Zeitschrift: Archi : rivista svizzera di architettura, ingegneria e urbanistica = Swiss review of architecture, engineering and urban planning

Herausgeber: Società Svizzera Ingegneri e Architetti

Band: - (2006)

Heft: 4

Artikel: Controllo della qualità del calcestruzzo

Autor: Frigeri, Giuliano / Teruzzi, Tiziano

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-133484

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Controllo della qualità del calcestruzzo

Giuliano Frigeri*
Tiziano Teruzzi*

Introduzione

La galleria Vedeggio-Cassarate può essere considerata, a giusta ragione, il primo importante banco di prova del nuovo Piano di controllo della qualità (PCQ) del calcestruzzo adottato dalla Divisione delle costruzioni del Dipartimento del territorio del Canton Ticino ed elaborato con la collaborazione del Laboratorio tecnico sperimentale (LTS) della SUPSI.

Nuovo Piano di controllo resosi necessario dall'entrata in vigore il 1° gennaio 2003 delle nuove norme SIA sul calcestruzzo (semplice, armato e precompresso).

Di seguito intendiamo presentare una sintesi degli aspetti principali che lo caratterizzano. Per esemplificare prenderemo in considerazione unicamente il calcestruzzo a prestazione garantita utilizzato per il rivestimento delle centrali di ventilazione della galleria.

Premessa

Quadro normativo di riferimento

- Norma di prodotto: SIA 162.051 (SN EN 206-1:2000), Beton – Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung, Konformität.
- Norma di progetto e esecuzione: SIA 262:2003 Bauwesen, SN 505 262, Betonbau.
- Norma di prova: SIA 262/1:2003 Bauwesen, SN 505 262/1, Betonbau-Ergänzende Festlegungen.

La norma SN EN 206-1:2000 e i controlli di qualità

Gli aspetti più interessanti e innovativi contemplati dalla norma SN EN 206-1:2000 – costituita, nella parte centrale, dalla nuova norma europea di prodotto EN 206-1 completata, per la Svizzera, dalla premessa e da un importante annesso nazionale – che influenzano direttamente o indirettamente i controlli di qualità del calcestruzzo si possono riassumere come segue.

- Si distinguono due tipi di calcestruzzo a dipendenza delle indicazioni che il produttore riceve dal prescrittore (di regola l'ingegnere progettista); uno, denominato calcestruzzo a prestazione garantita, è raccomandato dalla norma (cfr. appendice nazionale 3.1.11/12) l'altro, denominato calcestruzzo a composizione richiesta, verrà prescritto unicamente in quei casi che richiedono calcestruzzi con prestazioni eccezionali e particolari.
- Le indicazioni che il prescrittore deve fornire al produttore per i due tipi di calcestruzzo succitati sono precisate nel dettaglio e vengono denominate nel loro insieme «specifica del calcestruzzo».
- Le responsabilità tecniche che, nella fase di produzione del calcestruzzo fresco (fase di confezione), competono al prescrittore (l'ingegnere progettista), al produttore (la centrale di betonaggio per il calcestruzzo preconfezionato e trasportato sul cantiere o l'impresa di costruzione per il calcestruzzo confezionato sul cantiere) e all'utilizzatore (l'impresa di costruzione), sono chiaramente definite in funzione del tipo di calcestruzzo scelto (a prestazione o a composizione) (Fig. 1).
- Le modalità per la valutazione, sorveglianza e certificazione della fase di confezione, comprensive delle modalità di controllo della conformità del prodotto, sono anch'esse definite chiaramente e dettagliatamente nella nuova norma.

Fig 1 – Fasi del processo di produzione del calcestruzzo e norme implicate

– Un aspetto che caratterizza la versione svizzera di questa norma di prodotto e che fa da interfaccia alla norma di progetto SIA 262 è costituito dalla Tabella NA3 contenuta nella sua appendice nazionale. Nella stessa, in funzione delle diverse classi di esposizione ambientale, sono indicati, per calcestruzzi con un diametro massimo degli aggregati di 32 mm, i valori dei requisiti minimi richiesti in Svizzera per quanto concerne le proprietà e la composizione del calcestruzzo. Tra questi figurano oltre ad alcuni importanti requisiti relativi alla composizione (rapporto acqua/cemento massimo, dosaggio minimo di cemento, tenore d'aria minimo, tipi di cemento) anche le prove di controllo da eseguirsi per accertare la conformità alla specifica prefissata; prove che sono presentate nel dettaglio nella norma svizzera SIA 262/1.

