

DIGA DI CASSIGLIO

Progetto del calcestruzzo

p.c.: Italgem Spa

<i>Documento</i> RT-038-2018	<i>Data</i> Gennaio 2018	<i>Pagine relazione</i> 10
<i>Revisione</i> ---	<i>data revisione</i> ---	<i>Allegati</i> Allegato 1: Scheda tecnica cemento
<i>firma</i> Ing. Paolo Panzeri		

Via Pastrengo, 9
24068 Seriate (BG)
tel. 035 32 35 7 ☐ fax 035 32 35 750
www.pepconsultingengineers.it



INDICE

1. CARATTERISTICA DEI MATERIALI PER LA CONFEZIONE DEL CALCESTRUZZO.....	3
1.1 AGGREGATI	4
1.1.1 Aggregato fine: sabbia.....	5
1.1.2 Aggregato grosso.....	5
1.2 CEMENTO	6
1.3 ACQUA DI IMPASTO	7
1.4 ADDITIVI	7
1.4.1 Additivi aeranti	7
1.4.2 Additivi Superfluidificanti	7
1.5 REQUISITI DI PROGETTO DEL CALCESTRUZZO	8
2. PROVE E CONTROLLI.....	8
2.1 PROVE DI QUALIFICA DEL CALCESTRUZZO	8
2.2 CONTROLLI N CORSO D’OPERA	9
2.3 MODALITA’ DI CONTROLLO	9
2.4 SPECIFICHE PER I CONTROLLI IN CORSO D’OPERA.....	9

Allegato 1: Scheda tecnica cemento – i.pro DURACEM 32,5 R A.R.S.

1. CARATTERISTICA DEI MATERIALI PER LA CONFEZIONE DEL CALCESTRUZZO

Per la confezione del calcestruzzo ordinario sarà adoperato cemento della composizione più opportuna sia per la resistenza meccanica a lunga maturazione, sia per lo sviluppo del calore di idratazione, per il ritiro e per la resistenza all'aggressione chimica. Sarà utilizzato cemento pozzolanico a basso calore di idratazione, a lenta presa e lento incremento della resistenza.

Nel getto massivo, per ridurre l'incremento di temperatura dovuto alle reazioni di idratazione del cemento, e per migliorare la lavorabilità e la durabilità dei calcestruzzi agli agenti atmosferici, saranno adoperate ceneri volanti. Queste saranno sottoposte a prove di accettazione, riguardanti la massa volumica, la finezza, la perdita al fuoco, il contenuto di cloruri, solfati e calce libera, l'attività pozzolanica, ed eventuali altre caratteristiche in relazione al tipo di cenere.

In sede di progettazione esecutiva verranno eseguiti, presso un laboratorio ufficiale, prove preliminari sulla composizione del calcestruzzo, con gli aggregati, gli additivi ed il cemento prescelti; la sperimentazione verrà a precisare la composizione del calcestruzzo per ottenere le migliori caratteristiche relative al particolare uso. Saranno documentate pure le caratteristiche del calcestruzzo in assenza di additivi. Prima della costruzione si procederà ad una serie di prove di qualifica, presso un laboratorio autorizzato, da prendere a riferimento per i controlli in fase di costruzione.

Per la composizione prescelta saranno determinati le caratteristiche chimico fisiche dei componenti la miscela e per il calcestruzzo fresco: la massa volumica, la lavorabilità, i tempi di inizio e fine presa alle diverse temperature ambiente prevedibili durante la costruzione; per il calcestruzzo indurito a 7, 28, 90 giorni, la massa volumica, le resistenze a compressione e a trazione, il modulo elastico, lo scorrimento viscoso, il ritiro, il coefficiente di dilatazione lineare, la determinazione, con il metodo adiabatico, del calore di idratazione, con particolare riferimento alle velocità di sviluppo della temperatura del calcestruzzo, la permeabilità, la resistenza al gelo.

