

# In Concreto

Costruire in calcestruzzo

Con il patrocinio di ATECAP

“Il fatto di poter creare pietre fuse di qualunque forma, superiori alle naturali, perché capaci di resistere a tensioni, ha in sé qualcosa di magico”.

Prof. Ing. Pier Luigi Nervi

# In **Concreto**

Costruire in calcestruzzo

129 | 2015



ISSN 2039-1218

Con il patrocinio di



**PRIMO  
PIANO**

## COSTRUTTORE EDILE: i nuovi requisiti tecnico-professionali

*Secondo un disegno di legge allo studio delle Commissioni Lavori Pubblici e Industria, del Senato, saranno necessari dei nuovi requisiti minimi di carattere tecnico professionale per fare il costruttore e operare nel settore edile.*



I requisiti verranno valutati al momento dell'iscrizione dell'impresa nella sezione speciale per l'edilizia, e andranno a valutare tre ambiti dell'organizzazione aziendale: l'idoneità del costruttore (ovvero del titolare dell'attività), la figura indicata come responsabile tecnico e le caratteristiche dell'impresa. Riguardo a quest'ultimo punto si andrà a verificare la disponibilità di attrezzature conformi al Testo unico sulla sicurezza sul lavoro (D.lgs. 81/2008) il cui valore non potrà essere inferiore a 15 mila euro o 7.500 euro per le imprese che operano nel settore dei lavori di completamento, delle manutenzioni ordinarie e delle finiture. Riguardo ai requisiti del costruttore, il titolare dell'impresa dovrà risultare libero da procedimenti

pendenti per la violazione delle leggi antimafia o condanne per ricettazione, riciclaggio, emissione di assegni a vuoto, insolvenza fraudolenta e bancarotta. Infine il punto più interessante, ovvero l'obbligo di indicare un responsabile tecnico che risponda a precise caratteristiche professionali e morali. La persona indicata dall'azienda non dovrà infatti essere mai stata condannata per la violazione delle norme in materia di lavoro, previdenza, prevenzione e sicurezza sui luoghi di lavoro, rifiuti, ricerche archeologiche, autorizzazioni per gli interventi sui beni paesaggistici, permesso di costruire e lottizzazione abusiva. A questo si aggiungono precise caratteristiche di competenza professionale che il decreto in esame in questi giorni mira a rendere definitive. In particolare si ricorda la necessità a rispondere ad almeno uno dei seguenti requisiti:

- iscrizione all'ordine professionale degli ingegneri o degli architetti o al collegio dei periti industriali e dei periti industriali laureati con specializzazione edilizia o al collegio dei geometri con esercizio della professione da almeno due anni; ... *...continua*

### Sistema PENETRON ADMIX

**La capacità "attiva nel tempo" di autocicatizzazione veicolo umidità nelle strutture interrate o idrauliche**

Penetron ADMIX affronta la sfida con l'acqua prima che diventi un problema, riducendo drasticamente la permeabilità del calcestruzzo e aumentando la sua durabilità "fin dal principio". Scegliere il "Sistema Penetron ADMIX" significa concepire la "vasca strutturale impermeabile" in calcestruzzo, senza ulteriori trattamenti esterni-superficiali, ottenendo così molteplici benefici nella flessibilità e programmazione di cantiere.

(\*) Visione al microscopio elettronico della crescita cristallina all'interno di una fessurazione del calcestruzzo additivato con Penetron Admix

ISO 9001:2000

TUV Rheinland  
of North America, Inc.

CE NSF BASTA

**PENETRON**  
INTEGRAL CAPILLARY CONCRETE WATERPROOFING SYSTEMS

**Penetron Italia**  
Distributore esclusivo del sistema Penetron®

Via Italia 2/b - 10093 Collegno (TO)  
Tel. +39 011.7740744 - Fax +39 011.7504341  
Info@penetron.it - www.penetron.it

**Sistema  
PENETRON®**

## APPROFONDIMENTO

### Il contributo italiano al congresso ERMCO

Si è conclusa venerdì 5 giugno ad Istanbul la Due Giorni del XVII Congresso Ermco (l'Associazione europea del calcestruzzo preconfezionato di cui fa parte anche l'Atecap insieme all'Ance). La partecipazione dell'Atecap ai lavori è stata l'occasione per condividere esperienze nazionali e per confrontarsi con operatori provenienti da realtà in alcuni casi molto diverse sia a livello europeo che internazionale.



Il tema sul quale si è concentrata maggiormente l'attenzione è stato quello della sostenibilità che sembra essere il principale motore dell'innovazione nel settore. In questo filone si è inserito anche uno dei due interventi associativi dedicato allo studio LCA (Life Cycle Assessment) che l'Atecap ha affidato all'Università Federico II di Napoli. La pavimentazione in calcestruzzo recentemente realizzata nelle gallerie del Maxilotto 1 del Quadrilatero Umbria-Marche è stata, invece, l'oggetto del secondo contributo dell'Atecap. Con i due documenti **“Life Cycle Assessment (LCA) of residential buildings: a comparison between reinforced**

**concrete, steel and wood structures”** e **“Concrete pavements in tunnels: a sustainable choice”** l'Atecap ha rappresentato l'esperienza italiana nel mercato del calcestruzzo preconfezionato. Nel primo caso l'attenzione è stata **catturata soprattutto dall'elemento di novità e dai positivi risultati a supporto delle caratteristiche di sostenibilità del calcestruzzo.**

Per ciò che riguarda la pavimentazione in calcestruzzo in galleria **le riflessioni si sono soffermate sulla potenziale ricaduta di mercato di una soluzione ancora poco diffusa in molti Paesi europei.** A dare voce all'Associazione sono stati i due **Consiglieri Marco Borroni e Giuseppe Marchese** che hanno illustrato rispettivamente lo studio LCA e l'esperienza del Quadrilatero.

Molti altri spunti interessanti sono emersi nel corso dell'evento che ha visto susseguirsi innumerevoli interventi sia da parte dei membri dell'Ermco che dei rappresentanti dei Paesi extra-europei invitati.

*...continua*

Non produciamo lampadine...  
generiamo energia, idee, soluzioni, innovazione.

**TB Tecno-Beton**  
Impianti di Dosaggio e Betonaggio

[www.tecno-beton.it](http://www.tecno-beton.it)

Via Enrico Fermi, 6A, 6B, 9 - 24040 ARCENE (BG) ITALY - Tel. +39 035 419 3100 - [info@tecno-beton.it](mailto:info@tecno-beton.it)

## ARCHITETTURA

### Un Learning Hub futuristico su 12 torri coniche

Alessandra Tonti

*Presso la Nanyang Technological University (NTU), il Learning Hub, disegnato da Heatherwick Studio e costruito da CPG Consultants, è un nuovo punto di riferimento educativo per Singapore.*

Il Learning Hub presso la NTU di Singapore è parte di un più ampio piano di riqualificazione del campus.

**L'edificio all'avanguardia è un importante centro per lo studio, l'incontro e il networking per i 33.000 studenti dell'Università.**

Il design innovativo si allontana dalla tradizionale idea di un edificio scolastico che ha lunghi corridoi e aule scato-lari. L'intento era quello di sorprendere con un disegno lungimirante che ha preso in considerazione modi nuovi e



contemporanei di insegnamento e di apprendimento.

**Con l'avvento del digitale, l'apprendimento può avvenire quasi ovunque, e la funzione più importante di questo nuovo edificio universitario è stato quello di essere un luogo dove studenti e professori di varie discipline potessero incontrarsi e interagire tra loro.** In risposta a questo, Heatherwick si è avvicinato all'idea con una struttura che combina entrambi gli spazi sociali e di apprendimento per creare un ambiente più favorevole alla dinamica di interazione casuale e fortuita tra studenti e professori.

**Dodici torri coniche, ognuna concepita come una pila di aule studio arrotondate, assottigliate verso l'interno della base, che si estende attorno a un atrio pubblico centrale per fornire 56 aule senza spigoli o evidenti spazi fronte/retro.** Lo spazio condiviso dell'atrio, intervallato da spazi aperti e terrazze giardino, **permette agli studenti di essere collegati visivamente anche mentre lasciano lo spazio o si attardano, o si riuniscono o**

**fanno una pausa.** Il professor Kam Chan Hin, Rettore dell' NTU, ha dichiarato: "Il nuovo Hub Learning offre un mix emozionante di apprendimento, comunità e spazi ricreativi per gli studenti, professori e ricercatori della NTU di varie discipline per incontrarsi e interagire. Portando insieme le persone e le loro idee, NTU può innescare future innovazioni e nuove conoscenze che avvengono sempre all'incrocio delle varie discipline."

Thomas Heatherwick di Heatherwick Studio ha detto: "Questo grande e nuovo edificio, il primo in Asia di Heatherwick Studio, ci ha offerto una straordinaria occasione per ripensare la costruzione dell'università tradizionale. Nell'era dell'informazione la merce più importante in un campus è lo spazio sociale per incontrarsi e imbattersi imparando gli uni dagli altri. Il Learning Hub è un insieme di torri di calcestruzzo gettato in opera che circondano uno spazio centrale che accomuna tutti, intervallato da nicchie, balconi e giardini per un apprendimento collaborativo informale. *...continua*



## EAST HOUSE: una casa costiera che "si sposta"

Alessandra Tonti



Lo studio di Boston **Peter Rose & Partners** ha progettato una casa immersa nella costa occidentale dell'isola di Martha's Vineyard, soggetta a erosione, che può essere spostata qualora la stabilità della scogliera dovesse comprometersi. **Il progetto ha vinto il 2015 Residential Architect Design Awards, nella categoria 2015 Award - Custom/Over 3,000 Square Feet.**

La giuria ha così commentato il premio: *"In caso di bisogno si sposta la casa, i moduli in calcestruzzo possono essere smontati e trasferiti. Ma soprattutto è ben rifinita."* - **Betsy Williamson.**

Immersa tra gli arbusti nativi della costa dell'isola di Martha's Vineyard (Massachusetts), la facciata in calcestruzzo faccia a vista di East House accoglie i viticci dei vigneti costieri, fornendo al

contempo un volto robusto alle condizioni climatiche caratteristiche della costa del New England. **Le spesse pareti in calcestruzzo da 25 cm** sono state gettate in una **serie di casseformi scatolari, alleggerite dai telai delle finestre in legno di cedro spagnolo ecosostenibile, e orientate per dare risposte sia tenui che drammatiche al paesaggio.**

Durante la progettazione, uno studio commissionato ha rivelato **un alto tasso di erosione costiera sulla scogliera che ha messo sia il cliente sia l'architetto estremamente a disagio per decidere la collocazione esatta della residenza.** La soluzione è stata quella di gettare le platee, fino ad allora tutte fatte in legno, in calcestruzzo, rendendo ogni scatola un'unità strutturale

di quattro o sei lati che poteva essere sollevata e spostata in una posizione lontana dalla scogliera nel caso dovesse accentuarsi l'erosione. La casa di 370 m<sup>2</sup> viene così divisa in scatole di calcestruzzo, **sollevabili individualmente con tutte le finiture interne già posizionate, e i corridoi interstiziali, zone intelaiate con legno leggero, che possono essere facilmente rimossi e ricostruiti nel caso in cui l'edificio venisse spostato.**

Ogni scatola ha i lati verso l'esterno in calcestruzzo grezzo, mentre internamente è rivestita da pavimenti in pietra e pareti fasciate da assi di cedro dell'Alaska e d'abete Douglas, delicate al tatto ma estremamente durevoli nelle dure condizioni costiere.

...continua



FILLER CALCAREO NICEM  
NEL TUO CALCESTRUZZO

per un risultato che è un'opera d'arte

**NICEM**  
Via Nazionale 1 24060 Casazza, Bergamo - info@nicemsrl.it

SCEGLI IL FILLER CALCAREO **NICEM**

La società NICEM, presente ormai da 40 anni nel settore dell'estrazione, si pone tra i primi produttori di carbonato di calcio a livello nazionale, sia per l'alto grado di tecnologia adottato sia per la vastissima gamma di prodotti proposti.

Il carbonato di calcio della NICEM Srl, non è un comune "filler", ma un prodotto di altissima qualità studiato con lo scopo di offrire ad un mercato sempre più in evoluzione alternative adatte, non solo al miglioramento delle realizzazioni, ma anche con uno sguardo al contenimento dei prezzi.

www.nicemsrl.it / tel: +39 035 810069

VANTAGGI DEL FILLER CALCAREO NICEM

- ✓ mantenimento delle resistenze
- ✓ riduzione delle micro porosità
- ✓ migliore adesione degli aggregati
- ✓ maggiore lavorabilità
- ✓ ottimi risultati di faccia a vista

## Calcestruzzi estetici per la Fondazione Prada a Milano

Alessandra Tonti

**Caratterizzata da un'articolata configurazione architettonica che combina sette edifici preesistenti a tre nuove costruzioni (Podium, Cinema e Torre), la nuova sede è il risultato della trasformazione di una distilleria risalente agli anni Dieci del Novecento.**



Il progetto architettonico sviluppato dallo studio **OMA**, guidato da **Rem Koolhaas**, espande il repertorio delle tipologie spaziali in cui l'arte può essere esposta e condivisa con il pubblico. Nel progetto di OMA coesistono quindi due dimensioni: l'opera di conservazione e l'ideazione di una nuova architettura che, pur rimanendo distinte, si confrontano in un processo di continua interazione. Ne è nato un campus di spazi post-industriali e nuovi, con un'alternanza di apertura e intimità in cui i cortili offrono alla cittadinanza uno spazio pubblico comune.

