

MILANOSPORT S.P.A.

PALAISEO
VIA ISEO 10 - 20161 MILANO

**PALAZZETTO DELLO SPORT
RIFUNZIONALIZZAZIONE**

PROGETTO ESECUTIVO



**DIRETTORE TECNICO
ARCH. STEFANO PEDULLA'**

R4M engineering

Progetto e D.L. strutture
ing. Massimo Panizza

R4M engineering srl
Milano - Roma

Sede di Milano via Giorgio Giulini 2 20123
t +39 02 899.190.39 f +39 02 400.434.57

mail info@r4mengineering.com
pec r4mengineering@legalmail.it
www.r4mengineering.com

ELABORATO

ER02

RELAZIONE ILLUSTRATIVA DEI MATERIALI

SCALA:

30.07.2013

INDICE

PARTE I: CARATTERISTICHE GENERALI DELL'INTERVENTO.....	3
1. PREMESSA.....	3
2. NORMATIVA.....	3
3. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	3
PARTE II: PRESCRIZIONI PER I MATERIALI STRUTTURALI	4
4. CALCESTRUZZI	4
4.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
4.1.1. Riferimenti principali generali	4
4.1.2. Normative sui componenti dei calcestruzzi.....	4
4.1.3. Normative sui controlli di qualità	5
4.2. MATERIALI E COSTITUENTI	7
4.2.1. Cementi	7
4.2.2. Aggregati.....	7
4.2.3. Acqua di impasto	8
4.2.4. Additivi.....	8
4.2.5. Aggiunte.....	9
4.2.6. Limiti di radioattività.....	9
4.3. SPECIFICHE DI COMPOSIZIONE E CARATTERISTICHE	9
4.3.1. Struttura del calcestruzzo	9
4.3.2. Durabilità e caratteristiche di “Prestazione” e “Composizione”	9
4.3.3. Granulometria dell'aggregato	10
4.3.4. Progetto di miscela (mix-design) e qualifica dei calcestruzzi.....	10
4.4. SPECIFICHE DI PRODUZIONE.....	11
4.4.1. Confezionamento dei calcestruzzi	11
4.4.2. Trasporto dei calcestruzzi	11
4.4.3. Esecuzione dei getti	12
4.4.4. Getti nella stagione fredda	13
4.4.5. Getti nella stagione calda	13
4.4.6. Stagionatura dei getti	14
4.4.7. Interruzioni e riprese di getto	15
4.4.8. Tolleranze	15
4.5. CONTROLLO DI QUALITÀ DEL CALCESTRUZZO.....	15
4.5.1. Valutazione preliminare della resistenza.....	16
4.5.2. Controllo di produzione e di conformità	16
4.5.3. Prelievo dei campioni e controllo di accettazione	17
4.5.4. Procedure nei casi di non conformità	18
4.6. SPECIFICHE DEI CALCESTRUZZI ADOTTATI NEL PROGETTO.....	18
4.7. CALCESTRUZZO A RITIRO COMPENSATO	19
5. ACCIAIO PER CALCESTRUZZO ARMATO	20
5.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	20
5.1.1. Riferimenti principali generali	20

5.1.2.	Normative sugli acciai	20
5.2.	ACCIAIO PER C.A. IN BARRE, ROTOLI, RETI E TRALICCI	20
5.2.1.	Caratteristiche meccaniche dell'acciaio B450C	20
5.2.2.	Caratteristiche meccaniche dell'acciaio B450A	21
5.2.3.	Caratteristiche geometriche e dimensionali	22
5.2.4.	Reti e tralicci elettrosaldati	22
5.2.5.	Saldabilità	23
5.3.	CONDIZIONI DI LAVORAZIONE	23
5.3.1.	Trasporto e stoccaggio	23
5.3.2.	Lavorazione	23
5.3.3.	Disposizioni costruttive	23
5.4.	CONTROLLI DI QUALITÀ DELL'ACCIAIO	24
5.4.1.	Accertamento delle proprietà meccaniche	24
5.4.2.	Prove di aderenza	24
5.4.3.	Controlli in stabilimento	25
5.4.4.	Controlli nei centri di trasformazione	25
5.4.5.	Controlli di accettazione in cantiere	26
6.	CASSEFORME	28
6.1.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	28
6.2.	DOCUMENTAZIONE TECNICA.....	28
6.3.	MATERIALI.....	28
6.3.1.	Materiali metallici	29
6.3.2.	Legno e materiali a base di legno	29
6.4.	CARATTERISTICHE	30
6.5.	DISTACCANTI	30
6.6.	DISARMO (RIMOZIONE DEI CASSERI E DEI PUNTELLI).....	31
7.	SOLAI IN LATEROCEMENTO CON TRAVETTI PREFABBRICATI	32
7.1.	GENERALITÀ	32
7.2.	NORMATIVA E PRESCRIZIONI	32
7.3.	MATERIALI COSTITUTIVI DEI TRAVETTI.....	32
7.3.1.	Fondello	32
7.3.2.	Conglomerato cementizio di completamento	32
7.3.3.	Armature aggiuntive	32
7.3.4.	Blocchi di alleggerimento	32
7.4.	STOCCAGGIO, MOVIMENTAZIONE E PUNTELLAMENTO.....	33
8.	ANCORAGGI	33
8.1.	MATERIALI PER INGHISAGGI	33

PARTE I: CARATTERISTICHE GENERALI DELL'INTERVENTO

1. PREMESSA

Il presente documento descrive in maniera sintetica il Progetto Esecutivo strutturale dell'opera.

Vengono indicate nei successivi paragrafi in modo descrittivo ma non necessariamente esaustivo le principali lavorazioni e forniture che dovranno essere eseguite. L'opera dovrà comunque essere realizzata nella sua completezza così come rappresentato nelle tavole e nei documenti di progetto delle opere civili. La descrizione delle opere viene completata dagli elaborati grafici del Progetto Esecutivo.

2. NORMATIVA

Il presente progetto esecutivo è redatto ai sensi delle **Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008)**, cui si rimanda per ogni prescrizione riguardante i materiali, e/o i dettagli costruttivi.

3. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

L'intervento riguarda le opere strutturali relative alla ristrutturazione dell'edificio Palaiseo, in via Iseo 10, Milano.

In particolare sono previsti i seguenti interventi strutturali:

- realizzazione di nuova soletta al piano primo;
- realizzazione di postazione per disabili sulle gradinate esistenti;
- sostituzione dei gradini esistenti di larghezza 100 cm con nuovi gradini in c.a. di larghezza 120 cm.

La realizzazione della nuova soletta prevede la demolizione di alcune porzioni della soletta e delle travi esistenti e la costruzione di nuove travi in c.a. direttamente appoggiate sui pilastri esistenti. I nuovi campi di solaio sono in laterocemento, di spessore 25 cm (20+5 cm).

La postazione per disabili sarà realizzata mediante un getto di calcestruzzo sopra casseri in polipropilene (iglù) di altezza 35 cm.

PARTE II: PRESCRIZIONI PER I MATERIALI STRUTTURALI

4. CALCESTRUZZI

4.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

4.1.1. *Riferimenti principali generali*

Le norme principali a cui devono puntualmente corrispondere tutti i calcestruzzi sono le seguenti:

- Legge 5 novembre 1971 n. 1086
Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica
- DPR 6 giugno 2011 n. 380
Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia
- D.M. 14 gennaio 2008
Norme tecniche per le costruzioni (abbr. NTC2008)
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617
Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008
- UNI EN 206-1:2006
Calcestruzzo. Specificazioni, prestazioni, produzione e conformità
- UNI 11104:2004
Calcestruzzo. Specificazioni, prestazioni, produzione e conformità. Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1
- Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Febbraio 2008
- UNI ENV 13670-1:2001
Esecuzione di strutture in calcestruzzo. Requisiti comuni

4.1.2. *Normative sui componenti dei calcestruzzi*

Si intendono riportate tutte le norme e raccomandazioni citate nelle NTC2008, UNI EN 206-1, UNI 11104 e, fra tutte, vengono specificatamente richiamate le seguenti:

Leganti

- Legge 26/5/1965 n° 595 e ss.mm.ii.
"Caratteristiche tecniche e requisiti dei leganti idraulici".
- UNI EN 14216:2005
Cemento. Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi speciali a calore di idratazione molto basso

- UNI EN 197-1:2006
Cemento - Parte 1: Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni.

Aggregati

- UNI EN 12620:2003
Aggregati per calcestruzzo
- UNI EN 13055-1:2003
Aggregati leggeri. Aggregati leggeri per calcestruzzo, malta e malta per iniezione
- UNI 8520-1:2005
Aggregati per calcestruzzo. Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 12620. Parte 1: Designazione e criteri di conformità
- UNI 8520-2:2005
Aggregati per calcestruzzo. Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 12620. Requisiti

Aggiunte

- UNI EN 450-1:2005
Ceneri volanti per calcestruzzo. Parte 1: Definizione, specificazioni e criteri di conformità
- UNI EN 13263-1:2005
Fumi di silice per calcestruzzo. Parte 1: Definizione, requisiti e criteri di conformità

Additivi

- UNI EN 934-2:2002
Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Additivi per calcestruzzo. Definizioni, requisiti, conformità, marcatura ed etichettatura.

Acqua di impasto

- UNI EN 1008:2003
Acqua di impasto per 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 di impasto del calcestruzzo.

4.1.3. *Normative sui controlli di qualità*

Si elencano le principali normative inerenti i controlli di qualità del calcestruzzo richiamate dalle NTC2008.