In fase di getto particolare cura sarà posta nello spandimento in strati uniformi e nella compattazione con mezzi meccanici di vibrazione, alla quale sarà commisurato lo spessore massimo degli strati.

La sequenza e le condizioni di getto sono state programmate tenendo conto delle condizioni climatiche in relazione allo sviluppo del calore di idratazione in condizioni adiabatiche, del tipo di struttura, della distanza tra i giunti, della lunghezza degli strati da monte a valle, della sequenza dei getti e del tipo dei casseri, e del tempo trascorso tra il momento del getto e l'inizio della presa del calcestruzzo dello strato sottostante.

1.1 AGGREGATI

Il calcestruzzo verrà preparato usando n.3 distinte frazioni di aggregato in modo da comporre una curva granulometrica di tipo continuo. Il diametro massimo dell'aggregato dovrà risultare compreso tra 32 e 40 mm.

La curva dovrà essere costituita da:

- frazione fine (sabbia) 0 ÷ 4 mm;
- intermedia 4 ÷ 16 mm;
- grossa > 16 mm.

La frazione grossa dovrà contenere almeno il 5% di trattenuto sul setaccio da 32 mm.

Gli aggregati dovranno soddisfare i requisiti previsti dalla UNI 8520 parte 2 categoria A per le prescrizioni riguardanti:

- esame petrografico per i costituenti dannosi;
- il contenuto in solfati ($SO_3 < 0.2\%$);
- il contenuto di cloruri solubili ($Cl < 0.05\%$);
- la reattività agli alcali;
- la resistenza al gelo;
- equivalente in sabbia;
- passante su 0,063 mm.

Gli aggregati dovranno provenire da cave preventivamente accertate dalla Direzione Lavori che si avvarrà per la loro qualificazione di Laboratori di Prove Materiali. Durante i lavori, almeno ogni 500 m³ di calcestruzzo messo in opera, verranno effettuati prelievi per verificare le seguenti caratteristiche:

- analisi granulometrica
- contenuto in fini
- equivalente in sabbia
- assorbimento d'acqua.

1.1.1 Aggregato fine: sabbia

Dovrà essere prevalentemente di cava fluviale, di forma arrotondata e dovrà essere costituita da particelle prive di argilla.

L'eventuale carenza di elementi molto fini (<0.15 mm) potrà essere compensata con aggiunta di sabbie pulite fini o ceneri volanti (fino ad un massimo di 40 kg/m³ di calcestruzzo).

Altri requisiti di accettazione per le sabbie:

- avere un passante sullo staccio da 0.5 mm compreso fra 30 e 50%
- e/o un modulo di finezza compreso tra 2 e 2.2 (il modulo di finezza è dato dalla somma delle percentuali in peso del trattenuto sugli stacci di 4, 2.5, 1.25, 0.63, 0.315 e 0.160 mm diviso per cento).
- equivalente in sabbia > 80.

1.1.2 Aggregato grosso

La frazione intermedia 4÷16 mm dovrà avere i seguenti requisiti granulometrici:

Apertura stacci mm	Passante cumulativa %
2	0÷5
4	0÷15
8	25÷70
16	90÷99
32	100

con tolleranza sul valore dichiarato dal fornitore di $\pm 15\%$ sullo staccio da 8 mm.

La frazione grossa 10 (12)÷32 mm dovrà avere i seguenti requisiti granulometrici

Apertura stacci mm	Passante cumulativa %
6	0÷5
12	0÷15
22.4	25÷70
32	90÷99
40	100

con tolleranza sul valore dichiarato dal fornitore di $\pm 15\%$ sullo staccio da 22.4 mm.

