



STUDIO TECNICO

DI INGEGNERIA ED URBANISTICA

BRESCIA ING. GENNARO

Via stazione n° 26 – 71022 Ascoli Satriano (FG)

Via Antonio Gramsci n° 39 – 71100 Foggia

tel. 347.59.18.151 – e-mail: rinbrescia@libero.it

Interventi di recupero e riqualificazione Edifici Scolastici Regionali – Delibera CIPE n°79/2012. Lavori di ripristino funzionale, adeguamento alle norme vigenti e di finitura interna/esterna Scuola d'Infanzia, Vico II Fontanelle, Comune di Deliceto (FG).

PROGETTO ESECUTIVO

OGGETTO:

Relazione sui materiali e sulle dosature

(art. 65 D.P.R. 06-06-2001 n. 380, NTC - D.M. 14 gennaio 2008)

Il Progettista

- Gennaro Brescia -

Ascoli Satriano

febbraio 2018

Visti ed approvazioni:

Il RUP
ing. Salvatore PIZZI

RELAZIONE SUI MATERIALI

(art. 65 del D.P.R. 06-06-2001 n. 380 e NTC2008)

Per il calcestruzzo delle strutture gettate in situ si farà riferimento alle indicazioni riportate nelle UNI EN 206-1 e UNI 11104, per quanto non in contrasto con le Norme Tecniche sopra citate. Esse si applicano ai soli calcestruzzi confezionati con aggregati di peso normale, definiti dalla norma UNI EN 206-1 e UNI 11104 con "struttura chiusa".

GENERALITA'

Il calcestruzzo va di regola specificato come "miscela progettata" con riferimento alle proprietà richieste (calcestruzzo a prestazione).

Con "calcestruzzo a prestazione" secondo le Linee Guida sul calcestruzzo strutturale emanate nel dicembre 1996 dal Servizio Tecnico Centrale del Ministero dei Lavori Pubblici e la norma UNI 11104 si intende un calcestruzzo per il quale il Progettista ha la responsabilità di specificare le prestazioni richieste ed eventuali ulteriori caratteristiche e per il quale l'Appaltatore è responsabile della fornitura di una miscela conforme alle prestazioni richieste e alle eventuali ulteriori caratteristiche.

I dati fondamentali per i calcestruzzi a prestazione, specificati nel seguito, comprendono:

- a. classe di resistenza;
- b. dimensione massima nominale degli aggregati;
- c. classe di esposizione ambientale;
- d. classe di consistenza;
- e. tipologia strutturale (calcestruzzo non armato, armato o precompresso);

Potranno inoltre essere definite ulteriori caratteristiche quali:

f.1) caratteristiche della miscela:

- tipo, classe e contenuto minimo di cemento;
- contenuto d'aria
- contenuto di cloruri;
- sviluppo di calore durante l'idratazione;
- requisiti speciali per gli aggregati;
- requisiti speciali per la temperatura del calcestruzzo fresco;
- requisiti tecnici aggiuntivi;

f.2) caratteristiche del calcestruzzo indurito:

- resistenza alla penetrazione dell'acqua ai fini della permeabilità;
- resistenza ai cicli di gelo e disgelo;
- resistenza agli attacchi chimici;
- requisiti tecnici aggiuntivi.

Per la corretta applicazione delle presenti prescrizioni si definisce la suddivisione dei compiti fra le diverse figure che concorrono al progetto e alla realizzazione dell'opera.

CLASSI DI RESISTENZA

La resistenza a compressione del calcestruzzo è espressa in termini di resistenza caratteristica, definita come quel valore di resistenza al di sotto del quale si può attendere di trovare il 5% della popolazione di tutte le misure di resistenza.

La resistenza caratteristica cubica R_{ck} viene dedotta sulla base dei valori ottenuti da prove a compressione a 28 giorni effettuate su cubi di 150 mm di lato, per aggregati con diametro massimo fino a 32 mm, o di 200 mm di lato per aggregati con diametro massimo maggiore.

La resistenza caratteristica cilindrica f_{ck} viene dedotta sulla base dei valori ottenuti da prove a compressione a 28 giorni effettuate su cilindri di 150 mm di diametro e 300 mm di altezza.

Per indicare la classe di resistenza si utilizza la simbologia Cxx/yy ove xx individua il valore della resistenza caratteristica cilindrica f_{ck} e yy il valore della resistenza caratteristica cubica R_{ck} , entrambi espressi in N/mm² (1 N/mm² = 10 Kg/cm²).

