che si creano all'esterno rispetto all'interno, ecc. e tenuto conto del numero, posizione e caratteristiche dei tasselli di appoggio, periferici e spaziatori.
Nel caso di lastre posate senza serramento gli elementi di fissaggio (squadrette, tiranti, ecc.) devono avere adeguata resistenza meccanica, essere preferibilmente di metallo non ferroso o comunque protetto dalla corrosione. Tra gli elementi di fissaggio e la lastra deve essere interposto materiale elastico e durabile alle azioni climatiche.
- c) La posa in opera deve avvenire previa eliminazione di depositi e materiali dannosi dalle lastre, serramenti, ecc. e collocando i tasselli di appoggio in modo da far trasmettere correttamente il peso della lastra al serramento; i tasselli di fissaggio servono a mantenere la lastra nella posizione prefissata.

Le lastre che possono essere urtate devono essere rese visibili con opportuni segnali (motivi ornamentali, maniglie, ecc.).

La sigillatura dei giunti tra lastra e serramento deve essere continua in modo da eliminare ponti termici ed acustici. Per i sigillanti e gli adesivi si devono rispettare le prescrizioni previste dal fabbricante per la preparazione, le condizioni ambientali di posa e di manutenzione. Comunque la sigillatura deve essere conforme a quella richiesta dal progetto od effettuata sui prodotti utilizzati per qualificare il serramento nel suo insieme.

L'esecuzione effettuata secondo la norma **UNI 6534** potrà essere considerata conforme alla richiesta del presente Capitolato nei limiti di validità della norma stessa.

104.3. Posa in opera dei serramenti

La realizzazione della posa dei serramenti deve essere effettuata come indicato nel progetto e quando non precisato deve avvenire secondo le prescrizioni seguenti:

- d) Le finestre collocate su propri controtelai e fissate con i mezzi previsti dal progetto e comunque in modo da evitare sollecitazioni localizzate.

Il giunto tra controtelaio e telaio fisso se non progettato in dettaglio onde mantenere le prestazioni richieste al serramento dovrà essere eseguito con le seguenti attenzioni:

- assicurare tenuta all'aria ed isolamento acustico;
- gli interspazi devono essere sigillati con materiale comprimibile e che resti elastico nel tempo, se ciò non fosse sufficiente (giunti larghi più di 8 mm) si sigillerà anche con apposito sigillante capace di mantenere l'elasticità nel tempo e di aderire al materiale dei serramenti;
- il fissaggio deve resistere alle sollecitazioni che il serramento trasmette sotto l'azione del vento od i carichi dovuti all'utenza (comprese le false manovre).

e) La posa con contatto diretto tra serramento e parte muraria deve avvenire:

- assicurando il fissaggio con l'ausilio di elementi meccanici (zanche, tasselli ad espansione, ecc.);
- sigillando il perimetro esterno con malta previa eventuale interposizione di elementi separatori quali non tessuti, fogli, ecc.;
- curando l'immediata pulizia delle parti che possono essere danneggiate (macchiate, corrosive, ecc.) dal contatto con la malta.

f) Le porte devono essere posate in opera analogamente a quanto indicato per le finestre; inoltre si dovranno curare le altezze di posa rispetto al livello del pavimento finito.

Per le porte con alte prestazioni meccaniche (antiefrazione) acustiche, termiche o di comportamento al fuoco, si rispetteranno inoltre le istruzioni per la posa date dal fabbricante ed accettate dalla Direzione dei lavori.

104.4. Compiti del Direttore dei lavori

Il Direttore dei lavori per la realizzazione opererà come segue:

a) Nel corso dell'esecuzione dei lavori (con riferimento ai tempi ed alle procedure) verificherà via via che i materiali impiegati e le tecniche di posa siano effettivamente quelli prescritti.

In particolare verificherà la realizzazione delle sigillature tra lastre di vetro e telai e tra i telai fissi ed i controtelai; la esecuzione dei fissaggi per le lastre non intelaiate; il rispetto delle prescrizioni di progetto, del Capitolato e del produttore per i serramenti con altre prestazioni.

b) A conclusione dei lavori eseguirà verifiche visive della corretta messa in opera e della completezza dei giunti, sigillature, ecc. Eseguirà controlli orientativi circa la forza di apertura e chiusura dei serramenti (stimandole con la forza corporea necessaria) l'assenza di punti di attrito non previsti, e prove orientative di tenuta all'acqua, con spruzzatori a pioggia, ed all'aria, con l'uso di fumogeni, ecc..

Nelle grandi opere i controlli predetti potranno avere carattere casuale e statistico.

Avrà cura di far aggiornare e raccogliere i disegni costruttivi più significativi unitamente alla descrizione e/o schede tecniche dei prodotti impiegati (specialmente quelli non visibili ad opera ultimata) e le prescrizioni attinenti la successiva manutenzione.

Art. 105 - Esecuzione delle pavimentazioni

105.1. Definizioni

Si intende per pavimentazione un sistema edilizio avente quale scopo quello di consentire o migliorare il transito e la resistenza alle sollecitazioni in determinate condizioni di uso.

Esse si intendono convenzionalmente suddivise nelle seguenti categorie:

- pavimentazioni su strato portante;
- pavimentazioni su terreno (cioè dove la funzione di strato portante del sistema di pavimentazione è svolta del terreno).

105.2. Strati funzionali

Quando non è diversamente descritto negli altri documenti progettuali (o quando questi non sono sufficientemente dettagliati) si intende che ciascuna delle categorie sopracitate sarà composta dai seguenti strati funzionali.

a) La pavimentazione su strato portante avrà quali elementi o strati fondamentali:

- 1) lo strato portante, con la funzione di resistenza alle sollecitazioni meccaniche dovute ai carichi permanenti o di esercizio;
- 2) lo strato di scorrimento, con la funzione di compensare e rendere compatibili gli eventuali scorrimenti differenziali tra strati contigui;
- 3) lo strato ripartitore, con funzione di trasmettere allo strato portante le sollecitazioni meccaniche impresse dai carichi esterni qualora gli strati costituenti la pavimentazione abbiano comportamenti meccanici sensibilmente differenziati;
- 4) lo strato di collegamento, con funzione di ancorare il rivestimento allo strato ripartitore (o portante);
- 5) lo strato di rivestimento con compiti estetici e di resistenza alle sollecitazioni meccaniche, chimiche, ecc.).

A seconda delle condizioni di utilizzo e delle sollecitazioni previste i seguenti strati possono diventare fondamentali:

6) strato di impermeabilizzante con funzione di dare alla pavimentazione una prefissata impermeabilità ai liquidi ed ai vapori;

7) strato di isolamento termico con funzione di portare la pavimentazione ad un prefissato isolamento termico;

8) strato di isolamento acustico con la funzione di portare la pavimentazione ad un prefissato isolamento acustico;

9) strato di compensazione con funzione di compensare quote, le pendenze, gli errori di planarità ed eventualmente incorporare impianti (questo strato frequentemente ha anche funzione di strato di collegamento).

b) La pavimentazione su terreno avrà quali elementi o strati funzionali:

1) il terreno (suolo) con funzione di resistere alle sollecitazioni meccaniche trasmesse dalla pavimentazione;

2) strato impermeabilizzante (o drenante);

3) lo strato ripartitore;

4) strati di compensazione e/o pendenza;

5) il rivestimento.

A seconda delle condizioni di utilizzo e delle sollecitazioni possono essere previsti altri strati complementari.

105.3. Realizzazione degli strati

Per la pavimentazione su strato portante sarà effettuata la realizzazione degli strati utilizzando i materiali indicati nel progetto, ove non sia specificato in dettaglio nel progetto od a suo complemento si rispetteranno le prescrizioni seguenti.

1) Per lo strato portante a seconda della soluzione costruttiva adottata si farà riferimento alle prescrizioni già date nel presente Capitolato sulle strutture di calcestruzzo, strutture metalliche, sulle strutture miste acciaio e calcestruzzo, sulle strutture di legno, ecc..

2) Per lo strato di scorrimento a seconda della soluzione costruttiva adottata si farà riferimento alle prescrizioni già date per i prodotti quali la sabbia, membrane a base sintetica o bituminosa, fogli di carta o cartone, geotessili o pannelli di fibre, di vetro o roccia.

Durante la realizzazione si curerà la continuità dello strato, la corretta sovrapposizione, o realizzazione dei giunti e l'esecuzione dei bordi, risvolti, ecc..

3) Per lo strato ripartitore a seconda della soluzione costruttiva adottata si farà riferimento alle prescrizioni già date per i prodotti quali calcestruzzi armati o non, malte cementizie, lastre prefabbricate di calcestruzzo armato o non, lastre o pannelli a base di legno.

Durante la realizzazione si curerà oltre alla corretta esecuzione dello strato in quanto a continuità e spessore, la realizzazione di giunti e bordi e dei punti di interferenza con elementi verticali o con passaggi di elementi impiantistici in modo da evitare azioni meccaniche localizzate od incompatibilità chimico fisiche.

Sarà infine curato che la superficie finale abbia caratteristiche di planarità, rugosità, ecc. adeguate per lo strato successivo.

4) Per lo strato di collegamento a seconda della soluzione costruttiva adottata si farà riferimento alle prescrizioni già date per i prodotti quali malte, adesivi organici e/o con base cementizia e nei casi particolari alle prescrizioni del produttore per elementi di fissaggio, meccanici od altro tipo.

Durante la realizzazione si curerà la uniforme e corretta distribuzione del prodotto con riferimento agli spessori e/o quantità consigliate dal produttore in modo da evitare eccesso o rifiuto od insufficienza che può provocare scarsa resistenza od adesione. Si verificherà inoltre che la posa avvenga con gli strumenti e nelle condizioni ambientali (temperatura, umidità) e preparazione dei supporti suggeriti dal produttore.

5) Per lo strato di rivestimento a seconda della soluzione costruttiva adottata si farà riferimento alle prescrizioni già date nell'articolo 54.

Durante la fase di posa si curerà la corretta esecuzione degli eventuali motivi ornamentali, la posa degli elementi di completamento e/o accessori, la corretta esecuzione dei giunti, delle zone di interferenza (bordi, elementi verticali, ecc.) nonché le caratteristiche di planarità o comunque delle conformazioni superficiali rispetto alle prescrizioni di progetto, nonché le condizioni ambientali di posa ed i tempi di maturazione.

6) Per lo strato di impermeabilizzazione a seconda che abbia funzione di tenuta all'acqua, barriera o schermo al vapore valgono le indicazioni fornite per questi strati all'articolo sulle coperture continue.

7) Per lo strato di isolamento termico valgono le indicazioni fornite per questo strato all'articolo sulle coperture piane.

8) Per lo strato di isolamento acustico a seconda della soluzione costruttiva adottata si farà riferimento per i prodotti alle prescrizioni già date nell'apposito articolo.

Durante la fase di posa in opera si curerà il rispetto delle indicazioni progettuali e comunque la continuità dello strato con la corretta realizzazione dei giunti/sovrapposizioni, la realizzazione accurata dei risvolti ai bordi e nei punti di interferenza con elementi verticali (nel caso di pavimento cosiddetto galleggiante i risvolti dovranno contenere tutti gli strati sovrastanti). Sarà verificato nei casi dell'utilizzo di supporti di gomma, sughero, ecc., il corretto posizionamento di questi elementi ed i problemi di compatibilità meccanica, chimica, ecc., con lo strato sottostante e sovrastante.

- 9) Per lo strato di compensazione delle quote valgono le prescrizioni date per lo strato di collegamento (per gli strati sottili) e/o per lo strato ripartitore (per gli spessori maggiori a 20 mm).

105.4. Materiali

Per le pavimentazioni su terreno la realizzazione degli strati sarà effettuata utilizzando i materiali indicati nel progetto, ove non sia specificato in dettaglio nel progetto o da suo complemento si rispetteranno le prescrizioni seguenti.

- 10) Per lo strato costituito dal terreno si provvederà alle operazioni di asportazione dei vegetali e dello strato contenente le loro radici o comunque ricco di sostanze organiche. Sulla base delle sue caratteristiche di portanza, limite liquido, plasticità, massa volumica, ecc. si procederà alle operazioni di costipamento con opportuni mezzi meccanici, alla formazione di eventuale correzione e/o sostituzione (trattamento) dello strato superiore per conferirgli adeguate caratteristiche meccaniche, di comportamento all'acqua, ecc..

In caso di dubbio o contestazioni si farà riferimento alla norma **UNI 8381** e/o alle norme CNR sulle costruzioni stradali.

- 11) Per lo strato impermeabilizzante o drenante si farà riferimento alle prescrizioni già fornite per i materiali quali sabbia, ghiaia, pietrisco, ecc. indicate nella norma **UNI 8381** per le massicciate (o alle norme CNR sulle costruzioni stradali) ed alle norme UNI e/o CNR per i tessuti nontessuti (geotessili). Per l'esecuzione dello strato si adotteranno opportuni dosaggi granulometrici di sabbia, ghiaia e pietrisco in modo da conferire allo strato resistenza meccanica, resistenza al gelo, limite di plasticità adeguati.

Per gli strati realizzati con geotessili si curerà la continuità dello strato, la sua consistenza e la corretta esecuzione dei bordi e dei punti di incontro con opere di raccolta delle acque, strutture verticali, ecc..

In caso di dubbio o contestazione si farà riferimento alla **UNI 8381** e/o alle norme CNR sulle costruzioni stradali.

- 12) Per lo strato ripartitore dei carichi si farà riferimento alle prescrizioni contenute sia per i materiali sia per la loro realizzazione con misti cementati, solette di calcestruzzo, conglomerati bituminosi alle prescrizioni della **UNI 8381** e/o alle norme CNR sulle costruzioni stradali. In generale si curerà la corretta esecuzione degli spessori, la continuità degli strati, la realizzazione dei giunti dei bordi e dei punti particolari.

- 13) Per lo strato di compensazione e/o pendenza valgono le indicazioni fornite per lo strato ripartitore; è ammesso che esso sia eseguito anche successivamente allo strato ripartitore purché sia utilizzato materiale identico o comunque compatibile e siano evitati fenomeni di incompatibilità fisica o chimica o comunque scarsa aderenza dovuta ai tempi di presa, maturazione e/o alle condizioni climatiche al momento dell'esecuzione.

- 14) Per lo strato di rivestimento valgono le indicazioni fornite nell'articolo sui prodotti per pavimentazione (conglomerati bituminosi, massetti calcestruzzo, pietre, ecc.). Durante l'esecuzione si curerà a secondo della soluzione costruttiva prescritta dal progetto le indicazioni fornite dal progetto stesso e comunque si curerà, in particolare, la continuità e regolarità dello strato (planarità, deformazioni locali, pendenze, ecc.) l'esecuzione dei bordi e dei punti particolari. Si curerà inoltre l'impiego di criteri e macchine secondo le istruzioni del produttore del materiale ed il rispetto delle condizioni climatiche e di sicurezza e dei tempi di presa e maturazione.

105.5. Compiti del Direttore dei lavori

Il Direttore dei lavori per la realizzazione delle pavimentazioni opererà come segue:

- a) Nel corso dell'esecuzione dei lavori (con riferimento ai tempi ed alle procedure) verificherà via via che i materiali impiegati e le tecniche di posa siano effettivamente quelle prescritte ed inoltre, almeno per gli strati più significativi verificherà che il risultato finale sia coerente con le prescrizioni di progetto e comunque con la funzione che è attribuita all'elemento o strato realizzato. In particolare verificherà: il collegamento tra gli strati; la realizzazione dei giunti/sovrapposizioni per gli strati realizzati con pannelli, fogli ed in genere con prodotti preformati; la esecuzione accurata dei bordi e dei punti particolari. Ove sono richieste lavorazioni in sito verificherà con semplici metodi da cantiere:

- 1) le resistenze meccaniche (portate, punzonamenti, resistenze a flessione);
- 2) adesioni fra strati (o quando richiesto l'esistenza di completa separazione);
- 3) tenute all'acqua, all'umidità, ecc..

- b) A conclusione dell'opera eseguirà prove (anche solo localizzate) di funzionamento formando battenti di acqua, condizioni di carico, di punzonamento, ecc. che siano significativi delle ipotesi previste dal progetto o dalla realtà.

Avrà cura di far aggiornare e raccogliere i disegni costruttivi unitamente alla descrizione e/o schede tecniche dei prodotti impiegati (specialmente quelli non visibili ad opera ultimata) e le prescrizioni attinenti la successiva manutenzione.

Art. 106 - Regole pratiche di progettazione ed esecuzione per le strutture in acciaio

106.1. Composizione degli elementi strutturali

106.1.1. Spessori limite

È vietato l'uso di profilati con spessore $t < 4$ mm. Una deroga a tale norma, fino ad uno spessore $t = 3$ mm, è consentita per opere sicuramente protette contro la corrosione, quali per esempio tubi chiusi alle estremità e profilati zincati, od opere non esposte agli agenti atmosferici.

Le limitazioni di cui sopra non riguardano ovviamente elementi di lamiera grecata e profili sagomati a freddo in genere per i quali occorre fare riferimento ad altre prescrizioni costruttive e di calcolo.

106.1.2. Impiego di ferri piatti

L'impiego di piatti o larghi piatti, in luogo di lamiere, per anime e relativi coprighiunti delle travi a parete piena, e in genere per gli elementi in lastra soggetti a stati di tensione biassiali appartenenti a membrature aventi funzione statica non secondaria, è ammesso soltanto se i requisiti di accettazione prescritti per il materiale (in particolare quelli relativi alle prove di piegamento a freddo e resilienza) siano verificati anche nella direzione normale a quella di laminazione.

106.1.3. Variazioni di sezione

Le eventuali variazioni di sezione di una stessa membratura devono essere il più possibile gradualmente, soprattutto in presenza di fenomeni di fatica. Di regola sono da evitarsi le pieghe brusche. In ogni caso si dovrà tener conto degli effetti dell'eccentricità.

Nelle lamiere o piatti appartenenti a membrature principali e nelle piastre di attacco le concentrazioni di sforzo in corrispondenza di angoli vivi rientranti debbono essere evitate mediante raccordi i cui raggi saranno indicati nei disegni di progetto.

106.1.4. Giunti di tipo misto

In uno stesso giunto è vietato l'impiego di differenti metodi di collegamento di forza (ad esempio saldatura e bullonatura o chiodatura), a meno che uno solo di essi sia in grado di sopportare l'intero sforzo.

106.2. Unioni chiodate

105.2.1. Chiodi e forni normali

I chiodi da impiegarsi si suddividono nelle categorie appresso elencate, ciascuna con l'indicazione della UNI cui devono corrispondere:

- chiodi a testa tonda stretta, secondo **UNI 136**;
- chiodi a testa svasata piana, secondo **UNI 139**;
- chiodi a testa svasata con calotta, secondo **UNI 140**.

I fori devono corrispondere alla **UNI 141**.

106.2.2. Diametri normali

Di regola si devono impiegare chiodi dei seguenti diametri nominali:

$d = 10, 13, 16, 19, 22, 25$ mm; e, ordinatamente, fori dei diametri

$d_1 = 10,5, 14, 17, 20, 23, 26$ mm.

Nei disegni si devono contraddistinguere con opportune convenzioni i chiodi dei vari diametri. Nei calcoli si assume il diametro d_1 , tanto per verifica di resistenza della chiodatura, quanto per valutare l'indebolimento degli elementi chiodati.

106.2.3. Scelta dei chiodi in relazione agli spessori da unire

In relazione allo spessore complessivo t da chiodare si impiegano:

- chiodi a testa tonda ed a testa svasata piana, per $t/d = 4,5$;
- chiodi a testa svasata con calotta, per $4,5 < t/d = 6,5$.

106.2.4. Interasse dei chiodi e distanza dai margini

In rapporto al diametro d dei chiodi, ovvero al più piccolo t_1 tra gli spessori collegati dai chiodi, devono essere soddisfatte le limitazioni seguenti:

per le file prossime ai bordi:

$$\begin{aligned} 10 &= p/d = 3 \\ 3 &= a/d = 1,5 \\ 3 &= a_1/d = 1,5 \end{aligned}$$

$$\left. \begin{array}{l} p/t_1 \leq 25 \end{array} \right\}$$

25 per gli elementi tesi

$$\left. \begin{array}{l} a/t_1 \\ a_1/t_1 \end{array} \right\} \leq 6 (\leq 9 \text{ se il margine è irrigidito})$$

dove:

p è la distanza tra centro e centro di chiodi contigui;

a è la distanza dal centro di un chiodo al margine degli elementi da collegare ad esso più vicino nella direzione dello sforzo;

a_1 è la distanza come la precedente a , ma ortogonale alla direzione dello sforzo;

t_1 è il minore degli spessori degli elementi collegati.

Quando si tratti di opere non esposte alle intemperie, le ultime due limitazioni possono essere sostituite dalle seguenti:

$$\left. \begin{array}{l} a/t_1 \\ a_1/t_1 \end{array} \right\} \leq 12$$

Deroghe eventuali alle prescrizioni di cui al presente punto debbono essere comprovate da adeguate giustificazioni teoriche e sperimentali.

Art. 107 - Unioni con bulloni normali e saldate

107.1. Bulloni

La lunghezza del tratto non filettato del gambo del bullone deve essere in generale maggiore di quella della parti da serrare e si deve sempre far uso di rosette. È tollerato tuttavia che non più di mezza spira del filetto rimanga compresa nel foro. Qualora resti compreso nel foro un tratto filettato se ne dovrà tenere adeguato conto nelle verifiche di resistenza.

In presenza di vibrazioni o inversioni di sforzo, si devono impiegare controdadi oppure rosette elastiche, tali da impedire l'allentamento del dado. Per bulloni con viti 8.8 e 10.9 è sufficiente l'adeguato serraggio.

107.2. Diametri normali

Di regola si devono impiegare bulloni dei seguenti diametri:

$$d = 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 27 \text{ mm}$$

I fori devono avere diametro uguale a quello del bullone maggiorato di 1 mm fino al diametro 20 mm e di 1,5 mm oltre il diametro 20 mm, quando è ammissibile un assestamento sotto carico del giunto.

Quando tale assestamento non è ammesso, il giuoco complessivo tra diametro del bullone e diametro del foro non dovrà superare 0,3 mm, ivi comprese le tolleranze.

Nei disegni si devono contraddistinguere con opportune convenzioni i bulloni dei vari diametri e devono essere precisati i giuochi foro-bullone.

107.3. Interasse dei bulloni e distanza dai margini

Vale quanto specificato al punto 116.2.4.

107.4. Unioni ad attrito

Nelle unioni ad attrito si impiegano bulloni ad alta resistenza. Il gambo può essere filettato per tutta la lunghezza.

Le rosette, disposte una sotto il dado e una sotto la testa, devono avere uno smusso a 45° in un orlo interno ed identico smusso sul corrispondente orlo esterno. Nel montaggio lo smusso deve essere rivolto verso la testa della vite o verso il dado. I bulloni, i dadi e le rosette devono portare, in rilievo impresso, il marchio di fabbrica e la classificazione secondo la citata **UNI 3740**.

107.5 Diametri normali

Di regola si devono impiegare bulloni dei seguenti diametri:

$$d = 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 27 \text{ mm}$$

e fori di diametro pari a quello del bullone maggiorato di 1,5 mm fino al diametro 24 mm e di 2 mm per il diametro 27 mm. Nei disegni devono essere distinti con opportune convenzioni i bulloni dei vari diametri.

107.6. Interasse dei bulloni e distanza dai margini

Vale quanto specificato al punto 116.2.4.

107.7. Unioni saldate

A tutti gli elementi strutturali saldati devono essere applicate le prescrizioni di cui al punto 116.1.3..

Per gli attacchi d'estremità di aste sollecitate da forza normale, realizzati soltanto con cordoni d'angolo paralleli all'asse di sollecitazione, la lunghezza minima dei cordoni stessi deve essere pari a 15 volte lo spessore.

L'impiego di saldature entro fori o intagli deve essere considerato eccezionale: qualora detti fori o intagli debbano essere usati, il loro contorno non dovrà presentare punti angolosi, né raggi di curvatura minori di metà della dimensione minima dell'intaglio.

I giunti testa a testa di maggior importanza appartenenti a membrature tese esposte a temperature minori di 0 °C devono essere previsti con saldatura di I classe (punto 62.7.3.).

La saldatura a tratti non è ammessa che per cordoni d'angolo.

Nei giunti a croce o a T a completa penetrazione dovrà essere previsto un graduale allargamento della saldatura, la cui larghezza dovrà essere almeno pari a 1,3 volte lo spessore in corrispondenza della lamiera su cui viene a intestarsi.

Art. 108 - Modalità esecutive per le unioni di strutture in acciaio

108.1. Unioni chiodate

Le teste ottenute con la ribaditura devono risultare ben centrate sul fusto, ben nutrite alle loro basi, prive di screpolature e ben combacianti con la superficie dei pezzi. Dovranno poi essere liberate dalle bavature mediante scalpello curvo, senza intaccare i ferri chiodati.

Le teste di materiale diverso dall'acciaio Fe 360 ed Fe 430 **UNI 7356** porteranno in rilievo in sommità, sopra una zona piana, un marchio caratterizzante la qualità del materiale.

Il controstampo dovrà essere piazzato in modo da lasciare sussistere detto marchio dopo la ribaditura.

108.2. Unioni ad attrito

Le superfici di contatto al montaggio si devono presentare pulite, prive cioè di olio, vernice, scaglie di laminazione, macchie di grasso.

La pulitura deve, di norma, essere eseguita con sabbiatura al metallo bianco; è ammessa la semplice pulizia meccanica delle superfici a contatto per giunzioni montate in opera, purché vengano completamente eliminati tutti i prodotti della corrosione e tutte le impurità della superficie metallica. Le giunzioni calcolate con $\mu = 0,45$ debbono comunque essere sabbiate al metallo bianco.

I bulloni, i dadi e le rosette dovranno corrispondere a quanto prescritto al punto 117.4.1.

Nei giunti flangiati dovranno essere particolarmente curati la planarità ed il parallelismo delle superfici di contatto.

Per il serraggio dei bulloni si devono usare chiavi dinamometriche a mano, con o senza meccanismo limitatore della coppia applicata, o chiavi pneumatiche con limitatore della coppia applicata; tutte peraltro devono essere tali da garantire una precisione non minore di $\pm 5\%$.

Il valore della coppia di serraggio, da applicare sul dado o sulla testa del bullone, deve essere quella indicata nella parte II D.M. 9 gennaio 1996, punto 4.4.

Per verificare l'efficienza dei giunti serrati, il controllo della coppia torcente applicata può essere effettuato in uno dei seguenti modi:

a) si misura con chiave dinamometrica la coppia richiesta per far ruotare ulteriormente di 10° il dado;

- b) dopo aver marcato dado e bullone per identificare la loro posizione relativa, il dado deve essere prima allentato con una rotazione almeno pari a 60° e poi riserrato, controllando se l'applicazione della coppia prescritta riporta il dado nella posizione originale.

Se in un giunto anche un solo bullone non risponde alle prescrizioni circa il serraggio, tutti i bulloni del giunto devono essere controllati.

108.3. Unioni saldate

Sia in officina sia in cantiere, le saldature da effettuare con elettrodi rivestiti devono essere eseguite da saldatori che abbiano superato, per la relativa qualifica, le prove richieste dalla **UNI 4634**.

Per le costruzioni tubolari si farà riferimento alla **UNI 4633** per i giunti di testa.

Le saldature da effettuare con altri procedimenti devono essere eseguite da operai sufficientemente addestrati all'uso delle apparecchiature relative ed al rispetto delle condizioni operative stabilite in sede di qualifica del procedimento. I lembi, al momento della saldatura, devono essere regolari, lisci ed esenti da incrostazioni, ruggine, scaglie, grassi, vernici, irregolarità locali ed umidità.

Il disallineamento dei lembi deve essere non maggiore di 1/8 dello spessore con un massimo di 1,5 mm; nel caso di saldatura manuale ripresa al vertice, si potrà tollerare un disallineamento di entità doppia.

Nei giunti di testa ed in quelli a T a completa penetrazione effettuati con saldatura manuale, il vertice della saldatura deve essere sempre asportato, per la profondità richiesta per raggiungere il metallo perfettamente sano, a mezzo di scalpellatura, smerigliatura, od altro adeguato sistema, prima di effettuare la seconda saldatura (nel caso di saldature effettuate dai due lati) o la ripresa.

Qualora ciò non sia assolutamente possibile, si deve fare ricorso alla preparazione a V con piatto di sostegno che è, peraltro, sconsigliata nel caso di strutture sollecitate a fatica od alla saldatura effettuata da saldatori speciali secondo la citata **UNI 4634** o, nel caso di strutture tubolari, di classe TT secondo la citata **UNI 4633**.

108.4. Unioni per contatto

Le superfici di contatto devono essere convenientemente piane ed ortogonali all'asse delle membrature collegate.

Le membrature senza flange di estremità devono avere le superfici di contatto segate o, se occorre, lavorate con la piallatrice, la fresatrice o la molatrice.

Per le membrature munite di flange di estremità si dovranno distinguere i seguenti casi:

- a) per flange di spessore inferiore o uguale a 50 mm è sufficiente la spianatura alla pressa o con sistema equivalente;
- b) per flange di spessore compreso tra i 50 ed i 100 mm, quando non sia possibile una accurata spianatura alla pressa, è necessario procedere alla piallatura o alla fresatura delle superfici di appoggio;
- c) per flange di spessore maggiore di 100 mm le superfici di contatto devono sempre essere lavorate alla pialla o alla fresa.

Nel caso particolare delle piastre di base delle colonne si distingueranno i due casi seguenti:

- a) per basi senza livellamento con malta occorre, sia per la piastra della colonna che per l'eventuale contropiastra di fondazione, un accurato spianamento alla pressa e preferibilmente la piallatura o la fresatura;
- b) per basi livellate con malta non occorre lavorazione particolare delle piastre di base.

108.5. Prescrizioni particolari

Quando le superfici comprendenti lo spessore da bullonare per una giunzione di forza non abbiano giacitura ortogonale agli assi dei fori, i bulloni devono essere piazzati con interposte rosette cuneiformi, tali da garantire un assetto corretto della testa e del dado e da consentire un serraggio normale.

Art. 109 - Piastre od apparecchi di appoggio

109.1. Basi di colonne

Le piastre di appoggio e le relative eventuali costolature devono essere proporzionate in modo da assicurare una ripartizione approssimativamente lineare della pressione sul cuscinetto sottostante.

I bulloni di ancoraggio devono essere collocati a conveniente distanza dalle superfici che limitano lateralmente la fondazione. La lunghezza degli ancoraggi è quella prescritta al punto 5.3.3. della Parte 1ª del D.M. 9 gennaio 1996, quando non si faccia ricorso a traverse d'ancoraggio o dispositivi analoghi.

109.2. Appoggi metallici (fissi e scorrevoli)

Di regola, per gli appoggi scorrevoli, non sono da impiegare più di due rulli o segmenti di rullo; se i rulli sono due occorrerà sovrapporre ad essi un bilanciante che assicuri l'equipartizione del carico. Il movimento di traslazione dei rulli deve essere guidato in modo opportuno, dispositivi di arresto devono essere previsti dove il caso lo richieda. Le parti

degli apparecchi che trasmettono pressioni per contatto possono essere di acciaio fuso, oppure ottenute per saldatura di laminati di acciaio. Le superfici di contatto devono essere lavorate con macchina utensile.

109.3. Appoggi di gomma

Per questo tipo di appoggi valgono le istruzioni di cui alla norma CNR 10018/87 (Bollettino Ufficiale C.N.R. - XXVI - n. 161 - 1992).

109.4. Appoggio delle piastre di base

È necessario curare che la piastra di base degli apparecchi di appoggio delle colonne appoggi per tutta la sua superficie sulla sottostruttura attraverso un letto di malta.

Art. 110 - Travi a parete piena e reticolari

110.1. Travi chiodate

Nel proporzionamento delle chiodature che uniscono all'anima i cantonali del corrente caricato, si deve tener conto del contributo di sollecitazione di eventuali carichi direttamente applicati al corrente stesso. Se tali carichi sono concentrati ed il corrente è sprovvisto di piattabande, si provvederà a diffonderli con piastra di ripartizione.

Le interruzioni degli elementi costituenti le travi devono essere convenientemente distanziate e singolarmente provviste di coprigiunto. La coincidenza trasversale di più interruzioni non è ammessa neanche per coprigiunto adeguato alla sezione interrotta, eccettuato il caso di giunti di montaggio. I coprigiunti destinati a ricostituire l'intera sezione dell'anima devono estendersi all'intera altezza di essa.

Nelle travi con pacchetti di piattabande distribuite con il criterio di ottenere l'uniforme resistenza a flessione, ciascuna piattabanda deve essere attaccata al pacchetto esternamente alla zona dove ne è necessario il contributo; il prolungamento di ogni piattabanda oltre la sezione in cui il momento flettente massimo eguaglia quello resistente, deve essere sufficiente per consentire la disposizione di almeno due file di chiodi, la prima delle quali può essere disposta in corrispondenza della sezione suddetta.

110.2. Travi saldate

Quando le piattabande sono più di una per ciascun corrente si potranno unire tra loro con cordoni d'angolo laterali lungo i bordi, purché abbiano larghezza non maggiore di 30 volte lo spessore.

L'interruzione di ciascuna piattabanda deve avvenire esternamente alla zona dove ne è necessario il contributo, prolungandosi per un tratto pari almeno alla metà della propria larghezza. In corrispondenza della sezione terminale di ogni singolo tronco di piattabanda si deve eseguire un cordone d'angolo di chiusura che abbia altezza di gola pari almeno alla metà dello spessore della piattabanda stessa e sezione dissimmetrica col lato più lungo nella direzione della piattabanda. Inoltre, in presenza di fenomeni di fatica, la piattabanda deve essere raccordata al cordone con opportuna rastremazione.

110.3. Nervature dell'anima

Le nervature di irrigidimento dell'anima in corrispondenza degli appoggi della trave o delle sezioni in cui sono applicati carichi concentrati devono essere, di regola, disposte simmetricamente rispetto all'anima e verificate a carico di punta per l'intera azione localizzata.

Potrà a tali effetti considerarsi collaborante con l'irrigidimento una porzione d'anima di larghezza non superiore a 12 volte lo spessore dell'anima, da entrambe le parti adiacenti alle nervature stesse.

Per la lunghezza d'inflessione dovrà assumersi un valore commisurato alle effettive condizioni di vincolo dell'irrigidimento ed in ogni caso non inferiore ai $\frac{3}{4}$ dell'altezza dell'anima.

I rapporti larghezza-spessore delle nervature di irrigidimento dell'anima devono soddisfare le limitazioni previste al punto 5.1.7 del D.M. 9 gennaio 1996.

Le nervature di irrigidimento di travi composte saldate devono essere collegate all'anima mediante cordoni di saldatura sottili e, di regola, continui.

Nel caso si adottino cordoni discontinui, la lunghezza dei tratti non saldati dovrà essere inferiore a 12 volte lo spessore dell'anima, e, in ogni caso, a 25 cm; inoltre nelle travi soggette a fatica si verificherà che la tensione longitudinale nell'anima non superi quella ammissibile a fatica per le disposizioni corrispondenti.

Art. 111 - Travi reticolari

Gli assi baricentrici delle aste devono di regola coincidere con gli assi dello schema reticolare; tale avvertenza è particolarmente importante per le strutture sollecitate a fatica. La coincidenza predetta per le aste di strutture chiodate o bullonate costituite da cantonali può essere osservata per gli assi di chiodatura e bullonatura anziché per gli assi baricentrici.

Il baricentro della sezione resistente del collegamento ai nodi deve cadere, di regola, sull'asse geometrico dell'asta. Ove tale condizione non sia conseguibile, dovrà essere considerato, nel calcolo del collegamento, il momento dovuto all'eccentricità tra baricentro del collegamento e asse baricentrico dell'asta.

Nei correnti a sezione variabile gli elementi, che via via si richiedono in aumento della sezione resistente, devono avere lunghezza tale da essere pienamente efficienti là ove ne è necessario il contributo.

Art. 112 - Verniciatura e zincatura

Gli elementi delle strutture in acciaio, a meno che siano di comprovata resistenza alla corrosione, dovranno essere idoneamente protetti tenendo conto del tipo di acciaio, della sua posizione nella struttura e dell'ambiente nel quale è collocato.

Devono essere particolarmente protetti gli elementi dei giunti ad attrito, in modo da impedire qualsiasi infiltrazione all'interno del giunto.

Il progettista prescriverà il tipo e le modalità di applicazione della protezione, che potrà essere di pitturazione o di zincatura a caldo.

Gli elementi destinati ad essere incorporati in getti di conglomerato cementizio non dovranno essere pitturati: potranno essere invece zincati a caldo.

Art. 113 - Strutture in legno

113.1. Generalità

Le strutture lignee considerate sono quelle che assolvono una funzione di sostenimento e che coinvolgono la sicurezza delle persone, siano esse realizzate in legno massiccio (segato, squadrato o tondo) e/o legno lamellare (incollato) e/o pannelli derivati dal legno, assemblati mediante incollaggio o elementi di collegamento meccanici.

113.2. Prodotti e componenti

113.2.1. Legno massiccio

Il legno dovrà essere classificato secondo la resistenza meccanica e specialmente la resistenza e la rigidità devono avere valori affidabili. I criteri di valutazione dovranno basarsi sull'esame a vista dei difetti del legno e sulla misura non distruttiva di una o più caratteristiche (vedere ad esempio la norma **UNI 8198 FA 145**).

I valori di resistenza e di rigidità devono, ove possibile, essere determinati mediante la norma **ISO 8375**. Per la prova dovrà essere prelevato un campione rappresentativo ed i provini da sottoporre a prova, ricavati dal campione, dovranno contenere un difetto riduttore di resistenza e determinante per la classificazione. Nelle prove per determinare la resistenza a flessione, il tratto a momento costante deve contenere un difetto riduttore di resistenza che sarà determinante per la classificazione, e la sezione resistente sottoposta a trazione deve essere scelta a caso.

