2007
Trimestrale
Anno XII
Numero 38

ENCO JOURNAL

PERIODICO SULLA TECNOLOGIA DEI MATERIALI DA COSTRUZIONE

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

LEGNO, FERRO E CALCESTRUZZO

MASSETTO MONOSTRATO AUTOLIVELLANTE PRONTO PER LA POSA DEL PAVIMENTO

A.D.: Holbein e Partners - Tv

massetto isolante

TERMO-ACUSTICO

FONOPRONTO®

AGGREGATO RICICLATO 100% CONFORME UNI 10667-14

FONOPRONTO è un massetto autolivellante leggero isolante termico e acustico. Grazie all'aggregato polimerico riciclato al 100% con cui viene confezionato, permette di realizzare in una sola applicazione il massetto di supporto della pavimentazione assicurando un ottimo isolamento termo-acustico. I vantaggi dell'autolivellamento e della lavorazione monostrato permettono di dimezzare i tempi di posa con conseguente risparmio di risorse e costi. L'aggregato plastico utilizzato è conforme alle specifiche della norma **UNI 10667-14 ed è protetto da brevetto europeo.** La metodologia di posa coniuga la massima celerità nell'applicazione al minimo ingombro, permettendo l'ottimizzazione degli spazi e la massima pulizia in cantiere.

FONOPRONTO è ideale per la realizzazione di massetti autolivellanti con spessore fino a 12 cm. Grazie alla natura scaglioso - fibrosa dell'aggregato plastico con cui viene confezionato FONOPRONTO rende minimo il rischio di formazione di cavillature o fessure e permette di incrementare l'isolamento termico e del rumore dovuto al calpestio sul solaio.

S.C. TRADE srl - Via Dell'Industria, 4 - Località Casumaro - 44041 Cento (FE)
Tel. +39 051 6849962 - Fax +39 051 6846845 - info@sctrade.net - www.sctrade.net

S.C.TRADE®
Soluzioni Tecnologiche per Costruire

l'impronta dello stile

MANINI
PREFABBRICATI

Sede Generale:
S. Maria degli Angeli - ASSISI / PG
Tel. 075-8041018 - Fax 075-8040447
e-mail: com@manini.it
http: www.manini.it

Centri produttivi:
BASTIA UMBRA / PG
APRILIA / LT
PERUGIA

SOMAGLIA / LO

MC-MANINI PREFABBRICATI

progetto grafico e illustrazione MARINI

CORSI DI FORMAZIONE 2007

TECNOLOGIA DEL CALCESTRUZZO IN CONFORMITÁ ALLE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI

Ponzano Veneto, 15-16 Ottobre 2007

PROGRAMMA DEL CORSO

- Cementi. Inerti. Additivi chimici ed aggiunte minerali.
- Calcestruzzo fresco: *lavorabilità, perdita di lavorabilità, bleeding e segregazione.*
- Calcestruzzo indurito: *resistenza caratteristica, durabilità, ritiro, deformazione viscosa.*
- Messa in opera e stagionatura del calcestruzzo.
- Influenza della temperatura sulle proprietà del calcestruzzo: *getti in climi freddi e caldi.*
- Maturazione a vapore.
- Prescrizioni di capitolato in accordo alle norme Tecniche per le Costruzioni.

Docenti: Prof. M. Collepardi, Ing. S. Collepardi, Geol. E. N. Croce, Ing. R. Troli
Materiale Didattico: Libro "**IL NUOVO CALCESTRUZZO**", copia delle norme inerenti il calcestruzzo
Orario: Dalle ore 10.30 del 15 Ottobre alle ore 16.30 del 16 Ottobre
Costo: **€ 300,00** + IVA - sconto del 5% per ogni iscritto in più della stessa azienda

CONTROLLO DEL PROCESSO PRODUTTIVO DEL CALCESTRUZZO PRECONFEZIONATO

Ponzano Veneto, 17-19 Ottobre 2007

PROGRAMMA DEL CORSO

- Il processo produttivo del calcestruzzo preconfezionato: *dal mescolamento alla messa in opera.*
- Depositi dei componenti: *tramogge, sili e cisterne.*
- Dosatori per le materie prime: *cementi, cenere volane, inerti, additivi.*
- Impianto di produzione.
- La preparazione del Manuale di Controllo del Processo Produttivo in accordo con le Linee Guida sulle "famiglie" di Calcestruzzo Preconfezionato.
- Software per il mix design finalizzato ai tecnologi del calcestruzzo preconfezionato: *dalle caratteristiche del calcestruzzo fresco ed indurito alla elaborazione delle ricette.*
- Software per i responsabili della produzione: *controllo della umidità degli inerti e correzione delle pesate; vagliatura degli inerti e loro combinazione.*
- Software per i venditori: *prescrizione del calcestruzzo in accordo alla norma UNI 11104.*

Docenti: Prof. M. Collepardi, Ing. S. Collepardi, Geol. E. N. Croce, Ing. R. Troli
Materiale Didattico: Libro "**MANUALE DEL MIX DESIGN**"; Libro "**MANUALE DEL PROCESSO PRODUTTIVO**"; e tre software: **CMD** per il tecnologo del calcestruzzo, **Process** per l'operatore addetto all'impianto, ed **Easy&Quick** per il venditore
Orario: Dalle ore 10.30 del 17 Ottobre alle ore 16.30 del 19 Ottobre
Costo: **€ 750,00** + IVA (inclusivo dei tre software) - **€ 350,00** + IVA (senza i software)
- sconto del 5% per ogni iscritto in più della stessa azienda

ENCO
Laboratorio per prove e ricerche sui materiali da costruzione

ENCO JOURNAL

ENCO
Società di Ricerca Software House

PERIODICO SULLA TECNOLOGIA DEI MATERIALI DA COSTRUZIONE
Trimestrale - Anno XII - Numero 38
Direttore Mario Collepardi

LEGNO, FERRO E CALCESTRUZZO

Legno, Ferro e Calcestruzzo sono tre materiali impiegati da più millenni dall'uomo per costruzione di edifici ed infrastrutture. Generalmente a questi materiali si associa il concetto che si tratti di materiali "maturi" nel senso che non presentano più significativi miglioramenti o innovazioni. Si tratta, invece, di materiali sempre "giovani" grazie ai continui progressi dovuti alle ricerche ed agli sviluppi su questi prodotti.

Per il materiale ligneo si possono menzionare le evoluzioni in forma di elementi compositi quali il legno lamellare, il legno rinforzato con lamine in acciaio, ed il legno lavorato per essere impiegato nelle casseforme per le opere in c.a. come è mostrato nella foto di copertina di questo numero.

Per il ferro si passa dalla cementazione dovuta alla inclusione del carbonio nella lega metallica scoperta nel secolo XVIII a quella più recente degli acciai inossidabili e zincati per produrre leghe metalliche più durabili.

Gli straordinari progressi nel settore del calcestruzzo sono basati sulla scoperta di nuovi ingredienti supplementari e complementari al cemento, quali gli additivi superfluidificanti, il fumo di silice, gli aggregati leggeri, e le fibre metalliche o polimeriche.

In questo numero Enco Journal ospita un bellissimo articolo di Maurizio Piazza dell'Università di Trento sulla sperimentazione, partita dai primissimi anni '80, riguardante le strutture lignee per solai in legno o calcestruzzo. Di legno si parla anche dell'articolo di Emanuela Croce ed altri sulla diagnosi mirata al consolidamento del famoso Hotel Danieli di Venezia dove il legno è stato impiegato in combinazione con le murature in mattoni o più recentemente con strutture in calcestruzzo.

In questo numero Romeo Fratesi della Università Politecnica delle Marche ci aggiorna sui progressi realizzati nel campo delle armature zincate per costruire opere in cemento armato più durabili. Di acciaio si parla anche nell'articolo di Loris Bianco, responsabile della ricerca ed ambiente delle Ferriere Nord, per descrivere come produrre acciaio al forno elettrico riducendo a zero le scorie del processo.

Di calcestruzzo, infine, si parla nell'articolo di Silvia Collepardi ed altri dedicato alle contestazioni su questo materiale che spesso sfocia nei Tribunali al punto che ormai si parla di una nuova disciplina dedicata al *calcestruzzo forense*.

Mario Collepardi

In copertina: Restauro strutturale delle pile in c.a. di un ponte autostradale

SOMMARIO

CALCESTRUZZO FORENSE: ACCADE IN TRIBUNALE
di S.Collepardi, R. Troli e M. Collepardi (pag. 7)

INTERVENTI DI RESTAURO SU STRUTTURE LIGNEE.
Parte I - Sperimentazione e Progettazione
di M. Piazza (pag. 11)

HOTEL DANIELI (VENEZIA): UN'ESPERIENZA DIAGNOSTICA COMPLESSA
di E. Croce, G. Fazio, W. Parente e F. Simonelli (pag. 17)

Le Aziende Informano
IL SISTEMA PENETRON
di E. Gastaldo Brac (pag. 20)

ARMATURE ZINCATE PER CALCESTRUZZO: NOTIZIE, RICERCA E MERCATO
di R. Fratesi (pag. 22)

ZERO WASTE
ESPERIENZA DI UN'ACCIAIERIA ELETTRICA - Parte I
di L. Bianco (pag. 28)

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

Direttore Responsabile
MARIO COLLEPARDI

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

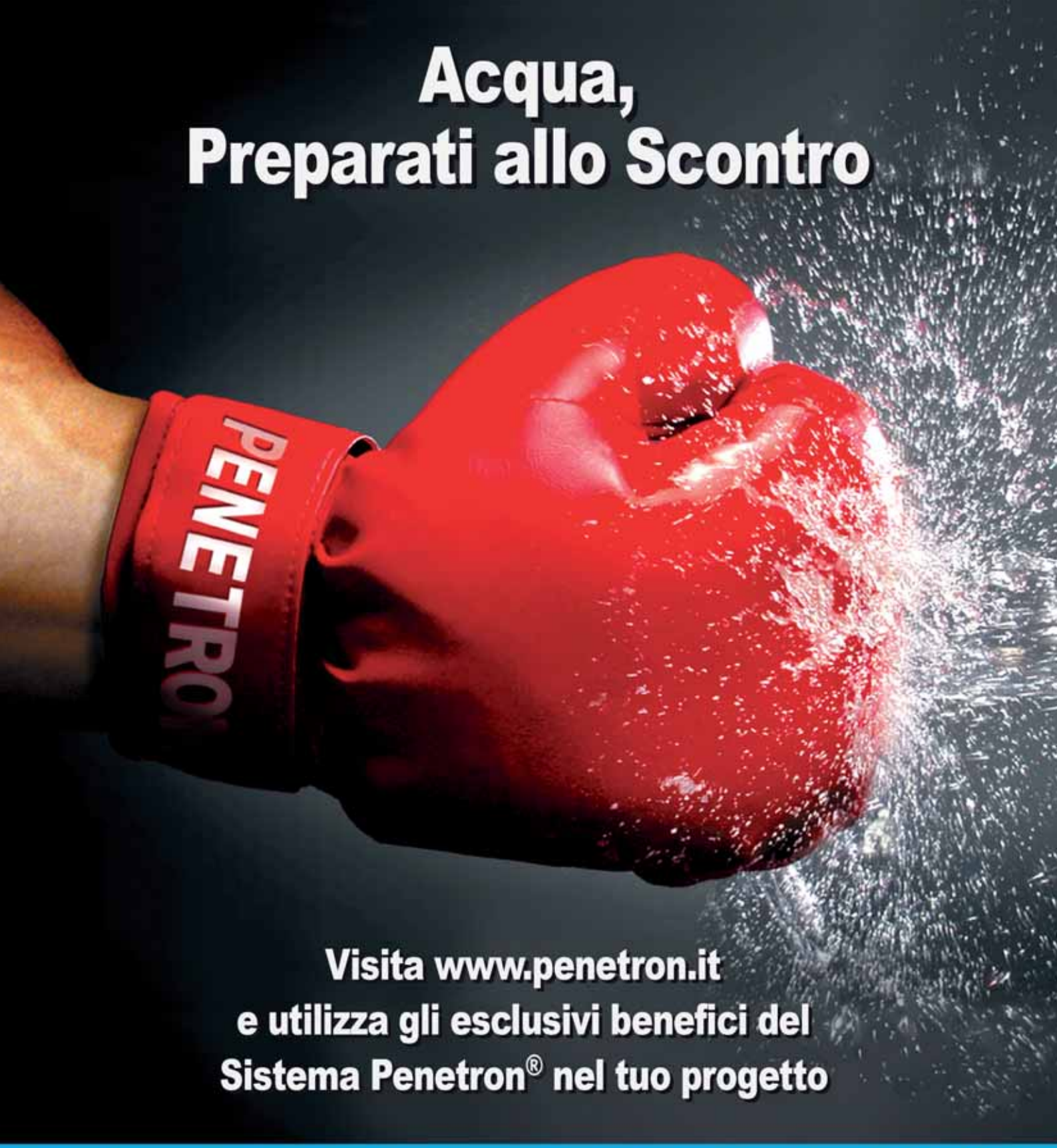
EDITORE
FOCUS
Ponzano V.to (TV) - Via delle Industrie, 18/20
Tel. 0422.963771 - Fax 0422.963237
info@encosrl.it

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.990 26/01/1996 - Iscrizione al RNS n. 06461

Acqua,
Preparati allo Scontro



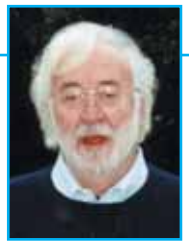
Visita www.penetron.it
e utilizza gli esclusivi benefici del
Sistema Penetron® nel tuo progetto

PENETRON® ADMIX è un' esclusiva formulazione per l'impermeabilizzazione e la protezione del calcestruzzo. Aggiunto al "mix-design" in fase di confezionamento genera un processo di cristallizzazione che diventa parte integrante della struttura

DITRON s.r.l.

