

Conoscere il calcestruzzo pane quotidiano dei cantieri

L materiale calcestruzzo è il pane quotidiano, ha detto il presidente dell'Ordine degli Ingegneri di Udine Stefano Guatti, ma è poco conosciuto, quindi ben venga ogni forma di conoscenza, di sapere finalizzato al saper fare. È un'ottima sintesi, questa, dello spirito del webinar Egregio Calcestruzzo, il format ideato dal presidente di IIC Silvio Cocco con Valeria Campioni, che da anni "urla" la necessità di diffondere le conoscenze sul calcestruzzo: "Il fatto che sia un materiale quotidiano gli ha fatto perdere importanza.

Il rimpensiero di chi lo pratica è il seguente:

ce l'ho tutti i giorni davanti, figuriamoci se mi metto a studiarlo! Purtroppo ci sia accorge dell'importanza di progettare e mettere in opera al meglio il calcestruzzo solo dopo una disgrazia. È allora che tutti fanno proponimenti, ma dopo un mese... punto e a capo. Da parte mia ho dedicato la vita a studiare il calcestruzzo

e un terzo di questo tempo l'ho impiegato a farlo conoscere agli altri. E a correggere le strumentalizzazioni. Quando è crollato il ponte sul Polcevera, per esempio, si è iniziato a dire peste e corna contro il calcestruzzo. Tutti sembravano voler fare tutto solo con l'acciaio. Dopo il collaudo, ho notato invece che la stragrande maggioranza dei materiali impiegati è proprio in calcestruzzo...". Dai tempi dei Romani, ci insegna ancora Cocco, questo materiale in fondo non è cambiato, ma da artigianale è diventato

industriale e il clinker ha preso il posto della pozzolana: "Basterebbe andare a studiare i loro accorgimenti e attualizzarli per risolvere tutti i nostri problemi". Cocco l'ha fatto e l'ha raccontato, l'ultima volta agli ingegneri iscritti al webinar Egregio Calcestruzzo, che vi continuiamo a raccontare.

A cura di *leStrade*

**in collaborazione con
Istituto Italiano
per il Calcestruzzo
Fondazione per la Ricerca
e gli Studi sul Calcestruzzo**



...per un Fior di Calcestruzzo



Consulta
il Rapporto



Dalle frontiere della tracciabilità digitale alle prove (reali) su resistenza e durabilità

TRACCIABILITÀ TRAMITE CODICE A BARRE 1



1. Digitalizzazione per la tracciabilità

Fonte: Relazione Pietro Cardone

La grande questione del controllo dei materiali è stata uno dei perni tematici del recente webinar Egregio Calcestruzzo, organizzato dalla Fondazione Istituto Italiano per il Calcestruzzo con il Consiglio Nazionale degli Ingegneri e gli Ordini degli Ingegneri del Friuli Venezia Giulia, Udine, Trieste, Gorizia e Pordenone. Sul numero scorso, abbiamo pubblicato un primo report che aiutasse il lettore a percepire l'atmosfera di questo evento di "formazione e informazione" finalizzato a diffondere al massimo grado le conoscenze sul fare buon calcestruzzo, e tutti i significati che questa operazione porta con sé. In questa sede, ci concentreremo in particolare su due aspetti: i controlli, per l'appunto, in funzione delle prestazioni del materiale calcestruzzo utilizzato in cantiere, ma anche e soprattutto della durabilità delle opere che andrà a formare, nonché - nel secondo Focus - un determinato filone di ricerca e sviluppo che ha dato origine a soluzioni altamente performanti anche in questo caso in chiave di durabilità, ma non solo.

L'impegno dei laboratori

Di controlli - tema chiave anche dell'ultima *Concretezza* - si è parlato, in particolare, il 9 giugno scorso nel corso del terzo modulo del webinar. "Il controllo dei materiali - ha detto Pietro Cardone, responsabile del laboratorio Tecnocontrolli - essendo funzionale alla definizione della sicurezza strutturale, è un'attività fondamentale per laboratori, direzioni lavori e collaudatori". I modelli di calcolo per quanto raffinati - ha proseguito Cardone - consegnano ipotesi di resistenza dei materiali impiegati che devono essere verificate sul campo. Hanno sempre aiutato a far-

lo, naturalmente, le normative, dal Regio Decreto del 1939 fino alle attuali NTC, che mettono al centro fattori quali la resistenza meccanica e la stabilità delle strutture, definendo il percorso dei materiali: da identificare, qualificare, certificare e "accettare", da parte delle DL, proprio attraverso i controlli di accettazione. La qualificazione del materiale - ha spiegato ancora il relatore - parte dai test iniziali di tipo e prosegue con il controllo di produzione in fabbrica (FPC), per concludersi con la certificazione della dichiarazione delle prestazioni, ovvero la carta d'identità del prodotto che approda al cantiere.