Tabella - Classi di resistenza del calcestruzzo
(Secondo UNI EN 206-1)

Classe di resistenza a compressione	Resistenza caratteristica cilindrica minima $f_{ck,cil}$ (N/mm²)	Resistenza caratteristica cubica minima $f_{ck,cube}$ (N/mm²)
C8/10	8	10
C12/15	12	15
C16/20	16	20
C20/25	20	25
C25/30	25	30
C30/37	30	37
C35/45	35	45
C40/50	40	50
C45/55	45	55
C50/60	50	60
C55/67	55	67
C60/75	60	75
C79/85	70	85
C80/95	80	95
C90/105	90	105
C100/115	100	115

IL CEMENTO

Il cemento deve essere scelto, fra quelli considerati idonei, tenendo in considerazione:

- l'esecuzione dell'opera
- l'uso finale del calcestruzzo
- le condizioni di maturazione
- le dimensioni della struttura
- le condizioni ambientali alle quali la struttura sarà esposta
- la potenziale reattività degli aggregati agli alcali provenienti dai componenti

Potranno essere impiegati unicamente i cementi previsti nella Legge 26.5.65 n° 595 che soddisfino i requisiti di accettazione elencati nella norma UNI ENV 197/1, con esclusione del cemento alluminoso e dei cementi per sbarramenti di ritenuta.

I cementi utilizzati dovranno essere controllati e certificati come previsto per legge.

ACQUA D'IMPASTO

L'acqua d'impasto, di provenienza nota, dovrà avere caratteristiche costanti nel tempo, conformi a quelle della norma UNI EN 1008.

AGGREGATI

Gli aggregati impiegati per il confezionamento del calcestruzzo dovranno avere caratteristiche conformi a quelle previste nel UNI EN 12620 per gli aggregati normali e pesanti, ed al prEN 13055-1 per quelli leggeri.

ADDITIVI

Gli additivi dovranno essere conformi a quanto prescritto nella norma UNI EN 934-2.

AGGIUNTE

Sono considerate idonee le aggiunte di tipo I (aggiunte inerti) costituite da filler conformi al prEN12620 e da pigmenti conformi alla EN 12878.

E' ammesso l'utilizzo di aggiunte definite nella norma UNI EN206-1 di tipo II (aggiunte pozzolaniche o ad attività idraulica latente) costituite da ceneri volanti e fumi di silice, purché non vengano modificate negativamente le caratteristiche prestazionali del calcestruzzo. In mancanza di indicazioni normative, non si terrà conto di tali materiali nel computo del dosaggio di cemento.

Ceneri volanti

Le ceneri volanti dovranno soddisfare i requisiti della norma UNI EN 450. Per ogni invio dovrà essere specificato il fornitore ed essere disponibile copia dei certificati delle prove eseguite.

Fumi di silice

I fumi di silice dovranno essere conformi al prEN13263 e costituiti da silice attiva amorfa presente in quantità maggiore o uguale all'85% del peso totale.

I fumi dovranno essere costituiti da particelle sferiche isolate con diametro compreso tra 0.01 e 0.5 micron, oppure da agglomerati o granuli secondari di diametro da 1 a 10 micron, avere aspetto di polvere asciutta o di sospensione acquosa. Per ogni invio dovrà essere specificato il fornitore ed essere disponibile copia dei certificati delle prove eseguite. Poiché i fumi di silice possiedono un elevato potere di ritenzione d'acqua, il loro impiego dovrà essere sempre associato a quello di additivi superfluidificanti. Nel caso di utilizzo dell'autobetoniera come mescolatore i fumi in polvere dovranno essere immessi contemporaneamente ad almeno il 50% dell'acqua totale, per formare una sospensione acquosa.

REQUISITI GENERALI

La composizione del calcestruzzo (cemento, aggregati, acqua, additivi ed eventuali aggiunte) dovrà soddisfare le specifiche prestazionali in merito a classe di resistenza, dimensione nominale massima dell'aggregato, classe di consistenza e classe di esposizione, con assenza di fenomeni di segregazione.

I calcestruzzi dovranno soddisfare le caratteristiche minime di resistenza e durabilità indicate nel progetto.

Nella scelta del tipo e della classe di cemento si dovrà tenere conto delle condizioni ambientali di esposizione delle opere, della velocità di sviluppo della resistenza, del calore di idratazione e della velocità alla quale esso si libera.

Il contenuto minimo di cemento, ove definito, dovrà tenere conto delle condizioni ambientali di esposizione e delle prestazioni richieste.

Granulometria degli aggregati

Per la realizzazione di calcestruzzi con classi di resistenza maggiori di C12/15 (tabella 4.1) gli aggregati dovranno appartenere preferibilmente ad almeno tre classi granulometriche diverse. Nella composizione della curva granulometrica nessuna frazione potrà essere dosata in percentuale maggiore del 55%, salvo preventiva autorizzazione del Direttore dei Lavori.

Le classi granulometriche dovranno essere mescolate tra loro in percentuali tali da formare miscele rispondenti ai criteri di curve granulometriche di riferimento teoriche o sperimentali, scelte in modo che l'impasto fresco e indurito abbia i prescritti requisiti di resistenza, consistenza, omogeneità, aria inglobata, permeabilità, ritiro e acqua essudata. Si dovrà adottare una curva granulometrica che, in relazione al dosaggio di cemento, garantisca la massima compattezza e la migliore lavorabilità del calcestruzzo.

Dimensione massima nominale dell'aggregato

La massima dimensione nominale dell'aggregato dovrà essere scelto in funzione dei valori di copriferro e interferro, delle dimensioni minime dei getti, delle modalità di getto e del tipo di mezzi d'opera utilizzati per la compattazione dei getti; la dimensione massima nominale dell'aggregato non dovrà essere maggiore:

- di un quarto della dimensione minima dell'elemento strutturale;
- della distanza tra le singole barre di armatura o tra gruppi di barre d'armatura (interferro) diminuita di 5 mm;
- di 1,3 volte lo spessore del copriferro.