113.2.2. Legno con giunti a dita.

Fatta eccezione per l'uso negli elementi strutturali principali, nei quali il cedimento di un singolo giunto potrebbe portare al collasso di parti essenziali della struttura, si può usare legno di conifera con giunti a dita (massa volumica 300 - 400 - 500 kg/m³) a condizione che:

- il profilo del giunto a dita e l'impianto di assemblaggio siano idonei a raggiungere la resistenza richiesta;
- i giunti siano eseguiti secondo regole e controlli accettabili (per esempio corrispondenti alla norma raccomandata ECE-1982 "Recommended standard for finger-jointing of coniferous sawn timber" oppure documento del CEN/TC 124 "Finger jointed structural timber"). Se ogni giunto a dita è cementato sino alla resistenza a trazione caratteristica, è consentito usare il legno con giunti a dita anche nelle membrature principali.

L'idoneità dei giunti a dita di altre specie legnose (cioè non di conifere) deve essere determinata mediante prove (per esempio secondo la BSI 5291 "Finger joints in structural softwoods", integrata quando necessario da prove supplementari per la trazione parallela alla fibratura).

Per l'adesivo si deve ottenere assicurazione da parte del fabbricante circa l'idoneità e la durabilità dell'adesivo stesso per le specie impiegate e le condizioni di esposizione.

113.3. Legno lamellare incollato

La fabbricazione ed i materiali devono essere di qualità tale che gli incollaggi mantengano l'integrità e la resistenza richieste per tutta la vita prevista della struttura. Per gli adesivi vale quanto detto nel successivo punto 124.1..

Per il controllo della qualità e della costanza della produzione si dovranno eseguire le seguenti prove:

- prova di delaminazione;
- prova di intaglio;
- controllo degli elementi;
- laminati verticalmente;
- controllo delle sezioni giuntate.

113.4. Compensato

Il compensato per usi strutturali deve essere prodotto secondo adeguate prescrizioni qualitative in uno stabilimento soggetto ad un costante controllo di qualità e ciascun pannello dovrà di regola portare una stampigliatura indicante la classe di qualità.

Il compensato per usi strutturali dovrà di regola essere del tipo bilanciato e deve essere incollato con un adesivo che soddisfi le esigenze ai casi di esposizione ad alto rischio (vedere punto 124.1).

Per la determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche si potrà fare ricorso alla normativa UNI esistente.

113.5. Altri pannelli derivati dal legno

Altri pannelli derivati dal legno (per esempio pannelli di fibre e pannelli di particelle) dovranno essere prodotti secondo adeguate prescrizioni qualitative in uno stabilimento soggetto ad un costante controllo di qualità e ciascun pannello dovrà di regola portare una stampigliatura indicante la classe di qualità.

Per la determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche si dovrà fare ricorso alla normativa UNI esistente.

Art. 114 - Adesivi e collegamenti per strutture in legno

114.1. Adesivi

Gli adesivi da impiegare per realizzare elementi di legno per usi strutturali devono consentire la realizzazione di incollaggi con caratteristiche di resistenza e durabilità tali che il collegamento si mantenga per tutta la vita della struttura.

Esempi di adesivi idonei sono forniti nel prospetto 1, nel quale sono descritte due categorie di condizioni di esposizione: ad alto rischio ed a basso rischio.

Tabella 114.1. - Tipi di adesivi idonei

Categoria d'esposizione:	Condizioni di esposizione tipiche	Esempi di adesivi:
Ad alto rischio.	- Esposizione diretta alle intemperie, per esempio strutture marine e strutture all'esterno nelle quali l'incollaggio è esposto agli elementi (per tali condizioni di esposizione si sconsiglia l'uso di strutture incollate diverse dal legno lamellare incollato).	RF: Resorcinolo-formaldeide PF: Fenolo-formaldeide PF/RF: Fenolo/resorcinolo/formaldeide
A basso rischio	- Edifici riscaldati ed aerati nei quali la umidità del legno non superi il 18 % e la temperatura dell'incollaggio rimanga al di sotto di 50 °C, per esempio interni di case, sale di riunione o di spettacolo, chiese ed altri edifici.	MF/UF: Melamina/urea-formaldeide UF: Urea-formaldeide e UF modificato

114.2. Elementi di collegamento meccanici

Per gli elementi di collegamento usati comunemente quali: chiodi, bulloni, perni e viti, la capacità portante caratteristica e la deformazione caratteristica dei collegamenti devono essere determinate sulla base di prove condotte in conformità alla norma ISO 6891. Si deve tenere conto dell'influenza del ritiro per essiccazione dopo la fabbricazione e delle variazioni del contenuto di umidità in esercizio (vedere prospetto 2).

Si presuppone che altri dispositivi di collegamento eventualmente impiegati siano stati provati in maniera corretta completa e comprovata da idonei certificati.

PROSPETTO 2. - Classe di umidità

Trattamento

1 nessuno²

2 Fe/Zn 12c

3 Fe/Zn 25c³

Classe di umidità 1: questa classe di umidità è caratterizzata da un contenuto di umidità nei materiali corrispondente ad una temperatura di 20 +/- 2 °C e ad una umidità relativa nell'aria circostante che supera il 65% soltanto per alcune settimane all'anno.

Nella classe di umidità 1 l'umidità media di equilibrio per la maggior parte delle conifere non supera il 12%.

Classe di umidità 2: questa classe di umidità è caratterizzata da un contenuto di umidità nei materiali corrispondente ad una temperatura di 20 +/- 2 °C e ad una umidità relativa dell'aria circostante che supera l'80% soltanto per alcune settimane all'anno.

Nella classe di umidità 2 l'umidità media di equilibrio per la maggior parte delle conifere non supera il 18%.

Classe di umidità 3: condizioni climatiche che danno luogo a contenuti di umidità più elevati.

114.3. Disposizioni costruttive e controllo dell'esecuzione

114.3.1. Generalità

Le strutture di legno devono essere costruite in modo tale da conformarsi ai principi ed alle considerazioni pratiche che sono alla base della loro progettazione.

I prodotti per le strutture devono essere applicati, usati o installati in modo tale da svolgere in modo adeguato le funzioni per le quali sono stati scelti e dimensionali.

La qualità della fabbricazione, preparazione e messa in opera dei prodotti deve conformarsi alle prescrizioni del progetto e dal presente Capitolato.

114.3.2. Instabilità laterale

Per i pilastri e per le travi in cui può verificarsi instabilità laterale e per elementi di telai, lo scostamento iniziale dalla rettilineità (eccentricità) misurato a metà luce, deve essere limitato a 1/450 della lunghezza per elementi lamellari incollati e ad 1/300 della lunghezza per elementi di legno massiccio.

Nella maggior parte dei criteri di classificazione del legname, sulla arcuatura dei pezzi sono inadeguate ai fini della scelta di tali materiali per fini strutturali; si dovrà pertanto far attenzione particolare alla loro rettilineità.

Non si dovranno impiegare per usi strutturali elementi rovinati, schiacciati o danneggiati in altro modo.

Il legno ed i componenti derivati dal legno, e gli elementi strutturali non dovranno essere esposti a condizioni più severe di quelle previste per la struttura finita.

Prima della costruzione il legno dovrà essere portato ad un contenuto di umidità il più vicino possibile a quello appropriato alle condizioni ambientali in cui si troverà nella struttura finita. Se non si considerano importanti gli effetti di qualunque ritiro, o se si sostituiscono parti che sono state danneggiate in modo inaccettabile, è possibile accettare maggiori contenuti di umidità durante la messa in opera, purché ci si assicuri che al legno sia consentito di asciugare fino a raggiungere il desiderato contenuto di umidità.

114.3.3. Incollaggio

Quando si tiene conto della resistenza dell'incollaggio delle unioni per il calcolo allo stato limite ultimo, si presuppone che la fabbricazione dei giunti sia soggetta ad un controllo di qualità che assicuri che l'affidabilità sia equivalente a quella dei materiali giuntati.

La fabbricazione di componenti incollati per uso strutturale dovrà avvenire in condizioni ambientali controllate.

Quando si tiene conto della rigidità dei piani di incollaggio soltanto per il progetto allo stato limite di esercizio, si presuppone l'applicazione di una ragionevole procedura di controllo di qualità che assicuri che solo una piccola percentuale dei piani di incollaggio cederà durante la vita della struttura.

Si dovranno seguire le istruzioni dei produttori di adesivi per quanto riguarda la miscelazione, le condizioni ambientali per l'applicazione e la presa, il contenuto di umidità degli elementi lignei e tutti quei fattori concernenti l'uso appropriato dell'adesivo.

Per gli adesivi che richiedono un periodo di maturazione dopo l'applicazione, prima di raggiungere la completa resistenza, si dovrà evitare l'applicazione di carichi ai giunti per il tempo necessario.

114.3.4. Unioni con dispositivi meccanici

Nelle unioni con dispositivi meccanici si dovranno limitare smussi, fessure, nodi od altri difetti in modo tale da non ridurre la capacità portante dei giunti.

In assenza di altre specificazioni, i chiodi dovranno essere inseriti ad angolo retto rispetto alla fibratura e fino ad una profondità tale che le superfici delle teste dei chiodi siano a livello della superficie del legno.

La chiodatura incrociata dovrà essere effettuata con una distanza minima della testa del chiodo dal bordo caricato che dovrà essere almeno 10d, essendo d il diametro del chiodo.

I fori per i bulloni possono avere un diametro massimo aumentato di 1 mm rispetto a quello del bullone stesso.

Sotto la testa e il dado si dovranno usare rondelle con il lato o il diametro di almeno 3d e spessore di almeno 0,3d (essendo d il diametro del bullone).

Le rondelle dovranno appoggiare sul legno per tutta la loro superficie.

Bulloni e viti dovranno essere stretti in modo tale che gli elementi siano ben serrati e se necessario dovranno essere stretti ulteriormente quando il legno abbia raggiunto il suo contenuto di umidità di equilibrio. Il diametro minimo degli spinotti è 8 mm. Le tolleranze sul diametro dei perni sono di 0,1 mm e i fori predisposti negli elementi di legno non dovranno avere un diametro superiore a quello dei perni.

Al centro di ciascun connettore dovranno essere disposti un bullone od una vite. I connettori dovranno essere inseriti a forza nei relativi alloggiamenti.

Quando si usano connettori a piastra dentata, i denti dovranno essere pressati fino al completo inserimento nel legno.

L'operazione di pressatura dovrà essere normalmente effettuata con speciali presse o con speciali bulloni di serraggio aventi rondelle sufficientemente grandi e rigide da evitare che il legno subisca danni.

Se il bullone resta quello usato per la pressatura, si dovrà controllare attentamente che esso non abbia subito danni durante il serraggio. In questo caso la rondella dovrà avere almeno la stessa dimensione del connettore e lo spessore dovrà essere almeno 0,1 volte il diametro o la lunghezza del lato.

I fori per le viti dovranno essere preparati come segue:

- a) il foro guida per il gambo dovrà avere lo stesso diametro del gambo e profondità pari alla lunghezza del gambo non filettato;
- b) il foro guida per la porzione filettata dovrà avere un diametro pari a circa il 50% del diametro del gambo;
- c) le viti dovranno essere avvitate, non spinte a martellate, nei fori predisposti.

114.3.5. Assemblaggio

L'assemblaggio dovrà essere effettuato in modo tale che non si verifichino tensioni non volute. Si dovranno sostituire gli elementi deformati, e fessurati o malamente inseriti nei giunti.

Si dovranno evitare stati di sovrasollecitazione negli elementi durante l'immagazzinamento, il trasporto e la messa in opera. Se la struttura è caricata o sostenuta in modo diverso da come sarà nell'opera finita, si dovrà dimostrare che questa è accettabile anche considerando che tali carichi possono avere effetti dinamici. Nel caso per esempio di telai ad arco, telai a portale, ecc., si dovranno accuratamente evitare distorsioni nel sollevamento dalla posizione orizzontale a quella verticale.

Art. 115 - Unità ambientali per l'accessibilità e visitabilità

115.1. Balconi e terrazze

Il parapetto deve avere una altezza minima di 100 cm ed essere inattraversabile da una sfera di 10 cm di diametro.

Per permettere il cambiamento di direzione, balconi e terrazze dovranno avere almeno uno spazio entro il quale sia inscrivibile una circonferenza di diametro 140 cm.

115.2. Percorsi orizzontali e corridoi

I corridoi o i percorsi devono avere una larghezza minima di 100 cm, ed avere allargamenti atti a consentire l'inversione di marcia da parte di persona su sedia a ruote (vedi punto 8.0.2. - Spazi di manovra del D.M. Lavori Pubblici 14 giugno 1989, n. 236). Questi allargamenti devono di preferenza essere posti nelle parti terminali dei corridoi e previsti comunque ogni 10 m di sviluppo lineare degli stessi.

Per le parti di corridoio o disimpegni sulle quali si aprono porte devono essere adottate le soluzioni tecniche di cui al punto 9.1.1, nel rispetto anche dei sensi di apertura delle porte e degli spazi liberi necessari per il passaggio di cui al punto 8.1.1 del citato D.M. n. 236/1989; le dimensioni ivi previste devono considerarsi come minimi accettabili.

115.3. Rampe

Non viene considerato accessibile il superamento di un dislivello superiore a 3,20 m ottenuto esclusivamente mediante rampe inclinate poste in successione.

La larghezza minima di una rampa deve essere:

- di 90 cm per consentire il transito di una persona su sedia a ruote;
- di 150 cm per consentire l'incrocio di due persone.

Ogni 10 m di lunghezza ed in presenza di interruzioni mediante porte, la rampa deve prevedere un ripiano orizzontale di dimensioni minime pari a 1,50 x 1,50 m, ovvero 1,40 x 1,70 m in senso trasversale e 1,70 m in senso longitudinale al verso di marcia, oltre l'ingombro di apertura di eventuali porte.

Qualora al lato della rampa sia presente un parapetto non pieno, la rampa deve avere un cordolo di almeno 10 cm di altezza.

La pendenza delle rampe non deve superare l'8%.

Sono ammesse pendenze superiori, nei casi di adeguamento, rapportate allo sviluppo lineare effettivo della rampa.

I percorsi che superano i 6 m di lunghezza devono essere, di norma, attrezzati anche con corrimano centrale.

In tal caso il rapporto tra la pendenza e la lunghezza deve essere comunque di valore inferiore rispetto a quelli individuati dalla linea di interpolazione del seguente grafico.

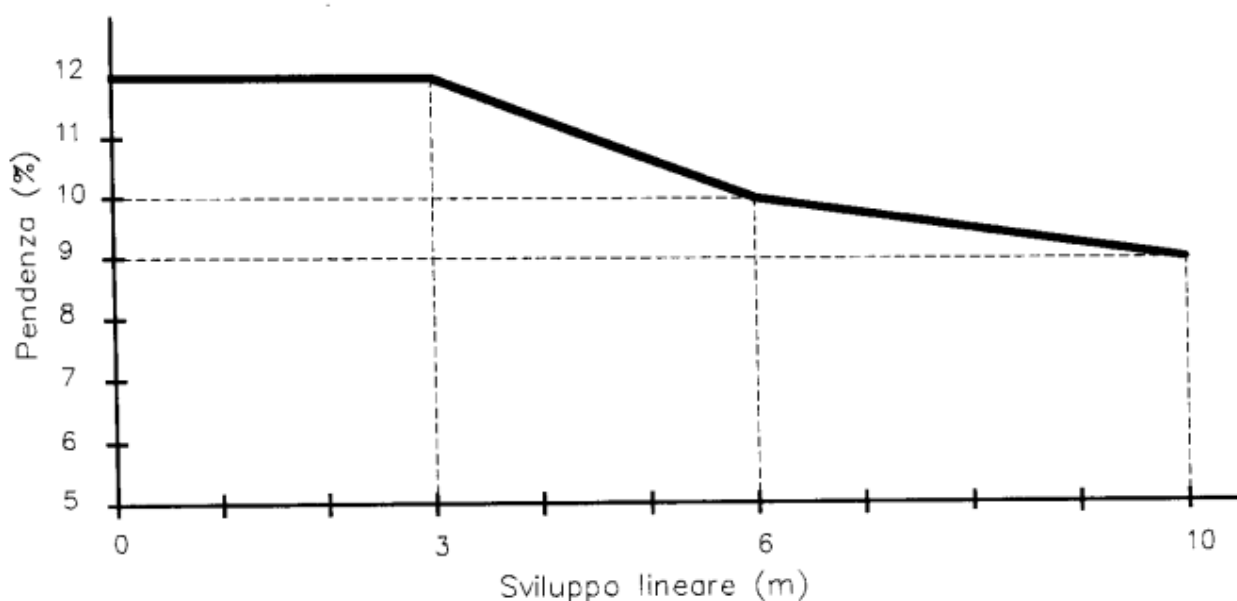


Fig. 115.1. – Rapporto tra pendenza e lunghezza della rampa

115.4. Marciapiedi

Per i percorsi pedonali in adiacenza a spazi carrabili le indicazioni normative di cui ai punti 4.2.2. e 8.2.2. del D.M. Lavori Pubblici 14 giugno 1989, n. 236, valgono limitatamente alle caratteristiche delle pavimentazioni ed ai raccordi tra marciapiedi e spazi carrabili.

Il dislivello, tra il piano del marciapiede e zone carrabili ad esso adiacenti non deve comunque superare i 15 cm.

La larghezza dei marciapiedi realizzati in interventi di nuova urbanizzazione deve essere tale da consentire la fruizione anche da parte di persone su sedia a ruote.

115.5. Scale

Le rampe di scale che costituiscono parte comune o siano di uso pubblico devono avere una larghezza minima di 1,20 m ed avere una pendenza limitata e costante per l'intero sviluppo della scala. I gradini devono essere caratterizzati da un corretto rapporto tra alzata e pedata (pedata minimo 30 cm): la somma tra il doppio dell'alzata e la pedata deve essere compresa tra 62/64 cm.

Il profilo del gradino deve presentare preferibilmente un disegno continuo a spigoli arrotondati, con sottogrado inclinato rispetto al grado, e formante con esso un angolo di circa 75°-80°.

In caso di disegno discontinuo, l'aggetto del grado rispetto al sottogrado deve essere compreso fra un minimo di 2 cm e un massimo di 2,5 cm.

Un segnale al pavimento (fascia di materiale diverso o comunque percepibile anche da parte dei non vedenti), situato almeno a 30 cm dal primo e dall'ultimo scalino, deve indicare l'inizio e la fine della rampa.

Il parapetto che costituisce la difesa verso il vuoto deve avere un'altezza minima di 100 cm ed essere inattraversabile da una sfera di diametro di 10 cm.

In corrispondenza delle interruzioni del corrimano, questo deve essere prolungato di 30 cm oltre il primo e l'ultimo gradino.

Il corrimano deve essere posto ad un'altezza compresa tra 90-100 cm.

Nel caso in cui è opportuno prevedere un secondo corrimano, questo deve essere posto ad una altezza di 75 cm.

Il corrimano su parapetto o parete piena deve essere distante da essi almeno 4 cm.

Le rampe di scale che non costituiscono parte comune o non sono di uso pubblico devono avere una larghezza minima di 0,80 m.

In tal caso devono comunque essere rispettati il già citato rapporto tra alzata e pedata (in questo caso minimo 25 cm), e l'altezza minima del parapetto.

I percorsi che superano i 6 m di larghezza devono essere, di norma, attrezzati anche con corrimano centrale.

Art. 116 - Edifici in muratura - Provvedimenti tecnici di intervento

116.1. Generalità

Nella concezione ed esecuzione degli interventi di seguito illustrati, particolare attenzione deve essere dedicata ai problemi della durabilità; in particolare, ove si utilizzino elementi metallici, si consiglia l'uso di materiali autopassivanti o adeguatamente protetti.

116.2. Pareti murarie

Per aumentare la resistenza di un elemento murario si può ricorrere, in genere, ad uno o più dei seguenti provvedimenti:

- iniezioni di miscele leganti;
- applicazione di lastre in cemento armato o di reti metalliche elettrosaldate e betoncino;
- inserimento di pilastri in cemento armato o metallici in breccia nella muratura;
- tirature orizzontali e verticali.

Gli interventi localizzati sono sconsigliati come unico modo di rafforzamento delle murature se non inseriti in un sistema generale di riorganizzazione della struttura.

Devono essere eliminati o consolidati indebolimenti locali delle pareti murarie in prossimità degli innesti e degli incroci per l'eventuale presenza di canne fumarie o vuoti di qualsiasi genere.

In caso di irregolare distribuzione delle aperture (vani di finestre o porte) nei muri maestri, quando non sia possibile la loro chiusura, con muratura efficacemente ammorsata alla esistente, si deve provvedere alla cerchiatura delle aperture stesse a mezzo di telai in cemento armato o metallici collegati alla muratura adiacente tramite perforazioni armate.

116.3. Applicazione di tiranti

Ove non sia presente un efficace cordolo in cemento armato, devono disporsi tiranti ancorati tramite piastre di dimensioni opportune o di chiavi, che consentano una efficace cerchiatura dell'edificio.

I tiranti possono essere realizzati con normali barre in acciaio per armatura, piatti o profilati metallici o con trefoli in acciaio armonico. Questi possono essere disposti sia orizzontalmente che verticalmente, e devono essere estesi a tutta la dimensione della parete.

Se i solai non sono in grado di assicurare un sufficiente incatenamento delle pareti, si deve intervenire con tiranti orizzontali, ancorati all'esterno delle pareti stesse. In alternativa si possono far funzionare i solai come incatenamenti, applicando alle travi ed ai travetti, se questi elementi possono essere ritenuti idonei allo scopo, chiavi metalliche ancorate all'esterno delle pareti.

L'uso di tiranti di acciaio, analogamente a quello dei cordoli di piano, mira a migliorare lo schema strutturale tramite la realizzazione di efficaci collegamenti tra le strutture murarie portanti, assicurando un funzionamento monolitico del complesso edilizio da consolidare.

Non risultano, peraltro, trascurabili i vantaggi che ne conseguono nei riguardi della duttilità e della risposta ultima alle azioni sismiche se i tiranti sono presollecitati. Tuttavia, per quanto riguarda in particolare la presollecitazione verticale, è opportuno che la tensione normale, nelle murature, non superi, aggiunta alla precompressione, il valore di un quinto di quella di rottura.

I tiranti possono essere posti in opera all'interno o all'esterno delle murature. Nel primo caso (tiranti trivellati) essi sono costituiti da trefoli d'acciaio armonico disposti inguainati entro fori trivellati nello spessore delle murature. Nel secondo caso i tiranti sono costituiti da barre, piatti o profilati in acciaio paralleli sulle due facce della muratura ed ammorsati ad

una piastra in testa del muro per mezzo di un sistema a vite che consente di imprimere uno stato di presollecitazione. Questo tipo di tiranti è usato prevalentemente nella disposizione orizzontale. Gli elementi di contrasto sulle murature, sono di regola costituiti da piastre metalliche che hanno il compito di distribuire la forza indotta dal tirante sulla muratura evitando concentrazioni di sforzi. Le tirantature orizzontali, adempiono inoltre, al compito di legare le pareti ortogonali: a questo fine è opportuno che le teste dei tiranti siano collegate a piastre o a chiavi di dimensioni adeguate alle caratteristiche di connessione. I tiranti esterni sono costituiti da barre metalliche aderenti alle murature o poste in scanalature ricavate sulla loro superficie in modo da occultarne la vista. Anche qui, per i tiranti orizzontali, è opportuno disporre chiavi in testata, di dimensioni tali da garantire una buona legatura tra le murature.

116.4. Iniezioni di miscele leganti

L'adozione di iniezioni di miscele leganti, mira al miglioramento delle caratteristiche meccaniche della muratura da consolidare. A tale tecnica, pertanto, non può essere affidato il compito di realizzare efficaci ammorsature dei muri e quindi di migliorare, se applicata da sola, il primitivo schema strutturale.

Le iniezioni possono essere eseguite con miscele cementizie, semplici o additivate, oppure a base di resine organiche. Le miscele a base di resine saranno scelte adottando, in generale, prodotti a basso valore di modulo elastico quando l'ampiezza media delle lesioni è piccola e a più elevato valore di detto modulo per riempimenti di zone estese.

a) Miscela a base di legante cementizio

La miscela da iniettare deve possedere le seguenti proprietà:

- buona fluidità;
- buona stabilità;
- tempo di presa opportuno;
- adeguata resistenza;
- minimo ritiro.

Tali proprietà, sono agevolmente conseguibili con le sospensioni cementizie in acqua, semplici o con sabbie molto fini a granuli arrotondati, caratterizzate da valori del rapporto acqua-cemento in genere variabili da 0,6 a 1,2 e migliorate con l'aggiunta di additivi fluidificanti ed espansivi antiritiro. Il cemento deve essere di granulometria molto fine.

La scelta della pressione di immissione va fatta tenendo conto che le dilatazioni trasversali prodotte dal fluido in pressione, a cause delle eventuali discontinuità della muratura nei piani paralleli ai paramenti, potrebbero modificare negativamente la configurazione di equilibrio raggiunta dalla costruzione.

In ogni caso le iniezioni devono essere fatte a bassa pressione, eventualmente ricorrendo a fasi successive con pressioni via via crescenti e vanno condotte iniziando dal basso, e procedendo con simmetria.

Nel caso di murature incoerenti e caotiche, l'uso di questa tecnica richiede la loro incamiciatura o il ricorso ad altri provvedimenti cautelativi per non disperdere la miscela.

La tecnica operativa può essere articolata nelle seguenti fasi di lavoro:

- a) scelta dei punti in cui praticare i fori, effettuata in funzione della diffusione delle fessure e della porosità del muro; in genere sono sufficienti 2-3 fori per m²;
- b) asportazione dell'intonaco lesionato e stuccatura con malta cementizia delle lesioni per evitare risorgenze di miscela;
- c) esecuzione dei fori con perforazioni di diametro fino a 40 mm, eseguite mediante trapani o sonde rotative;
- d) posizionamento nei fori degli ugelli di immissione e successiva sigillatura con malta di cemento;
- e) immissione preliminare di acqua a leggera pressione, allo scopo di effettuare il lavaggio delle sezioni filtranti e di saturare la massa muraria;
- f) iniezione della miscela.

Nel caso di dissesti localizzati in zone limitate può risultare conveniente risanare dapprima a bassa pressione queste zone e poi operare a pressione più elevata, nelle zone rimanenti.

b) Miscela a base di resine

Stante la forte dipendenza, per il buon esito dell'operazione, dal dosaggio dei componenti base e dalle condizioni di esecuzione, si consiglia l'uso delle iniezioni di miscele a base di resine soltanto nei casi in cui risulti dimostrata la convenienza economica e si possa fare ricorso ad operatori specializzati.

La tecnica operativa resta, comunque, non dissimile da quelle già illustrate per le iniezioni cementizie alla quale si rimanda.

c) Iniezioni armate

Tale sistema di consolidamento prevede l'inserimento nella muratura di un reticolo di barre metalliche, assicurandone la collaborazione per aderenza mediante miscele cementanti. In condizioni sfavorevoli, può essere necessario consolidare, preventivamente la muratura mediante iniezioni semplici.

L'uso di questa tecnica è consigliabile allorché si debbano realizzare efficaci ammorsature tra le murature portanti, nei casi in cui non si possa ricorrere all'uso di altre tecnologie. In questo caso le cuciture si realizzano mediante armature di

lunghezza pari a $2 \div 3$ volte lo spessore delle murature, disposte in fori trivellati alla distanza di 40-50 cm l'uno dall'altro e preferibilmente inclinati alternativamente verso l'alto e verso il basso.

Le miscele leganti da impiegare sono dello stesso tipo di quelle esaminate al punto a) con l'avvertenza che dovranno essere ancora più accentuate le caratteristiche di aderenza ed antiritiro, oltre che di resistenza, per poter contare sulla collaborazione fra armature e muratura, poiché nel caso specifico le iniezioni sono localizzate nelle zone più sollecitate.

116.5. Applicazione di lastre e reti metalliche elettrosaldate

L'intervento mira a conservare, adeguandola alle nuove esigenze, la funzione resistente degli elementi murari, fornendo ad essi un'adeguata resistenza a trazione e dotandoli di un grado più o meno elevato di duttilità, sia nel comportamento a piastra che in quello a parete di taglio.

È opportuno che questo tipo di intervento venga esteso, con particolari accorgimenti, in corrispondenza degli innesti murari, onde realizzare anche una modificazione migliorativa dello schema strutturale.

Il consolidamento si effettua con l'apposizione, possibilmente su una o entrambe le facce del muro, di lastre cementizie opportunamente armate e di adeguato spessore. Le armature sono costituite da barre verticali ed orizzontali o da reti, nonché da ferri trasversali passanti nel muro che assicurino i collegamenti.

In relazione al tipo ed allo stato di consistenza della muratura, a questo intervento può essere associata la iniezione in pressione, nel corpo murario, di miscele leganti.

Su ciascun elemento murario l'intervento può ancora essere dosato, sia operando per "fasce" verticali ed orizzontali, sia limitandolo al solo rinforzo del perimetro dai vani porta o finestra o adottando un sistema misto di rinforzo.

La tecnologia dell'intervento, di norma è articolata nelle seguenti operazioni:

- 1) preparazione delle murature, previa adeguata puntellatura: asportazione dell'intonaco, riempimento delle cavità esistenti con particolare riguardo a quelle in prossimità delle ammorsature tra i muri, rifacimento a cucì-scucì;
- 2) spazzolatura e lavaggio con acqua od aria in pressione;
- 3) esecuzione delle perforazioni nella muratura su una o entrambe le facce del muro, con adeguate sovrapposizioni e risvolti;
- 5) messa in opera di distanziatori dell'armatura dal muro, per consentire il completo avvolgimento delle barre da parte della lastra cementizia, di spessore adeguato e comunque non inferiore a 2 cm;
- 6) alloggiamento, nei fori, delle barre trasversali con adeguati risvolti di ancoraggio;
- 7) l'inserimento dei collegamenti delle lastre cementizie agli elementi resistenti di contorno (solai - cordoli - pareti trasversali - fondazioni);
- 8) esecuzione della lastra cementizia per lo spessore prefissato, dopo abbondante lavaggio della superficie muraria;
- 9) esecuzione delle eventuali iniezioni nei muri, effettuate con pressioni che, per la presenza delle lastre armate aventi funzione di contenimento, possono essere anche elevate, fino a $2 \div 3 \text{ kg/cm}^2$.

116.6. Inserimento di cordoli e pilastri

Il presente intervento consiste nell'introduzione nelle murature di elementi resistenti - atti a confinare la muratura o dotarla di duttilità strutturale - in modo discontinuo e concentrato, anziché diffuso.

Per tale motivo è consigliabile l'adozione di questa tecnica quando si debba operare con murature a blocchi squadrati (mattoni, pietre lavorate) o comunque di discreta consistenza, risultando per contro consigliabile per interventi su murature di costituzione caotica e con malta degradata.

Il funzionamento dell'insieme strutturale si modifica profondamente in senso positivo, soltanto se gli elementi in cemento armato o in acciaio, sono convenientemente organizzati fra loro ed in rapporto alla muratura, come può ottenersi eseguendo una serie di cordoli verticali ed orizzontali tutti collegati fra loro.

L'inserimento di pilastri, in breccia è effettuato a distanze regolari (circa 2 m). Si crea uno scasso per circa 15 cm all'interno della muratura e si realizza l'ancoraggio, per mezzo di staffe passanti o di spaccature distribuite lungo l'altezza.

Per la realizzazione di cordoli a tutto spessore, è necessario procedere al taglio a forza della muratura, operando per campioni o globalmente.

Nel primo caso si affida la resistenza del pannello murario durante le fasi realizzative alle porzioni di murature integre o già trattate; nel secondo caso occorre disporre appositi sostegni (eventualmente martinetti) ai quali è delegato il compito di sostenere i carichi verticali durante la costruzione del cordolo.

Per i cordoli di tipo a spessore parziale è necessario predisporre tagli passanti per realizzare poi collegamenti di ancoraggio e sostegno; se due cordoli cingono la muratura al medesimo livello, tali collegamenti hanno sagoma cilindrica, mentre se il cordolo è da un solo lato, tali collegamenti sono conformati a di tronco di piramide con dimensione maggiore verso l'esterno.

L'armatura metallica è costituita da una gabbia formata da barre longitudinali e staffe, con un minimo di 4 Ø 12 e staffe Ø 6 ogni 30 cm.

Nei cordoli a tutto spessore, realizzati globalmente, i martinetti a vite restano inglobati nel getto.

L'esecuzione di cordoli e pilastri in acciaio avviene con modalità analoghe a quelle sopra indicate, assicurando la collaborazione con la muratura mediante opportune zancature.

116.7. Archi e le volte

Gli archi e le volte devono essere muniti di cinture, chiavi e tiranti, posti convenientemente in tensione, ed atti ad assorbire integralmente le spinte, a meno che le murature di sostegno abbiano spessori sufficienti a sopportare le spinte, valutate tenendo conto anche delle azioni sismiche.

Qualora occorra risanare o rinforzare le volte, è possibile intervenire con la tecnica delle iniezioni di miscele leganti meglio se integrate da perforazioni armate.

Nel caso delle volte di luce non molto grande, un valido sistema di rafforzamento consiste nel costruire in aderenza un guscio portante, generalmente estradossato, realizzato da una rete metallica elettrosaldata chiodata alla struttura da rinforzare e da uno strato di malta antiritiro ad elevata resistenza o di miscele di resine. L'intervento deve essere preceduto da una accurata pulitura della superficie, in aderenza alla quale si esegue il rinforzo, con aria compressa ed eventualmente qualora si impieghino malte cementizie, con acqua, nonché dalla sigillatura delle lesioni macroscopiche. Con tale procedimento, in particolare, è possibile evitare interventi sulla superficie d'intradosso, il che assume fondamentale importanza allorché, quest'ultima sia affrescata o presenti, comunque, caratteristiche estetiche da non alterare.

Gli archi e le volte che siano interessati da gravi dissesti, se realizzati con muratura di non buona consistenza e fattura, devono essere eliminati.

116.8. Solai

Il restauro statico del solaio deve puntare al soddisfacimento dei seguenti requisiti fondamentali:

- resistenza adeguata ai carichi previsti in fase di utilizzazione;
- in relazione a detti carichi, rigidezze (trasversali e nel proprio piano) sufficienti ad assicurare sia la funzionalità in esercizio dell'elemento strutturale, sia la funzione di diaframma di collegamento e ripartizione tra le strutture verticali;
- collegamento efficace con le murature verticali, agli effetti delle trasmissioni degli sforzi.

I primi due requisiti, nel caso di solai in legno, possono essere agevolmente realizzati, ad esempio, inchiodando al tavolato esistente uno strato di tavole ortogonali alle precedenti di conveniente spessore ($S = 3$ cm) oppure, realizzando una soletta di calcestruzzo armato di sufficiente spessore per assicurare resistenza e rigidezza alla struttura mista finale (legno - cemento armato).

Qualora i solai siano deteriorati, se da non possedere adeguata rigidezza nel proprio piano, essi devono essere sostituiti o rinforzati.

Nel caso si impieghino travetti prefabbricati in cemento armato ordinario o precompresso, si deve disporre una apposita armatura di collegamento dei travetti alle strutture perimetrali in modo da costituire un efficace ancoraggio sia agli effetti della trasmissione del momento negativo, sia della forza di taglio che delle azioni normali alla parete.

L'ancoraggio alle murature verticali può essere realizzato con l'esecuzione di un cordolo in cemento armato, di altezza non inferiore a quella del solaio in corrispondenza di ciascun orizzontamento, oppure con il consolidamento della muratura in corrispondenza degli orizzontamenti mediante iniezioni di miscele leganti armate. In quest'ultimo caso le perforazioni possono essere eseguite trasversalmente alle murature, con andamento incrociato e inclinazione tale da interessare un'altezza pari almeno a quella del solaio, oppure orizzontalmente e parallelamente all'asse della muratura, completandole in tal caso, eventualmente, con cuciture d'angolo, in modo da legare solidamente tutti gli elementi componenti la compagine strutturale.

In alternativa, per le strutture più modeste può essere sufficiente anche un collegamento discontinuo che, nel caso di solai in legno, può realizzarsi mediante piatti metallici d'ancoraggio chiodati alle travi, passanti in fori predisposti nei muri e successivamente sigillati con malta cementizia.

Infine per solai in legno con cappa in calcestruzzo e solai latero-cementizi di nuova costruzione, un sufficiente collegamento può essere costituito da un cordolo continuo in cemento armato a spessore parziale o semplicemente in aderenza, provvisto di cunei di ancoraggio passanti attraverso le murature ed opportunamente armati.

116.9. Scale

Le scale in muratura a sbalzo, cioè quelle aventi gli scalini o la sottostruttura incastrati nei muri di gabbia da un lato e liberi dall'altro, devono essere di regola sostituite con scale in cemento armato o in acciaio. Possono tuttavia essere conservate solo se prive di lesioni e dopo averne verificata l'efficienza a mezzo di prove di carico.

Quando necessità ambientali-architettoniche richiedono la conservazione di scale a sbalzo staticamente non sicure, potranno adottarsi rinforzi con strutture metalliche oppure cementizie. In quest'ultimo caso dovrà porsi massima cura affinché, gli sforzi di trazione, presenti sulla struttura muraria delle scale, siano completamente assorbiti da armature opportunamente inserite, ancorate alla muratura perimetrale e suggellate con malte cementizie antiritiro o epossidiche.

116.10. Coperture

I tetti devono essere resi non spingenti. Negli interventi di semplice miglioramento occorre, in particolare, assicurarsi della capacità di resistere alle azioni orizzontali da parte delle murature perimetrali ed interne che spiccano dall'ultimo solaio per sostenere il tetto e di realizzare un efficace collegamento fra le strutture del tetto e le murature su accennate. Nel caso di tetti in legno si deve garantire anche una adeguata connessione fra i diversi elementi costituenti l'orditura. Gli elementi sporgenti dalle coperture (comignoli, abbaini, parapetti, torrini, antenne, ecc.) devono essere ben fissati alla base e, se necessario, controventati.

