

2006

Trimestrale  
Anno XI  
Numero 34

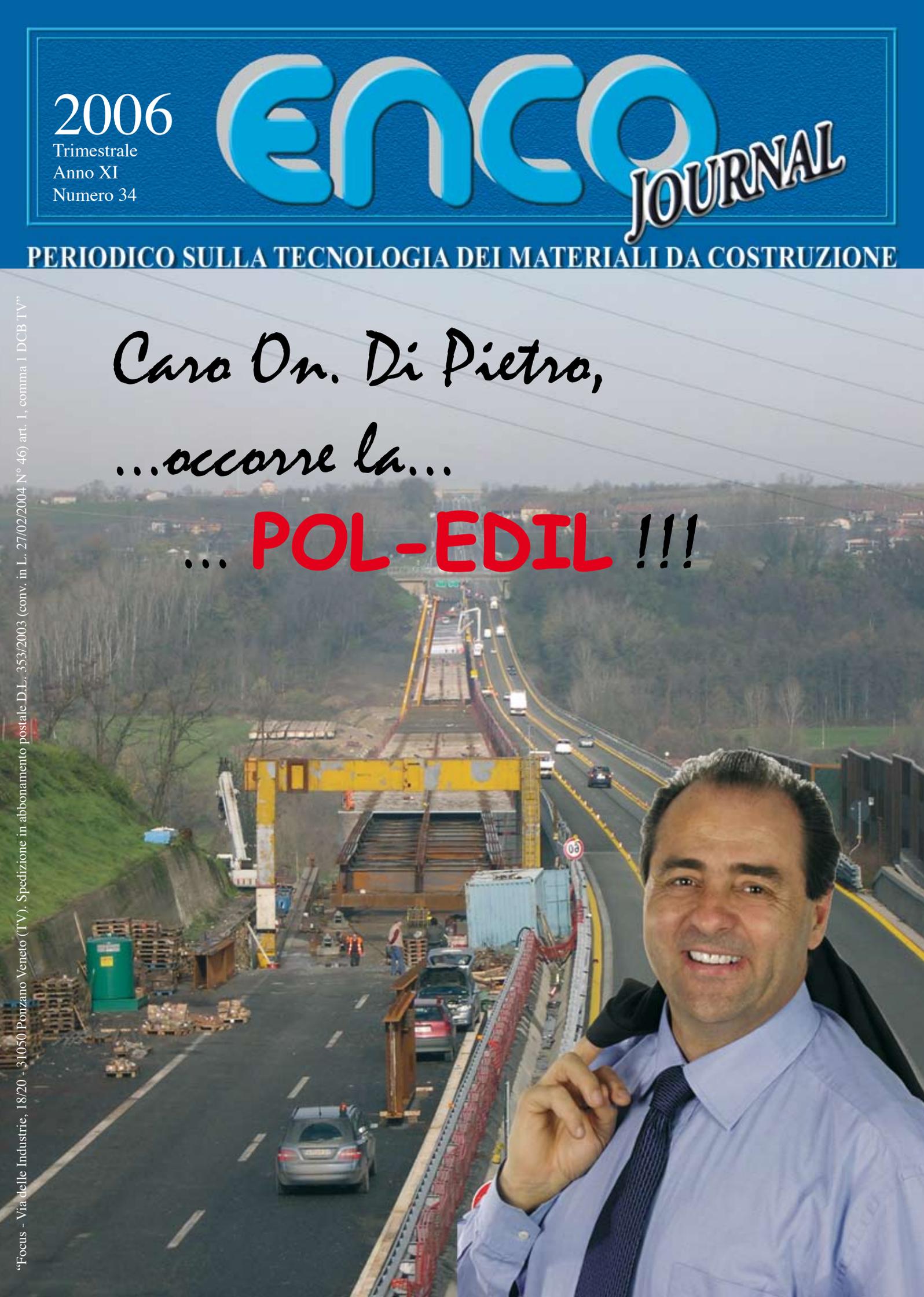
# ENCO JOURNAL

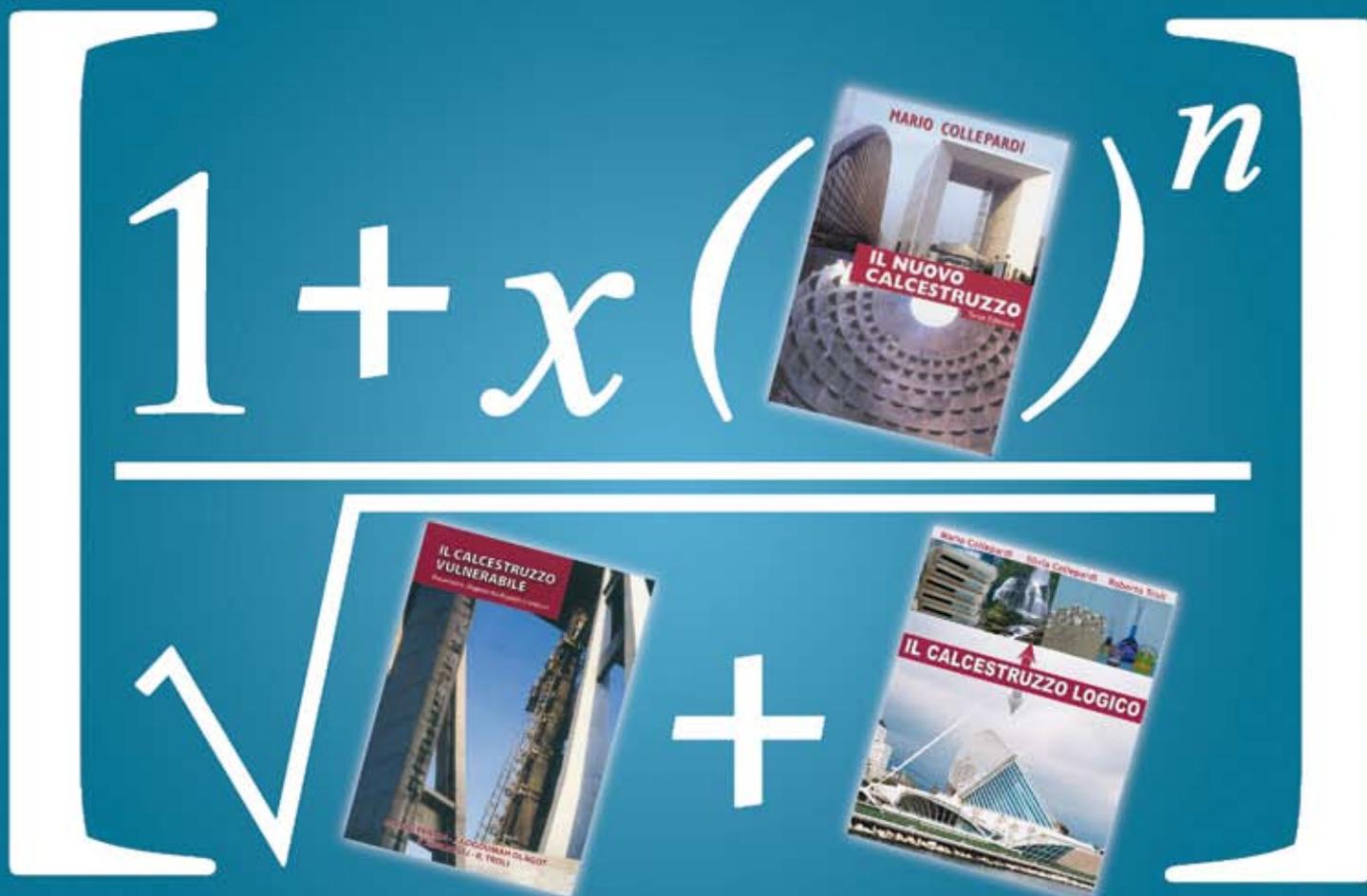
PERIODICO SULLA TECNOLOGIA DEI MATERIALI DA COSTRUZIONE

*Cara On. Di Pietro,*

*...occorre la...*

**... POL-EDIL !!!**





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](http://www.encosrl.it)

# NON ACCETTARE AGGREGATI DAGLI SCONOSCIUTI



La Marcatura CE per i  
prodotti da costruzione  
è un OBBLIGO DI LEGGE

DIRETTIVA 89/106/CEE  
Art. 1 - Per "materiale da costruzione"  
si intende qualsiasi prodotto fabbricato al fine di  
essere incorporato in opere di costruzione, le quali  
comprendono gli edifici e le opere di ingegneria civile.

# ENCO

## IL VOSTRO PASSAPORTO PER L'EUROPA

Vi accompagneremo:

- ➔ nella scelta del tipo di conformità
- ➔ nella dichiarazione di conformità
- ➔ nel controllo di produzione in fabbrica
- ➔ nelle prove iniziali di tipo
- ➔ nelle prove complementari di campioni prelevati in fabbrica dal produttore

**IL NOSTRO OBIETTIVO:** assicurarvi la possibilità di partecipare a gare  
d'appalto e finanziamenti, ma soprattutto il MIGLIORAMENTO DEI  
VOSTRI PROFITTI e un migliore posizionamento del prodotto sul mercato.

Enco Srl - Via delle Industrie 18/20 - 31050 Ponzano Veneto (TV)  
Tel. 0422 963771 - Fax 0422 963237 -  
Sito web: [www.encosrl.it](http://www.encosrl.it) - E-mail: [info@encosrl.it](mailto:info@encosrl.it)



Laboratorio Qualificato  
Cepav uno



**... saperle costruire  
è un'arte ...**



Enco Srl - Via delle Industrie, 18/20 - 31050 Ponzano Veneto (TV)  
Tel. 0422 963 771 - Fax 0422 963237 - [www.encosrl.it](http://www.encosrl.it) - [info@encosrl.it](mailto:info@encosrl.it)

Acquistabile tramite il sito internet [www.encosrl.it](http://www.encosrl.it) oppure telefonando al 0422 963771

**PERIODICO SULLA TECNOLOGIA DEI MATERIALI DA COSTRUZIONE**

Trimestrale - Anno XI - Numero 34

**Direttore Mario Collepari**

**D CARO ON. DI PIETRO**

Di recente il Suo predecessore Lunardi, sulla base di un lungo lavoro eseguito da una commissione tecnica presieduta dal Prof. Remo Calzona, ha emesso un DM in data 14 Settembre 2005 sulle cosiddette Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) dove per la prima volta si scrive chiaramente chi deve fare che cosa. Nonostante il DM sia ricco di spunti innovativi (per esempio si stabilisce per la prima volta che le costruzioni in cemento armato siano progettate per durare almeno 50 o 100 anni senza dover ricorrere a operazioni di restauro durante la vita di servizio), molti Progettisti si sono schierati contro il DM perché troppe sarebbero le responsabilità che ricadrebbero sulle loro spalle. In parte questo è vero perché il Progettista di un'opera edile è come il direttore d'orchestra che deve prevedere nei minimi particolari il ruolo svolto da tutti i suonatori.

Ci sono ovviamente altre figure, come il Direttore dei lavori che dovrebbe verificare che le Imprese di costruzioni eseguano correttamente quanto prescritto dal Progettista. Ci sono i controlli sui materiali da costruzione (acciaio, calcestruzzo, legno, ecc) i cui prelievi dovrebbero essere curati dal Direttore dei lavori o da un suo delegato di fiducia ed inoltrati ai Laboratori autorizzati dal Suo Ministero. In realtà sia il Direttore che il delegato latitano, ed i prelievi vengono spesso fatti *all'italiana*: si porta in laboratorio non un prelievo della gettata di calcestruzzo realmente eseguita sul cantiere, ma un provino di caratteristiche migliori che non si presti a contestazioni. In altre parole, le fondazioni, i pilastri, le solette dei ponti, e via elencando spesso non hanno nulla a che vedere con i certificati rilasciati dai Laboratori autorizzati.

Ma anche i Fornitori di materiali e le Imprese che volessero produrre e ben costruire impiegando i materiali previsti in progetto, sono distolte da queste buone intenzioni dalla concorrenza sleale di chi fornisce materiali simili a prezzi molto più bassi che si rivelano più scadenti nel corso degli anni. Questa è la situazione esistente, e temo che si aggravi con le nuove NTC del DM, perché sono previsti materiali che, rispetto al passato, sono più costosi in quanto sono molto più prestazionali per garantire una durabilità delle costruzioni fino a 50 o 100 anni a seconda delle esigenze della proprietà.

Tutto questo scandaloso processo di irresponsabilità finirebbe se si stabilisse un controllo di polizia: non sto inventando nulla. In Germania i cantieri sono controllati a campione e senza preavviso dalla BAUPOLIZEI (polizia delle costruzioni), così come in Italia agiscono la Finanza, la Forestale, la Polfer, la Polstrada, i NAS, e via elencando. Occorre assolutamente una POL-EDIL, o come la si vorrà chiamare, capace di verificare senza preavvisi la presenza sul cantiere del direttore dei lavori e di assistere ad un prelievo di materiali da sigillare e spedire ai Laboratori.

Il vantaggio di questa iniziativa va nella direzione già intrapresa dal Ministro Bersani di rendere competitive anche le imprese di costruzioni ed i fornitori di materiali con il vantaggio di eliminare dal mercato gli incapaci e i disonesti.

*Mario Collepari*

P.S. Le stesse NTC, nell'introduzione al capitolo 11, recitano "Il Servizio Tecnico Centrale attiverà un sistema di vigilanza presso cantieri e luoghi di lavorazione per verificare la corretta applicazione delle presenti disposizioni ai sensi dell'art.11 del DPR n.246/93". Temo, però, che senza l'autorità di una forza di Polizia dipendente dal Servizio Tecnico Centrale, poco potrà fare un generico e vago "sistema di vigilanza".