Prelievo dei campioni e prove di resistenza

- UNI EN 12390-1:2002
Prova sul calcestruzzo indurito. Forma, dimensioni ed altri requisiti per provini e casseforme
- UNI EN 12390-2:2002
Prova sul calcestruzzo indurito. Confezione e stagionatura dei provini per prove di resistenza
- UNI EN 12390-3:2003
Prova sul calcestruzzo indurito. Resistenza alla compressione dei provini
- UNI EN 12390-4:2002

- Prova sul calcestruzzo indurito. Resistenza alla compressione. Specifiche per macchine di prova
UNI EN 12390-5:2002
- Prova sul calcestruzzo indurito. Resistenza a flessione dei provini
UNI EN 12390-6:2002
- Prova sul calcestruzzo indurito. Resistenza a trazione indiretta dei provini
UNI EN 12390-7:2002
- Prova sul calcestruzzo indurito. Massa volumica del calcestruzzo indurito
UNI EN 12390-8:2002
- Prova sul calcestruzzo indurito. Profondità di penetrazione dell'acqua sotto pressione
UNI EN 12504-1:2002
- Prove sul calcestruzzo nelle strutture. Carote. Prelievo, esame e prova di compressione
UNI EN 12504-2:2002
- Prove sul calcestruzzo nelle strutture. Prove non distruttive. Determinazione dell'indice sclerometrico
UNI EN 12504-3:2005
- Prove sul calcestruzzo nelle strutture. Parte 3: Determinazione della forza di estrazione
UNI EN 12504-4:2005
- Prove sul calcestruzzo nelle strutture. Parte 4: Determinazione della velocità di propagazione degli impulsi ultrasonici
UNI 6556:1976
- Prove sui calcestruzzi. Determinazione del modulo elastico secante a compressione
UNI EN 1770:2000
- Prodotti e sistemi per la protezione e riparazione delle strutture di calcestruzzo. Metodi di prova. Determinazione del coefficiente di dilatazione termica
UNI 6555:1973
- Calcestruzzo confezionato con inerti della dimensione massima fino a 30 mm. Determinazione del ritiro idraulico
UNI 6555:1973
- Calcestruzzo confezionato con inerti della dimensione massima oltre 30 mm. Determinazione del ritiro idraulico

Prescrizioni per calcestruzzo confezionato con processo industrializzato

- UNI EN ISO 9001:2002
Sistemi di gestione della qualità - Requisiti
- UNI CEI EN ISO/IEC 17021:2006
Valutazione della conformità. Requisiti per gli organismi che forniscono audit e certificazione di sistemi di gestione
- D.M. 9/5/2003 n. 156
Criteri e modalità per il rilascio dell'abilitazione degli organismi di certificazione, ispezione e prova nel settore dei prodotti da costruzione, ai sensi dell'articolo 9, comma 2, del D.P.R. 21 aprile 1993, n. 246

4.2. MATERIALI E COSTITUENTI

4.2.1. Cementi

Si fa particolare riferimento alle norme, indicazioni, caratteristiche e prescrizioni contenute nella UNI EN 197-1:2006.

I cementi adoperati dovranno essere forniti da uno stesso cementificio; ove non sia possibile, l'Appaltatore è tenuto a completare comunque con lo stesso tipo di cemento i manufatti iniziati, interrompendo il getto in corrispondenza di situazioni statiche ed estetiche ritenute corrette ed accettabili dal Direttore dei Lavori. Il cemento deve essere conservato in luogo asciutto od in contenitori chiusi a perfetta tenuta d'acqua. Durante la conservazione nei silos si dovranno adottare tutte le precauzioni necessarie per evitare fenomeni di condensazione all'interno degli stessi.

I diversi tipi di cemento devono essere conservati in contenitori separati, facilmente riconoscibili, in modo da impedire errori di utilizzazione.

In caso di lunga permanenza del legante nei silos o nei locali di deposito, si dovranno predisporre opportune verifiche di laboratorio atte ad accertare il mantenimento delle caratteristiche originali del prodotto.

4.2.2. Aggregati

Gli inerti in genere dovranno corrispondere ai requisiti prescritti dalla Normativa vigente ed in particolare al Capitolo 11.2.9.2 delle NTC2008, secondo il quale sono ritenuti 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 UNI EN 12620 e, per gli aggregati leggeri, alla norma UNI EN 13055-1. Per quanto riguarda l'applicazione delle norme europee si fa esplicito riferimento alle norme UNI 8520-1:2005 e UNI 8520-2:2005, per la definizione dei requisiti degli aggregati.

Massa volumica e indice di assorbimento dell'acqua

La massa volumica MV, calcolata secondo UNI EN 1097-6, deve essere $\geq 2300 \text{ kg/m}^3$; l'indice di assorbimento dell'acqua deve essere $\leq 1\%$ per calcestruzzi in classe di esposizione XF.

Origine degli aggregati

E' ammesso l'utilizzo di aggregati di riciclo, provenienti da demolizione di edifici (macerie) solo per calcestruzzi con classe di resistenza inferiore o uguale a C12/15, provenienti dalla demolizione di solo calcestruzzo per calcestruzzi aventi classe di resistenza inferiore o uguale a C20/25.

La sabbia da impiegare nelle malte e nei calcestruzzi, sia essa naturale o di frantumazione, dovrà provenire da rocce non gelive, aventi alta resistenza alla compressione, essere assolutamente priva di materie terrose ed organiche, essere preferibilmente di qualità silicea, di grana omogenea, stridente al tatto.

Tra le ghiaie si escluderanno quelle contenenti elementi di scarsa resistenza meccanica, sfaldati o sfaldabili e quelle interessate da fenomeni anche modesti di erosione e di incrostazione. I pietrischi e le graniglie dovranno provenire dalla frantumazione di rocce durissime, preferibilmente silicee, a struttura microcristallina o di calcari compatti, puri, durissimi e di alta resistenza alla compressione, all'urto, all'abrasione; saranno a spigolo vivo, scevri da materie terrose ed organiche. Ghiaie e pietrischi devono provenire da rocce non gelive.

Granulometria

Le miscele degli inerti fini e grossi, mescolati in percentuale adeguata, dovranno dar luogo ad una composizione granulometrica costante, che permetta di ottenere i requisiti voluti sia nell'impasto fresco

(consistenza, omogeneità, pompabilità, aria inglobata, etc.), sia nell'impasto indurito (resistenza, modulo elastico, ritiro, *fluage*, coefficiente di dilatazione termica lineare, etc.).

L'utilizzo di un'unica frazione granulometrica è ammesso per classi di resistenza $\leq C12/15$, mentre per le altre classi di resistenza si devono usare almeno due classi granulometriche distinte, scelte tra quelle indicate nel prospetto 2 della UNI EN 12620. Per classi di resistenza superiori a C30/37 è consigliabile utilizzare più di due classi granulometriche per compensare le oscillazioni naturali degli aggregati.

Natura chimica degli aggregati

Dovrà essere attentamente analizzata la possibilità di insorgenza di reazioni tipo "ASR" (alcali-silice), prendendo tutti i provvedimenti e le precauzioni indicate nella UNI EN 206-1 punto 5.2.3.4 e nella UNI 8520-22.

La presenza di altri minerali nocivi (gesso, anidrite, solfuri ossidabili, minerali potenzialmente reattivi agli alcali) e di costituenti chimici (solfati solubili, zolfo, cloruri, ecc..) deve rispettare i limiti riportati nei prospetti 2 e 5 della UNI 8520-1, in modo da non alterare le proprietà chimico-fisiche del calcestruzzo indurito.

Per calcestruzzi in classi di esposizione XA (attacco chimico) è necessario adottare particolari requisiti sulla natura chimica degli aggregati.

Conservazione degli aggregati

Gli inerti devono essere conservati in luoghi puliti, su di un piano di calcestruzzo opportunamente inclinato, al fine di evitare qualsiasi ristagno d'acqua. Sono comunque proibiti i depositi su terra e contro-terra. Le diverse classi granulometriche, così come gli inerti di categorie diverse, devono essere conservati separatamente, evitando ogni possibile miscelazione.

4.2.3. *Acqua di impasto*

L'acqua di impasto dovrà ottemperare alle prescrizioni della UNI EN 1008:2003.

L'acqua potabile è considerata idonea per la produzione del calcestruzzo, senza necessità di ulteriori prove. Per le acque non provenienti dai normali impianti di distribuzione di acqua potabile, come acqua di origine sotterranea, acqua naturale di superficie, acque reflue di processi industriali, si dovrà stabilirne l'idoneità mediante gli esami necessari per rilevare la presenza di sostanze con influenza negativa sui fenomeni di presa e indurimento del calcestruzzo, nonché sulla durabilità.

In particolare, per l'impiego di acqua di ricupero dei processi dell'industria del calcestruzzo, dovranno essere pienamente rispettati i requisiti riportati nell'Appendice A della UNI EN 1008:2003, e comunque il tenore di sali disciolti dovrà essere minore dello 0,2% in peso.

Le acque marine con contenuto di cloruro maggiore a 500 mg/l e le acque nere non sono ritenute idonee per la produzione di calcestruzzo.

In ogni caso, l'acqua dovrà essere comunque limpida, incolore, inodore e sotto agitazione non dovrà dare luogo a formazione di schiume persistenti.

4.2.4. *Additivi*

Gli additivi dovranno essere conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 934-2.

Gli additivi eventualmente utilizzati dovranno migliorare e potenziare le caratteristiche finali dei manufatti ed essere impiegati secondo le precise prescrizioni del produttore che dimostrerà, con prove di un Laboratorio Ufficiale da sottoporre al giudizio del Direttore dei Lavori, di rispondere ai requisiti richiesti ed

alle disposizioni vigenti.

Durante le fasi di utilizzo degli additivi, in stabilimento o in cantiere, dovranno essere seguite scrupolosamente le indicazioni riportate sulla scheda tecnica del produttore, con particolare attenzione al dosaggio (minimo, massimo, raccomandato).

Sono da preferirsi additivi marcati CE. È compito del produttore del calcestruzzo verificare la conformità e la presenza della marcatura sulle confezioni, nonché l'integrità delle confezioni stesse.

Nel caso di utilizzo di additivi "superfluidificanti", dovranno essere impiegati esclusivamente quelli di tipo sintetico a base acrilica o melamminica.

4.2.5. Aggiunte

Nei calcestruzzi è ammesso l'impiego di aggiunte, in particolare di ceneri volanti, loppe granulate d'altoforno e fumi di silice, purché non ne vengano modificate negativamente le caratteristiche prestazionali. Qualunque eventuale materiale di addizione dovrà essere chiaramente espresso nel progetto di miscela (mix-design) da sottoporre preventivamente alla D.L.

L'uso degli elementi di addizione potrà essere vietato o condizionato a limiti e particolari qualità, quantità, caratteristiche e modalità di confezionamento.

Per l'utilizzo di aggiunte di tipo II (punto 3.1.23 UNI EN 206-1) vale quanto specificato al punto 4.2 della UNI 11104 e, più generalmente, al punto 5.2.5 della UNI EN 206-1.

Le ceneri volanti devono soddisfare i requisiti della norma europea armonizzata UNI EN 450-1.

I fumi di silice devono soddisfare i requisiti della norma europea armonizzata UNI EN 13263-1.

4.2.6. Limiti di radioattività

Si raccomanda di effettuare prelievi e controlli a campione, certificati da Istituti di Fisica delle Università, per assicurare che il livello di radioattività di tutti i componenti e, in particolare, delle ceneri eventualmente utilizzate, risulti inferiore a quello del "fondo naturale di radiazioni", dell'area di intervento.

4.3. SPECIFICHE DI COMPOSIZIONE E CARATTERISTICHE

4.3.1. Struttura del calcestruzzo

Si fa riferimento al calcestruzzo normale con massa volumica, dopo essiccazione a 105 °C, compresa fra 2000 e 2800 kg/mc, così come definita in UNI EN 12390-7.

