

43 LA MATURAZIONE DEI GETTI

La realizzazione di strutture in calcestruzzo armato eccellenti dal punto di vista della durabilità, delle capacità portanti e dei livelli di sicurezza generali dell'opera si concretizza attraverso:

- A) una corretta prescrizione di capitolato per il conglomerato cementizio;
- B) il confezionamento di un calcestruzzo prodotto con in processo industrializzato certificato da un terzo organismo che consenta preliminarmente di accertare che le prestazioni specificate dal progettista siano realmente conseguibili riducendo al minimo le oscillazioni prestazionali rispetto ai valori attesi;
- C) una idonea posa in opera che eviti la segregazione dell'impasto e consenta di conseguire per il calcestruzzo in opera valori della massa volumica prossimi a quelli massimi caratteristici di un impasto compattato "a rifiuto";
- D) garantendo una adeguata maturazione del calcestruzzo nel periodo immediatamente successivo alla posa in opera del conglomerato nei casseri.



L'ingranaggio virtuoso per il raggiungimento dei livelli di sicurezza prefissati per l'opera.

La maturazione dei getti persegue obiettivi distinti in relazione alla fase plastica e di indurimento del calcestruzzo.

A) FASE PLASTICA (entro 12 -24 ore dalla posa)

Limitare o impedire l'evaporazione di acqua dal calcestruzzo verso l'ambiente esterno al fine di prevenire la comparsa di cavillature e lesioni per effetto delle tensioni indotte dalle contrazioni impedito del calcestruzzo in fase plastica (**ritiro plastico**);

B) FASE DI INDURIMENTO (dopo 24 ore dalla posa fino a 7-10 giorni)

Limitare o impedire l'evaporazione di acqua dal calcestruzzo verso l'ambiente esterno al fine di garantire una corretta evoluzione del processo di idratazione del cemento finalizzato

al raggiungimento di una porosità capillare congruente con i livelli di durabilità e con le prestazioni elasto-meccaniche attese per il calcestruzzo.

La maturazione del calcestruzzo entro le 12-24 ore immediatamente successive alla posa in opera (protezione dei getti in fase plastica)

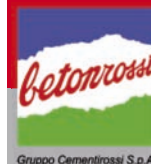
Quando il calcestruzzo è esposto ad un ambiente insaturo di vapore parte dell'acqua di impasto presente nella matrice cementizia tende ad evaporare verso l'esterno. Pertanto, fatta eccezione per i getti effettuati sott'acqua, immediatamente dopo la posa in opera, le strutture che presentano superfici non casserate sono esposte al rischio di forte evaporazione di acqua dal calcestruzzo verso l'ambiente esterno. Le strutture gettate entro cassero, invece, sono protette dall'evaporazione di acqua dalle sponde purché queste siano realizzate in materiali impermeabili quali acciaio, cartone con membrana interna di politene, pvc, polistirolo oppure in compensato di legno trattato con resina⁴⁷. Ovviamente, questa protezione cessa nel momento in cui si procede alla rimozione delle sponde e la superficie del getto si presenta direttamente esposta all'ambiente esterno.

Il quantitativo di acqua che può evaporare verso l'ambiente esterno diventa rilevante per quelle strutture che presentano una notevole estensione superficiale. In queste strutture, se la velocità di evaporazione, per le particolari condizioni climatiche esistenti in cantiere (bassa umidità relativa e discreta ventilazione), supera quella dell'acqua che perviene sulla superficie per effetto del *bleeding*, tra le particelle solide del conglomerato cementizio si formano dei menischi responsabili di una generale contrazione degli strati di calcestruzzo più superficiali. Nella realtà la contrazione (definita *ritiro plastico*) non può manifestarsi liberamente in quanto ostacolata sia dalla presenza delle armature che dagli strati di conglomerato più interni che, invece, sono sostanzialmente stabili. L'impedimento alla libera contrazione degli strati superficiali di conglomerato genera stati tensionali di trazione che, sebbene fortemente mitigati dalla rilevante deformazione viscosa che contraddistingue il materiale in questa fase plastica, risultano sempre superiori alla resistenza a trazione del calcestruzzo (anch'essa già modesta sia per le caratteristiche intrinseche del materiale che per la giovane età). Il risultato di queste coazioni indotte dal ritiro plastico in strutture non casserate esposte all'evaporazione di acqua in ambienti asciutti e ventilati, quindi, è rappresentato da una fessurazione diffusa che può presentarsi con andamento geometrico regolare a seguire il disegno dei ferri di armatura oppure, in quelle strutture debolmente armate o non armate (pavimenti in calcestruzzo o intonaci) in forma di fessure caotiche a mo' di carta geografica (*map-cracking*), di piccola ampiezza da risultare almeno inizialmente poco visibili ad occhio nudo⁴⁸.

