

CONSORZIO DI BONIFICA STORNARA E TARA

viale Magna Grecia, 240 - 74121 TARANTO

*"RIPRISTINO DEL PONTE TUBO DELL'IMPIANTO IRRIGUO CONSORTILE
SX BRADANO UBICATO IN ATTRAVERSAMENTO DELLA LAMA DI LATERZA"*
COMUNE DI CASTELLANETA (TARANTO)

PROGETTO DEFINITIVO

CIG 7845120DD0



Capogruppo Mandatario R.T.P.
ing. Francesco LASIGNA
via del Mercato, 40/E - 74011 CASTELLANETA

Mandanti R.T.P.
ing. Davide CARLUCCI
strada Marchio di Evoli, 11/i - 70126 BARI
ing. Giuseppe CARLUCCI
Borgo Fiorito, 12 - 70016 NOICATTARO
dott. geol. Antonio TRAMONTE
via Vittorio Veneto, 134 - 74016 MASSAFRA

R.U.P. Consorzio di Bonifica
ing. Santo CALASSO

ELABORATO	DATA	SCALA	ALLEGATO
Relazione sui materiali da utilizzare ai fini del ripristino	02/2021	-	R.4.s.2

AGGIORNAMENTO	DATA	DESCRIZIONE

A termini di legge, sono riservati tutti i diritti del presente documento con divieto di riproduzione o di renderlo comunque noto a terzi senza autorizzazione scritta degli autori

INDICE

Premessa e normativa di riferimento	pag.	2
Materiali:	pag.	3
• Conglomerato cementizio	pag.	4
• Acciaio in barre per cemento armato	pag.	16
• Copriferro, interferro, diametri di piegatura e lunghezze di ancoraggio	pag.	17
• Acciaio per carpenteria metallica	pag.	19
• Reti FRCM in PBO	pag.	20

PREMESSA E NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La presente **Relazione sui materiali** illustra le condizioni operative e le prescrizioni per la fornitura, il controllo, la posa in opera, il montaggio e l'eventuale maturazione, prima della messa in esercizio, dei materiali che si intendono adottare per l'esecuzione strutturale dell'opera ai sensi dell'articolo 4 lettera b della Legge n. 1086 del 05.11.1971 e successive modifiche e integrazioni al fine di ottenere le definite caratteristiche prestazionali richieste.

Le opere in progetto sono dimensionate nell'osservanza e nel rispetto delle vigenti norme di legge per l'edilizia civile ed industriale e, in generale, della normativa per la disciplina delle opere strutturali.

Si intendono richiamate, per quanto applicabili e non in contrasto tra di loro, le seguenti norme:

- Legge 05.11.71 n. 1086 "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica";
- Legge 02.02.74 n. 64 "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche";
- Decreto Presidente della Repubblica 06.06.2001 n. 380 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamenti in materia edilizia" come modificato ed integrato da ultimo dalle Leggi n. 96 del 21.06.2017, n. 124 del 04.08.2017 e n. 89 del 24.07.2018;
- Regolamento Unione Europea n. 305 del 09.03.2011;
- Decreto Legislativo 16.06.2017 n. 106 "Adeguamento della normativa nazionale alle disposizioni del Regolamento (UE) n. 305/2017, che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la direttiva 89/106/CEE";
- Decreto Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 17.01.2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni";
- Circolare Ministeriale 21.01.2019 n. 7 "Istruzioni per l'applicazione delle NTC di cui al D.M. 17.01.2018";
- "Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati a Matrice Inorganica" CNR-DT 215/2018 ver. 30.06.2020

Sono, comunque, rispettate e si intendono richiamate tutte le altre norme sopra non citate ed in ogni caso vigenti.

Inoltre si intendono richiamate anche: le Norme UNI-EN armonizzate; le Norme UNI per le prove, i materiali e i prodotti da costruzione; le Istruzioni pubblicate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici; le Linee Guida del Servizio Tecnico Centrale e degli altri Organi così come licenziate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio dei Lavori Pubblici; le Istruzioni e i Documenti emessi dal Consiglio Nazionale delle Ricerche.

Si fa anche esplicito riferimento, laddove possibile e/o migliorativo ai fini della sicurezza, alle norme degli Eurocodici strutturali (sia in forma ENV che EN): UNI EC-1 (Basi di calcolo ed azioni sulle strutture); UNI EC-2 (Progettazione delle strutture di calcestruzzo); UNI EC-3 (Progettazione delle strutture di acciaio); UNI EC-4 (Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo); UNI EC-5 (Progettazione delle strutture di legno); UNI EC-6 (Progettazione delle strutture di muratura); UNI EC-7 (Progettazione geotecnica); UNI EC-8 (Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture); UNI EC-9 (Progettazione delle strutture di alluminio); UNI EC-0 (Criteri generali di progettazione strutturale).

MATERIALI:

I materiali per uso strutturale devono essere identificati, qualificati e accettati dalla Direzione Lavori sulla base delle prescrizioni contenute nella presente relazione mediante acquisizione e verifica della documentazione di conformità della produzione (Dichiarazione di Conformità ovvero Certificato di Conformità alla parte armonizzata della norma europea oppure, ancora, al Benestare Tecnico Europeo) per i prodotti con Marcatura CE. Per i prodotti privi di Marcatura CE l'accettazione da parte del Direttore dei Lavori per l'utilizzo è subordinata alla verifica della validità dell'Attestato di Qualificazione o del Certificato di Idoneità Tecnica rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

E' obbligo del Direttore dei Lavori accertarsi e verificare la rispondenza dei prodotti effettivamente utilizzati ai requisiti richiesti e prescritti nella presente relazione sui materiali per uso strutturale attraverso documentate prove sperimentali da eseguirsi presso Laboratori di Prova autorizzati (Regolamento UE n. 305 del 09.03.2011; art. 59 D.P.R n. 380/2001 o abilitati dal Servizio Tecnico Centrale).

Si richiamano, oltre quelle già citate in Relazione illustrativa generale, tutte le Leggi, i Decreti, le Direttive, le Circolari, le Norme UNI e le Linee Guida applicabili alla scelta in termini di caratteristiche tecniche e requisiti prestazionali, di identificazione, qualificazione, accettazione e prova dei materiali da costruzioni per uso strutturale.