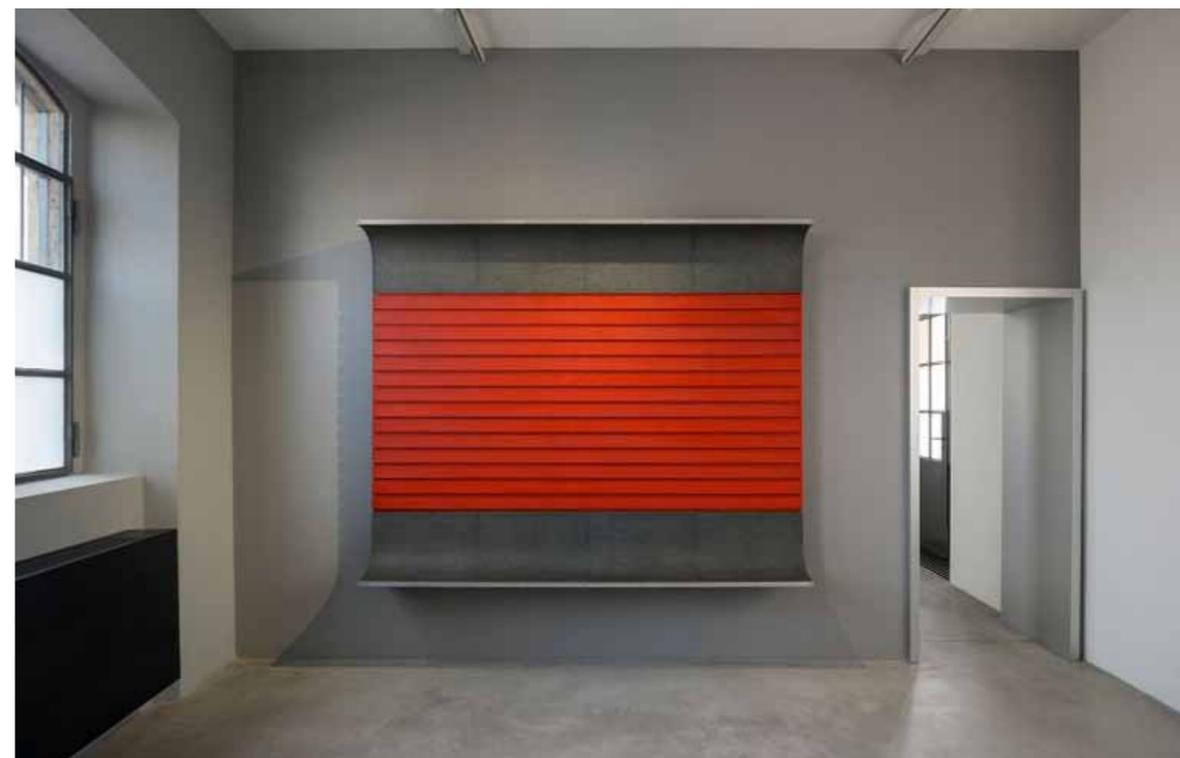
La ricchezza e la varietà degli spazi incoraggerà a reagire alle sollecitazioni culturali in modo rapido e spontaneo. Situato in Largo Isarco, nella zona sud di Milano, il complesso si sviluppa su una superficie totale di 19.000 m<sup>2</sup>, di cui 12.300 m<sup>2</sup> come Area aperta al pubblico: la Torre, in via di completamento, sarà aperta al pubblico in una fase successiva. OMA è uno studio internazionale d'architettura, urbanistica e analisi culturale.

**I progetti di OMA nel mondo sono finalizzati alla creazione di strutture intelligenti capaci di esplorare nuove**

**possibilità in termini di contenuti e funzionalità.** Gli edifici progettati da OMA e attualmente in costruzione includono: *Garage Museum of Contemporary Art di Mosca, Taipei Performing Arts Centre, Qatar National Library, Qatar Foundation Headquarters, Bibliothèque Multimédia à Vocation Régionale di Caen, Bryghusprojektet a Copenaghen, Musée National des Beaux-Arts du Québec e il Faena Arts Center di Miami.*

**“Il progetto della Fondazione Prada non è un'opera di conservazione e nemmeno l'ideazione di una nuova architettura.**

*Queste due dimensioni coesistono, pur rimanendo distinte, e si confrontano reciprocamente in un processo di continua interazione, quasi fossero*



*frammenti destinati a non formare mai un'immagine unica e definita, in cui un elemento prevale sugli altri. Vecchio e nuovo, orizzontale e verticale, ampio e stretto, bianco e nero, aperto e chiuso: questi contrasti stabiliscono la varietà di opposizioni che descrive la natura della nuova Fondazione. Introducendo numerose variabili spaziali, la complessità del progetto architettonico contribuisce allo sviluppo di una programmazione culturale aperta e in costante evoluzione, nella quale sia l'arte che l'architettura trarranno beneficio dalle loro reciproche sfide.”* **Rem Koolhaas**

La brillantezza di alcuni elementi architettonici è ottenuta grazie ai cementi bianchi Italcementi miscelati con l'aggiunta di aggregati bianchi di Carrara.

...continua

**BETOCARB®**  
I nostri minerali al vostro servizio

**Soluzioni innovative a problemi complessi**

Omya è un produttore globale di carbonato di calcio. Con oltre 120 anni di esperienza nell'estrazione di minerali e nella produzione, la competenza di Omya nel campo del carbonato di calcio ultrafine e del suo utilizzo in applicazioni pratiche non ha uguali. Il Servizio Tecnologia Applicata di Omya vi aiuterà a incrementare la vostra performance. Sappiamo capire le vostre esigenze. In tutto il mondo. [www.omya.com](http://www.omya.com)

Omya Spa - Via A. Cechov, 48 - 20151 Milano  
Tel. 02/380831 fax 02/38083701

**PROGETTAZIONE****Analisi strutturale di edifici esistenti in c.a.:  
valutazione critica delle prescrizioni***Mauro Mezzina, Francesco Porco, Giacomo Alicino - Dicatech, Politecnico di Bari***Sommario**

Il problema della sicurezza degli edifici esistenti è di notevole importanza, se si pensa all'elevato livello di vulnerabilità, anche sismica, e al valore storico, architettonico ed artistico che caratterizzano gran parte del patrimonio esistente. **Aspetto rilevante nella risposta sismica delle strutture è la regolarità strutturale**, sia in pianta sia in elevazione. La regolarità strutturale ed una buona organizzazione del sistema strutturale consentono di "predire", in un certo senso, il comportamento di una struttura sotto un dato campo di azioni e sollecitazioni. **Per le strutture regolari, inoltre, diventa più affidabile poter impegnare le risorse duttili e la capacità dissipativa globale. Tuttavia, nella gran parte del patrimonio esistente, progettato e realizzato con criteri non sismici, difficilmente si riescono a trovare caratteri di regolarità auspicati per i suddetti scopi.** Con questi presupposti è di notevole interesse lo studio di metodologie di analisi semplici e semplificate, facili da eseguire e da controllare (come le analisi statiche non lineari), che risultino affidabili al pari di

analisi ben più sofisticate e più "realistiche" (analisi time history).

Il presente lavoro offre un confronto tra i risultati ottenuti da analisi statiche non lineari (push – over) ad un solo modo di vibrare, analisi statiche non lineari multimodali (MPA) ed analisi dinamiche non lineari del tipo time history (TH), riferite a reali casi di studio, scuole esistenti nella provincia di Foggia.

**Introduzione**

Il tema della sicurezza degli edifici esistenti assume notevole interesse, se si pensa all'elevato livello di vulnerabilità, anche sismica, e al valore storico, architettonico ed artistico che caratterizzano gran parte del patrimonio esistente. Risulta difficile generalizzare i metodi di analisi, di verifica e i successivi interventi strutturali, a causa della notevole variabilità delle tipologie costruttive, dei materiali e delle forme.

**Il procedimento di valutazione della sicurezza degli edifici esistenti, in accordo all'EC8 – 3 [12] e al D.M. 14/01/2008 [9], presuppone una serie di attività preliminari, mirate all'acquisizione di un livello di co-**

**noscenza dell'edificio, indispensabile per poter eseguire analisi anche in campo sismico. L'avvicinamento alla conoscenza di un manufatto segue una logica per gradi successivi di approfondimento. Fasi determinanti in questo senso sono: la ricerca di documentazione storica, l'acquisizione di un rilievo geometrico – strutturale, la caratterizzazione meccanica dei materiali e la individuazione dei diversi meccanismi di crisi attivabili.** Determinante può diventare anche il ruolo di elementi non dichiaratamente strutturali ma che, in caso di sisma, potrebbero condizionare la risposta strutturale. Si faccia riferimento, ad esempio, alle tamponature ed alle tramezzature [4], [5], [6], [7], [8] che, inserite all'interno di maglie di telai in c.a. e dotate di una consistente rigidezza nel proprio piano, quanto più sono distribuite in maniera irregolare, tanto più possono portare a sperequazioni di irrigidimento locale elevato, capace di minare le risorse duttili dell'intero sistema strutturale.

Nello studio della risposta sismica assume un ruolo importante anche la **valutazione della rigidezza membranale degli impalcati.** Differenze sensibili si riscontrano [25], infatti, a seconda che l'impalcato possa essere considerato come una membrana infinitamente rigida nel proprio piano oppure dotata di una rigidezza estensionale finita. Gli effetti relativi agli elementi non strutturali e alla rigidezza membranale di impalcato, per i casi affrontati in questo lavoro, saranno sviluppati in lavori successivi.

**La regolarità strutturale e la buona organizzazione del sistema struttura-**

**le consentono di "predire" il comportamento di una struttura in un dato campo di azioni e sollecitazioni.**

Per le strutture regolari, inoltre, diventa più affidabile poter contare sulle effettive risorse duttili e su una maggiore capacità dissipativa globale. Le Norme consentono degli "sconti" in termini di azioni e di analisi, specie in campo sismico, che si tramutano anche in vantaggi economici rilevanti. Tuttavia, in gran parte del patrimonio esistente, progettato e realizzato con criteri non sismici, difficilmente si riescono a trovare spiccati caratteri di regolarità.

Per poter raffinare il tipo di analisi che si vuole condurre, si deve disporre necessariamente di un elevato grado di affidabilità nella conoscenza e nella modellazione dei legami costitutivi dei materiali [1], [2], [3]. **Analisi raffinatissime, come le analisi dinamiche non lineari del tipo time history (TH), richiedono, inoltre, l'introduzione di gruppi di accelerogrammi la cui selezione non è sempre spedita.**

**Per ovviare alle difficoltà esposte, si fa ricorso a metodologie di analisi che, sebbene semplificate, siano semplici da eseguire, facili da controllare e affidabili al pari di analisi più sofisticate.**

La procedura adoperata nel presente lavoro consiste in un'analisi statica non lineare (pushover) nella quale viene considerato non solo il modo di vibrare fondamentale (come per le pushovermonomodali, consentite dalla Normativa [9], [11]), ma anche il contributo dei modi di vibrare superiori (pushover multimodale, MPA), in numero sufficiente a garantire la quasi totalità della partecipazione di massa vibrante. ▶

Considerando il contributo dei modi superiori è possibile valutare l'influenza che questi possono avere nella risposta sismica globale. Considerando, invece, solo il modo principale si potrebbe sottostimare la capacità resistente e/o duttile.

Una simile procedura ben si presta per strutture irregolari in pianta e/o in elevazione.

La affidabilità di tale procedura viene testata mediante un diretto confronto tra le curve di capacità MPA e i risultati di analisi dinamiche non lineari del tipo time history (TH) relative a reali casi di studio.

## Regolarità strutturale e metodi di analisi

Le Norme Tecniche per le Costruzioni [9] definiscono le condizioni necessarie affinché un edificio possa ritenersi regolare in pianta ed in altezza.

In particolare **una costruzione è regolare in pianta se tutte le seguenti condizioni sono rispettate:**

- la **configurazione in pianta è compatta e approssimativamente simmetrica rispetto a due direzioni ortogonali**, in relazione alla distribuzione di masse e rigidità (Fig. 1);
- **il rapporto tra i lati di un rettangolo**

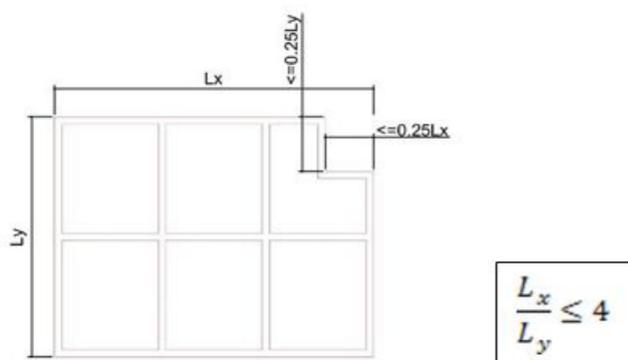


Figura 1 – Criteri di regolarità ai sensi di Norma [9], [11]

**in cui la costruzione risulta inscritta è inferiore a 4** (Fig. 1);

- **nessuna dimensione di eventuali rientri o sporgenze supera il 25%** della dimensione totale della costruzione nella corrispondente direzione;
- **gli orizzontamenti possono essere considerati infinitamente rigidi** nel loro piano rispetto agli elementi verticali e sufficientemente resistenti.

