



IL GEOMETRA VERONESE

8-9 12

MENSILE DI INFORMAZIONE ED AGGIORNAMENTO PROFESSIONALE

COLLEGIO DEI GEOMETRI - Società Cooperativa Geometri Veronesi - Vicolo Orologio, 3 - 37129 VERONA

EDIZIONE SPECIALE AGOSTO/SETTEMBRE 2012

Le monografie de "il Geometra Veronese"

GEOMETRA IN CANTIERE

Manuale pratico del calcestruzzo



IL GEOMETRA VERONESE

8-9 12

MENSILE DI INFORMAZIONE ED AGGIORNAMENTO PROFESSIONALE

Il "Geometra Veronese" è un mensile di informazione e aggiornamento professionale edito dalla "Società Cooperativa Geometri Veronesi". La collaborazione è aperta agli organi rappresentativi di categoria e a tutti i singoli professionisti. Ogni redattore risponde delle proprie affermazioni ed il suo nome è sempre reperibile presso la redazione.

SOMMARIO

**PUBBLICAZIONE MENSILE
DEL COLLEGIO GEOMETRI E GEOMETRI
LAUREATI DELLA PROVINCIA DI VERONA**
Autorizzata dal Trib. c.p. di VR
con decreto n. 140 del 22 dicembre 1960

REDAZIONE-AMMINISTRAZIONE
37129 Verona - Vicolo Orologio, 3
Tel. 045 8031186 - Fax 045 8009861
www.collegio.geometri.vr.it
e-mail: sede@collegio.geometri.vr.it
collegio.verona@geopec.it

DIRETTORE RESPONSABILE
Geom. Pietro Calzavara

COMITATO DI REDAZIONE
Geom. Gianluca Fasoli
Geom. Fiorenzo Furlani
Geom. Pietro Guadagnini
Geom. Davide Sabaini
Geom. Matteo Xamo

SEGRETARIO DI REDAZIONE
Rag. Maurizio Buin

HANNO COLLABORATO:
Elisa Tagliani
Alessandra Moro

**PROGETTO GRAFICO
E COORDINAMENTO EDITORIALE**
tagliani,grigoletti
Immagine e Comunicazione srl
37121 Verona - Via Macello, 17
Tel. 045 8009179 - Fax 045 8018980
www.taglianigrigoletti.it
ufficiostampa@taglianigrigoletti.it

PUBBLICITÀ
OEPI Pubblicità
Peschiera del Garda 37019 - Loc. OTTELLA 3/B int. 25.
Tel. 045 596036 - Fax 045 8001490
e-mail: grafica@oepipubblicita.it
www.oepipubblicita.it

STAMPA
Sprinter srl - Via Meucci, 24
37036 San Martino B.A. (VR)

EDITORE
Società Cooperativa Geometri Veronesi
37129 VERONA - Vicolo Orologio, 3

■ GEOSERVATORIO

- 1 Il geometra in cantiere: numero speciale sulle mansioni e responsabilità del direttore dei lavori

■ GEOMETRA IN CANTIERE

- 3 Mansioni e responsabilità del direttore lavori

Il calcestruzzo: regole e suggerimenti

1. Definizione **8**
2. Normative di riferimento **8**
3. I componenti **8**
4. Requisiti essenziali per la corretta realizzazione del calcestruzzo **10**
5. Fasi del cantiere per opere costituite da calcestruzzo **20**
6. Prelievo del calcestruzzo
- Prelievi di accettazione **23**
- Esempio di verbale di prelievo **29**
7. Appendice **31**



GEOSSERVATORIO

A CURA DI PIETRO CALZAVARA

IL GEOMETRA IN CANTIERE: NUMERO SPECIALE SULLE MANSIONI E RESPONSABILITÀ DEL DIRETTORE LAVORI

Come consuetudine, il numero doppio agosto/settembre del nostro notiziario assume veste monografica e, per il 2012, viene dedicato ad un tema pratico e ad un ruolo fondamentale nel processo costruttivo: il geometra come direttore lavori, le sue mansioni, le sue responsabilità. Un'attività sulla base delle "Norme tecniche per le costruzioni" contenute nel decreto ministeriale 14.01.2008 e recentemente approfondita in un corso ad hoc organizzato dal Collegio.

Nel contesto, non manca la trattazione esaustiva dei materiali: calcestruzzo, acciaio, legno, muratura.

E la delicata, imprescindibile gamma di prove e collaudi. Non dimentichiamo che si costruisce per accogliere persone e lo scrupolo tecnico è legato a doppio filo con la tutela della vita.

A tale proposito, voglio ricordare il recente dramma del sisma in Emilia: la macchina dei soccorsi e le squadre di tecnici sono partite in accordo tra regione e protezione civile e in questo contesto i geometri hanno avuto un peso rilevante, un buon numero di colleghi del Veneto è stato coinvolto nelle operazioni perché fresco di

preparazione, acquisita attraverso uno specifico corso svoltosi a Padova, con docenze della protezione civile. Tra i quarantotto geometri formati, quattro sono veronesi, in loco poi distintisi per l'operosità, per la capacità, la preparazione, il metodo adottato.

In totale, più di mille sono stati i geometri volontari che hanno prestato aiuto nei due mesi di emergenza post-sisma e cito, a tal proposito, la nascita dell'Associazione nazionale geometri volontari per la Protezione civile, costituita con il patrocinio del CNG.

Questa digressione per rammentare il continuo impegno e la presenza della nostra categoria hic et nunc, "qui ed ora", dove serve e quando serve... ma anche per non dimenticare che ci sono tuttora persone senza tetto a poca distanza da noi, bisognose ancora di sostegno. Ricordiamocene quotidianamente – ed agiamo - sia umanamente, sia professionalmente, ricollegandomi così a quanto scrivevo prima: costruire correttamente significa vivere sicuramente.

Buona lettura



GEOMETRA IN CANTIERE

MANUALE PRATICO DEL CALCESTRUZZO

MANSIONI E RESPONSABILITÀ DEL DIRETTORE LAVORI

Il Geometra *Direttore dei Lavori* è da sempre, e soprattutto oggi a seguito l'emanazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14.01.2008), la figura che nel settore edilizio risulta determinante ed essenziale per il rapporto progetto-costruzione, con particolare riferimento ai caratteri tipologici, strutturali e tecnologici di un organismo edilizio nelle sue varie componenti materiali e costruttive.



La Direzione Tecnico-amministrativa nei processi di produzione e di impiego dei materiali e componenti per l'edilizia, individua la centralità di questa figura (*il Direttore Lavori*) che deve assicurare garanzia della qualità del costruito anche nell'ottica della prestazione attesa (priorità più sentita da parte della committenza) e della responsabilità successiva alla conclusione dei lavori.

In questa ottica, nell'ambito del programma di formazione continua e permanente il *Collegio dei Geometri e Geometri Laureati di Verona e la Società Cooperativa Geometri Veronesi* hanno da sempre posto particolare attenzione a favore dei propri iscritti; si evidenzia di recente lo svolgimento del corso "*Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14.01.2008) – Criteri generali di progettazione e costruzione in zona sismica – Materiali per uso strutturale - Controlli e Campioni – Mansioni e responsabilità del Direttore Lavori*", che ha fornito ai partecipanti, con taglio pratico ed applicativo, ma di particolare spessore tecnico-professionale, la conoscenza dei criteri generali per la corretta progettazione e costruzione degli edifici in zona sismica, la conoscenza dei materiali per uso strutturale, i controlli e l'accettazione degli stessi, ed in particolare le mansioni e le responsabilità del *Direttore Lavori* nelle varie fasi della messa in opera delle strutture.

Il corso, in relazione alle mansioni e responsabilità del Direttore dei Lavori, **ha trattato i vari materiali da costruzione per uso strutturale** coinvolgendo esperti relatori professionisti nell'ambito delle costruzioni, anche di alcune ditte produttrici i materiali da costruzione, quali:

per quanto riguarda il calcestruzzo, la ditta **Beton Veneta s.r.l.**

per quanto riguarda le murature, il **Consorzio Poroton Italia - Cis Edil s.r.l.**

per quanto riguarda il legno la ditta **Stratex**.