Indipendentemente dalla tipologia fessurativa, le soluzioni di continuità determinate dal ritiro plastico rappresentano un grave inconveniente per le strutture in calcestruzzo non solo dal punto di vista estetico, ma soprattutto dal punto di vista della durabilità, della funzionalità e anche della statica dei manufatti. Queste soluzioni di continuità, infatti, rappresentano dei canali preferenziali di accesso per le sostanze aggressive nel calcestruzzo e, quindi, fonte primaria del degrado del conglomerato e delle armature in tempi più rapidi rispetto alla vita utile prefissata per l'opera. Ad esempio, nelle pavimentazioni industriali fessurate da ritiro plastico il passaggio dei carrelli elevatori può favorire lo sbriciamento dei cigli fessurativi. Infine, ma non meno importante, la fessurazione degli strati esterni rappresenta un problema anche per la statica degli elementi strutturali perché fessurazioni molto ampie e diffuse possono compromettere la corretta trasmissione degli sforzi acciaio-calcestruzzo.

La protezione delle superfici dei getti nel periodo successivo alla fase plastica (dopo le 12-24 ore)

Al termine della fase plastica la mancata protezione delle superfici dalla evaporazione di acqua verso l'ambiente esterno determina negli strati corticali del conglomerato un minor grado di idratazione rispetto agli strati più interni che, invece, sono protetti dalla perdita di acqua proprio dagli strati di calcestruzzo più superficiali. Pertanto, gli strati più



Gruppo Cementirosi S.p.A.

esterni della struttura di spessore variabile tra 20 e 25 mm saranno caratterizzati da una porosità capillare maggiore rispetto a quella del calcestruzzo del cuore del getto. La diretta conseguenza di questa maggiore porosità è rappresentata da una più elevata penetrabilità proprio in quegli strati di calcestruzzo più esterni che dovrebbero, invece, costituire il presidio più efficace nei confronti dei processi di degrado promossi dall'acqua e dalle sostanze aggressive ambientali. Questo equivale a dire che a parità di spessore del copriferro, ad esempio, i tempi di innesco del processo corrosivo determinato dall'anidride carbonica dell'aria vengono fortemente anticipati riducendo la vita utile della struttura se la stessa viene esposta all'aria senza alcuna protezione che impedisca o limiti l'evaporazione di acqua verso l'esterno. Gli effetti deleteri di una mancata protezione umida sui tempi di innesco del processo corrosivo, inoltre, risultano, tanto più marcati quanto più scadente è la qualità del calcestruzzo impiegato.

I metodi per la protezione dei getti

Appare chiaro che risulta di vitale importanza per il raggiungimento dei livelli di sicurezza prefissati per le strutture che occorre **proteggere le superfici dei getti** per evitare che le stesse possano essere sottoposte ad una precoce disidratazione mediante:

A) una lunga permanenza del calcestruzzo nel cassero.

B) una bagnatura continua delle superfici.

C) una bagnatura intermittente delle superfici.

D) teli o fogli di plastica impermeabile.

E) con fogli di materiale geotessile (tessuto/non tessuto) o teli di iuta bagnati ad intermittenza.

F) l'applicazione a spruzzo di un agente stagionante (o di curing). Questa tecnica ha come controindicazione il fatto che la presenza della patina cerosa dell'agente di curing può inficiare l'adesione di eventuali strati di finitura a base cementizia (ad esempio, una rasatura oppure un intonaco) da realizzare sulle superfici sottoposte al trattamento protettivo. Pertanto, in questa evenienza si rende necessaria la rimozione di questa pellicola superficiale mediante un trattamento di spazzolatura meccanica, di sabbiatura o di idropulizia.

Ai sistemi di protezione sopramenzionati si possono affiancare ulteriori provvedimenti quali, ad esempio, evitare di realizzare i getti durante il periodo estivo nelle ore più calde della giornata optando, invece, per le ore mattutine o ancor meglio per quelle serali.

Tra i sistemi di stagionatura sopramenzionati i più efficaci sono quelli che prevedono la bagnatura continua o il ricoprimento della superficie con acqua e quello basato sulla protezione di tessuti di iuta o drappi di materiale geotessile bagnati ad intermittenza.

La durata della protezione

I sistemi di protezione sopraelencati debbono essere mantenuti sulle superfici delle strutture in calcestruzzo per un periodo di tempo sufficiente sia a prevenire la comparsa delle fessure da ritiro plastico e/o autogeno che per garantire una adeguata idratazione del calcestruzzo degli strati corticali finalizzata a conseguire le prestazioni meccaniche e di durabilità richieste per l'elemento strutturale. La durata del periodo di protezione dipende:

- sia dalle condizioni climatiche esistenti al momento della realizzazione dell'opera;
- dal rapporto acqua/cemento dell'impasto impiegato e, quindi, dalla resistenza carat-



Gruppo Cementirosi S.p.A.

teristica nominale del calcestruzzo;

- dalla cinetica del processo di idratazione del cemento e, conseguentemente, dal tipo e dalla classe del cemento impiegato nel confezionamento dell'impasto.