Altre indicazioni al riguardo vengono fornite dall'EC8 [11], secondo cui un edificio risulta regolare in pianta se sono soddisfatte le seguenti condizioni:

- la struttura dell'edificio deve essere approssimativamente simmetrica in pianta rispetto a due assi ortogonali in relazione alla distribuzione della rigidità laterale e della massa;
- la configurazione della pianta deve essere compatta, cioè ogni impalcato deve essere delimitato da una linea convessa poligonale. Se sono presenti arretramenti in pianta (angoli rientranti o rientranze ai bordi), la regolarità in pianta può ancora essere considerata soddisfatta, a patto che queste rientranze non influenzino la rigidità in pianta del piano e che, per ogni rientranza, l'area tra il perimetro del piano e una linea poligonale convessa che racchiude il piano non superi il 5% dell'area del piano;
- la rigidità in pianta degli impalcati deve essere sufficientemente grande rispetto alla rigidità laterale degli elementi strutturali verticali, in modo che la deformazione dell'impalcato abbia un effetto piccolo sulla distribuzione delle forze tra gli elementi strutturali verticali.

...continua

## Bellezza.

PALAZZO ITALIA

Ogni creazione è il frutto della mediazione tra la libertà di un'idea e il vincolo della materia. Ma ci sono materiali che creano da sé le proprie forme. Come il cemento biodinamico di Italcementi che ha dato vita a **Palazzo Italia a Expo 2015**. Una struttura che evoca una foresta, composta da elementi dalle forme così complesse che solo la straordinaria plasticità di **i.active BIODYNAMIC** ne ha reso possibile la realizzazione. Quello che Pier Luigi Nervi definiva **"Il più bel materiale che l'umanità abbia mai inventato"** ha dimostrato che esiste un'estetica della materia, se chi la progetta e la produce accetta la sfida costante della ricerca e dell'innovazione.




www.i-nova.net

## Incamiciatura in calcestruzzo fibro-rinforzato ad elevate prestazioni

Consuelo Beschi, Paolo Riva - Università di Bergamo  
Alberto Meda - Università di Roma, Tor Vergata

### Introduzione

I recenti terremoti (**Abruzzo 2009 ed Emilia Romagna 2012**) hanno drammaticamente dimostrato come **in Italia una vasta parte degli edifici in c.a., progettati per soli carichi gravitazionali, non sia stata in grado di sostenere le azioni sismiche, principalmente a causa di carenze strutturali, quali proprietà scadenti dei materiali, solitamente calcestruzzi con basse resistenze; assenza di qualsiasi principio di Gerarchia delle Resistenze; scarso confinamento nelle zone di potenziale formazione delle cerniere plastiche, tipicamente assenza di armatura trasversale nei nodi; dettagli inadeguati delle armature, come ancoraggi insufficienti, uso di barre lisce con ancoraggi d'estremità a uncino.**

Dall'osservazione degli effetti dei terremoti del passato, è comunemente riconosciuto che i **nodi trave-pilastro rappresentano una regione estremamente critica in strutture soggette a carichi sismici di elevata intensità.** Il comportamento dei nodi influenza la risposta dell'intero sistema strutturale sia in termini di resistenza sia in termini di deformabilità. Tra i meccanismi di collasso si annoverano a livello globale l'esistenza di sistemi a travi/forti-pilastri/deboli, mentre a livello locale si può avere la formazione di meccanismi di

collasso fragili legati a un'inadeguata protezione del pannello nodale, ed in particolare del pannello d'angolo.

Il rinforzo e la valutazione della risposta sismica di strutture esistenti in c.a., progettate prima dell'introduzione di adeguate normative, sono quindi divenuti argomenti di grande attualità in Italia. Negli ultimi decenni differenti tecniche sono state proposte per l'adeguamento sismico di strutture esistenti in c.a. [01, 02, 03].

Relativamente al rinforzo dei pilastri, è possibile adottare incamiciature in c.a. che tuttavia presentano l'inconveniente di essere caratterizzate da spessori superiori a 70-100 mm, dal momento che lo spessore della camicia è governato dal copriferro, con conseguente aumento delle dimensioni delle sezioni e quindi della massa e della rigidità degli elementi, che richiede particolare attenzione con riferimento alla risposta sismica dell'intero sistema strutturale.

Una seconda tipologia è quella che utilizza placcaggi metallici, con una riduzione notevole dei tempi di intervento, ma inconvenienti quali il problema della resistenza al fuoco, della corrosione e non ultimo dell'impatto estetico.

Un'altra tecnica di rinforzo prevede l'uso di fasciature in FRP, offrendo numerosi vantaggi, legati all'elevato rapporto resistenza-peso del materiale, alla resistenza alla corrosione e all'applicazione

relativamente semplice e veloce. Tuttavia, fasciature in FRP risultano utili per aumentare la duttilità, ma non del tutto idonee quando sia richiesto un significativo incremento della resistenza degli elementi.

**Una soluzione alternativa riguarda l'adozione di incamiciature in calcestruzzo fibro-rinforzato ad elevate prestazioni (HPFRC) [04, 05]. Questa tecnica si è dimostrata efficace per il rinforzo di pilastri esistenti in c.a. e nodi trave-pilastro interni [06].**

**La soluzione proposta consiste nel getto attorno all'elemento strutturale di una camicia in HPFRC di spessore contenuto entro i 30-40 mm. Il materiale utilizzato è caratterizzato da comportamento debolmente incrudente a trazione accoppiato ad un'elevata resistenza a compressione e grande capacità deformativa se confrontato con i tradizionali calcestruzzi fibro rinforzati.**

Inoltre, la tecnica di rinforzo proposta si basa sull'adozione di un materiale più simile al calcestruzzo di base rispetto a qualsiasi altra soluzione precedentemente citata, risolvendo il problema della compatibilità tra materiali diversi.

**La presente memoria riporta i risultati di prove cicliche su quattro campioni di nodi trave-pilastro d'angolo in scala reale (due non rinforzati e due rinforzati con incamiciatura in HPFRC).**

### Prove sperimentali

#### Geometria dei campioni e caratteristiche dei materiali Campioni non rinforzati

I campioni non rinforzati (CJ1 e CJ2) sono rappresentativi del nodo d'angolo

del primo livello di una struttura in c.a. di quattro piani progettata secondo le prescrizioni fornite dalle normative nazionali in vigore prima degli anni '70 [07] e suggerite dalla manualistica dell'epoca [08].

I dettagli costruttivi degli elementi sono stati definiti sulla base di un progetto simulato, considerando l'edificio sottoposto ai soli carichi verticali: pilastri soggetti a carico assiale centrato e travi progettate secondo lo schema di trave continua su più appoggi, con armature di congruenza alle estremità.

Le travi sono caratterizzate da sezione 30 x 50 cm, armatura longitudinale realizzata con barre lisce dotate di ancoraggi terminali ad uncino e staffe Ø8 a passo 200 mm.

Il pilastro, di sezione 30 x 30 cm, è armato con quattro barre longitudinali Ø16 con ancoraggio a uncino e staffe Ø6 a passo 150 mm. All'interno del nodo non è stata disposta armatura trasversale in accordo con la pratica costruttiva degli anni '70.

Le caratteristiche geometriche e i dettagli delle armature sono mostrati in Figura 1.

Per quanto riguarda i materiali utilizzati, il calcestruzzo è caratterizzato da una resistenza media a compressione pari a 38.7 MPa, mentre le caratteristiche dell'acciaio delle barre d'armatura sono riassunte in Tabella 1.

Dopo il getto e un periodo di maturazione di un mese, la superficie dei campioni è stata sottoposta a sabbiatura, al fine di ottenere una rugosità pari a 2÷3 mm, sufficiente per garantire l'aderenza tra il calcestruzzo di base e il calcestruzzo della camicia [04] (Fig.2).

Al pilastro è stata quindi applicata una ►

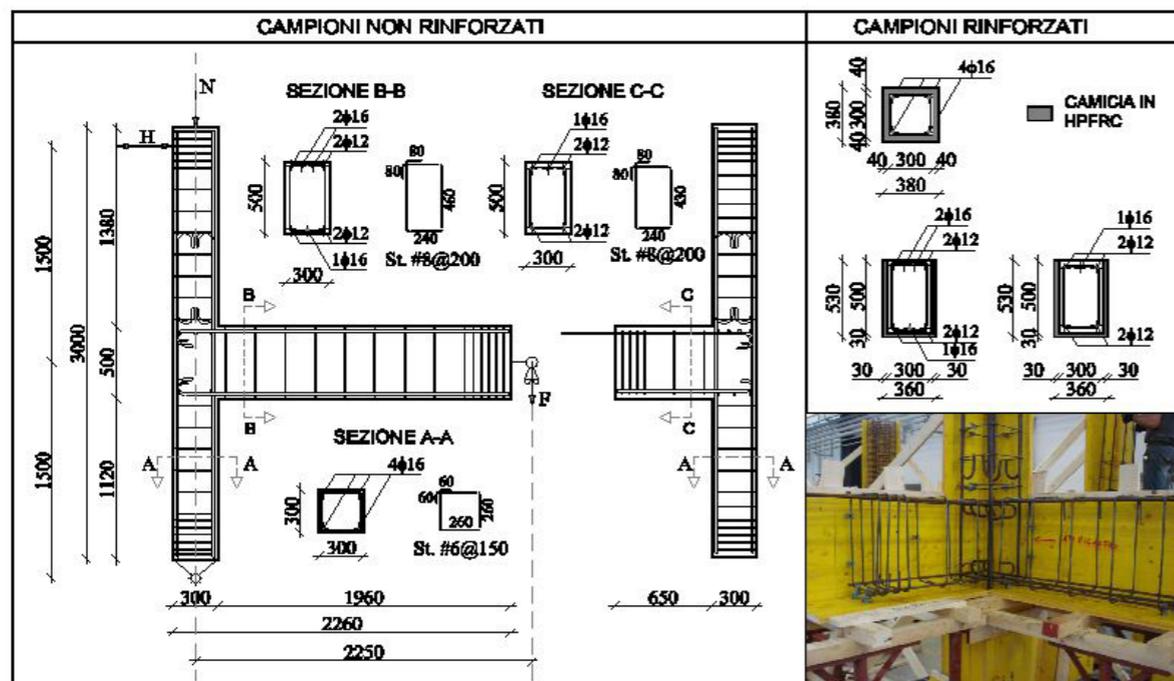


Figura 1. Geometria dei campioni di prova per dettagli delle armature

Tabella1. Caratteristiche dell'acciaio d'armatura

Armatura			
Diametro	Resistenza a snervamento	Resistenza a rottura	Deformazione ultima
	[MPa]	[MPa]	[%]
φ12	365	558	15.91
φ16	445	546	13.66
φ6	493	556	16.14
φ8	337	440	21.03

un'incamiciatura a U di spessore pari a 30 mm. Le caratteristiche meccaniche dell'acciaio d'armatura sono le stesse dei campioni CJ1 e CJ2, mentre il calcestruzzo di base è caratterizzato da una resistenza media a compressione pari a 27 MPa. Le caratteristiche dell'HPFRC sono invece mostrate in Tabella 2. I campioni rinforzati saranno identificati in seguito con le sigle RCJ1 e RCJ2.

...continua



Figura 2. Campione RCJ1 prima e dopo la sabbatura

camicia in HPFRC di 40 mm di spessore, mentre per le travi è stata adottata

Tabella2. Caratteristiche dell'HPFRC

HPFRC			
Matrice cementizia	Resistenza a compressione	Resistenza a trazione	Modulo elastico
	[MPa]	[MPa]	[GPa]
19 gg	99.68	4.8	36
41 gg	112.55	4,8	36
Fibre d'acciaio	Lunghezza equivalente	Diametro equivalente	Volume delle fibre
	[mm]	[mm]	[%]
	15	0.18	1.2



General Admixtures spa (G.A.) nasce nel 2004 per fornire tecnologia e valore all'industria delle costruzioni, attraverso l'Innovazione ed un Approccio di Sistema.

L'azienda è leader di mercato nella Tecnologia del Sistema "Additivi + Ceneri Volanti Micro-Pozz PFA" applicata al calcestruzzo.

Il Sistema composto da Additivi Acrilici specifici e Ceneri Volanti messo a punto dalla G.A. permette di migliorare tutte le prestazioni del calcestruzzo e di ridurne i costi.

Gli Additivi sono quelli delle linee "PR/MIUM" e "GiNIUS, costituiti da superfluidificanti a base acrilica formulati per ottenere le migliori prestazioni in combinazione con le Ceneri Volanti.

La Ceneri Volante è la "MICRO-POZZ PFA", materiale ad elevata capacità pozzolanica, marcata CE secondo le norme UNI EN 450-1 (aggiunta minerale con attività pozzolanica) e UNI EN 12620 (filler).

L'impiego di questi additivi con la Ceneri Volante Micro-Pozz PFA, permette di ottimizzare le miscele di calcestruzzo in termini di costi e prestazioni.

La struttura di G.A. è composta da un "Sistema Logistico di Stoccaggio e di Distribuzione" che rende disponibile la Ceneri Volante Micro-Pozz PFA tutto l'anno e su tutto il territorio nazionale.

G.A. fornisce anche l'assistenza tecnica ed amministrativa per l'utilizzo delle Ceneri e degli Additivi presso i cantieri e le centrali di betonaggio.

