

# metro cubo

123

**ELEMENTI**

**CALCESTRUZZI FIBRORINFORZATI FRC**  
Caratteristiche e applicazioni

metrocuba

123

direzione  
Via Correggio, 3 - 20149 Milano  
Autorizzazione Tribunale di Milano  
n° 599 del 30/12/83 - Iscrizione  
al Registro Nazionale Stampe  
richiesta il 26/1/98

editore  
Associazione CIMEL  
S.S. Pontebbana km 98  
33098 Valvasone - Pordenone

direttore responsabile  
Franco Giovannini

comitato di redazione  
Franco Giovannini  
Luca Beligni  
Sabrina Capra  
Graziano Guerrato  
Giuseppe Parenti  
Giulio Zanon

segreteria di redazione  
Massimo Bertani

progetto grafico  
Marina Del Cinque

stampa  
YooPrint - Gessate (MI)  
Prezzo euro 1,00  
Finito di stampare il 30/12/2022  
Anno XXXIX - n° 123 - Marzo 2023

In copertina:  
Thurgood Marshall Federal Courthouse di New York





**Laterlite**

Leca.it  
Lecablocco.it  
GrasCalce.it  
Ruregold.it

# metro**cubo**

web

visita il sito [www.lecablocco.it](http://www.lecablocco.it)

Rinforzo al Thurgood Marshall Federal Courthouse di New York	4
Adeguamento sismico del ponte canale di Rosciano (TR)	10
Pareti Lecablocco per il nuovo teatro "Roberto de Silva" a Rho	14
Lecablocco Architettonico per il Centro di solidarietà cristiana Papa Francesco	18
<b>ELEMENTI</b>	<b>20</b>
<b>CALCESTRUZZI FIBRORINFORZATI FRC</b> Caratteristiche e applicazioni	
Ripristino strutturale della scuola di Scalea	30
Giardino pensile per il nuovo intervento in via Gioia a Milano	34
Consolidamento e rinforzo al Palazzo Zappalà Tornabene a Catania	36

# Rinforzo al Thurgood Marshall Federal Courthouse di New York

rinforzo strutturale dei vani ascensore

*Un'applicazione inusuale e di notevole complessità eseguita a New York trova nei sistemi di rinforzo Ruregold una risposta funzionale, efficace e in grado di coniugare obiettivi tecnico-prestazionali, facilità di posa in opera e durabilità.*

Oltre che al degrado dei loro elementi strutturali principali, gli edifici sono nel tempo soggetti a fenomeni di deterioramento che possono interessare anche le loro dotazioni impiantistiche, e in particolare gli involucri murari in cui queste sono contenute. Tra i più evidenti fra questi è il caso dei vani ascensore, le cui caratteristiche costruttive possono variare fortemente sia per materiali che per tecniche esecutive utilizzate in funzione dell'età dell'edificio, e la cui manutenzione richiede perciò un approccio specifico, diverso da quello utilizzato per il ripristino delle superfici murarie ordinarie, come diversi sono i fenomeni di degrado che li interessano. È questa la situazione affrontata nell'ambito dei lavori di riqualificazione della **Thurgood Marshall Federal Courthouse** di New York, un edificio storico situato nel centro di Manhattan nel cui contesto hanno trovato applicazione le soluzioni per il **rinforzo strutturale Ruregold a base di materiali compositi FRCM**.

Completata nel 1936, la Thurgood Marshall Federal Courthouse è una torre di 33 piani che, all'epoca della sua costruzione, era l'edificio pubblico più alto degli Stati Uniti. Nel 2021 l'immobile è stato oggetto di un esteso piano di riqualificazione che ne ha interessato non solo i prospetti di facciata in granito e la scenografica copertura piramidale dorata ma anche tutte le dotazioni antincendio e di sicurezza, aggiornate ai più recenti standard, gli ingressi, i corpi scala e i vani ascensore. Questi ultimi presentavano infatti fenomeni di degrado dovuti a infiltrazioni d'acqua e indotti dalle vibrazioni di esercizio.

Le particolari condizioni operative dettate dal contesto, parallelamente alla necessità di limitare al minimo i tempi di fermo degli impianti e garantire tempi di esecuzione certi e contenuti, hanno indotto la direzione lavori a scegliere la soluzione di **rinforzo delle murature dei vani ascensore** basata sui sistemi Ruregold con materiali compositi FRCM. In questo specifico caso la scelta è caduta sul sistema composto dalla rete bidirezionale in carbonio **C-Mesh 84/84** (da 84+84 g/m<sup>2</sup>) in combinazione con la matrice inorganica **MX-C 25 Muratura**, integrato dal **connettore in fibra di carbonio C-JOINT**.

**Località:**  
New York

**Progettazione:**  
Dattner Architects  
New York

**SUPERSTRUCTURES**  
Engineers + Architects  
New York

**Impresa esecutrice:**  
Integrated Construction  
Enterprises Inc.  
Savannah, Tennessee





Test di laboratorio di pull-out del C-JOINT posato con malta MX-JOINT in un campione di muratura in laterizio.



C-JOINT è un sistema di connessione per il collegamento delle strutture esistenti in muratura e calcestruzzo armato. Il connettore a fiocco viene realizzato in opera mediante l'impiego di un fascio di filati/trefoli paralleli e continui, raccolti all'interno di una rete elastica tubolare realizzata con fili di poliestere, poliammide e lattice, estensibile sia longitudinalmente che trasversalmente e rimovibile. Questo fascio diventa rigido solo a seguito dell'impregnazione con l'apposita matrice inorganica MX-JOINT, e inserito all'interno del foro opportunamente realizzato nell'elemento strutturale.

Idoneo per applicazioni su muratura tipo fasciature o rinforzi a taglio e flessione grazie all'elevata grammatura della rete in carbonio e alla matrice inorganica ad alte prestazioni, il sistema consente di ottenere un incremento della capacità resistente di elementi strutturali per azioni nel piano e fuori piano e un incremento della duttilità di edifici in muratura, garantendo un'elevata affidabilità grazie al comportamento post-fessurativo in condizioni di distacco.

**Resistente anche alle elevate temperature e ai cicli di gelo e disgelo e applicabile anche su supporti umidi** e senza l'uso di protezioni speciali, questa soluzione offre inoltre una spiccata semplicità e affidabilità di messa in opera della matrice inorganica, che si posa come una malta cementizia tradizionale premiscelata in sacco.



Connettore a fiocco in fibra di carbonio per sistema FRCM. Il connettore a fiocco viene realizzato in opera mediante l'impiego di un fascio di filati / trefoli paralleli e continui, raccolti all'interno di una rete elastica e tubolare in fili di poliestere, poliammide e lattice, estensibile sia longitudinalmente che trasversalmente e rimovibile. Questo fascio diventa rigido a seguito dell'impregnazione con l'apposita matrice inorganica MX-JOINT all'interno del foro opportunamente realizzato.



Pareti del vano ascensore da rinforzare.



Rinforzo della parete del vano ascensore con sistema FRCM Ruregold con fibre di carbonio C-MESH 84/84 e Matrice inorganica MX-C 25 Muratura.



# AUMENTA LA SICUREZZA SISMICA DEGLI EDIFICI

Per la tua casa affidati ai rinforzi strutturali Ruregold.

- Edifici in cemento armato: **nodi strutturali** esterni e **antiribaltamento** dei tamponamenti.
- Edifici in muratura: **rinforzi a fasce** delle pareti esterne e **consolidamento dell'involucro**.

Soluzioni innovative con reti in PBO a basso spessore, 1 solo cm, con la tecnologia **FRCM** e **Intonaci Armati CRM** con reti in fibra di vetro: scegli il **massimo delle prestazioni**.



SCARICA I NUOVI SOFTWARE PER PROGETTARE



Ruregold.it



## APPROFONDIMENTO NORMATIVO

### SISTEMA DI RINFORZO STRUTTURALE FRCM: DALLA NORMA AMERICANA A QUELLA ITALIANA

I compositi fibrorinforzati a matrice inorganica, denominati **FRCM (Fiber Reinforced Cementitious Matrix)**, o anche **TRC (Textile Reinforced Concrete)**, **TRM (Textile Reinforced Mortars)** e **IMG (Inorganic Matrix Gridcomposites)** sono sistemi utilizzabili per la realizzazione di rinforzi esterni di strutture in muratura o in conglomerato cementizio armato.

In accordo alle più recenti normative americane (**AC 434 ICC-Evaluation Service, ACI 549.6R-20 e ACI 549.4R-20**) e italiane (**Linea Guida del CSLP 2022 e CNR-DT215/2018**) tali sistemi sono ricavati dall'unione di due fasi: **una rete in fibra ad alte prestazioni immersa all'interno di una matrice inorganica**. La natura della matrice inorganica, compatibile chimicamente con i supporti in muratura e di calcestruzzo, permette di favorire l'adesione tra i due materiali, garantendo il trasferimento delle tensioni e dunque la perfetta funzionalità in fase di carico.

I sistemi FRCM possono essere realizzati mediante reti con tessiture unidirezionali, utilizzate maggiormente per applicazioni su calcestruzzo, o bidirezionali, impiegate principalmente per il rinforzo di pannelli in muratura.

L'applicazione in basso spessore, circa 8-10 mm complessivamente, permette di rimanere nell'ambito degli interventi locali, ovvero tutti quegli interventi localizzati o diffusi che non alterano la risposta sismica globale del fabbricato, aumentandone solo la capacità resistente dei singoli elementi.

La facilità e velocità di posa, l'ottima durabilità dei materiali in gioco e la versatilità degli interventi realizzabili rendono questi sistemi adatti a innumerevoli applicazioni, quali:

- **Rinforzo a flessione, taglio e confinamento** di elementi in calcestruzzo;
- **Rinforzo a presso-flessione e taglio** nel piano di paramenti in muratura;
- **Rinforzo a presso-flessione fuori dal piano** di paramenti in muratura;
- **Realizzazione di cordoli sommitali e cinturazioni**.

I sistemi FRCM di Ruregold, C-MESH 84/84 e PBO-MESH 70/18, rispettivamente in fibra di carbonio e PBO (Poliparafenilbenzobisoxazolo), hanno ottenuto la qualificazione americana in accordo all'AC 434, le cui prestazioni sono sintetizzate all'interno del documento ICC-ES Evaluation Report.

METROCUBO 123 RINFORZO AL THURGOOD MARSHALL COURTHOUSE DI NEW YORK

## FIBRA LUNGA A ELEVATO MODULO ELASTICO

# FRCM

## MATRICE INORGANICA

	 <b>FRCM</b>	 <b>FRCM</b>
<b>Linee Guida di progettazione</b>	<b>CNR-DT 215/2018</b> 	<b>549.4R/6R-20</b> 
<b>Linee Guida di qualificazione</b>	<b>LINEE GUIDA Dicembre 2018</b> 	<b>A.C. 434/2019</b> 
<b>Certificazioni di prodotto</b>	<b>C.V.T. 214 20/06/2022</b> 	<b>E.S.R. N°3265</b> 

Quadro normativo in materia di sistemi FRCM (Normativa Italiana e normativa Americana).