**SOMMARIO**

**CALCESTRUZZI A DURABILITA' SECOLARE**  
Parte I - Strutture esposte all'aria  
di M. Collepari, S. Collepari  
e R. Troli

(pag. 7)

**PREPARIAMOCI IN TEMPO...**  
tra poco farà FREDDO anche per il  
calcestruzzo!!!  
di M. Collepari, S. Collepari  
e R. Troli

(pag. 12)

**DIAGNOSI DEL DEGRADO DELLE STRUTTURE IN C.A.**  
Parte III - Prove distruttive  
di J.J. Ogoumah Olagot,  
F. Simonelli, R. Troli

(pag. 19)

**L'UTILIZZO DI CENERI DA BIOMASSAPER UNO SVILUPPO SOSTENIBILE DEL CALCESTRUZZO**  
Parte II - Caratterizzazione di paste e malte contenenti ceneri  
di G. Sforza e G. Moriconi

(pag. 25)

**INTONACO & AMIANTO**  
di A. Borzì e M. Borgato

(pag. 28)

**ENCO Journal**  
PERIODICO SULLA TECNOLOGIA DEI MATERIALI DA COSTRUZIONE  
Ponzano Vito (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 Vito (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.R.L.  
31050 Castrette di Villorba (TV)  
Via Verdi 45/46

Registrazione al Tribunale di Treviso n.90 26/01/1996 - Iscrizione al RNS n. 06461

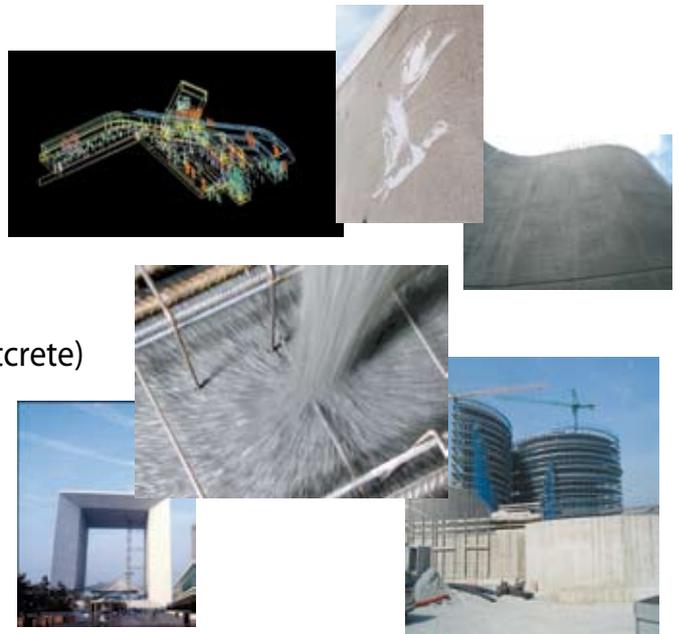
**Ponzano Veneto, 23-24 Ottobre 2006**

# CORSO DI SPECIALIZZAZIONE ENCO

## STRUTTURE IN CALCESTRUZZI SPECIALI

PROGRAMMA DEL CORSO

- Calcestruzzi ad alta resistenza meccanica
- Calcestruzzi autocompattanti
- Calcestruzzi leggeri strutturali
- Calcestruzzi fibrorinforzati
- Calcestruzzi a ritiro compensato
- Calcestruzzi proiettati (Spritz Beton - Shotcrete)
- Calcestruzzi polimero-impregnati (PIC)
- Calcestruzzi a durabilità secolare
- Calcestruzzi riciclati
- Calcestruzzi leggeri



**Docenti:** Prof. M. Collepari, Ing. S. Collepari, Ing. R. Troli

**Orario:** Primo giorno: 10.30-12.30 ; 14.00-18.30 - Secondo giorno: 8.30-13.30 - **Costo: €250,00 + IVA**

**Materiale Didattico:** Quarta 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 \_\_\_\_\_

Data del Corso : 23-24 Ottobre 2006

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

➤ Firma \_\_\_\_\_

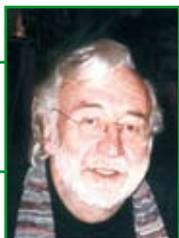
SEDE DEI CORSI: Sala Conferenze della Enco SRL - Via delle Industrie, 18 -  
31050 Ponzano Veneto (TV) - Tel. 0422 963 771 - Fax 0422 963237 - www.encosrl.it - info@encosrl.it

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**

# CALCESTRUZZI A DURABILITA' SECOLARE

## Parte I: strutture esposte all'aria



Mario Collepari, Silvia Collepari, Roberto Troli  
Enco Srl, Ponzano Veneto (TV) - info@encosrl.it



### 1. INTRODUZIONE

E' trascorso un anno dal DM del 14 settembre 2005 sulle nuove **Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC)**. Vi sono tante novità interessanti e positive in questo DM, come anche qualche perplessità soprattutto sugli aspetti sismici.

L'aspetto più interessante del DM riguarda l'impostazione con la quale sono introdotte non poche novità talvolta rivoluzionarie rispetto alla consuetudine di non far nulla. Si può citare, a titolo di esempio il problema della durabilità delle strutture che, secondo il DM ricade sotto la **responsabilità del progettista** (e di chi altro se no?). Il progettista si deve esprimere di concerto con la committenza se la struttura deve durare almeno 50 (**Classe 1**) o 100 anni (**Classe 2**). Vengono anche suggeriti alcuni criteri sulla importanza dell'opera per orientare il progettista circa la scelta tra Classe 1 e Classe 2 in base all'importanza sociale dell'opera o alle difficoltà di restauro in caso di degrado.

Accanto a questa novità di non poco conto, le nuove NTC impongono al progettista la responsabilità di chi *deve anche* stabilire e prescrivere nel progetto le **modalità di getto, di compattezza e di maturazione** del calcestruzzo prescelto. E qui già sorgono le prime critiche: nulla si dice nelle NTC circa questi dettagli operativi sul getto, compattezza e maturazione. Ma le NTC non sono un manuale di tecnologia del calcestruzzo dove si possono trovare questi dettagli (A. N. Neville, "Properties of Concrete", 2004; Vito Alunno-Rossetti, "Il calcestruzzo. Materiali e Tecnologia", 1997; Mario Collepari, "Il Nuovo Calcestruzzo", 2005). Pertanto il progettista potrà consultare questi manuali o avvalersi del supporto di un tecnologo per affrontare questi dettagli importantissimi ai fini della durabilità. A solo titolo di esempio le Fig. 1, 2 e 3 indicano tipici difetti nel getto, nella compattezza e nella maturazione che mettono a repentaglio la durabilità

delle strutture in c.a.

Si è creata in sostanza una sorta di rigoletto da parte di molti progettisti che non intendono "sporcarsi le mani" con il calcestruzzo. Il progettista ritiene in sostanza che si tratta di competenze da attribuire ad altri. Ci si potrebbe chiedere chi meglio del progettista sa quale calcestruzzo scegliere in funzione della struttura da realizzare: platea di fondazione ultra-armata, pile di un ponte, pavimentazione non armata, ecc. Chi meglio del progettista conosce le difficoltà esecutive dell'opera? Chi meglio del progettista conosce le conseguenze di fessure da ritiro su una struttura armata, che debbono essere prevenute mediante un'accurata stagionatura umida? In mancanza di queste indicazioni precise sul getto, sulla compattezza e sulla maturazione, sono più frequenti le contestazioni all'impresa per i difetti che talvolta si manifestano già in corso di opera. Non è meglio prevenire questi difetti e le conseguenti contestazioni che abbassano la qualità dell'opera e ne innalzano i costi di esercizio?



Fig. 1 - Calcestruzzo segregato.

Esistono tuttavia dei casi nei quali il progettista non trova un' immediata soluzione ai problemi da affrontare se non attraverso una modellazione matematica non prontamente disponibile se non in trattati specializzati. E' questo il caso della **durabilità secolare** che garantisca una vita utile di oltre cento anni senza interventi di restauro

### 2. PROGETTAZIONE DEL CALCESTRUZZO PER 100 ANNI DI VITA DI SERVIZIO

Tornando alle strutture di Classe 1 (50 anni) o Classe 2 (100 anni) previste nelle NTC, possiamo distinguere, per comodità di esposizione, le due categorie strutture in c.a.:

- la Classe 1 di strutture non verrà qui esaminata perché sulla durabilità delle opere per 50 anni esistono chiari punti di riferimento alle vigenti norme europee (EN 206-1) ed al-

l'Eurocodice 2, sono disponibili manuali sul calcestruzzo e finanche un *software* (**Easy & Quick**) che non solo calcola le prestazioni meccaniche e lo spessore del copriferro in funzione dell'ambiente, ma fornisce anche le prescrizioni sulla compattazione e sulla maturazione del calcestruzzo;

- la Classe 2 di strutture è in realtà carente di riferimenti normativi e può essere affrontata solo sfruttando modelli matematici, consolidati per tempi limitati, ma estrapolabili con sicurezza anche fino a 100 anni ed oltre, purché si assumano conservativamente le condizioni più sfavorevoli alla integrità dell'opera.



Fig. 2 - Calcestruzzo mal compattato.



Fig. 3 - Calcestruzzo fessurato per mancata stagionatura.

### 3. PRESCRIZIONI DI UNA DURABILITA' SECOLARE

Gli ambienti che possono promuovere le cause più severe di degrado e compromettere la integrità di una struttura in calcestruzzo armato sono distinguibili in:

- ambienti aggressivi per le armature metalliche;
- ambienti aggressivi per la matrice cementizia e gli inerti.

#### 3.1 Come rallentare o impedire la corrosione delle armature

Gli ambienti nei quali si manifesta la corrosione dei ferri di armatura sono:

- A) opere fuori terra esposte all'aria per la presenza di anidri-

de carbonica ( $\text{CO}_2$ ), ossigeno ( $\text{O}_2$ ) ed umidità ( $\text{H}_2\text{O}$ );

- B) opere esposte in ambienti marittimi per la presenza del cloruro ( $\text{Cl}^-$ ) nell'acqua di mare;
- C) opere esposte in ambienti di media ed alta montagna dove strade e soprattutto autostrade sono esposte a salatura (cloruro nei periodi invernali per sciogliere il ghiaccio);
- D) opere in ambienti industriali esposti a lavorazione con sali a base di cloruri.

Si tratta di ambienti (aria-mare-monti) che in Italia non difettano certamente. Ci sono sostanzialmente due strategie per ritardare la corrosione dei ferri di armatura annegati nel calcestruzzo (M. Collepardi, "Ordinary and long term durability of reinforced concrete structures" Proceedings of the Nagasaki Symposium, Tokushima (Japan), pp.87-106,1992):

- miglioramento del comportamento corrosivo delle barre in acciaio;
- miglioramento del copriferro per proteggere le barre in acciaio.

#### 3.1.1 La strategia dei corrosionisti

In favore della prima strategia sono schierati soprattutto i cosiddetti "corrosionisti", cioè esperti di corrosione. L'obiettivo può essere raggiunto attraverso l'impiego di:

- **inibitori di corrosione a base di nitriti** (M. Kavamura, S. Tanikawa, R.N. Swamy and H. Koto, "Pore solution composition and electrochemical behavior of steel bars in mortars with nitrite corrosion inhibitors", Proceedings of the International CANMET-ACI Conference on Superplasticizers and Other Chemical Admixtures, Editor V.M. Malhotra, Rome (Italy), 1997, pp.35- 53);
- **inibitori a base di sostanze organiche** (D. Rosignoli, "Anticorrosion Repair and Prevention Systems for Reinforced Concrete Structures: Effectiveness and Durability", Proceedings of the Sixth International Conference on Recent Advances in Concrete Technology, Bucharest, Rumania, Editor V.M. Malhotra, pp 421-430, 2003) - (G. Batis, E. Rakanta, B. Theodoridis, K.K. Sideris, K. Psomas, and X. Barvari, "Influence of N,N'-dimethylaminoethanol corrosion inhibitor on carbonation and chloride-induced corrosion of steel", Proceedings of the CANMET-ACI International Conference on Superplasticizers and Other Chemical Admixtures, editor V.M. Malhotra, Berlin (Germany), 2003, pp. 469-482);
- **rivestimento delle barre metalliche con vernici epossidiche** (P. Schiessel, N. Brauer, and C. Gehlen, "Investigations on the effectiveness of the corrosion protection of epoxy-coated reinforcement", Final Report No. F48, Institut für Bauforschung Aachen (Germany), 1996);
- **modifica della composizione delle armature metalliche: acciaio inossidabile o zincato** (D.B McDonald, M.R. Sherman, D.F. Pfeiffer and Y.P. Virmani, "Stainless steel Reinforcing as corrosion protection", Concrete International, May, 1995, pp.65-70);

- **prevenzione catodica della corrosione** (P. Pedferri, “*Cathodic protection and cathodic prevention*”, Construction and Building Materials, Vol.10, No.5, 1996, pp.391-402)

### 3.1.2 La strategia del calcestruzzo di qualità

La seconda strategia per proteggere i ferri dalla corrosione si basa sull’impiego di:

- **calcestruzzo a bassa porosità** che rallenta o impedisce l’ingresso dei composti responsabili della corrosione (CO<sub>2</sub>, Cl<sup>-</sup>, ecc.) e

- **adozione di un copriferro spesso** per allungare il cammino e quindi il tempo di percorrenza dei composti aggressivi per arrivare ai ferri di armatura.

Poiché si conosce la legge matematica che regola la penetrazione della CO<sub>2</sub> e del Cl<sup>-</sup> attraverso il calcestruzzo nelle diverse condizioni ambientali si può adottare un copriferro di spessore e qualità tali che l’arrivo della CO<sub>2</sub> e del Cl<sup>-</sup> ai ferri di armatura avvenga solo dopo un determinato tempo: per esempio 100 anni o anche più.

In questo articolo, per ragioni di spazio, ci si limiterà all’esame della corrosione promossa dalla carbonatazione, rinviando ad altri articoli i fenomeni di corrosione che possano intaccare la vulnerabilità secolare delle strutture in c.a., quali il cloruro e per le barre di armatura ed i sali che possano intaccare la matrice di cemento o gli aggregati lapidei.

Tornando al processo della carbonatazione, il fenomeno procede in accordo a questa legge matematica:

$$x = K\sqrt{t} \quad [1]$$

dove x è lo spessore di calcestruzzo penetrato dall’anidride carbonica in un tempo t e K è un coefficiente che dipende dai seguenti parametri:

- 1) qualità del calcestruzzo ed in particolare il rapporto acqua-cemento (a/c) adottato: più è basso a/c, minore è la porosità della matrice cementizia e minore è il coefficiente di carbonatazione K;
- 2) stagionatura del calcestruzzo prima della esposizione all’aria: un calcestruzzo ben stagionato con acqua o comunque trattato con membrane anti-evaporanti è meno penetrabile dalla CO<sub>2</sub> perché la matrice cementizia ben idratata diviene meno porosa;
- 3) umidità relativa (UR) dell’ambiente: la penetrazione della CO<sub>2</sub> avviene con la massima velocità se l’UR è intorno al 60-70% (Fig. 4).

Val la pena di ricordare che quando lo spessore di carbonatazione ha superato il copriferro, i ferri di armatura si depassano, cioè diventano vulnerabili dalla corrosione (acciaio⇒ ruggine) alimentata dall’ossigeno e dall’umidità

I parametri sui quali si può agire per limitare la penetrazione della CO<sub>2</sub> e quindi l’innesco della corrosione sono la composizione del calcestruzzo e la sua stagionatura successiva alla scasseratura.

Per quanto attiene alla umidità relativa durante la fase

di esposizione a lungo termine - quella capace cioè di far avvenire la carbonatazione - conviene adottare il parametro più favorevole alla penetrazione della CO<sub>2</sub> (UR=65%) per calcolare conservativamente il tempo che la carbonatazione attraversi tutto il copriferro.

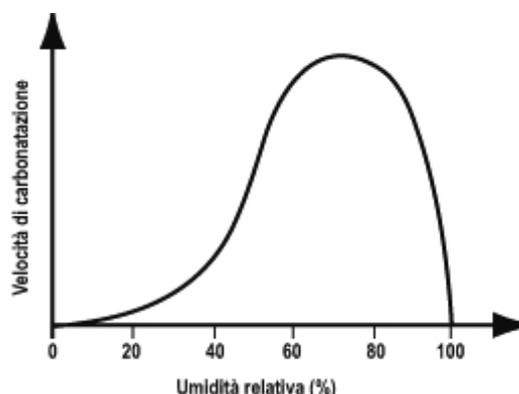


Fig. 4 - *Influenza dell’umidità relativa sulla velocità di carbonatazione (P. Pedferri e L. Bertolini, “La durabilità del calcestruzzo armato”, McGraw Hill, Milano, 2000).*

E’ stata eseguita una sperimentazione condotta su vari provini di calcestruzzo confezionati tutti con un comune cemento CEM II A/L 32.5R, e con diverso rapporto acqua-cemento (da 0.30 a 0.50), tutti stagionati a umido per 7 giorni prima di essere esposti all’aria termostata a 20°C con UR del 65%; si è misurato lo spessore x di calcestruzzo penetrato dalla CO<sub>2</sub>, dopo tempi (t) diversi fino a oltre 10 anni di esposizione all’aria.