I provvedimenti intesi ad ottenere l'adeguamento sismico possono essere i seguenti:

- costruzione di cordoli di sottotetto in c.a. per la ripartizione delle forze trasmesse alla muratura dagli elementi strutturali lignei e cerchiatura dell'edificio in sommità;
- applicazione di un tavolato di sottotetto in legno o di croci di Sant'Andrea per irrigidire la struttura nel piano di falda;
- applicazione di catene in ferro e/o in legno.

Qualora, per motivi di particolare pregio architettonico o per l'ottimo stato di conservazione della copertura, non risulti conveniente la creazione di cordoli in cemento armato di sommità, si può, in via del tutto eccezionale, procedere al rinforzo della muratura che spicca dall'ultimo piano (compresi gli eventuali timpani) mediante iniezioni e cuciture armate o incorniciatura con lastre di cemento armato; particolare cura si deve porre comunque per realizzare efficaci collegamenti dell'orditura principale lignea con la muratura così rinforzata.

116.11. Fondazioni

Nella maggior parte degli edifici in muratura, la struttura di fondazione è sostanzialmente coincidente con l'edificio stesso. Pertanto gli eventuali interventi sono prevalentemente di tipo localizzato, tendenti a sanare eventuali situazioni di debolezza puntuali.

Nel caso di inserimento nell'edificio di una nuova muratura, la sua fondazione deve essere ammorsata in quella delle murature esistenti mediante un opportuno innesto.

La riduzione della pressione di contatto edificio-terreno può ottenersi, in generale, ampliando la base del fabbricato mediante placcaggi in conglomerato cementizio a getto od a spruzzo convenientemente armati, applicati da uno o da entrambi i lati della muratura. L'efficacia di tale intervento è peraltro legata alle caratteristiche di compressibilità del terreno e alle modalità esecutive.

In quei particolari casi in cui il terreno di fondazione sia di scadenti proprietà fisico-meccaniche, può essere necessario riportare i carichi in profondità mediante pozzi o pali. Si possono usare pali di normale diametro opportunamente collegati alle strutture, ovvero si possono utilizzare pali di piccolo diametro eventualmente eseguiti attraverso le strutture esistenti così da collegarsi ad esse, per poi approfondirsi nel terreno sottostante.

Per i pali di regola si adotta il sistema di trivellazione a rotazione, che non comporta scuotimenti pericolosi per strutture già in fase di dissesto.

Art. 117 - Consolidamenti di edifici in cemento armato - Provvedimenti tecnici d'intervento

117.1 Generalità

Nell'esecuzione degli interventi di seguito illustrati, particolare attenzione deve essere dedicata ai problemi della durabilità; in particolare, ove si utilizzino elementi metallici, si consiglia l'uso di materiali autopassivanti.

117.2. Strutture in elevazione

Per la riparazione ed il rafforzamento locale delle strutture in elevazione, si può ricorrere ad uno o più dei seguenti provvedimenti tecnici:

- iniezioni di miscele leganti;
- ripristino localizzato con conglomerati;
- ripristino e rinforzo dell'armatura metallica;
- cerchiature di elementi strutturali;
- integrazione di armatura con l'applicazione di lamiere metalliche;
- rinforzo con tiranti.

Nei casi in cui l'intervento consista nel ripristinare strutture cementizie per porzioni o tratti di entità considerevoli può essere usato calcestruzzo ordinario, che abbia resistenza e modulo elastico non troppo diversi da quelli del calcestruzzo esistente; l'aderenza del getto all'elemento da riparare può essere migliorata mediante l'applicazione di uno strato adesivo.

Per conciliare le esigenze di elevata resistenza e buona lavorabilità dei getti può essere opportuno usare additivi fluidificanti (che in genere migliorano anche l'adesione al materiale preesistente).

Idoneo, in generale, è anche l'uso di calcestruzzi o malte con additivi che realizzano un'espansione volumetrica iniziale capace di compensare o addirittura di superare il ritiro.

Questo accorgimento permette di creare modesti stati di coazione, benefici per l'inserimento dei nuovi getti; è peraltro essenziale utilizzare casseri contrastanti.

117.2.1. Iniezioni con miscele leganti

Le iniezioni sotto pressione, di materiali (miscele cementizie e di resine) di opportuno modulo elastico e con spiccate proprietà di aderenza al calcestruzzo ed all'acciaio, possono essere usate soltanto per la risarcitura di lesioni la cui apertura non superi i 3-4 mm.

L'impiego di resine migliora la resistenza sia a compressione che a trazione. Il materiale si presta bene ad essere usato per iniezioni anche mescolato con inerti fini. In funzione di molti fattori, fra cui anche il tipo di inerti, si ottengono moduli elastici molto variabili (da 20.000 kg/cm² a valori simili a quelli del calcestruzzo ordinario).

Le caratteristiche finali delle miscele dipendono sensibilmente, tra l'altro, dalle condizioni ambientali (temperature ed umidità) nelle quali avviene la loro maturazione. Pertanto, è raccomandabile che lo studio delle modalità di preparazione tenga conto delle effettive condizioni ambientali prevedibili e che si provveda, in sede di esecuzione, al controllo delle condizioni stesse, eventualmente con misurazioni della temperatura e dell'umidità.

Risarciture di lesioni localizzate di piccola entità sono effettuabili con miscele prevalentemente di resine con viscosità e pressioni dipendenti dalle ampiezze delle stesse. Si raccomanda di usare pressioni non troppo elevate per non indurre stati di coazione eccessivi nell'elemento iniettato. Si sconsigliano iniezioni di resina per lesioni rilevanti per evitare eccessivi riscaldamento prodotti dalla polimerizzazione della miscela.

Le operazioni da effettuare sono:

- a) pulizia della polvere o dalla altre impurità delle superfici danneggiate con l'eliminazione del materiale disgregato;
- b) pulizia in profondità con aria o acqua in pressione;
- c) sigillatura delle lesioni con stucco o intonaco e predisposizione di tubicini di ingresso della miscela che è costituita generalmente da resina pura o debolmente caricata.

La tecnica descritta è altresì da evitare nel caso di lesioni molto piccole (ad esempio attorno al decimo di millimetro) perché l'iniezione diventa difficoltosa e richiede pressioni elevate, con esito incerto e possibilità di effetti negativi difficilmente controllabili sulle parti di struttura lesionate. In questi casi si raccomanda di non fare affidamento sul completo ripristino della continuità dell'elemento fessurato, ma soltanto su una percentuale cautelativa che tenga conto appunto della probabile presenza di lesioni e distacchi non iniettati.

117.2.2. Ripristino localizzato con conglomerati

Nel caso di lesioni di apertura superiore ai 3-4 mm ovvero quando il calcestruzzo si presenta fortemente degradato o frantumato si ricorre al ripristino dell'elemento danneggiato mediante il getto localizzato di conglomerato, che potrà essere, a seconda dei casi, di tipo ordinario, di tipo additivato con spiccata proprietà di aderenza al preesistente calcestruzzo ed alle armature di tipo spruzzato (gunite, spritzbeton, ecc.) adoperabile soltanto su nuclei integri e per spessori non eccessivi, e del tipo composto da resine.

Qualsiasi intervento deve essere preceduto dalla scarificazione nel calcestruzzo con la rimozione di tutte le parti disgregate.

La riparazione con getto di calcestruzzo, ordinario o con additivi, è la più frequente nel caso che si presenti parziale disgregazione del materiale (eventualmente evidenziabile anche con debole percussione).

Eseguite le occorrenti puntellature o tirantature provvisorie, si procede nella maniera seguente:

- a) eliminazione di tutte le parti disgregate o parzialmente espulse ponendo attenzione a non danneggiare le armature presenti;
- b) eventuale iniezione della parte messa a nudo;
- c) pulizia della superficie con aria compressa e lavaggio; se si rende necessario l'inserimento di nuove armature, dopo l'operazione indicata alla lettera a) si prosegue con le operazioni appresso elencate;
- d) messa in opera di nuove armature mediante saldatura alle preesistenti, semplice legatura con spinotti o con barre infilate in fori trapanati nella parte di calcestruzzo indenne (successivamente iniettati); quest'ultimo intervento è da effettuare quando non si ritenga sufficiente per il collegamento tra vecchio e nuovo, la sola aderenza del calcestruzzo o la resistenza dell'adesivo spalmato prima del getto;
- e) posizionamento dei casseri e loro eventuale contrasto;
- f) eventuale spalmatura di adesivo tra vecchio calcestruzzo e nuovo getto;
- g) esecuzione del getto di calcestruzzo e di malta, prima che l'eventuale adesivo abbia iniziato la polimerizzazione; un'analoga tecnica utilizzabile quando il danno si limita al copriferro o poco di più, consiste nella applicazione di una intonacatura con malta cementizia a ritiro compensato, posta in opera mediante spruzzatura.

Questo tipo di applicazione, deve essere eseguito per spessori non superiori a 3 centimetri, ed è conveniente nella riparazione delle pareti di cemento armato. In questo caso la riparazione si effettua applicando uno o più strati di rete elettrosaldata e collegando i due strati con barre, spinotti o gabbie staffate passanti attraverso la parete; i collegamenti sono completati iniettando i fori di attraversamento.

Il materiale per la ricostruzione dell'elemento può essere anche malta di resina con il vantaggio di avere una resistenza e un'adesione elevate, ma con la possibilità di introdurre una zona con moduli elastici e resistenze generalmente diversi da quelli del calcestruzzo.

117.2.3. Ripristino e rinforzo dell'armatura metallica

Ove necessario, le armature vanno integrate. Particolare cura va posta all'ancoraggio delle nuove armature ed alla loro solidarizzazione all'elemento esistente.

Il rinforzo può essere realizzato localmente con l'aggiunta di nuove barre, od interessare l'intera struttura, con l'inserimento di elementi aggiuntivi in cemento armato o in acciaio, resi collaboranti con quelli esistenti. In presenza di pilastri fortemente danneggiati alle estremità, la riparazione deve comportare anche il rinforzo delle armature longitudinali e trasversali.

Il getto di completamento può essere eseguito con malta o calcestruzzo a stabilità volumetrica oppure con malta o calcestruzzo ordinari assicurando in ogni caso l'aderenza tra il nuovo e il vecchio calcestruzzo.

Il rinforzo dei nodi trave-pilastro deve assicurare il miglioramento dell'ancoraggio delle armature, e una continuità meccanica sufficiente a trasmettere gli sforzi massimi sopportabili dalle sezioni di estremità interessate, contenere il conglomerato e le armature nei riguardi della espulsione trasversale, mediante opportuna staffatura.

Quando i nodi trave-pilastro sono tanto danneggiati da rendere tecnicamente difficile la loro riparazione, la funzione statica degli elementi strutturali convergenti nei nodi deve essere attribuita ad altri elementi portanti dell'ossatura.

Per ripristinare l'efficienza di barre ingobbate, occorre un provvedimento diretto di riparazione costituito, ad esempio, da saldatura di spezzoni di barre o di angolari a cavallo del tratto danneggiato e da inserimenti di armature trasversali per ridurre la lunghezza libera di inflessione.

Il caso di un insufficiente o mal disposto ancoraggio delle barre dei pilastri si può risolvere con armature saldate passanti entro fori praticati attraverso i nodi, e successivamente ricoperti con malta cementizia a ritiro compensato o epossidica e/o con iniezioni di resina. Nuove barre possono essere saldate anche in elementi inflessi a cavallo delle sezioni danneggiate per difetto di armature longitudinali, con adeguato prolungamento per l'ancoraggio.

In elementi sottoposti a forze di taglio e nei nodi dei telai possono essere applicate staffe o collari per quanto possibile perpendicolari alla lesione. Le armature vanno poi protette da intonaco cementizio a ritiro compensato.

In ogni caso gli ancoraggi delle barre e le loro giunzioni mediante saldatura sono migliorati dal confinamento realizzato da una fitta armatura trasversale che avvolge la zona trattata.

Per l'acciaio in barre, quando ne sia previsto il collegamento alle armature esistenti tramite saldature, si raccomanda di controllare la saldabilità, sia delle esistenti che di quelle aggiuntive, o meglio la capacità di sopportare l'unione senza divenire fragile.

117.2.4. Cerchiature di elementi strutturali

L'effetto della "cerchiatura" si ottiene con staffe o altre armature trasversali di contenimento. Esso ha lo scopo di contrastare le deformazioni trasversali del calcestruzzo, prodotte dalle tensioni di compressione longitudinali, migliorandone le caratteristiche di resistenza e di duttilità.

Queste armature possono essere semplici collari di lamierino, ovvero eliche di filo d'acciaio, oppure vere e proprie strutture di carpenteria metallica, calastrellate o più raramente reticolate. Le armature esterne devono essere protette mediante intonaco cementizio o gunita armata con rete.

Una cerchiatura si realizza anche con la messa in opera di armature trasversali generalmente chiuse, quali staffe (eventualmente saldate), spirali, collari o profilati saldati a formare una struttura chiusa.

117.2.5. Integrazioni di armatura con l'applicazione di lamiere metalliche

Un'armatura aggiuntiva, se necessaria, può essere realizzata mediante piastre di acciaio, applicate sulla superficie dell'elemento strutturale da rinforzare o da riparare ed a questo solidarizzate opportunamente.

Nel caso di piastre sollecitate a taglio o compressione, deve porsi attenzione al pericolo di instabilità; in ogni caso, questa tecnica comporta un aumento della rigidità dell'elemento riparato, di cui si deve tener conto nei calcoli. Le piastre devono essere opportunamente protette dalla corrosione.

Tale tecnica consiste nella solidarizzazione tramite incollaggio e chiodature di lamiere o profilati su elementi in cemento armato. Questo provvedimento può essere usato in casi particolari in cui non sono applicabili metodi tradizionali; ne può essere giustificato l'impiego ad esempio quando si riscontrino:

- a) danni nella parte tesa di elementi inflessi. In questo caso la lamiera ha funzione di armatura tesa e la resina, e i chiodi, assicurano la trasmissione delle forze di scorrimento;
- b) danni in zone sottoposte a taglio. In questo caso la lamiera è posta in genere a cavallo fra zona tesa e compressa; in quest'ultima vanno posti i connettori di collegamento trasversale per prevenire fenomeni di instabilità delle lamiere stesse. Alla lamiera viene affidato il compito di trasmettere le forze di scorrimento;
- c) danni per eccessiva trazione o nelle zone di ancoraggio delle barre di armatura.

L'incollaggio delle lamiere è ammesso quando il conglomerato presenta buone caratteristiche di resistenza.

In ogni caso le operazioni consistono in:

- 1) pulizia della superficie da incollare previa asportazione dello strato di calcestruzzo degradato mediante azione di spicconatura e di martellinatura;
- 2) applicazione di successivi strati di malta di resina per regolarizzare, ove necessario, la superficie (si raccomanda di non superare, lo spessore di ogni strato, che deve essere di circa 5-6 mm);
- 3) incollaggio delle lamiere con adesivo spalmato. Le lamiere devono essere tenute in sito con chiodi ad espansione con puntelli forzanti fino ad indurimento;
- 4) in alternativa al punto 3) possono impiegarsi lamiere con successive iniezioni di resina;
- 5) protezione delle lamiere con prodotti anticorrosivi.

Il rinforzo di elementi in cemento armato può conseguirsi mediante tiranti di acciaio posti in tensione seguendo la tecnica della precompressione, oppure delle chiodature pretese.

In ogni caso deve verificarsi che l'intervento non provochi dannosi stati di coazione.

117.3. Fondazioni

In consolidamento delle fondazioni può in genere conseguirsi:

- con la costruzione, ove possibile di travi in cemento armato per il collegamento dei plinti nelle due direzioni in guisa da realizzare un reticolo orizzontale di base;
- con la costruzione di setti in cemento armato al livello di primo interpiano sì da costruire nel suo complesso una struttura scatolare rigida;
- con l'approfondimento delle strutture fondali mediante pali di piccolo o medio diametro, fortemente armati;
- con l'allargamento della base d'appoggio mediante sottofondazione in cemento armato oppure mediante la costruzione di cordolature laterali in cemento armato;
- con rinforzi localizzati delle strutture di fondazione (fasciature in acciaio od in cemento armato presollecitato, cerchiature ecc.).

Nei casi in cui l'intervento consista nel ripristinare strutture cementizie per porzioni o tratti di entità considerevoli può essere usato calcestruzzo ordinario, che abbia resistenza e modulo elastico non troppo diversi da quelli del calcestruzzo esistente; l'aderenza del getto all'elemento da riparare può essere migliorata mediante l'applicazione di uno strato adesivo.

Per conciliare le esigenze di elevata resistenza e buona lavorabilità dei getti può essere opportuno usare additivi fluidificanti (che in genere migliorano anche l'adesione al materiale preesistente).

Idoneo, in generale, è anche l'uso di calcestruzzi o malte con additivi che realizzano un'espansione volumetrica iniziale capace di compensare o addirittura di superare il ritiro.

Questo accorgimento permette di creare modesti stati di coazione, benefici per l'inserimento dei nuovi getti; è peraltro essenziale utilizzare casseri contrastanti.

Art. 118- Decorazioni, tinteggiature, verniciature, tappezzerie

118.1. Decorazioni

Per l'esecuzione delle decorazioni, sia nelle pareti interne che nei prospetti esterni, la Direzione Lavori fornirà all'Appaltatore, qualora non compresi tra i disegni di contratto o ad integrazione degli stessi, i necessari particolari dei cornicioni, cornici, lesene, archi, fasce, aggetti, riquadrature, bugnati, bassifondi, ecc., cui lo stesso dovrà scrupolosamente attenersi mediante l'impiego di stampi, sagome, modelli, ecc., predisposti a sua cura e spese e mediante pre-campionatura al vero, se richiesta.

Il campione sarà formalmente accettato dal Direttore dei lavori.

Quando nella costruzione non fossero state predisposte le ossature per lesene, cornici, fasce, ecc. e queste dovessero quindi applicarsi in aggetto, o quando fossero troppo limitate rispetto alla decorazione, o quando infine possa temersi che la parte di finitura delle decorazioni, per eccessiva sporgenza o per deficiente aderenza dell'ossatura predisposta, potesse col tempo staccarsi, si curerà di ottenere il miglior collegamento della decorazione sporgente alle pareti od alle ossature mediante opportuni accorgimenti che saranno indicati dal Direttore dei lavori.

Sulle superfici di supporto preparate, si procederà quindi alla formazione dell'abbozzo con intonaco grezzo indi si tirerà a sagoma e si rifinirà con malta fina ed eventualmente, se prescritto, con colla di stucco.

118.2. Tinteggiature e verniciature

Le operazioni di tinteggiatura o verniciatura dovranno essere precedute da un'accurata preparazione delle superfici interessate (raschiature, scrostature, stuccature, levigature etc.) con sistemi idonei ad assicurare la perfetta riuscita del lavoro.

La miscelazione e posa in opera di prodotti monocomponenti e bicomponenti dovrà avvenire nei rapporti, modi e tempi indicati dal produttore onde evitare alterazioni del prodotto.

L'applicazione dei prodotti vernicianti non dovrà essere effettuata su superfici umide, l'intervallo di tempo fra una mano e la successiva sarà, salvo diverse prescrizioni, di 24 ore, la temperatura ambiente non dovrà superare i 40 gradi °C. e la temperatura delle superfici dovrà essere compresa fra i 5 e 50 gradi °C. con un massimo di 80% di umidità relativa.

In ogni caso le opere eseguite dovranno essere protette, fino al completo essiccamento, dalla polvere, dall'acqua e da ogni altra fonte di degradazione.

Le opere di verniciatura su manufatti metallici saranno precedute da accurate operazioni di pulizia (nel caso di elementi esistenti) e rimozione delle parti ossidate; verranno quindi applicate almeno una mano di vernice protettiva ed un numero non inferiore a due mani di vernice del tipo e colore previsti fino al raggiungimento della completa uniformità della superficie.

Nelle opere di verniciatura eseguite su intonaco, oltre alle verifiche della consistenza del supporto ed alle successive fasi di preparazione, si dovrà attendere un adeguato periodo, fissato dalla Direzione lavori, di stagionatura degli intonaci; trascorso questo periodo si procederà all'applicazione di una mano di imprimitura (eseguita con prodotti speciali) od una mano di fondo più diluita alla quale seguiranno altre due mani di vernice del colore e caratteristiche fissate.

La tinteggiatura potrà essere eseguita, salvo altre prescrizioni, a pennello, a rullo, a spruzzo, etc. in conformità con i modi fissati per ciascun tipo di lavorazione.

Capitolo 7 **PROVE VERIFICHE E COLLAUDO**

Art. 119 - Controlli regolamentari sul conglomerato cementizio

119.1. Resistenza caratteristica

Agli effetti delle presenti norme un conglomerato cementizio viene individuato tramite la resistenza caratteristica a compressione.

La resistenza caratteristica è definita come la resistenza a compressione al di sotto della quale si può attendere di trovare il 5% della popolazione di tutte le misure di resistenza.

Nelle presenti norme, a meno di indicazione contraria, la "resistenza caratteristica" designa quella dedotta dalle prove a compressione a 28 giorni su cubi preparati e confezionati come al punto 3, allegato 2, del D.M. 9 gennaio 1996.

La resistenza caratteristica R_{ck} così come la classe di consistenza S_i , prescritte per il conglomerato cementizio, dovranno essere indicate dal progettista delle opere.

Il conglomerato cementizio per il getto delle strutture di un'opera o di parte di essa si considera omogeneo se la miscela viene confezionata con componenti aventi essenzialmente le stesse caratteristiche - di qualità, p.e. tipo di cemento (UNI EN 197) requisiti degli aggregati (UNI 8520/2), e se i rapporti quantitativi tra i componenti, le attrezzature e le modalità di confezione e posa in opera rimangono praticamente invariati.

119.2. Controlli di qualità del conglomerato

Il controllo di qualità, così come descritto più avanti, consente di verificare nelle diverse fasi esecutive la produzione del conglomerato cementizio, garantendone così la conformità alle prescrizioni di progetto.

Il controllo deve articolarsi nelle seguenti fasi:

a) Studio preliminare di qualificazione

Consiste nella verifica della qualità dei componenti il conglomerato cementizio: aggregati (UNI 8520/2); cementi (UNI EN 197); acque ed additivi e si esplica attraverso il confezionamento di miscele sperimentali che permettono di accertare la possibilità di produrre conglomerati conformi alle prescrizioni di progetto: classe di resistenza e classe di consistenza (UNI 9858).

Tali controlli sono da considerarsi cogenti ed inderogabili.

b) Controllo di accettazione

Si riferisce all'attività di controllo esercitata dalla Direzione dei Lavori durante l'esecuzione delle opere, si esplica attraverso la determinazione di parametri convenzionali: la resistenza a compressione di provini cubici; l'abbassamento al cono di Abrams del calcestruzzo fresco, ecc..

Tali controlli sono da considerarsi cogenti ed inderogabili.

c) Prove complementari

Comprende tutta l'attività sperimentale che la Direzione dei Lavori può avviare in presenza di procedure particolari di produzione o ove necessario, ad integrazione delle precedenti prove.

119.3. Prelievo dei campioni

Il prelievo deve essere eseguito dalla Direzione dei Lavori, che provvede ad identificare i provini mediante sigle ed etichette ed a custodirli in idoneo locale prima della formatura e durante la stagionatura.

Un prelievo consiste nel prelevare da una carica di calcestruzzo, al momento della posa in opera nei casseri, la quantità di conglomerato necessaria per la confezione di un gruppo di due provini.

Il calcestruzzo, entro le forme o cubiere, deve essere opportunamente assestato per strati con l'utilizzo di tondini di ferro \varnothing 10 mm.

Nel caso del prelievo di calcestruzzo di media consistenza la costipazione sarà eseguita con pestello di superficie di circa 1/8 e 1/4 della sezione del provino. Il calcestruzzo a consistenza umida o a basso tenore d'acqua invece dovrà essere vibrato nella forma mediante vibratore ad immersione, di dimensioni e caratteristiche rapportate alle dimensioni del provino.

Dopo la costipazione il calcestruzzo dovrà essere rasato con righello metallico e lisciato con idonea cazzuola o con frattazzo. La superficie esterna del provino deve essere opportunamente protetta, dall'evaporazione, fino alla sformatura.

La sformatura che consiste nella rimozione delle casseforme, potrà essere eseguita dopo 24 ore dalla preparazione ed in modo da non danneggiare il provino. I provini dovranno poter essere identificati e rintracciati in qualsiasi momento. La media delle resistenze a compressione dei due provini di un prelievo rappresenta la "Resistenza di prelievo", che costituisce il valore mediante il quale vengono eseguiti i controlli del conglomerato.

È obbligo del Direttore dei lavori prescrivere ulteriori prelievi rispetto al numero minimo, di cui ai successivi paragrafi, tutte le volte che variazioni di qualità dei costituenti dell'impasto possano far presumere una variazione di qualità del calcestruzzo stesso.

Per la preparazione e la stagionatura dei provini di conglomerato vale quanto indicato nella **UNI 6127**; in particolare per la stagionatura vale quanto indicato nel punto 4.1.1. di detta norma.

Per la forma e le dimensioni dei provini di calcestruzzo e le relative casseforme, vale quanto indicato nelle norme **UNI 6130/1^a** e **UNI 6130/2^a**, limitatamente ai provini per le prove di resistenza a compressione.

Circa il procedimento da seguire per la determinazione della resistenza a compressione dei provini di calcestruzzo vale quanto indicato nella **UNI 6132**.

Norme di riferimento:

UNI 6127 *Provini di calcestruzzo per le prove di resistenza. Preparazione e stagionatura*

UNI 6130-1 *Provini di calcestruzzo per prove di resistenza meccanica. Forma e dimensioni.*

UNI 6130-2 *Provini di calcestruzzo per prove di resistenza meccanica. Casseforme.*

UNI 6132 *Prove distruttive sui calcestruzzi. Prova di compressione.*

119.4. Dimensioni dei provini. Casseforme

L'Allegato 2 del D.M. 9 gennaio 1996 rimanda alla norma **UNI 6130-Parte 1^a** che definisce forma e le dimensioni dei provini di calcestruzzo per le prove di resistenza meccanica previste dalle **UNI 6132**, **UNI 6133**, **UNI 6134**, **UNI 6135** e **UNI 6556**.

Tabella 119.1 - Dimensioni provini cubici in funzione di quelle degli inerti

Dimensione max inerte (mm)	Fino a 20	20 ÷ 30	30 ÷ 50	50 ÷ 80	80 ÷ 150
Lato provino (cm)	10 o 15	15 o 20	20 o 25	25 o 30	30

Si fa rilevare che la norma **UNI 6130-Parte 1^a** a partire dal settembre 1981 non prevede più l'uso di provini cubici con lato di 16 cm; la dimensione dei cubetti è commisurata invece alla massima dimensione dell'inerte:

Tabella 119-2 - Dimensioni provini cubici in funzione di quelle degli inerti (UNI 6130 – Parte 1^a)

Dimensione max inerte (mm)	Fino a 16	Oltre 16 e fino 31,5	Oltre 31,5 e fino a 63	Oltre 63 e fino a 125	Oltre 125
----------------------------	-----------	----------------------	------------------------	-----------------------	-----------

Lato provino (cm)	10	15	20	25	30
----------------------	----	----	----	----	----

Sono ammesse le seguenti tolleranze, superando i seguenti valori è necessario rettificare o sostituire le casseforme adoperate:

- tolleranza fino al 1% sulle dimensioni effettive del provino;
- tolleranza angolare circa $90^\circ \pm 30'$ riferita all'angolo formato tra due facce contigue del provino;
- tolleranza dello 0,05% sulla planarità riferita al lato del provino.

La norma **UNI 6130-Parte 2^a** definisce le caratteristiche (assorbimento e tenuta) e la tipologia delle casseforme, metalliche e no, utilizzate per la confezione di provini di calcestruzzo per prove di resistenza meccanica. Le casseforme che possono essere singole o multiple, debbono essere realizzate con materiali non assorbenti, in caso contrario l'acqua assorbita dalla cassaforma non deve superare i 5 g/dm^3 . Le casseforme in commercio sono realizzate in:

- materiale composito, leggero e di tipo scomponibile nel fondo e nelle quattro pareti laterali;
- polistirolo espanso, per la sfomatatura del provino tali casseforme devono essere distrutte;
- acciaio, scomponibili e dotate anche di separatori ad incastro nel caso di casseforme a più posti.

Norme di riferimento:

UNI 6130-1 *Provini di calcestruzzo per prove di resistenza meccanica. Forma e dimensioni.*

UNI 6130-2 *Provini di calcestruzzo per prove di resistenza meccanica. Casseforme.*

UNI 6132 *Prove distruttive sui calcestruzzi. Prova di compressione.*

UNI 6133 *Prove distruttive sui calcestruzzi. Prova di flessione.*

UNI 6134 *Prove distruttive sui calcestruzzi. Prova di compressione su monconi di provini rotti per flessione.*

UNI 6135 *Prove distruttive sui calcestruzzi. Prova di trazione.*

UNI 6556 *Prove sui calcestruzzi. Determinazione del modulo elastico secante a compressione.*

119.5. Stagionatura

La stagionatura dei provini deve avvenire a temperatura di $20 \pm 2^\circ \text{C}$ con umidità relativa non inferiore al 90%, e in idonei locali oppure conservando i provini sotto strato di sabbia o stracci umidi.

Le diverse condizioni di stagionatura rispetto a quelle prescritte dalla norma **UNI 6127** debbono essere opportunamente annotate sul verbale.

La stagionatura dei provini di calcestruzzo oggi è conseguita con l'impiego di:

- banco armadio, con controllo dell'umidità e della temperatura, a tenuta ermetica che soddisfa pienamente le condizioni imposte dalla normativa;
- vasche termostatiche in acciaio inox;
- vasche termostatiche con sistemi di controllo per la maturazione accelerata.

I provini di calcestruzzo debbono essere prelevati dall'ambiente di stagionatura non prima di 2 ore dall'inizio dell'esecuzione della prova. I provini non possono essere rimossi prima che sia trascorso un tempo pari a $3/4$ del tempo di stagionatura; durante il trasporto i provini debbono essere opportunamente protetti da danni od essiccamenti. In alcuni particolari casi come prove a 7 giorni o minori, è necessario l'imballaggio dei provini in segatura o sabbia umida. La media delle resistenze a compressione dei due provini di un prelievo rappresenta la "Resistenza di prelievo", che costituisce il valore mediante il quale vengono eseguiti i controlli del conglomerato.

Norme di riferimento:

UNI 6127 *Provini di calcestruzzo per le prove di resistenza. Preparazione e stagionatura.*

119.6. Verbale di preparazione e stagionatura

Il verbale di preparazione e stagionatura dei provini di calcestruzzo in riferimento alla norma **UNI 6127**, deve contenere le seguenti indicazioni:

- forma, dimensioni, massa della sfomatatura e numero dei provini;
- modalità di preparazione dei provini (costipazione, battitura, vibrazione, numero dei colpi e massa dell'attrezzo impiegato, ecc.);
- condizioni di stagionatura (temperatura, umidità relativa, ecc.).

119.7. Spianatura. Prova a compressione

La spianatura delle facce del provino può essere eseguita:

- con macchina dotata di mole o dischi di carburo di silicio o diamantati;
- con l'applicazione di pasta di cemento, gesso, miscela di zolfo e sabbia, ecc..

La spianatura deve essere ripetuta in caso di errore di planarità o angolo tra due facce contigue superiore alle tolleranze ammesse.

La prova a schiacciamento è eseguita con presse rispondenti alle norme **UNI 6686**, ponendo il provino tra i piatti della macchina in modo che il carico risulti applicato in direzione normale a quella di costipamento durante il getto.

L'apparecchio misuratore deve consentire la valutazione istantanea del carico, per ciascuna delle scale della macchina di prova, con precisione dell'1%. Il carico deve essere applicato senza urti e con gradiente pari a $50 \pm 20 \text{ N/cm}^2 \cdot \text{s}$. La prova a compressione ha termine con la rottura del provino.

La resistenza a compressione, in base al carico massimo raggiunto, è valutata con arrotondamento a 50 N/cm^2 , annotando il tipo di rottura.

Tra le facce del provino ed i piatti della pressa non devono essere interposti strati di materiale deformabile (cartone, feltro, piombo): in tal modo si otterrebbero valori di resistenza più bassi, in quanto l'espansione trasversale dello strato deformabile tende a spaccare longitudinalmente il provino.

Per il calcolo della resistenza caratteristica si assume, secondo le prescrizioni del D.M. 9 gennaio 1996, il valore della resistenza alla compressione dopo 28 giorni di stagionatura con temperatura $T = 20 \pm 2^\circ \text{C}$, ed umidità relativa U.R. > 90%. Dopo 28 giorni il calcestruzzo¹ incrementa ancora la propria resistenza e quindi non si può più parlare a rigore di resistenza caratteristica del calcestruzzo, intesa convenzionalmente a 28 giorni di stagionatura.

Norme di riferimento:

UNI 6132 *Prove distruttive sui calcestruzzi. Prova di compressione.*

UNI 6686-3 *Macchine per prove di compressione su materiali da costruzione. Verifica del comportamento in fase di carico.*

119.8. Modalità di rottura del provino

La prova a compressione dei provini di calcestruzzo è considerata soddisfacente se avviene con un tipo di rottura del provino uniforme e simmetrica:

a) Rottura normale

La rottura normale è quella che avviene senza frantumazioni e senza lesioni sulle facce del provino a contatto con i piatti della pressa oleodinamica, la macchina di prova deve essere di classe 1. La rottura normale considerata più soddisfacente è quella che si manifesta con l'espulsione laterale di materiale tale che la forma restante del provino sia assimilabile a due tronchi di piramidi aventi in comune la base minore e con le facce laterali inclinate di 45° .

b) Rottura anomala

Le rotture anomale, cioè diverse da quelle sopra descritte, possono dipendere da diverse cause come, ad esempio, la mancata coincidenza dell'asse verticale del provino con quello della pressa oleodinamica, l'impiego di casseformi non idonee adoperate per il confezionamento del provino, difetto costruttivo della pressa o un suo mancato controllo periodico.

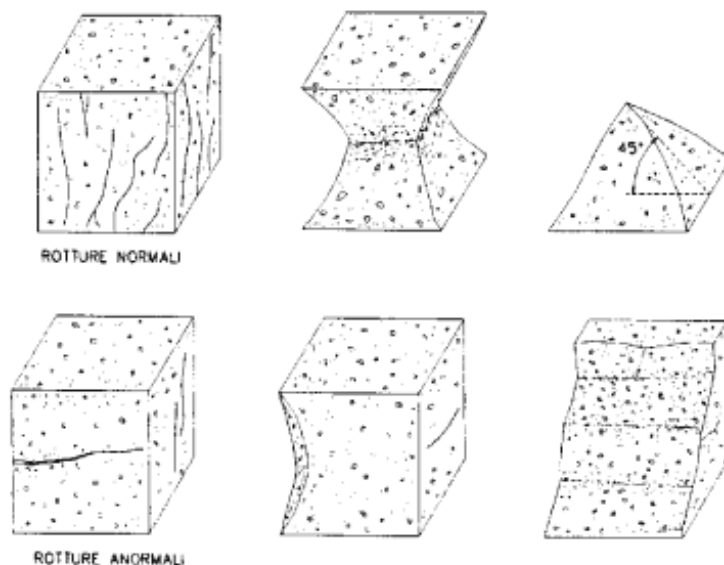


Fig. 119.1. – Rottura dei provini di calcestruzzo

119.9. Resoconto della prova di compressione

Il certificato, emesso da laboratorio ufficiale o in concessione (art. 20, Legge n. 1086/1971) contenente l'esito della prova a compressione del provino in calcestruzzo deve contenere i seguenti dati:

- 1) numero e sigla di identificazione del provino;
- 2) data di confezionamento del provino;
- 3) eventuale spianatura dei provini;
- 4) data della prova;
- 5) dimensioni ed area della sezione resistente;
- 6) massa del provino;
- 7) resistenza a compressione;
- 8) tipo di rottura;
- 12) eventuali difetti del provino.

119.10. Valutazione preliminare della resistenza caratteristica

Prima dell'inizio di una produzione di serie o della costruzione di un'opera, il costruttore, in possesso di tutti i dati ufficiali relativi alla qualità dei componenti il conglomerato, deve valutare la resistenza caratteristica per ciascuna miscela omogenea di conglomerato.

Tale valutazione può essere effettuata sulla base delle esperienze acquisite, di determinazioni sperimentali, o dell'uno e dell'altro criterio.

Il costruttore resta comunque responsabile della valutazione effettuata, che sarà controllata come al paragrafo seguente.

119.11. Controllo di accettazione

Il controllo di accettazione viene eseguito di regola secondo le indicazioni di cui al punto 129.11.1.

Per costruzioni con più di 1500 m² di getto di miscela omogenea si possono adottare, in alternativa, le indicazioni di cui al punto 129.11.2.

119.11.1. Controllo Tipo A

Ogni controllo di accettazione è rappresentato da tre prelievi, ciascuno dei quali eseguito su un massimo di 100 m² di getto di miscela omogenea. Risulta quindi un controllo di accettazione ogni 300 m³ massimo di getto.

Per ogni giorno di getto va comunque effettuato almeno un prelievo.

Siano R_1 , R_2 , R_3 le tre resistenze di prelievo, con:

$$R_1 = R_2 = R_3$$

Il controllo è positivo ed il quantitativo di conglomerato accettato se risultano verificate entrambe le disequazioni.

$$R_m = R_{ck} + 3,5 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$R_l = R_{ck} - 3,5 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

in cui:

$$R_m = \frac{R_1 + R_2 + R_3}{3}$$

Nelle costruzioni con meno di 100 m² di getto di miscela omogenea, fermo restando l'obbligo di almeno 3 prelievi e del rispetto delle limitazioni di cui sopra, è consentito derogare dall'obbligo di prelievo giornaliero.