Rapporto acqua/cemento

La quantità d'acqua totale da impiegare per il confezionamento dell'impasto dovrà essere calcolata tenendo conto dell'acqua libera contenuta negli aggregati. Si dovrà fare riferimento alla norma UNI EN 1097/6 per la

condizione "satura a superficie asciutta", nella quale l'aggregato non assorbe né cede acqua all'impasto. Il rapporto acqua/cemento di ciascuna miscela dovrà essere controllato, anche in cantiere, con le modalità previste nella norma UNI 6393 almeno una volta ogni tre mesi o ogni 2.000 m³ di produzione: il rapporto a/c non dovrà discostarsi più di +0.02 dal valore verificato in fase di qualificazione della relativa miscela.

Lavorabilità

La lavorabilità, indice delle proprietà e del comportamento del calcestruzzo nell'intervallo di tempo tra la produzione e la compattazione dell'impasto nella cassaforma, viene comunemente valutata attraverso la misura della consistenza.

La consistenza, come la lavorabilità, è il risultato di più proprietà reologiche: di conseguenza può essere valutata sulla base del comportamento dell'impasto fresco con determinate modalità di prova.

Per la classificazione della consistenza del calcestruzzo si fa riferimento ai seguenti metodi:

- UNI EN 12350/1: prova sul calcestruzzo fresco- Campionamento
- UNI EN 12350/2: prova di abbassamento al cono
- UNI EN 12350/5: prova di spandimento alla tavola a scosse

I valori di riferimento per ciascun metodo di prova sono indicati nelle tabelle

Tabella Classi di abbassamento al cono (slump)

Classe di consistenza	Abbassamento al cono mm
S1	da 10 a 40
S2	da 50 a 90
S3	da 100 a 150
S4	da 160 a 210
S5	≥ 220

Tabella - Classi di spandimento

Classe	Diametro Spandimento mm
F1	≤ 340
F2	da 350 a 410
F3	da 420 a 480
F4	da 490 a 550
F5	da 560 a 620
F6	≥ 630

Nella misura dell'abbassamento al cono possono verificarsi diverse condizioni di cedimento.

La prova è valida solo se dà luogo ad un abbassamento vero, il cui calcestruzzo rimane sostanzialmente intatto e simmetrico. Se il provino cede per taglio, deve essere preso un altro campione e ripetere la prova.

Se due prove consecutive mostrano cedimento per taglio di una porzione di calcestruzzo rispetto alla massa del campione di prova, il calcestruzzo manca della plasticità e coesione necessarie affinché possa essere ritenuta idonea la prova di cedimento al cono.

Per raggiungere la giusta compattazione del getto in opera, la classe di consistenza del calcestruzzo al momento della posa dovrà essere sempre pari o superiore alla classe di abbassamento al cono S3 o alla classe di spandimento F4 o F5.

Classi di consistenza inferiori saranno ammesse, per particolari categorie di opere, solo se esplicitamente prescritte dal Progettista. Per i calcestruzzi impiegati nella prefabbricazione, ferme le altre caratteristiche si potrà derogare a tale prescrizione previa approvazione da parte del Direttore dei Lavori.

Acqua essudata

Il calcestruzzo non dovrà presentarsi segregato; ove vengano fissati un limite di accettazione e una frequenza di prova, la quantità di acqua essudata verrà misurata secondo la norma UNI 7122.

DURABILITA' E RESISTENZA DEI CALCESTRUZZI AGLI AGENTI ESTERNI

Copriferro minimo e copriferro nominale

Ai fini di preservare le armature dai fenomeni di aggressione ambientale, dovrà essere previsto un idoneo copriferro; il suo valore, misurato tra la parete interna del cassero e la generatrice dell'armatura metallica più vicina, individua il cosiddetto "copriferro nominale".

Il copriferro nominale c_{nom} è somma di due contributi, il copriferro minimo c_{min} e la tolleranza di posizionamento h . Vale pertanto: $c_{nom} = c_{min} + h$

I valori di copriferro minimo in funzione delle classi di esposizione del calcestruzzo sono indicati in Tabella. La tolleranza di posizionamento delle armature h , nel caso di strutture gettate in opera, dovrà essere assunta pari ad almeno 5 mm.

Il copriferro nominale deve essere specificato in tutte le tavole di progetto e nei documenti di calcolo.

Tabella - Copriferro minimo e classi di esposizione

Ambiente	Classe di esposizione	c_{min} (mm)
Molto secchi/ secco	X0	15
Umido senza gelo	XC1 XC2	20
Debolmente aggressivo	XC3 XA1 XD1	30
Umido con gelo	XF1	
Marino senza gelo	XS1 XD2	
Moderatamente aggressivo	XA2 XC4	
Umido con gelo e sali disgelanti	XF3	
Marino con gelo	XF2	40
Fortemente aggressivo	XS2 XS3XA3 XD3 XF4	

Reazioni alcali-aggregato

Il Progettista, in base all'esperienza locale o all'identificazione delle caratteristiche mineralogiche degli aggregati secondo quanto previsto nella norma UNI 8520, dovrà valutare la possibilità che si manifesti con effetti dannosi nel calcestruzzo la reazione chimica tra gli alcali (ioni sodio Na- e potassio K+ presenti in tutti i costituenti delle miscele di calcestruzzo: cemento, aggregati, acqua, additivi e aggiunte) ed eventuali aggregati reattivi, e dovrà determinare il tipo di prevenzione da adottare per impedire il fenomeno.