### SISTEMA FRM PER MURATURA COMPOSTO DA RETE BIDIREZIONALE IN CARBONIO DA 84+84 g/m<sup>2</sup> E DA MATRICE INORGANICA MX-C 25 MURATURA.

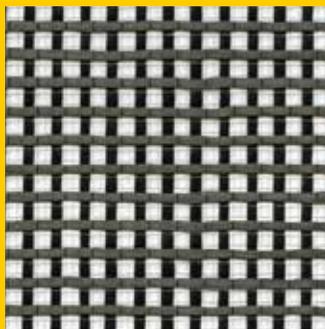
Il sistema, grazie all'elevata grammatura della rete in carbonio e alla matrice inorganica ad alte prestazioni, è idoneo per applicazioni su muratura tipo fasciature o rinforzi a taglio e flessione.

Sistema certificato e conforme alla linea guida ACI 434 statunitense



#### RETE C-MESH 84/84

Rete bidirezionale con 168 g/m<sup>2</sup> in fibra di Carbonio, distribuite in modo equivalente in trama e ordito rispettivamente.



#### MATRICE INORGANICA MX-C 25 Muratura

Matrice inorganica fibrata a base cementizia specifica per l'impiego della rete C-MESH 84/84 su strutture in muratura. Ideale per consentire l'ottimale trasferimento delle tensioni dall'elemento strutturale alla rete di rinforzo.



#### ELEMENTI COMPLEMENTARI

##### CONNETTORE

##### C-JOINT

Connettore in fibra di carbonio.



##### MATRICE INORGANICA MX-JOINT

Matrice inorganica per l'applicazione del connettore a fiocco C-JOINT.



#### VANTAGGI



Resistente al fuoco



Supporti umidi



Permeabilità al vapore



Facilità di posa



Resistente ai cicli di gelo/disgelo



Matrice non nociva

Per approfondimenti



# Adeguamento sismico del ponte canale di Rosciano

con i calcestruzzi strutturali leggeri Leca

*Un'opera idraulica quasi centenaria in Umbria recupera la sua piena funzionalità migliorandone il comportamento sismico grazie ai calcestruzzi leggeri strutturali Leca.*

L'energia idroelettrica è tradizionalmente una fonte strategica per un paese come l'Italia, povero di idrocarburi ma percorso da una fitta e abbondante rete fluviale il cui sfruttamento ha avuto un forte impulso nei primi decenni del secolo scorso. Il numero e la complessità delle opere idrauliche realizzate a questo scopo ed estesamente diffuse sul nostro territorio è quindi particolarmente elevato, e alcune di esse rappresentano ancora oggi veri e propri capolavori di ingegneria; tra queste spicca il ponte canale in Loc. Rosciano ad Arrone (TR), una suggestiva **opera di ingegneria civile parte del nucleo idroelettrico Enel di Terni**, costruita negli anni '30 del '900 e recentemente oggetto di un importante **intervento di adeguamento sismico**, nel cui contesto hanno trovato spazio i **calcestruzzi leggeri strutturali Leca CLS di Laterlite**.

Il ponte canale di Rosciano è un'opera ingegneristica di grande valore storico e artistico, importante testimonianza del grande sviluppo industriale che ha interessato la zona all'inizio del secolo scorso. La struttura appartiene al canale derivatore Medio Nera, lungo 40 Km, realizzato per trasportare l'acqua dai bacini imbriferi più a monte fino al lago di Piediluco, che funge da serbatoio per la centrale idroelettrica di Galletto.

Lunga 150 metri, l'opera in particolare si compone di due archi in calcestruzzo non armato ravvicinati e divaricati, connessi tra loro mediante una serie di sbadacchi in calcestruzzo armato. Gli archi, insieme al sistema di pile in calcestruzzo armato che poggia su di essi o direttamente sui versanti rocciosi (per un'altezza massima delle pile di 30 metri), sostengono un canale in calcestruzzo armato di sezione rettangolare cava al cui interno scorre l'acqua.

Il ponte canale presenta quattro giunti di dilatazione simmetrici rispetto alla chiave degli archi. Oltre alle intrinseche problematiche progettuali dettate dalla sua peculiare impostazione strutturale e dalla particolare localizzazione del ponte canale, la sua riqualificazione e adeguamento sismico implicavano una serie di stringenti vincoli architettonici essendo la struttura sottoposta a tutela dalla locale Soprintendenza.

Tale circostanza ha imposto a **Bridge Engineering**, società di ingegneria



**Località:**

Arrone (TR)

**Committente:**

Enel Hydro Appennino Centrale S.r.l.  
Terni (TR)

**Progettazione:**

BRENG srl  
Roma

**Direttore Lavori:**

Studio Masciotta Engineers + Architects  
Roma

**Impresa:**

TLS Tecnologie Lavori Stradali  
Latina (LT)



romana specializzata nella progettazione di ponti e grandi strutture e affidataria del progetto, di individuare una **soluzione in grado di soddisfare gli obiettivi di incremento dei livelli prestazionali desiderati senza stravolgimenti nelle preziose caratteristiche architettoniche e di impianto originali**. Il progetto di adeguamento sismico è stato sviluppato dall'Ing. **Giuseppe Capogna** di Bridge Engineering.

La Direzione Lavori è stata affidata all'Ing. **Alessandro Masciotta** e ai suoi collaboratori dello **Studio Masciotta S.r.l.**, mentre l'impresa esecutrice è stata la **Tecnologie Lavori Stradali - TLS S.r.l.**

Dal punto di vista sismico, i requisiti richiesti sono stati raggiunti tramite la connessione dei cinque conci del canale mediante coppie di shock-transmitter a configurazione triangolare e mediante il rinforzo strutturale del canale. Quest'ultimo ha richiesto l'individuazione di una soluzione limitatamente invasiva e al tempo stesso in grado di reintegrare e migliorarne il comportamento, soluzione in questo caso consistente nella realizzazione di **quattro cordoli armati in corrispondenza dei quattro spigoli del canale**. L'impiego degli **shock-transmitters** ha permesso un comportamento di insieme prossimo a quello di una trave continua, con una **migliore ripartizione delle sollecitazioni sismiche trasversali sul sistema di pile e quindi minore impatto sull'arco**. A tal riguardo la configurazione triangolare è in grado di offrire un vincolo sia longitudinale che trasversale. Gli **shock-transmitter** sono stati installati su piastre d'acciaio ancorate al di sopra di una **contro-soletta in calcestruzzo armato**, con la funzione

**di trasferire le forti azioni concentrate impresse da questi ultimi sugli elementi strutturali sottostanti**.

Per la realizzazione di tale soletta e per i cordoli perimetrali la scelta è caduta su **Leca CLS 1800, calcestruzzo leggero strutturale** premiscelato in sacco ad alta resistenza e fibrorinforzato con fibre polimeriche adatto per la realizzazione di getti di rinforzo anche su solai metallici, getti strutturali o elementi prefabbricati e dovunque in cantiere sia richiesto un calcestruzzo strutturale ad elevata resistenza. In particolare, il prodotto premiscelato fornito da Laterlite ha permesso di **limitare il peso complessivo del getto** utilizzando allo stesso tempo un materiale a **prestazioni garantite**, e soprattutto di poterlo fare in maniera agevole grazie al pratico formato in sacchi del prodotto premiscelato, che ha permesso in fase di confezionamento e getto di superare le complesse condizioni al contorno del cantiere.

Caratterizzato da una densità di 1.800 kg/m<sup>3</sup>, notevolmente più leggero rispetto ai circa 2.400 kg/m<sup>3</sup> del tradizionale calcestruzzo e utile al fine di ridurre il peso proprio delle strutture particolarmente in zona sismica, Leca CLS 1800 presenta una resistenza caratteristica a compressione pari a 45 MPa, paragonabile ai calcestruzzi tradizionali più prestazionali.

Grazie all'attenta progettazione, all'efficiente lavoro di direzione dei lavori, alle corrette lavorazioni eseguite dall'impresa e alle speciali proprietà del prodotto Laterlite è stato così possibile garantire l'**adeguamento sismico della struttura alle NTC 2018 tramite interventi mirati e minimamente invasivi**.

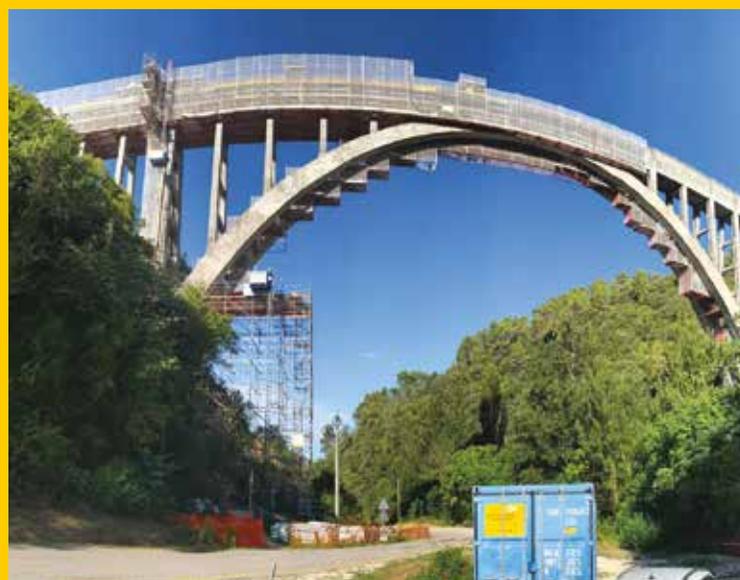
## IL SISTEMA COSTRUTTIVO UTILIZZATO

### RINFORZO STRUTTURALE CON LecaCLS 1800

Leca CLS 1800 è il calcestruzzo leggero strutturale premiscelato in sacco ad alta resistenza e fibrorinforzato con una resistenza caratteristica a compressione di 45 MPa.



Per maggiori informazioni



# CONSOLIDA I SOLAI E ALLEGGERISCI 2 VOLTE



## RENDI PIÙ SICURA LA TUA CASA

Le soluzioni di consolidamento si ampliano di **due nuovi Connettori Plus** a elevata prestazione, per solai in legno e calcestruzzo, e **due nuovi Connettori per solai metallici**: **Connettore Incollato**, sistema innovativo e veloce da posare, e **Connettore Saldato**, industrializzato e certificato nelle prestazioni.

In abbinamento alla gamma di **calcestruzzi** e **massetti leggeri in argilla espansa**, oggi il sistema di Consolidamento e Rinforzo dei solai Leca-CentroStorico offre **più sicurezza statica e antisismica, più portata, più leggerezza, più soluzioni certificate**.