Sfruttando la linearità della equazione [1], se si riporta lo spessore del calcestruzzo carbonatato x in mm, in funzione della radice quadrata del tempo (anni) è possibile calcolare il coefficiente di carbonatazione attraverso la pendenza della retta x contro √t. Nella Fig. 5 sono riportati i risultati della carbonatazione, nelle condizioni ad essa più favorevoli: UR =65% a 20 °C).

Tabella 1 - **Coefficiente di carbonatazione K in funzione della qualità del calcestruzzo**

a/c	R <sub>ck</sub> (MPa)	K (mm√anno)	x (mm) carbonatato in 100 anni
0.50	35	7.0	70
0.40	45	5.0	50
0.33	60	3.0	30
0.30	65	1.5	15

Nella Tabella 1 sono riportati i valori caratterizzanti il calcestruzzo (a/c ed R<sub>ck</sub>) ed i valori di K caratterizzanti la resistenza del calcestruzzo alla carbonatazione. In particolare si sono calcolate nella Fig. 5 le pendenze delle varie rette, cioè i valori di K, espressi in mm√anno). Una volta determinato K si calcola agevolmente attraverso l’equazione [1] quale è lo spessore x di calcestruzzo attraversato in 100 anni

di esposizione; dal calcolo appare anche che questo spessore corrisponde a 10 volte (cioè  $\sqrt{100}$ ) il valore di K.

Nella Tabella 2 sono riportate le composizioni delle quattro miscele di calcestruzzo adottate:

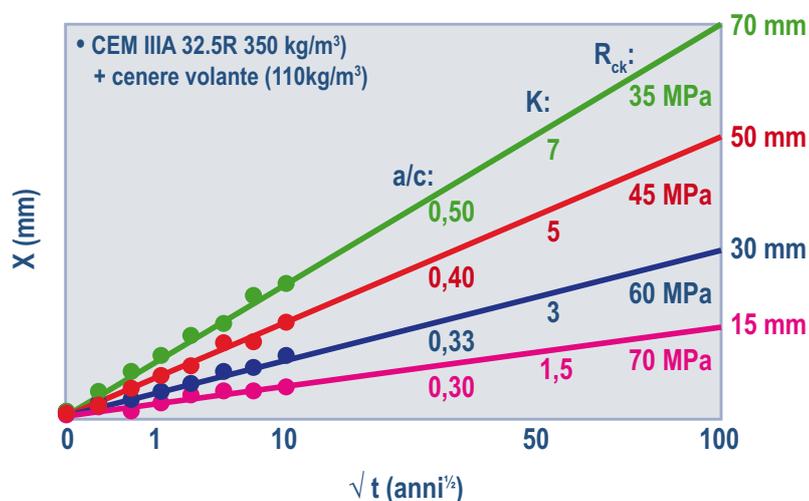
**Tabella 2 - Composizione del calcestruzzi tutti con inerte alluvionale ( $D_{max}=25$  mm)**

a/c	0.50	0.40	0.33	0.30
Acqua (kg/m <sup>3</sup> )	154	155	154	155
Cemento (kg/m <sup>3</sup> )	308	376	467	513
Aggregato (kg/m <sup>3</sup> )	1976	1917	1836	1798
SPC* (kg/m <sup>3</sup> )	3	3	3	3
Splump** (mm)	180	175	185	180

\*Superfluidificante a base di polycarbossilato

\*\* Misurato dopo 30 min. di agitazione a 20°C

Dalla Tabella 1 si evince - come anche si vede nella Fig.5 - che al minor valore di K corrisponde un copriferro di spessore minore per essere attraversato dalla CO<sub>2</sub> in un periodo di 100 anni. Per esempio, con un rapporto a/c di 0.30 il calcestruzzo è così denso ed impermeabile che occorrono 100 anni per attraversare un copriferro di soli 20 mm. D'altra parte, con un rapporto di 0.50 in 100 anni di esposizione all'aria umida la carbonatazione coinvolge uno strato corticale di 70 mm. Dalla Tabella 2 si deduce che l'impiego di un calcestruzzo confezionato con CEM A-L 32.5R, adottando un rapporto acqua-cemento di 0.33 ed uno slump di 180 mm grazie all'impiego di un superfluidificante SPC, consente di ottenere una R<sub>ck</sub> di 60 MPa, resistenza che rientra ampiamente nell'intervallo delle alte resistenze meccaniche (55-85 MPa) permesse dalle nuove NTC.



**Fig. 5 - Carbonatazione in funzione del rapporto a/c del calcestruzzo.**

Con un calcestruzzo di 60 MPa, che equivale ad un coefficiente di carbonatazione  $K = 30$  mm $\sqrt{\text{anno}}$  è sufficiente che il copriferro (cf) rispetti la seguente condizione:

$$cf \geq 30 \text{ mm} \quad [2]$$

Si tratta in sostanza dello stesso copriferro minimo (30 mm) che occorre adottare secondo l'Eurocodice 2 per impedire che la carbonatazione arrivi ai ferri di armatura entro 50 anni come previsto dalla EN 206-1.

### 3. CONCLUSIONI TECNICO ECONOMICHE

La strategia del calcestruzzo impermeabile alla CO<sub>2</sub> e di un copriferro di adeguato spessore, finalizzata alla progettazione di opere in c.a. di durata centenaria, offre diverse soluzioni, quattro delle quali sono state sperimentalmente studiate su un calcestruzzo caratterizzato da:

- consistenza fluida (slump 180 mm) con inerti alluvionali e  $D_{max}$  di 25 mm;
- a/c compreso tra 0.50 e 0.30;
- R<sub>ck</sub> compreso tra 35 e 70 MPa;
- coefficiente di carbonatazione K compreso tra 7 e 1.5 mm $\sqrt{\text{anno}}$ .

Tra le possibili scelte qui prospettate, quella che appare tecnicamente più interessante coincide con il calcestruzzo con R<sub>ck</sub> di 60 MPa e K = 30 mm; questo coefficiente di carbonatazione equivale allo spessore di copriferro che si carbonata dopo 100 anni di esposizione all'aria in condizioni igrometriche favorevoli alla carbonatazione (UR= 65%) e conservativamente adottate in favore di sicurezza.

Un calcestruzzo con R<sub>ck</sub> di 40 MPa, previsto dalle UNI 11104 in classe di esposizione XC4 per proteggere dalla corrosione i ferri di armatura per **50 anni** con un copriferro minimo di 30 mm (**Strutture in classe 1** secondo la terminologia delle NTC) ha un costo unitario di circa 65 €/m<sup>3</sup> MPa in classe di consistenza fluida.

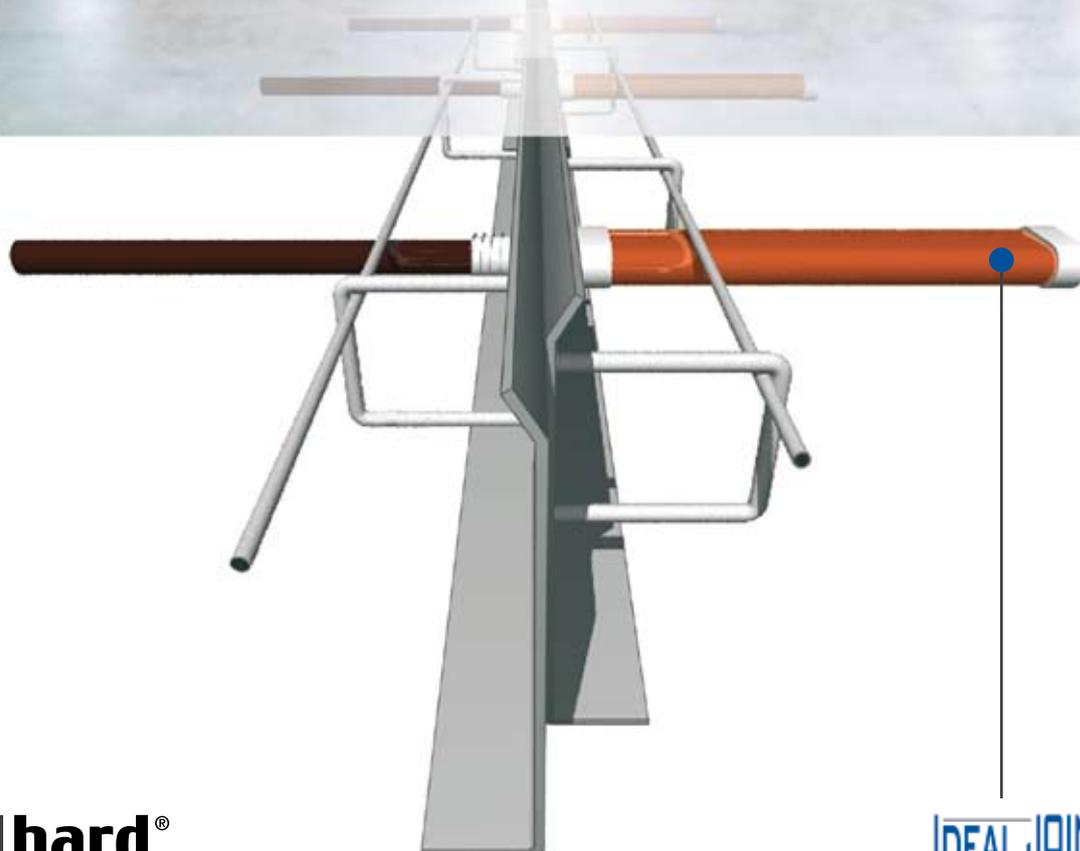
A parità di tutti gli altri parametri (tipo e dimensione degli aggregati, classe di consistenza, tipo e classe di cemento, spessore di copriferro) il calcestruzzo con R<sub>ck</sub> di 60 MPa (che è capace secondo la modellazione adottata in questo lavoro di proteggere i ferri di armatura dalla corrosione per almeno 100 anni : Strutture in classe 2) presenta un costo di circa 80 €/m<sup>3</sup>. L'incremento di costo unitario del calcestruzzo per passare da 50 a 100 anni di vita utile di servizio senza restauro delle strutture è di circa 20-25%. Se si assume per semplicità che il costo del calcestruzzo incida per il 10% sul costo di tutta l'opera, si può concludere che con un incremento del 2-2.5% si può trasformare la classe di struttura 1 in 2.

In articoli successivi verranno affrontate le problematiche per costruire opere in c.a. centenarie esposte ad altri agenti aggressivi.



# L'UNIONE FA LA FORZA

ProCom



**idealhard**<sup>®</sup>  
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**<sup>®</sup>  
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](http://www.giunto.it/idealwork)

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

ideal  
**WORK**<sup>®</sup>  
SOLUZIONI INNOVATIVE PER LE PAVIMENTAZIONI  
INNOVATIVE SOLUTIONS FOR CONCRETE FINISHING



# PREPARIAMOCI IN TEMPO...

## tra poco farà FREDDO anche per il calcestruzzo!!!



Mario Collepari, Silvia Collepari, Roberto Troli  
Enco Srl, Ponzano Veneto (TV) - info@encosrl.it



### COME LAVORARE IL CALCESTRUZZO IN CLIMA MOLTO FREDDO

Se la temperatura scende al di sotto di 0°C ed il calcestruzzo non ha ancora raggiunto un minimo di resistenza meccanica (almeno pari a 5 MPa), la formazione di ghiaccio, con il conseguente aumento di volume, può creare delle tensioni tali da danneggiare irrimediabilmente il materiale.

D'altra parte, nel periodo invernale, anche senza la formazione di ghiaccio subito dopo il getto, il calcestruzzo rimane esposto al rischio della gelata (finché appunto non raggiunge una  $R_c$  di 5 MPa) per un tempo relativamente lungo a causa del rallentamento dello sviluppo di resistenza meccanica dovuto alle basse temperature.

Si pone allora il problema di stagionare il calcestruzzo ad una temperatura sufficientemente elevata (per esempio: 10°C), per un tempo sufficientemente lungo (per esempio: 7 giorni) affinché il rischio della gelata sia rimosso. Come vedremo, la soluzione di questo problema può comportare un maggior costo rispetto ad una stagionatura in clima moderato. Sarà compito dell'impresa valutare se questo extra-costò è affrontabile rispetto all'alternativa di rinviare il getto ad un periodo climatico più favorevole. È ovvio che lavorando in aree con climi freddi per un lungo periodo dell'anno, l'alternativa del rinvio presenta meno probabilità di essere la soluzione economicamente più favorevole.

La soluzione del problema di lavorare in climi molto rigidi deve tener conto di tre aspetti tutti confluenti verso un'unica direzione: mantenere la temperatura del calcestruzzo al di sopra di quella ambientale; ciò che conta, infatti, ai fini del decorso nel tempo della resistenza meccanica, come anche del rischio causato dalla formazione del ghiaccio, non è la temperatura ambientale ma quella del calcestruzzo.

Per risolvere il problema occorre, in ordine cronologico:

1. riscaldare il calcestruzzo durante la miscelazione attraverso il riscaldamento dei suoi ingredienti (preferibilmente l'acqua)
2. calcolare il raffreddamento del calcestruzzo durante il trasporto

3. tener conto dell'inevitabile raffreddamento del calcestruzzo durante il getto dalla betoniera nel cassero

4. isolare termicamente il getto per mantenere la temperatura a 10°C riducendo al minimo la dissipazione del calore di idratazione sviluppato.

I punti 1 e 2 fanno parte delle responsabilità di chi produce il calcestruzzo; i punti 3 e 4 sono certamente sotto la responsabilità dell'impresa di costruzione: questa dovrà perciò inevitabilmente coordinarsi con il produttore di calcestruzzo, soprattutto se questo non appartiene all'impresa, fornendo precise disposizioni sulla temperatura che deve avere il calcestruzzo all'arrivo sul cantiere, oltre che sulle normali specifiche ( $R_{ck}$ ,  $L$ ,  $D_{max}$ ,  $t_c$ ).

La soluzione del problema avviene con la sequenza 4 → 3 → 2 → 1, anziché con quella cronologica 1 → 2 → 3 → 4.

L'approccio alla soluzione del problema, salvo che per il punto 1 affrontabile con un semplice calcolo teorico, è prettamente sperimentale, data la complessità dei numerosi parametri ottenuti nelle prove di campo effettuate in passato soprattutto nei Paesi con climi molto rigidi.

### 1.1 Come isolare termicamente il getto per mantenere la temperatura del calcestruzzo a 10°C in climi invernali

Se il calcestruzzo dopo il getto ha una temperatura di



Fig. 1 - Degrado di un muro in c.a. per effetto del ghiaccio.