Le norme SIA 262 e 262/1 e i controlli di qualità

Le norme SIA 262 e 262/1 sono delle norme svizzere di progetto, esecuzione e prove sul calcestruzzo (semplice, armato e precompresso) che ricalcano l'impostazione che ha sempre caratterizzato la normativa SIA e cioè quella di offrire ai progettisti degli strumenti di lavoro atti ad aggiornare e migliorare la qualità delle loro prestazioni senza risultare eccessivamente prescrittive. Per quanto concerne i controlli di conformità nella fase di confezione queste norme si rifanno alla norma di prodotto SN EN 206-1:2000 mentre per i controlli nelle fasi successive fino al collaudo dell'opera lasciano ampie facoltà all'impresa e alla direzione lavori (committente) di decidere le strategie di controllo da seguire.

Per l'Ente pubblico quale committente era pertanto della massima importanza definire chiaramente mezzi e modalità di controllo che si intendevano adottare nelle fasi di messa in opera, di accettazione della parte d'opera e di collaudo del manufatto in calcestruzzo (Fig. 2).

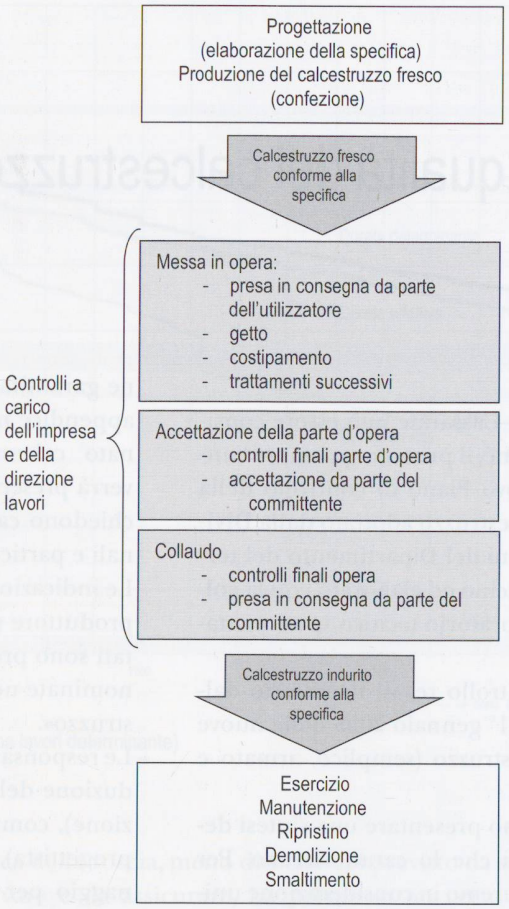

Fig 2 – Posizione, nel ciclo di vita del calcestruzzo, delle fasi di controllo contemplate dal nuovo PCQ

Modalità di verifica della qualità

Accertamento della conformità del prodotto

L'accertamento della conformità del calcestruzzo fresco e di quello indurito è parte integrante del controllo del processo di produzione. Esso richiede un piano di campionamento e di prova che contempli la frequenza minima di campionamento per ogni singola prova e i criteri di valutazione della conformità da adottare. Per la fase di confezione del calcestruzzo (produzione del calcestruzzo fresco) fa stato la norma specifica di prodotto SN EN 206-1, la quale definisce nel dettaglio mezzi e modalità di accertamento della conformità. Per la fase di messa in opera è opportuno prevedere ulteriori controlli sul calcestruzzo fresco e su quello indurito. Controlli che, nelle fasi di accettazione della parte d'opera e di collaudo, saranno completati da controlli effettuati dalla direzione lavori.

Frequenza delle prove di controllo

La frequenza delle prove di controllo riveste una grande importanza anche per le sue implicazioni di carattere finanziario e sarà definita nel piano di controllo della qualità per ogni prova effettuata. Mentre per la fase di confezione è la norma SN EN 206-1 a stabilire la frequenza dei controlli, per cui nel piano di controllo della qualità è sufficiente esigere la conformità a quanto prescritto dalla norma, nelle fasi successive questo compito è lasciato al progettista e alla direzione lavori.

Criteri di valutazione della conformità

I criteri di valutazione della conformità dovranno ovviamente rimanere identici in tutte le fasi di produzione per quanto concerne sia il calce-

struzzo fresco sia quello indurito. Esiste però l'esigenza di tener conto dell'inevitabile differenza che si riscontra nei risultati delle prove a dipendenza delle modalità di prelievo dei campioni; campioni che possono essere confezionati appositamente durante il getto oppure venir prelevati direttamente dall'opera mediante carotaggio (cfr. norma EN 12504-1 Prüfung von Beton in Bauwerken – Teil 1: Bohrkernproben – Herstellung, Untersuchung und Prüfung der Druckfestigkeit).