Distributore Esclusivo per l'Italia del "Sistema Penetron®"
Crs. Peschiera, 336/D – 10139 Torino Tel. 011 7740744 Fax. 011 7504341
sito web: www. penetron.it email: info@penetron.it

CALCESTRUZZO FORENSE: ACCADE IN TRIBUNALE



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

Si definisce calcestruzzo forense (*forensis concrete* in Inglese) quel calcestruzzo del quale si discute nei Tribunali in occasione di contestazioni legali nei confronti del produttore di calcestruzzo preconfezionato da parte del proprietario dell'opera, dell'impresa e/o del progettista.

Nel seguito si riportano alcuni esempi e si suggeriscono le procedure consistenti nella stesura di una "*conferma d'ordine*" (da sottoporre alla firma della proprietà, dell'impresa e/o del progettista) dopo aver acquisito l'ordine di fornitura.

Il calcestruzzo forense comprende i vari conglomerati oggetto di contestazioni che sfociano in Tribunale. Secondo la normativa vigente (LLGG ministeriali sul calcestruzzo preconfezionato richiamate dal DM del 14-09-05) per le strutture in c.a si possono impiegare e prescrivere soltanto:

- **calcestruzzo a prestazione garantita;**
- **calcestruzzo a composizione richiesta.**

Calcestruzzo a prestazione garantita. Per il calcestruzzo a prestazione garantita debbono essere indicati i seguenti requisiti:

- *classe di resistenza (es.: C25/30);*
- *classe di esposizione (es.:XC4);*
- *classe di consistenza (es.: S4);*
- D_{max} *in mm dell'inerte impiegato (es.: 25 mm).*

Calcestruzzo a composizione richiesta. Per il calcestruzzo a composizione richiesta debbono essere indicati tutti i seguenti dettagli composizionali:

- *dosaggio di cemento (in kg/m^3);*
- *tipo e classe di resistenza del cemento;*
- *diametro massimo degli inerti (in mm);*
- *composizione granulometrica dell'inerte;*
- *tipo e dosaggio di additivi e/o aggiunte;*
- *classe di consistenza o rapporto a/c.*

Val la pena di ricordare che per il calcestruzzo a composizione richiesta dall'impresa e/o dal progettista non esistono responsabilità del preconfezionatore sulle eventuali carenze di prestazione (es.: $\mathbf{R_{ck}}$).

Di seguito sono esaminati tre casi di calcestruzzi oggetto di contestazione legale che riguardano il cosiddetto calcestruzzo a dosaggio, il calcestruzzo senza specifica della classe di esposizione, ed il calcestruzzo con riaggiunta d'acqua sul cantiere.

A) Calcestruzzo a dosaggio. Con questo termine si intende un conglomerato cementizio per il quale l'acquirente (impresa o proprietà) definisce l'ordine e/o il progettista prescrive la composizione soltanto sulla base del dosaggio di cemento (es.: 300 kg/m^3) talvolta grezzamente sintetizzato in *calcestruzzo tre quintali*). Questo calcestruzzo non può essere impiegato in strutture in c.a. con $\mathbf{R_{ck}} \geq 15$ MPa (per le quali si possono impiegare solo calcestruzzi a prestazione garantita o a composizione richiesta), ma solo per opere non strutturali. Talvolta, però, l'impresa (o la proprietà o anche il progettista) chiedono una fornitura di *calcestruzzo a dosaggio* per un'opera che il preconfezionatore conosce (o non può non conoscere) formata da strutture in c.a.

In caso di contestazioni sul comportamento del *calcestruzzo a dosaggio*, in alcune sen-

tenze di Tribunale i giudici hanno attribuito al preconfezionatore la responsabilità per lo scadente comportamento di un *calcestruzzo a dosaggio* in opere per le quali il preconfezionatore stesso non poteva ignorare la destinazione a strutture in c.a.

In queste sentenze, secondo il giudice, di fronte ad una richiesta di *calcestruzzo a dosaggio*, il preconfezionatore avrebbe dovuto rinunciare alla fornitura trattandosi manifestamente di un calcestruzzo per strutture in c.a., oppure avrebbe dovuto spiegare al proprietario, all'impresa o al progettista di tramutare la richiesta di calcestruzzo a dosaggio in calcestruzzo a prestazione garantita (per esempio specificando almeno la $\mathbf{R_{ck}}$).

Conferma d'ordine. Come può il produttore di calcestruzzo garantirsi la fornitura senza correre il rischio di essere accusati di produrre materiale improprio in relazione alla tipologia dell'opera? Occorre trasformare la richiesta di *calcestruzzo a dosaggio in calcestruzzo a composizione richiesta*. Una volta acquisito l'ordine, il responsabile commerciale deve inoltrare (per email o posta) una conferma d'ordine nella quale si precisa che la composizione completa del *calcestruzzo a dosaggio* richiesto (per es.: 300 kg/m^3) sarà adottata, la seguente composizione:

- **cemento (CEM II/A 32.5 R) = 300 kg/m^3;**
- **sabbia = 800 kg/m^3;**
- **ghiaia = 1000 kg/m^3;**
- **D_{max} = 25 mm;**
- **a/c = 0.55**

Una volta ricevuta la conferma d'ordine per iscritto la fornitura diventa legalmente accettabile anche per strutture in c.a.. Val la pena di ricordare che la responsabilità del preconfezionatore sulle prestazioni (es.: $\mathbf{R_{ck}}$) del calcestruzzo a composizione richiesta ricade solo su chi ha richiesto la composizione.

B) Calcestruzzo senza specifica sulla durabilità. Per i *calcestruzzi a prestazione garantita* occorre che nella prescrizione del progettista, oppure nell'ordine dell'impresa o della proprietà, sia indicata anche l'ambiente (classe di esposizione) nel quale la struttura dovrà essere durabile per una vita utile di servizio di almeno 50 anni.

Purtroppo, nella prescrizione dei calcestruzzo a prestazione garantita, nonostante sia obbligatorio garantire la durabilità dell'opera (in accordo al paragrafo 11.2.11 delle **Norme Tecniche per le Costruzioni** emanate con DM del 9 Settembre 2005), spesso, accanto alla classe di resistenza ($\mathbf{R_{ck}}$) ed alla classe di consistenza (lavorabilità) non è indicata la classe di esposizione (durabilità).

In alcune sentenze di Tribunale, in casi di prematuro degrado della struttura in c.a., il giudice può attribuirne la responsabilità al preconfezionatore anche laddove nell'ordine di calcestruzzo a resistenza non era stata precisata la classe di esposizione ambientale. Secondo il giudice, infatti, in queste circostanze il preconfezionatore dovrebbe rinunciare alla fornitura di un calcestruzzo a prestazione non correttamente prescritto per la mancata indicazione della classe di esposizione in relazione all'ambiente in cui la struttura è eretta.

A titolo di esempio, si presenta un caso di una struttura in c.a. in ambiente esposto ai cicli di gelo-disgelo nella stagione invernale per il quale l'impresa aveva richiesto una $\mathbf{R_{ck}}$ di 30 MPa ed una classe di consistenza S3. Nel caso specifico il produttore di calcestruzzo aveva proposto di fornire un calcestruzzo durabile per quella zona in classe di esposizione **XF3**, per il quale oltre ad una $\mathbf{R_{ck}}$ di almeno 30 MPa, sarebbe stato necessario prevedere l'inglobamento di aria in forma di microbolle.

In un calcestruzzo durabile in ambiente esposto a cicli di gelo-disgelo, la normativa nazionale UNI 11104 prevede di adottare una $\mathbf{R_{ck}}$ di almeno 30 MPa, un rapporto a/c non superiore a 0,50 e un volume di aria in microbolle pari ad almeno 30 L/m^3. A parità di $\mathbf{R_{ck}}$ (30 MPa), il calcestruzzo durabile in classe di esposizione **XF3** richiede un maggior costo (più cemento) rispetto ad un generico calcestruzzo con $\mathbf{R_{ck}}$ di 30 MPa non esposto a rischi di degrado quale quello richiesto dall'impresa. Per questo motivo, nonostante le insistenze del preconfezionatore a fornire il calcestruzzo con $\mathbf{R_{ck}}$ di 30 MPa in classe di esposizione **XF3**, l'impresa optò per un generico calcestruzzo con $\mathbf{R_{ck}}$ di 30 MPa senza alcuna garanzia di durabilità.

A seguito di un inverno particolarmente rigido (nel 2005) la struttura in c.a., confezionata con il calcestruzzo richiesto e fornito, subì danni evidenti consistenti in de-laminazione del materiale attribuibile alla formazione di ghiaccio come è mostrato, per esempio nella foto della Fig.1.

Il giudice coinvolto in questa contestazione attribuì la responsabilità del danno al produttore di calcestruzzo che, conoscendo il rischio di degrado da

Fig. 1 – Esempio di delaminazione del calcestruzzo provocato da formazione di ghiaccio

cicli di gelo-disgelo esistente nell'area della costruzione, avrebbe dovuto rinunciare a fornire un calcestruzzo inadeguato all'ambiente di servizio.

Conferma d'ordine. Come poter prevenire questo tipo di contestazione? Il responsabile commerciale del fornitore di calcestruzzo, una volta acquisito l'ordine in base alla $\mathbf{R_{ck}}$ (30 MPa), ma privo di qualsiasi riferimento alla classe di esposizione, deve inviare al richiedente una conferma d'ordine nella quale, oltre ai dati previsti per il calcestruzzo richiesto a prestazione garantita, si precisa alla voce "classe di esposizione" il valore di **X0** (che significa in pratica ambiente senza rischio di degrado).

- **Classe di resistenza C25/30;**
- **Classe di esposizione X0;**
- **Classe di consistenza S3;**
- **D_{max} aggregato = 25 mm.**

C) Calcestruzzo con riaggiunta d'acqua sul cantiere. Si tratta di un problema che spesso si verifica nei rapporti tra preconfezionatore ed impresa. Come è noto la lavorabilità del calcestruzzo fresco consegnato all'impresa sul cantiere deve essere precisata in forma di classe di consistenza da S1 ad S5. Occorre precisare due aspetti:

a) maggiore è la classe di consistenza (passando da S1 ad S5), maggiore e il costo del cls a parità di tutti gli altri parametri ($\mathbf{R_{ck}}$, $\mathbf{D_{max}}$, ecc);

b) la scelta della classe di consistenza, variabile da quella S1 (terra umida) a quella S5 (superfluida) dipende dalla difficoltà del getto in funzione della densità dei ferri di armatura, dello spessore della sezione, della forma più meno semplice o irregolare della struttura.

Poiché il costo del cls aumenta con la classe di consistenza, l'impresa talvolta è "tentata" di richiedere un cls con una classe di consistenza relativamente bassa (tipicamente S2 o S3) in quanto più economico rispetto a cls con classi di consistenza fluida (S4) o superfluida (S5) o addirittura di tipo autocompattante (SCC).Di seguito sono esaminati due tipiche situazioni:

- riaggiunta d'acqua per la inadeguata classe di consistenza richiesta;
- riaggiunta d'acqua per prolungata attesa dell'autobetoniera sul cantiere prima del getto.

Riaggiunta d'acqua per la inadeguata classe di consistenza richiesta. Al momento del getto spesso il capocantiere si accorge della difficoltà di gettare e compattare un cls ordinato a consistenza plastica (S2) o semifluida (S3).

Il responsabile commerciale della fornitura di cls deve segnalare al direttore tecnico, o preferibilmente al tecnico addetto alla consegna (se esiste nell'organigramma aziendale), che occorre addestrare l'autista e/o il pompista su questa situazione che frequentemente si verifica sui cantieri: in caso di richiesta di aggiunta d'acqua per aumentare la lavorabilità del cls fresco, il capo cantiere dell'impresa deve firmare la bolla di consegna, o un documento ufficiale predisposto, nella quale si è registrato che la ri-aggiunta d'acqua è stata eseguita su richiesta dell'impresa.

E' ovvio che, laddove il prelievo del cls venga fatto prima dell'aggiunta di acqua, la $\mathbf{R_{ck}}$ di questo cls non rappresenta la $\mathbf{R_{ck}}$ del cls realmente messo in opera in quanto è più alto il rapporto a/c del secondo calcestruzzo rispetto al primo. Così pure è ovvio che, se il prelievo del calcestruzzo è eseguito sul cls al momento del getto dopo la ri-aggiunta d'acqua, la $\mathbf{R_{ck}}$ che verrà ottenuta su questo prelievo di cls sarà inferiore a quella del cls fornito in quanto si è aumentato il rapporto a/c.

Val la pena di sottolineare l'importanza della rac-

colta del documento di consegna del calcestruzzo nel quale si legga la eventuale ri-aggiunta d'acqua se eseguita su richiesta dell'impresa. In caso di contestazioni sulla qualità del calcestruzzo messo in opera e valutato mediante carotaggi diventa di fondamentale importanza la disponibilità di dati attestanti la ri-aggiunta d'acqua.

Riaggiunta d'acqua per prolungata attesa dell'autobetoniera sul cantiere prima del getto. Questo caso comporta una ri-aggiunta d'acqua sul cantiere anche se la classe di consistenza del cls richiesto e consegnato é superfluida (S5). Se, infatti, l'attesa dell'autobetoniera sul cantiere si protrae oltre certi limiti (diciamo 10 min), per la disorganizzazione dell'impresa che non è pronta al getto del cls, questo perde la iniziale lavorabilità e rischia di diventare inadeguato ad una completa compattazione del cls all'interno delle cassaforme.

Anche in questo caso il responsabile commerciale deve far predisporre un documento di consegna prestampato (nel quale l'autista e/o il pompista registrino l'ora di arrivo sul cantiere, l'ora dell'inizio e della fine del getto) da far firmare al responsabile dell'impresa sul cantiere al termine del getto.