10°C, è possibile mantenere questo livello termico per un certo periodo di tempo anche se la temperatura dell'ambiente scende abbondantemente al di sotto di 0°C.

Occorre tener conto dei seguenti fattori:

- spessore minimo della struttura ( $s_m$ )                   ↑
- temperatura dell'ambiente ( $T_a$ )                       ↑
- dosaggio di cemento (c)                               ↑
- resistenza termica ( $r_t$ ) del cassero e della eventuale protezione aggiuntiva                   ↑

Le frecce indicano in che direzione occorre muoversi per ciascun fattore al fine di semplificare la soluzione del problema. Tuttavia, alcuni di questi parametri non sono governabili dall'impresa: sicuramente non lo è  $T_a$ , ed in gran parte non lo è  $s_m$  che dipende dal progetto della struttura.

Pertanto dopo aver ipotizzato conservativamente  $T_a$  e fissato  $s_m$ , si passa a calcolare i valori di c e di  $r_t$  necessari a garantire la soluzione del problema. La resistenza termica può essere governata mediante la scelta di un idoneo materiale isolante di adeguato spessore.

Nella Tabella che segue sono indicati i valori di resistenza termica specifica ( $r'_t$ ), per diversi materiali, riferita a 1 cm di spessore.

MATERIALE ISOLANTE	Resistenza termica per 10 mm di spessore ( $m^2 \cdot ^\circ C/W$ )
<b>LASTRE</b>	
Poliuretano espanso	0.438
Polistirolo espanso estruso	0.347
Fibre di vetro laminate	0.277
Polistirolo espanso pressato	0.247
Fibre minerali laminate	0.239
Vetro cellulare	0.182
Cartone laminato	0.139
Legno	0.088
<b>COPERTE</b>	
Coperte in fibre di vetro o lana minerale	0.224
<b>MATERIALE SCIOLTO</b>	
Trucioli di legno	0.231
Segatura	0.154
Fibre minerali	0.173
Perlite	0.187
Vermiculite	0.152

La soluzione al problema dell'isolamento termico del getto può avere come scopo o quello di salvaguardare il calcestruzzo dal rischio della prima gelata o quello di raggiungere un minimo di resistenza meccanica (pari a circa l'80% di quella conseguibile a 20°C) in modo che la struttura possa essere sottoposta ai carichi che solitamente nascono dalle esigenze esecutive del cantiere: nel primo caso sono sufficienti 3 giorni di stagionatura a 10°C; nel secondo caso ne occorrono 7.

A seconda del tempo di stagionatura richiesto (3 o 7

giorni) ed a seconda del tipo di struttura (opere fuori terra o poggiate su terreno), nelle Figure dei moduli che seguono vengono riportati i valori di  $r_t$  in funzione di  $T_a$ ,  $s_m$  e c. In effetti mentre  $T_a$  è un dato non governabile ma solo ipotizzabile,  $s_m$  dipende dal progetto della struttura, il valore di c, pur essendo anch'esso determinato dal mix-design, può essere aumentato per favorire lo sviluppo di un maggior calore, purchè non esistano limitazioni per il ritiro o il creep della struttura.

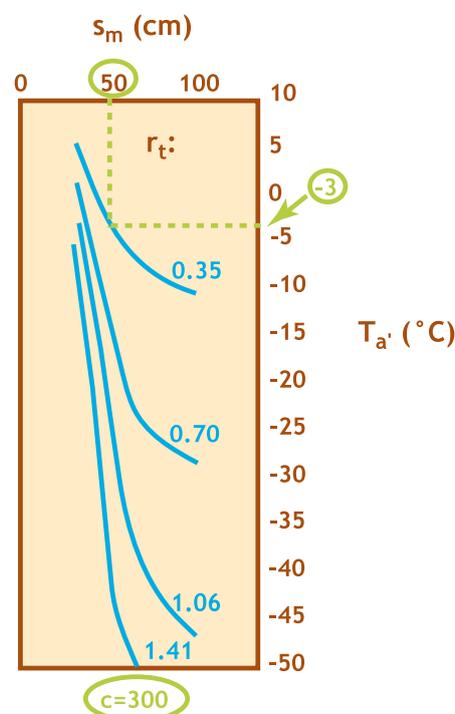
Nella Figura di seguito riportata è illustrato come utilizzare le Figure dei moduli seguenti: se per esempio si deve stagionare per 3 giorni un muro di sostegno in calcestruzzo con uno spessore minimo di 50 cm per il quale dal mix-design è stato calcolato un valore di c pari a 300 kg/m<sup>3</sup>, nella ipotesi che la minima temperatura ambientale ( $T_a$ ) sia -3°C, il valore di  $r_t$  richiesto per soddisfare tutte le suddette esigenze è di 0.35 m<sup>2</sup> · °C · W<sup>-1</sup>.

Pertanto, supposto che si disponga di casseri in legno spessi 2 cm, (pari ad un  $r'_t$  di 0.088 · 2 = 0.176 m<sup>2</sup> · °C · W<sup>-1</sup>), occorre prevedere un isolamento termico aggiuntivo così calcolabile:

$$0.35 - 0.176 = 0.174 = r'_t \cdot x$$

dove  $r'_t$  ed x sono rispettivamente la resistenza termica specifica e lo spessore del materiale isolante che si intende sovrapporre al cassero di legno. Scegliendo, per esempio, il polistirolo espanso ( $r'_t = 0.347$ ) occorre utilizzare dei fogli di spessore pari a:

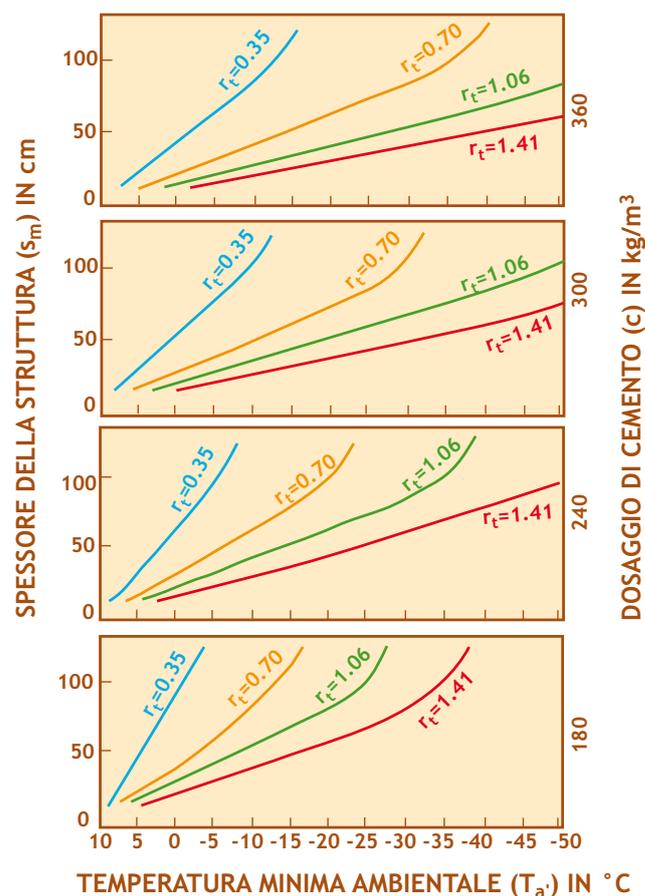
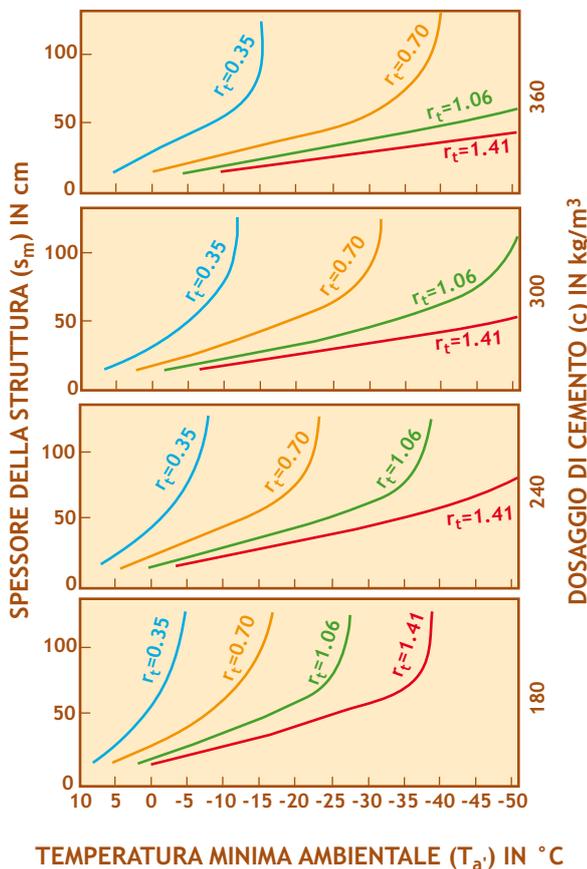
$$x = \frac{0.174}{0.347} = 0.5 \text{ cm}$$



**N.B. La scelta di questa Figura avviene sulla base del dosaggio di cemento, dello spessore minimo della struttura, della temperatura ambientale, e dal tipo di struttura (gettata fuori terra o su terreno).**

**1.1.1 Calcolo della resistenza termica dei casseri ( $r_t$ ) per opere fuori terra: stagionatura a 10°C per 3 giorni**

Nelle Figure che seguono sono riportati i valori delle resistenze termiche del cassero necessari a mantenere un'opera fuori terra in calcestruzzo alla temperatura di 10°C per 3 giorni, in funzione del dosaggio di cemento (c), dello spessore minimo della struttura ( $s_m$ ) e della temperatura ambientale ( $T_a$ ). L'utilizzazione dei grafici sotto riportati è illustrata nel paragrafo 1.1.

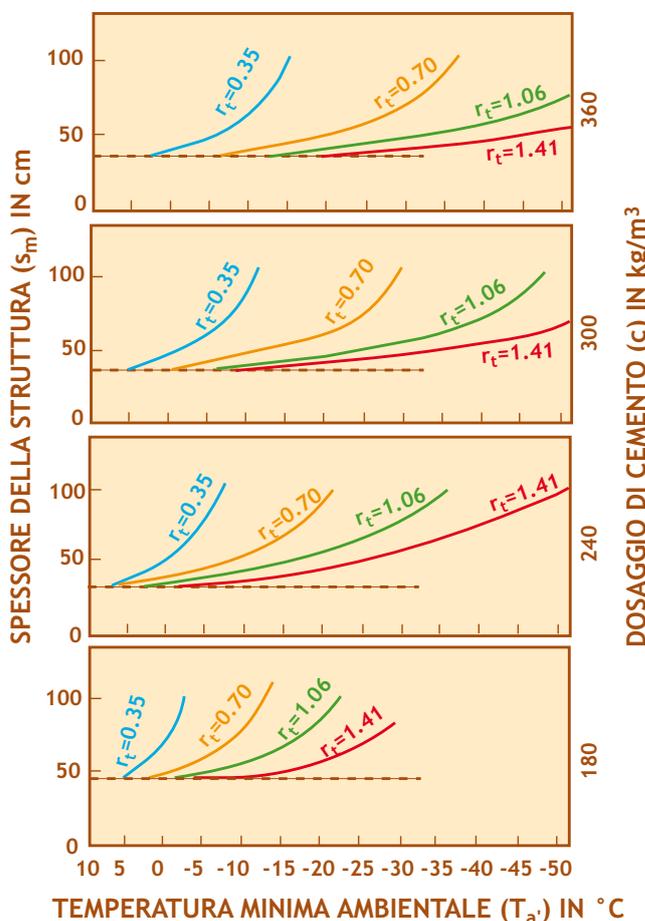


**1.1.2 Calcolo della resistenza termica dei casseri ( $r_t$ ) per opere fuori terra: stagionatura a 10°C per 7 giorni**

Nelle Figure che seguono sono riportati i valori delle resistenze termiche del cassero ( $r_t$ ) necessari a mantenere un'opera fuori terra, alla temperatura di 10°C per 7 giorni, in funzione del dosaggio di cemento (c), dello spessore minimo della struttura ( $s_m$ ) e della temperatura ambientale ( $T_a$ ). L'utilizzazione dei grafici sotto riportati è illustrata nel paragrafo 1.1.

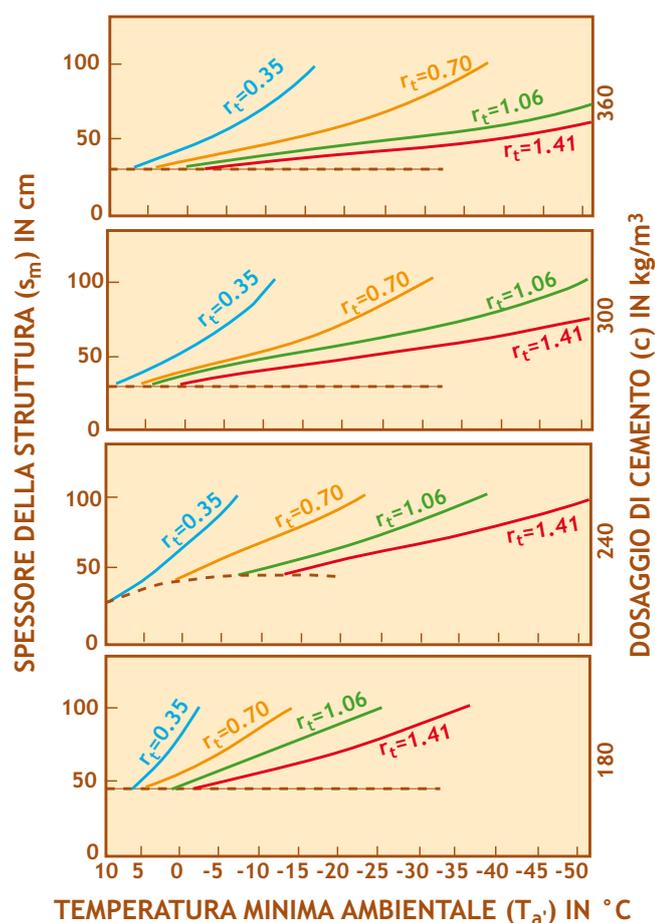
**1.1.3 Calcolo della resistenza termica dei casseri ( $r_t$ ) per opere poggiate sul terreno: stagionatura a 10°C per 3 giorni**

Nelle Figure che seguono sono riportati i valori delle resistenze termiche del cassero ( $r_t$ ) necessari a mantenere un'opera poggiate sul terreno, alla temperatura di 10°C per 3 giorni, in funzione del dosaggio di cemento (c), dello spessore minimo della struttura ( $s_m$ ) e della temperatura ambientale ( $T_a$ ). L'utilizzazione dei grafici sotto riportati è illustrata nel paragrafo 1.1.



1.1.4 Calcolo della resistenza termica dei casseri ( $r_t$ ) per opere poggiate sul terreno: stagionatura a 10°C per 7 giorni

Nelle Figure che seguono sono riportati i valori delle resistenze termiche del cassero ( $r_t$ ) necessari a mantenere un'opera poggiate sul terreno, alla temperatura di 10°C per 7 giorni, in funzione del dosaggio di cemento ( $c$ ), dello spessore minimo della struttura ( $s_m$ ) e della temperatura ambientale ( $T_a$ ). L'utilizzazione dei grafici sotto riportati è illustrata nel paragrafo 1.1.