1.2 CEMENTO

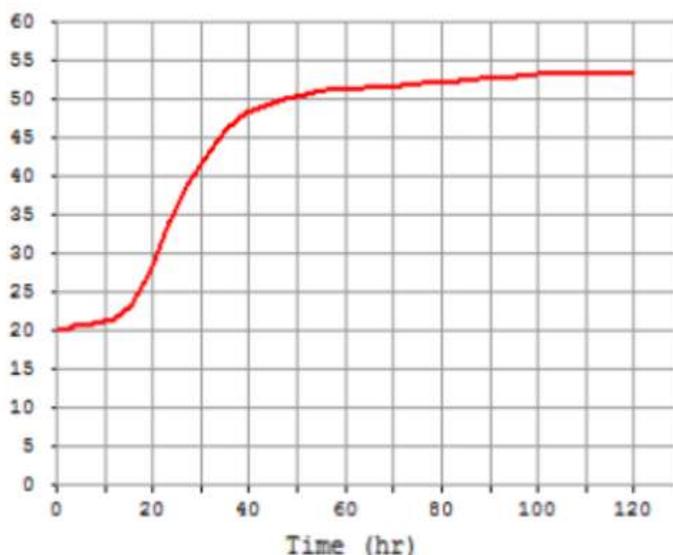
Tipo di cemento:

si farà uso di CEM IV/B 32,5 R A.R.S. cemento pozzolanico tipo IV a resistenza iniziale elevata e ad alta resistenza ai solfati; o altro cemento potrà essere indicato dalla Direzione Lavori che farà preventivamente verificare:

- Il calore di idratazione;
- Il contenuto in C3A.

La classe di resistenza del cemento e il suo dosaggio venanno indicati dalla Direzione Lavori a seguito di analisi mirate ad ottimizzare la durabilità e lo sviluppo di calore durante l'indurimento.

Per il calcestruzzo in esame dovrà essere verificato sperimentalmente il rispetto della curva adiabatca di seguito riportata:



Viene allegata alla presente relazione una scheda tecnica di un cemento adatto all'applicazione in oggetto:

i.pro DURACEM 32,5 R a.r.s

Il cemento i.pro DURACEM 32,5 R a.r.s contiene conformemente alla composizione prescritta dalla norma UNI EN 197-1, il 45%-65% di clinker, mentre la restante parte è costituita da pozzolana (P), ceneri volanti (V) ed eventuali costituenti secondari.

Le elevate resistenze meccaniche iniziali associate all'alta resistenza agli attacchi chimici (in particolare alla resistenza ai solfati ed altissima resistenza all'azione solubilizzante di acque dilavanti) e ad un basso calore d'idratazione ne rendono ideale l'utilizzo per strutture massive e strutture di contenimento di acque.

L'elevato contenuto di costituenti a comportamento pozzolanico compreso tra il 36% ed 55% conferisce al cemento una resistenza agli attacchi chimici. E' particolarmente indicato per opere esposte ad ambienti altamente aggressivi, comprese aggressioni da solfati e da solubilizzazione di acque dilavanti. E' utilizzabile anche in presenza di aggregati potenzialmente reattivi, al fine di ridurre il rischio di espansione per la reazione

alcali-aggregati. Sviluppa un ridotto calore di idratazione sia a breve che a lungo termine e per questo il suo impiego è adatto per strutture massive. Per la sua elevata finezza se ne consiglia l'impiego nei casi in cui si può presentare il fenomeno di "bleeding" che in genere è dovuta alla carenza di parti fini e finissime nell'aggregato. La resistenza ai solfati è assicurata dalla classificazione A.R.S. secondo UNI 9156.

1.3 ACQUA DI IMPASTO

L'acqua di impasto dovrà soddisfare i requisiti della UNI EN 1008 ed in particolare dovrà avere un contenuto in sali disciolti 1 g/l e la percentuale di materiale in sospensione dovrà essere inferiore di 0.5%

1.4 ADDITIVI

Per la preparazione del calcestruzzo dovrà essere impiegato un additivo aerante ed un additivo superfluidificante. La Direzione Lavori darà indicazioni circa la scelta degli additivi.

Additivi acceleranti o ritardanti potranno essere richiesti od imposti dalla Direzione Lavori in particolari condizioni climatiche di getto.

Nel caso di uso contemporaneo di più additivi dovrà essere verificata la loro compatibilità.

