

LA QUALIFICAZIONE DELLE MISCELE DI CALCESTRUZZO

Giancarlo Rinaldi (Italferr SpA), Giorgio Estrafallaces (Italferr SpA)

Abstract

L'attività di qualificazione delle miscele di calcestruzzo ha lo scopo di determinare le caratteristiche del conglomerato cementizio nel rispetto dei requisiti prestazionali definiti in progetto e/o espressi dal capitolato allegato al contratto d'appalto.

Nel seguente articolo vengono illustrate le modalità di qualificazione prescritte dalle disposizioni di legge vigenti, nonché quelle previste dal Capitolato di Costruzione Opere Civili di Italferr SpA, società di ingegneria del Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane.

Premessa

Le Norme Tecniche per le Costruzioni del 14.1.2008 (nel seguito NTC) richiedono che i livelli di sicurezza di progetto siano mantenuti per l'intero periodo di vita nominale prescritto in relazione alle condizioni di carico e di aggressione ambientale previste per l'opera.

In tale contesto, la valutazione preliminare della resistenza a compressione del calcestruzzo costituisce il presupposto fondamentale per l'affidabilità delle strutture.

Le NTC assegnano al costruttore il compito di studiare la composizione di ciascuna miscela di calcestruzzo da utilizzare nella realizzazione di un'opera, "al fine di ottenere le prestazioni richieste dal progetto" e affidano allo stesso, la responsabilità del calcestruzzo prodotto anche quando lo studio della miscela è delegato ad altro soggetto (p.e. produttore di calcestruzzo preconfezionato).

Nella fase di avvio alla realizzazione dell'opera, i requisiti della miscela di calcestruzzo specificati in progetto devono essere determinati in via sperimentale mediante prove condotte presso un laboratorio autorizzato di cui all'art. 59 del DPR n°380/2001 (1).

A differenza del DM 9.1.96, le NTC escludono la valutazione preliminare della resistenza sulla base dell'esperienza acquisita (al pari del precedente DM 23.9.2005) ed estendono la determinazione anche alle altre caratteristiche indicate dal progettista (p.e. classe di consistenza, tempi di maturazione).

Spetta al Direttore Lavori verificare il controllo di qualità del calcestruzzo dallo studio di qualifica preliminare all'impiego della miscela.

In corso d'opera in particolare, il Direttore Lavori dovrà verificare che ogni fornitura in cantiere di calcestruzzo preconfezionato sia accompagnata da documenti che riportino gli estremi della certificazione di controllo di produzione in fabbrica.

La qualificazione secondo le NTC

Il calcestruzzo da utilizzare per scopi strutturali può essere prodotto con processo industrializzato e non, in impianti collocati all'interno o all'esterno del cantiere.

Nel primo caso, l'impiego di calcestruzzo preconfezionato è subordinato al possesso di un sistema di controllo interno della produzione (Factory Production Control, FPC) conforme alle Linee Guida del calcestruzzo strutturale del MM.LL.PP. certificato da ente terzo indipendente accreditato dal Servizio Tecnico Centrale del C.S.LL.PP.

Il costruttore deve presentare al Direttore Lavori prima dell'inizio della fornitura della miscela di calcestruzzo la sola certificazione FPC.

Il sistema di controllo FPC introdotto dalle NTC, che non deve essere confuso con il sistema di gestione della qualità aziendale a norma UNI EN ISO 9001, comporta l'impiego di "apparecchiature adeguate per il confezionamento, nonché di personale esperto e di attrezzature idonee a provare, valutare e mantenere la qualità del prodotto".

Le prove di controllo della produzione condotte dal costruttore sono sostitutive di quelle effettuate dai laboratori ufficiali. Il Direttore Lavori potrà richiedere ugualmente evidenza del dossier di qualifica della miscela di calcestruzzo.

Nel caso in cui il calcestruzzo venga prodotto direttamente in cantiere in volumi inferiori a 1500 mc, l'impiego della miscela può avvenire invece, solo a seguito della presentazione al Direttore Lavori

dell'evidenza documentata dei criteri e delle prove che hanno portato alla determinazione della resistenza caratteristica.

Lo studio preliminare di qualifica dovrà essere eseguito, a maggior ragione, anche nel caso di miscela che non rientri in una famiglia di calcestruzzo ancorché prodotta in un impianto industrializzato operante con sistema di controllo della produzione (2).