1.1.5 Raccomandazioni sul tipo di cemento e di additivo per calcestruzzi in climi freddi

Per quanto riguarda il valore di  $c$  che appare nelle Figure dei 4 moduli precedenti occorre precisare che:

- il valore di  $c$  è quello determinato dal calcolo del *mix-design* con il vincolo aggiuntivo che il tipo di cemento deve essere *II A/L 42.5 R*, in quanto i cementi *32.5* e *32.5 R* sono inadeguati sia per il basso calore di idratazione sviluppato, sia per il lento decorso della  $R_c$  in climi freddi;
- qualora per ragioni di durabilità si debba prevedere l'impiego di un *CEM III A* o *CEM IV A* (tutti più "freddi" e/o più lenti del *II A/L 42.5 R*) è necessario prevedere anche un additivo accelerante di indurimento: il tipo ed il dosaggio di questo additivo dovranno essere tali che

la  $R_{cm1}$  del calcestruzzo con cemento d'altoforno o pozzolanico più additivo, eguagli quella del corrispondente calcestruzzo con *II A/L 42.5 R* a pari  $a/c$ ;

- qualora si intenda adoperare il *CEM I 52.5 R*, il valore di  $c$  calcolato dal *mix-design* risulta più cautelativo che non quello relativo al *II A/L 42.5 R* ai fini della determinazione di  $r_t$ ;
- può essere economicamente conveniente aumentare il dosaggio di cemento (per esempio: da 240 a 300 o 350 kg/m<sup>3</sup>) piuttosto che aumentare  $r_t$  e quindi lo spessore di materiale termoisolante; in tal caso la  $R_{ck}$  e le altre caratteristiche vanno ricalcolate sulla base del nuovo valore di  $c$ ; è da tenere comunque presente che l'aumento potrebbe non essere compatibile con la prescrizione per esempio di un basso ritiro o di un basso *creep*;
- in alternativa all'aumento di  $c$  preso in considerazione nel punto precedente si può valutare l'opportunità di impiegare un additivo accelerante con prestazioni equivalenti a quelle conseguite con l'aumento di  $c$ : in tal caso non verrebbero modificate le proprietà dipendenti da  $a/c$ ,  $i/c$  e  $c$  ( $R_{ck}$ ,  $S$ ,  $C$ ).

**1.2 Come tener conto del raffreddamento del calcestruzzo durante il getto dalla betoniera nel cassero**

Una volta che si sia stabilito il valore di  $r_t$  necessario alla conservazione della temperatura del calcestruzzo a valori di

**Temperature raccomandate per i calcestruzzi in climi freddi prima del getto**

TEMPERATURA AMBIENTALE (°C)	SPESSORE MINIMO DELLA STRUTTURA (cm)		
	< 90	90 ÷ 180	>180
	TEMPERATURA MINIMA (°C) DEL CALCESTRUZZO DOPO LA POSA IN OPERA		
	10	7	5
TEMPERATURA MINIMA RICHIESTA PER IL CALCESTRUZZO PRIMA DEL GETTO (°C)			
> -1	13	10	7
-18 ÷ -1	16	13	10
< -18	18	15	12

almeno 10°C, nelle condizioni ambientali ( $T_a$ ) e di progetto, è necessario che il calcestruzzo al momento del getto abbia una temperatura  $T_{cls/g} > 10°C$  per ovviare al raffreddamento che inevitabilmente avviene durante il getto: la differenza  $T_{cls/g} - 10°C$  dovrà essere tanto maggiore quanto più bassa è la temperatura ambientale  $T_a$ , e quanto più sottile è lo spessore minimo ( $s_m$ ) della struttura. Per esempio, se  $T_a$  è pari a -10°C è necessario che  $T_{cls/g}$  risulti almeno di 16°C per una struttura con  $s_m$  minore di 90 cm.

I valori di  $T_{cls/g}$  richiesti in funzione di  $T_a$  ed  $s_m$  sono ri-

portati nella Tabella di questo paragrafo.

### 1.3 Come calcolare il raffreddamento del calcestruzzo durante il trasporto

Una volta stabilito il valore di  $T_{cls/g}$ , è necessario tener conto che durante il trasporto la temperatura del calcestruzzo diminuisce, e la diminuzione  $\Delta T$  - tra la temperatura del calcestruzzo prima del trasporto ( $T_{cls/m}$ ) e quella al momento del getto ( $T_{cls/g}$ ) - è tanto maggiore quanto più bassa è la temperatura dell'ambiente ( $T_a$ ):

$$\Delta T = T_{cls/m} - T_{cls/g} = K_b (T_{cls/g} - T_a)$$

dove  $K_b$  è la diminuzione  $\Delta T$  in 1 ora di trasporto quando la differenza tra  $T_{cls/g}$  e  $T_a$  è di 1°C. Il valore di  $K_b$  è di 0.25 per le normali autobetoniere con calcestruzzo agitato durante il trasporto, e di 0.20 se il calcestruzzo viene trasportato senza agitazione.

Noto  $\Delta T$ , si può calcolare la  $T_{cls/m}$ , cioè la temperatura del calcestruzzo subito dopo la miscelazione nella centrale di betonaggio:

$$T_{cls/m} = \Delta T + T_{cls/g}$$

Esempio: la temperatura ambientale  $T_a$  al momento del getto è ipotizzata essere -5°C; per la temperatura del calcestruzzo al momento del getto è richiesto  $T_{cls} = 15^\circ\text{C}$ . Si prevede che il trasporto dalla centrale di betonaggio al cantiere richieda 60' con agitazione del calcestruzzo ( $K_b = 0.25$ ). Si calcoli quale deve essere la temperatura del calcestruzzo subito dopo la miscelazione  $T_{cls/m}$ :

$$T_{cls/m} = \Delta T + T_{cls/g} = 0.25 \cdot [15 - (-5)] + 15 = 20^\circ\text{C}$$

### 1.4 Come riscaldare il calcestruzzo durante la miscelazione

Se la temperatura richiesta per il calcestruzzo al momento della miscelazione è superiore ai valori delle temperature dei singoli ingredienti ( $T_a$ ,  $T_c$ ,  $T_s$ ,  $T_G$ ), è necessario riscaldare uno o più di questi ultimi ad una temperatura maggiore di  $T_{cls}$  per far sì che la temperatura finale della miscela risulti appunto  $T_{cls}$ . Il riscaldamento cui sottoporre il singolo ingrediente sarà tanto maggiore quanto maggiore è la differenza tra  $T_{cls}$  e la temperatura dei singoli ingredienti.

In generale si può ricorrere al riscaldamento dell'acqua, della sabbia e dell'inerte grosso, mentre è assolutamente da sconsigliare qualsiasi trattamento termico del cemento per non correre il rischio di innescare la falsa presa del cemento a seguito della disidratazione del gesso nel cemento stesso.

In pratica, laddove è possibile, ci si limita a riscaldare l'acqua perchè l'operazione è molto più semplice ed efficiente che non il riscaldamento degli inerti. In effetti il calore introdotto nel calcestruzzo attraverso il riscaldamento

dell'acqua è limitato dal quantitativo relativamente modesto dell'acqua di impasto rispetto ai quantitativi ben più consistenti degli inerti. Tuttavia, occorre tener conto che l'acqua, con il suo calore specifico che è 5 volte più grande di quello degli inerti (4.18 contro 0.9 kJ·kg<sup>-1</sup>·°C<sup>-1</sup>), costituisce un eccellente serbatoio termico da cui trasferire il calore agli altri ingredienti.

In pratica è raccomandabile, per evitare una presa rapida del cemento, introdurre prima gli inerti freddi con l'acqua riscaldata, e solo dopo il cemento.

Per calcolare la temperatura  $T_{ab}$  dell'acqua introdotta in betoniera si può impiegare l'equazione:

$$T_{ab} = \frac{[0.9 \cdot (s' + G' + c) + 4.18 \cdot (a_b + a_s + a_G)]}{4.18 a_b} + \frac{0.9 \cdot (T_s \cdot s' + T_G \cdot G' + T_c \cdot c) + 4.18 \cdot (T_{as} \cdot a_s + T_{aG} \cdot a_G)}{4.18 a_b}$$

Tenendo presente che una parte dell'acqua, oltre a quella introdotta nella betoniera ( $a_b$ ), viene immessa nel calcestruzzo come umidità negli inerti ovviamente alla temperatura degli inerti, è opportuno, per trarre il maggior vantaggio dal riscaldamento dell'acqua, utilizzare inerti asciutti e quindi protetti dalle condense e dalle piogge.

Questo articolo è tratto dal libro:

Mario Collepari   Silvia Collepari   Roberto Troli



**IL CALCESTRUZZO LOGICO**

Informazioni Utili

Enco Srl - Via delle Industrie, 18 - 31050 Ponzano Veneto (TV)  
Tel. 0422 963 771 - Fax 0422 963237 -  
www.encosrl.it - info@encosrl.it

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

# Seminario Internazionale sulle Prove Non Distruttive

Sorrento, 29 Ottobre 2006

Sponsored by



Sponsored by



POLITECNICO DI MILANO

Sponsored by



American Concrete Institute

CANMET

Domenica 29 Ottobre si terrà a Sorrento un interessante seminario basato sulle presentazioni del Dr. Nick Carino, uno dei massimi esperti mondiali nel campo delle prove non distruttive.

La singolarità di questo seminario consiste nella presentazione dei principi teorici sui quali si basano le prove non distruttive e delle applicazioni pratiche consistenti nelle diagnosi che si possono trarre dai risultati ottenuti purchè adeguatamente interpretati.

## PROGRAMMA

9.00 - 10.00 : Registration

10.00 - 11.30: Nick Carino - "Advanced Methods  
for Testing of Corrosion, Chlorides and Carbonation"

11.30 - 12.00: Claus Germann - "Demonstrations"

12.00 - 13.00: Coffee / Lunch

13.00 - 14.00: Nick Carino - "Impact-Echo"

14.00 - 14.20: Claus Germann - "Demonstrations"

14.20 - 14.30: Coffee

14.30 - 15.30: Nick Carino - "Impulse Response"

15.30 - 16.00: Claus Germann - "Demonstrations"

16.00 - 16.45: Nick Carino - "Pullout testing for Compressive Strength, In-Place"

16.45 - 17.00: Claus Germann - "Demonstration"

Dr. NICK CARINO  
Institute National of Standards, USA



Mr. CLAUS GERMANN PETERSEN  
Germann Instruments, DENMARK



Costo: Euro 25,00 (comprensivo del Lunch e Coffee Break)  
Modalità di registrazione: direttamente il giorno del seminario che si terrà presso il  
GRAND HOTEL VESUVIO, SORRENTO, ITALY

# WORKSHOP ON FULL IMMERSION IN CONCRETE ENGLISH

Director: Prof. Mario Collepardi

Ponzano Veneto, 20-24 November 2006

Sponsored by



IMPROVE ENGLISH BY LEARNING CONCRETE  
IMPROVE CONCRETE BY LEARNING ENGLISH

Sponsored by



American Concrete Institute

CANMET

The workshop on Full Immersion in Concrete English includes three parts:

**PART I: Basic Concrete Technology - (20-24 November 2006)**

**PART II: Special Concretes (SCC, FRC, Etc.) -**

**(19-23 February 2007)**

**PART III: Concrete Mix-Design - (21-25 May 2007)**

This is the program of PART I

**20 November 2 p.m. - 21 November 12.30 p.m.**

**Concrete ingredients: Portland and Blended cements**

Massimo Gelli (HOLCIM)

**Concrete ingredients: Hydration of Portland and Blended cements**

Mario Collepardi (ENCO)

**Concrete ingredients: Aggregates**

Mario Collepardi (ENCO)

**Production of concrete**

Giuseppe Marchese (ITALCEMENTI)

**21 November 2 p.m. - 22 November 12.30 p.m.**

**Fresh concrete: workability, blending, segregation**

Mario Collepardi (ENCO)

**Hardened concrete: porosity, permeability and strength**

Mario Collepardi (ENCO)

**Deterioration and durability of concrete structures**

Mario Collepardi (ENCO)

**Use of the software Easy & Quick for automatic prescription**

Mario Collepardi (ENCO)

**22 November 2 p.m. - 23 November 12.30 p.m.**

**Accelerating admixtures for shotcrete applications**

Oscar Marazzini (SIKA)

**Chemical admixtures: concrete impermeability improvers**

Robert Revera (PENETRON)

**Chemical admixtures: superplasticizers**

Rabinder Khurana (BASF)

**Chemical admixtures: shrinkage-reducing admixture**

Bob Hathaway (GRACE)

**Chemical admixtures: inhibitors of ASR and corrosion**

Mario Collepardi (ENCO)

**23 November 2 p.m. - 24 November 12.30 p.m.**

**Temperature and concrete: Heat of hydration and influence of temperature on concrete strength**

Silvia Collepardi (ENCO)

**Role of ordinary and micronized fly ash**

Michele Valente (GENERAL ADMIXTURES)

**Curing: plastic, drying and autogenous shrinkage-crack-free concrete**

Roberto Troli (ENCO)

**Creep: basic, drying and total creep**

Roberto Troli (ENCO)

**Introduction to the Concrete Mix-Design**

Silvia Collepardi (ENCO)

**PRESENTATION:** power point and movies accompanying the oral presentation

**THE 5-DAY WORKSHOP RECOMMENDED TO PEOPLE WHO:**

a) know at least school English (understand English by reading);

b) know basic concrete (Portland cement, gravel, strength)

**SOCIAL EVENT:** dinner in Venice on November 21, 2006

**WORKSHOP ON FULL IMMERSION IN CONCRETE ENGLISH**

Ponzano Veneto, 20-24 November 2006

(Please type or print clearly)

NAME: \_\_\_\_\_

COMPANY: \_\_\_\_\_

ADDRESS: \_\_\_\_\_

ZIP CODE: \_\_\_\_\_ CITY: \_\_\_\_\_

COUNTRY: \_\_\_\_\_

TEL: \_\_\_\_\_

FAX: \_\_\_\_\_

E-mail: \_\_\_\_\_

**COST:**

- 650,00 Euro before September 30, 2006 (VAT Included)

- 800,00 Euro after September 30, 2006 (VAT Included)

**FOR A JOINT REGISTRATION OF AT LEAST 3 PEOPLE 100,00 EURO OF DISCOUNT FOR EACH PERSON**

Including the book "The New Concrete" by Mario Collepardi, the software "Easy & Quick", coffee-breaks and lunches.

**PAYMENT:**

Bank Transfer: c/c 000001085060 - ABI 03069 - CAB 12031

- CIN: J - IBAN: IT65J0306912031000001085060

Credit Card: [www.encoshop.com/catalogo.asp](http://www.encoshop.com/catalogo.asp)

(after August 30, 2006)

**FOR OTHER INFORMATION PLEASE CONTACT:**

**ENCO** Srl - Via delle Industrie 18/20

31050 Ponzano Veneto (TV)

Tel. 0039 0422 963 771 - Fax 0039 0422 963 237

E-mail: [info@encosrl.it](mailto:info@encosrl.it) - Web-Site: [www.encosrl.it](http://www.encosrl.it)

# DIAGNOSI DEL DEGRADO DELLE STRUTTURE IN C.A.

## Parte III - Prove distruttive



J. Jacob Ogoumah Olagot, Francesca Simonelli,  
Roberto Troli

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



### 1. 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).

Tabella 1 - Principali prove distruttive.