119.11.2. Controllo Tipo B

Nelle costruzioni con più di 1500 m² di miscela omogenea è ammesso il controllo di accettazione di tipo statistico.

Il controllo è riferito ad una definita miscela omogenea e va eseguito con frequenza non minore di un controllo ogni 1500 m² di conglomerato.

Per ogni giorno di getto di miscela omogenea va effettuato almeno un prelievo, e complessivamente almeno 15 prelievi sui 1500 m².

Il controllo è positivo ed il quantitativo di conglomerato accettato, se risultano verificate entrambe le disequazioni:

$$R_m = R_{ck} + 1,4 s$$

$$R_l = R_{ck} - 3,5 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

essendo R_m la resistenza media dei 15 o più prelievi, R_l il valore minore dei 15 o più prelievi ed s lo scarto quadratico medio.

119.11.3. Prescrizioni comuni per entrambi i criteri di controllo

Il prelievo dei provini per il controllo di accettazione va eseguito alla presenza del Direttore dei lavori o di un tecnico di sua fiducia.

Il Direttore dei lavori dovrà inoltre curare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i provini inviati per le prove ai Laboratori Ufficiali siano effettivamente quelli prelevati alla presenza sua o del tecnico di sua fiducia.

La domanda di prove al Laboratorio Ufficiale dovrà essere sottoscritta dal Direttore dei lavori e dovrà contenere precise indicazioni sulla posizione delle strutture interessate da ciascun prelievo.

Se una prescrizione del "controllo di accettazione" non risulta rispettata, occorre procedere:

- ad un controllo teorico e/o sperimentale della sicurezza della struttura interessata dal quantitativo di conglomerato non conforme, sulla base della resistenza ridotta del conglomerato, ovvero ad una verifica delle caratteristiche del conglomerato messo in opera mediante le prove complementari ove esistessero, o con prelievo di provini del calcestruzzo indurito messo in opera (es. carotaggi) o con l'impiego di altri mezzi d'indagine. Ove ciò non fosse possibile, ovvero i risultati di tale indagine non risultassero tranquillizzanti si potrà:
- dequalificare l'opera, eseguire lavori di consolidamento ovvero demolire l'opera stessa.

I "controlli di accettazione" sono assolutamente obbligatori ed il Collaudatore è tenuto a controllarne la congruità e la validità; ove ciò non fosse, il Collaudatore è obbligato a prescrivere tutte le prove necessarie per attestare la qualità e le caratteristiche del conglomerato, seguendo la stessa procedura descritta quando non risultano rispettati i limiti fissati dai "controlli di accettazione".

La procedura prevista è integralmente estesa alla produzione di serie in stabilimento.

Essa dovrà essere documentata dal Responsabile della produzione che assume la responsabilità del rispetto delle norme.

119.12. Prove complementari

Sono prove che si eseguono al fine di stimare la resistenza del conglomerato ad una età corrispondente a particolari fasi di costruzione (precompressione, messa in opera) o condizioni particolari di utilizzo (temperature eccezionali, ecc.).

Il procedimento di controllo è uguale a quello dei controlli di accettazione.

Tali prove non potranno però essere sostitutive dei "controlli di accettazione" che vanno riferiti a provini confezionati e maturati secondo le prescrizioni regolamentari.

Potranno servire al Direttore dei lavori od al Collaudatore per dare un giudizio del conglomerato ove questo non rispetti il “controllo di accettazione”.

Art. 120 - Controlli sul calcestruzzo fresco

120.1. Prova di abbassamento al cono o Slump-test

La prova del cono di Abrams o slump-test (**UNI 9418**) ha lo scopo di valutare la plasticità, e quindi la lavorabilità, del calcestruzzo. Per la prova è utilizzato uno stampo tronco conico in lamiera pesante perfettamente liscio all'interno, aperto alle due estremità, dotato manici ed alette inferiori per impedire movimenti durante il riempimento.

Il cono di Abrams ha le seguenti dimensioni:

- altezza $30 \pm 0,2$ cm;
- diametro base maggiore $20 \pm 0,2$ cm;
- diametro base minore $10 \pm 0,2$ cm.

Il cono deve essere appoggiato con la base maggiore su una superficie orizzontale e pulita, generalmente assieme al cono è fornito un apposito piano metallico.

L'impasto di calcestruzzo è posto all'interno del cono in 3 strati successivi di uguale spessore, fino al riempimento, ogni strato deve essere costipato con 25 colpi di tondino di ferro del diametro di 16 mm, altezza di 60 cm avente l'estremità inferiore arrotondata.

Ultimato il riempimento e livellata la superficie, il cono deve essere sollevato lentamente, tramite i manici, in direzione verticale; successivamente l'impasto di calcestruzzo per effetto del peso proprio subisce un cedimento rispetto alla forma tronco-conica in relazione alla sua consistenza.

La misura dell'abbassamento o cedimento del cono in cm (o in mm) detto anche *slump*, eseguita rispetto all'altezza dello stampo fornisce indicazioni sulla consistenza del calcestruzzo ed il suo comportamento durante il getto all'interno delle casseforme.

In caso di disgregazione del calcestruzzo la prova deve essere ripetuta.

La norma **UNI 9418** in base all'abbassamento del cono distingue 5 classi di consistenza del calcestruzzo.

Tabella 120.1 - Consistenza del calcestruzzo in base all'abbassamento del cono

Classe di consistenza	Abbassamento del cono (mm)	Denominazione usuale
S1	$10 \div 40$	Umida
S2	$50 \div 90$	Plastica
S3	$100 \div 150$	Semifluida
S4	$160 \div 200$	Fluida
S5	≥ 210	Superfluida

Tabella 120.2 - Consistenza del calcestruzzo in base al tipo di costipamento

Costipamento	Abbassamento del cono (slump) (cm)	Consistenza
Forte vibrazione	$0 \div 5$	Umida
Vibrazione comune	$5 \div 10$	Plastica
Costipamento a mano	$10 \div 15$	Fluida
Costipamento leggero	≥ 15	Superfluida

Fonte, AITEC, *Studio delle miscele di calcestruzzo*, Roma

Tabella 120.3 - Consistenza del calcestruzzo in base al tipo di costruzione

Costipamento	Abbassamento del cono (slump) (cm)	Consistenza
Costruzioni massicce	$0 \div 5$	Umida
Fondazioni e pavimentazioni	$5 \div 10$	Plastica
Opere comuni in cemento armato	$10 \div 15$	Fluida
Opere sottili e/o con armatura molto densa	≥ 15	Molto fluida

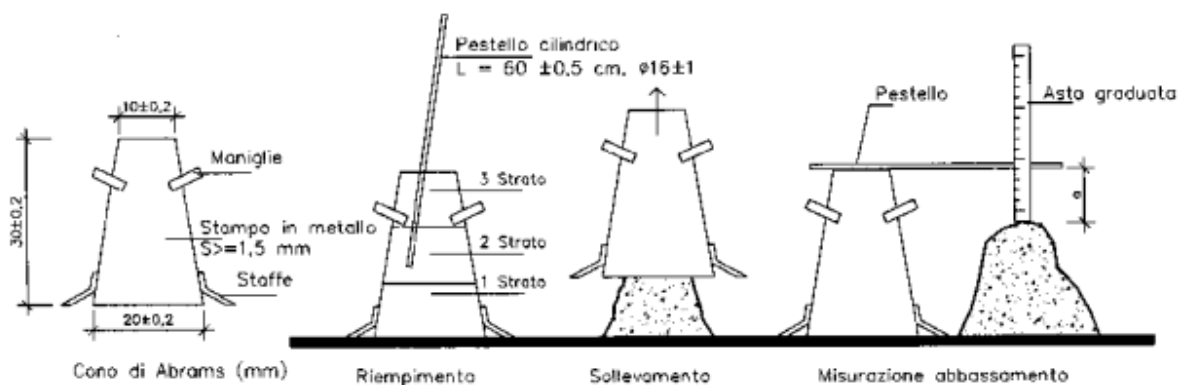
Fonte, AITEC, *Studio delle miscele di calcestruzzo*, Roma

La prova ha diverse limitazioni, in particolare non è adatta per i calcestruzzi molto asciutti per i quali l'abbassamento del cono risulta pressoché nullo, inoltre non è applicabile per i calcestruzzi confezionati con aggregati di dimensione maggiore di 40 mm. Nei casi di slump maggiore di 25 mm la prova è ritenuta inattendibile.

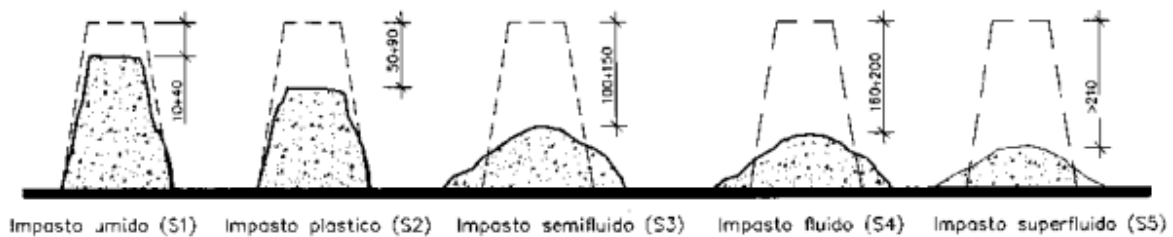
La prova del cono deve essere eseguita al momento dello scarico dalla betoniera ed in occasione del getto: l'eventuale rimescolamento riduce sensibilmente la lavorabilità del calcestruzzo e di conseguenza lo slump.

La prova è significativa per il confronto di calcestruzzi aventi le stesse caratteristiche compositive, in quanto una variazione del cedimento indica una modifica del rapporto acqua-cemento, e viceversa.

Norma di riferimento: **UNI 9418** Calcestruzzo fresco. Determinazione della consistenza. Prova di abbassamento al cono.

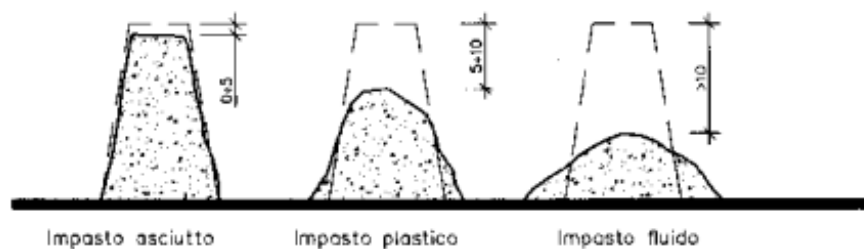


c) Fasi per la misurazione della consistenza dell'impasto di calcestruzzo fresco



b) Consistenza del calcestruzzo fresco – Slump test (UNI 9418)

Classificazione della consistenza del calcestruzzo fresco (UNI 9417): S1, S2, S3, S4, S5.
Abbassamenti in millimetri



a) Consistenza del calcestruzzo fresco – Slump test (AITEC)

Abbassamenti in centimetri

Fig. Fig. 120.1. – Prova di abbassamento di cono

120.2. Coefficiente di costipamento o indice di compattabilità

La prova per la determinazione dell'indice di compattabilità (**UNI 9420**) è applicabile per i calcestruzzi di consistenza fino a quella semifluida, confezionati con aggregati di dimensione fino a 40 mm.

La prova è eseguita utilizzando un recipiente metallico a tenuta d'acqua e indeformabile, dotato di manici. Il recipiente con base quadrata di lato $20 \pm 0,2$ cm e altezza di $40 \pm 0,2$ cm, viene riempito con il calcestruzzo versandolo in

prossimità dei quattro angoli, a riempimento ultimato si rasatura la superficie senza effettuare compressione sul calcestruzzo. Successivamente si consegue l'assestamento del calcestruzzo con ago vibrante o con un pestello. Completato l'abbassamento, si misura l'abbassamento del calcestruzzo h dal bordo del recipiente. La misura deve essere fatta lungo gli assi mediani e a 5 cm dal bordo, assumendo come abbassamento della prova la media degli abbassamenti misurati.

Tabella 120.4 - Consistenza del calcestruzzo in base al coefficiente di costipamento

Consistenza del calcestruzzo	Coefficiente di costipamento
Asciutto	1,45 - 1,26
Plastico	1,25 - 1,12
Fluido	1,10 - 1,04

Norma di riferimento:

UNI 9420 *Calcestruzzo fresco. Determinazione della consistenza. Indice di compattabilità.*

120.3. Prova di spandimento alla tavola a scosse

120.3.1. Prova in laboratorio

La prova di spandimento della tavola a scosse, eseguita in laboratorio, prevede la formazione di un tronco di cono di calcestruzzo mediante l'impiego di uno stampo tronco-conico metallico, simile al cono di Abrams, riempito con due strati di calcestruzzo ciascuno assestato con 25 colpi con un pestello del diametro di 16 mm e lunghezza di 60 cm posto su di un piano circolare in acciaio del diametro di 75 cm appoggiato su un supporto con camma d'alzata.

Dopo avere sfilato lo stampo tronco-conico, il piano è messo in movimento in modo da provocare una scossa al secondo.

Lo stampo tronco-conico ha le seguenti dimensioni: base maggiore 25 cm, base minore 17 cm, altezza 13 cm.

La prova ha lo scopo di valutare la mobilità del calcestruzzo e la sua tendenza alla segregazione.

Norma di riferimento:

UNI 8020 *Calcestruzzo fresco. Determinazione della consistenza. Spandimento alla tavola a scosse.*

120.3.2. Prova in cantiere

La prova della tavola a scosse effettuata in cantiere (**DIN 1048**) prevede l'impiego di una doppia tavola in legno delle dimensioni di 70 cm x 70 cm, con piano superiore rivestito in lamiera zincata piana dello spessore di 2 mm.

Al centro della tavola è tracciata una croce e un cerchio di 20 cm di diametro sopra cui viene appoggiato lo stampo tronco-conico che deve essere riempito di calcestruzzo con due strati di ciascuno assestato con 10 colpi di pestello, dopo il riempimento la superficie del cono deve essere rasata.

Dopo avere sfilato lo stampo tronco di cono, la tavola superiore dotata su un lato di una maniglia, viene sollevata e lasciata cadere per 15 volte in 15 secondi da un'altezza di 4 cm data dal fermo di battuta. Successivamente si procede alla misura dello spandimento del calcestruzzo sul piano della tavola come indicato nel paragrafo precedente.

Lo stampo tronco-conico ha le seguenti dimensioni: base maggiore 20 cm, base minore 13 cm, altezza 20 cm.

120.3.3. Prova Vebe

La prova Vebe è utilizzata per valutare la consistenza o grado Vebe del calcestruzzo. La prova che può essere eseguita in cantiere o in laboratorio è applicabile a calcestruzzi di bassa lavorabilità confezionati con inerte di diametro massimo di 40 mm.

La prova è svolta mediante uno strumento detto consistometro di Vebe costituito da:

- stampo tronco-conico di metallo dotato di imbuto per consentire il riempimento di calcestruzzo;
- contenitore cilindrico di metallo;
- braccio rotante con all'estremità un disco orizzontale di plastica trasparente, di diametro leggermente inferiore al quello dello stampo, che viene appoggiato sulla superficie di calcestruzzo, dopo avere tolto lo stampo;
- tavolo vibrante a frequenza prestabilita.

Il tronco di cono di calcestruzzo ed il disco di plastica attaccato ad una asta graduata per effetto della vibrazione che determina la costipazione si abbassano. La prova termina quando il disco di plastica trasparente è a contatto uniformemente con la superficie del calcestruzzo.

Il grado di consistenza è dato dal tempo in secondi, misurati con un cronometro, impiegato per raggiungere la perfetta aderenza del disco di plastica al calcestruzzo. Il tempo deve essere compreso tra 5 e 30 secondi.

Il metodo è impiegato per calcestruzzi con uno slump non superiore a 5 cm, in caso contrario il tempo di vibrazione è molto breve con notevoli errori di misura.

120.4. Determinazione del contenuto di cemento

La Direzione dei lavori può ordinare di eseguire una prova sul calcestruzzo fresco per accertarne il contenuto di cemento rispetto alla composizione e alle caratteristiche contrattuali per le specifiche opere. Per l'esecuzione della prova dovrà essere prelevato un campione di max 8 kg di calcestruzzo.

120.5. Controllo della composizione del calcestruzzo fresco

La prova è impiegata per la determinazione del dosaggio dell'acqua e del legante e per l'analisi granulometrica del residuo secco al fine di controllare la composizione del calcestruzzo fresco (dosaggio dell'acqua, dosaggio del legante e distribuzione granulometrica degli inerti), rispetto alla composizione e alle caratteristiche contrattuali per le specifiche opere. Il metodo non è applicabile a calcestruzzo nel quale la dimensione massima dell'aggregato supera 31,5 mm e a calcestruzzo prelevato da getti in opera.

Per l'esecuzione della prova dovranno essere prelevati tre campioni, di peso variabile da 3 a 10 kg di calcestruzzo fresco, in funzione della dimensione dell'inerte. Il prelevamento dei campioni da autobetoniera deve essere eseguito entro 30 minuti dall'introduzione dell'acqua.

Norma di riferimento:

UNI 6393 *Controllo della composizione del calcestruzzo fresco.*

UNI 9416 *Calcestruzzo fresco. Campionamento.*

120.6. Determinazione della quantità d'acqua d'impasto essudata (Bleeding)

La determinazione della quantità d'acqua d'impasto essudata ha lo scopo di determinare nel tempo la percentuale d'acqua d'impasto presente nel campione (oppure come volume d'acqua essudata per unità di superficie: cm^2/cm^2) che affiora progressivamente sulla superficie del getto di calcestruzzo subito dopo la sua compattazione.

La prova non è attendibile per calcestruzzo confezionato con aggregato con diametro massimo maggiore di 40 mm.

L'esecuzione di opere di finitura e lisciatura delle superfici di calcestruzzo debbono essere eseguite dopo i risultati della determinazione della quantità d'acqua d'impasto essudata.

Norma di riferimento: **UNI 7122** Calcestruzzo fresco. Determinazione della quantità d'acqua d'impasto essudata.

120.7. Norme di riferimento

UNI 6393 *Controllo della composizione del calcestruzzo fresco.*

UNI 6394-1 *Massa volumica del calcestruzzo. Determinazione su calcestruzzo fresco.*

UNI 6395 *Determinazione volumetrica per pressione del contenuto d'aria nel calcestruzzo fresco.*

UNI 7122 *Calcestruzzo fresco. Determinazione della quantità d'acqua d'impasto essudata.*

UNI 8020 *Calcestruzzo fresco. Determinazione della consistenza. Spandimento alla tavola a scosse.*

UNI 9416 *Calcestruzzo fresco. Campionamento.*

UNI 9417 *Calcestruzzo fresco. Classificazione della consistenza.*

UNI 9418 *Calcestruzzo fresco. Determinazione della consistenza. Prova di abbassamento al cono.*

UNI 9419 *Calcestruzzo fresco. Determinazione della consistenza. Prova Vebe.*

UNI 9420 *Calcestruzzo fresco. Determinazione della consistenza. Indice di compattabilità.*

Art. 121 - Altri controlli sul calcestruzzo in corso d'opera

121.1. Misura dell'indice di maturità del calcestruzzo

Il grado di maturità del calcestruzzo viene misurato con strumenti detti maturometri che registrano e controllano la temperatura in funzione del tempo.

Lo strumento è costituito da una sonda che, annegata nel calcestruzzo al momento del getto, fornisce una serie continua di valori della temperatura durante il processo di maturazione. Un microprocessore mette in continua relazione la temperatura ed il tempo aggiornando continuamente il valore del grado di maturazione su un visualizzatore digitale in modo da essere letto agevolmente.

Tali valori, rilevati direttamente in situ, e correlati con valori diretti di resistenza alla compressione e di maturità di impasti di prova effettuati precedentemente in laboratorio, possono fornire un'indicazione affidabile e continua per la stima della resistenza del calcestruzzo della struttura.

Tale metodo, consentendo una valutazione a priori della resistenza del calcestruzzo, può evitare la messa in esercizio dell'opera che altrimenti potrebbe, successivamente all'effettuazione dei controlli di accettazione previsti dalle norme, risultare non accettabile e tale da richiedere la dequalificazione, ove possibile, ovvero il consolidamento o la demolizione dell'opera realizzata.

121.2.Prova BRE (Building Research Establishment)

La resistenza del calcestruzzo prima della sformatura è valutata determinando la forza di estrazione mediante inserti post-inseriti nel getto. La prova è stata sviluppata nel 1977 dal *Building Research Establishment* inglese (BRE). L'attrezzatura comprende una speciale chiave dinamometrica, un dispositivo di contrasto, chiavi, bulloni d'ancoraggio ed altri utensili.

La prova viene effettuata nel seguente modo:

- esecuzione di un foro nel calcestruzzo indurito;
- inserimento di un bullone d'ancoraggio;
- fissaggio del dispositivo di contrasto del bullone;
- applicazione del martinetto cavo o della chiave dinamometrica con rotazione lenta, fino alla rottura.

La resistenza media del calcestruzzo si stima con l'ausilio di una curva di taratura sperimentale o, se non disponibile, della curva di correlazione fornita dalla casa costruttrice, unitamente, all'attrezzatura necessaria e con l'effettuazione di almeno sei prove.

Norme di riferimento:

UNI 10157 *Calcestruzzo indurito. Determinazione della forza di estrazione mediante inserti post-inseriti ad espansione geometrica e forzata.*

121.3.Misura del ritiro idraulico/rigonfiamento del calcestruzzo

Il fenomeno delle variazioni dimensionali delle strutture in c.a. è influenzato dalle condizioni ambientali in cui avviene la maturazione del calcestruzzo e si manifesta con:

- il ritiro per le strutture a contatto con l'aria avente una percentuale di umidità relativa minore del 95%. La causa è dovuta al ritiro della pasta cementizia;
- il rigonfiamento per le strutture immerse in acqua o in ambienti con umidità relativa maggiore del 95%.

La conoscenza del grado di ritiro idraulico del calcestruzzo è importante in quanto il processo, parzialmente reversibile, sottopone a tensioni di trazione le strutture favorendo quindi la formazione di fessurazioni con gli effetti negativi riguardanti la protezione dell'armatura metallica. In alcune strutture come le lastre delimitanti ambienti con diversa percentuale di umidità relativa si possono verificare anche fenomeni di imbarcamento. La formazione di stati di fessurazioni deve essere evitata e/o ridotta mediante la realizzazione di appositi giunti di dilatazione.

L'entità del ritiro assiale viene misurato, in laboratorio, con l'utilizzo di casseforme delle dimensioni di 100 mm x 100 mm x 500 mm, idonee per provini di calcestruzzo confezionato con inerti fino a 30 mm di diametro. La cassaforma è in acciaio con superfici interne rettificata, fornita con due inserti all'estremità. Il ritiro deve essere misurato con un comparatore con sensibilità di 0,01 mm.

Norme di riferimento:

ASTM C 426.

UNI 6555 *Calcestruzzo confezionato con inerti della dimensione massima fino a 30 mm. Determinazione del ritiro idraulico.*

UNI 7086 *Calcestruzzo confezionato con inerti della dimensione massima oltre 30 mm. Determinazione del ritiro idraulico.*

121.4.Valori ammissibili per il ritiro

Secondo le attuali norme tecniche, (D.M. 9 gennaio 1996) per la valutazione dell'entità del ritiro finale ϵ_{CS} (t_f , t_0) dell'opera realizzata, in mancanza di una diretta sperimentazione e quando non si ricorra ad additivi speciali si ammettono i valori riportati nella tabelle seguenti.

Tabella 121.1 - Atmosfera con umidità relativa di circa 75%

t_0	$\alpha \leq 20$ cm	$\alpha \geq 60$ cm
1 ÷ 7 giorni	$0,26 \times 10^{-3}$	$0,21 \times 10^{-3}$
8 ÷ 60 giorni	$0,23 \times 10^{-3}$	$0,21 \times 10^{-3}$
> 60 giorni	$0,16 \times 10^{-3}$	$0,20 \times 10^{-3}$

Tabella 121.2 - Atmosfera con umidità relativa di circa 55%

t_0	$\alpha \leq 20$ cm	$\alpha \geq 60$ cm
1÷7 giorni	$0,43 \times 10^{-3}$	$0,21 \times 10^{-3}$
8 ÷ 60 giorni	$0,32 \times 10^{-3}$	$0,30 \times 10^{-3}$

> 60 giorni	$0,19 \times 10^{-3}$	$0,28 \times 10^{-3}$
-------------	-----------------------	-----------------------

in cui:

t_0 = età del conglomerato a partire dalla quale si considera l'effetto del ritiro;

a = dimensione fittizia = $2A_c / u$;

A_c = area della sezione del conglomerato;

u = perimetro della sezione di conglomerato a contatto con l'atmosfera.

Per valori intermedi si effettuerà l'interpolazione lineare.

Norme di riferimento:

UNI 6555 Calcestruzzo confezionato con inerti della dimensione massima fino a 30 mm. Determinazione del ritiro idraulico.

UNI 6687 Malta normale. Determinazione del ritiro idraulico. Prova di laboratorio.

UNI 7086 Calcestruzzo confezionato con inerti con dimensione massima oltre 30 mm. Determinazione del ritiro idraulico.

UNI EN 680 Calcestruzzo aerato autoclavato (AAC). Determinazione del ritiro da essiccamento.

UNI EN 1367-4 Prove per determinare le proprietà termiche e la degradabilità degli aggregati. Determinazione del ritiro per essiccamento.

121.5. Misura della permeabilità

Le strutture in calcestruzzo devono risultare più o meno impermeabili all'acqua o ai gas, in funzione delle condizioni ambientali (fattori di esposizione UNI 9858) o delle prestazioni attese, p.e. opere idrauliche: serbatoi, dighe, gallerie; pontili, porti, ecc.. La permeabilità del calcestruzzo deriva soprattutto da cavità interne e porosità aperta che consentono il passaggio di liquidi e di gas. I principali fattori che la determinano possono essere sintetizzati come segue:

- *rapporto acqua/cemento (a/c)*. L'acqua di impasto in eccesso provoca nella pasta cementizia in maturazione la formazione di pori capillari tanto più grandi quando maggiore è il rapporto a/c con conseguenziale aumento del ritiro;
- *compattazione del calcestruzzo*. Le modalità di compattazione del calcestruzzo, durante il getto, debbono essere tali da non lasciare spazi vuoti, vespai, ecc.;
- *condizioni di maturazione*. La maturazione dello strato corticale del calcestruzzo per effetto di un'eccessiva velocità di essiccamento spesso dovuta ad elevata temperatura esterna favorisce la formazione di porosità degli strati esterni compromettendo il copriferro con pregiudizio per l'integrità delle armature metalliche.

La permeabilità di un calcestruzzo è prescritta, in termini di livello di prestazione, dal progettista come profondità di penetrazione. Le modalità di misurazione della penetrazione dell'acqua in un calcestruzzo, in condizioni convenzionali, sono descritte nella DIN 1048 (ISO un calcestruzzo si considera adatto alla confezione se fornisce, in assenza di specifiche diverse, valori massimi non superiori a 50 mm e valori medi non superiori a 20 mm).

Per l'esecuzione di prove di permeabilità del calcestruzzo in situ si possono applicare i seguenti metodi:

- **ISAT**. La prova consiste nel fissare mediante adesivo o tasselli ad espansione una capsula riempita d'acqua alla superficie di calcestruzzo, e misurare mediante un tubicino capillare graduato la quantità d'acqua assorbita in 10 minuti sotto un battente di 200 mm d'acqua nel tempo sopradetto. Gli assorbimenti vengono classificati in bassi, medi e alti;
- **Figg**. La prova si basa sull'aspirazione mediante pompa ed ago ipodermico dell'aria da un foro ottenuto con un trapano e successivamente sigillato con silicone; l'indice di permeabilità è ottenuto in relazione al tempo necessario per ripristinare la pressione all'interno del foro.

Norme di riferimento:

UNI ENV 206 Calcestruzzo. Prestazioni, produzione, posa in opera e criteri di conformità.

UNI 9858 Calcestruzzo. Prestazioni, produzione, posa in opera e criteri di conformità.

DIN1048 Test methods for concrete.

ISO 7031

UNI 9525 Calcestruzzo. Determinazione dell'assorbimento d'acqua per immersione sottovuoto.

UNI 9526 Calcestruzzo. Determinazione dell'assorbimento d'acqua per capillarità.

Art. 122 - Altri controlli sul calcestruzzo indurito

122.1. Controlli distruttivi

122.1.1. Prove di trazione diretta

La prova è eseguita sottoponendo a trazione un provino prismatico, avente $L = d$ dove d è la massima dimensione trasversale.

Le facce del provino sono incollate, mediante resine epossidiche, a due testate metalliche che, esercitando uno sforzo di trazione, ne provocherà la rottura. Quest'ultima dovrebbe verificarsi all'incirca nella mezzeria del provino. Questa prova non ha impiego frequente ed ha un valore puramente teorico, in quanto difetti locali e piccole eccentricità del carico hanno grande rilevanza sul valore della resistenza a trazione.

Norme di riferimento:

UNI 6135 Prove distruttive sui calcestruzzi. Prova di trazione.

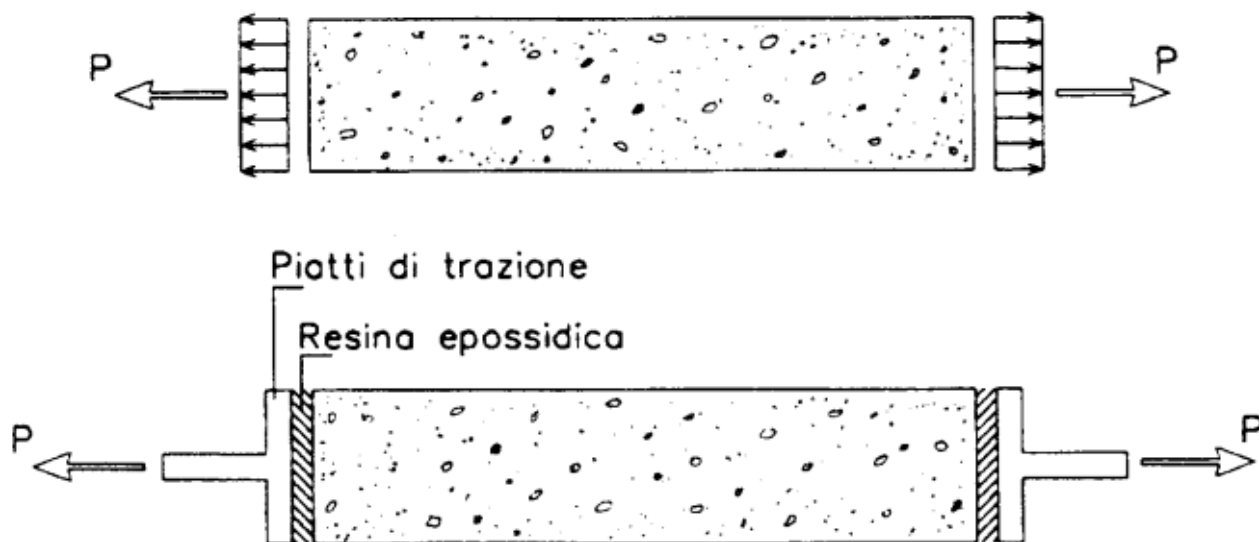


Fig. 122.1. – Prova a trazione diretta

122.1.2. Prova di trazione indiretta o prova brasiliana

La prova è eseguita posizionando il provino cilindrico fra due piani di una pressa, previa interposizione di un materiale cedevole che consente l'uniforme distribuzione delle pressioni lungo le due generatrici diametralmente contrapposte del provino.

Norme di riferimento:

UNI 6135 Prove distruttive sui calcestruzzi. Prova di trazione.

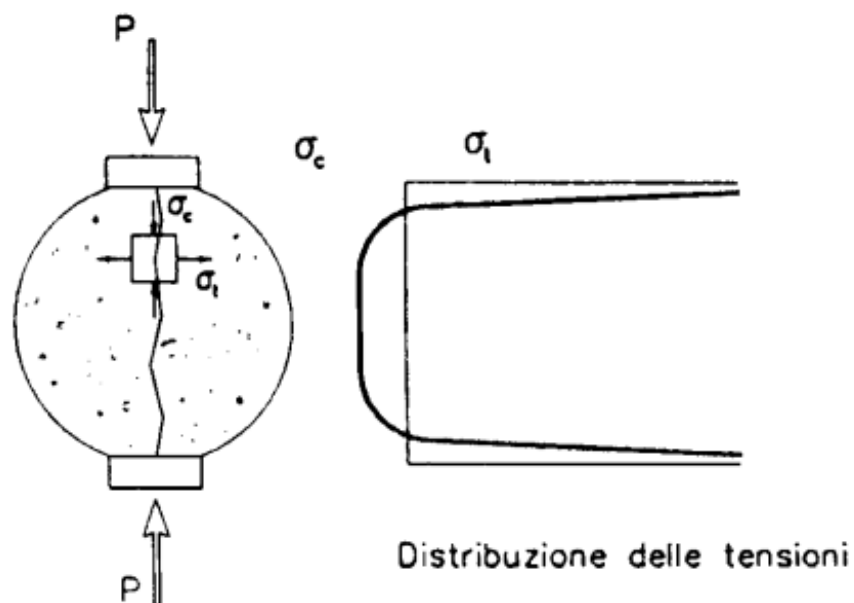


Fig. 122.2. – Prova a trazione indiretta o prova brasiliana

122.1.3. Prova a trazione per flessione

La prova è eseguita provocando la rottura per flessione di un provino prismatico considerato come trave appoggiata su due punti e soggetto ad un carico concentrato applicato in mezzeria o a due carichi concentrati applicati entrambi ad un terzo della luce a partire dagli appoggi.

La resistenza è calcolata dividendo il valore del momento flettente di rottura per il modulo di resistenza a flessione della sezione del provino.

I risultati della prova di flessione, per il tipo di sollecitazione indotta, non sono confrontabili con i risultati della prova di trazione diretta e risultano mediamente pari al doppio di quelli che si otterrebbero dalla prova di trazione diretta.

Norme di riferimento:

UNI 6133 Prove distruttive sui calcestruzzi. Prova di flessione.

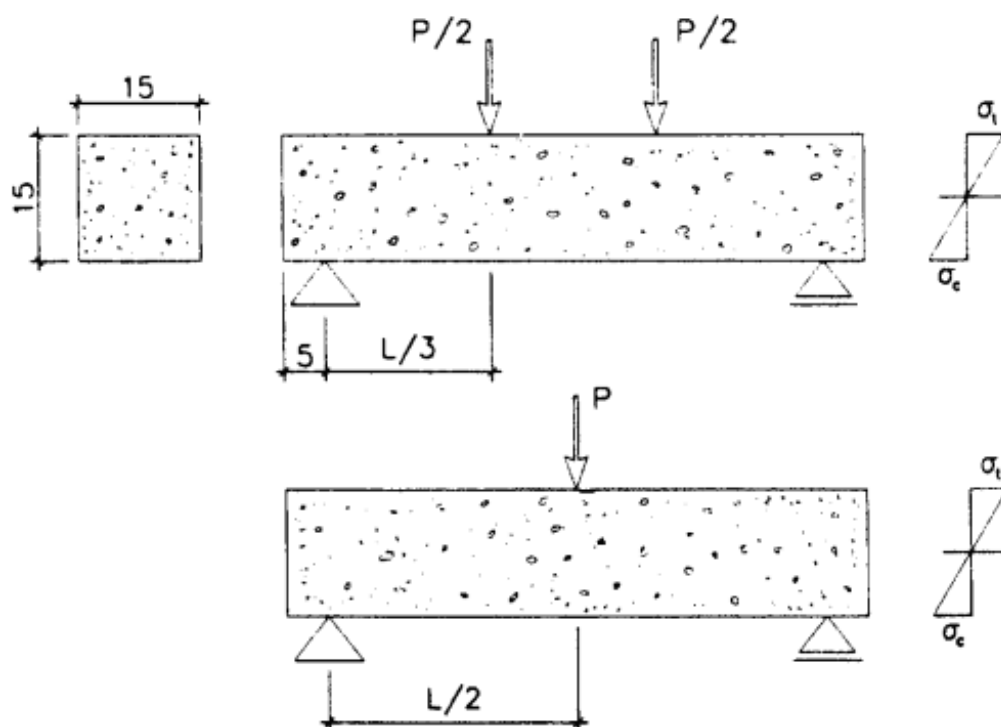


Fig. 122.3. – Prova a trazione per flessione

122.1.4. Misura del modulo di elasticità

Il D.M. 9 gennaio 1996 per il modulo elastico istantaneo E_c , tangente all'origine, in mancanza di diretta sperimentazione da eseguirsi secondo la norma **UNI 6556** - Prove su calcestruzzi - Determinazione del modulo elastico secante a compressione, consente di assumere, in sede progettuale il seguente valore:

Tabella 122.1 - Modulo elastico istantaneo E_c del calcestruzzo secondo la resistenza

	Classe del calcestruzzo (N/mm^2)						
	15	20	25	30	35	40	50
E_c	22.070	25.490	28.500	31.220	33.720	36.050	40.300

La relazione non è applicabile ai calcestruzzi maturati a vapore. Essa inoltre non è da considerarsi vincolante nell'interpretazione dei controlli sperimentali delle strutture.

L'E/C2 propone la seguente espressione per il modulo di elasticità secante E_{cm} :

$$E_{cm} = 9500 f_c^{\frac{2}{3}} \left(N/mm^2 \right)$$

a cui corrisponde il valore tangente all'origine:

$$E_c = 1,2 \cdot E_{cm} \approx 11000 f_c^{\frac{2}{3}} \left(N/mm^2 \right)$$

con f_c si intende la resistenza media a compressione.