**Nuove soluzioni 2022: scopri le su Leca.it**

### I NUOVI CONNETTORI 2022



### CALCESTRUZZI LEGGERI



### MASSETTI LEGGERI



CONSOLIDA

ALLEGGERISCI



f i+ d in Laterlite Spa  
✉ Laterlite@laterlite.it

**Leca**  
soluzioni leggere e isolanti

# Nuovo teatro “Roberto de Silva” a Rho

pareti in Lecablocco per un polo culturale  
nell’hinterland milanese

Il Comune di Rho (MI) e la società Bracco Real Estate hanno promosso la realizzazione di un polo culturale di eccellenza: un nuovo teatro destinato a una pluralità di utilizzi, in grado di ospitare spettacoli, convegni, proiezioni cinematografiche, eventi e mostre, all’interno di uno spazio flessibile, modulabile, configurabile a seconda delle necessità e capace di adattarsi alle diverse tipologie di utilizzo.

Il nuovo “Teatro de Silva” rientra nell’ambito di un più ampio progetto di riqualificazione che interessa una superficie di 13.500 m<sup>2</sup>. Oltre al teatro, è prevista la costruzione di un complesso residenziale con negozi e uffici e di una piazza, che sarà luogo di ritrovo prima e dopo gli spettacoli.

Il futuro polo teatrale ridisegna lo spazio urbano compreso tra le vie Castelli Fiorenza e Dante, che da oltre un secolo riveste un ruolo importante per la città di Rho. L’ex area industriale dai primi del ‘900 fino agli anni ‘90 ha ospitato industrie tessili e cosmetiche importanti (Chatillon, La Castellana, Diana de Silva), ritagliandosi un ruolo centrale nella vita del territorio e nella storia delle famiglie rhodensi. In quest’area dal 1975 c’erano i laboratori e i siti produttivi della Diana de Silva Cosmétiques, una delle più importanti aziende italiane nel settore cosmetico e della profumeria, guidata da Roberto de Silva, imprenditore con la passione per l’arte scomparso nel 2012, alla cui memoria è intitolato il nuovo teatro.

Costruito su progetto architettonico dello **studio Arassociati con lo studio Banfi-Pezzetta**, la progettazione di strutture e impianti a cura di **Planning srl**, il teatro “Roberto de Silva” ha una forma architettonica molto riconoscibile e morfologicamente autonoma rispetto agli altri edifici del piano. La struttura del corpo è a sbalzo, e le facciate vetrate sono realizzate mediante sistemi di profili di facciata continua vetrata rinforzate da montanti in acciaio. La copertura è caratterizzata anch’essa da una geometria compositiva complessa che sottolinea il volume più alto della zona della “macchina scenica”. La maggior parte del manto di copertura è costituito da un sistema a verde estensivo con inclinazioni diverse.



**Località:**  
Milano - Rho

**Committente:**  
Comune di Rho (MI)  
Bracco Real Estate  
Milano

**Impresa:**  
C.M.B. Carpi  
Carpi (MO)  
Gianni Benvenuto S.p.A.  
Cernobbio (CO)

**Progettazione Architettonica:**  
Arassociati  
Milano  
Studio Banfi & Pezzetta  
Rho (MI)

**Progettazione strutture e impianti:**  
Planning Srl  
Bologna





Interno del nuovo teatro "Roberto de Silva" a Rho.  
Foto: Teatro Civico Roberto de Silva - Città di Rho

Le pareti sono in Lecablocco Fonoisolante di spessore 25 cm per rispettare gli alti requisiti di isolamento acustico e Lecablocco Tagliafuoco facciavista di spessore 12 e 20 per la resistenza al fuoco.

L'ATI a cui sono stati affidati i lavori è composta dall'impresa **C.M.B., Società Cooperativa Muratori e Braccianti di Carpi**, e dall'impresa **Gianni Benvenuto spa**.

Per la realizzazione del tamponamento verticale è stato necessario scegliere materiali e soluzioni tecnologiche che, oltre ad essere affidabili in rapporto alle scelte progettuali e alla posa in opera, avessero ottime prestazioni d'isolamento acustico, fondamentali in un teatro. Requisiti questi, pienamente soddisfatti da **Lecablocco Fonoisolante**, la famiglia di blocchi in calcestruzzo alleggerito con argilla espansa Leca concepita per ottenere elevati valori di isolamento acustico in murature divisorie, di tamponamento o portanti, con prestazioni certificate in conformità con i requisiti previsti dalla legislazione vigente.

Sono stati utilizzati i **Lecablocco Fonoisolante** da intonaco per la realizzazione di circa 3.000 m<sup>2</sup> di pareti, che poi sono state finite con sistema di isolamento a cappotto.

**Lecablocco Fonoisolante** 25x20x25 con isolamento acustico  $R_w$  certificato 56,3 dB, è risultato essere il prodotto prestazionalmente più adeguato ed è stato utilizzato per la realizzazione di tutte le pareti con requisiti acustici elevati quali: le pareti di tamponamento costituenti l'involucro edilizio cieco, le pareti a separazione dei corridoi di flusso in interfaccia con la sala di scena principale, le pareti di confinamento dei locali tecnici ai piani interrati nonché le pareti in copertura in corrispondenza delle aree della torre scenica.

Gli elementi per muratura in calcestruzzo di argilla espansa Leca sono presenti nel progetto non solo per gli aspetti di controllo acustico, ma anche per la sicurezza e la prevenzione antincendio. Alcune pareti della struttura, infatti, sono state realizzate con i **Lecablocco Tagliafuoco** nella versione facciavista nei formati B12 e B20.

Grazie alle elevate caratteristiche di isolamento acustico, di resistenza meccanica e di salubrità, **Lecablocco Fonoisolante** ha garantito così la massima flessibilità e la miglior risposta acustica in una realizzazione di prestigio e dalle specifiche richieste tecnico-prestazionali quale il nuovo polo culturale "Teatro da Silva di Rho".



## IL SISTEMA COSTRUTTIVO UTILIZZATO

### LECABLOCCO FONISOLOANTE PER LE PARETI DEL TEATRO AD ALTO ISOLAMENTO ACUSTICO

Il Lecablocco Fonoisolante in calcestruzzo alleggerito con argilla espansa Leca è nato per ottenere elevati valori di isolamento acustico, ideale in murature divisorie monostrato. Nel Teatro di Rho è stato utilizzato per le pareti di tamponamento esterne con isolamento a cappotto e nelle pareti tra la sala principale e i corridoi.



$R_w$   
56,3 dB

### ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA CON PARETI IN LECABLOCCO FONISOLOANTE CON ISOLAMENTO A CAPPOTTO

Una ricerca sperimentale realizzata attraverso misurazioni in opera di isolamento acustico di facciata in un cantiere di social housing su pareti in Lecablocco Fonoisolante e in laterizio di pari spessore con isolamento a cappotto in polistirene espanso permettono di evidenziare il diverso comportamento acustico delle due tipologie di facciata.

I collaudi evidenziano come a parità di ogni altra condizione al contorno, l'utilizzo di **Lecablocco Fonoisolante di spessore 30 cm** come muratura di supporto **permette di migliorare le prestazioni di isolamento acustico di facciata di ben 3 dB rispetto all'utilizzo di pareti in laterizio porizzato semipieno di pari spessore**.



Esempio di parete in Lecablocco Fonoisolante con isolamento a cappotto.

Scarica l'articolo di approfondimento

# Murfor® Per la solidità del muro



## La nostra casa è sicura.

La solidità dei muri nasce dalla scelta di Murfor®.

Murfor® è un'armatura per muratura che elimina gli effetti del ritiro, delle vibrazioni, degli assestamenti. E' particolarmente adatto nelle zone ritenute a rischio sismico. Murfor® è una risorsa, sia economica che estetica; i progettisti hanno infatti la possibilità di sviluppare nuove creatività come, per esempio, murature con giunti sfalsati, muri doppi e facciate a vista. Murfor® è certificato CE. Ordinanza n.3431 del 03-05-2005.

Presidenza del Consiglio dei Ministri, Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici.

Murfor® è un prodotto Leon Bekaert

Leon Bekaert S.p.A. - G. Fantoli, 11/2 - 20138 Milano - Tel. 02 484 81 201 - Fax 02 484 90 141 - pierpaolo.fumagalli@bekaert.com  
[www.bekaert.com/masonry-reinforcement](http://www.bekaert.com/masonry-reinforcement)

# Centro di solidarietà cristiana Papa Francesco

colori in facciata con i Lecablocco Architettonico

L'intervento nasce su proposta della **Fondazione Carpinetum di Solidarietà Cristiana ONLUS** che fin dalle sue origini si occupa di solidarietà nel territorio rivolta in particolare agli anziani. Negli anni la Fondazione ha allargato i suoi orizzonti intervenendo anche a favore di altre emergenze sociali e gestisce, con l'aiuto di centinaia di volontari, il recupero di beni ancora utili raccogliendo vestiti, oggetti e mobili che la gente sostituisce e rinnovandoli a vantaggio di chi ne avesse bisogno. In questo modo si crea una forma virtuosa di economia circolare da cui è nata l'idea di costruire un Villaggio Solidale. Il **"Centro di Solidarietà Cristiana Papa Francesco"** è l'elemento di spicco e si propone di dare una struttura organica alle attività no-profit di solidarietà già operative nella Fondazione Carpinetum.

L'edificio è collocato in un'area periferica della terraferma veneziana con vocazione prevalentemente commerciale e si configura come una grande "contenitore" che raccoglie e mette in mostra gli oggetti di riuso che la Fondazione recupera. Si tratta quindi di una grande "mercato solidale" di circa 3.000 m<sup>2</sup> di superficie che si è scelto di caratterizzare con l'utilizzo di Lecablocchi colorati ed organizzati secondo una sequenza di colori in sfumatura attentamente progettata per conferire all'edificio dinamicità e dissimularne la grande dimensione.

L'uso dei **Lecablocchi Architettonici a vista**, all'esterno colorati e all'interno grigi, oltre a caratterizzare questo edificio rendendolo una sorta di "Logo" per la Fondazione Carpinetum, ha anche l'obiettivo di ridurre al minimo la manutenzione nel tempo e di essere resistente e duraturo. I muri perimetrali sono stati realizzati con la tecnologia del "muro a cassetta" con internamente moduli Lecablocco Architettonico di spessore 20 cm grigi lasciati a vista e all'esterno moduli Lecablocco Architettonico di spessore 8 cm colorati e fuggati a vista, tra i due strati di muratura è stato inserito l'isolamento termico.

**Località:**  
Mestre VE

**Progetto Architettonico:**  
A+STUDIO ARCHITETTI ASSOCIATI  
STP SRL  
Arch. Francesca Cecchi  
Venezia VE

**Committente:**  
Fondazione Carpinetum di Solidarietà  
Cristiana ONLUS  
Venezia VE

**Impresa:**  
DEMA Costruzioni srl  
Jesolo VE



Centro di solidarietà cristiana Papa Francesco a Mestre con facciata a vista in Lecablocco Architettonico.





Il gioco di colori è stato reso possibile dalla varietà di colori dei Lecablocco Archittonico.