Analisi Chimica	Spettrofotometria Raggi IR
Diffrazione Raggi X	Porosimetria a mercurio
Analisi Termica	Permeabilità all'acqua
Microscopia elettronica	Adsorbimento di gas
Assorbimento liquidi	Prove Meccaniche

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.

### 2. POROSIMETRIA

I materiali da costruzione nelle murature degli edifici e delle strutture in c.a. presentano un sistema più o meno continuo di pori attraverso i quali si verifica la migrazione dell'acqua che è la fonte primaria di degrado.

I metodi nel seguito descritti non includono la rilevazione di grosse cavità all'interno di una struttura (determinabili peraltro con la misura della velocità degli ultrasuoni).

Esistono fondamentalmente tre metodi per caratterizzare la porosità di un materiale all'interno delle costruzioni:

- determinazione dell'assorbimento di acqua;
- intrusione forzata di mercurio (porosimetria a mercurio);

- adsorbimento e condensazione di gas (azoto, vapore acqueo, ecc.).

#### 2.1 Determinazione dell'assorbimento d'acqua

Il metodo, molto semplice, consiste nell'essicare a 110°C fino a peso costante un campione di materiale. Sia  $p$  il peso. Il campione viene immerso in acqua e si scalda fino ad ebollizione per 1 ora al fine di favorire la fuoriuscita d'aria del materiale ed il riempimento con acqua. Sia  $p'$  il peso del materiale saturo di acqua.

Si definisce **assorbimento** ( $A$ ) la variazione percentuale di peso ( $p'-p$ ) rispetto a  $p$  secondo l'equazione [1]:

$$A = \frac{p' - p}{p} \cdot 100 \quad [1]$$

Se poi con un picnometro si determina la densità o massa volumica ( $m_v$ ) del campione saturo di acqua, è possibile determinare la porosità totale con l'equazione [2]:

$$\varepsilon = V_v/V_T = \frac{p' - p}{p' / m_v} \quad [2]$$

dove  $V_v$ , il volume dei vuoti, è pari al volume di acqua assorbita che coincide con la variazione di peso ( $p'-p$ ), e  $V_T$  il volume totale del campione saturo di acqua, è pari a  $p'/m_v$ .

#### 2.1.2 Porosimetria a mercurio

Il mercurio, a differenza dell'acqua, non ha alcuna affinità per i prodotti presenti nei materiali da costruzione. Esso non viene pertanto spontaneamente assorbito dal materiale poroso come avviene per l'acqua.

Affinché il mercurio penetri nei pori di un materiale poroso è necessario applicare una pressione che è tanto maggiore quanto più piccolo è il raggio dei pori come è indicato nell'equazione [3] di Washburn:

$$P = \frac{2\sigma}{r} \cos \theta \quad [3]$$

dove  $P$  è la pressione che occorre applicare per far entrare il mercurio entro i pori di raggio  $r$ , mentre  $\sigma$  e  $\theta$ , entrambi noti, sono rispettivamente la tensione superficiale del mercurio e l'angolo di contatto tra mercurio e materiale solido (Fig. 1).

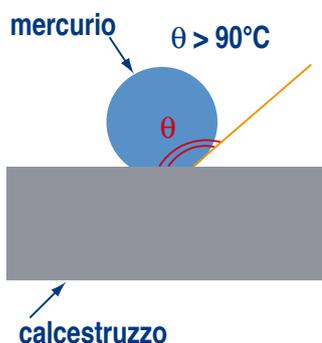


Fig. 1 - Comportamento di un solido nei confronti del mercurio.

Poiché nel caso del sistema mercurio-materiale da costruzione, l'angolo  $\theta$  è maggiore di  $90^\circ$ , risulta che  $P$  diventa negativo perché  $\cos \theta$  è negativo. Se invece si considera il sistema acqua-materiale da costruzione l'angolo  $\theta$  è minore di  $90^\circ$  e  $P$  diventa positivo perché  $\cos \theta$  è positivo. Si può concludere che, quando si immerge un solido poroso in un bagno di mercurio, occorre applicare una pressione dall'esterno ( $P$  negativa) per far entrare il liquido nel solido. Se invece si immerge lo stesso solido in acqua occorrerebbe applicare una pressione dall'interno dei pori ( $P$  positiva) per impedire al liquido di penetrare all'interno.

In pratica, per determinare la porosità di un solido omogeneo (malta, mattone, pietra, ecc.) con un porosimetro a mercurio, si immerge il campione in un bagno di mercurio, si applica una pressione  $P$  crescente e si misura il volume di mercurio ( $V_{Hg}$ ) che progressivamente pene-

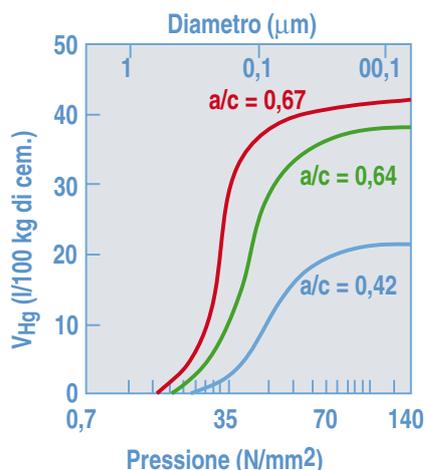


Fig. 2 - Volume di mercurio ( $V_{Hg}$ ) intruso in paste di cemento (con diverso rapporto acqua/cemento) in funzione della pressione applicata sul mercurio (scala dell'ascissa in basso) o del diametro dei pori capillari (scala dell'ascissa in alto).

tra nei pori del solido: al crescere della pressione saranno penetrati prima i pori di raggio maggiore e dopo quelli di minore dimensione (7). Pertanto si può riportare in un diagramma il volume di mercurio ( $V_{Hg}$ ) riferito ad un certo peso di campione che è penetrato in funzione della pressione ( $P$ ) applicata come è mostrato nella Fig. 2.

Poiché tra pressione applicata e raggio (o diametro) dei pori esiste la correlazione sopra riportata secondo l'equazione [3] di Washburn, si può anche esprimere sullo stesso grafico della Fig. 2 il volume di mercurio intruso (riferito per esempio a 100 kg di materiale) in funzione del diametro dei pori  $d$  espresso in  $\mu m$ . In sostanza si possono adottare per l'ascissa due scale: una, in basso, espressa come pressione applicata ( $P$ ), e l'altra, in alto, come diametro dei pori. Così è possibile conoscere quale è il volume di mercurio penetrato (e quindi di pori presenti) fino ad una certa pressione  $P$ , oppure fino ad un certo diametro dei pori. La curva che così si ottiene rappresenta il volume cumulativo dei pori presenti fino ad un certo diametro. Il volume totale di mercurio intruso al massimo della pressione applicabile con lo strumento rappresenta il volume totale dei pori. La forma della curva ed in particolare il suo flesso indicano come sono distribuiti i pori: il diametro dei pori corrispondente al flesso indica la dimensione dei pori più frequente.

Rispetto alla misura della porosità per assorbimento con acqua, la porosimetria a mercurio indica, oltre alla porosità totale, la distribuzione dimensionale dei pori. Anche nel caso della porosimetria a mercurio, come avviene per l'assorbimento di acqua, si può convertire il volume dei pori per unità di peso di materiale in volume di pori per unità di volume di materiale, cioè la porosità ( $\epsilon$ ), purché si conosca la massa volumica del solido poroso.

La porosimetria a mercurio è particolarmente indicata per valutare la distribuzione dei pori aventi dimensione compresa fra centesimi e centinaia di  $\mu m$ .

### 2.1.3 Adsorbimento e condensazione di gas

Le molecole di un gas vengono adsorbite dalla superficie di un solido inclusa quella interna dei pori. Inoltre un

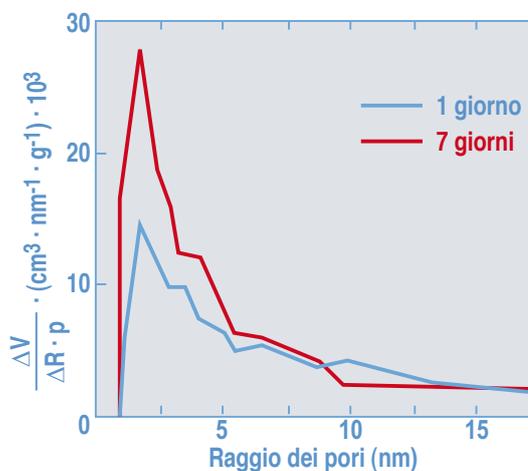


Fig. 3 - Distribuzione dimensionale dei pori ( $\Delta V / \Delta r \cdot p$ ) in due paste di cemento Portland idratato.

gas condensa all'interno dei pori ad una pressione inferiore a quella corrispondente alla tensione di vapore, e la condensazione avviene a pressione tanto più bassa quanto minore è la dimensione dei pori.

Conoscendo il volume di gas adsorbito e condensato si può arrivare a calcolare, con una procedura molto laboriosa, la distribuzione dei pori in un intervallo che va da  $10^{-4} \mu m$  a  $10^{-2} \mu m$  (o tra  $0,1 nm$  e  $10 nm$ ) e quindi "complementare" a quella indagabile con la porosimetria a mercurio. Esistono oggi strumenti capaci di misurare automaticamente il gas adsorbito e condensato, e di calcolare la distribuzione di pori in questo intervallo di dimensione dei pori. In Fig. 3 è mostrato un esempio di distribuzione dimensionale di pori in paste di cemento Portland con un diverso grado di idratazione (1 e 7 giorni).

### 3. PERMEABILITÀ ALL'ACQUA

La permeabilità all'acqua – o più in generale ad un fluido – rappresenta il volume di fluido che nell'unità di tempo attraversa l'unità di sezione del materiale, sotto l'applicazione di un gradiente unitario di pressione. Da un punto di vista pratico la misura della permeabilità all'acqua su un provino estratto dalla struttura o gettato in cassaforma richiede tempi lunghi o elevati gradienti di pressione a meno che non si tratti di materiali molto porosi (con porosità continua) e quindi molto permeabili come malte di calce, pietre in tufo, ecc..

Per materiali da costruzione più resistenti al flusso dell'acqua si rinuncia a questa misura che sarebbe troppo lunga e si preferisce una caratterizzazione del materiale secondo una prova standardizzata (ISO 7031): la prova consiste nel saturare preliminarmente con acqua il provino dopo averlo lateralmente impermeabilizzato con resina epossidica e quindi nel sottoporlo ad una pressione di 5 atm per 3 giorni (Fig. 4). Al termine dei 3 giorni di prova



Fig. 4 - Apparecchiatura della prova di permeabilità secondo ISO 7031.

si spacca il provino e si misura lo spessore di provino bagnato dall'acqua penetrata sotto l'effetto della pressione (Fig. 5). Si conviene che – nel caso dei calcestruzzi – la struttura sia di fatto impermeabile all'acqua se lo spesso-

re di materiale penetrato dall'acqua sia mediamente non superiore a 20 mm.



Fig. 5 - Misura dello spessore di acqua penetrata (ISO 7031) in un provino di calcestruzzo sottoposto alla pressione di 5 atm per 3 giorni.

### 4. PROVE MECCANICHE

Oltre alla caratterizzazione meccanica delle strutture *in situ* mediante prove non-distruttive con l'auscultazione sonora o con le onde ultrasoniche o con le prove quasi-non-distruttive come quelle con i martinetti piatti, esiste la possibilità di misurare il **modulo elastico secante** e la **resistenza meccanica** su provini estratti dalle strutture e studiati in laboratorio.

Per studiare il comportamento dei diversi materiali da costruzione a seguito di sollecitazioni applicate, occorrono tre condizioni:

- sottoporre ad indagine una porzione ben definita di materiale omogeneo (mattoncino, acciaio, calcestruzzo, ecc.);
- la porzione ben definita di materiale omogeneo si deve presentare in forma di una geometria relativamente semplice (prisma, cilindro, cubo, ecc.) che prende il nome di **provino**;
- la sollecitazione applicata deve essere di tipo semplice, solitamente monoassiale (compressione o trazione) o comunque facilmente maneggiabile matematicamente (taglio, flessione).

Nella Fig. 6 sono mostrati tre tipici provini (prismatico per il mattone, cilindrico per l'acciaio, cubico per il calcestruzzo) sottoposti a sollecitazione rispettivamente di flessione ( $\sigma_f$ ), di trazione ( $\sigma_t$ ) e di compressione ( $\sigma_c$ ).

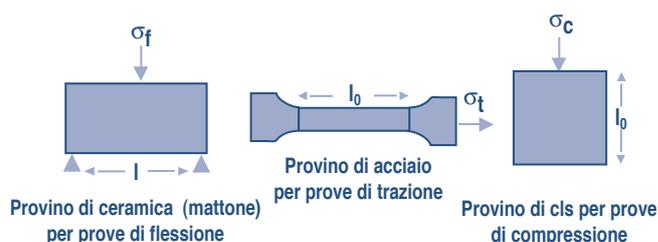


Fig. 6 - Provini e tipi di sforzo per caratterizzare il comportamento dei materiali.

Stabilite le dimensioni del provino si potrà misurare più facilmente le sezioni trasversali agli sforzi e le deformazioni assolute. Si potrà quindi trasformare un carico  $P$  in uno sforzo  $\sigma = P/S$  una volta noto il regime tensionale nella sezione ( $S$ ); si potrà anche trasformare una deformazione assoluta ( $\Delta l$ ) in una deformazione unitaria ( $\Delta l/l_0$ ), nota la lunghezza iniziale  $l_0$ .



Fig. 7 - Prova di trazione  $\sigma$ - $\epsilon$  su una barra di acciaio.

Applicando, attraverso le macchine (Fig. 7), carichi semplici (per esempio di trazione) e noti, e misurando (mediante estensimetri) le variazioni dimensionali, si potrà ricostruire un diagramma “sforzo-deformazione”. Nel grafico della Fig. 8 si trovano alcuni dati interessanti:

- il massimo sforzo che è in grado di sopportare il materiale ( $R_p$ , **resistenza meccanica a trazione**);
- la **resistenza allo snervamento** ( $R_s$ ) che, nel caso dell'acciaio, indica lo sforzo nella curva  $\sigma$ - $\epsilon$  che corrisponde solitamente ad un piccolo “pianerottolo” nella deformazione;
- il **massimo allungamento** ( $\epsilon_r$ ) che subisce il materiale al momento della rottura (*materiali fragili e duttili* presentano  $\epsilon_r$  rispettivamente piccoli o grandi);

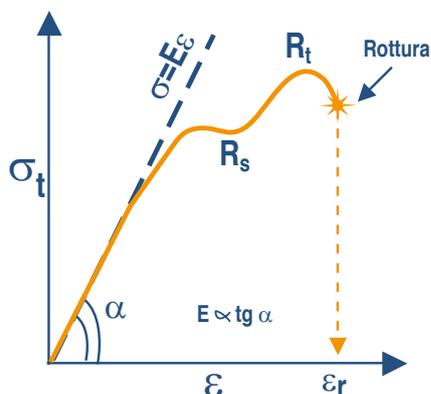


Fig. 8 - Curva sforzo di trazione-deformazione ( $\sigma$ - $\epsilon$ ).