Tabella 122.2 - Modulo elastico secante E_{cm} del calcestruzzo secondo la resistenza caratteristica (E/C2)

	Classe del calcestruzzo (N/mm ²)								
	C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C50/60
E_{cm}	26.000	27.500	29.000	30.500	32.000	33.500	35.000	36.000	37.000

Tali valori si riferiscono a calcestruzzi stagionati per 28 giorni in condizioni normali ($T = 20^\circ \text{C}$; U.R. $> 90\%$) e confezionati con inerte prevalentemente siliceo. Nel caso dell'analisi delle caratteristiche di deformabilità in condizioni statiche o della modellazione dinamica di una struttura è consigliabile ricorrere a prove su campioni di calcestruzzo specifico, confezionato con i materiali e nelle proporzioni impiegate.

Il modulo elastico del calcestruzzo dipende da diversi fattori fra i quali il rapporto *inerte/pasta di cemento*, ed è condizionato a sua volta dal rapporto *acqua/cemento* e dall'assortimento. Se l'inerte impiegato nel confezionamento del calcestruzzo ha un alto modulo elastico, maggiore della pasta di cemento, lo sarà anche il calcestruzzo. Per i calcestruzzi confezionati con inerti leggeri o con modulo elastico più o meno uguale a quello della pasta di cemento, il modulo elastico del calcestruzzo non risulta influenzato dal rapporto *inerte/pasta di cemento*.

Nel calcolo delle deformazioni elastiche di elementi strutturali in c.a., il valore del modulo elastico del calcestruzzo dovrebbe sempre essere determinato sperimentalmente su idonei provini prelevati durante il getto e con la necessaria attenzione alle condizioni di umidità. Infatti il modulo elastico secante a compressione (E_s) è più alto su provini saturi o comunque umidi di quello determinato sullo stesso provino asciutto, tale comportamento è sostanzialmente diverso da quanto avviene nelle prove per la valutazione della resistenza meccanica e del modulo elastico dinamico (E_d).

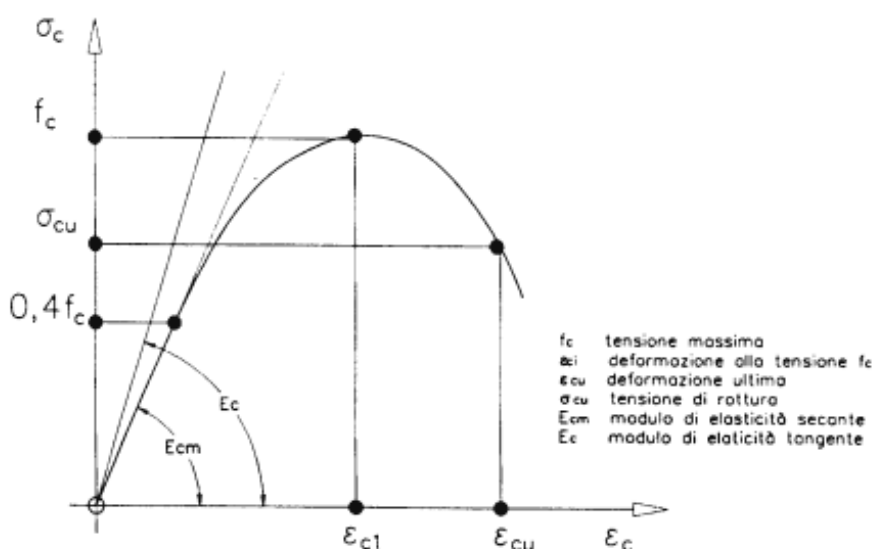


Fig. 122.4. Modulo elasticità del calcestruzzo

122.1.5. Carotaggio

La valutazione della resistenza meccanica del calcestruzzo *in situ* può essere formulata sulla scorta dei risultati ottenuti in laboratorio da prove di compressione eseguite su campioni cilindrici (carote) prelevati dalle strutture in numero non inferiore a tre. Il carotaggio è un'operazione localmente distruttiva che si rende necessaria su strutture di nuova costruzione in caso di non conformità dei controlli previsti all'allegato 2 ovvero durante le attività di collaudo, quando il numero di campioni prelevato durante l'esecuzione dell'opera non risultasse rispondente ai minimi previsti nell'allegato 2; su strutture in esercizio invece il carotaggio si rende necessario ogni qualvolta si deve procedere alla verifica statica dell'opera ovvero si deve prevedere un cambio di destinazione d'uso, con aumento di capacità portante.

L'ubicazione dei prelievi o carotaggi deve essere effettuata in maniera da non arrecare danno alla stabilità della struttura. I fori vanno sempre ripristinati con malte espansive, a ritiro compensato.

La resistenza meccanica del calcestruzzo ricavata dalla carota prelevata in opera differisce sostanzialmente dal valore cubico convenzionale, confezionato e stagionato in condizioni standard (UNI 6127). L'estrapolazione dal valore di resistenza a compressione della carota a quello cubico deve pertanto considerare diversi fattori, dei quali si citano i principali:

- fattore geometrico, cilindrico/cubico, pari a 1.2 secondo il D.M. 9 gennaio 1996 ovvero variabile fra 1.25 (R_{ck15}) 1.2 (R_{ck60}) secondo la UNI 9858;
- dimensioni del getto, compattazione, stagionatura, variabile fra 1.05 e 1.20;
- disturbo del campione durante il prelievo (tormento), compreso fra 1.05 e 1.2.

122.1.5.1. Estrazione dei provini

L'estrazione dei provini di calcestruzzo, indurito, con almeno 28 giorni di stagionatura può essere eseguita con:

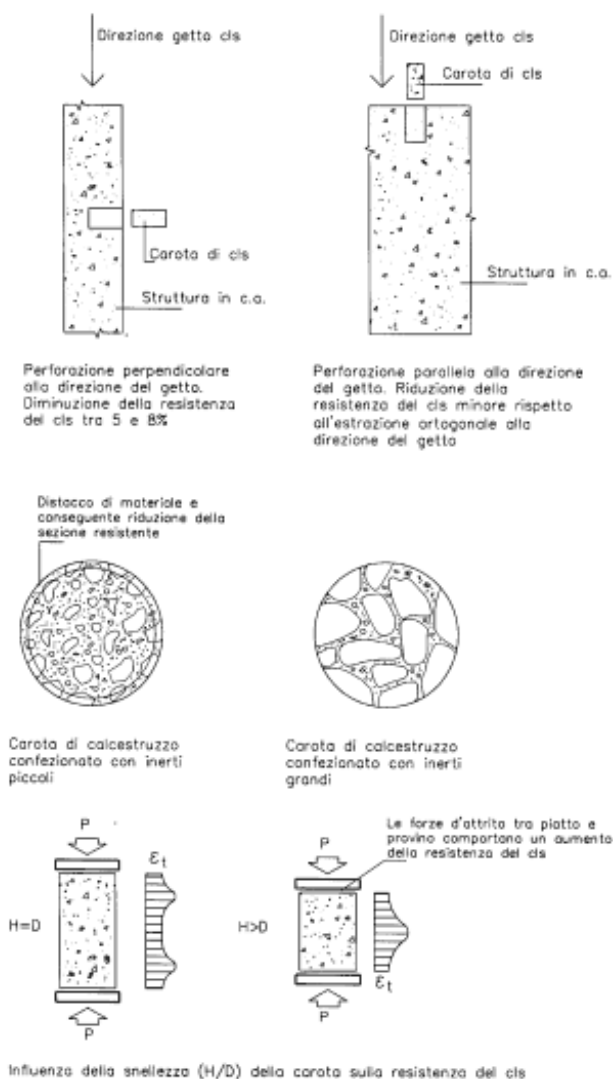


Fig. 122.5 – Carotaggio di struttura in c.a.

- macchine carotatrici rigidamente ancorate alla struttura, in maniera da evitare stati di coazione non quantificabili, raffreddate ad acqua, con carotiere con corona diamantata. I diametri commerciali variano fra 50 mm e 200 mm, fermo restando che la norma **UNI 6131** prescrive che il diametro del campione non sia minore di 3 volte il diametro massimo dell'inerte;
- sega a disco diamantato, si ricorre a questa tecnica per l'estrazione di campioni da lastre di rivestimento, muri, pavimentazioni stradali, ecc..

Nel caso delle grandi strutture (dighe, opere marittime, ecc.) è consentito l'estrazione di grossi blocchi di calcestruzzo in corrispondenza dell'intersezione di due o più superfici, mediante la realizzazione di piani di distacco ortogonali alle superfici libere, realizzando ad esempio una serie di fori allineati e contigui.

In occasione dell'estrazione dovranno essere scartati tutti quei provini danneggiati o che contengano corpi estranei, parti di armature che potrebbero pregiudicare il risultato finale.

Le norme americane **ASTM C42-90**, a differenza della norma **UNI 6131**, consigliano diametri di carote non inferiori a 2 volte quello massimo dell'inerte².

Il CENT/TC11 per avere dei risultati attendibili richiede almeno 9 carote con diametro di 100 mm per zona e 3 carote per singolo elemento, per diametri inferiori a 50 mm tali valori debbono essere aumentati di 3 volte³.

Campioni di piccolo diametro determinano una considerevole dispersione dei risultati, il campione di prova deve pertanto essere valutato con modelli statistici, per ottenere risultati attendibili è quindi necessario aumentare il numero di provini realizzando un campione statisticamente significativo.

Norme di riferimento:

UNI 6131 *Prelevamento campioni di calcestruzzo indurito.*

UNI 10766 *Calcestruzzo indurito. Prove di compressione su provini ricavati da microcarote per la stima delle resistenze cubiche locali del calcestruzzo in situ.*

122.1.5.2. Verbale di prelevamento dei campioni di calcestruzzo indurito

Il verbale di prelievo dei campioni calcestruzzo indurito deve contenere le seguenti indicazioni:

- 1) località e denominazione del cantiere;
- 2) posizione in opera del calcestruzzo da cui è stato fatto il prelievo;
- 3) forma e dimensione dei provini;
- 4) numero e sigla di ciascun campione;
- 5) data del getto;
- 6) data del prelievo delle carote;
- 7) modalità di estrazione ed utensile impiegato.

122.1.5.3. Calcolo della resistenza del calcestruzzo

I risultati delle prove di compressione ottenuti da provini cilindrici prelevati in opera mediante carotaggio non coincidono con i valori della resistenza a compressione del calcestruzzo ricavata da provini cubici confezionati al momento del getto e stagionati in condizioni controllate di umidità e temperatura.

Le differenze di resistenza a compressione sono riconducibili a molteplici fattori, fra i quali:

- le modalità di esecuzione del getto e la conseguente diversa compattazione del calcestruzzo nell'elemento strutturale;
- la diversità geometrica tra provini cubici e cilindrici;
- l'influenza del prelievo, dove la scasseratura del provino cubico è praticamente ininfluenza ai fini della resistenza finale mentre l'asportazione della carota dalla struttura, con utensile meccanico, determina un disturbo (*tormento*) sul campione prelevato, per il provino cubico confezionato al momento del getto,

per tenere conto di tali influenze, si utilizzano i fattori di conversione riportati nelle seguente tabelle; tali valori tendono all'unità quanto maggiore è la resistenza a compressione del calcestruzzo.

Tabella 122.3 - Fattori di conversione fra resistenze a compressione di provini cubici con lato di 15 cm e provini cilindrici con diametro 15 cm ed altezza di 30 cm

$R_{\text{cub}} < 25 \text{ N/mm}^2$	$R_{\text{cil}} = 0,80 R_{\text{cub}}$
$R_{\text{cub}} \geq 25 \text{ N/mm}^2 < 60 \text{ N/mm}^2$	$R_{\text{cil}} = 0,83 R_{\text{cub}}$
$R_{\text{cub}} \geq 60 \text{ N/mm}^2$	$R_{\text{cil}} = 0,85 R_{\text{cub}}$

Da : Linee guida sul calcestruzzo strutturale, 1996

Tabella 122.4 - Fattori di conversione fra resistenze a compressione misurate su provini cilindrici di pari diametro ma di diversa snellezza h/d (*)

Snellezza h/d	1.00	2.00	4.00
Indici della resistenza a compressione di cilindri di snellezza h/d	118%	100%	92%

(*) Da : Linee guida sul calcestruzzo strutturale, 1996.

Il valore di resistenza a compressione ottenuto da un campione cilindrico di calcestruzzo prelevato in opera (carota) deve essere opportunamente incrementato, per poter stimare il corrispondente valore relativo ad un calcestruzzo confezionato al momento del getto, con coefficienti che permettono di considerare correttamente l'effetto del danneggiamento subito dal campione prelevato in opera rispetto a quello semplicemente "scasserato" oppure la diversa

influenza delle condizioni di posa in opera e confezionamento, compattazione, stagionatura, i valori per ciascun parametro sono compresi fra 1,05 e 1,20.

Per quanto concerne invece l'influenza del fattore di forma e della geometria dei campioni, oltre ai riferimenti già forniti nelle linee guida, la relazione correntemente più impiegata per correlare la resistenza cilindrica con la resistenza cubica di un calcestruzzo è quella fornita dal D.M. 9 gennaio 1996 - punto 4.0.2 che si riporta più avanti:

$$R_{\text{cub}} = \frac{R_{\text{cil}}}{0,83} \cong 1,20 \cdot R_{\text{cil}}$$

Esemplificando, per ricondurre il risultato determinato da campioni prelevati in situ alla resistenza cubica convenzionale a 28 giorni si può fare riferimento alla seguente relazione:

$$R_{\text{cub } 28\text{gg.}} = \beta \cdot \psi \cdot \omega \cdot R_{\text{car}} = (1,05 \div 1,20) (1,05 \div 1,20) \cdot 1,20 \cdot R_{\text{car}}$$

dove:

$R_{\text{cub.28gg}}$ valore stimato della resistenza a compressione, cubica, convenzionale a 28 gg;

R_{car} valore sperimentale della resistenza a compressione determinato su una carota prelevata in opera;

β coefficiente variabile fra 1,05 e 1,20, relativo all'influenza delle operazioni di prelievo del campione;

ψ coefficiente variabile fra 1,05 e 1,20, relativo all'influenza delle dimensioni e delle modalità di posa, stagionatura e compattazione del getto;

ω coefficiente pari a 1,20 (D.M. 09/01/96), relativo all'influenza della forma e della geometria del campione.

Un'analoga espressione che può essere impiegata per valutare la resistenza del calcestruzzo nelle strutture mediante carotaggio è quella proposta dalla Concrete Society, inglese (Technical Report n° 10) o fornita dalle British Standard (BSI 1881-P120/83) e riassunta nel seguito:

$$R_{\text{cub}} = R_{\lambda} \cdot \frac{w}{1,5 + \frac{1}{\lambda}}$$

dove:

R_{cub} = resistenza cubica del calcestruzzo della struttura;

R_{λ} = valore della resistenza a compressione del calcestruzzo misurato sperimentalmente con carote avente rapporto *altezza/diametro* = λ ;

w = costante con valore 2,5 per carotaggio in direzione perpendicolare alla direzione del getto e 2,3 per carotaggio parallelo alla direzione del getto⁴.

Il valore della resistenza cilindrica R_{cil} attuale del calcestruzzo nella struttura può essere calcolato con la seguente relazione:

$$R_{\text{cil}} = R_{\lambda} \cdot \frac{w}{1,5 + \frac{1}{\lambda}}$$

Alle relazioni suddette, in presenza di spezzoni di armatura nelle carote, debbono essere apportate delle correzioni moltiplicando i risultati ottenuti per il seguente fattore:

$$1 + 1,5 \cdot \left(\frac{\phi_s}{\phi_c} \cdot \frac{h}{L} \right)$$

dove:

ϕ_s = diametro della barra;

ϕ_c = diametro della carota;

h = distanza dell'asse della barra dalla base più vicina della carota;

L = lunghezza della carota.

Sperimentalmente è stato evidenziato che la resistenza a compressione del calcestruzzo aumenta al diminuire del rapporto L/f_c a causa dell'influenza positiva dello sforzo di taglio trasmesso dall'attrito piastra/provino, che ostacola la rottura del materiale, durante lo schiacciamento della carota; la resistenza quindi dovrebbe essere valutata su provini aventi altezza/diametro (h/d) maggiore di 2; per valori inferiori a tale rapporto viene introdotto un fattore di correzione riportati nella seguente tabella ⁵:

Tabella 122.5 - Fattori di correzione per provini cilindrici con rapporti $h/d \leq 2$ ()*

Rapporto altezza/diametro h/d	Fattori di correzione	
	ASTM=C 42-68	British Standard 1881-1970
2,00	1,00	1,00
1,75	0,99	0,98
1,50	0,97	0,96
1,25	0,94	0,94
1,00	0,91	0,92

(*)Da : Collepardi M., *Scienza e tecnologia del calcestruzzo*, Milano 1991

La bibliografia specialistica ed alcune normative estere consigliano di assumere che il valore della resistenza a compressione determinata su provini prelevati in opera sia pari a circa l'80% del valore convenzionale, ottenuto da provini cubici, confezionati al momento del getto.

Durante il prelievo dalle struttura, per evitare di tagliare i ferri delle armature provocando inutili danneggiamenti è opportuno ricorrere al impiego di particolari rilevatori che permettono di individuare agevolmente i materiali ferromagnetici, quali sono le barre di armatura.

Norme di riferimento:

UNI 10766 *Calcestruzzo indurito. Prove di compressione su provini ricavati da microcarote per la stima delle resistenze cubiche locali del calcestruzzo in situ.*

122.1.6. Metodo di estrazione (Pull-out)

La prova di estrazione è un metodo semidiretto, localmente distruttivo per la misura della resistenza a compressione del calcestruzzo⁶.

La prova consiste nell'estrazione per contrasto di un tassello Fischer BM 16 TCP entrambi posizionati in opera prima del getto (intervento preventivo), oppure di un tassello ad espansione inserito in una fase successiva al getto, Fischer-Zycon M 10 TCP (intervento post-opera).

L'estrazione viene eseguita con un opportuno martinetto il quale esercita una forza P_0 che viene a sua volta a distribuirsi sulla corona circolare di un opportuno anello di contrasto, studiato in funzione della profondità del tassello. È l'anello infatti che determina la rottura, per compressione, del conglomerato secondo una superficie tronco conica, la forza P_0 di estrazione e la resistenza a compressione R del calcestruzzo sono fra loro correlabili sperimentalmente.

I coefficienti che caratterizzano tale relazione vengono variati ogni qualvolta varia la geometria del corpo estratto.

Si possono infatti modificare la profondità dello stelo (tassello), i diametri D dell'anello di contrasto e d della testa dello stelo (tassello), determinando in tal modo differenti valori dell'angolo b di rottura del calcestruzzo⁷.

L'attrezzatura è composta da tasselli Fischer BM 16 TCP, nel caso di inserti pre-inseriti UNI 10157 e Fischer-Zycon M 10 TCP UNI 9536 nel caso di inserti post-inseriti, da un manometro di precisione, da un martinetto a doppio effetto, una pompa ed un anello di contrasto.

Le prove possono essere eseguite con due diverse procedure:

- posizionamento sul cassero*, e prima del getto di calcestruzzo, di un inserto di acciaio, o di altro materiale, di adeguata geometria e successiva estrazione dello stesso dal calcestruzzo indurito con rilievo della forza, il tutto nel rispetto delle specifiche previste dalla norma **UNI 9536**. La prova è utilizzata soprattutto per il controllo delle strutture prefabbricate e nella costruzione di carte di controllo della resistenza di elementi strutturali in c.a.p. durante le diverse fasi di produzione: scasseratura, tesatura dei cavi, stoccaggio;
- introduzione nella struttura*, mediante foratura con idoneo utensile, di un tassello ad espansione, successiva estrazione dal calcestruzzo indurito con rilievo della forza, secondo le modalità previste dalla norma **UNI 10157**. Gli inserti metallici possono essere del tipo ad espansione forzata o ad espansione geometrica; la profondità utile dell'inserto non deve essere minore di 35 mm.

Letta la pressione al manometro all'istante dello strappo del bullone, si risale mediante la curva di calibrazione del martinetto alla forza di estrazione P_0 e quindi alla resistenza a compressione locale del calcestruzzo.

Norme di riferimento:

- UNI 9536** *Calcestruzzo indurito. Determinazione della forza di estrazione con inserti preinglobati nel getto.*
UNI 9536 FA 1-92 *Calcestruzzo indurito. Determinazione della forza di estrazione con inserti preinglobati nel getto.*
UNI 10157 *Calcestruzzo indurito. Determinazione della forza di estrazione mediante inserti post-inseriti ad espansione geometrica e forzata.*
UNI 9536 *Calcestruzzo indurito. Determinazione della forza di estrazione con inserti preinglobati nel getto.*
UNI 9536 FA 1-92 *Calcestruzzo indurito. Determinazione della forza di estrazione con inserti preinglobati nel getto.*

122.1.7. Prova di aderenza (Pull-off)

Il metodo Pull-off si basa su un disco d'acciaio con bullone di trazione che viene incollato sulla superficie del calcestruzzo mediante adesivo a base di resina epossidica, bicomponente ad indurimento rapido e previa esecuzione di un'incisione della zona con punta diamantata fissata ad un trapano. Dopo l'indurimento del collante viene applicata una forza di trazione mediante un martinetto agganciato al nodo sferico del bullone di trazione.

Dall'area del disco e dall'intensità del carico di rottura si determina la resistenza a trazione del calcestruzzo.

La prova, secondo i produttori delle apparecchiature, è idonea per il controllo periodico delle strutture, per l'analisi dei danni riportati dalle superfici in calcestruzzo, per la misura dell'aderenza di intonaci e malte su superfici in calcestruzzo, per il controllo del grado di adesione di rivestimenti isolanti a strutture di ponti e dell'efficacia dell'adesione al substrato di rivestimenti anticorrosivi e di finiture pittoriche.

Norme di riferimento:

BS 1881 - Partrs 201/207.

ISO 4624.

122.1.8. Metodo di penetrazione (Sonda Windsor)

La sonda di Windsor è un metodo penetrometrico e consiste nella penetrazione di una sonda sparata nel materiale oggetto dell'indagine da una pistola a mezzo di una carica calibrata⁸.

L'equipaggiamento tipo richiesto da questa metodica consiste di una pistola, di cartucce calibrate, di sonde di metallo temprato e geometria nota, sonde di Windsor, di un calibro e di altri attrezzi secondari connessi con le operazioni di prova.

Le sonde di Windsor hanno il diametro di 6.3 mm (0.25 in), la lunghezza di 79.5 mm (3.125 in), la punta conica. Il retro della sonda è filettato e viene avvitato ad una capsula che funge da "driver" all'interno della canna. La sonda è sparata nel calcestruzzo grazie ad una carica, calibrata in maniera tale da sviluppare una energia di 79.5 kg · m (575 lb · ft)⁹. Nel calcestruzzo in opera la prova viene eseguita con tre sonde, sparate grazie ad una speciale dima munita di tre fori posti ai vertici di un triangolo equilatero, di lato 177 mm (7 in), la media dei tre valori sarà il valore unico, caratteristico di quella posizione. Le singole lunghezze di infissione sono misurate con l'ausilio di un calibro e di una piastrina di riscontro.

Norme di riferimento:

ASTM C 803 *Penetration Resistance of Hardened Concrete.*

122.2. Controlli non distruttivi

122.2.1. Prove sclerometriche

La prova è molto semplice e l'utilizzo in fase di collaudo, soprattutto di strutture in c.a.p., può rivelarsi particolarmente utile in virtù dell'assenza di danneggiamento della struttura durante la prova¹⁰. L'impiego va però regolamentato con una procedura che garantisca le parti, Direzione dei Lavori ed Impresa, nell'interpretazione dei risultati, si dovrà pertanto realizzare una curva di taratura con almeno cinque diversi rapporti a/c ed un numero di cubetti compreso fra 30 e 60, tali comunque da comprendere tutte le classi di resistenza impiegate per la produzione degli elementi in c.a.p. ultimate le strutture e prima della consegna ogni trave verrà testata con il metodo sclerometrico (UNI 9189) in almeno sei punti, la curva di taratura, i certificati delle prove sclerometriche saranno consegnati al Collaudatore che sulla scorta di questi risultati sperimentali potrà autonomamente procedere alla verifica in situ delle strutture poste in opera. Rispetto ai valori così determinati è possibile accettare una dispersione dei risultati compresi il $\pm 10\%$.

Si precisa a riguardo che la procedura fin qui descritta non sostituisce in alcun modo quanto prescritto dall'all. 2 del D.M. 9 gennaio 1996 ma rappresenta l'unico modo per consentire l'accettazione ed il collaudo di materiali in epoca diversa da quella del confezionamento.

Nel seguito si riassumono le fasi previste dalla UNI 9189, della prova sclerometrica che prevede:

- la documentazione dell'attività dell'attrezzatura attraverso verifiche periodiche dello strumento e comunque con interventi di manutenzione presso la casa produttrice oltre le 500 prove;
- la pulizia, preliminare alla esecuzione della prova, delle superfici sulle quali devono essere effettuate le prove sclerometriche viene eseguita con spazzole dure e/o mole smerigliate, al fine di eliminare dal calcestruzzo le

eventuali rugosità lasciate dai casseri in legno o dalla polvere di cemento indurita e depositatasi durante la vibrazione del calcestruzzo. In generale si raccomanda di asportare uno spessore superficiale di qualche millimetro. Durante il saggio l'asse dello strumento deve essere perpendicolare alla superficie della struttura per evitare che l'eventuale inclinazione possa influenzare i risultati.

Norme di riferimento:

UNI 9189 *Calcestruzzo indurito. Determinazione dell'indice sclerometrico.*

UNI 9189 FA 1-90 *Calcestruzzo indurito. Determinazione dell'indice sclerometrico.*

122.2.2. Rilievi microsismici o ad ultrasuoni

Il metodo ad ultrasuoni utilizza impulsi con frequenza variabile da 50 a 150 kHz, generati e registrati da circuiti elettrici. L'attrezzatura di prova consiste di un generatore degli impulsi meccanici che si trasmettono nel calcestruzzo, di un ricevitore che riceve ed amplifica il segnale e fornisce il valore rilevato del tempo di transito.

Gli impulsi, a voltaggio continuo, sono generati elettronicamente e trasformati in treni d'onda di energia meccanica da un trasduttore trasmettitore che deve aderire perfettamente alla superficie del calcestruzzo, l'adesione sarà realizzata con un idoneo mezzo accoppiante: grasso, stucco, gel, ecc..

Ad una distanza nota dal trasmettitore si applicherà, in maniera analoga alla precedente, un trasduttore ricevitore, del tutto simile al primo; l'energia meccanica verrà quindi nuovamente convertita in impulsi elettrici della stessa frequenza. Lo strumento di misura elettronico, fornisce il tempo che intercorre fra l'emissione e la ricezione dell'impulso e lo visualizza mediante un oscilloscopio o con il segnale digitalizzato. Lo strumento deve misurare il tempo di transito con la precisione del 1%.

Per poter determinare con sufficiente chiarezza l'emissione di impulsi, l'impulso elettronico del trasmettitore dovrà avere un tempo di uscita minore di un quarto del suo periodo naturale.

La frequenza di ripetizione deve essere bassa e tale da evitare interferenze e disturbi fra impulsi consecutivi.

Le condizioni climatiche ed operative durante le prove possono influenzare i risultati e devono perciò essere monitorate, inoltre poiché l'intervallo della velocità degli impulsi, relativo alle resistenze correnti del calcestruzzo, è relativamente piccolo, si dovrà usare, specie nelle prove in-situ, particolare cura nelle operazioni di prova.

Per il calcestruzzo si usano trasduttori con frequenza oscillante fra i 20 ed i 150 kHz e sono molto diffusi anche i trasduttori piezo-elettrici.

Il metodo consente di acquisire una considerevole mole di informazioni sulle caratteristiche qualitative di elementi di calcestruzzo.

Poiché sono le proprietà elastiche del calcestruzzo quelle che influenzano la velocità delle onde, nella interpretazione dei risultati si cercherà di correlare il modulo elastico con la resistenza ¹¹.

Per un mezzo infinito, omogeneo, isotropo ed elastico la velocità dell'onda di compressione è data da:

$$V = \sqrt{\left(k \cdot \frac{E_d}{\gamma} \right)}$$

dove:

V = velocità dell'onda di compressione (km/sec);

k = $(1 - n)/(1 + n) \cdot (1 - 2n)$;

E_d = modulo elastico dinamico (kg/cm²);

γ = peso specifico (kg/m³);

v = modulo di Poisson.

In questa espressione a patto che si dia una ragionevole stima del modulo di Poisson n e del peso specifico γ è possibile dedurre E_d da una misura di velocità d'onda.

Inoltre, il modulo di Poisson e la densità varieranno poco per miscele con aggregati naturali, pertanto le relazioni fra velocità e modulo elastico saranno ragionevolmente rispettate, a dispetto del fatto che il calcestruzzo non rappresenta il mezzo ideale al quale fanno riferimento i modelli matematici della trasmissione di onde elastiche nei solidi.

Normativa di riferimento:

UNI 9524 *Calcestruzzo indurito. Rilievi microsismici mediante impulsi d'onde vibrazionali ad alta frequenza, in campioni o strutture di calcestruzzo semplice, armato o precompresso.*

UNI 9524 FA 1-92 *Calcestruzzo indurito. Rilievi microsismici mediante impulsi d'onde vibrazionali ad alta frequenza, in campioni o strutture di calcestruzzo, armato o precompresso.*

UNI 9742 *Valutazione della deformazione ciclica progressiva in componenti esposti ad elevata temperatura in presenza di sisma.*

UNI 9771 *Calcestruzzo indurito. Determinazione della frequenza fondamentale di risonanza flessionale, estensionale e torsionale.*

ASTM C597-71 - BS 4408.

122.2.3. Controlli con ultrasuoni

Il metodo di controllo con ultrasuoni deve essere impiegato per il controllo di diversi parametri quali la variazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo nel tempo, la valutazione dei moduli di elasticità dinamico ed elasticità dinamico di taglio, il coefficiente dinamico di Poisson, lo sforzo di compressione, l'indice percentuale dei vuoti, la stima della resistenza caratteristica del calcestruzzo, la presenza di difetti interni, la valutazione dell'entità di fessure superficiali o di strati danneggiati, gli effetti prodotti da basse temperature, lo spessore di elementi strutturali, ecc..

Norme di riferimento:

UNI 8555 Prove non distruttive. Controlli mediante ultrasuoni. Termini e definizioni.

UNI 8769 Prove non distruttive. Apparecchiature ad ultrasuoni. Verifica delle caratteristiche controllabili mediante blocchi di calibrazione.

UNI 8769:1986/A1 Prove non distruttive. Apparecchiature ad ultrasuoni. Verifica delle caratteristiche controllabili mediante blocchi di calibrazione.

UNI 9094 Prove non distruttive. Determinazione della velocità di propagazione degli ultrasuoni nei materiali solidi.

UNI 9437 Prove non distruttive. Apparecchiature ad ultrasuoni. Verifica delle caratteristiche controllabili mediante strumentazione esterna.

122.2.4. Metodo delle correnti indotte

Per l'applicazione del metodo delle correnti indotte si rimanda alle seguenti norme:

UNI 9190-1 Prove non distruttive. Metodo delle correnti indotte. Generalità.

UNI 9190-2 Prove non distruttive. Metodo delle correnti indotte. Verifica delle caratteristiche del sistema a correnti indotte mediante campioni di calibrazione.

UNI 9190-2 Prove non distruttive. Metodo delle correnti indotte. Verifica delle caratteristiche del sistema a correnti indotte mediante campioni di calibrazione.

UNI 9190-3 Prove non distruttive. Metodo delle correnti indotte. Caratteristiche principali delle apparecchiature.

122.3. Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo

L'idoneità di agenti adesivi strutturali per l'applicazione sulle superfici di calcestruzzo verticali o orizzontali dovrà essere verificato con le seguenti prove:

- adesivi applicati a spatola: prova a scorrimento;
- adesivi strutturali iniettabili: prova di comprimibilità.

Norma di riferimento:

UNI EN 1799 Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo. Metodi di prova. Prove per misurare l'idoneità degli agenti adesivi strutturali per l'applicazione sulle superfici di calcestruzzo.

Art. 123 - Rilevazione del copriferro, posizione e diametro dei ferri

L'entità minima del copriferro, per i diversi elementi strutturali da realizzare, è stabilita dal D.M. 9 gennaio 1996, come riportata nella seguente tabella:

Tabella 123.1- Entità minima del copriferro

Struttura	Ambiente non aggressivo (cm)	Ambiente non aggressivo (cm)
Solette, setti, pareti	$\geq 0,8$	≥ 2
Pilastrì e travi = 2	≥ 2	≥ 4

Le superfici delle barre devono essere mutuamente distanziate almeno una volta il diametro delle barre stesse ed in ogni caso non meno di 2 cm. In caso di accoppiamento delle barre la mutua distanza tra le coppie deve essere di almeno 4 cm.

L'eventuale rilevazione dei ferri d'armatura, per particolari opere strutturali, dovrà essere effettuata mediante apposita strumentazione.

Il valore del copriferro è stimato in funzione dell'entità dell'assorbimento elettromagnetico mediante la lettura di un apposito diagramma di correlazione, in dotazione allo strumento, noto di già il diametro della barra d'acciaio o determinandolo come appresso.

Per maggiore sicurezza è consigliabile ripetere la prova utilizzando un altro spessore. La precisione della tecnica è stimata in circa 10%.

Art. 124 - Controlli sulle armature

124.1. Modalità di prelievo e metodi di prova

Per quanto segue si fa riferimento al D.M. 9 gennaio 1996, Parte generale.

Il prelievo dei campioni e le prove saranno effettuati secondo la norma **UNI ENV 10080**, salvo quanto stabilito ai punti 2.2.8.2., 2.2.8.3. dello stesso D.M. 9 gennaio 1996, per quanto riguarda la determinazione dei valori caratteristici f_{yk} o $f_{(0,2)k}$ e f_{tk} .

Norma di riferimento:

UNI ENV 10080 Acciaio per cemento armato. Armature per cemento armato saldabili nervate B500. Condizioni tecniche di fornitura per barre, rotoli e reti saldate.

124.2. Controlli in stabilimento

I produttori di barre lisce e ad aderenza migliorata, di fili trafilati, di reti e di tralicci elettrosaldati debbono sottoporre la propria produzione, presso i propri stabilimenti, a controlli di carattere statistico secondo le modalità indicate negli allegati 4, 5 e 6 del D.M. 9 gennaio 1996. Queste prevedono che i valori caratteristici f_{yk} o $f_{(0,2)k}$ e f_{tk} e, per barre e fili ad aderenza migliorata l'indice di aderenza, soddisfino i limiti e le prescrizioni contenute nel citato D.M. 9 gennaio 1996.

Tutte le forniture di acciaio debbono essere accompagnate da un certificato di Laboratorio Ufficiale riferentesi al tipo di armatura di cui trattasi e marchiate secondo quanto prescritto nel punto 2.2.9. del D.M. 9 gennaio 1996. La data del certificato deve essere non anteriore di 3 mesi a quella di spedizione. Tale periodo può essere prolungato fino a 6 mesi qualora il produttore abbia comunicato ufficialmente al Laboratorio Ufficiale incaricato del controllo di avere sospeso la produzione, nel qual caso il certificato dovrà essere accompagnato da copia di detta comunicazione. Qualora la sospensione della produzione si protragga per oltre 5 mesi, la procedura di qualificazione dovrà essere ripresa *ab initio*.

124.3. Prodotti provenienti dall'estero

Gli adempimenti di cui al punto 2.2.8.2. del D.M. 9 gennaio 1996 si applicano anche ai prodotti provenienti dall'estero. Per i prodotti provenienti da Paesi della Comunità economica europea nei quali sia in vigore una certificazione di idoneità tecnica riconosciuta dalle rispettive Autorità competenti, il produttore potrà, in alternativa a quanto previsto al primo comma del punto 2.2.8.3. del citato D.M. 9 gennaio 1996, inoltrare al Ministero delle Infrastrutture, Servizio Tecnico Centrale domanda intesa ad ottenere il trattamento all'equivalenza della procedura adottata nel Paese di origine depositando contestualmente la relativa documentazione per i prodotti da fornire con il corrispondente marchio. L'equivalenza della procedura di cui al precedente comma è sancita con decreto del Ministero dei lavori pubblici, sentito il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

124.4. Controlli in cantiere o nel luogo di lavorazione delle barre

I controlli sono obbligatori e devono riferirsi agli stessi gruppi di diametri contemplati nelle prove a carattere statistico di cui al punto 2.2.8.2. e allegati 4 e 5 del D.M. 9 gennaio 1996 in ragione di 3 spezzoni, marchiat, di uno stesso diametro, scelto entro ciascun gruppo di diametri, da 5 a 10 mm, da 12 a 18 mm, oltre 18 mm, per ciascuna partita prescelta, sempreché il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del materiale da uno stesso stabilimento. In caso contrario i controlli devono essere estesi agli altri diametri della partita. Le prove si effettuano presso un Laboratorio, ex art. 20 legge 1086/1971, Ufficiale o in Concessione e riguardano la resistenza e la duttilità. I valori caratteristici delle grandezze f_y o $f_{(0,2)k}$ e f_t si valutano detraendo dalla media dei corrispondenti valori di snervamento e rottura, riferiti ad uno stesso diametro, rispettivamente 10 N/mm^2 per f_y o $f_{(0,2)k}$ e 20 N/mm^2 per f_t . Qualora il risultato non sia conforme a quello dichiarato dal produttore, il Direttore dei Lavori disporrà la ripetizione della prova su sei ulteriori campioni dello stesso diametro; in tal caso dalle medie dei nove valori si detraggono rispettivamente 20 N/mm^2 per f_y o $f_{(0,2)k}$ e 30 N/mm^2 . Ove anche da tale accertamento i limiti dichiarati non risultino rispettati, il controllo deve estendersi, previo avviso al produttore, a 25 campioni, applicando ai dati ottenuti la formula generale valida per i controlli in stabilimento (Cfr. Allegati 4 e 5 del D.M. 9 gennaio 1996).