Conglomerato cementizio

Le prescrizioni di seguito dettate definiscono le condizioni operative per ottenere le esatte caratteristiche prestazionali del calcestruzzo. Il calcestruzzo di seguito definito è specificato come “miscela progettata” con riferimento alle proprietà richieste (calcestruzzo a prestazione). Le prescrizioni si applicano ai soli calcestruzzi confezionati con aggregati di peso normale e definibili a “struttura chiusa” cioè tali da non contenere, allo stato compattato, una quantità d’aria maggiore di quella consentita e si applicano ai calcestruzzi utilizzati per la realizzazione di strutture gettate in sito o prefabbricate, confezionati in impianti localizzati in cantiere o all’esterno dello stesso o in uno stabilimento di prefabbricazione.

Al fine di verificare la rispondenza delle caratteristiche del calcestruzzo alle specifiche prefissate, l’appaltatore deve eseguire o far eseguire le prove e i controlli previsti dalle presenti prescrizioni così come quelle integrative richieste dal Direttore dei Lavori o dal Collaudatore. Le prove previste ai sensi della Legge 1086/71 e relativi Decreti di attuazione devono essere effettuate presso Laboratori Ufficiali o Autorizzati ai sensi dell’art. 20 della Legge 1086/71.

Per “calcestruzzo a prestazione”, secondo le Linee Guida e le norme UNI EN 206:2016 e UNI 11104:2016, si intende il 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 caratterizzanti i calcestruzzi a prestazione prescelti e definiti per ogni singola tipologia strutturale sono:

- a) la classe di resistenza;
- b) la dimensione massima nominale degli aggregati;
- c) la classe di esposizione ambientale;
- d) la classe di consistenza.

Vengono, inoltre, definite le seguenti ulteriori caratteristiche relativamente a:

a) 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.

b) 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.

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 al massimo 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 di 32 mm. 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 C_{xx}/yy dove xx individua il valore della resistenza caratteristica cilindrica f_{ck} e yy il valore della resistenza caratteristica cubica R_{ck} , entrambi espressi in N/mm^2

(Tabella 1). Le resistenze caratteristiche sono da considerarsi quelle minime in relazione agli usi indicati.

Tabella 1: Classi di resistenza del calcestruzzo

Classe di resistenza	f_{ck} (N/mm ²)	R_{ck} (N/mm ²)	Categoria del calcestruzzo
C8/10	8	10	NON STRUTTURALE
C12/15	12	15	
C16/20	16	20	ORDINARIO STRUTTURALE
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	ALTE PRESTAZIONI
C55/67 (*)	55	67	
C60/75(*)	60	75	
C70/85 (**)	70	85	ALTA RESISTENZA
C80/95 (**)	80	95	
C90/105 (**)	90	105	

(*) Classi di resistenza che richiedono il mix-design e sperimentazione in laboratorio

(**) Classi di resistenza che vanno autorizzate dal Servizio Tecnico Centrale su parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Le miscele non devono presentare un contenuto di cemento minore di 300 kg/m³. La definizione di una soglia minima per il dosaggio di cemento risponde all'esigenza di garantire in ogni caso una sufficiente quantità di pasta di cemento, condizione essenziale per ottenere un calcestruzzo indurito a struttura chiusa e poco permeabile.

Nella Tabella 2 sono riportate le caratteristiche del calcestruzzo (rapporto a/c e R_{ck}) in funzione della classe di esposizione ambientale. Nelle normali condizioni operative il rispetto dei valori di R_{ck} e rapporto a/c di Tabella 2 può comportare dosaggi di cemento anche sensibilmente più elevati del valore minimo indicato. Nel caso di calcestruzzi soggetti a cicli di gelo e disgelo (classi di esposizione ambientale XF) e/o soggetti ad attacco chimico (classi di esposizione ambientale XA) si applicano prescrizioni integrative.

Tabella 2: Caratteristiche del calcestruzzo

Classe di esposizione ambientale	Rapporto a/c massimo	R_{ck} minima (N/mm ²)	Contenuto minimo di cemento (kg/m ³)
XF4	0.45	35	340
XS2 – XS3 – XA3	0.45	45	320
XD3	0.45	45	340
XF2 – XF3	0.50	30	360
XC4 – XS1 – XA2	0.50	40	300
XD2 – XF1	0.50	40	320
XC3 – XA1	0.55	35	300
XD1	0.55	35	300
XC1 – XC2	0.60	30	300

Ai fini di una corretta prescrizione del calcestruzzo si classifica l'ambiente nel quale ciascun elemento strutturale è inserito. Per "ambiente" si intende l'insieme delle azioni chimico-fisiche alle quali si presume che potrà essere esposto il calcestruzzo durante il periodo di vita delle opere e che causa effetti che non possono essere classificati come dovuti a carichi o ad azioni indirette quali deformazioni impresse, cedimenti e variazioni termiche.

A seconda di tali azioni, sono individuate le classi e sottoclassi di esposizione ambientale del calcestruzzo elencate nella Tabella 3.

Tabella 3: Classi di esposizione ambientale del calcestruzzo

Classe	Ambiente di esposizione	Esempi di condizioni ambientali
1 - Nessun rischio di corrosione delle armature o di attacco al calcestruzzo		
X0	Molto secco	Interni di edifici con umidità relativa molto bassa
2 - Corrosione delle armature indotta da carbonatazione del calcestruzzo		
XC1	Secco o permanentemente bagnato	Interni di edifici con umidità relativa bassa
XC2	Bagnato, raramente secco	Parti di strutture di contenimento liquidi; fondazioni
XC3	Umidità moderata	Interni di edifici con umidità da moderata ad alta; calcestruzzo all'esterno riparato dalla pioggia
XC4	Ciclicamente secco e bagnato	Superfici soggette a contatto con acqua non comprese nella classe XC2
3 - Corrosione indotta dai cloruri (esclusi quelli di mare)		
XD1	Umidità moderata	Superfici esposte a spruzzi diretti d'acqua contenente cloruri
XD2	Bagnato, raramente secco	Piscine; calcestruzzo esposto ad acque industriali contenenti cloruri
XD3	Ciclicamente secco e bagnato	Parti di ponti; pavimentazioni; parcheggi per auto
4 - Corrosione indotta dai cloruri dell'acqua di mare		
XS1	Esposizione alla salsedine marina ma non in contatto diretto con acqua di mare	Strutture sulla costa o in prossimità
XS2	Sommerse	Parti di strutture marine
XS3	Zone di maree e zone soggette a spruzzi	Parti di strutture marine
5 - Attacco da cicli di gelo/disgelo		
XF1	Grado moderato di saturazione, in assenza di agenti disgelanti	Superfici verticali esposte alla pioggia e al gelo
XF2	Grado moderato di saturazione, in presenza di sali disgelanti	Superfici verticali di opere stradali esposte al gelo e ad agenti disgelanti nebulizzati nell'aria
XF3	Grado elevato di saturazione, in assenza di sali disgelanti	Superfici orizzontali esposti alla pioggia e al gelo
XF4	Grado elevato di saturazione, in presenza di sali disgelanti	Superfici verticali e orizzontali esposte al gelo e a spruzzi d'acqua contenenti sali disgelanti
6 - Attacco chimico		
XA1	Aggressività debole	
XA2	Aggressività moderata	
XA3	Aggressività forte	