Il calcestruzzo deve essere proporzionato in modo da raggiungere una struttura chiusa, cioè, dopo compattazione standard secondo UNI EN 12350-7:2002, il contenuto d'aria del calcestruzzo fresco, in volume, non deve superare il 3% se l'aggregato ha diametro massimo nominale ≥ 16 mm ed il 4% se l'aggregato ha diametro massimo nominale < 16 mm, escludendo dal conto l'aria aggiunta sotto forma di microbolle ed i pori dell'aggregato.

4.3.2. Durabilità e caratteristiche di "Prestazione" e "Composizione"

Dovrà essere garantita, unitamente alla resistenza, la durabilità delle strutture in conglomerato cementizio.

Pertanto, nel caso di calcestruzzi a “prestazione garantita” (UNI EN 206-1 punto 8.2), dovranno essere rispettate anche le prescrizioni relative alla composizione ed alle caratteristiche del conglomerato fresco ed indurito, nonché quant’altro esplicitamente o implicitamente contenuto nella documentazione tecnica di progetto.

Le prescrizioni base di progetto, per ogni tipo di miscela omogenea, sono riferite alle seguenti caratteristiche:

- classe di resistenza (Rck di progetto);
- classe di esposizione;
- massimo rapporto a/c (acqua/cemento);
- tipo e classe di cemento;
- dosaggio minimo di cemento;
- dimensione massima degli aggregati;
- classe di consistenza.

La misura della “consistenza” dei calcestruzzi è espressa in termini di “valore dell’abbassamento al cono, o slump”, in funzione della norma UNI EN 12350-2.

4.3.3. *Granulometria dell’aggregato*

Gli inerti dovranno essere suddivisi come minimo in due classi granulometriche; si veda anche il paragrafo 4.2.2; la classe più fine non dovrà contenere più del 5% di materiale trattenuto al vaglio a maglia quadra da 5 mm di lato.

La dimensione massima dei grani dell’inerte deve essere tale da permettere che il conglomerato possa riempire ogni parte del manufatto, tenendo conto della lavorabilità del conglomerato stesso, dell’armatura metallica, delle caratteristiche geometriche della carpenteria, delle modalità di getto e dei mezzi d’opera. La dimensione massima dell’aggregato, indicata nelle singole analisi dei conglomerati, dovrà comunque corrispondere alle caratteristiche dei getti e delle armature.

La determinazione di verifica del diametro massimo degli inerti verrà effettuata secondo l’appendice H della UNI EN 12620. Il controllo deve essere eseguito ogni qualvolta vari la provenienza e/o la qualità degli inerti.

L’assortimento granulometrico dell’aggregato dovrà avere una composizione e distribuzione tale da rispettare, in funzione anche del dosaggio di cemento, della forma degli inerti e della consistenza dell’impasto, la curva di Bolomey. Nei progetti di miscela e studi preliminari di qualificazione la D.L. potrà richiedere anche confronti e verifiche del fuso di Fuller.

4.3.4. *Progetto di miscela (mix-design) e qualifica dei calcestruzzi*

L’Appaltatore è tenuto a sottoporre alla D.L. il Progetto di Miscela (mix-design) di ogni tipo di miscela omogenea, in grado di soddisfare tutti i requisiti qualitativi e prestazionali prescritti.

I “Progetti di Miscela” dovranno, fra l’altro, contenere i seguenti dati:

- qualità degli inerti con indicazione sulla loro origine, natura, caratteristiche petrografiche, peso specifico SSA (saturo a superficie asciutta) e classi granulometriche adottate;
- origine e caratteristiche dei cementi con indicazione della cementeria produttrice e del dosaggio;
- dettagliate informazioni e certificazioni sulla natura, origine, proprietà, caratteristiche e dosaggio

- degli additivi e delle addizioni;
- origine, qualità e dosaggio dell'acqua, tenendo conto della umidità degli inerti;
 - composizione della miscela di aggregati e procedimento usato per il calcolo della distribuzione granulometrica ottimale; curve granulometriche di Fuller o Bolomey (per tenere conto della quantità di finissimo, cemento e ceneri, della forma dell'inerte e della consistenza).

Dovranno essere, inoltre, fornite dettagliate informazioni sull'impianto di confezionamento, sui sistemi di trasporto e di posa. In particolare dovrà essere specificata la produttività dell'impianto e dimostrata la continuità di approvvigionamento dei getti.

Dovranno essere eseguite, con l'assistenza ed il controllo della D.L, significative prove sperimentali sulle miscele progettate per la valutazione delle resistenze caratteristiche e per la verifica della rispondenza alle prescrizioni di progetto.

4.4. SPECIFICHE DI PRODUZIONE

Le modalità di stoccaggio, dosaggio, miscelazione, trasporto, getto e stagionatura dei conglomerati dovrà essenzialmente corrispondere a quanto prescritto ai punti 9 e 10 della UNI EN 206-1 e nelle Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale del C.S.LL.PP.

4.4.1. *Confezionamento dei calcestruzzi*

La confezione del calcestruzzo potrà avvenire in cantiere o presso impianti di preconfezionamento. In ogni caso l'impianto di betonaggio dovrà avere potenzialità di produzione adeguata all'entità delle opere da eseguire secondo quanto indicato dal programma lavori.

L'impianto di betonaggio, se installato in cantiere, dovrà essere di tipo centralizzato automatico o semiautomatico.

Nel caso in cui l'Appaltatore volesse appoggiarsi ad un impianto esterno di preconfezionamento, avrà l'obbligo di segnalarlo al Direttore dei Lavori, per la preventiva autorizzazione. Anche tale impianto di betonaggio potrà venire ispezionato periodicamente dal Direttore dei Lavori: in tal caso, l'Appaltatore dovrà fornire il personale e gli strumenti necessari per l'ispezione.

Gli impasti devono essere confezionati, in modo da escludere rischi di fenomeni di segregazione (sedimentazione ed essudazione) nei conglomerati o di prematuro inizio della presa.

La miscelazione degli elementi dovrà avvenire con il seguente ciclo: inerti, cemento, acqua, additivi. Essa dovrà essere effettuata meccanicamente.

Nel caso di autobetoniere, la miscelazione deve essere eseguita in un'unica fase con automezzo fermo ed alla massima velocità indicata dalla casa produttrice del contenitore.

4.4.2. *Trasporto dei calcestruzzi*

Il trasporto del calcestruzzo fresco, dall'impianto di betonaggio alla zona del getto, deve avvenire nel più breve tempo possibile e nei limiti conseguenti alle prescrizioni sulle modalità di confezionamento e getto, mediante sistemi che evitino rischi di fenomeni di segregazione (sedimentazione ed essudazione) o di prematuro inizio della presa e che assicurino un approvvigionamento continuo del calcestruzzo. Il trasporto

del calcestruzzo mediante veicoli non provvisti di dispositivo di agitazione sarà permesso solo se il tempo fra l'impasto e la messa in opera non supererà i cinque minuti; per periodi di tempo più lunghi si dovrà provvedere al mescolamento continuo durante il trasporto.

Nel trasporto per pompaggio, il diametro dei tubi deve essere proporzionato al diametro nominale massimo dell'inerte usato, adottando un rapporto tra i diametri maggiore di 3.

4.4.3. Esecuzione dei getti

E' generalmente esclusa la possibilità di aggiunte di acqua alla consegna sui luoghi di getto. Se al momento della consegna la classe di consistenza dovesse risultare superiore a quella prescritta, il calcestruzzo non potrà essere messo in opera. Tuttavia se la consistenza fosse minore di quella prescritta ed il calcestruzzo si trovasse ancora nel mescolatore o nell'autobetoniera, la consistenza può essere portata fino al valore prescritto mediante aggiunta di acqua o di idonei additivi, purché il massimo valore del rapporto a/c, fissato in progetto, non venga in questo modo superato e tale intervento sia autorizzato dalla D.L. Ogni aggiunta di acqua o additivi al calcestruzzo dovrà essere registrata sulla scheda di consegna del materiale.

Lo scarico del conglomerato dal mezzo di trasporto ed il successivo getto dovrà avvenire con tutti gli accorgimenti atti ad evitare la segregazione (sedimentazione ed essudazione). Il calcestruzzo dovrà essere steso a strati orizzontali dello spessore da 15 a 30 cm, a seconda delle dimensioni delle strutture, prima dell'indispensabile costipamento. E' tassativamente vietato scaricare il conglomerato in unico punto e distenderlo con l'impiego del vibratore. Non sono ammessi getti con caduta libera superiore a 1,5 m; nei casi in cui dovesse verificarsi il superamento di tale limite, dovranno adottarsi sistemi di accompagnamento quali benne, tramogge condotte od altri analoghi sistemi approvati dalla D.L.

A meno di adeguati provvedimenti, corrispondenti alle prescrizioni di progetto o, in mancanza, concordati con la D.L., la temperatura del calcestruzzo fresco non deve superare i 30 °C, né risultare minore di 5 °C (UNI EN 206-1/5.2.8), nel periodo tra la miscelazione ed il getto.

Dopo aver gettato il calcestruzzo in opera, si provvederà ad eseguire il costipamento mediante vibrazione. La vibrazione dovrà essere eseguita per strati di conglomerato dello spessore che verrà indicato dalla D.L., generalmente non superiore a 15 cm, ed ogni strato non dovrà essere vibrato oltre un'ora dopo il sottostante.

I mezzi usati per la vibrazione potranno essere interni (pervibratori a lamiera o ad ago) ovvero esterni da applicarsi alla superficie esterna del getto o alle casseforme. I pervibratori non dovranno essere applicati sulle armature né provocarne il loro spostamento. Sono da utilizzarsi vibratorii a frequenza elevata (da 8000 a 12000 cicli al minuto). I pervibratori dovranno essere immersi nel getto e ritirati lentamente, in modo da evitare formazione di vuoti e nei due percorsi si dovrà avere una velocità media di 8-10 cm/s; lo spessore del singolo strato dipende dalla potenza del vibratore e dalla dimensione dell'utensile. Il raggio di azione dovrà essere adeguato alle varie tipologie di getto e di struttura e, quindi, i punti di attacco dovranno essere distanziati in modo che l'intera massa risulti lavorata in maniera omogenea (distanza media 50 cm). Si dovrà porre particolare cura per evitare la segregazione del conglomerato.

Il calcestruzzo dovrà essere compattato in modo da assicurare che una carota estratta dal getto in opera, dietro richiesta della D.L., presenti una massa volumica non inferiore al 97% della massa volumica del calcestruzzo compattato a rifiuto, prelevato per la preparazione dei provini cubici in corso d'opera.