1.4.1 Additivi aeranti

Al fine di ottenere un calcestruzzo durabile, quando esposto a cicli di gelo/disgelo in presenza di umidità, l'additivo aerante dovrà inglobare un contenuto d'aria di $3 \div 6\%$ misurato sul calcestruzzo fresco a lato del getto.

L'additivo dovrà essere conforme a quanto indicato nella UNI EN 934-2:1999 (Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione - Additivi per calcestruzzo - Definizioni e requisiti).

L'additivo dovrà essere aggiunto al calcestruzzo nel miscelatore in soluzione acquosa mediante un dosatore volumetrico che garantisca una tolleranza nel dosaggio del 5% rispetto al valore prescritto e che assicuri la sua uniforme distribuzione nella massa del calcestruzzo.

Il contenuto in aria inglobata verrà verificato secondo quanto indicato nella UNI EN 12350-7.

1.4.2 Additivi Superfluidificanti

Verranno aggiunti durante la miscelazione e la loro quantità dovrà essere definita sulla base di uno studio mirato a verificare che le caratteristiche reologiche del calcestruzzo a piè d'opera e le resistenze finali siano soddisfatte.

1.5 REQUISITI DI PROGETTO DEL CALCESTRUZZO

Il calcestruzzo deve soddisfare le prescrizioni della UNI EN 206:2016 di cui nella tabella seguente sono riassunti i punti più salienti.

Il rapporto acqua/cemento, definito in fase di prequalifica dei getti, nel suo valore massimo, dovrà essere comprensivo dell'umidità degli aggregati che dovranno essere considerati saturi a superficie asciutta.

<i>Caratteristica</i>	<i>Prescrizioni e/o tolleranze ammesse</i>	<i>Metodi di prova</i>
Curva granulometrica	Definita in fase di prequalifica	UNI EN 933-1
Diametro massimo aggregato	32 mm	UNI EN 933-1
Dosaggio in cemento	Definito in fase di prequalifica ($C \geq 300 \text{ kg/m}^3$ per classe XC2)	UNI 11104
Contenuto in aria	Contenuto in aria 3÷6%	UNI EN 12350-7
Rapporto acqua/cemento	≤ 0.60 (classe XC2)	UNI 11104
Consistenza	S5	UNI EN 12350-2
Resistenza a compressione	C25/30 MPa	UNI EN 12390-3
Resistenza ai cicli di gelo/disgelo	Massima riduzione del M.E. dopo 100 cicli di gelo	UNI 7087
Massa volumica calcestruzzo indurito	$\geq 2400 \text{ kg/m}^3$	UNI EN 12390-7

Classe di esposizione e durabilità XC2 (corrosione indotta da carbonatazione) in ambiente bagnato: minima classe di resistenza pari a C25/30, contenuto minimo di cemento pari a 300 kg/m^3 e massimo rapporto acqua/cemento pari a 0,6.

2. PROVE E CONTROLLI

2.1 PROVE DI QUALIFICA DEL CALCESTRUZZO

La Direzione Lavori richiederà in tempo utile prima dell'inizio dei lavori una certificazione di qualifica dei materiali e degli impasti di calcestruzzo nella quale risultino:

- I materiali scelti con precise indicazioni per quanto riguarda la provenienza;
- Studio granulometrico degli aggregati;
- Tipo e dosaggio del cemento, il rapporto a/c, la composizione granulometrica degli aggregati, il tipo ed il dosaggio degli additivi, il contenuto di aria inglobata ed il valore previsto di consistenza;
- I risultati delle prove preliminari alle scadenze 2, 7, 28, 60 giorni di resistenza meccanica su cubi di spigolo di 150 mm;
- Valutazione dell'innalzamento termico in condizioni adiabatiche;

- Lo studio del calcestruzzo ai fini della durabilità al gelo.

La Direzione Lavori autorizzerà l'inizio dei getti di conglomerato cementizio solo dopo aver esaminato ed approvato la documentazione per la qualifica dei materiali e degli impasti di calcestruzzo.