Nel caso in cui si preveda che l'opera da realizzare possa risultare satura d'acqua, costantemente o frequentemente, le misure preventive adottabili sono:

- scelta di componenti della miscela a basso contenuto di alcali;
- sostituzione di una frazione o dell'intero aggregato reattivo con aggregato inerte;
- impermeabilizzazione della struttura;
- utilizzo di idonei quantitativi di aggiunte di tipo II o di idonei additivi a base di sali di litio.

POSA E STAGIONATURA POSA IN OPERA

Operazioni di getto

L'Appaltatore è tenuto a comunicare con dovuto anticipo al Direttore dei Lavori il programma dei getti indicando:

- il luogo di getto;
- la struttura interessata dal getto;
- la classe di resistenza e la classe di consistenza del calcestruzzo;

I getti potranno avere inizio solo dopo che il Direttore dei Lavori avrà verificato:

- preparazione e rettifica dei piani di posa;
- pulizia delle casseforme;
- posizione e corrispondenza al progetto delle armature e dei copriferri;
- posizione delle eventuali guaine dei cavi di precompressione;
- posizione degli inserti (giunti, water stop, ecc.).

Nel caso di getti contro terra si dovrà controllare con particolare cura che siano stati eseguiti, in conformità alle disposizioni di progetto:

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

La geometria delle casseforme dovrà risultare conforme ai particolari costruttivi di progetto e alle eventuali prescrizioni aggiuntive.

In nessun caso si dovranno verificare cedimenti dei piani di appoggio e delle pareti di contenimento; in tale ultimo caso l'Appaltatore dovrà provvedere al loro immediato ripristino.

Prima del getto tutte le superfici di contenimento del calcestruzzo dovranno essere pulite e trattate con prodotti disarmanti preventivamente autorizzati dal Direttore dei Lavori; se porose, dovranno essere mantenute umide per almeno due ore prima dell'inizio dei getti. I ristagni d'acqua dovranno essere allontanati dal fondo.

Salvo specifica autorizzazione del Direttore dei Lavori, è esclusa la possibilità di qualunque aggiunta d'acqua al calcestruzzo al momento del getto.

Lo scarico del calcestruzzo dal mezzo di trasporto nelle casseforme dovrà avvenire con tutti gli accorgimenti atti a evitarne la segregazione. E' ammesso l'uso di scivoli soltanto se risulterà garantita l'omogeneità dell'impasto in opera. L'impiego di benne a scarico di fondo e di nastri trasportatori dovrà essere autorizzato dal Direttore dei Lavori in funzione della distanza di scarico.

L'altezza di caduta libera del calcestruzzo fresco, misurata dall'uscita dello scivolo o della bocca del tubo convogliatore, non dovrà essere mai maggiore di 100 cm. Il calcestruzzo dovrà cadere verticalmente ed essere steso in strati orizzontali di spessore, misurato dopo la vibrazione, comunque non maggiore di 50 cm. E' vietato scaricare il conglomerato in un unico cumulo e distenderlo con l'impiego del vibratore.

A meno che non sia altrimenti stabilito, il calcestruzzo dovrà essere compattato con un numero di vibratori a immersione o a parete determinato, prima di ciascuna operazione di getto, in relazione alla classe di consistenza del calcestruzzo, alle caratteristiche dei vibratori e alla dimensione del getto stesso. Per omogeneizzare la massa durante il costipamento di uno strato i vibratori a immersione dovranno penetrare per almeno 5 cm nello strato inferiore.

Il calcestruzzo dovrà essere compattato fino ad incipiente rifluimento della malta, in modo che le superfici esterne si presentino lisce e compatte, omogenee, perfettamente regolari, senza vespai o nidi di ghiaia ed esenti da macchie o chiazze.

Le attrezzature non funzionanti dovranno essere immediatamente sostituite in modo che le operazioni di costipamento non vengano rallentate o risultino insufficienti.

Per getti in pendenza dovranno essere predisposti cordolini di arresto che evitino la formazione di lingue di calcestruzzo troppo sottili per essere vibrare efficacemente.

Nel caso di getti da eseguire in presenza d'acqua l'Appaltatore dovrà:

- adottare gli accorgimenti necessari per impedire che l'acqua dilavi il calcestruzzo e ne pregiudichi la regolare presa e maturazione;
- provvedere con i mezzi più adeguati all'aggottamento o alla deviazione dell'acqua o, in alternativa, adottare per l'esecuzione dei getti miscele con caratteristiche antidilavamento preventivamente autorizzate dal Direttore dei Lavori.