Tutti i manufatti dovranno essere realizzati con getti monolitici; affinché il getto sia considerato tale, il

tempo "t" intercorrente tra la posa in opera di uno strato orizzontale ed il ricoprimento con quello successivo, non dovrà superare 3 ore alla temperatura ambiente $T = 20^{\circ}\text{C}$; con temperature ambiente diverse, il tempo "t" in ore sarà calcolato con la seguente relazione:

$$t = 3 \text{ h} \cdot 30^{\circ}\text{C} / (T + 10^{\circ}\text{C}).$$

L'Appaltatore dovrà prevedere un "programma dei getti", in funzione delle esigenze di lavorazione e programmazione delle diverse fasi esecutive delle opere, nonché al fine di evitare difetti da fenomeni di ritiro, il frazionamento dei getti tenendo conto della loro forma ed estensione e delle condizioni climatiche. Il suddetto "programma dei getti", da sottoporre all'approvazione della D.L., dovrà contenere anche la puntuale descrizione delle modalità di ripresa dei getti.

I conglomerati di qualsiasi natura ed impiegati per qualsiasi tipologia strutturale, di fondazione o di elevazione, dovranno dare, dopo sformatura, superfici perfettamente piane, senza gibbosità, incavi, nidi di ghiaia, sbavature od irregolarità di sorta e tali comunque da non richiedere ripristini, spianamenti o rinzaffi. Ove, per imperfezione del lavoro, si presentassero al momento del disarmo incavi o irregolarità, l'Appaltatore sarà tenuto al ripristino dell'irregolarità delle superfici con malta cementizia dosata a 600 kg/m^3 di cemento con classe di resistenza 42,5, o con altro materiale specifico per ripristini da sottoporre ad approvazione della D.L., dopo aver ravvivato e bagnato a rifiuto le superfici da regolarizzare. Il Direttore dei Lavori potrà comunque ordinare la demolizione ed il rifacimento dei manufatti ritenuti imperfetti o non idonei in rapporto all'opera nel suo complesso.

Tutti gli spigoli avranno, salvo diversa indicazione, smussi a 45° con cateto pari a 1,5 cm.

4.4.4. *Getti nella stagione fredda*

Per tutta la durata della stagione fredda, si dovranno prendere opportune precauzioni al fine di evitare la formazione di blocchi di inerti agglomerati con ghiaccio e di garantire ai getti condizioni di maturazione prossime il più possibile a quelle normali.

Si dovrà quindi prevedere l'eventuale posa di teloni od altri elementi di protezione, tali comunque da creare un microclima adatto intorno ai materiali ed alle opere da proteggere.

Qualora la temperatura ambiente dovesse risultare inferiore ai 5°C , i getti dovranno essere espressamente autorizzati dalla D.L., dopo che siano stati verificati i provvedimenti necessari a garantire il raggiungimento delle resistenze previste, la qualità delle opere e le modalità di disarmo.

4.4.5. *Getti nella stagione calda*

Durante la stagione calda ed allorché la temperatura ambiente superi i 30°C , bisognerà prestare particolare cura nell'esecuzione dei getti, adottando tutte le misure utili a contenere il sovra-riscaldamento della massa e la conseguente rapida evaporazione dell'acqua di impasto: riparare gli aggregati dall'esposizione diretta ai raggi solari ed eventuale loro raffreddamento con ripetute bagnature (l'acqua comunque contenuta e trattenuta dagli aggregati dovrà essere messa in conto nel controllo del rapporto a/c), raffreddamento dell'acqua di impasto, protezione dall'irraggiamento di betoniere ed attrezzature, bagnatura esterna ed interna dei casseri.

La stagionatura dei conglomerati dovrà avvenire in ambiente tenuto continuamente umido e protetto dal sovra-riscaldamento. Le superfici dei getti dovranno essere trattate, ove e quando necessario e con

l'autorizzazione della D.L., con speciali vernici anti-evaporanti, spruzzate convenientemente a integrazione delle bagnature.

Comunque si dovrà fare in modo che la temperatura della massa di calcestruzzo non superi i +30°C, all'inizio della presa, e si mantenga inferiore ai +70°C, per tutto il periodo successivo, tenendo presente che il salto tra le due temperature non dovrà superare i 40°C.

Potrà essere proposta alla accettazione della D.L. la modifica del mix di progetto e/o l'eventuale adozione di additivi ritardanti

Allorquando le condizioni ambientali risultassero eccessivamente severe, la D.L. potrà disporre la sospensione dei getti o la loro esecuzione nelle ore serali o notturne.

4.4.6. Stagionatura dei getti

Il conglomerato appena gettato dovrà essere sufficientemente protetto dalle piogge, dal sole, dalla neve e da qualsiasi azione meccanica sino a quando le caratteristiche intrinseche del materiale non siano in grado di resistere alle sollecitazioni ed azioni esterne.

Tutti i getti dovranno essere stagionati e protetti secondo quanto previsto dalle Linee Guida del C.S.LL.PP facendo utile riferimento alla UNI ENV 13670-1.

In generale le per una corretta stagionatura del calcestruzzo è necessario seguire le seguenti disposizioni.

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;
- verificare che la temperatura del calcestruzzo al momento della messa in opera sia inferiore a 30°C e raffreddare, se necessario, gli aggregati e l'acqua di miscela.

Durante la messa in opera:

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

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 tra l'interno e l'esterno è di 20°C;
- la massima differenza di temperatura tra il calcestruzzo messo in opera e le parti già indurite o altri elementi della struttura è di 15°C.

In generale le superfici dovranno essere mantenute umide per almeno 3 giorni, nel caso di ambiente ad alta umidità relativa ($U_r \geq 70\%$), e per almeno 10 giorni in ambiente secco ($U_r \leq 70\%$). La D.L. potrà disporre cicli e modalità più severe di stagionatura, qualora eccezionali condizioni ambientali lo richiedano.

Per la protezione sarà utilizzata preferibilmente la nebulizzazione continua di acqua o il rivestimento con teli di juta mantenuti costantemente umidi. L'applicazione di pellicole protettive antievaporanti dovrà essere espressamente autorizzata dalla D.L., che ne verificherà la compatibilità con i materiali e le

successive lavorazioni.

La stagionatura a vapore, sia per manufatti gettati in opera che prefabbricati a piè d'opera o in stabilimento, dovrà essere preventivamente autorizzata dalla D.L., alla quale dovrà essere presentato il programma dell'intero ciclo con tutte le modalità e le caratteristiche del trattamento.

4.4.7. Interruzioni e riprese di getto

I getti dovranno essere adeguatamente programmati in modo tale che le interruzioni avvengano in corrispondenza di manufatti compiuti. Qualora ciò non fosse possibile per il sopravvenire di eventi imprevedibili, si dovranno adottare tutte le precauzioni (ad es.: uso di ritardanti, resine sintetiche, armature supplementari, ecc.) atte ad escludere qualsiasi rischio di riduzione della resistenza del calcestruzzo. In proposito dovrà essere interpellata la D.L. per le approvazioni e verifiche necessarie.

In corrispondenza delle interruzioni di getto per travi e solai, il calcestruzzo dovrà essere contenuto entro i casseri da pareti provvisorie: non saranno ammesse interruzioni di getto con calcestruzzo fresco libero nelle sue parti terminali e non opportunamente contrastato da superfici solide.

Le superfici di ripresa devono essere pulite, scabre e bagnate a rifiuto.

Se una interruzione del getto producesse una superficie di ripresa mal orientata, il conglomerato dovrà essere demolito onde realizzare una superficie opportunamente orientata per la ripresa.

Laddove specificatamente richiesto dalla D.L., si dovrà assicurare il collegamento tra il vecchio ed il nuovo getto mediante applicazione di resine strutturali di adesione, previa l'eventuale interposizione di adeguate lamiere stirate, se richieste dalla D.L.

4.4.8. Tolleranze

I getti dovranno essere eseguiti con le seguenti tolleranze massime accettabili, fermo restando quanto stabilito ai punti precedenti sulla classificazione degli stati superficiali del calcestruzzo:

- fuori piano (distanza di uno dei vertici dal piano definito dagli altri tre): max 10 mm per ogni metro di distanza dallo spigolo più vicino, con un max di 30 mm;
- lunghezze: 1/200 della dimensione nominale, con un max di 30 mm; la somma degli scarti tollerati tra gli elementi contigui sommandosi sarà inferiore alla tolleranza max di 30 mm;
- fuori piombo (strutture verticali): 1/200 dell'altezza della struttura stessa, con un max di 20 mm.

4.5. CONTROLLO DI QUALITÀ DEL CALCESTRUZZO

I calcestruzzi vanno prodotti in regime di controllo della qualità, con lo scopo di garantire il rispetto delle prescrizioni definite in sede di progetto. Il controllo si articola nelle seguenti fasi:

- valutazione preliminare della resistenza;
- controllo di produzione;
- controllo di accettazione;
- prove complementari.

4.5.1. *Valutazione preliminare della resistenza*

Il costruttore, prima dell'inizio della costruzione di un'opera, deve effettuare idonee prove preliminari di studio, per ciascuna miscela omogenea di calcestruzzo da utilizzare, al fine di ottenere un calcestruzzo più rispondente sia alle caratteristiche prescritte dal progetto che alle esigenze costruttive in termini di classe di resistenza, classe di consistenza, tempi di maturazione, ecc.

Il costruttore resta comunque responsabile della qualità del calcestruzzo, che sarà controllata dal Direttore dei Lavori, secondo le procedure di cui al paragrafo 11.2.5. delle NTC2008.

4.5.2. *Controllo di produzione e di conformità*

Dovranno essere attuati tutti i controlli e le procedure per il controllo della qualità indicati ai capitoli 7 e 8 della UNI EN 206-1.

In particolare si segnalano le informazioni che devono essere fornite dal produttore all'utilizzatore:

- tipo e classe di resistenza del cemento e tipo di aggregato;
- tipo di additivi, tipo e contenuto delle aggiunte, se utilizzate;
- rapporto acqua/cemento di riferimento;
- risultati di precedenti prove significative sul calcestruzzo, per esempio ottenuti dal controllo di produzione o da prove iniziali;
- sviluppo della resistenza;
- origine dei materiali componenti.

Per il calcestruzzo preconfezionato, il produttore dovrà fornire un documento di consegna, da rendere disponibile alla D.L., in cui siano riportate:

- nome dell'impianto di preconfezionamento;
- numero progressivo del documento;
- giorno e ora del carico, ovvero ora del primo contatto tra acqua e cemento;
- numero dell'autobetoniera o identificativo del veicolo di trasporto;
- nome dell'acquirente;
- nome e ubicazione del cantiere;
- dettagli o riferimenti alle specifiche d'ordine, per esempio codice, numero d'ordine;
- dichiarazione di conformità alle specifiche e alla EN 206-1;
- nome o marchio dell'ente di certificazione, se previsto;
- ora di arrivo del calcestruzzo in cantiere;
- ora di inizio scarico;
- ora di fine scarico.

