

# Comune di Trieste

DIPARTIMENTO LAVORI PUBBLICI,  
FINANZA DI PROGETTO E PARTENARIATI  
SERVIZIO EDILIZIA SCOLASTICA E SPORTIVA,  
PROGRAMMI COMPLESSI



**Opere di miglioramento sismico della Scuola primaria  
Gaspardis di via Donadoni n. 28 - Trieste**

Codice opera 19132  
Cig: 8691750301

**PROGETTO ESECUTIVO**  
SCHEMA DI CONTRATTO  
CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO  
CRONOPROGRAMMA

TAV. C\_3

DATA 29 APRILE 2021

**Ing. Giorgio Altin – Via G. Donizetti 1 – Trieste**

## **Schema di Contratto**

**COMUNE DI TRIESTE**

Cod. Fisc. e P. IVA 00210240321      Prot. n.

Dipartimento Servizi di Amministrazione

Servizio Progetti Strategici e Appalti, Contratti, Affari Generali

OGGETTO:

IMPRESA / ATI / RTI / CONSORZIO: \_\_\_\_\_

(C.F. e P. IVA \_\_\_\_\_)

CUP: \_\_\_\_\_ - CIG: \_\_\_\_\_

Premesso che:

con determinazione dirigenziale n. \_\_\_\_ adottata il \_\_\_\_, esecutiva dal \_\_\_\_, a firma del/della dirigente \_\_\_\_ è stato approvato il progetto esecutivo dei lavori per le opere di miglioramento sismico della Scuola primaria Gaspardis di via Donadoni n. 28 - Trieste;

il progetto prevede un importo dei lavori a base di gara pari a complessivi Euro 496283.93 di cui Euro 16331.96 per oneri per la sicurezza stimati dalla stazione appaltante e non soggetti a ribasso per un totale di Euro 512615.89, al netto dell'IVA ai sensi di legge;

con il medesimo provvedimento / con determinazione dirigenziale n. \_\_\_\_ dd. \_\_\_\_, è stata indetta la gara di appalto mediante il criterio del minor prezzo ai sensi dell'art. 148 co. 6 del D.lgs. n. 50/2016 come modificato dal D.lgs. n. 56/2017 denominato "Codice contratti pubblici";

in esito all'esperimento della procedura di gara, è stata proposta l'aggiudicazione dell'appalto all'Impresa \_\_\_\_ (eventualmente: Consorzio/ATI composta da \_\_\_\_ mandataria, \_\_\_\_ mandante \_\_\_\_ mandante), sulla scorta dell'offerta tecnica e quella economica prodotta dall'Impresa (eventualmente: Consorzio/ATI) e del ribasso pari al \_\_\_\_% sull'importo a base di gara e, quindi, al prezzo offerto di Euro \_\_\_\_ più Euro 16331.96 per oneri per la sicurezza stimati dalla stazione appaltante per totali Euro \_\_\_\_ più IVA in misura di legge;

con determinazione dirigenziale n. \_\_\_\_ adottata il \_\_\_\_, esecutiva dal \_\_\_\_, a firma del/della dirigente \_\_\_\_ e per le motivazioni ivi addotte, l'appalto è stato aggiudicato all'Impresa \_\_\_\_ (eventualmente: Consorzio/ATI);

in data \_\_\_\_ è stata inviata ai controinteressati la comunicazione di cui all'art. 76 comma 5 del D.Lgs. 18.04.2016 n. 50;

alla data odierna è decorso il prescritto termine di *stand still* e che, pertanto, è possibile procedere alla stipulazione del contratto d'appalto con l'impresa aggiudicataria;

in ottemperanza al D.Lgs. 6.9.2011, n. 159 e successive modificazioni e integrazioni, è stata acquisita la documentazione antimafia conservata in atti;

tutto ciò premesso,

tra il **COMUNE di TRIESTE** rappresentato da \_\_\_\_\_, nato/a a \_\_\_\_\_ il \_\_\_\_\_, Dirigente del Dipartimento / del Servizio \_\_\_\_\_, domiciliato agli effetti del presente atto nel Palazzo Municipale di Piazza dell'Unità d'Italia n. 4, il quale interviene e stipula ai sensi e per gli effetti degli articoli 107, comma 3, lettera c) del D.Lgs. n. 267 dd. 18.8.2000 e 82 del Regolamento per la disciplina dei Contratti del Comune di Trieste e dichiara di agire esclusivamente in nome, per conto e nell'interesse dell'Amministrazione che rappresenta;

e l'**Impresa / ATI / RTI** \_\_\_\_\_, in seguito più brevemente detta anche "appaltatore", con sede a \_\_\_\_\_, (eventualmente se ATI o RTI: costituito con mandato speciale con rappresentanza atto Rep. n. \_\_\_\_ Racc. n. dd. \_\_\_\_\_ a rogito del dott. \_\_\_\_\_, Notaio in \_\_\_\_\_, registrato a \_\_\_\_\_ il \_\_\_\_\_ sub n. \_\_\_\_ serie \_\_, conservato in atti in copia conforme) \_\_\_\_\_, rappresentata da \_\_\_\_\_ nato/a a \_\_\_\_\_ il \_\_\_\_\_, che interviene e stipula in qualità di \_\_\_\_\_ e legale rappresentante del (eventualmente: come risulta da procura allegata sub "..." al presente atto quale sua parte integrante e sostanziale) ed in quanto tale legale rappresentante dell'Impresa ed è domiciliato per la sua carica presso la menzionata sede della società stessa.

si conviene e stipula il presente

## **CONTRATTO D'APPALTO**

### **ART. 1) - Premesse**

Le premesse e gli atti in esse richiamati formano parte integrante e sostanziale del presente atto.

### **ART. 2) - Oggetto del contratto**

Il Comune di Trieste, come sopra rappresentato, in virtù degli atti in premessa citati, affida all'Impresa (eventualmente: Consorzio/ATI) \_\_\_\_\_ che, a mezzo del sopra indicato legale rappresentante, accetta senza riserva alcuna, l'appalto dei lavori relativi Opere di miglioramento sismico della Scuola primaria Gaspardis di via Donadoni n. 28 – Trieste – codice opera 19132, sulla base dell'offerta prodotta in sede di gara e formulata sulla base del criterio dell'offerta prodotta in sede di gara e formulata mediante – *ribasso sull'Elenco Prezzi Unitari*.

L'appalto comprende tutti i lavori, le forniture e le provviste e quant'altro necessario per dare i lavori completamente compiuti, secondo le condizioni stabilite dal presente contratto, dal Capitolato Speciale d'Appalto e sulla scorta delle caratteristiche tecniche, qualitative e quantitative previste nel progetto esecutivo e in tutti i suoi elaborati tecnici che l'appaltatore dichiara espressamente di conoscere e di accettare integralmente e che qui si intendono integralmente riportati e trascritti con rinuncia a qualsiasi contraria eccezione.

L'appaltatore prende atto che l'esecuzione dei lavori deve avvenire nel rispetto della vigente normativa in materia e secondo le regole dell'arte.

### **ART. 3) - Documenti che fanno parte del contratto**

Fanno parte del presente contratto e sono allegati allo stesso:

- Progetto esecutivo – Relazione sismica e sulle strutture Verifica sismica delle strutture esistenti – Relazione di calcolo e sui materiali impiegati – Tav RE\_1
  - Progetto esecutivo – Fascicolo dei calcoli – Tav RE\_2
  - Progetto esecutivo – Analisi storico critica e relazione sulle strutture esistenti – Relazione storico artistica di progetto – Tav RE\_3
  - Progetto esecutivo – Piano di manutenzione dell'opera – Tav RE\_4
  - Progetto esecutivo – Computo metrico estimativo con incidenza della mano d'opera – Tav C\_1
  - Progetto esecutivo – Elenco prezzi unitari ed analisi dei nuovi prezzi – Tav C\_2
  - Progetto esecutivo – Quadro economico – Tav C\_3
  - Progetto esecutivo – Piano di sicurezza e coordinamento – Tav PSC
- 
- Offerta prodotta dall'appaltatore;
  - Relazione tecnica;
  - Schema di contratto;
  - Capitolato Speciale d'Appalto;
  - Piano di sicurezza e coordinamento;
  - Computo metrico estimativo;
  - Elenco dei prezzi unitari

#### *Elaborati grafici:*

- Progetto esecutivo – Pianta interventi sottotetto – Tav PE\_1
- Progetto esecutivo – Particolari interventi sottotetto – Tav PE\_2
- Progetto esecutivo – Interventi secondo piano – Tav PE\_3
- Progetto esecutivo – Interventi primo piano – Tav PE\_4
- Progetto esecutivo – Interventi pianoterra – Tav PE\_5
- Progetto esecutivo – Interventi sul prospetto principale e sul prospetto Nord – Tav PE\_6
- Progetto esecutivo – Interventi sui prospetti Est e Sud – Tav PE\_7
- Progetto esecutivo – Interventi al piano seminterrato – Tav PE\_8
- Progetto esecutivo – Modifiche Impianti – I\_1

Sono, altresì, contrattualmente vincolanti tutte le leggi e le norme attualmente vigenti in materia di lavori pubblici, nonché l'Atto d'intesa per la sicurezza negli appalti di lavori (e manutenzione delle aree verdi) del Comune di Trieste approvato con deliberazione giunta 234 dd. 28 giugno 2007.

Hanno invece effetto ai soli fini dell'aggiudicazione e sono altresì estranei al contratto e non ne costituiscono in alcun modo riferimento negoziale, le quantità delle singole lavorazioni indicate sugli atti progettuali.

Fanno parte del contratto i prezzi unitari offerti dall'appaltatore in sede di gara per la parte di lavoro "a misura", i quali costituiscono prezzi contrattuali e sono anche vincolanti per l'appaltatore ai fini della definizione, valutazione e contabilizzazione di eventuali varianti, addizioni e detrazioni in corso d'opera.

#### **ART. 4) - Interpretazione**

In caso di discordanza tra i vari elaborati di progetto o tra i citati elaborati e le norme del capitolato speciale, o di norme del detto capitolato speciale tra loro non compatibili o non compatibili con il contratto, o apparentemente non compatibili e, in genere, in tutti i casi nei quali sia necessaria l'interpretazione delle clausole contrattuali e delle disposizioni del capitolato speciale d'appalto e degli elaborati, si procede applicando gli articoli in materia contenuti nel codice civile (artt. 1362 e ss.).

#### **ART. 5) – Modalità di stipulazione del contratto**

Il presente contratto è relativo ad un "appalto a misura" come definito dall'art. 3, comma 1, lettera eeeee), del D.Lgs. n. 50/2016.

L'importo del contratto può variare, in aumento o in diminuzione, in base alle quantità effettivamente eseguite.

Il ribasso percentuale offerto dall'aggiudicatario in sede di gara si intende offerto e applicato a tutti i prezzi unitari in elenco i quali, così ribassati, costituiscono i prezzi contrattuali da applicare alle singole quantità eseguite.

I prezzi unitari offerti dall'appaltatore in sede di gara, come modificati ed integrati con i prezzi delle migliorie offerte dall'appaltatore in sede di gara, non hanno alcuna efficacia negoziale e l'importo complessivo dell'offerta, anche se determinato attraverso l'applicazione dei predetti prezzi unitari alle quantità, resta fisso e invariabile.

I prezzi contrattuali sono vincolanti anche per la definizione, valutazione e contabilizzazione di eventuali varianti, addizioni o detrazioni in corso d'opera, qualora ammissibili e ordinate o autorizzate ai sensi di legge.

#### **ART. 6) - Varianti**

Le modifiche del presente contratto in corso di validità e le varianti in corso d'opera possono essere ammesse esclusivamente nei casi di cui agli artt. 106 e 149 del D.Lgs 50/2016. (NB: art. 149 solo se beni culturali).

#### **ART. 7) – Termini per l'inizio ed ultimazione dei lavori**

Il tempo utile per ultimare tutti i lavori in appalto è fissato in **giorni 300(trecento)** naturali e consecutivi, decorrenti dalla data del verbale di consegna dei lavori medesimi, secondo quanto

previsto nel cronoprogramma di progetto.

Nel termine contrattuale è computata una quota pari al **20%** (ventipercento) per andamento climatico sfavorevole.

Prima dell'inizio dei lavori l'appaltatore deve presentare alla stazione appaltante la comunicazione di avvenuta denuncia di inizio dei lavori effettuata agli enti previdenziali, assicurativi ed antinfortunistici, inclusa la Cassa Edile della Provincia di Trieste, nonché copia della nomina del medico competente.

#### **ART. 8) – Corrispettivo del contratto**

Il corrispettivo dovuto all'appaltatore per il pieno e perfetto adempimento dell'appalto è fissato, come da offerta allegata, in complessivi Euro \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) più Euro \_\_\_\_ (\_\_\_\_,00) per oneri di sicurezza stimati dalla stazione appaltante per un ammontare complessivo di Euro \_\_\_\_\_ più IVA in misura di legge.

#### **ART. 9) – Termini dei pagamenti**

Ai sensi dell'art. 35, comma 18, del D.Lgs. n. 50/2016 è prevista la corresponsione in favore dell'appaltatore di un'anticipazione contrattuale fino al 30% (trenta per cento).

I pagamenti successivi all'anticipazione del 20% (venti per cento) avvengono per stati di avanzamento, mediante emissione di certificato di pagamento ogni volta che i lavori eseguiti, aumentati degli eventuali materiali utili a piè d'opera depositati in cantiere (questi ultimi valutati per la metà del loro importo), contabilizzati al netto del ribasso d'asta, comprensivi della relativa quota degli oneri per la sicurezza, raggiungano un importo netto non inferiore a **Euro \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_/00).**

Ai sensi dell'art. 30, comma 5, del D.Lgs. n. 50/2016 sull'importo netto progressivo dei lavori è operata una ritenuta dello 0,50% (zero virgola cinquanta per cento) da svincolarsi in sede di liquidazione finale, dopo l'approvazione da parte della stazione appaltante del certificato di collaudo, previo rilascio del DURC.

Ai sensi dell'art. 3, comma 1 e 2, del D.M. 145/2000, si precisa che l'Amministrazione è esentata da qualsiasi responsabilità in ordine ai pagamenti se disposti in attuazione delle disposizioni contenute nella comunicazione di conto dedicato.

Per eventuali cessioni di credito si fa rinvio all'art. 106, comma 13, del D.Lgs 50/2016.

I pagamenti potranno essere sospesi per gli eventuali tempi tecnici necessari per acquisire preventivamente il DURC dagli Enti abilitati al rilascio; in tal caso non verranno applicati interessi di mora sulle somme relative ai pagamenti sospesi per acquisire il DURC.

#### **ART. 10) - Tracciabilità dei flussi finanziari**

L'appaltatore assume gli obblighi di tracciabilità dei flussi finanziari di cui alla L. 13.8.2010, n. 136 e successive modificazioni, con particolare riferimento all'art. 3.

Nei contratti stipulati, per l'esecuzione anche non esclusiva del presente appalto, tra l'appaltatore e i subappaltatori / subcontraenti e nei contratti tra subappaltatori e propri subcontraenti dovranno essere inserite apposite clausole con cui i subappaltatori / subcontraenti assumono gli obblighi di tracciabilità dei flussi finanziari di cui alla succitata legge.

L'appaltatore si impegna a dare immediata comunicazione alla stazione appaltante ed alla prefettura – ufficio territoriale del Governo della Provincia di Trieste – della notizia di inadempimento della propria controparte (subappaltatore / subcontraente) agli obblighi di tracciabilità finanziaria.

I pagamenti dovranno essere effettuati, con modalità tracciabili ai sensi dell'art. 3 della L. n. 136/2010, utilizzando i conti correnti che l'appaltatore ha indicato come conti correnti dedicati in relazione all'appalto in oggetto indicando altresì i soggetti delegati ad operare sui suddetti conti correnti dedicati.

Il mancato utilizzo del bonifico bancario o postale ovvero degli altri strumenti idonei a consentire la piena tracciabilità delle operazioni finanziarie relative al presente appalto costituisce, ai sensi dell'art. 3, comma 9 bis, della L. n. 136/2010 e successive modificazioni, causa di risoluzione del presente contratto.

Al fine di assicurare l'effettiva tracciabilità dei pagamenti, le fatture elettroniche emesse in relazione al presente appalto, da inviare al Codice Univoco Ufficio (Codice Destinatario) B87H10, dovranno obbligatoriamente riportare il seguente Codice Identificativo Gara (CIG) \_\_\_\_\_ ed il Codice Unico di Progetto (CUP) \_\_\_\_\_.

#### **ART. 11) – Subappalto / subcontratto**

Si applicano, al riguardo, le disposizioni di legge vigenti con specifico riferimento all'art. 105 del D.Lgs. n. 50/2016 e successive modifiche e integrazioni.

L'appaltatore ha indicato, in sede di offerta, i seguenti lavori o parti di opere che intende subappaltare o concedere in cottimo: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

La stazione appaltante provvederà direttamente al pagamento nei casi indicati al comma 13 del succitato art. 105, e si riserva, in caso di esigenze particolari accertate in corso d'opera, di disporre la liquidazione diretta al subappaltatore anche in casi diversi da quelli sopraindicati.

I contratti di subappalto dovranno rispettare, a pena di inammissibilità dell'istanza di autorizzazione al subappalto, la disciplina di cui al D.Lgs. n. 192/2012 recante "*Modifiche al decreto legislativo 9 ottobre 2002, n. 231, per l'integrale recepimento della direttiva 2011/7/UE relativa alla lotta contro i ritardi di pagamento nelle transazioni commerciali, a norma dell'articolo 10, comma 1, della legge 11 novembre 2011, n. 180.*"

I contratti di subappalto dovranno rispettare, a pena di nullità, la disciplina di cui all'art. 3, comma 9 della L. 13.8.2010, n. 136 in materia di tracciabilità dei flussi finanziari.

Qualora gli apprestamenti, gli impianti e le altre attività di cui al punto 4) dell'ALL. XV al D.Lgs.



81/08 e s.m.i. siano effettuati da imprese in subappalto, l'appaltatore corrisponde ad esse senza alcun ribasso i relativi oneri per la sicurezza.

#### **ART. 12) – Garanzie definitive**

A garanzia degli impegni assunti con il presente appalto, la garanzia definitiva è calcolata in rapporto percentuale in base ai criteri stabiliti dall'art. 103 del D.Lgs 50/2016 ed è definita quindi in ragione di Euro \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) pari al **10%** dell'importo contrattuale (al netto dell'IVA ed al lordo degli oneri per la sicurezza).

A tale fine l'appaltatore ha prodotto la fideiussione bancaria/polizza fideiussoria assicurativa n. \_\_\_\_\_ rilasciata dalla \_\_\_\_\_ Agenzia di \_\_\_\_\_ in data \_\_\_\_\_ conservata in atti, redatta secondo le modalità indicate nel D.M. 123/2004.

La garanzia dovrà essere integrata entro 10 (dieci) giorni ogni volta che la stazione appaltante abbia proceduto alla sua escussione, anche parziale, a seguito della comminazione di eventuali penalità.

Lo svincolo della garanzia definitiva avverrà sulla base delle disposizioni di cui all'art. 103 del D.Lgs 50/2016.

#### **ART. 13) – Garanzie assicurative**

Ai sensi dell'art. 103, comma 7 del D.Lgs 50/2016, l'appaltatore è obbligato a costituire e consegnare alla stazione appaltante almeno 10 (dieci) giorni prima della consegna dei lavori una polizza di assicurazione che copra i danni subiti dalla stazione appaltante a causa del danneggiamento o della distruzione totale o parziale di impianti ed opere, anche preesistenti, verificatesi nel corso dell'esecuzione dei lavori, per un massimale corrispondente all'importo del contratto.

Detta polizza deve assicurare la stazione appaltante contro la responsabilità civile per danni causati a terzi nel corso dell'esecuzione dei lavori per un massimale pari a Euro 1.500.000,00 (per l'art. 103 comma 7 del D.Lgs. 50/2016 il massimale è pari al 5% della somma assicurata per le opere con un minimo di 500.000,00 euro ed un massimo di 5.000.000,00 di euro).

#### **ART. 14) - Termini per il certificato di collaudo o per l'accertamento della regolare esecuzione**

Le modalità tecniche di svolgimento del collaudo sono disciplinate dal decreto ministeriale di cui all'art. 102, comma 8 del D.Lgs. n. 50/2016, fino all'emanazione di detto decreto si applicano le disposizioni di cui alla Parte II Titolo X del D.P.R. 5.10.2010 n. 207 con i seguenti termini:

Il certificato di collaudo è emesso entro il termine perentorio di 6 (sei) mesi dall'ultimazione dei lavori ed ha carattere provvisorio; esso assume carattere definitivo trascorsi 2 (due) anni dalla data di emissione. Decorso tale termine, il collaudo si intende tacitamente approvato anche se l'atto formale di approvazione non sia intervenuto entro i successivi 2 (due) mesi.

Qualora il certificato di collaudo sia sostituito dal certificato di regolare esecuzione, questo deve essere emesso entro 3 (tre) mesi dall'ultimazione dei lavori.

L'accertamento della regolare esecuzione e l'accettazione dei lavori di cui al presente contratto avvengono con approvazione del predetto certificato che ha carattere provvisorio.

Il predetto certificato assume carattere definitivo decorsi 2 (due) anni dalla sua emissione e deve essere approvato dall'Amministrazione; il silenzio di quest'ultima protrattosi per 2 (due) mesi oltre il predetto termine di 2 (due) anni equivale ad approvazione.

Ai sensi dell'art. 102, comma 5, del D.Lgs. n. 50/2016 salvo quanto disposto dall'art. 1669 del codice civile, l'appaltatore risponde per la difformità ed i vizi dell'opera, ancorché riconoscibili, purché denunciati dalla Stazione appaltante prima che il certificato di collaudo assuma carattere definitivo.

L'appaltatore deve provvedere alla custodia, alla buona conservazione e alla gratuita manutenzione di tutte le opere e impianto oggetto fino all'approvazione, esplicita o tacita, degli atti di collaudo: resta nella facoltà dell'amministrazione richiedere la consegna anticipata di parte o di tutte le opere ultimate.

Durante l'esecuzione dei lavori la Stazione appaltante può effettuare operazioni di collaudo volte a verificare la piena rispondenza delle caratteristiche dei lavori in corso di realizzazione a quanto richiesto negli elaborati progettuali, nel capitolato speciale d'appalto o nel contratto.

#### **ART. 15) - Consegna anticipata**

Nel caso in cui il Comune avesse necessità di utilizzare, anche parzialmente quanto realizzato in attuazione del contratto in oggetto, prima e nelle more dell'emissione del certificato di regolare esecuzione o del certificato di collaudo, si seguiranno le disposizioni del decreto ministeriale di cui all'art. 102, comma 8 del D.Lgs. n. 50/2016, fino all'emanazione di detto decreto si applicherà l'art. 230 del D.P.R. 207/2010.

In tale ipotesi il Responsabile Unico del Procedimento (RUP) redigerà idoneo verbale in contraddittorio per la consegna anche parziale di cui sopra, manlevando così da responsabilità l'appaltatore per la vigilanza e custodia di quanto oggetto della consegna anticipata, salve ed impregiudicate le risultanze del successivo collaudo.

#### **ART. 16) - Penale per i ritardi**

Nel caso di mancato rispetto del termine indicato per l'esecuzione dei lavori, per ogni giorno naturale consecutivo di ritardo nell'ultimazione dei lavori o per le scadenze fissate nel programma temporale dei lavori, è applicata una penale pari al 1‰ (uno per mille) dell'importo contrattuale, al lordo degli oneri di sicurezza ed al netto dell'IVA.

La penale, con l'applicazione della stessa quota percentuale di cui al precedente comma, trova applicazione anche in caso di ritardo nell'inizio dei lavori, nella ripresa dei lavori seguente un verbale di sospensione e nel mancato rispetto delle soglie temporali intermedie fissate nell'apposito programma dei lavori, in proporzione ai lavori non ancora eseguiti.

La misura complessiva della penale non potrà superare il 10% (dieci per cento) dell'importo contrattuale, pena la facoltà, per la stazione appaltante, di risolvere il contratto in danno all'appaltatore.