Il calcestruzzo, da parte sua, sebbene attualmente non debba essere marcato CE, non sfugge a questo iter: i prelievi, ciascuno costituito da due provini, vanno eseguiti in presenza della DL, supportata dai laboratori, per il relativo controllo di accettazione. "I laboratori da parte loro - ha notato Cardone - seguono procedure molto precise che fanno riferimento alle UNI, ma non hanno certezza sul fatto che il materiale da testare sia perfettamente rappresentativo del materiale messo in opera. Solo in caso di anomalie riscontrabili il laboratorio sospende l'esecuzione delle prove e ne dà notizia al Servizio Tecnico Centrale del Ministero". Si conferma così una criticità già emersa in altre circostanze all'interno delle riflessioni del network di *Concretezza*: come faccio a garantire in modo inequivocabile che il prodotto che controllo sia proprio quello che costituirà ponti, gallerie o edifici? La questione tocca nel vivo la (grande) responsabilità delle Direzioni Lavori, naturalmente, che oggi, però, come ha messo in luce ancora Cardone, possono avere un supporto molto rilevante nella tecnologia: sì, i provini possono essere pienamente tracciabili impiegando microchip, targhette, codici a barra affogati nel calcestruzzo. Anche da queste parti, un aiuto prezioso (per tutti) arriva dalla digitalizzazione.

Tempo e spazio dei provini

Proprio il laboratorio diretto da Cardone è stato coinvolto, a questo riguardo, in sperimentazioni messe in campo da committenze di primo piano, in ambito infrastrutturale, finalizzate a garantire

al meglio la tracciabilità dei campioni di calcestruzzo. "Sui provini sono state apposte targhe con codici a barre associati a data e orario di formazione degli stessi provini, nonché alle coordinate GPS". Tempo e spazio sotto controllo, dunque, in modo inequivocabile e attraverso un palmare. Oggi queste sperimentazioni si stanno intensificando, anche se occorre, chiosiamo noi, dare un ulteriore colpo sull'acceleratore. Pensando, soprattutto, al circolo virtuoso che si innescherebbe rendendo questa ottima pratica più diffusa e massiva, innalzando la credibilità dell'intera

2 *Approccio Sperimentale ANAS macrolotti*

In caso di un'attesa prolungata tra confezionamento del materiale e completamento del getto, è possibile verificare il mantenimento della classe di consistenza secondo il seguente approccio:

Se il contenimento avviene fino al 60° minuto: deve essere garantito il mantenimento della classe di consistenza di progetto.

3 *Approccio Sperimentale*

Da 61° al 90° minuto, è consentito aggiungere un % di additivo, quantità già stabilita nel documento di trasporto, che mi consenta di migliorare di una sola classe di consistenza.

Esempio:

➤ S3 EN PIANTA ➔ S4 DA PROGETTO (green checkmark)

➤ S2 ➔ S4 (red X)

4 *Approccio Sperimentale*

Dal 90° minuto in poi, non è più consentito l'aggiunta di qualsiasi additivo e bisogna rifiutare i carichi di conglomerato cementizio.

2, 3, 4. Accettazione del calcestruzzo: approccio sperimentale Anas nei grandi cantieri del Sud Italia
Fonte: Relazione Achille Rilievi

VALUTAZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEL CALCESTRUZZO IN OPERA MEDIANTE CAROTAGGIO 5

Valutazione dei requisiti di durabilità

► È nella responsabilità di **Progettista, Direttore dei Lavori e Collaudatore** l'esecuzione in opera di tutte le prove necessarie per la valutazione dei requisiti di durabilità ai fini dell'utilizzo previsto nella condizione ambientale specifica.