## IL SISTEMA COSTRUTTIVO UTILIZZATO

### PARETI ESTERNE IN LECABLOCCO ARCHITTONICO COLORATO A VISTA

**Lecablocco Archittonico**, costituito da calcestruzzo alleggerito con **argilla espansa Leca**, è l'elemento da costruzione in calcestruzzo di argilla espansa Leca ad elevate prestazioni tecniche che con un'ampia gamma di formati, finiture e colori esalta la libertà progettuale.

Costituiti da calcestruzzo alleggerito con argilla espansa Leca, di modulo 20x50 cm e spessore variabile tra 8 e 30 cm, i Lecablocco Archittonico sono prodotti sia con **finitura liscia che splittata e lavorata**.



TECNOLOGIA  
MILANO

Tecnologia  
delle  
costruzioni

# I CALCESTRUZZI FIBRORINFORZATI FRC

## Caratteristiche e applicazioni

**Il calcestruzzo fibrorinforzato (Fiber Reinforced Concrete-FRC)** è un **materiale composito** caratterizzato da una matrice cementizia e da fibre discrete, il cui impiego ha avuto successo in numerose applicazioni di carattere strutturale grazie alle innumerevoli proprietà conferite all'impasto cementizio dall'aggiunta di fibre.

Negli ultimi anni l'impiego di calcestruzzi fibrorinforzati ha riscosso notevole interesse per le caratteristiche prestazionali che questi possono manifestare in regime di **post-fessurazione**.

**L'aggiunta delle fibre conferisce infatti al calcestruzzo, dopo la fessurazione, una significativa resistenza residua a trazione (di seguito denominata tenacità del calcestruzzo).**

Lo sforzo residuo di trazione può quindi aumentare la capacità portante complessiva della struttura e migliorarne la duttilità.

Il calcestruzzo fibrorinforzato è quindi diffusamente impiegato in tutte quelle applicazioni per le quali la presenza di un rinforzo continuo, costituito da armature tradizionali, non è essenziale per la sicurezza e l'integrità della struttura ma anche in realizzazioni nelle quali le fibre sono state utilizzate come unico elemento di rinforzo in strutture sottoposte a carichi flessionali, come nel caso del parcheggio dell'aeroporto di Heathrow a Londra, realizzato con piastre quadrate e appoggiate su quattro lati, o nelle platee di fondazione di Postdamer Platz a Berlino.



Aeroporto di Heathrow, Londra



Postdamer Platz, Berlino

## CAMPI APPLICATIVI DEI CALCESTRUZZI FRC

Alcuni esempi applicativi degli FRC di particolare rilievo e interesse sono rappresentati da:

- pannelli portanti di facciata;
- piastre di pavimentazione;
- conci prefabbricati e rivestimenti finali di tunnel;
- travi;
- giunti o nodi strutturali;
- elementi di copertura;
- strutture destinate ad assorbire urti e/o per resistere alla fatica come collettori o tubazioni per elevate pressioni, traversine ferroviarie, pali ad alta resistenza, ecc.;
- travi precomprese prefabbricate.

Il notevole interesse per il rinforzo del calcestruzzo mediante fibre risulta giustificato non solo dalle reali e potenziali applicazioni sopra descritte, ma anche in considerazione della sinergia derivante dall'**impiego congiunto di fibre e calcestruzzo ad alta resistenza (HPC)**.

Infatti l'introduzione nell'impasto cementizio di fibre corte può incrementare la tenacità dei calcestruzzi ad alte prestazioni che, normalmente, in assenza di fibre risultano particolarmente fragili.

**I calcestruzzi fibrorinforzati (FRC) trovano largo impiego nel campo dell'ingegneria civile, anche nell'ambito del rinforzo strutturale di strutture esistenti.**

Ne sono un esempio:

- il rinforzo estradossale di solette in calcestruzzo armato e di solai esistenti;
- il rinforzo a pressoflessione e a taglio di pilastri (jacking);
- il ringrosso delle travi esistenti in calcestruzzo armato dove la nuova camicia in calcestruzzo fibrorinforzato, realizzata in basso spessore, ne permette l'aumento di resistenza e duttilità senza incrementi significativi di carico e variazioni importanti della geometria iniziale;
- nodi travi-pilasto.

## Caratteristiche del composito

### A LE FIBRE

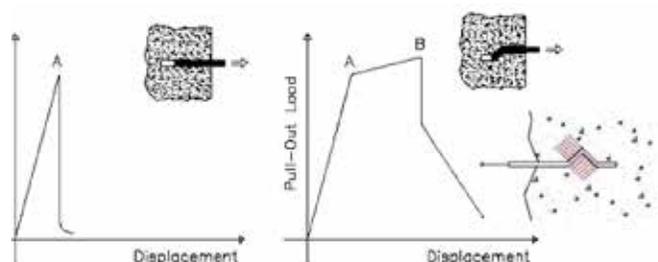
Le fibre utilizzate nella realizzazione di un calcestruzzo fibrorinforzato sono delle fibre discontinue caratterizzate oltre che dal tipo di materiale, da parametri geometrici quali:

- la lunghezza;
- il rapporto d'aspetto;
- la forma;
- il diametro equivalente.

La **lunghezza della fibra**  $l_f$  è la distanza tra due estremità della fibra e deve essere misurata in accordo alle norme di riferimento specifiche. Il diametro equivalente  $d_f$  è invece il diametro di un cerchio di area uguale all'area media della sezione trasversale della fibra.

Il rapporto tra la **lunghezza della fibra e il diametro equivalente definisce il rapporto d'aspetto**, altro parametro importante nella definizione delle fibre ad uso strutturale. Particolarmente importante risulta anche la forma delle fibre che possono essere **rettilinee** o **sagomate**.

**L'uncinatura in corrispondenza delle estremità migliora la dissipazione dell'energia in fase di sfilamento della fibra.**



Una **fibra uncinata** infatti, opponendo maggior resistenza allo sfilamento della stessa in fase di apertura della fessura, permette di raggiungere tipicamente dei valori di picco della **resistenza residua a trazione più elevati** rispetto ad una fibra rettilinea.

Dipendenti dal tipo di materiale di cui è costituita la fibra sono invece i valori di **resistenza a trazione della fibra e modulo di elasticità**.

La **resistenza a trazione della fibra** è la tensione corrispondente alla massima forza di trazione sopportata dalla fibra e deve essere valutata come rapporto tra la suddetta forza e l'area equivalente della sezione trasversale.

**I principali materiali utilizzati per realizzare le fibre sono:**

- Acciaio;
- Polimeriche;
- Vetro;
- Carbonio.

Tuttavia possono essere utilizzate anche fibre in materiali naturali purché dotate di relativa marcatura CE secondo la relativa norma armonizzata di prodotto. Le **fibre in acciaio e polimeriche** dovranno essere marcate CE rispettivamente secondo EN 14889-1 ed EN 14889-2.

Le **fibre di acciaio** costituiscono un elemento resistente ad elevato modulo elastico, diffuso capillarmente ed omogeneamente nel calcestruzzo.

Un buon comportamento nei confronti del ritiro in fase plastica del calcestruzzo è invece garantito dalle microfibre polimeriche (polipropilene), in grado di diminuire l'ampiezza delle fessure da ritiro.

In generale **le fibre sono in grado di migliorare il comportamento a trazione della matrice in fase fessurata riducendone la fragilità, senza però influenzare sensibilmente il comportamento a compressione**. Per questa ragione una prima classificazione dei calcestruzzi fibrorinforzati si **basa sulle classi di resistenza a compressione del calcestruzzo**, le medesime previste nel caso di un calcestruzzo privo di fibre.

Anche per quanto riguarda le **classi di esposizione** si considereranno le stesse previste dalla UNI EN 206 per i calcestruzzi tradizionali, anche se è ragionevole pensare di adottare valori ridotti del copriferro per la proprietà delle fibre di ridurre l'ampiezza delle fessure.

## **B LA MATRICE**

La **matrice cementizia** di un FRC è caratterizzata da un calcestruzzo o da una malta.

La granulometria della matrice dovrà essere progettata prestando particolare attenzione alla **frazione fine dell'aggregato** per garantire un buon accoppiamento con le fibre e una buona lavorabilità dell'impasto.

Le caratteristiche fisiche e meccaniche della matrice dovranno rispondere alle specifiche norme di riferimento valide per il calcestruzzo senza fibre.

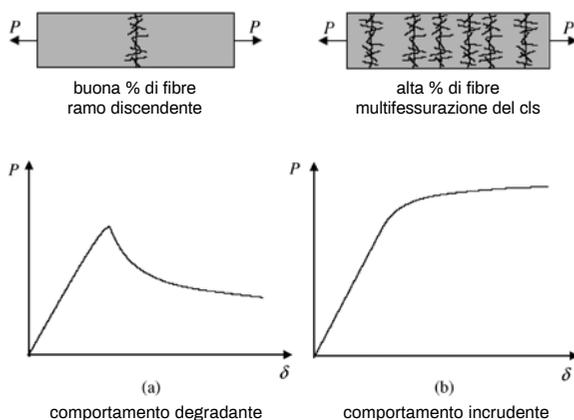


## CARATTERISTICHE TECNICHE

### Legame costitutivo a trazione

In funzione della tipologia, quantità di fibre e delle proprietà della matrice il legame carico - spostamento a trazione di un FRC, valutato mediante una prova di trazione indiretta ovvero una prova di flessione su provino pre-intagliato o mediante una prova di trazione diretta, può presentare:

- **Ramo discendente**, caratterizzato da una resistenza residua e quindi da una maggiore tenacità rispetto al calcestruzzo privo di fibre;
- **Ramo incrudente**, grazie alla comparsa di una multi-fessurazione.



Si parlerà quindi, a seconda del caso, di calcestruzzo fibrorinforzato a **comportamento degradante** o di calcestruzzo fibrorinforzato a **comportamento incrudente**.

Il legame tensione nominale-apertura di fessura  $\sigma_N-w$  può essere determinato mediante prove di trazione uniassiale o di flessione su provino pre-intagliato.

Per mezzo di una prova di flessione su provino pre-intagliato è possibile determinare la resistenza post-fessurazione sulla base di valori puntuali  $f_i$ , corrispondenti ad assegnati valori nominali di apertura della fessura.

L'apertura della fessura è assunta convenzionalmente pari allo spostamento tra due punti posti all'apice dell'intaglio, **CMOD** (Crack Mouth Opening Displacement).

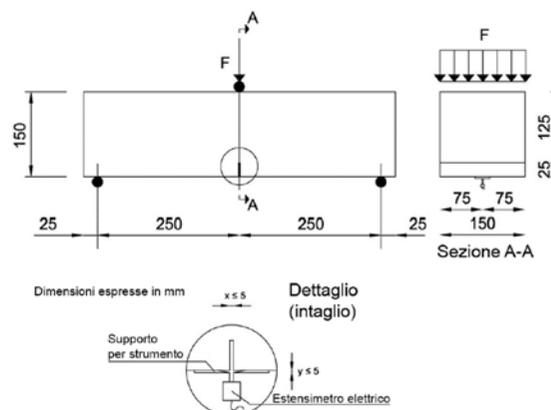
### Determinazione della resistenza residua a trazione

Le prestazioni richieste per un calcestruzzo FRC sono le seguenti:

- Resistenza a compressione.
- Consistenza.
- Esposizione.
- Limite di proporzionalità.
- Tenacità.