Nel caso di penali comminate per ritardo nelle soglie temporali intermedie, qualora il ritardo si presenti anche rispetto al termine finale, la penale per il mancato rispetto del termine di

ultimazione è da aggiungere alla penale per il ritardo nelle singole scadenze intermedie.

Le penali sono provvisoriamente contabilizzate in detrazione in occasione del pagamento immediatamente successivo al verificarsi del ritardo, salvo riesame in sede di conto finale, previa richiesta dell'appaltatore.

L'applicazione di penalità non pregiudica il risarcimento di eventuali danni o ulteriori oneri sostenuti dalla stazione appaltante a causa dei ritardi imputabili all'appaltatore.

#### **ART. 17) – Divieto di cessione del contratto**

Il presente contratto non può essere ceduto a pena di nullità, ai sensi dell'art. 105 comma 1 del D.Lgs 50/2016.

#### **ART. 18) – Provvedimenti in caso di fallimento**

In caso di fallimento dell'appaltatore la stazione appaltante si avvale, salvi ogni altro diritto ed azione a tutela dei propri interessi, della procedura prevista dall'art. 110 del D. Lgs 50/2016.

#### **ART. 19) – Risoluzione del contratto**

Fermi restando i casi di risoluzione obbligatoria di cui all'art. 108, comma 2, del D.Lgs. n. 50/2016, la stazione appaltante ha facoltà di risolvere il contratto nei casi e con le modalità previsti dall'art. 108 del predetto D.Lgs 50/2016 nonché nelle seguenti ipotesi:

- a) inadempimento alle disposizioni del Direttore dei lavori riguardo ai tempi contrattuali di esecuzione, avuto riguardo all'importanza della prestazione inadempita nell'ambito dell'appalto;
- b) manifesta incapacità o inidoneità, anche solo legale, nell'esecuzione dei lavori, in particolare qualora l'eventuale modifica dell'attestazione SOA, intervenuta dopo la stipulazione del contratto, non consenta di portare a termine i lavori per il valore rimanente;
- c) inadempienza accertata alle norme di legge sulla prevenzione degli infortuni, l'igiene e la salute sul lavoro e le assicurazioni obbligatorie del personale;
- d) sospensione dei lavori senza giustificato motivo; in questa fattispecie, la risoluzione interverrà ad avvenuto esaurimento del limite massimo della penale applicata, ovvero anche prima, in presenza di un pubblico interesse manifestato con diffida dalla stazione appaltante;
- e) rallentamento dei lavori, senza giustificato motivo, in misura tale da pregiudicare la realizzazione degli stessi nei termini previsti dal contratto e comunque dopo aver accumulato un ritardo di giorni 60 (sessanta) naturali e consecutivi rispetto alla soglia stabilita nel cronoprogramma per fatti imputabili all'appaltatore;
- f) subappalto abusivo, associazione in partecipazione, cessione anche parziale del contratto;
- g) non rispondenza dei beni forniti alle specifiche di contratto o allo scopo dell'opera;
- h) provvedimento del committente o del responsabile dei lavori, su proposta del coordinatore

per l'esecuzione dei lavori, ai sensi dell'art. 92, comma 1, lettera e) del D.Lgs. n. 81/2008 e s.m.i.;

- i) perdita, da parte dell'appaltatore, dei requisiti per l'esecuzione dei lavori, quali il fallimento o l'irrogazione di misure sanzionatorie o cautelari che inibiscano la capacità di contrattare con la pubblica amministrazione;
- j) frode nell'esecuzione dei lavori;
- k) mancata osservanza delle disposizioni sugli obblighi di tracciabilità dei flussi finanziari e di quelle relative all'osservanza dei codici di comportamento dei dipendenti pubblici previste nel presente contratto.

La risoluzione opera di diritto, all'avvenuto riscontro del verificarsi di una delle condizioni di inadempimento di cui sopra, accertata in contraddittorio tra le parti e comunicata all'appaltatore secondo le modalità previste nel Codice di Procedura Civile.

L'appaltatore è sempre tenuto al risarcimento dei danni a lui imputabili.

Restano impregiudicate le ulteriori azioni di tutela risarcitoria della stazione appaltante.

#### **ART. 20) – Recesso dal contratto**

La stazione appaltante può recedere dal presente contratto in qualunque tempo con le modalità di cui all'art. 109 del D.Lgs. n. 50/2016.

#### **ART. 21) – Sospensione**

La sospensione dei lavori è disciplinata dall'art. 107 del D.Lgs. n. 50/2016.

Nel caso di avverse condizioni meteorologiche, la sospensione potrà essere disposta qualora ecceda la percentuale computata nel termine di esecuzione ai sensi dell'art. 7 del presente atto.

Non costituisce motivo di proroga:

- il ritardo nell'installazione del cantiere e nell'allacciamento alle reti tecnologiche necessarie al suo funzionamento, per l'approvvigionamento dell'energia elettrica e dell'acqua;
- l'adempimento di prescrizioni o il rimedio a inconvenienti o infrazioni riscontrate dal Direttore dei lavori, dal Coordinatore per l'esecuzione dei lavori ove nominato o dagli Organi di vigilanza in materia di igiene, sicurezza e salute sui luoghi di lavoro;
- l'esecuzione di accertamenti integrativi che l'appaltatore ritenesse di dover effettuare per l'esecuzione delle opere di fondazione, delle strutture e degli impianti, salvo che siano ordinati dalla Direzione dei lavori o espressamente approvati da questa;
- il tempo necessario per l'esecuzione di prove sui campioni, di sondaggi, analisi e altre prove assimilabili;
- la mancanza dei materiali occorrenti o la ritardata consegna degli stessi da parte delle ditte fornitrici ed altre eventuali controversie tra l'appaltatore, i fornitori, i sub-affidatari ed altri incaricati nonché le eventuali vertenze a carattere aziendale tra l'appaltatore e il proprio

personale dipendente.

#### **ART. 22) - Controlli**

I controlli sull'esecuzione del contratto sono disciplinati dal decreto ministeriale di cui all'art. 111 del D.Lgs. n. 50/2016, fino all'emanazione di detto decreto le attività di controllo si esplicano secondo quanto indicato dall'art. 101 del medesimo decreto, nonché in conformità alle disposizioni di cui alla Parte II, Titolo IX capi I e II del D.P.R. 5.10.2010 n. 207.

#### **ART. 23) – Obblighi dell'appaltatore nei confronti del personale dipendente**

L'appaltatore si obbliga ad applicare o far applicare integralmente nei confronti di tutti i lavoratori dipendenti impiegati nell'esecuzione dell'appalto, anche se dipendenti da Imprese subappaltatrici con sede al di fuori dalla Regione Friuli Venezia Giulia, le condizioni economiche e normative previste dai contratti collettivi nazionali e locali di lavoro della categoria vigenti nella regione durante il periodo di svolgimento dei lavori, ivi compresa l'iscrizione dei lavoratori stessi alle casse edili della Provincia di Trieste, anche ai fini dell'accentramento contributivo.

L'appaltatore prende atto che il pagamento dei corrispettivi a titolo di saldo da parte della Stazione appaltante per le prestazioni oggetto del contratto è subordinato all'acquisizione della documentazione unica di regolarità contributiva anche dei subappaltatori.

L'appaltatore si obbliga altresì a rispettare tutte le norme in materia retributiva, contributiva, previdenziale, assistenziale, assicurativa, sanitaria, previste per i dipendenti dalla vigente normativa, con particolare riguardo a quanto previsto dall'art. 105 comma 9 del D.Lgs 50/2016

L'appaltatore è tenuto all'esatta osservanza di tutte le leggi, regolamenti, contratti nazionali di lavoro e accordi integrativi, territoriali ed aziendali, per il settore di attività vigenti in materia, nonché eventualmente di quelle entrate in vigore nel corso dei lavori.

I suddetti obblighi vincolano l'appaltatore anche qualora non sia aderente alle associazioni stipulanti o receda da esse e indipendentemente dalla natura industriale o artigiana, dalla struttura o dalle dimensioni dell'impresa stessa e da ogni altra sua qualificazione giuridica.

In caso di inottemperanza, accertata dalla stazione appaltante o a essa segnalata da un ente preposto, trova applicazione l'art. 31 della Legge 9 agosto 2013 n. 98.

#### **ART. 24) – Oneri e obblighi a carico dell'appaltatore**

Oltre a quanto previsto nel presente contratto, in tutti i piani per le misure di sicurezza fisica dei lavoratori e nel capitolato speciale d'appalto, in particolare l'appaltatore assume tutti gli oneri e si impegna a rispettare tutti gli obblighi previsti dal Capitolato Speciale d'Appalto.

#### **ART. 25) - Osservanza dei codici di comportamento dei dipendenti pubblici e dell'art. 53 comma 16 ter del D.Lgs. n. 165/2001 e s.m.i.**

Nello svolgimento dell'attività di cui al presente atto l'appaltatore ed i suoi collaboratori a qualsiasi titolo sono tenuti ad osservare, per quanto compatibili, gli obblighi di condotta previsti nel Codice

di Comportamento Aziendale, approvato con deliberazione della Giunta Comunale n. 31 del 31.1.2014, immediatamente eseguibile, e nel Codice di Comportamento dei Dipendenti Pubblici, approvato con D.P.R. 16.4.2013 n. 62, che vengono consegnati in copia all'atto della sottoscrizione del presente contratto; la violazione di detti obblighi di condotta può comportare la risoluzione o decadenza del rapporto di cui al presente atto.

Il presente atto può essere altresì risolto nel caso in cui non venga effettuata da parte dell'appaltatore la dichiarazione di non trovarsi nelle condizioni di cui all'art. 53 comma 16 ter del D.Lgs. n. 165/2001 e s.m.i. (non aver concluso contratti di lavoro subordinato o autonomo e comunque non aver attribuito incarichi ad ex dipendenti del Comune di Trieste che hanno esercitato nei loro confronti poteri autoritativi o negoziali per conto della stessa Amministrazione per il triennio successivo alla cessazione del rapporto).

#### **ART. 26) - Patto di integrità**

Si intendono riprodotti nel presente contratto gli obblighi e le facoltà previsti nel Patto di Integrità sottoscritto dall'appaltatore in sede di gara.

Le clausole del Patto di Integrità con le relative sanzioni potranno essere fatte valere sino alla completa esecuzione del presente contratto.

#### **ART. 27) – Controversie**

In caso di contenzioso si fa rinvio alle disposizioni di cui alla Parte VI –Titolo I del D.Lgs. n. 50/2016.

Nell'ipotesi di accordo bonario art. 205 del D.Lgs 50/2016 le modalità procedurali da seguire saranno quelle indicate dall'articolo stesso.

Tutte le controversie derivanti dall'esecuzione del contratto, comprese quelle conseguenti al mancato raggiungimento dell'accordo bonario saranno deferite alla cognizione della competente Autorità Giurisdizionale Ordinaria con l'esclusione espressa di qualsiasi devoluzione al giudizio arbitrale.

Il Foro competente è sin d'ora individuato in quello di Trieste.

#### **ART. 28) – Spese contrattuali**

Tutte le spese del presente contratto, inerenti e conseguenti (imposte, tasse, diritti di segreteria ecc.), con la sola eccezione dell'IVA, sono a totale carico dell'appaltatore, intendendosi qui espressamente richiamato l'art. 8 del D.M. 145/2000, ivi comprese le spese di bollo per gli atti relativi all'esecuzione dell'appalto.

#### **ART. 29) – Domicilio dell'appaltatore**

Ai sensi e ad ogni effetto previsto all'art. 2 del D.M. 145/2000, l'appaltatore dichiara di avere domicilio fiscale a \_\_\_\_\_ con recapito in Via \_\_\_\_\_, n. \_\_\_\_, INDICARE IN ALTERNATIVA

- (se in Trieste) ove elegge domicilio agli effetti del presente atto /

- (se fuori Trieste) mentre agli effetti del presente atto elegge domicilio in Trieste - nel luogo nel quale ha sede l'ufficio di direzione dei lavori ovvero presso gli uffici comunali, o lo studio di un

professionista, o gli uffici di Azienda legalmente riconosciuta.

Ogni variazione del domicilio deve essere tempestivamente comunicata al RUP.

**ART. 30) – Richiamo alle norme legislative, regolamentari e particolari all'appalto**

Si intendono espressamente richiamate e cogenti nel rapporto negoziale tra la stazione appaltante e l'appaltatore, le norme legislative e le altre disposizioni vigenti in materia di lavori pubblici, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro, l'Atto d'intesa per la sicurezza negli appalti di lavori (e manutenzione delle aree verdi) del Comune di Trieste, approvato con deliberazione giunta 234 dd. 28 giugno 2007, e tutti i documenti del progetto la cui esecuzione è dedotta nel presente atto.

**ART. 31) – Clausola fiscale**

Il valore presunto del presente atto ammonta ad Euro \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_/\_\_) più IVA in misura di legge.

Il presente atto, essendo soggetto ad IVA, è da registrarsi solo in caso d'uso ai sensi dell'art. 5, punto 2, del D.P.R. 26.4.1986 n. 131.

L'imposta di bollo è assolta \_\_\_\_\_

**APPROVAZIONE IN FORMA SPECIFICA**

Ai sensi e per gli effetti dell'art. 1341 del codice civile in quanto applicabile l'appaltatore, a mezzo del suo legale rappresentante, previa lettura del presente atto, dichiara di approvare specificatamente i seguenti articoli: 10, 16, 17, 19, 23, 24, 25 e 26 del presente atto, dichiarando espressamente che la loro accettazione è resa materialmente mediante l'unica sottoscrizione digitale apposta al presente atto in formato elettronico.

Fatto in un unico originale, con tre allegati, letto, approvato e sottoscritto.

Data della firma digitale

\_\_\_\_\_

firmato digitalmente ai sensi  
del D.Lgs. n. 82/2005 (CAD)

Data della firma digitale

\_\_\_\_\_

firmato digitalmente ai sensi  
del D.Lgs. n. 82/2005 (CAD)

## **Capitolato Speciale d'Appalto**



## INDICE

PREMESSA .....	2
ACCETTAZIONE DEI MATERIALI IN GENERALE .....	2
Art. 1. Dichiarazione di prestazione e simbolo di marcatura CE .....	2
MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE .....	2
Art. 2. Materiali e prodotti per uso strutturale .....	2
Art. 3. Componenti del calcestruzzo .....	3
Art. 4. Acciaio per cemento armato.....	11
Art. 5. Malta premiscelata a base di calce e cemento .....	14
Art. 6. Primer epossidico bicomponente .....	14
Art. 7. Stucco epossidico bicomponente a base di resine epossidiche .....	15
Art. 8. Resina epossidica .....	15
Art. 9. Tessuto unidirezionale in fibra di carbonio 300 g/m <sup>2</sup> .....	15
Art. 10. Acciaio per tiranti e piastre in acciaio in facciata .....	15
Art. 11. Acciaio da carpenteria per rinforzi di solai in legno .....	16
Art. 12. Strutture in legno.....	16
Art. 13. Legante idraulico fillerizzato superfluido .....	19
IMPIANTI .....	20
Art. 14. Aspiratori per l'espulsione in condotto di ventilazione .....	20
MODALITA' DI ESECUZIONE DELLE OPERE EDILIZIE .....	20
Art. 15. Confezionamento, fornitura e posa in opera del calcestruzzo .....	20
Art. 16. Modalità di esecuzione del rinforzo a taglio di archi in mattoni – pietra mediante placcaggio con FRP .....	36
Art. 17. Art. Modalità di esecuzione di tirantatura con elementi in acciaio e piastre .....	36
Art. 18. Modalità di esecuzione del rinforzo di solai con carpenteria metallica .....	36
Art. 19. Modalità di esecuzione del rinforzo di consolidamento di strutture murarie a sacco, caotiche e/o incoerenti .....	37
ESECUZIONE DI PROVE E VERIFICHE .....	38
Art. 20. Controlli di accettazione del calcestruzzo .....	38
Art. 21. Controlli sul calcestruzzo fresco .....	41
Art. 22. Controlli sull'acciaio in corso d'opera .....	45
NORME PER LA MISURAZIONE E LA VALUTAZIONE DEI LAVORI.....	46
Art. 23. Criteri di valutazione dei lavori.....	46
Art. 24. Lavori in economia non previsti in contratto .....	47

## **PREMESSA**

Il presente Capitolato Speciale d'appalto- Condizioni Tecniche, è inerente i lavori per gli interventi di miglioramento/adeguamento sismico dell'edificio scolastico di via Donadoni 28 a Trieste, sede della Scuola Primaria Gaspardis. I materiali e le lavorazioni sono coerenti con quelle degli elaborati progettuali sia grafici che computazionali e si precisa che tutti i materiali, anche qualora fosse indicato un prodotto di riferimento, sono da intendersi come "tipo" e quindi che qualsiasi materiale che soddisfi i requisiti prestazionali e le proprietà fisiche – chimiche richieste può essere adottato sempre in sub ordine all'accettazione della D.L.

## **ACCETTAZIONE DEI MATERIALI IN GENERALE**

### **Art. 1. Dichiarazione di prestazione e simbolo di marcatura CE**

I prodotti da costruzione devono rispettare il Regolamento sui Prodotti da Costruzione (UE) (CPR, Construction Product Regulation) n. 305/2011 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 9 marzo 2011.

La dichiarazione di prestazione deve descrivere la prestazione dei prodotti da costruzione in relazione alle caratteristiche essenziali di tali prodotti, conformemente alle pertinenti specifiche tecniche armonizzate.

La dichiarazione di prestazione deve essere redatta in base al modello di cui all'allegato III Regolamento (UE) n. 305/2011.

- Simbolo di marcatura CE

La marcatura CE, come presentata all'allegato II al citato Regolamento, deve essere apposta solo su prodotti per i quali la sua apposizione è prevista dalla specifica normativa comunitaria di armonizzazione e non deve essere apposta su altri prodotti.



Figura 1.1. Simbolo di marcatura CE, allegato II al Regolamento CE 765/08

- Mancanza di norme UNI applicabili o aggiornate

I materiali e le forniture da impiegare nella realizzazione delle opere dovranno rispondere alle prescrizioni contrattuali e in particolare alle indicazioni del progetto esecutivo, e possedere le caratteristiche stabilite dalle leggi e dai regolamenti e norme UNI applicabili, anche se non espressamente richiamate nel presente capitolato speciale d'appalto.

In assenza di nuove e aggiornate norme UNI, il direttore dei lavori potrà riferirsi alle norme ritirate o sostitutive. In generale, si applicheranno le prescrizioni del presente capitolato speciale d'appalto.

## **MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE**

### **Art. 2. Materiali e prodotti per uso strutturale**

- Identificazione, certificazione e accettazione

Si definiscono materiali e prodotti per uso strutturale quelli che consentono ad un'opera ove questi sono incorporati permanentemente di soddisfare il requisito di base n. 1 "Resistenza meccanica e stabilità" di cui all'allegato del Regolamento (UE) n. 305/2011, in particolare devono essere:

- identificati univocamente a cura del fabbricante del materiale stesso e dei suoi componenti elementari;
- certificati sotto la responsabilità del fabbricante;
- accettati dal direttore dei lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di accompagnamento prevista dalle norme tecniche per le costruzioni, nonché mediante prove di accettazione eseguite da un laboratorio ufficiale o autorizzato di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001.

- Procedure e prove sperimentali d'accettazione

Tutte le prove sperimentali che servono a definire le caratteristiche fisiche, chimiche e meccaniche dei materiali strutturali devono essere eseguite e certificate dai laboratori ufficiali o autorizzati, ovvero sotto il loro diretto controllo, sia per ciò che riguarda le prove di certificazione o di qualificazione, che per ciò che riguarda quelle di accettazione.

I laboratori dovranno fare parte dell'albo dei laboratori ufficiali depositato presso il servizio tecnico centrale del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

Nei casi in cui per materiali e prodotti per uso strutturale è prevista la marcatura Ce ai sensi del Regolamento sui Prodotti da Costruzione (UE) (CPR, *Construction Product Regulation*) n. 305/2011 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 9 marzo 2011, ovvero la qualificazione secondo le norme tecniche per le costruzioni, la relativa *dichiarazione di prestazione* deve essere consegnata alla direzione dei lavori prima dell'impiego del materiale.

Negli altri casi, l'idoneità all'uso va accertata attraverso le procedure all'uopo stabilite dal Servizio tecnico centrale, sentito il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, che devono essere almeno equivalenti a quelle delle corrispondenti norme europee armonizzate, ovvero a quelle previste nelle norme tecniche per le costruzioni.

Il richiamo alle specifiche tecniche europee EN o nazionali UNI, ovvero internazionali ISO, deve intendersi riferito all'ultima versione aggiornata.

Il direttore dei lavori, per i materiali e i prodotti destinati alla realizzazione di opere strutturali e, in generale, nelle opere di ingegneria civile, deve, se necessario, ricorrere a procedure e prove sperimentali d'accettazione, definite su insiemi statistici significativi.

### **Art. 3. Componenti del calcestruzzo**

- **Contenuto minimo di materiale riciclato**

I calcestruzzi usati per l'opera devono essere prodotti con un contenuto minimo di materia riciclata di almeno il 5% in peso. Tale contenuto deve essere inteso come somma delle percentuali di materia riciclata contenuta nei singoli componenti (cemento, aggregati, aggiunte, additivi) e deve essere compatibile con i limiti imposti dalle specifiche norme tecniche.

In fase di approvvigionamento l'appaltatore dovrà accertarsi della rispondenza al criterio tramite la documentazione nel seguito indicata, che dovrà essere presentata al direttore dei lavori in fase di esecuzione dei lavori, prima della posa in opera:

- dichiarazione ambientale di Tipo III, conforme alla norma **UNI EN 15804** e alla norma **ISO 14025**;
- una asserzione ambientale del produttore conforme alla norma **ISO 14021**, verificata da un organismo di valutazione della conformità, che dimostri il rispetto del criterio.

- **Cementi**

Nelle opere strutturali devono impiegarsi esclusivamente i leganti idraulici previsti dalle disposizioni vigenti in materia, dotati di dichiarazione di prestazione (rilasciato da un organismo europeo notificato) ad una norma armonizzata della serie **UNI EN 197** ovvero ad uno specifico benessere tecnico europeo (ETA), perché idonei all'impiego previsto, nonché, per quanto non in contrasto, conformi alle prescrizioni di cui alla legge 26 maggio 1965, n. 595.

È escluso l'impiego di cementi alluminosi.

L'impiego dei cementi richiamati all'art. 1, lettera C della legge n. 595/1965, è limitato ai calcestruzzi per sbarramenti di ritenuta.

Per la realizzazione di opere massive dove è richiesto un basso calore di idratazione, devono essere utilizzati i cementi speciali con calore di idratazione molto basso conformi alla norma europea armonizzata **UNI EN 14216**, in possesso di una dichiarazione di prestazione rilasciata da un organismo di certificazione europeo notificato.

Qualora il calcestruzzo risulti esposto a condizioni ambientali chimicamente aggressive, si devono utilizzare cementi per i quali siano prescritte, da norme armonizzate europee e, fino alla disponibilità di esse, da norme nazionali, adeguate proprietà di resistenza ai solfati e/o al dilavamento o ad eventuali altre specifiche azioni aggressive.

- **Fornitura**

I sacchi per la fornitura dei cementi devono essere sigillati e in perfetto stato di conservazione. Se l'imballaggio fosse comunque manomesso o il prodotto avariato, il cemento potrà essere rifiutato dalla direzione dei lavori e dovrà essere sostituito con altro idoneo. Se i leganti sono forniti sfusi, la provenienza e la qualità degli stessi dovranno essere dichiarate con documenti di accompagnamento della merce. La qualità del cemento potrà essere accertata mediante prelievo di campioni e loro analisi presso laboratori ufficiali.

L'impresa deve disporre in cantiere di silos per lo stoccaggio del cemento, che ne consentano la conservazione in idonee condizioni termoigrometriche.

- 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:

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

Ogni altra dicitura deve essere stata preventivamente sottoposta all'approvazione dell'organismo abilitato.