La documentazione della ri-aggiunta d'acqua sul cantiere, per una prolungata sosta dell'autobetoniera provocata dalla disorganizzazione dell'impresa, libera il produttore di calcestruzzo dalla responsabilità di una carente $\mathbf{R_{ck}}$ misurata sui provini prelevati dopo la ri-aggiunta d'acqua. Se il calcestruzzo è prelevato prima della ri-aggiunta d'acqua la $\mathbf{R_{ck}}$ misurata rappresenta la prestazione del calcestruzzo consegnato ma non ovviamente quella del calcestruzzo messo in opera. Appare tuttavia difficile convincere l'impresa di prelevare il calcestruzzo prima e dopo la ri-aggiunta d'acqua al fine di dimostrare la riduzione di $\mathbf{R_{ck}}$; pertanto è preferibile limitarsi a far firmare il "Documento di consegna del calcestruzzo preconfezionato" in ottemperanza alla norma UNI EN 206-1 (paragrafo 7.3) nel quale siano registrati:

- il tempo di arrivo dell'autobetoniera sul cantiere;
- i tempi di inizio e di fine del getto del calcestruzzo;
- la richiesta di riaggiunta d'acqua da parte dell'impresa.

Conclusioni

In questo articolo, dedicato al calcestruzzo forense, sono state suggerite alcune misure di carattere formale atte a prevenire il coinvolgimento del fornitore di calcestruzzo in contestazioni legali.

Nel caso di contestazioni riguardanti il calcestruzzo a dosaggio o a prestazione senza precisazione della di classe di esposizione, il responsabile commerciale della fornitura di calcestruzzo, una volta acquisito l'ordine inviato per iscritto o per via orale, deve far firmare al richiedente una conferma d'ordine nella quale sono meglio precisate le caratteristiche di prestazione o di composizione richieste dall'impresa, dal progettista o dalla proprietà dell'opera.

Nel caso della riaggiunta d'acqua, per carente lavorabilità richiesta dall'impresa o per prolungata attesa dell'autobetoniera sul cantiere in attesa del getto di calcestruzzo, l'addetto alla consegna del calcestruzzo deve registrare su un documento predisposto, da far firmare all'impesa, la riaggiunta d'acqua richiesta, il tempo di arrivo sul cantiere, e quelli di inizio/fine del getto.

INTERVENTI DI RESTAURO SU STRUTTURE LIGNEE. PARTE I: SPERIMENTAZIONE E PROGETTAZIONE

Maurizio Piazza
Università degli Studi di Trento - maurizio.piazza@unitn.it

1. PREMESSA

Il recente documento UNI 11138 "Beni culturali. Manufatti lignei. Strutture portanti degli edifici. Criteri per la valutazione preventiva, la progettazione e l'esecuzione di interventi" [1], elaborato in sede di Commissione UNI-CNR Beni culturali – Normal (Gruppo di Lavoro 20 "Legno e derivati"), ha introdotto i principali criteri da seguire per la valutazione preventiva, l'elaborazione dei progetti e l'esecuzione (eventuale) di interventi volti alla conservazione, manutenzione, restauro di manufatti lignei costituenti elementi portanti di edifici di interesse culturale.

Il documento ha portato definitivamente all'attenzione dei Progettisti le problematiche legate al restauro dei manufatti lignei [2] che, molto spesso nel passato, sono stati oggetto di interventi non certo corretti o, al limite, sono stati sostituiti in toto magari con materiali affatto diversi. Tale documento è giunto a maturità dopo un certo periodo di sperimentazione oltre che di applicazione. La sperimentazione, in particolare, costituisce una base indispensabile per un preventivo controllo dell'efficacia degli interventi proposti e per una scelta corretta tra differenti tipologie di interventi che, spesso, devono mediare tra differenti e contrapposte esigenze.

In questo articolo, che è la Prima Parte di una ricerca sul restauro di costruzioni in legno, si riportano i casi delle strutture lignee dei solai, per le quali ampio spazio è stato dato alla ricerca soprattutto sperimentale a partire dai primissimi anni '80. Sono inoltre sinteticamente commentati i risultati di una ampia campagna di sperimentazione sul comportamento dei collegamenti tradizionali (unioni di carpenteria) nelle strutture lignee di copertura, campagna che ha messo in evidenza come molto spesso tali particolari costruttivi possono esibire comportamenti meccanici interessanti, soprattutto nei confronti di azioni eccezionali, pur con modestissimi interventi migliorativi.

La Seconda Parte della ricerca, che riguarda il consolidamento di capriate lignee, verrà pubblicato nel numero successivo di Enco Journal.

2. STRUTTURE DI LEGNO: INTERVENTI SUL COSTRUITO

È utile richiamare quanto definito nel recente D. L. n. 42 22/01/2004 "Codice dei beni culturali e del paesaggio" a proposito di restauro. In tale contesto, "… per restauro si intende l'intervento diretto sul manufatto volto a mantenerne l'integrità materiale e ad assicurare la conservazione e la protezione dei suoi valori culturali". Nel citato documento UNI [1], che ovviamente non può che recepire tale definizione, si sottolinea come, tra i valori culturali, si debbano ritenere compresi le tecniche costruttive, le tecnologie di lavorazione nonché l'assetto strutturale delle singole membrature e/o del complesso strutturale.

Possono essere qui riassunte quelle indicazioni di carattere generale che dovranno guidare tutte le operazioni di valutazione preventiva, di elaborazione e stesura dei progetti, nonché di esecuzione degli interventi su manufatti lignei costituenti elementi portanti di edifici di interesse culturale [2]. Lo scopo di tali operazioni è quello di garantire e/o mantenere l'effettiva consistenza fisica dei medesimi manufatti e, ove possibile, la loro funzionalità; esse possono essere ordinate secondo la seguente logica sequenza:

- valutazione preventiva dello stato di fatto;
- progettazione dell'intervento;

- criteri per il controllo di efficacia di un intervento;
- metodologie e tecniche di esecuzione di un intervento;
- ispezioni periodiche.

Il cosiddetto controllo di efficacia dell'intervento scelto deve essere svolto già in sede di previsione progettuale. Esso può essere effettuato, in alternativa, mediante le consuete metodologie di verifica, mediante simulazione sperimentale (condotto quindi su tipologie di intervento simili a quella proposta), mediante opportuna estensione di risultati noti al caso in oggetto.

I casi che nel seguito saranno discussi riguardano proprio la sperimentazione svolta su due tipologie di strutture lignee abbastanza ricorrenti nei casi di consolidamento del patrimonio edilizio esistente, i solai e le unità strutturali di copertura (capriate).

3. CONSOLIDAMENTO DEI SOLAI LIGNEI

3.1 Tipologie di solai lignei composti

Per gli esistenti solai lignei, un intervento di consolidamento abbastanza ricorrente prevede la realizzazione di una struttura composta ottenuta facendo collaborare con le esistenti travi di legno una soletta realizzata con differenti materiali (legno, pannelli a base di legno, conglomerati). Tra tali tipologie rientrano le strutture composte legno-calcestruzzo, nelle quali viene sfruttata la collaborazione statica tra travi lignee e una soletta di calcestruzzo armata opportunamente collegate tra loro, e quelle composte con soletta lignea (Fig. 1).

É quasi superfluo menzionare quali siano i vantaggi, in termini di aumento di rigidezza e di resistenza, che così si ottengono per la struttura di orizzontamento. Ciò si traduce immediatamente anche in un controllo ottimale della frequenza propria di vibrazione della stessa struttura che, come noto, costituisce altro punto debole dei solai lignei antichi.

Le strutture composte legno - calcestruzzo sono senz'altro quelle che, nel mercato, hanno avuto maggiore successo anche nel settore delle nuove costruzioni. Oltre che nel mercato italiano, dove sono presenti dagli inizi degli anni '80 [3], tali strutture riscuotono un notevole interesse anche in numerosi paesi europei o extra-europei, dove l'uso del legno nel settore delle costruzioni è maggiormente consolidato, e in quei paesi, inizialmente non coinvolti in queste applicazioni, che ora si interessano a tale interessante tipologia costruttiva [4].

É ovvio che, considerato il materiale che costituisce la trave, il comportamento della struttura composta che

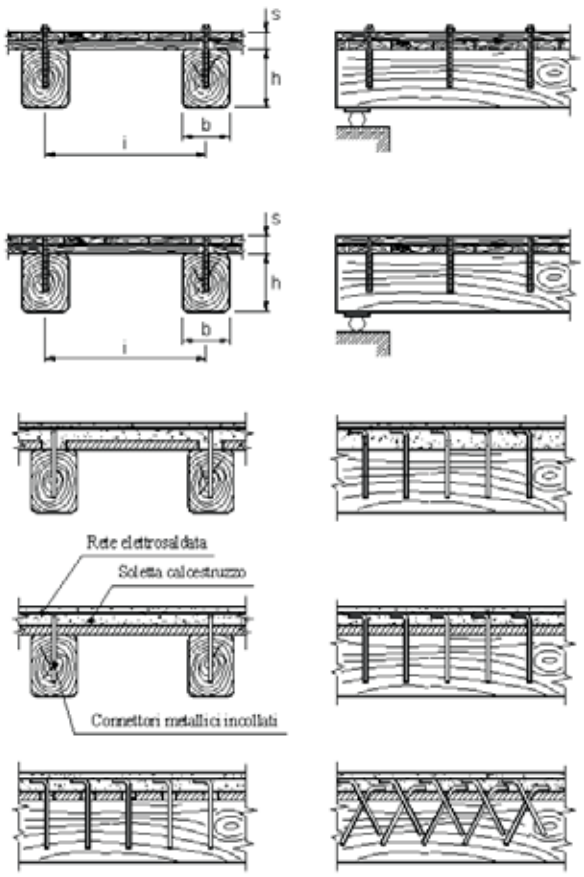


Fig. 1 - Strutture composte lignee con soletta di legno o in conglomerato cementizio.

così si forma è fortemente influenzato dalla efficienza statica della connessione utilizzata [5]. Le tipologie di connessione a taglio comunemente utilizzate per la realizzazione di strutture composte legno-calcestruzzo sono molto numerose e basate su diversi principi di trasmissione della sollecitazione. In linea molto generale si possono distinguere quattro grandi categorie:

- connessioni nelle quali la forza è trasmessa per contatto diretto fra gli elementi;
- connessioni ad attrito;
- connessioni incollate;
- connessioni a mezzo di elementi interposti (i connettori).

Nella quarta categoria, la più comunemente impiegata nelle realizzazioni per uso civile, rientrano differenti tipi di connettori. Si hanno connettori puntuali (viti, barre da cemento armato, piastre dentate, ramponi ecc.) i quali possono essere o semplicemente infissi nel legno, o avvitati oppure incollati. Quando i connettori sono perpendicolari alla superficie del legno, essi sono prevalentemente soggetti a sforzi di taglio e flessione

(si parla perciò di connettori a taglio), quando invece sono inclinati, essi sono prevalentemente soggetti ad azione assiale (si parla perciò di connettori assiali).

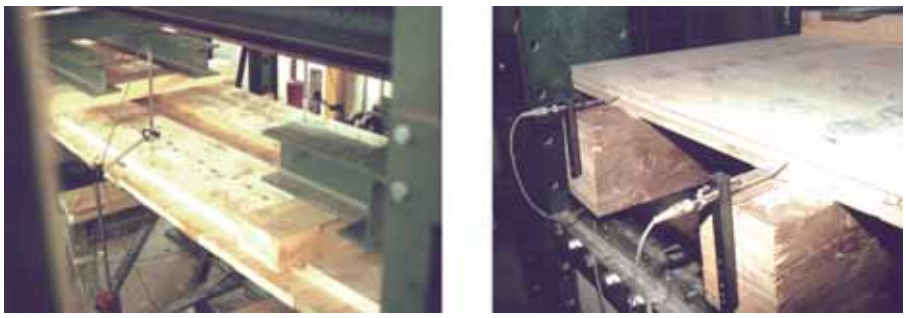


Fig. 2 - Strutture composte TNV1 (sinistra) e TN2 (destra) sotto prova.

3.2 Sperimentazioni su differenti solai lignei composti

Si illustrano, nel seguito, alcuni risultati ottenuti da una sperimentazione svolta su elementi di solaio composto in dimensioni reali, costruiti secondo tecniche ormai ampiamente utilizzate, e sviluppata presso il Laboratorio del Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Strutturale dell'Università di Trento. Tale sperimentazione è stata svolta su modelli nei quali i parametri essenzialmente variabili risultavano la tipologia di soletta utilizzata, la connessione, la specie legnosa delle travi componenti (si vedano anche i riferimenti [6] e [7]).

Sono state scelte, al riguardo, travi di abete di circa 50 anni (modelli PD1, PD2, TN2 e TN3) o di larice (TN1, TNV1, TNV2, TNV3), questi ultimi di età superiore ai cento anni, provenienti da due diversi edifici e sono stati confezionati sei diversi solai composti. La Tab. 1 illustra le caratteristiche principali dei solai composti sottoposti a sperimentazione, in particolare le dimensioni medie delle sezioni delle travi (b_{mean}, h_{mean}), la luce l, il tipo di soletta utilizzata ed i connettori utilizzati. Tutti i modelli presentano larghezza identica (circa 1 metro), corrispondente alla porzione di solaio composto competente a due travi. I modelli sono stati progettati (mediante modelli numerici ad elementi finiti) con riferimento a stati limiti di servizio (freccia massima, al carico di esercizio, non superiore a $^1/_{400}$ della luce).

In particolare, il modello PD1 presenta soletta in tavole (spessore 45 mm, sopra l'assito da 22 mm) e pioli Ø 14 mm con testa sporgente all'estradosso+ (con rondellone e dado di chiusura); il modello PD2 presenta una soletta composta di pannelli di legno compensato (spessore totale 3x20 mm) e identico sistema di piolatura+; il modello TN1 è caratterizzato da soletta composta da tavole ad orditura incrociata (spessore 40 mm, sopra l'assito da 27 mm), pioli metallici incollati Ø 14 mm ad interasse minimo (in testata) 100 mm e massimo (in mezzeria) 250 mm, non sporgenti dalla superficie estradossale di soletta. Il modello TN2 (Figura 2) presenta soletta composta da 3 pannelli di compensato, ciascuno di spessore 20 mm (spessore totale di soletta circa 60 mm) e dimensione massima del pannello componente pari a 1,0x2,5 m^2; per la composizione in opera della soletta si sono utilizzate viti (in numero di circa 15/m^2) e collante epossidico. La connessione è identica a quella utilizzata per il modello TN1.