RICORDIAMO TALE DEFINIZIONE

► In mancanza di specifiche prescrizioni, il progettista ed il Direttore dei lavori possono utilizzare il valore della resistenza caratteristica ottenuta da prove su carote, come valore da confrontare con la **minima classe di resistenza** necessaria per coprire la classe di esposizione richiesta.

↓

FOCUS NORMA UNI 11104 Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1.

DURABILITÀ DELLE OPERE 7

Linee guida per la valutazione delle caratteristiche del calcestruzzo in opera, par. 4.9

«La permeabilità del calcestruzzo in situ può essere valutata utilizzando indagini sperimentali che possono essere raggruppate in tre categorie:

- prove basate sulla misura dell'assorbimento di acqua;
- prove basate sulla misura delle permeabilità all'acqua;
- prove basate sulla misura della permeabilità all'aria.

Tutti i metodi sopra ricordati presentano inconvenienti e limitazioni che rendono di fatto poco consigliabile il loro impiego. Si deve rimarcare che la permeabilità del calcestruzzo in situ è fortemente influenzata dall'umidità e dalla temperatura, fattori che possono condizionare significativamente i risultati di prova.»

filiera: lo stesso Ministero, quale organo dello Stato fortemente interessato al controllo, potrebbe essere nelle condizioni di avere accesso a ogni informazione conseguente a una tale gestione di prelievi e controlli di accettazione. Con tutti i vantaggi del caso.

Organizzazione di cantiere

Restiamo sempre sul campo, ovvero in cantiere, questa volta con un altro specialista della materia, l'ingegner Achille Rilievi, Responsabile Controllo Qualità Lavori e Materiali di Anas (Gruppo FS Italiane), tra i relatori del webinar IIC. Lo scenario, se visto con la concretezza di chi lo vive quotidianamente, è naturalmente complicato. Il *retempering*, per esempio, ovvero le "aggiunte" al materiale consegnato sono sempre un rischio da evitare o da gestire, per esempio attraverso "la corretta programmazione dell'arrivo delle betoniere in cantiere, la corretta manutenzione della betoniera stessa e dei miscelatori, se presenti, la corretta manutenzione dell'impianto". Il cenno al miscelatore, naturalmente, meriterebbe un Focus a parte (e non mancherà l'occasione per realizzarlo), perché in Italia si tratta di una "chicca", di un'"eccezione", mentre dovrebbe essere una regola del buon costruire perché, come ha detto lo stesso Rilievi, "la corretta miscelazione passa proprio dall'uso del pre-miscelatore". Ma quali sono gli strumenti normativi che possono aiutare concretamente chi è deputato del controllo di accettazione in cantiere? Sono per esempio lo standard ASTM C-9461, le Linee Guida sul Calcestruzzo o i Capitolati Speciali d'Appalto. Lo standard ASTM C-9461 fornisce indicazioni su quando deve avvenire la consegna. Le Linee Guida,

in particolare, mettono in luce che il trasporto deve avvenire utilizzando attrezzature e mezzi idonei a evitare che si verifichi segregazione e/o deterioramento dei vari componenti dell'impasto, registrando nel documento di trasporto tipologia e quantità di ogni eventuale aggiunta di acqua e/o additivi. La durata del trasporto, per il buon mantenimento della lavorabilità, non deve quindi eccedere le due ore. Facile e saggio a dirsi, difficile (e quindi raro) a farsi, di qui la necessità di controlli sempre più rigorosi e calibrati, non solo a bocca betoniera, come dicono le norme, ma anche in opera.

Rilievi, su questo specifico aspetto, ha illustrato una metodologia impiegata da Anas nei grandi cantieri. In caso di attesa prolungata tra il confezionamento del materiale e completamento del getto, è possibile verificare il mantenimento della classe di consistenza (un range, dunque) secondo questo approccio: se il contenimento avviene fino al 60° minuto deve essere garantito il mantenimento della classe di consistenza di progetto; dal 61° al 90° minuto è consentito aggiungere una percentuale di additivo, preliminarmente progettata dal tecnologo e già stabilita nel documento di trasporto, che consenta di migliorare l'impasto di una sola classe di consistenza. Dopo il 90° minuto, invece, non sono più consentite aggiunte e il carico di conglomerato cementizio deve essere rifiutato. In estrema sintesi: la qualità non prevede tempi supplementari.