- Metodi di prova ai fine dell'accettazione

Ai fini dell'accettazione dei cementi la direzione dei lavori potrà effettuare le prove ritenute necessarie:

**UNI EN 197-1** – *Cemento. Parte 1: Composizione, specifiche e criteri di conformità per cementi comuni;*

**UNI EN 197-2** – *Cemento. Valutazione della conformità;*

**UNI EN 413-1** – *Cemento da muratura. Parte 1: Composizione, specifiche e criteri di conformità;*

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

**UNI EN 413-2** – *Cemento da muratura. Parte 2: Metodi di prova;*

- Aggregati

Sono idonei alla produzione di calcestruzzo per uso strutturale gli aggregati ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali, artificiali, ovvero provenienti da processi di riciclo conformi alla norma europea armonizzata **UNI EN 12620** e, per gli aggregati leggeri, alla norma europea armonizzata **UNI EN 13055-1**.

È consentito l'uso di aggregati grossi provenienti da riciclo, secondo i limiti di cui alla tabella 15.1, a condizione che la miscela di calcestruzzo confezionata con aggregati riciclati venga preliminarmente qualificata e documentata, nonché accettata in cantiere, attraverso le procedure delle norme tecniche per le costruzioni.

Tabella 3.1 : Limiti di impiego degli aggregati grossi provenienti da riciclo

Origine del materiale da riciclo	Classe del calcestruzzo	Percentuale di impiego
Demolizioni di edifici (macerie)	C 8/10	fino al 100%
Demolizioni di solo calcestruzzo e calcestruzzo armato (frammenti di calcestruzzo =90%. UNI EN 933-11)	C20/25 C30/37 C45/55	fino al 60% 30% 20%
Riutilizzo di calcestruzzo interno negli stabilimenti di prefabbricazione qualificati (da qualsiasi classe > C45/55)	Classe minore del calcestruzzo di origine Stessa classe del calcestruzzo di origine	fino al 15% fino al 10%

Si potrà fare utile riferimento alle norme **UNI 8520-1** e **UNI 8520-2** al fine di individuare i requisiti chimico-fisici, aggiuntivi rispetto a quelli fissati per gli aggregati naturali, che gli aggregati riciclati devono rispettare, in funzione della destinazione finale del calcestruzzo e delle sue proprietà prestazionali (meccaniche, di durabilità e pericolosità ambientale, ecc.), nonché quantità percentuali massime di impiego per gli aggregati di riciclo, o classi di resistenza del calcestruzzo, ridotte rispetto a quanto previsto nella tabella 3.1.

Gli inerti, naturali o di frantumazione, devono essere costituiti da elementi non gelivi e non friabili, privi di sostanze organiche, limose e argillose, di gesso, ecc., in proporzioni nocive all'indurimento

del conglomerato o alla conservazione delle armature.

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

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

- Dichiarazione di prestazione

I materiali da costruzione devono essere accompagnati dalla dichiarazione di prestazione (DoP) in applicazione del Regolamento (UE) n. 305/2011.

Il sistema di valutazione e verifica della costanza della prestazione degli aggregati è indicato nella tabella 3.2 è riferito al Regolamento (UE) n. 305/2011.

La produzione dei prodotti ora deve essere certificata da un organismo notificato con un Sistema 2+: Dichiarazione della prestazione delle caratteristiche essenziali del prodotto da costruzione effettuata dal fabbricante, come all'allegato V, punto 1.3, del Regolamento (UE) n. 305/2011.

Tabella 3.2 : Sistema di valutazione e verifica della costanza della prestazione degli aggregati

Specifica tecnica europea armonizzata di riferimento	Uso previsto	Sistema di valutazione e verifica della costanza della prestazione
Aggregati per calcestruzzo UNI EN 12620 e UNI EN 13055-1	Calcestruzzo strutturale	2+

- Marcatura CE

Gli aggregati che devono riportare obbligatoriamente la marcatura Ce sono riportati nella tabella 3.3.

La produzione dei prodotti deve avvenire con un livello di conformità 2+, certificato da un organismo notificato.

Il simbolo di marcatura CE deve essere conforme ora al Regolamento (UE) n. 305/2011 deve apparire sull'imballaggio o nel caso di consegne sfuse sui documenti commerciali di trasporto, per esempio i DDT.

Tabella 3.3 : Aggregati che devono riportare la marcatura CE

Impiego aggregato	Norme di riferimento
Aggregati per calcestruzzo	UNI EN 12620
Aggregati per conglomerati bituminosi e finiture superficiali per strade, aeroporti e altre aree traf- ficate	UNI EN 13043
Aggregati leggeri	Parte 1: Aggregati leggeri per calcestruzzo, malta e malta da iniezione/boiacca UNI EN 13055-1
Aggregati grossi per opere idrauliche (armourstone)	Parte 1 UNI EN 13383-1
Aggregati per malte	UNI EN 13139
Aggregati per miscele non legate e miscele legate utilizzati nelle opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade	UNI EN 13242
Aggregati per massicciate ferroviarie	UNI EN 13450

- Controlli d'accettazione degli aggregati

Per quanto riguarda i controlli di accettazione degli aggregati da effettuarsi a cura del direttore dei lavori, questi devono essere finalizzati almeno alla verifica delle caratteristiche tecniche

riportate nella tabella 3.4.

Tabella 3.4 : Controlli di accettazione per aggregati per calcestruzzo strutturale

Caratteristiche tecniche	Metodo
Descrizione petrografica	UNI EN 932-3
Dimensione dell'aggregato (analisi granulometrica e contenuto dei fini)	UNI EN 933-1
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3
Dimensione per il filler	UNI EN 933-10
Forma dell'aggregato grosso (per aggregato proveniente da riciclo)	UNI EN 933-4
Resistenza frammentazione/frantumazione calcestruzzo Rck = C50/60 e aggregato pro- veniente da riciclo)	UNI EN 1097-2

Riguardo all'accettazione degli aggregati leggeri impiegati per il confezionamento degli impasti di calcestruzzo, il direttore dei lavori, fermi restando i controlli della tabella 15.4, potrà farà riferimento anche alle seguenti norme per l'esecuzione delle prove che ritiene necessario eseguire:

**UNI EN 13055-1** – *Aggregati leggeri per calcestruzzo, malta e malta per iniezione;*

**UNI EN 13055-2** – *Aggregati leggeri per miscele bituminose, trattamenti superficiali e per applicazioni in strati legati e non legati;*

**UNI 11013** – *Aggregati leggeri. Argilla e scisto espanso. Valutazione delle proprietà mediante prove su calcestruzzo convenzionale.*

- Sabbia e verifiche di qualità

Ferme restando le considerazioni dei paragrafi precedenti, la sabbia per il confezionamento delle malte o del calcestruzzo deve essere priva di solfati e di sostanze organiche, terrose o argillose, e avere dimensione massima dei grani di 2 mm per murature in genere, e 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 da 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. Prima dell'impiego, se necessario, deve essere lavata con acqua dolce per eliminare eventuali materie nocive.

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

Il prelevamento di campioni potrà essere omesso quando le caratteristiche del materiale risultino da un certificato emesso in seguito ad esami fatti eseguire da amministrazioni pubbliche, a seguito di sopralluoghi nelle cave, e i risultati di tali indagini siano ritenuti idonei dalla direzione dei lavori.

- Aggiunte

È ammesso l'impiego di aggiunte, in particolare di ceneri volanti, loppe granulate d'altoforno e fumi di silice, purché non vengano modificate negativamente le caratteristiche prestazionali del calcestruzzo.

Le ceneri volanti devono soddisfare i requisiti della norma **UNI EN 450** e potranno essere impiegate rispettando i criteri stabiliti dalle norme **UNI EN 206-1** e **UNI 11104**.

I fumi di silice devono essere costituiti da silice attiva amorfa presente in quantità maggiore o uguale all'85% del peso totale.

- Ceneri volanti

Le ceneri volanti, costituenti il residuo solido della combustione di carbone, dovranno provenire

da centrali termoelettriche in grado di fornire un prodotto di qualità costante nel tempo e documentabile per ogni invio, e non contenere impurezze (lignina, residui oleosi, pentossido di vanadio, ecc.) che possano danneggiare o ritardare la presa e l'indurimento del cemento. Particolare attenzione dovrà essere prestata alla costanza delle loro caratteristiche, che devono soddisfare i requisiti della norma **UNI EN 450**.

Il dosaggio delle ceneri volanti non deve superare il 25% del peso del cemento. Detta aggiunta non deve essere computata in alcun modo nel calcolo del rapporto acqua/cemento.

Nella progettazione del mix design e nelle verifiche periodiche da eseguire, andrà comunque verificato che l'aggiunta di ceneri praticata non comporti un incremento della richiesta di additivo, per ottenere la stessa fluidità dell'impasto privo di ceneri maggiore dello 0,2%.

norme di riferimento

**UNI EN 450-1** – *Ceneri volanti per calcestruzzo. Parte 1: Definizione, specifiche e criteri di conformità;*

**UNI EN 450-2** – *Ceneri volanti per calcestruzzo. Parte 2: Valutazione della conformità;*

**UNI EN 451-1** – *Metodo di prova delle ceneri volanti. Determinazione del contenuto di ossido di calcio libero;*

**UNI EN 451-2** – *Metodo di prova delle ceneri volanti. Determinazione della finezza mediante staccatura umida.*

- Microsilice

La silice attiva colloidale amorfa è costituita da particelle sferiche isolate di  $\text{SiO}_2$  con diametro compreso tra 0,01 e 0,5 micron, e ottenuta da un processo di tipo metallurgico, durante la produzione di silice metallica o di leghe ferro-silicio, in un forno elettrico ad arco.

La silice fume può essere fornita allo stato naturale, così come può essere ottenuta dai filtri di depurazione sulle ciminiere delle centrali a carbone oppure come sospensione liquida di particelle con contenuto secco di 50% in massa.

Si dovrà porre particolare attenzione al controllo in corso d'opera del mantenimento della costanza delle caratteristiche granulometriche e fisico-chimiche.

Il dosaggio della silice fume non deve comunque superare il 7% del peso del cemento. Tale aggiunta non sarà computata in alcun modo nel calcolo del rapporto acqua/cemento.

Se si utilizzano cementi di tipo I, potrà essere computata nel dosaggio di cemento e nel rapporto acqua/cemento una quantità massima di tale aggiunta pari all'11% del peso del cemento.

Nella progettazione del mix design e nelle verifiche periodiche da eseguire, andrà comunque verificato che l'aggiunta di microsilice praticata non comporti un incremento della richiesta dell'additivo maggiore dello 0,2%, per ottenere la stessa fluidità dell'impasto privo di silice fume.

norme di riferimento

**UNI 8981-8** – *Durabilità delle opere e degli elementi prefabbricati di calcestruzzo. Istruzioni per prevenire la reazione alcali-silice;*

**UNI EN 13263-1** – *Fumi di silice per calcestruzzo. Parte 1: Definizioni, requisiti e criteri di conformità;*

**UNI EN 13263-2** – *Fumi di silice per calcestruzzo. Parte 2: Valutazione della conformità.*

- Additivi

L'impiego di additivi, come per ogni altro componente, dovrà essere preventivamente sperimentato e dichiarato nel mix design della miscela di calcestruzzo, preventivamente progettata.

Gli additivi per impasti cementizi si intendono classificati come segue:  
fluidificanti;

- aeranti;
- ritardanti;
- acceleranti;
- fluidificanti-aeranti;
- fluidificanti-ritardanti;
- fluidificanti-acceleranti;
- antigelo-superfluidificanti.

Gli additivi devono essere conformi alla parte armonizzata della norma europea **UNI EN 934-2**.

L'impiego di eventuali additivi dovrà essere subordinato all'accertamento dell'assenza di ogni pericolo di aggressività.

Gli additivi dovranno possedere le seguenti caratteristiche:

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

Gli additivi da utilizzarsi, eventualmente, per ottenere il rispetto delle caratteristiche delle miscele in calcestruzzo, potranno essere impiegati solo dopo una valutazione degli effetti per il particolare calcestruzzo da realizzare e nelle condizioni effettive di impiego.

Particolare cura dovrà essere posta nel controllo del mantenimento nel tempo della lavorabilità del calcestruzzo fresco.

Per le modalità di controllo e di accettazione il direttore dei lavori potrà far eseguire prove o accettare l'attestazione di conformità alle norme vigenti, prodotta dall'appaltatore.

norme di riferimento

**UNI EN 480** – *Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Metodi di prova. Parte 4: Determinazione della quantità di acqua essudata del calcestruzzo;*

**UNI EN 934-2** – *Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Parte 2: Additivi per calcestruzzo. Definizioni, requisiti, conformità, marcatura ed etichettatura;*

**UNI EN 934-4** – *Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Additivi per malta per iniezione per cavi di precompressione. Parte 4: Definizioni, requisiti, conformità, marcatura ed etichettatura;*

**UNI EN 934-5** – *Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Parte 5: Additivi per calcestruzzo proiettato. Definizioni, requisiti, conformità, marcatura ed etichettatura;*

**UNI EN 934-6** *Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Parte 6: Campionamento, controllo e valutazione della conformità.*

- Additivi acceleranti

Gli additivi acceleranti, allo stato solido o liquido, hanno la funzione di addensare la miscela umida fresca e portare ad un rapido sviluppo delle resistenze meccaniche.

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

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

- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo e norme uni applicabili per la fornitura contrattuale;
- la 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.**

In generale, per quanto non specificato si rimanda alla norma **UNI EN 934-2**.

norme di riferimento

**UNI EN 934-2** – *Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Parte 2: Additivi per calcestruzzo – Definizioni, requisiti, conformità, marcatura ed etichettatura;*

**UNI 7123** – *Calcestruzzo. Determinazione dei tempi di inizio e fine presa mediante la misura della resistenza alla penetrazione.*

- Additivi ritardanti

Gli additivi ritardanti potranno essere eccezionalmente utilizzati, previa idonea qualifica e preventiva approvazione da parte della direzione dei lavori, per:

- particolari opere che necessitano di getti continui e prolungati, al fine di garantire la loro corretta monoliticità;
- getti in particolari condizioni climatiche;
- singolari opere ubicate in zone lontane e poco accessibili dalle centrali/impianti di betonaggio.

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

- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo e norme uni applicabili per la fornitura contrattuale;



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

In generale, per quanto non specificato si rimanda alla norma **UNI EN 934-2**.

norme di riferimento

**UNI EN 934-2** – *Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Parte 2: Additivi per calcestruzzo – Definizioni, requisiti, conformità, marcatura ed etichettatura;*

**UNI 7123** – *Calcestruzzo. Determinazione dei tempi di inizio e fine presa mediante la misura della resistenza alla penetrazione.*

- 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 lo 0,5 e il 2% (ovvero come indicato dal fornitore) del 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.

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 e norme uni applicabili per la fornitura contrattuale;
- la 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**.

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.

norme di riferimento

**UNI EN 934-2** – *Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Parte 2: Additivi per calcestruzzo – Definizioni, requisiti, conformità, marcatura ed etichettatura;*

**UNI 7123** – *Calcestruzzo. Determinazione dei tempi di inizio e fine presa mediante la misura della resistenza alla penetrazione.*

- 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.

L'additivo superfluidificante di prima e seconda additivazione dovrà essere di identica marca e tipo. Nel caso in cui il mix design preveda l'uso di additivo fluidificante come prima additivazione, associato ad additivo superfluidificante a piè d'opera, questi dovranno essere di tipo compatibile e preventivamente sperimentati in fase di progettazione del mix design e di prequalifica della miscela.

Dopo la seconda aggiunta di additivo, sarà comunque necessario assicurare la miscelazione per almeno 10 minuti prima dello scarico del calcestruzzo. La direzione dei lavori potrà richiedere una miscelazione più prolungata in funzione dell'efficienza delle attrezzature e delle condizioni di miscelamento.

Il dosaggio degli additivi fluidificanti dovrà essere contenuto tra lo 0,2 e lo 0,3% (ovvero come indicato dal fornitore) del 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 norma **UNI EN 934-2**.

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

- la determinazione della consistenza dell'impasto mediante l'impiego della tavola a scosse con riferimento alla norma **UNI EN 12350-5**;
- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo e norme uni applicabili per la fornitura contrattuale;
- la determinazione della quantità d'acqua d'impasto essudata secondo la norma **UNI 7122**.

norme di riferimento

**UNI EN 934-2** – *Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Parte 2: Additivi per calcestruzzo – Definizioni, requisiti, conformità, marcatura ed etichettatura;*

**UNI 7122** – *Prova sul calcestruzzo fresco. Determinazione della quantità d'acqua d'impasto essudata;*

**UNI EN 12350-5** – *Prova sul calcestruzzo fresco. Prova di spandimento alla tavola a scosse.*

- 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 lo 0,005 e lo 0,05% (ovvero come indicato dal fornitore) del peso del cemento.

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

- la determinazione del contenuto d'aria secondo la norma **UNI EN 12350-7**;
- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo e norme uni applicabili per la fornitura contrattuale;
- la prova di resistenza al gelo secondo la norma **UNI 7087**;
- la determinazione della quantità d'acqua d'impasto essudata secondo la norma **UNI 7122**.

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

norme di riferimento

**UNI 7122** – *Prova sul calcestruzzo fresco. Determinazione della quantità d'acqua d'impasto essudata;*

**UNI 7087** – *Calcestruzzo. Determinazione della resistenza al degrado per cicli di gelo e disgelo;*

**UNI EN 12350-7** – *Prova sul calcestruzzo fresco. Parte 7: Contenuto d'aria. Metodo per pressione.*

- 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 il 7 e il 10% (ovvero come indicato dal fornitore) del peso del cemento. 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 e norme uni applicabili per la fornitura contrattuale;
- la 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 del calcestruzzo, di regola, devono essere eseguite dopo la stagionatura.

norme di riferimento

**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 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 7123** – *Calcestruzzo. Determinazione dei tempi di inizio e fine presa mediante la misura della resistenza alla penetrazione.*

- Acqua di impasto

L'acqua per gli impasti deve essere dolce, limpida, priva di sali in percentuali dannose (particolarmente solfati e cloruri), priva di materie terrose e non aggressiva.

È vietato l'impiego di acqua di mare.

L'acqua di impasto, ivi compresa l'acqua di riciclo, dovrà essere conforme alla norma **UNI EN 1008**, come stabilito dalle norme tecniche per le costruzioni.

A discrezione della direzione dei lavori, l'acqua potrà essere trattata con speciali additivi, in base al tipo di intervento o di uso, per evitare l'insorgere di reazioni chimico-fisiche al contatto con

altri componenti d'impasto.

Tabella 3.5 : Acqua di impasto

Caratteristica	Prova	Limiti di accettabilità
PH	Analisi chimica	da 5,5 a 8,5
Contenuto solfati	Analisi chimica	SO4 minore 800 mg/litro
Contenuto cloruri	Analisi chimica	Cl minore 300 mg/litro
Contenuto acido solfidrico	Analisi chimica	minore 50 mg/litro
Contenuto totale di sali minerali	Analisi chimica	minore 3000 mg/litro
Contenuto di sostanze organiche	Analisi chimica	minore 100 mg/litro
Contenuto di sostanze solide sospese	Analisi chimica	minore 2000 mg/litro

norme di riferimento

**UNI EN 1008** – *Acqua d'impasto per il calcestruzzo. Specifiche di campionamento, di prova e di valutazione dell'idoneità dell'acqua, incluse le acque di ricupero dei processi dell'industria del calcestruzzo, come acqua d'impasto del calcestruzzo.*

#### **Art. 4. Acciaio per cemento armato**

- Ghisa, ferro, acciaio contenuto minimo di materiale riciclato

Per gli usi strutturali, è ammesso l'utilizzo di acciaio prodotto con un contenuto minimo di materiale riciclato come di seguito specificato in base al tipo di processo industriale:

- acciaio da forno elettrico: contenuto minimo di materiale riciclato pari al 70%;
- acciaio da ciclo integrale: contenuto minimo di materiale riciclato pari al 10%.

Il materiale deve essere prodotto in modo tale da escludere che nelle materie prime siano presenti accumuli di metalli pesanti pericolosi in concentrazione superiore allo 0,025% (fatta eccezione per i componenti di lega).

In fase di approvvigionamento l'appaltatore dovrà accertarsi della rispondenza al criterio tramite la documentazione nel seguito indicata, che dovrà essere presentata al direttore dei lavori in fase di esecuzione dei lavori, prima della posa in opera:

- documentazione necessaria a dimostrare l'adozione delle BAT;
- documentazione necessaria a dimostrare l'assenza di accumuli di metalli pesanti superiori allo 0,025%;
- dichiarazione ambientale di Tipo III, conforme alla norma **UNI EN 15804** e alla norma **ISO 14025**, oppure una asserzione ambientale del produttore conforme alla norma **ISO 14021**, verificata da un organismo di valutazione della conformità, che dimostri il rispetto del criterio.

- Marcatura e rintracciabilità dei prodotti qualificati

Ciascun prodotto qualificato deve essere costantemente riconoscibile, per quanto concerne le caratteristiche qualitative, e rintracciabile, per quanto concerne lo stabilimento di produzione. Il marchio indelebile deve essere depositato presso il Servizio tecnico centrale e deve consentire, in maniera inequivocabile, di risalire:

- all'azienda produttrice;
- allo stabilimento;
- al tipo di acciaio e alla sua eventuale saldabilità.

Il prodotto di acciaio non può essere impiegato in caso di:

- mancata marcatura;
- non corrispondenza a quanto depositato;
- illeggibilità, anche parziale, della marcatura.

- Documentazione della unità marcata scorporata. Le ulteriori indicazioni del direttore dei lavori per le prove di laboratorio

Può accadere che durante il processo costruttivo, presso gli utilizzatori, presso i commercianti o presso i trasformatori intermedi, l'unità marcata (pezzo singolo o confezione) venga scorporata, per cui una parte, o il tutto, perda l'originale marcatura del prodotto. In questo caso, tanto gli utilizzatori quanto i commercianti e i trasformatori intermedi, oltre a dover predisporre idonee

zone di stoccaggio, hanno la responsabilità di documentare la provenienza del prodotto mediante i documenti di accompagnamento del materiale e gli estremi del deposito del marchio presso il Servizio tecnico centrale (paragrafo 11.3.1.4, norme tecniche per le costruzioni).

In tal caso, i campioni destinati al laboratorio incaricato delle prove di cantiere devono essere accompagnati dalla sopraindicata documentazione e da una dichiarazione di provenienza rilasciata dal direttore dei lavori, quale risulta dai documenti di accompagnamento del materiale.

- Indicazione del marchio identificativo nei certificati delle prove meccaniche

Tutti i certificati relativi alle prove meccaniche degli acciai, sia in stabilimento che in cantiere o nel luogo di lavorazione, devono riportare l'indicazione del marchio identificativo, rilevato a cura del laboratorio incaricato dei controlli, sui campioni da sottoporre a prove (paragrafo 11.3.1.4, norme tecniche per le costruzioni).

Nel caso i campioni fossero sprovvisti del marchio identificativo, ovvero il marchio non dovesse rientrare fra quelli depositati presso il servizio tecnico centrale, il laboratorio dovrà tempestivamente informare di ciò il servizio tecnico centrale e il direttore dei lavori.

Le certificazioni così emesse non possono assumere valenza ai fini della vigente normativa, il materiale non può essere utilizzato e il direttore dei lavori deve prevedere, a cura e spese dell'impresa, all'allontanamento dal cantiere del materiale non conforme.

- Attestato di qualificazione del servizio tecnico centrale e Dichiarazione di prestazione

Tutte le forniture di acciaio devono essere accompagnate da copia dall'attestato di qualificazione del Servizio tecnico centrale e dal certificato di controllo interno tipo 3.1 di cui alla norma **UNI EN 10204**, dello specifico lotto di materiale fornito (paragrafo 11.3.1.5, norme tecniche per le costruzioni).

Tutte le forniture di acciaio, per le quali sussista l'obbligo della marcatura CE, devono essere accompagnate dalla "Dichiarazione di prestazione" di cui al Regolamento (UE) 305/2011, dalla prevista marcatura CE nonché si ribadisce dal certificato di controllo interno tipo 3.1, di cui alla norma **UNI EN 10204**, dello specifico lotto di materiale fornito.

Il riferimento agli attestati comprovanti la qualificazione del prodotto deve essere riportato sul documento di trasporto.

Le forniture effettuate da un distributore devono essere accompagnate da copia dei documenti rilasciati dal fabbricante e completati con il riferimento al documento di trasporto del distributore stesso.