G.A. realizza inoltre una vasta gamma di additivi per calcestruzzo preconfezionato e prefabbricato e linee di prodotto specifiche anche per le pavimentazioni industriali.

G.A. fornisce agli Architetti e agli Ingegneri nuove tecnologie per realizzare i loro progetti e, ai Produttori di Calcestruzzo, ai Prefabbricatori ed alle Imprese, prodotti e servizi con un approccio di sistema per rafforzare la loro competitività.



Azienda certificata per la Gestione dei Sistemi Qualità e Ambiente conformi alle norme UNI EN ISO 9001 e 14001

General Admixtures spa  
Via delle Industrie n. 14/16  
31050 Ponzano Veneto (TV)  
ITALY

Tel. + 39 0422 966911  
Fax + 39 0422 969740  
E-mail info@gageneral.com  
Sito www.gageneral.com

## Valutazione sismica di edifici esistenti in c.a. con tamponature: l'influenza della rottura a taglio delle colonne

Aslam Faqeer Mohammad, Marco Faggella, Rosario Gigliotti - Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica, Università La Sapienza  
 Enrico Spacone - Dipartimento di Ingegneria e Geologia, Università "G. D'Annunzio" di Chieti - Pescara

### Sommario

Le tamponature possono influire significativamente sulla risposta sismica di edifici in c.a. di vecchia progettazione. Le osservazioni fatte dopo vari eventi sismici hanno evidenziato modalità di collasso dovute a inadeguate armature a taglio nelle colonne e scarsi dettagli costruttivi nei nodi. Questi aspetti vengono molto spesso trascurati sia in approcci di calcolo lineari che non lineari a causa della complessità della modellazione e del calcolo stesso. Questo lavoro ha l'obiettivo di identificare le conseguenze della presenza di colonne poco resistenti a taglio in edifici a telaio tamponati. A tale scopo vengono analizzate tre differenti configurazioni di telai tamponati usando un modello di tamponatura che coniuga accuratezza e facilità di impiego basato sulla biella equivalente (ASCE41/FEMA356): a) telaio nudo; b) telaio parzialmente tamponato (pilotis); c) telaio uniformemente tamponato. Inoltre, al fine di cogliere la rottura a taglio nelle colonne, il comportamento non lineare a taglio viene aggregato a livello di elemento, e analisi mediante procedure statiche di tipo pushover ed analisi dinamiche non lineari di tipo IDA (Incremental Dynamic

Analysis) vengono condotte a vari livelli di intensità sismica. I risultati mostrano che l'inclusione della rottura a taglio innescata dalle tamponature può causare una significativa perdita di resistenza nelle configurazioni di telaio uniformemente tamponato.

### Introduzione

Prima dell'introduzione di codici progettazione antisismica gran parte delle strutture veniva progettata per soli carichi verticali. Il risultato è che una parte considerevole degli edifici a telaio esistenti presenta dettagli di armatura non adeguati, contribuendo a buona parte del rischio sismico in zone a media e alta pericolosità.

Gli edifici in c.a. di vecchia progettazione e con tamponature presentano una serie di aspetti importanti quali l'interazione tra telaio e pannelli di tamponatura, la presenza di nodi non armati, lo scorrimento delle barre o degli ancoraggi in prossimità dei nodi [1], [2], l'interazione taglio-flessione e flessione-sforzo assiale nelle membrature ed altri effetti, [3], [4], [5], [6]. Tali aspetti possono drasticamente influenzare sia la risposta locale che quella globale, e sono simulati mediante

modelli accurati di strutture e componenti.

Questa ricerca evidenzia l'influenza di tali fenomeni sul comportamento sismico e sulla risposta di telai tamponati con particolare enfasi alla rottura a taglio nelle colonne.

Un fattore comune di scarsa prestazione negli edifici in c.a. tamponati è la presenza del piano debole (Figura 1a) e di colonne tozze poco resistenti a taglio (colonne fragili a taglio) (Figura 1b). Vari eventi sismici di forte intensità hanno mostrato che danni considerevoli e collasso si possono verificare anche in caso di telai uniformemente tamponati con colonne non resistenti a taglio, come è mostrato in Figura 1c e Figura 1d. Vari ricercatori hanno affrontato il problema della considerazione dei meccanismi non lineari di comportamento a taglio nella valutazione delle strutture in c.a., tra cui Takayanaki et al. 1979 [9]; D'Ambrisi and Filippou [10]; Ricles et al. [11]; Pincheira et al. [12]; Braga et al. [13]; Marini e Spacone [14]. Il comportamento derivante da interazione tra flessione inelastica e taglio di colonne soggette a deformazioni cicliche è stato valutato da Lee ed Elnashai [15], Elwood e Moehle 2004 [16], attraverso studi sperimentali considerando le modalità di collasso a taglio delle colonne e proponendo una nuova formulazione per la duttilità di spostamento. Calarec e Dolsek [17] hanno proposto una simulazione approssimata della rottura a taglio delle colonne mediante una

procedura iterativa basata su analisi di pushover per telai tamponati. Nel presente lavoro la rottura locale a taglio delle colonne è simulata mediante una legge nonlineare forza-spostamento assegnata a livello di sezione assieme ad una formulazione classica nonlineare della sezione a fibre [18] per gli effetti assiali e flessionali analogamente alla teoria della trave di Timoshenko [19]. Petrangeli et al. [20] hanno esteso la formulazione di sezioni a fibre sviluppata originariamente per travi di Eulero-Bernoulli ad un modello di sezione di trave di Timoshenko, mediante un approccio più razionale ma al contempo computazionalmente impegnativo. ...continua



Figura 1. Danni ai telai tamponati derivanti da (a) Piano Debole (2009, L'Aquila), (b) presenza di colonne fragili a taglio (2001, terremoto di Atico, riprodotto da Ayhan Irfanoglu et al 2009, [7]), (c) (d) colonne fragili a taglio interne ed esterne (riprodotto da Haldar et al 2013, [8])

## TECNOLOGIA & RICERCA

### Corrosione da carbonatazione: fenomeno di degrado e prevenzione

Federica Lollini - Politecnico di Milano, Dipartimento di Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica

#### Riassunto

Questa nota riguarda la **corrosione delle armature delle strutture in calcestruzzo armato indotta dalla carbonatazione**. Inizialmente si descrive il meccanismo di penetrazione della carbonatazione nel calcestruzzo, che porta all'innescò della corrosione, e i principali fattori che influenzano la velocità di ingresso. Successivamente si illustrano i **parametri che influenzano la velocità di corrosione** una volta che si è innescata. Infine si descrivono le **strategie per prevenire questa forma di degrado e garantire la vita di servizio richiesta**.



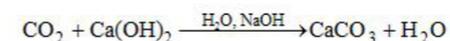
#### Introduzione

La causa di degrado più frequente delle opere in calcestruzzo armato è senza dubbio la corrosione delle armature. Inizialmente, in un calcestruzzo privo di cloruri, le barre di armatura in acciaio non si corrodono, perché la soluzione liquida contenuta nei pori del calcestruzzo ha un pH in genere compreso

tra 13 e 14 che permette la formazione di un film di ossido protettivo sulle armature (passività). Purtroppo questa protezione può, nel tempo, venire meno e una delle cause che più frequentemente portano alla distruzione del film di passività è la carbonatazione del calcestruzzo. La carbonatazione avviene per reazione dell'anidride

carbonica presente nell'atmosfera con i costituenti alcalini del calcestruzzo, presenti nella soluzione dei pori (principalmente NaOH e KOH) e nei prodotti di idratazione della matrice cementizia (portlandite,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , e silico-alluminati idrati).

La reazione di carbonatazione, che ha luogo in soluzione acquosa, si può sintetizzare come:

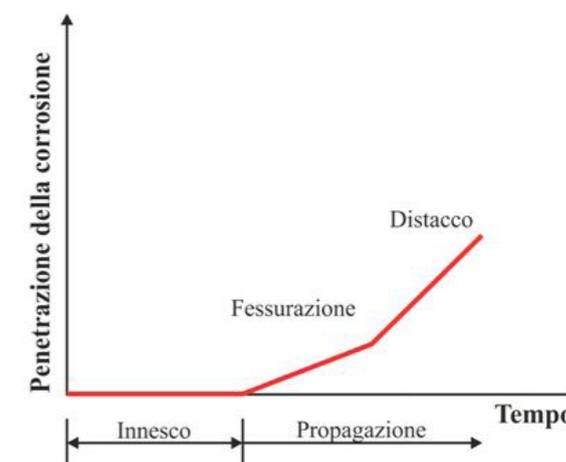


Come conseguenza si ha un abbassamento del pH del calcestruzzo, da valori in genere superiori a 13 a valori prossimi alla neutralità. In queste condizioni il film di passività si rompe e, in presenza di acqua e ossigeno, le armature possono corrodarsi.

Ulteriore conseguenza della carbonatazione è il rilascio nella soluzione dei pori dei cloruri, eventualmente presenti, legati ai prodotti di idratazione del cemento; questo provoca un aumento dell'aggressività dell'ambiente in cui si trovano le armature.

Si definisce periodo di innesco della corrosione il tempo necessario affinché si produca la perdita delle condizioni di protezione sulle armature. Una volta che vengono meno le condizioni di passività, segue un periodo di propagazione che può portare a fessurazioni e successivi distacchi del copriferro (Figura 1). La corrosione può avere diverse conseguenze che possono comportare il raggiungimento di uno stato limite, ovvero una condizione di degrado non più accettabile, soprattutto legata alla sicurezza, e di conseguenza la fine della vita di servizio della struttura.

Questa nota descrive il fenomeno della corrosione indotta dalla carbonatazione



**Figura 1.** Periodo di innesco e propagazione della corrosione in una struttura in calcestruzzo armato soggetta a degrado causato da corrosione da carbonatazione (diagramma di Tuutti)

e si esaminano i fattori da cui dipende la penetrazione della carbonatazione e la velocità di corrosione.

Successivamente si descrive l'approccio da normativa per prevenire questa forma di degrado e garantire la vita di servizio richiesta.

#### Innesco della corrosione da carbonatazione

La Figura 2 mostra l'evoluzione nel tempo della penetrazione della carbonatazione. Inizialmente le armature sono passive, in quanto inglobate in calcestruzzo alcalino, e nessun fenomeno corrosivo è in atto (Figura 2a); tuttavia la carbonatazione inizia a penetrare all'interno del calcestruzzo, a partire dagli strati più superficiali (Figura 2b). Il periodo di innesco, termina quando il fronte di carbonatazione raggiunge la profondità delle armature, ovvero quando lo spessore di carbonatazione eguaglia lo spessore di copriferro (Figura 2c)

...continua

## Stima della resistenza del calcestruzzo in opera mediante ultrasuoni

Stefano Bufarini, Vincenzo D'Aria - Laboratorio Ufficiale Prove, Materiali e Strutture, Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Architettura, Università Politecnica delle Marche  
Roberto Giacchetti - libero Professionista, Ricercatore di Tecnica delle Costruzioni

Un lavoro sperimentale ha permesso di chiarire alcuni **aspetti comportamentali del calcestruzzo** con particolare riguardo al ruolo svolto dal **carico applicato** nella evoluzione delle caratteristiche prestazionali di questo materiale. Le conclusioni a cui si è pervenuti dopo l'esecuzione di una campagna di prove su campioni prismatici realizzati in laboratorio con calcestruzzi di diversa resistenza caratteristica, sono in sintesi le seguenti:

- il calcestruzzo, se presollecitato con carichi ciclici di ampiezza variabile (con tensione massima fino all'80% del carico di rottura) e scaricato prima di essere portato a rottura, manifesta un recupero prestazionale inteso come incremento del carico massimo di rottura e del modulo elastico rispetto al calcestruzzo non presollecitato;
- parallelamente a questi fenomeni di "re-loading" si assiste ad un infragilimento del materiale, il quale presenta una diminuzione del valore della deformazione a rottura e dell'energia dissipata prima di arrivare a rottura;
- le presollecitazioni sui provini hanno determinato distribuzioni statistiche delle variabili (ad esempio la resistenza a rottura) caratterizzate da una riduzione dei valori delle deviazioni standard, quindi da una maggiore ripetibilità.