Il modello TN3 presenta invece la classica soletta in conglomerato cementizio armato avente spessore medio pari a 50 mm circa, gettata su tavolato di spessore medio 27 mm, connettori metallici "a taglio" di acciaio FeB 44 k, diametro Ø 12 mm, incollati nel legno ad interasse minimo (in testata) 150 mm e massimo (in mezzeria) 300 mm [7]. I modelli TNV1 (Fig. 2) e TNV2 sono costituiti da una soletta di larghezza† ridotta (~335 mm) rispetto all'interasse travi (i ~ 500 mm) e da connettori non incollati (viti† da 4 mm di diametro, messe in opera senza prefo-

Tabella 1 - Modelli fisici di solai lignei composti.

Modello	Travi			Soletta		Connettori	
	b_{mean}	h_{mean}	l	Tipo	s	Ø	$l_{1,min} \div l_{1,max}$
	(mm)		(m)		(mm)		(mm)
PD1	~150	~200	5.40	Tavole di legno	45	14+	120÷250
PD2	~150	~200	5.40	Pannello compensato	60	14+	120÷250
TN1	~150	~200	5.00	Tavole di legno	40	14	100÷250
TN2	~153	~195	5.00	Pannello compensato	60	14	100÷250
TN3	~150	~181	5.00	Calcestruzzo	50	12	150÷300
TNV1	~195	~191	4.75	Tavole di legno	40†	4†	30÷90
TNV2	~148	~210	4.90	Tavole di legno	40†	4†	30÷90
TNV3	~148	~210	4.90	Tavole di legno	40*	4*	90

ro su più file allineate parallelamente all'asse trave). Il modello TNV3 è del tutto simile ai precedenti TNV1 e TNV2, tranne per la connessione costituita da adesivo epossidico con la presenza di viti* (4 mm di diametro) a passo costante [6].

Le prove fisiche sono state realizzate secondo uno schema di carico ripartito su otto punti (quattro per trave), con cicli di carico-scarico fino al carico di esercizio p_{sl} e a $1{,}5xp_{sl}$, rilevando valori di spostamento verticale, scorrimento massimo tra le travi componenti (in testata), deformazioni al lembo superiore ed inferiore di travi e soletta nella sezione di mezzeria. Le singole travi lignee erano state preventivamente caratterizzate per rilevare i valori di modulo (medio) di elasticità longitudinale e di rigidezza flessionale.

Ovviamente la massima prestazione statica è stata ottenuta per mezzo della struttura composta con soletta di calcestruzzo, ma per quanto riguarda le *efficienze* dei vari sistemi di connessione si può notare come esse risultano indipendenti dal tipo di soletta utilizzata. Si dimostra, cioè, una sostanziale analogia di comportamento di strutture composte con differenti solette a patto che risultino simili i comportamenti delle connessioni utilizzate.

Negli istogrammi di Fig. 3 sono riportati i valori dei parametri r_{sl} (rapporto tra la rigidezza flessionale rilevata durante la prova del solaio composto e quella media delle travi singole, entrambe in corrispondenza del carico di esercizio) e γ_{sl} (efficienza), in corrispondenza del carico di esercizio, inteso come rapporto:

$$\gamma = \frac{(E \cdot J)^* - (E \cdot J)_0}{(E \cdot J)_\infty - (E \cdot J)_0}$$

in cui $(E \bullet J)^*$ è la rigidezza flessionale attuale del solaio, o del solaio con una ipotetica connessione infinitamente rigida $(E \bullet J)_\infty$, o del solaio con connessione a rigidezza nulla $(E \bullet J)_0$. Il parametro γ è quindi compreso nell'intervallo [0; 1].

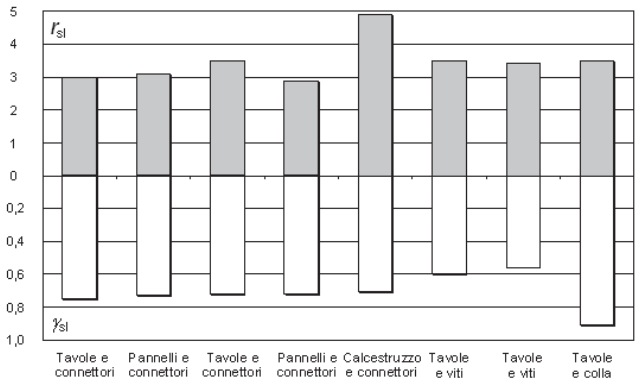


Fig. 3 - Incremento di rigidezza flessionale *r* (sopra) ed efficienza (sotto) di solai lignei composti con differenti tipi di soletta e di connettori (al carico di esercizio *sl*).

Al riguardo, è evidente che i valori trovati per il parametro γ_{sl} sono relativi alla scelta progettuale effettuata; la scelta di un numero maggiore di connettori incollati avrebbe condotto a risultati migliori. Tuttavia, il numero delle viti utilizzato nei modelli TNV1 e TNV2 corrisponde al numero massimo praticamente utilizzabile per quelle travi.

5. CONCLUSIONI

Alcuni recenti documenti normativi hanno portato definitivamente all'attenzione dei Progettisti le problematiche legate al restauro dei manufatti lignei costituenti strutture portanti che, nel passato, sono stati oggetto di interventi non sempre corretti.

Gli esempi riportati in questa Prima parte della ricerca, riguardanti il consolidamento dei solai, mettono in evidenza la stretta correlazione esistente tra analisi sperimentale e analisi numerica: da una parte l'analisi sperimentale conferisce validità a quella numerica e ne consente la taratura, dall'altra lo studio numerico completa e amplia quello sperimentale, permettendo anche altre differenti valutazioni.

6. BIBLIOGRAFIA

[1] UNI 11138:2004 – Beni culturali Manufatti lignei Strutture portanti degli edifici. Criteri per la valutazione preventiva, la progettazione e l'esecuzione di interventi – Ente Nazionale Italiano di Unificazione, Milano

[2] Piazza M., Lavisci P. – Load bearing timber structures in buildings: criteria for the preliminary evaluation, the design and the execution of works – "Interactions between Science, Technology and Architecture in Timber Construction ", Elsevier, Paris, ISBN 2-84299-605-4, 2004, pagg. 301-318

[3] Piazza M., Turrini G. – Una tecnica di recupero statico dei solai in legno – Recuperare, n. 5, PEG Editrice, Milano, 1983, pagg. 224-237

[4] Mettem C. – Structural timber-concrete composites - Advantages of a little known innovation – The Structural Engineer, 18, 2003

[5] Piazza M., Tomasi R., Modena R. – Strutture in legno. Materiale, calcolo e progetto secondo le nuove normative europee – Biblioteca Tecnica Hoepli, Milano, ISBN 88-203-3583-2, 2005

[6] Piazza M. – Interventi di consolidamento con l'uso di elementi meccanici di collegamento: solai misti legno - legno – "Il manuale del legno strutturale, vol. IV: Interventi sulle strutture", Ed. Mancosu, ISBN 88-87017-41-7, 2004, pagg. 108 - 127

[7] Piazza M., Turrini G. – Il comportamento statico della struttura mista legno - calcestruzzo – Recuperare, n. 6, PEG Editrice, Milano, 1983, pagg. 214-225

Additivi eccezionali per opere d'eccezione

Viadotto di Millau (Francia), Ponte di Rion-Antirion (Grecia), Miniera di Moab Khotsong (Sudafrica), Stadio Croke Park (Irlanda), Ikea di Roma (Italia), Tunnel di Nancy Creek (USA), Strada dei Tamarindi (La Réunion), Porto di Tangeri (Marocco)...

Da oltre 60 anni, **CHRYSO** offre la sua esperienza a professionisti dell'edilizia ed a progettisti, nella formulazione di calcestruzzi, collaborando al successo dei più prestigiosi cantieri internazionali.

La nostra competenza tecnica, le nostre gamme di prodotti innovativi ed il nostro personale vi permetteranno di soddisfare le esigenze tecniche più avanzate, i capitolati più rigorosi, le condizioni geografiche e climatiche più estreme, in tutti gli angoli del mondo.

CHRYSO: Abbiamo le soluzioni per costruire il futuro che immaginate.

CHRYSO

LA CHIMICA AL SERVIZIO DEI MATERIALI DA COSTRUZIONE

CHRYSO ITALIA SPA · 24040 Lallio (BG) · Via Madonna · Tel. 035 693331 · Fax 035 693684 · info@chrysoitalia.com

www.chrysoitalia.com

Soluzioni di Durabilità

Progetto
Durabilità

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

www.grafocom.it 06/05

Calcestruzzi
Italcementi Group

A world class local business

www.calcestruzzi.it

HOTEL DANIELI (VENEZIA): UN'ESPERIENZA DIAGNOSTICA COMPLESSA

Emanuela Croce, Glenda Fazio, Walter Parente e Francesca Simonelli
info@encosrl.it
Enco srl - Ponzano Veneto (TV)

Il complesso di edifici che costituiscono l'**Hotel Danieli** è ubicato in Riva degli Schiavoni a Venezia, a pochi passi dalla famosissima Piazza San Marco. Questo complesso alberghiero è noto in tutto il mondo, sia per la sua posizione, che per il valore storico ed architettonico degli edifici che lo compongono (Fig. 1 e 2). La necessità di svolgere le indagini conoscitive su strutture e materiali costituenti gli edifici è nata dal desiderio di eseguire delle modifiche al lay-out dell'hotel. Tali modifiche interne prevedono alcuni interventi di tipo strutturale ed altri, invece, di natura più squisitamente decorativa. Due dei tre edifici del complesso, quelli denominti **Dandolo** e **Casa Nuova**, sono stati realizzati appoggiando solai e copertura lignea su pareti di muratura piena, invece la struttura portante dell'edificio più recente, quello denominato **Danielino**, è in cemento armato. Tutti e tre gli edifici, seppure con gradi diversi, sono vincolati, quindi la progettazione e l'esecuzione della campagna diagnostica risultano ancora più articolate e delicate.

Fig. 1 – Vano scala della hall dell'Hotel Danieli.

L'approccio diagnostico agli edifici in muratura è stato sostanzialmente diverso rispetto a quello per l'edificio in c.a., in quanto per quest'ultimo è stato più facile recuperare gli elaborati architettonici e strutturali. Per gli edifici **Dandolo** e **Casa Nuova** l'organizzazione della campagna è stata finalizzata alla comprensione degli schemi strutturali e del loro stato di conservazione. Sulle parti in muratura è stato fondamentale eseguire prove soniche e test con i martinetti piatti, entrambe queste prove insieme ad un dettagliato rilievo della tessitura muraria hanno permesso di valutare le murature sia in termini qualitativi che quantitativi. Questo tipo di indagini si è rilevato fondamentale per la comprensione degli schemi strutturali e quindi per la definizione di quali pareti, o parti di esse, potessero essere demolite.

Un'analisi altrettanto dettagliata è stata svolta sui solai di piano e sulle coperture lignee degli stabili, tenendo presente però che parte degli orizzontamenti sono decorati e qualsiasi tipo di intervento su questi deve risultare non invasivo. Pertanto la campagna si è basata su un cospicuo numero di analisi resistografiche, accompagnate dal rilievo puntuale del valore igrometrico (entrambe indagini non invasive) grazie alle quali è stato possibile ricostruire il quadro generale di conservazione delle strutture lignee, senza lasciare traccia sugli elementi indagati al fine di valutare quali di essi rimuovere e quali conservare.

Oltre alle indagini svolte sulle pareti in muratura e sugli elementi lignei, sono stati necessari saggi in fondazione ed estrazione di microcarote. Queste ultime prove, logisticamente molto complesse a causa degli spazi ridotti in cui operare, hanno permesso l'individuazione di interventi di consolidamento fondazionale dei quali non erano rimaste tracce documentate. Come già anticipato, la campagna diagnostica sull'edificio **Danielino** si è rivelata più semplice; della struttura, costruita intorno agli anni '50, erano disponibili gli elaborati progettuali e quindi è stato sufficiente eseguire esami a campione per verificare che l'esecuzione dell'opera fosse conforme alle indicazioni progettuali e che i materiali corrispon-

Fig. 2 – Capitello decorato a foglia d'oro nella sala bar al piano terra dell'Hotel.

dessero a quanto previsto e dichiarato nei documenti di collaudo.

Il *restiling* dell'hotel prevede interventi solo negli spazi comuni dell'edificio **Dandolo** attraverso il restauro conservativo e la pulitura degli stucchi, dei marmorini e dei paramenti lapidei. A tale scopo si è resa necessaria la comprensione della cronologia degli interventi succedutisi nel tempo, al fine di poter operare nel rispetto delle stratificazioni storiche presenti. Inoltre, dal punto di vista operativo, era necessario capire fino a che livello ci si potesse spingere negli interventi di pulitura senza produrre variazioni cromaticche troppo evidenti. Occorre, infatti, tener conto della complessità dell'intervento che deve, da una parte, essere conforme alle caratteristiche filologiche del restauro conservativo, e dall'altra tener presente che si opera nell'ambito di uno spazio fruito da un "pubblico pagante" il quale si aspetta di soggiornare nella suggestione della "tipica atmosfera veneziana".

Le principali tappe della caratterizzazione dei materiali sono state:

• saggi di pulitura e campionamento di elementi lapidei naturali e artificiali (stucchi, marmorini);

• indagini stratigrafiche relative alle finiture, alle dorature, agli stucchi, ai marmorini per determinare la cronologia degli interventi passati e la natura degli stessi (Figg. 3 e 4);

• identificazione dei processi alterativi in atto e caratterizzazione delle fasi minerali di neogenesi originatesi da tali processi;

• progetto di restauro conservativo (pulitura, consolidamento, integrazioni.