Possono essere impiegati unicamente i cementi previsti nella Legge 26.05.1965 n. 595 che soddisfino i requisiti di accettazione elencati nella norma UNI EN 197-1:2011, con esclusione del cemento alluminoso e dei cementi per sbarramenti di ritenuta. I cementi utilizzati devono essere controllati e certificati come previsto per legge. In caso di ambienti chimicamente aggressivi si dovrà far riferimento a quanto previsto nelle norme UNI 9156:2015 e UNI 10517:1995 e alle successive prescrizioni. Preferibilmente è opportuno selezionare i seguenti tipi di cemento nelle strutture in ambienti esposti a sali contenenti cloruri o in getti massivi: Cemento d'altoforno (CEM III); Cemento pozzolanico (CEM IV); Cemento composito (CEM V). Per i getti da eseguire in periodi invernali o in impianti di prefabbricazione è preferibile l'utilizzo di Cemento Portland 42.5 R o 52.5 N o, ancora, 52.5 R.

L'acqua d'impasto, di provenienza nota, deve avere caratteristiche costanti nel tempo, conformi a quelle dettate dalla norma UNI EN 1008:2003

Gli aggregati impiegati per il confezionamento del calcestruzzo devono avere caratteristiche conformi a quelle previste dalla UNI EN 12620:2013 per aggregati normali e pesanti e dalla UNI EN 13055:2016 per quelli leggeri. Le caratteristiche degli aggregati devono essere verificate in fase di qualifica delle miscele. In caso di fornitura di aggregati da parte di azienda dotata di Sistema Qualità certificato secondo norme UNI EN ISO 9000, sono ritenuti validi i risultati delle prove effettuate dall'azienda fornitrice. Per aggregati potenzialmente reattivi agli alcali presenti nella miscela si applicano le successive prescrizioni.

Gli additivi devono essere conformi a quanto prescritto nella norma UNI EN 934-2:2012. E' ammesso l'utilizzo di aggiunte di tipo I (aggiunte inerti) costituite da filler conformi alla UNI EN 12620:2013 e da pigmenti conformi alla UNI 12878:2014. E' ammesso l'utilizzo di aggiunte definite di tipo II dalla norma UNI 206:2016 in particolare di ceneri volanti e fumi di silice, purché non vengano modificate negativamente le caratteristiche

prestazionali del calcestruzzo. Le ceneri volanti devono soddisfare i requisiti della norma UNI EN 450-1:2012. Per ogni invio deve essere specificato il fornitore ed essere disponibile copia dei certificati delle prove eseguite. I fumi di silice, conformi alla UNI EN 13263:2009, devono essere costituiti da silice attiva amorfa presente in quantità maggiore o uguale all'85% del peso totale. I fumi devono 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 deve 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 deve essere sempre associato a quello di additivi superfluidificanti. Nel caso di utilizzo, come mescolatore, dell'autobetoniera i fumi in polvere devono essere immessi contemporaneamente ad almeno il 50% dell'acqua totale per formare una sospensione acquosa.

La composizione del calcestruzzo (cemento, aggregati, acqua, additivi ed eventuali aggiunte) deve soddisfare le specifiche prestazionali, descritte di seguito, in merito a classe di resistenza, dimensione nominale massima dell'aggregato, classe di consistenza e classe di esposizione, minimizzando i fenomeni di segregazione e di essudazione della miscela fresca. Nella scelta del tipo e della classe di cemento si tiene 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, tiene conto delle condizioni ambientali di esposizione e delle prestazioni richieste; il calcestruzzo armato, ordinario o precompresso, deve, in ogni caso, contenere sufficiente cemento per assicurare un adeguato grado di protezione dell'acciaio contro la corrosione.

Per la realizzazione di calcestruzzi con classi di resistenza maggiori di C12/15 gli aggregati devono appartenere ad almeno tre classi granulometriche diverse. Nella composizione della curva granulometrica nessuna frazione può essere dosata in percentuale maggiore del 55%. Le classi granulometriche devono 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 deve adottare una curva granulometrica che, in relazione al dosaggio di cemento, garantisca la massima compattezza e la migliore lavorabilità del calcestruzzo. Per aggregati con diametro massimo maggiore di 4 mm le singole frazioni necessarie a comporre la curva granulometrica non devono sovrapporsi per più del 15%; il diametro inferiore (d) della frazione (i+1)-esima deve sempre risultare minore o uguale al diametro superiore (D) della frazione i-esima. Ogni 10.000 m³ di calcestruzzo prodotto, e comunque con periodicità non maggiore di due mesi, deve essere verificata la curva granulometrica su campioni prelevati secondo UNI EN 932-1:1998 e analizzati secondo UNI EN 933-1:1999.

La massima dimensione nominale dell'aggregato deve essere scelta 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. Come previsto dalla norma UNI 206:2014, la dimensione massima nominale dell'aggregato:

1. non deve superare i 3/4 dello spessore del copriferro;
2. deve essere minore di 5 mm dell'interferro minimo;
3. non deve superare 1/4 della dimensione minima dell'elemento strutturale.

La quantità di acqua totale da impiegare per il confezionamento dell'impasto deve essere calcolata tenendo conto dell'acqua libera contenuta negli aggregati. Si deve fare riferimento alla norma UNI EN 1097-6:2013 per la condizione "satura a superficie asciutta", nella quale l'aggregato non assorbe né cede acqua all'impasto. Qualora l'impianto non sia certificato, il rapporto acqua/cemento di ciascuna miscela deve essere controllato, anche in cantiere, con le modalità previste nella norma UNI 6393:1988 almeno una volta ogni tre mesi ovvero ogni 2.000 m³ di produzione; il rapporto a/c non deve discostarsi più di +0.02 dal valore verificato in fase di qualificazione della relativa miscela.

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 valutata attraverso la misura della consistenza. La consistenza, come la lavorabilità, è il risultato di più proprietà reologiche e di conseguenza può

essere valutata solo in modo relativo sulla base del comportamento dell'impasto fresco a determinate modalità di prova. Per la classificazione della consistenza del calcestruzzo si fa riferimento ai seguenti metodi:

- campionamento secondo UNI EN 12350-1:2009 sul calcestruzzo fresco;
- abbassamento al cono secondo UNI EN 12350-2:2009 (Tabella 4);
- spandimento alla tavola a scosse secondo UNI EN 12350-5:2009 (Tabella 5).