2.2 CONTROLLI N CORSO D'OPERA

Saranno eseguiti controlli periodici in corso d'opera per verificare la corrispondenza tra le caratteristiche dei materiali e degli impasti e quelle definite in fase di prequalifica prendendo a riferimento i parametri specificati nella tabella precedente.

Verranno effettuati ulteriori prelievi secondo le specifiche previste nel D.M. 26/06/2014 e D.M. 14/01/2008 coordinato con la Circolare Esplicativa n.617 del 2/02/2009.

2.3 MODALITA' DI CONTROLLO

Per ciascuna determinazione in corso d'opera della resistenza a compressione dei calcestruzzi dovranno essere confezionate due serie di provini in conformità con le Norme Tecniche D.M. 14/01/2008 coordinato con la Circolare Esplicativa n.617 del 2/02/2009.

I prelievi verranno eseguiti in contraddittorio con l'Impresa e sotto il controllo della Direzione Lavori, verranno redatti verbali numerati progressivamente e controfirmati dalle parti. I provini contraddistinti verranno custoditi in luogo idoneo per garantire la conservazione e la loro autenticità. Una parte dei provini verrà provata da un Laboratorio Ufficiale e la numerosità delle prove dovrà essere conforme con le prescrizioni di legge.

La rimanente parte di provini rimarrà a disposizione per ulteriori prove e controlli.

2.4 SPECIFICHE PER I CONTROLLI IN CORSO D'OPERA

I controlli saranno eseguiti in accordo alle specifiche previste nel D.M. 26/06/2014 e D.M. 14/01/2008 coordinato con la Circolare Esplicativa n.617 del 2/02/2009. Durante la costruzione saranno sistematicamente controllate le caratteristiche del calcestruzzo prelevando campioni dai getti e sottoponendoli a prove nel laboratorio di cantiere. Ulteriori verifiche saranno eseguite presso laboratori ufficiali. I risultati saranno elaborati e riassunti con criteri statistici. Nel primo periodo dei getti la frequenza dei prelievi per le prove di compressione e trazione sarà di almeno un prelievo per ogni 500 m³ di impasto e, comunque, non inferiore ad un prelievo per ogni giorno di lavoro fino a trenta prelievi. Successivamente, la frequenza potrà essere ridotta, ma non al di sotto di un prelievo ogni 3000 m³ di impasto oppure di un prelievo ogni tre giorni di getto. Con i risultati delle prove effettuate verranno determinate le resistenze caratteristiche, secondo le disposizioni di cui alle NTC relative alle opere di calcestruzzo.

Su ogni prelievo di calcestruzzo dovranno essere effettuate le seguenti determinazioni:

- Consistenza mediante cedimento al cono;
- Aria inglobata nel calcestruzzo;

- Composizione del calcestruzzo, calcolo del rapporto a/c e massa volumica;
- Confezione di 8 cubi (150x150x150 mm) di cui. n. 4 da conservare per le rotture a 28/60 giorni presso il Laboratorio Ufficiale indicato nel foglio di condizioni per la costruzione presentato al Servizio Nazionale Dighe; n. 4 per i controllo da effettuarsi presso i laboratori del committente.

Con diversa frequenza, ma almeno ogni settimana di getto confezione di n. 6 provini cilindrici (ISOx300 mm) per le prove di trazione indiretta;

Con diversa frequenza, ma almeno ogni mese di getto confezione di n. 4 travetti prismatici (150x150x600 mm) per le prove di durabilità al gelo.

Almeno ogni mese di getto e su richiesta della Direzione Lavori verrà effettuato un prelievo di aggregati e cemento per le prove di laboratorio.

I prelievi saranno effettuati in presenza degli incaricati della Committenza, e l'impresa metterà a disposizione il suo personale per la confezione dei provini e le operazioni di prelievo.



Italcementi
HEIDELBERGCEMENT Group



Scheda Tecnica

i.pro DURACEM 32,5 R A.R.S. CEM IV/B 32,5 R A.R.S.