In particolare la resistenza a compressione, consistenza ed esposizione sono parametri dipendenti dalle caratteristiche della matrice. Il modulo elastico e il modulo di Poisson sono gli stessi determinati per la matrice senza fibre.

**Il limite di proporzionalità e la classe di tenacità vengono invece determinati sulla base di test a flessione** su un provino di dimensioni (b x h) 150 x 150 mm in sezione, lunghezza 500 - 700 mm, intagliato centralmente e semplicemente appoggiato alle estremità con un carico centrale - secondo la EN 14651.



La prova prevede la misura sperimentale del carico applicato e dell'apertura di fessura alla bocca dell'intaglio (CMOD - Crack Mouth Opening Displacement).

Con riferimento alla singola prova vengono determinati:

- **Limite di proporzionalità**, definito convenzionalmente:

$$f_{ct,L}^f = \frac{3F_L L}{2bh_{sp}^2}$$

con  $F_L$  applicato in corrispondenza del limite elastico.

- **Classe di tenacità**, rapporto tra la resistenza residua a trazione per flessione quando si ha un'apertura della fessura CMOD a 2,5 mm ( $f_{R3k}$ ) e 0,5 mm ( $f_{R1k}$ ).

Il calcestruzzo fibrorinforzato può essere impiegato per usi in elementi strutturali se vengono rispettati i seguenti rapporti:

$$f_{R,1k}/f_{ct,Lk}^f > 0,4$$

$$f_{R,3k}/f_{R,1k} > 0,5$$

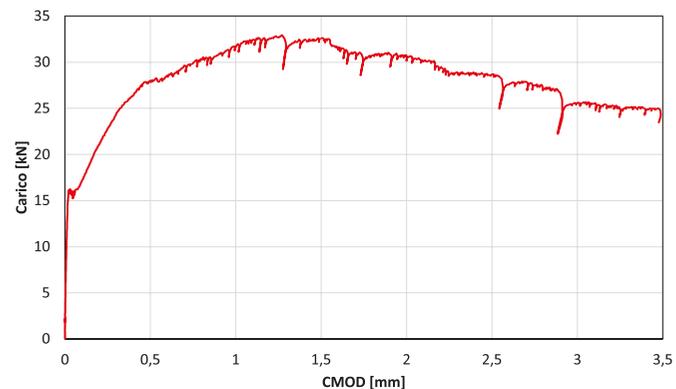


Ripristino estradossale della soletta in c.a. con microcalcestruzzo fibrorinforzato .

**Il comportamento post-fessurativo di un FRC e la classe di tenacità** vengono definiti in base alla resistenza nominale per  $f_{R1k}$  e al rapporto  $f_{R3k}/f_{R1k}$ .

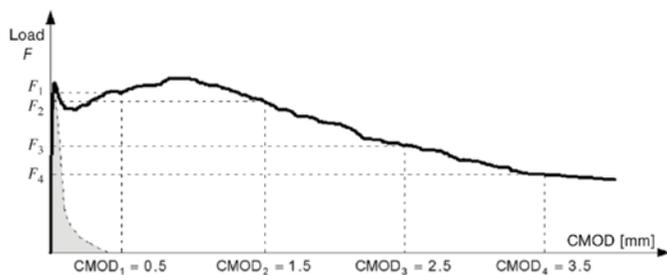
Per classificare il comportamento post - fessurativo di un FRC è necessario definire la resistenza a trazione residua con 0,5 mm di apertura della fessura ( $f_{R1}$ ) nella prova secondo EN 14651 e il rapporto tra la resistenza a trazione residua a 2,5 mm e 0,5 mm rispettivamente ( $f_{R3}/f_{R1}$ ): a seguire si individuano le varie classi di tenacità del calcestruzzo fibrorinforzato.

Di seguito un esempio di **curva di resistenza a trazione residua** ottenuta per il Micro Gold Steel durante l'iter di qualificazione ministeriale.

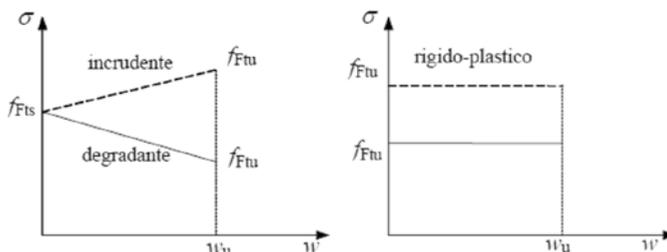


CMOD	MICRO GOLD STEEL - $f_{Rj}^*$
0,5 mm	9,39 MPa
1,5 mm	10,83 MPa
2,5 mm	9,68 MPa
3,5 mm	8,41 MPa

\* sono stati riportati i valori medi delle resistenze a trazione residue dalle prove secondo EN 14651



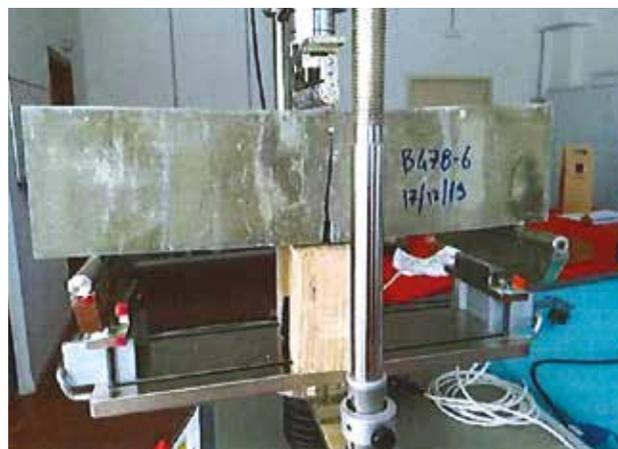
Sulla base dei dati dedotti dalla prova di flessione si possono definire due legami semplificati tensione-apertura della fessura, con comportamento post-fessurativo rigido-plastico o lineare (incrudente o degradante).



Come mostrato in figura, vengono definiti due valori di tensione  $f_{Fts}$  e  $f_{Ftu}$ :

- $f_{Fts}$  rappresenta la resistenza residua di esercizio, definita come la resistenza post-fessurazione valutata in corrispondenza di aperture di fessure compatibili con l'esercizio;
- $f_{Ftu}$  rappresenta la resistenza ultima residua.

**Per materiali con comportamento degradante il valore ultimo dell'apertura della fessura  $w_u$  non può superare il valore massimo di 3 mm, nel caso di elementi inflessi, e di 1.5 mm nel caso di elementi tesi. Per materiali con comportamento incrudente nei quali tipicamente si manifesta una multi fessurazione non è necessario determinare l'apertura delle fessure in quanto è possibile determinare direttamente il legame tensioni-deformazioni.**



CONSULTA LA SCHEDA TECNICA DEL MICRO GOLD STEEL PER TUTTI I DETTAGLI PRESTAZIONALI



Ruregold.it



## Le fibre

Le fibre svolgono un ruolo molto importante perché creano un ponte di collegamento che tende a **ricucire i lembi delle fessure (crack-bridging)**, con conseguente **miglioramento della durabilità del materiale** stesso riducendo il rischio di corrosione da parte degli agenti atmosferici e l'attacco da parte di agenti chimici.

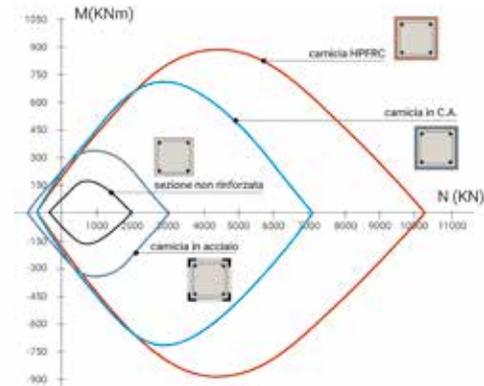
Questo effetto di cucitura assicura al calcestruzzo **un'elevata resistenza residua a trazione** ad avvenuta microfessurazione della matrice cementizia. **La fibra è dunque in grado di conferire al calcestruzzo una resistenza a trazione residua anche nella fase post-fessurata permettendo quindi il trasferimento dello sforzo di trazione da un lembo all'altro della fessura** (tension-softening).

L'aggiunta di fibre all'interno della matrice **riduce la lavorabilità del calcestruzzo**, riduzione che può essere contrastata attraverso l'aggiunta di additivi all'interno dell'impasto stesso che possono aiutare proprio a migliorare la lavorabilità del calcestruzzo.

Di seguito i **principali vantaggi** legati a questa tipologia di intervento rispetto a soluzioni tradizionali:

- Comportamento del materiale incrudente a trazione;
- Possibilità di realizzare camicie senza l'aggiunta di barre di armatura con conseguente risparmio delle lavorazioni da effettuare e di tempo di realizzazione della camicia;
- Riduzione degli spessori fino a 3-4 cm;
- Riduzione della variazione della geometria degli elementi;
- Riduzione dell'aumento di pesi sulla struttura esistente;
- Incremento della rigidità dell'elemento;
- Incremento della durabilità del materiale.

Si riporta nel seguito un esempio sull'applicazione e l'efficacia dell'intervento di incamiciatura di un pilastro mediante Micro Gold Steel di Ruregold.



Preparazione del supporto: rimozione della ruggine dai ferri d'armatura mediante spazzolatura.

Applicazione di **Passivante** Ruregold sui ferri d'armatura esistenti.



Applicazione su pilastri: cassero a tenuta con raddoppio di cravatte e sigillatura al piede. Inizio del getto di **Micro Gold Steel** di Ruregold partendo da un lato con flusso continuo.

Scarica il **Quaderno Tecnico** e i particolari costruttivi per AutoCAD

## FOCUS

### Pilastrini in calcestruzzo armato

Come noto i **pilastrini in c.a. esistenti possono essere soggetti a carenze di carattere strutturale** nei confronti delle seguenti sollecitazioni:

- Insufficiente capacità a pressoflessione;
- Insufficiente capacità a taglio;

**I requisiti che dovranno soddisfare i pilastrini in c.a. esistenti** sono pertanto i seguenti:

- Opportuna rigidità dell'elemento;
- Sufficiente resistenza della sezione;
- Necessaria duttilità dell'elemento resistente;

**Le tecniche tradizionali di rinforzo dei pilastrini prevedono la realizzazione di un'incamiciatura in acciaio o in cemento armato.**

Negli elementi strutturali in c.a. la tecnica dell'**incamiciatura in cemento armato tradizionale** consente di incrementarne la rigidità, la capacità portante e la duttilità dell'elemento attraverso un incremento della sezione resistente dello stesso e l'aggiunta di armatura all'interno della camicia.