Il corso ha trattato i seguenti aspetti ed argomenti:

Costruzioni di calcestruzzo

Principi fondamentali
Azioni sulle costruzioni
Teoria ed esempi semplici di progettazione e calcolo
Prescrizioni e controlli applicativi della direzione lavori
Dettagli costruttivi travi, pilastri, pareti, ecc.
(limitazioni geometriche e di armatura)
Normativa
Caratteristiche dei componenti del calcestruzzo
Vari tipi di calcestruzzo



GEOMETRA IN CANTIERE

MANUALE PRATICO DEL CALCESTRUZZO

Visione ed approfondimento del processo produttivo del calcestruzzo
Accettazione del calcestruzzo in cantiere
Prelievi dei campioni di calcestruzzo

Costruzioni di acciaio

Classificazione acciai, criteri di progettazione unioni saldate e bullonate
Teoria ed esempi semplici di progettazione e calcolo
Dettagli costruttivi
Prescrizioni e controlli applicati alla direzione lavori

Costruzioni di muratura

Caratteristiche delle murature - Richiami normativa NTC /2008
Comportamento statico ed analisi murature portanti
Regole di dettaglio
Teoria ed esempio semplice di calcolo muratura armata
Analisi comportamento muratura esistente ed interventi di rinforzo
Livello conoscenza e fattore di confidenza, esempio di semplice verifica locale
Prescrizioni e controlli applicati dalla direzione lavori

Costruzioni di legno

Caratteristiche legno massiccio e lamellare
Richiami normativi alle NTC /2008 ed Euro-codice 5
Regole generali e di dettaglio
Principi di calcolo strutture in legno
I sistemi di connessione
Esempi semplici di calcolo
Prescrizioni e controlli applicati alla direzione lavori

La pratica della DIREZIONE LAVORI di CANTIERE alla luce del DM 14.01.2008:

1. Quadro normativo

Conformità dei prodotti da costruzione
Richiami alla normativa ed individuazione
Compiti e responsabilità del direttore lavori
Controlli di accettazione dei materiali con riferimento ai moduli teorico-pratici
Esempio di semplice modulistica di cantiere
Discussione dei casi

2. Collaudi

Quadro normativo
Relazione del direttore lavori a struttura ultimata
Prove sui materiali ed in opera
Gestione del certificato di collaudo statico
Discussione dei casi e conclusione del corso

Il suddetto programma svolto ha trasmesso e lasciato un importante bagaglio tecnico e pratico ai partecipanti ed il tutto basato su un importante aspetto: quello di aggiornare e sensibilizzare i Geometri nella loro funzione della direzione di una costruzione mediante l'applicazione delle norme per la corretta realizzazione delle strutture tenendo sempre presente che *in gioco c'è la stabilità degli edifici e quindi la tutela della vita.*

Sono state fornite le definizioni normative ed illustrato lo stato dell'arte, il tutto mirato ad un'applicabilità operativa immediata: *i problemi sono reali ed i geometri (come sempre) sono esposti in prima linea.*

Foto di gruppo presso la sede di betonaggio della ditta Beton Veneta a Vallese di Oppeano (VR):
I Geometri partecipanti al corso, il relatore del corso Ing. Fabrizio Righetti e l'Ing. Ivan Contiero responsabile tecnico della Beton Veneta



GEOMETRA IN CANTIERE

MANUALE PRATICO DEL CALCESTRUZZO

In particolare è stata molto apprezzata la lezione presso l'impianto di produzione del calcestruzzo della ditta Beton Veneta s.r.l. (Vallese di Oppeano -VR); in tale occasione, in collaborazione con i tecnici della ditta Beton Veneta s.r.l., in modo concreto e pratico, si è assistito al ciclo produttivo del calcestruzzo nelle sue varie sfaccettature e le modalità operative, anche nel rispetto delle norme riguardanti i prelievi del calcestruzzo in cantiere da parte del Direttore Lavori;



Lezione "Il calcestruzzo" presso la sede di betonaggio della ditta Beton Veneta a Vallese di Oppeano (VR)

si sono appresi aspetti del calcestruzzo, apparentemente scontati (a volte sconosciuti), ma invece di particolare importanza per la giusta scelta e qualità del calcestruzzo e quindi del buon risultato atto alla garanzia delle strutture.



Tale particolare e costruttiva esperienza ha spinto la Redazione de "Il Geometra Veronese", con il gentile contributo della ditta Beton Veneta S.r.l., alla realizzazione di un manuale dedicato al calcestruzzo, dalla normativa alle varie applicazioni comprese le responsabilità e le mansioni del Direttore Lavori.

Lo scopo è quello di essere d'aiuto per svolgere in modo pratico e corretto le diverse mansioni ed operazioni riguardanti le opere costituite da calcestruzzo.

Il manuale è di taglio pratico, descritto in forma semplice e corredato da foto ed illustrazioni, con l'obiettivo di aiutare a porre sempre attenzione e a non tralasciare particolari importanti che, a volte, sembrano superflui e quindi vengono tralasciati durante le varie operazioni per la realizzazione di un'opera edilizia: l'obiettivo è quello di aggiornare ed accrescere costantemente la professionalità del Geometra *Direttore Lavori* al quale è demandato il controllo dell'esecuzione e quindi la buona riuscita delle opere. Il rispetto, pur di semplici regole, comporta un maggior apprezzamento del lavoro a tutto vantaggio della qualità e della garanzia di un'opera quale "bene prezioso" che deve durare nel tempo.

IL CALCESTRUZZO REGOLE E SUGGERIMENTI

1. DEFINIZIONE

2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

3. I COMPONENTI:

- Gli aggregati: sabbie e ghiaie
- Il Cemento

GEOMETRA IN CANTIERE

MANUALE PRATICO DEL CALCESTRUZZO

- L'acqua
- Le aggiunte
- Gli additivi

4. REQUISITI ESSENZIALI PER LA CORRETTA REALIZZAZIONE DEL CALCESTRUZZO

- Classe di Resistenza (Rck)
- Classe di Esposizione (XC - XD - XS - XF - XA)
- Classe di Consistenza (S1 - S2 - S3 - S4 - S5)
- Diametro massimo degli aggregati

5. FASI DEL CANTIERE PER OPERE COSTITUITE DA CALCESTRUZZO

- Posa in opera
- Protezione
- Stagionatura

6. PRELIEVI DEL CALCESTRUZZO - CONTROLLI DI ACCETTAZIONE (mansioni e responsabilità del D. L.)

- Controlli di accettazione - Tipo A e Tipo B
- Prelievi
- Come si esegue un prelievo
- Controllo del volume d'aria
- Verbale di prelievo

7. APPENDICE (glossario)



IL CALCESTRUZZO

1. DEFINIZIONE

Dal latino: "calcis structio" = struttura a base di calce

Materiale formato miscelando cemento, aggregato grosso e fino ed acqua, con o senza l'aggiunta di additivi o aggiunte, il quale sviluppa le sue proprietà a seguito dell'idratazione del cemento.

(UNI EN 206-1 - UNI 11104)

Definizioni secondo UNI EN 206-1

3. I COMPONENTI

- Gli aggregati: sabbie e ghiaie
- Il cemento
- L'acqua
- Le aggiunte
- Gli additivi

- **Gli aggregati** (UNI-EN 12620:2006)
Costituiscono lo scheletro del calcestruzzo.

Definizione secondo UNI EN 206-1: materiale minerale granulare adatto per l'impiego del calcestruzzo.

GEOMETRA IN CANTIERE

MANUALE PRATICO DEL CALCESTRUZZO

• **Calcestruzzo a Prestazione Garantita:** calcestruzzo la cui proprietà richieste e caratteristiche addizionali sono specificate al produttore, il quale è responsabile della fornitura di un calcestruzzo conforme alle proprietà richieste e alle caratteristiche addizionali.

• **Calcestruzzo a Composizione Richiesta:** calcestruzzo la cui composizione e i materiali componenti da utilizzare sono specificati al produttore, il quale ha la responsabilità di produrre un calcestruzzo con la composizione specificata.

2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

D.M. 14 gennaio 2008

" Norme Tecniche per le Costruzioni "

- Capitolo 4.1: Costruzioni di calcestruzzo

- Capitolo 11.2: Materiali e prodotti per uso strutturale - Il Calcestruzzo

UNI-EN 201-1

Calcestruzzo - Specificazione, presentazione, produzione e conformità

UNI 11104 206-1:2004

Calcestruzzo - Specificazione, presentazione, produzione e conformità. Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1

LINEE GUIDA - Consiglio Superiore dei LL. PP. Servizio Tecnico Centrale

Per il calcestruzzo strutturale: Prescrizione

Per il calcestruzzo preconfezionato: Produzione

Per la posa in opera del calcestruzzo: Posa in opera

Gli aggregati possono essere naturali, artificiali o riciclati da materiali precedentemente usati nella costruzione. Una roccia calcarea pesa circa 2600 kg /m³ e ha una resistenza di circa 100 – 120 /mm²; frantumandola si ottengono due aggregati: sabbia e ghiaia (1600 Kg/mc in mucchio).

UN CALCESTRUZZO CON SOLO SABBIA O SOLO GHIAIA AVRÀ SEMPRE TANTI VUOTI

Occorre studiare la giusta combinazione di sabbia e ghiaia per tornare alla roccia di partenza, con il minore numero di vuoti possibili.

Il vuoto infatti non contribuisce alla resistenza e rappresenta delle porte di ingresso preferenziali per gli agenti aggressivi.

DIAMETRO MASSIMO DEGLI AGGREGATI

Il diametro massimo degli aggregati (D max) deve essere definito dal progettista in funzione dello spessore del **copriferro**; altrimenti, il calcestruzzo non si distribuisce correttamente nel copriferro.

Considerando che il calcestruzzo non è un materiale completamente impermeabile, lo spessore del copriferro deve essere progettato in funzione della vita prevista per l'opera e della classe di esposizione ambientale.

