

2006

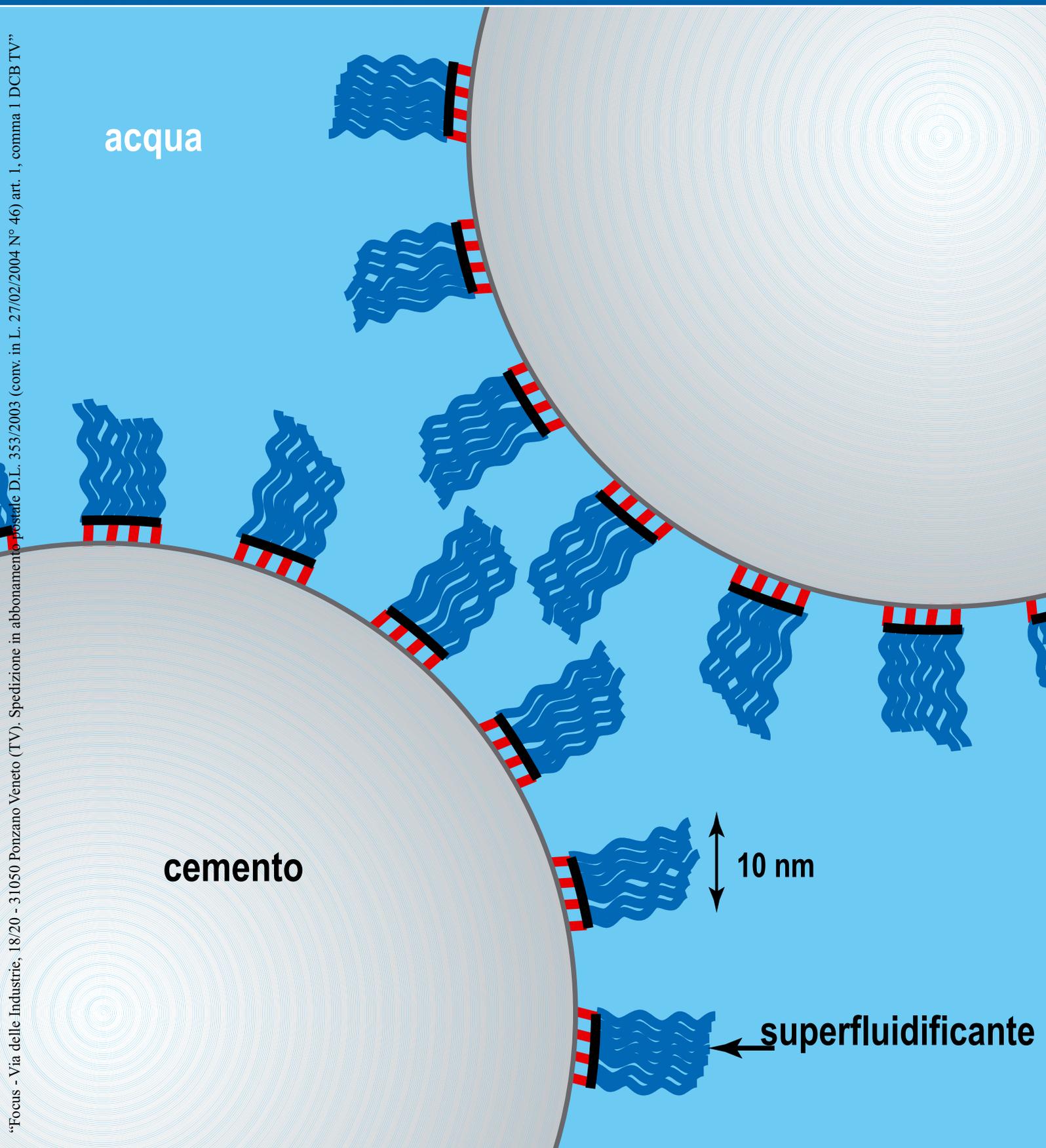
Trimestrale

Anno X

Numero 32

ENCO JOURNAL

PERIODICO SULLA TECNOLOGIA DEI MATERIALI DA COSTRUZIONE



“Focus - Via delle Industrie, 18/20 - 31050 Ponzano Veneto (TV). Spedizione in abbonamento postale D.L. 353/2003 (conv. in L. 27/02/2004 N° 46) art. 1, comma 1 DCB TV”

www.iceasas.it



INDUSTRIA CALCESTRUZZI
AFFINI E PREMISCELATI

icea

dei F.lli DI FEDE S.p.A.

I PREMISCELATI LAVICI DELL'ETNA

Azienda presente sul mercato da oltre 30 anni, leader nella produzione di inerti lavici e conglomerati cementizi. Da sempre il nostro obiettivo primario è stato quello di coniugare "tecnologia e tradizione" per immettere sul mercato la più ampia gamma di prodotti con alti standard qualitativi, nel rispetto dell'ambiente e con l'obiettivo di migliorare sempre più la qualità della vita. Nell'anno 2000, forti dell'esperienza maturata sul campo e sensibili alle mutate esigenze tecnico-ambientalistiche, lancia la "Linea premiscelati".

I nostri premiscelati secchi pronti all'uso, sono gli unici presenti sul mercato confezionati rigorosamente a base di inerti lavici. I rigorosi controlli del nostro ciclo produttivo e le continue prove di laboratorio, ci permettono di offrire

e garantire alla nostra clientela un prodotto costante nel tempo e di facile utilizzo e applicazione.

Infatti, la posa in opera di tutti i nostri prodotti, può avvenire indifferentemente sia col sistema tradizionale "a mano" con cazzuola, sia con le moderne macchine intonacatrici a pompa. Le diverse tipologie dei nostri premiscelati, soddisfano tutte le esigenze dei clienti. Produciamo, infatti, dalla malta per muratura agli intonaci, finiture e rasature per interni ed esterni: dalle malte per restauro al calcestruzzo secco per inghisaggi ecc.

Tutti i nostri premiscelati vengono forniti in sacchi da kg. 25.

Dall'anno 2002 l'azienda ha adottato il Sistema di Qualità Certificata a norma UNI EN ISO 9001:2000



S.P. n. 3 - Km 0,300 Zona Industriale - Piano Tavola 95032 Belpasso (CT)

Tel. 095.391095 - 095.391037 PBX - FAX 095.7131670



Enco Journal

**Dal prossimo numero
avrete la possibilità di
scegliere se ricevere via
e-mail oppure via posta**

Enco Journal

**Compilate il modulo
qui a fianco e speditelo
al numero di fax
0422 963237**

Titolo: Architetto Geometra Ingegnere Dott. Altro

Nome _____ Cognome _____

Società / Ente _____

Indirizzo _____

Cap _____ Città _____ Prov. _____

E-mail _____

SI PREGA DI SCRIVERE IN MAIUSCOLO

Via E-mail

Via Posta

Autorizzo la Enco Srl a utilizzare questi dati per l'invio di aggiornamenti periodici
(Dichiarazione ai sensi della Legge 196/2003)

Firma _____

MARIO COLLEPARDI

**IL NUOVO
CALCESTRUZZO**

Quarta Edizione

**AGGIORNATO ALLE NUOVE
"NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI"**

LA QUARTA EDIZIONE

Per informazioni : Enco Srl - Via delle Industrie, 18
Ponzano Veneto (TV) - 31050 - Tel.0422 963 771 - Fax 0422 963237
www.encosrl.it - info@encosrl.it (Alessandra Galletti/Mara Meneghel)

PAGAMENTO: carta di credito, bonifico bancario, vaglia postale, conto corrente postale



**Informazioni
Utili**

PERIODICO SULLA TECNOLOGIA DEI MATERIALI DA COSTRUZIONE

Trimestrale - Anno XI - Numero 32

Direttore Mario Collepari

Nano-tecnologia applicata al calcestruzzo

Nella copertina di questo numero si fronteggiano due granuli di cemento sulle cui superfici si sono fissate (per adsorbimento) i polimeri di superfluidificante polietere (PE) le cui dimensioni reali sono di appena 10 nm contro le dimensioni medie di un granulo di cemento con diametro di 50 µm (cioè 50.000 nm) e quindi 5.000 volte più grandi del polimero PE. Nel disegno di copertina le dimensioni del polimero PE e del granulo di cemento non sono in scala (il cemento è stato molto rimpicciolito) per poter mostrare graficamente il modo in cui queste nano-particelle polimeriche funzionano nella tecnologia del calcestruzzo.

Se si schematizza la struttura molecolare del polimero si possono individuare tre componenti :

- la catena in **nero** che rappresenta il polimero acrilico di $-CH-CH_2-$ ed è l'ossatura portante della struttura molecolare;
- i "dentini" in **rosso**, attaccati alla catena del polimero acrilico, che rappresentano i gruppi carbossilici $-COO-$ grazie ai quali il polimero si attacca sulla superficie del cemento;
- i "pendagli" in **azzurro** delle catene laterali di etere $(-CH_2-O-CH_2-)_n$, con n pari circa a 100, che sono anch'essi attaccati alla catena principale sull'altro lato rispetto ai "dentini" in rosso.

I pendagli in azzurro danno il nome all'intero polimero, detto appunto poli-etere o PE, ed hanno il compito di evitare che i granuli di cemento si tocchino e formino agglomerati (una sorta di *microgrumi*) molto sfavorevoli alla mobilità degli impasti cementizi. Al contrario, se i granuli di cemento risultano dispersi -cioè distanti l'uno dall'altro grazie ai "pendagli" laterali del polimero- l'impasto cementizio scorre fluidamente anche con bassi rapporti acqua-cemento (a/c).

Il polimero PE appena descritto è uno degli ultimi polimeri poliacrilici messi a punto nel campo degli additivi superfluidificanti, grazie ai quali si sono compiuti i più significativi progressi nella tecnologia del calcestruzzo durante gli ultimi decenni e caratterizzati da questo principio: migliorare tutte le prestazioni del materiale in servizio (resistenza meccanica, impermeabilità, durabilità, ecc.) grazie al basso valore di a/c , e facilitare la messa in opera sul cantiere del cls fresco nonostante il limitato quantitativo di acqua di impasto.

Le novità nel campo dei superfluidificanti non finiranno certamente qui: dagli anni '70 del secolo scorso ad oggi si sono succeduti decine di prodotti dal primo poli-naftalen-solfonato, ed altri ne verranno ancora grazie alla ricerca innovativa in questo settore (si legga per approfondire questo argomento l'articolo a pag. 13).

Mario Collepari

In copertina: Granuli di cemento e polimeri superfluidificanti - Composizione Enco
Copie stampate: 2.300 delle quali 1.800 distribuite a mezzo posta

SOMMARIO

RESPONSABILITA' NELLE OPERE IN
CALCESTRUZZO SECONDO LE
NUOVE NORME TECNICHE
PER LE COSTRUZIONI
di M. Collepari e S. Collepari

(pag. 7)

RECENTI SVILUPPI NEI
SUPERFLUIDIFICANTI
di M. Collepari

(pag. 13)

DIAGNOSI DEL DEGRADO
DELLE STRUTTURE IN C.A.
Parte I - Introduzione alle prove
in sito ed in laboratorio
di M. Collepari, J.J. Ogoumah
Olagot, F. Simonelli e R. Troli

(pag. 19)

RICICLAGGIO DEI MATERIALI
DA DEMOLIZIONE NELLA
PRODUZIONE DEL
CALCESTRUZZO
Parte II - Aggregati da calcestruzzo
prefabbricato riciclato
di V. Corinaldesi, G. Moriconi

(pag. 23)

MONITORAGGIO PER LA
MANUTENZIONE PREVENTIVA E
PROGRAMMATA DELLE
STRUTTURE IN C.A.
Parte II - Casi pratici
di F. Tittarelli, G. Moriconi

(pag. 25)

ENCO Journal
PERIODICO SULLA TECNOLOGIA
DEI MATERIALI DA COSTRUZIONE
Ponzano Vto (TV) - Via delle Industrie, 18/20
Tel. 0422.963771 - Fax 0422.963237
info@enco srl

**Direttore
Responsabile**
MARIO COLLEPARDI

Redazione
ROBERTO TROLI
SILVIA COLLEPARDI
ANTONIO BORSOI
J. JACOB OGOUMAH OLAGOT
FRANCESCA SIMONELLI

EDITORE
FOCUS
Ponzano Vto (TV) - Via delle Industrie, 18/20
Tel. 0422.963771 - Fax 0422.963237
info@encosrl

COMPOSIZIONE
ISABELLA CAPOGNA
ALESSANDRA GALLETTI
MARA MENEGHEL

Grafica e Stampa
GRAFICHE TINTORETTO
di Rino Lucatello & C. S.n.c.
31050 Castrette di Villorba (TV)
Via Verdi 45/46

Registrazione al Tribunale di Treviso n.990 26/01/1996 - Iscrizione al RNS n. 06461

> CORSO DI FORMAZIONE ENCO

STRUTTURE IN C.A. SECONDO LE NUOVE "NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI"

PROGRAMMA DEL CORSO

- Esame analitico delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni
- Responsabilita' del Progettista, del Direttore dei Lavori e del Collaudatore
 - Progetto della vita attesa di servizio
- Durabilita' delle strutture in c.a. in accordo alla vita di servizio di progetto
 - Prescrizioni e prestazioni di capitolato per le opere in c.a. e c.a.p.
 - Maturazione delle strutture in calcestruzzo in funzione delle condizioni climatiche ed ambientali
- Prove in sito ed analisi della vulnerabilita' sismica per gli edifici strategici

18-19 Maggio 2006 oppure 15-16 Giugno 2006

Docenti: Prof. M. Collepari, Ing. F. Favero, Ing. F. Simonelli, Ing. R. Troli, Ing. S. Collepari, Geol. E. Croce

Orario: Primo giorno: 10.30-12.30 ; 14.00-18.30 - Secondo giorno: 8.30-12.30

Costo: € 300,00 + IVA

Materiale Didattico: Nuova Edizione del libro "IL NUOVO CALCESTRUZZO" in accordo alle Norme Tecniche per le Costruzioni;

CD Easy & Quick per le prescrizioni secondo Norme Tecniche per le Costruzioni;

Copia elettronica delle Norme Tecniche per le Costruzioni, pp. 406 del Servizio Tecnico Centrale

➤ Titolo _____ ➤ Cognome _____ ➤ Nome _____
➤ Societa' / Ente _____ ➤ P.IVA _____
➤ Via _____ n° _____ ➤ CAP _____ ➤ Citta' _____ (____)
➤ Tel _____ ➤ Fax _____ ➤ Mail _____

18-19 Maggio 2006

15-16 Giugno 2006

Autorizzo la Enco Srl a utilizzare questi dati per l'invio di aggiornamenti periodici

(Dichiarazione ai sensi della Legge 196/2003)

➤ Firma _____

SEDE DEI CORSI: Sala Conferenze della Enco SRL - Via delle Industrie, 18
Ponzano Veneto (TV) - 31050 - Tel. 0422 963 771 - Fax 0422 963237
www.encosrl.it - info@encosrl.it (Alessandra Galletti/Mara Meneghel)

PAGAMENTO: da effettuarsi prima dell'inizio del corso mediante bonifico bancario sul c/c 000001085060 (Codice CIN: J Codice ABI 03069 - Codice CAB12031) intestato a Enco SRL presso Banca Intesa, Filiale 525 Treviso.



**Informazioni
utili**

RESPONSABILITA' NELLE OPERE IN CALCESTRUZZO SECONDO LE NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI



Mario Collepari, Silvia Collepari,
Enco - Engineering Concrete, Ponzano Veneto (TV) info@encosl.it

Con l'avvento delle nuove **Norme Tecniche per le Costruzioni** (NTC), pubblicate nel supplemento ordinario della Gazzetta Ufficiale del 14.09.2005, si sono ribadite, evidenziate e spesso innovate le responsabilità dei vari organi competenti nel settore delle costruzioni.