In linea di massima si possono fare le seguenti considerazioni:

- la durata della protezione umida deve essere tanto maggiore quanto più bassa è l'umidità relativa ambientale, quanto maggiore la ventilazione e l'insolazione sulle superfici del getto;

- a parità di tutte le condizioni ed, in particolare, per una data umidità relativa ambientale la durata della protezione deve essere tanto maggiore quanto più è bassa la temperatura del calcestruzzo. Per temperature inferiori a 5°C i sistemi di protezione

dall'evaporazione debbono essere integrati con quelli finalizzati a evitare la dispersione di calore verso l'ambiente al fine di consentire l'indurimento dell'impasto anche per temperature ambientali particolarmente fredde;

- più scadente è la qualità del calcestruzzo per l'elevato rapporto a/c e, conseguentemente per l'elevata porosità e la bassa resistenza meccanica, e maggiore dovrà risultare il periodo di protezione;

- minore è la classe di resistenza del cemento e maggiore dovrà essere la durata del periodo di protezione;

- a parità di classe di resistenza del cemento la durata della protezione deve essere prolungata impiegando in sequenza cementi di classe V, III, IV, II e I.

In base a quanto sopra esposto è evidente che una esatta definizione della durata della protezione che volesse tener conto di tutti i parametri sopramenzionati si scontra con la realtà del cantiere dove la maggior parte delle grandezze sopraelencate non sono generalmente note né misurate (si pensi alla temperatura e all'umidità relativa alla difficoltà di stabilire l'intensità dell'insolazione o la velocità del vento etc.). Pertanto, alla luce delle perplessità circa la definizione della durata della protezione umida utilizzando i parametri

Suggerimento sulla durata minima (in giorni) della protezione umida da attuare in cantiere.

CLASSE DI RESISTENZA DEL CALCESTRUZZO	≤ C25/30		> C25/30	
	INTERNO	ESTERNO	INTERNO	ESTERNO
Esposizione della struttura				
Periodo di esecuzione dei getti: APRILE - SETTEMBRE	3gg	7gg	3gg	5gg
Periodo di esecuzione dei getti: OTTOBRE - MARZO	7gg	10gg	5gg	7gg

sopra individuati (come peraltro richiamato sia dalla norma EN 206-1 che dalla EN 13670-**A**) si può fare riferimento nella definizione delle specifiche di capitolato ai dati della Tabella che segue.

Come si può notare, la Tabella fa riferimento a situazioni più immediatamente identificabili in cantiere quali il periodo di esecuzione dei getti, se gli stessi vengono eseguiti all'esterno o all'interno ed, infine, tiene conto della resistenza a compressione del calcestruzzo utilizzato.

In definitiva, quindi, per l'ottenimento di strutture in calcestruzzo eccellenti il progettista (e in mancanza di indicazioni da parte di quest'ultimo la direzione lavori) dovrà pre-



Gruppo Cementirosi S.p.A.

scrivere un periodo di protezione delle superfici dei getti da realizzarsi con una delle metodologie sopradescritte in accordo con la durata minima riportata in Tabella. Per rendere realmente efficace la prescrizione, tuttavia, il progettista dovrà esigere nel capitolato delle opere una voce dell'Elenco Prezzi relativa alla protezione delle superfici degli elementi strutturali svincolata dalle altre operazioni che attengono alla realizzazione delle strutture. In questo modo l'impresa esecutrice potrà quantificare correttamente l'onere per effettuare questa operazione. Solo a fronte di un compenso economico per una operazione che comunque comporta dei costi per l'impresa la stessa procederà realmente ad effettuare le operazioni di protezione richieste per le superfici delle strutture in calcestruzzo. In assenza di questa voce di capitolato specifica, il rischio che l'impresa, come prassi vuole, trascuri di quantificare il costo degli oneri derivanti dalla protezione umida e in fase di esecuzione delle strutture faccia di tutto per disattendere questa operazione rimane molto alto.



⁴⁷⁾ Le strutture gettate in casseri di legno costituite da materiale molto assorbente, soprattutto se le tavole sono nuove o sono state utilizzate solo per pochi getti, l'acqua, pur non potendo evaporare verso l'esterno, potrebbe essere sottratta dal cassero. Pertanto, al fine di evitare che questo accada è opportuno che le sponde vengano irrorate dall'esterno con acqua.

⁴⁸⁾ Nelle pavimentazioni in calcestruzzo con strati di usura, la maggior parte delle fessure che in forma caotica si palesano sulla superficie del calcestruzzo a seguito del ritiro plastico vengono fortunatamente richiuse durante le operazioni di fratazzatura.