Inoltre il documento di consegna deve fornire le seguenti informazioni specifiche.

Per il calcestruzzo a prestazione garantita:

- classe di resistenza;
- classe (classi) i di esposizione ambientale;
- classe di contenuto cloruri;
- classe di consistenza o valore di riferimento;
- valori limite di composizione del calcestruzzo, se oggetto di specifica;

- tipo e classe di resistenza del cemento, se oggetto di specifica;
- tipo e tenore di additivi e aggiunte, se oggetto di specifica;
- proprietà speciali, se richieste;
- dimensione nominale massima dell'aggregato;
- nel caso di calcestruzzo leggero o pesante: classe di massa volumica o massa volumica di riferimento.
- Per calcestruzzi a composizione richiesta:
 - dettagli sulla composizione, per esempio contenuto di cemento e, se richiesto, tipo di additivo;
 - secondo la specifica, rapporto acqua/cemento oppure consistenza, espressa come classe o valore di riferimento;
- dimensione nominale massima dell'aggregato.

4.5.3. *Prelievo dei campioni e controllo di accettazione*

Il prelievo dei provini, necessari per il controllo di accettazione di cui al capitolo 11.2.5 delle NTC2008, va eseguito alla presenza del Direttore dei lavori o di un tecnico di sua fiducia. Ogni provino dovrà essere contrassegnato con una etichetta o sigla indelebile i cui dati di riconoscimento dovranno essere riportati su un verbale in modo tale che si possano conoscere, oltre alla denominazione del cantiere, la composizione, le caratteristiche e la localizzazione nel contesto dell'opera del calcestruzzo prelevato, nonché la data e l'ora del prelevamento.

Per la preparazione, la forma, le dimensioni e la stagionatura dei provini si fa riferimento alle UNI EN 12390-1 e UNI EN 12390-2.

Il Direttore dei lavori potrà far prelevare provini supplementari, oltre quelli indispensabili al controllo di accettazione previsti dalle NTC2008, e richiedere prove di resistenza a stagionature brevi (3/7/14 gg).

La richiesta di prove al laboratorio deve essere sottoscritta dal Direttore Lavori e deve contenere precise indicazioni sulla posizione delle strutture interessate da ciascun prelievo. Le prove non richieste dal Direttore dei Lavori non possono far parte dell'insieme statistico che serve per la determinazione della resistenza caratteristica del materiale (secondo il controllo di tipo A o B).

I certificati di prova emessi dai laboratori devono contenere almeno:

- l'identificazione del laboratorio che rilascia il certificato;
- una identificazione univoca del certificato (numero di serie e data di emissione) e di ciascuna sua pagina, oltre al numero totale di pagine;
- l'identificazione del committente dei lavori in esecuzione e del cantiere di riferimento;
- il nominativo del Direttore dei Lavori che richiede la prova;
- la descrizione, l'identificazione e la data di prelievo dei campioni da provare;
- la data di ricevimento dei campioni e la data di esecuzione delle prove;
- l'identificazione delle specifiche di prova o la descrizione del metodo o procedura adottata, con l'indicazione delle norme di riferimento per l'esecuzione della stessa;
- le dimensioni effettivamente misurate dei campioni provati, dopo eventuale rettifica;
- le modalità di rottura dei campioni;
- la massa volumica del campione;

- i valori di resistenza misurati.

4.5.4. Procedure nei casi di non conformità

L'opera o la parte di opera non conforme ai controlli di accettazione non può essere accettata finché la non conformità non è stata definitivamente rimossa dal costruttore, il quale deve procedere ad una verifica delle caratteristiche del calcestruzzo messo in opera mediante l'impiego di altri mezzi d'indagine, secondo quanto prescritto dal Direttore dei Lavori e conformemente a quanto indicato nel paragrafo 11.2.6. delle NTC2008.

Allo scopo potranno essere quindi eseguite, prove di tipo distruttivo o non distruttivo, facendo utile riferimento alla norma UNI EN 12504, parti 1, 2, 3 e 4.

Qualora gli ulteriori controlli confermino i risultati ottenuti, si dovrà procedere ad un controllo teorico e/o sperimentale, a cura e spese dell'Appaltatore, per la verifica della sicurezza e del raggiungimento dei livelli di qualità e durabilità indicati in progetto relativamente alla struttura interessata dal quantitativo di calcestruzzo non conforme, sulla base della resistenza ridotta del calcestruzzo.

Ove ciò non fosse possibile, ovvero i risultati di tale indagine non risultassero soddisfacenti si può dequalificare l'opera, eseguire lavori di consolidamento ovvero demolire l'opera stessa.

4.6. SPECIFICHE DEI CALCESTRUZZI ADOTTATI NEL PROGETTO

Il progetto prevede l'adozione di calcestruzzi "a prestazione garantita" secondo UNI EN 206-1.

Nella seguente tabella si riportano le caratteristiche progettuali per le diverse miscele omogenee previste a progetto.

elemento strutturale	classe esposizione. ambientale	classe resistenza a compressione	A/C max	contenuto min. di cemento (kg/m ³)	D max (mm)	classe di consistenza getto	classe di contenuto cloruri	classe resistenza cemento	copriferro minimo (mm)
Solai e travi	XC1	C25/30	0,55	300	20	S4	Cl 0,20	32,5 R	25

Tabella 1 - Specifiche dei calcestruzzi previsti a progetto.

4.7. CALCESTRUZZO A RITIRO COMPENSATO

Per il ripristino delle parti delle strutture esistenti demolite si prescrive l'utilizzo di calcestruzzo a ritiro compensato ottenuto miscelando un legante espansivo, tipo **MACFLOW** della BASF CC ITALIA spa (400 kg/m³ MACFLOW), con acqua ed aggregati di adeguata granulometria.

Gli aggregati dovranno essere lavati, non gelivi, privi di impurità, non reattivi con gli alcali, aventi diametro massimo 20 mm.

La miscela così ottenuta dovrà possedere le seguenti caratteristiche:

- Resistenza caratteristica a compressione $R_{ck} = 30$ MPa;
- Consistenza S4, UNI 9858;
- Espansione contrastata, secondo UNI 8148, a 1 giorno $> 0,03\%$;
- Assenza di bleeding (acqua di essudazione) secondo UNI 8998;
- Impermeabilità all'acqua in pressione, UNI EN 12390/8: < 20 mm;
- Impermeabilità all'acqua per assorbimento capillare, UNI EN 113057: $< 0,5 \text{ kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-0,5}$

La pulizia e la saturazione del calcestruzzo di supporto si dovrà effettuare preferibilmente mediante acqua in pressione (80÷100 atm e acqua calda nel periodo invernale). Tale operazione è indispensabile per evitare che il supporto in calcestruzzo sottragga acqua all'impasto. Una saturazione non accurata determinerebbe perdite di aderenza e fessurazione del materiale di apporto. L'uso dell'acqua in pressione garantisce anche una efficace pulizia delle superfici per asportare polvere e piccole parti incoerenti, eventualmente ancora presenti dopo la scarifica del calcestruzzo.

Pulizia e saturazione delle superfici sono fondamentali per ottenere elevati valori di aderenza tra supporto e materiale di apporto.

Il calcestruzzo dovrà essere messo in opera su superfici irruvidite, coerenti, pulite e saturate con acqua. Al momento della messa in opera dovrà essere rimossa tutta l'acqua libera eventualmente presente. Il getto verrà eseguito a consistenza fluida o superfluida, con continuità e senza alcuna interruzione, da un solo lato per favorire la fuoriuscita dell'aria; si dovrà inoltre provvedere al perfetto costipamento e livellamento di tutto il calcestruzzo messo in opera.

5. ACCIAIO PER CALCESTRUZZO ARMATO

5.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

5.1.1. *Riferimenti principali generali*

Le norme principali a cui devono puntualmente corrispondere tutti gli acciai, ed in particolare quelli per c.a., sono le seguenti:

- Legge 5 novembre 1971 n° 1086
Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica
- D.M. 14 gennaio 2008
Norme tecniche per le costruzioni (abbr. NTC2008)
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617
Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008
- DPR 6 giugno 2011 n. 380
Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia

5.1.2. *Normative sugli acciai*

Si intendono valide tutte le norme e raccomandazioni citate nelle NTC2008:

- UNI EN 10080:2005
Acciaio per cemento armato. Acciaio saldabile per cemento armato. Generalità
- UNI EN ISO 15630-1:2004
Acciaio per calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso. Metodi di prova. Parte 1: Barre, rotoli e fili per calcestruzzo armato
- UNI EN ISO 15630-2:2004
Acciaio per calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso. Metodi di prova. Parte 2: Reti saldate

5.2. ACCIAIO PER C.A. IN BARRE, ROTOLI, RETI E TRALICCI

L'acciaio per c.a. in barre (eventualmente ricavate da rotoli) deve essere di tipo **B450C**.

L'utilizzo di acciaio di tipo **B450A** è consentito unicamente per reti e tralicci, con le limitazioni esposte di seguito.

5.2.1. *Caratteristiche meccaniche dell'acciaio B450C*

L'acciaio per cemento armato, in barre o rotoli, classificato come acciaio B450C, è caratterizzato dai seguenti valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura, utilizzate nei calcoli:

$$f_{y,nom} = 450 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,nom} = 540 \text{ N/mm}^2$$

I valori caratteristici delle tensioni di snervamento e di rottura, con frattile 5%, non devono essere inferiori ai valori nominali prefissati:

$$f_{yk(5\%)} \geq 450 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{tk(5\%)} \geq 540 \text{ N/mm}^2$$

Per garantire le necessarie caratteristiche di duttilità, le NTC2008 stabiliscono inoltre i seguenti requisiti. Il valore caratteristico, con frattile 10%, del rapporto tra il valore della tensione di snervamento effettiva (f_y), riscontrata sulla barra, ed il valore nominale ($f_{y,nom}$) non deve essere superiore a 1,25:

$$(f_y/f_{y,nom})_{k(10\%)} \leq 1,25$$

Il valore caratteristico con frattile 10% del rapporto tra il valore della tensione di rottura (f_t) e la tensione di snervamento (f_y) deve essere compreso tra 1,15 e 1,35:

$$1,15 \leq (f_t/f_y)_{k(10\%)} \leq 1,35$$

Il valore caratteristico con frattile 10% dell'allungamento al massimo sforzo (A_{gt}) non deve essere inferiore al 7,5%:

$$A_{gt,k} \geq 7,5\%$$

Al fine di garantire la necessaria lavorabilità degli acciai per c.a. la norma prescrive che le barre debbano essere sottoposte a prove di piegatura e raddrizzamento, con i seguenti raggi di curvatura fissati in base al diametro della barra stessa, senza presentare rotture, cricche o altre alterazioni.