Le difficoltà legate alla campagna diagnostica sui tre edifici nelle fasi organizzative e gestionali, hanno avuto diverse motivazioni: i vincoli ai quali la struttura è soggetta, l'angustia degli spazi operativi, la necessità di intervenire nei locali senza sospendere l'attività alberghiera, la necessità di rendere graditi agli ospiti dell'hotel i momenti del campionamento, in particolare per quanto riguarda l'edificio **Dandolo**, operando in modo che questi vedessero in tali operazioni più un piacevole momento culturale, che un fastidio dovuto alla parziale impossibilità di fruizione degli spazi. D'altro canto, però, l'analisi del complesso, la ricostruzione delle sue caratteristiche strutturali e della storia degli interventi, in un ambiente così peculiare, sono state operazioni che hanno costituito un continuo stimolo alla sperimentazione di nuove soluzioni e un momento di impareggiabile crescita professionale soprattutto grazie ad un affiatato gioco di squadra fra la Proprietà, i Gestori, i Progettisti, i Diagnostici, gli *Interior Desiners* ed i Restauratori.

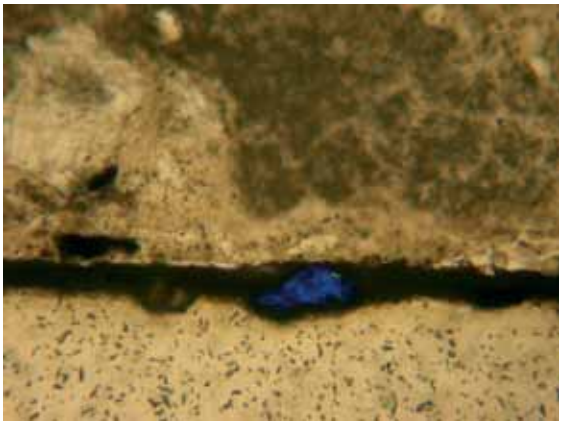


Fig. 3 – Sezione lucida stratigrafica di una campitura colorata campionata nella sala bar dell'Hotel. Sono evidenti i diversi strati dovuti alle numerose ridipinture.

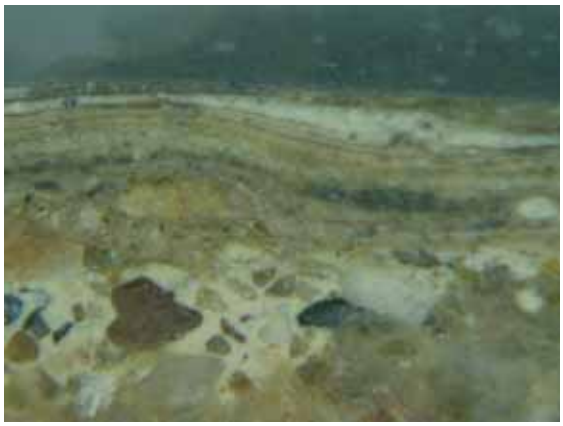
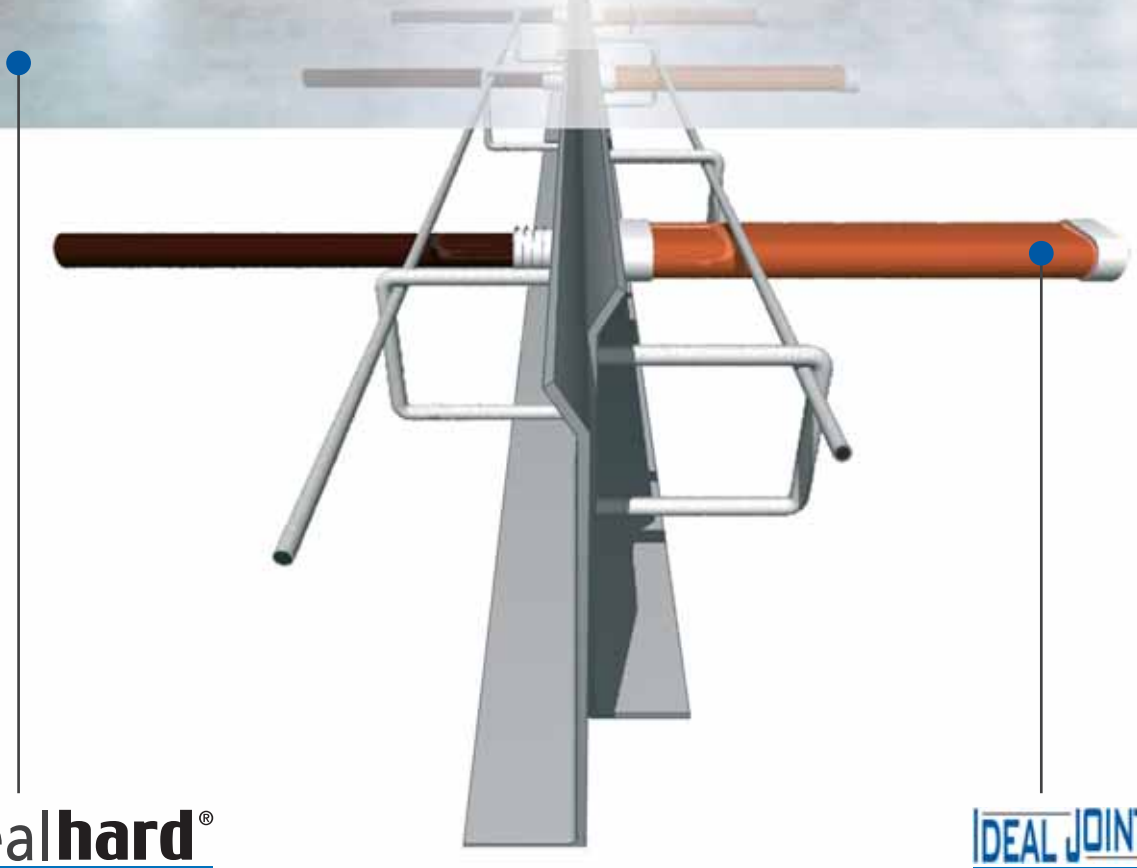


Fig. 4 – Sezione sottile in luce trasmessa polarizzata di una campitura colorata della Hall. L'immagine evidenzia l'utilizzo di vetro colorato finemente polverizzato come pigmento.

L'UNIONE FA LA FORZA



idealhard®
the best solution for your concrete floor

IDEAL JOINT SYSTEM®
giunto di costruzione – construction joint

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

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

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

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

ProCom

IL SISTEMA PENETRON®

Arch. Enricomaria Gastaldo Brac
Direzione Tecnica DITRON

Il sistema d'impermeabilizzazione del calcestruzzo per cristallizzazione con Penetron® è utilizzato da almeno 20 anni in tutto il mondo come la soluzione di problematiche di infiltrazioni d'acqua, sia in fase positiva sia in fase negativa (contro-spinta) per strutture in calcestruzzo interrate, in quanto è una applicazione particolarmente economica, pratica e di facile utilizzo.

Questa tecnologia, all'inizio impiegata per riparazioni di vecchie strutture interessate da infiltrazioni in spinta negativa, oggi, con formulazioni diverse e più avanzate, è presente in quasi tutti i paesi anglosassoni per la impermeabilizzazione di nuove strutture *underground*. I benefici apportati alla struttura sono molteplici, specie contro i cicli di gelo-disgelo, la corrosione da agenti atmosferici, l'umidità del sottosuolo, le acque contenenti cloruri, solfati, ecc. La tecnologia Penetron® è stata adottata in importanti progetti internazionali e nazionali in diverse situazioni critiche.

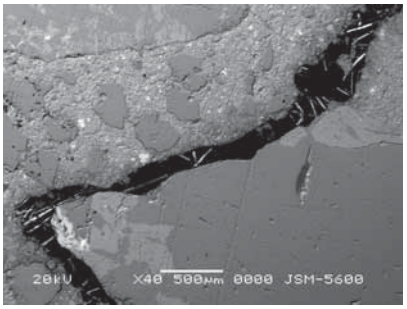


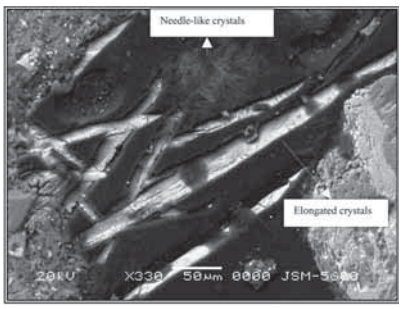
Fig. 2 - Particolare ingrandito della BEI mostra le tipologie di cristalli: sottili e oblunghi, cristalli fini e aghiformi.

I prodotti PENETRON® sono disponibili in più di 60 paesi nel mondo (inclusa l'Italia dove sono distribuiti dalla Ditron Srl), con una rete consolidata di distributori esclusivi ed applicatori di fiducia che provvedono all'informazione specifica e all'assistenza tecnica necessaria allo sviluppo dei progetti.

La ICS Penetron International Ltd, azienda statunitense (certificata: Assurance Management System ISO-9001 nel 2000) al servizio delle compagnie internazionali di costruzione sin dagli anni '70 con una linea completa di prodotti per l'impermeabilizzazione, ha evoluto le caratteristiche di questo metodologia rivoluzionaria nel corso dei decenni esportandola in più di 60 paesi al mondo; il sistema Penetron offre una proprietà unica di auto-rigenerazione per una protezione interna alla matrice in calcestruzzo che si oppone al passaggio dell'acqua e degli agenti contaminanti.

Il meccanismo d'azione. I prodotti di impermeabilizzazione Penetron sono costituiti da cemento Portland, sabbia silicea e additivi chimici brevettati. Questi reagiscono con due ingredienti fondamentali del calcestruzzo: i composti minerali come ad esempio l'idrossido di calcio (prodotto della reazione di idratazione del cemento) e l'acqua non combinata presente come umidità. Quando il Penetron® viene applicato sulla superficie di un calcestruzzo indurito bagnato a rifiuto (in forma di rivestimento cementizio), o sulla superficie di un calcestruzzo fresco (in forma di spolvero) oppure introdotto nella miscela di calcestruzzo (in forma di additivo), gli ingredienti attivi del Penetron® reagiscono con i minerali del calcestruzzo e l'acqua formando un complesso cristallino, filiforme, insolubile, che riempie i pori, i vuoti e le microfessure di dimensioni fino a 400 µm. La crescita dei cristalli formati dal Penetron® si posiziona in profondità all'interno della microstruttura del calcestruzzo arrivando, in presenza di umidità, a riempire completamente la porosità del calcestruzzo.

Fig. 1 - La "backscattered electron image" (BEI) mostra la crescita cristallina (cristalli C-S-H, Silicato di Calcio Idrato) all'interno di una microfessurazione.



L'estensione della penetrazione e il tempo di penetrazione dipendono principalmente dalla presenza continua di umidità, e dalle caratteristiche del calcestruzzo come il contenuto in cemento, la densità e la compattezza. In mancanza di umidità, il Penetron® diventa

inerte, ma riprende la sua azione immediatamente non appena ricompare l'umidità, cosicché si rinnova il processo di cristallizzazione capace di garantire la scomparsa di porosità, l' impermeabilità e la durabilità del calcestruzzo.

Il sistema è formato da diverse tipologie di prodotti per soddisfare tutte le casistiche di applicazione per una risoluzione completa delle problematiche di impermeabilizzazione e si basa su:

- **Penetron Admix** da utilizzare come additivo nel "mix design" del calcestruzzo.
- **Penetron Standard** da utilizzare come "boiacca", da applicare a pennello, a spazzola o a spruzzo sulle superfici bagnate rifiuto del calcestruzzo indurito o come "spolvero" su superfici di calcestruzzo fresco.
- **Penecrete** da utilizzare come malta per riparazioni e stuccature.

Fig. 3 - Pareti di contenimento vasche per il trattamento dei liquami, "Depuratore Sud di Milano", Rozzano (MI), Penetron standard applicato "in boiacca" a spruzzo su superfici umide a rifiuto.

Fig. 4 - Platea di fondazione vasche "Parco L'Acquatico", Reggio Emilia, visione dell'applicazione del Penetron standard unito al quarzo come "spolvero" su superfici orizzontali fresche di getto.

Applicazioni tipiche. La tecnologia PENETRON® può essere utilizzata su qualsiasi struttura in calcestruzzo esposta all'ingresso potenziale di acqua e contaminanti chimici. Il PENETRON® può essere applicato sia in fase positiva (parte della struttura esposta direttamente all'acqua) che in fase negativa (parte della struttura opposta all'entrata dell'acqua). Pertanto questa tecnologia può essere impiegate in moltissime applicazioni incluse quelle dell'elenco sotto riportato :

Fig. 5 - Miscelazione del Penetron Admix in centrale di betonaggio, a secco sul nastro trasportatore degli inerti.

Fig. 6 - Parcheggio interrato multipiano "Parcheggio Pavale" a Santa Margherita Ligure (GE), visione dei muri strutturali di contenimento contro pali (Penetron Admix nel "mix design" del calcestruzzo).

- Serbatoi di acqua potabile
- Depuratori e vasche per il trattamento dei liquami fognari
- Acquari
- Tunnel e Gallerie
- Opere di Fondazione: Platee e muri di contenimento
- Parcheggi Interrati
- Diaframmi
- Installazioni industriali
- Pavimentazioni
- Opere Sommerse
- Porti e Banchine
- Dighe e sbarramenti
- Piscine
- Qualsiasi struttura in calcestruzzo che richieda protezione dall'acqua e dai contaminanti.

ARMATURE ZINCATE PER IL CALCESTRUZZO: NOTIZIE, RICERCA E MERCATO

Romeo Fratesi
Dip. FIMET – Università Politecnica delle Marche
r.fratesi@univpm.it

NORMATIVE

L'interesse all'incremento della durabilità delle strutture in calcestruzzo armato è aumentato considerevolmente a partire dai primi anni 90 sia in Italia che nel resto dell'Europa.

Nel dicembre 1996 sono state emanate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici le direttive relative alle strutture in calcestruzzo contenenti riferimenti dettagliati nei quali i progettisti potevano trovare le linee guida per la corretta manifattura del calcestruzzo.