Questo risultato è stato attribuito alla caduta dei picchi di tensione che si sviluppano nel materiale e ad una ridistribuzione delle tensioni in conseguenza della maggiore compattezza raggiunta dalla struttura resistente del calcestruzzo;

- è stata verificata la dipendenza del fenomeno dalla classe di resistenza del calcestruzzo. Ad una classe di resistenza più bassa sono attribuite le maggiori variazioni prestazionali (sia miglioramenti, per quanto riguarda la resistenza e il modulo elastico, sia peggioramenti, per quanto riguarda la duttilità del materiale). All'aumentare della classe di resistenza, la tendenza ad un'evoluzione prestazionale dovuta al precarico è meno marcata. L'aumento di resistenza varia da un minimo di circa il 3% per una classe Rck 60 MPa, a circa il 5% per una classe Rck 30 MPa fino ad un massimo di circa il 10% per una classe Rck 15 MPa. Ancora più evidente è l'aumento del valore del modulo elastico (dinamico) che migliora di circa il 9% per il calcestruzzo di classe Rck 60 MPa, di circa il 10% per il calcestruzzo di classe Rck 30 MPa e di oltre il 20% per il calcestruzzo di classe Rck 15 MPa;
- il risultato riportato al punto precedente ha portato alla conclusione che la

causa principale, cui si deve attribuire tale cambiamento nelle prestazioni, sia la riduzione, ad opera dell'azione compattante del carico, delle porosità capillari del materiale; infatti, a parità di tempo di stagionatura, un calcestruzzo con classe di resistenza maggiore, presentando un rapporto acqua/cemento minore, è caratterizzato da una minore porosità;

- le cause dell'evoluzione prestazionale dovute al carico applicato non sono da attribuire solo ad una mera compattazione meccanica, ma sono prodotte anche da reazioni di tipo chimico e, sostanzialmente, sono accompagnate da mutamenti della struttura resistente. Questa conclusione è dovuta al risultato di una sperimentazione analoga,

nella quale sono state monitorate le variazioni di temperatura di alcuni provini durante l'applicazione di carichi ciclici. All'aumentare del numero dei cicli di carico si è sempre rilevato un abbassamento della temperatura dei provini; tale fenomeno è stato attribuito, appunto, a reazioni endotermiche sviluppatesi, a causa dell'azione del carico, all'interno del calcestruzzo.

Le evidenze sperimentali descritte precedentemente pongono la questione dell'interpretazione dei risultati di prove ultrasoniche eseguite in situ tarate sui valori di resistenza ottenuti su provini cilindrici estratti per carotaggio, dal momento che all'atto della prova di compressione il provino ha già subito nella realtà una presollecitazione seguita da un completo rilascio tensionale. *...continua*



**READYMESH**®  
FIBRE PER CALCESTRUZZO

aziChem  
www.azichem.com

fibre poliolefniche strutturali certificate, specifiche per pavimentazioni in calcestruzzo, anche in sostituzione della rete elettrosaldata

**READYMESH PF-540**



## Calcestruzzi leggeri e pesanti ad alta temperatura

Francesco Lo Monte, Pietro G. Gambarova - Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale, DICA, Politecnico di Milano

### Sommario

Recenti prove condotte al Politecnico di Milano sulla caratterizzazione termo-meccanica di calcestruzzi speciali hanno riguardato due mescole, l'una con aggregato a base di polistirene espanso sinterizzato – EPS e l'altra con aggregato baritico, maturata quest'ultima in due condizioni ambientali differenti. L'obiettivo è stato quello di rendere disponibili dati nuovi o aggiornati su **due famiglie estreme di calcestruzzo strutturale ( $f_c = 26-35$  MPa)**. Una quarta mescola con aggregato ordinario è stata poi studiata per confronto. **Circa 100 cilindri riscaldati a diverse temperature di riferimento fino a 700-750°C hanno permesso di valutare le resistenze in compressione ed in trazione indiretta per spacco, il modulo elastico, e la diffusività termica.** L'introduzione di due indici di danno, basati rispettivamente sui decadimenti del modulo elastico e della velocità delle onde ultrasoniche, ha poi permesso di mettere in luce l'effetto che la temperatura ha sulla deviazione dalla linearità nei conglomerati studiati, il cui decadimento meccanico è risultato in linea con quello dei calcestruzzi ordinari. Tuttavia, **il calcestruzzo baritico conserva più a lungo il proprio comportamento lineare, mentre il calcestruzzo con EPS richiede più cemento per garantire proprietà meccaniche accettabili.**

### Introduzione

Le proprietà termiche e meccaniche del calcestruzzo esposto all'alta temperatura sono state studiate a lungo nel passato, anche in anni recenti, e possono oggi dirsi ben conosciute e codificate. Tuttavia, l'introduzione di calcestruzzi innovativi e l'interesse crescente per certe mescole cementizie adatte a compiti specifici richiedono l'esecuzione di ulteriori prove al fine di appurare se – e fino a che punto – le proprietà termo-meccaniche di questi calcestruzzi speciali siano simili a quelle del calcestruzzo ordinario, in presenza di alta temperatura e/o incendio. **Questo è il caso dei due estremi – in**

**termini di densità – considerati nel presente lavoro, e cioè i calcestruzzi leggeri contenenti particelle di polistirene espanso sinterizzato (EPS [1-4]) ed i calcestruzzi pesanti contenenti aggregato baritico [5-8].** Nel primo caso le particelle di EPS hanno funzione di mero alleggerimento, non contribuendo alle proprietà meccaniche (se non nel senso di diminuirle), ma permettono una notevole riduzione della densità (**fino al 10-20% nei calcestruzzi strutturali**) ed un netto aumento della capacità isolante, per non citare il contributo alla sostenibilità delle costruzioni.

Le particelle di EPS – spesso in forma

di sferette – provengono infatti dalla macinazione del polistirene, con cui sono fatti gli elementi isolanti e gli imballaggi usati per proteggere moltissimi prodotti dell'industria; tuttavia, non vi sono in letteratura informazioni sul comportamento all'alta temperatura dei calcestruzzi alleggeriti con EPS [9]. Nel caso dei calcestruzzi baritici, l'obiettivo è di aumentare le proprietà di barriera alle radiazioni, usando aggregato pesante che può portare ad **incrementi di densità del 20-50%**; in tale caso sono disponibili dati risalenti agli anni cinquanta e sessanta del secolo passato, agli albori della progettazione delle centrali elettro-nucleari [10-13], ma nuovi dati a conferma ed estensione di quelli del passato sono oggi richiesti dalla necessità di estendere la vita utile delle centrali elettro-nucleari in attività da anni, per non menzionare i laboratori delle strutture ospedaliere contenenti apparecchiature a raggi X ed i siti di stoccaggio dei rifiuti radioattivi.

Un rinnovato interesse per i calcestruzzi baritici è quindi in atto, con alcune ricerche recenti sul loro comportamento a caldo [6,14].

I risultati di due progetti di ricerca paralleli recentemente conclusi al Politecnico di Milano sul comportamento all'alta temperatura di calcestruzzi alleggeriti con introduzione di particelle di polistirene espanso sinterizzato (EPS = Expanded Polystyrene Synthesized) e di calcestruzzi pesanti contenenti aggregato baritico sono presentati in questo lavoro, con riferimento sia ad un calcestruzzo ordinario, che alle curve indicate dai documenti ACI e fib per il decadimento meccanico dei

calcestruzzi ordinari (silicei e calcarei) dopo esposizione all'alta temperatura. **I risultati indicano per le due mescole EPS studiate nel primo progetto ( $m_v = 1850-1950$  kg/m<sup>3</sup>) una maggiore sensibilità all'alta temperatura rispetto alla mescola ordinaria di riferimento, e prestazioni meccaniche accettabili solo con uso di forti quantitativi di cemento, ma anche elevate proprietà isolanti a qualsiasi temperatura (fino a 700°C).**

**Per la mescola baritica studiata nel secondo progetto e maturata in due condizioni ambientali differenti ( $m_v = 3100-3200$  kg/m<sup>3</sup>) i risultati confermano che il calcestruzzo baritico si comporta in modo simile al calcestruzzo ordinario ed addirittura meglio oltre i 400°C, in quanto gli effetti negativi della microstruttura fratturata della barite vengono bilanciati dalla limitata differenza fra le dilatazioni termiche dell'aggregato grosso baritico e della malta baritica.**

Ambedue le tipologie di calcestruzzo sono caratterizzate da un comportamento più fragile di quello del calcestruzzo ordinario, fino ad almeno 500-550°C, e ciò è indicato dalle curve tensione-deformazione in compressione. Il calcestruzzo con EPS risulta poi essere molto deformabile a qualsiasi temperatura.

Infine, gli indici di danno basati sul modulo elastico e sulla velocità delle onde ultrasoniche mostrano che **i rami di carico delle curve sforzo-deformazione sono più lineari nel calcestruzzo baritico rispetto sia al calcestruzzo con EPS, che al calcestruzzo ordinario, e ciò nell'intero intervallo  $T = 20-700/750$ °C.**

### Tipi di calcestruzzo e loro aggregati Calcestruzzo con EPS

Il calcestruzzo contenente EPS è stato studiato per contenuti di EPS molto diversi, tipicamente dal 10 al 50% in volume ([1-4], si vedano anche le referenze in [9]).

Tuttavia prestazioni meccaniche adeguate all'uso strutturale si possono ottenere solo limitando il contenuto volumetrico di EPS a meno del 20% ( $f_c \geq 17.2$  MPa secondo ACI 213R-87, 1999). Sono però necessari alti contenuti di cemento, ad esempio da 350 a 500 kg/m<sup>3</sup>, senza includere la microsilice o la cenere volante, che spesso vengono usate per aumentare la resistenza e la lavorabilità del materiale (si vedano le referenze in [9]).

A seconda del contenuto di EPS (da 2 a 12 kg/m<sup>3</sup> negli studi condotti finora, con densità compresa fra 20 e 40 kg/m<sup>3</sup> dopo sinterizzazione), la densità del calcestruzzo può presentarsi con valori compresi fra 500 e 2000 kg/m<sup>3</sup>, ma solo fra 1450 e 1850 kg/m<sup>3</sup> il calcestruzzo con EPS può essere considerato come un materiale leggero strutturale, sempre secondo le già citate norme ACI 213R-87 (1999).

Il polistirene espanso sinterizzato è in generale disponibile in forma di sferette di diametro 3-8 mm o di particelle di varia geometria, tutte ottenute macinando gli scarti provenienti dagli imballaggi o dagli elementi isolanti.

Con riferimento alle proprietà meccaniche, la resistenza a compressione ed il modulo elastico del calcestruzzo con EPS sono funzioni linearmente decrescenti del contenuto volumetrico di EPS (si vedano le referenze in [9]) e della densità, mentre la resistenza a

trazione indiretta per spacco diminuisce meno che linearmente [2].

La microsilice aumenta l'adesione fra particelle di EPS e malta cementizia [2], mentre la cenere volante diminuisce l'assorbimento di acqua e limita la migrazione dell'umidità [3].

Tre sono almeno le ragioni per cui il calcestruzzo con EPS potrebbe essere più sensibile del calcestruzzo ordinario all'alta temperatura: (a) i fenomeni chimico-fisici attivati dal calore (fusione / decomposizione / accensione a 100 / 230 270 / 450 500°C); (b) l'effetto di intaglio provocato dai vuoti occupati dalle particelle di EPS; e (c) la combustione dell'EPS, le cui particelle sono aria per il 95% del loro volume.

### Calcestruzzo baritico

Le proprietà di attenuazione delle radiazioni da raggi x e gamma, e di assorbimento neutronico possono essere raggiunte sia sostituendo alcuni componenti del calcestruzzo ordinario (per esempio l'aggregato ordinario con aggregato pesante), sia aggiungendo nuovi componenti (per esempio i super-plasticizzanti organici solubili, al fine di aumentare la compattezza dei getti e ridurre il contenuto di acqua, senza limitare la lavorabilità).

Per aumentare le proprietà di attenuazione delle radiazioni vengono usati calcestruzzi ad alta densità, contenenti aggregati pesanti, mentre per favorire l'assorbimento neutronico si fa ricorso ad aggregati anche di normale densità (2500-2800 kg/m<sup>3</sup>), ma contenenti acqua di cristallizzazione [5,10,12].

...continua



# OPTIMATE

CONCRETE SOLUTION



## PIANIFICAZIONE E OTTIMIZZAZIONE DELLE CONSEGNE

Un sistema completo per il controllo in tempo reale della produzione e del trasporto.

- COORDINAMENTO DEL PROCESSO PRODUTTIVO**
- RAZIONALIZZAZIONE DELLE RISORSE**
- SUPERVISIONE DELLA FLOTTA VEICOLI**
- CONTROLLO REMOTO DELLA PRODUZIONE**
- SUPPORTO DECISIONALE ALLA FASE DI RACCOLTA ORDINI**

Soluzione sviluppata in partnership tecnologica con

La razionalizzazione dei costi di produzione per i produttori di calcestruzzo preconfezionato è l'obiettivo fondamentale per garantire la giusta marginalità in qualsiasi situazione di mercato.

La corretta pianificazione e supervisione delle consegne, integrata con un sistema di ottimizzazione automatica, rappresenta il percorso più efficace.