Nel caso di fornitura in cantiere non proveniente da centro di trasformazione, il direttore dei lavori, prima della messa in opera, è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi, ferme restando le responsabilità del fabbricante.

norme di riferimento

**UNI EN 10204** – *Prodotti metallici. Tipi di documenti di controllo.*

- Documentazione di accompagnamento delle forniture provenienti dai centri di trasformazione e verifiche del direttore dei lavori

Tutti i prodotti forniti in cantiere dopo l'intervento di un *centro di trasformazione* devono essere accompagnati da idonea documentazione che identifichi in modo inequivocabile il centro di trasformazione stesso. In particolare, ogni fornitura in cantiere di elementi presaldati, presagomati o preassemblati deve essere accompagnata (paragrafo 11.3.1.7, norme tecniche per le costruzioni):

a. da dichiarazione, su documento di trasporto, degli estremi dell'Attestato di "Denuncia dell'attività del centro di trasformazione", rilasciato dal Servizio tecnico centrale, recante il logo o il marchio del centro di trasformazione;

b. b) dall'attestazione inerente l'esecuzione delle prove di controllo interno relativi a ciascun prodotto fatte eseguire dal direttore tecnico del centro di trasformazione, con l'indicazione dei giorni nei quali la fornitura è stata lavorata. Qualora il direttore dei lavori lo richieda, può prendere visione del Registro di cui al § 11.3.2.10.3 delle norme tecniche per le costruzioni;

c. da dichiarazione contenente i riferimenti alla documentazione fornita dal fabbricante in relazione ai prodotti utilizzati nell'ambito della specifica fornitura. Copia della documentazione fornita dal fabbricante e citata nella dichiarazione del centro di trasformazione è consegnata al direttore dei lavori se richiesta.

Il direttore dei lavori è tenuto a verificare quanto sopra indicato e a rifiutare le eventuali forniture non conformi, ferme restando le responsabilità del centro di trasformazione.

Gli atti di cui sopra devono essere consegnati al collaudatore che, tra l'altro, dovrà riportare nel

certificato di collaudo gli estremi del centro di trasformazione che ha fornito il materiale lavorato.

- Tipi d'acciaio per cemento armato

Le norme tecniche per le costruzioni ammettono esclusivamente l'impiego di acciai saldabili e nervati idoneamente qualificati secondo le procedure previste dalle stesse norme, e controllati con le modalità previste per gli acciai per cemento armato precompresso e per gli acciai per carpenterie metalliche.

I tipi di acciai per cemento armato sono indicati nella tabella 4.1.

Tabella 4.1 : Tipi di acciai per cemento armato previsti dalle norme tecniche per le costruzioni

Tipi di acciaio previsti (saldabili e ad aderenza migliorata)	
B450C (6 = Ø = 50 mm)	B450A (5 = Ø = 12 mm)

Tutti gli acciai per cemento armato devono essere ad aderenza migliorata, aventi, cioè, una superficie dotata di nervature o indentature trasversali, uniformemente distribuite sull'intera lunghezza, atte ad aumentarne l'aderenza al calcestruzzo.

La marcatura dei prodotti deve consentirne l'identificazione e la rintracciabilità.

La documentazione di accompagnamento delle forniture deve rispettare le prescrizioni stabilite dalle norme tecniche, in particolare è necessaria per quei prodotti per i quali non sussiste l'obbligo della marcatura Ce.

Al di fuori dell'area di cantiere, tutte le lavorazioni di sagomatura e/o assemblaggio devono avvenire esclusivamente in centri di trasformazione provvisti dei requisiti previsti dalle norme tecniche per le costruzioni.

- Accertamento delle proprietà meccaniche

L'accertamento delle proprietà meccaniche degli acciai deve essere condotto secondo le seguenti norme (paragrafo 11.3.2.3, norme tecniche per le costruzioni): **UNI EN ISO 15630-1** e **UNI EN ISO 15630-2**.

Il direttore dei lavori deve eseguire gli obbligatori controlli d'accettazione dell'acciaio per calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso come prescritto dal cap. 11 delle Norme tecniche per le costruzioni.

norme di riferimento

**UNI EN ISO 15630-1** – Acciaio per calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso. Metodi di prova. Parte 1: Barre, rotoli e fili per calcestruzzo armato;

**UNI EN ISO 15630-2** – Acciaio per calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso. Metodi di prova. Parte 2: Reti saldate.

- Reti e tralicci elettrosaldati

I nodi delle reti devono resistere ad una forza di distacco determinata in accordo con la norma

**UNI EN ISO 15630-2** pari al 25% della forza di snervamento della barra, da computarsi per quella di diametro maggiore sulla tensione di snervamento pari a  $450 \text{ N/mm}^2$ . Tale resistenza al distacco della saldatura del nodo deve essere controllata e certificata dal produttore di reti e di tralicci secondo le procedure di qualificazione.

In ogni elemento di rete o traliccio le singole armature componenti devono avere le stesse caratteristiche. Nel caso dei tralicci è ammesso l'uso di staffe aventi superficie liscia perché realizzate con acciaio B450A oppure B450C saldabili.

- Marchiatura di identificazione

Ogni pannello o traliccio deve essere, inoltre, dotato di apposita marchiatura che identifichi il produttore della rete o del traliccio stesso.

La marchiatura di identificazione può essere anche costituita da sigilli o etichettature metalliche indelebili con indicati tutti i dati necessari per la corretta identificazione del prodotto, ovvero da marchiatura supplementare indelebile. In ogni caso, la marchiatura deve essere identificabile in modo permanente anche dopo l'annegamento nel calcestruzzo della rete o del traliccio elettrosaldato.

Laddove non fosse possibile tecnicamente applicare su ogni pannello o traliccio la marchiatura secondo le modalità sopra indicate, dovrà essere comunque apposta su ogni pacco di reti o

tralicci un'apposita etichettatura, con indicati tutti i dati necessari per la corretta identificazione del prodotto e del produttore. In questo caso, il direttore dei lavori, al momento dell'accettazione della fornitura in cantiere, deve verificare la presenza della predetta etichettatura.

Nel caso di reti e tralicci formati con elementi base prodotti nello stesso stabilimento, ovvero in stabilimenti del medesimo produttore, la marchiatura del prodotto finito può coincidere con la marchiatura dell'elemento base, alla quale può essere aggiunto un segno di riconoscimento di ogni singolo stabilimento.

- Controlli di accettazione in cantiere
  - Generalità

I controlli di accettazione in cantiere sono obbligatori, devono essere effettuati dal direttore dei lavori entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale e devono essere campionati, nell'ambito di ciascun lotto di spedizione, con le medesime modalità contemplate nelle prove a carattere statistico, in ragione di tre spezzoni marchiati e di uno stesso diametro scelto entro ciascun lotto, sempre che il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del materiale da uno stesso stabilimento. In caso contrario, i controlli devono essere estesi ai lotti provenienti da altri stabilimenti.

- Prelievo dei campioni e la domanda al laboratorio prove

Il prelievo dei campioni di barre d'armatura deve essere effettuato a cura del direttore dei lavori o di un tecnico di sua fiducia che deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio ufficiale prove incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati.

Qualora la fornitura di elementi sagomati o assemblati provenga da un centro di trasformazione, il direttore dei lavori, dopo essersi accertato preliminarmente che il suddetto centro di

trasformazione sia in possesso di tutti i requisiti previsti dalle norme tecniche per le costruzioni, può recarsi presso il medesimo centro di trasformazione ed effettuare in stabilimento tutti i necessari controlli. In tal caso, il prelievo dei campioni deve essere effettuato dal direttore tecnico del centro di trasformazione secondo le disposizioni del direttore dei lavori. Quest'ultimo deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio ufficiale incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati, nonché sottoscrivere la relativa richiesta di prove.

La domanda di prove al laboratorio ufficiale autorizzato deve essere sottoscritta dal direttore dei lavori e deve contenere le indicazioni sulle strutture interessate da ciascun prelievo.

- Elaborazione dei valori di resistenza ai fini del controllo d'accettazione

I valori di resistenza e allungamento di ciascun campione da eseguirsi comunque prima della messa in opera del prodotto riferiti ad uno stesso diametro, devono essere compresi fra i valori massimi e minimi previsti dalle Norme tecniche per le costruzioni. Questi limiti tengono conto della dispersione dei dati e delle variazioni che possono intervenire tra diverse apparecchiature e modalità di prova.

Il direttore dei lavori deve elaborare i valori di resistenza desunti dai certificati di prova ai fini del controllo d'accettazione, la sola produzione del certificato di prova rilasciato dal laboratorio ufficiale o autorizzato non costituisce controllo d'accettazione della partita d'acciaio fornita e posta in opera.

#### **Art. 5. Malta premiscelata a base di calce e cemento**

Malta premiscelata a base di calce e cemento, ad alta traspirabilità, resistenza a compressione 20 MPa e modulo elastico  $\leq 15$  GPa per la realizzazione di intonaci armati interni ed esterni, per elevazioni di murature e per riparazioni localizzate, per il rinforzo strutturale di paramenti murari, volte, elementi in muratura miste o a sacco, in mattone, pietra e sasso, abbinabile a sistemi di consolidamento in F.R.P. (Fiber Reinforced Polymer)

#### **Art. 6. Primer epossidico bicomponente**

Primer epossidico bicomponente costituito da una resina e un catalizzatore.

##### Caratteristiche:

Tipo di resina = epossidica

Densità =  $1.10 \text{ g/cm}^3$

Rapporto di catalisi in peso = 3:1

Tempo di indurimento totale a 23°C = 7 giorni

Adesione al calcestruzzo = 3.00 N/mm<sup>2</sup>

**Art. 7. Stucco epossidico bicomponente a base di resine epossidiche**

Stucco epossidico bicomponente, costituito da una resina e un catalizzatore, e di consistenza tissotropica

**Caratteristiche:**

Tipo di resina = epossidica

Densità = 1.70 g/cm<sup>3</sup>

Rapporto di catalisi in peso = 3:1

Tempo di indurimento totale a 23°C = 7 giorni

Modulo elastico a trazione = 6800 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza a trazione = 16 N/mm<sup>2</sup>

Adesione su cls = 3.00 N/mm<sup>2</sup>

Adesione su acciaio = 3.00 N/mm<sup>2</sup>

**Art. 8. Resina epossidica**

Resina epossidica bicomponente, costituita da una resina e un catalizzatore, di media viscosità fluida.

**Caratteristiche:**

Tipo di resina = epossidica

Densità = 1.06 g/cm<sup>3</sup>

Rapporto di catalisi in peso = 4:1

Tempo di presa a 23°C = 50 minuti

Modulo elastico a trazione = 2600 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza a trazione = 40 N/mm<sup>2</sup>

Tensione di adesione al cls = 3.00 N/mm<sup>2</sup>

Allungamento a trazione = 1.60 %

**Art. 9. Tessuto unidirezionale in fibra di carbonio 300 g/m<sup>2</sup>**

Tessuto unidirezionale in fibra di carbonio ad alta resistenza ed elevato modulo elastico, classe sistema FRP 210C

**Caratteristiche:**

Peso del tessuto secco = 300 g/m<sup>2</sup>

spessore equivalente del tessuto = 0.164 mm

Modulo elastico della fibra = 252000 ± 2% N/mm<sup>2</sup>

Resistenza meccanica a trazione della fibra = 4900 N/mm<sup>2</sup>

Allungamento a rottura della fibra = 2.00 %

**Art. 10. Acciaio per tiranti e piastre in acciaio in facciata**

Acciaio per tiranti e piastre di facciata aventi marcatura CE in conformità alla **UNI EN 1090-1** in classe di esecuzione EXC3 acciaio **S235JR** zincato a caldo e verniciato a polvere ove richiesto dalla DL o dalla Soprintendenza ai Beni Architettonici e Culturali

**Caratteristiche:**

Proprietà reologiche:

E = 2.1e+005 N/mm<sup>2</sup>

n = 0.300

G = 80769 N/mm<sup>2</sup>

$$P_s = 78.5 \text{ kN/m}^3$$

$$\alpha = 1.2 \cdot 10^{-5} \text{ 1/}^\circ\text{C}$$

Parametri di verifica:

Tipologia del Materiale: Acciaio da Carpenteria

$$f_y = 235 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{y1} = 215 \text{ N/mm}^2$$

$$Y_{M0,c} = 1.05$$

$$Y_{M0,t} = 1.05$$

$$Y_{M1} = 1.05$$

$$Y_{M,ecc} = 1$$

$$f_u = 360 \text{ N/mm}^2$$

Valori di progetto

$$f_{cd} = 223.81 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ctd} = 223.81 \text{ N/mm}^2$$

#### **Art. 11. Acciaio da carpenteria per rinforzi di solai in legno**

Acciaio per carpenterie metalliche per rinforzi di solaio aventi marcatura CE in conformità alla **UNI EN 1090-1** in classe di esecuzione EXC3 acciaio **S235JR** zincato a caldo

Caratteristiche:

Proprietà reologiche:

$$E = 2.1 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$$

$$\nu = 0.300$$

$$G = 80769 \text{ N/mm}^2$$

$$P_s = 78.5 \text{ kN/m}^3$$

$$\alpha = 1.2 \cdot 10^{-5} \text{ 1/}^\circ\text{C}$$

Parametri di verifica:

Tipologia del Materiale: Acciaio da Carpenteria

$$f_y = 235 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{y1} = 215 \text{ N/mm}^2$$

$$Y_{M0,c} = 1.05$$

$$Y_{M0,t} = 1.05$$

$$Y_{M1} = 1.05$$

$$Y_{M,ecc} = 1$$

$$f_u = 360 \text{ N/mm}^2$$

Valori di progetto

$$f_{cd} = 223.81 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ctd} = 223.81 \text{ N/mm}^2$$

#### **Art. 12. Strutture in legno**

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.



Tutte le forniture di legno strutturale devono essere accompagnate da una copia dell'attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici come previsto dall'Art. 11.7.10.1.2 del D.M. 14/01/2018.

Gli adempimenti di cui al § 11.7.10 si applicano anche ai prodotti finiti provenienti dall'estero e non dotati di marcatura CE.

- Prodotti e componenti.
  - Legno massiccio.

Il legno dovrà essere classificato secondo la resistenza meccanica e specialmente la resistenza e la rigidezza 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 e suo FA 145-84).

I valori di resistenza e di rigidezza 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 e determinante per la classificazione, e la sezione resistente sottoposta a trazione deve essere scelta a caso.

- Disposizioni costruttive e controllo dell'esecuzione.

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 dimensionati.

La qualità della fabbricazione, preparazione e messa in opera dei prodotti deve conformarsi alle prescrizioni del progetto e del presente capitolato.

Nota: Le indicazioni esposte qui di seguito sono condizioni necessarie per l'applicabilità delle regole di progetto contenute nelle normative internazionali esistenti ed in particolare le UNI ENV 1995 1-1 e 1-2 (Eurocodice 5).

Per i pilastri e per le travi in cui può verificarsi instabilità laterale e per elementi di telai, lo scostamento iniziale dalla rettilinearità (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, le norme sulla arcuatura dei pezzi sono inadeguate ai fini della scelta di tali materiali per fini strutturali; si dovrà pertanto far attenzione particolare alla loro rettilinearità.

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.

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.

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 10 d, 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 3 d e spessore di almeno 0,3 d (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  $\pm 0,1$  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.

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.

- Controlli.

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;  
attraverso 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.

### **Art. 13. Legante idraulico fillerizzato superfluido**

Legante idraulico fillerizzato superfluido, resistente ai sali, a base di calce ed Eco-Pozzolana, per confezionare boiacche da iniezione per il consolidamento di murature

Il prodotto dovrà avere le seguenti caratteristiche prestazionali:

- Dimensione massima dell'aggregato (EN 1015-1) ( $\mu\text{m}$ ): 100
- Aspetto dell'impasto: superfluido
- Massa volumica apparente della malta fresca (EN 1015-6) ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ): 1.650
- Bleeding (NorMaL M33-87): assente
- Fluidità dell'impasto (EN 445) (s): < 30 (iniziale), < 30 (dopo 60 min.)
- Resistenza ai solfati (Saggio di Anstett): elevata
- Efflorescenze saline (dopo semi-immersione in acqua): assenti
- Resistenza a compressione a 28 gg (EN 196-1) ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ): 10
- Reazione al fuoco (EN 13501-1): Classe A1
- Temperatura di applicazione permessa: da +5°C a +35°C
- Tempo di lavorabilità della malta fresca (EN 1015-19): ca. 40 min.
- Consumo ( $\text{kg}/\text{dm}^3$ ): 1,04 (di cavità da riempire)

## IMPIANTI

### Art. 14. Aspiratori per l'espulsione in condotto di ventilazione

Gli aspiratori per espulsione in condotto di ventilazione costituiti da girante centrifuga, dovranno avere guarnizione di tenuta, kit di montaggio, ventilatore ad una velocità con alimentazione a 230 v - 50 hz, classe ii (doppio isolamento), timer di chiusura elettronico regolabile, compreso cablaggi elettrici. La potenza di aspirazione ovrà di 260 mc/ora con pressione statica 320 Pa.

Dovranno essere montati a soffitto dell'ambiente con raccordo alla tubazione di mandata che provvederà l'espulsione dell'aria in copertura. Dove di sovrà eseguire un comignolo con elementi prefabbricati tipo shunt. Il comignolo dovrà essere intonacato e verniciato.

## MODALITA' DI ESECUZIONE DELLE OPERE EDILIZIE

### Art. 15. Confezionamento, fornitura e posa in opera del calcestruzzo

Calcestruzzo per strutture semplici e armate

Requisiti della miscela omogenea di calcestruzzo allo stato fresco

Rapporto acqua/cemento

Il rapporto acqua/cemento della miscela omogenea di calcestruzzo, non dovrà superare il valore di 0.4 potrà ridursi.

La prova deve essere eseguita in cantiere al momento della consegna in conformità alla norma **UNI 7122** da un laboratorio ufficiale di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001.

L'acqua impiegata per il confezionamento del calcestruzzo deve essere conforme alla **UNI EN 1008**.

- Contenuto d'aria inglobata

La percentuale di additivo aerante necessaria ad ottenere nel miscela omogenea di calcestruzzo la giusta percentuale di aria inglobata sarà fissata durante lo studio della miscela ed eventualmente modificata dopo la stesa di prova; l'aria intrappolata deve essere: ..... + .....%. La misura della quantità d'aria inglobata verrà effettuata volumetricamente secondo le modalità della norma **UNI EN 12350-7**.

- Acqua di bleeding

Il volume di acqua di bleeding, valutato secondo la procedura della norma **UNI 7122**, dovrà risultare inferiore allo 0,1% rispetto al volume di acqua di impasto.

- Controlli sul calcestruzzo fresco

Il direttore dei lavori dovrà fare effettuare in cantiere al momento della consegna e prima della messa in opera i necessari controlli sulle miscele omogenee di calcestruzzo allo stato fresco, affinché vengano verificate le prescritte caratteristiche progettuali e contrattuali.

Le prove e i controlli dovranno essere eseguite da un laboratorio ufficiale di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001.

- Caratteristiche delle miscele omogenee calcestruzzo a prestazione garantita

Le miscele omogenee di calcestruzzo a prestazione garantita fornito e posto in opera dall'appaltatore in riferimento alla norma **UNI EN 206-1** dovrà possedere le seguenti caratteristiche:

- 1) *Strutture di fondazione e di elevazione*
  - a) classe di resistenza a compressione minima .....C25/30
  - b) classe di consistenza .....S4... (per esempio S4)
  - c) diametro massimo aggregato .15 mm..... (per esempio 32 mm)
  - d) rapporto acqua/cemento max: .....0.4.....
  - e) contenuto minimo di cemento ..... kg/m<sup>3</sup>
  - f) tipo di cemento .....
  - g) classe di esposizione ambientale: ....XC2.....

Classe di resistenza minima del calcestruzzo fornito

Le miscele omogenee di calcestruzzo fornite è poste in opera dall'impresa dovrà essere tale da garantire i valori minimi di resistenza meccanica richiesti nelle tavole di progetto, rispettivamente verificati su provini cubici o cilindrici confezionati e maturati con le modalità di cui alle norme

### **UNI EN 12390-1, UNI EN 12390-2 e UNI EN 12390-3.**

La resistenza a trazione per flessione dovrà essere determinata con prove eseguite su provini di forma prismatica con le modalità di cui alla norma **UNI EN 12390-5**. Nella fase di studio della formulazione del calcestruzzo, i valori di resistenza da confrontare con quelli minimi richiesti dovranno risultare dalla media di non meno di tre provini distinti, i cui singoli valori non dovranno scostarsi dalla media di più del 10%. Tale media verrà calcolata ponderalmente attribuendo il coefficiente 2 al risultato intermedio.

La resistenza a trazione indiretta dovrà essere determinata su provini di forma cilindrica con prove eseguite con modalità di cui alla norma **UNI EN 12390-6**. I valori della resistenza a rottura determinati sui tre tipi di provini anzidetti saranno considerati validi se non inferiori ai valori richiesti.

Le prove sulla resistenza meccanica dovranno essere eseguite da un laboratorio ufficiale di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001.

- Trasporto e posa in opera del calcestruzzo
  - Impianto di confezionamento del calcestruzzo

L'impianto di confezionamento del calcestruzzo dovrà essere fisso e di tipo approvato dalla direzione dei lavori. L'organizzazione preposta a detti impianti dovrà comprendere tutte le persone e le professionalità necessarie per assicurare la costanza di qualità dei prodotti confezionati.

- Trasporto del calcestruzzo

Il trasporto del calcestruzzo dall'impianto di confezionamento al cantiere di posa in opera, e tutte le operazioni di posa in opera, dovranno comunque essere eseguite in modo da non alterare gli impasti, evitando in particolare ogni forma di segregazione, la formazione di grumi e altri fenomeni connessi all'inizio della presa.

Se durante il trasporto si manifesterà una segregazione, dovrà essere modificata in accordo con la direzione dei lavori la composizione dell'impasto, soprattutto se persiste dopo variazione del rapporto acqua/cemento. Se ciò malgrado la segregazione non dovesse essere eliminata, dovrà essere studiato nuovamente il sistema di produzione e trasporto del calcestruzzo.

- Documenti di consegna

L'appaltatore dovrà fornire alla direzione dei lavori, prima o durante l'esecuzione del getto, il documento di consegna del produttore del calcestruzzo, contenente almeno i seguenti dati:

- impianto di produzione;
- quantità in metri cubi del calcestruzzo trasportato;
- dichiarazione di prestazione alle disposizioni della norma **UNI EN 206-1**;
- denominazione o marchio dell'ente di certificazione;
- ora di carico;
- ore di inizio e fine scarico;
- dati dell'appaltatore;
- cantiere di destinazione.

Per il calcestruzzo a prestazione garantita, la direzione dei lavori potrà chiedere le seguenti informazioni:

- tipo e classe di resistenza del cemento;
- tipo di aggregato;
- tipo di additivi eventualmente aggiunti;
- rapporto acqua/cemento;
- prove di controllo di produzione del calcestruzzo;
- sviluppo della resistenza a compressione;
- provenienza dei materiali componenti.

Per i calcestruzzi di particolare composizione dovranno essere fornite informazioni circa la composizione, il rapporto acqua/cemento e la dimensione massima dell'aggregato.

Il direttore dei lavori potrà rifiutare il calcestruzzo qualora non rispetti le prescrizioni di legge contrattuali, espresse almeno in termini di classe di resistenza ( $\text{N/mm}^2$ ), classe di consistenza al getto, rapporto acqua/cemento.

norma di riferimento

**UNI EN 206-1** – *Calcestruzzo. Specificazione, prestazione, produzione e conformità.*

- Armature
  - Realizzazione delle gabbie delle armature

Le gabbie di armatura dovranno essere, per quanto possibile, composte fuori opera. In ogni caso, in corrispondenza di tutti i nodi dovranno essere eseguite legature doppie incrociate in filo di ferro ricotto di diametro non inferiore a 0,6 mm, in modo da garantire l'invariabilità della geometria della gabbia durante il getto.

Nel caso di gabbie assemblate con parziale saldatura l'acciaio dovrà essere del tipo saldabile in conformità alle Norme tecniche per le costruzioni.