La dimensione massima dell'aggregato deve essere scelta in modo che il calcestruzzo possa essere gettato e compattato attorno alle barre d'armatura senza pericolo di segregazione, in particolare in funzione: della dimensione minima di un elemento strutturale (D max < 1/4 dimensione della struttura)

della spaziatura delle armature ($D_{max} < d - 5mm$)
dello spessore del copriferro ($1,3 D_{max} < spessore$)

• **Il cemento (UNI-EN 197-1)**

Definizione secondo UNI EN 206-1:

Il cemento è un legante idraulico, ossia un materiale inorganico finemente macinato che, quando mescolato con acqua, forma una pasta che rapprende e indurisce a seguito di reazioni e processi di idratazione e che, una volta indurita, mantiene la sua resistenza e la sua adattabilità anche sotto acqua.

Il componente principale del cemento è il clinker.

• **L'Acqua**

Acqua totale:

acqua aggiunta, più l'acqua già contenuta nell'aggregato e sulla superficie dell'aggregato, più l'acqua degli additivi e delle aggiunte usate in forma di sospensione (slurry) e l'acqua derivante da un'eventuale aggiunta di ghiaccio o da riscaldamento mediante vapore.

Rapporto Acqua/Cemento:

rapporto tra la quantità di acqua totale e la massa del cemento nel calcestruzzo presente in un metro cubo di impasto.

GEOMETRA IN CANTIERE

MANUALE PRATICO DEL CALCESTRUZZO

Il clinker viene prodotto a partire da materie prime naturali quali calcare e argilla che vengono frantumati, finemente macinati, omogeneizzati e alimentati al forno di cottura.

È necessario cuocere il clinker a 1450°C per la formazione di nuovi minerali.

Il clinker è costituito principalmente da calcio, silice, alluminio e ossidi di ferro.

COSTITUENTI PRIMARI:

clinker (5-100%)

calcare (21-35%)

loppa d'altoforno (6-95%)

fumi di silice (6-10%)

pozzolane (21-35%)

cenere volante (21-35%)

scista calcinato (21-35%)

con attività pozzolanica

COSTITUENTE SECONDARIO:

gesso (0-5%): regolatore di presa

DENOMINAZIONE NORMALIZZATA:

Cemento **portland al calcare** EN 197-1 - CEM II/A-LL 32,5 R

Tipo: 27 tipi comuni

Resistenza Normalizzata (dopo 28 gg a compressione su malta normalizzata - UNI 196-1):

32,5 - 42,5 - 52,5 N/mm²

Resistenza Iniziale (sviluppo della resistenza a 2 o 7 gg. UNI 196-1):

N: Ordinaria

R: Elevata

Ad esempio: $A/C = 0,50$ significa che in 1 mc di calcestruzzo sono indicativamente presenti 150 Kg (litri) di acqua e 300 Kg di cemento ($150/300 = 0,50$); generalmente il rapporto A/C di un calcestruzzo è compreso tra 0,40 e 0,60.

L'EVENTUALE AGGIUNTA DI ACQUA IN CANTIERE

L'aggiunta d'acqua in cantiere per aumentare la lavorabilità del calcestruzzo crea moltissimi inconvenienti e determina problemi per la lavorabilità del calcestruzzo ma soprattutto alla bontà della struttura, in particolare:

- decadimento delle garanzie da parte del produttore e delle prestazioni del materiale consegnato riportate nel documento d'accompagnamento
- decadimento delle prestazioni legate alla capacità prestazionale del calcestruzzo (RcK - durabilità) allungamento dei tempi di presa e di primo indurimento
- rischio di segregazione dell'impasto
- faccia a vista scadente
- aumento del ritiro
- aumento di essudazione: si accentua il fenomeno di formazione di fessure per assestamento plastico
- la diminuzione della resistenza a compressione influenza altre proprietà del calcestruzzo ad essa collegate
- danno economico di chi acquista il calcestruzzo

• **Gli additivi**

Definizione:

materiale aggiunto in piccole quantità rispetto alla massa del cemento durante il processo di miscelazione del calcestruzzo allo scopo di modificare le proprietà del calcestruzzo fresco o indurito.

Tipi di additivi:

Riduttori d'acqua:

fluidificanti

superfluidificanti:

a parità di contenuto d'acqua si ottiene un calcestruzzo più fluido, quindi maggior lavorabilità;

a parità di fluidità si ottiene un calcestruzzo con rapporto acqua/cemento più basso, quindi maggior resistenza.

Acceleranti

di presa e di indurimento:

per incrementare la resistenza alle brevi stagionature

I "requisiti essenziali" da individuare sono:

- Classe di Resistenza (Rck)
- Classe di Esposizione (XC – XD – XS – XF – XA)
- Classe di Consistenza (S1 – S2 – S3 – S4 – S5)
- Diametro massimo degli aggregati

Da tenere presente

Se il calcestruzzo viene prodotto e preconfezionato da un impianto di betonaggio, il **Direttore dei Lavori** deve accertarsi che tale impianto di betonaggio sia dotato di un sistema permanente di controllo interno della

GEOMETRA IN CANTIERE

MANUALE PRATICO DEL CALCESTRUZZO

(1 – 3 giorni) in particolare per la realizzazione di getti in stagioni fredde. Si evitano gli effetti di eventuali gelate notturne (maggiore resistenza) e riducono i tempi di lavorazione, come ad esempio i pavimenti industriali (maggiore produttività).

Ritardanti

di presa e di indurimento:

per prolungare il mantenimento della lavorabilità in particolare per la realizzazione di getti in stagioni calde.

Si evitano le aggiunte d'acqua in cantiere (maggiore resistenza) e permettono maggior tempo per la posa in opera (miglior risultato finale).

Aeranti:

per realizzare calcestruzzi in ambienti sottoposti a cicli di gelo e disgelo. Il loro utilizzo consente inglobare nella matrice cementizia un elevatissimo numero di bolle d'aria del diametro di 100-300 mm. In caso di gelo, l'acqua non ancora congelata, che riempie i pori capillari, viene spinta verso le bolle d'aria da parte di quella che si sta trasformando in ghiaccio con conseguente aumento di volume.

4. REQUISITI ESSENZIALI PER LA CORRETTA REALIZZAZIONE DEL CALCESTRUZZO

Per la corretta realizzazione di un'opera di calcestruzzo, prima di realizzare o ordinare il calcestruzzo è necessario individuare sulla documentazione progettuale (disegni strutturali, disegni esecutivi, capitolati ...) i requisiti necessari e le caratteristiche del calcestruzzo idoneo alla struttura che si deve realizzare.

produzione (FPC) e abbia ottenuto la **Certificazione** da un organismo autorizzato dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei LL.PP. ; quindi, prima della fornitura del calcestruzzo deve richiedere ed ottenere copia della Certificazione del suddetto controllo di processo produttivo.

Al momento della consegna in cantiere del calcestruzzo il **Direttore dei Lavori**, prima delle operazioni di getto, deve controllare che nel **documento di trasporto** siano riportati i suddetti "requisiti essenziali" e che gli stessi corrispondano alle prescrizioni di progetto.

• CLASSE DI RESISTENZA (Rck)

Il Progettista delle strutture considera una **RESISTENZA NOMINALE** valutata a 28 giorni secondo procedure standard.

Un parametro fondamentale per la resistenza è il **rapporto in peso tra acqua e cemento (A/C)**

Esempio 1
Acqua = 200 litri (= Kg)
Cemento = 350 Kg
A/C = 200/350 = 0,57
Esempio 2
Acqua = 180 litri (= Kg)
Cemento = 350 Kg
A/C = 180/350 = 0,51



GEOMETRA IN CANTIERE

MANUALE PRATICO DEL CALCESTRUZZO

CLASSE DI RESISTENZA A COMPRESIONE	RESISTENZA CARATTERISTICA CILINDRICA MINIMA (N/mm ²) Fck	RESISTENZA CARATTERISTICA CUBICA MINIMA (N/mm ²) Rck
C8/10	8	10
C12/15	12	15
C16/20	16	20
C20/25	20	25
C25/30	25	30
C28/35	28	35
C30/37	30	37
C32/40	32	40
C35/45	35	45
C40/50	40	50
C45/55	45	55

• CLASSE DI ESPOSIZIONE

Secondo il D.M. 14.01.2008 (cap. 11.2.11) ... al fine di ottenere la prestazione richiesta in funzione delle condizioni ambientali, nonché per la definizione della relativa classe, si potrà fare utile riferimento alle indicazioni contenute nelle Linee Guida sul calcestruzzo strutturale del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei LL.PP., ovvero alle norme UNI EN 206-1:2006 ed UNI 11104:2004.

LA DURABILITÀ = PREVENZIONE DEL DEGRADO

è importante quindi:

Il Progetto: analisi del contesto ambientale, scelta dei materiali, concezione e calcolo della struttura, disegno

dei particolari costruttivi;

La Realizzazione: preparazione, messa in opera, controllo del copriferro, controlli di accettazione; compattazione e stagionatura del calcestruzzo;

La Manutenzione: interventi programmati nel corso della vita utile di servizio dell'opera.

Per la DURABILITÀ e la VITA IN SERVIZIO di un'opera si devono tenere presente i principali agenti aggressivi del calcestruzzo e quindi, il progettista non può limitarsi a stabilire la sola resistenza caratteristica, ma deve individuare anche la **CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE** del calcestruzzo.