Parimenti, una miscela di conglomerato cementizio deve essere preliminarmente qualificata mediante idonee prove di laboratorio qualora si utilizzino aggregati riciclati provenienti dal recupero di prodotti demoliti e frantumati conformi alla UNI EN 12620.

Qualora il calcestruzzo sia confezionato in stabilimenti per la produzioni di elementi prefabbricati, la qualificazione del calcestruzzo è coperta dalla certificazione CE dell'elemento medesimo.

Riassumendo:

L'avvio dei lavori deve essere preceduto a cura del costruttore, dalla valutazione preliminare della resistenza, condotta sotto il controllo del Direttore dei Lavori, per la determinazione della composizione della miscela conforme alla resistenza caratteristica di progetto.

In caso di impiego di calcestruzzo preconfezionato con processo industrializzato, le prove preliminari di qualifica sono comprese nell'attività di controllo del processo FPC.

Per calcestruzzi prodotti direttamente in cantiere invece, in assenza di un processo industrializzato, le prove preliminari sono obbligatorie ed il costruttore deve documentarne l'esecuzione ed i relativi risultati.

Il Direttore Lavori dovrà acquisire prima dell'impiego in un caso la certificazione FPC, nell'altro la documentazione attestante l'esecuzione delle prove preliminari di qualifica della miscela di calcestruzzo ed i relativi risultati.

Parimenti, al Direttore Lavori dovrà essere consegnata attestazione della marcatura CE dei materiali componenti la miscela di calcestruzzo (cementi, aggregati, additivi, aggiunte). Il Direttore Lavori potrà altresì disporre controlli aggiuntivi per l'accertamento delle caratteristiche dei materiali medesimi.



attrezzatura di prova



cubi e cilindri di calcestruzzo

La qualificazione secondo il CCOC Italferr

Il capitolato societario di Italferr, ha costituito nel tempo fin dalla sua prima emissione, un concreto riferimento per altre Committenze che ad esso spesso si ispirano e si alimentano per la completezza delle prescrizioni ivi contenute.

In tale contesto, innovativo appare in particolare l'iter di qualifica delle miscele di calcestruzzo che prevede il confezionamento delle stesse presso l'impianto di betonaggio al fine di testare le caratteristiche studiate dal costruttore.

Lo schema sotto riportato mette a confronto sinteticamente la successione dei passaggi previsti nel processo di qualifica normativo e contrattuale.

CAPITOLATO ITALFERR	NTC 2008
<i>Studio di prequalifica</i>	<i>Studio di prequalifica</i>
Prove industriali all'impianto	

<i>FPC (proc. industr.) + Dossier di qualifica</i>	<i>FPC e/o Dossier di qualifica</i>
<i>Acquisizione documento DL</i>	<i>Acquisizione documento DL</i>

Almeno 15 giorni prima dell'esecuzione delle prove di industriali di qualifica di ciascuna miscela di conglomerato cementizio, il costruttore deve presentare al committente un apposito dossier di prequalifica, comprendente studi, prove, certificazioni e valutazioni degli impasti compiuti per caratterizzare la miscela medesima ed i suoi componenti.

L'elaborazione di un dossier di prequalifica, propedeutico all'esecuzione della successiva attività di qualifica della miscela all'impianto di betonaggio, ha lo scopo di attestare la conformità del calcestruzzo e dei singoli costituenti alle prescrizioni di norma e di capitolato.

In particolare, nel dossier deve essere fatto esplicito riferimento a:

- materiali che si intendono utilizzare (provenienza, tipo, conformità);
- classe di esposizione ambientale, d_{max} , classe di consistenza;
- proporzionamento analitico della miscela;
- certificazioni di prova su ciascun componente e sulla miscela allo stato fresco e indurito;
- curve di resistenza nel tempo (almeno 1, 3, 7, 14, 28 giorni).

Italferr autorizzerà l'inizio dei getti solo dopo avere effettuato presso l'impianto di betonaggio, in contraddittorio con il costruttore, le prove industriali tese all'accertamento dei requisiti dichiarati per ciascun tipo e classe di calcestruzzo.

Più precisamente, ove non diversamente prescritto in progetto, le prove da eseguire in fase di qualifica delle miscele all'impianto di betonaggio dovranno comprendere almeno le seguenti:

a) Calcestruzzo fresco:

- rapporto acqua/cemento;
- classe di consistenza con mantenimento della lavorabilità per 60 minuti;
- acqua essudata;
- contenuto aria occlusa;
- massa volumica;
- omogeneità.

b) Calcestruzzo indurito:

- resistenza a compressione a 1, 3, 7, 14, 28 e 60 giorni di stagionatura;
- massa volumica;
- profondità di penetrazione dell'acqua sotto pressione.