In questa sede verranno prese in considerazione le costruzioni in calcestruzzo ed i ruoli delle seguenti figure: il Committente, il Progettista, il Direttore dei Lavori, il Collaudatore, il Laboratorio Ufficiale, l'Appaltatore ed il Produttore di calcestruzzo preconfezionato.

VITA UTILE DI PROGETTO DELLA STRUTTURA (Paragrafo 2.5 NTC)

Secondo le nuove NTC (paragrafo 2.5 del D.M.) il Committente ed il Progettista, di concerto, sotto la loro responsabilità nei riguardi della pubblica incolumità, debbono dichiarare nel progetto la vita utile della struttura. La scelta di questa importante caratteristica – che rappresenta un significativo cambiamento rispetto alle precedenti norme di legge sulle costruzioni in c.a. – è facilitata dalla Tabella 2.5.1 nel testo originale della G.U. e riportata qui come Tabella 1.

A parte le strutture provvisorie ed i componenti strutturali sostituibili di immediata interpretazione, le costruzioni

vengono suddivise nelle due classi in base ai seguenti criteri:

- ◆ **Classe 1:** con vita utile di 50 anni include le normali costruzioni viarie o ferroviarie la cui eventuale interruzione non provoca situazioni di emergenza, le costruzioni per industrie con attività non pericolose, edifici e costruzioni con normali affollamenti, costruzioni senza funzioni pubbliche e sociali di rilevante importanza.



Fig. 1 - Esempi di edifici e strutture viarie in Classe 1.

- ◆ **Classe 2:** con vita utile di 100 anni include costruzioni con affollamenti significativi in esercizio, reti ferroviarie e viarie le cui interruzioni possono provocare situazioni di emergenza, industrie con attività pericolosa per l'ambiente (Fig. 2).



Fig. 2 - Esempi di edifici architettonici e strutture viarie in Classe 2.

Tabella 1 - Vita utile di progetto per diverse tipologie strutturali	
VITA UTILE DI PROGETTO (anni)	TIPOLOGIA DI STRUTTURA
10	Strutture provvisorie o temporanee in fase costruttiva
≥ 10	Componenti strutturali sostituibili (giunti, appoggi, ecc.)
50	Strutture in Classe 1
100	Strutture in Classe 2

Le NTC non escludono che in casi straordinari possano essere previste costruzioni con una vita utile maggiore di 100 anni, purché si valutino le azioni con appositi studi

considerando periodi di ritorno di almeno 10 volte la vita utile: si pensi ad esempio ad opere come il MOSE a Venezia o il Ponte sullo Stretto di Messina (Fig. 3).



Fig. 3 - Esempio di struttura con vita utile di progetto > 100 anni (Ponte sullo Stretto di Messina).

Se il Committente è una pubblica amministrazione, un ente pubblico o un'industria non avrà certo problemi nell'indicare al Progettista con quale Classe debba essere identificata la struttura in corso di progettazione. Se il Committente è, invece, un privato o un'azienda non esperta nel settore delle costruzioni, si deve intendere che sia il Progettista ad intervistare il Committente per interpretarne la volontà circa la vita attesa di servizio in base alle esigenze espresse sull'attività destinata a queste costruzioni.

In ogni caso, alla scadenza della vita utile di servizio dichiarata in progetto valutata a partire dalla fine della costruzione ovvero dalla data del collaudo statico, la struttura dovrà essere sottoposta ad una nuova valutazione della sicurezza così come descritto dettagliatamente nel cap. 9 delle NTC ("Costruzioni esistenti").

Si può notare come da una parte sia fatto obbligo di dichiarare nel progetto l'appartenenza ad una Classe e ad un Livello di sicurezza, mentre dall'altra è lasciato alla libera responsabilità del Progettista la interpretazione sulla scelta di suddette caratteristiche.

VERIFICA DI SICUREZZA (STATI LIMITE ULTIMI), DI FUNZIONALITA' (STATI LIMITI DI ESERCIZIO), ROBUSTEZZA E SCELTA DEI MODELLI DI CALCOLO (Capitolo 2 NTC)

Le strutture e gli elementi strutturali devono essere progettati, eseguiti, collaudati e soggetti a manutenzione ordinaria affinché la loro sicurezza e la prevista funzionalità siano garantite nei confronti dell'insieme degli stati limite ed eventuali azioni eccezionali verosimili che si possano manifestare durante le vita utile di progetto.

In particolare, si definisce uno **stato limite ultimo** (punto 2.2.1 NTC) lo stato al superamento del quale si abbia collasso strutturale, perdita di equilibrio o comunque dissesti irreversibili con gravi conseguenze. Nella tab. 2.5.II. le NTC suddividono le Classi 1 e 2 di cui al paragrafo precedente in ulteriori due livelli di sicurezza possibili a seconda del costo relativo (alto o basso rispetto al costo di costruzione) delle misure migliorative della sicurezza per

garantire un certo **livello di sicurezza espresso come probabilità di collasso annua**. I livelli di sicurezza devono essere **scelti dal Committente e dal Progettista di concerto** in funzione dell'uso e del tipo della struttura nonché in funzione delle conseguenze del danno o del collasso con riguardo a persone, beni e possibili turbative sociali (punto 2.1 NTC). La scelta di una determinata classe di vita utile con un definito livello di sicurezza, comporterà da parte del progettista l'adozione di diverse combinazioni e diversi periodi di ritorno delle azioni di calcolo nelle verifiche degli Stati Limite Ultimi.

Si definisce invece **stato limite di esercizio** (paragr. 2.2.2. NTC) lo stato al superamento del quale corrisponde la perdita di una particolare funzionalità che condiziona o limita la prestazione di progetto dell'opera. Ancora una volta il **Progettista di concerto con il Committente deve definire gli stati limite di esercizio** al superamento del quale corrisponde la perdita di un particolare requisito ritenuti indispensabile per la funzionalità e la durabilità dell'opera (es. formazione di fessure nel calcestruzzo di apertura superiore ad un prefissato valore oppure deformazioni eccessive per l'efficienza della struttura).

Le NTC introducono, inoltre, il concetto di **Robustezza** (paragr. 6.1.1.) intendendo con essa la capacità della struttura di sopportare danneggiamenti locali provocati da singoli eventi eccezionali (es. urto, scoppio, incendio per i quali vengono suggeriti al cap.4 dei modelli non probabilistici) senza subire un collasso totale ovvero con un degrado di prestazioni non sproporzionato alla causa che lo ha provocato. E' **responsabilità del progettista** individuare i possibili **scenari** prevedibili, la eventuale concomitanza con altre azioni variabili, la scelta degli strumenti per garantire la robustezza ad esempio aumentando l'iperstaticità e la duttilità della struttura (paragr. 5.1.6), compartimentando la struttura oppure prevedendo delle barriere alle azioni a protezione della struttura. Ovviamente è sempre **responsabilità del progettista** effettuare la **verifica** strutturale a tali azioni. (paragr. 5.1.4).

Per ogni stato limite da verificare il progetto richiede che vengano preliminarmente fissati dei modelli (paragr. 2.3 NTC) che schematizzino le azioni, la geometria degli elementi costruttivi, i materiali ed i terreni nonché dei **modelli di calcolo** per la trasformazione delle azioni (**F**) in sollecitazioni (**E**, effetti delle azioni) e per la trasformazione delle proprietà dei materiali in capacità portanti della struttura (**R**, resistenza). Il **Progettista ed il Committente di concerto sono liberi di adottare i modelli** suggeriti dalle NTC nei **cap. da 3 a 7, ovvero altri modelli** ricavabili da altre normative o da consolidata letteratura tecnica purché si dimostri che vengano rispettati i livelli di sicurezza e di prestazioni attese definiti nelle NTC.

Ancora una volta si deve intendere che se il Committente è un privato o un'azienda non esperta nel settore delle costruzioni, dovrà essere il Progettista ad intervistare il Committente per interpretarne la volontà circa le prestazio-

ni attese dalla struttura.

Ovviamente, la **responsabilità delle verifiche agli stati limiti** (paragr. 2.2.3) con i modelli definiti in fase di progetto è poi tutta del **progettista**. In particolare il progettista dovrà effettuare suddette verifiche agli stati limite **sia in fase di progetto** sulla base delle caratteristiche meccaniche dei materiali presunte da dati di letteratura, delle ipotesi delle varie fasi costruttive e della caratterizzazione del terreno mediante indagini preliminari, **sia in fase di esecuzione e collaudo** sulla base delle caratteristiche meccaniche dei materiali e dei terreni misurate durante la realizzazione dell'opera.

DURABILITA' DELLE STRUTTURE IN CALCESTRUZZO

(Paragrafo 11.1.11 NTC)

E' questo un altro aspetto molto innovativo, se non addirittura rivoluzionario delle NTC (paragrafo 11.1.11), che coinvolge direttamente il Progettista nel fissare le caratteristiche del calcestruzzo da impiegare (composizione e resistenza meccanica), lo spessore del copriferro e le regole di maturazione, per garantire la durabilità delle strutture per la vita attesa di servizio da lui stesso individuata di concerto con il committente.

Come al solito, queste *Norme Tecniche per le Costruzioni* mentre impongono al Progettista di stabilire i criteri di durabilità in base anche al sito dove sorgerà l'opera ed alle condizioni di impiego, sono molto permissive nella scelta delle norme tecniche per controllare le specifiche di durabilità. Per esempio il Progettista **può** fare utile riferimento alle norme UNI EN 206-1 ed UNI 11104 per individuare la classe di resistenza capace di garantire la durabilità in funzione della classe di esposizione ambientale. Oppure può determinare la impermeabilità del calcestruzzo all'acqua adottando la norma UNI EN 12390-8 come criterio aggiuntivo per valutare la durabilità.

D'altra parte il Progettista può anche far riferimento alla letteratura tecnica consolidata o ad altre normative (per esempio ACI, ASCE, o altre norme internazionali) per la garanzia della durabilità delle struttura purché ne faccia esplicita menzione nel progetto (paragrafi 12.1 e 12.2 delle NTC).

SPECIFICHE DEL CALCESTRUZZO E CLASSI DI RESISTENZA

(Paragrafo 11.1.11 E 5.1 NTC)

Il **Progettista** (o il **Direttore tecnico di stabilimento** per elementi prefabbricati in serie) deve indicare la resistenza convenzionale a compressione caratteristica misurata su provini cubici (R_{ck}) nonché altre indicazioni sulla composizione del calcestruzzo in funzione delle classi di esposizione e del requisito di durabilità delle opere. Oltre alla resistenza a compressione caratteristica (riferita a provini cubici maturati a 20°C per 28 giorni), il **Progettista potrà**

indicare anche altri tempi di maturazione a cui riferire la resistenza cubica (ad es. la R_c necessaria al momento della precompressione di un elemento in c.a.p.).

Un'interessante novità di queste *Norme Tecniche per le Costruzioni* in calcestruzzo (paragrafo 5.1) riguarda l'incremento della resistenza meccanica a compressione (R_{ck}) consentita per le costruzioni in c.a. e/o c.a.p., rispetto al precedente D.M. del Gennaio 1996. Nella Tabella 2 vengono mostrate le quattro classi di resistenza in funzione della tipologia di costruzioni.

Le **novità** rispetto alla precedente normativa nazionale consiste nella possibilità che il Progettista specifichi calcestruzzi ad alta classe di resistenza (con R_{ck} **fino a 85 N/mm²**) purché prima dell'inizio dei lavori si verifichino, con prove di prequalifica, tutte le grandezze fisico-meccaniche che influenzano la resistenza e la durabilità.

Questa normativa è stata anticipata nella Repubblica di San Marino dove è stata applicata una R_{ck} fino a 90 N/mm² (Fig. 4).

Tabella 2 - Classi di resistenza in funzione del tipo di costruzione.

CLASSE DI RESISTENZA	R_{ck} (N/mm ²)	TIPOLOGIA DI COSTRUZIONE
MOLTO BASSA	$15 \geq R_{ck} > 5$	Strutture non armate o poco armate
BASSA	$30 \geq R_{ck} > 15$	Strutture in c.a.
MEDIA	$55 \geq R_{ck} > 30$	Strutture in c.a.p. o in c.a.
ALTA	$85 \geq R_{ck} > 55$	Strutture in c.a.p. e/o in c.a.



Fig. 4 - Trade World Center di San Marino progettato da Norman Foster ed associati con una R_{ck} fino a 90 N/mm².

REGOLE PER L'ESECUZIONE DEL PROGETTO

(Paragrafo 5.1.7 E 11.1.1 NTC)

Un altro compito importante affidato al **Progettista** (paragrafo 5.1.7 – 11.1.1) riguarda le regole esecutive

e cioè cautele da adottare per gli impasti, posa in opera, maturazione dei getti e disarmo degli elementi strutturali (Fig. 5). Queste regole debbono essere descritte nel progetto tenendo conto della particolarità dell'opera, del clima e della tecnologia costruttiva.



Fig. 5 - Getto di un conglomerato SCC messo in opera senza vibrazione e stagionatura di un pavimento con teli impermeabili.

Come è consuetudine di queste NTC, mentre viene fatto esplicito obbligo di descrivere nel progetto queste **regole esecutive**, si lascia alla **libertà** del progettista la possibilità di far **riferimento a norme** nazionali o internazionali per i **dettagli esecutivi**: nel caso specifico il Progettista potrà fare utile riferimento alla norma **UNI EN 13670-1** "Esecuzione di strutture in calcestruzzo – Requisiti comuni". Ciò non esclude tuttavia che il Progettista possa far riferimento a raccomandazioni estere collaudate come per esempio quelle dell'*American Concrete Institute*.

CONTROLLI SUI MATERIALI PER IL CONFEZIONAMENTO C.A. E C.A.P. (Capitolo 11 NTC)

Una importante novità (paragr. Generalità cap.11) relativamente ai controlli su materiali e prodotti utilizzati è che il **Servizio Tecnico Centrale** attiverà un sistema di vigilanza presso i cantieri ed i luoghi di lavorazione per verificare la corretta applicazione delle disposizioni descritte al cap. 11 delle NTC.

Il controllo della qualità dei componenti il conglomerato cementizio (Paragrafo da 11.1.9 NTC)

E' **responsabilità del produttore** delle materie prime distribuire materiali o prodotti che siano conformi alle specifiche tecniche europee e/o nazionali in vigore. Nei casi in cui sia prevista la **marcatatura CE** (es. Cementi, Aggregati, Additivi) la relativa attestazione **deve essere consegnata alla Direzione Lavori**.

Il controllo della qualità del calcestruzzo (Paragrafo da 11.1.2 a 11.1.7 NTC)

Secondo le nuove NTC (paragrafo 11.1.2) il controllo della qualità del calcestruzzo si articola in tre fasi:

- **Valutazione preliminare della resistenza** (paragrafo 11.1.3) da eseguire prima dell'inizio dei lavori a cura dell'**Appaltatore**, sotto il controllo del Direttore dei Lavori, per identificare la composizione della miscela conforme alla R_{ck} del progetto; l'Appaltatore rimane responsabile anche in caso in cui il materiale sia fornito da un produttore di calcestruzzo preconfezionato in possesso di obbligatorio sistema di qualità certificato secondo UNI EN 9001.