Riprese di getto

Di norma i getti dovranno essere eseguiti senza soluzione di continuità, in modo da evitare ogni ripresa. Dovranno essere definiti i tempi massimi di ricopertura dei vari strati successivi, così da consentire l'adeguata rifluidificazione e omogeneizzazione della massa di calcestruzzo per mezzo di vibrazione.

Nel caso ciò non fosse possibile, a insindacabile giudizio del Direttore dei Lavori, prima di poter effettuare la ripresa la superficie del calcestruzzo indurito dovrà essere accuratamente pulita, lavata, spazzolata e scalfita fino a diventare sufficientemente rugosa, così da garantire una perfetta aderenza con il getto successivo; ciò

potrà essere ottenuto anche mediante l'impiego di additivi ritardanti o di ritardanti superficiali o di speciali adesivi per riprese di getto.

Tra le successive riprese di getto non si dovranno avere distacchi, discontinuità o differenze di aspetto e colore; in caso contrario l'Appaltatore dovrà provvedere ad applicare adeguati trattamenti superficiali traspiranti al vapore d'acqua.

Nelle strutture impermeabili dovrà essere garantita la tenuta all'acqua dei giunti di costruzione con accorgimenti, da indicare nel progetto, autorizzati dal Direttore dei Lavori.

Getti in clima freddo

Il clima si definisce freddo quando la temperatura dell'aria è minore di + 5°C: in tal caso valgono le disposizioni e prescrizioni della Norma UNI 8981.

La posa in opera del calcestruzzo dovrà essere sospesa nel caso che la temperatura dell'impasto scenda al di sotto di + 5°C.

Prima del getto ci si dovrà assicurare che tutte le superfici a contatto del calcestruzzo siano a temperatura di alcuni gradi sopra lo zero.

La neve e il ghiaccio, se presenti, dovranno essere rimossi, dai casseri, dalle armature e dal sottofondo: per evitare il congelamento tale operazione dovrebbe essere eseguita immediatamente prima del getto.

I getti all'esterno dovranno essere sospesi se la temperatura dell'aria è minore di - 5°C. Tale limitazione non si applica nel caso di getti in ambiente protetto o nel caso vengano predisposti opportuni accorgimenti, approvati dal Direttore dei Lavori.

Getti in clima caldo

Durante le operazioni di getto la temperatura dell'impasto non dovrà superare i 35°C; tale limite potrà essere convenientemente abbassato per getti massivi.

Al fine di abbassare la temperatura del calcestruzzo potrà essere usato ghiaccio, in sostituzione di parte dell'acqua di impasto, o gas refrigerante di cui sia garantita la neutralità nei riguardi delle caratteristiche del calcestruzzo e dell'ambiente.

Per ritardare la presa del cemento e facilitare la posa e la finitura del calcestruzzo potranno essere impiegati additivi ritardanti, o fluidificanti ritardanti di presa, conformi alle norme UNI EN 934 preventivamente autorizzati dal Direttore dei Lavori.

STAGIONATURA PROTETTA

È l'insieme di precauzioni che, durante il processo di indurimento, permette di trasformare l'impasto fresco in un materiale resistente e durevole.

I metodi di stagionatura e la loro durata dovranno essere tali da garantire:

- la prescritta resistenza e durabilità del calcestruzzo indurito;
- la limitazione della formazione di fessure o cavillature in conseguenza del ritiro per rapida essiccazione delle superfici di getto o per sviluppo di elevati gradienti termici all'interno della struttura.

Nella tabella sono riportati le durate minime di stagionatura, in giorni, per strutture esposte nelle classi di esposizione X0, XC e XA1.

Tabella - Durata minima della stagionatura protetta (giorni)

Velocità di sviluppo della resistenza del calcestruzzo	Rapido			Medio			Lento		
Temperatura del calcestruzzo (°C)	5	10	15	5	10	15	5	10	15
Condizioni ambientali durante la stagionatura									
I) Non esposto ad insolazione diretta ; Umidità relativa U_R dell'aria circostante 80%	2	2	1	3	3	2	3	3	2
II) Insolazione diretta media o vento di media velocità o $U_R > 50\%$	4	3	2	6	4	3	8	5	4
III) Insolazione intensa o vento di forte velocità o $U_R < 50\%$	4	3	2	8	6	5	10	8	5

Dovranno comunque essere rispettate le seguenti prescrizioni:

a) la durata di prestagionatura, alla temperatura massima di 30 °C, non dovrà essere minore di tre ore (in

- genere dalle 4 alle 5 ore);
- b) i gradienti termici non dovranno superare il valore di 20°C/ora durante il riscaldamento e 10 °C/ora durante il raffreddamento; essi dovranno essere ulteriormente ridotti qualora non sia verificata la condizione di cui al successivo punto d);
 - c) la temperatura all'interno del calcestruzzo non dovrà superare in media i 60 °C, con valore puntuale massimo non superiore a 65°C;
 - d) la differenza di temperatura tra quella massima all'interno del calcestruzzo e quella alla superficie non dovrà superare 20 °C;
 - e) durante tutta la procedura di maturazione forzata e durante il raffreddamento il calcestruzzo sarà protetto contro le perdite di umidità.