Più recentemente (2001) la Comunità Europea ha emanato la direttiva UNI EN 206-1 [1] e questa è stata accompagnata dalla relativa norma Italiana UNI 11104 [2] che detta le istruzioni operative per la sua applicazione in Italia.

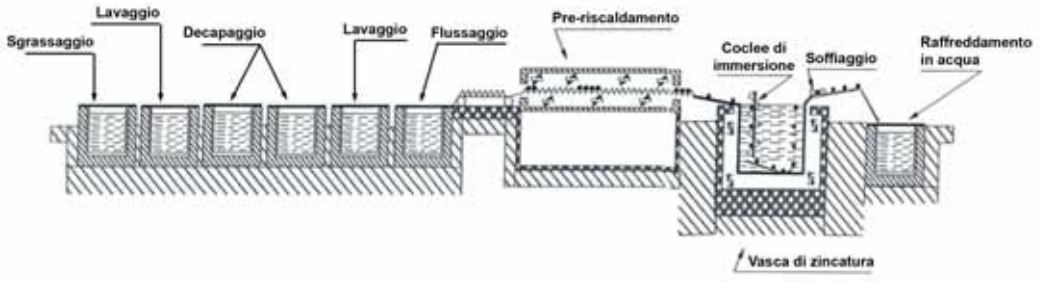


Fig. 1 - Layout dell'impianto di zincatura della Società Galvarebar.

Poiché il maggior limite alla durabilità delle costruzioni in calcestruzzo armato è al momento la corrosione dell'acciaio delle armature stesse, queste norme definiscono diverse classi di ambienti di esposizione e raccomandano la qualità del calcestruzzo così come lo spessore del copriferro per limitare il fenomeno della corrosione. Queste misure, comunque, sono pensate per incrementare la durabilità delle strutture solo in termini di incremento della resistenza meccanica del calcestruzzo e del dosaggio minimo del cemento oltre che di diminuzione del rapporto acqua-cemento del calcestruzzo senza riferimento alla possibilità, piuttosto importante, di usare armature che hanno maggiore resistenza alla corrosione rispetto all'acciaio nero.

Nel settembre 2005 il Ministero dei Trasporti e delle Infrastrutture Italiano ha pubblicato le Norme Tecniche per le Costruzioni [3], dove per la prima volta un documento ufficiale cita esplicitamente l'acciaio zincato come materiale per le armature metalliche delle strutture in c.a e c.a.p. Più precisamente al paragrafo 4.1.2.2.4.4 di queste Norme si afferma che "Per gli acciai zincati e per quelli inossidabili si può tener conto della loro minore sensibilità alla corrosione"

L'utilizzo dei materiali per l'armatura cade quindi in una delle due categorie; la scelta dipende dalle condizioni ambientali in cui dovrà operare la struttura che sono definite come ordinarie, aggressive e molto aggressive. Ulteriori parametri di scelta sono la frequenza delle condizioni ambientali pericolose e la previsione dello stato limite fessurativo del calcestruzzo.

I contenuti del citato paragrafo, comunque, non sono completamente esaustivi poiché per esempio essi non danno indicazioni relativamente ai limiti o alle condizioni che dovrebbero determinare la scelta delle armature di acciaio zincato o di quelle di acciaio inossidabile.

E' importante comunque sottolineare che i redattori del nuovo decreto hanno finalmente adottato l'approccio olistico relativamente alla durabilità delle strutture e cioè che esiste una relazione tra essa e il tipo di armatura inglobata nel calcestruzzo. In particolare, quando l'ammaloramento previsto è da imputare alla corrosione delle armature metalliche non è sufficiente assegnare il compito di protezione solo alla qualità del calcestruzzo, ma anche alla maggiore resistenza alla corrosione delle armature stesse. Il decreto è attualmente soggetto a revisione, ma se tali concetti rimarranno vivi nella versione finale è prevedibile nel prossimo futuro un incremento dell'uso di armature di acciaio inossidabile e di acciaio zincato.

Attualmente in Italia i progettisti e/o costruttori che usa-

Tabella 1 - Dati sulle barre zincate provenienti da 13 impianti di zincatura attivi in Italia, relativi a 3 anni.

Tipologia di barre	2003	2004	2005
Barre Zincate (ton)	398	615	660
Reti Zincate (ton)	266	580	780
Totale (ton)	664	1195	1440

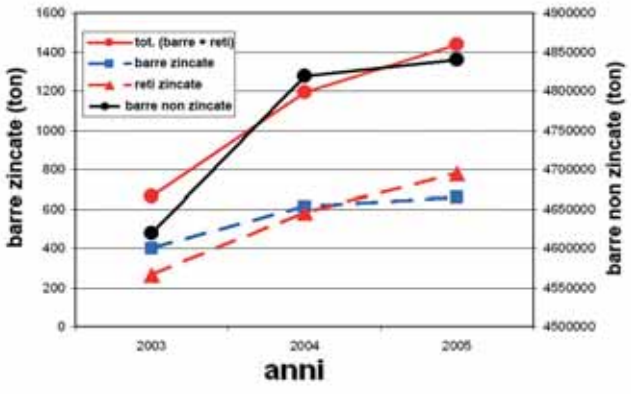


Fig. 2 - Produzione di armature zincate e di armature di acciaio nero in Italia nel triennio 2003-2005.

no armature zincate nelle costruzioni in calcestruzzo non hanno vincoli di normativa; normalmente le normative a cui fanno riferimento sono relative al prodotto: la norma italiana è la UNI 10622-97 [4] che comunque non differisce molto da quella americana ASTM 767/A-90 [5] e da quella francese AFNOR NF A35-025,92 [6]. Le differenze principali tra queste norme riguardano lo spessore del rivestimento di zinco e i test da impiegare per caratterizzare la qualità del prodotto finale.

C'è stata nel recente passato (2004-2005) la proposta di una normativa europea relativa alle armature zincate che poneva particolare attenzione al raggiungimento di chiarezza e di unificazione tra le norme vigenti in vari paesi. Il lavoro è stato portato avanti dal Comitato Tecnico ECISS/TC e il documento stilato "DRAFT prEN 10348" è stato sottoposto per "enquiring" ai membri del CEN (Comitè Europèen de Normalisation) che nella seconda metà del 2006 lo hanno fermato perché necessitava di profonda revisione. Le novità sostanziali della bozza erano quelle di prevedere sette classi di rivestimento di zinco a seconda della sua grammatura (da 150 a 1600 g/m^2) e di considerare come facoltativo qualsiasi altro trattamento superficiale del rivestimento dopo la zincatura citando espressamente la passivazione.

Questo ultimo argomento è molto importante dal punto di vista normativo poiché il trattamento di passivazione delle barre zincate è prescritto da diverse normative vigenti, come la ASTM 767/A-90 [5] che indica per questo trattamento l'immersione delle barre dopo zincatura in soluzioni acide a base di ioni cromato. Sebbene questa sia una procedura relativamente semplice ed economica, essa è in diretto contrasto con la normativa Europea (94/60/CE, 20-12-1994) [7] che in generale vieta l'uso di soluzioni contenenti cromo esavalente. Inoltre un'altra incompatibilità, anche se indiretta, sorge se si considera che la direttiva Europea 2003/55/CE, 18-06-2003 [8] impone, per motivi di sicurezza della salute umana, la riduzione della quantità di cromo esavalente naturalmente presente nei cementi. Come esempio dell'importanza di questo punto si può citare il caso di una società di zincatura italiana che ha perso una commessa di circa 1000 ton di armature zincate da parte di un acquirente libico che richiedeva la passivazione delle barre secondo la normativa ASTM per aver rifiutato tale trattamento. Questa ambiguità deve essere dibattuta per chiarire a cosa serve la passivazione dopo la zincatura ossia se essa serve a inibire la formazione della cosiddetta ruggine bianca (ossidi di zinco) all'interno dei fasci di barre durante il loro stoccaggio in cantiere o per incrementare la resistenza alla corrosione del rivestimento di zinco all'interno del calcestruzzo o invece per inibire lo sviluppo di idrogeno sulla superficie delle barre durante la fase di presa del calcestruzzo.

A questo riguardo, deve essere data una chiara e corretta informazione ai progettisti e agli utilizzatori finali che non devono essere lasciati nel dubbio di quale sia la giusta soluzione. In altre parole deve essere detto se la passivazione delle armature zincate per l'uso pratico che se ne fa e per la durabilità delle strutture di calcestruzzo è utile, indispensabile o non necessaria.

RICERCA

Dagli inizi degli anni 90 l'Università di Ancona è stata particolarmente attiva nel settore di ricerca diretta alla produzione e all'uso delle armature zincate per il calcestruzzo. Tali ricerche sono state portate avanti all'interno di progetti europei quali il COST 509 [9] e 521 [10] e CRAFT BE S2 5139 [11].

Le ricerche relative ai primi due progetti, sempre condotte utilizzando campioni di calcestruzzo e non ambienti simulanti tale materiale, hanno riguardato soprattutto i problemi relativi all'interazione tra calcestruzzo e barre zincate. Ciò allo scopo di indagare circa l'influenza dell'alcalinità del cemento sulla passivazione del rivestimento di zinco, sull'aderenza tra acciaio zincato e calcestruzzo, sull'uso di soluzioni passivanti alternative al cromo esavalente e sull'influenza del processori zincatura a caldo sulla resistenza meccanica delle barre di armatura.

Il progetto CRAFT [11] è stato possibile grazie all'interesse di due società produttrici di barre di acciaio per armatura e di una società di zincatura a caldo, tutte italiane, a produrre barre zincate lunghe 12 m utilizzando un impianto industriale semi-continuo. L'impianto è stato realizzato e installato presso l'azienda di zincatura a caldo vicino ad An-

cona nel 1997. In aggiunta alle imprese italiane hanno partecipato al progetto anche industrie spagnole e altri gruppi di ricerca sia italiani che spagnoli. Lo scopo del progetto era quello di zincare velocemente barre di acciaio ad aderenza migliorata lunghe 12 m ottenendo un rivestimento di spessore omogeneo, studiare le caratteristiche microstrutturali e di resistenza alla corrosione del rivestimento in ambiente alcalino anche dopo la passivazione dello zinco con prodotti esenti da cromo esavalente. I produttori delle barre con la scelta oculata della composizione chimica dell'acciaio permettevano di mantenere costante la reattività tra il ferro e lo zinco fuso durante la fase di zincatura. Nella Fig. 1 è mostrato lo schema del processo; esso ha la prerogativa di un normale impianto di zincatura a caldo quindi munito di vasche per lo sgrassaggio, decapaggio, lavaggio e flussaggio. La principale innovazione riguardava il congegno meccanico che, posizionato sopra la vasca di zinco fuso, vi introduceva automaticamente due barre alla volta e le estraeva dopo un tempo predeterminato a seconda del diametro delle barre stesse. Immediatamente dopo la loro estrazione le barre zincate venivano movimentate con dei rulli magnetici, soffiate con lama d'aria per rimuovere l'eccesso di zinco, raffreddate in acqua calda e assemblate in fasci pronte per lo stoccaggio. L'automazione del processo era controllata da un software e la capacità di produzione era di 10-18 ton/ora in funzione del diametro delle barre.

L'impianto ha lavorato per un totale di circa un mese in un anno prima di essere posto a riposo dopo avere prodotto uno stock di barre conservate in magazzino per la vendita. Purtroppo solo circa il 50 % è stato venduto, soprattutto all'estero.

MERCATO

Attualmente in Italia la zincatura del materiale da usare come armatura nelle opere in calcestruzzo è effettuata in diversi impianti di zincatura a caldo che normalmente zincano acciaio per uso generale. L'utilizzo delle armature zincate è relativo soprattutto al settore privato e dipende dalla scelta di alcuni progettisti che le usano per costruzioni residenziali, ma non di edilizia popolare, principalmente situate in zone costiere. Normalmente le barre di acciaio sono consegnate per la zincatura come barre diritte lunghe 12 m, vengono quindi successivamente tagliate e sagomate nei cantieri per la formazione delle gabbie, tuttavia molte volte sono consegnate per la zincatura già presagomate. E' invece raro che vengano consegnate per la zincatura gabbie già formate e questo ovviamente per motivi di sovra-costo dovuti al trasporto.

Al momento, la zincatura delle barre di armatura così come le reti elettrosaldate da usare allo stesso scopo è sporadica e la produzione annua non è soggetta a un censimento o a una stima.

Allo scopo di conoscere questi numeri e di identificare chi e a quale scopo utilizza armature zincate è partita recentemente dal Dipartimento FIMET dell'Università Politecnica delle Marche un'iniziativa per acquisire le informazioni utili tramite un questionario appositamente formulato. Sono state contattate tutte le aziende che posseggono gli impianti di zincatura in Italia e che potenzialmente possono zincare le barre e le reti di armatura per avere informazioni relativamente ad un periodo di tre anni: 2003-2005. I risultati devono essere considerati parziali perché al momento solo il 50% degli interpellati ha risposto, comunque ciò che è stato acquisito è riassunto di seguito:

- circa il 50% non ha zincato né barre né reti da usare come armatura per il calcestruzzo;
- sono state zincate preferenzialmente barre presagomate e staffe piuttosto che barre diritte;
- le barre zincate più frequentemente sono quelle di diametro compreso tra 8 e 16 mm;
- le richieste di zincatura sono sporadiche e non regolari nel tempo;
- le imprese che usano armature zincate sono medio/piccole;
- la maggior parte di queste imprese sono private;
- la quantità di acciaio che ciascuna volta viene zincata varia tra 1 e 15 tonnellate;
- gli ambienti dove le armature zincate vengono usate più frequentemente sono quello marino, ma anche urbano;

Fig. 3 - Veduta esterna della grande Moschea di Roma .

Fig. 4 - Armature zincate della soletta del ponticello del tratto Genova-Serravalle della A7 con evidenziata una sonda per il monitoraggio della corrosione.