Nella misura dell'abbassamento al cono si hanno tre principali forme di abbassamento: la prima, con abbassamento uniforme senza alcuna rottura della massa, indica comportamento regolare; la seconda, con abbassamento asimmetrico (a taglio), spesso indica mancanza di coesione e si manifesta con miscele facili alla segregazione (in caso di persistenza, a prova ripetuta, il calcestruzzo è da ritenere non idoneo al getto); la terza forma, con abbassamento generalizzato (collasso), indica miscele magre oppure molto umide o, nel caso di calcestruzzi autolivellanti, additivate con superfluidificanti.

Per miscele magre tendenti alla rigidità un abbassamento regolare facilmente si può tramutare in uno di tipo a taglio o a collasso. In tal caso si deve accertare il fenomeno onde evitare che si indichino valori diversi di abbassamento per campioni della stessa miscela. 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 F3. Il calcestruzzo non deve 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 7122:2017.

Tabella 4: Classi di consistenza - misura dell'abbassamento al cono di Abrams (slump-test)

Classe di consistenza	Abbassamento al cono (mm)	Denominazione corrente
S1	da 10 a 40	Umida
S2	da 50 a 90	Plastica
S3	da 100 a 150	Semifluida
S4	da 160 a 210	Fluida
S5	≥ 220	Superfluida
SCC	≥ 600	Slump flow (autocompattante)

Tabella 5: Classi di consistenza - misura dello spandimento

Classe di consistenza	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

Per migliorare la resistenza del calcestruzzo ai cicli gelo-disgelo l'impiego di additivi aeranti può essere autorizzato solamente se gli additivi sono conformi alla norma UNI EN 934-2:2012 e l'immissione dell'aerante avviene contemporaneamente al caricamento di almeno il 50% dell'acqua aggiunta.

Si deve evitare ogni disomogenea distribuzione delle microbolle d'aria nell'impasto che possa comportare nella struttura volumi di calcestruzzo aventi caratteristiche variabili con conseguenti negative ripercussioni sulla resistenza e sulla durabilità dell'opera.

I calcestruzzi esposti a cicli gelo-disgelo devono essere sottoposti alla prova di determinazione della resistenza a degradazione secondo norma UNI 7087:2017; la riduzione del modulo elastico non dovrà risultare superiore al 30% del valore iniziale del campione di riferimento.

La quantità di acqua necessaria per confezionare un calcestruzzo di determinata consistenza è fissata dalla regola di Lyse in funzione del diametro massimo dell'aggregato come dalle successive tabelle 6 e 7.

Tabella 6: Richiesta d'acqua (kg/m³) per classe di consistenza "Aggregati alluvionali"

D _{max}	S1	S2	S3	S4	S5
8	185	200	220	240	245
16	175	190	210	230	235
20	170	185	205	215	220
25	165	180	200	205	215
32	155	170	190	200	210
63	130	145	165	175	180

Tabella 7: Richiesta d'acqua (kg/m³) per classe di consistenza "Aggregati di frantumazione"

D _{max}	S1	S2	S3	S4	S5
8	205	220	240	260	265
16	195	210	230	250	255
20	190	205	225	235	240
25	185	200	220	225	235
32	175	190	210	220	230
63	150	165	185	195	200

In base all'identificazione delle caratteristiche mineralogiche degli aggregati, secondo quanto previsto nella norma UNI 8520-1:2015, deve essere valutata 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 si deve determinare il tipo di prevenzione da adottare per impedire il fenomeno. Nel caso in cui 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.

Al fine di valutare l'eventuale attacco chimico a cui potrebbero essere sottoposti i calcestruzzi si deve accertare la presenza e la concentrazione nei terreni e nelle acque di agenti aggressivi. Sulla base della concentrazione di agenti aggressivi presenti viene individuata la classe di esposizione ambientale tra le classi XA1, XA2 e XA3 (Tabella 8).

Tabella 8: Classi di esposizione ambientale - attacco chimico

	GRADO DI ATTACCO		
	XA1 (debole)	XA2 (moderato)	XA3 (forte)
Agente aggressivo nelle acque			
PH	6,5 - 5,5	5,5 - 4,5	4,5 - 4,0
CO ₂ aggressiva mg/l	15 - 40	40 - 100	> 100
ioni ammonio NH ₄ ⁺ mg/l	15 - 30	30 - 60	60 - 100
ioni magnesio Mg ⁺⁺ mg/l	300 - 1000	1000 - 3000	> 3000
ioni solfato SO ₄ ⁻ mg/l	200 - 600	600 - 3000	3000 - 6000
Agente aggressivo nel terreno			
ioni solfato SO ₄ ⁻ mg/kg di terreno seccato all'aria	2000 - 3000	3000 - 12000	12000 - 24000
Acidità ml/kg	> 200 Baumann Gully	-	-

Le misure preventive agli attacchi chimici devono rispettare quanto previsto nelle norme UNI 11417:2012, UNI 9156:2015 e UNI EN 9606:2017. Nei calcestruzzi esposti ad attacco chimico la profondità media del profilo di penetrazione dell'acqua sotto pressione, determinata con le modalità previste nella norma ISO 7031:1988 su carote prelevate dalla struttura, deve essere minore di 20 mm e ciascun valore deve essere minore di 50 mm. I cementi dovranno avere la composizione specificata dalla norma UNI 9156:2015.

La capacità dell'impianto di produzione deve essere commisurata alle produzioni previste dal programma dei lavori. L'impianto deve essere dotato di strumenti e attrezzature idonee a garantire il costante controllo dei dosaggi.

Non è permesso mescolare fra loro cementi di diversa classe, tipo e provenienza; per ciascuna struttura deve essere impiegato cemento di un unico tipo e classe. Il cemento:

- se sfuso, deve essere conservato in silos che garantiscano la perfetta tenuta nei confronti dell'umidità atmosferica; ciascun silos deve contenere un cemento di un unico tipo e di un'unica

- classe ed essere chiaramente identificato da appositi contrassegni;
- se in sacchi, deve essere sistemato su pedane poste su un pavimento asciutto in ambiente chiuso; i sacchi di cemento di diverso tipo e/o classe devono essere conservati separatamente e chiaramente identificati.

Gli aggregati devono essere disponibili in quantità sufficiente a completare senza interruzioni qualsiasi struttura che debba essere gettata. Il luogo di deposito deve essere di capacità adeguata e consentire lo stoccaggio senza commistione delle diverse pezzature. Gli aggregati devono essere prelevati in modo da garantire la rotazione dei volumi stoccati.