Descrizione

i.pro DURACEM B 32,5 R A.R.S. è un cemento pozzolanico tipo IV a resistenza iniziale elevata e ad alta resistenza ai solfati.

Composizione

Contiene, conformemente alla composizione prescritta dalla norma UNI EN 197-1 (riferita cioè alla massa del cemento ad esclusione del solfato di calcio e degli additivi), il 45% ÷ 64% di clinker, mentre la restante parte è costituita da pozzolana (P), ceneri volanti (V) ed eventuali costituenti secondari.

Requisiti di norma

REQUISITI CHIMICI*

Perdita a fuoco	N.R.
Residuo insolubile	N.R.
Solfati (come SO ₃)	≤ 3,5%
Cloruri	≤ 0,10%
Pozzolanicità	Esito positivo della prova

REQUISITI FISICI*

Tempo di inizio presa	≥ 75 min
Espansione	≤ 10 mm

REQUISITI MECCANICI*

Resistenze alla compressione

2 giorni	≥ 10,0 MPa
7 giorni	N.R.
28 giorni	≥ 32,5 MPa

*Valori caratteristici



Utilizzo

Le elevate resistenze meccaniche iniziali associate all'alta resistenza agli attacchi chimici (in particolare alta resistenza ai solfati ed altissima resistenza all'azione solubilizzante di acque dilavanti) e ad un basso calore d'idratazione ne rendono ideale l'utilizzo per:

- opere e strutture in ambiente marittimo e fluviale;
- strutture gettate in opera non precomprese in elevazione o morfologicamente snelle;
- tutti i lavori in calcestruzzo armato e non, che necessitano di una resistenza finale elevata in presenza di ambienti chimicamente aggressivi;
- strutture massive;
- strutture di fondazione;
- pavimentazioni industriali;
- manufatti (ad esempio tubi e pozzetti);
- costruzione di impianti di depurazione (ad alto contenuto di solfati);
- sottofondi stradali e stabilizzazione di suoli;
- parcheggi;
- vasche di contenimento e piscine.

Vantaggi

L'elevato contenuto di costituenti a comportamento pozzolanico (pozzolana naturale e/o cenere volante silicica) compreso tra il 36% ed 55% conferisce al prodotto una resistenza agli attacchi chimici. È particolarmente indicato per opere esposte ad ambienti altamente aggressivi, comprese aggressioni da solfati e da solubilizzazioni di acque dilavanti, e a contatto con gliceridi (oli e grassi). È consigliabile il suo utilizzo anche in presenza di aggregati potenzialmente reattivi, al fine di ridurre il rischio di espansione per la reazione alcali-aggregati. Altra caratteristica di questo cemento è quella di sviluppare un ridotto calore d'idratazione sia alle brevi che alle lunghe scadenze. Ciò permette un suo impiego per grandi masse di calcestruzzo. Per la sua elevata finezza se ne consiglia l'impiego (compatibilmente alle indicazioni di progetto per le resistenze meccaniche) nei casi in cui si può presentare il fenomeno di "bleeding" (essudamento di acqua sulla superficie orizzontale del getto) che in genere è dovuto alla carenza di parti fini e finissime nell'aggregato. La resistenza ai solfati è assicurata dalla classificazione A.R.S. secondo UNI 9156. Tutte queste caratteristiche ne fanno un prodotto ottimale nei casi in cui possono aversi problemi di durabilità delle opere.

Confezionamento e stoccaggio

Il periodo di conservazione è riportato sul D.D.T ed eventualmente, ove disponibile, sul sacco.

Prodotto a uso professionale. L'uso del prodotto dovrà essere basato su ricerche e valutazioni proprie dell'applicatore.

Italcementi

i.lab (Kilometro Rosso)
Via Stezzano, 87
24126 Bergamo - Italia
Tel. +39 035 396 111
www.italcementi.it
www.i-nova.net

Assistenza Tecnica

N° Verde 800 820 116
sat@italcementi.net

Scheda aggiornata a novembre 2013