- l'opinione degli zincatori circa il modesto uso delle armature zincate, per il settore privato, è la scarsa conoscenza del prodotto e dei suoi benefici in termini di durabilità, mentre per il settore pubblico prevale il costo rispetto alla scarsa conoscenza;
- la quantità di reti di acciaio zincate usate come armatura è simile a quella delle barre (Tab. 1 e Fig. 2);
- negli ultimi tre anni l'uso sia delle barre che delle reti zincate ha avuto un incremento relativamente consistente.

Considerando che gli zincatori che hanno risposto rappresentano il 50% di quelli che potenzialmente potrebbero zincare barre e reti per armatura, i dati della Tab. 1 potrebbero essere stimati ottimisticamente come la metà della produzione reale. Ipoteticamente quindi è possibile supporre l'uso di armature zincate per il mercato italiano nel 2005 come circa 2800 tonnellate.

Considerando che solo per il mercato italiano nel 2005 sono state prodotte 4.800.000 tonnellate di acciaio nero da usare come armature nel calcestruzzo, l'uso di armature zincate rappresenta quindi circa lo 0,06% del mercato totale.

Riferendosi all'uso di armature zincate in Australia, che è il paese dove vengono più impiegate al mondo e dove già nel 1985 rappresentavano il 5% rispetto all'acciaio nero [12], è ovvio che in Italia c'è uno scarso interesse all'uso dell'acciaio zincato come armatura nel calcestruzzo nonostante il lavoro fatto in questi ultimi 20 anni nel divulgare conoscenze mediante congressi, workshops, etc. su come questo materiale offre significanti vantaggi paragonato all'acciaio nero in equivalenti condizioni di impiego.

IMPIEGO IN ITALIA

A parte le varie microrealizzazioni che ogni anno vengono fatte con l'impiego delle armature zincate come appunto dimostrano i dati del periodo 2003-2005 e di cui è impossibile dare una documentazione dettagliata, di seguito sono riportate alcuni significativi esempi italiani.

La prima importante costruzione in calcestruzzo in Italia dove sono state usate armature zincate è la grande Moschea di Roma, progettata dagli Architetti Vittorio Gigliotti e Paolo Portoghesi, costruita tra il 1984 e il 1995 e caratterizzata da tipiche colonne a tre steli in calcestruzzo sia all'esterno che nell'interno (Fig. 3). Furono usate circa 1500 tonnellate di acciaio zincato come armatura oltre che per incrementare la durabilità dell'opera anche per evitare probabili spot di ruggine rossa derivanti dalla corrosione dell'acciaio ben visibili su una struttura con colorazione molto chiara.

Nel 1997 sono state usate dalla Soc. Autostrade armature zincate e uno speciale mix per il calcestruzzo per la ricostruzione di un piccolo viadotto autostradale di lunghezza di 11 m. localizzato nel tratto Genova – Serravalle della A7. Tale realizzazione è utilizzata anche come laboratorio sperimentale in scala reale, poiché durante la costruzione, con la collaborazione dell'Università di Roma, furono installate (Fig. 4) delle sonde per il monitoraggio dei parametri caratteristici della corrosione delle armature [13]. A tutt'oggi, dopo 10 anni, il monitoraggio di questi parametri indica che il rivestimento di zinco delle barre di armatura è perfettamente passivo con valori della velocità di corrosione praticamente nulli.

Nei primi anni del 2000 il teatro La Fenice di Venezia, distrutto da un incendio alcuni anni prima (Gennaio 1996), è stato ricostruito usando armature zincate. Furono fornite barre zincate diritte sia di lunghezza 12 m., sia di lunghezza 6 m. e rete elettrosaldata zincata per un totale di circa 800 tonnellate (Fig. 5).

Fig. 5 - Interno del teatro La Fenice di Venezia dopo la sua ricostruzione.

Considerando che gli zincatori che hanno risposto rappreTra la fine degli anni 90 e i primi anni 2000 è stata costruita, nelle vicinanze di Perugia e Assisi una condotta per il trasporto d'acqua scavata nella roccia di lunghezza 8 Km e con diametro 4 m.

Il tunnel è stato pannellato con conci in calcestruzzo prefabbricati opportunamente sagomati e ricoperti internamente con una parete continua di calcestruzzo spessa 30 cm armata con due strati concentrici di rete elettrosaldata di acciaio ad alta duttilità preventivamente sagomata e zincata (Fig. 6 e 7). L'interspazio tra i due strati di rete era di 20 cm, il calcestruzzo è stato confezionato con un rapporto acqua/cemento di 0,50 e la quantità di armatura zincata usata è stata di 2500 tonnellate.

COSTO

Il costo delle armature zincate dipende in larga misura

Tabella 2 - Impatto economico delle armature di acciaio zincato sul costo di una struttura mediamente armata.

MATERIALI	Acciaio €/ton		Calcestruzzo €/mc	Struttura in calcestruzzo armato €/mc		Rapporto dei costi
Armatura di acciaio	A	500				
Armatura di acciaio zincata	B	1200				(B-A)/A*100 = + 140 %
Armatura di acciaio in opera	C	1400				
Armatura di acciaio zincata in opera	D	2100				(D-C)/C*100 = + 50%
Per una struttura mediamente armata: 100 Kg di acciaio/m^3 di calcestruzzo		140	250	E	390	
Per una struttura mediamente armata: 100 Kg di acciaio zincato/m^3 di calcestruzzo		210	250	F	460	(F-E)/E*100 = + 18%
Costo calcestruzzo/costo totale struttura						0.3
Incremento percentuale sul costo totale				18% * 0.3		5.4%

Fig. 6 - Applicazione del primo strato di armatura all'interno della galleria in località Pianello (PG).

Fig. 7 - Gabbia d'armatura a pareti concentriche installata alla parete della galleria. La distanza tra i due strati è di 20 cm.

dal costo dello zinco, ma anche dal processo di zincatura e dal trasporto dall'impianto di zincatura. Nel 2006 il costo dello zinco è triplicato rispetto a un anno e mezzo prima e nei primi mesi del 2007 si è stabilizzato agli alti livelli raggiunti. Occorre poi tener conto del tipo di materiale da zincare ed in particolar modo dal diametro delle barre: a parità di peso dell'acciaio da zincare più piccolo è il diametro delle barre più alto sarà il relativo costo di zincatura poiché queste hanno una superficie specifica maggiore.

E' chiaro che nel momento in cui la richiesta di barre zincate per le armature del calcestruzzo dovesse aumentare al punto di raggiungere livelli dell'ordine di qualche unità percentuale rispetto alla produzione totale di barre l'operazione di zincatura sarebbe effettuata direttamente all'interno delle stesse acciaierie con il risultato di un minor costo finale del prodotto.

E' tuttavia sbagliato considerare il costo della zincatura solo come extracosto dell'armatura, piuttosto dovrebbe essere valutato come l'incremento percentuale sull'intera opera finita. Allora l'incremento percentuale del costo dovuto alla zincatura, anche se dipende dal tipo di struttura, può scendere a livelli più che accettabili. Per esempio in Italia in questo periodo, per costruzioni di civile abitazione, l'incremento del costo potrebbe essere stimato intorno al 5-6% del costo globale dell'opera (Tabella 2). Se questo incremento di costo iniziale è messo in relazione con l'aumento della vita utile in servizio della struttura esso risulta accettabile specialmente quando viene paragonato con i costi di ristrutturazione e manutenzione il cui peso è diverse volte maggiore rispetto agli extra costi dovuti alla prevenzione.

BIBLIOGRAFIA

[1] UNI EN 206-1, Calcestruzzo: specificazione, prestazioni, produzione e conformità, 23 marzo 2006.

[2] UNI 11104, Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1, 1 marzo 2004

[3] Norme Tecniche per le Costruzioni, Supplemento Ordinario alla Gazzetta Ufficiale n.222 del 23 settembre 2005, Serie Generale.

[4] UNI 10622-97, Barre e vergella (rotoli) di acciaio d'armatura per cemento armato, zincati a caldo, 1997

[5] ASTM 767/A-90, Standard Specifications for Zinc-Coated (Galvanized) Steel Bars for Concrete Reinforcement, 1990

[6] AFNOR NF A35-025,92, French Standardization, Steel Products, Concrete Reinforcing Steel, Hot-dip galvanized round bars – Hot-dip galvanized bars, wire, rods and wires with improved bond and wires for fabric, December 1992.

[7] Direttiva 94/60/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 20 dicembre 1994 recante quattordicesima modifica della direttiva 76/769/CEE concernente il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati Membri relative alla limitazione dell'immissione sul mercato e dell'uso di talune sostanze e preparati pericolosi.

[8] Direttiva 2003/55/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 18 giugno 2003 che modifica per la ventiseiesima volta la direttiva 76/769/CEE del Consiglio relativamente alle restrizioni in materia di immissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi (nonilfenolo, nonilfenolo etossilato, cemento).

[9] COST 509 , Corrosion and Protection of Metals in Contact with Concrete.

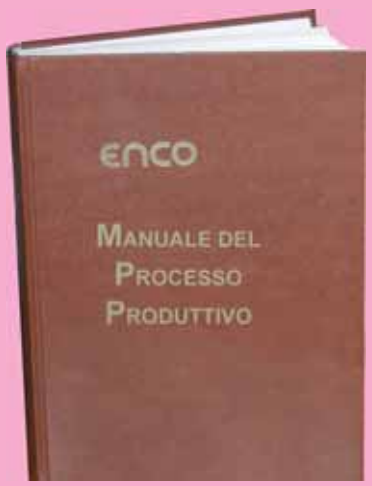
[10] COST 521, Corrosion of Steel Rebar in Reinforced Concrete Structures.

[11] CRAFT BE S2 5139, Galvanized Steel Rebars with Improved Corrosion Resistance for Reinforcement in Concrete, 1997.

[12] CEB Bulletin d'Information n. 211, Protection Systems for Reinforcement, February 1992.

[13] M. Luminari, M. Donferri Mitelli, G. Bastianelli, E. Proverbio, M. Meloni, R. Rigacci, Un esempio di applicazione autostradale di tipo sperimentale dell'acciaio zincato e di calcestruzzo a migliorate prestazioni per la prevenzione della corrosione di ponti e viadotti, AICAP, Roma, 23-25 ottobre 1997.

prepariamo insieme il



presentazione al corso ENCO di formazione del 17-19 ottobre 2007

ENCO

per i produttori di calcestruzzo preconfezionato

CONTROLLO DEL PROCESSO PRODUTTIVO DEL CLS PRECONFEZIONATO

Enco srl
Via delle Industrie 18
31050 Ponzano Veneto (TV)
✆ 0422 963 771 ✆ 0422 963 237
www.encosrl.it - info@encosrl.it

ZERO WASTE ESPERIENZA DI UN'ACCIAIERIA ELETTRICA

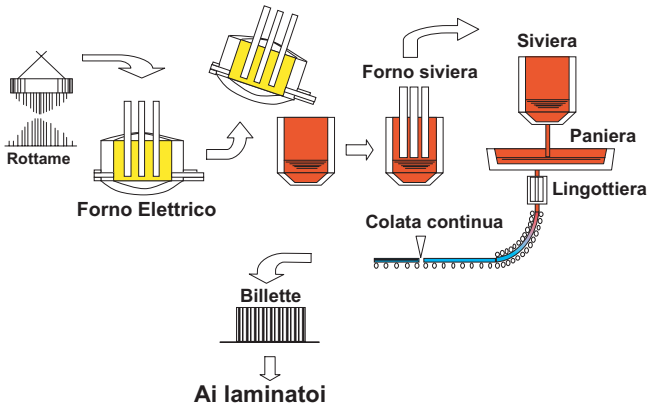
PARTE PRIMA

Dott. Loris Bianco
Responsabile Ambiente di Ferriere Nord S.p.A.
LBianco@pittini.it

Negli ultimi decenni l'industria siderurgica è stata caratterizzata da profonde modificazioni che hanno interessato molti aspetti del processo: si è passati da una industria dove la conoscenza era custodita da poche persone (i maestri di forno) ad una dove la conoscenza è diffusa e codificata nelle macchine che gestiscono gli impianti.

La disponibilità di nuovi materiali refrattari ha consentito, a partire dagli anni ottanta, di incrementare l'apporto di energia nei forni e di conseguenza di aumentare la produttività specifica degli impianti. L'automazione ha reso ripetitivo il processo svincolandolo dalla maggior parte degli imprevisti.

Molte parti del processo, tipicamente "batch" sono state trasformate per avvicinarsi ad un flusso continuo.



Processo di produzione dell'acciaio al forno elettrico.

La colata continua dell'acciaio ne è un esempio. Ma altri esempi si possono trovare nella semplificazione dei processi con l'accorpamento di fasi consecutive come il trattamento termico in linea con la laminazione a caldo che consente di ridurre il consumo di energia ed elimina gli stoccaggi intermedi tra le due lavorazioni.

Il risultato di questa intensa attività cominciata all'inizio degli anni ottanta è stato quello di accorciare il tempo di attraversamento dei processi e di incrementare in modo impressionante la capacità produttiva. Di conseguenza sono aumentate le quantità di materiali trasformati (minerale di ferro, carbone, calcare) e dei materiali "risultanti" dal processo: rottame, scorie, polveri emesse in aria ed acqua scaricata. In altre parole la pressione di questa industria sull'ambiente è cresciuta. Se guardiamo ai "mini mills", cioè il tipico processo di produzione dell'acciaio che caratterizza il nostro paese ed in particolare il nord, che partendo da rottame attraverso il forno elettrico ed il laminatoio a caldo, produce acciai laminati lunghi quali barre per armature per cemento armato, vergella o profili, esso è apparso negli anni settanta come esempio da imitare al livello mondiale con una capacità tipica di 200.000 ton/anno ora si attesta su produzioni dell'ordine del milione di ton/anno.

In questo periodo è cresciuta parallelamente la sensibilità ambientale di tutta la società. È esperienza di ognuno di noi come sia aumentata l'attenzione verso l'inquinamento di aria, acqua, suolo, rumore, il consumo di risorse naturali e la consapevolezza della loro limitata disponibilità.