L'ulteriore risultato negativo comporta l'inidoneità della partita e la trasmissione dei risultati al produttore, che sarà tenuto a farli inserire tra i risultati dei controlli statistici della sua produzione. Analoghe norme si applicano ai controlli di duttilità, aderenza e distacco al nodo saldato: un singolo risultato negativo sul primo prelievo comporta l'esame di sei nuovi spezzoni dello stesso diametro, un ulteriore singolo risultato negativo comporta l'inidoneità della partita.

Inoltre il Direttore dei lavori dovrà comunicare il risultato anomalo sia al Laboratorio Ufficiale incaricato del controllo in stabilimento che al Ministero delle Infrastrutture, Servizio Tecnico Centrale.

I certificati relativi alle prove meccaniche degli acciai devono riportare l'indicazione del marchio identificativo di cui al punto 2.2.9. del D.M. 9 gennaio 1996, rilevato a cura del Laboratorio incaricato dei controlli, sui campioni da sottoporre a prove. Ove i campioni fossero sprovvisti di tale marchio, oppure il marchio non dovesse rientrare fra quelli depositati presso il Ministero dei lavori pubblici, Servizio tecnico centrale, dovrà essere riportata specifica annotazione sul certificato di prova.

124.5. Tolleranze

Per le tolleranze vale quanto riportato al paragrafo 34.7.2..

124.6. Marchiatura per identificazione

Tutti i produttori di barre lisce o ad aderenza migliorata, di fili, di reti e di tralicci devono procedere ad una marchiatura del prodotto fornito, dalla quale risulti, in modo inequivocabile, il riferimento all'Azienda produttrice, allo Stabilimento, al tipo di acciaio ed alla sua eventuale saldabilità.

A tali produttori è fatto obbligo di depositare il "marchio" (nervatura e marchiatura) presso il Ministero dei lavori pubblici, Servizio tecnico centrale.

Art. 125 - Collaudo statico di strutture in c.a.

Ai sensi del punto 3 della Parte I del D.M. 9 gennaio 1996, il collaudo statico di cui all'art. 7 della legge 5 novembre 1971, n. 1086, oltre al controllo del corretto adempimento delle prescrizioni formali di cui agli articoli. 4, 6 e 9 della suddetta legge, nonché dell'art. 5, ove il collaudo sia stato affidato in corso d'opera, dovrà comprendere i seguenti adempimenti tecnici:

- a) ispezione generale dell'opera nel suo complesso con particolare riguardo a quelle strutture o parti di strutture più significative da confrontare con i disegni esecutivi depositati in cantiere;
 - b) esame dei certificati delle prove sui materiali, che si articola:
 - nella verifica della congruità del numero dei prelievi effettuati e della conformità delle procedure di prelievo a quanto previsto dal D.M. 9 gennaio 1996 e relativi allegati;
 - nel controllo dei risultati delle prove e della loro compatibilità con i limiti e criteri d'accettazione fissati nei citati allegati;
 - c) verifica della documentazione di accompagnamento, bolle, d.d.t., certificati dei controlli periodici di stabilimento, delle barre d'armatura, dei trefoli, dei profilati, dei bulloni, dei procedimenti di saldatura, delle armature per calcestruzzo normale o precompresso;
 - d) controllo dei verbali, e della relativa documentazione tecnica, delle prove di carico eventualmente disposte in corso d'opera dal Direttore dei Lavori;
 - e) esame dell'impostazione generale della progettazione strutturale, degli schemi di calcolo e delle azioni considerate.
- Inoltre, nell'ambito della propria discrezionalità, il Collaudatore potrà richiedere:
- a) di effettuare quegli accertamenti utili per formarsi il convincimento della sicurezza dell'opera, quali:
 - prove di carico da eseguirsi secondo le modalità previste dal punto 3.2 del D.M. 9 gennaio 1996;
 - saggi diretti sui conglomerati con prelievi di campioni e controllo delle armature;
 - controlli non distruttivi sulle strutture;
 - b) documentazione integrativa di progetto.

Art. 126 - Determinazione sperimentale della resistenza a compressione degli elementi resistenti artificiali e naturali

126.1. Determinazione sperimentale della resistenza a compressione degli elementi resistenti artificiali

La produzione degli elementi resistenti artificiali deve essere controllata, in ogni stabilimento di produzione, mediante prove eseguite presso Laboratori Ufficiali o in Concessione, ex art. 20 legge 1086/1971, con periodicità almeno annuale, su un numero non inferiore a trenta elementi. Il Direttore dei lavori può richiedere ulteriori prove di controllo. Il Direttore dei Lavori provvede, con lo scopo di accertare la conformità delle caratteristiche fisiche e meccaniche degli elementi consegnati in cantiere a quelle dichiarate dal produttore, ad eseguire con le modalità di seguito descritte il "controllo di accettazione". Il "controllo di accettazione" viene eseguito, per ogni consegna in cantiere, su uno o più campioni costituiti ciascuno da tre elementi da sottoporre a prova di compressione. Per ogni campione siano f_1, f_2, f_3 la resistenza a compressione dei tre elementi con

$$f_1 < f_2 < f_3$$

il controllo si considera positivo se risultano verificate entrambe le disuguaglianze:

$$(f_1 + f_2 + f_3)/3 = 1,20 f_{bk}$$

$$f_1 = 0,90 f_{bk}$$

Al Direttore dei lavori spetta comunque l'obbligo di curare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove ai laboratori siano effettivamente quelli prelevati in cantiere con indicazioni precise sulla fornitura e sulla posizione che nella muratura occupa la fornitura medesima.

126.2. Determinazione sperimentale della resistenza a compressione degli elementi resistenti naturali

La produzione degli elementi resistenti naturali deve essere controllata per ogni cava mediante prove eseguite presso Laboratori Ufficiali o in Concessione, ex art. 20 - Legge n. 1086/1971, con periodicità almeno annuale, su un numero non inferiore a trenta elementi, comunque ogni qual volta che cambino sostanzialmente la natura e le caratteristiche meccaniche del materiale. Il Direttore dei Lavori può richiedere ulteriori prove di controllo.

Il Direttore dei Lavori provvede, con lo scopo di accertare la conformità delle caratteristiche fisiche e meccaniche degli elementi consegnati in cantiere a quelle dichiarate dal produttore, ad eseguire con le modalità di seguito descritte il "controllo di accettazione". Il "controllo di accettazione" viene eseguito, per ogni consegna in cantiere, su uno o più campioni costituiti ciascuno da tre elementi da sottoporre a prova di compressione. Per ogni campione siano f_1, f_2, f_3 la resistenza a compressione dei tre elementi con

$$f_1 < f_2 < f_3$$

il controllo si considera positivo se risultano verificate entrambe le disuguaglianze:

$$(f_1 + f_2 + f_3)/3 = 1,20 f_{bk}$$

$$f_1 = 0,90 f_{bk}$$

Al Direttore dei lavori spetta comunque l'obbligo di curare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove ai laboratori siano effettivamente quelli prelevati in cantiere con indicazioni precise sulla fornitura e sulla posizione che nella muratura occupa la fornitura medesima.

126.3. Modalità per la determinazione della resistenza a compressione degli elementi resistenti artificiali

126.3.1. Resistenza a compressione nella direzione dei carichi verticali

Si definisce resistenza caratteristica quella resistenza al disotto della quale ci si può attendere di trovare il 5% della popolazione di tutte le misure di resistenza.

La resistenza di rottura a compressione di un singolo elemento è data dalla seguente espressione:

$$f_{bi} = N/A$$

in cui:

N = carico di rottura applicato in direzione ortogonale al piano di posa;

A = area lorda della sezione normale alla direzione di carico

Il valore della resistenza caratteristica f_{bk} si ricava dalla formula seguente, applicata ad un numero minimo di 30 elementi:

$$f_{bk} = f_{bm} (1 - 1.64 d)$$

in cui: f_{bm} = media aritmetica della resistenza dei singoli elementi f_{bi}

$$\delta = \frac{s}{f_{bm}} = \text{coefficiente di variazione}$$

s = stima dello scarto quadratico medio

$$s = \sqrt{\frac{\sum (f_{bm} - f_{bi})^2}{n-1}}$$

Qualora, per ragioni dimensionali (dimensione blocco = 40 cm) si operi su semiblocchi, il valore di f_{bi} è dato dalla media di resistenza dei due semiblocchi.

Il valore della f_{bk} non è accettabile per

$$\delta > 0,2$$

126.3.2. Resistenza a compressione nella direzione ortogonale a quella dei carichi verticali e nel piano della muratura

La resistenza caratteristica a compressione in direzione ortogonale ai carichi verticali e nel piano della muratura sarà dedotta da quella media f_{bm} mediante la relazione:

$$f_{bk} = 0,7 f_{bm}$$

La resistenza media f_{bm} sarà ricavata da prove su almeno sei campioni.

126.4. Resistenza a compressione degli elementi in pietra

La resistenza media a compressione f_{bm} degli elementi in pietra, con esclusione dei tufi, deve essere determinata secondo le modalità descritte nel R.D. 16 novembre 1939, n. 2232, recante le norme per l'accettazione delle pietre naturali da costruzione.

Per i tufi, le prove di cui all'art. 135.2, in base alle quali le singole cave determineranno la resistenza media a compressione f_{bm} , devono essere eseguite su trenta elementi da provare nella Direzione di lavoro. Non sono ammessi tufi la cui resistenza media a compressione f_{bm} sia inferiore a 20 kg/cm² e per i quali il singolo campione abbia resistenza a compressione inferiore a 15 Kg/cm².

Per tutti gli elementi resistenti naturali si considera convenzionalmente

$$f_{bk} = 0,75 f_{bm}$$

Art. 127 - Determinazione sperimentale della resistenza a compressione e della resistenza a taglio della muratura

127.1. Generalità

Tramite le prove precedentemente descritte, può essere determinato il modulo di elasticità normale secante della muratura facendo riferimento all'intervallo 0,1 f_k ÷ 0,4 f_k .

In mancanza di determinazione sperimentale, potranno assumersi nei calcoli i seguenti valori dei moduli di elasticità:

modulo di elasticità normale secante E:

$$E = 1000 f_k$$

modulo di elasticità tangenziale secante G:

$$G = 0,4 E$$

127.2. Resistenza a compressione della muratura

La resistenza caratteristica a compressione si determina su n muretti (n = 6), seguendo sia per la confezione che per la prova le modalità indicate nel seguente paragrafo.

La resistenza caratteristica è data dalla relazione:

$$f_k = f_m - k_s$$

dove:

f_m = resistenza media;

s = stima dello scarto;

k = coefficiente dato dalla tabella seguente:

n	6	8	10	12	20
---	---	---	----	----	----

k	2,33	2,19	2,10	2,05	1,93
---	------	------	------	------	------

La determinazione della resistenza caratteristica deve essere completata con la verifica dei materiali, da condursi come segue:

malta: n. 3 provini prismatici 40 x 40 x 160 mm da sottoporre a flessione, e quindi a compressione sulle 6 metà risultanti, secondo il D.M. 3 giugno 1968;

elementi resistenti: n. 10 elementi da sottoporre a compressione con direzione del carico normale al letto di posa.

127.3. Caratteristiche dei provini

I provini (muretti) devono avere le stesse caratteristiche della muratura in esame e ognuno di essi deve essere costituito almeno da tre corsi di elementi resistenti e deve rispettare le seguenti limitazioni:

- lunghezza (b) pari ad almeno due lunghezze di blocco;
- rapporto altezza/spessore (l/t) variabile tra 2,4 e 5.

La confezione avverrà su di un letto di malta alla base e la faccia superiore sarà finita con uno strato di malta.

Dopo una stagionatura di 28 giorni a 20°C, 70% di umidità relativa, prima di effettuare la prova la faccia superiore di ogni provino viene eventualmente livellata con gesso; il muretto può anche essere contenuto fra due piastre metalliche rettificata, utili per gli spostamenti ed il suo posizionamento nella pressa.

Il provino viene posto fra i piatti della macchina di prova (uno dei quali articolato) e si effettua quindi la centratura del carico. In proposito è consigliabile procedere anche ad un controllo estensimetrico.

Il carico deve essere applicato con una velocità di circa 0,5 MPa ogni 20 secondi.

127.4. Resistenza a taglio della muratura in assenza di carichi verticali

La determinazione della resistenza al taglio f_{vko} della muratura deve essere effettuata mediante prove di compressione diagonale su muretti.

Le prove saranno effettuate su almeno 6 provini.

La resistenza caratteristica f_{vko} sarà dedotta dalla resistenza media ottenuta f_{vm} mediante la:

$$f_{vko} = 0,7 f_{vm}$$

Art. 128 - Prove non distruttive sulle murature in situ

128.1. Generalità

Negli interventi di consolidamento, di recupero strutturale e monitoraggio, di manufatti in muratura, ponti, edifici storici e monumentali, fabbricati, è opportuno prevedere un approccio sperimentale, con tecniche di indagine di tipo non distruttivo o localmente distruttivo. Le indagini eseguite con l'obiettivo della verifica statica e della stima dell'efficienza e della sicurezza consentono di conoscere le caratteristiche fisiche, chimiche e meccaniche del paramento murario, di quantificare e di individuare rispettivamente le condizioni e le cause del degrado, riconducibili, nella gran parte dei casi, all'alterazione chimico-fisica della malta, dei mattoni e dei lapidei per effetto dell'azione degli agenti atmosferici, delle acque meteoriche, dell'inquinamento ambientale, degli interventi antropici.

Nel programmare le indagini particolare riguardo deve essere posto al rilievo del quadro fessurativo, che deve consentire di indirizzare correttamente l'ubicazione delle prove evitando di alterare le condizioni di equilibrio strutturale e di innescare meccanismi di collasso.

Prima di introdurre le diverse tecniche disponibili per le indagini sulle strutture in muratura è necessario premettere che queste presentano nei confronti della standardizzazione delle procedure di prova e, soprattutto nell'interpretazione dei risultati, un livello di difficoltà maggiore rispetto alle strutture in c.a. o c.a.p. o in acciaio. Pertanto i risultati strumentali vanno sempre correlati al rilievo, topografico e fotogrammetrico, ed alla analisi storica, ed implementati su un modello che consideri nel suo insieme la fabbrica muraria e la consistenza delle fondazioni e che non trascuri la caratterizzazione geotecnica dei terreni d'impasto e l'assetto idrogeologico del sito.

128.2. Termografia

La termografia consiste nel registrare la radiazione emessa nel campo dell'infrarosso, in conseguenza del riscaldamento, anche artificiale, di una muratura. I vari materiali presenti nella parte più esterna di una muratura raggiungono, in funzione delle differenti caratteristiche termiche (conduttività termica, calore specifico,...), temperature diverse; il flusso di energia emesso, in accordo con la legge di Stefan-Boltzmann, è caratteristico di ciascun materiale e dipende dalla temperatura raggiunta e dall'emissività del materiale.

L'indagine viene eseguita riprendendo la superficie in oggetto con un dispositivo, che opera sulle lunghezze d'onda caratteristiche dell'infrarosso, simile ad una telecamera e che consta di un sistema ottico ed elettrico in grado di convertire in segnale elettrico l'intensità della radiazione ricevuta. La registrazione dell'emissione viene visualizzata su un monitor di tipo televisivo e le immagini vengono restituite con differenti tonalità cromatiche, proporzionali alle diverse temperature. Un termogramma fornisce, in forma grafica, le differenze di temperature determinate.

Il metodo è impiegato nella gran parte dei casi, e con risultati soddisfacenti, per individuare nelle murature fenomeni di risalita capillare ed umidità, per conoscere la tessitura muraria sotto lo strato di intonaco e l'omogeneità dei materiali, meno frequentemente, e limitato da una profondità di ispezione di pochi centimetri, per individuare la presenza di cavità, tubazioni e canne fumarie, orditura dei solai, ecc..

128.3. Indagine radar

La tecnica utilizza le onde elettromagnetiche di alta frequenza emesse da un'antenna con impulsi di breve durata che, inviate verso la parete, vengono riflesse in relazione alla capacità dielettrica del materiale e captate da un'antenna e successivamente trasformate in impulsi elettrici.

Il metodo è solitamente impiegato per individuare nelle murature la presenza di cavità, tubazioni, canne fumarie ed umidità.

128.4. Metodi vibrazionali per la verifica dello stato tensionale nelle catene

L'applicazione dell'analisi dinamica, in termini di frequenze a catene in condizioni di vibrazione libera, permette di acquisire indicazioni sull'entità della azione assiale agente sull'elemento prima e dopo l'intervento di consolidamento. La prova viene condotta posizionando gli accelerometri in punti caratteristici, in mezzeria ed ai quarti della luce della catena, rilevando le accelerazioni determinate dalla sollecitazione impulsiva applicata; dagli accelerogrammi così determinati vengono estratti i valori corrispondenti all'oscillazione libera e viene valutata, dalla densità spettrale di potenza del segnale registrato, la frequenza propria del primo modo di vibrare. Note le caratteristiche geometriche ed elastiche della catena, assunto come modello di riferimento quello della corda vibrante è possibile il calcolo per la valutazione dell'entità del carico assiale.

La validità del modello assunto è subordinata alla validità delle seguenti ipotesi:

- rigidità flessionale della catena trascurabile;
- configurazione rettilinea della catena;
- vincoli non cedevoli.

La verifica delle ipotesi sopra indicate è possibile attraverso un'analisi dei risultati sperimentali in quanto esiste una relazione lineare tra la frequenza fondamentale e le successive.

128.5. Determinazione delle caratteristiche meccaniche delle murature mediante martinetti piatti¹²

Le indiscusse difficoltà legate al prelievo di campioni rappresentativi di muratura, sui quali eseguire la determinazione delle caratteristiche meccaniche e di deformabilità della muratura e la stima dello stato tensionale, hanno favorito una notevole diffusione della tecnica dei martinetti piatti, impiegata in origine, per le medesime finalità, negli ammassi rocciosi. Un ulteriore impiego dei martinetti piatti è quello di lasciarli all'interno della muratura durante gli interventi di consolidamento e considerarli come celle di pressione, in tal modo è quindi possibile rilevare sulle strutture murarie, tempestivamente ed in corso d'opera, il determinarsi imprevisto di trasferimenti di carico provocati dagli interventi di consolidamento.

Una prova completa, con l'inserimento del primo martinetto, le misure di convergenza, il successivo inserimento del secondo martinetto, i relativi cicli di carico/scarico può essere eseguita nell'arco di 5 ÷ 6 ore.

128.5.1. Prova con martinetto piatto singolo. Rilievo dello stato tensionale di esercizio. ASTM C 1196

La prova descritta più avanti, viene eseguita con un singolo martinetto e permette di rilevare lo stato di sollecitazione locale presente nella muratura, misurando la variazione dello stato tensionale, indotta da un taglio, piano, di limitate dimensioni eseguito in direzione ortogonale al paramento murario.

Il rilascio delle tensioni determina la parziale chiusura del taglio, l'entità degli spostamenti viene accertata con misure di convergenza su coppie di punti, preliminarmente disposti in posizione simmetrica rispetto al taglio.

Si inserisce quindi uno speciale martinetto piatto che, collegato ad un circuito idraulico permette di applicare gradualmente quelle pressioni in grado di annullare la deformazione innescata dal taglio.

La pressione p imposta al martinetto per realizzare la convergenza è proporzionale, a meno di una costante, allo stato tensionale esistente nella muratura (1).

$$s = k_m \cdot k_a \cdot p \quad (1)$$

La costante di proporzionalità è pari al prodotto di due coefficienti adimensionali: k_a , k_m . Il coefficiente k_a si ottiene dal rapporto A_m/A_t , dove A_m è l'area del martinetto ed A_t è l'area del taglio; il coefficiente k_m è invece funzione della deformabilità delle lamiere e della rigidità della saldatura. Queste ultime grandezze sono caratteristiche di ogni martinetto. Il metodo appena descritto può essere classificato come di tipo semidistruttivo ed il disturbo arrecato alla muratura può considerarsi trascurabile per le ridotte dimensioni del taglio, ottenute con una sega a disco diamantato eccentrico, di dimensioni leggermente superiori a quelle del martinetto piatto. La convergenza è stata misurata con un calibro removibile, millesimale e meccanico, in "invar", base 200 mm che ha consentito di rilevare gli spostamenti di tre coppie di basi di misura costituite da tre dischetti in "invar" del diametro di 5 mm.

128.5.2. Prova con martinetto piatto doppio. Determinazione delle caratteristiche di deformabilità. ASTM C1197

Questa prova, complementare alla precedente, consiste nell'inserire, con modalità analoghe a quelle già descritte, un secondo martinetto rispettivamente, alla distanza di circa 50 cm dal primo, per i martinetti "piccoli" (345x255 mm) ed a circa 100 cm per i martinetti "grandi" (685 x 255 mm).

In tal modo si intercetta una porzione significativa di muratura sulla quale i due martinetti applicano uno stato di compressione monoassiale.

Le basi di misura sono disposte in maniera da consentire la misura delle deformazioni assiali e trasversali.

La prova viene così eseguita su un campione di muratura di grandi dimensioni, indisturbato e realmente rappresentativo del comportamento globale della struttura.

Sono stati eseguiti più cicli di carico/scarico, con livelli di sollecitazione gradualmente crescenti e tali da permettere di determinare i moduli di deformabilità, assiale e trasversale, per ciascun grado di sollecitazione.

La misura degli spostamenti viene eseguita con calibro removibile, millesimale meccanico, in "invar" con base di misura rispettivamente, per i martinetti "piccoli" e per i martinetti "grandi", di 40 cm e 60 cm.

È possibile, con opportune cautele, avvicinarsi al limite di rottura della muratura attraverso progressivi incrementi di carico applicato ai martinetti piatti e valutare la resistenza a compressione per estrapolazione della curva carico-deformazione.

Il calcolo della deformabilità è eseguito applicando il carico per cicli di carico e scarico, con intensità via via crescente. Per questo tipo di prove è raccomandato l'impiego di martinetti piatti dimensioni proporzionate alle dimensioni della muratura. Il modulo di deformabilità si calcola con la (2)

$$(2)$$

dove σ è lo stato tensionale applicato ed ϵ_v è la deformazione verticale misurata in prossimità dell'asse di mezzzeria dell'elemento murario delimitato dai due martinetti.

Essendo, nelle condizioni descritte, la porzione di muratura sottoposta a prova confinata su tre lati potrebbe fornire risultati di norma maggiori di quelli determinati su campioni non confinati.

128.5.3. Rilievo della resistenza a taglio lungo i corsi di malta

La resistenza a taglio lungo i corsi di malta è un parametro di grande importanza per la caratterizzazione statico-strutturale di edifici in muratura e la cui determinazione richiede l'impiego di un terzo martinetto idraulico, del tipo a pistone, oltre a due martinetti piatti analoghi a quelli descritti nel paragrafo precedente.

L'esecuzione della prova comporta l'estrazione di un mattone nella zona adiacente alla porzione di muratura compresa tra i due martinetti piatti, nello spazio così ricavato viene collocato un martinetto idraulico a pistone che esercita la spinta orizzontale di taglio, i due martinetti piatti impongono alla porzione di muratura, preventivamente isolata rimuovendo la malta lungo i corsi verticali, uno stato tensionale noto, la prova si esegue incrementando gradualmente la spinta di taglio fino a rottura e registrando i relativi scorrimenti. Gli scorrimenti relativi della muratura e le deformazioni normali in direzione ortogonale ai corsi di malta sono misurati con idonei trasduttori di spostamento.

128.5.4. Esecuzione del taglio

Il taglio della muratura rappresenta il momento più delicato della prova e dal quale dipende la attendibilità e riproducibilità dei risultati, deve essere eseguito in maniera tale da non provocare condizioni di disturbo nella muratura. Per tali scopi si impiegano particolari seghe a lama diamantata, vincolate a strutture rigide, che producono un taglio piano di dimensioni e spessore leggermente superiori a quelle del martinetto.

Nelle strutture in muratura di mattoni, il taglio per l'inserimento del martinetto viene solitamente eseguito in corrispondenza dei corsi di malta; attualmente però si preferisce praticare il taglio in corrispondenza dei mattoni evitando così l'inconveniente dei movimenti dovuti ai mattoni superiori per effetto della sconnessione della malta e con il vantaggio di realizzare un taglio netto.

Il taglio a secco o con il raffreddamento ad acqua della lama può comportare qualche inconveniente per lo strato di malta; infatti, in particolari murature per effetto del riscaldamento localizzato si possono manifestare variazioni dimensionali e dilavamenti.

Le dimensioni del taglio possono essere variabili in funzione delle dimensioni degli elementi costituenti la muratura. Per murature in laterizio vengono normalmente adottate le seguenti dimensioni:

- larghezza 40 cm;
- profondità 20 cm;
- spessore 3÷4 mm.

I tagli della muratura, le cui tecniche sono soggette a miglioramenti continui in funzione della forma del martinetto piatto utilizzato, attualmente vengono così praticati:

per i martinetti rettangolari, di impiego sempre meno frequente, eseguendo una serie di fori paralleli con un trapano a percussione con punta in widia e con l'aiuto di una dima di guida;

per i martinetti semicircolari, eseguendo il taglio con una sega idraulica avente la lama diamantata di forma anulare e con sistema di movimento eccentrico e con un supporto rigido di guida per garantire l'orizzontalità del taglio;

per martinetti piatti di forma semicircolare allungata eseguendo il taglio con una sega idraulica avente la lama diamantata di forma anulare e con sistema di movimento eccentrico e con un supporto rigido di guida per garantire l'orizzontalità del taglio.

Al termine della prova il martinetto piatto viene estratto e lo spessore della malta ripristinato riportando la muratura nelle condizioni originarie.

Normativa di riferimento:

ASTM C 1196

ASTM C1197

Art. 129 - Collaudo statico degli edifici in muratura

Il collaudo statico degli edifici in muratura dovrà comprendere i seguenti accertamenti:

- a) ispezione generale dell'opera nel suo complesso con particolare riguardo a quelle parti di strutture più significative da confrontare con i disegni esecutivi progettuali;
- b) esame dei certificati di prove sui materiali, quando prescritte;
- c) esame delle risultanze delle eventuali prove di carico fatte eseguire dal Direttore dei lavori;
- d) controllo che l'impostazione generale della progettazione strutturale sia coerente con le presenti norme.

Inoltre, potranno discrezionalmente essere richiesti i seguenti ulteriori controlli:

- prove di carico, eventualmente integrative di quelle già effettuate a cura del Direttore dei lavori;
- saggi diretti sulle murature o sui singoli elementi resistenti;
- controlli non distruttivi sulla struttura.

Potranno altresì essere richieste documentazioni integrative di progetto atte a definire compiutamente lo schema strutturale assunto o a meglio specificare dati incerti o non quantificati assunti a base della progettazione dell'edificio.

Art. 130 - Collaudo statico di opere di sostegno e di fondazione

Gli interventi di collaudo statico delle opere di sostegno e di fondazione sono previsti dal Punto A.4. del D.M. 11 marzo 1988 recante "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".

Il collaudo statico dovrà accertare la risposta prestazionale delle opere eseguite, la conformità alle prescrizioni di progetto nonché il rispetto di quanto previsto dalla normativa vigente. Le attività di collaudo comprenderanno, oltre alla verifica dei documenti progettuali, il rilievo, con metodi non distruttivi, della consistenza delle opere realizzate, anche l'esecuzione di prove di carico e rilievi sperimentali finalizzati a controllare l'efficienza e la qualità delle opere realizzate.

Il Collaudatore potrà comunque prevedere, nell'ambito del proprio mandato, ulteriori indagini, prove ed attività sperimentali finalizzate sempre ad integrare i dati a lui trasmessi e/o comunque acquisiti.

realizzati anche per carotaggio meccanico.

Dopo che è avvenuta la stagionatura del calcestruzzo, vengono calati alla stessa quota in un tubo una sonda emittente ultrasuoni, ed in un altro una sonda ricevente e mediante idonea strumentazione viene calcolato il tempo che impiega l'onda ultrasonica dalla sonda emittente a quella ricevente, nota la distanza tra i due tubi; poiché la velocità di

Art. 131 - Ancoraggi o tirantature

131.1. Generalità

Dato l'ampio impiego di tiranti soprattutto per gli interventi di consolidamento di costoni rocciosi, esecuzione di paratie di contenimento, muri di contenimento, diaframmi, ecc, si riportano le indicazioni di progetto e collaudo previste dal citato D.M. 11 marzo 1988.

131.2. Prove di carico

Le prove di carico per i tiranti in roccia sono classificate in²¹:

- *prove preliminari (o di progetto)*, eseguite nello stesso sito prima della realizzazione dei tiranti per verificare le previsioni progettuali e in particolare per verificare il comportamento dell'insieme ancoraggio-roccia in relazione alle condizioni delle rocce e dei materiali impiegati per il sistema costruttivo. Si fa rilevare che solitamente i risultati di tali prove non sono confrontabili con le successive prove di collaudo;
- *prove di collaudo*, eseguite su ogni tirante al fine di verificarne l'efficacia del trasferimento del carico alla fondazione e la sua capacità a resistere, a breve termine, ad uno sforzo di trazione maggiore del carico di progetto.

Tali prove secondo la modalità di applicazione del carico di prova vengono distinte in:

- *prove di carico coassiali* utilizzate per determinare la resistenza della fondazione del tirante senza pregiudicare la rottura dell'ammasso roccioso circostante. Il metodo è idoneo per i tiranti profondi o utilizzati per consolidamento di rocce;
- *prove di carico a distanza* impiegate per valutare la resistenza del tirante e della roccia circostante.

131.3. Le indicazioni del D.M. 11 marzo 1988

Secondo le indicazioni del D.M. 11 marzo 1988, poiché la riuscita degli ancoraggi dipende in larga misura da dettagli tecnologici, il comportamento dell'insieme ancoraggio-terreno deve essere determinato con prove di carico su ancoraggi prova realizzati nello stesso sito e con lo stesso sistema costruttivo.

Le prove per la determinazione del carico limite del singolo ancoraggio devono essere spinte a valori di carico da portare a rottura il complesso ancoraggio-terreno.

Le prove di collaudo, al fine di controllare gli ancoraggi eseguiti, devono essere in numero sufficiente per accertare il buon funzionamento dell'opera.

La prova consiste in un ciclo semplice di carico e scarico sottoponendo l'ancoraggio ad una forza pari a 1,2 volte la prevista forza di esercizio.

131.4. Prove preliminari, ISRM²²

Le fasi di esecuzione delle prove preliminari su tiranti secondo le Raccomandazioni ISRM, possono così essere riassunte:

- applicazione di un carico di assestamento P_1 inferiore del 5% dell'SMTL (Carico di Prova Massimo Specificato); attesa la stabilizzazione del martinetto si leggono i valori dei carichi e degli spostamenti. Successivamente si applicano incrementi percentuali di carico dell'SMTL stando ad ogni incremento per leggere il valore dell'allungamento; gli incrementi di carico vanno mantenuti costanti per un t_1 min, come indicato nella seguente tabella 142.2;
- effettuazione di 5 letture ad intervalli di 1 minuto circa relativi ad ogni incremento costante di carico ($\pm 2\%$ SMTL), come indicato nella tabella 142.2;
- riduzione del carico ad ogni fase per la misura della deformazione permanente;
- mantenimento costante del carico una volta raggiunto l'SMTL (entro il $\pm 2\%$ dell'SMTL) per un tempo t_2 . In questa fase il carico e lo spostamento vanno letti ad intervalli di 5 minuti per i primi 30 minuti e ad intervalli di 30 minuti fino alle tre ore ed infine ogni ora fino a t_2 ;
- riduzione del carico per la misura della deformazione permanente;

Nel caso in cui due letture indicano un movimento inferiore al creep ammissibile, indicato nella tabella 1421.1 è possibile ridurre gli intervalli t_1 e t_2 , ripetendo i cicli di carico/scarico.

Tabella 131.1. Valori raccomandati dei parametri di prova

Tipo di prova→ Parametro ↓	Prova di progetto	Prova di progetto semplificata	Prova di collaudo
SMTL	2 x P_w		1,25 + 1,50x P_w
P_1	Minore del 5% dell'SMTL		
N	10%	20%	100%

t ₁	5 min	5 min	N/A
t ₂	1500 min	20 min	10 min

SMTL = carico di Prova Massimo Specificato; P = carichi; N - incrementi di carico; t = tempi
(fonte *Raccomandazioni per l'esecuzione di prove su tiranti in roccia*, Raccomandazioni ISRM, in Rivista Italiana di Geotecnica, n. 1, 1993.)

Tabella 131.2. – Valori raccomandati dello spostamento per creep e della caduta di carico ammissibili

Periodo di osservazione (mm)	Caduta di carico o Spostamento ammissibile (%)
5	1
15	2
50	3
150	4
500	5
1500	6

Note: i) la caduta di carico ammissibile è espressa come percentuale del carico P.

(ii) Lo spostamento ammissibile è espresso come percentuale dell'allungamento elastico del carico P.

(Fonte *Raccomandazioni per l'esecuzione di prove su tiranti in roccia*, Raccomandazioni ISRM, in Rivista Italiana di Geotecnica, n. 1, 1993.)

131.5. Prove di collaudo, ISRM ²³

Le fasi di esecuzione delle prove di collaudo su tiranti secondo le Raccomandazioni ISRM, sono le stesse del paragrafo precedente ad esclusione del punto 5, riportando il carico al valore di valore di Lock-off ²⁴.

Alcune procedure di collaudo di tipo semplice si limitano a rilevare la caduta di carico durante un breve periodo successivo all'applicazione dell'SMTL (*Carico di Prova Massimo Specificato*) confrontandola con i limiti ammissibili riportati nella tabella 142.2.

131.6. Prove preliminari, AICAP 1993 ²⁵

131.6.1. Scopo delle prove e definizione

Si intendono per tiranti preliminari di prova quei tiranti realizzati nello stesso sito e con lo stesso sistema di perforazione di quelli definitivi, da sottoporre a prove più severe di quelle di collaudo, e pertanto non utilizzabili per l'impiego successivo. Tali tiranti sono definiti preliminari in quanto finalizzati al dimensionamento definitivo dei tiranti da eseguire ed alla determinazione della forza limite ultima N_{fu} ; le prove su di essi eseguite costituiscono parte integrante del progetto dei tiranti.

I tiranti preliminari di prova devono essere in ogni caso realizzati dopo l'esecuzione di quelle operazioni (scavi, riporti, mutamenti nel regime idraulico del terreno) che possono influire sulla resistenza della fondazione.

131.6.2. Prescrizioni generali

Le prove devono essere eseguite da personale specializzato, nel rispetto delle norme che garantiscono la sicurezza degli operatori e di terze persone.

Le apparecchiature da impiegare nella esecuzione delle prove devono essere tarate presso un Laboratorio Ufficiale e devono consentire la tesa simultanea di tutti gli elementi costituenti l'armatura di ogni tirante.

Gli allungamenti dei tiranti di prova devono essere misurati con riferimento ad un punto fisso esterno alla zona in cui si risentono significativamente le azioni trasmesse dal tirante stesso.

Nel caso in cui vengano misurati solo gli allungamenti o la forza applicata, l'apparecchiatura impiegata deve consentire di effettuare le misure con la seguente precisione:

- per gli allungamenti: 1 mm;
- per le forze applicate: 3% della forza limite ultima con riferimento alla fondazione, valutata sulla base di criteri motivati (N_{fu}).

Nel caso in cui la prova richieda la misura degli incrementi di allungamento e di carico, è necessario assicurare una precisione delle misure non inferiore a 0,1 mm per gli allungamenti e del 2% di N_{fu} per le forze.

131.6.3. Obbligatorietà delle prove

Le prove sui tiranti preliminari sono tutte obbligatorie qualora il numero totale dei tiranti da realizzare sia pari o superiore a 30 od allorché la stabilità dell'opera coinvolga l'incolumità delle persone.

Qualora non sussistano le condizioni sopra esposte ed il numero dei tiranti non superi 30, la seconda e terza prova, di cui ai paragrafi seguenti, possono essere omesse. In tale caso la verifica del dimensionamento definitivo sarà effettuata con prove non distruttive sui primi tiranti eseguiti, secondo le modalità di collaudo e le condizioni per l'accettazione.

Tabella. 131.3 - Numero dei tiranti da sottoporre a prova

Numero tiranti da eseguire	Numero tiranti da sottoporre a prova		
	1° tipo	2° tipo	3° tipo
Da 1 a 100	1	1	1
Da 101 a 200	2	3	2
Da 201 a 500	2	3	3
Oltre 501	2	4	4

131.6.4. Numero dei tiranti di prova

Per ogni tipo di tirante e per ogni tipo di terreno, per determinare la forza limite ultima N_{fu} e verificare che la forza teorica N_Q possa essere garantita, occorre sottoporre a prove preliminari una terna di tiranti.

Il numero dei tiranti da sottoporre a prova (primo, secondo e terzo tipo di prova) risulta dalla seguente tabella.

Si considerano dello stesso tipo i tiranti adibiti alla medesima funzione, aventi uguale tipo e sezione d'armatura, modalità e diametro di perforazione e pressione di iniezione.

Allo stesso fine si considerano dello stesso tipo quei terreni, ai quali le indagini consentono di attribuire lo stesso comportamento geotecnico.

Nel caso di tiranti inseriti nello stesso tipo di terreno, adibiti alla medesima funzione e realizzati con le stesse modalità di perforazione e di iniezione, ma con una forza teorica di utilizzazione diversa (e quindi con sezione di armatura e diametro di perforazione diversi), si può in alternativa:

- a) realizzare una terna di tiranti di prova per ogni gruppo di tiranti con uguale forza teorica di utilizzazione N_Q ;
- b) oppure effettuare le prove solo per il gruppo di tiranti soggetti alla forza N_Q più elevata; in questo caso dalle prove si ricava una tensione tangenziale limite convenzionale di aderenza tra fondazione e terreno:

$$\tau_{fu} = \frac{N_{fu}}{\pi D l_f}$$

dove:

N_{fu} forza limite ultima con riferimento alla fondazione;

D diametro convenzionale della fondazione;

l_f lunghezza della fondazione;

e si dimensionano i tiranti assumendo una tensione tangenziale limite ultima pari all'85% di quella ricavata dalla prova.