Non é permesso mescolare fra loro additivi di diverso tipo e provenienza; gli additivi devono essere depositati in contenitori a tenuta e chiaramente identificati. Le ceneri volanti devono essere conservate in silos che garantiscano la perfetta tenuta nei confronti dell'umidità atmosferica; ciascun silos deve essere identificato da appositi contrassegni.

Il cemento, l'acqua e gli additivi devono essere dosati con dispositivi separati con precisione pari al 3% della quantità richiesta (5% per le aggiunte). Il cemento deve essere pesato con una bilancia indipendente. Il cemento e le aggiunte in polvere devono essere dosati a peso; l'acqua, gli additivi e le aggiunte liquide possono essere dosati a peso o a volume. Gli aggregati devono essere dosati per pesate singole o cumulative, con precisione pari al 3% sulla quantità totale.

Il trasporto del calcestruzzo dal luogo del confezionamento a quello d'impiego deve avvenire utilizzando mezzi e attrezzature idonee a evitare la segregazione dei costituenti l'impasto o il deterioramento dell'impasto stesso. Ogni carico di calcestruzzo deve essere accompagnato da un documento di trasporto sul quale devono essere indicati:

- la data e l'ora di partenza dall'impianto, di arrivo in cantiere e di inizio/fine scarico;
- la classe di esposizione ambientale;
- la classe di resistenza caratteristica;
- un codice che identifichi la ricetta utilizzata per il confezionamento;
- il tipo, la classe, il contenuto di cemento e il rapporto a/c teorico;
- la dimensione massima dell'aggregato;
- la classe di consistenza;
- i metri cubi nominali trasportati.

La consistenza dell'impasto deve essere controllata contestualmente a ogni prelievo di materiale per le prove di resistenza, di massa volumica e del rapporto a/c. Nel caso di calcestruzzo pompato, la consistenza deve essere misurata prima dell'immissione del materiale nella pompa.

Prima del getto è necessario comunicare 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 possono 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 deve controllare con particolare cura che siano stati eseguiti, in conformità alle disposizioni di progetto:

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

La geometria delle casseforme deve risultare conforme ai particolari costruttivi di progetto e alle eventuali prescrizioni aggiuntive. In nessun caso si devono verificare cedimenti dei piani di appoggio e delle pareti di contenimento. Prima del getto tutte le superfici di contenimento del calcestruzzo devono essere pulite e trattate con prodotti disarmanti preventivamente autorizzati dal Direttore dei Lavori. Se le superfici di contenimento del getto sono porose esse devono essere mantenute umide per almeno due ore prima dell'inizio dei getti. I ristagni d'acqua è necessario siano allontanati dal fondo. E' esclusa la possibilità di qualunque aggiunta d'acqua al calcestruzzo al momento del getto. Lo scarico del calcestruzzo dal mezzo di trasporto nelle casseforme deve avvenire con tutti gli accorgimenti atti a evitarne la segregazione. E' ammesso l'uso di scivoli soltanto se è garantita l'omogeneità dell'impasto in opera. L'impiego di benne a scarico di fondo e di nastri trasportatori deve 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 deve essere mai maggiore di 100 cm. Il calcestruzzo deve 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 deve 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 devono penetrare per almeno 5 cm nello strato inferiore. Il calcestruzzo deve 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. I tempi di vibrazione non devono essere inferiori a 5 secondi e superiori a 30 secondi per calcestruzzi, rispettivamente, di classe di consistenza S5 o S2.

Per getti in pendenza devono 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:

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

Di norma i getti devono essere eseguiti senza soluzione di continuità, in modo da evitare ogni ripresa. Devono 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, prima di poter effettuare la ripresa, la superficie del calcestruzzo indurito deve essere accuratamente pulita, lavata, spazzolata e scalfita fino a diventare sufficientemente rugosa, così da garantire una perfetta aderenza con il getto successivo; ciò può 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 devono avere distacchi, discontinuità o differenze di aspetto e colore.

In ogni caso il grado di compattazione dei getti, a stagionatura completata, non deve essere inferiore a 0,97.

Il clima meteorologico si definisce freddo quando la temperatura dell'aria è minore di + 5°C: in tal caso valgono le disposizioni e prescrizioni della norma UNI 11417:2012. La posa in opera del calcestruzzo deve 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 almeno 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 deve essere eseguita immediatamente prima del getto. I getti all'esterno dovranno essere sospesi se la temperatura dell'aria è minore di -5°C.

Durante le operazioni di getto la temperatura dell'impasto non deve superare i 35°C; tale limite potrà essere convenientemente abbassato per getti massivi. Al fine di abbassare la temperatura del calcestruzzo può 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 possono essere impiegati additivi ritardanti, o fluidificanti ritardanti di presa, conformi alle norme UNI EN 934:2012.

I metodi di stagionatura e la loro durata devono 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.

Le durate di stagionatura indicate in Tabella 9 devono essere adeguatamente aumentate per condizioni ambientali più gravose di quelle corrispondenti alle classi X0, XC e XA1. Nel caso siano previste, nelle 24 ore successive al getto e/o durante la fase di stagionatura, temperature dell'aria con valori minori di +5°C o maggiori di +35°C, devono essere utilizzati esclusivamente casseri in legno o casseri coibentati sull'intera superficie del getto ed eventualmente teli isolanti di protezione.

Tabella 9: Durata minima della stagionatura protetta (giorni)

Velocità di sviluppo della resistenza del calcestruzzo	Rapido			Medio			Lento		
	5	10	15	5	10	15	5	10	15
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

Tutte le superfici devono essere mantenute umide per almeno 48 ore dopo il getto mediante utilizzo di prodotti filmogeni applicati a spruzzo conformi alle norme UNI ovvero attraverso continua bagnatura con serie di spruzzatori d'acqua o con altri idonei sistemi. Nel caso di superfici con finiture a faccia vista deve essere evitato qualunque ristagno d'acqua sulla superficie a vista durante la stagionatura. Durante il periodo di stagionatura protetta si deve evitare che i getti subiscano urti, vibrazioni e sollecitazioni di ogni genere. Il metodo di stagionatura prescelto deve assicurare che le variazioni termiche differenziali nella sezione trasversale delle strutture non provochino fessure o cavillature tali da compromettere le caratteristiche del calcestruzzo indurito.