La posizione delle armature metalliche entro i casseri dovrà essere garantita utilizzando esclusivamente opportuni distanziatori in materiale plastico non deformabile oppure di malta o pasta cementizia, in modo da rispettare il copriferro minimo previsto dalle Norme tecniche per le costruzioni o previsto in progetto.

- Ancoraggio delle barre e loro giunzioni

Le armature longitudinali devono essere interrotte, ovvero sovrapposte, preferibilmente nelle zone compresse o di minore sollecitazione come indicato nei disegni esecutivi.

La continuità fra le barre può effettuarsi mediante:

- sovrapposizione, calcolata in modo da assicurare l'ancoraggio di ciascuna barra. In ogni caso, la lunghezza di sovrapposizione nel tratto rettilineo deve essere non minore di venti volte il diametro della barra. La distanza mutua (interfero) nella sovrapposizione non deve superare quattro volte il diametro;
- saldature, eseguite in conformità alle norme in vigore sulle saldature. Deve essere accertata la saldabilità degli acciai che vengono impiegati, nonché la compatibilità fra metallo e metallo di apporto, nelle posizioni o condizioni operative previste nel progetto esecutivo;
- giunzioni meccaniche per barre di armatura. Tali tipi di giunzioni devono essere preventivamente validati mediante prove sperimentali disposte dal direttore dei lavori.

Per le barre di diametro  $\varnothing > 32$  mm occorrerà adottare particolari cautele negli ancoraggi e nelle sovrapposizioni.

L'appaltatore dovrà consegnare preventivamente al direttore dei lavori le schede tecniche dei prodotti da utilizzare per le giunzioni delle armature.

#### Getto del calcestruzzo

Lo scarico del calcestruzzo dal mezzo di trasporto nelle casseforme si deve effettuare applicando tutti gli accorgimenti atti ad evitare la segregazione dei componenti.

È opportuno che l'altezza di caduta libera del calcestruzzo fresco, indipendentemente dal sistema di movimentazione e getto, non ecceda 50÷80 cm, e che lo spessore degli strati orizzontali di calcestruzzo, misurato dopo la vibrazione, non sia maggiore di 30 cm.

Si deve evitare di scaricare il calcestruzzo in cumuli da stendere poi successivamente con l'impiego dei vibratori, in quanto questo procedimento può provocare l'affioramento della pasta cementizia e la segregazione. Per limitare l'altezza di caduta libera del calcestruzzo, è opportuno utilizzare un tubo di getto che consenta al calcestruzzo di fluire all'interno di quello precedentemente messo in opera.

Nei getti in pendenza devono essere predisposti dei cordolini d'arresto atti ad evitare la formazione di lingue di calcestruzzo tanto sottili da non poter essere compattate in modo efficace.

Nel caso di getti in presenza d'acqua è opportuno:

- adottare gli accorgimenti atti ad impedire che l'acqua dilavi il calcestruzzo e ne pregiudichi la regolare presa e maturazione;
- provvedere, con i mezzi più adeguati, alla deviazione dell'acqua e adottare miscele di calcestruzzo, coesive, con caratteristiche antidilavamento, preventivamente provate ed autorizzate dal direttore dei lavori;
- utilizzare una tecnica di messa in opera che permetta di gettare il calcestruzzo fresco dentro il calcestruzzo fresco precedentemente gettato, in modo da far rifluire il calcestruzzo verso l'alto, limitando così il contatto diretto tra l'acqua e il calcestruzzo fresco in movimento.

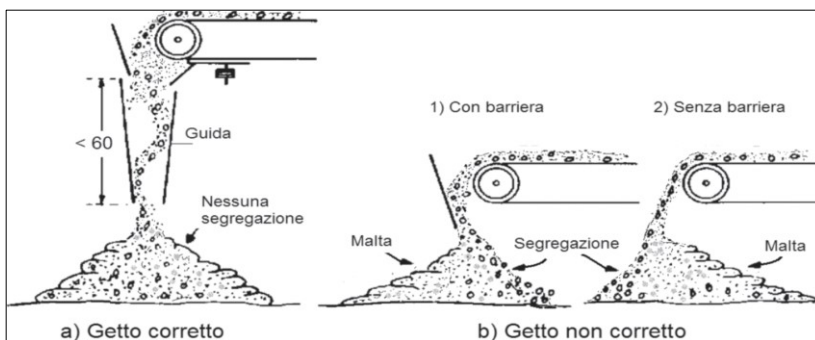


Figura 15.1. Esempi di getto di calcestruzzo con nastro trasportatore: a) getto corretto e b) getto non corretto. Nel caso b) si ha la separazione degli aggregati dalla malta cementizia. La barriera comporta soltanto il cambiamento di direzione della segregazione

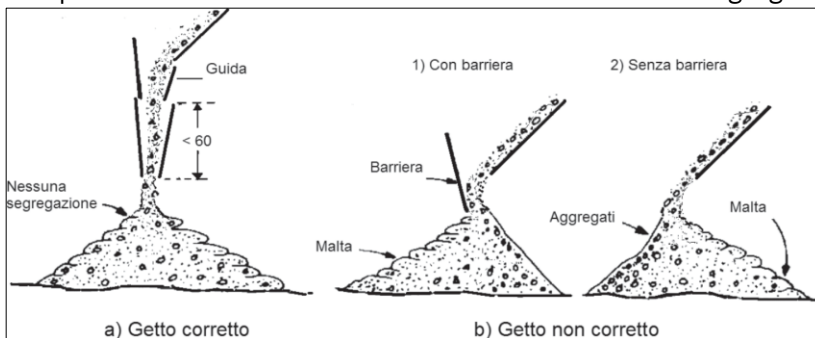


Figura 15.2. Esempi di getto di calcestruzzo da piano inclinato: a) getto corretto e b) getto non corretto. Nel caso b) si ha la separazione degli aggregati dalla malta cementizia. La barriera comporta soltanto il cambiamento di direzione della segregazione

Verifiche da parte del direttore dei lavori e modalità esecutive del getto

L'appaltatore dovrà adottare tutti gli accorgimenti necessari affinché le gabbie mantengano la posizione di progetto all'interno delle casseforme durante il getto.

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.

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, e 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 proteggere le strutture appena gettate dalle condizioni atmosferiche negative o estreme, quali pioggia, freddo, caldo. La superficie dei getti deve essere mantenuta umida per almeno 15 giorni, e comunque fino a 28 giorni dall'esecuzione, in climi caldi e secchi.

Non si deve mettere in opera calcestruzzo a temperature minori di 0 °C, salvo il ricorso ad opportune cautele autorizzate dalla direzione dei lavori.

#### Programma dei getti

L'impresa esecutrice è tenuta a comunicare con dovuto anticipo al direttore dei lavori il programma dei getti della miscela omogenea di calcestruzzo indicando:

- il luogo di getto;
- la struttura interessata dal getto;

- la classe di resistenza e di consistenza.
- I getti dovrebbero avere inizio solo dopo che il direttore dei lavori ha verificato:
  - la preparazione e la rettifica dei piani di posa;
  - la pulizia delle casseforme;
  - la posizione e la corrispondenza al progetto delle armature e del copriferro;
  - la posizione delle eventuali guaine dei cavi di precompressione;
  - la posizione degli inserti (giunti, water stop, ecc.);
  - l'umidificazione a rifiuto delle superfici assorbenti o la stesura del disarmante.

Nel caso di getti contro terra è bene controllare che siano eseguite, in conformità alle disposizioni di progetto, le seguenti operazioni:

- la pulizia del sottofondo;
- la posizione di eventuali drenaggi;
- la stesa di materiale isolante e/o di collegamento.

#### Getto del calcestruzzo autocompattante

Il calcestruzzo autocompattante deve essere versato nelle casseforme in modo da evitare la segregazione e favorire il flusso attraverso le armature e le parti più difficili da raggiungere nelle casseforme. L'immissione per mezzo di una tubazione flessibile può facilitare la distribuzione del calcestruzzo. Se si usa una pompa, una tramoggia o se si fa uso della benna, il terminale di gomma deve essere predisposto in modo che il calcestruzzo possa distribuirsi omogeneamente entro la cassaforma. Per limitare il tenore d'aria occlusa è opportuno che il tubo di scarico rimanga sempre immerso nel calcestruzzo.

Nel caso di getti verticali e impiego di pompa, qualora le condizioni operative lo permettano, si suggerisce di immettere il calcestruzzo dal fondo. Questo accorgimento favorisce la fuoriuscita dell'aria e limita la presenza di bolle d'aria sulla superficie. L'obiettivo è raggiunto fissando al fondo della cassaforma un raccordo di tubazione per pompa, munito di saracinesca, collegato al terminale della tubazione della pompa. Indicativamente un calcestruzzo autocompattante ben formulato ha una distanza di scorrimento orizzontale di circa 10 m. Tale distanza dipende, comunque, anche dalla densità delle armature.

#### Getti in climi freddi

Si definisce clima freddo una condizione climatica in cui, per tre giorni consecutivi, si verifica almeno una delle seguenti condizioni:

- la temperatura media dell'aria è inferiore a 5 °C;
- la temperatura dell'aria non supera 10 °C per più di 12 ore.

Prima del getto si deve verificare che tutte le superfici a contatto con il calcestruzzo siano a temperatura  $> + 5$  °C. La neve e il ghiaccio, se presenti, devono essere rimossi immediatamente prima del getto dalle casseforme, dalle armature e dal fondo. I getti all'esterno devono essere sospesi se la temperatura dell'aria è  $= 0$  °C. Tale limitazione non si applica nel caso di getti in ambiente protetto o qualora siano predisposti opportuni accorgimenti approvati dalla direzione dei lavori (per esempio riscaldamento dei costituenti il calcestruzzo, riscaldamento dell'ambiente, ecc.).

Il calcestruzzo deve essere protetto dagli effetti del clima freddo durante tutte le fasi di preparazione, movimentazione, messa in opera, maturazione.

L'appaltatore deve eventualmente coibentare la cassaforma fino al raggiungimento della resistenza prescritta. In fase di stagionatura, si consiglia di ricorrere all'uso di agenti anti-evaporanti nel caso di superfici piane o alla copertura negli altri casi, e di evitare ogni apporto d'acqua sulla superficie.

Gli elementi a sezione sottile messi in opera in casseforme non coibentate, esposti sin dall'inizio a basse temperature ambientali, richiedono un'attenta e sorvegliata stagionatura.

Nel caso in cui le condizioni climatiche portino al congelamento dell'acqua prima che il calcestruzzo abbia raggiunto una sufficiente resistenza alla compressione (5 N/mm<sup>2</sup>), il calcestruzzo può danneggiarsi in modo irreversibile.

Il valore limite (5 N/mm<sup>2</sup>) corrisponde ad un grado d'idratazione sufficiente a ridurre il contenuto in acqua libera e a formare un volume di idrati in grado di ridurre gli effetti negativi dovuti al gelo.

Durante le stagioni intermedie e/o in condizioni climatiche particolari (alta montagna) nel corso delle quali c'è comunque possibilità di gelo, tutte le superfici del calcestruzzo vanno protette, dopo la messa in opera, per almeno 24 ore. La protezione nei riguardi del gelo durante le prime



24 ore non impedisce comunque un ritardo, anche sensibile, nell'acquisizione delle resistenze nel tempo.

Nella tabella 55.3 sono riportate le temperature consigliate per il calcestruzzo in relazione alle condizioni climatiche e alle dimensioni del getto.

Tabella 14.1 : Temperature consigliate per il calcestruzzo in relazione alle condizioni climatiche e alle dimensioni del getto

<b>Dimensione minima della sezione [mm<sup>2</sup>]</b>			
< 300	300 ÷ 900	900 ÷ 1800	> 1800
Temperatura minima del calcestruzzo al momento della messa in opera			
13 °C	10 °C	7 °C	5 °C
Massima velocità di raffreddamento per le superfici del cls al termine del periodo di protezione			
1,15 °C/h	0,90 °C/h	0,70 °C/h	0,45 °C/h

Durante il periodo freddo la temperatura del calcestruzzo fresco messo in opera nelle casseforme non dovrebbe essere inferiore ai valori riportati nel prospetto precedente. In relazione alla temperatura ambiente e ai tempi di attesa e di trasporto, si deve prevedere un raffreddamento di 2-5 °C tra il termine della miscelazione e la messa in opera. Durante il periodo freddo è rilevante l'effetto protettivo delle casseforme. Quelle metalliche, per esempio, offrono una protezione efficace solo se sono opportunamente coibentate.

Al termine del periodo di protezione, necessario alla maturazione, il calcestruzzo deve essere raffreddato gradatamente per evitare il rischio di fessure provocate dalla differenza di temperatura tra parte interna ed esterna. La diminuzione di temperatura sulla superficie del calcestruzzo, durante le prime 24 ore, non dovrebbe superare i valori riportati in tabella 14.3. Si consiglia di allontanare gradatamente le protezioni, facendo in modo che il calcestruzzo raggiunga gradatamente l'equilibrio termico con l'ambiente.

#### Getti in climi caldi

Il clima caldo influenza la qualità sia del calcestruzzo fresco che di quello indurito. Infatti, provoca una troppo rapida evaporazione dell'acqua di impasto e una velocità di idratazione del cemento eccessivamente elevata. Le condizioni che caratterizzano il clima caldo sono:

- temperatura ambiente elevata;
- bassa umidità relativa;
- forte ventilazione (non necessariamente nella sola stagione calda);
- forte irraggiamento solare;
- temperatura elevata del calcestruzzo.

I potenziali problemi per il calcestruzzo fresco riguardano:

- aumento del fabbisogno d'acqua;
- veloce perdita di lavorabilità e conseguente tendenza a rapprendere nel corso della messa in opera;
- riduzione del tempo di presa con connessi problemi di messa in opera, di compattazione, di finitura e rischio di formazione di giunti freddi;
- tendenza alla formazione di fessure per ritiro plastico;
- difficoltà nel controllo dell'aria inglobata.

I potenziali problemi per il calcestruzzo indurito riguardano:

- riduzione della resistenza a 28 giorni e penalizzazione nello sviluppo delle resistenze a scadenze più lunghe, sia per la maggior richiesta di acqua, sia per effetto del prematuro indurimento del calcestruzzo;
- maggior ritiro per perdita di acqua;
- probabili fessure per effetto dei gradienti termici (picco di temperatura interno e gradiente termico verso l'esterno);
- ridotta durabilità per effetto della diffusa micro-fessurazione;
- forte variabilità nella qualità della superficie dovuta alle differenti velocità di idratazione;
- maggior permeabilità.

Durante le operazioni di getto la temperatura dell'impasto non deve superare 35°C; tale limite dovrà essere convenientemente ridotto nel caso di getti di grandi dimensioni. Esistono diversi metodi per raffreddare il calcestruzzo; il più semplice consiste nell'utilizzo d'acqua molto fredda o di ghiaccio in sostituzione di parte dell'acqua d'impasto. Per ritardare la presa del cemento e

facilitare la posa e la finitura del calcestruzzo, si possono aggiungere additivi ritardanti, o fluidificanti ritardanti di presa, preventivamente autorizzati dalla direzione dei lavori.

I getti di calcestruzzo in climi caldi devono essere eseguiti di mattina, di sera o di notte, ovvero quando la temperatura risulta più bassa.

I calcestruzzi da impiegare nei climi caldi dovranno essere confezionati 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, per esempio tenendo all'ombra gli inerti e 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.

#### Riprese di getto su calcestruzzo fresco e su calcestruzzo indurito

Le interruzioni del getto del calcestruzzo devono essere autorizzate dalla direzione dei lavori. Per quanto possibile, i getti devono essere eseguiti senza soluzione di continuità, in modo da evitare le riprese e conseguire la necessaria continuità strutturale. Per ottenere ciò, è opportuno ridurre al minimo il tempo di ricopertura tra gli strati successivi, in modo che, mediante vibrazione, si ottenga la monoliticità del calcestruzzo.

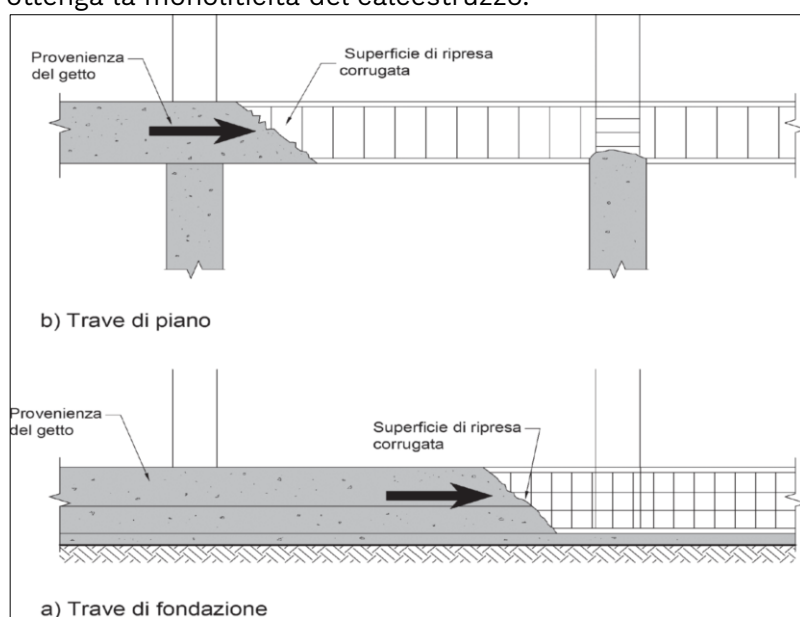


Figura 15.3. Modalità di ripresa del getto in travi di piano e di fondazione

Qualora siano inevitabili le riprese di getto, è necessario che la superficie del getto su cui si prevede la ripresa, sia lasciata quanto più possibile corrugata. Alternativamente, la superficie deve essere scalfita e pulita dai detriti, in modo da migliorare l'adesione con il getto successivo. L'adesione può essere migliorata con specifici adesivi per ripresa di getto (resine), o con tecniche diverse che prevedono l'utilizzo di additivi ritardanti o ritardanti superficiali da aggiungere al calcestruzzo o da applicare sulla superficie. In sintesi:

- 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 di collegamento a ritiro compensato.

Quando sono presenti armature metalliche (barre) attraversanti le superfici di ripresa, occorre fare sì che tali barre, in grado per la loro natura di resistere al taglio, possano funzionare più efficacemente come elementi tesi in tralicci resistenti agli scorrimenti, essendo gli elementi compressi costituiti da aste virtuali di calcestruzzo che, come si è detto in precedenza, abbiano a trovare una buona imposta ortogonale rispetto al loro asse (questo è, per esempio, il caso delle

travi gettate in più riprese sulla loro altezza).

Nelle riprese di getto sono da evitare i distacchi, le discontinuità o le differenze d'aspetto e colore. Nel caso di ripresa di getti di calcestruzzo a vista devono eseguirsi le ulteriori disposizioni del direttore dei lavori.

#### Compattazione del calcestruzzo

Quando il calcestruzzo fresco è versato nella cassaforma, contiene molti vuoti e tasche d'aria racchiusi tra gli aggregati grossolani rivestiti parzialmente da malta. Il volume di tale aria, che si aggira tra il 5 e il 20%, dipende dalla consistenza del calcestruzzo, dalla dimensione della cassaforma, dalla distribuzione e dall'addensamento delle barre d'armatura e dal modo con cui il calcestruzzo è stato versato nella cassaforma.

La compattazione è il processo mediante il quale le particelle solide del calcestruzzo fresco si serrano tra loro riducendo i vuoti. Tale processo può essere effettuato mediante vibrazione, centrifugazione, battitura e assestamento.

I calcestruzzi con classi di consistenza S1 e S2, che allo stato fresco sono generalmente rigidi, richiedono una compattazione più energica dei calcestruzzi di classe S3 o S4, aventi consistenza plastica o plastica fluida.

La lavorabilità di un calcestruzzo formulato originariamente con poca acqua non può essere migliorata aggiungendo acqua. Tale aggiunta penalizza la resistenza e dà luogo alla formazione di una miscela instabile che tende a segregare durante la messa in opera. Quando necessario possono essere utilizzati degli additivi fluidificanti o, talvolta, superfluidificanti.

Nel predisporre il sistema di compattazione, si deve prendere in considerazione la consistenza effettiva del calcestruzzo al momento della messa in opera che, per effetto della temperatura e della durata di trasporto, può essere inferiore a quella rilevata al termine dell'impasto.

La compattazione del calcestruzzo deve evitare la formazione di vuoti, soprattutto nelle zone di copriferro.

#### Vibrazione

La vibrazione consiste nell'imporre al calcestruzzo fresco rapide vibrazioni che fluidificano la malta e drasticamente riducono l'attrito interno esistente tra gli aggregati. In questa condizione, il calcestruzzo si assesta per effetto della forza di gravità, fluisce nelle casseforme, avvolge le armature ed espelle l'aria intrappolata. Al termine della vibrazione l'attrito interno ristabilisce lo stato di quiete e il calcestruzzo risulta denso e compatto. I vibratorii possono essere interni ed esterni.

I vibratorii interni, detti anche *ad immersione* o *ad ago*, sono i più usati nei cantieri. Essi sono costituiti da una sonda o ago, contenente un albero eccentrico azionato da un motore tramite una trasmissione flessibile. Il loro raggio d'azione, in relazione al diametro, varia tra 0,2 e

0,6 m, mentre la frequenza di vibrazione, quando il vibratore è immerso nel calcestruzzo, è compresa tra 90 e 250 Hz.

L'uso dei vibratorii non deve essere prolungato, per non provocare la separazione dei componenti il calcestruzzo per effetto della differenza del peso specifico e il rifluimento verso l'alto dell'acqua di impasto con conseguente trasporto di cemento.

Per effettuare la compattazione, l'ago vibrante deve essere introdotto verticalmente e spostato da punto a punto nel calcestruzzo, con tempi di permanenza che vanno dai 5 ai 30 secondi. L'effettivo completamento della compattazione può essere valutato dall'aspetto della superficie, che non deve essere né porosa né eccessivamente ricca di malta. L'estrazione dell'ago deve essere graduale ed effettuata in modo da permettere la chiusura dei fori da esso lasciati.

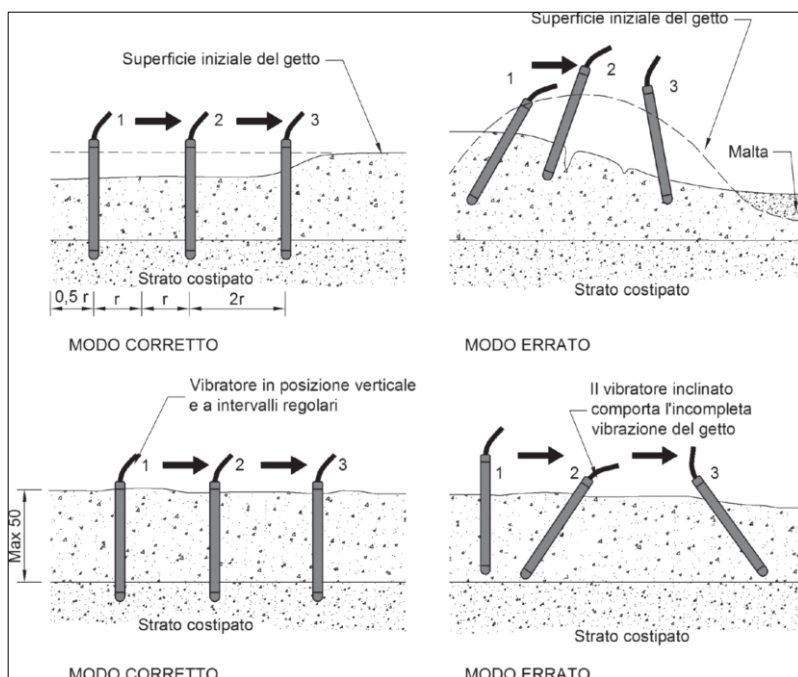


Figura 15.4. Esecuzione del getto e modalità di costipazione mediante vibrazione interna

L'ago deve essere introdotto per l'intero spessore del getto fresco, e per 5-10 cm in quello sottostante, se questo è ancora lavorabile. In tal modo, si ottiene un adeguato legame tra gli strati e si impedisce la formazione di un giunto freddo tra due strati di getti sovrapposti. I cumuli che inevitabilmente si formano quando il calcestruzzo è versato nei casseri devono essere livellati inserendo il vibratore entro la loro sommità. Per evitare la segregazione, il calcestruzzo non deve essere spostato lateralmente con i vibratorii mantenuti in posizione orizzontale, operazione che comporterebbe un forte affioramento di pasta cementizia con contestuale sedimentazione

degli aggregati grossi. La vibrazione ottenuta affiancando il vibratore alle barre d'armatura è tollerata solo se l'addensamento tra le barre impedisce l'ingresso del vibratore e a condizione che non ci siano sottostanti strati di calcestruzzo in fase d'indurimento.