Progettare e verificare

Un metodo certo, dunque, che tiene conto delle buone pratiche e delle esigenze di cantiere. Con alla base il fattore della progettazione, dell'organizzazione e

DURABILITÀ DELLE OPERE 6

METODO FIGG: valutazione permeabilità acqua/aria



- individuazione della parte d'opera da indagare;
- determinazione superficie circa (1 m²);
- pulizia e levigatura con pietra porosa;
- esecuzione di 9 fori;
- pulizia mediante aria compressa;
- applicazione di cilindri in gomma e fissaggio degli stessi nei fori;
- applicazione della centralina mediante ago e aspirazione dell'aria presente;
- immissione di aria.

5. Le norme tecniche: requisiti pro durabilità

Fonte: **Relazione Achille Rilievi**

6. Metodo FIGG (penetrazione acqua e aria)

Fonte: **Relazione Achille Rilievi**

7. Equivoci normativi...

Fonte: **Relazione Achille Rilievi**

naturalmente del controllo. Questo restando nella sfera dei controlli di accettazione ai fini della verifica della classe di resistenza del materiale che poi si andrà a mettere in opera. E la durabilità? Per quanto riguarda questo aspetto, altrettanto cruciale, la questione si complica.

Le norme, dalle NTC alle Linee Guida, ne incoraggiano il perseguimento, attraverso per esempio una serie di prove puntualmente indicate dai documenti tecnici, quali il carotaggio, l'indice di rimbalzo, la velocità di propagazione di ultrasuoni, l'estrazione di inserti, la resistenza alla penetrazione. Tutti strumenti che la Direzione Lavori può utilizzare per avere maggiori certezze circa la rispondenza dell'opera a quanto progettato, proprio in chiave di durabilità. Tra i fattori cruciali per avere più contezza della durabilità di un'opera vi è la conoscenza del livello di permeabilità all'acqua o all'aria del materiale calcestruzzo. Per raggiungerla, ha spiegato sempre Rilievi, esistono due metodi di prova, il metodo FIGG (si perfora il campione, vi si insuffla aria o acqua in pressione, quindi si calcola il tempo in secondi per pervenire a un dato incremento di pressione: la categoria di appartenenza si determina in base al successivo decremento di pressione, meno la pressione decresce più il calcestruzzo sarà impermeabile) e la prova stabilita dalla norma UNI EN 12390-8, profondità di penetrazione all'acqua sotto pressione, secondo cui il valore medio non deve superare i 20 mm.

Le stesse Linee Guida, però, al paragrafo 4.9, sottolineano che queste prove sono "sconsigliate", in quanto presenterebbero "limitazioni". Quindi, che fare? "A mio avviso - ha risposto Rilievi - è cruciale che il progettista indichi la profondità massima di penetrazione dell'acqua, un fattore di performance indispensabile. Da parte nostra, riteniamo un dato vincolante in prequalifiche e qualifiche proprio la determinazione della penetrazione dell'acqua nel calcestruzzo secondo la norma UNI EN 12390-8. È un modo, questo, per avere un dato di partenza certo e affidabile, per quanto riguarda la durabilità. In conclusione, posso aggiungere che sì, l'ambito normativo è complesso, ma questa complessità può essere risolta grazie alla conoscenza: più conosco da vicino il materiale meglio posso fornire delle indicazioni precise. Da parte nostra dobbiamo impegnarci a dare vita a calcestruzzi sempre più impermeabili, lo si può fare curando da un lato i mix design e dall'altro la correttezza della posa in opera". ■■

FOCUS Durabilità e innovazioni

Calcestruzzo impermeabile più unico che raro

Un calcestruzzo impermeabile è dunque il fondamento di un'opera durevole. La lezione di Rilievi ha fatto da ponte a una delle soluzioni, fornite dalla buona tecnica, al problema della durabilità, peraltro già risolto, se andiamo a ben vedere, da Roma antica. È tale Aeternum CAL, il calcestruzzo a penetrazione zero formulato dall'Istituto Italiano per il Calcestruzzo, di cui il suo presidente Silvio Cocco, proprio nel corso del webinar del 9 giugno, ha dato prova tangibile mostrando tre campioni di materiali differenti e versandovi sopra dell'acqua. In due di essi l'acqua è percolata quasi subito, sul terzo, quello realizzato con Aeternum, è rimasta lì, placida, soltanto in attesa di evaporare. Con Aeternum CAL, ha ricordato lo stesso Cocco, sono stati realizzati alcuni conci per la galleria di base del Brennero a durabilità garantita 200 anni, così come ponti, viadotti e pavimenti industriali. "Se non entra nulla, nulla lo può danneggiare - ha chio-