Diametro della barra	6÷10 mm	12÷16 mm	18÷24 mm	26÷40 mm
Diametro del mandrino	4 ϕ	5 ϕ	8 ϕ	10 ϕ

Tabella 2 - Diametri dei mandrini per prove di piegamento e raddrizzatura. Acciaio B450C.

5.2.2. Caratteristiche meccaniche dell'acciaio B450A

L'acciaio per cemento armato, in reti o tralicci elettrosaldati, classificato come acciaio B450A, è caratterizzato dai valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura, pari a quelle dell'acciaio B450C:

$$f_{yk(5\%)} \geq 450 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{tk(5\%)} \geq 540 \text{ N/mm}^2$$

Per garantire le necessarie caratteristiche di duttilità, le NTC2008 stabiliscono inoltre i seguenti requisiti. Il valore caratteristico, con frattile 10%, del rapporto tra il valore della tensione di snervamento effettiva (f_y), riscontrata sulla barra, ed il valore nominale ($f_{y,nom}$) non deve essere superiore a 1,25:

$$(f_y/f_{y,nom})_{k(10\%)} \leq 1,25$$

Il valore caratteristico con frattile 10% del rapporto tra il valore della tensione di rottura (f_t) e la tensione di snervamento (f_y) deve essere maggiore di 1,05:

$$(f_t/f_y)_{k(10\%)} \geq 1,05$$

Il valore caratteristico con frattile 10% dell'allungamento al massimo sforzo (A_{gt}) non deve essere inferiore al 2,5%:

$$A_{gt,k} \geq 7,5\%.$$

Al fine di garantire la necessaria lavorabilità degli acciai per c.a. la norma prescrive che le barre debbano essere sottoposte a prove di piegatura e raddrizzamento, con i seguenti raggi di curvatura fissati in base al diametro della barra stessa, senza presentare rotture, cricche o altre alterazioni.

Diametro della barra	5÷10 mm
Diametro del mandrino	4 ϕ

Tabella 3 - Diametri dei mandrini per prove di piegamento e raddrizzatura. Acciaio B450A.

5.2.3. Caratteristiche geometriche e dimensionali

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 conglomerato cementizio.

Tutte le barre devono essere marchiate, secondo le modalità previste dal S.T.C. del C.S.LL.PP.

Le barre sono caratterizzate dal diametro ϕ della barra tonda liscia equipesante, calcolato nell'ipotesi che la densità dell'acciaio sia pari a 7,85 kg/dm³.

Gli acciai B450C possono essere impiegati in barre di diametro ϕ compreso tra 6 e 40 mm.

Gli acciai B450A possono essere impiegati in barre di diametro ϕ compreso tra 5 e 10 mm.

L'uso di acciai forniti in rotoli è ammesso, senza limitazioni, per diametri fino a 16 mm per acciai B450C e fino a 10 mm per acciai B450A.

Le tolleranze ammissibili per la massa nominale sono le seguenti:

Diametro nominale della barra	5÷8 mm	10÷40 mm
Tolleranza sulla sezione	±6%	±4,5%

Tabella 4 - Tolleranze ammissibili per barre di acciaio per c.a.

5.2.4. Reti e tralicci elettrosaldati

Gli acciai delle reti e tralicci elettrosaldati deve essere saldabile.

Per le reti e tralicci valgono le seguenti limitazioni geometriche:

- l'interasse delle barre non deve superare 330 mm;
- diametro elementi base: 6 mm $\leq \phi \leq$ 16 mm, per acciaio B450C;
- diametro elementi base: 5 mm $\leq \phi \leq$ 10 mm, per acciaio B450A;
- il rapporto tra i diametri delle barre componenti reti e tralicci deve essere: $\phi_{min}/\phi_{max} \geq 0,6$.

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 N/mm². Tale resistenza al distacco della saldatura del nodo va

controllata e certificata dal produttore secondo le indicazioni puntuali riportate nelle NTC2008 (par. 11.3.2.5).

Ogni pannello o traliccio dovrà essere dotato di apposita marchiatura che identifichi il produttore.

5.2.5. Saldabilità

Ai fini di garantire la saldabilità degli acciai, l'analisi chimica deve soddisfare le limitazioni riportate in normativa (NTC2008, par. 11.3.2.7) per quanto riguarda il massimo contenuto dei seguenti elementi chimici: Carbonio, Fosforo, Zolfo, Rame, Azoto, oltre alla massimo contenuto del "Carbonio equivalente".

5.3. CONDIZIONI DI LAVORAZIONE

5.3.1. Trasporto e stoccaggio

Le armature dovranno essere trasportate, stoccate e movimentate in modo da non provocare alcun danno né alterazione dello stato di consistenza e superficiale.

In particolare dovranno essere protette, fino alla definitiva collocazione in opera in attesa dei getti, da agenti aggressivi, inquinanti e da qualunque forma di imbrattamento e risultare assolutamente pulite allorché montate nei casseri.

5.3.2. Lavorazione

Le armature dovranno essere sagomate e lavorate nel pieno rispetto delle normative e raccomandazioni tecniche vigenti e delle specifiche prescrizioni di dettaglio contenute negli elaborati di progetto e di capitolato.

Non saranno ammessi:

- danni meccanici di alcun tipo (intagli, scheggiature, bruciature, ecc.);
- rotture di saldature in gabbie prefabbricate e reti saldate;
- depositi e corrosioni superficiali che possano alterare le proprietà meccaniche, tecnologiche e di aderenza;
- mancanza di marchi identificatori;
- lavorazioni successive di raddrizzamento su armature già lavorate.

5.3.3. Disposizioni costruttive

Le armature dovranno essere montate nel pieno rispetto delle sagome e posizioni indicate negli esecutivi di progetto e nelle prescrizioni del Capitolato Tecnico.

In particolare, dovranno essere adottati accorgimenti e dispositivi atti ad assicurare la stabilità delle armature durante le lavorazioni ed i getti, nonché il sicuro rispetto degli spazi per "copriferri" ed "interferri", prescritti negli elaborati esecutivi di progetto e nelle relazioni di calcolo e di verifica.

I distanziatori dovranno essere preferibilmente in cls, dello stesso colore di quello previsto per i getti.

La forma e le dimensioni dei distanziatori dovranno essere corrispondenti ai vari tipi di casseri ed armature,

ed agli spazi di “ricopertura” prescritti.

5.4. CONTROLLI DI QUALITÀ DELL'ACCIAIO

Il controllo delle forniture di acciaio deve fare pieno riferimento a quanto previsto dalle vigenti NTC2008, che prevedono tre forme di controllo obbligatorie:

- in stabilimento di produzione, da eseguirsi sui lotti di produzione;
- nei centri di trasformazione, da eseguirsi sulle forniture;
- di accettazione in cantiere, da eseguirsi sui lotti di spedizione.

Tutti gli acciai per impiego strutturale devono essere qualificati, secondo le modalità previste dalle NTC2008. Per gli acciai da cemento armato tutte le forniture devono essere accompagnate dall'Attestato di qualificazione rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, che riporta il nome dell'azienda produttrice dell'acciaio, lo stabilimento, i prodotti qualificati e il marchio.

Tutti i prodotti qualificati devono essere costantemente riconoscibili ed individuabili per quanto concerne le caratteristiche qualitative e riconducibili allo stabilimento di produzione tramite marchiatura indelebile depositata presso il Servizio Tecnico Centrale. La marchiatura deve essere inalterabile nel tempo e senza possibilità di manomissione.

Per l'acciaio da cemento armato è obbligatoria la marchiatura delle barre e rotoli per mezzo di impressione sui cilindri di laminazione, e la targhettatura con le caratteristiche della fornitura. Qualora l'unità marchiata venga scorporata dal resto della fornitura, è compito dell'utilizzatore (centro di trasformazione, commerciante, ecc..) documentare la provenienza mediante i documenti di trasporto del materiale, che devono riportare gli estremi del marchio, con la necessità di assicurare una corretta archiviazione della documentazione di accompagnamento dei materiali.

5.4.1. *Accertamento delle proprietà meccaniche*

Per l'accertamento delle proprietà meccaniche vale quanto indicato nella norma UNI EN ISO 15630-1:2004. Per acciai deformati a freddo, ivi compresi i rotoli, le proprietà meccaniche sono determinate su provette mantenute per 60 minuti a 100 ± 10 °C e successivamente raffreddate in aria calma a temperatura ambiente. In ogni caso, qualora lo snervamento non sia chiaramente individuabile, si sostituisce f_y con $f_{(0,2)}$. La prova di piegamento e raddrizzamento si esegue alla temperatura di 20 ± 5 °C piegando la provetta a 90°, mantenendola poi per 60 minuti a 100 ± 10 °C e procedendo, dopo raffreddamento in aria, al parziale raddrizzamento per almeno 20°. Dopo la prova il campione non deve presentare cricche.

5.4.2. *Prove di aderenza*

Ai fini della qualificazione, le barre devono superare con esito positivo le prove di aderenza conformemente al metodo Beam-test, con le modalità specificate nella norma UNI EN 10080:2005 (appendice C).

Le tensioni di aderenza ricavate devono soddisfare le seguenti relazioni:

$$\tau_m \geq 0,098 (80-1,2\phi)$$

$$\tau_r \geq 0,098 (130-1,9\phi)$$

essendo:

- τ_m : il valor medio della tensione di aderenza (in MPa) calcolato in corrispondenza di uno scorrimento pari a 0,01, 0,1 e 1 mm;
- τ_r : la tensione di aderenza massima al collasso.

Le prove devono essere estese al almeno tre diametri: uno nell'intervallo 5÷10 mm, uno nell'intervallo 12÷18 mm, uno pari al diametro massimo.

Per le verifiche di mantenimento della qualificazione, per accertare la rispondenza delle singole partite nei riguardi delle proprietà di aderenza, si valuteranno per un numero significativo di barre:

- il valore dell'area relativa di nervatura f_r (per l'acciaio nervato);
- il valore dell'area relativa di dentellatura f_p (per l'acciaio dentellato);

conformemente alle procedure riportate nella norma UNI EN ISO 15630-1:2004.

I valori di f_r e f_p devono rispettare le seguenti limitazioni:

$$f_r \text{ (o } f_p) \geq 0,035 \text{ (per } 5 \leq \phi \leq 6 \text{ mm)}$$

$$f_r \text{ (o } f_p) \geq 0,040 \text{ (per } 6 < \phi \leq 12 \text{ mm)}$$

$$f_r \text{ (o } f_p) \geq 0,056 \text{ (per } \phi > 12 \text{ mm)}$$

5.4.3. Controlli in stabilimento

Le prove di qualificazione e di verifica periodica devono essere ripetute per ogni prodotto avente caratteristiche differenti o realizzato con processi produttivi differenti. I rotoli devono essere soggetti a qualificazione separata dalla produzione in barre e dotati di marchiatura differenziata.