Qualora il getto comporti la messa in opera di più strati, si dovrà programmare la consegna del calcestruzzo in modo che ogni strato sia disposto sul precedente quando questo è ancora allo strato plastico, così da evitare i giunti freddi.

I vibratorii esterni sono utilizzati generalmente negli impianti di prefabbricazione ma possono, comunque, essere utilizzati anche nei cantieri quando la struttura è complessa o l'addensamento delle barre d'armatura limita o impedisce l'inserimento di un vibratore ad immersione.

I vibratorii superficiali applicano la vibrazione tramite una sezione piana appoggiata alla superficie del getto; in questo modo il calcestruzzo è sollecitato in tutte le direzioni e la tendenza a segregare è minima. Un martello elettrico può essere usato come vibratore superficiale se combinato con una piastra d'idonea sezione. Per consolidare sezioni sottili è utile l'impiego di rulli vibranti.

### Stagionatura

#### Prescrizioni per la corretta stagionatura

Per la corretta stagionatura del calcestruzzo è necessario seguire le seguenti disposizioni:

a) prima della messa in opera:

- saturare a rifiuto il sottofondo e le casseforme di legno, oppure isolare il sottofondo con fogli di plastica e impermeabilizzare le casseforme con disarmante;
- la temperatura del calcestruzzo al momento della messa in opera deve essere = 0°C, raffreddando, se necessario, gli aggregati e l'acqua di miscela.

b) durante la messa in opera:

- erigere temporanee barriere frangivento per ridurre la velocità sulla superficie del calcestruzzo;
- erigere protezioni temporanee contro l'irraggiamento diretto del sole;
- proteggere il calcestruzzo con coperture temporanee, quali fogli di polietilene, nell'intervallo fra la messa in opera e la finitura;

- ridurre il tempo fra la messa in opera e l'inizio della stagionatura protetta.
  - c) dopo la messa in opera:
    - minimizzare l'evaporazione proteggendo il calcestruzzo immediatamente dopo la finitura con membrane impermeabili, umidificazione a nebbia o copertura;
    - la massima temperatura ammissibile all'interno delle sezioni è di 70°C;
    - la differenza massima di temperatura fra l'interno e l'esterno è di 20°C;
    - la massima differenza di temperatura fra il calcestruzzo messo in opera e le parti già indurite o altri elementi della struttura è di 15°C.
- È compito della direzione dei lavori specificare le modalità di ispezione e di controllo.

#### Protezione in generale

La protezione del calcestruzzo consiste nell'impedire, durante la fase iniziale del processo di indurimento:

- l'essiccazione della superficie del calcestruzzo, perché l'acqua è necessaria per l'idratazione del cemento e, nel caso in cui si impieghino cementi di miscela, per il progredire delle reazioni pozzolaniche; inoltre, serve a evitare che gli strati superficiali del manufatto indurito risultino porosi. L'essiccazione prematura rende il copriferro permeabile e, quindi, scarsamente resistente alla penetrazione delle sostanze aggressive presenti nell'ambiente di esposizione;
- il congelamento dell'acqua d'impasto prima che il calcestruzzo abbia raggiunto un grado adeguato di indurimento;
- che i movimenti differenziali, dovuti a differenze di temperatura attraverso la sezione del manufatto, siano di entità tale da generare fessure.

I metodi di stagionatura proposti dall'appaltatore dovranno essere preventivamente sottoposti all'esame del direttore dei lavori, che potrà richiedere le opportune verifiche sperimentali.

Durante il periodo di stagionatura protetta, si dovrà evitare che i getti di calcestruzzo subiscano urti, vibrazioni e sollecitazioni di ogni genere.

Il metodo di stagionatura prescelto dovrà assicurare che le variazioni termiche differenziali nella sezione trasversale delle strutture, da misurare con serie di termocoppie, non provochino fessure o cavillature tali da compromettere le caratteristiche del calcestruzzo indurito. Tali variazioni termiche potranno essere verificate direttamente nella struttura mediante serie di termocoppie predisposte all'interno del cassero nella posizione indicata dal progettista.

L'appaltatore dovrà evitare congelamenti superficiali o totali di strutture in calcestruzzo armato sottili, oppure innalzamenti di temperatura troppo elevati con conseguente abbattimento delle proprietà del calcestruzzo indurito nel caso di strutture massive.

#### Protezione termica durante la stagionatura

A titolo esemplificativo, di seguito si indicano i più comuni sistemi di protezione termica per le strutture in calcestruzzo adottabili nei getti di cantiere, ovvero:

- cassaforma isolante;
- sabbia e foglio di polietilene;
- immersione in leggero strato d'acqua;
- coibentazione con teli flessibili.

#### Cassaforma isolante

Il  $D_t = 20^\circ\text{C}$  può essere rispettato se si usa una cassaforma isolante, ad esempio legno compensato con spessore = 2 cm, o se il getto si trova contro terra.

#### Sabbia e foglio di polietilene

La parte superiore del getto si può proteggere con un foglio di polietilene coperto con 7-8 cm di sabbia. Il foglio di polietilene ha anche la funzione di mantenere la superficie pulita e satura d'umidità.

#### Immersione in leggero strato d'acqua

La corretta stagionatura è assicurata mantenendo costantemente umida la struttura messa in opera. Nel caso di solette e getti a sviluppo orizzontale, si suggerisce di creare un cordolo perimetrale che permette di mantenere la superficie costantemente ricoperta da alcuni centimetri d'acqua.

Occorre porre attenzione, in condizioni di forte ventilazione, alla rapida escursione della temperatura sulla superficie per effetto dell'evaporazione.

#### Coibentazione con teli flessibili

Sono ideali nelle condizioni invernali, in quanto permettono di trattenere il calore nel getto,

evitando la dispersione naturale. Si deve tener conto, tuttavia, che, nella movimentazione, le coperte possono essere facilmente danneggiate.

Al fine di assicurare alla struttura un corretto sistema di stagionatura in funzione delle condizioni ambientali, della geometria dell'elemento e dei tempi di scasseratura previsti, occorre prevedere ed eseguire in cantiere una serie di verifiche che assicurino l'efficacia delle misure di protezione adottate.

#### Durata della stagionatura

Con il termine durata di stagionatura si intende il periodo che intercorre tra la messa in opera e il tempo in cui il calcestruzzo ha raggiunto le caratteristiche essenziali desiderate. Per l'intera durata della stagionatura, il calcestruzzo necessita di attenzioni e cure affinché la sua maturazione possa avvenire in maniera corretta.

La durata di stagionatura deve essere prescritta in relazione alle proprietà richieste per la superficie del calcestruzzo (resistenza meccanica e compattezza) e per la classe d'esposizione. Se la classe di esposizione prevista è limitata alle classi X0 e XC1, il tempo minimo di protezione non deve essere inferiore a 12 ore, a condizione che il tempo di presa sia inferiore a cinque ore, e che la temperatura della superficie del calcestruzzo sia superiore a 5°C. Se il calcestruzzo è esposto a classi d'esposizione diverse da X0 o XC1, la durata di stagionatura deve essere estesa fino a quando il calcestruzzo ha raggiunto, sulla sua superficie, almeno il 50% della resistenza media, o il 70% della resistenza caratteristica, previste dal progetto.

Nella tabella 55.4 sono riportati, in funzione dello sviluppo della resistenza e della temperatura del calcestruzzo, la durata di stagionatura minima per calcestruzzi esposti a classi d'esposizione diverse da X0 e XC1.

Tabella 14.4 : Durata di stagionatura minima per calcestruzzi esposti a classi d'esposizione diverse (da X0 a XC1)

Temperatura $t$ della superficie del calcestruzzo [°C]		Durata minima della stagionatura (giorni)		
Sviluppo della resistenza in base al rapporto $r = (f / f)^1$ cm 28				
	Rapido $r = 0,50$	Medio $0,50 < r = 0,30$	Lento $0,30 < r = 0,15$	Molto lento $r < 0,15$
$t = 25$	1,0	1,5	2,0	3,0
$25 > t = 15$	1,0	2,0	3,0	5,0
$15 > t = 10$	2,0	4,0	7,0	10,0
$10 > t = 5$	3,0	6,0	10,0	15,0

<sup>1</sup> La velocità di sviluppo della resistenza  $r$  è calcolata in base al rapporto sperimentale della resistenza meccanica  $f$  alla compressione determinata alla scadenza di 2 e 28 giorni. Al tempo di maturazione specificato deve essere aggiunto l'eventuale tempo di presa eccedente le cinque ore. Il tempo durante il quale il calcestruzzo rimane a temperatura  $< 5$  °C non deve essere computato come tempo di maturazione.

L'indicazione circa la durata di stagionatura, necessaria ad ottenere la durabilità e impermeabilità dello strato superficiale, non deve essere confusa con il tempo necessario al raggiungimento della resistenza prescritta per la rimozione delle casseforme, e i conseguenti aspetti di sicurezza strutturale. Per limitare la perdita d'acqua per evaporazione si adottano i seguenti metodi:

- mantenere il getto nelle casseforme per un tempo adeguato (3-7 giorni);
- coprire la superficie del calcestruzzo con fogli di plastica, a tenuta di vapore, assicurati ai bordi e nei punti di giunzione;
- mettere in opera coperture umide sulla superficie in grado di proteggere dall'essiccazione;
- mantenere umida la superficie del calcestruzzo con l'apporto di acqua;
- applicare prodotti specifici (filmogeni antievaporanti) per la protezione delle superfici.

I prodotti filmogeni di protezione curing non possono essere applicati lungo i giunti di costruzione, sulle riprese di getto o sulle superfici che devono essere trattate con altri materiali, a meno che il prodotto non venga completamente rimosso prima delle operazioni o che si sia verificato che non ci siano effetti negativi nei riguardi dei trattamenti successivi, salvo specifica deroga da parte della direzione dei lavori. Per eliminare il film dello strato protettivo dalla superficie del calcestruzzo, si può utilizzare la sabbiatura o l'idropulitura con acqua in pressione. La colorazione del prodotto di *curing* serve a rendere visibili le superfici trattate. Si devono evitare, nel corso della stagionatura, i ristagni d'acqua sulle superfici che rimarranno a vista.

Nel caso in cui siano richieste particolari caratteristiche per la superficie del calcestruzzo, quali la resistenza all'abrasione o durabilità, è opportuno aumentare il tempo di protezione e maturazione.

#### Controllo della fessurazione superficiale

Per le strutture in calcestruzzo armato 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.

#### Maturazione accelerata con getti di vapore saturo

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, e il successivo raffreddamento deve avvenire con gradienti non superiori a 10 °C/h.

A titolo orientativo potranno essere eseguite le raccomandazioni del documento ACI 517.2R- 80 (Accelerated Curing of Concrete at Atmospheric Pressure).

#### Norme di riferimento per i prodotti filmogeni

**UNI EN 206-1** – *Calcestruzzo. Specificazione, prestazione, produzione e conformità;*

**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 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 8660** – *Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione. Determinazione dell'influenza esercitata dai prodotti filmogeni sulla resistenza all'abrasione del calcestruzzo.*

#### Casseforme e puntelli per le strutture in calcestruzzo semplice e armato

##### Caratteristiche delle casseforme

Le casseforme e le relative strutture di supporto devono essere realizzate in modo da sopportare le azioni alle quali sono sottoposte nel corso della messa in opera del calcestruzzo, e in modo da essere abbastanza rigide per garantire il rispetto delle dimensioni geometriche e delle tolleranze previste.

In base alla loro configurazione le casseforme possono essere classificate in:

- casseforme smontabili;
- casseforme a tunnel, idonee a realizzare contemporaneamente elementi edilizi orizzontali e verticali;
- casseforme rampanti, atte a realizzare strutture verticali mediante il loro progressivo innalzamento, ancorate al calcestruzzo precedentemente messo in opera;
- casseforme scorrevoli, predisposte per realizzare in modo continuo opere che si sviluppano in altezza o lunghezza.

Per rispettare le quote e le tolleranze geometriche progettuali, le casseforme devono essere praticamente indeformabili quando, nel corso della messa in opera, sono assoggettate alla pressione del calcestruzzo e alla vibrazione. È opportuno che eventuali prescrizioni relative al grado di finitura della superficie a vista siano riportate nelle specifiche progettuali.

La superficie interna delle casseforme rappresenta il negativo dell'opera da realizzare; tutti i suoi pregi e difetti si ritrovano sulla superficie del getto.

Generalmente, una cassaforma è ottenuta mediante l'accostamento di pannelli. Se tale operazione non è eseguita correttamente e/o non sono predisposti i giunti a tenuta, la fase liquida del calcestruzzo, o boiaccia, fuoriesce provocando difetti estetici sulla superficie del getto, eterogeneità nella tessitura e nella colorazione, nonché nidi di ghiaia.

La tenuta delle casseforme deve essere curata in modo particolare nelle strutture con superfici di calcestruzzo a vista, e può essere migliorata utilizzando giunti preformati riutilizzabili, oppure con mastice e con guarnizioni monouso.

Alla difficoltà di ottenere connessioni perfette si può porre rimedio facendo in modo che le giunture siano in corrispondenza di modanature o di altri punti d'arresto del getto.

Tutti i tipi di casseforme (con la sola esclusione di quelle che rimangono inglobate nell'opera finita), prima della messa in opera del calcestruzzo, richiedono il trattamento con un agente (prodotto) disarmante.

I prodotti disarmanti sono applicati ai manti delle casseforme per agevolare il distacco del calcestruzzo, ma svolgono anche altre funzioni, quali la protezione della superficie delle casseforme metalliche dall'ossidazione e della corrosione, l'impermeabilizzazione dei pannelli di legno e il miglioramento della qualità della superficie del calcestruzzo. La scelta del prodotto e la sua corretta applicazione influenzano la qualità delle superfici del calcestruzzo, in particolare l'omogeneità di colore e l'assenza di bolle.

Le casseforme assorbenti, costituite da tavole o pannelli di legno non trattato o altri materiali assorbenti, calcestruzzo compreso, prima della messa in opera del calcestruzzo richiedono la saturazione con acqua. Si deve aver cura di eliminare ogni significativa traccia di ruggine nelle casseforme metalliche.

Nel caso in cui i ferri d'armatura non siano vincolati alle casseforme, per rispettare le tolleranze dello spessore del copriferro si dovranno predisporre opportune guide o riscontri che contrastano l'effetto della pressione esercitata dal calcestruzzo.

Nella tabella 55.5 sono indicati i principali difetti delle casseforme, le conseguenze e le possibili precauzioni per evitare, o almeno contenere, i difetti stessi.

Tabella 14.5 : Difetti delle casseforme, conseguenze e precauzioni

Difetti	Conseguenze	Precauzioni
<b>Per le casseforme</b>		
Deformabilità eccessiva sulle tolleranze dimensionali		Utilizzare casseforme poco deformabili, casseforme non deformate, pannelli di spessore omogeneo
Tenuta insufficiente Perdita di boiaccia e/o fuoriuscita d'acqua d'impasto	Formazione di nidi di ghiaia	Connettere correttamente le casseforme e sigillare i giunti con materiali idonei o guarnizioni
<b>Per i pannelli</b>		
Superficie troppo assorbente	Superficie del calcestruzzo omogenea e di colore chiaro	Saturare le casseforme con acqua, Usare un idoneo prodotto disarmante e/o impermeabilizzante
Superficie non assorbente	Presenza di bolle superficiali	Distribuire correttamente il disarmante, Far rifluire il calcestruzzo dal basso
Superficie ossidata	Tracce di macchie e di ruggine	Pulire accuratamente le casseforme metalliche, utilizzare un prodotto disarmante anticorrosivo
<b>Per i prodotti disarmanti</b>		
Distribuzione in eccesso	Macchie sul calcestruzzo, presenza di bolle d'aria	Utilizzare un sistema idoneo a distribuire in modo omogeneo un film sottile di disarmante, Pulire accuratamente le casseforme dai residui dei precedenti impieghi
Distribuzione insufficiente	Disomogeneità nel distacco	Curare l'applicazione del prodotto disarmante

#### Casseforme speciali

Le casseforme speciali più frequentemente utilizzate sono quelle rampanti e quelle scorrevoli orizzontali e verticali.



Le casseforme rampanti si sorreggono sul calcestruzzo indurito dei getti sottostanti precedentemente messi in opera. Il loro fissaggio è realizzato mediante bulloni o barre inserite nel calcestruzzo. L'avanzamento nei getti è vincolato al raggiungimento, da parte del calcestruzzo, di una resistenza sufficiente a sostenere il carico delle armature, del calcestruzzo del successivo getto, degli uomini e delle attrezzature.

La tecnica delle casseforme scorrevoli consente di mettere in opera il calcestruzzo in modo continuo. La velocità di avanzamento della cassaforma è regolata in modo che il calcestruzzo formato sia sufficientemente rigido da mantenere la propria forma, sostenere il proprio peso e le eventuali sollecitazioni indotte dalle attrezzature e, nel caso di casseforme scorrevoli verticali, anche il calcestruzzo del getto successivo.

Le casseforme scorrevoli orizzontali scivolano conferendo al calcestruzzo la sezione voluta. Inoltre, avanzano su rotaie, e la direzione e l'allineamento sono mantenuti facendo riferimento ad un filo di guida.

Le casseforme scorrevoli verticali, invece, sono utilizzate per realizzare strutture, quali sili, edifici a torre, ciminiera.

L'utilizzo delle casseforme scorrevoli comporta dei vincoli per le proprietà del calcestruzzo fresco. Nel caso delle casseforme scorrevoli orizzontali, è richiesta una consistenza quasi asciutta (S1-S2). Il calcestruzzo deve rendersi plastico sotto l'effetto dei vibratori, ma al rilascio dello stampo deve essere sufficientemente rigido per autosostenersi. Con le casseforme scorrevoli verticali, invece, il tempo d'indurimento e la scorrevolezza del calcestruzzo sono parametri vincolanti e devono essere costantemente controllati.

Nel caso di cassetta a perdere, inglobata nell'opera, occorre verificare la sua funzionalità, se è elemento portante, e che non sia dannosa, se è elemento accessorio.

#### Casseforme in legno

Nel caso di utilizzo di casseforme in legno, si dovrà curare che le stesse siano eseguite con tavole a bordi paralleli e ben accostate, in modo che non abbiano a presentarsi, dopo il disarmo, sbavature o disuguaglianze sulle facce in vista del getto. In ogni caso, l'appaltatore avrà cura di trattare le casseforme, prima del getto, con idonei prodotti disarmanti. Le parti componenti i casseri devono essere a perfetto contatto per evitare la fuoriuscita di boiacca cementizia.

#### Pulizia e trattamento

I casseri devono essere puliti e privi di elementi che possano in ogni modo pregiudicare l'aspetto della superficie del calcestruzzo indurito.

Dove e quando necessario, si farà uso di prodotti disarmanti disposti in strati omogenei continui. I disarmanti non dovranno assolutamente macchiare la superficie in vista del calcestruzzo. Su tutte le casseforme di una stessa opera dovrà essere usato lo stesso prodotto.

Nel caso di utilizzo di casseforme impermeabili, per ridurre il numero delle bolle d'aria sulla superficie del getto, si dovrà fare uso di disarmante con agente tensioattivo in quantità controllata e la vibrazione dovrà essere contemporanea al getto.

Qualora si realizzino calcestruzzi colorati o con cemento bianco, l'uso dei disarmanti sarà subordinato a prove preliminari atte a dimostrare che il prodotto usato non alteri il colore.

#### Legature delle casseforme e distanziatori delle armature

Gli inserti destinati a mantenere le armature in posizione, quali distanziali, tiranti, barre o altri elementi incorporati o annegati nella sezione come placche e perni di ancoraggio, devono:

- essere fissati solidamente in modo tale che la loro posizione rimanga quella prescritta anche dopo la messa in opera e la compattazione del calcestruzzo;
- non indebolire la struttura;
- non indurre effetti dannosi al calcestruzzo, agli acciai di armatura e ai tiranti di precompressione;
- non provocare macchie inaccettabili;
- non nuocere alla funzionalità o alla durabilità dell'elemento strutturale;
- non ostacolare la messa in opera e la compattazione del calcestruzzo.

Ogni elemento annegato deve avere una rigidità tale da mantenere la sua forma durante le operazioni di messa in opera del calcestruzzo.

I dispositivi che mantengono in posto le casseforme, quando attraversano il calcestruzzo, non devono essere dannosi a quest'ultimo. In particolare, viene prescritto che, dovunque sia possibile, gli elementi delle casseforme vengano fissati nell'esatta posizione prevista usando fili metallici liberi di scorrere entro tubi di PVC o simile, questi ultimi destinati a rimanere incorporati nel getto.

di calcestruzzo. Dove ciò non fosse possibile, previa informazione alla direzione dei lavori, potranno essere adottati altri sistemi, prescrivendo le cautele da adottare. È vietato l'uso di distanziatori di legno o metallici; sono, invece, ammessi quelli in plastica, ma ovunque sia possibile dovranno essere usati quelli in malta di cemento.

La superficie del distanziatore a contatto con la cassaforma deve essere la più piccola possibile. Si preferiranno, quindi, forme cilindriche, semicilindriche e semisferiche.

#### Strutture di supporto

Le strutture di supporto devono prendere in considerazione l'effetto combinato:

- del peso proprio delle casseforme, dei ferri d'armatura e del calcestruzzo;
- della pressione esercitata sulle casseforme dal calcestruzzo in relazione ai suoi gradi di consistenza più elevati, particolarmente nel caso di calcestruzzo autocompattante (SCC);
- delle sollecitazioni esercitate da personale, materiali, attrezzature, ecc., compresi gli effetti statici e dinamici provocati dalla messa in opera del calcestruzzo, dai suoi eventuali accumuli in fase di getto e dalla sua compattazione;
- dei possibili sovraccarichi dovuti al vento e alla neve.

Alle casseforme non devono essere connessi carichi e/o azioni dinamiche dovute a fattori esterni quali, ad esempio, le tubazioni delle pompe per calcestruzzo. La deformazione totale delle casseforme, e la somma di quelle relative ai pannelli e alle strutture di supporto, non deve superare le tolleranze geometriche previste per il getto.

Per evitare la deformazione del calcestruzzo non ancora completamente indurito e le possibili fessurazioni, le strutture di supporto devono sopportare l'effetto della spinta verticale e orizzontale del calcestruzzo durante la messa in opera e, nel caso in cui la struttura di supporto poggi, anche parzialmente, al suolo, occorrerà assumere i provvedimenti necessari per compensare gli eventuali assestamenti.

#### Strutture di supporto nel caso del calcestruzzo autocompattante

Nel caso del calcestruzzo autocompattante (SCC) non è prudente tener conto della riduzione di pressione laterale, che deve essere considerata di tipo idrostatico agente su tutta l'altezza di getto, computata a partire dalla quota d'inizio o di ripresa di getto.

Per evitare la marcatura delle riprese di getto, compatibilmente con la capacità delle casseforme a resistere alla spinta idrostatica esercitata dal materiale fluido, il calcestruzzo autocompattante deve essere messo in opera in modo continuo, programmando le riprese di getto lungo le linee di demarcazione architettoniche (modanature, segna-piano, ecc.).

#### Giunti tra gli elementi di cassaforma

I giunti tra gli elementi di cassaforma saranno realizzati con ogni cura, al fine di evitare fuoriuscite di boiacca e creare irregolarità o sbavature sulla superficie esterna del calcestruzzo, specie se a facciavista. Potrà essere prescritto che tali giunti debbano essere evidenziati in modo da divenire elementi architettonici secondo il progetto esecutivo.