Attraverso l'**incamiciatura** si va a migliorare non solo il comportamento nei confronti dello stato limite ultimo ma anche il comportamento in esercizio dell'elemento strutturale.

La scelta di utilizzare questa tipologia di intervento può essere dettata da diverse ragioni:

- **carenza di natura progettuale da parte dell'elemento strutturale**, che necessita di un aumento della sezione resistente dello stesso;
- **aumento della duttilità dell'elemento strutturale**, con incremento della duttilità-rigidità flessionale e conseguente maggiore resistenza alle azioni orizzontali.

Dopo l'intervento di incamiciatura è possibile determinare l'incremento di resistenza attraverso le indicazioni della Circolare 7/2019 del CSLL.PP alle NTC 2018, par. C 8.7.4.2.1, nella quale si ipotizza la perfetta aderenza tra il calcestruzzo vecchio e il nuovo. Tuttavia è necessario sottolineare che **tale intervento modifica la massa e la rigidità dell'elemento**, conseguentemente della struttura, alterando quindi la risposta sismica del fabbricato.

L'**efficacia dell'incamiciatura** sul comportamento dell'elemento strutturale e dell'intera struttura **dipende essenzialmente dall'incremento della sezione resistente** e dall'azione di confinamento sul nucleo interno del pilastro.

L'**impiego di calcestruzzi ad alta prestazione e fibrorinforzati consentono la riduzione degli spessori della camicia** con la quale viene ringrossato il pilastro di partenza e di **ottenere un'efficace riduzione delle armature aggiuntive, con prestazioni dell'elemento rinforzato significativamente più elevate.**

L'**aggiunta di fibre va a modificare le proprietà meccaniche del calcestruzzo**, in quanto ne viene **notevolmente migliorato il comportamento a trazione e soprattutto viene contrastata l'apertura delle fessure.**



Particolare di pilastro rinforzato con **Micro Gold Steel**.

# MASSETTI RADIANTI SPECIALI

STUDIATI SU MISURA  
PER IL TUO CANTIERE



La **gamma Paris**, un riferimento nel mondo dei **massetti radianti speciali** per sistemi di **riscaldamento a pavimento**, si **amplia con FLUID** nato per soddisfare ogni **specifica esigenza di spessore** in fase progettuale e di cantiere. **Paris FLUID**, **autolivellante antiritiro a elevata conducibilità termica**, completa la proposta tecnica di gamma offrendo soluzioni per **applicazioni in medio spessore** (da **20 mm**) ponendosi quindi **tra Paris SLIM** (da 5 mm) e **Paris 2.0** (da 30 mm).



**Leca**  
soluzioni leggere e isolanti

# Ripristino strutturale della scuola di Scalea

rinforzo strutturale di muratura e calcestruzzo armato con sistema FRCC Ruregold

Oltre a condividere con il resto del patrimonio edilizio nazionale un'elevata età media, gli edifici scolastici pongono una serie di problematiche legate agli elevati standard di sicurezza dettati dalla loro particolare destinazione d'uso. Non è raro, quindi, che oltre a necessitare di adeguamenti impiantistici e funzionali, il recupero di questa particolare tipologia edilizia coinvolga anche una serie di interventi volti alla loro riqualificazione strutturale e miglioramento sismico.

Questo è il tipo di intervento che ha interessato un edificio scolastico del Comune di Scalea, in provincia di Cosenza, per la cui rifunzionalizzazione statica e sismica hanno trovato impiego le soluzioni FRCC Ruregold per il rinforzo delle murature. Le innovative **soluzioni FRCC (Fiber Reinforced Cementitious Matrix) Ruregold** sono costituite da fibre lunghe in PBO e carbonio ad elevata resistenza a trazione non soggette a corrosione, annegate in una speciale matrice inorganica capace di garantirne l'aderenza con il supporto.

L'intervento di Scalea ha interessato un edificio costruito intorno alla metà del '900 e oggetto di successivi ampliamenti, caratterizzato da un'impostazione strutturale mista con zone in muratura portante e altre con struttura a telaio in calcestruzzo. Gli estesi fenomeni di degrado che negli anni ne hanno intaccato l'integrità hanno di conseguenza richiesto a loro volta un approccio misto, e in particolare la selezione di metodologie di intervento in grado di ripristinare con successo entrambe le tipologie strutturali. Dopo una valutazione preventiva dello stato di conservazione dell'edificio, l'Ing. Danilo Magurno e l'Ing. Ivano Russo, rispettivamente progettista e Direttore dei Lavori, hanno individuato di concerto con l'impresa esecutrice – la 2 Emme Costruzioni di Buonvicino (CS) – una serie di soluzioni basate sui sistemi di rinforzo FRCC Ruregold.

Per il consolidamento delle sezioni in muratura portante ha in particolare trovato impiego un pacchetto composto da **PBO-MESH 22/22**, rete bidirezionale da 44 g/m<sup>2</sup> per 100 cm di altezza in fibra di PBO, distribuiti in modo equivalente in trama e ordito, e **MX-PBO Muratura**, matrice inorganica fibrata a base cementizia ideale per consentire l'ottimale trasferimento delle tensioni dall'elemento strutturale alla rete, cui si è affiancato **PBO-JOINT**, il connettore a fiocco in fibra di PBO specificamente sviluppato per l'impiego nei sistemi FRCC Ruregold.

**Località:**  
Scalea (CS)

**Progettazione e Direzione Lavori:**

RTP RMSG  
Diamante (CS)  
Ing. Ivano Russo (capogruppo)  
Ing. Danilo Magurno  
Arch. Giovanni Servidio  
Geom. Tommaso Gaglianone  
Cosenza

**Impresa esecutrice:**  
2 EMME COSTRUZIONI SRL  
Buonvicino (CS)

**Direttore del cantiere:**  
Geom. Angelo Amoroso  
Buonvicino (CS)

Il sistema, grazie alla buona grammatura della rete in PBO e alla matrice inorganica ad alte prestazioni, è idoneo per applicazioni specialmente su muratura per fasciature di volte o setti murari, ambiti in cui è in grado di incrementare la capacità resistente di elementi strutturali soggetti a taglio e pressoflessione per azioni nel piano e fuori piano e aumentare la duttilità di strutture in muratura, offrendo un'elevata affidabilità, grazie al comportamento post-fessurativo in condizioni di distacco.

Questa soluzione, che evidenzia una resistenza ottimale anche alle temperature elevate e ai cicli di gelo e disgelo, offre parallelamente importanti vantaggi anche in fase esecutiva, grazie alla notevole capacità adesiva della malta inorganica al supporto e alla sua compatibilità chimico-fisica con la muratura, che ne rendono la posa semplice e affidabile, anche su supporti umidi.

Nella realizzazione dei consolidamenti è stato utilizzato anche PBO-JOINT, il connettore a fiocco in fibra di PBO specificamente sviluppato per l'impiego nei sistemi FRCC Ruregold. Insieme alla matrice inorganica MX JOINT, PBO-JOINT è un sistema di connessione per il collegamento delle strutture esistenti in muratura con i sistemi di rinforzo strutturale FRCC in PBO. Il connettore a fiocco viene realizzato in opera





Rinforzo delle pareti in muratura esterne con sistema FRM posato a traliccio.

mediante l'impiego di un fascio di filati/trefoli paralleli e continui, raccolti all'interno di una rete elastica tubolare realizzata con fili di poliestere, poliammide e lattice, estensibile sia longitudinalmente che trasversalmente e rimovibile. Questo fascio diventa rigido solo a seguito dell'impregnazione con l'apposita matrice inorganica MX JOINT, e inserito all'interno del foro opportunamente realizzato nell'elemento strutturale in muratura incrementa la capacità di adesione del sistema di rinforzo FRM in PBO con il supporto esistente. Ad integrare i consolidamenti è stata utilizzata anche **MX-RW Alte Prestazioni**, una malta strutturale premiscelata a base di legante idraulico ad alta pozzolanicità e basso contenuto di sali, inerti selezionati, additivi e fibre di polipropilene. La sua particolare composizione esclude la possibilità di reazioni chimiche con sali (solfati, carbonati, nitrati, cloruri, ecc.) presenti nelle murature degli edifici antichi; dopo l'aggiunta di acqua si ottiene una malta tixotropica, fortemente adesiva alla muratura, durabile e idonea per riparazioni e intonaci strutturali senza ritiro.

Per il **rinforzo delle strutture a telaio in calcestruzzo** è stata invece utilizzata una combinazione di due pacchetti tecnologici basati sulle reti **PBO-MESH 105** e **PBO-MESH 70/18** annegate nella matrice a base cementizia **MX-PBO Calcestruzzo**. La prima, in particolare, è una rete unidirezionale da 105 g/m<sup>2</sup> in fibra di PBO e fibra di vetro termoplastica nella direzione trasversale a quella delle fibre di PBO pensata per l'utilizzo in combinazione con la matrice inorganica fibrata MX-PBO Calcestruzzo su strutture in calcestruzzo, dove consente l'ottimale trasferimento delle tensioni dall'elemento strutturale alla rete di rinforzo.

Il sistema FRM Ruregold, grazie all'elevata grammatura della rete in PBO e alla matrice inorganica ad alte prestazioni, è idoneo per le applicazioni più gravose su strutture in calcestruzzo e in sezioni ridotte. Utilizzabile per l'adeguamento e miglioramento del comportamento statico e antisismico di edifici e infrastrutture in calcestruzzo armato, il rinforzo a flessione di travi, il rinforzo a presso-flessione di pilastri, il rinforzo a taglio di travi, pilastri, nodi trave-pilastro e pareti e il confinamento di pilastri, il sistema è applicabile anche su supporti umidi e resiste a elevate temperature e ai cicli di gelo e disgelo, risultando di facile posa come una malta cementizia tradizionale premiscelata in sacco.

## Fasi di rinforzo delle strutture in muratura



Preparazione del substrato: dopo l'asportazione di parti incoerenti e ristilatura della malta dei giunti si procede alla regolarizzazione locale del supporto.



Posa del sistema FRM con fibre in PBO Ruregold mediante applicazione della matrice inorganica MX-PBO Muratura e rete PBO-MESH. Nel dettaglio si vede la posa dei connettori PBO-JOINT.

## Fasi di rinforzo delle strutture in calcestruzzo con sistema FRCM



Preparazione del substrato: asportazione del calcestruzzo ammalorato, pulizia dei ferri e applicazione del PASSIVANTE. Ripristino del calcestruzzo (copriferro) mediante malta MX-R4 Ripristino.



Rinforzo a flessione: posa della matrice inorganica MX-PBO Calcestruzzo e rete PBO-MESH lungo la direzione dei ferri longitudinali.