In ogni caso i provini per la valutazione della resistenza caratteristica a 28 giorni, nonché della resistenza raggiunta al momento del taglio di trefoli o fili aderenti, dovranno essere maturati nelle stesse condizioni termoisometriche della struttura, secondo quanto previsto dalla Norma UNI 6127.

Ripristini e stuccature

Nessun ripristino o stuccatura potrà essere eseguito dopo il disarmo del calcestruzzo senza il preventivo controllo del Direttore dei Lavori, che dovrà autorizzare i materiali, proposti dal Progettista, da utilizzare per l'intervento.

La velocità di sviluppo della resistenza del calcestruzzo è indicata in tabella.

Tabella - Velocità di sviluppo della resistenza del calcestruzzo

Velocità di sviluppo della resistenza	Rapporto a/c	Classe di resistenza del cemento
Rapida	≤ 0.45	42.5 R
Media	≤ 0.55	42.5 R 32.5 R – 42.5 N
Lenta	≤ 0,60	32,5 N
Molto Lenta	In tutti gli altri casi	

Le durate di stagionatura di tabella dovranno essere adeguatamente aumentate per condizioni ambientali più gravose di quelle corrispondenti alle classi X0, XC e XA1.

Le indicazioni sopra riportate relative alle condizioni di stagionatura per conseguire una adeguata impermeabilità dello strato superficiale non prendono in considerazione gli aspetti della sicurezza strutturale in relazione ai quali potrà essere stabilito un tempo minimo di stagionatura per raggiungere la resistenza voluta alla rimozione dei casseri.

Nel caso siano previste, nelle 24 ore successive al getto durante la fase di stagionatura, temperature dell'aria con valori minori di 5°C o maggiori di 35°C, l'Appaltatore dovrà utilizzare esclusivamente casseri in legno o coibentati sull'intera superficie del getto ed eventualmente teli isolanti.

Tutte le superfici dovranno essere mantenute umide per almeno 48 ore dopo il getto mediante utilizzo di prodotti filmogeni applicati a spruzzo conformi alle norme UNI ovvero continua bagnatura con serie di spruzzatori d'acqua o con altri idonei sistemi.

Qualora il prodotto filmogeno venga applicato su una superficie di ripresa, prima di eseguire il successivo getto si dovrà procedere a ravvivare la superficie.

Nel caso di superfici con finiture a faccia vista dovrà essere evitato qualunque ristagno d'acqua sulla superficie a vista durante la stagionatura.

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

I metodi di stagionatura proposti dal Progettista dovranno essere preventivamente sottoposti all'esame del Direttore dei Lavori.

Il metodo di stagionatura prescelto dovrà assicurare che le variazioni termiche differenziali nella sezione trasversale delle strutture non provochino fessure o cavillature tali da compromettere le caratteristiche del calcestruzzo indurito.

Se prescritto dal Progettista, tali variazioni termiche potranno essere verificate direttamente nella struttura mediante serie di termocoppie predisposte all'interno del cassero.

Anche se non è possibile stabilire esatti limiti per le differenze di temperatura accettabili nelle sezioni trasversali in fase di indurimento, poiché esse dipendono dalla composizione dell'impasto, dalle caratteristiche di sviluppo della resistenza, dalla forma geometrica dell'elemento strutturale e dalla velocità con la quale il manufatto, dopo la rimozione dei casseri, raggiunge l'equilibrio termico con l'ambiente, per limitare le tensioni di origine termica dovranno essere rispettati i limiti seguenti:

- una differenza massima di 20°C sulla sezione durante il raffreddamento dopo la rimozione dei casseri;
- una differenza massima di 15°C attraverso i giunti di costruzione e per strutture con sezioni di dimensioni molto variabili.

Accelerazione dei tempi di stagionatura

La maturazione accelerata con trattamento termico dei calcestruzzi gettati in opera è normalmente esclusa; essa sarà permessa solo qualora siano state condotte indagini sperimentali sul tipo di trattamento termico che si intende adottare.

TIPOLOGIA STRUTTURALE E CLASSIFICAZIONE CALCESTRUZZO

TIPOLOGIA STRUTTURALE

Latipologia strutturale oggetto del presente Capitolato è la seguente: Solette in c.a. solaio d'interpiano e cordoli armati.

CLASSIFICAZIONE DEL CALCESTRUZZO

Per la tipologia strutturale in oggetto si prescrive un calcestruzzo avente le seguenti caratteristiche :

Resistenza caratteristica Rck : 25 N/mm²
Classe di esposizione : XC2 (determinata secondo UNI 206-1/UNI 11104)
Classe di consistenza : S4 (Fluida) con Additivo Superfluidificante
Diametro max. aggregati : 6 mm

CARATTERISTICHE DEI COSTITUENTI IL CALCESTRUZZO

Cemento

I cementi prescritti devono essere conformi alla **UNI-EN 197/1**, controllati e certificati secondo la normativa vigente.

Per la tipologia strutturale in oggetto devono essere impiegati i seguenti cementi per classe e per tipo : **II/A - LL 32,5 R IV/A 32,5 R III/A 32,5 R**

Aggregati

Gli aggregati impiegati per il confezionamento del calcestruzzo devono risultare conformi alle caratteristiche previste dalla norma **UNI 8520** parte 2.