- **Controllo di accettazione** (paragrafo 11.1.5 delle NTC) da effettuare a cura del Direttore dei Lavori in corso d'opera al momento del getto del componente strutturale; **Il Direttore dei Lavori (o un suo tecnico di fiducia)** deve procedere

al **prelievo** dei campioni (secondo i criteri indicati per i prelievi di tipo A o B) indicando in apposito **verbale (novità** rispetto al precedente DM) la data del prelievo, la posizione e le date di getto delle strutture interessate da ciascun prelievo, le sigle identificative dei provini e le rispettive resistenza caratteristiche di progetto. Il Direttore dei Lavori **deve poi sottoscrivere la domanda di prove** (pena la non validità del certificato) presso un **Laboratorio Ufficiale** riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti secondo art. 59 DPR n° 380/2001 (punto 11.1.5.3), facendo nella esplicito riferimento ai dati riportati nel verbale di prelievo che poi dovranno comparire anche nel certificato di prova.

- **Prove complementari** (paragrafo 11.1.7 delle NTC) **possono** essere richieste dal **Direttore dei Lavori** a eventuale completamento delle prove di accettazione per stimare la resistenza in particolari fasi della costruzione (diverse dai 28gg) o in particolari condizioni di utilizzo (temperature molto diverse da 20°C).

Il controllo della resistenza del calcestruzzo delle strutture (Paragrafo 11.1.6 NTC)

Nel caso in cui le resistenze meccaniche dei prelievi eseguiti in corso d'opera non soddisfino i criteri di accettazione per la R_{ck} prevista in progetto, oppure nel caso in cui sorgano dubbi sulla qualità del calcestruzzo rispetto alle prove di prequalifica oppure sulla validità stessa dei controlli di accettazione sulla qualità del calcestruzzo delle strutture, il **Direttore Lavori** o il **Collaudatore devono** procedere alla valutazione del calcestruzzo in opera attraverso prove non distruttive (per esempio mediante sclerometria o misura della velocità delle onde ultrasoniche secondo UNI EN 12504-1 e 2) o distruttive consistenti dell'estrazione di provini cilindrici dalla struttura noti come "carote" (paragrafo

11.1.6 delle NTC).

In quest'ultimo caso il valore della rottura a compressione di una carota (f_c) deve prima essere trasformato nel valore cubico R_c . La norma UNI EN 12504-2 (prelievo esame e prove di compressione su carote) e la pr EN 13 791 (valutazione della resistenza a compressione su calcestruzzo messo in opera) raccomandano di eseguire carote con altezza(h)/diametro(d)=1 nel caso in cui il risultato voglia essere confrontato direttamente con un cubo di lato h , ovvero carote con $h/d=2$ qualora si debba far riferimento a provini cilindrici di uguali dimensioni.

Il valore della resistenza cubica (R_c attuale) ricavato da quello della carota (f_c)¹ estratta dalla struttura, noto anche come resistenza attuale, risulta in genere più basso della **resistenza caratteristica convenzionale** misurata sui provini (R_{ck}). Le Norme Tecniche per le Costruzioni al paragrafo 11.1.6 ritengono accettabile un valore medio di $R_{c\text{ attuale}}$ se esso risulta almeno eguale all'85% della R_{ck} di progetto²:

$$R_{c\text{ attuale}} \geq 0.85 R_{ck}$$

Nel caso non risulti rispettata la formula sopra menzionata possono sorgere problemi circa la responsabilità di questa non *conformità* al dato progettuale (R_{ck}). Le possibili situazioni possono essere così riassunte:

- ♦ se la R_{ck} misurata attraverso il controllo di accettazione risulta maggiore o eguale al valore di progetto, deve ovviamente escludersi che la qualità del materiale sia la causa della non conformità del calcestruzzo in opera; conseguentemente, in caso di fornitura del conglomerato cementizio da parte di terzi (preconfezionatore) questi non sono responsabili della non conformità; in questo caso solo l'Appaltatore può essere coinvolto come responsabile della non conformità dovendosi attribuire questa ad una non corretta messa in opera o inadeguata stagionatura;
- ♦ se la R_{ck} misurata attraverso il controllo di accettazione, risulta inferiore a quella di progetto, il fornitore di calcestruzzo viene coinvolto nella non conformità e conseguentemente nelle eventuali operazioni di consolidamento o anche di demolizione e rifacimento stabilite dal Direttore dei Lavori. Se nonostante la R_{ck} risulti inferiore al valore di progetto, ma la $R_{c\text{ attuale}}$ risulta maggiore di $0.70 R_{ck}$, il Direttore dei Lavori può non eseguire alcun consolidamento.

COMPITI DEL COLLAUDATORE (Capitolo 8 e Paragrafo 5.1.10 NTC)

Il Collaudatore è addetto al controllo dei **documenti** attestanti il possesso delle necessarie **autorizzazioni**, la denuncia di inizio lavori, eventuali variazioni in corso d'opera nonché alla verifica della relazione del DL a fine lavori.

¹ Nel caso di resistenza f_c su carota $h/d = 1$ si dovrà considerare $f_c = R_{c\text{ attuale}} \geq 0.85 R_{ck}$; nel caso di carota $h/d = 2$ si avrà $f_c (h/d = 2) = 0.83 R_{c\text{ attuale}} \geq 0.70 R_{ck}$.

² Questo criterio di valutazione si basa sul differente grado di compattazione del calcestruzzo in opera rispetto a quello realizzabile per un provino.

Il Collaudatore **deve esaminare il progetto** dell'opera ed in particolare i livelli di sicurezza e di durabilità adottati in relazione alla vita utile di progetto dichiarata, il modello geologico, quello dei materiali, delle azioni e di calcolo adottati, nonché le verifiche numeriche condotte nei calcoli strutturali dal progettista ed i piani di manutenzione previsti. **Nelle varie fasi costruttive dell'opera e degli elementi strutturali principali**, sia costruiti in opera che prefabbricati, il Collaudatore **deve ispezionare l'opera** alla presenza del Direttore dei Lavori e dell'Appaltatore confrontando il progetto con la costruzione realizzata. Egli **deve controllare le certificazioni** dei controlli di accettazione su materiali e prodotti, i risultati delle indagini geotecniche, eventuali prove aggiuntive richieste dal DL, il registro delle non conformità curandosi che ognuna di queste ultime sia stata risolta. In caso contrario, o comunque in caso di dubbio sulla sicurezza o sulla durabilità dell'opera, il collaudatore potrà richiedere di effettuare tutti quegli accertamenti, studi, **indagini supplementari** (es. prove di carico, prove in sito, monitoraggio della struttura) che lo convincano sulla sicurezza, durabilità e collaudabilità della struttura.

Il Collaudatore **può** predisporre un programma di **prove di carico** da sottoporre all'accettazione del Progettista, del Direttore Lavori e del Costruttore. Le prove di carico, della cui attuazione è responsabile il Direttore Lavori, dovranno essere condotte con azioni pari ai valori massimi di progetto solo quando i materiali abbiano raggiunto le resistenze attese e la struttura la configurazione finale. Il Collaudatore **deve** successivamente **esaminare i risultati** di suddette prove di collaudo. Il **giudizio** sull'esito delle prove è **completa responsabilità del Collaudatore**.

CONCLUSIONI

Nelle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni emanate con D.M. del 14.09.2005 ci sono molte e significative novità circa le responsabilità attribuite ai vari attori nel campo delle costruzioni in calcestruzzo.

Le più importanti e le più innovative riguardano gli obblighi del Progettista che, oltre al calcolo strutturale degli elementi, deve dare indicazioni sulla posa in opera, sulla stagionatura e sulle caratteristiche del calcestruzzo; in particolare, deve indicare il valore della R_{ck} che tenga conto anche della durabilità della struttura in relazione all'ambiente dove sorge l'opera e la vita di servizio precisata nel progetto.

Accanto a questi **obblighi**, le Norme Tecniche per le Costruzioni lasciano al Progettista la responsabilità di scegliere le particolari norme tecniche (UNI EN), Linee Guida Ministeriali, o anche raccomandazioni internazionali come quelle dell'ACI o dell'ASCE (*American Society of Civil Engineering*).

Insomma le nuove NTC dichiarano **chi deve fare** che cosa, ma lasciano aperta la scelta sul **come fare**, ovvero sostituiscono una **impostazione** essenzialmente **prestazionale** a quella prevalentemente **prescrittiva** delle precedenti normative.

MARIO COLLEPARDI

**IL NUOVO
CALCESTRUZZO**

Quarta Edizione

**AGGIORNATO ALLE NUOVE
"NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI"**

LA QUARTA EDIZIONE

Per informazioni : Enco Srl - Via delle Industrie, 18
Ponzano Veneto (TV) - 31050 - Tel.0422 963 771 - Fax 0422 963237
www.encosrl.it - info@encosrl.it (Alessandra Galletti/Mara Meneghel)

PAGAMENTO: carta di credito, bonifico bancario, vaglia postale, conto corrente postale

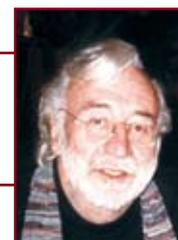


**Informazioni
Utili**

RECENTI SVILUPPI NEI SUPERFLUIDIFICANTI

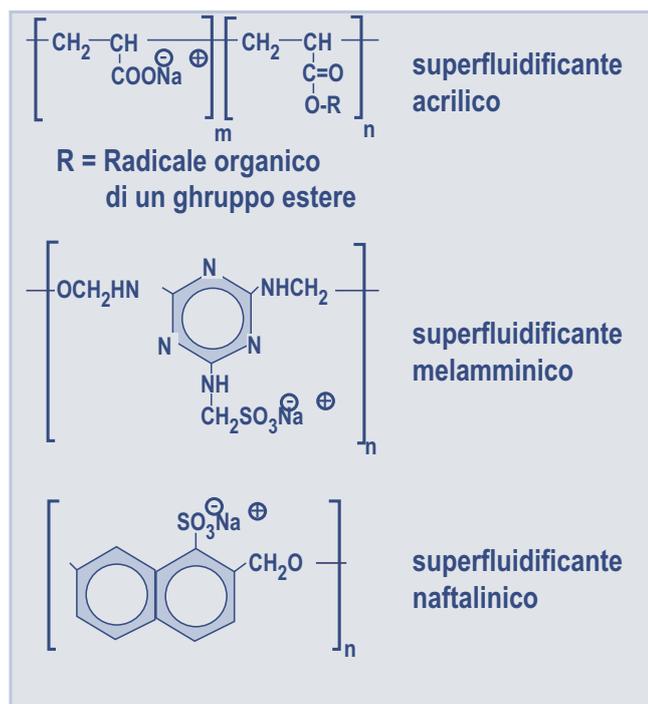
Mario Collepari

Enco - Engineering Concrete, Ponzano Veneto (TV) info@encosrl.it



1. INTRODUZIONE

Agli inizi degli anni 1970, la famiglia dei fluidificanti (a base di ligninsolfonato, un residuo dell'estrazione della cellulosa dal legno) fu tecnicamente sovrastata da superfluidificanti prodotti per sintesi chimica. In sostanza si potrebbe dire che le prestazioni di questi ultimi, nel seguito descritte, sono circa quattro volte più efficaci rispetto a quelle dei fluidificanti.



Tutti i superfluidificanti sono basati su polimeri idrosolubili. I primi ad essere immessi sul mercato erano basati su poli-naftalen-solfonati (PNS) o su poli-melammin-solfonati (PMS). Più recentemente verso l'inizio del 1990 sono stati introdotti i poli-carbossilati (PC) che formano una famiglia molto vasta di nuovi polimeri tutti caratterizzati dall'assenza dei gruppi solfonici presenti nei PNS e PMS. Nella Fig. 1 sono mostrate le molecole di questi superfluidificanti.

Da un punto di vista prestazionale i superfluidificanti a base di PC sono capaci di fluidificare il calcestruzzo molto di più che non quelli a base di gruppi solfonici. Ma soprattutto i superfluidificanti policarbossilici conservano meglio la lavorabilità durante il trasporto in climi caldi.

In linea di massima la quantità di additivo impiegata, rispetto alla massa del cemento, si aggira sull'1%. Ovviamente diminuendo o aumentando l'additivo (di solito non oltre il 2%) si riduce o si incrementa l'effetto dell'additivo.

2. COME AVVIENE LA FLUIDIFICAZIONE

L'effetto deflocculante dell'additivo sui granuli di cemento dispersi in un mezzo acquoso è illustrato in Fig. 2. Una miscela di cemento molto diluita in acqua, deposti-

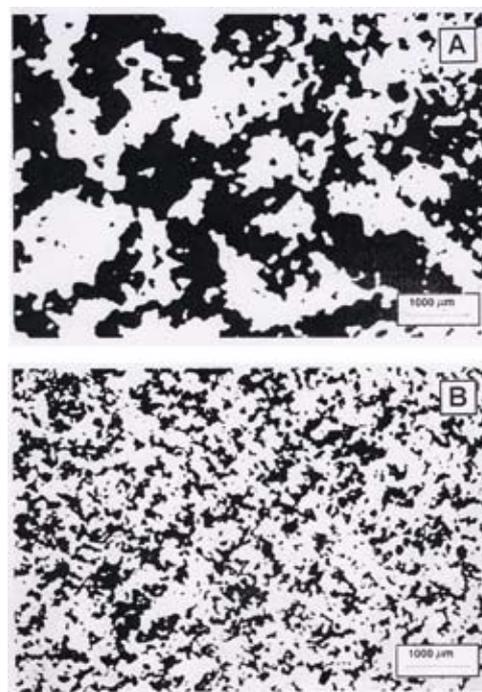


Fig. 2 - Osservazione al microscopio ottico di una pasta di cemento flocculata (A) e dispersa (B) per la presenza di additivo superfluidificante.

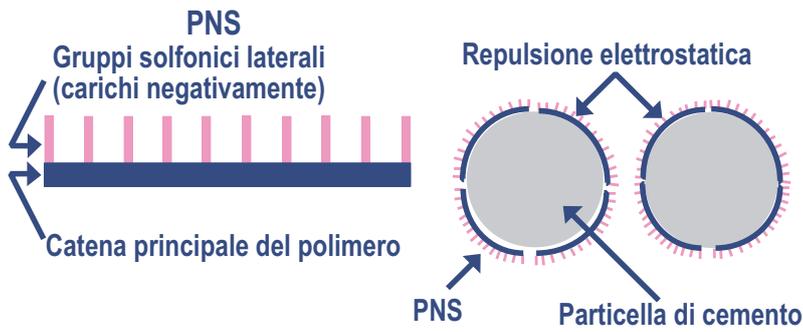


Fig. 3 - Deflocculazione per repulsione elettrostatica.

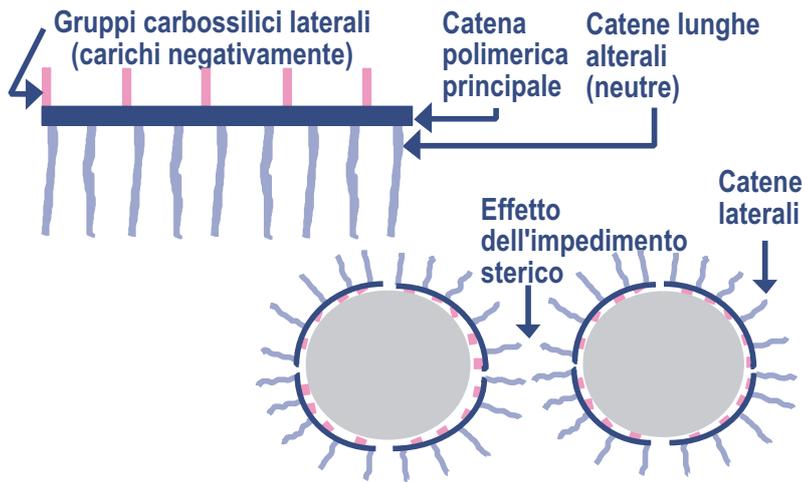


Fig. 4 - Deflocculazione per impedimento sterico.