#### Predisposizione di fori, tracce, cavità

L'appaltatore avrà l'obbligo di predisporre in corso di esecuzione quanto è previsto nei disegni progettuali esecutivi, per ciò che concerne fori, tracce, cavità, incassature, ecc., per la posa in opera di apparecchi accessori quali giunti, appoggi, smorzatori sismici, pluviali, passi d'uomo, passerelle d'ispezione, sedi di tubi e di cavi, opere interruttive, sicurvia, parapetti, mensole, segnalazioni, parti d'impianti, ecc.

#### Prodotti disarmanti per calcestruzzi

L'impiego di disarmanti per facilitare il distacco delle casseforme non deve pregiudicare l'aspetto della superficie esterna del calcestruzzo e la permeabilità, né influenzarne la presa, o causare 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 impiegate non devono superare i dosaggi indicati dal produttore. Il prodotto deve essere applicato correttamente secondo le indicazioni del produttore.

All'appaltatore è vietato usare lubrificanti di varia natura e oli esausti come disarmanti per le casseforme (in ferro, alluminio e in materiale plastico, ecc.) per le strutture in calcestruzzo armato.

Dovranno, invece, essere impiegati prodotti specifici, conformi alle norme **UNI 8866-1** e **UNI 8866-2**, norme ritirate senza sostituzione, per i quali sia stato verificato che non macchino o danneggino la superficie del calcestruzzo indurito, specie se a faccia vista. L'impiego deve

rispettare le prescrizioni indicate dal produttore.

norme di riferimento

**UNI 8866-1** – *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.*

#### Disarmo delle strutture in calcestruzzo armato

Il disarmo comprende le fasi che riguardano la rimozione delle casseforme e delle strutture di supporto. Queste non possono essere rimosse prima che il calcestruzzo abbia raggiunto la resistenza a compressione sufficiente a:

- sopportare le azioni applicate;
- evitare che le deformazioni superino le tolleranze specificate;
- resistere ai deterioramenti di superficie dovuti al disarmo.

Durante il disarmo è necessario evitare che la struttura subisca sollecitazioni dinamiche, sovraccarichi e deterioramenti superficiali come il danneggiamento del copriferro. Il disarmo deve avvenire gradatamente adottando i provvedimenti necessari ad evitare brusche sollecitazioni e azioni dinamiche.

Si può procedere alla rimozione delle casseforme non prima di ..... giorni dalla data di esecuzione del getto, tenendo conto delle condizioni climatiche che possono rallentare lo sviluppo delle resistenze del calcestruzzo. In ogni caso, il disarmo delle strutture gettate deve essere sempre autorizzato per iscritto e concordato con la direzione dei lavori.

Tabella 14.6 : Tempi minimi per del disarmo delle strutture in cemento armato dalla data del getto

Struttura	Calcestruzzo normale [giorni]	Calcestruzzo ad alta resistenza [giorni]
Sponde dei casseri di travi e pilastri	3	2
Solette di luce modesta	10	4
Puntelli e centine di travi, archi e volte	24	12
Strutture a sbalzo	28	14

#### Ripristini e stuccature

Nessun ripristino o stuccatura potrà essere eseguito dall'appaltatore dopo il disarmo delle strutture in calcestruzzo armato senza il preventivo controllo del direttore dei lavori.

Eventuali elementi metallici, quali chiodi o reggette che dovessero sporgere dai getti, dovranno essere tagliati almeno di 1 cm sotto la superficie finita, e gli incavi risultanti dovranno essere accuratamente sigillati con malta fine di cemento ad alta adesione.

Gli eventuali fori e/o nicchie formate nella superficie di calcestruzzo dalle strutture di supporto dei casseri, devono essere riempiti e trattati in superficie con un materiale di qualità simile a quella del calcestruzzo circostante.

A seguito di tali interventi, la direzione dei lavori potrà richiedere, per motivi estetici, la ripulitura o il trattamento delle superfici del getto con idonei prodotti.

#### Caricamento delle strutture disarmate

Il caricamento delle strutture in calcestruzzo armato disarmate deve essere autorizzato dalla direzione dei lavori, che deve valutarne l'idoneità statica o in relazione alla maturazione del calcestruzzo e ai carichi sopportabili.

#### Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo

Gli eventuali prodotti antievaporanti filmogeni devono rispondere alle norme comprese tra **UNI 8656** e **UNI 8660**. L'appaltatore deve preventivamente sottoporre all'approvazione della direzione dei lavori la documentazione tecnica sul prodotto e sulle modalità di applicazione. Il direttore dei lavori deve accertarsi che il materiale impiegato sia compatibile con prodotti di successive lavorazioni (per esempio, con il primer di adesione di guaine per impermeabilizzazione di solette) e che non interessi le zone di ripresa del getto.

norme di riferimento

**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 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 8660** – *Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione. Determinazione dell'influenza esercitata dai prodotti filmogeni sulla resistenza all'abrasione del calcestruzzo.*

#### Tolleranze geometriche

Nell'esecuzione della struttura gettata in opera o prefabbricata, le tolleranze dimensionali per la struttura completa e gli elementi strutturali (fondazioni, travi e solette, pilastri e pareti, sezioni trasversali, aperture, allineamenti, ecc.) rispetto al progetto esecutivo devono essere conformi alla UNI EN 13670, in particolare al paragrafo 10 e all'Appendice G.

L'inizio dei lavori deve essere preceduto dall'installazione di caposaldi di riferimento inamovibili dai quali trasferire assi e quote per il tracciamento e i controlli dimensionali previsti dalla citata norma.

#### **Art. 16. Modalità di esecuzione del rinforzo a taglio di archi in mattoni – pietra mediante placcaggio con FRP**

L'intervento di rinforzo a taglio di una trave si realizza disponendo, ortogonalmente allo sviluppo longitudinale della stessa, tessuti in fibra di carbonio unidirezionale, applicati mediante ciclo epossidico.

Dopo aver eseguito la preparazione del supporto, arrotondando gli spigoli vivi della trave con un raggio di curvatura di almeno 20 mm, e le operazioni di ripristino si procede come di seguito descritto:

1. Applicare sulla superficie da rinforzare il primer epossidico bicomponente.
2. Stendere a spatola, sul primer fresco, uno strato uniforme di 1,0-1,5 mm di stucco epossidico bicomponente.
3. Applicare sullo stucco epossidico ancora fresco, uno strato di resina epossidica fluida per l'impregnazione dei tessuti.
4. Tagliare con forbici il tessuto nella lunghezza desiderata.
5. Applicare i fogli adiacenti di tessuto disposti come staffe aperte con la tipica conformazione ad U o in avvolgimento completo, disponendo le fasce di tessuto ortogonalmente all'asse longitudinale della trave. Premere con un rullino la superficie al fine di eliminare eventuali bolle d'aria.
6. Applicare un secondo strato di resina epossidica.
7. Spagliare con sabbia di QUARZO 1,2 asciutta la resina fresca.
8. Trascorse almeno 24 ore dall'applicazione dei tessuti, procedere alla rasatura con rasanti cementizi.

#### **Art. 17. Modalità di esecuzione di tirantatura con elementi in acciaio e piastre**

Esecuzione di tirantatura a livello del solaio di sottotetto dell'edificio come da disegni esecutivi mediante tiranti in acciaio S235JR zincato e verniciato a polvere. Si procederà alla foratura diam 16 delle facciate e dei muri di spina interni, posa dei tiranti diam 12 mm con capochiave sulla facciata esterna piastre zincate 300x300x10 mm ed elementi ripartitori sul solaio interno ligneo in carpenteria metallica.

#### **Art. 18. Modalità di esecuzione del rinforzo di solai con carpenteria metallica**

Si procederà al levo dei controsoffitti ove esistenti e quindi alla preparazione delle mensole di appoggio con inghisaggio nei muri laterali con resina bicomponente tipo HILTI HIT500-RE V3 o similare con posizionamento e diametro fori come da disegno esecutivo.

Verranno poi posate le putrelle principali IPE180 e IPE160 in acciaio S235JR in classe di esecuzione EXC3 con bullonerie classe 8.8. e quindi. Laddove necessario si provvederà ad agire con cunei a contropinta per la "messa in lavoro" delle travi lignee. Si agirà poi nell'intradosso del tavolato ligneo con elementi di distribuzione del carico anche lignei sezione 16x20 avvitati alle

travi principali con viti.

**Art. 19. Modalità di esecuzione del rinforzo di consolidamento di strutture murarie a sacco, caotiche e/o incoerenti**

Il legante idraulico fillerizzato dovrà consentire di realizzare in cantiere delle boiacche da iniezione, volumetricamente stabili e resistenti ai sali, facilmente iniettabili con pompe meccaniche manuali o elettroniche o per colatura a caduta, all'interno di strutture dove sono presenti fessure, vuoti e cavità, anche di ampie dimensioni.

- **Preparazione del supporto:**

L'iniezione dovrà essere effettuata previa adeguata preparazione del supporto, stuccando e "sigillando" tutte le eventuali fessure e discontinuità presenti sul paramento murario, che possano determinare la fuoriuscita della boiacca. Realizzare, inoltre, mediante trapano a rotazione, dei fori di diametro 20-40 mm e per una profondità pari a 2/3 dello spessore della muratura, possibilmente ai vertici di un reticolo a maglia 50 x 50 cm. Nel caso in cui lo spessore della muratura sia superiore ai 60 cm è preferibile realizzare i fori da entrambi i lati. Compreso il fissaggio dei tubicini o iniettori attraverso i quali verrà iniettata la boiacca. Il giorno precedente all'iniezione è consigliabile saturare con acqua tutta la struttura interna, utilizzando gli stessi tubicini o iniettori precedentemente fissati. Effettuare quest'operazione partendo dai fori posti più in alto. Assicurarsi che la struttura abbia assorbito tutta l'acqua iniettata prima di procedere con l'iniezione della boiacca, operazione quest'ultima da effettuarsi dal basso verso la sommità della muratura. Rimozione dei tubicini e stuccatura dei fori con idonea malta.

- **Preparazione della boiacca:**

La preparazione deve essere eseguita in un idoneo recipiente pulito utilizzando un trapano elettrico munito di agitatore, a basso numero di giri. È sconsigliata, invece, la miscelazione del prodotto a mano. Dopo aver introdotto ca. 10 litri di acqua pulita per ogni sacco da 17 kg di prodotto, aggiungere lentamente e con flusso continuo la polvere. Mescolare per ca. 5 minuti e verificare che l'impasto sia ben amalgamato, superfluido (svuotamento al cono di Marsh del primo litro di boiacca < 30 secondi, con foro da 4 mm - secondo specifiche dell'ex ICR), omogeneo e privo di grumi, avendo cura di staccare dalle pareti e dal fondo del recipiente la polvere non perfettamente dispersa. Iniettare la boiacca entro 40 minuti dalla sua preparazione.

- **Iniezione della boiacca:**

Iniettare la boiacca attraverso i tubicini o iniettori precedentemente fissati, impiegando pompe meccaniche manuali o elettroniche, ad una pressione non superiore a 1 atm all'ugello. Nel caso in cui l'iniezione venga effettuata manualmente, utilizzare delle siringhe capienti, tipo quelle impiegate in veterinaria. Iniettare il prodotto sempre dal basso verso l'alto in modo da favorire sia l'espulsione dell'aria contenuta nella struttura interna interessata dall'operazione che il riempimento di tutte le cavità. Alla prima fuoriuscita della boiacca dal tubicino o dall'iniettore posto nelle vicinanze, interrompere l'operazione, chiudere l'iniettore utilizzato, continuando l'iniezione dal tubicino dal quale è fuoriuscito il prodotto. Procedere in questo modo fino alla fuoriuscita della boiacca dal foro posto più in alto. Una volta ultimato il consolidamento della struttura, rimuovere i tubicini o iniettori utilizzati e stuccare i fori con idonea malta.

## ESECUZIONE DI PROVE E VERIFICHE

### Art. 20. Controlli di accettazione del calcestruzzo

- Resistenza caratteristica

Agli effetti delle Norme tecniche per le costruzioni un calcestruzzo viene individuato tramite la resistenza caratteristica a compressione. Si definisce *resistenza caratteristica* la resistenza a compressione al di sotto della quale si può attendere di trovare il 5% della popolazione di tutte le misure di resistenza.

- Controlli di qualità del calcestruzzo

Il controllo di qualità consente di verificare nelle diverse fasi esecutive la produzione del calcestruzzo, garantendone, così, la conformità alle prescrizioni di progetto e contrattuali.

Il controllo deve articolarsi nelle seguenti fasi:

- valutazione preliminare di qualificazione;
- controllo di accettazione;
- prove complementari.

Le prove sul calcestruzzo fornito e messo in opera dall'impresa devono essere eseguita da un laboratorio ufficiale di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001, il direttore dei lavori sulla base dei dati forniti dovrà redigere la relazione finale sul controllo di qualità del calcestruzzo.

- Valutazione preliminare di qualificazione

Consiste nella verifica della qualità dei componenti il calcestruzzo (ovvero aggregati, cementi, acque e additivi), e si esplica attraverso il confezionamento di miscele sperimentali che permettono di accertare la possibilità di produrre calcestruzzi conformi alle prescrizioni di progetto (classe di resistenza e classe di consistenza conformi alla norma **UNI EN 206-1**).

Tutti i materiali forniti, se finalizzati all'esecuzione di elementi strutturali, devono essere forniti di un'attestazione di conformità di livello 2+. Tali controlli sono da considerarsi cogenti e inderogabili.

- Controllo di accettazione

Si riferisce all'attività di controllo esercitata dalla direzione dei lavori durante l'esecuzione delle opere, e si esplica attraverso la determinazione di parametri convenzionali, quali la misura della resistenza a compressione di provini cubici, la misura della lavorabilità mediante l'abbassamento al cono di Abrams del calcestruzzo fresco, ecc. Tali controlli sono da considerarsi cogenti e inderogabili. Si vedano le **NTC 2018**

- Prove complementari

Comprendono tutta l'attività sperimentale che la direzione dei lavori può avviare in presenza di procedure particolari di produzione e/o ove necessario, ad integrazione delle precedenti prove.

- Valutazione preliminare della resistenza caratteristica

L'appaltatore, prima dell'inizio della costruzione di un'opera, deve garantire, attraverso idonee prove preliminari, la resistenza caratteristica per ciascuna miscela omogenea di calcestruzzo che verrà utilizzata per la costruzione dell'opera. Tale garanzia si estende anche al calcestruzzo fornito da terzi.

L'appaltatore resta, comunque, responsabile della garanzia sulla qualità del calcestruzzo, che sarà controllata dal direttore dei lavori, secondo le procedure di accettazione di cui al punto seguente.

- Controllo di accettazione

Il direttore dei lavori ha l'obbligo di eseguire controlli sistematici in corso d'opera, per verificare la conformità tra le caratteristiche del calcestruzzo messo in opera e quello stabilito dal progetto e garantito in sede di valutazione preliminare.

Il controllo di accettazione deve essere eseguito su miscele omogenee e deve articolarsi, in funzione del quantitativo di calcestruzzo accettato, per l'opera in appalto deve eseguirsi esclusivamente il controllo di tipo B.

Prelievo ed esecuzione della prova a compressione

- Prelievo di campioni

Il prelievo di campioni di calcestruzzo deve essere eseguito esclusivamente da un laboratorio ufficiale incaricato di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001 dalla direzione dei lavori, che deve

provvedere ad identificare i provini mediante sigle ed etichette, e a custodirli in un locale idoneo prima della formatura e durante la stagionatura. Il prelievo deve essere documentato da fotografie. Un prelievo consiste nel prelevare da una carica di calcestruzzo, per ogni giorno di getto e per un massimo di 100 m<sup>3</sup> forniti, al momento della posa in opera nei casseri, la quantità di conglomerato necessaria per la confezione di un gruppo di due provini.

La campionatura minima per ciascun controllo di accettazione è di tre prelievi di due cubetti ciascuno.

La media delle resistenze a compressione dei due provini di un prelievo rappresenta la cosiddetta *resistenza di prelievo*, che costituisce il valore mediante il quale vengono eseguiti i controlli del calcestruzzo.

È obbligo del direttore dei lavori prescrivere ulteriori prelievi rispetto al numero minimo, tutte le volte che variazioni di qualità dei costituenti dell'impasto possano far presumere una variazione di qualità della miscela omogenea di calcestruzzo stesso.

#### - Dimensioni dei provini

La forma e le dimensioni dei provini di calcestruzzo per le prove di resistenza meccanica sono previste dalla norma **UNI EN 12390-3**. In generale, il lato dei cubetti deve essere proporzionato alla dimensione massima dell'inerte.

La norma **UNI EN 12390-1** indica, come dimensione del lato del provino, quella pari ad almeno tre volte la dimensione nominale dell'aggregato con cui è stato confezionato il calcestruzzo.

In generale, devono confezionarsi provini con le seguenti dimensioni nominali:

- cubetti di calcestruzzo:
- lato  $b$  (cm) = 10-15-20-25 e 30;
- tolleranza lunghezza lato:  $\pm 0,5\%$ .
- provini cilindrici:
- diametro  $d$  (cm) = 10-11,30-15-20-25-30;
- altezza pari a due volte il diametro;
- tolleranza altezza cilindro:  $\pm 5\%$ ;
- tolleranza perpendicolarità generatrice rispetto alla base del cilindro del provino:  $\pm 0,5$  mm.
- provini prismatici:
- lato di base  $b$  (cm) = 10-15-20-25 e 30;
- lunghezza maggiore o uguale a  $3,5 b$ ;
- tolleranza lato di base:  $\pm 0,5\%$ ;
- tolleranza perpendicolarità spigoli del provino:  $\pm 5$  mm. La tolleranza sulla planarità dei provini è di  $\pm 0,000 \cdot 6 d(b)$ .

#### Confezionamento dei provini

Il calcestruzzo entro le forme o cubiere deve essere opportunamente assestato e compattato per strati, secondo le prescrizioni della norma **UNI 12390-2**, utilizzando uno dei seguenti metodi:

- barra d'acciaio a sezione quadra (25 mm · 25 mm) e lunghezza di almeno 38 cm;
- barra di acciaio a sezione circolare con  $\varnothing$  16 mm e lunghezza di almeno 60 cm;
- tavola vibrante, con diametro in funzione della dimensione più piccola dell'inerte con cui è stato confezionato il calcestruzzo;
- vibratore interno.

Il calcestruzzo, prima di essere collocato nelle casseforme, deve essere opportunamente rimiscelato in apposito recipiente. Il riempimento delle casseformi deve avvenire per strati. La norma **UNI 12390-2** indica almeno due strati con spessore non superiore a 10 cm.

Il calcestruzzo a consistenza umida o a basso tenore d'acqua, invece, dovrà essere vibrato nella cubiera mediante tavola vibrante o vibratore ad immersione di dimensioni e caratteristiche riportate alle dimensioni del provino.

Dopo la costipazione, la superficie di calcestruzzo nella parte superiore della casseforma deve essere rasata con righello metallico e lisciata con idonea cazzuola o con fratazzo. 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 e in maniera da non danneggiare il provino.

#### - Caratteristiche delle casseformi calibrate per provini

Le casseformi calibrate per il confezionamento dei provini di calcestruzzo cubici, cilindrici e prismatici, secondo la norma **UNI EN 12390-1**, devono essere a tenuta stagna e non assorbenti.

Preferibilmente devono impiegarsi casseforme in acciaio o in ghisa, e le giunture devono essere

trattate con specifici prodotti (oli, grasso, ecc.) per assicurare la perfetta tenuta stagna. Sulle dimensioni (lati e diametro) è ammessa una tolleranza dello  $\pm 0,25\%$ . Le tolleranze sulla planarità delle facce laterali e della superficie della piastra di base variano a seconda che si tratti di casseforme nuove o usate. Per le casseforme per provini cubici o prismatici è ammessa una tolleranza sulla perpendicolarità tra gli spigoli di  $\pm 0,5$  mm. Le modalità di misurazione delle tolleranze geometriche (planarità, perpendicolarità e rettilineità) e dei provini di calcestruzzo e delle casseforme sono illustrate nell'appendice A e B della norma **UNI EN 12390-1**.

Le caratteristiche costruttive delle casseforme devono essere idonee a prevenire eventuali deformazioni durante il confezionamento dei provini. Le casseforme in commercio sono realizzate in:

- materiale composito (di tipo compatto o scomponibile nel fondo e nelle quattro pareti laterali);
- polistirolo espanso (la sformatura del provino da tali casseforme ne comporta la distruzione);
- acciaio (scomponibili e dotate di separatori ad incastro nel caso di casseforme a più posti).

L'impiego di tali prodotti verrà autorizzato dal direttore dei lavori solo in presenza del certificato di qualità attestante che i requisiti prestazionali corrispondano a quelli previsti dalla norma **UNI EN 12390-1**.

- Marcatura dei provini

Il direttore dei lavori deve contrassegnare i provini di calcestruzzo mediante sigle, etichettature indelebili, ecc. Tali dati devono essere annotati nel verbale di prelievo ai fini dell'individuazione dei campioni, e per avere la conferma che essi siano effettivamente quelli prelevati in cantiere in contraddittorio con l'appaltatore.

Dopo la marcatura, i provini devono essere inviati per l'esecuzione delle prove al laboratorio ufficiale incaricato. Il certificato dei risultati della prova a compressione dovrà contenere tutti i dati dichiarati dal direttore dei lavori, compreso il riferimento al verbale di prelievo.

- Verbale di prelievo di campioni di calcestruzzo in cantiere

Il verbale di prelievo dei cubetti di calcestruzzo deve contenere le seguenti indicazioni:

- località e denominazione del cantiere;
- requisiti di progetto del calcestruzzo;
- modalità di posa in opera;
- identificazione della betoniera;
- data e ora del prelevamento;
- posizione in opera del calcestruzzo da cui è stato fatto il prelievo;
- marcatura dei provini;
- modalità di compattazione nelle casseforme (barra d'acciaio a sezione quadra o a sezione circolare e relativo numero dei colpi necessari per l'assestamento, tavola vibrante, vibratore interno);

- modalità di conservazione dei provini prima della scasseratura;
- modalità di conservazione dei provini dopo la scasseratura;
- dichiarazione, del direttore dei lavori o dell'assistente, delle modalità di preparazione dei provini, in conformità alle prescrizioni della norma **UNI 12390-2**;

- eventuali osservazioni sulla preparazione e sulla conservazione dei provini di calcestruzzo. Il verbale di prelievo deve essere firmato dal direttore dei lavori e da un rappresentante qualificato dell'impresa esecutrice e dal laboratorio ufficiale incaricato che ha eseguito materialmente il prelievo.

- Domanda di prova al laboratorio ufficiale

La domanda di prove al laboratorio ufficiale prova deve essere sottoscritta dal direttore dei lavori e deve contenere precise indicazioni sulla posizione delle strutture interessate da ciascun prelievo.

Le prove non richieste dal direttore dei lavori non possono fare parte dell'insieme statistico che serve per la determinazione della resistenza caratteristica del materiale.

- Conservazione e maturazione

La conservazione e la maturazione dei provini di calcestruzzo deve avvenire presso il laboratorio ufficiale prescelto, a cui devono essere inviati i provini non prima di 24 ore dopo il confezionamento in cantiere.

Le diverse condizioni di stagionatura rispetto a quelle prescritte dalla norma **UNI EN 12390-2** devono essere opportunamente annotate sul verbale.



I provini di calcestruzzo devono essere prelevati dall'ambiente di stagionatura almeno 2 ore prima dell'inizio della prova. I provini durante il trasporto devono essere opportunamente protetti da danni od essiccamenti. In alcuni particolari casi come nelle prove a 3 e 7 giorni o minori, è necessario l'imballaggio dei provini in segatura o sabbia umida.

- Controllo d'accettazione

Sulla base dei certificati di prova a compressione il direttore dei lavori dovrà elaborare le misurazioni e redigere il relativo controllo d'accettazione delle miscele omogenee calcestruzzo fornite e messe in opera dall'appaltatore secondo le prescrizioni contrattuali.

Il solo certificato a compressione di prova non costituisce controllo d'accettazione della miscela omogenea di calcestruzzo.