Ulteriori prove potranno essere richieste in relazione allo specifico impiego della miscela (per esempio: resistenza alla degradazione per cicli di gelo e disgelo, determinazione del ritiro, ecc).



misura della tara su bilancia digitale



determinazione della massa volumica

La qualifica si intenderà superata quando:

1. il valore della resistenza media a compressione a 28 giorni, misurata su provini prelevati dall'impasto sarà:

$$R_{cm} \geq R_{ck} + 10 \text{ N/mm}^2$$

con valore minimo di ogni resistenza di prelievo $R_i \geq R_{ck}$ (3);

2. il valore dell'abbassamento al cono è conforme alla classe di consistenza dichiarata e si mantiene entro i limiti della stessa per almeno 60 minuti;
3. l'omogeneità del calcestruzzo su due campioni, prelevati rispettivamente a 1/5 e 4/5 dello scarico della betoniera è inferiore al 15%;
4. il rapporto acqua/cemento non si discosta più di + 0.02 da quello dichiarato nel dossier di prequalifica;
5. il valore della massa volumica del calcestruzzo fresco è superiore al 98% del valore teorico.

Il capitolato richiede che tutti i materiali costituenti gli impasti di prova siano testati secondo le rispettive norme di prodotto per la necessaria caratterizzazione.

Nel caso di confezionamento del calcestruzzo a secco, la qualifica non può assolutamente avvenire con impiego di miscelatore e viceversa.

La qualifica delle miscele deve essere ripetuta, con le medesime modalità, ogni qualvolta si modificano i componenti, i dosaggi dei costituenti o le modalità di confezionamento delle miscele stesse.

L'attività di qualifica delle miscele non esaurisce il controllo di qualità del calcestruzzo che in corso d'opera si arricchisce di ulteriori controlli di conformità periodici.

Tali controlli, che si aggiungono in corso d'opera ai controlli di accettazione previsti dalla normativa vigente, sono stati introdotti dal Capitolato allo scopo di verificare la permanenza delle caratteristiche dei materiali e delle miscele impiegate con quelle definite in sede di qualifica.

Pertanto, in funzione dell'impiego previsto (in base a mc complessivi, mc per ciascun getto, frequenza di impiego) ciascuna miscela di calcestruzzo qualificata dovrà essere sottoposta a prove condotte presso l'impianto di betonaggio secondo un iter del tutto identico a quello di qualifica al fine di verificare il mantenimento dei requisiti determinati in occasione delle prove industriali di qualifica.

Il mancato rispetto delle caratteristiche dei costituenti e/o della miscela fresca/indurita, porta sempre all'apertura di un rapporto di Non Conformità.



abbassamento al cono



essiccamento campione di cls per determinazione rapp. a/c

La qualificazione secondo UNI EN 206-1

Indicazioni in merito alla qualificazione delle miscele di calcestruzzo sono contenute anche nella norma UNI EN 206-1.

La norma differenzia il calcestruzzo prodotto secondo le modalità di prescrizione in miscela a prestazione garantita e miscela a composizione richiesta.

I calcestruzzi possono essere qualificati sulla base di prove iniziali o di informazioni derivate da esperienze di lungo termine con calcestruzzi paragonabili.

Nel caso di calcestruzzi a prestazione le prove iniziali (prove di qualifica) sono condotte sotto la responsabilità del produttore.