- l'area sottesa dalla curva  $\sigma$ - $\epsilon$  che è proporzionale al lavoro speso per rompere il materiale (**tenacità**);
- la pendenza della curva in particolare nel tratto iniziale dove tra  $\sigma$  ed  $\epsilon$  esiste proporzionalità lineare (cioè vale la **legge di Hooke**:  $\sigma = E\epsilon$ ).

In particolare, il valore del modulo elastico  $E$  (cioè la pendenza della curva nel tratto lineare) rappresenta la rigidità specifica del materiale e cambia da materiale a materiale (Tabella 2).

Tabella 2.5 - Modulo elastico ( $E$ ) di alcuni materiali da costruzione

Materiale	E(GPa)
Diamante	1000
Carburo di silicio	450
Nichel	215
Acciai	195-215
Titanio	85-130
Alluminio	70-80
Calcestruzzo	25-40
Materie plastiche	0,1-5
Gomma	0,001-0,01

Nel caso del calcestruzzo la determinazione della resistenza a trazione avviene con la cosiddetta **prova alla brasiliana** che consiste nello schiacciare un provino cilindrico adagiato lungo il suo asse tra le piastre di una pressa (Fig. 9) e calcolando la resistenza a trazione  $R_t$  mediante l'equazione [4]:

$$R_t = \frac{2P}{\pi LD} \cos \theta \quad [4]$$

dove  $P$  è il carico di compressione,  $L$  e  $D$  sono rispettivamente la lunghezza ed il diametro del provino cilindrico.



Fig. 9 - Rottura di un provino cilindrico di calcestruzzo per determinare la resistenza con il metodo detto “alla brasiliana”.

# Soluzioni di Durabilità



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



**Calcestruzzi**  
Italcementi Group

A world class local business

[www.calcestruzzi.it](http://www.calcestruzzi.it)



# ENCO

## TECNOCHEM ITALIANA SPA

# INNOVAZIONI PRESTAZIONALI E NORME DI LEGGE NELLE OPERE IN C.A.

Prof. Mario Collepari  
Interazione tra progresso  
tecnologico e nuove norme di legge  
(DM 14 Settembre 2005)

Ing. Silvia Collepari  
Responsabilità secondo le nuove  
Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC)

Ing. Roberto Troli  
Progettazione di opere in c.a. a lunga  
durabilità in accordo alle NTC

Ing. Francesca Simonelli  
Garantire una costruzione durabile



Bologna, Sabato 28 Ottobre 2006

**SALA ITALIA - Orario 10.00 - 13.00**

### SCHEDA DI PARTICIPAZIONE (da inviare per conferma via fax al num. 0422 963237)

La consegna della documentazione è garantita solo alle persone che daranno conferma della partecipazione almeno 7 giorni prima del seminario

NOME/COGNOME \_\_\_\_\_

SOCIETA'/ENTE \_\_\_\_\_

VIA \_\_\_\_\_ N \_\_\_\_\_

LOCALITA' \_\_\_\_\_ CAP \_\_\_\_\_

TEL. \_\_\_\_\_ FAX \_\_\_\_\_ E-MAIL \_\_\_\_\_

Autorizzo Enco Srl a utilizzare questi dati per l'invio di aggiornamenti periodici (Dichiarazione ai sensi della Legge 196/03)

Firma: \_\_\_\_\_

- INGEGNERE
- ARCHITETTO
- GEOMETRA
- PROGETTISTA
- PREFABBRICATORE
- PRECONFEZIONATORE
- IMPRESA
- \_\_\_\_\_

# L'UTILIZZO DI CENERI DA BIOMASSA PER UNO SVILUPPO SOSTENIBILE DEL CALCESTRUZZO

## Parte II - Caratterizzazione di paste e malte contenenti ceneri



Giuseppe Sforza - General Admixtures SpA, Ponzano Veneto (TV)  
Giacomo Moriconi - Università Politecnica delle Marche, Ancona



Dopo aver caratterizzato fisicamente, chimicamente e morfologicamente alcune tipologie di ceneri da biomassa [1] è stata effettuata la caratterizzazione di paste e malte contenenti tali ceneri preliminarmente al loro utilizzo nel confezionamento di calcestruzzi. Tale studio consente di ottenere utili informazioni sull'influenza delle diverse ceneri sui tempi di presa del cemento, sulla reologia del calcestruzzo e sulle proprietà meccaniche dello stesso.

### 1. CARATTERIZZAZIONE DELLE PASTE CONTENENTI LE CENERI

Tale caratterizzazione è stata effettuata attraverso la quantificazione della diversa richiesta d'acqua e dei differenti tempi di inizio e fine presa mostrati da paste in cui il 20% di cemento era stato sostituito con le ceneri in esame rispetto alla pasta di solo cemento.

I valori di richiesta d'acqua contenuti nella precedente tabella possono essere usati per quantificare la perdita di lavorabilità determinata dall'utilizzo di cenere. Infatti, il quantitativo d'acqua necessario è stato aggiustato in modo da ottenere per tutte le paste, con cenere o meno, lo stesso valore di sonda (cioè la stessa lavorabilità), fissato per norma a  $6 \pm 1$ , conseguito pertanto con richieste d'acqua diverse secondo la cenere utilizzata.

L'analisi dei risultati evidenzia che l'utilizzo delle ceneri non comporta sensibili variazioni della richiesta

d'acqua quando questa viene valutata rispetto al legante (cemento+cenere), ad eccezione delle ceneri 1 e 3 per le quali si è riscontrato un considerevole aumento di tale richiesta. Ovviamente, quando la richiesta d'acqua viene riferita al solo cemento, la parziale sostituzione di quest'ultimo con cenere comporta, rispetto alla pasta di solo cemento, un aumento della richiesta d'acqua per tutte le ceneri, che diviene considerevole per le ceneri 1 e 3.

Le notevoli differenze  $\Delta t$  rilevate nei tempi di inizio presa nelle paste contenenti ceneri, che possono variare da accelerazioni superiori all'ora per la cenere 3 a rallentamenti dell'ordine dell'ora per le ceneri 1, 2 e 7, e fino a 8 volte superiore a quello di riferimento della pasta di solo cemento (cenere 6), sono invece verosimilmente riconducibili alla diversa tipologia di cenere usata. Quest'ultima condiziona allo stesso modo i tempi di fine presa, sia pure con lievi differenze nell'estensione dell'intervallo di presa.

### 2. CARATTERIZZAZIONE DELLE MALTE CONTENENTI LE CENERI

Successivamente allo studio dell'interazione delle ceneri in esame con il cemento in pasta, è stata effettuata la caratterizzazione delle malte contenenti tali ceneri, con particolare riferimento alla loro influenza sulla resistenza meccanica a compressione, in accordo alla UNI EN 196,1e

**TABELLA 1. TEMPI DI INIZIO E FINE PRESA DI TUTTE LE PASTE CONFEZIONATE CON CEM II/A-L 32.5 R**

TIPO DI CENERE	TEMPO DI PRESA		T (°C)	RICHIESTA D'ACQUA (%)		$\Delta t$ (min)	
	inizio	fine		sul cemento	sul legante	inizio	fine
<b>RIF.</b>	145	250	22.1	30.8	30.8	---	---
<b>1</b>	200	280	22.1	46.8	37.4	+55	+30
<b>2</b>	230	290	23.5	39.3	31.4	+85	+40
<b>3</b>	45	225	23.0	48.3	38.6	-100	-25
<b>4</b>	160	205	22.8	37.5	30.0	+15	-45
<b>6</b>	1095	1860	22.6	37.5	30.0	+950	+1610
<b>7</b>	195	280	22.7	36.0	28.8	+50	+30
<b>8</b>	140	205	22.6	39.0	31.2	-5	-45

**TABELLA 2. RISULTATI OTTENUTI SU MALTA SOSTITUENDO 20% DI CEM II/A-L 32.5 R CON CENERE DA BIOMASSA ED UN RAPPORTO ACQUA/(CEMENTO+CENERE) PARI A 0.5 IN ASSENZA DI ADDITIVO SUPERFLUIDIFICANTE**

TIPO DI MALTA	SLUMP FLOW (cm)	RAPPORTO a/(cem+ash)	RAPPORTO s/(cem+ash)	ADDITIVO (% sul cem)	RES. A COMPR. (MPa)		
					2 gg	7gg	28 gg
bianca	53	0.500	3.0	0	18.85	36.80	44.90
ash 1	25	0.500	3.0	0	15.80	35.50	49.30
ash 2	32	0.500	3.0	0	12.80	24.30	29.20
ash 3	30	0.500	3.0	0	9.80	19.40	24.00
ash 4	35	0.500	3.0	0	8.90	18.30	24.50
ash 6	30	0.500	3.0	0	9.60	21.10	26.60
ash 7	52	0.500	3.0	0	11.70	21.70	28.70
ash 8	30	0.500	3.0	0	12.60	23.00	28.20

sulla lavorabilità della malta, misurata in termini di spandimento (slump flow) alla tavola a scosse.

Con lo stesso tipo di cemento CEM II/A-L 32,5 R sono state realizzate diverse tipologie di provini sostituendo sempre il 20% di cemento con la cenere, variando il rapporto acqua/(cemento+cenere) [a/(cem+ash) nelle tabelle che seguono] in base alla lavorabilità ed utilizzando o meno un additivo superfluidificante a base acrilica. Si è indicata sempre con il termine “bianca” la malta di solo cemento, mentre con il termine “ash” si sono indicate le malte contenenti cenere caratterizzandole con il numero indicativo della cenere impiegata. La malta di riferimento è sempre stata nuovamente confezionata per ogni tipologia di provini, per tener conto di eventuali piccole variazioni della natura e delle proprietà degli ingredienti utilizzati, che in effetti possono giustificare le lievi variazioni di prestazioni della malta di riferimento riscontrabili nelle tabelle di risultati nel seguito riportate.

Nella Tabella 2 sono mostrati i risultati ottenuti con un rapporto acqua/(cemento+cenere) costante e pari a 0,5 in assenza di additivo superfluidificante. La sostituzione di 20% del cemento con cenere ha comportato in genere un abbattimento tanto dello spandimento quanto della resistenza a compressione; tuttavia, la malta realizzata con la cenere 7 ha mostrato la stessa lavorabilità di quella di riferimento con una resistenza a compressione del 60% circa e la malta realizzata con la cenere 1 ha fornito un valore di resistenza a 28 giorni pari al 110% di quello della malta di riferimento con una perdita di lavorabilità di oltre il 50%.

Nella Tabella 3 sono mostrati i risultati ottenuti sulle stesse malte della precedente Tabella 2 variando il rapporto acqua/(cemento+cenere) in base all’acqua richiesta per ottenere

all’incirca lo stesso valore di spandimento della malta di riferimento. Ovviamente, l’incremento del rapporto acqua/(cemento+cenere) produce un generale abbassamento dei valori di resistenza a compressione, ad eccezione della malta contenente la cenere 1, che mostra a 28 giorni un valore pari al 92% di quello della malta di riferimento, possibile indice di una potenziale attività

pozzolanica di questa cenere.

Successivamente, è stata sviluppata una terza tipologia di malte, aggiungendo un ulteriore 20% di cenere in modo da ottenere un rapporto sabbia/(cemento+cenere) [s/(cem+ash) in tabella] pari a 2,5, variando sempre il rapporto acqua/(cemento+cenere) in base all’acqua richiesta per ottenere all’incirca lo stesso valore di spandimento della malta di riferimento. I risultati ottenuti in tale caso sono riportati in Tabella 4: a fronte di un effetto generalmente fluidificante dell’ulteriore aggiunta di cenere, che consente una riduzione del rapporto acqua/(cemento+cenere), si ottengono risultati di resistenza meccanica a compressione contraddittori e con sviluppo differenziato nel tempo. Infatti, mentre per la cenere 1 si registra un coerente incremento di prestazioni meccaniche a tutte le stagionature, questo miglioramento è meno evidente per la cenere 2 ed interessa solo la fase iniziale per la cenere 3. Per tutte le altre ceneri si ottiene un generale decadimento di prestazione meccanica soprattutto dopo 28 giorni di stagionatura ed, inoltre, in accordo al tempo di inizio presa riportato in Tabella 1 per la cenere 6, si osserva un eclatante rallentamento della presa per questa cenere, la cui malta non è stato possibile scasserare neanche dopo due giorni dal confezionamento.

Nell’ultima tipologia di malte esaminata, con riferimento alla precedente tipologia, il quantitativo d’acqua richiesto per ottenere pari spandimento rispetto alla malta di riferimento

**TABELLA 3. RISULTATI OTTENUTI SU MALTA SOSTITUENDO 20% DI CEM II/A-L 32.5 R CON CENERE DA BIOMASSA ED UN RAPPORTO ACQUA/(CEMENTO+CENERE) VARIABILE PER CONSEGUIRE CIRCA LA STESSA LAVORABILITA' IN ASSENZA DI ADDITIVO SUPERFLUIDIFICANTE**

TIPO DI MALTA	SLUMP FLOW (cm)	RAPPORTO a/(cem+ash)	RAPPORTO s/(cem+ash)	ADDITIVO (% sul cem)	RES. A COMPR. (MPa)		
					2 gg	7gg	28 gg
bianca	53	0.500	3.0	0	18.85	36.80	44.90
ash 1	55	0.547	3.0	0	12.00	29.40	41.40
ash 2	54	0.560	3.0	0	8.90	20.60	26.90
ash 3	57	0.567	3.0	0	7.70	17.60	22.90
ash 4	50	0.509	3.0	0	7.90	20.60	24.60
ash 6	54	0.533	3.0	0	6.30	24.60	30.00
ash 7	52	0.500	3.0	0	11.70	21.70	28.70
ash 8	53	0.544	3.0	0	9.60	22.10	26.20

**TABELLA 4. RISULTATI OTTENUTI SU MALTA SOSTITUENDO 20% DI CEM II/A-L 32.5 R CON CENERE DA BIOMASSA ED AGGIUNGENDO UN ULTERIORE 20% DI CENERE, UN RAPPORTO ACQUA/(CEMENTO+CENERE) VARIABILE PER CONSEGUIRE CIRCA LA STESSA LAVORABILITA' IN ASSENZA DI ADDITIVO SUPERFLUIDIFICANTE**

TIPO DI MALTA	SLUMP FLOW (cm)	RAPPORTO a/(cem+ash)	RAPPORTO s/(cem+ash)	ADDITIVO (% sul cem)	RES. A COMPR. (MPa)		
					2 gg	7gg	28 gg
bianca	55	0.500	3.0	0	23.40	38.20	49.20
ash 1	60	0.519	2.5	0	15.00	31.20	46.00
ash 2	55	0.519	2.5	0	10.50	18.90	28.30
ash 3	53	0.491	2.5	0	11.60	17.50	22.80
ash 4	51	0.472	2.5	0	7.70	13.40	18.80
ash 6	60	0.454	2.5	0	0.00	13.00	22.20
ash 7	55	0.509	2.5	0	8.40	16.50	21.40
ash 8	57	0.500	2.5	0	10.80	26.20	22.50