Tabella 10: 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	42.5R - 32.5R - 42.5N
Lenta	≤ 0.60	32.5N
Molto Lenta	In tutti gli altri casi	

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

Devono comunque essere rispettate le seguenti prescrizioni:

- la durata di pre-stagionatura, alla temperatura massima di 30°C, non deve essere minore di tre ore;
- i gradienti termici non devono superare il valore di 20°C/ora durante il riscaldamento e 10°C/ora durante il raffreddamento; essi devono essere ulteriormente ridotti qualora non sia verificata la condizione di cui al successivo punto d);
- la temperatura all'interno del calcestruzzo non deve 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 deve superare 20°C;
 - e) durante tutta la procedura di maturazione forzata e durante il raffreddamento il calcestruzzo deve essere protetto contro le perdite di umidità.

In ogni caso i provini per la valutazione della resistenza caratteristica a 28 giorni, nonché quelli per la valutazione della resistenza raggiunta al momento del taglio di trefoli o fili aderenti, dovranno essere maturati nelle stesse condizioni termogrometriche della struttura, secondo quanto previsto dalla norma UNI EN 12390:2002.

La superficie esterna dei getti in calcestruzzo deve essere esente da: nidi di ghiaia; bolle d'aria; concentrazione di malta fine; macchie che ne pregiudichino l'uniformità e la compattezza sia ai fini della durabilità che dell'aspetto estetico dell'opera. Le casseforme devono essere rigide e a perfetta tenuta per evitare la fuoriuscita di boiaccia cementizia. Nel caso di cassetta a perdere inglobata nell'opera si deve verificare la sua funzionalità, se è elemento portante, e che non sia dannosa per l'estetica o la durabilità, se è elemento accessorio.

I casseri devono essere puliti e privi di elementi che possano comunque pregiudicare l'aspetto della superficie del calcestruzzo indurito. Si deve far uso di prodotti disarmanti conformi alla norma UNI EN 934:2012 disposti in strati omogenei continui che non devono assolutamente macchiare la superficie a vista del calcestruzzo. Su tutte le casseforme di una stessa opera deve essere usato lo stesso prodotto. E' vietato usare come disarmanti lubrificanti di varia natura o oli esausti. Se sono impiegate casseforme impermeabili, per ridurre il numero delle bolle d'aria sulla superficie del getto e qualora espressamente previsto nel progetto, si deve fare uso di disarmante con agente tensioattivo o sotto forma di emulsioni pastose in quantità controllata; la vibrazione deve essere contemporanea al getto. Qualora sia prevista la realizzazione di calcestruzzi colorati o con cemento bianco, l'impiego di disarmanti deve essere subordinato a prove preliminari atte a dimostrare che il prodotto non alteri il colore del calcestruzzo.

I giunti tra gli elementi di cassaforma devono essere realizzati con ogni cura al fine di evitare fuoriuscite di boiaccia e creare irregolarità o sbavature. Se prescritto nel progetto tali giunti devono essere evidenziati. Le riprese del getto sulla faccia a vista devono essere realizzate secondo linee rette; qualora previsto nel progetto, devono essere marcate con gole o risalti di profondità e spessore di 2-3 cm.

I dispositivi che mantengono in posizione i casseri, quando attraversano il calcestruzzo, non devono risultare dannosi a quest'ultimo. Gli elementi dei casseri devono essere fissati nella posizione prevista unicamente mediante fili metallici liberi di scorrere entro tubi di PVC stabilizzato o simili, che devono rimanere incorporati nel getto di calcestruzzo e sigillati in entrambe le estremità con tappi a tenuta. E' vietato l'utilizzo di fili o fascette d'acciaio inglobati nel getto. E' vietato l'impiego di distanziatori di legno o metallici, sono ammessi distanziatori non deformabili in plastica, ma ovunque possibile devono essere usati quelli in malta o pasta cementizia. La superficie del distanziatore a contatto con la cassaforma deve essere la più piccola possibile e tale da garantire il copriferro previsto nel progetto. L'appaltatore ha l'onere di predisporre durante l'esecuzione dei lavori tutti i fori, tracce, cavità e incassature previsti negli elaborati costruttivi per permettere la successiva posa in opera di apparecchi accessori quali: giunti, appoggi, smorzatori sismici, pluviali, passi d'uomo, passerelle d'ispezione, sedi di tubi e cavi, opere interruttive, sicurvia, parapetti, mensole, segnalazioni, parti d'impianti etc.

Si può procedere alla rimozione delle casseforme dai getti quando sono state raggiunte le resistenze indicate e comunque non prima dei tempi indicati nei decreti attuativi della Legge n. 1086/71. Eventuali irregolarità o sbavature di calcestruzzo o pasta cementizia, dovute anche a modeste perdite dai giunti dei casseri, qualora ritenute non tollerabili dal Direttore dei Lavori, devono essere asportate mediante bocciardatura; i punti difettosi devono essere ripristinati immediatamente dopo il controllo del Direttore dei Lavori. Eventuali elementi metallici, quali chiodi o reggette, che dovessero sporgere dai getti, devono essere tagliati almeno 10 mm sotto la superficie finita e gli incavi risultanti devono essere accuratamente sigillati con malta fine di cemento ad alta adesione.

Affinché il colore superficiale del calcestruzzo, determinato dalla sottile pellicola di malta che si forma nel getto a contatto con la cassaforma, risulti il più possibile uniforme è necessario che:

- il cemento utilizzato in ciascuna opera provenga dallo stesso cementificio ed essere sempre dello stesso tipo e classe;
- la sabbia provenga dalla stessa cava e avere granulometria e composizione costante.

Le opere o i costituenti delle opere a facciavista che devono avere lo stesso aspetto esteriore devono ricevere lo stesso trattamento di stagionatura; in particolare si deve aver cura che l'essiccamento della massa del calcestruzzo sia lento e uniforme. Si devono evitare condizioni per le quali si possano formare efflorescenze sul calcestruzzo; qualora queste apparissero è onere dell'appaltatore eliminarle tempestivamente mediante spazzolatura senza impiego di acidi. Le superfici finite e curate come indicato ai punti precedenti devono essere adeguatamente protette se le condizioni ambientali e di lavoro saranno tali da poter essere causa di danno in qualsiasi modo alle superfici stesse. Si deve evitare che vengano prodotte sulla superficie finita scalfitture, macchie o altro che ne pregiudichino la durabilità o l'estetica. Si devono evitare macchie di ruggine dovute alla presenza temporanea dei ferri di ripresa prendendo i dovuti provvedimenti per evitare che l'acqua piovana scorra sui ferri e successivamente sulle superfici finite del getto.