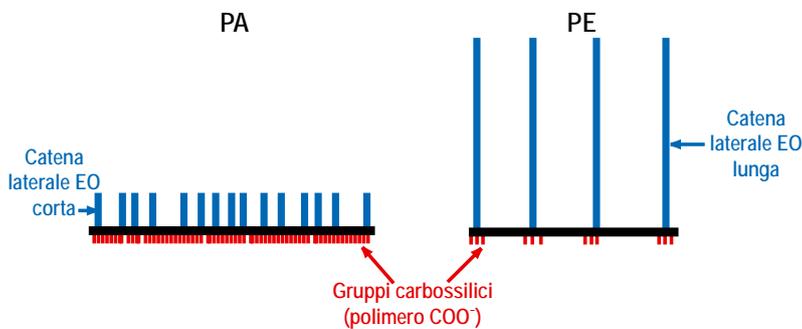


Fig. 5 - Schematizzazione delle strutture molecolari dei polimeri PA e PE.

tata su vetro trasparente illuminato dal basso in alto con una lampada, osservata con microscopio ottico si presenta come nella foto della Fig. 2.A: i granuli di cemento, opachi alla luce, si presentano come macchie nere mentre la parte bianca della foto corrisponde alla presenza dell'acqua che è trasparente alla luce. Salvo pochissimi granuli, che corrispondono alle macchie puntiformi nere, la maggior parte dei granuli di cemento si presenta in forma di agglomerati di molti granuli di cemento. Questo fenomeno – noto come **flocculazione** – deriva dall'attrazione di natura elettrostatica tra i vari granuli di cemento a seguito delle cariche elettrostatiche di segno opposto che si sono

formate sulle superfici dei granuli per effetto della macinazione (e della rottura dei legami ionici presenti nei costituenti del clinker) durante il processo produttivo del cemento.

In presenza dei superfluidificanti, i diversi granuli sono *deflocculati*, cioè dispersi (Fig. 2.B) a seguito di uno dei due possibili meccanismi:

- **adsorbimento** sulla superficie dei granuli di cemento delle molecole di superfluidificante e formazione di cariche elettrostatiche (*zeta potential*) dello stesso segno (negative) apportate dai gruppi anionici dei superfluidificanti PNS e PMS che provoca una **repulsione elettrostatica** tra i granuli di cemento (Fig. 3);

- **adsorbimento** sulla superficie dei granuli di cemento delle molecole di superfluidificante PA che, grazie alla ingombrante presenza delle catene laterali, impedisce ai granuli di cemento di avvicinarsi a causa dell'impedimento sterico (*steric hindrance* in Inglese) e di *flocculare* (Fig. 4): i gruppi carbossilici (COO^-) sono responsabili dell'adsorbimento sulla superficie dei granuli di cemento, mentre le catene laterali impediscono la collisione dei granuli di cemento e quindi la loro flocculazione.

Recentemente sono stati messi a punto diversi tipi di superfluidificanti, tutti a base di polimeri policarbossilici (PC), ciascuno dei quali con una funzione specifica in relazione al loro impiego:

- PA (Poli-Acrlato)
- PE (Poli-Etere)
- SLCA (*Slump Loss Controlling Agent*).

3. SUPERFLUIDIFICANTI PER CALCESTRUZZI PREFABBRICATI

Nella Fig. 5 sono mostrate schematicamente le strutture molecolari dei polimeri PA e PE: si può notare che il PA è caratterizzato dalla presenza di catene laterali a base di polimero di etilen-ossido (EO) relativamente corte; nei polimeri PE, invece, aumenta la lunghezza delle catene laterali EO responsabili della deflocculazione e diminuisce il numero dei gruppi carbossilici responsabili dell'adsorbimento del polimero sulla superficie del cemento e quindi dell'effetto fluidificante. Nelle Fig. 6 e 7 sono mostrati i meccanismi di azione di un superfluidificante a base di PA e PE rispettivamente: si può vedere in Fig. 6 che la superficie del granulo di cemento è quasi tutta coperta dai polimeri di PA per l'elevato numero di gruppi carbossilici COO^- responsabili dell'adsorbimento del polimero sulla superficie del cemento; questa situazione comporta un rallentamento iniziale nella idratazione del cemento con l'acqua. In presenza del polimero PE, in-

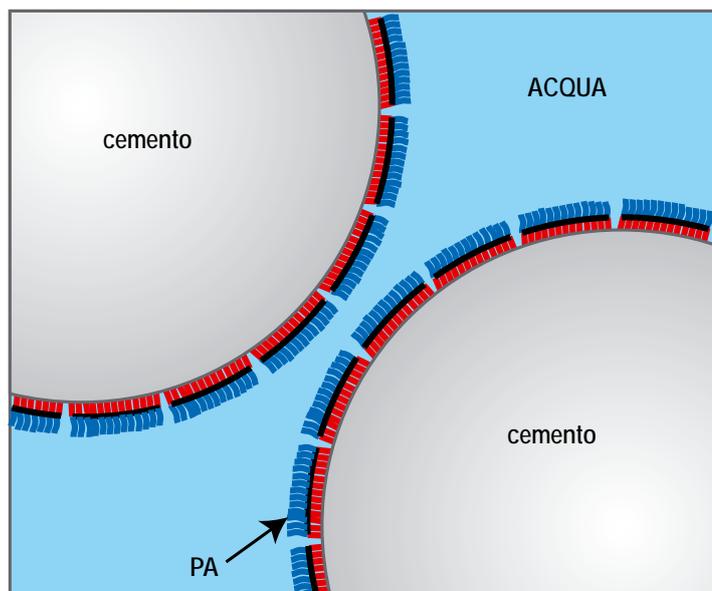


Fig. 6 - Effetto disperdente per impedimento sterico dei polimeri PA.

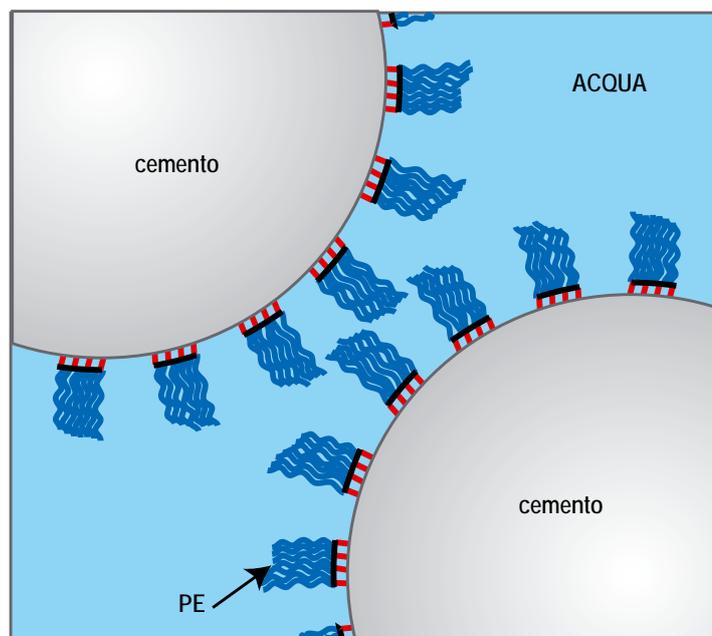


Fig. 7 - Effetto disperdente per impedimento sterico dei polimeri PE.

vece, il numero dei gruppi carbossilici adsorbiti sulla superficie del cemento è minore (Fig. 7) e questa situazione comporta una maggiore velocità iniziale nella reazione del cemento, la cui superficie è più esposta al contatto diretto con l'acqua, e conseguentemente un più rapido indurimento del calcestruzzo con PE rispetto a quello con PA (Fig. 8).

I risultati mostrati nella Fig. 8 indicano che il superfluidificante PE è più adatto nel campo della prefabbricazione dove a sole 12 ore, ed in assenza di maturazione a vapore, raggiunge valori di resistenza meccanica (20 MPa) accettabili per la sformatura. Il polimero

PA, invece presenta inizialmente un lento sviluppo della resistenza meccanica per il ritardo nella idratazione del cemento a causa dell'elevato numero di molecole adsorbite sulla superficie del cemento; tuttavia in meno di 2 giorni la prestazione meccanica del calcestruzzo con PA pareggia con quelli del calcestruzzo con PE.

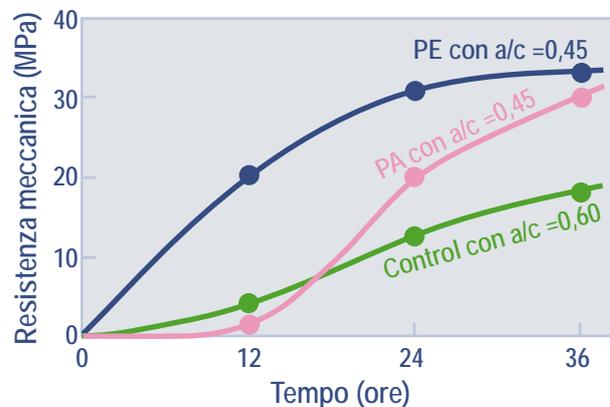


Fig. 8 - Influenza del tipo di polimero poli-carbossilico (PE o PA) sullo sviluppo iniziale della resistenza meccanica.

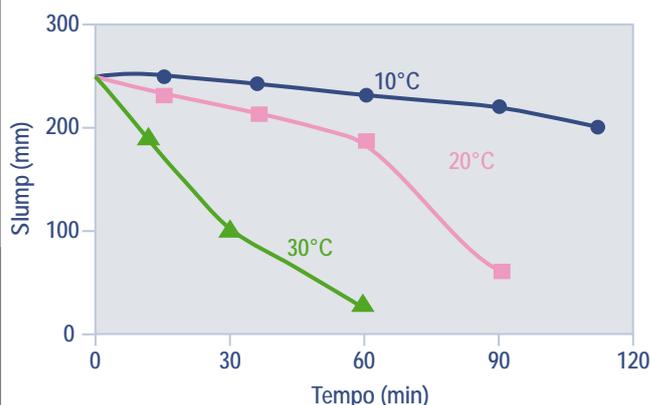


Fig. 9 - Influenza della temperatura sulla perdita di lavorabilità del calcestruzzi con PA.

Un altro aspetto che contraddistingue il comportamento dei calcestruzzi con i superfluidificanti a base di PA o PE riguarda la perdita di lavorabilità nella fase di trasporto e di messa in opera. Le Fig. 9 e 10 mostrano il comportamento reologico di calcestruzzi rispettivamente con superfluidificante PA e PE. Si può osservare che il polimero PA è più efficace del PE per la migliore conservazione di lavorabilità durante il trasporto e quindi più adatto per i calcestruzzi preconfezionati che debbono essere trasportati per 30-90 minuti dall'impianto di betonaggio al cantiere. Il polimero PE, invece, perde lavorabilità più rapidamente e pertanto è più adatto per i calcestruzzi prefabbricati che nel giro di qualche minuto dopo la miscelazione sono messi in opera.

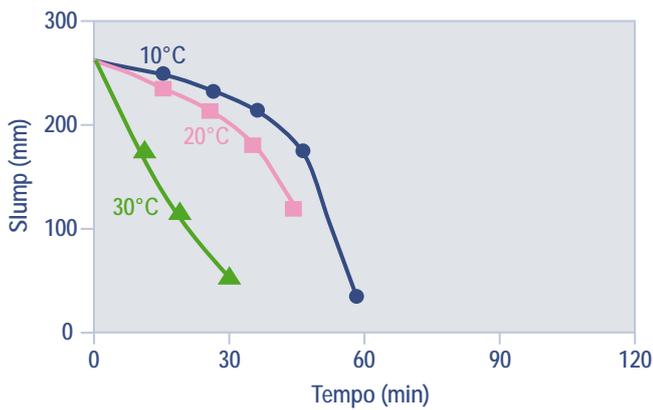


Fig. 10 - Influenza della temperatura nella perdita di lavorabilità del calcestruzzi con PE.

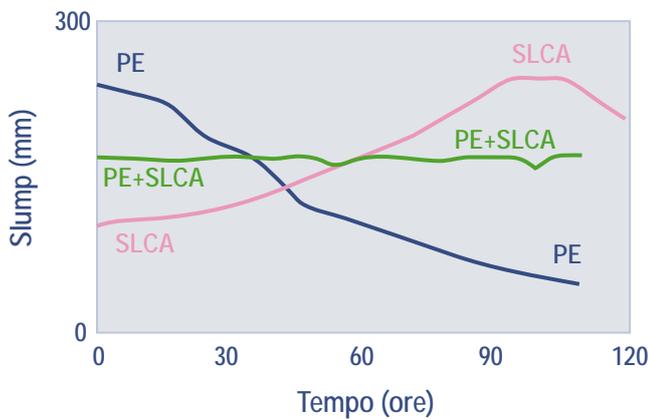


Fig. 11 - Perdita di lavorabilità di calcestruzzi con superfluidificante PE, SLCA o PE+SLCA a 30°C.

4. SUPERFLUIDIFICANTI PER CALCESTRUZZI PRECONFEZIONATI

Se si richiede una conservazione della lavorabilità più lunga, specialmente in condizioni avverse quando la temperatura supera 20°C, è necessario ricorrere alla

miscelazione dei polimeri *PA* o *PE* con il polimero *SLCA*. Nella Fig. 11 è mostrato comparativamente il comportamento reologico del calcestruzzo fresco a 30°C in presenza di *PE*, di *SLCA* e di una miscela di questi polimeri (*PE+SLCA*).

Il singolare comportamento dell'additivo *SLCA*, che fa aumentare la lavorabilità del calcestruzzo durante le prime ore di trasporto prima di provocare la presa del conglomerato (Fig. 11), è spiegato con il meccanismo d'azione illustrato nella Fig. 12. Inizialmente l'additivo *SLCA* fluidifica poco perché è presente in una forma che contiene un numero limitato di gruppi carbossilici (COO^-) responsabili dell'adsorbimento dell'additivo sulla superficie dei granuli di cemento; i gruppi COO^- sono infatti presenti prevalentemente in forma di *COOR* incapaci di essere adsorbiti e quindi fluidificare il calcestruzzo. Nell'ambiente basico ($\text{pH}=13$) che si crea nell'acqua d'impasto per la formazione di idrossido di calcio (*CH*) secondo l'equazione, il gruppo *COOR* si idrolizza come è mostrato in Fig. 12 liberando il gruppo COO^- secondo lo schema:



capace di essere adsorbito sulla superficie dei granuli di cemento, favorendone la dispersione e quindi la fluidificazione.

L'additivo *SLCA* non viene in genere impiegato da solo in quanto la lavorabilità al momento del getto cambierebbe (aumentando) in funzione del tempo trascorso dal mescolamento. Si preferisce, invece, mescolare il polimero *PE* con una percentuale opportuna di *SLCA* in modo da conservare la stessa lavorabilità dell'impianto di betonaggio per un tempo sufficientemente lungo (circa 2 ore) anche in climi caldi: questo straordinario comportamento di assenza nella perdita di lavorabilità durante il trasporto è rappresentato dalla curva *PE+SLCA* della Fig. 11.