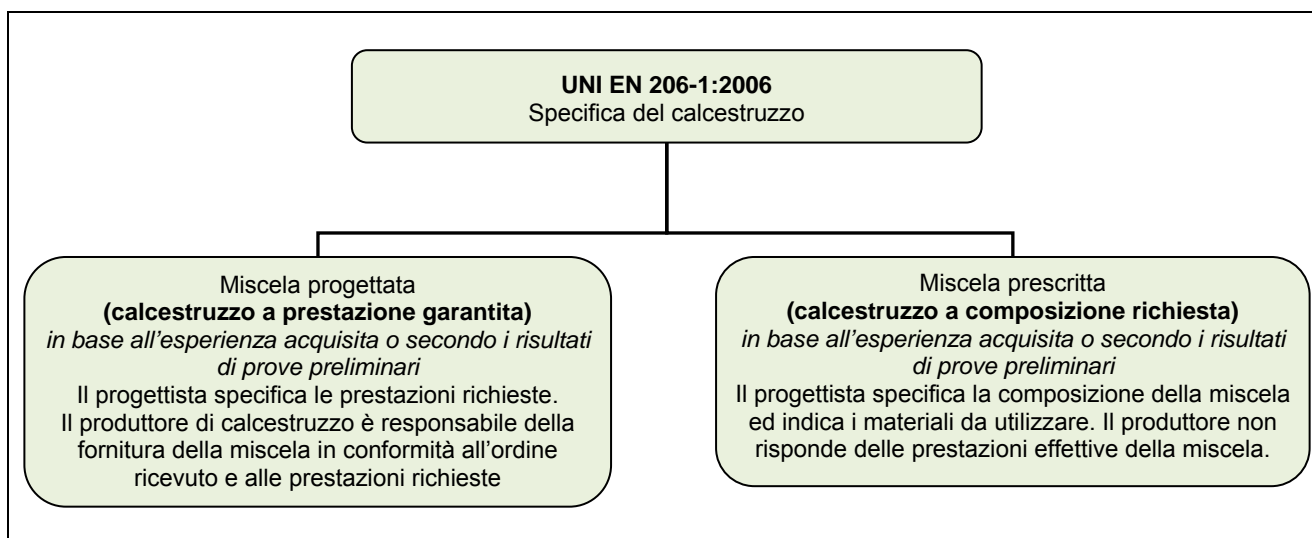
Non sono necessarie invece prove iniziali nel caso di calcestruzzo a composizione. La valutazione della conformità di tali miscele si basa unicamente sul raggiungimento della composizione specificata. In tal caso il prescrittore è responsabile del raggiungimento delle prestazioni volute.

E' sempre consigliabile tuttavia, qualora fosse proprio necessario ricorrere a calcestruzzi a composizione richiesta, condurre prove preliminari presso laboratori autorizzati.

La norma non richiede prove iniziali qualora il produttore o il prescrittore abbia maturato un'esperienza di lunga data con un analogo calcestruzzo o una famiglia di calcestruzzi nel qual caso la dimostrazione dell'esperienza costituisce una valida alternativa alle prove iniziali.

L'impiego di un calcestruzzo di nuova composizione deve essere sempre preceduto dall'esecuzione di prove iniziali allo scopo di dimostrare il possesso della miscela dei requisiti specificati allo stato fresco e a quello indurito.

La norma richiede la conservazione della documentazione attestante l'esito delle prove condotte per ciascun tipo di calcestruzzo.



La qualificazione secondo Linee Guida sul Calcestruzzo Strutturale

Le LLGG, in modo analogo alla norma UNI EN 206-1, richiedono che il calcestruzzo sia specificato con riferimento come miscela progettata (calcestruzzo a prestazione garantita) o alla miscela prescritta (calcestruzzo a composizione richiesta).

Per calcestruzzo a composizione richiesta deve essere obbligatoriamente presentata una relazione preliminare di qualifica che documenti le prove effettuate (p.e. consistenza, massa volumica, resistenza, durabilità, protezione dalla corrosione, ecc.) ed i risultati ottenuti. E' possibile tuttavia prescrivere la composizione della miscela anche in base all'esperienza acquisita su un calcestruzzo simile.

Nel caso di miscela progettata (calcestruzzo a prestazione garantita), le proprietà prescritte in progetto devono essere determinate mediante apposite prove. E' responsabilità del produttore di calcestruzzo fornire una miscela conforme alle prestazioni richieste.



confezionamento cubi in sede di qualifica della miscela di calcestruzzo

Dossier di qualifica

Le NTC pur richiedendo l'elaborazione di uno studio preliminare di qualifica della miscela di calcestruzzo, non specificano nel merito la composizione del documento.

Elementi più significativi al riguardo possono essere ricavati dalle Linee Guida sul calcestruzzo strutturale (composizione, classe di esposizione ambientale in relazione alla destinazione d'uso, classe di resistenza, classe di consistenza, caratteristiche del calcestruzzo fresco e indurito, documentazione delle prove effettuate).

Il Capitolato Costruzione Opere Civili di Italferr richiede invece, in maniera del tutto esplicita e dettagliata, la predisposizione per ciascuna miscela di calcestruzzo di un apposito dossier di qualifica completo delle certificazioni di prova e di conformità secondo un preciso indice.