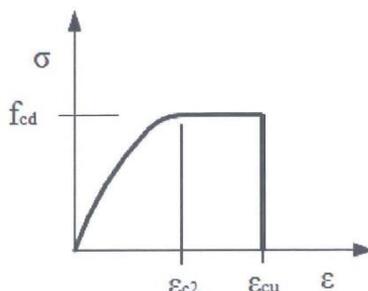
Per tutte le tipologie strutturali l'acqua dell'impasto, di provenienza nota, deve avere caratteristiche costanti nel tempo e conformi a quelle prescritte dalla norma UNI EN 1008:2003. Gli additivi devono essere conformi a quanto prescritto dalla norma UNI EN 934:1999. Il calcestruzzo deve essere compattato in modo da assicurare che una eventuale carota estratta dal getto in opera presenti una massa volumica non inferiore al 97% della massa volumica del calcestruzzo compattato a rifiuto prelevato per la preparazione dei provini cubici o cilindrici in corso d'opera. Tutte le superfici devono essere mantenute umide per almeno 3 giorni dal getto e comunque per il tempo necessario, in funzione delle varie condizioni ambientali.

Il calcestruzzo prescritto per il presente progetto in condizioni di impiego, sia esso preconfezionato che eseguito in opera, deve rispondere ai seguenti requisiti:

Tipologia strutturale: BETONCINO COLABILE C 30/37 (f_{ck} 30 - R_{ck} 37 N/mm²)

Classe di resistenza	C 30/37
Classe di esposizione	XC4 Ciclicamente secco e bagnato
Classe di consistenza	SCC Autocompattante
Diametro massimo aggregati	d = 8 mm
Additivo prescritto	Iperfluidificante e Idrofugo di massa
Copriferro minimo	c = 50 mm
Cemento tipo	II/A - LL 42,5 R
Rapporto a/c massimo	0,50
Sviluppo della resistenza	Medio

Per il calcestruzzo si assume la seguente legge costitutiva (parabola-rettangolo):



Si assumono i seguenti valori caratteristici:

Peso specifico del calcestruzzo armato γ	25,0	kN/m ³
Coefficiente di dilatazione termica δ	1×10^{-5}	°C ⁻¹
Coefficiente di Poisson ν	0,16	-
Modulo Elastico Normale E_c	30.588,6	N/mm ²
Modulo Elastico Tangenziale $G = 0,4 \times E_c$	12.235,4	N/mm ²
Resistenza cilindrica f_{ck}	30,0	N/mm ²
Resistenza cubica R_{ck}	37,0	N/mm ²
Resistenza media f_{cm}	38,0	N/mm ²
Resistenza media a trazione semplice assiale f_{ctm}	2,9	N/mm ²
Resistenza media a trazione per flessione f_{ctm}	3,5	N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione f_{cd}	17,0	N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione ($s < 50$ mm) f'_{cd}	13,6	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione f_{ctd}	1,7	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione ($s < 50$ mm) f'_{ctd}	1,4	N/mm ²
Tensione limite di compressione per SLE Rara σ_c	18,0	N/mm ²
Tensione limite di compressione per SLE Rara ($s < 50$ mm) σ_c	14,4	N/mm ²
Tensione limite di compressione per SLE Quasi Permanente σ_c	13,5	N/mm ²
Tensione limite di compressione per SLE Quasi Permanente ($s < 50$ mm) σ_c	10,8	N/mm ²
Tensione limite di trazione a fessurazione σ_t	2,4	N/mm ²
Tensione tangenziale di aderenza (per barre $\phi < 32$ mm in zona compressa) f_{bd}	1,8	N/mm ²

Per getti di volume complessivo inferiore a 1.500 m³ di miscela omogenea si devono effettuare prove a rottura a compressione a 28 giorni su ogni prelievo (2 provini cubici di lato 15 o 20 cm per inerti di grano massimo rispettivamente fino a 32 mm o maggiore di 32 mm oppure 2 provini cilindrici di diametro 15 cm e altezza 30 cm); deve essere esaminato un prelievo ogni 100 m³ di getto e, comunque, un prelievo ad ogni livello di getto o per ogni singolo giorno di getto con un minimo assoluto di 3 prelievi (Controllo di Tipo A, NTC 11.2.5.1).

Devono risultare contemporaneamente soddisfatte le seguenti condizioni:

- $R_{\text{minimo}} \geq R_{ck} - 3,5$ [N/mm²]
- $R_{\text{medio}} \geq R_{ck} + 3,5$ [N/mm²]

Per getti di volume complessivo superiore a 1.500 m³ di miscela omogenea si devono effettuare prove a rottura a compressione a 28 giorni su ogni prelievo (2 provini cubici di lato 15 o 20 cm per inerti di grano massimo rispettivamente fino a 32 mm o maggiore di 32 mm oppure 2 provini cilindrici di diametro 15 cm e altezza 30 cm); deve essere esaminato un prelievo ogni 100 m³ di getto e, comunque, un prelievo ad ogni livello di getto o per ogni singolo giorno di getto con un minimo assoluto di 15 prelievi (Controllo di Tipo B, NTC 11.2.5.2).

Devono risultare contemporaneamente soddisfatte le seguenti condizioni (dove s indica lo scarto quadratico medio tra i singoli valori di prelievo):

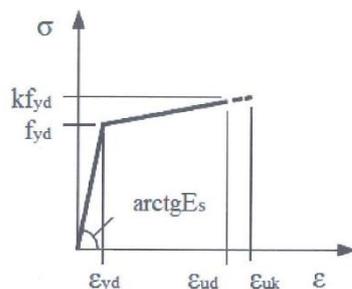
- $R_{\text{minimo}} \geq R_{ck} - 3,5$ [N/mm²]
- $R_{\text{medio}} \geq R_{ck} + 1,48 s$ [N/mm²]

Acciaio in barre per cemento armato

Per le armature metalliche del conglomerato cementizio si adotta acciaio tipo **B450C** come indicato sugli elaborati di progetto. Per le armature secondarie è ammesso l'uso di acciaio **B450A** lì dove specificatamente indicato. Le barre devono essere prive di difetti apparenti (screpolature, sbavature, bruciature, etc.) e, prima della posa in opera, devono essere pulite da tutte quelle sostanze che nuocciono all'aderenza con il conglomerato (oli, grassi, terra, etc.).

Tutte le forniture di acciaio, in barre, rotoli, reti e tralacci, sia sciolte che presagomate, devono essere accompagnate da copia dell'attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale e da idoneo Certificato di Conformità.