Il piano di controllo della qualità (PCQ)

In generale

Il piano di controllo deve indicare chiaramente, per il tipo di calcestruzzo mirato, la strategia di controllo adottata da parte del committente (rappresentato sul cantiere dalla direzione lavori e/o dal progettista) per accertare che il calcestruzzo indurito in opera soddisfa i requisiti prestazionali indicati nella sua specifica.

Di seguito indichiamo gli aspetti principali che caratterizzano le diverse tappe del controllo di qualità accompagnati dalla relativa scheda elaborata per ogni tappa.

Le cinque schede prodotte, per la specifica del calcestruzzo, per la confezione, per la messa in opera, per l'accettazione della parte d'opera e per il collaudo completate e adattate alle esigenze dettate dalla specificità del calcestruzzo mirato costituiranno il piano di controllo della qualità.

A titolo esemplificativo, come premesso, presenteremo le prime tre schede del Piano di controllo della qualità del calcestruzzo di rivestimento delle centrali di ventilazione della galleria omettendo le indicazioni relative ai criteri di conformità e alla quantità di prove previste.

Specifica del calcestruzzo

La specifica dettagliata del calcestruzzo mirato è dalla massima importanza. Essa costituisce la base sulla quale è possibile costruire coerentemente la strategia di controllo e consta dei requisiti di base e dei requisiti aggiuntivi (cfr. pto. 6.2 norma SN EN 206-1). Anche se nel capitolato i requisiti di base sono impliciti nel tipo di calcestruzzo CPN è fondamentale che gli stessi figurino integralmente nel piano di controllo della qualità accompagnati dai requisiti aggiuntivi.

Confezione o produzione del calcestruzzo fresco

Abbiamo già sottolineato che la responsabilità dei controlli previsti dalla norma SN EN 206-1 nella fase di confezione del calcestruzzo a prestazione garantita è di competenza esclusiva del produttore. Produttore che, quando il calcestruzzo è prodotto in cantiere, può coincidere con l'utilizzatore. A differenza di quanto previsto nei passati piani di controllo della qualità, se non specificato altrimenti, farà stato la nuova normativa in vigore la quale stabilisce nel dettaglio mezzi e modalità di controllo della conformità del calcestruzzo fresco

Parte d'opera: Centrali – rivestimento interno, pareti e solette		
Tipo di calcestruzzo CPN		D
6.2.2*	Requisiti di base	
	Classe di resistenza a compressione	C 25 / 30
	Classi di esposizione ambientale	XC4, XD2, XF2
	Dimensione massima nominale dell'aggregato	32 mm
	Classe di contenuto in cloruri	Cl 0.10
	Classe di consistenza	C3
6.2.3*	Requisiti aggiuntivi	
	Tipi o classi speciali di cemento	CEM I 42.5 N

Fig 3 – Scheda 1: specifica del calcestruzzo a prestazione garantita conforme alla norma SN EN 206-1:2000

pareti e solette			
Tipo di calcestruzzo CPN	D		
Se non specificato altrimenti fanno stato tutte le indicazioni date dalla norma di prodotto SN EN 206-1.			
Tutti i controlli sono di esclusiva competenza del produttore.			
Il produttore dovrà poter mettere a disposizione dell'utilizzatore il certificato di conformità del processo di produzione comprensivo della valutazione di conformità del tipo di calcestruzzo fornito.			
Documenti che accompagnano il calcestruzzo fresco e devono venir trasmessi all'impresa		Documenti da consegnare alla DL al momento dell'inoltro dell'offerta[1]	Documenti da consegnare alla DL al più tardi al momento dell'accettazione della parte d'opera[1]
1	Certificato di conformità del processo di produzione (cfr. SN EN 206-1, Appendice C)	X	
2	Documento di consegna del calcestruzzo (cfr. SN EN 206-1, 7.3)		X
Altre informazioni che il produttore è tenuto a dare all'impresa			
1	Tipo e classe di resistenza del cemento e tipo di aggregato	x	
2	Tipo di additivi, tipo e contenuto approssimato delle aggiunte, se utilizzate		x
3	Rapporto acqua/cemento$_{eq}$ di riferimento	x	
4	Sviluppo della resistenza (cfr. SN EN 206-1, tabella 12)	x	
5			
6			
7			
	Tabulato di produzione, completo delle masse degli ingredienti introdotti nella miscelatrice, che l'impresa trasmetterà al laboratorio per gli impasti sui quali si effettuano le prove sul calcestruzzo fresco 2, 3, 6a, 6b e 8 indicate nella scheda 3.		