CLASSI DI ESPOSIZIONE

Categoria della Classe di Esposizione	Tipologia del degrado
XC	Carbonatazione del calcestruzzo e corrosione delle armature
XD	Corrosione delle armature indotte dai cloruri (calcio e sodio: sali disgelanti)
XS	Corrosione delle armature indotte dai cloruri dell'acqua di mare
XF	Disgregazione della pasta cementizia a causa dei cicli gelo-disgelo
XA	Attacchi del calcestruzzo da parte di agenti chimici aggressivi quali, solfati, acidi inorganici, derivanti quasi sempre da scarichi industriali

GEOMETRA IN CANTIERE

XC: degrado per carbonatazione

Classe di Esposizione	Ambiente	Tipologia di struttura	Riferimenti Normativi		
			Rapporto max a/c	Contenuto minimo cemento	Rck minima (Mpa)
XC1	Secco	Interni di edifici con umidità relativa bassa	0,60	300	30
XC2	Bagnato, raramente secco	Superfici di calcestruzzo a contatto con acqua per lungo tempo (fondazioni)	0,60	300	30
XC3	Umidità moderata	Calcestruzzo esposto all'esterno protetto dalla pioggia	0,55	320	35
XC4	Ciclicamente secco e bagnato	Superfici di calcestruzzo soggette al contatto con acqua, non nella classe di esposizione XC2	0,50	340	40

XD: l'aggressione dei cloruri

Utilizzo di cementi a moderata resistenza ai solfati

Classe di Esposizione	Ambiente	Tipologia di struttura	Riferimenti Normativi		
			Rapporto max a/c	Contenuto minimo cemento	Rck minima (Mpa)
XD1	Umidità moderata	Superfici di calcestruzzo esposte a nebbia salina	0,55	320	35
XD2	Bagnato, raramente asciutto	Piscine. Calcestruzzo esposto ad acque industriali contenenti cloruri	0,50	340	40
XD3	Ciclicamente asciutto e bagnato	Parti di ponti esposte a spruzzi contenenti cloruri. Pavimentazioni di parcheggi	0,45	360	45



GEOMETRA IN CANTIERE

MANUALE PRATICO DEL CALCESTRUZZO

XS: degrado per cloruri da ambiente marino

Utilizzo di cementi a moderata resistenza ai solfati

Classe di Esposizione	Ambiente	Tipologia di struttura	Riferimenti Normativi		
			Rapporto max a/c	Contenuto minimo cemento	Rck minima (Mpa)
XS1	Umidità moderata	Strutture prossime oppure sulla costa	0,55	320	35
XS2	Bagnato, raramente asciutto	Parti di strutture marine	0,50	340	40
XS3	Ciclicamente asciutto e bagnato	Parti di strutture marine	0,45	360	45

XF: degrado per cicli gelo-disgelo

(*) Contenuto minimo d'aria aggiunta pari al 3 %

Classe di Esposizione	Ambiente	Tipologia di struttura	Riferimenti Normativi		
			Rapporto max a/c	Contenuto minimo cemento	Rck minima (Mpa)
XF1	Moderata saturazione d'acqua, senza impiego di agente antigelo	Superfici verticali di calcestruzzo esposte alla pioggia e al gelo	0,50	300	40
XF2 ^(*)	Moderata saturazione d'acqua, con uso di agente antigelo	Superfici verticali di calcestruzzo di strutture stradali esposte al gelo e nebbia di agenti antigelo	0,50	300	30
XF3 ^(*)	Elevata saturazione d'acqua, senza agente antigelo	Superfici orizzontali di calcestruzzo esposte alla pioggia e al gelo	0,55	320	30
XF4 ^(*)	Elevata saturazione d'acqua, con presenza di agente antigelo oppure acqua di mare	Superfici di Calcestruzzo esposte direttamente a nebbia contenente agenti antigelo e al gelo	0,40	340	35



GEOMETRA IN CANTIERE

MANUALE PRATICO DEL CALCESTRUZZO

XA: degrado per attacco dei solfati

- (a) utilizzo di cemento a moderata resistenza ai solfati
- (b) utilizzo di cemento ad alta resistenza ai solfati
- (c) utilizzo di cemento ad altissima resistenza ai solfati

Classe di Esposizione	Ambiente	Tipologia di struttura	Riferimenti Normativi		
			Rapporto max a/c	Contenuto minimo cemento	Rck minima (Mpa)
XA1 ^(a)	Ambiente chimicamente debolmente aggressivo	Contenitori di fanghi e vasche di decantazione. Contenitori e vasche per acque reflue	0,50	320	35
XA2 ^(b)	Ambiente chimicamente moderatamente aggressivo	Elementi strutturali o pareti a contatto di terreni aggressivi	0,45	340	40
XA3 ^(c)	Ambiente chimicamente fortemente aggressivo	Elementi strutturali o pareti a contatto di acque industriali fortemente aggressive. Contenitori di foraggi, mangimi e liquami provenienti da allevamento animale. Torri di raffreddamento di fumi di gas di scarico industriali	0,40	360	45

• CLASSE DI CONSISTENZA

Le caratteristiche di DURABILITÀ e di RESISTENZA possono essere effettivamente raggiunte solo se la **movimentazione, la posa e la stagionatura** del calcestruzzo avvengono correttamente. La CONSISTENZA (o lavorabilità) è imposta dal tipo di costruzione e dai metodi di posa adottati. Se il calcestruzzo prodotto presenta allo stato fresco una **consistenza inadeguata**, si rischia

una posa difficoltosa e la **struttura finale** può risultare **difettosa** (vespai, nidi di ghiaia, ecc.) **per carenza o errori di compattazione**. Le N.T.C. (D.M. 14.01.2008) non prescrivono la frequenza con cui va controllata la classe di consistenza. Al fine di tutelare la qualità delle strutture, si raccomanda l'impresa ed il **Direttore Lavori** di effettuare la **prova di abbassamento al cono (cono di Abrams)**, almeno in concomitanza del prelievo di accettazione o di conformità (in contraddittorio).



Estrazione verticale del cono
lasciando libero il calcestruzzo fresco



Misura dell'abbassamento (SLUMP mm)

GEOMETRA IN CANTIERE

MANUALE PRATICO DEL CALCESTRUZZO

LAVORABILITÀ e STRUTTURA

CONSISTENZA	ABBASSAMENTO / SLUMP (mm)	TIPOLOGIA DI STRUTTURA
S1	10 – 40 UMIDA	Pavimenti con vibronitrice
S2	50 – 90 PLASTICA	Strutture con casseri rampanti
S3	100 – 150 SEMIFLUIDA	Strutture poco armate o non armate
S4	160 – 210 FLUIDA	Strutture mediamente armate
S5	> 210 SUPERFLUIDA	Strutture fortemente armate o con modesto spessore

Per la misurazione e verifica della consistenza del calcestruzzo vedere anche la successiva illustrazione grafica, relativa alla prova di abbassamento al cono di Abrams.

La CONSISTENZA del calcestruzzo deve essere prescritta in funzione del tipo di struttura e getto.

La CONSISTENZA del calcestruzzo fresco da programmare sui cantieri dovrebbe variare da **fluida (S4)** o **superfluida (S5)** per semplificare al massimo la posa in opera indipendentemente dalla qualità della manodopera e dei controlli del Direttore Lavori.

CONSISTENZA ALLA CONSEGNA DEL CALCESTRUZZO

Se al momento della consegna in cantiere, la consistenza del calcestruzzo non è quella prescritta, il calcestruzzo deve essere respinto dal Direttore Lavori. Tuttavia se la consistenza è minore di quella prescritta ed il calcestruzzo è ancora nell'autobetoniera, la consistenza può essere portata fino al valore prescritto (con l'aggiunta di acqua e/o additivi) purché sia consentito dalle specifiche ed il valore massimo del rapporto

Acqua/Cemento non venga in questo modo superato. I controlli eseguiti dal **Direttore Lavori** prima della messa in opera del calcestruzzo **possono determinare l'accettazione o il rifiuto di una fornitura**. A tale proposito, durante lo scarico del calcestruzzo, in base all'esperienza, viene sottoposto anche ad ispezione visiva; se l'aspetto del calcestruzzo dovesse risultare anomalo, si devono bloccare le operazioni di getto.