Le prove di qualificazione e le successive prove di verifica della qualità, effettuate su un numero di campioni e con una periodicità stabiliti dalle NTC2008 (par. 11.3.2.10.1 e par. 11.3.2.11.1) prevedono il controllo statistico dei requisiti sulle caratteristiche meccaniche (vedi par. 5.2.1 e 5.2.2), le prove di piegamento e le prove di aderenza.

Le condizioni per il mantenimento della qualificazione sono definite nelle NTC2008.

5.4.4. Controlli nei centri di trasformazione

Si definisce Centro di trasformazione, nell'ambito degli acciai per cemento armato, un impianto esterno al produttore e/o al cantiere, fisso o mobile, che riceve dal produttore di acciaio elementi base (barre, rotoli, reti, ecc.) e confeziona elementi strutturali direttamente impiegabili in opere in cemento armato, quali, ad esempio, elementi saldati e/o presagomati (staffe, ferri piegati, ecc.) o preassemblati (gabbie di armatura) pronti per la messa in opera.

I centri di trasformazione devono essere segnalati al Servizio Tecnico Centrale e devono essere dotati di un sistema di controllo della lavorazione allo scopo di assicurare che le lavorazioni effettuate non comportino alterazioni tali da compromettere le caratteristiche meccaniche e geometriche dei prodotti originari. Sono inoltre tenuti ad effettuare controlli atti a garantire la permanenza delle caratteristiche del materiale originario, con particolare attenzione ai processi di saldatura e piegamento, fornendo apposita dichiarazione che viene fatto utilizzo esclusivamente di materiale di base qualificato.

I controlli devono essere effettuati su ciascuna fornitura di barre, o comunque ogni 90 t, oppure ogni 10

rotoli, e comunque con cadenza giornaliera. Ciascun controllo è costituito da 3 spezzoni di uno stesso diametro per ciascuna fornitura di materiale proveniente dallo stesso stabilimento e consistono in prove di trazione e piegamento da eseguirsi dopo il raddrizzamento. In caso di utilizzo di rotoli deve essere altresì effettuata una prova di aderenza, con cadenza almeno mensile.

Tutte le prove devono essere effettuate dopo le lavorazioni (piegature, ecc..)

Tutti i prodotti forniti in cantiere devono essere accompagnati dall'attestato di avvenuta dichiarazione di attività, rilasciata dal Servizio Tecnico Centrale, e dall'attestazione inerente l'esecuzione delle prove di controllo interno, con indicazione delle date in cui il materiale è stato lavorato. Su richiesta del Direttore dei Lavori il centro di trasformazione è tenuto a fornire i certificati relativi alle prove effettuate nei giorni di lavorazione.

5.4.5. Controlli di accettazione in cantiere

I controlli di accettazione in cantiere sono obbligatori e devono essere effettuati entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale e sono finalizzati a verificare, prima della messa in opera dell'acciaio, che le caratteristiche meccaniche dell'acciaio rispettino i requisiti richiesti per le tipologie di acciaio B450C e B450A (v. par. 5.2.1 e 5.2.2), entro i seguenti valori di accettazione, che tengono conto della dispersione dei dati e delle variazioni che possono intervenire tra diverse apparecchiature e modalità di prova:

- tensione di snervamento: $425 \text{ N/mm}^2 \leq f_y \leq 572 \text{ N/mm}^2$;
- allungamento minimo: $A_{gt} \geq 6\%$ (per acciai B450C);
 $A_{gt} \geq 2\%$ (per acciai B450A);
- rapporto rottura/snervamento: $1,13 \leq f_t/f_y \leq 1,37$ (per acciai B450C);
 $f_t/f_y \geq 1,03$ (per acciai B450A);
- piegamento/raddrizzamento: assenza di cricche.

Il prelievo deve essere effettuato in ragione di 3 spezzoni, marchiati, di uno stesso diametro, scelto entro ciascun lotto di spedizione, sempre che il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del materiale dallo stesso stabilimento. Per lotto di spedizione si intende un lotto formato da massimo 30 t, spedito in un'unica volta, costituito da prodotti aventi valori delle grandezze nominali omogenee (cfr. NTC2008, par. 11.3.1.1).

Il prelievo dei provini deve essere effettuato dal Direttore dei Lavori o da tecnico di sua fiducia, che deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati. Qualora la fornitura provenga da un Centro di trasformazione, il Direttore dei Lavori può recarsi presso il centro di lavorazione ed effettuare in stabilimento i controlli, facendo prelevare dal Direttore tecnico dello stabilimento i campioni per le prove.

La domanda di prove al Laboratorio autorizzato deve essere sottoscritta dal Direttore dei Lavori e deve contenere indicazioni sulle strutture interessate da ciascun prelievo. In caso di mancata sottoscrizione da parte del D.L. le certificazioni emesse dal laboratorio non hanno validità ai fini dell'accettazione del materiale.

I certificati emessi dai laboratori devono obbligatoriamente contenere almeno:

- l'identificazione del laboratorio che rilascia il certificato;
- una identificazione univoca del certificato (numero di serie e data di emissione) e di ciascuna sua pagina, oltre al numero totale di pagine;
- l'identificazione del committente dei lavori in esecuzione e del cantiere di riferimento;
- il nominativo del Direttore dei Lavori che richiede la prova;
- la descrizione e l'identificazione dei campioni da provare;
- la data di ricevimento dei campioni e la data di esecuzione delle prove;
- l'identificazione delle specifiche di prova o la descrizione del metodo o procedura adottata, con l'indicazione delle norme di riferimento per l'esecuzione della stessa;
- le dimensioni effettivamente misurate dei campioni;
- i valori delle grandezze misurate e l'esito delle prove di piegamento.

I certificati devono riportare, inoltre, l'indicazione del marchio identificativo rilevato a cura del laboratorio incaricato dei controlli, sui campioni da sottoporre a prove. Ove i campioni fossero sprovvisti di tale marchio, oppure il marchio non dovesse rientrare fra quelli depositati presso il Servizio Tecnico Centrale, le certificazioni emesse dal laboratorio non possono assumere valenza ai fini del controllo di accettazione e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso.

In caso di non conformità ai valori di accettazione, si applica quanto prescritto dalle NTC2008, par. 11.3.2.10.4, che prevede nuovi campionamenti e nuove prove. Qualora l'esito fosse ancora negativo, il lotto deve essere respinto e il risultato segnalato al Servizio Tecnico Centrale.

6. CASSEFORME

6.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Si elencano le principali norme e linee guida per quanto riguarda le casseforme:

- D.M. 14 gennaio 2008
Norme tecniche per le costruzioni (abbr. NTC2008)
- Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive
Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Febbraio 2008
- UNI EN 13377:2003
Travi prefabbricate di legno per casseforme - Requisiti, classificazione e verifica
- UNI EN 12813:2006
Attrezzature provvisorie di lavoro - Torri di sostegno realizzate con componenti prefabbricati - Metodi particolari di progettazione strutturale
- UNI 6467:2011
Pannelli di legno compensato e paniforti - Termini e definizioni;
- UNI EN 313-1:1997
Pannelli di legno compensato. Classificazione e terminologia. Classificazione;
- UNI EN 315:2002
Pannelli di legno compensato - Tolleranze dimensionali;
- UNI EN 314-2:1994
Pannelli di legno compensato. Qualità dell'incollaggio. Requisiti.

Si potrà fare utile riferimento alle indicazioni e prescrizioni contenute nel Progetto UNI SS.U50.00.206.0:1999 del gruppo di lavoro "Casseforme e sicurezza". Si intendono come vincolanti anche tutte le norme e raccomandazioni richiamate nel suddetto progetto UNI, oltre che quelle della legislazione vigente e delle prescrizioni ISPESL.

6.2. DOCUMENTAZIONE TECNICA

Tutte le casseforme dovranno essere preliminarmente progettate e corredate di relazione di calcolo ed analisi della sicurezza, nonché istruzioni di montaggio e movimentazione.

Tutta la documentazione dovrà essere sottoposta alla approvazione della D.L.

6.3. MATERIALI

Possono essere utilizzati materiali metallici quali acciaio e leghe di alluminio, oppure legno e compositi a base di legno.

6.3.1. *Materiali metallici*

L'accertamento delle caratteristiche meccaniche, il prelievo di saggi e campioni e le modalità di prova devono essere effettuati secondo quanto stabilito dalle norme di prodotto e dalle UNI EN 10002-1 e UNI EN ISO 148-1:2011.

I prodotti in acciaio devono essere conformi alle seguenti norme:

- UNI EN 10025-1:2005: per prodotti laminati a caldo;
- UNI EN 10219-1:2006: per profilati cavi chiusi formati a freddo;
- UNI 7958:1979 - per le lamiere sottili e nastri larghi da costruzione laminati a freddo.

I prodotti in lega di alluminio dovranno essere conformi alla UNI EN 1090-3:2008.

Sono ammessi, per la costruzione degli elementi principali delle casseforme, i seguenti materiali metallici:

- acciai normali: S235, S275, S355;
- acciai ad elevata resistenza: S420, S490, S590, S690;
- leghe di alluminio: 2014, 2024, 5052, 5054, 5086, 5454, 5083, 6060, 6061, 6082, 7020, 7075;

L'impiego di tipi di acciaio ovvero di metalli o loro leghe diversi da quelli indicati è consentito purché, mediante adeguata verifica teorica e sperimentale, venga garantita una sicurezza non minore di quella prevista dalle presenti istruzioni.

Per l'accertamento delle caratteristiche meccaniche, il prelievo dei saggi, la posizione nel componente da cui essi devono essere prelevati, la preparazione dei provini e le modalità di prova, saranno rispettate le prescrizioni delle norme UNI EN ISO 377:1999, UNI EN ISO 6892-1:2009.

6.3.2. *Legno e materiali a base di legno*

Per le casseforme in legno massiccio possono essere usate solo le specie legnose che abbiano massa volumica media non minore di 410 kg/m³ (secondo ISO 3130, su provini aventi umidità 12%).

Le essenze di legno adatte sono l'abete bianco (*abies alba*), il larice (*larix decidua*), l'abete rosso (*picea abies*), il pino comune (*pinus sylvestris*), il pino oregon (*pseudotsuga menziesii*), l'hemlock (*tsuga heterophylla*). Sono ammesse altre essenze di legno, purché abbiano almeno le stesse caratteristiche.

Il pino del paranà (*araucaria angustifolia* Q.Ktze), l'hem-fir (*abies magnifica*), il pino silvestre nero (*pinus nigra* Arnold) non devono essere utilizzati per la fabbricazione di casseforme.