Guarda
il video

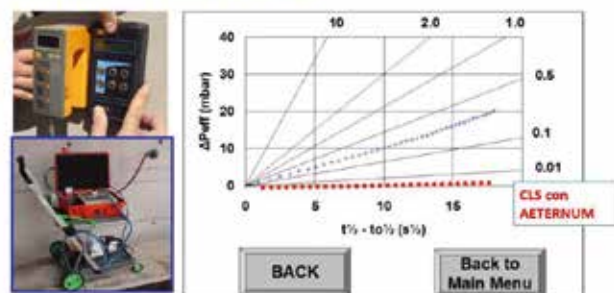


8. Dimostrazione di penetrazione (o meno) dell'acqua nel corso del webinar: l'acqua non percola nel provino realizzato con Aeternum CAL

massima classe di esposizione superiore a quelle ottenute con un cemento CRS e soprattutto un'impermeabilità assoluta all'acqua e al vapore: "Questa impermeabilità assoluta è dovuta unicamente alla capacità di progettare un calcestruzzo per l'impiego a cui è destinato, alla capacità di scegliere aggregati seriamente marcati CE, alla capacità di saperli mettere in curva granulometrica, di saperli mescolare con il cemento adatto all'impiego a cui viene destinato e anche condizioni climatiche del luogo di applicazione. La sapiente scelta delle materie da impiegare, additivi compresi, nel nostro caso un compound ad hoc come l'Aeternum all'interno del quale sono dosati sapientemente tutti quei componenti che mi permettono di ottenere l'Aeternum CAL". Aeternum, da parte sua, come ha ricordato Cocco non è un semplice additivo, ma una molteplicità di additivi resi funzionali, opportunamente proporzionati e tenuti insieme con l'obiettivo di poter operare all'unisono per il raggiungimento di risultati impensabili. Anche attraverso soluzioni come questa, oggi il calcestruzzo può tornare dunque a essere eterno, proprio come ai tempi della pozzolana dell'antica Roma, oggi sostituita dal clinker, ma la sostanza non cambia. Ma Aeternum CAL, e questo è un aspetto fondamentale, non è solo un calcestruzzo, ma un rigido protocollo, un sistema tecnologico completo, fornito in un pacchetto che comprende l'assistenza tecnica che evita rischi di utilizzo. La presenza in centrale e in cantiere del laboratorio mobile IIC sia in fase di produzione che in fase di posa in opera consente gli essenziali controlli per raggiungere la certezza che la produzione proceda secondo protocollo. ■■

CALCESTRUZZO con AETERNUM, impermeabile anche all'aria

10



9. Pali speciali realizzati con calcestruzzo eccellente

10. Impermeabilità totale

11. Un prodotto della gamma

11

Tutta un'altra cosa

sato Cocco -, in più è un materiale dalle resistenze elevatissime e dall'ottima lavorabilità con cui abbiamo eseguito lavori che hanno già 16 anni, ma è come se fossero stati inaugurati ieri. È lavorando su soluzioni come questa che dobbiamo fare fronte comune, per andare verso un'unica direzione, quella della durabilità. Il calcestruzzo egregio esiste, si può fare. Bisogna andare, però, oltre le abitudini, oltre la quotidianità".

Ma entriamo nel vivo, sempre facendoci aiutare da Silvio Cocco, nella materia Aeternum CAL. Si tratta di un calcestruzzo che in classe di lavorabilità S5 permette, anche in autobetoniera, una miscelazione quasi buona, con 300 kg/m³ di cemento e un rapporto acqua cemento 0,46 ottiene resistenze pari a 55 Mpa a 28 giorni. Inoltre, presenta una compensazione dei ritiri, una resistenza alla



12



12, 13. Due esempi applicativi: Aeternum è un compound Tekna Chem realizzato in collaborazione con l'Istituto Italiano per il Calcestruzzo

13