COME SI MISURA LA CONSISTENZA

Il metodo più utilizzato consiste nella misura dell'abbassamento al cono di Abrams; in base all'abbassamento del campione il calcestruzzo viene classificato in:

Classe di consistenza	S1	S2	S3	S4	S5
Abbassamento (mm)	10-40	50-90	100-150	160-200	210
Denominazione	Umida	Plastica	Semifluida	Fluida	Superfluida

GEOMETRA IN CANTIERE

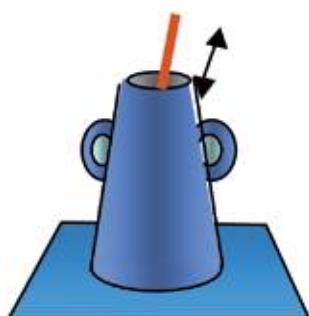
MANUALE PRATICO DEL CALCESTRUZZO



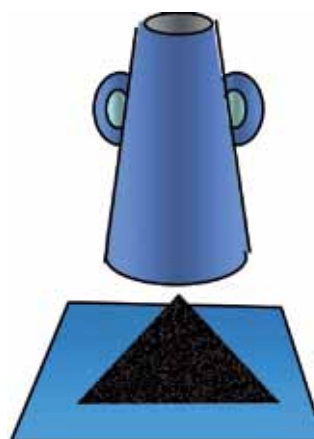
1) Si pone il cono di Abrams su un piano



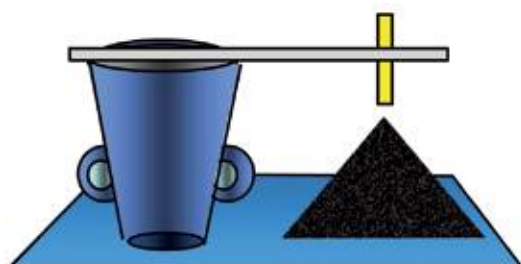
2) Si riempie il cono con il calcestruzzo fino a un terzo dell'altezza



3) Il calcestruzzo si costipa con 25 colpi di un fondino da 16 mm di diametro
4) Si ripete in successive fasi l'inserimento e il costipamento del calcestruzzo fino a riempire il cono. Si livella la superficie



5) Si estrae il cono verticalmente



6) Si misura il cedimento (abbassamento) del campione di calcestruzzo e si verifica con la classe prescritta (SLUMP mm)

5. FASI DEL CANTIERE PER OPERE COSTITUITE DA CALCESTRUZZO

5.1 Posa in opera (UNI ENV 13670-1:2001)

Il calcestruzzo deve essere posto in opera il più presto possibile dopo la miscelazione per ridurre al minimo la perdita di lavorabilità (se non previsto in fase di progetto).

È importante considerare le **condizioni meteorologiche** per le fasi del getto al fine di non compromettere la qualità del calcestruzzo; il calcestruzzo infatti è molto sensibile alle condizioni di temperatura al momento del getto.

È sempre bene effettuare la stesura di **disarmante** sulle casseforme (entro 24 ore precedenti il getto).

Durante la posa in opera occorre adottare delle misure atte a **prevenire la segregazione** quando il calcestruzzo viene lasciato cadere liberamente.

Per **impedire la segregazione** dell'impasto occorre soprattutto evitare che il conglomerato cada dall'alto urtando le armature o le pareti delle casseforme, o formando cumuli; in questi casi l'aggregato grosso può separarsi dal resto dell'impasto e si concentra in volume delimitati dai getti, formando i così detti *nidi di ghiaia o vespai*.

GEOMETRA IN CANTIERE

MANUALE PRATICO DEL CALCESTRUZZO

Alcuni consigli

Nel periodo invernale:

sarebbe da evitare il getto quando la temperatura minima scende sotto lo 0° C, in caso contrario:

- utilizzare un calcestruzzo con $R_{ck} > 35$ N/mm² e classe di consistenza S5
- ricorrere all'utilizzo di cemento 42,5 R
- tenere la casseratura per almeno 3 giorni

Nel periodo estivo:

le alte temperature possono danneggiare il calcestruzzo, è bene quindi osservare le seguenti indicazioni:

- utilizzare un calcestruzzo superfluido classe S5
- ricorrere all'utilizzo alla pompa per lo scarico dall'autobetoniera
- il tempo di scarico deve essere contenuto entro 3 minuti per metro cubo
- tenere ben umido per 3 giorni il manufatto gettato



Prima di procedere al getto è importante effettuare un **controllo delle casseforme**, evitando la presenza di detriti, tracce di brina o ghiaccio e ristagni d'acqua.

Ciò può essere evitato solo impiegando scivoli o tubi di getto che raggiungono il fondo delle casseforme (occorre accompagnare il getto per non segregare il calcestruzzo).



Si consiglia di stendere strati uniformi di getto che presentano uno spessore di circa 30 cm dopo la vibrazione e, quindi, passare ad uno strato successivo.

Evitare di scaricare il calcestruzzo in cumuli per poi stenderli: si provoca la segregazione e quindi si compromette la resistenza del calcestruzzo.

Il calcestruzzo deve essere accuratamente **compattato** durante il getto, insistendo attorno alle barre d'armatura, cavi, guaine, inserti ed agli angoli dei casseri per costituire una massa compatta priva di vuoti soprattutto nella zona di copriferro.

La **fase di vibrazione** è molto importante per ottenere un getto di ottima qualità; al riguardo si riportano alcune indicazioni operative:

1) durante la vibrazione, l'ago vibrante deve essere mantenuto in posizione verticale evitando di metterlo a contatto con i casseri e l'armatura metallica (fig. 1);

2) la vibrazione deve interessare sia lo strato di calcestruzzo posato che quello eventualmente già compattato (fig. 2);

3) la vibrazione deve interessare l'intera massa del conglomerato (distanza tra due inserimenti consecutivi

possibile dopo la sua compattazione.

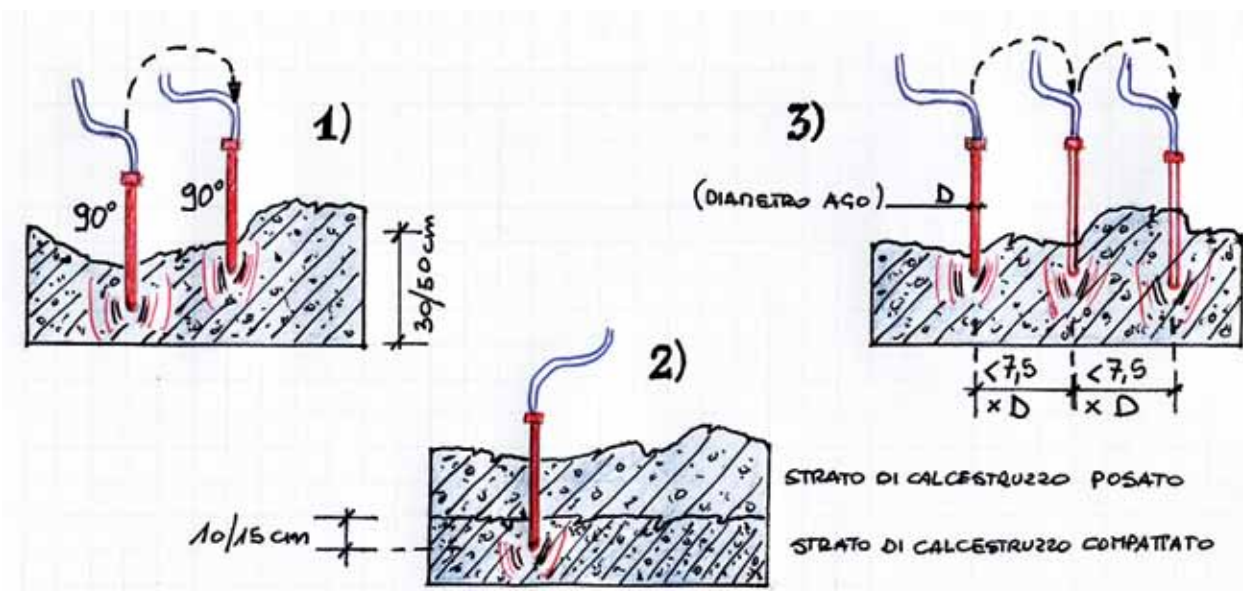
- La stagionatura consiste nell'evitare una prematura essiccazione provocata soprattutto dall'irraggiamento solare e dal vento.

- Subito dopo il getto, soprattutto in condizioni climatiche avverse (calde, asciutte e ventilate), l'acqua d'impasto può in parte evaporare.

Questo processo, se avviene precocemente, può avere delle conseguenze molto gravi soprattutto per lo strato corticale che, nel caso delle strutture armate, ha l'importante funzione di proteggere i ferri (copriferro).

GEOMETRA IN CANTIERE

MANUALE PRATICO DEL CALCESTRUZZO



dell'ago non deve superare 7,5 volte il diametro dello stesso vibratore) minore è la consistenza del getto, maggiore deve essere il tempo di permanenza dell'ago vibratore nella massa del calcestruzzo (fig. 3).

5.2 Protezione

La protezione consiste nel **prevenire**:

Il dilavamento per pioggia

Il rapido raffreddamento durante i primi giorni dal getto

Le elevate differenze interne di temperatura

La bassa temperatura od il gelo

5.3 Stagionatura

- La stagionatura del calcestruzzo deve iniziare appena

- L'evaporazione precoce dell'acqua dal calcestruzzo provoca, in aggiunta ai fenomeni fessurativi provocati dal ritiro plastico ed igrometrico, un arresto del processo di idratazione del cemento (in questo caso il calcestruzzo rimane poroso e permeabile): la durabilità ne risulta compromessa.