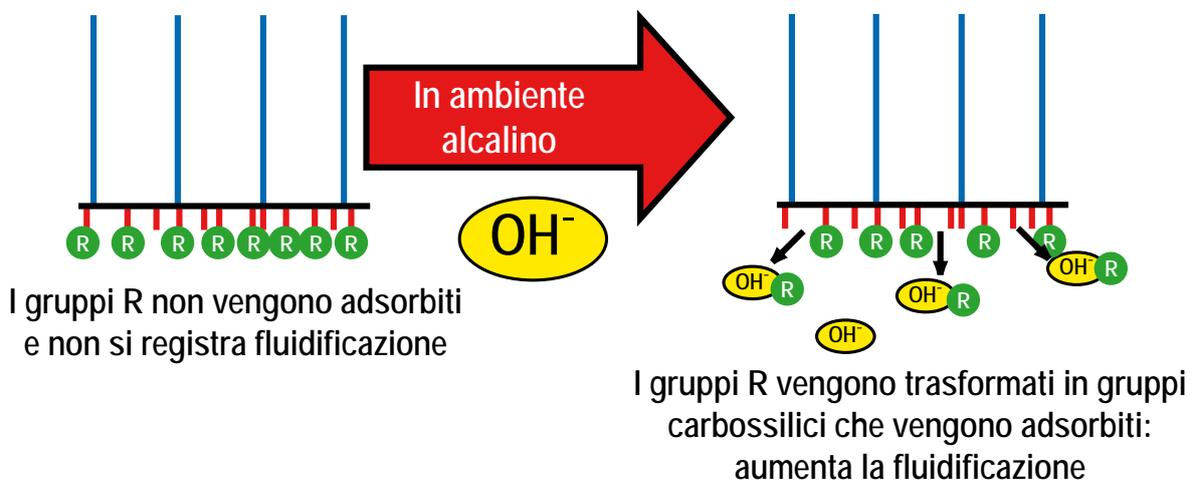
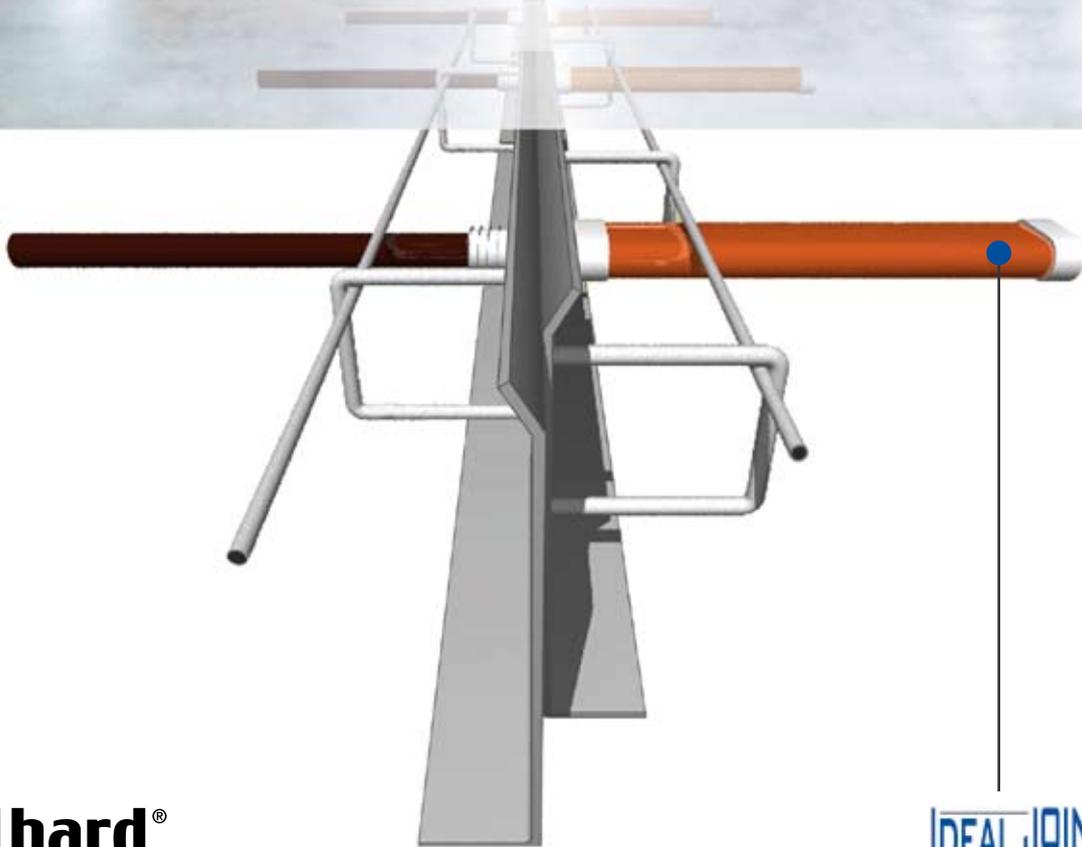


Fig. 12 - Meccanismo di azione del polimero *SLCA* nella fluidificazione ritardata.



L'UNIONE FA LA FORZA

ProCom



idealhard[®]
the best solution for your concrete floor

IDEAL HARD è un'esclusiva soluzione chimica incolore che incrementa la resistenza superficiale delle superfici in calcestruzzo soggette ad alto traffico pedonale e veicolare. **IDEAL HARD** penetra in profondità nelle superfici in calcestruzzo per sigillarle, densificarle, indurirle e renderle meno permeabili all'acqua. I pavimenti trattati con **IDEAL HARD** si mantengono più a lungo, costano meno per la manutenzione e sono antipolvere per moltissimi anni.

IDEAL HARD è il miglior prodotto sul mercato (richiedi la copia del test comparativo svolto dal laboratorio indipendente CTL - Illinois). Le caratteristiche primarie sono quelle di essere antipolvere, facile da mantenere e soprattutto resistente all'abrasione. E' il solo prodotto ad essere sigillante, densificante e corazzante chimico per calcestruzzo. **GARANZIA ANTIPOLVERE 10 ANNI**

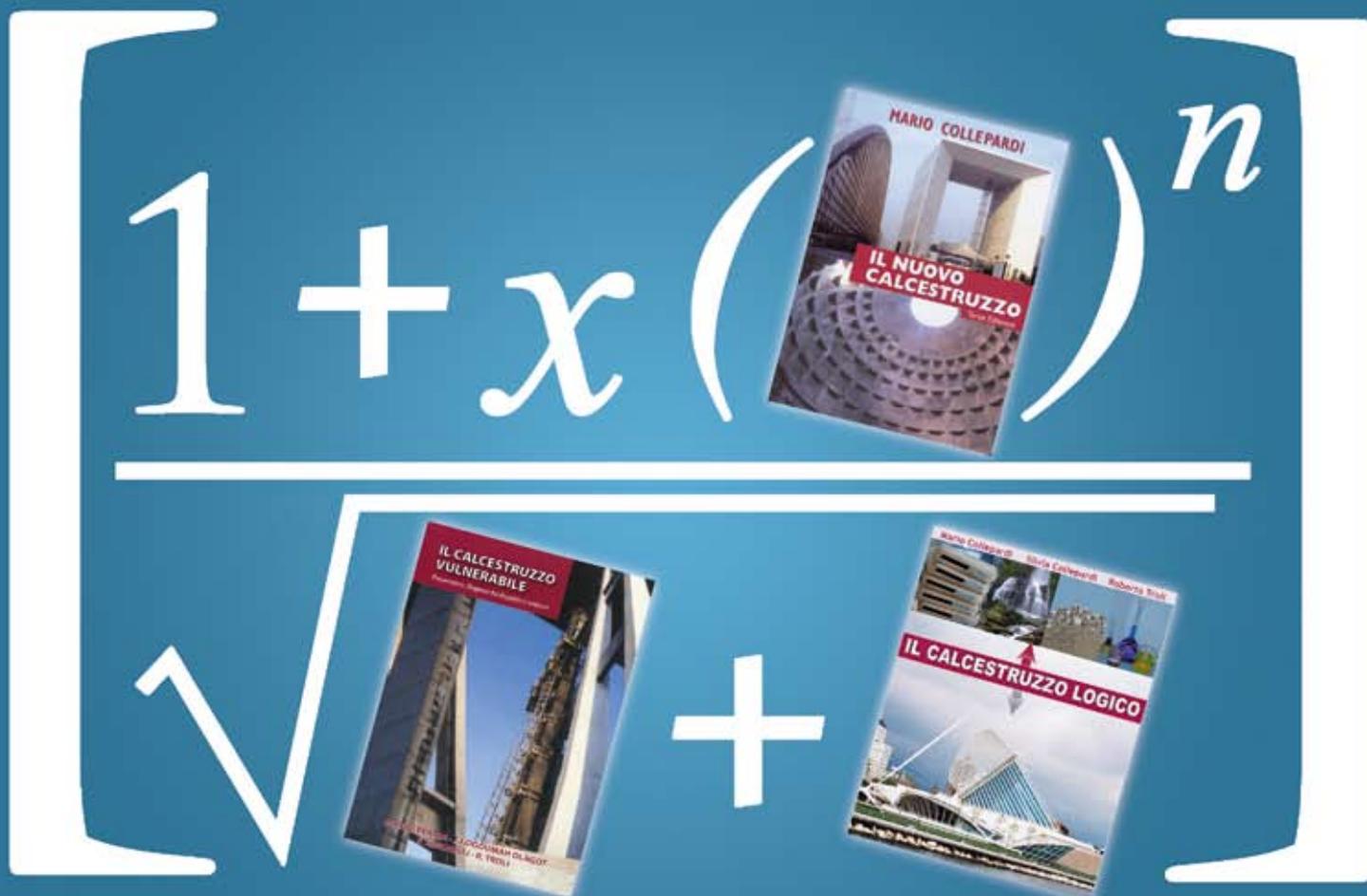
IDEAL JOINT SYSTEM[®]
giunto di costruzione - construction joint

La distribuzione dei carichi tra le piastre di calcestruzzo è fondamentale e se non è affrontata fin dalla progettazione rischia di compromettere il risultato dell'opera finita. A tutto questo si aggiungono i costi di manutenzione e di fermo produzione, che per i giunti sono davvero elevati. Spesso ad una progettazione adeguata, non segue una corretta realizzazione: i sistemi tradizionali sono molto complicati e richiedono tempo e manodopera specializzata. **IDEAL WORK** è pronta ad affrontare questa problematica con il proprio sistema brevettato per giunti di costruzione: **IDEAL JOINT SYSTEM**, studiato e realizzato per offrire ai progettisti un sistema moderno e scientifico per riprendere il trasferimento dei carichi tra le piastre di calcestruzzo con una semplice e poco costosa applicazione in opera. **IDEAL JOINT SYSTEM** è l'unico giunto Bidirezionale progettato per pavimenti in calcestruzzo. www.giunto.it/idealwork

Ideal WORK Srl - via Kennedy, 52/A - 31030
Vallà di Riese Pio X (TU) Italia
tel. (+39) 0423 748430 - fax (+39) 0423 748429
info@idealwork.it - www.idealwork.it

ideal
WORK[®]
SOLUZIONI INNOVATIVE PER LE PAVIMENTAZIONI
INNOVATIVE SOLUTIONS FOR CONCRETE FINISHING





L'equazione perfetta per capire il calcestruzzo.



Per informazioni e acquisto: **ENCO srl** - Via delle Industrie, 18 Ponzano Veneto (TV) - 31050
Tel. 0422 963 771 - Fax 0422 963 237 - info@encosrl.it

www.encosrl.it

DIAGNOSI DEL DEGRADO DELLE STRUTTURE IN C.A.

Parte I - Introduzione alle prove in sito ed in laboratorio



Mario Collepari, J. Jacob Ogoumah Olagot,
Francesca Simonelli, Roberto Troli
Enco - Engineering Concrete, Ponzano Veneto (TV)
info@encosrl.it



1. INTRODUZIONE

Forse a molti lettori è più familiare la pratica della diagnosi medica che non quella ingegneristica. Con la prima il clinico o il chirurgo cerca di capire:

- a) la natura dell'eventuale male;
- b) l'estensione di questo eventuale malanno.

Sulla base del responso a questi dubbi, il clinico sceglierà la strategia più appropriata alla cura della malattia ed il chirurgo stabilirà la tecnica più adeguata di intervento per ridurre o estirpare eventualmente la fonte del male. In ogni caso però, come l'esperienza pratica ci insegna, tanto il clinico quanto il chirurgo scelgono essi stessi le tecniche analitiche più appropriate (per esempio: radiologia o velocità di sedimentazione del sangue) per arrivare alla diagnosi attraverso l'interpretazione dei dati emessi dagli analisti.

Perché tutta questa premessa di carattere medico apparentemente fuori luogo in un testo sul degrado e restauro e delle strutture in c.a.? Perché, salvo le solite meritorie eccezioni, né l'ingegnere civile/edile né l'architetto sono in grado essi stessi, al contrario dei medici, di scegliere il mezzo analitico più adatto per arrivare alla diagnosi. Né spesso sono in grado di precisare dove fare il prelievo del campione dell'edificio e della struttura da sottoporre ad analisi diagnostica. E' come se il clinico o il chirurgo non sapesse se l'analisi del contenuto di azoto va fatta sul sangue o sulla saliva.

La ragione di questa distonia tra la scienza medica e quella delle costruzioni sta soprattutto nel fatto che nei corsi universitari i medici apprendono – sia pure da studenti e non certo da specialisti – le possibilità offerte dalle tecniche chimiche, fisiche, biologiche per una corretta emissione della diagnosi; al contrario, i geometri nelle scuole superiori, gli ingegneri civili/edili e gli architetti nelle università sono pressoché digiuni dei progressi nel settore diagnostico. Pertanto essi sono costretti spesso ad affidarsi allo stregone di turno

solitamente chiamato “il chimico” – anche se poi spesso le prove sono di carattere fisico, mineralogico, ingegneristico oltre che chimico – perché sia lui a stabilire quali e quanti prelievi effettuare, quali tipi di misure eseguire ed interpretare, per arrivare non solo alla diagnosi ma possibilmente anche al rimedio proposto.

L'obiettivo di questo articolo è quello di offrire, sia pure in modo non esaustivo, ai tecnici delle costruzioni gli elementi fondamentali delle varie tecniche diagnostiche, affinché siano in grado di scegliere autonomamente quali siano le più appropriate allo specifico caso, e soprattutto di interpretarne i risultati insieme a tutte le altre informazioni al contorno.

2. LA DIAGNOSI E LE PROVE

La diagnosi del deterioramento di un edificio storico o di una struttura in c.a. consiste nella raccolta di dati sperimentali che – unitamente alle **informazioni al contorno**, di carattere ambientale, climatico, storico, strutturale – consente di stabilire le cause del deterioramento della struttura in genere, e del degrado dei materiali in particolare, come è schematicamente illustrato nella Fig. 1.

La raccolta di dati sperimentali si basa sull'esecuzione di prove che possono essere suddivise in distruttive o non-distruttive.

La distinzione tra **prove distruttive** e **prove non-distruttive** consiste fondamentalmente nel fatto che le prime si basano su prove sperimentali, generalmente esegui

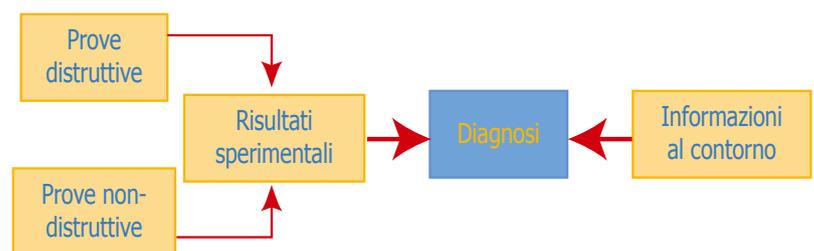


Fig.1 - Schematizzazione del processo diagnostico.

te in laboratorio, effettuate su provini o campioni prelevati dalla struttura: ne consegue che esse prevedono in genere lo scrostamento di frammenti di intonaco, il sollevamento sia pure parziale di un rivestimento del pavimento, il carotaggio di una muratura, ecc., tutte operazioni che possono arrecare una compromissione, sia pure modesta o trascurabile, a costruzioni quantomeno sospettate di essere coinvolte da un processo di deterioramento.