Per la struttura in oggetto si dovranno impiegare aggregati naturali o frantumati con diametro massimo di **8 mm**.

Le classi granulometriche dovranno essere mescolate tra loro in percentuali tali da formare miscele rispondenti ai criteri di curve granulometriche di riferimento teoriche o sperimentali, scelte in modo che l'impasto fresco e indurito abbia i prescritti requisiti di resistenza, consistenza, omogeneità, aria inglobata, permeabilità, ritiro e acqua essudata. Si dovrà adottare una curva granulometrica che, in relazione al dosaggio di cemento, garantisca la massima compattezza e la migliore lavorabilità del calcestruzzo.

Acqua

L'acqua dell'impasto, di provenienza nota, dovrà avere caratteristiche costanti nel tempo, conformi a quelle della norma **UNI EN 1008**.

Additivi

Gli additivi dovranno essere conformi a quanto prescritto dalla norma **UNI 7101**.

Si prescrive l'impiego di Additivo Superfluidificante

RIEPILOGO DEGLI ELEMENTI DI BASE DELLE PRESCRIZIONI

Tipologia strutturale : Strutture in c.a.

Classe di resistenza necessaria ai fini statici **Rck (0) : 25 (N/mm²)**

CORROSIONE INDOTTA DA CARBONATAZIONE

La carbonatazione provoca la corrosione dei ferri d'armatura quando la struttura è prevalentemente esposta all'aria, all'acqua e all'ossigeno. Le strutture interessate sono quelle relative agli interni degli edifici, civili o industriali, all'esterno e a contatto con acqua e o terreni non aggressivi.

Classe di Esposizione	Ambiente	Tipologia
XC2	Bagnato, raramente asciutto	Parti di strutture di contenimento liquidi; fondazioni. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso prevalentemente immerso in acqua o terreno non aggressivo

CLASSE D'ESPOSIZIONE – Rck minima – Rapporto a/c max

Denominazione della classe e descrizione dell'ambiente di esposizione

XC2: Bagnato, raramente asciutto

Classe di esposizione : **XC2**(determinata secondo UNI 206-1/UNI 11104)

Rck (c) calcolata : **25 N/mm²**

Rapporto a/c max : **0,60**

CLASSIFICAZIONE DEL CALCESTRUZZO E REQUISITI

Per la tipologia strutturale in oggetto si prescrive, in definitiva, un calcestruzzo avente le seguenti caratteristiche :

Resistenza caratteristica Rck : **25 N/mm²**

Classe di esposizione : **XC2** (determinata secondo UNI 206-1/UNI 11104)

Rapporto a/c max : **0,60**

Classe di consistenza : **S4 (Fluida) con Additivo Superfluidificante**

Diametro max. aggregati : **6 mm**

ARMATURE METALLICHE

Si userà acciaio in barre ad aderenza migliorata e dovranno corrispondere alle caratteristiche ed accertamenti indicate la capitolo 11.3 del D.M. 14 gennaio 2008.

Gli acciai saranno del tipo indicato nelle tavole dei particolari costruttivi, del fascicolo dei calcoli statici dal quale risultano anche le tensioni di esercizio. Le superfici delle barre saranno distanziate, in ogni direzione, di almeno 1,5 volte il diametro delle barre maggiori usate ed in ogni caso non meno di 2 cm. Tali armature non dovranno presentare stati di corrosione troppo avanzati né presentare difetti superficiali evidenti che possano menomare la resistenza. Le barre, inoltre, non devono essere ricoperte di sostanze che possano far diminuire l'aderenza con il conglomerato cementizio.

Le barre ad aderenza migliorata saranno del tipo Fe B 44 K controllate in stabilimento e quindi con presentazione del certificato di qualità al momento della loro posa in opera.

Le caratteristiche di resistenza dovranno essere:

Resistenza a trazione con $\sigma_{amm.} = 2.600 \text{ kg/cm}^2$;

Resistenza caratteristica di snervamento $f_{tk} \geq 430 \text{ N/mm}^2$;

Modulo di elasticità $E_r = 2.100.000 \text{ kg/cm}^2$.

CARATTERISTICHE MATERIALE PER RINFORZO PILASTRI E TRAVI DI ELEVAZIONE (FRP)

ARCHIVIO MATERIALE FRP												
ARCHIVIO MATERIALI FRP												
Mater	Descrizione	Tipo	Orientam.	Gram	Dens.	SpessEq.	AreaRes	Traz.	CarMax	ModElast	Eps fk	Tipo
N.ro	Materiale	Fibra	Fibre	m g/mq	kg/mc	(mm)	mmq/m	N/mmq	kN/m	N/mmq	(%)	Appl
1	Fibra di carbonio	Carbonio	MonoAss.	300	1820	0,1640	165	4410	700	390000	1,100	B