Non sono ammessi il legno di compressione (nel caso di legnami resinosi), difetti causati da insetti (tali da ridurre la resistenza meccanica), incrostazioni da vischio, legno di reazione (nel caso di legno fronzuto di specie latifolia), le cipollature, la putrefazione rossa (bruna), la putrefazione bianca ed i nodi viziati.

E' consentito l'uso di pannelli di legno compensato, di paniforti e lamellari (gli strati esterni devono essere continui e senza giunzioni).

Le resistenze e gli altri valori caratteristici degli elementi strutturali di legno massiccio, devono essere assunti conformemente alla UNI EN 384:2010 per lo specifico tipo di legname.

I materiali, anche compositi, a base di legno devono essere di tipo adatto all'uso in condizioni di elevata umidità, con impiego di adesivi conformi alla classe D4 della UNI EN 204 e, ove opportuno, finiti in superficie con idonei trattamenti preservanti o idrorepellenti.

I pannelli a base di legno dovranno essere conformi, oltre che alle raccomandazioni tecniche più accreditate, alle seguenti norme:

- UNI EN 6467:2011 - Pannelli di legno compensato e paniforti - Termini e definizioni;
- UNI EN 313-1:1997 - Pannelli di legno compensato. Classificazione e terminologia. Classificazione;
- UNI EN 315:2002 - Pannelli di legno compensato - Tolleranze dimensionali;
- UNI EN 314-2:1994 - Pannelli di legno compensato. Qualità dell'incollaggio. Requisiti.

La faccia "bagnata" dei pannelli potrà essere nobilitata in superficie con resine epossidiche, fenoliche, poliesteri o poliuretaniche.

6.4. CARATTERISTICHE

Le casseforme dovranno essere a tenuta sufficientemente stagna affinché il costipamento del calcestruzzo, in esse contenuto, non provochi la perdita di quantità consistenti di materiali (acqua, boiaccia, ecc.).

Le casseforme dovranno essere rigide, opportunamente rinforzate e non presentare deformazione alcuna sotto l'azione del carico di calcestruzzo fresco in esse contenuto e sotto l'azione delle operazioni di vibratura e battitura del conglomerato.

I casseri vibranti, per le parti prefabbricate ed i calcestruzzi architettonici, dovranno essere eseguiti in modo tale da garantire la perfetta qualità delle superfici e degli spigoli.

Potranno essere provvisti di impianto di invecchiamento artificiale, omologato dagli enti competenti, ISPESL, ecc..

Nel caso di casseforme con grande sviluppo in altezza, si dovrà provvedere all'apertura di finestre nel cassero per consentire le eventuali pulizie, controllare l'evolversi del getto e procedere alla vibratura ed al corretto costipamento degli strati inferiori.

Per elementi portanti orizzontali di luce superiore a 5 metri, i casseri dovranno essere predisposti con una monta dell'ordine di 1/1000 della luce, salvo non diversamente disposto negli elaborati e specifiche di progetto.

La manutenzione dei casseri dovrà essere eseguita con cura, selezionando le parti integre da quelle ammalorate.

I casseri in legno non potranno essere reimpiegati più di tre volte; negli altri casi potranno essere consentiti reimpieghi più numerosi purché il risultato del getto non presenti evidenti difetti estetici e di forma.

Salvo non diversamente disposto dagli esecutivi di progetto, tutti gli spigoli vivi dovranno essere evitati prevedendo smussi 15 mm x 15 mm.

I tiranti di collegamento dei casseri che dovessero attraversare i getti, dovranno essere contenuti in guaine in resina per consentire lo sfilaggio dopo il disarmo; i fori dovranno essere opportunamente tappati o sigillati.

6.5. DISTACCANTI

Tutte le superfici "bagnate" delle casseforme dovranno essere trattate con distaccanti a base di olii di sintesi non emulsionabili, in grado di assicurare un agevole disarmo dei getti, sia normale che differito, ed una finitura accurata dei manufatti.

L'applicazione dovrà essere effettuata, al fine di assicurare uno strato sottile ed omogeneo, a spruzzo mediante sistemi automatici ad ugelli atomizzatori.

Il disarmante del tipo idoneo alla natura dei casseri non dovrà provocare formazione di macchie ed aloni sui manufatti, né lasciare depositi di alcun genere che possano interagire negativamente con le successive finiture e lavorazioni e dovrà essere conforme a “UNI 8866 - Prodotti disarmanti per calcestruzzi - Dicembre 1986”.

I disarmanti dovranno risultare non infiammabili, non dovranno contenere benzene, toluene o xilene (legge 5/3/63 n. 245) ed essere esenti da ammine aromatiche (circolari n. 46/1979 e n. 61/1981).

Le caratteristiche chimiche, fisiche e tossicologiche del disarmante dovranno essere tali da risultare non soggetto ad etichettature (legge 29/5/1974 n. 256, D.M. 21/5/1981 e circolare n. 7/1977).

6.6. DISARMO (RIMOZIONE DEI CASSERI E DEI PUNTELLI)

Si fa riferimento a quanto disposto dalle Normative Tecniche.

Il disarmo verrà effettuato per gradi ed in modo da evitare azioni dinamiche sui vari elementi strutturali.

Esso non deve avvenire prima che la resistenza del conglomerato abbia raggiunto il valore ritenuto necessario in relazione all'impiego della struttura all'atto del disarmo, tenendo anche conto delle altre esigenze progettuali e costruttive: ogni decisione in proposito è lasciata al giudizio del Direttore dei Lavori, sentito eventualmente il parere del Progettista delle Strutture.

In assenza di specifici accertamenti sulla resistenza raggiunta dal conglomerato, ed in normali condizioni esecutive ed ambientali di getto e maturazione, si dovranno osservare i seguenti tempi minimi di disarmo: (salvo diverse prescrizioni riportate sugli elaborati e specifiche di progetto):

	Conglomerato di cemento	
	Normale	Ad alta resit.
Per sponde di casseri di travi e pilastri (parti di casseri che non sopportano carichi)	3 gg	2 gg
Per armature di solette di luce modesta e casseri di piastre gettate in situ	10 gg	5 gg
Per puntelli ed armature di travi e solette di grande luce	24 gg	12 gg
Per strutture a sbalzo	28 gg	14 gg

Tabella 5 - Tempi minimi per il disarmo di strutture in c.a.

Nel “programma dei getti” dovranno essere puntualmente indicati i sistemi di puntellamento nonché fasi, tempi e modalità dei disarmi; ad integrazione o sostituzione dei tipi di rinforzi supplementari previsti, potranno essere proposti sistemi alternativi quali, ad esempio, puntelli provvisori in c.a. Tale programma dovrà essere sottoposto alla preventiva approvazione della D.L., che ne verificherà la compatibilità con le caratteristiche di resistenza e funzionalità delle strutture.

7. SOLAI IN LATEROCEMENTO CON TRAVETTI PREFABBRICATI

7.1. GENERALITÀ

Il nuovo solaio al primo piano è da realizzare con travetti prefabbricati e alleggerimenti in laterizio, con successivo getto di completamento in opera.

I travetti prefabbricati e gli elementi in laterizio interconnessi presentano caratteristiche e spessori adeguati alle esigenze della durabilità e della resistenza al fuoco.

Tutta l'armatura, indicata negli elaborati di progetto, sarà integrata e montata in opera, prima dei getti di completamento.

7.2. NORMATIVA E PRESCRIZIONI

Oltre a quanto puntualmente espresso nella presenti prescrizioni, i solai "a travetti" dovranno rispettare anche quelle relative ai calcestruzzi ed alle armature, nonché alla legislazione vigente.

Inoltre dovranno essere rispettate anche tutte le prescrizioni indicate negli elaborati di progetto.

7.3. MATERIALI COSTITUTIVI DEI TRAVETTI

7.3.1. Fondello

Il fondello dei travetti dovrà essere in calcestruzzo con classe di resistenza minima C25/30.

L'acciaio per l'armatura incorporata nel fondello deve essere di classe di resistenza B450C, lo stesso da utilizzarsi per le armature di rinforzo.

I tralicci di armatura saranno con staffe di diametro non inferiore al ϕ 5, filo superiore di diametro non inferiore al ϕ 7 e 2 fili inferiori ognuno dei quali di diametro non inferiore al ϕ 5; i tralicci dovranno essere realizzati in acciaio di classe B450C o B450A.

7.3.2. Conglomerato cementizio di completamento

Per le caratteristiche del conglomerato cementizio da utilizzare nel getto di completamento, le norme di riferimento, le modalità di confezionamento e di posa si dovrà fare riferimento a quanto riportato nel capitolo sui calcestruzzi.

7.3.3. Armature aggiuntive

Le armature aggiuntive del solaio dovranno essere montate nel pieno rispetto delle sagome e posizioni indicate negli esecutivi di progetto e nelle prescrizioni del Capitolato Tecnico.

In particolare, dovranno essere adottati accorgimenti e dispositivi atti ad assicurare la stabilità delle armature durante le lavorazioni ed i getti ed il sicuro rispetto degli spazi prescritti per "copriferrì" ed "interferrì"; tali spazi dovranno essere rispettati anche da eventuali barre ed elementi metallici adottati per esigenze di montaggio ed irrigidimento delle gabbie.

7.3.4. Blocchi di alleggerimento

I blocchi di alleggerimento, saranno costituiti da laterizio di categoria "a" con $R_{lk} \geq 15$ N/mm². Hanno

unicamente funzione di alleggerimento e devono seguire la relativa Normativa.

7.4. STOCCAGGIO, MOVIMENTAZIONE E PUNTELLAMENTO

Le procedure e modalità di stoccaggio, movimentazione e puntellamento dei travetti dovranno essere chiaramente espresse nella documentazione di accompagnamento dei manufatti e nelle istruzioni di montaggio a cui ci si dovrà scrupolosamente attenere, salvo diverse disposizioni della D.L.

8. ANCORAGGI

I collegamenti tra le strutture con ancoraggi meccanici e chimici dovranno essere realizzati con materiale (resine, barre, tasselli, ...) di comprovata affidabilità e la posa in opera dovrà essere eseguita seguendo scrupolosamente le indicazioni del produttore e della D.L. e quanto riportato sui disegni esecutivi.

8.1. MATERIALI PER INGHISAGGI

Laddove previsto, per gli inghisaggi sarà utilizzata resina epossidica bicomponente **HILTI HIT-RE 500**.

Particolare attenzione va posta, durante l'utilizzo, nel seguire attentamente le indicazioni del produttore in merito a:

- diametro e profondità del foro;
 - pulizia del foro;
 - quantitativo di materiale da inserire;
 - temperatura di posa;
 - tempi di presa;
 - tempi di maturazione.
-

Il Progettista delle strutture
dott. ing. Massimo Panizza

Il Costruttore delle opere strutturali

Milano, 30 luglio 2013