Le prove non-distruttive, invece, presentano il vantaggio di fornire elementi utili alla interpretazione del potenziale deterioramento in atto, senza minimamente danneggiare lo stato dell'edificio o della struttura in c.a. dal punto di vista estetico o strutturale.

Le prove non-distruttive consistono in test di carattere prevalentemente fisico o fisico-meccanico da eseguire in sito sulla struttura; le prove distruttive, invece, sono prevalentemente di carattere chimico o chimico-fisico da effettuare in laboratorio. Inoltre, le prove non-distruttive in sito forniscono dei dati soprattutto sul dissesto delle strutture (per esempio: cedimenti fondazionali, sovraccarichi, ecc.) che non necessariamente coinvolgono il degrado dei materiali. Le prove distruttive effettuate in laboratorio, invece, sono prevalentemente finalizzate alla valutazione del degrado dei materiali (per esempio: distacco parziale di intonaco, rigonfiamento di una muratura, corrosione di un metallo, ecc.) che non necessariamente significano un dissesto strutturale dell'edificio.

In generale, è molto difficile che con le sole prove non-distruttive si possa arrivare ad una diagnosi corretta del degrado di una struttura. Molto spesso, esse devono essere complementate da quelle distruttive. L'accoppiamento di prove distruttive e non-distruttive, oltre al carattere di complementarità e di completezza dell'informazione desunta, presenta anche il vantaggio di ridurre globalmente il numero totale delle prove da eseguire e quindi il costo generale della diagnosi: infatti, in linea di massima, il costo della singola prova di laboratorio è relativamente basso, ma si richiede un numero relativamente elevato di prove sui diversi prelievi, rispetto alle prove non-distruttive, per poter emettere una diagnosi.

Nella Tabella 1 sono schematicamente riassunte le caratteristiche sopra menzionate delle prove distruttive e non-distruttive.

Lo scopo principale delle prove non-distruttive in sito è quello di fornire elementi utili non tanto e non solo per emettere direttamente una diagnosi, quanto e soprattutto per guidare il tecnico in un **prelievo finalizzato** dei campioni e dei provini da sottoporre a poche e ben mirate prove di laboratorio.

Tabella 1 - Caratteristiche generali delle prove distruttive e non distruttive

TIPO DI PROVA	DISTRUTTIVA	NON-DISTRUTTIVA
Carattere prevalente	chimico ; chimico-fisico	fisico ; fisico-meccanico
Costo unitario	basso	alto
Numero delle prove	alto	basso
Contributo interpretativo	buono	mediocre
Valutazione della localizzazione e della estensione del degrado	scarsa costosa lenta	buona economica rapida

Il contributo delle prove distruttive all'interpretazione del degrado dei materiali è molto maggiore che non di quelle non-distruttive. Infatti, le prove non-distruttive possono evidenziare dove e in che misura il degrado è in atto nell'ambito globale di un edificio (per esempio: un processo fessurativo localizzato in una parete) ma non sempre, senza le prove di laboratorio, potranno spiegare perché il degrado si è innescato e propagato. D'altra parte, senza una comprensione del meccanismo di degrado, si rischia con una diagnosi incompleta di mettere in atto un restauro inefficace e che, a distanza di tempo, ripropone, e talvolta aggrava, i mali originari.

Nei paragrafi che seguono verranno esaminate le principali prove non-distruttive e distruttive, precisando subito che nelle seconde, salvo quelle di carattere meccanico, la massa del campione occorrente per la singola prova è in genere piuttosto modesta (da qualche milligrammo a qualche grammo).

3. PROVE NON DISTRUTTIVE

Le prove non-distruttive possono essere formalmente suddivise in due tipi: passive ed attive. Le prime rilevano quei fenomeni fisici che si verificano naturalmente, mentre le seconde richiedono un'eccitazione artificiale, di natura termica, elettrica, acustica, ecc. a seconda del fenomeno fisico coinvolto nella prova. Nella Tabella 2 è mostrato un

Tabella 2 - Principali prove non distruttive.

Fotografia	Auscultazione sonica
Termografia	Prove con ultrasuoni
Endoscopia	Prove con martinetti piatti
Magnetometria	Monitoraggio delle fessure
Gammagrafia	Sclerometria

elenco delle principali prove non-distruttive.

Le prove non-distruttive sono in genere caratterizzate dalle seguenti proprietà:

- mantengono integra la struttura indagata;
- informano in modo globale, rapido e semplice;
- forniscono risultati sia qualitativi che quantitativi (o comunque comparativi).

Tabella 3 - Principali prove distruttive.

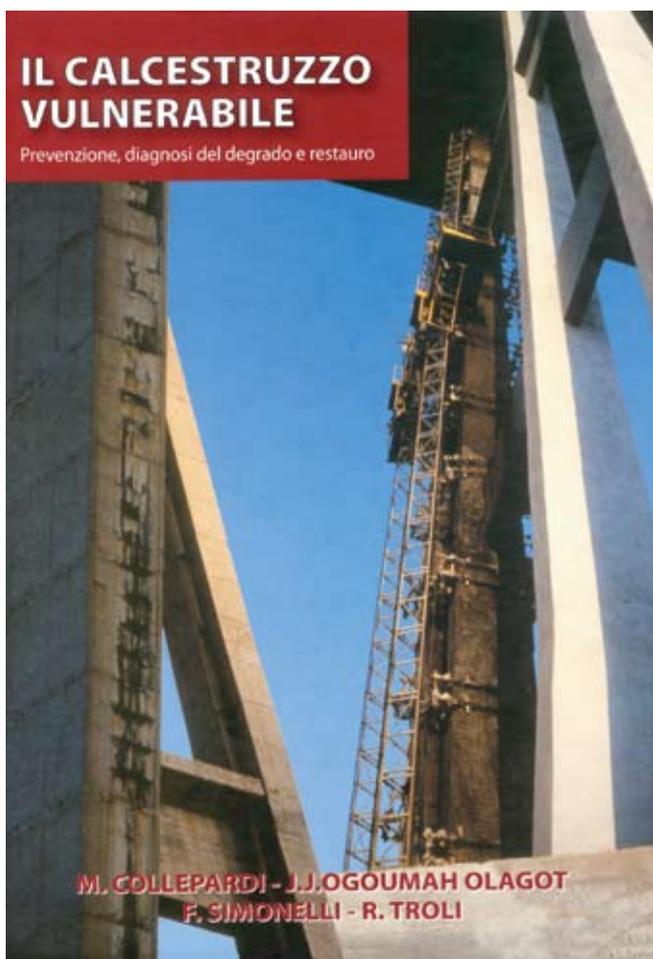
Analisi chimica	Assorbimento di liquidi
Diffrazione raggi X	Porosimetria a mercurio
Analisi termica	Permeabilità all'acqua
Spettrofotometria a raggi IR	Adsorbimento di gas
Microscopia elettronica	Prove meccaniche

4. PROVE DISTRUTTIVE

Le prove distruttive consistono fondamentalmente in prove di laboratorio di carattere prevalentemente chimico, mineralogico, e fisico; talvolta esse includono anche prove di carattere meccanico molto simili alle prove non-distruttive (modulo elastico dinamico mediante ultrasuoni, curva sforzo-deformazione fino alla rottura del provino).

Escludendo quelle di carattere meccanico già discusse nella sezione delle prove non distruttive, le prove distruttive che verranno esaminate sono riportate nella Tabella 3. Val la pena di sottolineare che molto spesso si identificano le prove distruttive di laboratorio con l'analisi chimica, la quale invece, di per sé e da sola, non è in grado di fornire elementi significativi per l'emissione di una diagnosi se non è accompagnata dalle altre prove non distruttive di carattere mineralogico o fisico.

Per approfondimenti consultare il libro "Il Calcestruzzo Vulnerabile".



Evita...
Previene...
Ripara...

Non impiegare un
CALCESTRUZZO
VULNERABILE
Leggi come fare

Per informazioni : Enco Srl - Via delle Industrie, 18
Ponzano Veneto (TV) - 31050 - Tel. 0422 963 771 - Fax 0422 963237
www.encosrl.it - info@encosrl.it (Alessandra Galletti/Mara Meneghel)

PAGAMENTO: carta di credito, bonifico bancario, vaglia postale, conto corrente postale

← Informazioni
Utili

Soluzioni di Durabilità



CLASSE DI ESPOSIZIONE	XC	Corrosione delle armature indotta da carbonatazione del calcestruzzo
CLASSE DI ESPOSIZIONE	XD	Corrosione delle armature indotta dai cloruri
CLASSE DI ESPOSIZIONE	XS	Corrosione delle armature indotta dai cloruri dell'acqua di mare
CLASSE DI ESPOSIZIONE	XA	Attacco chimico
CLASSE DI ESPOSIZIONE	XF	Attacco dei cicli gelo/disgelo

www.grafocom.it 06/05



Calcestruzzi
Italcementi Group

A world class local business

www.calcestruzzi.it

RICICLAGGIO DEI MATERIALI DA DEMOLIZIONE NELLA PRODUZIONE DEL CALCESTRUZZO



Parte II - Aggregati da calcestruzzo prefabbricato riciclato

Valeria Corinaldesi, Giacomo Moriconi

Università Politecnica delle Marche, Ancona - v.corinaldesi@univpm.it

1. AGGREGATI RICICLATI IN PREFABBRICAZIONE

Lo smaltimento degli scarti a base cementizia ottenuti durante le fasi di produzione di elementi prefabbricati in calcestruzzo armato, eventualmente precompresso, sta diventando sempre più un problema per via dei crescenti costi di trasporto e collocamento in discarica. Inoltre, il loro re-impiego, per esempio

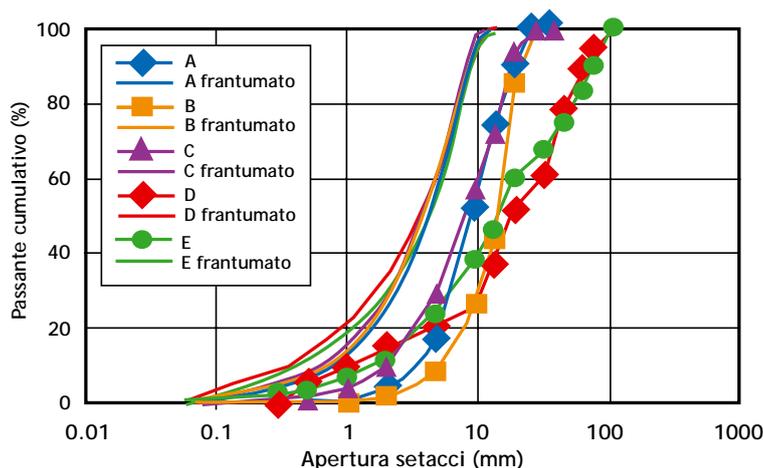


Fig. 1 - Distribuzione granulometrica di 5 frazioni di calcestruzzo riciclato prima e dopo lo sminuzzamento.

come riempimento per sottofondi stradali o di piazzali, seppure eccellente da un punto di vista tecnico-economico, può generare dubbi e sospetti legati all'eventuale rilascio di sostanze nocive da parte del cemento contenuto in condizioni aggressive.

In fase di prefabbricazione sarebbe, quindi, quanto mai opportuno il riciclaggio di tali materiali sotto forma di aggregati per nuovi calcestruzzi dopo un opportuno trattamento preliminare che consiste semplicemente in una operazione di macinazione seguita da vagliatura. Poiché i volumi di materiale in gioco non sono notevoli, basterebbe sostituire piccole percentuali degli inerti naturali con questi aggregati riciclati per smaltire completamente gli scarti della produzione riducendo nel frattempo l'estrazione da cava degli inerti lapidei con un ulteriore vantaggio ambientale.

A partire da queste premesse, è stata condotta una sperimentazione sul riutilizzo di scarti provenienti da 5 diversi impianti

di prefabbricazione dislocati sul territorio nazionale. Tali scarti sono stati sminuzzati producendo varie frazioni di calcestruzzo riciclato in percentuali del 5% o del 10% in sostituzione dell'inerte tradizionale per verificare la possibilità di produrre calcestruzzi appartenenti all'intervallo di classi di resistenza 50÷55 MPa e quindi caratterizzati dalle stesse prestazioni dei calcestruzzi di origine (produzione corrente in stabilimento).

Una prima fase sperimentale è consistita nella messa a punto della produzione del calcestruzzo riciclato a partire dagli sfridi di lavorazione, cercando di ottimizzare la fase di macinazione e di scegliere la vagliatura più opportuna per ottenere il miglior assortimento granulometrico possibile. In realtà si è visto come, grazie all'ausilio di un frantoio che ha consentito di raffinare la pezzatura degli aggregati giungendo a distribuzioni granulometriche con un diametro massimo pari a 12 mm, non sia stato necessario fare ricorso ad operazioni di vagliatura successive allo sminuzzamento per la costanza della distribuzione granulometrica così ottenuta (Fig. 1).

Una seconda fase sperimentale ha riguardato la caratterizzazione chimica e fisica di tali aggregati, con particolare riferimento alla massa volumica ed all'assorbimento d'acqua (Tabella 1).

Quindi sono state preparate le miscele dei relativi calcestruzzi con rapporto acqua/cemento pari a 0,50 ed aggiunta di additivo superfluidificante all'1% in peso sul cemento. Oltre alle percentuali di sostituzione del 5% e del 10%, in un caso si è tentata una sostituzione dell'inerte ordinario con calcestruzzo riciclato pari al 30% per verificare l'andamento del decadimento delle prestazioni meccaniche del calcestruzzo all'aumentare della percentuale di aggregato riciclato (miscela 'A-30%').

Tabella 1 - Principali proprietà fisiche delle frazioni di aggregato riciclato

FRAZIONE	ASSORBIMENTO D'ACQUA (%)	MASSA VOLUMICA IN S.S.A.* (g/cm ³)
A	9.21	2.38
B	5.56	2.58
C	7.63	2.48
D	8.34	2.41
E	7.26	2.47

* condizioni di aggregato saturo a superficie asciutta

Tabella 2 - Ricette delle miscele preparate con calcestruzzo riciclato (dosaggi in kg/m³).

Miscela*	a/c	Acqua	Cemento	Additivo Superfluidif.	Sabbia Naturale (0-5)	Ghiaino (2-10)	Ghiaia (5-25)	Calcestruzzo riciclato (0-12)
Rif	0.50	175	350	3.5	535	535	715	---
A-5%	0.50	175	350	3.5	535	446	715	82
A-10%	0.50	175	350	3.5	535	357	715	165
A-30%	0.50	175	350	3.5	535	---	715	490
B-5%	0.50	175	350	3.5	535	446	715	88
B-10%	0.50	175	350	3.5	535	357	715	177
C-5%	0.50	175	350	3.5	535	446	715	85
C-10%	0.50	175	350	3.5	535	357	715	170
D-5%	0.50	175	350	3.5	535	446	715	85
D-10%	0.50	175	350	3.5	535	357	715	170
E-5%	0.50	175	350	3.5	535	446	715	83
E-10%	0.50	175	350	3.5	535	357	715	165

* la lettera fa riferimento al tipo di frazione di calcestruzzo riciclato

Con queste miscele sono stati preparati vari cubetti in calcestruzzo sottoposti a prove di resistenza a compressione a varie stagionature dopo il getto. Nell'istogramma di Fig. 2 sono riportati i risultati ottenuti dopo 1 giorno di stagionatura ed in Fig. 3 i risultati ottenuti dopo 28 giorni di stagionatura.