132.6.5. Modalità generali della prova

Per ciascuno dei tiranti costituenti la terna sono previste differenti modalità di prova.

Il primo tirante ha lo scopo di determinare la tensione tangenziale limite convenzionale di aderenza tra la fondazione ed il terreno, per un dimensionamento di massima della fondazione dei tiranti da realizzare, ed ha quindi una armatura sovradimensionata, ove possibile, oppure una lunghezza di fondazione ridotta rispetto ai tiranti da eseguire in modo da raggiungere la forza limite ultima di tale fondazione senza superare il limite convenzionale elastico dell'armatura.

Il secondo tirante, dimensionato sulla scorta dei dati ricavati dal primo, ha lo scopo di determinare la forza ultima della fondazione N_{fu} ed è, pertanto, uguale ai tiranti da eseguire ma è dotato della massima armatura compatibile con il diametro di perforazione previsto.

Il terzo tirante ha lo scopo, oltre che di confermare i risultati del secondo, di verificare la forza teorica di utilizzazione N_Q , di controllare il comportamento nel tempo e di stabilire i criteri di accettazione per il collaudo dei tiranti da eseguire.

Il terzo tirante è, pertanto, uguale ai tiranti da eseguire ed il percorso di carico della prima parte della prova è identico a quello prescritto per il collaudo di tutti gli altri tiranti.

Qualora i risultati ottenuti con il terzo tirante non confermassero le valutazioni tratte dal secondo, dovranno essere realizzati altri tiranti di prova; questi ulteriori tiranti sono da considerare in soprannumero rispetto al numero totale dei tiranti di prova stabilito secondo quanto indicato al paragrafo 141.4.4..

131.6.6. Esecuzione e prova del primo tirante

L'armatura del primo tirante deve essere di sezione maggiore (o l'acciaio di migliore qualità) rispetto a quella di progetto, in modo tale che la forza limite ultima della fondazione N_{fu} valutata con un primo dimensionamento possa essere prevedibilmente raggiunta senza superare nell'armatura lo 0,9 del limite convenzionale elastico dell'armatura cementata, operando in modo da non aumentare il diametro della perforazione.

Qualora ciò non risultasse possibile, la prova verrà invece effettuata su un tirante di armatura sempre maggiorata, ove possibile, ma con fondazione di lunghezza ridotta rispetto a quella prevista nel primo dimensionamento in modo da poter raggiungere lo stesso valore di N_{fu} senza superare lo 0,9 del limite convenzionale elastico o di snervamento dell'armatura cementata, con un eventuale aumento della lunghezza libera pari alla riduzione della lunghezza della fondazione onde sperimentare il terreno alla stessa profondità della fondazione del tirante definitivo. Solo in questo caso la forza limite per i tiranti da realizzare verrà assunta convenzionalmente pari alla forza limite ultima misurata sul tirante di prova, moltiplicata per il rapporto delle lunghezze (L_{prog}/L_{prova}).

Nel caso infine dei tiranti provvisori con ancoraggio ad espansione meccanica, la prova viene condotta su un tirante uguale a quello di cui è previsto l'impiego ed è spinta fino a raggiungere lo snervamento dell'armatura o lo sfilamento della fondazione. Il valore ultimo di prova viene assunto come forza limite ultima del tirante.

In ogni caso, la prova sul primo tirante comprende le seguenti fasi:

- tesatura fino ad una forza pari a 0,1 della forza limite ultima dell'armatura cementata N'_{ys} ;
- tesatura per incrementi di carico pari a 0,1 di N'_{ys} ogni l' fino a raggiungere lo sfilamento o lo 0,9 del limite convenzionale elastico dell'armatura cementata N'_{ys} con lettura del relativo allungamento, che dovrà essere soddisfacentemente elevato.

131.6.7. Esecuzione, prova e valutazione del secondo tirante

Il secondo tirante di prova avrà le stesse caratteristiche dei tiranti da eseguire (diametro di perforazione, lunghezza di fondazione, ecc.) con la sola maggiorazione, ove possibile, dell'armatura, che sarà la massima compatibile con il diametro previsto per la perforazione o un'armatura di caratteristiche meccaniche superiori a quelle dei tiranti definitivi. La prova sul secondo tirante comprende le seguenti fasi:

- 1) tesatura fino ad una forza di allineamento N_O pari a 0,1 N'_{ys} , (dove N'_{ys} , è la forza al limite caratteristico convenzionale elastico o di snervamento dell'armatura cementata); le misure degli allungamenti hanno inizio dal termine di questa fase
- 2) tesatura per incrementi di carico pari a 0,15 N'_{ys} (ultimo incremento pari a 0,05 N'_{ys}) fino ad una forza massima uguale a 0,9 N'_{ys} ; per ciascun livello di carico la forza dovrà essere mantenuta costante per un periodo di tempo pari a:
 - 5 minuti per ancoraggi in roccia e terreni non coesivi, con misura dell'allungamento all'inizio ed alla fine di ciascun intervallo;
 - 30 minuti per ancoraggi in terreni coesivi con misura dell'allungamento a 0-2-4-8-15-30 minuti;
 - scarico fino alla forza N_O in tre stadi, con sosta di 1 minuto per ogni gradino e con misura dell'allungamento residuo.

Al termine della prova viene tracciato il diagramma forze-allungamenti. Per terreni coesivi vengono anche tracciate, in scala semilogaritmica, le curve dell'allungamento in funzione del logaritmo del tempo per tutte le soste a forza costante

(Fig. 142.1-a) e l'andamento della pendenza finale $tg \alpha$ delle predette curve in funzione della forza applicata (Fig. 142.1-b).

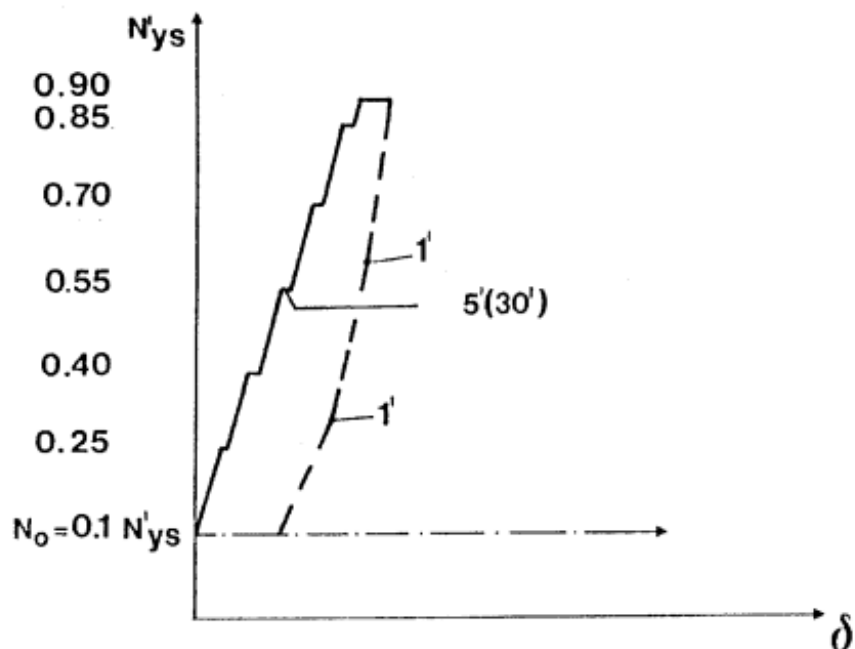


Fig. 131.1.a

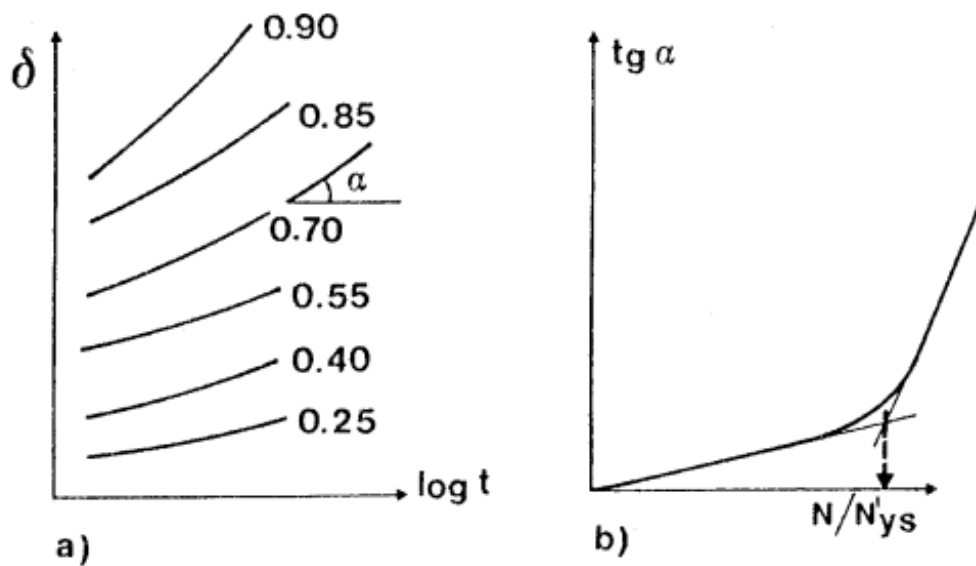


Fig. 131.1.b

Si assume come forza limite ultima del tirante N_{fu} :

- nel caso di roccia o terreno non coesivo, il massimo valore della forza applicata durante la prova anche se non si è raggiunto lo sfilamento del tirante;
- nel caso di terreno coesivo, il valore della forza per cui il diagramma di Fig. 142.1-b presenta una evidente variazione di pendenza;
- il massimo valore della forza applicata qualora non sia raggiunta, nel corso della prova, tale situazione.

In base al valore della forza limite ultima così determinata ed ai valori dei coefficienti di sicurezza, viene confermata o corretta la lunghezza della fondazione originariamente prevista ovvero la forza teorica di utilizzazione N_Q (nel caso in cui la lunghezza della fondazione sia limitata da particolari esigenze).

131.6.8. Esecuzione, prova e valutazione del terzo tirante

Il terzo tirante di prova deve avere armatura ed ogni altra caratteristica uguale a quelle del tirante da realizzare e lunghezza di fondazione o forza teorica di utilizzazione stabilita in base ai risultati della prova sul secondo tirante.

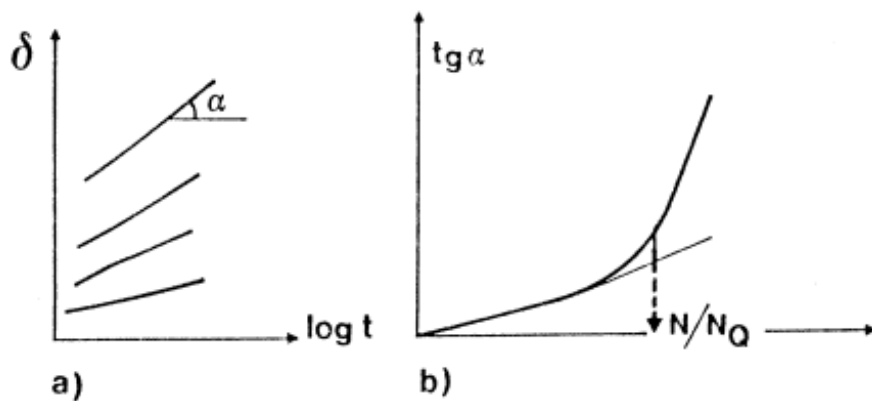
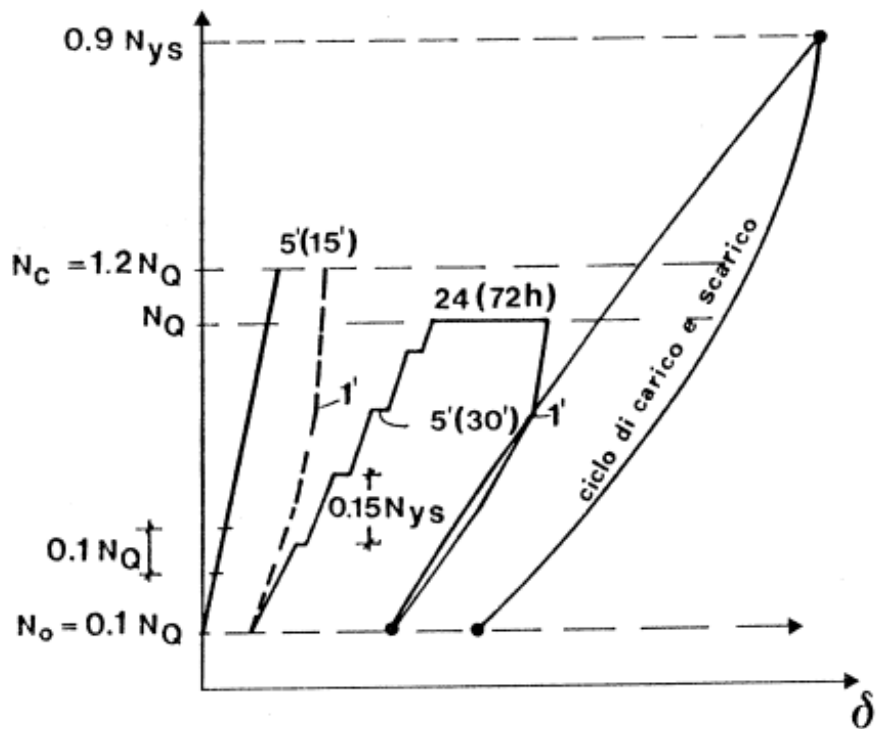
La prova sul terzo tirante comprende le seguenti fasi (Fig. 131.2):

- a) tesatura fino alla forza di allineamento $N_O = 0,1 N_Q$; le misure degli allungamenti hanno inizio dal termine di questa fase;
- b) tesatura fino alla forza di collaudo N_C , pari ad 1,2 volte la forza teorica di utilizzazione N_Q , per incrementi di $0,1 N_Q$ con sosta di 1 minuto ad ogni incremento di carico e misura dell'allungamento finale;
- c) sosta a forza costante per 5 minuti in roccia o terreni non coesivi e 15 minuti per terreni coesivi, con misura dell'allungamento alla fine della sosta;
- d) scarico fino alla forza N_O in tre stadi, con sosta di 1 minuto per ogni gradino, con misura dello allungamento residuo;
- e) tesatura per incrementi di carico pari a $0,15 N_{ys}$, fino ad una forza massima uguale a N_Q ; per ciascun livello di carico la forza dovrà essere mantenuta costante per un periodo di tempo minimo pari a:
 - 5 minuti per ancoraggi in roccia e terreni non coesivi, con misura dell'allungamento all'inizio ed alla fine di ciascun intervallo;
 - 30 minuti per ancoraggi in terreni coesivi con misura dell'allungamento a 0-2-4-8-15-30 minuti.
- f) bloccaggio e sosta alla forza pari a N_Q per una durata pari a quella prevista in progetto, comunque non inferiore a 24 ore per rocce o terreni non coesivi e di 72 ore per terreni coesivi, ad allungamento costante con misura della forza residua.
Qualora il sistema di bloccaggio non consenta tale tipo di misura o gli spostamenti della testata siano tali da falsare le misure stesse, la sosta andrà effettuata mantenendo costante la forza al valore sopra indicato e misurando l'allungamento finale;
- g) scarico fino alla forza N_O come al punto d).

Al termine di questa fase viene tracciato il diagramma forze-allungamenti. Per terreni coesivi vengono anche tracciate, in scala semilogaritmica, le curve dell'allungamento in funzione del logaritmo del tempo per tutte le soste a forza costante (Fig. 142.2-a) e l'andamento della pendenza finale $tg \alpha$ delle predette curve in funzione della forza applicata (Fig. 142.2-b);

- h) esecuzione di un numero arbitrario di cicli di carico e scarico aventi come base la forza N_Q , con incremento del carico ad ogni ciclo fino ad un valore pari a $0,9 N_{ys}$ e sosta per ciascun ciclo pari a 5 minuti in terreni non coesivi o rocce e di 15 minuti in terreni coesivi. Per ciascun ciclo vengono misurati gli allungamenti corrispondenti a ogni tappa del percorso di carico.

Fig. 131.2



Al termine di questa fase viene costruito il relativo diagramma forze-deformazioni. (Tale prova può essere condotta a forza costante o ad allungamento costante).

La lunghezza della fondazione e la forza teorica di utilizzazione assunte sono comunque valide se:

- 1) i risultati ottenuti sono congruenti con quelli ricavati nella prova del secondo tirante;
- 2) la lunghezza libera teorica l_l e la lunghezza libera effettiva l_L del tirante verificano le seguenti condizioni:

$$0,9 l_l = l_L = l_l + 0,5 l_f$$

La lunghezza l_L si calcola in prima approssimazione con la relazione:

$$l_L = \frac{\Delta l E_s A_s}{N_c - N_o}$$

dove

A_s = area della sezione di armatura;

E_s = modulo di elasticità dell'acciaio di armatura;
 Δl = allungamento elastico misurato.

- 3) la variazione dell'allungamento registrata nella fase f) sia inferiore (nei primi 30 minuti) al 5% dell'allungamento teorico relativo allo stesso valore di forza;
- 4) l'andamento dei valori degli allungamento nel tempo, durante la fase f), deve tendere rapidamente ad un asintoto orizzontale.

Se anche una sola delle predette condizioni non risulta soddisfatta, occorre procedere alla realizzazione di un nuovo tirante di prova con lunghezza di fondazione maggiore o con forza teorica di utilizzazione minore, da sottoporre alle stesse modalità di prova del terzo tirante.

La procedura va ripetuta finché non risultano soddisfatte tutte le predette condizioni.

131.7. Prove di collaudo, AICAP 1993 ²⁶

131.7.1. Definizione, tempi ed obbligatorietà delle prove

Si definisce collaudo di un tirante la prova di tesatura non distruttiva per il controllo esecutivo di tutti i tiranti.

131.7.2. Modalità della prova di collaudo

La prova consiste in un ciclo semplice di carico e scarico del tirante realizzato secondo le modalità sottoriportate.

La forza di collaudo N_c è pari ad $1,2 N_q$, essendo N_q la forza teorica di utilizzazione.

Il tirante viene tesato, a partire da una forza di allineamento N_0 (pari a $0,1 N_q$), fino al valore della forza di collaudo N_c con incrementi di carico pari a $0,1 N_q$, con sosta a ciascun incremento di 1 minuto, misurando il corrispondente allungamento.

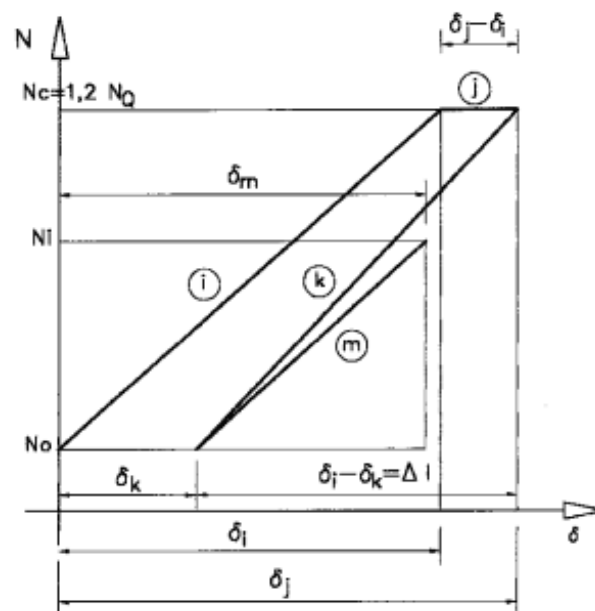
La forza N_c o l'allungamento vengono mantenuti costanti per un periodo di tempo D_t pari a:

D_t = 5 minuti per tiranti in roccia o in terreni coesivi;

D_t = 15 minuti per tiranti in terreni coesivi.

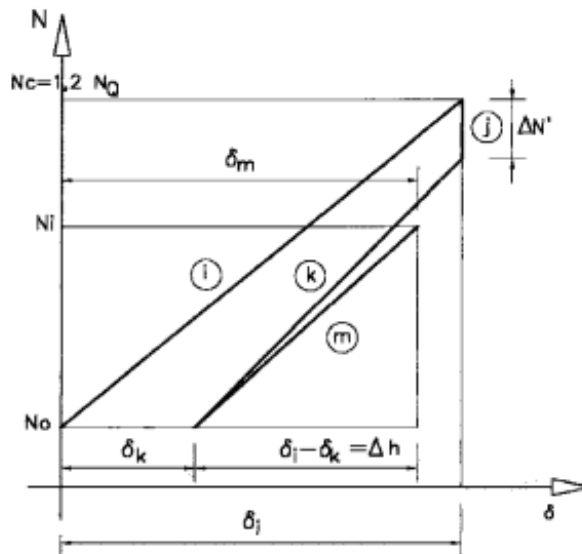
Al termine di tale periodo, dopo avere rilevato l'incremento di allungamento o la riduzione della forza DN' , il tirante viene scaricato al valore della forza di allungamento N_0 , in tre stadi con di 1 minuto per ogni gradino, rilevando il relativo allungamento permanente $DI_p = ?_k$ nelle figure 142.3-a e 142.3-b.

Quindi il tirante viene tesato al valore della forza di tesatura N_i prevista dal progetto e bloccato a tale valore.



PROVA DI COLLAUDO A CARICO COSTANTE

Fig. 131.3-a



PROVA DI COLLAUDO AD ALLUNGAMENTO COSTANTE

Fig. 131.3-b

131.7.3. Accettazione dei tiranti

131.7.3.1. Condizione per l'accettazione (caso delle tre prove)

Per l'accettazione del singolo tirante devono essere verificate le seguenti condizioni:

- 1) Se la prova è condotta a carico costante la variazione di allungamento registrata all'apice del ciclo deve essere dello stesso ordine di quella rilevata nella prova del terzo tirante con uno scostamento massimo del $\pm 5\%$; se la prova è condotta ad allungamento costante la variazione della forza all'apice del ciclo deve essere inferiore al 5% della forza applicata ($\Delta N' = 5\% N_c$);
- 2) La lunghezza libera effettiva deve verificare le seguenti condizioni:

$$0,9 l_l = l_L = l_l + 0,5 l_f$$

in cui l_L è data in prima approssimazione dalle espressioni:

$$l_L = \frac{\Delta l E_s A_s}{N_c - N_0} \quad (\text{prova a carico costante})$$

$$l_L = \frac{\Delta h E_s A_s}{(N_c - \Delta N') - N_0} \quad (\text{prova ad allungamento costante})$$

- 3) L'allungamento permanente DI_p deve essere minore di 1,3 volte quello riscontrato nelle prove preliminari sul terzo tirante.

I tiranti che non soddisfano i predetti requisiti di collaudo vanno sostituiti con nuovi tiranti o debbono essere opportunamente declassati.

131.7.3.2. Condizione per l'accettazione (caso con prova del 1° tirante solamente)

Nel caso in cui si sia effettuata la sola prova di sfilamento, le condizioni di accettazione che debbono essere verificate sono:

- 1) se la prova è condotta a carico costante la variazione di allungamento registrata all'apice del ciclo deve essere inferiore al 5% dell'allungamento teorico relativo alla forza corrispondente; se la prova è condotta ad allungamento costante la variazione della forza all'apice del ciclo deve essere inferiore al 5% della forza applicata ($\Delta N' = 5\% N_c$);
- 2) la lunghezza libera effettiva deve verificare le seguenti condizioni:

$$0,9 l_l = l_L = l_l + 0,5 l_f$$

in cui l_L è data in prima approssimazione dalle espressioni:

$$l_L = \frac{\Delta l E_s A_s}{N_c - N_o} \quad (\text{prova a carico costante})$$

$$l_L = \frac{\Delta h E_s A_s}{(N_c - \Delta N') - N_o} \quad (\text{prova ad allungamento costante})$$

3) l'allungamento permanente Δl_p deve essere contenuto entro valori fissati dal progettista.

I tiranti che non soddisfano i predetti requisiti di collaudo vanno sostituiti con nuovi tiranti o debbono essere opportunamente declassati.

131.8. Verbale della prova di carico

Ai fini di una migliore interpretazione dei risultati la relazione di prova di carico su tiranti dovrebbe contenere dati relativi a:

- caratteristiche del terreno interessato dal tirante ed in particolare dalla perforazione;
- dettagli geometrici sulla perforazione (diametro, lunghezza), sui macchinari utilizzati per l'esecuzione e il metodo di circolazione o di sostegno del foro (aria, acqua, fango, schiuma, ecc.);
- tipo e composizione della malta, data dell'iniezione e volume e pressione dell'iniezione;
- caratteristiche meccaniche e geometriche dell'armatura del tirante e dei sistemi di protezione dalla corrosione;
- descrizione dell'apparecchiatura di prova, allegando una copia del certificato di taratura;
- tabelle dei risultati riportanti per ogni incremento di carico/decremento di carico, la durata e l'entità del carico applicato e le deformazioni misurate;
- diagrammi corrispondenti ai tabulati.

Art. 132 - Prove distruttive per bulloni e chiodi di ancoraggio soggetti a sforzi di prevalente trazione

Tra i primi bulloni o chiodi effettivamente realizzati almeno uno dovrà obbligatoriamente essere sottoposto a prova distruttiva.

Nel caso in cui il numero dei bulloni o chiodi sia superiore a 100 si eseguirà una prova ogni 100 bulloni o chiodi o frazione di 100.

Si considerano dello stesso tipo i bulloni o chiodi adibiti alla medesima funzione, che hanno uguali tipi e sezioni di armatura, uguali modalità e diametro di perforazione, e uguali modalità di connessione al terreno.

Allo stesso fine si considerano del medesimo tipo quelle rocce alle quali le indagini consentono di attribuire lo stesso comportamento geotecnico.

La prova ha lo scopo di determinare l'effettiva forza di sfilamento della fondazione del bullone o del chiodo dal terreno circostante.

La prova consisterà pertanto nella messa in trazione di bulloni o chiodi fintantoché si produca o lo sfilamento dal terreno o la rottura del materiale costituente il bullone o chiodo. Qualora il meccanismo di azione assunto nel progetto consenta di individuare nel chiodo un tratto che funziona da fondazione e un tratto che funziona da testa, la prova dovrà essere effettuata adottando una lunghezza del tratto connesso pari al valore minore tra l_f e l_t .

Art. 133 - Controlli non distruttivi sulle strutture in acciaio

133.1. Generalità

I controlli richiesti per le strutture in acciaio potranno essere i seguenti:

- 1) esame visivo conformemente alle norme **CNR UNI 10011**;
- 2) controllo chimico che accerti che la composizione dei materiali rispecchi quanto previsto dalle norme suddette;
- 3) controllo con chiave dinamometrica che accerti che i bulloni di ogni classe siano serrati secondo quanto previsto dalla norma **CNR UNI 10011**.
- 4) controllo della corretta esecuzione delle saldature.

Data la complessità delle problematiche è consigliabile che il collaudatore si avvalga del supporto di strutture specializzate in questo genere di controlli aventi personale ed attrezzature adeguate.

Norme di riferimento:

CNR UNI 10011 Costruzioni di acciaio. Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione.

133.2. Prove preliminari di qualifica dei procedimenti di saldatura

L'impiego di elettrodi omologati secondo la norma **UNI 5132** esime da ogni prova di qualifica del procedimento. Per l'impiego degli altri procedimenti di saldatura occorre eseguire prove preliminari di qualifica intese ad accertare:

- l'attitudine ad eseguire i principali tipi di giunto previsti nella struttura ottenendo giunti corretti sia per aspetto esterno che per assenza di sensibili difetti interni, da accertare con prove non distruttive o con prove di rottura sul giunto;
- la resistenza a trazione su giunti testa a testa, mediante provette trasversali al giunto, resistenza che deve risultare non inferiore a quella del materiale base;
- la capacità di deformazione del giunto, mediante provette di piegamento che dovranno potersi piegare a 180° su mandrino con diametro pari a 3 volte lo spessore per l'acciaio Fe 360 ed Fe 430 e a 4 volte lo spessore per l'acciaio Fe 510;
- la resilienza su provette intagliate a V secondo **EN 10045/1^a**, ricavate trasversalmente al giunto saldato, resilienza che verrà verificata a +20°C se la struttura deve essere impiegata a temperatura maggiore o uguale a 0 °C, o a 0 °C nel caso di temperature minori; nel caso di saldatura ad elettrogas o elettroscoria tale verifica verrà eseguita anche nella zona del materiale base adiacente alla zona fusa dove maggiore è l'alterazione metallurgica per l'alto apporto termico.

I provini per le prove di trazione, di piegamento, di resilienza ed eventualmente per altre prove meccaniche, se ritenute necessarie, verranno ricavati da saggi testa a testa saldati; saranno scelti allo scopo gli spessori più significativi della struttura.

Norme di riferimento:

UNI 5132 *Elettrodi rivestiti per la saldatura ad arco degli acciai non legati e debolmente legati al manganese. Condizioni tecniche generali, simbologgiatura e modalità di prova.*

UNI EN 10045-1 *Materiali metallici. Prova di resilienza su provetta Charpy. Metodo di prova.*

133.3. Classi delle saldature

Per giunti testa a testa, od a croce od a T, a completa penetrazione, si distinguono due classi di giunti:

Prima classe. Comprende i giunti effettuati con elettrodi di qualità 3 o 4 secondo la norma **UNI 5132** - Elettrodi rivestiti per la saldatura ad arco degli acciai non legati e debolmente legati al manganese. Condizioni tecniche generali, simbologgiatura e modalità di prova - o con gli altri procedimenti qualificati di saldatura indicati al punto 2.4.1 del D.M. 9.1.96 e realizzati con accurata eliminazione di ogni difetto al vertice prima di effettuare la ripresa o la seconda saldatura.

Tali giunti debbono inoltre soddisfare ovunque l'esame radiografico con i risultati richiesti per il raggruppamento B della **UNI 7278** - Gradi di difettosità nelle saldature testa a testa riferiti al controllo radiografico. Dimensioni, simboli ed esempi di applicazione.

L'aspetto della saldatura dovrà essere ragionevolmente regolare e non presentare bruschi disavviamenti col metallo base specie nei casi di sollecitazione a fatica.

Seconda classe. Comprende i giunti effettuati con elettrodi di qualità 2, 3 o 4 secondo **UNI 5132** o con gli altri procedimenti qualificati di saldatura indicati al punto 2.4.1 del D.M. 9 gennaio 1996 e realizzati ugualmente con eliminazione dei difetti al vertice prima di effettuare la ripresa o la seconda saldatura.

Tali giunti devono inoltre soddisfare l'esame radiografico con i risultati richiesti per il raggruppamento F della **UNI 7278**.

L'aspetto della saldatura dovrà essere ragionevolmente regolare e non presentare bruschi disavviamenti con il materiale base.

Per entrambe le classi l'estensione dei controlli radiografici o eventualmente ultrasuoni deve essere stabilita dal Direttore dei lavori, sentito eventualmente il progettista, in relazione alla importanza delle giunzioni e alle precauzioni prese dalla ditta esecutrice, alla posizione di esecuzione delle saldature e secondo che siano state eseguite in officina o al montaggio.

Per i giunti a croce o a T, a completa penetrazione nel caso di spessori $t > 30$ mm, l'esame radiografico o con ultrasuoni atto ad accertare gli eventuali difetti interni verrà integrato con opportuno esame magnetoscopico sui lembi esterni delle saldature al fine di rilevare la presenza o meno di cricche da strappo.

Nel caso di giunto a croce sollecitato normalmente alla lamiera compresa fra le due saldature, dovrà essere previamente accertato, mediante ultrasuoni, che detta lamiera nella zona interessata dal giunto sia esente da sfogliature o segregazioni accentuate.

I giunti con cordoni d'angolo, effettuati con elettrodi aventi caratteristiche di qualità 2, 3 o 4 di cui alla norma **UNI 5132** - Elettrodi rivestiti per la saldatura ad arco degli acciai non legati e debolmente legati al manganese. Condizioni tecniche generali, simbologgiatura e modalità di prova - o con gli altri procedimenti indicati al punto 2.4.1 del D.M. 9

gennaio 1996, devono essere considerati come appartenenti ad una unica classe caratterizzata da una ragionevole assenza di difetti interni e da assenza di incrinature interne o di cricche da strappo sui lembi dei cordoni. Il loro controllo verrà di regola effettuato mediante sistemi magnetici; la sua estensione verrà stabilita dal Direttore dei lavori, sentito eventualmente il progettista e in base ai fattori esecutivi già precisati per gli altri giunti.

133.4. Controllo di qualità delle strutture saldate ²⁷

Il controllo delle saldature come il collaudo e il controllo di qualità deve accertare che le giunzioni saldate corrispondano alla qualità richiesta dalle condizioni di esercizio e quindi progettuali.

Tuttavia le caratteristiche particolari del procedimento di giunzione mediante saldatura suggeriscono l'esecuzione di controlli in senso più lato, comprendente oltre al collaudo vero e proprio della saldatura, prove, verifiche preliminari e ispezioni in corso d'opera per prevenire esecuzioni errate prima del loro collaudo finale. Una corretta e scrupolosa progettazione strutturale dovrebbe essere completata da una corretta esecuzione delle opere, eseguendo gli opportuni controlli in corso d'opera, specie in presenza di saldature di significative parti della struttura, ciò per evitare riduzioni del coefficiente di sicurezza, che falserebbero le previsioni teoriche di calcolo²⁸.

Per un'ottimale saldatura bisogna fare riferimento ai seguenti punti:

- controllo di tutti i fattori di cui è già nota e certa l'influenza sicura, positiva o negativa (tipi di materiali, preparazione dei lembi, posizioni di saldatura, tecnica di saldatura, manodopera impiegata);
- valutazione pratica, mediante prove da effettuarsi prima della realizzazione dell'opera, dell'effetto di fattori di cui non è definibile a priori l'influenza e che possono essere collegati all'impiego di materiali, tecniche e condizioni di saldatura non consuete;
- applicazione di tutte le precauzioni che l'esperienza e le regole dell'arte suggeriscono;
- valutazione diretta dei risultati ottenuti sulle saldature dell'opera.

Il controllo delle saldature avviene nelle seguenti tre fasi:

- 1) *verifiche e prove preliminari*;
- 2) *ispezione durante la preparazione e l'esecuzione delle saldature*;
- 3) *controllo diretto dei giunti saldati*.

La prima fase è quella che viene tradizionalmente chiamata controllo indiretto delle saldature. Tra le verifiche e le prove preliminari, cioè precedenti l'esecuzione delle saldature della costruzione, il tecnico eseguirà l'esame della documentazione progettuale. Di esse sono rilevanti l'esame del progetto esecutivo in modo da potere fornire all'officina tutti i dati necessari e l'adeguatezza dei materiali e delle tecniche di saldatura previste.

Con l'ispezione durante la costruzione il tecnico potrà accertarsi che tutto quello che è stato stabilito nella documentazione tecnica fornita all'officina, e i particolari accorgimenti dalla buona pratica siano effettivamente adottati per garantire una migliore esecuzione della saldatura.

Con il controllo diretto invece si procede al collaudo vero e proprio del giunto realizzato.

Nella pratica il controllo non segue rigidamente le tre fasi.

Tabella 133.1. Controllo di qualità delle strutture saldate

Controllo indiretto	Controllo diretto
Esame della documentazione tecnica	Distruttivo
Prove di qualifica dei saldatori	Semidistruttivo
Prove di saldabilità dei materiali base	Non distruttivo
Prove sui materiali d'apporto	
Prove di qualifica dei procedimenti	

133.5. Difetti delle saldature

In generale i difetti di saldatura sono delle discontinuità che possono distinguersi nei seguenti due tipi ²⁹:

- *disomogeneità metallurgiche* (chimiche o strutturali) tra la zona fusa e/o la zona termicamente alterata ed il materiale base inalterato, nocive alle caratteristiche meccaniche e ad altre caratteristiche del giunto (per esempio tempratura o ingrossamento del grano nella saldatura degli acciai al carbonio, precipitazione di fase sigma o di carburi di cromo nella saldatura degli acciai inossidabili austenitici al cromo-nichel);
- *discontinuità metalliche*, nocive essenzialmente alle caratteristiche meccaniche, ma che in certi casi possono influenzare anche altre caratteristiche del giunto come, ad esempio, cricche o inclusioni di scorie.

I difetti del primo tipo possono essere individuati con prove meccaniche, di resistenza alla corrosione, esami al microscopio metallografico.

I difetti del secondo tipo si individuano con controlli non distruttivi come l'esame radiografico o quello ultrasonico.

Si fa rilevare che con i controlli non distruttivi non si ha la possibilità di individuare i difetti del primo tipo, da ciò discende la particolare metodologia di collaudo delle costruzioni saldate, in cui grande importanza hanno i cosiddetti controlli indiretti.

133.5.1. Cricche

Si definisce cricca una discontinuità originatasi per strappo in materiale metallico originariamente continuo. Se le cricche hanno dimensioni molto ridotte (inferiori a circa 1 mm) vengono dette microcricche.

Le cricche sono il difetto più grave e temibile di un giunto saldato, poiché una cricca anche se di piccole dimensioni è sempre una rottura in atto che può essere suscettibile di ingrandirsi con il tempo a seconda delle condizioni di esercizio e delle sue caratteristiche iniziali, causando di conseguenza il cedimento del giunto.