Alcuni consigli:

mantenere più a lungo possibile il calcestruzzo nel cassero

procedere con una bagnatura continua delle superfici
proteggere il getto con teli o fogli di plastica impermeabile

proteggere il getto con materiale geotessile o iuta (mantenuti umidi)

6. PRELIEVI DEL CALCESTRUZZO – CONTROLLI DI ACCETTAZIONE

Mansioni e responsabilità del Direttore Lavori

Il prelievo e il controllo di accettazione sono attività obbligatorie previste dalla normativa tecnica cogente. Servono a verificare la conformità del calcestruzzo messo in opera rispetto a quanto stabilito dal progetto e sperimentalmente verificato in sede di valutazione preliminare.

Secondo queste norme il responsabile dell'esecuzione del prelievo del controllo accettazione è il

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

Il Direttore Lavori ha l'obbligo di eseguire controlli sistematici in corso d'opera per verificare la conformità delle caratteristiche del calcestruzzo messo in opera rispetto a quello stabilito dal progetto...

CONTROLLO DI TIPO A

Il controllo di tipo A è riferito ad un quantitativo di miscela omogenea non maggiore di 300 m³.

Ogni controllo di accettazione di tipo A è rappresentato

GEOMETRA IN CANTIERE

MANUALE PRATICO DEL CALCESTRUZZO

Direttore dei Lavori; è di sua competenza redigere il verbale di campionamento, in funzione della frequenza e della quantità dei getti e presenziare (o far presenziare da persona di sua fiducia) alle operazioni di prelievo e confezionamento dei provini.

L'esito positivo del controllo di accettazione consente alla struttura di essere collaudata e quindi di ottenere la licenza d'uso o il certificato di agibilità.

Il controllo di accettazione è sempre stato previsto, con le suddette modalità, da tutti i decreti attuativi della Legge Quadro 1086 del 1971.

Oggi è descritto nel capitolo 11 delle Norme Tecniche per le costruzioni del 2008 (paragrafi 11.2.4 e 11.2.5).

Il costruttore è il "responsabile della qualità del calcestruzzo, che sarà controllata dal Direttore dei Lavori..."

Un prelievo consiste nel prelevare dagli impasti, al momento della posa in opera ed alla presenza del Direttore Lavori o di una persona di sua fiducia, il calcestruzzo necessario per la confezione di un gruppo di due provini.

da tre prelievi, ciascuno dei quali eseguito su un massimo di 100 m³ di getto di miscela omogenea.

Risulta quindi un controllo di accettazione ogni 300 m³ massimo di getto. Per ogni giorno di getto va comunque effettuato almeno un prelievo.

Nelle costruzioni con meno di 100 m³ di getto di miscela omogenea, fermo restando l'obbligo di almeno 3 prelievi e del rispetto delle limitazioni di cui sopra, è consentito derogare dall'obbligo di prelievo giornaliero.

CONTROLLO DI TIPO B

Nella realizzazione di opere strutturali che richiedano l'impiego di più di 1.500 m³ di miscela omogenea è obbligatorio il controllo di accettazione di tipo statistico (tipo B).

Il controllo è riferito ad una definita miscela omogenea e va eseguito con frequenza non minore di un controllo ogni 1.500 m³ di calcestruzzo.

Per ogni giorno di getto di miscela omogenea va effettuato almeno un prelievo, e complessivamente almeno 15 prelievi sui 1.500 m³.

CONTROLLI DI TIPO A	CONTROLLI DI TIPO B
$R1 > Rck - 3,5$	
$Rm > Rck + 3,5$ (N° prelievi : 3)	$Rm > Rck + 1,4*S$ (N° prelievi >15)
Ove : Rm = resistenza media dei prelievi (N/mm ²) R1 = valore minore della resistenza dei prelievi (N/mm ²) S = scarto quadratico medio (N/mm ²)	

IL GEOMETRA VERONESE

La prescrizione del calcestruzzo all'atto del progetto deve essere caratterizzata almeno mediante la classe di resistenza, la classe di consistenza ed il diametro massimo dell'aggregato. La **classe di resistenza** è contraddistinta dai valori caratteristici delle resistenze **cubica Rck** e **cilindrica Fck** a compressione uniaassiale, misurate su **provini normalizzati** e cioè rispettivamente su **cubi di spigolo 150 mm** e su **cilindri di diametro 150 mm** e di **altezza 300 mm**.

Al fine delle verifiche sperimentali i provini prismatici di base 150 x 150 mm e di altezza 300 mm **sono equiparati ai cilindri di cui sopra**.



GEOMETRA IN CANTIERE

MANUALE PRATICO DEL CALCESTRUZZO

La **resistenza caratteristica** a compressione è definita come la resistenza per la quale si ha il 5% di probabilità di trovare valori inferiori.

Nelle presenti norme la resistenza caratteristica designa quella dedotta da prove su provini come sopra descritti, confezionati e stagionati come specificato al paragrafo 11.2.4, **eseguite a 28 giorni di maturazione**.

Si dovrà tener conto degli effetti prodotti da eventuali processi accelerati di maturazione.

In tal caso potranno essere indicati altri tempi di maturazione a cui riferire le misure di resistenza ed il corrispondente valore caratteristico.

Il conglomerato per il getto delle strutture di un'opera o di parte di essa si considera omogeneo se **confezionato con la stessa miscela e prodotto con medesime procedure**.

COME SI ESEGUE UN PRELIEVO

*Per la preparazione, la forma, le dimensioni e la stagionatura dei provini di calcestruzzo vale quanto indicato nelle norme **UNI EN 12390-1:2002** e **UNI EN 12390-2:2002**.*

*Circa il procedimento da seguire per la determinazione della resistenza a compressione dei provini di calcestruzzo vale quanto indicato nelle norme **UNI EN 12390-3:2003** e **UNI EN 12390-4:2002**.*

- Prima di eseguire il prelievo fare girare alla massima velocità per 3 minuti la betoniera
- Versare il calcestruzzo in una carriola pulita, dopo aver scaricato almeno 0,3 mc (ad es. poco più di mezza benna).



- Il prelievo va effettuato in 3 riprese a intervalli di tempo all'incirca uguali durante lo scarico.
- Versare il calcestruzzo nelle cubettiere (preferibilmente delle dimensioni di cm 15x15x15) utilizzando utensili puliti. Le cubettiere devono essere pulite, di materiale indeformabile e non assorbente e di dimensione adeguata.
- I provini devono essere compattati almeno in due strati, ma nessuno strato deve avere spessore maggiore



GEOMETRA IN CANTIERE

MANUALE PRATICO DEL CALCESTRUZZO



di 100 mm. L'assestamento deve essere eseguito preferibilmente mediante vibrazione, ma non con i vibratori da cantiere sproporzionati rispetto alle dimensioni del provino.

- Dopo l'assestamento viene aggiunto calcestruzzo per riempire il vuoto lasciato dall'assestamento.
- Dopo di che il calcestruzzo va rasato e ogni cubetto opportunamente siglato.

- Le operazioni di sfornatura devono avvenire oltre 24 h dal getto.

- Il cubetto deve essere protetto e possibilmente stagionato a una temperatura di 20 ± 2 °C con umidità relativa non minore del 90%; in tale senso, dopo la sfornatura si consiglia di riporre i cubetti in acqua (a circa 20 °C) per 28 giorni fino a poche ore prima della prova della resistenza a compressione presso laboratorio autorizzato.



Un ulteriore controllo del calcestruzzo fresco: controllo dell'aria presente all'interno del calcestruzzo.

Un minimo di aria occlusa all'interno di un normale calcestruzzo, anche debitamente costipato, è "fisiologico". È ormai risaputo che per aumentare la resistenza del calcestruzzo ai cicli gelo-disgelo vengono utilizzati additivi aeranti che permettono di inglobare una determinata quantità d'aria e far sì che si disperda uniformemente, sottoforma di microbolle, all'interno



Misurazione della quantità d'aria nel calcestruzzo mediante il porosimetro.

GEOMETRA IN CANTIERE

MANUALE PRATICO DEL CALCESTRUZZO

della massa di calcestruzzo e che resti stabile anche durante la compattazione. Queste microbolle sferoidali (di diametro compreso circa tra 10 e 100 mm), nel momento in cui l'acqua trattenuta dal calcestruzzo congela ed aumenta di volume, funzionano da "casa d'espansione" evitando l'instaurarsi di pericolose tensioni di trazioni.

In ogni caso per evitare che un eccesso di aria intrappolata anche dopo completa compattazione dei getti possa determinare una non conformità del calcestruzzo – per mancato superamento dei requisiti minimi imposti dal controllo di accettazione – è consigliabile misurare il volume di aria del calcestruzzo fresco. Questa determinazione viene effettuata con il porosimetro, uno strumento in grado di misurare la quantità d'aria (porosità) nel calcestruzzo (UNI 12350-7).



Il calcestruzzo viene sottoposto ad una pressione doppia di quella atmosferica; la variazione di volume del calcestruzzo letto sullo strumento corrisponde alla percentuale d'aria.



• II VERBALE DI PRELIEVO

Il **Direttore Lavori** deve redigere il **Verbale di prelievo** dei campioni di calcestruzzo prelevati nelle fasi di getto (D.M. 14.01.2008 – Paragrafi 11.2 / 11.3).