Sulla base dei risultati ottenuti si è visto come per le frazioni di aggregato denominate 'B', 'D' ed 'E' qualsiasi sia stata la percentuale di sostituzione l'obiettivo dei 55 MPa è stato comunque raggiunto. Per la frazione 'A', caratterizzata da proprietà fisiche più scadenti, tale obiettivo non è stato raggiunto indipendentemente dalla percentuale di sostituzione.

Risulta abbastanza evidente come più che la percentuale di sostituzione siano importanti le proprietà fisiche del calcestruzzo riciclato.

2. CONCLUSIONI

A fronte di un notevole impulso all'attività di riciclaggio dei materiali da demolizione per la produzione di calcestruzzo, determinato in Italia dai recenti sviluppi in campo legislativo, ci si attende una maggiore tendenza alla collocazione delle macerie

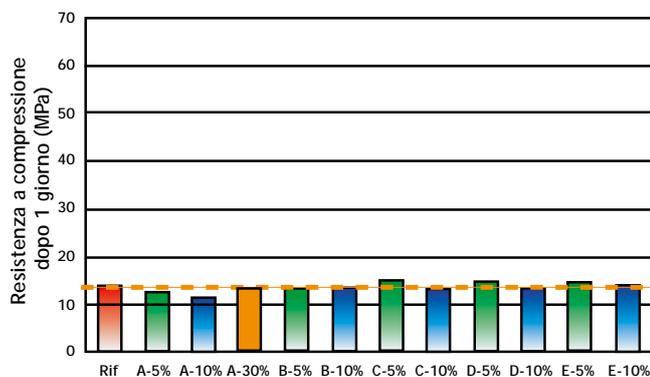


Fig. 2 - Resistenza a compressione delle miscele preparate con calcestruzzo riciclato dopo 1 giorno di stagionatura.

da demolizione negli impianti di riciclaggio anziché in discarica con un conseguente aumento della disponibilità di aggregato riciclato.

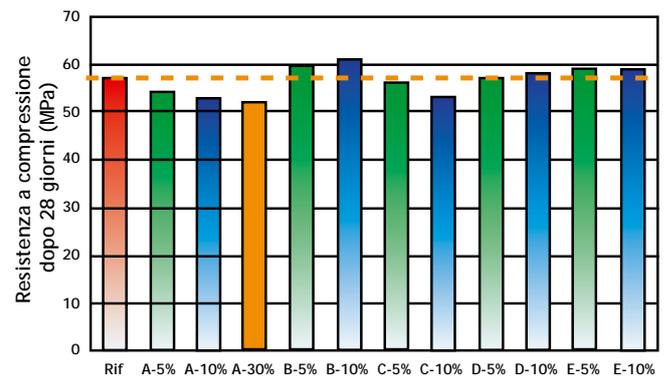


Fig. 3 - Resistenza a compressione delle miscele preparate con calcestruzzo riciclato dopo 28 giorni di stagionatura.

A questo proposito, alla luce dei risultati sperimentali ottenuti, si auspica un impiego degli aggregati da demolizione di edifici anche per la produzione di calcestruzzi strutturali. Infatti, più che una classificazione dell'aggregato riciclato basata sull'origine dell'aggregato (ovvero da demolizione di edifici o da demolizione di solo calcestruzzo) sembrerebbe opportuna una classificazione basata sulle proprietà fisiche dell'aggregato (in particolare massa volumica ed assorbimento d'acqua), che vanno effettivamente ad influenzare il comportamento meccanico del relativo calcestruzzo.

Per quanto riguarda il riutilizzo interno negli stabilimenti di prefabbricazione, non sono state rilevate particolari variazioni nel comportamento meccanico dei calcestruzzi confezionati con percentuali del 5% (indicata come limite superiore di impiego dalle Norme Tecniche per le Costruzioni) o del 10%.

MONITORAGGIO PER LA MANUTENZIONE PREVENTIVA E PROGRAMMATA DELLE STRUTTURE IN C.A.

Parte II - Casi pratici

Francesca Tittarelli, Giacomo Moriconi

Università Politecnica delle Marche, Ancona - f.tittarelli@univpm.it



Nonostante la relativamente giovane età del sistema proposto, nato solamente nel 2002, Co.S.Mo.Net è stato già applicato con successo a numerose strutture in calcestruzzo armato sia di nuova costruzione, sia esistenti.



Fig. 1 - Opera monitorata: stazioni di pompaggio S1 e S2 (Portonovo, Ancona).

Il sistema, ad esempio, è stato proposto ed attuato a Portonovo, località nel comune di Ancona in prossimità del mare (Fig. 1). È un ambiente particolarmente prezioso sul piano naturalistico e l'Amministrazione comunale di Ancona ha recentemente provveduto a regolamentarne gli scarichi, convogliandoli in un impianto adeguato per allontanarli dalla località. A tale scopo sono state realizzate due vasche di sollevamento in calcestruzzo armato (S1 e



Fig. 2 - Messa in opera della stazione S1.

S2 in Fig. 1), a cui è stato applicato il sistema di monitoraggio Co.S.Mo.Net, poiché, essendo completamente interrate, risultavano immerse in un ambiente particolarmente aggressivo a causa della superficialità della falda di acqua marina (Fig. 2).

La Fig. 3 riporta il particolare di un punto di monitoraggio posto tra due ferri d'armatura prima del getto. Sia sull'elettrodo di riferimento, sia sulle armature vengono saldati cavetti elettrici per permettere le successive misure elettrochimiche. Le saldature vengono poi protette con uno strato di resina epossidica per evitare fenomeni di corrosione per contatto galvanico. Gli elettrodi rimangono pertanto inglobati nel getto di calcestruzzo mentre tutti i cavi di collegamento elettrico vengono convogliati verso la centralina di telerilevamento (Fig. 4). La Fig. 5 riporta, infine, come appare sul programma di gestione dati Co.S.Mo.Net la stazione di sollevamento S1, con l'indicazione della collocazione di un elettrodo di riferimento.

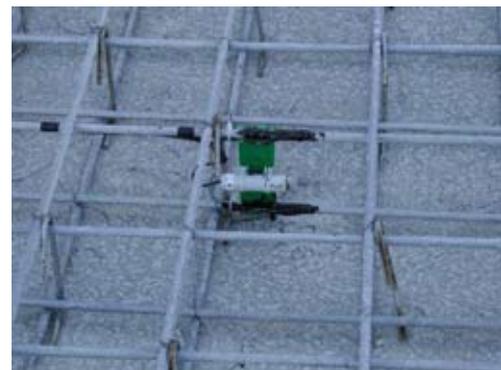


Fig. 3 - Particolare di un punto di monitoraggio della stazione S1.

Il sistema di monitoraggio è stato anche applicato, sempre ad Ancona, al parcheggio multipiano di recente costruzione (Fig. 6), localizzato su un'area recuperata da una precedente attività di produzione di gas di città.

In questo caso, prevedere un monitoraggio continuo della struttura già in fase di progetto risultava essere particolarmente importante e funzionale al progetto stesso



Fig. 4 - Cavi di collegamento alla centralina di telelettura.

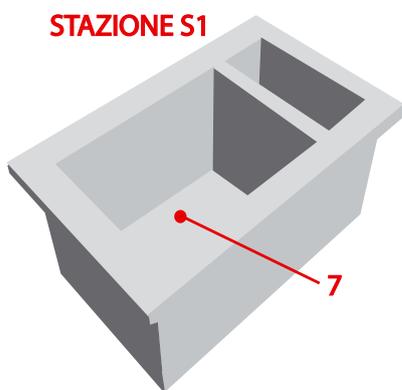


Fig. 5 - Programma TC2000: localizzazione schematica del punto di monitoraggio 7 nella stazione S1.

per la necessità di controllare l'eventuale diffusione nel calcestruzzo della platea di fondazione (prescritto con opportuno grado di impermeabilità) di agenti inquinanti dal terreno di fondazione, risanato per attenuazione naturale mediante cinturazione e contenimento del terreno inquinato.

Quando l'armatura del solettone di fondazione è stata posta in opera (Fig. 7) sono stati inseriti gli elettrodi in prossimità della parte di terreno maggiormente inquinata; inoltre, si sono anche posizionati elettrodi, in corrispondenza di pilastri e travi, nei punti di massima sollecitazione individuati da un'analisi preliminare di simulazione degli sforzi (Fig. 8).

Dopo il getto di calcestruzzo nel quale sono rimasti inglobati gli elettrodi, le uscite dei vari punti di monitoraggio (la Fig. 9 rappresenta il punto di monitoraggio di una trave particolarmente sollecitata) sono stati inserite in scatole stagne, per facilitare così un'eventuale verifica delle misure effettuate.

Tutti i segnali sono stati poi convogliati verso una centralina generale, posta in prossimità dell'ingresso principale del parcheggio per consentirne una facile ispezione (Fig. 10), che sta attualmente trasmettendo dati verso il

centro Co.S.Mo.Net via GSM.

Recentemente il sistema di monitoraggio Co.S.Mo.Net è stato anche inserito nel progetto preliminare della Strada Statale 77 nel tratto Muccia-Foligno (Fig. 11).

Due ulteriori applicazioni, in particolare, hanno confermato la validità e affidabilità del sistema proposto.

La prima interessa una struttura abbastanza datata (che risale al 1960) portante un ascensore e posta in prossimità del litorale marino nella zona Passetto di Ancona (Fig. 12) dove il sistema è stato progettato ed allestito durante i lavori di ristrutturazione eseguiti nel 2003.

Durante la ristrutturazione, a causa dell'ambiente parti-



Fig. 6 - Opera monitorata: parcheggio degli Archi (Ancona).

colarmente aggressivo, il calcestruzzo della struttura è stato protetto per mezzo di un trattamento idrofobico superficiale. Poiché il deterioramento del trattamento protettivo superficiale implica l'ingresso dell'acqua, con una conseguente variazione del potenziale di libera corrosione delle armature in prossimità della zona degradata, il sistema di monitoraggio proposto sembrava essere un'utile soluzione per controllare l'efficacia del trattamento idrofobico superficiale delle strutture in calcestruzzo nel tempo e, in particolare, per rilevarne ogni suo precoce deterioramento.

In questo caso gli elettrodi sono stati collocati in quelle zone della struttura che erano risultate le più danneggiate



Fig. 7 - Platea di fondazione del parcheggio degli Archi e localizzazione dei relativi punti di monitoraggio.

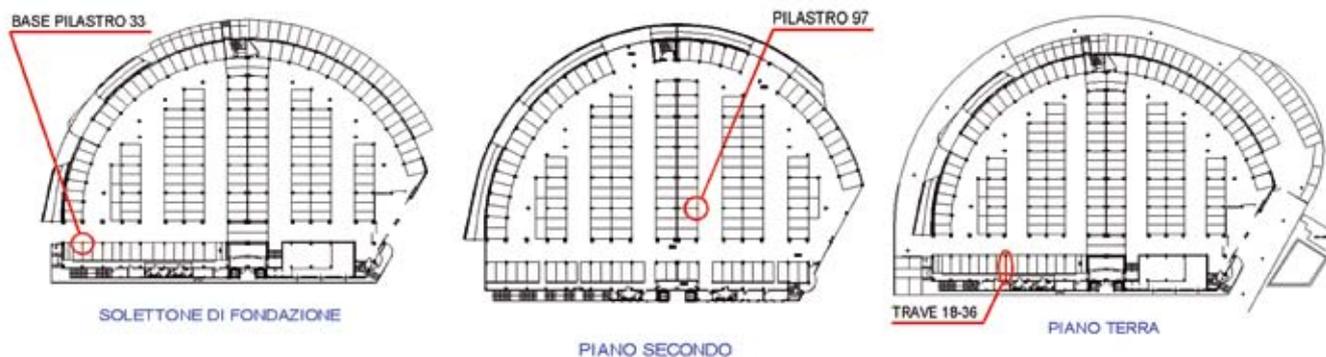


Fig. 8 - Programma TC2000: localizzazione schematica di alcuni punti di monitoraggio nel parcheggio degli Archi.



Fig. 9 - Scatola d'ispezione di un punto di monitoraggio.

da una precedente indagine effettuata prima degli interventi di ripristino e che quindi sarebbero state probabilmente le più vulnerabili anche durante la futura esposizione all'ambiente aggressivo. In ognuno di questi punti è stato scarificato il copriferro, creato un foro per l'inserimento dell'elettrodo (Fig. 13), e i cavetti elettrici collegati all'elettrodo o saldati alle armature, sono stati poi convogliati verso una periferica di smistamento dati (Fig. 14) collegata alla centralina di telerilevamento che in questo caso non ha solo la funzione di monitorare la struttura, ma



Fig. 10 - Centralina di trasmissione dati.

anche di gestire la stazione di pompaggio. Tutti i copriferri interessati sono stati poi completamente ripristinati.

L'operatore presso il centro Co.S.Mo.Net., aprendo il programma di telelettura ed elaborazione dei dati pervenuti, può scegliere la struttura monitorata da controllare (Fig. 15, in questo caso l'ascensore del Passetto di Ancona) e i relativi punti di monitoraggio rappresentati da differenti numeri di canale, evidenziati visivamente sul prospetto della struttura. Inoltre, di ogni elettrodo di riferimento viene indicata non solo la locazione ma anche la marca, il tipo, la matricola, la data d'installazione ed il valore di taratura iniziale rispetto ad un elettrodo di riferimento a calomelano saturo.

Nella schermata grafica (Fig. 16), invece, scelta la struttura da monitorare, è possibile visualizzare l'andamento delle misure dei potenziali elettrochimici nei diversi punti



Fig. 11 - Progetto di monitoraggio della nuova SS 77 nel tratto Muccia-Foligno.

di monitoraggio precedentemente localizzati e corrispondenti ai differenti canali attivati nell'intervallo di tempo prescelto. Come si può osservare a ogni curva corrisponde un colore che è poi quello del canale corrispondente.

Nel caso in esame, due canali, quelli relativi ai colori verde chiaro e lilla in data 01/12/02 avevano registrato una improvviso aumento del potenziale elettrochimico. Il centro Co.S.Mo.Net ha subito allertato l'Amministrazione



Fig. 12 - Opera monitorata: ascensore del Passetto (Ancona).



Fig. 13 - Inserimento di un elettrodo di riferimento in una struttura esistente.

Comunale che, fatte alcune verifiche, ha poi verificato che proprio quel giorno un fulmine era caduto sull'ascensore causando una polarizzazione dell'armatura e la conseguente variazione di potenziale registrata.

La seconda applicazione è situata nel comune di S. Elpidio a Mare in provincia di Ascoli Piceno dove il sistema di monitoraggio Co.S.Mo.Net è stato progettato ed applicato a un serbatoio di acqua potabile di nuova costruzione in calcestruzzo armato (Fig. 17).

A causa dell'alto livello di umidità in cui avrebbe dovuto operare la struttura, il serbatoio in fase di progetto è stato fornito di un'ulteriore protezione contro la corrosione mediante l'utilizzo di armature galvanizzate. Poiché il potenziale del rivestimento di zinco delle armature è



Fig. 14 - Cassetta di smistamento dati.

sensibile al grado di umidità del calcestruzzo in cui le armature sono immerse, il sistema di monitoraggio sarebbe stato particolarmente utile per evidenziare precocemente un'eventuale fessurazione della struttura con conseguente infiltrazione di acqua, permettendo così un tempestivo intervento.