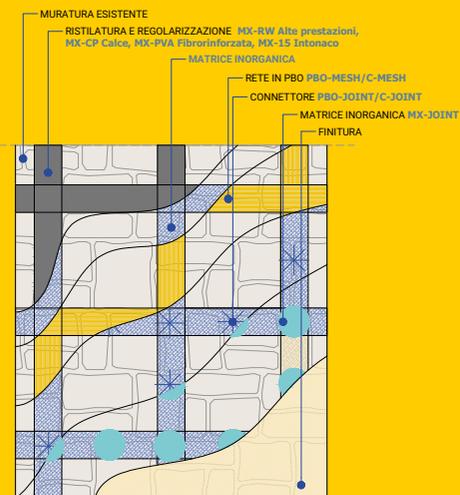
Rinforzo a taglio continuo: Posa della matrice inorganica MX-PBO Calcestruzzo e rete PBO-MESH lungo la direzione delle staffe.



Rinforzo del pilastro in calcestruzzo a taglio e confinamento: la rete PBO-MESH è posizionata lungo la direzione delle staffe avendo cura di creare una sovrapposizione nella zona centrale della faccia del pilastro.

# IL SISTEMA COSTRUTTIVO UTILIZZATO

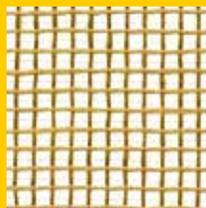
## RINFORZO DELLE STRUTTURE IN MURATURA DETTAGLIO PANNELLO MURARIO



## PREPARAZIONE MX-RW ALTE PRESTAZIONI



## RETE IN PBO PBO-MESH 22/22



## + MATRICE MX-PBO Muratura



## + CONNETTORE PBO-JOINT MALTA MX-JOINT



## RINFORZO DELLE STRUTTURE IN CALCESTRUZZO

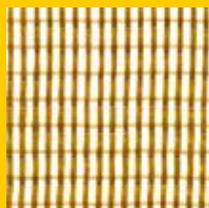
### RETE PBO PBO-MESH 105



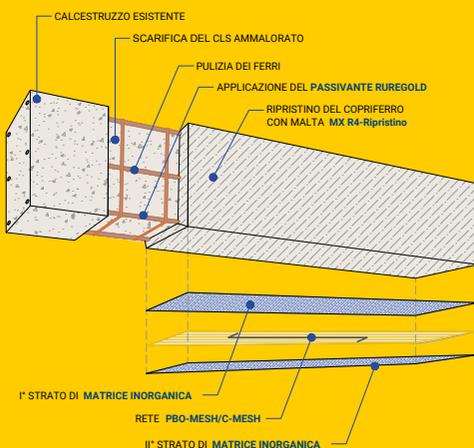
### RETE PBO PBO-MESH 70/18



### MATERIE INORGANICHE MX-PBO CALCESTRUZZO



## RINFORZO DI TRAVI

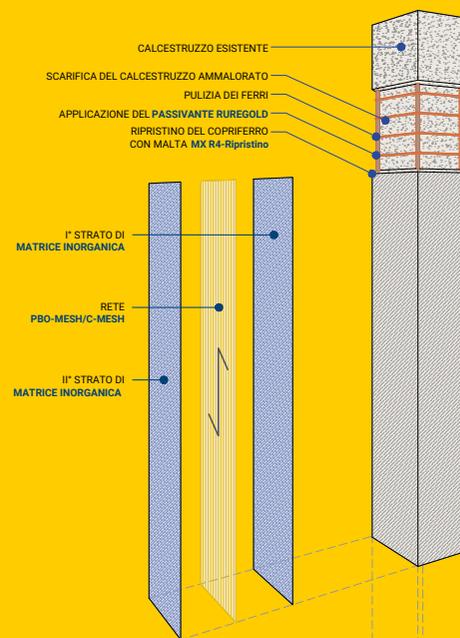


Scarica il **Quaderno Tecnico**  
Ruegold  
per i dettagli completi

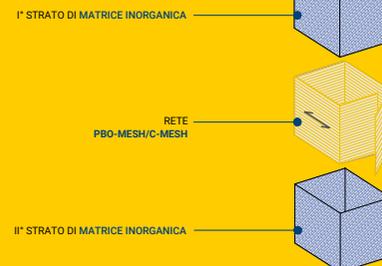


## RINFORZO DI PILASTRI

### RINFORZO A PRESSOFLESSIONE



### RINFORZO A TAGLIO E CONFINAMENTO



# Giardino pensile per il nuovo intervento in via Gioia a Milano

argilla espansa Leca per il drenaggio  
e il substrato colturale

Sorge a Milano in via Melchiorre Gioia 69 il nuovo complesso residenziale Palazzo Gioia, in una zona, dove i grattacieli di vetro e acciaio stanno riscrivendo lo skyline cittadino. Ha una superficie di oltre 2.400 m<sup>2</sup> e include 23 unità immobiliari, di diversa metratura, distribuite su 10 piani fuori terra, a cui si aggiunge un seminterrato per cantine e box auto. Gli appartamenti hanno ampie vetrate a tutta altezza, che garantiscono luminosità a tutti i locali, e internamente finiture e dettagli curati. Il nuovo complesso, moderno e innovativo, mantiene un aspetto signorile che ben si inserisce in un quartiere poliedrico e dinamico come quello compreso tra Porta Nuova e Isola, zona ricca di servizi e luoghi di interesse e intrattenimento, che consentono di vivere a pieno la città.

Laterlite ha contribuito alla realizzazione di **Palazzo Gioia** fornendo il materiale per il **giardino pensile: l'argilla espansa Leca**, infatti, è risultata perfetta per essere inserita in un'opera come questa, pensata per garantire il massimo comfort ai futuri abitanti. A maggior ragione in una città come Milano, che sta indirizzando tutte le sue politiche verso la sostenibilità ambientale e l'incremento del verde.

L'argilla espansa Leca è un materiale leggero, di origine naturale, duraturo e versatile. Impiegata nella realizzazione dello strato drenante e come componente nelle miscele del substrato colturale di coperture a verde, assicura ottimo drenaggio, buona ritenzione idrica, leggerezza e resistenza alla compressione. L'origine del prodotto, unitamente ad un processo produttivo rispettoso dell'ambiente, permette all'argilla espansa Leca di essere un prodotto ecobiocompatibile e certificato ANAB-ICEA per le applicazioni in Bioedilizia.

Sul tetto di Palazzo Gioia, per la realizzazione del substrato colturale leggero è stata utilizzata LecaGreen, speciale miscela a base di argilla espansa AgriLeca frantumata, aggregati minerali e componenti di natura organica accuratamente selezionati, caratterizzata da elevata

**Località:**  
Milano

**Progettazione architettonica:**  
Artema Engineering srl  
Milano

**Progettazione strutturale:**  
ing. Vito de Lunal  
Brugherio (MB)

**Impresa:**  
Edilvit srl  
Cernusco sul Naviglio (MI)

leggerezza, ottima porosità, buona capacità di accumulo e ritenzione idrica, ottima capacità drenante, resistenza e stabilità strutturale nel tempo.

**LecaGreen** è un sistema tecnico ideato espressamente per **coperture verdi**, caratterizzato da spessori ridotti e pesi contenuti; risponde ai requisiti della norma UNI 11235 ("Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione e la manutenzione di coperture a verde") e costituisce il supporto ideale in grado di sostenere lo sviluppo della vegetazione e ad assicurarne il giusto nutrimento.

lo strato drenante è realizzato in argilla espansa Leca 8-20, un aggregato leggero che, grazie alla sua struttura cellulare racchiusa in una scorza clinkerizzata, ottimizza il rapporto tra peso e resistenza. Per sfruttare al meglio le sue caratteristiche isolanti il materiale è stato steso sfuso e semplicemente livellato. Questo può essere fatto dove non ci sono forti pendenze, su superfici piane, proprio come nel caso di Palazzo Gioia. Leca 8-20 è isolante e non si deteriora nel tempo: il suo impiego è estremamente interessante nella realizzazione di isolamenti termici definitivi grazie al basso valore  $\lambda$  di conducibilità termica.

La struttura cellulare e porosa di Leca collabora a un buon assorbimento del rumore: il materiale è infatti anche ideale per manufatti fonoisolanti e fonoassorbenti quali barriere a uso stradale, oppure in contesti molto rumorosi come può essere il centro del capoluogo lombardo.

Leca, inoltre, non contiene materiali organici né loro derivati. Non marisce né si degrada nel tempo, neppure in condizioni di temperatura o umidità estreme. Resiste bene ad acidi, basi e solventi conservando inalterate le sue caratteristiche. Sottoposto al gelo, non si rompe né si imbibisce. È, in pratica, un materiale eterno, oltre ad essere naturale ed ecologico: non contiene, né emette, silice libera, sostanze fibrose, gas Radon o altri materiali nocivi, nemmeno in caso d'incendio.

## IL SISTEMA COSTRUTTIVO UTILIZZATO

### GIARDINO PENSILE INTENSIVO CON DRENAGGIO IN ARGILLA ESPANSA LECA E SUBSTRATO CULTURALE IN LECAGREEN

Il giardino pensile intensivo permette la realizzazione di veri e propri giardini tradizionali. La realizzazione prevede uno strato drenante in argilla espansa e di un substrato a norma UNI 11235 con spessore di almeno 20 cm a seconda della tipologia richiesta.

Grazie all'elevato accumulo idrico questo sistema è adatto per prati e cespugli nonché arbusti di piccola taglia.

LecaGreen è l'unico substrato per tetti verdi **pompabile** con automezzi cisternati, **in altezza sino a 40 m e per distanze sino a 100 m**, ideale anche per interventi con ridotte aree di cantiere.



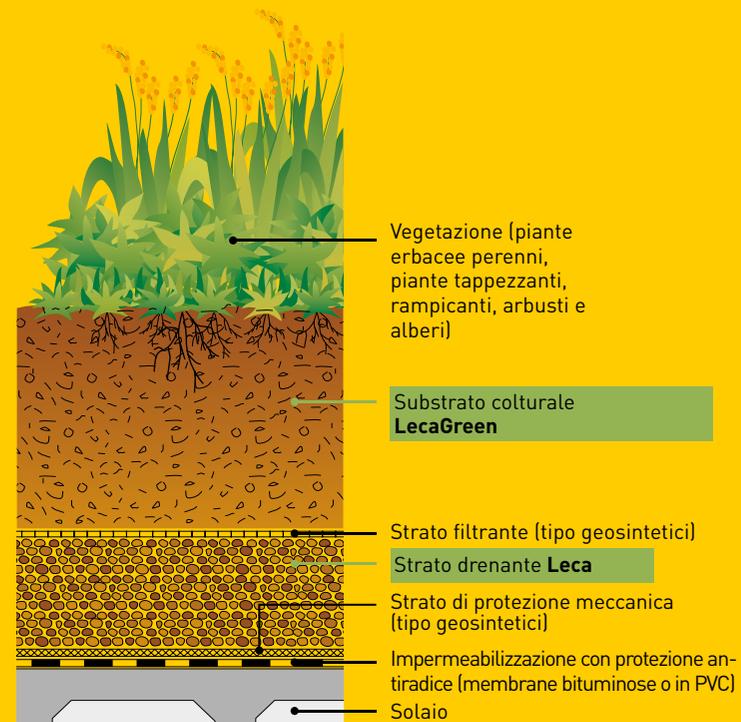
Strato drenante del giardino pensile in argilla espansa Leca 8-20 sfuso.