**Art. 21. Controlli sul calcestruzzo fresco**

• Misura della consistenza

La consistenza, intesa come lavorabilità, non è suscettibile di definizione quantitativa, ma soltanto di valutazione relativa del comportamento dell'impasto di calcestruzzo fresco secondo specifiche modalità di prova.

Le prove che possono essere eseguite sul calcestruzzo fresco per la misura della consistenza sono:

- prova di abbassamento al cono (slump test);
- misura dell'indice di compattabilità;
- prova Vebè;
- misura dello spandimento.

Tali metodi non risultano pienamente convergenti, tanto che le proprietà del calcestruzzo risultano diverse al variare del metodo impiegato; il tipo di metodo andrà riferito al tipo di opera strutturale e alle condizioni di getto.

In riferimento alla norma Uni En 206-1 si raccomanda di interpretare con cautela i risultati delle misure quando i valori misurati cadono al di fuori dei seguenti limiti:

- abbassamento al cono: = 10 mm e = 210 mm;
- tempo Vebè: = 30 secondi e > 5 secondi;
- indice di compattabilità: = 1,04 e < 1,46;
- spandimento: > 340 mm e = 620 mm.

Le prove per la misura della consistenza deve essere eseguita da un laboratorio ufficiale di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001.

Il calcestruzzo fresco fornito e posto in opera dall'impresa per le opere di ..... dovrà avere classe di consistenza ..... misurata con il cono di Abrams.

Tabella 30.1 : Classi di consistenza del calcestruzzo fresco mediante

**la misura dell'abbassamento al cono (*Linee guida sul calcestruzzo strutturale, 1996*)**

Classe di consistenza	Abbassamento [mm]	Denominazione corrente
S 1	da 10 a 40	Umida
S 2	da 50 a 90	Plastica
S 3	da 100 a 150	Semifluida
S 4	da 160 a 210	Fluida
S 5	> 210	-

Il calcestruzzo fresco fornito e posto in opera dall'impresa per le opere di ..... dovrà avere classe di consistenza ..... misurata mediante il metodo Vebè.

Tabella 30.2 : Classi di consistenza del calcestruzzo fresco mediante il metodo Vebè

**(*Linee guida sul calcestruzzo strutturale, 1996*)**

Classe di consistenza	Tempo Vebè [s]
V 0	oltre 31
V 1	da 30 a 21
V 2	da 20 a 11

V 3	da 10 a 6
V 4	da 5 a 3

Il calcestruzzo fresco fornito e posto in opera dall'impresa per le opere di ..... dovrà avere classe di consistenza ..... misurata mediante la misura dello spandimento.

Tabella 30.3 : Classi di consistenza del calcestruzzo fresco mediante la misura dello spandimento  
(**Linee guida sul calcestruzzo strutturale, 1996**)

Classe di consistenza	Spandimento [mm]
FB 1	= 340
FB 2	da 350 a 410
FB 3	da 420 a 480
FB 4	da 490 a 550
FB 5	da 560 a 620
FB 6	oltre 630

Il calcestruzzo fresco fornito e posto in opera dall'impresa per le opere di ..... dovrà avere classe di consistenza ..... misurata mediante l'indice di compattabilità.

Tabella 30.4 : Classi di consistenza del calcestruzzo fresco mediante dell'indice di compattabilità  
(**Linee guida sul cal- cestruzzo strutturale, 1996**)

Classe di consistenza	Indice di compattabilità
C 0	oltre 1,46
C 1	da 1,45 a 1,26
C 2	da 1,25 a 1,11
C 3	da 1,10 a 1,04

#### 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 rispetto alla composizione e alle caratteristiche contrattuali per le specifiche opere.

La prova potrà essere chiesta dal direttore dei lavori in caso di resistenza a compressione non soddisfacente o per verificare la composizione del calcestruzzo rispetto alle prescrizioni contrattuali.

Il metodo non è applicabile per i calcestruzzi nei quali la dimensione massima dell'aggregato superi 31,5 mm e per il calcestruzzo indurito prelevato da getti in opera.

Per l'esecuzione della prova dovranno essere prelevati tre campioni di quantità 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. Il campionamento deve essere eseguito secondo le modalità prescritte dalla norma **UNI EN 12350-1** a cura di un laboratorio ufficiale di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001.

Al metodo di controllo della composizione del calcestruzzo fresco è attribuita una precisione di circa il 3%.

La prova per la composizione del calcestruzzo fresco deve essere eseguita da un laboratorio ufficiale di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001.

#### Determinazione della quantità d'acqua d'impasto essudata (Bleeding)

La determinazione della quantità d'acqua d'impasto essudata (**UNI 7122**) 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:  $\text{cm}^3/\text{cm}^2$ ) 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 dimensione massima maggiore di 40 mm.

L'esecuzione di opere di finitura e lisciatura delle superfici di calcestruzzo devono essere eseguite

dopo i risultati della determinazione della quantità d'acqua d'impasto essudata.

La prova della quantità d'acqua d'impasto essudata deve essere eseguita da un laboratorio ufficiale di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001.

#### Art. 20. Controlli sul calcestruzzo in corso d'opera

##### La non conformità dei controlli d'accettazione

Le indagini per la valutazione della resistenza del calcestruzzo in opera, in caso di non conformità dei controlli d'accettazione dovranno rispettare i criteri previsti dal paragrafo 9 della norma **UNI EN 13791** fermo restando le prescrizioni delle Norme tecniche per le costruzioni. Le indagini sulle strutture in opera devono essere eseguite da un laboratorio ufficiale di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001 sulla base della pianificazione delle prove in opera stabilite dal direttore dei lavori e dell'eventuale collaudatore statico in corso d'opera. **Le prove andranno previste in conformità al cap 11 delle NTC2018.**

Le spese per la valutazione della resistenza del calcestruzzo in opera, sulla base di adeguata motivazione, sono a carico dell'esecutore.

Il rapporto di valutazione della resistenza calcestruzzo in opera deve essere conforme al paragrafo 10 della norma **UNI EN 13791**.

##### Pianificazione delle prove in opera

Le regioni di prova, da cui devono essere estratti i campioni o sulle quali saranno eseguite le prove sul calcestruzzo in opera, devono essere scelte in modo da permettere la valutazione della resistenza meccanica della struttura o di una sua parte interessata all'indagine secondo i criteri previsti dalla **UNI EN 13791**.

Le aree e i punti di prova devono essere preventivamente identificati e selezionati in relazione agli obiettivi. La definizione e la divisione in regioni di prova di una struttura, presuppongono che i prelievi o i risultati di una regione appartengano statisticamente e qualitativamente ad una medesima popolazione di calcestruzzo.

##### 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. L'ubicazione dei prelievi o carotaggi deve essere effettuata in maniera da non arrecare danno alla stabilità della struttura. I fori devono essere ripristinati con malte espansive e a ritiro compensato.

Il carotaggio può risultare improprio per verificare le caratteristiche di calcestruzzi di bassa resistenza ( $R_c = 20 \text{ N/mm}^2$ ), o alle brevi scadenze, poiché sia il carotaggio sia la lavorazione delle superfici possono sgretolare e compromettere l'integrità del conglomerato di resistenza ridotta. Ai fini della determinazione della resistenza a compressione del calcestruzzo in situ è necessario applicare i necessari fattori di correzione poiché i risultati forniti dalla prova a compressione delle carote non corrispondono esattamente a quelli che si otterrebbero con le prove a compressione condotte su cubi confezionati durante il getto, a causa della diversità dell'ambiente di maturazione, della direzione del getto rispetto a quella di carotaggio, dei danni prodotti dall'estrazione ecc.. I fattori di influenza sono quelli descritti dall'allegato A alla norma **UNI EN 13791**.

Il carotaggio deve essere eseguito da un laboratorio ufficiale di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001.

##### Linee generali

Si devono prendere in considerazione le seguenti avvertenze:

- il diametro delle carote deve essere almeno superiore a tre volte il diametro massimo degli aggregati (i diametri consigliati sono compresi tra 75 e 150 mm);
- le carote destinate alla valutazione della resistenza non dovrebbero contenere ferri d'armatura (si devono scartare i provini contenenti barre d'armatura inclinate o parallele all'asse);
- per ottenere la stima attendibile della resistenza di un'area di prova devono essere prelevate e provate almeno tre carote;
- il rapporto lunghezza/diametro delle carote deve essere uguale a 1 e diametro = 100 mm. Si deve evitare che i provini abbiano snellezza inferiore a uno o superiore a due;
- i campioni estratti (e i provini) devono essere protetti nelle fasi di lavorazione e di deposito rispetto all'essiccazione all'aria. Salvo diversa prescrizione, le prove di compressione devono essere eseguite su provini umidi;
- nel programmare l'estrazione dei campioni si deve tener conto che la resistenza del calce-

struzzo dipende dalla posizione o giacitura del getto;

- è necessario verificare accuratamente, prima di sottoporre i campioni alla prova di compressione, la planarità e l'ortogonalità delle superfici d'appoggio. La lavorazione o preparazione inadeguata dei provini porta, infatti, a risultati erranei. Il semplice taglio e la molatura delle superfici di prova può non soddisfare i requisiti di parallelismo e planarità richiesti dalle norme UNI.

#### Area di prova o di prelievo

Le carote devono essere prelevate nell'individuata regione di prova e in particolare in corrispondenza degli elementi strutturali nei quali è ritenuto sia stato posto in opera il calcestruzzo non conforme ai controlli di accettazione o laddove il direttore dei lavori ritiene che ci sia un problema di scadente o inefficace compattazione e maturazione dei getti.

Nell'individuazione delle aree di carotaggio dovranno essere rispettati i seguenti accorgimenti e quelli indicati dalla **UNI EN 12504-1**:

- devono essere lontane dagli spigoli e dai giunti in cui è presente poca o nessuna armatura;
- devono riguardare zone a bassa densità d'armatura (prima di eseguire i carotaggi sarà opportuno stabilire l'esatta disposizione delle armature mediante apposite metodologie d'indagine non distruttive);
- devono essere lontano dalle parti sommitali dei getti;
- devono essere evitati i nodi strutturali.

L'estrazione dei provini di calcestruzzo indurito deve avvenire almeno dopo 28 giorni di stagionatura,

In occasione dell'estrazione dovranno essere scartati tutti quei provini danneggiati o che contengano corpi estranei e parti di armature che potrebbero pregiudicare il risultato finale.

norme di riferimento

**UNI EN 12504-1** – *Prelievo sul calcestruzzo nelle strutture. Carote. Prelievo, esame e prova di compressione;*

**UNI EN 12390-1** – *Prova sul calcestruzzo indurito. Forma, dimensioni ed altri requisiti per provini e per casseforme;*

**UNI EN 12390-2** – *Prova sul calcestruzzo indurito. Confezionamento e stagionatura dei provini per prove di resistenza;*

**UNI EN 12390-3** – *Prova sul calcestruzzo indurito. Resistenza alla compressione dei provini;* **UNI EN 13791** – *Valutazione della resistenza a compressione in sito nelle strutture e nei componenti prefabbricati di calcestruzzo.*

verbale di prelevamento dei Campioni di CalCestruzzo indurito

Il verbale di prelievo dei campioni di calcestruzzo indurito, redatto secondo la **UNI EN 12504- 1**, deve contenere almeno le seguenti indicazioni:

- località e denominazione del cantiere;
- posizione in opera del calcestruzzo da cui è stato fatto il prelievo;
- forma e dimensione dei provini;
- numero e sigla di ciascun campione;
- data del getto;
- data del prelievo delle carote;
- modalità di estrazione e utensile impiegato.

Metodi indiretti per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo in opera

Devono essere presi in considerazione i metodi indiretti più consolidati nella pratica dei controlli non distruttivi per esempio: indice di rimbalzo, pull-out e misura della velocità di propagazione e metodi combinati.

I metodi indiretti (indice di rimbalzo, velocità di propagazione degli impulsi e forza di estrazione) dovranno rispettare le linee guida della **UNI EN 13791** mediante la correlazione tra i risultati dei metodi di prova indiretti e la resistenza a compressione su carote prelevate dalla struttura in esame. Il carotaggio è il metodo di riferimento per la calibrazione (taratura) di tutti i metodi non distruttivi o parzialmente distruttivi.

La legge di correlazione deve essere determinata utilizzando un adeguato numero di campioni, ottenuti mediante carotaggio dalla struttura in esame e sottoposti ad indagine non distruttiva prima della loro rottura durante la prova di compressione.

Il direttore dei lavori e/o il collaudatore statico in corso d'opera devono condurre una preliminare campagna di analisi con metodi indiretti al fine di programmare le posizioni di prelievo delle

carote, anche sulla base del grado di omogeneità del volume di calcestruzzo in esame, ed eventualmente di suddividere l'area in esame in lotti entro i quali sia possibile definire statisticamente l'omogeneità della miscela di calcestruzzo.

I fattori di influenza dei risultati dei metodi indiretti sono quelli descritti dall'allegato B alla norma **UNI EN 13791**.

Calibratura delle curve di correlazione tra risultati di prove non distruttive e la resistenza a compressione del calcestruzzo in opera

La stima della resistenza a compressione del calcestruzzo in opera, mediante metodi non distruttivi, si deve basare sull'impiego di correlazioni tra il parametro non distruttivo proprio del metodo impiegato e la resistenza a compressione del calcestruzzo in esame mediante prove su carote come prescritto dalla norma **UNI EN 13791**. I metodi indiretti, dopo la calibrazione mediante prove su carote, possono essere impiegati:

- singolarmente;
- in combinazione con altri metodi indiretti;
- in combinazione con altri metodi indiretti e diretti (carote).

L'andamento della legge di correlazione può essere assunto predefinito per ciascun metodo di indagine, a meno di costanti che possono essere determinate utilizzando un campione di carote di adeguata numerosità, sottoposte ad indagine non distruttiva prima della loro rottura durante la prova di compressione. È, perciò, essenziale predisporre tavole di calibrazione per il tipo specifico di calcestruzzo da sottoporre a prova, utilizzando i risultati delle prove su carote portate a rottura dopo l'esecuzione sulle stesse di prove indirette oltre a quelle eseguite in opera nello stesso punto di estrazione della carota stessa.

È opportuno che le carote utilizzate per la calibrazione siano non meno di tre. I valori numerici delle costanti che precisano l'andamento delle leggi di correlazione possono essere ottenuti applicando tecniche di minimizzazione degli errori.

Determinazione di altre proprietà del calcestruzzo in opera: dimensioni e posizione delle armature e stima dello spessore del copriferro

La misurazione dello spessore del copriferro delle armature e l'individuazione delle barre di armatura può essere effettuata utilizzando dispositivi denominati *misuratori di ricoprimento o pacometri*.

Le indagini dovranno essere eseguite da un laboratorio ufficiale di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001.

## **Art. 22. Controlli sull'acciaio in corso d'opera**

Generalità

Il direttore dei lavori per le strutture in acciaio dovrà eseguire i seguenti controlli:

- esame visivo;
- controllo chimico che accerti la composizione dei materiali;
- controllo con chiave dinamometrica che accerti che i bulloni di ogni classe siano correttamente serrati;
- controllo della corretta esecuzione delle saldature.
- 

I controlli devono essere eseguiti da un laboratorio ufficiale di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001.

Controlli non distruttivi delle saldature

Le saldature devono essere sottoposte a controlli non distruttivi finali, per accertarne la corrispondenza ai livelli di qualità stabiliti dal progettista e dalle norme tecniche per le costruzioni. L'entità e il tipo di tali controlli, distruttivi e non distruttivi, in aggiunta a quello visivo al 100%, devono essere eseguiti sotto la responsabilità del direttore dei lavori da un laboratorio ufficiale di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001.

Ai fini dei controlli non distruttivi si possono usare metodi di superficie (per esempio, liquidi penetranti o polveri magnetiche), ovvero metodi volumetrici (per esempio, raggi X o gamma o ultrasuoni).

Per le modalità di esecuzione dei controlli e i livelli di accettabilità, si potrà fare riferimento alle prescrizioni della norma **UNI EN 17635**.

I controlli devono essere certificati da un laboratorio ufficiale ed eseguiti da operatori qualificati.

norme di riferimento

**UNI EN ISO 17635** – *Controllo non distruttivo delle saldature. Regole generali per i materiali metallici;*

a) Esame visivo

**UNI EN ISO 17637** – *Controllo non distruttivo delle saldature. Esame visivo di giunti saldati per fusione;*

**UNI EN ISO 5817** – *Saldatura. Giunti saldati per fusione di acciaio, nichel, titanio e loro leghe (esclusa la saldatura a fascio di energia). Livelli di qualità delle imperfezioni.*

b) Controllo mediante ultrasuoni

**UNI EN ISO 17640** – *Controllo non distruttivo delle saldature. Controllo mediante ultrasuoni. Tecniche di controllo, livelli di prova e valutazione;*

**UNI EN ISO 13588** – *Prove non distruttive delle saldature. Controllo mediante ultrasuoni. Tecnologia "phased array" automatizzata;*

**UNI EN ISO 11666** – *Controllo non distruttivo delle saldature. Controllo mediante ultrasuoni. Livelli di accettabilità;*

**UNI EN ISO 23279** – *Controllo non distruttivo delle saldature. Controllo mediante ultrasuoni. Caratterizzazione delle indicazioni nelle saldature.*

c) Controllo radiografico

**UNI EN ISO 17636-1** – *Prove non distruttive delle saldature – Controllo radiografico. Parte 1: Tecniche a raggi -X e gamma mediante pellicola;*

**UNI EN ISO 17636-2** – *Prove non distruttive delle saldature. Controllo radiografico. Parte 2: Tecniche a raggi -X e gamma con rivelatore digitale;*

**UNI EN ISO 10675-1.** *Controlli non distruttivi delle saldature. Livelli di accettazione per il controllo radiografico. Parte 1: Acciaio, nichel, titanio e loro leghe;*

**UNI EN ISO 10675-2** – *Controlli non distruttivi delle saldature. Livelli di accettazione per il controllo radiografico. Parte 2: Alluminio e sue leghe.*

d) Esame con liquidi penetranti

**UNI EN ISO 3452-1** – *Prove non distruttive. Esame con liquidi penetranti. Parte 1: Principi generali;*

**UNI EN ISO 3452-2** – *Prove non distruttive. Esame con liquidi penetranti. Parte 2: Prove dei materiali utilizzati nell'esame con liquidi penetranti;*

**UNI EN ISO 23277** – *Controllo non distruttivo delle saldature. Controllo mediante liquidi penetranti. Livelli di accettabilità.*

#### Esecuzione e controllo delle unioni bullonate

Le superfici di contatto al montaggio si devono presentare pulite, prive di olio, vernice, scaglie di laminazione e 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.

Il serraggio dei bulloni può essere effettuato mediante chiave dinamometrica a mano, con o senza meccanismo limitatore della coppia applicata, o mediante chiavi pneumatiche con limitatore della coppia applicata, tutte tali da garantire una precisione non minore di ±5%. Le chiavi impiegate per il serraggio e nelle verifiche dovranno essere munite di un certificato di taratura emesso in data non superiore all'anno.

### **NORME PER LA MISURAZIONE E LA VALUTAZIONE DEI LAVORI**

#### **Art. 23. Criteri di valutazione dei lavori**

##### Lavori a corpo

La contabilizzazione del lavoro a corpo è effettuata applicando all'importo netto di contratto le percentuali convenzionali relative alle singole categorie di lavoro indicate nella tabella 2.2. di cui all'articolo 2, e valutando per ciascuna categoria la percentuale di lavoro eseguito. Secondo tale criterio saranno corrisposti gli oneri di sicurezza.

##### Lavori a misura

I lavori a misura previsti in appalto si intenderanno eseguiti con le modalità, i materiali, i mezzi d'opera e la mano d'opera necessari alla loro completa realizzazione e rispondenza alle prescrizioni progettuali e contrattuali, in particolare del presente capitolato speciale d'appalto, e alle ulteriori indicazioni eventualmente impartite dal direttore dei lavori, senza altri oneri aggiuntivi di qualunque tipo a carico della stazione appaltante.

La misurazione vuoto per pieno si considera al lordo della superficie della parete, pavimento

senza alcuna detrazione dei vuoti, solo se questi sono di piccola entità.

#### Regole comuni

Il pagamento dei materiali e delle categorie di lavoro è comprensivo degli oneri indicati nel relativo articolo dell'elenco prezzi, dell'onere per la posa in opera, anche in periodi di tempo diversi, per i materiali forniti dall'appaltatore indipendentemente dall'ordine di arrivo degli stessi in cantiere previa loro accettazione da parte del direttore dei lavori.

L'unità di misura (metro lineare, metro cubo, numero, ecc.) ai fini del pagamento è quella stabilita dall'articolo dell'elenco prezzi allegato al contratto.

#### Strutture in calcestruzzo armato

##### Miscele omogenee di calcestruzzo

Le miscele omogenee di calcestruzzo per fondazioni e le strutture in elevazione 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.

Si computa il volume effettivamente realizzato detrando dal computo tutti i vani, vuoti o tracce che abbiano sezioni minime superiori a  $0,20 \text{ m}^2$ ; è inoltre detratto il volume occupato da altre strutture inserite nei getti, ad esclusione delle armature metalliche.

Nei prezzi delle miscele omogenee calcestruzzo sono, inoltre, compresi tutti gli oneri derivanti dalla formazione di palchi provvisori di servizio e dall'innalzamento dei materiali, qualunque sia l'altezza alla quale l'opera di calcestruzzo armato deve essere eseguita, nonché gli oneri derivanti dal getto e dalla vibratura.

L'armatura ad aderenza migliorata per gli elementi strutturali deve essere compensata a parte.

#### Acciaio per strutture in calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso

Le barre di acciaio ad aderenza migliorata, per armature di opere di calcestruzzo armato di qualsiasi tipo, nonché la rete elettrosaldata, opportunamente sagomate e collocate in opera secondo le quantità del progetto esecutivo delle strutture in calcestruzzo armato, saranno valutate 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.

L'acciaio ad aderenza migliorata impiegato nelle strutture in calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso verrà computato a peso ed il prezzo sarà comprensivo della sagomatura, della messa in opera, delle giunzioni, delle legature, dei distanziatori e di ogni altra lavorazione richiesta dalle prescrizioni o dalla normativa vigente.

La misurazione del peso dell'acciaio per calcestruzzo armato sarà effettuata senza tener conto degli aumenti di trafilatura rispetto ai diametri commerciali ed assumendo il peso specifico convenzionale di  $7,85 \text{ kg/dm}^3$ .

Il prezzo fissato per l'acciaio armonico usato nelle armature pre o post tese, in base alla sezione utile, comprenderà la fornitura di guaine, il posizionamento, le iniezioni di cemento finali, le piastre di ancoraggio, i mezzi e materiali, la mano d'opera e ogni altro accessorio o lavorazione necessari per la completa esecuzione dei lavori in appalto.

#### **Art. 24. Lavori in economia non previsti in contratto**

##### Lavori eventuali non previsti. Concordamento nuovi prezzi

Per l'esecuzione di categorie di lavoro non previste e per le quali non siano stati convenuti i relativi prezzi, o si procederà al concordamento dei nuovi prezzi secondo le prescrizioni dell'art. 106, comma 1, lett. a) del Codice dei contratti, ovvero si provvederà in economia con operai, mezzi d'opera e provviste forniti dall'appaltatore o da terzi.

Gli oneri relativi alle assicurazioni del personale addetto all'utilizzo e/o al trasporto dei mezzi sono a carico dell'appaltatore, il quale si impegna sin d'ora al relativo adempimento.

#### Manodopera

Gli operai forniti per le opere in economia dovranno essere idonei ai lavori da eseguirsi e provvisti dei necessari attrezzi.

#### Noli

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

Il prezzo di noleggio comprende gli oneri relativi ai conducenti, al combustibile, ai lubrificanti, ai materiali di consumo, all'energia elettrica e a tutto quanto occorre per il funzionamento delle macchine. Sono a carico dell'appaltatore la manutenzione ordinaria e straordinaria degli attrezzi e delle macchine e le eventuali riparazioni, in modo che essi siano sempre in buono stato di servizio.

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

I mezzi di trasporto per i lavori in economia devono essere forniti in pieno stato di efficienza.



## **Cronoprogramma**

[illegible]