COLLEGATI AL QR CODE PER GUARDARE IL VIDEO DIMOSTRATIVO DEL SISTEMA OPTIMATE CONCRETE SOLUTION



© HELLO CREATIVE STUDIO - VERONA

IL NUOVO SITO ELETRRONDATA È ON LINE  
**www.elettrondata.it**

Elettrondata s.r.l. - Via del Lavoro 1, 41014 Solignano Nuovo di Castelvetro - Modena  
salesinfo@elettrondata.it - Tel.: +39 059 7577800 - Fax: +39 059 7577801

## Valutazione della Rc di calcestruzzi con aggregati in gomma da riciclo di pneumatici

Marano Giuseppe Carlo, Fiore Alessandra - Dipartimento di Scienze dell'Ingegneria Civile e dell'Architettura, (DICAR), Politecnico di Bari

Sgobba Sara - C.T.G. SpA, iLab, Italcementi Group, Bergamo

Similimeo Domenico

Greco Rita - Dipartimento Ing. Civile, Amb., del Territorio, Edile e di Chimica, DICATECH, PoliBa

### Sommario

L'uso della gomma ottenuta dal riciclo dei pneumatici a fine vita rappresenta un problema ambientale rilevante. La sua importanza è destinata a crescere nei prossimi decenni a causa delle enormi quantità di pneumatici che dovranno essere smaltiti. Attualmente la principale soluzione oltre allo smaltimento è l'utilizzo come combustibile a basso calore specifico per la produzione di energia. Un'interessante alternativa è rappresentata dall'uso di questi materiali nel settore delle costruzioni come aggregato artificiale per i calcestruzzi, in sostituzione parziale o totale degli aggregati naturali. Grazie alla sua leggerezza, elasticità, capacità di assorbire energia durante gli impatti, ed alle sue caratteristiche isolanti, questa strada mostra interessanti prospettive. Peraltro l'utilizzo di gomme da riciclo di pneumatici determina sempre un abbattimento anche sensibile delle resistenze meccaniche, limitandone i campi di utilizzo. Per questo motivo in questo lavoro è stata studiata la variazione della resistenza a compressione del calcestruzzo in relazione al livello di sostituzione degli aggregati naturali con quelli in gomma riciclata. La variazione della resistenza del calcestruzzo viene descritta utilizzando sia valutando

la letteratura scientifica che con nuovi dati sperimentali. A valle di questa analisi una nuova relazione analitica è stata sviluppata per la predizione delle proprietà dei materiali utilizzando differenti quantità di gomma come aggregato. Queste relazioni consentono di prevedere con sufficiente accuratezza la resistenza a schiacciamento al variare della percentuale di gomma aggiunta al calcestruzzo. I risultati di questo studio indicano che si verifica una significativa riduzione della resistenza a compressione del calcestruzzo con questo tipo di inerti, soprattutto oltre una certa soglia di sostituzione degli inerti ordinari. Peraltro lo stesso calcestruzzo si è dimostrato più duttile dell'ordinario, mostrando rotture la cui natura è risultata molto meno fragile di quelle ottenute con miscele standard.

### Introduzione

Il calcestruzzo è uno dei materiali da costruzione più utilizzati al mondo, in relazione a vari fattori quali la semplicità di produzione, l'abbondanza di materie prime e le performance strutturali. Nella composizione "classica" del calcestruzzo sono tre gli elementi basilari: il cemento (legante), l'acqua e gli aggregati, che rappresentano volumetricamente la frazione dominante del

materiale. La continua richiesta di produzione del calcestruzzo, resa sempre maggiore dallo sviluppo dei paesi in via di sviluppo, inevitabilmente ha portato ad una continua e crescente domanda di risorse naturali necessarie per far fronte alle richieste. La necessità di preservare e limitare l'uso di risorse, parallelamente alla necessità di limitare i problemi derivanti dallo smaltimento dei rifiuti tramite i processi di riciclo e di riuso ha portato l'attenzione sulla possibilità di sostituire, parzialmente o totalmente, gli inerti del calcestruzzo con altri elementi utilizzando materiali alternativi. A tal proposito si è particolarmente sviluppata negli ultimi anni, la ricerca relativa alle particelle di gomma ricavate dai Pneumatici a Fine Utilizzo (PFU) e incorporate nelle miscele di calcestruzzo in sostituzione degli aggregati, per ottenere un calcestruzzo leggero con specifiche caratteristiche meccaniche, termiche, acustiche e reologiche. Nel normale ciclo dei pneumatici a fine vita, si procede alla loro triturazione ottenendo frammenti di gomma (nel gergo anglossassone Crumb – CR [29]) che mescolati quali inerti nel calcestruzzo ne modificano le proprietà. La letteratura al riguardo usa la definizione di **rubbercrete**, ovvero anche "Rubber Concrete" oppure ancora "Rubber Modified Concrete" usualmente per le miscele di calcestruzzo in cui siano impiegati aggiunte di gomma, provenienti dagli pneumatici post-consumo di autoveicoli e/o di autocarri sottoposti a trattamenti di triturazione meccanica o a processi criogenici, in sostituzione parziale o totale degli inerti naturali [40][34][5][10][1][23][24][28][33][35][36]. In base alle appli-

cazioni e alle performance richieste dal materiale finale, la gomma viene usata così come prodotta dalla triturazione dei pneumatici oppure in alcuni casi ripulita dalle impurità; ad esempio viene rimossa la componente tessile, in altri vengono sfilate le fibre di acciaio della carcassa, in altri ancora la superficie della gomma è sottoposta ad alcuni pretrattamenti per consolidare l'aderenza tra pasta cementizia e gomma conseguendo, in ogni caso, un netto miglioramento di alcune delle proprietà finali del calcestruzzo.

Dimensione, forma e livello di pulizia dei frammenti di gomma sono fattori essenziali nel definire le caratteristiche finali del calcestruzzo in quanto modificano anche pesantemente l'interfaccia tra pasta di cemento ed inerti stessi.

### Principali caratteristiche del rubbercrate

Naturalmente il rubbercrate (come pocanzi definito) ha delle caratteristiche talvolta molto differenti dal calcestruzzo standard. Tali variazioni sono legate al tipo di elementi usati (dimensioni, pulizia, etc) e dal loro volume relativo, ossia quanto inerte naturale (standard) viene sostituito con CR di gomma da PFV. Comunque l'aggiunta di particelle di gomma al conglomerato cementizio prospetta vari **vantaggi** quali:

- Rappresenta un **modo efficace e poco costoso** di provvedere al riciclaggio degli PFU. Infatti il loro uso può aiutare a ridurre l'onere dello smaltimento degli PFU (compreso lo stoccaggio illegale e disposizione, come scariche abusive, con i rischi associati) [1][18][16][17][31];

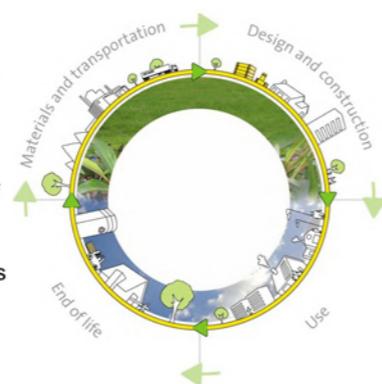
...continua

## SOSTENIBILITÀ

### La Sostenibilità del calcestruzzo: un nuovo studio del MIT

Un nuovo studio dal titolo *Concrete Sustainability Hub del Massachusetts Institute of Technology* spera di promuovere l'uso della valutazione del ciclo di vita per ridurre l'impatto ambientale degli edifici commerciali e residenziali.

- Develop simplified methodology for LCA of Buildings
- Determine the carbon emissions for a range of structures
- Identify design strategies for minimizing carbon emissions



La posta in gioco è alta. La costruzione e l'utilizzo di edifici commerciali e residenziali rappresentano il 40% del consumo totale di energia degli Stati Uniti e un terzo delle emissioni di gas serra. Di questi, il 54% del consumo di energia è attribuita al settore residenziale.

La valutazione del ciclo di vita (LCA) è ampiamente accettata come il metodo più significativo per valutare e confrontare gli impatti ambientali dei progetti di edifici e case. L'idea è un approccio olistico che tiene conto dell'impatto delle decisioni prese durante la progettazione circa la vita utile di un edificio – dalla costruzione attraverso il funzionamento, la manutenzione, la riparazione e la sostituzione, alla fine della vita.

Eppure l'adozione del Life Cycle Assessment nel processo di progettazione è stata limitata. Gli sviluppatori, i progettisti, gli architetti e i proprietari di casa in genere non usano strumenti LCA a causa della loro complessità e della mancanza di informazioni necessarie come input. Come primo passo per sviluppare migliori strumenti di LCA e per ampliare la loro adozione, vi è la necessità di capire meglio come, perché e quando si prendono decisioni che riguardano l'efficienza dei costi e di energia. A tal fine, i ricercatori del MIT hanno interrogato studi di architettura, costruttori edili, proprietari di case, e progettisti per capire quali decisioni vengano prese nei diversi punti del processo di progettazione. *...continua*

### Analisi LCA della produzione di aggregati innovativi per l'accumulo termico

*Claudia Borrelli, Domenico Frattini, Marco de Pertis, Francesco Colangelo, Antonella Petrillo, Raffaele Cioffi, Dipartimento di Ingegneria dell'Università degli Studi di Napoli "Parthenope", Unità di Ricerca Parthenope, INSTM*

#### Riassunto

Le tecnologie e le soluzioni per l'accumulo di energia costituiscono, oggi, il più recente fronte d'interesse della ricerca per fronteggiare l'incremento del fabbisogno energetico, coniugando l'urgenza di **contenere le emissioni di gas serra e gli inquinanti**. In particolare, l'accumulo di energia termica, oggetto del presente lavoro, spicca per versatilità e fattibilità economica, proponendo un gran numero di tecnologie, soluzioni e combinazioni per l'integrazione con gli impianti di produzione di energia da fonti rinnovabili già esistenti.

**Questo lavoro tratta i materiali per accumulo termico, con particolare attenzione ai materiali a cambiamento di fase (Phase Change Materials, PCM), per accumulo di calore latente, ed il loro possibile inglobamento in calcestruzzi ed aggregati artificiali per materiali cementizi da impiegare nel settore edile.**

Inoltre, viene indagato e quantificato l'impatto ambientale e la fattibilità economica del processo di produzione, su diversi livelli, utilizzando la metodologia Life Cycle Thinking.

#### Introduzione

Secondo un'indagine dell'IEA [1], si calcola che attualmente il fabbisogno energetico annuo globale ammonta a circa 150-103 TWh, ovvero quasi 13 Gtep, dei quali il 77% circa viene soddisfatto mediante produzione da fonti fossili. Tali combustibili sono responsabili dell'immissione in atmosfera di 25 Gton di CO<sub>2</sub>/anno, causa a loro volta dell'effetto serra.

L'utilizzo di fonti rinnovabili, insieme al risparmio e all'efficientamento energetico, sono le strategie attualmente in corso di applicazione per ridurre le emissioni, e perseguire la sostenibilità energetica.

Ad oggi, però, la produzione di energia dalle rinnovabili non è ancora matura ed applicata su larga scala, nonostante sia in continua crescita e diffusione. Le ragioni sono la convenienza economica e l'affidabilità tecnologica su lungo periodo. Inoltre, la caratteristica intermittenza dell'erogazione di energia e non programmabilità della stessa, causata per lo più dalla variazione delle condizioni atmosferiche, sono ulteriori fattori limitanti alla diffusione, per i quali sistemi di accumulo e stoccaggio di energia (termica, elettrica o meccanica) sono strettamente necessari e di grande attualità.

**I sistemi di accumulo dell'energia ►**

termica ben si accoppiano alle tecnologie basate sul solare o dovunque siano disponibili reflui termici. L'accumulo termico è basato sulla variazione dell'energia interna in un materiale, che può essere dovuta al calore sensibile per cambiamento della temperatura, calore latente per cambiamento di fase, energia termochimica per formazione e scissione di legami chimici in reazioni reversibili [2-4]. In ogni caso, i sistemi di accumulo termico (Thermal Energy Storage, TES) ricoprono un'ampia gamma di temperature ed applicazioni, e per questo motivo hanno un'elevata potenzialità tecnologica per lo sfruttamento nel campo del solare termodinamico, solare termico o efficientamento energetico degli edifici. In particolare, l'accumulo di calore latente (Latent Heat Thermal Energy Storage, LHTES) si basa sull'assorbimento o il rilascio di calore nel momento in cui il mezzo di stoccaggio subisce un cambiamento

di fase (solido-liquido o liquido-gas e viceversa), senza significative variazioni della temperatura [5-7].

Tali materiali vengono comunemente definiti Phase Change Materials, PCM. L'elevata densità di accumulo dei PCM (anche 100 kWh/m<sup>3</sup>) e la ridotta variazione di temperatura rendono questa tipologia di stoccaggio molto promettente, infatti è quella che attualmente stimola la maggior parte degli interessi e degli sforzi della ricerca sui TES.

Questa tecnologia è diffusa ed impiegata in molti settori, come si può osservare nella Tab. 1, in particolar modo nell'integrazione con i materiali da costruzione per l'edilizia nei sistemi passivi di efficientamento termico.

In questo lavoro è stato realizzato un processo produttivo su scala di laboratorio per la realizzazione di calcestruzzi a base di aggregati con PCM, per sistemi di accumulo di calore latente, e sono stati valutati anche gli impatti conseguenti il processo stesso.

...continua

Tabella 1. Alcune applicazioni di sistemi TES con PCM

Campo	Applicazione
Energia	Immagazzinamento termico dell'energia solare
Edilizia	Accumulatori passivi per costruzioni architettoniche
Raffreddamento	Smorzatori di shock termici
Riscaldamento	Mantenimento della temperatura dell'acqua calda ad uso sanitario e smorzatori di shock termici
Sicurezza	Mantenimento della temperatura in stanze contenenti computer e apparecchiature elettriche
Alimentare	Protezione delle proprietà termiche di alimenti, durante il trasporto. Mantenimento della temperatura all'interno di serre
Elettronica	Protezioni interne in dispositivi elettronici per smorzare picchi di temperatura all'accensione e durante il funzionamento
Medico	Trasporto di sangue, tavoli operatori, terapie caldo-freddo
Automobilistico	Comfort termico all'interno di veicoli
Chimico	Smorzamento dei picchi esotermici di reazioni chimiche (polimerizzazione in bulk)
Aerospaziale	Sistemi termici per veicoli spaziali

## Riflessione solare: un altro vantaggio del calcestruzzo

Alessandra Tonti, edizioni IMREADY

**Il calcestruzzo svolge l'ottimo compito di riflettere l'energia solare. Questa è la conclusione di uno studio della PCA (Portland Cement Association) che ha misurato l'indice di riflessione solare (SRI) di 45 miscele di calcestruzzo.**



L'indice di riflessione solare (SRI) associa i valori di riflettanza ed emittanza ed esprime la capacità di un materiale di respingere il calore solare e varia da 100 per il bianco standard a 0 per il nero standard: più è elevato, migliore è la prestazione della superficie considerata.