Pompaggio dell'argilla espansa Leca 8-20 per la creazione dello strato drenante fino a 80-100 m di distanza.



Pompaggio del substrato culturale LecaGreen grazie ad idonei mezzi cisternati.



Per maggiori informazioni scarica la monografia Soluzioni per il Verde



# Consolidamento e rinforzo al Palazzo Zappalà Tornabene a Catania

con Connettore CentroStorico Acciaio Incollato, calcestruzzi leggeri strutturali Leca e intonaco armato Ruregold

**Località:**  
Catania

**Progettazione:**  
Ing. Sebastiano Caramagno  
Catania

**Impresa:**  
Impresa Ernesto Stancanelli S.r.L.  
Catania

Intervenire su un sito di grande pregio, dalla forte identità architettonica, coniugando il rispetto della sua rilevanza storica con l'implementazione di misure finalizzate alla messa in sicurezza ed efficientamento energetico: è questo l'obiettivo che ha guidato la riqualificazione di **Palazzo Zappalà Tornabene**, un edificio settecentesco situato in una delle vie più antiche del centro storico di Catania, dove hanno trovato applicazione le soluzioni Leca e Ruregold per il **consolidamento dei solai e il rinforzo delle murature**.

Prospettante su via Crociferi, il primo impianto dell'edificio risale al XVIII secolo ed è stato oggetto di una successiva espansione lungo la vicina via Alessi nel corso del XIX secolo. Nel corso della sua lunga storia il palazzo è stato oggetto di diverse ridestinzioni d'uso, rimanendo negli ultimi anni disabitato; la prolungata mancanza di interventi di manutenzione aveva portato ad una situazione di degrado generale, che si era esteso all'intera struttura e che perciò richiedeva interventi su più fronti. A questo scopo lo studio di architettura e ingegneria Stancanelli Design & Construction ha sviluppato un progetto di riqualificazione che ha integrato diverse opere nell'ambito dei massimali del **Superbonus 110%** e degli altri bonus statali, dalla riqualificazione energetica al consolidamento della struttura dell'edificio, elaborando in corso d'opera soluzioni su misura per affrontare le numerose problematiche emerse durante i lavori e non rilevabili dalle indagini preliminari. Fra queste, gli interventi strutturali e antisismici sono stati quelli di più complessa elaborazione ed esecuzione con la ricostruzione totale del manto di copertura dell'edificio e della struttura lignea a suo sostegno, ormai irrecuperabile, fino al consolidamento generale e antisismico che hanno interessato solai e strutture murarie. Ed è proprio in questi ultimi due contesti che hanno trovato impiego i sistemi di consolidamento e rinforzo sviluppati da Larterlite con i brand Leca e Ruregold.

Protagonisti del primo ambito, gli interventi di consolidamento, che ha coinvolto parte degli impalcati e **solai in acciaio e in laterizio**, sono alcuni prodotti della linea Leca-CentroStorico per il **consolidamento e rinforzo leggero dei solai** di edifici esistenti.





Consolidamento del solaio in acciaio con Connettore CentroStorico Acciaio Incollato. Dettaglio della stesura di Adesivo CentroStorico sul connettore.



Il solaio è stato consolidato con il metodo della soletta collaborante utilizzando Connettori meccanici CentroStorico Acciaio Incollato e con la posa successiva del Calcestruzzo strutturale leggero LecaCLS 1400 e LecaCLS 1600. Il riempimento tra le putrelle è stato realizzato con argilla espansa Leca sfusa.



Fra questi **Connettore CentroStorico Acciaio Incollato**, il connettore per il consolidamento e rinforzo statico dei solai in acciaio tramite incollaggio diretto. Costituito dall'elemento in acciaio strutturale S235 zincato in abbinamento con lo specifico adesivo epossidico bicomponente tixotropico, l'elemento non richiede attrezzature di posa né manodopera specializzata e rappresenta quindi una soluzione facile e versatile per ogni tipologia di consolidamento dei solai metallici. Il fissaggio di Connettore Acciaio Incollato alle putrelle in acciaio avviene direttamente con incollaggio alle travi con l'**Adesivo Connettore Acciaio** direttamente sulla parte puntinata del connettore tramite l'ausilio di una spatola e una leggera pressione per la creazione di uno strato uniforme di resina tra le due parti. Il sistema prevede la realizzazione della soletta mista collaborante armata in calcestruzzo strutturale leggero Leca dopo 24 ore dalla stesura dell'adesivo. A questo scopo, nell'intervento su Palazzo Zappalà Tornabene hanno trovato impiego **Leca CLS 1400** e **Leca CLS 1600**, due **calcestruzzi leggeri strutturali premiscelati in sacco** idonei alla realizzazione di getti di rinforzo e solette collaboranti.

Per il rinforzo delle strutture murarie la scelta è ricaduta sul **sistema di Intonaco Armato Ruregold**, una soluzione che consente di incrementare i parametri di resistenza e duttilità portando anche a un incremento delle rigidità traslazionali dei pannelli murari oggetto di rinforzo, con una conseguente migrazione del centro di rigidità a livello di piano. Il Sistema CRM Ruregold qui applicato è costituito dalla rete **G-MESH 490** preformata in materiale composito GFRP (Glass Fiber Reinforced Polymer), utilizzata in combinazione con il sistema di connessione in elementi preformati in fibra di vetro alcali resistente G-MESH CONNETTORE, i fazzoletti per la ripartizione delle concentrazioni di sforzo in corrispondenza delle connessioni **G-MESH FAZZOLETTO**, l'elemento angolare **G-MESH ANGOLARE** e la malta **MX-CP Calce** a base di pura calce naturale NHL 3.5. L'applicazione dell'intonaco armato Sistema CRM Ruregold prevede innanzitutto la demolizione dell'intonaco esistente e l'asportazione di parti di muratura incoerenti o in distacco, con risarcitura di lesioni preesistenti ed eventuale rinzafo di preparazione del substrato. Seguono l'esecuzione di perforazioni passanti sub-orizzontali e il posizionamento della rete G-MESH 490 su entrambi i lati della muratura con posa dei **Connettori G-MESH** (4-5/m<sup>2</sup>). Le reti di rinforzo vengono quindi fissate ai sistemi di connessione, mentre la messa in opera di G-MESH FAZZOLETTO consente una adeguata redistribuzione delle azioni concentrate; si procede infine alla formazione dell'intonaco strutturale con la malta MX-CP Calce sulle pareti opportunamente preparate.

La compatibilità è elevata con qualsiasi tipologia di muratura comprese, come nel caso di Palazzo Zappalà Tornabene, quelle di edifici di carattere storico-monumentale grazie alla possibilità di impiego in combinazione con la malta a base calce idraulica naturale MX-CP Calce. La posa risulta facile e veloce, grazie alla relativa rigidità dei materiali e alla possibilità di applicare le malte strutturali in modalità manuale o meccanica così da soddisfare le esigenze di ogni cantiere.



Le pareti in muratura in sasso sono state rinforzate con la tecnologia dell'Intonaco Armato Sistema CRM con le reti Ruregold G-MESH 490, Connettori G-MESH e intonaco strutturale MX-CP Calce a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5.

## IL SISTEMA COSTRUTTIVO UTILIZZATO



### CONSOLIDAMENTO LEGGERO DEI SOLAI IN ACCIAIO CON CONNETTORE ACCIAIO INCOLLATO E CALCESTRUZZO STRUTTURALE LECACL S 1400 E 1600.

Connettore Acciaio Incollato è il connettore per il consolidamento e rinforzo statico dei solai in acciaio tramite incollaggio con lo specifico adesivo epossidico bicomponente tixotropico.

Costituito dall'elemento in acciaio strutturale S235 zincato in abbinamento Adesivo Connettore Acciaio, non richiede attrezzature di posa né manodopera specializzata ed è la soluzione più facile e versatile per ogni tipologia di **consolidamento nel campo dei solai metallici**.

Il Sistema prevede la realizzazione della soletta mista collaborante armata in Calcestruzzo strutturale leggero Leca dopo 24 ore dalla stesura dell'adesivo.

#### Connettore Acciaio Incollato

Resistenza caratteristica $P_{Rk}$	22,16 kN
Resistenza di progetto $P_{Rd}$	14,77 kN
Confezione: secchielli da 100 pezzi	
Certificazione: Università di Bergamo	



#### CONNETTORE ACCIAIO INCOLLATO



#### CALCESTRUZZO STRUTTURALE LECA



Per maggiori informazioni sul sistema di consolidamento con il Connettore Acciaio Incollato



### INTONACO ARMATO SISTEMA CRM RUREGOLD

Le pareti in sasso sono state rinforzate con il sistema di Intonaco Armato Ruregold con

- **reti preformate in fibra di vetro** alcali resistente impregnate **G-MESH 490**;
- **elementi di connessione preformato in fibra di vetro alcali resistenti G-MESH CONNETTORI**;
- **fazzoletti G-MESH FAZZOLETTO** in corrispondenza dei sistemi di connessione;
- **malta da intonaco strutturale** a base calce **MX-CP Calce**.

#### RETE IN FIBRA DI VETRO G-MESH 490



#### MALTA STRUTTURALE MX-CP Calce



#### PRODOTTI COMPLEMENTARI



Per maggiori informazioni si Intonaco Armato Sistema - CRM scarica la monografia dedicata



G-MESH CONNETTORE



G-MESH FAZZOLETTO



G-MESH ANGOLARE

# QUESTIONE DI MILLIMETRI

**Massetto ultrasottile 3-60 mm**  
per strati di finitura e pendenze



QuotaZero è il massetto a **consistenza terra umida**, per esterni e interni, resistente e sicuro per la posa diretta e veloce della **pavimentazione** e dell'**impermeabilizzazione**.

**Multiapplicazione** è ideale per la modifica delle linee di pendenza, per regolarizzare la planarità di fondi irregolari e per recuperare la quota planimetrica di supporti esistenti.

Pendenze su balconi e terrazzi



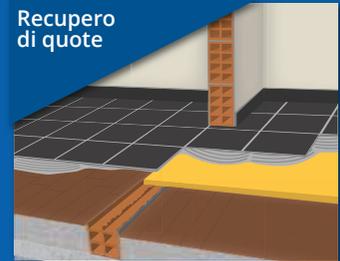
Fondi di piscine e vasche



Gradini e scale



Recupero di quote



**Nuovo massetto QuotaZero: la risposta alle tue esigenze di basso spessore. Scoprillo su Leca.it**



**Leca**  
soluzioni leggere e isolanti