I tessuti in fibre di carbonio dovranno avere rispettivamente le seguenti caratteristiche: Grammatatura (g/m²): 300; Massa volumica (kg/m³): 1.800; Spessore equivalente di tessuto secco (mm): 0,164; Area resistente per unità di larghezza (mm²/m): 164,3; Resistenza meccanica a trazione (N/mm²): ≥ 4.900; Carico massimo per unità di larghezza (kN/m): > 800; Modulo elastico a trazione (N/mm²): 252.000 ± 2%; Allungamento a rottura (%): ≥ 2; Adesione al calcestruzzo (N/mm²): ≥ 2 (rottura del supporto)

CALCESTRUZZO PER RINFORZO SOLAI

Calcestruzzo strutturale leggero per getti di rinforzo e solette collaboranti ad alta resistenza, costituito da premiscelato a base di argilla espansa, inerti naturali, cemento tipo Portland ed additivi. Classe di massa volumica del calcestruzzo D1,7 (ca. 1600 Kg/mc secondo UNI-EN 206-1). Classe di resistenza a compressione certificata LC 30/33 (R_{ck}=35 N/mm² a 28 gg.), modulo elastico certificato 20.000 MPa, conducibilità termica 0.54 W/mK.

Di seguito sono indicate le caratteristiche tecniche del calcestruzzo

Densità in confezione	circa 1300 Kg/m ³
Densità (UNI EN 206-1)	circa 1600 Kg/m ³ (classe D 1,7)
Classe di resistenza (UNI EN 206-1)	LC 30/33
Classe di esposizione (UNI EN 206-1)	X0-XC1-XC2 (cfr. Monografia Tecnica "Calcestruzzo" disponibile on-line su www.leca.it sezione download)
Tempo di applicazione (a 20°C)	45 minuti
Temperatura di applicazione	da + 5 °C a + 35 °C
Pedonabilità	12 ore dalla posa
Resistenza caratteristica a compressione certificata (laboratorio) a 28 gg.	R _{ck} = 35 N/mm ² (cubica) f _{ck} = 31,5 N/mm ² (cilindrica)
Sviluppo resistenza nel tempo (valori medi)	1 gg. → 20 N/mm ² 3 gg. → 25 N/mm ² 7 gg. → 30 N/mm ² 14 gg. → 35 N/mm ²
Modulo elastico certificato	E = 20.000 N/mm ²
Conducibilità termica dichiarata (UNI 10351)	λ = 0,54 W/mK
Conducibilità termica di calcolo (UNI EN ISO 10456)	λ = 0,59 W/mK
Resa in opera (in funzione del grado di compattazione)	ca. 0,47 sacchi/m ² per sp. 1 cm - 2,13 m ² /sacco per sp. 1 cm
Fattore di resistenza al vapore d'acqua (UNI EN ISO 10456)	μ = 6 (campo umido)
Permeabilità al vapore (UNI 10351)	δ = 1,9*10 ⁻¹² kg/msPa
Capacità termica specifica Cp [J/(kgK)]	1000
Reazione al fuoco (D.M. 10/03/2005)	Euroclasse A1 (Incombustibile)
Confezione	bancale in legno a perdere con 48 sacchi da 25 litri/cad. pari a 1,2 m ³ di prodotto sfuso (su richiesta 24 sacchi: m ³ 0,6)
Condizioni di Conservazione (D.M. 10 Maggio 2004)	in imballi originali, in luogo coperto, fresco, asciutto ed in assenza di ventilazione
Durata (D.M. 10 Maggio 2004)	massimo dodici (12) mesi dalla data di confezionamento
Scheda Sicurezza	disponibili on-line sul sito www.leca.it
Conformità	D.M. 14/01/2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni). Circolare 02/02/2009 (Istruzioni alle NTC). Norma UNI EN 206-1.

ANCORANTE CHIMICO PER COLLEGAMENTI STRUTTURALI

Resina epossidica

Le caratteristiche della resina, materiale da utilizzare per gli interventi di collegamento e rinforzo armato degli elementi strutturali, vengono individuate attraverso le caratteristiche meccaniche e fisiche tipiche di questo tipo di prodotto, precisando per lo stesso la consistenza bicomponente del materiale.

Detto materiale di nuova generazione, destinato al recupero strutturale, sostituisce le malte fluidificate mediante l'aggiunta di additivi, negli interventi di rinforzo armato, introducendo una serie di migliorie in termini di adesione all'esistente e di resistenza, rispetto al materiale sostituito. Per la caratterizzazione di detto materiale si fa riferimento alla già citata norma UNI EN 1504.

Si riportano sinteticamente le seguenti caratteristiche:

	Standard	Valori	Unità di misura
Densità Comp. A (resina)	-	1,1	g/cm ³
Densità Comp. B (dibenzoil perossido)	-	1,3	g/cm ³
Volume Comp. B	-	0,6	kg/cm ³
Resistenza a compressione della resina indurita	DIN 53 454	110	N/mm ²
Punto di flashpoint	DIN 53 213	101	°C

Tutti i materiali e i prodotti per uso strutturale devono essere qualificati dal produttore secondo le modalità indicate nel capitolo 11 delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" approvate con D.M. 14gennaio 2008. E' onere del Direttore dei Lavori, in fase di accettazione, acquisire e verificare la documentazione di qualificazione.