Materiali leggeri e colorati (come il calcestruzzo) generalmente hanno una riflettanza solare maggiore.

Essi riflettono il calore del sole e non si riscaldano molto all'aria. Le ombre, di alberi ed edifici, e anche il naturale processo di evaporazione dell'acqua dalla superficie delle piante contribuiscono a mantenere l'aria fresca.

Le superfici più scure invece come tetti scuri e lastricati neri hanno generalmente una bassa riflettanza solare.

Essi assorbono calore dal sole e il caldo dall'aria per convezione, che è generalmente sgradita per il suo effetto sull'ambiente.

Questo può avere un effetto locale immediato, come un aumento del calore in aree urbane, comunemente noto come isole di calore.

### I Test

Lo studio PCA sul SRI - l'indice di riflessione solare, ha misurato la riflettanza solare di 45 miscele di calcestruzzo secondo la norma ASTM C 1549 "Standard Test Method for Determination of Solar Reflectance Near Ambient Temperature Using a Portable Solar Reflectometer".

Questi calcestruzzi sono stati scelti perché rappresentano la gamma di calcestruzzi e componenti del calcestruzzo tipicamente utilizzati negli Stati Uniti per le pavimentazioni esterne.

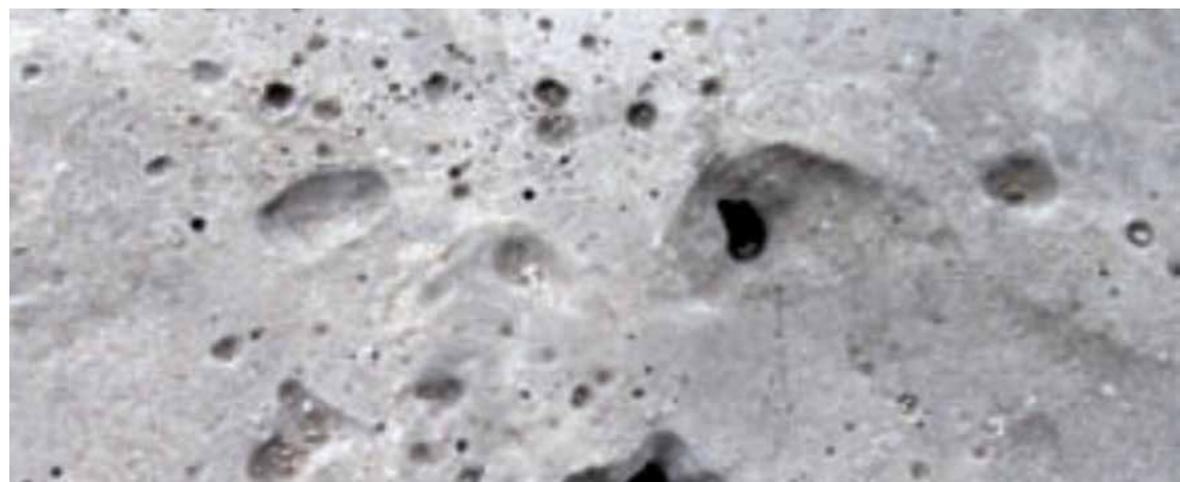
Dopo aver testato i tipici mix-disegni, i ricercatori hanno creato anche un mix con la tonalità più scura di ogni ingrediente (cemento, sabbia, inerti e fly-ash) per testare uno scenario estremo.

...continua

## PAVIMENTAZIONI IN CALCESTRUZZO

### DELAMINAZIONI delle pavimentazioni in CLS: quando la causa è il BLEEDING ritardato

Roberto Muselli



Superficie di distacco con cunicoli di essudazione ritardata

Il **bleeding del calcestruzzo** è un aspetto particolare della segregazione del calcestruzzo, esso consiste, in linea di principio, nella risalita in superficie di una parte dell'acqua di impasto con la formazione di uno strato d'acqua e cemento sulla superficie stessa del conglomerato. Il fenomeno può essere causa di un precoce degrado delle pavimentazione.

Proponiamo di seguito un'accurata analisi sulle **delaminazioni delle pavimentazioni continue in calcestruzzo**, le quali possono avere, fra le possibili cause, il fenomeno del bleeding ritardato.

L'articolo è tratto dal sito [www.musellipavimenti.com](http://www.musellipavimenti.com), a cui rimandiamo per ulteriori approfondimenti.

"Quando compaiono delaminazioni su pavimentazioni lisce a macchina realizzate apparentemente in modo corretto ci si interroga su quali possono essere state le cause di tale patologia. Fra tutte le cause possibili quella di più complicata diagnosi è senz'altro il fenomeno del bleeding ritardato. Essa rappresenta anche la patologia più difficile da dimostrare in quanto, spesso, ci troviamo di fronte a situazioni dove veramente sono state prese tutte le normali e abituali precauzioni e i cicli di posa

sono stati realizzati in modo diligente. Le delaminazioni da bleeding ritardato avvengono per la maggior parte su superfici interne finite a lucido sia con macchine singole che con macchine doppie con operatore a bordo.

Tale fenomeno è sempre in agguato e viene amplificato dai seguenti fattori normalmente trascurati o dei quali normalmente se ne trascura la sommatoria:

- barriera al vapore direttamente a contatto con il cls sotto alla pavimentazione
- pavimentazioni relativamente spesse
- alto contenuto di acqua
- eccessivo contenuto di parti fini
- dosaggio di cemento inferiore a 305kg/mc
- aria inglobata superiore al 3%
- velocità del vento superiore a 8 km/h
- bassa umidità relativa
- temperature in forte ascesa durante la giornata
- esposizione diretta ai raggi solari
- slump elevati
- operazioni di frattazzatura iniziate troppo presto
- mancata assistenza alla maturazione (curing)

Escludiamo l'analisi delle delaminazioni da eccesso di aria nel cls in quanto compaiono in maniera quasi certa quando l'aria inglobata o intrappolata sotto forma di microbolle (areante) o di macrobolle (incompatibilità additivamento) supera il 3%. Puntualizziamo inoltre che al diretto aumentare del contenuto d'aria corrisponde un esponenziale aumento della probabilità di delaminazioni anche in totale assenza di una qualsiasi concausa sopra elencata. Le delaminazioni da aria inglobata hanno inoltre un aspetto graficamente molto variabile e di dimensioni molto



Fessure triple a piede di corvo

variabili. Le delaminazioni da bleeding ritardato invece si presentano generalmente come zone tonde o tondeggianti di diametro variabile da 8 a 32cm. Al centro di tali zone sono sempre presenti fessure triple o multiple che indicano il distacco della parte corticale da quella sottostante e, sottoposte a passaggio con catena trascinata o a percussione con oggetto metallico, denotano il caratteristico suono "a vuoto". Non si presentano quasi mai in prossimità degli spiccati e delle interruzioni di getto o comunque dove la pavimentazione ha potuto evaporare anche dalla sua sezione oltre che dalla superficie. Inoltre non sono mai fenomeni di frequenza sporadica, ma interessano come minimo un lotto di calcestruzzo consegnato da una particolare autobetoniera oppure interessano in maniera uniformemente distribuita tutta la superficie della pavimentazione. Ad eccezione di casi molto gravi generalmente i fenomeni tendono a manifestarsi gradualmente nell'arco di qualche settimana quando i rialzi di superficie cominciano a sgretolarsi al contatto o al passaggio.

...continua

## Calcestruzzo: meglio dell'asfalto

Alessandra Tonti, edizioni IMREADY

**La posizione competitiva del calcestruzzo è determinata, in parte, dal suo prezzo relativamente contenuto rispetto a quello degli altri materiali da costruzione. Come parte di un recente rapporto sui consumi di calcestruzzo nel mondo, la PCA americana ha analizzato la posizione competitiva di acciaio, asfalto, e legname.**



Di seguito una sintesi delle analisi della PCA (**Portland Cement Association**) tra **asfalto e calcestruzzo**.

I prezzi dell'asfalto sono parzialmente determinati dal variare dei prezzi del petrolio. L'attuale Energy Information Agency prevede che i prezzi del petrolio della West Texas Intermediate siano in media 55 dollari al barile nel 2015, e 71 dollari al barile nel 2016.

Negli ultimi 10 anni, i prezzi dell'asfalto sono aumentati del 7% per ogni aumento del 10% del prezzo del petrolio. Con l'introduzione di unità di coking nelle raffinerie, l'aumento dei prezzi dell'asfalto è stato ancora più incisivo. Gli interessati del calcestruzzo sono preoccupati che i prezzi del petrolio

possa diminuire, in questo modo il calcestruzzo potrebbe perdere la sua posizione privilegiata per il prezzo rispetto all'asfalto.

La PCA stima che su una base iniziale di costo, il punto di pareggio tra calcestruzzo e asfalto per la costruzione di strade urbane è dato da un prezzo di 76,5 dollari per barile di petrolio.

Su una base di costo del ciclo di vita invece, il punto di pareggio è stimato a 71 dollari al barile.

Dato il livello basso dei prezzi del petrolio, e sulla base di relazioni storiche tra le variazioni dei prezzi del petrolio e le variazioni in ritardo del prezzo dell'asfalto, le strade in asfalto avrebbero riacquisito il loro vantaggio competitivo rispetto alle strade in calcestruzzo in base o al costo d'acquisto o del ciclo di vita o per entrambi, per tutti i tipi di strade.

Tuttavia, la correlazione storica tra prezzo del petrolio e prezzo dell'asfalto si è indebolita. Nei due anni precedenti al crollo del prezzo del petrolio, i prezzi dell'asfalto sono diminuiti solamente del 2% per ogni calo del 10% del prezzo del greggio.

La discrepanza può essere ricondotta



ad un orientamento delle raffinerie verso greggi più leggeri, che ha portato ad un maggiore utilizzo delle unità di coking nelle raffinerie. Ogni fattore riduce la produzione e l'offerta di bitume in un momento in cui la domanda è in aumento.

Nel corso del secondo semestre del 2014 il prezzo del petrolio è diminuito del 44%. Nello stesso periodo, i prezzi dell'asfalto sono aumentati dell'1,5%

- raggiungendo un livello record nel mese di dicembre.

L'analisi di correlazione del PCA suggerisce che di norma ci sono cinque-sei mesi di ritardo tra le variazioni dei prezzi del petrolio e le variazioni dei prezzi dell'asfalto.

Dato l'aspetto ambientale dell'approvvigionamento dell'asfalto, il ritardo potrebbe essere anche più lungo.

L'entità del calo dei prezzi del petrolio, tuttavia, suggerisce un certo impatto negativo sull'asfalto che si concretizzerà nel corso del 2015 - se pur in sordina. È probabile che le uniche condizioni di approvvigionamento che limitano l'industria dell'asfalto impediranno al calcestruzzo di perdere gran parte del suo vantaggio relativo come prezzo nei mercati delle pavimentazione in cui i due materiali competono.

## CONCRETE QUALITY

Leader nella tecnologia della mescolazione. Rapido, omogeneo, affidabile, riconosciuto a livello mondiale

Mescolatore PLANETARIO  
fino a 4 m³ di calcestruzzo  
reso vibrato

Mescolatore a TURBINA  
fino a 3,5 m³ di calcestruzzo  
reso vibrato

Mescolatore a DOPPIO ASSE  
fino a 8 m³ di calcestruzzo  
reso vibrato

Vasta gamma di accessori

Mescolatore laboratorio

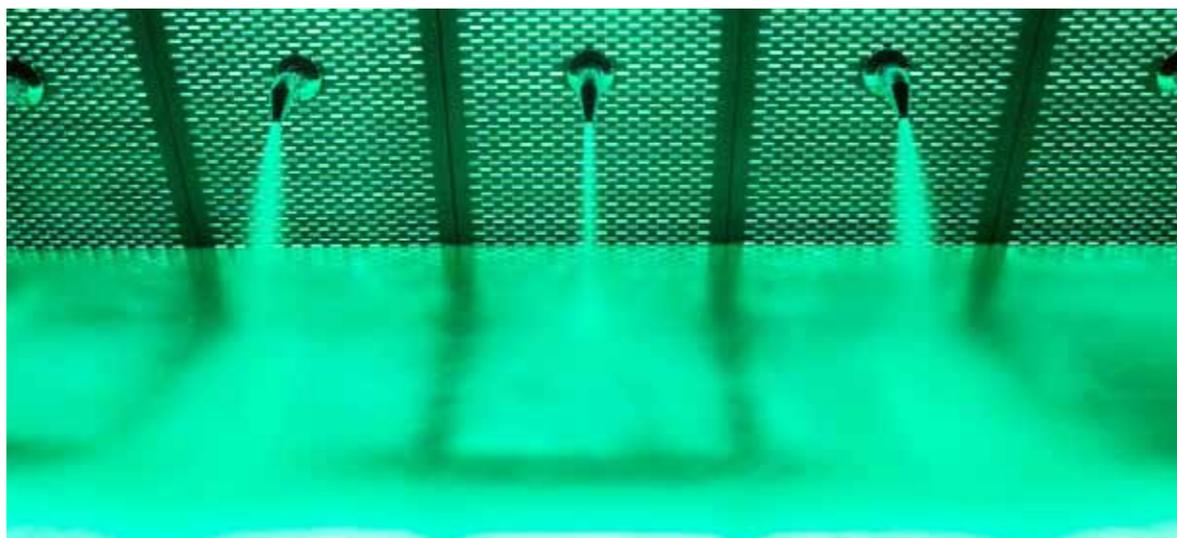
**SICOMA**

**S.LCO.MA, s.r.l.**  
Via Brenta, 3 - 06135 Ponte Valleceppi Perugia - Italy  
Tel. +39 075 592.81.20 Fax +39 075 592.83.71  
sicoma@sicoma.it  
[www.sicoma.it](http://www.sicoma.it)

## MERCATO

### Cemento trasparente in acqua termale

*Un idromassaggio direttamente affacciato sul lago di Garda che vede l'utilizzo del cemento trasparente i.light nell'acqua termale.*



**Musa**, l'ultima novità del Centro Benessere Termale Aquaria di Sirmione, è un idromassaggio cervicale lungo 18 metri con 22 getti di cascate cervicali attivati dall'ingresso dell'ospite in modo alternato a gruppi di 11.