Il verbale di prelievo deve essenzialmente contenere le seguenti indicazioni:

- a) il numero del verbale di prelievo
- b) la località e denominazione del cantiere
- c) l'oggetto dell'intervento
- d) la ditta committente
- e) la ditta esecutrice dei lavori
- f) il direttore lavori
- g) il numero ed il contrassegno del prelievo
- h) la struttura interessata
- i) la data e l'ora del getto e del prelievo
- j) la provenienza del prelievamento e varie annotazioni (es.: riferimento documento di trasporto del calcestruzzo)

VERBALE DI PRELIEVO PROVINI N° _____
(Paragrafi 11.2 / 11.3 - D.M. 14.01.2008)

CANTIERE DI PRELIEVO: Comune di _____

Via/loc. _____

OGGETTO DELL'INTERVENTO: _____

DITTA COMMITTENTE: _____

DITTA ESECUTRICE I LAVORI: _____

DIRETTORE DEI LAVORI: _____

PRELIEVO DEI CAMPIONI – CUBI DI MISCELA OMOGENEA DI CALCESTRUZZO

Un prelievo è uguale ad un gruppo di due provini di miscela omogena di calcestruzzo a forma cubica delle dimensioni cm 15x15x15. - UNI EN 12390 -

N°	Contrassegno del provino	Struttura interessata	Data del getto e del prelievo	Ora del getto e del prelievo	Note (Es. : riferimento bolle di trasporto calcestruzzo con autobetoniera, altro.)

Copia del presente verbale verrà allegato insieme ai campioni ed alla relativa richiesta di prove al laboratorio

Luogo _____ data _____ ora _____

Letto, confermato e sottoscritto

IL DIRETTORE LAVORI _____

IL COSTRUTTORE DEI LAVORI _____

7. APPENDICE (glossario)

A complemento della presente monografia, per un più spigliato approccio nell'utilizzo e controllo del calcestruzzo si riporta, in forma sintetica, il significato (con chiarimenti e note esplicative) di alcune **sigle, abbreviazioni e termini** in precedenza trattati ed usati nella pratica comune nell'ambito delle costruzioni.

* Sigle - abbreviazioni *

• Rck

Resistenza caratteristica cubica del calcestruzzo; re-

• A/C

Rapporto acqua/cemento: rapporto in peso tra la quantità di acqua e quello di cemento in un metro cubo (mc) di impasto. L'acqua di impasto, ivi compresa quella di riciclo, dovrà essere conforme alla norma UNI EN 1008:2003.

L'aggiunta di acqua in cantiere - Rck corrispondente:

(di norma sono **vietate** le aggiunte di acqua nella betoniera al momento del getto)

* esempi: (1) + 10 litri/mc = Rck meno 13%
(2) + 20 litri/mc = Rck meno 26%

GEOMETRA IN CANTIERE

MANUALE PRATICO DEL CALCESTRUZZO

sistenza che il calcestruzzo è in grado di offrire e che viene determinata dalle prove di rottura sui campioni cubici (mm150x150x150)

• fck

Resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo; resistenza che il calcestruzzo è in grado di offrire e che viene determinata dalle prove di rottura sui campioni cilindrici (d.150mm – h 300mm); in Italia meno diffusi ed utilizzati rispetto a quelli cubici.

• Dmax

Diametro massimo espresso in mm. dell'inerte grosso (ghiaia o pietrisco) previsto in una miscela di calcestruzzo.

Per 10 mc di calcestruzzo					
Rck	25	30	35	40	45
Litri di acqua aggiunta	Rck corrispondente				
50	23	28	33	38	44
100	21	26 ^{*(1)}	32	37	42
150	19	24	30	35	41
200	17	22 ^{*(2)}	28	34	39
250	15	20	26	32	38
300	12	18	24	30	36

• XC, XD, XS, XF, XA

Classi di esposizione ambientale. Attraverso le suddette sigle viene individuato quale sarà l'ambiente nel quale la struttura in calcestruzzo avrà la sua "vita in servizio" e quindi la sua durabilità.

Particolarità

XC rappresenta il **degrado per carbonatazione**: la CO₂ disciolta nell'acqua meteorica o semplicemente nell'umidità, entra nel calcestruzzo dove si combina con l'idrossido di calcio con formazione di *carbonato di calcio*. La reazione elimina l'ambiente passivante nel quale si trova originariamente l'armatura metallica, ne attiva il processo di ossidazione e, a seguito dell'aumento di volume dovuto ai prodotti di ossidazione, produce il distacco dello strato corticale del calcestruzzo.



XD corrisponde all'**aggressione dei cloruri**. I cloruri hanno un duplice effetto: a) reagiscono con le armature, favorendone con l'ossidazione la formazione di ruggine e aumento di volume; b) in alte concentrazioni sono aggressivi (0,1 – 0,4 %) nei confronti del calcestruzzo, provocando una forte disgregazione.

XS corrisponde al **degrado per cloruri da ambiente marino**. Quando il calcestruzzo è sottoposto a cicli "bagno-asciuga" di acqua di mare questa lascia, evaporando, dei cristalli di sale nelle porosità e nelle fessure. Nei successivi "ciclo bagnati" questi si gonfiano e disgregano progressivamente il calcestruzzo.

** Termini **

• **ADDITIVI E AGGIUNTE**

Sono sostanze, sia di origine naturale che sintetiche, che con opportune dosi sono immesse nell'impasto durante il confezionamento del calcestruzzo; permettono di migliorare le caratteristiche meccaniche e allo stato fresco dello stesso impasto.

Le aggiunte possono essere impiegate purché non ne vengano modificate negativamente le caratteristiche prestazionali dell'impasto, ed in particolare sono: ceneri volanti, loppe granulate d'altoforno e fumi di silice.

GEOMETRA IN CANTIERE

MANUALE PRATICO DEL CALCESTRUZZO



XF rappresenta il **degrado per cicli gelo-disgelo**. Le porosità del calcestruzzo, in ambiente umido, si riempiono d'acqua; l'acqua gelando aumenta di volume e rompe le porosità creando delle fessure; al disgelo le fessure si riempiono nuovamente di acqua che al successivo congelamento aumentano di volume e disgregano ancora di più il calcestruzzo.

XA corrisponde al **degrado per attacco dei solfati**. I solfati reagiscono con gli alcali dei cementi: i prodotti di reazione, l'ettringite, hanno dimensione notevolmente maggiore rispetto a quella dei reagenti. Il risultato è una forte azione disgregante sul calcestruzzo. Il fenomeno è accentuato alle basse temperature quando si forma un nuovo prodotto, la *thaumasite*, ancora più disgregante.

Gli additivi devono soddisfare i requisiti della norma europea armonizzata UNI EN 13263-1 e principalmente sono: fluidificanti, superfluidificanti, acceleranti, ritardanti, aeranti.

• **AGGREGATI**

Sono gli inerti di tipo fine e grosso che sono contenuti nell'impasto del calcestruzzo.

Per quanto concerne i controlli di accettazione a cura del Direttore Lavori, dovranno essere finalizzati alla determinazione almeno delle seguenti caratteristiche (norme UNI 850-1:2005 e UNI 8520-2:2005) :

- descrizione petrografica semplificata
- dimensione dell'aggregato (analisi granulometrica e contenuti dei fini)
- indice di appiattimento
- forma dell'aggregato grosso (per aggregato proveniente da riciclo)
- resistenza alla frammentazione/frantumazione (per calcestruzzo $R_{ck} \geq C50/60$).

• **CALCESTRUZZO (o conglomerato cementizio)**

Impasto costituito da inerte grosso (ghiaia o pietrisco, ghiaietto o pietrisco), inerte fino (sabbia), legante, acqua (in giuste quantità), additivi e aggiunte (in opportune quantità).

• **CEMENTO**

È un legante idraulico ottenuto dalla miscelazione intima di clinker e altri componenti (calcare, pozzolana, loppe d'altoforno, ceneri volanti, ecc.), variabili secondo norma (ad es.: CEM I, CEM II, CEM III, CEM IV, CEM V). Nelle opere strutturali è prescritto l'uso di **leganti** idraulici dotati di Certificato di Conformità,

ovvero di uno specifico Benestare Tecnico Europeo. In generale, la scelta del tipo di legante da adottare per il calcestruzzo può effettuarsi sulla base delle seguenti considerazioni in merito al **calore di idratazione e di resistenza agli agenti chimici**:

metallica nel punto più vicino alla cassaforma e la superficie della cassaforma stessa. La dimensione del copriferro (spessore) deve essere progettato in funzione della "vita" prevista per l'opera e della classe di esposizione ambientale.

CEMENTO	CALORE DI IDRATAZIONE	STAGIONE DI UTILIZZO
32,5	basso	estate
32,5R	medio-basso	primavera
42,5	medio-alto	autunno
42,5R	alto	inverno

GEOMETRA IN CANTIERE

MANUALE PRATICO DEL CALCESTRUZZO

CEMENTO PORTLAND	CEMENTO D'ALTOFORNO O POZZOLANICO
Calore di idratazione elevato Limitata resistenza alle acque aggressive	Calore di idratazione ridotto Elevata resistenza chimica

• COMPATTAZIONE O COSTIPAMENTO

Eliminazione delle bolle d'aria presenti nel calcestruzzo per effetto delle operazioni di getto. Si esegue mediante **vibrazione** del calcestruzzo con aghi vibratori ad immersione o mediante la vibrazione meccanica dei casseri.