**TABELLA 5. RISULTATI OTTENUTI SU MALTA SOSTITUENDO 20% DI CEM II/A-L 32.5 R CON CENERE DA BIOMASSA ED AGGIUNGENDO UN ULTERIORE 20% DI CENERE, CON RAPPORTO ACQUA/(CEMENTO+CENERE) VARIABILE PER CONSEGUIRE CIRCA LA STESSA LAVORABILITA' IN PRESENZA DI ADDITIVO SUPERFLUIDIFICANTE**

TIPO DI MALTA	SLUMP FLOW (cm)	RAPPORTO a/(cem+ash)	RAPPORTO s/(cem+ash)	ADDITIVO (% sul cem)	RES. A COMPR. (MPa)		
					2 gg	7gg	28 gg
bianca	55	0.500	3.0	0.00	27.70	41.30	51.90
ash 1	55	0.417	2.5	0.75	27.90	44.90	54.90
ash 2	61	0.444	2.5	1.20	15.20	23.10	32.40
ash 3	51	0.456	2.5	1.20	14.60	19.40	20.60
ash 4	54	0.417	2.5	0.70	9.90	14.30	18.50
ash 6	54	0.417	2.5	0.45	0.00	16.30	23.90
ash 7	55	0.446	2.5	1.20	18.40	22.70	27.70
ash 8	55	0.417	2.5	1.10	18.00	23.70	27.90

è stato corretto per tener conto dell'iniziale aggiunta di un additivo superfluidificante; tuttavia, quando il livello di lavorabilità richiesto non veniva conseguito con un dosaggio di additivo pari all'1,2% in peso del cemento (massimo quantitativo consentito al fine di ottenere malte stabili), si procedeva ad aumentare il quantitativo d'acqua secondo necessità. I risultati ottenuti in quest'ultimo caso sono riportati nella Tabella 5 e mostrano come, a pari lavorabilità, l'impiego dell'additivo abbia, ovviamente, abbassato la richiesta d'acqua e, conseguentemente, il rapporto acqua/(cemento+ceneri). Ne è derivato un generale miglioramento della resistenza meccanica a compressione, tranne che per le ceneri 3, 4 e 6, e per quest'ultima si è ancora manifestato l'eccezionale ritardo iniziale di presa e indurimento.

### 3. CONCLUSIONI

Le malte confezionate con l'aggiunta di cenere mostrano valori di resistenza a compressione riconducibili a due diverse classi. Infatti, la malta confezionata con la cenere 1 fornisce in qualsiasi caso valori di resistenza meccanica a compressione a 28 giorni simili e talora perfino superiori a quelli della malta di riferimento, nonostante un iniziale ritardo nello sviluppo di resistenza. Tutte le altre malte forniscono valori di resistenza a compressione tra loro comparabili e quantificabili tra il 50% ed il 70% del valore della malta di riferimento.

La richiesta d'acqua da parte delle malte con cenere, necessaria a fornire valori di spandimento simili a quelli della malta di riferimento, risulta generalmente aumentata di una quantità compresa tra il 4% ed il 7%.

L'impiego di un additivo superfluidificante permette in generale di abbassare il dosaggio d'acqua a pari lavorabilità, sì da avere valori maggiori di resistenza.

Come era prevedibile in base ai tempi di presa rilevati sulla pasta di cemento confezionata con la cenere 6, le malte contenenti tale cenere hanno mostrato un eccezionale ritardo nella presa fino ad oltre 2 giorni dal confezionamento.

Infine, va rilevato il fatto che tutti i provini realizzati con malte contenenti la cenere 4 hanno mostrato un evidente rigonfiamento (effetto "plumcake"), probabilmente imputabile all'origine della cenere dalla combustione di materiale denominato "misto" senza ulteriori specificazioni, che può aver indotto la presenza di sostanze capaci di generare sviluppo di gas, come già riportato in letteratura [2, 3].

### BIBLIOGRAFIA

- [1] G. Sforza, G. Moriconi, O. Favoni, "L'utilizzo di ceneri da biomassa per uno sviluppo sostenibile del calcestruzzo - Parte I - Caratterizzazione delle ceneri", Enco Journal, Anno X (31), 11-15, 2005.
- [2] L. Bertolini, M. Carsana, D. Cassago, M. Collepari, A. Quadrio Curzio, "Uso delle ceneri pesanti da RSU come aggiunte minerali", Enco Journal, Anno IX (26), 32-35, 2004.
- [3] L. Bertolini, M. Carsana, D. Cassago, M. Collepari, A. Quadrio Curzio, "Ashes of municipal solid wastes from incineration plants as mineral addition in concrete mixtures", Proceedings of the Two-day International Seminar on "Sustainable Development in Cement and Concrete Industries", Politecnico di Milano, Milan, Italy, October, 17-18, 2003.

# INTONACO & AMIANTO



Andrea Borzi, Monica Borgato  
ABstudioarchitettura - project@abstudioarchitettura.com



Attualmente si stima che in Italia ci siano oltre un miliardo e mezzo di metri quadrati di coperture in cemento-amianto; a questo si aggiungano tutti i manufatti che lo contengono in forma fioccata o in matrice cementizia.

La sua silenziosa presenza sul nostro territorio ha finito ormai per farcelo accettare con passiva rassegnazione, quasi che la sua notevole diffusione ne avesse annullato la pericolosità. Malgrado la legge ne vieti l'estrazione e l'immissione sul mercato da circa 15 anni, il problema amianto sembra ineluttabilmente lontano dalla soluzione poiché la sua diffusione sul territorio è ancora notevolmente elevata.

Con questo intervento non intendiamo dare gli ormai scontati consigli per lo smontaggio e smaltimento delle coperture in eternit, né tantomeno arricchire la già folta letteratura sulle note ripercussioni sulla salute o sui metodi di bonifica, argomenti già abbondantemente trattati ed esauriti da altri; il nostro scopo è quello di evidenziare un modo inedito in cui questo subdolo nemico è stato usato come ingrediente in materiali edili fino a qualche decennio fa; ci riferiamo all'impiego delle fibre nella preparazione degli intonaci ad utilizzo civile, in particolare come matrice della finitura superficiale che normalmente ricopre e protegge gli edifici che noi abitiamo.

L'inaspettato ritrovamento di consistenti quantità di amianto crisotilo sulle facciate di un condominio nel popoloso centro di Mestre (Ve) durante le normali operazioni di tinteggiatura a noi commissionate impone che questo sporadico ma significativo caso sia preso in considerazione come monito per tutti gli addetti ai lavori che inconsapevolmente potrebbero averlo già maneggiato in

altre occasioni.

Infatti in passato il crisotilo, viste le sue notevoli caratteristiche di resistenza ed isolamento al calore, veniva usato in speciali intonaci antincendio o ad alto potere coibentante (in locali tecnici, fonderie, forni o attività produttive che necessitavano di tali caratteristiche), oppure in locali che richiedevano particolari prestazioni di resistenza igroscopica o anticondensa (soffitti di piscine, cucine industriali o stierie, ecc.); appare però curioso che un normale intonaco civile di un palazzo per appartamenti, pur non avendo le necessità tecniche di cui sopra, sia stato arricchito da percentuali di fibra che in alcuni punti superava il 50%.

Inoltre le analisi hanno evidenziato la sua presenza inspiegabilmente solo su due facciate. Anche il trascurabile spessore di questo rivestimento escludeva ogni possibilità di utilizzo a scopo di coibentazione

termo-acustica, notoriamente affidata a materiali estrusi o espansi, che normalmente si presentano sotto forma di materassini, piuttosto che di sottili pellicole corticali come nel caso in oggetto.

Resta da pensare che la presenza di consistenti quantità di fibre nell'impasto di finitura di questo intonaco fosse dovuta alla semplice immissione di inerte avanzato da chissà quale altra lavorazione, nel qual caso non avrebbe alcuno scopo preciso, oppure a particolari caratteristiche meccaniche o elastiche all'epoca attribuite all'asbesto; in questo caso si porrebbe un pesante dubbio da chiarire:

Quanti altri edifici potrebbero presentare lo stesso problema in Italia?

E quanti sono già stati consapevolmente o inconsape-



Fig. 1 - L'intonaco contenente amianto fotografato da circa un metro di distanza.



**Fig. 2 - Un operatore ARPAV durante la fase di prelievo di campioni per analisi.**

volmente “bonificati” da normali imprese edili, chiaramente non autorizzate al trattamento dell’amianto, con in-calcolabili danni all’ambiente ed alla salute di tutti noi?

In tal senso lo S.P.I.S.A.L. territorialmente competen-te, che ha fornito tutto il suo appoggio durante questa sin-golare avventura, sta già affrontando l’argomento cercan-do altri edifici che possano presentare lo stesso problema. Inoltre, da quest’anno, il Comune di Venezia, nell’ambito dei contributi per la legge speciale, contempla anche le richieste per bonifiche amianto (Fig. 3).

Sta di fatto che la sospensione delle lavorazioni nel cantiere in oggetto, necessaria affinché le autorità ambien-

tali eseguissero accurati prelievi ed analisi, è perdurata per mesi, costringendo gli abitanti del palazzo in quaran-tena e ponendo tutti davanti ad un problema inizialmente mai sospettato; la bonifica, resa necessaria dalla friabilità dell’impasto che rendeva le fibre particolarmente volatili, ha comportato ovviamente un aumento di tempi e costi nemmeno immaginabili all’inizio dei lavori, che origina-riamente prevedevano solo la tinteggiatura dello stabile.

Comunque sia, il sospetto che questo singolare ritrova-mento sia solo la punta dell’iceberg resta più che mai, con-siderando la disinformazione ed il disinteresse che spesso accompagna questi argomenti. La legge 257/92 (art. 12), il D.M. 6/9/94 (punto 4) ed il D.G.R.V. 5455/1996 (par. 2.1) che impongono ai gestori di immobili pubblici di commissionare ad imprese specializzate la compilazione del “censimento amianto”, ossia di un’analisi dell’edifi-cio con rilascio di un documento di “assenza di amianto” o eventualmente di “avvenuta bonifica o confinamento”, sono rimasti pressochè disattesi.

Questo preoccupante episodio, di cui si è interessata anche la stampa locale e nazionale (Fig. 4, 5 e 6), inse-gna che la propria personale esperienza e “l’occhio” non sono più sufficienti. Infatti, la presenza dell’amianto nel-l’intonaco non è valutabile ad occhio nudo, ma solo con l’ausilio di appositi campionamenti. Si noti infatti in Fig. 1 come ad una normale ispezione visiva l’intonaco conte-nente fibre di amianto sia assolutamente ed insospettibil-mente simile ad un qualsiasi altro rivestimento corticale, e non presenta alcuna caratteristica cromatica, visiva o tattile particolare che possa smascherare il problema in modo indiscutibile; inoltre non giova sapere che tutti gli edifici privati sono tuttora destinati a sfuggire al controllo, in quanto non contemplati dalla legge in oggetto. Si im-pone quindi la necessità di consigliare ad impresari e pro-fessionisti di non sottovalutare il rischio e di valutare con cautela ogni materiale da lavorare o demolire ed esigendo sempre valide assicurazioni da parte della committenza, anche privata. Non sono rari i casi, infatti, in cui la com-



**Fig. 3 - Da poco il Comune di Venezia ha inserito nel programma di finanziamenti per la legge speciale anche le bonifiche amianto.**



Fig. 4 - Anche la stampa locale e nazionale si è interessata allo strano caso.



Fig. 5 - L'odissea di tutti i condomini è durata parecchi mesi.



Fig. 6 - Non si sa con precisione che estensione possa avere il fenomeno.

mittenza si ritrova assolutamente impreparata e si scopre a convivere in assoluta buona fede da decenni con l'amianto senza esserne nemmeno consapevole, né tantomeno rari sono i casi in cui la committenza, consapevole della presenza dell'asbesto, ma anche degli alti costi per lo smaltimento, induce imprese e professionisti ad effettuare improbabili bonifiche "fai-da-te", mettendo seriamente in pericolo salute degli addetti, ambiente e, non ultima, la fedina penale di tutti i soggetti coinvolti.

Il nostro personale impegno è quello di raccomandare a tutti i colleghi la massima attenzione all'atto del conferimento dell'incarico affinché il committente sia consapevole delle responsabilità a cui va incontro e, nel caso di edificio di carattere pubblico, abbia ottemperato all'obbligo di legge di cui sopra. Nel dubbio, pur senza inutili allarmismi, consigliamo di insistere affinché siano commissionati dei prelievi ad imprese abilitate, al fine di studiare serenamente uno schema di intervento che risolva il problema senza spese eccessive; a tal proposito ricordiamo che non sempre la soluzione consiste nella costosa eliminazione a totale smaltimento; a volte ci sono anche possibilità di trattamento e/o confinamento del materiale che lo rendono praticamente innocuo, a patto di monitorarlo poi con particolari cadenze definite dagli enti preposti (ULSS, ARPAV, ecc.). Nel caso dell'intonaco in questione, ad esempio, la friabilità dell'impasto esigeva senz'altro un intervento rapido e risolutivo, in quanto l'intonaco, per sua natura di superficie "di sacrificio" non può di sicuro durare in eterno senza sgretolarsi e rilasciare le famigerate fibre. Tuttavia, nel caso in oggetto, la bonifica integrale non è stata imposta dalle autorità, bensì scelta consapevolmente dal condominio stesso, come alternativa al confinamento (cappotto esterno), che avrebbe "ricoperto" il pericoloso intonaco rendendolo innocuo. Come si vede, quindi, il problema può anche essere risolto tenendo sotto controllo i costi, ma solo a patto di affrontarlo a priori con serenità e competenza.

Pubblichiamo la casella E-mail del nostro studio invitando chiunque desideri ricevere maggiori dettagli a contattarci; come si vede malgrado sull'argomento si sia detto e scritto molto, purtroppo c'è ancora molto da scoprire.

Arch. Andrea Borzi e Arch. Monica Borgato  
Project@abstudioarchitettura.com



Cresciamo con voi.

Le vostre esigenze guidano il nostro lavoro.  
Per questo siamo tra i leader nel mercato del cemento e del calcestruzzo.  
E continuiamo a crescere insieme.

GRUPPO FINANCO

  
[www.colacem.it](http://www.colacem.it)

  
[www.colabeton.it](http://www.colabeton.it)



# RAPI-tec<sup>®</sup>

Faster, Stronger, Durable, No Shrinkage

RAPI-tec<sup>®</sup> aeroslab (calcestruzzi)

RAPI-tec<sup>®</sup> pva/pav (malte)

RAPI-tec<sup>®</sup> self injection (boiacche)

*Per l'agibilità strutturale o di traffico dopo  
2÷3 ore dalla applicazione (~30 MPa)*

**TECNOCHEM<sup>®</sup>** **TECNO ECO<sup>®</sup>**  
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

technology