Per l'acciaio in barre si assume la seguente legge costitutiva (bilineare-incrudente):



Si assumono i seguenti valori caratteristici:

Peso specifico γ	78,5	kN/m ³
Modulo Elastico Normale E_a	210.000,0	N/mm ²
Coefficiente di dilatazione termica δ	1×10^{-5}	°C ⁻¹
Diametri adottati \emptyset	8 e 20	mm
Tensione caratteristica di snervamento f_{yk}	450,0	N/mm ²
Tensione caratteristica di rottura f_{tk}	517,5	N/mm ²
Tensione caratteristica di calcolo a SLU f_{sd}	374,0	N/mm ²
Tensione caratteristica di calcolo a SLE f_{sd}	430,0	N/mm ²
Tensione caratteristica di esercizio σ_a	255,0	N/mm ²
Allungamento A_s	> 12 %	

Devono essere effettuate entro 30 giorni dalla data di consegna le seguenti prove su tre campioni di acciaio per ogni diametro e per ogni lotto di spedizione e, comunque, ogni 30 ton. di fornitura (NTC 11.3.2.10.4):

- snervamento [$f_{y,\min} \geq 425$ N/mm² e $f_{y,\max} \leq 572$ N/mm²];
- rottura [$1,13 \leq f_t/f_y \leq 1,37$];
- allungamento percentuale [$A_{gt,\min} \geq 6,0\%$];
- piegamento e raddrizzamento [assenza di cricche];
- Beam-Test o prova di aderenza [$\tau_m \geq 0,098(80-1,2\phi)$ e $\tau_r \geq 0,098(130-1,9\phi)$].

limite, nelle zone di minore sollecitazione.

L'ancoraggio minimo, dopo la piegatura, deve essere pari ad almeno 10Φ misurati dopo la curvatura indipendentemente se essa sia a 45° , 90° o 135° .

Nel caso l'ancoraggio tra barre di uguale diametro sia lineare, giunzioni prive di saldatura o di dispositivi meccanici, la sovrapposizione delle barre deve essere pari ad almeno 50Φ . L'ancoraggio longitudinale delle barre attorno ad un tondino trasversale non potrà essere inferiore a 10Φ con un minimo di 80 mm. Gli eventuali uncini di estremità dovranno essere conformati a 180° attorno ad un diametro interno non inferiore a 5Φ . In ogni caso vengono effettuate verifiche di aderenza per ancoraggi $\leq 50 \Phi$ e si ritiene, comunque, non reagente la parte di barra terminale pari a 20Φ oppure 150 mm. Il valore equivalente di lunghezza di ancoraggio per ogni piego viene assunto pari a 10Φ .

Nel caso di armatura trasversale aperta (staffe a castello e cappello) si prevedono ancoraggi semplici a 90° , per le armature trasversali chiuse sono previsti ancoraggi ad uncino a 135° ; è, inoltre, previsto l'uso di connettori in acciaio che consentono di derogare a tali limiti.

Acciaio per carpenteria metallica

Per la realizzazione delle opere in carpenteria metallica si adotta acciaio laminato a caldo **S 355** se con profilo a sezione aperta (UNI EN 10025-2) oppure acciaio laminato a caldo **S 355 H** se con profilo a sezione cava (UNI EN 10210-1) avente le seguenti caratteristiche meccaniche:

Modulo Elastico Normale E	210.000	N/mm ²
Modulo Elastico Tangenziale G	80.769	N/mm ²
Coefficiente di Poisson ν	0,3	
Coefficiente di dilatazione termica δ	12×10^{-6}	°C ⁻¹
Peso di volume γ	78,5	kN/m ³
Resistenza caratteristica (spessore nominale lamiera $t \leq 40$ mm) f_{yk}	355,0	N/mm ²
Resistenza di snervamento (spessore nominale lamiera $t \leq 40$ mm) f_{tk}	510,0	N/mm ²
Resistenza di calcolo (spessore nominale lamiera $t \leq 40$ mm) f_{yd}	338,1	N/mm ²

Ai fini dell'accettazione e qualificazione dell'acciaio per carpenteria, e relative prove di caratterizzazione meccanica e di resistenza, si può ricorrere ai Certificati di Conformità rilasciati dal produttore siderurgico.

Sono ammessi solo acciai conformi alle norme UNI EN 10025-1:2005, UNI EN 10210-1:2006 e UNI EN 10219-1:2006; per l'accertamento delle caratteristiche meccaniche, il prelievo dei saggi, la preparazione delle provette e le modalità di prova si deve procedere secondo le norme UNI EN 377:2017, UNI EN 6892-1:2016 e UNI EN 148-1:2016.

I processi di saldatura devono avvenire secondo le prescrizioni di cui alla norma UNI EN 4063:2011 e i saldatori è necessario che siano qualificati secondo la norma UNI EN 9606-1:2017.

Per bulloni e chiodi se "non a serraggio controllato" si applicano le norme UNI EN 15048-1:2007, se a "serraggio controllato" si applicano le norme UNI EN 14399-1:2015. Viti, dadi e rondelle devono essere associate come prescritto al paragrafo 11.3.4.6 delle NTC 2018.

Le prove da effettuare vanno eseguite su 3 campioni ogni 90 ton. di fornitura per le lamiere, 3 campioni ogni 1500 pezzi di bulloni e chiodi, 3 campioni ogni 100 pezzi di giunzioni meccaniche.

Reti FRCM in PBO

Per la realizzazione dei rinforzi strutturali si adotta un sistema a rete FRCM (*Fabric Reinforced Cementitious Matrix*) in PBO (*Poliparafenilenbenzobisoxazolo*) su sottofondo e ricoprimento in matrice inorganica.

La rete unidirezionale dovrà avere densità non inferiore a 105 g/m² con presenza di fibra di vetro in termoplastica nella direzione trasversale a quella delle fibre in PBO.

Le singole reti, in larghezza massima di 25 cm, dovranno essere disposte parallelamente all'asse della struttura al fine di incrementare la resistenza a flessione e posizionate unicamente in zona tesa mentre dovranno fasciare per intero la struttura in direzione ortogonale all'asse della struttura in corrispondenza degli appoggi al fine di incrementare la resistenza a taglio.

La rete dovrà avere le seguenti caratteristiche meccaniche:

Modulo Elastico Normale E	228.000	N/mm ²
Modulo Elastico Normale incluso matrice inorganica E	270.000	N/mm ²
Tenacità	5.800	N/mm ²
Spessore equivalente	0,067	mm
Allungamento a rottura	2,5	%

Ai fini dell'accettazione e qualificazione della rete e relative prove di caratterizzazione meccanica e di resistenza si può ricorrere ai Certificati di Conformità rilasciati dal produttore.

Sono ammessi solo prodotti conformi alle CNR DT215/2018 dotati di apposita Certificazione.