L'**ago vibrante** deve essere introdotto verticalmente e spostato da punto a punto nel calcestruzzo, protraendo la vibrazione per un tempo che è in funzione della classe di consistenza del calcestruzzo; al riguardo si riportano alcuni valori di riferimento:

CLASSE DI CONSISTENZA	TEMPO MINIMO DI IMMERSIONE DELL'AGO NEL CALCESTRUZZO (secondi)
S1	25 - 30
S2	20 - 25
S3	15 - 20
S4	10 - 15
S5	5 - 10

• COPRIFERRO

Distanza in millimetri tra la superficie dell'armatura

Valore del copriferro (c) necessario per alcuni casi di interesse comune:

Esempio 1

TRAVE DI FONDAZIONE

Si ipotizzi:

Opera ordinaria c.a. (vita 50 anni)
Attacco del terreno moderato
Calcestruzzo classe C25/30

Si ottiene:

Esposizione XA2
Ambiente aggressivo

c = 40 mm + 10 mm tolleranza

Esempio 2

TRAVE

Si ipotizzi:

Opera ordinaria c.a. (vita 50 anni)
Umidità moderata
Calcestruzzo classe C25/30

Si ottiene:

Esposizione XC3
Ambiente ordinario

c = 25 mm + 10 mm tolleranza

**Esempio 3
BALCONE**

Si ipotizzi:

 Opera ordinaria c.a. (vita 50 anni)
 Grado elevato di saturazione
 Calcestruzzo classe C25/30

Si ottiene:

 Esposizione XF3
 Ambiente aggressivo
c = 35 mm + 10 mm tolleranza

 al **28° giorno dal prelievo** presso un laboratorio autorizzato; prova eseguita conformemente alle norme UNI EN 12390-3:2003.

 La **domanda di prova** al laboratorio **deve essere sottoscritta dal Direttore Lavori** e deve contenere precise indicazioni sulla posizione delle strutture interessate da ciascun prelievo.

 Le prove **non richieste e sottoscritte dal Direttore Lavori non fanno parte** dell'insieme statistico necessario per la determinazione della resistenza caratteristica del calcestruzzo.

GEOMETRA IN CANTIERE

MANUALE PRATICO DEL CALCESTRUZZO

Oltre a quanto disposto della Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14.01.2008), è possibile osservare i seguenti valori limite previsti dalle Linee Guida per la prescrizione delle opere in C.A.

CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE	SPESSORE MINIMO DI COPRIFERRO			
	VITA NOMINALE 50 ANNI		VITA NOMINALE 100 ANNI	
	C.A	C.A.P.	C.A	C.A.P.
XC1	15	25	25	35
XC2 - XC3	25	35	35	45
XC4	30	40	40	50
XS1 - XD1	35	45	45	55
XS2 - XD2	40	50	50	60
XS3 - XD3	45	55	55	65

• CUBI o CUBETTI DI CALCESTRUZZO

 Costituiscono i campioni di prelievo del calcestruzzo durante le operazioni di getto. Il **responsabile** dell'esecuzione del prelievo è il **Direttore Lavori**. I cubi o cubetti di norma devono avere lo spigolo di 150 mm. **Un prelievo** consiste nel prelevare dagli impasti durante le operazioni di getto il calcestruzzo necessario per la confezione di **due provini**.

• PROVE DI LABORATORIO DEI PROVINI DI CALCESTRUZZO

 I provini di calcestruzzo prelevati devono essere sottoposti alla prova di **resistenza a compressione** (rottura)

I certificati di prova emessi dal laboratorio devono contenere almeno:

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

 I **controlli di accettazione sono obbligatori** ed il **collaudatore è tenuto** a controllare la validità qualitativa e quantitativa; ove ciò non fosse, il collaudatore è tenuto a far eseguire delle prove che attestino le caratteristiche del calcestruzzo, seguendo la medesima procedura che si applica quando non risultino rispettati i limiti fissati dai **controlli di accettazione**.

CLASSE DI RESISTENZA	<= C25/30		> C25/30	
	<i>Interno</i>	<i>Esterno</i>	<i>Interno</i>	<i>Esterno</i>
Esposizione della struttura				
Periodo di esecuzione dei getti	Aprile - Settembre		Aprile - Settembre	
	3	7	3	5
Periodo di esecuzione dei getti	Ottobre - Marzo		Ottobre - Marzo	
	7	10	5	7

Tabella: periodo dei giorni di stagionatura / scassero

GEOMETRA IN CANTIERE

MANUALE PRATICO DEL CALCESTRUZZO

• SEGREGAZIONE (del calcestruzzo)

Perdita di omogeneità e collosità dell'impasto dovute:

a) al calcestruzzo non conforme (rilevabile immediatamente al momento dello scarico dall'autobetoniera con controllo visivo);

b) per errore di posa (eccessiva caduta libera del calcestruzzo durante le operazioni di getto o errata vibrazione).

La segregazione si manifesta al momento del getto con una presenza eccessiva di boiaccia in superficie al getto (essudazione eccessiva) ed al momento della rimozione della cassaforma individuando la presenza di "nidi di ghiaia".

• SLUMP

È l'abbassamento, misurato in millimetri, di un campione di calcestruzzo sottoposto alla prova del cono di Abrams; consistenza del calcestruzzo S1, S2, S3, S4, S5.

• STAGIONATURA

È l'insieme delle operazioni che permettono al calcestruzzo in opera di maturare correttamente durante la sua fase di indurimento. È compito del progettista prescrivere le regole di maturazione del calcestruzzo: di norma **lo scassero avviene dopo un periodo non inferiore a 3/10 giorni**, in alternativa deve garantirsi per tale durata una maturazione umida; *più precisamente, è possibile desumere i seguenti giorni minimi di maturazione (vedi tabella in alto).*

• TEMPO DI INIZIO DI PRESA

È il tempo corrispondente alla perdita di lavorabilità e scorrevolezza del calcestruzzo. Di norma tale tempo è variabile, in base al tipo di impasto, alla sua composizione, alle condizioni climatiche, al tipo di getto.



L'impianto della produzione del calcestruzzo della ditta Beton Veneta S.r.l. a Vallese di Oppeano (VR)

• TEMPO DI FINE PRESA E INDURIMENTO

È il tempo durante il quale il calcestruzzo ha perso completamente le sue capacità di lavorabilità, identificabile, generalmente, nell'arco delle 6 - 24 ore dal getto. Dopo la fine della presa il calcestruzzo inizia la fase di indurimento con il raggiungimento graduale delle prestazioni meccaniche; esse dipendono dal tipo di impasto, dalle condizioni climatiche e dalla corretta stagionatura.



Fiorenzo Furlani



FORMAZIONE E INFORMAZIONE

GEODAY II - CASA MIA, CASA MIA...

GEODAY II - CASA MIA, CASA MIA...

GIORNATA DI FORMAZIONE E INFORMAZIONE SU SICUREZZA ANTISISMICA E FISCALITÀ IMMOBILIARE 21 NOVEMBRE 2012

Il Collegio Geometri e Geometri laureati della provincia di Verona organizza per mercoledì 21 novembre nella sede del Centro Servizi Banco Popolare di Verona (viale delle Nazioni, 4 – z.a.i.) una giornata di formazione ed informazione dedicata alla CASA, il primo bene degli italiani.

Il tema viene affrontato in duplice chiave: casa e sicurezza al mattino, a cura di AGELLPP (Asso-

ciatione Geometri operanti nell'Edilizia e Lavori pubblici), con le voci di eminenti esperti e docenti, affiancate dal presidente Consiglio Nazionale Geometri Fausto Savoldi e la partecipazione di AGEPRO; casa e fisco nel pomeriggio, attraverso un pratico seminario formativo a cura di AGEFIS (Associazione Geometri Fiscalisti).

Info: sede@collegio.geometri.vr.it - www.collegio.geometri.vr.it

GEODAY 21 NOVEMBRE 2012
CASA MIA, CASA MIA...

Giornata di formazione e informazione su sicurezza antisismica e fiscalità immobiliare
Sala Convegni Banco Popolare
Viale delle Nazioni, 4 - Verona (Zai)

Il Collegio Geometri e Geometri laureati della provincia di Verona organizza una giornata di formazione ed informazione dedicata alla CASA, il primo bene degli italiani.

> 9-12.30
CASA E SICUREZZA, a cura di AGELLPP (Associazione Geometri operanti nell'Edilizia e Lavori pubblici), con le voci di eminenti esperti e docenti, affiancate dal presidente Consiglio Nazionale Geometri Fausto Savoldi e da AGEPRO (Associazione Nazionale Geometri Volontari per la Protezione Civile).

> 14.30-18.30
CASA E FISCO, attraverso un pratico seminario formativo a cura di AGEFIS (Associazione Geometri Fiscalisti).

3 Crediti formativi per gli iscritti al Collegio
(Verranno riconosciuti 3 crediti formativi per la mattina e 3 crediti formativi per il pomeriggio)

Si ringrazia:
BANCA POPOLARE DI VERONA
GRUPPO BANCO POPOLARE