Osservazioni

[1] Indicare con una crocetta la scelta fatta

Fig 4 – Scheda 2: controlli di competenza del produttore nella fase di confezione

e indurito distinguendo tra prove iniziali (preventive) e prove nella fase di produzione vera e propria del calcestruzzo fresco. In uscita dal processo di confezione (Fig. 2) dovremmo pertanto avere un calcestruzzo fresco conforme alla specifica. Al momento della consegna sarà importante richiedere che il prodotto consegnato sia accompagnato dalla documentazione prescritta dalla norma (cfr. norma SN EN 206-1, 7.3 e Appendice C)

Messa in opera

Il prodotto in entrata nel processo di messa in opera è un calcestruzzo fresco conforme alla specifica. Qualora il produttore non coincida con l'utilizzatore, provenendo il calcestruzzo fresco da una centrale di betonaggio, è auspicabile che il piano di controllo della qualità prescriva dei controlli, da effettuarsi sul calcestruzzo fresco al momento della consegna e su quello indurito su campioni confezionati durante il getto.

Considerati gli obiettivi dei controlli (accertare la correttezza dei dati forniti dal produttore al momento della consegna e verificare il raggiungimento dei requisiti richiesti al calcestruzzo indurito), la loro tipologia e quantità sarà diversa da quella richiesta nella fase di confezione.

Legenda riferimenti

[1] Indicare con una crocetta la scelta fatta

[2] Per il calcolo è indispensabile conoscere la massa volumica apparente e le masse dei diversi ingredienti presenti nell'impasto e dedotte dal tabulato di produzione

[3] Con più di 35 risultati di prelievo $f_{cm} > f_{ck} + 1.48\ \sigma$ (σ = scarto tipo)

[4] Il metodo B è valido unicamente con un numero di carote da 3 a 14. Altrimenti si deve adottare il metodo A (crf. prEN 13791)

[5] Una prova richiede 3 esami ravvicinati

[6] Una prova richiede la confezione di 2 prismi 12/12/36

Tipo di calcestruzzo CPN	D	Centrali - Rivestimento interno

	Prove sul calcestruzzo fresco	Norme di prova	Requisito da norma o specifica	Criteri di conformità: limite inferiore	limite superiore	numero di accettazione	no. campioni (prelievi) per prova	frequenza delle prove per tappa di getto	frequenza delle prove per parte d'opera	no. di prove presumibili	Certificati di prova da consegnare alla DL al momento del getto [1]	Certificati di prova da consegnare alla DL al momento dell'accettazione della parte d'opera [1]
1a	Indice di compattabilità	EN 12350-4:2000				prospetto 19b					x	
1b	Spandimento	EN 12350-5:2000		---	---	prospetto 19b						
1c	Abbassamento al cono	EN 12350-2:2000		---	---	prospetto 19b						
2	Contenuto di cemento, aggiuntivi e acqua	(dal tabulato di produzione)		---	nessuno	prospetto 19a						
3	Rapporto acqua/cemento $_{eq}$			nessuno	---	prospetto 19a						
4	Contenuto d'aria	EN 12350-7:2000				prospetto 19a					x	
5	Massa volumica apparente	EN 12350-6:2000		---	---						x	
6a	Contenuto di cemento	(dal calcolo [2])			nessuno	prospetto 19a					x	
6b	Contenuto aggiuntivi			---	---						x	
7	Contenuto d'acqua	SIA 262/1:2003		---	---						x	
8	Rapporto acqua/cemento $_{eq}$	(dal calcolo [2])		nessuno		prospetto 19a					x	

	Prove sul calcestruzzo indurito	Norme di prova	Requisito da norma o specifica o altro	Criteri di conformità: limite inferiore	limite superiore	precisione						
1a	Resistenza alla compressione su cubi 15/15/15	prEN 12390-3:1999	$f_{ck,cube} = 30\ N/mm^2$	$f_{cm} \geq f_{ck} + 4$	$f_{ci} \geq f_{ck} - 4$	prospetto 14[3]	3					x
1b	Resistenza alla compressione su carote ϕ 10 cm prelevate dal manufatto	EN 12504-1:2000 prEN 12390-3:1999	$f_{ck,is,cube} = 26\ N/mm^2$	$f_{cm} \geq f_{ck} + k$	$f_{minimo} \geq f_{ck} - 4$	prEN 13791, metodo B[4]	3					x
2	Permeabilità all'acqua su carote ϕ 5 cm	SIA 262/1:2003 Annesso A	$q_{w,d=20cm} \leq 10\ g/m^2h$	nessuno	≤ 10	SIA 262/1 A.10	5					x
3	Resistenza alla penetrazione dei cloruri su carote ϕ 10 cm	Annesso B	$D_{Cl,cf=40mm} \leq 10^{-11}\ m^2/s$	nessuno	$\leq 10^{-11}$	TFB	3					
4	Resistenza al gelo-disgelo in presenza di sali antigelo su carote ϕ 10 cm	Annesso C	$m \leq 200\ g/m^2$ o $m \leq 600\ g/m^2$ se $\Delta m_{28} \leq (\Delta m_6 + \Delta m_{14})$	nessuno	≤ 200 ≤ 600	SIA 262/1 C.10	4					x
5	Permeabilità all'aria[5]	Annesso E										