133.5.2. Difetti esterni o di profilo

I difetti esterni o di profilo possono essere classificati come:

- a) *eccesso di sovrametallo*. È riscontrabile nei giunti di testa. Erroneamente l'eccesso di sovrametallo non è considerato un difetto perché il maggiore spessore della saldatura può offrire al giunto una resistenza più elevata. Ma in certe condizioni di servizio, come fatica, urti, bassa temperatura, un giunto del genere è meno resistente di uno di forma regolare a causa delle discontinuità geometriche che si creano ai bordi del metallo stesso;
- b) *cordone d'angolo troppo convesso*. È tipico dei giunti d'angolo dovuto ad errato maneggio dell'elettrodo da parte del saldatore e dipendono da corrente eccessiva associata ad uno scorretto maneggio dell'elettrodo;
- c) *incisioni marginali*. Sono presenti nei cordoni eseguiti manualmente più frequentemente in posizione diversa da quella piana e dipendono dalla scarsa abilità del saldatore;
- d) *irregolarità superficiale*. Si riscontra quando le maglie del cordone anziché essere disposte parallelamente una di seguito all'altra, hanno andamento irregolare, con variazioni di profilo del cordone, avvallamenti denunciati i punti di ripresa, ecc.;
- e) *slivellamento dei lembi*. È dovuto al montaggio imperfetto che non consente la possibilità di eseguire una saldatura regolare;
- f) *spruzzi e sputi*. Sono depositi più o meno grandi e dispersi, generalmente incollati sulla superficie del metallo base vicino al cordone. Sono difetti tipici della saldatura manuale ad elettrodi rivestiti (basico e cellulosico) e del procedimento MAG;
- g) *colpi d'arco*. Consistono in una fusione, localizzata del materiale base avvenuta generalmente senza materiale d'apporto. Sono difetti tipici della saldatura manuale ad arco erroneamente innescato sul materiale e non, come di regola, su un lembo del cianfrino.

133.5.3. Pericolosità e criteri di accettabilità dei difetti

Nel considerare la pericolosità di un difetto e quindi nel fissare un criterio di accettabilità dello stesso (eventualmente in funzione delle sue dimensioni), non si può astrarre dal contesto in cui tale difetto si trova.

È necessario considerare il tipo di sollecitazione cui il giunto è sottoposto, il tipo e l'importanza della struttura di cui il giunto fa parte, le caratteristiche del materiale e molti altri fattori:

- a) *sollecitazioni statiche*. I difetti siano essi superficiali o interni, riducono la sezione resistente del giunto, con conseguente aumento del livello di tensione medio ed una diminuzione della capacità di carico del giunto;
- b) *sollecitazioni di fatica*. L'effetto di intaglio (aumento di tensione locale) cui da luogo il difetto limita notevolmente la resistenza del giunto.
- c) *servizio a bassa temperatura*. Nel caso di costruzioni saldate che lavorano a bassa temperatura è un aspetto dannoso dei difetti, poiché comporta l'aumento del grado di pluriassialità delle tensioni, con conseguente limitazione delle entità delle tensioni di taglio e possibilità di innesto e propagazione di rotture fragili ³⁰.

I criteri di accettabilità dei difetti devono essere più severi quando la costruzione saldata deve sopportare condizioni di servizio onerose eventualmente aggravate dalla presenza di sollecitazioni ripetute e/o rischio di rottura fragile.

133.6. Controlli non distruttivi

133.6.1. Metodo dei liquidi penetranti

Il metodo dei liquidi penetranti costituisce per la sua semplicità di impiego il primo metodo impiegato per l'esecuzione di controlli non distruttivi. I liquidi impiegati sono di aspetto oleoso, colorato con alta capacità di penetrazione anche nelle fessure più sottili e cricche più invisibili presenti sulla superficie dell'elemento metallico. Una volta rimossa la parte di liquido rimasta in superficie, quella presente nelle eventuali fessure e nelle cricche viene opportunamente evidenziata individuando così il difetto costruttivo dell'elemento strutturale.

Le fasi del metodo sono le seguenti:

1. *Pre-lavaggio*. Per favorire la penetrazione del liquido in eventuali fessure o cricche è necessario eseguire il lavaggio preliminare dell'elemento con prodotti sgrassanti o solventi organici per pezzi nuovi e con paste abrasive, soluzioni saponate, ecc. per pezzi usati;
2. *Applicazione*. Consiste nell'applicazione del liquido penetrante ³¹ sulla superficie dell'elemento per immersione, tamponatura o spruzzo;
3. *Lavaggio*. Ha lo scopo di rimuovere il liquido in eccesso rimasto sulla superficie dell'elemento metallico evitando però di rimuovere quello penetrato;
4. *Sviluppo*. Per migliorare la visibilità del liquido colorato penetrato viene applicata della polvere di sviluppo o mezzo di contrasto;
5. *Osservazione*. Ha lo scopo di valutare ed interpretare l'entità (della fessura o della cricca) dei difetti evidenziati.

133.6.1.1. Norme UNI di riferimento

- UNI 8374** *Prove non distruttive. Prodotti per l'esame con liquidi penetranti. Classificazione, caratteristiche e prove.*
- UNI EN 1289** *Controllo non distruttivo delle saldature. Controllo delle saldature mediante liquidi penetranti. Livelli di accettazione.*
- UNI EN 473** *Qualifica e certificazione del personale addetto alle prove non distruttive. Principi generali.*
- UNI EN 571-1** *Prove non distruttive. Esame con liquidi penetranti. Principi generali.*
- UNI EN ISO 3452-4** *Prove non distruttive. Esame con liquidi penetranti. Attrezzatura.*

133.6.2. Metodo magnetico

È un metodo economico ed efficace per il controllo non distruttivo di elementi metallici per l'individuazione dei difetti superficiali o semi superficiali.

Il principio del metodo consiste nella magnetizzazione dell'elemento metallico sfruttando il fattore che i difetti si comportino come campi magnetici dispersi.

Il metodo si applica nelle seguenti fasi:

Smagnetizzazione preliminare, qualora necessaria, per l'eliminazione di eventuali tracce di magnetismo residuo in parti dell'elemento;

Sgrassaggio superficiale dell'elemento con solventi per evitare forme di trattenimento di polvere magnetica;

Magnetizzazione. Può essere del tipo longitudinale o trasversale o combinato. Il campo magnetico può essere generato facendo attraversare l'elemento da corrente elettrica (alternata, continua o raddrizzata in semionda);

Applicazione della polvere magnetica;

Ispezione per l'individuazione dei difetti sulla base del colore e della fluorescenza delle tracce lasciate dalla polvere magnetica;

Smagnetizzazione finale dell'elemento controllato per consentirne la successiva lavorazione od ulteriore controllo.

Il metodo di controllo può essere applicato soltanto a materiali ferromagnetici, quindi sono da escludersi le leghe leggere e gli acciai austenitici.

133.6.3. Metodo ultrasonico

Il metodo ultrasonico consente di rilevare difetti anche a considerevoli profondità e in parti interne dell'elemento a condizione che esso sia un conduttore di onde sonore. È utilizzato ampiamente per il controllo delle saldature specialmente a piena penetrazione.

I metodi ultrasonici si possono classificare in:

- *tecnica per trasmissione o per trasparenza*. La tecnica si basa sulla misurazione delle onde ultrasoniche inviate da una sonda emittente che dopo avere attraversato l'elemento arrivano ad una sonda ricevente posizionata nella parte opposta;
- *tecnica per riflessione*. La tecnica utilizza un solo trasduttore angolare rice-trasmittente e sfrutta l'energia degli ultrasuoni, continue o ad impulsi, che vengono riflessi dalla parete di fondo o eventualmente dalle superfici del difetto presente nell'elemento da esaminare. Mediante la misura della variazione di intensità delle onde ultrasoniche, misurate con un oscillografo, che le rappresenta con uno oscillogramma. Il diagramma inizia sempre con un picco (impulso di emissione), la presenza di difetto è rappresentata da un picco di altezza minore (eco di difetto), che ne indica anche la posizione;
- *tecnica per risonanza*. La tecnica si basa sul fenomeno della risonanza quando l'elemento viene attraversato da un'onda ultrasonica continua;
- *tecnica ad echi multipli*. La tecnica è una variante di quella per riflessione.

Il metodo per riflessione consiste nello sfruttare la particolare capacità di alcuni materiali, detti trasduttori, che trasformano l'energia meccanica in energia elettrica e viceversa. Tramite tali materiali, conglobati in un piccolo zoccolo

con una superficie piena di plexiglass, vengono inviati degli impulsi nel materiale da controllare, usando un opportuno liquido di accoppiamento, come per una normale ecografia medica.

Le eventuali discontinuità rifletteranno più o meno completamente il fascio di ultrasuoni che verrà quindi convertito in impulso elettrico. Esso darà luogo ad un segnale che un oscillografo a raggi catodici, opportunamente tarato in maniera da mettere in relazione il tempo del percorso all'interno del materiale con lo spazio effettivamente percorso, evidenzierà il difetto con dei picchi. In assenza di difetti, si avrà un solo picco corrispondente alla superficie riflettente del materiale (il cosiddetto eco di fondo); in presenza di difetti un eventuale picco indicherà sicuramente un'imperfezione, che, localizzata con semplici considerazioni trigonometriche, andrà studiata per valutarne l'importanza. In questa maniera è possibile individuare anche la posizione del difetto nello spessore del materiale in esame.

Le onde ultrasoniche possono essere inviate sia ortogonalmente alla superficie del materiale in esame, sia con una certa inclinazione; semplici applicazioni trigonometriche permetteranno di conoscere precisamente la distanza, l'estensione e la profondità del difetto.

133.6.3.1. Norme UNI di riferimento

- UNI 7603** *Prove non distruttive dei materiali ferrosi. Controllo con ultrasuoni delle saldature longitudinali od elicoidali dei tubi di acciaio saldati ad arco sommerso.*
- UNI 8769** *Prove non distruttive. Apparecchiature ad ultrasuoni. Verifica delle caratteristiche controllabili mediante blocchi di calibrazione.*
- UNI 9094** *Prove non distruttive. Determinazione della velocità di propagazione degli ultrasuoni nei materiali solidi.*
- UNI EN 10246-7** *Prove non distruttive dei tubi di acciaio. Controllo automatico con ultrasuoni per la ricerca di imperfezioni longitudinali su tutta la circonferenza di tubi di acciaio senza saldatura e saldati (escluso all'arco sommerso).*
- UNI EN 1712** *Controllo non distruttivo delle saldature. Controllo mediante ultrasuoni dei giunti saldati. Livelli di accettabilità.*
- UNI EN 1714** *Controllo non distruttivo delle saldature. Controllo mediante ultrasuoni dei giunti saldati.*
- UNI EN 27963** *Saldature in acciaio. Blocco di riferimento N° 2 per il controllo mediante ultrasuoni delle saldature.*
- UNI EN 473** *Qualifica e certificazione del personale addetto alle prove non distruttive. Principi generali.*
- UNI EN 583-1** *Prove non distruttive. Esame ad ultrasuoni. Principi generali.*
- UNI ISO 9305** *Tubi di acciaio senza saldatura per impieghi a pressione. Controllo con ultrasuoni su tutta la circonferenza per la rilevazione di imperfezioni trasversali.*
- UNI ISO 9764** *Tubi di acciaio saldati per resistenza elettrica o a induzione per impieghi a pressione. Rilevazione delle imperfezioni longitudinali nel cordone di saldatura mediante controllo con ultrasuoni.*

133.6.4. Metodo radiografico

L'esame dell'elemento è effettuato sfruttando i raggi X e la loro capacità di penetrare i metalli fino ad una certa profondità. In sostanza il metodo si fonda sull'assorbimento differenziale dei raggi X (o Gamma) da parte dell'elemento da controllare e sull'annerimento della pellicola - posta alle spalle dell'elemento - sensibile alle radiazioni emergenti. Offre quindi possibilità simili a quelle dell'esame ultrasonoro. Quest'ultimo infatti è in grado di stabilire le coordinate spaziali dell'eventuale difetto, mentre l'esame radiografico ne mostra un'immagine bidimensionale piatta.

I risultati inoltre non sono immediati come nel caso del controllo ultrasonoro, perché le lastre radiografiche vanno ovviamente sviluppate e quindi lette sull'idoneo visore.

Per quanto riguarda il controllo radiografico si segnala la tabella riportata dalla **UNI 7278** relativa ai gradi di difettosità nelle saldature testa a testa e che ha lo scopo di dare degli orientamenti uniformativi sui criteri di giudizio. La tabella, pur considerando vari tipi di costruzioni e varie condizioni di servizio, non dà regole per l'accettabilità dei difetti, ma li raggruppa opportunamente in gradi e fornisce esempi di categorie di qualità delle saldature, che possono essere scelte dal progettista o dal collaudatore come regola di accettabilità, quando non vi siano ragioni particolari che consiglino l'adozione di criteri diversi.

133.6.4.1. Norme UNI di riferimento

- UNI 7278** *Gradi di difettosità nelle saldature testa a testa riferiti al controllo radiografico. Dimensioni, simboli ed esempi di applicazione*
- UNI 10660** *Prove non distruttive. Controllo radiografico mediante raggi X di manufatti plastici e/o compositi. Criteri generali.*
- UNI EN 12517** *Controllo non distruttivo delle saldature. Controllo radiografico dei giunti saldati. Livelli di accettabilità.*
- UNI EN 1330-3** *Prove non distruttive. Terminologia. Termini utilizzati nel controllo radiografico industriale.*
- UNI EN 1435** *Controllo non distruttivo delle saldature. Controllo radiografico dei giunti saldati.*
- UNI ISO 4993** *Getti di acciaio. Controllo radiografico.*

UNI SPERIMENTALE 7278 Gradi di difettosità nelle saldature testa a testa riferiti al controllo radiografico.
Dimensioni, simboli ed esempi di applicazione.

133.7. Strutture imbullonate

I bulloni sono organi di collegamento tra elementi metallici, introdotti in fori opportunamente predisposti, composti dalle seguenti parti:

- gambo completamente o parzialmente filettato con testa esagonale (vite);
- dado, che viene avvitato nella parte filettata della vite;
- rondelle.

In presenza di vibrazioni dovuti a carichi dinamici, per evitare lo svitamento del dado vengono applicati rondelle elastiche oppure dei controdati.

133.7.1. Esecuzione e controllo delle unioni

Le superfici di contatto al montaggio si devono presentare pulite, prive di olio, vernice, scaglie di laminazione, macchie di grasso.

La pulitura deve, di norma, essere eseguita con sabbatura al metallo bianco; è ammessa la semplice pulizia meccanica delle superfici a contatto per giunzioni montate in opera, purché vengano completamente eliminati tutti i prodotti della corrosione e tutte le impurità della superficie metallica.

Il serraggio dei bulloni può essere effettuato:

- a) mediante chiave dinamometrica a mano, con o senza meccanismo limitatore della coppia applicata, o chiavi pneumatiche con limitatore della coppia applicata, tutte peraltro devono essere tali da garantire una precisione non minore di $\pm 5\%$. Il valore della coppia di serraggio T_s , da applicare sul dado o sulla testa del bullone, in funzione dello sforzo normale N_s presente nel gambo del bullone è dato dalla seguente relazione:

$$T_s = 0,20 \cdot N_s \cdot d$$

dove d è il diametro nominale di filettatura del bullone, $N_s = 0,80 \cdot f_{k,N} \cdot A_{res}$, essendo A_{res} l'area della sezione resistente della vite e $f_{k,N}$ tensione di snervamento.

La norma CNR 10011 detta precise regole riguardo le dimensioni che devono avere i bulloni normali e quelli ad alta resistenza, i materiali impiegati per le rosette e le piastrine, il modo di accoppiare viti e dadi ed il modo in cui devono essere montate le rosette.

Tabella 133.3. Valori dell'area resistente, della forza normale e della coppia di serraggio per vari tipi di bulloni (CNR 10011)

Diametro D (mm)	Area resistente A _{res} (mm ²)	Coppia di serraggio T _s (N·m)					Forza normale T _s (kN)				
		4,6	5,6	6,6	8,8	10,9	4,6	5,6	6,6	8,8	10,9
12	84	39	48	58	90	113	16	20	24	38	47
14	115	62	77	93	144	180	22	28	33	52	64
16	157	96	121	145	225	281	30	38	45	70	88
18	192	133	166	199	309	387	37	46	55	86	108
20	245	188	235	282	439	549	47	59	71	110	137
22	303	256	320	384	597	747	58	73	87	136	170
24	353	325	407	488	759	949	68	85	102	158	198
27	459	476	595	714	1110	1388	88	110	132	206	257
30	561	646	808	969	1508	1885	108	135	161	251	314

- b) mediante serraggio a mano o con chiave a percussione fino a porre a contatto le lamiere fra testa e dado. Si dà infine una rotazione al dado compresa fra 90° e 120° con tolleranze di 60° in più.

Durante il serraggio la norma CNR UNI 10011 consiglia di procedere nel seguente modo:

- serrare i bulloni, con una coppia pari a circa il 60% della coppia prescritta, iniziando dai bulloni più interni del giunto e procedendo verso quelli più esterni;
- ripetere l'operazione, come sopra detto, serrando completamente i bulloni.

Per verificare l'efficienza dei giunti serrati, il controllo della coppia torcente applicata può essere effettuato in uno dei seguenti modi:

si misura con chiave dinamometrica la coppia richiesta per fare ruotare ulteriormente di 10° il dado;

dopo avere marcato dado e bullone per identificare la loro posizione relativa, il dado deve essere prima allentato con una rotazione pari a 60° e poi riserrato, controllando se l'applicazione della coppia prescritta riporta il dado nella posizione originale.

Se in un giunto anche un solo bullone non risponde alle prescrizioni circa il serraggio, tutti i bulloni del giunto devono essere controllati.

Nella pratica esecutiva del controllo in situ si usa verniciare di colore verde i bulloni che risultano conformi ed in rosso quelli non conformi. Le indagini vengono condotte redigendo delle tabelle, una per ogni collegamento, nelle quali vengono riportati le seguenti caratteristiche: valore della coppia di serraggio, mancanza del bullone, non coincidenza tra gli assi del foro e del bullone, ecc..

Art. 134 - Controllo sulle strutture in legno

134.1. Generalità

Il Direttore dei lavori dovrà accertarsi che siano state effettuate verifiche di:

- controllo sul progetto;
- controllo sulla produzione e sull'esecuzione fuori e dentro il cantiere;
- controllo sulla struttura dopo il suo completamento.

Il controllo sul progetto dovrà comprendere una verifica dei requisiti e delle condizioni assunte per il progetto.

Il controllo sulla produzione e sull'esecuzione dovrà comprendere documenti comprovanti:

- le prove preliminari, per esempio prove sull'adeguatezza dei materiali e dei metodi produttivi;
- controllo dei materiali e loro identificazione, per esempio:
 - per il legno ed i materiali derivati dal legno: specie legnosa, classe, marchiatura, trattamenti e contenuto di umidità;
 - per le costruzioni incollate: tipo di adesivo, procedimento produttivo, qualità dell'incollaggio;
 - per i connettori: tipo, protezione anticorrosione;
- trasporto, luogo di immagazzinamento e trattamento dei materiali;
- controllo sulla esattezza delle dimensioni e della geometria;
- controllo sull'assemblaggio e sulla messa in opera;
- controllo sui particolari strutturali, per esempio: numero dei chiodi, bulloni, ecc.; dimensioni dei fori, corretta preforatura;
- interassi o distanze rispetto alla testata od ai bordi, fessurazioni;
- controllo finale sul risultato del processo produttivo, per esempio attraverso un'ispezione visuale e prove di carico.

Controllo della struttura dopo il suo completamento.

Un programma di controlli dovrà specificare i tipi di controllo da effettuare durante l'esercizio ove non sia adeguatamente assicurato sul lungo periodo il rispetto dei presupposti fondamentali del progetto.

Tutti i documenti più significativi e le informazioni necessarie per l'utilizzo in esercizio e per la manutenzione della struttura dovranno essere raccolte dalla Direzione dei lavori in apposito fascicolo e poi messe a disposizione della persona che assume la responsabilità della gestione dell'edificio.

134.2. Norme di riferimento

UNI EN 384	<i>Legno strutturale. Determinazione dei valori caratteristici delle proprietà meccaniche e della massa volumica.</i>
UNI EN 385	<i>Legno strutturale con giunti a dita. Requisiti prestazionali e requisiti minimi di produzione.</i>
SS UNI U40.06.198.0	<i>Strutture di legno. Legno massiccio in dimensioni d'uso strutturale. Determinazione di alcune proprietà fisiche e meccaniche.</i>
UNI EN 380	<i>Strutture di legno. Metodi di prova. Principi generali per le prove con carico statico.</i>
UNI EN 383	<i>Strutture di legno. Metodi di prova. Determinazione della resistenza al rifollamento e dei moduli locali di rigidità per elementi di collegamento di forma cilindrica.</i>
UNI EN 408	<i>Strutture di legno. Legno massiccio e legno lamellare incollato. Determinazione di alcune proprietà fisiche e meccaniche.</i>
UNI EN 409	<i>Strutture di legno. Metodi di prova. Determinazione del momento di snervamento degli elementi meccanici di collegamento di forma cilindrica. Chiodi.</i>
UNI EN 518	<i>Legno strutturale. Classificazione. Requisiti per le norme di classificazione a vista secondo la resistenza.</i>
UNI EN 519	<i>Legno strutturale. Classificazione. Requisiti per il legno classificato a macchina secondo la resistenza e per le macchine classificatrici.</i>
UNI EN 594	<i>Strutture di legno. Metodi di prova. Resistenza rigidità di piastra di pannelli per pareti con telaio di legno.</i>
UNI EN 595	<i>Strutture di legno. Metodi di prova. Prova delle capriate per la determinazione della resistenza del comportamento a deformazione.</i>

UNI EN 596	<i>Strutture di legno. Metodi di prova. Prova di impatto con un corpo morbido su pareti con telaio di legno.</i>
UNI EN 789	<i>Strutture di legno. Metodi di prova. Determinazione di proprietà meccaniche di pannelli a base di legno.</i>
UNI EN 1195	<i>Strutture di legno. Metodi di prova. Comportamento di assiti portanti di solai</i>
UNI EN 1912	<i>Legno strutturale. Classi di resistenza. Assegnazione delle categorie visuali e delle specie</i>
UNI ENV 1995-2	<i>Eurocodice 5. Progettazione delle strutture di legno. Parte 2: Ponti</i>
UNI ENV 1995-1-1	<i>Eurocodice 5. Progettazione delle strutture di legno. Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.</i>
UNI ENV 1995-1-2	<i>Eurocodice 5. Progettazione di strutture di legno. Parte 1-2: Regole generali. Progettazione strutturale contro l'incendio.</i>

Art. 135 - Prove non distruttive sul legno lamellare

135.1. Controlli non distruttivi

I controlli non distruttivi sugli elementi in legno che possono essere eseguiti sulle strutture in opera, a discrezione della Direzione dei lavori, possono riguardare³²:

- a) *controllo dell'umidità*. Il controllo può essere effettuato con igrometro elettrico a conducibilità. Tale strumento che viene tarato in funzione della specie, fornisce subito il valore dell'umidità percentuale del legno; i valori devono essere corretti per tenere conto della temperatura del legno e dell'eventuale presenza di gradienti di umidità;
- b) *controllo dell'elasticità del materiale*;
- c) *controllo con ultrasuoni*. Il controllo ha lo scopo di verificare l'omogeneità dell'elemento strutturale;
- d) *controllo per percussione*. Il controllo è eseguito provocando una percussione ad un'estremità dell'elemento ed acquisendo mediante un accelerometro la vibrazione all'estremità opposta. Sulla base dei valori di frequenza, periodo e smorzamento, ecc. si risale all'omogeneità ed alle caratteristiche meccaniche del legno in opera;
- e) *durezza Brinell*. La prova misura la penetrazione di una sfera d'acciaio del diametro di 10 mm provocata da una forza di intensità nota di circa 0,5 kN, 1 kN o 2 kN e sulla base di curve di correlazione si determina la resistenza a flessione del legno;
- f) *durezza Janka*. La prova misura la forza necessaria atta a far penetrare nel legno una sfera d'acciaio del diametro di 11,284 mm per una profondità pari al raggio. Sulla base di curve di correlazione è possibile determinare la resistenza a flessione del legno;
- g) *punta carotatrice*. Tale strumento permette l'estrazione, mediante trapanatura, di carote in legno del diametro di 1-3 cm per essere impiegate in esami di laboratorio;
- h) *trivella di Pressler*. Tale strumento permette, anch'esso, l'estrazione mediante avvitatura di una carota in legno del diametro di circa 2 cm per essere impiegata in esami di laboratorio.

135.2. Prove di laboratorio

Le prove di laboratorio eseguite su provini di legno lamellare prelevati dalla struttura in opera riguardano la determinazione della:

- resistenza a compressione assiale;
- resistenza a trazione assiale;
- resistenza a trazione degli incollaggi tra le lamelle;
- resistenza a taglio delle fibre di legno e degli incollaggi tra le lamelle;
- resistenza a flessione e del modulo elastico.

135.3 Norme di riferimento

- UNI EN 386** *Legno lamellare incollato. Requisiti prestazionali e requisiti minimi di produzione.*
- UNI ENV 387** *Legno lamellare incollato. Giunti a dita a tutta sezione. Requisiti prestazionali e requisiti minimi di produzione.*
- UNI EN 390** *Legno lamellare incollato. Dimensioni. Scostamenti ammissibili.*
- UNI EN 391** *Legno lamellare incollato. Prova di delaminazione delle superfici di incollaggio.*
- UNI EN 392** *Legno lamellare incollato. Prova di resistenza a taglio delle superfici di incollaggio.*
- UNI EN 408** *Strutture di legno. Legno massiccio e legno lamellare incollato. Determinazione di alcune proprietà fisiche e meccaniche.*
- UNI EN 1193** *Strutture di legno. Legno strutturale e legno lamellare incollato. Determinazione della resistenza a taglio e delle proprietà meccaniche perpendicolari alla fibratura*
- UNI EN 1194** *Strutture di legno. Legno lamellare incollato. Classi di resistenza e determinazione dei valori caratteristici.*

NOTE

¹ Norma CNR n. 159, anno XXVI, pubblicata sul Bollettino Ufficiale Consiglio Nazionale delle Ricerche, Parte IV, Norme Tecniche del 23 dicembre 1992.

² ASTM C42-90, *Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete*.

³ CENT/TC104/SC1/TG11 n. 49, draft prPEN, *Assessment of concrete compressive strength structures or in structural elements*.

⁴ L'ANAS assume $D = 2,00$ per perforazioni verticali e $D = 1,84$ per perforazioni orizzontali (Notiziario e Bollettino Ufficiale, gennaio - febbraio - marzo 1988).

⁵ Collepardi M., *Scienza e tecnologia del calcestruzzo*, Milano 1991.

⁶ Tale metodica fa la sua comparsa in Russia nei primi anni trenta. Successivamente, sebbene con procedure diverse, trova una sua limitata applicazione in USA ed in Canada ed in tempi più recenti nei paesi Scandinavi. Oggi, grazie al nuovo ruolo acquisito dai metodi di prova non distruttivi nella valutazione sia della resistenza, in situ, di strutture esistenti, sia come controllo della qualità dei manufatti prodotti in stabilimento, che si sono create le condizioni per una più ampia sperimentazione ed applicazione. In Italia i primi studi cominciano intorno al 1976, presso l'Istituto di Scienza delle Costruzioni del Politecnico di Torino.

⁷ Le prove, suffragate anche da considerazioni teoriche basate sulla rottura plastica del calcestruzzo hanno mostrato che la forza P_0 dipende essenzialmente dalla resistenza a compressione solamente per angoli β del tronco di cono estratto compresi fra 30° e 35° .

Per angoli $\beta > 45^\circ$, P_0 coincide, a meno di una costante di proporzionalità, con la resistenza a trazione, per calcestruzzi ad alta resistenza, nei quali generalmente la resistenza a trazione, e quindi P_0 , tende a stabilizzarsi al crescere della resistenza a compressione; ciò comporta l'impossibilità di misurazioni significative

In tal caso infatti a variazioni anche modeste di P_0 lette sulle ordinate di tale diagramma, corrispondono sull'asse delle ascisse variazioni D/R molto grandi.

Questo inconveniente non si verifica invece per angoli $\beta @ 33^\circ$ per i quali la relazione $P_0 - R$ è una funzione lineare.

Il meccanismo di rottura del conglomerato con distacco dell'elemento tronco conico dovuto alla asportazione dello stelo di acciaio può essere spiegato con il criterio di rottura per scorrimento di Coulomb con alcuni adattamenti che tengono conto della plasticità del calcestruzzo. Tale criterio come è noto è dato da:

$$t = c + s \operatorname{tg} j \quad (1)$$

in cui t e s sono rispettivamente la tensione tangenziale e normale alla superficie di scorrimento, mentre c e j indicano la coesione e l'angolo di attrito interno del materiale.

L'angolo j dei calcestruzzi è funzione della qualità degli aggregati e del trasporto acqua/cemento e varia da 34° a 43° circa, pertanto mediamente $j = 35^\circ$.

In sintesi una rappresentazione simbolica del meccanismo di rottura precedente può essere schematizzata come nel seguito: la porzione di calcestruzzo compresa fra lo stelo e l'anello di contrasto costituisce una serie di bielle rigide, con l'asse disposto secondo la direzione delle isostatiche di compressione, mentre le zone tese, ad esse perpendicolari, costituiscono altrettanti tiranti. La struttura si rompe per cedimento del calcestruzzo compresso.

⁸ La tecnica di tipo penetrometrico per la stima della resistenza del calcestruzzo, nota come sonda Windsor, ottiene un consistente sviluppo intorno alla metà degli anni sessanta grazie alla collaborazione fra una Committente pubblica, la Port of New York Authority, New York e l'impresa manifatturiera privata, la Windsor Machinery Co., Connecticut. I risultati delle ricerche promosse dalla Port of New York Authority, furono presentati nel 1970, al convegno del: Committee on Mechanical Properties of Concrete, Highway Research Board, Washington, D.C.

La prova fornisce una misura della durezza superficiale analogamente agli altri metodi basati sulla misura dell'impronta, martello a molla di Frank, o il martello a pendolo di Einbek, o sul principio del rimbalzo, sclerometro di Schimdt.

Gli studi e le indagini sperimentali sono state finalizzate stabilire correlazioni empiriche fra la penetrazione della sonda e la resistenza a compressione di un calcestruzzo. La tesi originariamente sostenuta che la penetrazione della sonda rifletta la "precisa resistenza a compressione in un'area localizzata", non è strettamente vera, è però vero che il metodo corredato di una opportuna curva di calibrazione riferita al diametro dell'inerte ed alla sua durezza, misurata secondo la scala di Mohs specifica di una determinata produzione di calcestruzzo, consente la stima qualitativa della classe di resistenza a compressione.

⁹ Il metodo di prova è relativamente semplice ed è sufficientemente illustrato nel manuale d'uso fornito dalla casa costruttrice e nella ASTM C 803.

¹⁰ Le prove sclerometriche trovano fondamento nella correlazione, trovata da Schimdt, fra la durezza superficiale di un calcestruzzo e la sua resistenza a compressione. I grossolani limiti del metodo, riconducibili alla poca rappresentatività di misure influenzate da condizioni locali non catalogabili: dimensione degli inerti o presenza di barre in coincidenza delle battute; effetti del fenomeno di carbonatazione, o dell'eventuale degrado della pasta di cemento, sulla durezza superficiale suggerirebbero altre e più valide alternative, però la notevole economicità dell'attrezzatura, la semplicità di

esecuzione e la notevole diffusione, anche fra i non addetti ai lavori, impongono una riflessione, infatti esistono riferimenti normativi, nazionali UNI 9189 ed esteri per esempio ASTM C 805, che descrivono rigorosamente la procedura cui riferirsi per eseguire la prova, i campi di applicazione e le limitazioni del metodo. Con tali premesse la stima della resistenza a compressione di un calcestruzzo, realizzata con metodi basati sulla durezza superficiale, non può che essere qualitativa ed utilizzabile per il confronto di getti omogenei o per la stima dell'indurimento relativo di un calcestruzzo, in tutti questi casi è indispensabile la presenza di una curva di taratura sperimentale specifica per quella categoria di componenti.

¹¹ Un impulso, applicato ad una massa solida, genera tre tipi di onde: superficiali, che hanno uno spostamento ellittico della particella, sono le più lente; di taglio o trasversali che hanno uno spostamento della particella perpendicolare alla direzione di propagazione, sono più veloci delle precedenti; longitudinali, con spostamento della particella nella direzione di propagazione, sono note anche con il nome di onde di compressione, sono le più importanti perché sono le più veloci e ci forniscono le informazioni più utili.

I trasduttori elettro acustici producono principalmente onde di questo ultimo tipo; gli altri tipi di onde, per la loro velocità più lenta, sono invece causa di piccole interferenze. La velocità dell'onda dipende oltre che dalle proprietà elastiche anche dalla massa del mezzo, per cui una volta note la massa e la velocità dell'onda, sarà possibile determinare le proprietà elastiche.

¹² Per la stesura di questo paragrafo si è fatto riferimento alle *Raccomandazioni per l'esecuzione di prove su tiranti in roccia*, Raccomandazioni ISRM, in Rivista Italiana di geotecnica, n. 1, 1993.

¹³ Vi sono casi in cui le condizioni di funzionamento del palo durante la prova di carico e durante l'esercizio sono profondamente diverse: tipico è il caso dei pali che, nella parte superiore, attraversano terreni coerenti teneri in fase di consolidazione destinati ad esercitare nel tempo attrito negativo; le condizioni di esercizio sono perciò più sfavorevoli di quelli della prova. In queste condizioni affinché la prova di carico sia significativa, alla testa del palo è opportuno applicare oltre ad un multiplo prefissato del carico di esercizio, un carico all'incirca doppio della resistenza laterale stimata nello strato compressibile.

¹⁴ L'interpretazione delle misure relative a questa prova richiede la conoscenza della rigidità flessionale del palo alle varie profondità. Nei pali tubolari in acciaio vanno perciò misurati diametro e spessore delle pareti in più punti prima della loro infissione. Nei pali gettati in opera la geometria del palo può essere dedotta o in base ai successivi volumi di calcestruzzo gettato o da misure del diametro del foro effettuate a diverse profondità con apposito calibro. Il modulo di elasticità del calcestruzzo del palo dovrebbe essere ricavato sperimentalmente su provini.

¹⁵ La prova è stata sviluppata in Francia dal *Centre Expérimental de Recherches et D'Etudes du Bâtiment et des Travaux Publics* (CEBTP).

¹⁶ Carrubba P. - Maugeri M., *Interpretazione delle prove di ammettenza meccanica*, in CIAS, *Tecniche per il controllo non distruttivo dei pali di fondazione*, Catania 16 dicembre 1994.

¹⁷ Viaggini C., *Fondazioni*, op. cit.

¹⁸ CND. Controlli non distruttivi s.r.l., *Metodi non distruttivi di controllo delle fondazioni profonde*, Roma.

¹⁹ CND. Controlli non distruttivi s.r.l., op. cit.

²⁰ CND. Controlli non distruttivi s.r.l., op. cit.

²¹ *Raccomandazioni per l'esecuzione di prove su tiranti in roccia*, Raccomandazioni ISRM, in Rivista Italiana di geotecnica, n. 1, 1993.

²² *Raccomandazioni per l'esecuzione di prove su tiranti in roccia*, Raccomandazioni ISRM, in Rivista Italiana di geotecnica, n. 1, 1993.

²³ *Raccomandazioni per l'esecuzione di prove su tiranti in roccia*, Raccomandazioni ISRM, in Rivista Italiana di geotecnica, n. 1, 1993.

²⁴ Il carico di Lock-off è il carico trasferito al dispositivo di bloccaggio immediatamente al termine dell'operazione di tesatura del tirante.

²⁵ Per la stesura del seguente paragrafo si è fatto riferimento alle Raccomandazioni AICAP, *Ancoraggi nei terreni e nelle rocce*, 1991.

²⁶ Il seguente paragrafo riporta integralmente le Raccomandazioni AICAP, *Ancoraggi nei terreni e nelle rocce*, 1993.

²⁷ Metalcontrol. Controlli non distruttivi. *Principi di controllo di qualità e di collaudo delle strutture saldate*, Palermo.

²⁸ G. Nardoni - P. Nardoni - M. Trainini - A. Trainini, *Diagnosi del crollo di una palestra. Esempio di non applicazione delle prove non distruttive*, in AIPnD, *Sistema qualità e prove non distruttive per l'affidabilità e la sicurezza delle strutture civili*, Bologna - SAIE 1994, 21 ottobre 1994. L'indagine condotta dalla Commissione ha attribuito il crollo della palestra unicamente a difetti di esecuzione di saldature. A causa del cedimento della saldatura è diminuita la capacità resistente in campo elastico di una trave poi collassata, poiché le tensioni nell'acciaio e nel conglomerato cementizio hanno raggiunto valori pari a quelli che provocano la plasticizzazione della sezione.

²⁹ Il giunto saldato ha la particolarità caratteristica di unire permanentemente due parti solide realizzando la continuità del materiale; proprio per questa ragione le costruzioni saldate sono spesso definite monolitiche. Qualora detta continuità sia imperfetta, si ha un difetto di saldatura, ma non tutte le imperfezioni delle saldature sono catalogabili

come difetti di saldatura. Infatti in una costruzione saldata si possono verificare inconvenienti anche dopo un certo periodo di esercizio ed è spesso difficile stabilire se essi sono stati causati proprio dalle alterazioni determinate dal procedimento di saldatura o da altre cause.

Le condizioni di servizio possono, ad esempio determinare inconvenienti come:

- cricche (da attacco corrosivo, da tensocorrosione, da fatica, ecc.);
- cavità superficiali provocate da corrosioni;
- alterazioni strutturali come ingrossamento del grano;
- precipitazioni di fasi nocive alla resistenza meccanica o a quella alla corrosione del materiale dovute a trattamenti termici non corretti o a condizioni termiche di esercizio non adatte ai materiali adottati.

³⁰ Una rottura fragile può innescarsi anche lontano dal giunto saldato, con basso livello di sollecitazione esterna, e propagarsi fulmineamente senza deformare plasticamente il materiale in corrispondenza della frattura (fragilità)

³¹ Il tipo di liquido penetrante dipende dagli obiettivi del metodo di controllo.

³² Zarri F., *Prove non distruttive sulle costruzioni in legno lamellare*, in *Sistema qualità e prove non distruttive per l'affidabilità e la sicurezza delle strutture civili*, Bologna, SAIE, 21 ottobre 1994.