Il dossier da consegnare con congruo anticipo (almeno 15 gg) rispetto all'avvio dell'attività programmata, deve riportare almeno le seguenti indicazioni/documentazioni:

- classe di resistenza;
- diametro massimo degli aggregati;
- tipo, classe, dosaggio legante;
- classe di esposizione ambientale;
- contenuto max di cloruri;
- contenuto aria occlusa;
- rapporto a/c;
- tipo, provenienza e dosaggio dei componenti la miscela;
- certificazioni di prova su calcestruzzo fresco, indurito e materiali componenti rilasciate da laboratori autorizzati;
- conformità CE di ciascun componente secondo la rispettiva norma di prodotto;
- curva sviluppo delle resistenze nel tempo;
- curva della lavorabilità nel tempo.

Committente Principale		AS	Contrattista Generale
SPT		ITALFERR	
DOSSIER DI PREQUALIFICA MISCELE DI CALCESTRUZZO			
1	OGGETTO		3
2	APPLICABILITÀ		3
3	COMPONENTI UTILIZZATI		4
3.1	ACQUA		4
3.2	CEMENTO		4
3.3	ADDITIVO		4
3.4	AGGREGATI		5
3.4.1	SABBI 0/0.84CCH		5
3.4.2	SABBA 0/4 PEDRINIMORTALI		7
3.4.3	PIETRESCO 5/0/1.2-PEDRINIMORTALI		9
3.4.4	PIETRESCO 10/0/2-PEDRINIMORTALI		11
4	MIX DESIGN		13
4.1	RICETTA DELLA MISCELA		13
4.2	PROVE SUL PRODOTTO FRESCO		14
4.3	ANALISI GRANULOMETRICA DELLA MISCELA		15
4.4	PROVE SUL PRODOTTO INDURITO		16
5	ELENCO ALLEGATI		16

Indice di un dossier di prequalifica

Conclusioni

Le NTC prescrivono che l'impiego della miscela di calcestruzzo per interventi strutturali sia preceduto da una fase di studio tesa a determinare la resistenza caratteristica e le altre proprietà richieste in progetto. La valutazione preliminare della resistenza del calcestruzzo costituisce il presupposto fondamentale per l'affidabilità e la durabilità delle opere strutturali.

Prima dell'impiego della miscela il costruttore deve sottoporre alla Direzione Lavori la seguente documentazione:

- certificazione FPC per calcestruzzo confezionato con processo industrializzato (calcestruzzo preconfezionato e calcestruzzo prefabbricato);
- studio preliminare di qualifica della miscela nel caso di produzione temporanea e non industrializzata;
- certificazioni attestanti la conformità dei relativi materiali componenti.

Il capitolato societario di Italferr SpA prevede alcuni passaggi integrativi al riguardo, tra i quali assai significativi appaiono:

- la conduzione di prove industriali presso l'impianto di betonaggio sulla miscela studiata dal costruttore,
- la verifica periodica della miscela per la valutazione del mantenimento dei requisiti determinati in qualifica sulla base delle prescrizioni di progetto.

Note

- (1) sono considerati laboratori ufficiali i laboratori degli istituti universitari dei politecnici e delle facoltà di ingegneria e di architettura, il laboratorio di scienza delle costruzioni del centro studi ed esperienze dei servizi antincendi e di protezione civile (Roma).

Il Ministro per le infrastrutture e i Trasporti, sentito il Consiglio superiore dei lavori pubblici, può autorizzare con proprio decreto altri laboratori ad effettuare prove su materiali da costruzione. L'attività di tali laboratori è considerato servizio di pubblica utilità.

- (2) la norma UNI EN 206-1 definisce famiglia di calcestruzzi "un gruppo di composizioni di calcestruzzo per le quali è stabilita e documentata una affidabile relazione tra proprietà significative"
- (3) per resistenza di prelievo si intende il valore risultante dalla rottura a compressione di una coppia di provini

Riferimenti

- [1] DM 14.1.2008 "norme tecniche per le costruzioni";
- [2] DM 9.1.1996 "norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche";
- [3] DM 23.9.2005 "norme tecniche per le costruzioni";
- [3] CCOC "capitolato costruzioni opere civili", Italferr SpA, 2008
- [4] UNI EN 206-1 "calcestruzzo – specificazione, prestazione, produzione e conformità", 2006
- [5] Linee Guida sul Calcestruzzo Strutturale, Servizio Tecnico Centrale, 1996