Fig 5 – Scheda 3: Controlli di competenza dell'impresa da effetture durante la messa in opera

Accettazione della parte d'opera

In questa importante e spesso, per quanto attiene alla qualità del calcestruzzo indurito in opera, poco considerata fase del processo di produzione del calcestruzzo il nuovo PCQ propone, per elementi costruttivi la cui durabilità dipende in larga misura dalla compattezza del calcestruzzo, il controllo non distruttivo della permeabilità all'aria con il permeabilimetro di Torrent. Si tratta di realizzare i controlli richiesti dalla norma SIA 262/1 all'art. 6.4.2.2 che recita: «La compattezza raggiunta dal calcestruzzo di copriferro deve essere controllata con prove di permeabilità (p. es. misure di permeabilità all'aria) eseguite direttamente sulla costruzione o su provini prelevati dalla costruzione».

Le prove sul calcestruzzo indurito richieste per il collaudo verranno effettuate su carote prelevate direttamente dall'opera. Con la presa in consegna e l'analisi di tutta la documentazione tecnica relativa agli altri controlli effettuati sul calcestruzzo indurito nella fase di messa in opera, le prove sul calcestruzzo indurito, costituiranno la base indispensabile per valutare se il calcestruzzo della parte d'opera considerata è conforme alla specifica.

Collaudo

Il rapporto conclusivo elaborato dal laboratorio di prova accreditato, che ha eseguito i controlli della fase di accettazione delle parti d'opera, è parte integrante della documentazione richiesta per il collaudo.

Considerazioni conclusive

In generale

La sperimentazione in atto del nuovo «Piano di controllo della qualità del calcestruzzo» utilizzato per la galleria Vedeggio-Cassarate permetterà di raccogliere osservazioni e suggerimenti che favoriranno il suo ulteriore miglioramento.

Uno degli obiettivi prefissati è stato quello di proporre uno strumento di lavoro dinamico che si adatti a situazioni ed esigenze diverse.

Tutte le schede proposte richiedono infatti, per diventare operative, che si facciano delle scelte in merito al tipo e alla frequenza delle prove da effettuare durante le fasi che seguono il processo di produzione e la fornitura del calcestruzzo certificato dal produttore.

È della massima importanza non dimenticare che tutti i controlli di conformità partono dal presupposto che i risultati delle prove effettuate sono rappresentativi del prodotto in esame e che la rappresentatività dei risultati ottenuti nelle diverse fasi di controllo dipende dalla qualità del campionamento e dall'omogeneità del prodotto esaminato.

La nuova norma di prodotto SN EN 206-1 favorisce la confezione di un calcestruzzo di qualità e permette di ridurre i controlli che seguono la fornitura ma non li elimina. Infatti eliminare i controlli successivi alla consegna sarebbe come considerare la messa in opera una fase trascurabile ai fini della qualità finale del calcestruzzo indurito in opera.

In merito alla realizzazione pratica del controllo della qualità

Il controllo della qualità deve essere organizzato in modo tale da escludere conflitti di interesse che compromettono l'indispensabile garanzia di imparzialità. Di regola ciò significa che i controlli durante la fase di accettazione della parte d'opera devono essere eseguiti da un laboratorio che non risulta già impegnato nei controlli delle fasi precedenti. Esemplificando: il laboratorio che si occupa dei controlli di produzione per l'impresa non dovrebbe occuparsi dei medesimi controlli per il committente (direzione dei lavori).

Questo assunto assume la massima importanza quando il committente è un ente pubblico.

La Divisione delle costruzione del Dipartimento del territorio ha pertanto deciso di affidare al Laboratorio tecnico sperimentale della SUPSI la supervisione e il controllo nelle fasi di accettazione e collaudo lasciando ad altri laboratori accreditati il compito di controllo nelle precedenti fasi di produzione e messa in opera.

* Laboratorio tecnico sperimentale della SUPSI