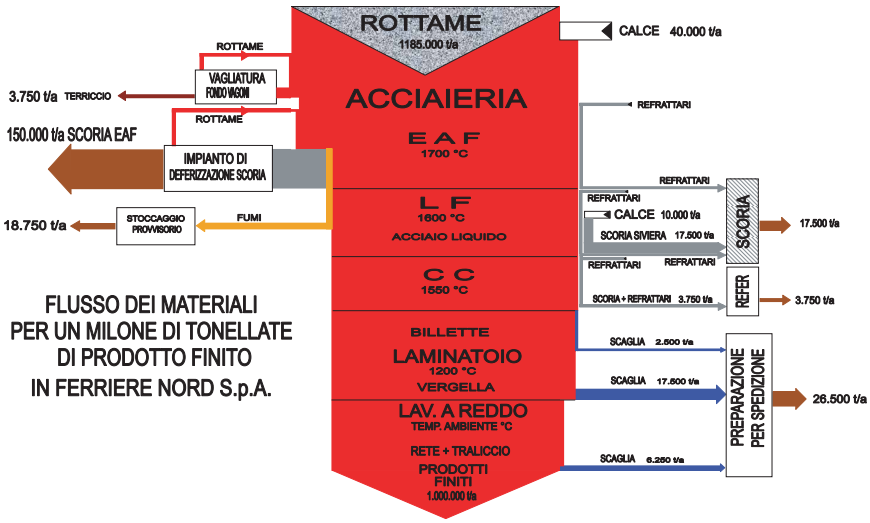
Anche la legislazione ambientale ha seguito questo trend; all'inizio degli anni 80 comparivano le prime norme relative all'ambiente. È seguita, in progressione tumultuosa, la pubblicazione di norme relative all'ambiente che hanno posto limiti sempre più ristretti all'inquinamento ed al consumo di risorse naturali.

Le due tendenze sopra descritte appaiono a molti inconciliabili: aumentare la produzione cioè il consumo di risorse naturali e la produzione di rifiuti e di inquinamento è in contraddizione con limiti ambientali sempre più stretti.

È necessaria una impostazione diversa: una industria non può più rispondere a soli portatori di interessi economici (proprietà, azionisti, banche), se vuole sopravvivere, deve tener conto anche di portatori di interesse ambientali (organizzazioni ambientali, comunità locali, autorità pubbliche locali, regionali, statali, sopranazionali) e sociali (sindacati, comunità locali, scuola,

autorità pubbliche). La sopravvivenza di una industria in un territorio dipende dalla sua capacità di rispondere a tutti questi portatori di interesse.

In particolare per quanto riguarda i materiali è necessario cambiare il paradigma guida che sta alla base del processo di produzione: da sistema aperto orientato al prodotto a sistema chiuso che considera tutti i materiali e le energie utilizzate in un contesto generale finito. La prima impostazione si regge sull'ipotesi che le materie prime, l'energia, il territorio, la disponibilità di discariche etc siano variabili caratterizzate da disponibilità infinita. La seconda considera l'ambiente in cui si opera un sistema chiuso e quindi parte dall'ipotesi che la disponibilità di risorse è limitata.



Flusso dei materiali in Ferriere Nord all'inizio del progetto Zero Waste.

Con queste considerazioni sulla sostenibilità del processo di produzione dell'acciaio come premessa, l'azienda in cui opero , all'inizio degli anni 90, si è impegnata per un obiettivo ambizioso almeno nel titolo: "Zero Waste". Il principio base di tale progetto è che nella produzione di acciaio non si devono generare rifiuti: tutti i materiali che interagiscono nel processo devono essere "rivalutati" considerando da una parte la loro funzione, e dall'altra le loro caratteristiche per esaminare se possono essere impiegati in qualche altro processo.

Questo principio è tanto più interessate tanto maggiori sono le quantità in gioco. In effetti questa "rivalutazione" dei materiali è possibile ed ha una giustificazione economica solo se si oltrepassa una massa critica che va studiata da caso a caso. L'aumento delle quantità prodotte non è più una "contraddizione" con la sostenibilità del processo, ma può rappresentare l'apertura verso nuove opportunità.

In questo articolo illustrerò l'esperienza che ho potuto fare in questo settore. Se le condizioni locali sono diverse da quelle da me sperimentate, con la stessa impostazione certamente sono possibili altre soluzioni.

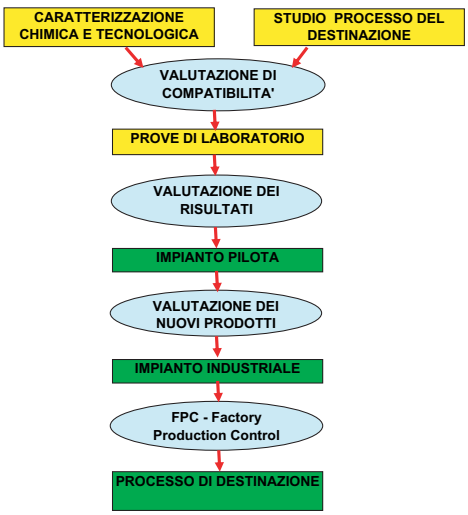
Il processo di produzione della acciaieria elettrica di Ferriere Nord parte dal rottame e produce billette per poi trasformarle attraverso due laminatoi a caldo in barre, rotoli e vergella. Nel nostro processo i prodotti laminati a caldo vengono ulteriormente verticalizzati principalmente con la produzione di reti o tralicci elettrosaldati.

Nel flow sheet viene illustrato il flusso dei materiali. Per ottenere 1000 di prodotto finito si parte da 1185 di rottame e 40 di calce ed una quantità minore di refrattari. Con la visione tradizionale la differenza tra materiali in ingresso ed in uscita è una perdita che si deve minimizzare. I materiali costituenti le perdite sono un "fastidio" al quale è necessario dare una soluzione. In passato la ricerca di soluzioni era meno critica e meno vincolata anche grazie alle minori quantità in gioco. Inizialmente si accumulavano, ora date le quantità ed i vincoli normativi si è obbligati a soluzioni ecocompatibili come la discarica.

Come si vede in ordine decrescente di quantità, i materiali sono la scoria proveniente dal forno elettrico, la scoria proveniente dal forno siviera, le polveri di abbattimento fumi, la scaglia ed i refrattari.

Progetto "zero waste"

Questi materiali non devono essere più considerati rifiuti. Siamo partiti da una loro attenta caratterizzazione. Abbiamo quindi ipotizzato un processo che potrebbe essere interessato ad utilizzarli. Abbiamo percorso tutte le fasi necessarie, dalle prove in laboratorio alla scala pilota, alla produzione su scala industriale, alla produzione definitiva considerando tutti gli aspetti tipici dei prodotti come il controllo qualità, la commercializzazione. Tutte le fasi sono state percorse assieme all'utilizzatore finale perché è indispensabile avere sempre presente l'indirizzo al potenziale mercato.



Progetto Zero Waste: valorizzazione dei materiali.

Scoria EAF

Un materiale del quale ci siamo occupati è stata la scoria proveniente dal forno elettrico. Questo materiale è stato usa-

Analisi chimica scoria forno

FeO %	MnO %	SiO2 %	Al2O3 %	CaO %	MgO %	P2O5 %	S %	Cr2O3 %	TiO2 %
38,4	5,1	13,7	5,3	30,2	2,6	0,7	0,1	0,9	0,4

Pezzatura	Indice di forma	Indice di appiattimento	Los Angeles	C.L.A.
4 - 8 mm	0,29	1,5 - 4,0	13 - 16	0,55 - 0,65
8 - 12 mm		2,5 - 3,0		

to in passato con vicende alterne per riempimenti o per rilevati, spesso è stato inviato in discarica, in altri paesi europei ci sono stati degli utilizzi negli asfalti. La quantità è notevole (15% dell'acciaio prodotto).

Scoria forno esce liquida a 1600°C.

L'analisi e le prove tecnologiche fatte ci hanno indicato che eravamo in presenza di un materiale molto "duro" ed interessante per l'uso nelle pavimentazioni stradali. Assieme ad Autovie Venete (gestore della rete autostradale regionale) a CRS (Laboratorio di Ricerche Stradali collegato ad Autovie Venete) ad ACCO (una impresa di costruzioni stradali e a Demolizioni Industriali (un'impresa specializzata nell'handling delle scorie di acciaieria) abbiamo iniziato un percorso di ricerca e di prove (laboratorio1992, scala pilota 1995) che hanno portato alla messa a punto di un impianto pilota per la produzione di granella HD. Questo è il nome che abbiamo dato a questo nuovo prodotto di Ferriere Nord.

L'impianto pilota (1998) ci ha consentito di consolidare l'uso sul mercato: da quella data la maggior parte dei manti drenanti di Autovie Venete è stata realizzata con il nostro materiale in sostituzione del basalto o del porfido di origine naturale. Anche l'ANAS ed alcune amministrazioni provinciali lo hanno impiegato soprattutto in condizioni severe, ad esempio dove era necessario disporre di un materiale che assicurasse aderenza come le curve esposte a nord. Nel 2004 abbiamo costruito l'impianto definitivo in grado di trattare tutta la scoria EAF prodotta da Ferriere Nord. Nel 2005 il materiale è stato certificato viene venduto con il marchio CE previsto dalla Direttiva sui Prodotti per Costruzione.

GranellaHD: sezione, in alto lo strato di usura drenante.

GranellaHD: stesura del manto stradale.

GRANELLA HD, impianto di produzione industriale definitivo.

colabeton

il futuro del calcestruzzo

servizio tempestivo

assistenza in cantiere

sistema qualità

ricerca e sviluppo

L'ArteGrafica

Ampliamento del G.R.A._Roma

Direzione Generale
via della Vittorina 60, Gubbio (Pg)
t.+39 075 92401
f.+39 075 9273965

Numero Verde
800-102102

www.colabeton.it
info@colabeton.it

Colabeton progetta, realizza e distribuisce calcestruzzi durabili a prestazione garantita e una vasta gamma di prodotti speciali.

Oltre 150 impianti di betonaggio completamente informatizzati distribuiti su tutto il territorio nazionale.

Una capillare rete commerciale integrata dai laboratori di area per la ricerca e lo sviluppo dei prodotti con un servizio tecnologico centrale che è punta avanzata e base dell'innovazione tecnologica.

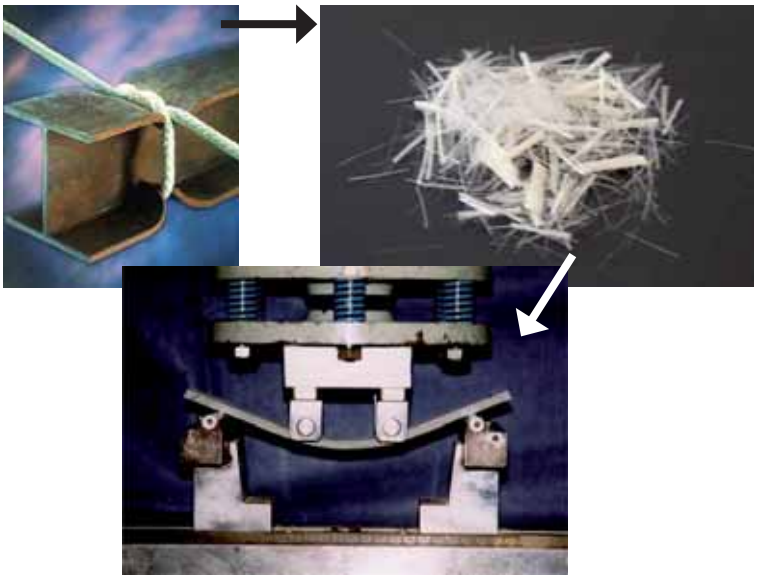
Tra i leader del calcestruzzo in Italia c'è Colabeton.

FIB-energy®

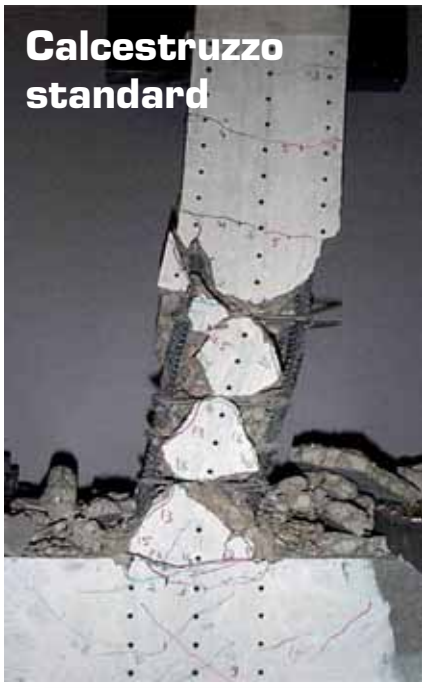
technology

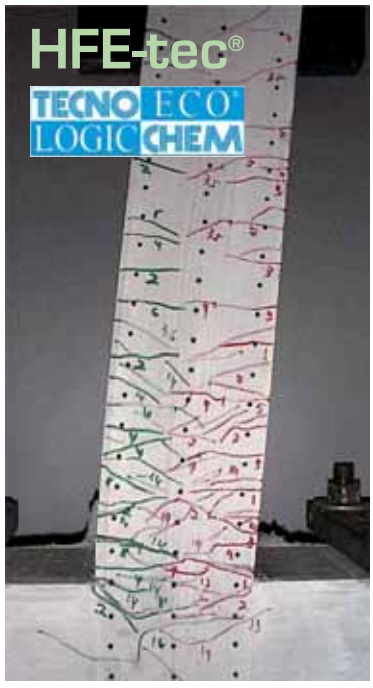
Fibre polimeriche con elevatissimi valori di:

- modulo elastico
- resistenza a trazione
- adesione alla speciale matrice cementizia



Un esempio di utilizzo: nodi strutturali per strutture antisismiche





TECNOCHEM® ITALIANA SpA TECNO ECO LOGIC CHEM

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