Anche in questo caso gli elettrodi sono stati posti nei punti di maggiore probabilità di fessurazione in base agli

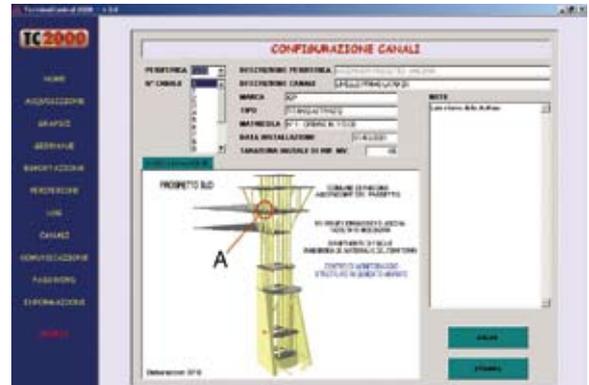


Fig. 15 - Programma TC2000: localizzazione schematica del punto di monitoraggio A nell'ascensore del Passetto.

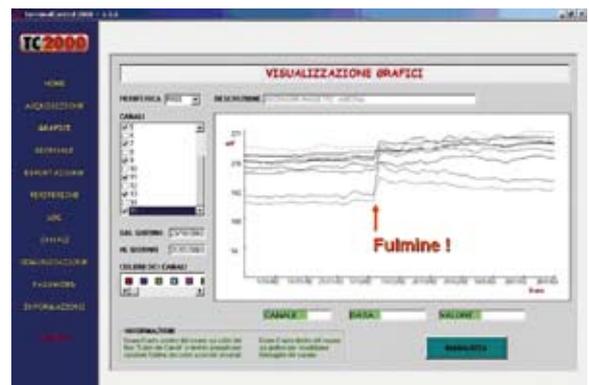


Fig. 16 - Programma TC2000: diagrammi di sintesi dei dati acquisiti dall'ascensore del Passetto nel periodo in esame.

stessi criteri precedentemente esposti. Ad esempio, un elettrodo è stato posto al centro della soletta di copertura (Fig. 18) dove si registrano, ovviamente, le massime



Fig. 17 - Opera monitorata: serbatoio Brancadoro (S. Elpidio a Mare, Ascoli Piceno).



Fig. 18 - Punto di monitoraggio della soletta superiore del serbatoio Brancadoro.



Fig. 19 - Centralina di rilevamento e trasmissione dati.

deformazioni. La Fig. 19 riporta, invece, la centralina di telerilevamento con le relative schede di acquisizione, di elaborazione e di trasmissione dati e il modem per la trasmissione dati via rete commutata.

In questo caso il sistema di monitoraggio è stato particolarmente efficace nel rilevare immediatamente un danneggiamento del rivestimento impermeabile delle vasche avvenuto il 02/09/02. La conseguente infiltrazione d'acqua ha infatti causato un improvviso innalzamento del potenziale di libera corrosione monitorato in prossimità della zona degradata, rappresentato nel grafico dalla curva di colore blu e corrispondente al canale numero 13 (Fig. 20).

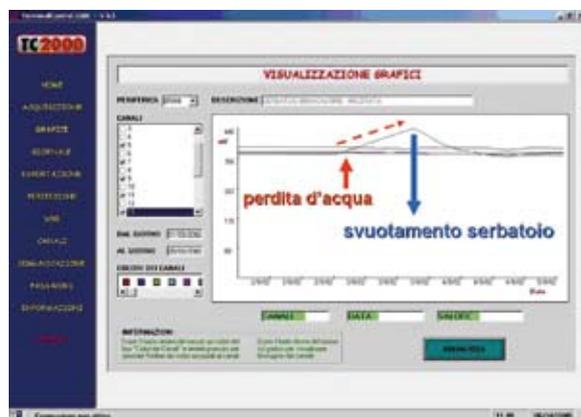


Fig. 20 - Programma TC2000: diagrammi di sintesi dei dati acquisiti dal serbatoio Brancadoro nel periodo in esame.

Questo ha permesso un'immediata localizzazione dell'area danneggiata, attraverso la posizione dell'elettrodo G corrispondente al canale 13 evidenziata nell'assonometria (Fig. 21), consentendo in questa maniera un tempestivo intervento. Inoltre, dopo lo svuotamento del serbatoio, il valore del potenziale è ritornato a livelli normali a ulteriore conferma dell'efficacia del sistema.

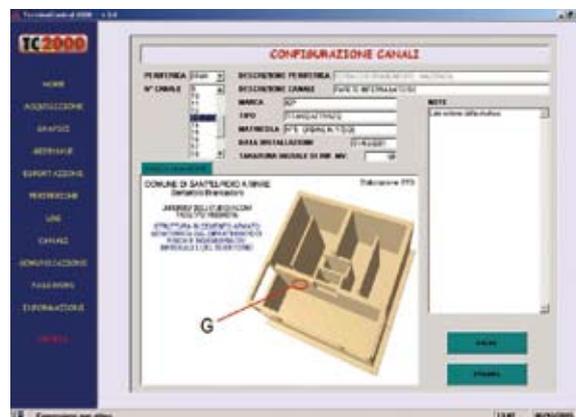


Fig. 21 - Programma TC2000: localizzazione schematica del punto di monitoraggio G nel serbatoio Brancadoro.

In conclusione, viene proposto un sistema di monitoraggio in continuo della durabilità di strutture in calcestruzzo armato per la loro manutenzione preventiva e programmata applicabile sia in nuove strutture durante la loro messa in opera sia in strutture già esistenti durante le operazioni di ristrutturazione. Attraverso questo sistema di monitoraggio è possibile rilevare precocemente l'instaurarsi di situazioni potenzialmente pericolose per la durabilità della struttura rendendo possibile precoci interventi che permettono di ridurre notevolmente i costi di manutenzione della struttura.

Bibliografia

- 1) De Sitter Jr., W.R., Costs for Service Life Optimisation, the Law of Fives, Proceedings of the CEB-RILEM International Workshop on "Durability of Concrete Structures", Copenhagen, Denmark, (CEB Bulletin d'Information, No. 152, 1984), pp. 131-134, 1983.
- 2) K. Tuutti, Corrosion of Steel in Concrete, Swedish Foundation for Concrete Research, Stoccolma, 1982.
- 3) M. Collepardi, Il nuovo calcestruzzo, Editore Tintoretto, Castrette Villorba (TV), 2001.
- 4) P. Pedferri, L. Bertolini, La durabilità del calcestruzzo armato, Editore McGraw-Hill, Milano, 2000.
- 5) V. Corinaldesi, G. Moriconi e F. Tittarelli, A monitoring system for preventive and programmed maintenance of concrete structure, Proceedings of the 2nd International RILEM workshop on Life Prediction and Management of Concrete Structures, Edited by D.J.Naus, pp. 149-155, 2003.
- 6) F. Tittarelli e G. Moriconi, Sistema di monitoraggio per la manutenzione preventiva e programmata delle strutture in calcestruzzo armato, Domanda di brevetto per invenzione industriale N° AN2005A000045 depositata presso la C.C.I.A.A. di Ancona, Cod. 42, in data 08 settembre 2005.

Forza di Gruppo

Colacem e **Colabeton** sono tra i leader nella produzione di cementi e calcestruzzi preconfezionati in Italia. Gli stabilimenti e gli impianti di betonaggio distribuiti su tutto il territorio nazionale assicurano un servizio capillare e tempestivo in ogni momento della giornata, grazie all'ottimizzazione della produzione ed un efficace sistema di trasporti, con un unico obiettivo: **la piena soddisfazione dei nostri clienti.**

www.colacem.it

www.colabeton.it

GRUPPO
FINANCO

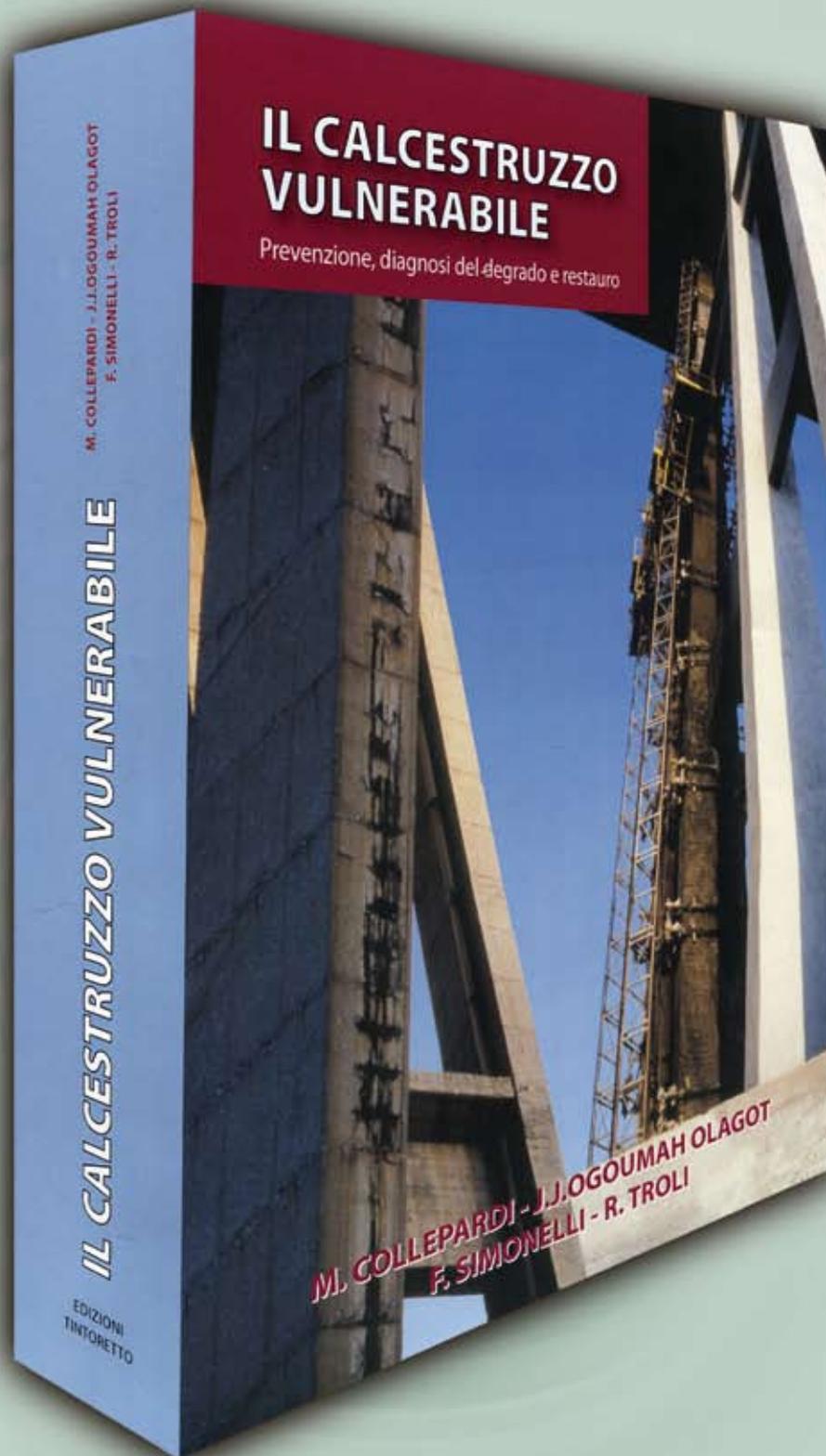


COLACEM



colabeton

Un passo avanti nella ricerca e scienza del calcestruzzo



IL CALCESTRUZZO VULNERABILE

Prevenzione, diagnosi del degrado e restauro



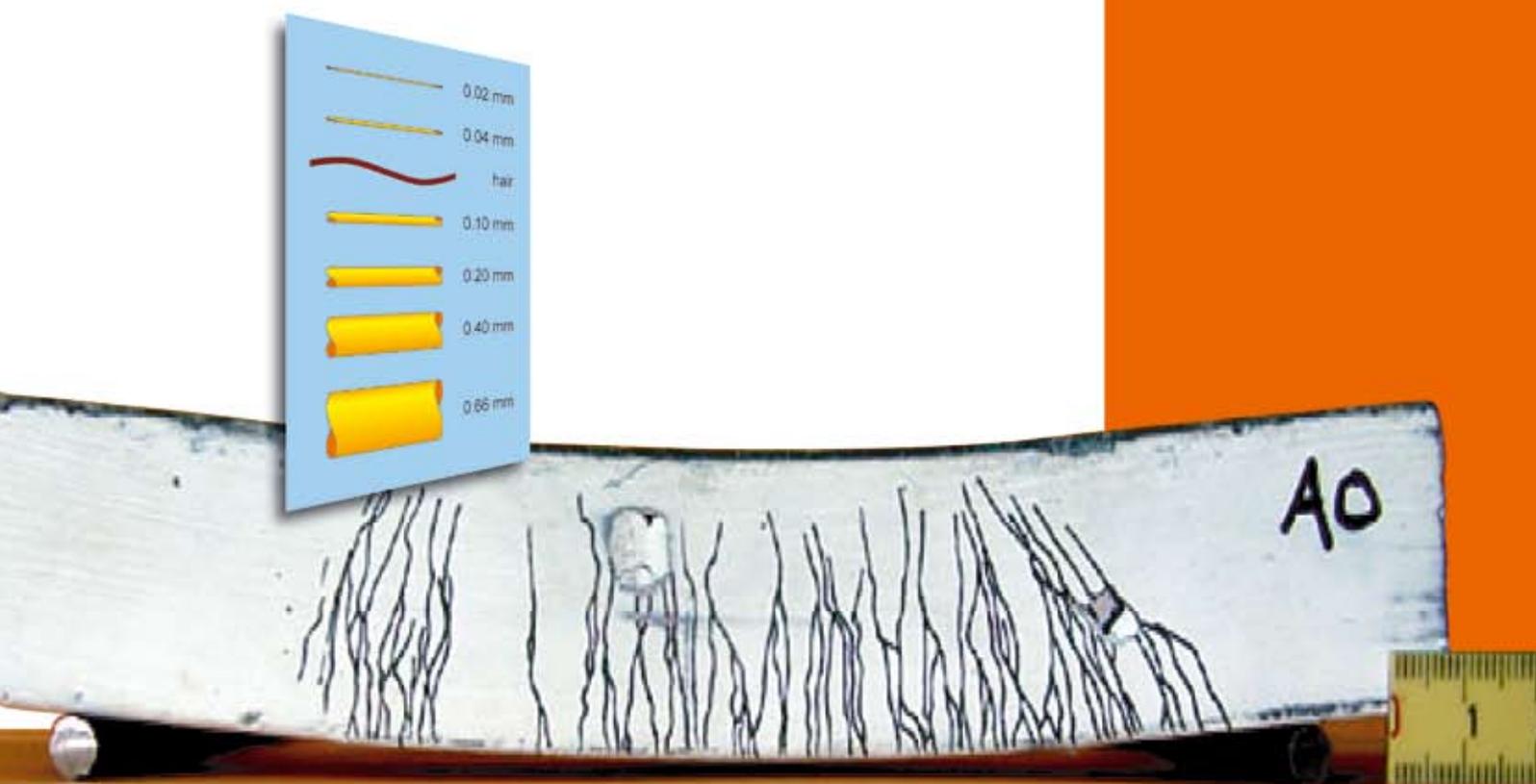
Mario Collepari
Jacob Ogoumah Olagot
Francesca Simonelli
Roberto Troli

Per informazioni e acquisto:
ENCO srl - Via delle Industrie, 18
Ponzano Veneto (TV) - 31050
Tel. 0422 963 771 - Fax 0422 963 237
www.encosrl.it - info@encosrl.it

HFE - tec[®]

l'alta energia di frattura
per l'integrità strutturale delle costruzioni

technology
↑



beat the cracks with High Fracture Energy!

TECNOCHEM[®] **TECNO ECO[®]**
ITALIANA SPA **LOGIC CHEM**

Via Sorte 2/4 - 24030 Barzana (BG) Italy
Tel. +39 035 554811 - Fax +39 035 554816
info@tecnochem.it - www.tecnochem.it