Le sedute sono realizzate con pannelli in cemento i.light, per la prima volta utilizzati per la realizzazione di una piscina di acqua termale. La scelta di impiegare questa innovativa soluzione architettonica con resine speciali ha richiesto test preventivi in i.lab, il centro ricerca e innovazione di Italcementi a Bergamo, dove sono state fatte prove preliminari di resistenza del cemento a

contatto prolungato con l'acqua sulfureo salsobromoiodica di Terme e Grandi Alberghi Sirmione.

Caratteristica del prodotto i.light è quella di filtrare e diffondere la luce creando un effetto di trasparenza e di profondità sorprendente.

i.light è stato studiato e prodotto da Italcementi per soddisfare la precisa richiesta dei progettisti del Padiglione italiano all'Expo di Shanghai del 2010 per garantire la permeabilità dell'involucro dell'edificio alla luce naturale verso l'interno durante il giorno e, viceversa, della luce artificiale interna verso l'esterno durante la notte. ...continua

## LEGGI & NORMATIVE

### Cemento: pubblicata la norma UNI CEN/TR 14245 sulle linee guida per l'applicazione della EN 197-2

La commissione tecnica Cemento, malte, calcestruzzi e cemento armato ha pubblicato la norma UNI CEN/TR 14245 sulle linee guida per l'applicazione della EN 197-2. Il rapporto tecnico specifica lo schema per la valutazione e la verifica della costanza delle prestazioni (AVCP) dei cementi alle rispettive norme di specifica del prodotto, compresa la certificazione della costanza della prestazione ... [...continua](#)

### Lavori in quota: i controlli da fare

#### Premessa

Dal protocollo di intesa, siglato tra ASL Milano, CNA Lombardia e Confartigianato Imprese Lombardia, ai fini della promozione e dell'attivazione delle misure di prevenzione e del miglioramento della sicurezza e della salute nei cantieri interessati a Expo 2015, sono nati diversi opuscoli informativi destinati ai datori di lavoro - preposti nei cantieri di EXPO.

L'obiettivo del Servizio Prevenzione e Sicurezza negli Ambienti di Lavoro è contribuire a realizzare condizioni di lavoro sicure e igienicamente adeguate per chi lavora, ... [...continua](#)

### Cassazione da ragione al lavoratore infortunato: nessuna formazione sul rischio specifico

*Nel caso specifico un lavoratore viene travolto dal tronco di una pianta, durante un'operazione di lavoro nei boschi, senza aver ricevuto adeguata formazione sul rischio specifico, in questo caso il rischio di scosciamiento del ramo.*

La sez. 4 della Corte di Cassazione, con Sentenza n. 22837, riprendendo il ragionamento dei giudici di merito, afferma che al lavoratore non erano stati impartiti degli adeguati corsi di preparazione a proposito delle differenti tecniche di taglio nel caso di piante dritte e nel caso di piante inclinate, ... [...continua](#)

### INAIL: pubblicato il Quaderno Tecnico sui trabatelli

*Questo quaderno rappresenta un agile strumento per l'informazione e la formazione dei lavoratori sull'uso dei trabatelli nei cantieri temporanei o mobili.*

I trabatelli, ossia torri mobili costituite da elementi prefabbricati che presentano uno o più impalcati di lavoro e appoggiano a terra permanentemente su ruote, vengono utilizzati in molteplici attività effettuate nei cantieri temporanei o mobili quando ci sia la necessità di spostarsi rapidamente nel luogo di lavoro e si debbano eseguire attività ad altezze non elevate. [...continua](#)

## NEWS

### Michelle Obama affascinata dal Cemento Biodinamico del Padiglione Italia

**Michelle Obama** ha visitato l'Expo ed è rimasta molto colpita da Palazzo Italia e dal suo involucro.

La cronaca racconta che si sia avvicinata con curiosità alla struttura e toccatola con mano, forse per capire di che materiale fosse, sembra che abbia affermato "hey! whats that?". Ha quindi voluto conoscere ogni dettaglio sul cemento biodinamico, a cominciare dalle performance di materiale "anti inquinamento".

Ricordiamo che il cemento biodinamico è un brevetto italiano, nasce infatti in seno alla ricerca di Italcementi. Un bello spot quindi per la ricerca e l'innovazione italiana.

[...continua](#)

### Email inviata per errore? Con gmail puoi annullarla

Vi è mai capitato di inviare una email e di accorgervi subito dopo di aver fatto un errore o di averla mandata all'indirizzo sbagliato? D'ora in poi potreste essere in grado di rimediare. Se siete utenti Gmail, infatti, avrete la possibilità di attivare una nuova funzione sulla vostra casella postale: annulla invio. Vi permetterà di fermare l'email, ma solo per pochi secondi dal momento in cui l'avete inviata. Per avere la possibilità di farlo basterà cliccare sulla rotellina in alto a sinistra del vostro account e andare su impostazioni. A questo punto bisognerà flaggare la casella "Attiva annulla invio" e scegliere la finestra di tempo durante la quale sarà possibile annullare l'email.

[...continua](#)

### SISTRI: aggiornata a giugno la nuova classificazione rifiuti

Il Ministero dell'Ambiente ha pubblicato l'11 giugno 2015 un **aggiornamento** della guida sulla "Procedura nuova classificazione rifiuti", la cui versione precedente era del 19 maggio.

In particolare è stato descritto nel dettaglio il caso in cui le condizioni operative richiedano che il produttore indichi, nella registrazione di scarico, se stesso quale destinatario del rifiuto (par. 3.1.1). Si ricorda inoltre che sono disponibili le slides della presentazione "Panoramica sulla direttiva e sugli adempimenti correnti", esposte durante il convegno del 13 maggio 2015, organizzato da ISPRA a Roma.

[...continua](#)

## DAL MONDO CONCRETO

### Veicoli 4 assi: in Austria passano da 32 a 36 ton

**Il Parlamento austriaco ha votato all'unanimità la proposta di elevare il peso totale dei veicoli a quattro assi circolanti su strada dalle attuali 32 a 36 tonnellate. Questo provvedimento contribuirà a ridurre il traffico, diminuendo contemporaneamente le emissioni di CO<sub>2</sub>.**

È questo il motivo per cui anche l'Ermco, l'Associazione europea del calcestruzzo preconfezionato, insieme all'Atecap ...

[...continua](#)

### SUEZ: il canale raddoppia dal 6 agosto 2015



**"Il regalo dell'Egitto al mondo": così il presidente egiziano Abdel Fattah El Sisi annunciava il 6 agosto 2014 l'impresa di raddoppiare la via d'acqua, lunga 35 chilometri, parallela a quella già esistente da 145 anni.**

"In 10 mesi abbiamo realizzato l'80% dei lavori, anziché in tre anni, ...

[...continua](#)

### 10 case in un giorno: possibile con la stampante 3D



Questa piccola casa può sembrare comune, ma rappresenta un risultato significativo nel settore delle costruzioni veloci. Una società cinese ha dimostrato le capacità della sua stampante 3D gigante per costruire in tempi rapidi 10 case in meno di 24 ore. Costruite prevalentemente con materiali riciclati, queste case costano meno di 5.000 \$ US e potrebbero essere prodotte in massa per sopperire alla crisi degli alloggi nei paesi in via di sviluppo.

[...continua](#)

### Il calcestruzzo autoriparante



**Con l'aiuto di batteri, questo incredibile bio-calcestruzzo è in grado di riparare le proprie crepe.**

La ricerca del **prof. Hendrik Marius Jonkers**, dell'Università di Delft in Olanda, è iniziata constatando che il 70% delle infrastrutture europee è fatto di calcestruzzo.

[...continua](#)

## EVENTI & PUBBLICAZIONI

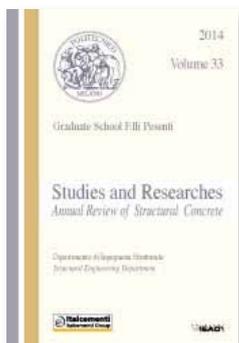


### XVI Convegno ANIDIS: l'Ingegneria Sismica in Italia

Sede: L'Aquila  
Data: 13/09/2015 17/09/2015

Il XVI Convegno Nazionale dell'ANIDIS che si terrà nel 2015 a L'Aquila - in concomitanza con il centenario del terremoto della Marsica del 1915 e con la pubblicazione delle nuove norme tecniche sulle costruzioni recentemente approvate dal CC.SS.LL. - vuole essere, oltre che il tradizionale incontro della comunità scientifica nazionale sul tema dell'ingegneria sismica, anche un'occasione

per riflettere sulle complesse problematiche che i più recenti eventi sismici ... [...continua](#)



### Calcestruzzo strutturale: pubblicato il libro della Scuola F.Ili Pesenti

**Publicato di recente il libro dal titolo "Studies and Researches - Annual Review of Structural Concrete" - Volume 33, edito dalla Graduate School of F.Ili Pesenti, per opera di Antonio Migliacci, Pietro G. Gambarova e Paola Ronca.**

Oggi, forse più che in passato, le scuole di master e di dottorato preparano diplomati di valore, pronti a contribuire all'innovazione nel campo delle costruzioni ed al miglioramento della progettazione strutturale, ... [...continua](#)



### RESTAURO e CEMENTO ARMATO: di prossima uscita il libro del Prof. Coppola

**In uscita il 17/07/2015 il libro scritto da Luigi Coppola e Alessandra Buoso, edito da ULRICO HOEPLI, dal titolo "IL RESTAURO DELL'ARCHITETTURA MODERNA IN CEMENTO ARMATO - Alterazione e dissesto delle strutture in c.a. - Diagnostica - Interventi di manutenzione e adeguamento anti-**

**sismico - Materiali, tecniche e cantieristica".** Il volume presenta le principali forme di alterazione e dissesto delle opere in c.a., le tecniche di indagine per la corretta individuazione delle cause... [...continua](#)

# In Concreto

Costruire in calcestruzzo

Con il patrocinio di ATECAP  
Associazione Tecnico - Economica  
del Calcestruzzo Preconfezionato



In Redazione

Casa Editrice  
Imready Srl  
Strada Cardio, 4  
47891 Galazzano - RSM  
T. 0549.909090  
info@imready.it

Pubblicità  
Idra.pro Srl  
info@idra.pro

Grafica  
Imready Srl

Autorizzazioni

Segreteria di Stato Affari Interni  
Prot. n. 1459/75/2008 del 25/07/2008.  
Copia depositata presso il Tribunale  
della Rep. di San Marino

Segreteria di Stato Affari Interni  
Prot. n. 72/75/2008 del 15/01/2008.  
Copia depositata presso il Tribunale  
della Rep. di San Marino

Direttore Responsabile  
Andrea Dari

Segreteria di Redazione  
Stefania Alessandrini  
Samanta Gasperoni  
Alessandra Tonti

Redazione Tecnico Associativa  
Margherita Galli,  
Massimiliano Pescosolido,  
Michela Pola

■ ■ ■ ■ ■  
La responsabilità di quanto espresso negli articoli firmati rimane esclusivamente agli Autori. La Direzione del giornale si riserva di non pubblicare materiale non conforme alla propria linea editoriale. Tutti i diritti di riproduzione, anche parziale, sono riservati a norma di legge.



Per approfondire l'argomento del calcestruzzo, consulta la Libreria di Ingenio dove potrai trovare numerose pubblicazioni tra cui:

- Atti
- Pubblicazioni Tecniche
- Pubblicazioni Universitarie



# MasterGlenium SKY Oltre i limiti.

Calcestruzzi pompati ad oltre 500 metri di altezza.  
Tre ore di mantenimento della lavorabilità a 40° C.

Visita [www.master-builders-solutions.basf.it](http://www.master-builders-solutions.basf.it)

**BASF Construction Chemicals Italia Spa**  
Via Vicinale delle Corti, 21 - I - 31100 Treviso (TV)  
T +39 0422 304251 - F +39 0422 429485  
[infomac@basf.com](mailto:infomac@basf.com) - [www.master-builders-solutions.basf.it](http://www.master-builders-solutions.basf.it)

150 years

  
We create chemistry