

metro cubo

120

ELEMENTI

Software per il progetto
dei rinforzi strutturali con
i Sistemi FRCC di Ruregold.
Approfondimenti ed esempi di calcolo.



In copertina:
San Francesco del Prato - Parma

In basso:
Dettagli costruttivi tratti dal Quaderno Tecnico di Ruregold

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

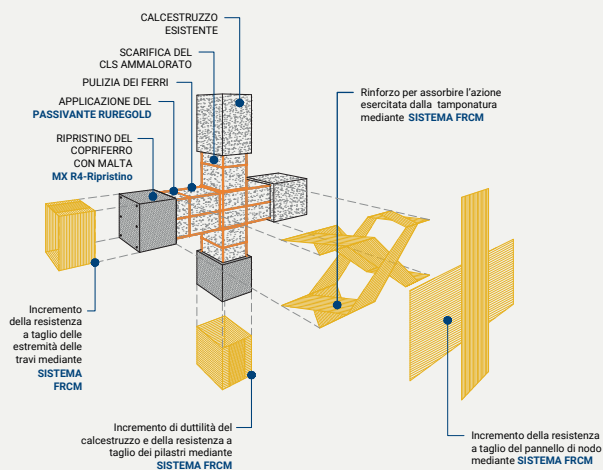
comitato di redazione

Franco Giovannini
Luca Beligni
Sabrina Capra
Graziano Guerrato
Giuseppe Parenti
Orietta Furlan

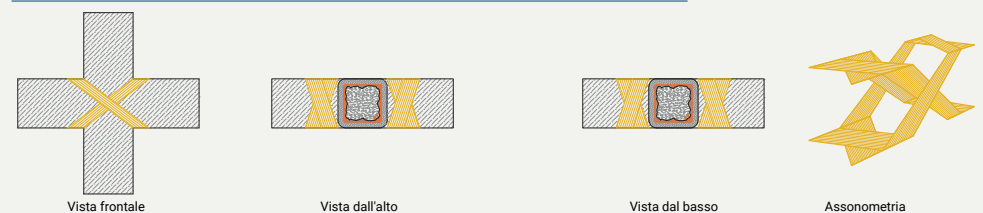
segreteria di redazione
Massimo Bertani

progetto grafico
Marina Del Cinque

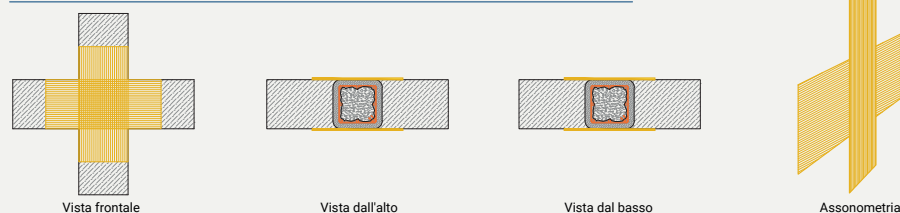
stampa
YooPrint - Gessate (MI)
Prezzo euro 0,80
Finito di stampare il 30/06/2021
Anno XXXVIII n° 120 - Giugno 2021



RINFORZO PER ASSORBIRE LE AZIONI ESERCITATE DALLA TAMPONATURA



INCREMENTO DELLA RESISTENZA A TAGLIO DEL PANNELLO DI NODO





Laterlite

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

metro**cubo**

web

visita il sito www.lecablocco.it

San Francesco del Prato	4
Ospedale Vecchio	10
Green Village	14
Boutique Hotel Eco del Mare	18
ELEMENTI	
Software per il progetto dei rinforzi strutturali con i Sistemi FRCM. Approfondimenti ed esempi di calcolo.	22
Castello di Sarmato	32
Riqualificazione di un immobile ad uso abitativo	36
Rampa di accesso	40

San Francesco del Prato

La chiesa ex “carcere” di Parma torna a essere patrimonio di tutti.

Il centro storico di Parma è ricco di preziose testimonianze storico-architettoniche, e fra queste spicca la grande chiesa gotica di San Francesco del Prato, monumento particolarmente caro alla città che custodisce la memoria di una storia ricchissima di avvenimenti.

Edificata nel XIII secolo grazie ai contributi spontanei della popolazione, San Francesco del Prato fu la prima sede dei francescani a Parma. Dall'epoca napoleonica, tuttavia, con la soppressione degli ordini religiosi la chiesa venne destinata a luogo di reclusione, e molte delle sue parti modificate per il nuovo utilizzo. Il carcere fu poi smantellato nel 1992, e da allora la grande struttura è rimasta chiusa al pubblico. Solo nel 2019, appena avuto in concessione dal Demanio il complesso di San Francesco del Prato, la Diocesi di Parma ha avviato l'iter progettuale per il recupero del monumento non solo ad uso liturgico ma anche per manifestazioni musicali, culturali, accademiche e istituzionali.

L'importante intervento di restauro e riqualificazione ha visto fra i protagonisti Laterlite, con le sue soluzioni leggere per la realizzazione di **sottofondi alleggeriti**, e Ruregold, con la sua gamma di **sistemi per il rinforzo strutturale** a base di materiali compositi **FRCM**. I prodotti a base di argilla espansa Leca sono stati utilizzati nel ripristino di una parte delle pavimentazioni; i materiali di rinforzo sono stati utilizzati per le navate e l'abside della chiesa.

Il complesso necessitava di una serie di importanti interventi di consolidamento strutturale, che hanno interessato sia le pareti delle tre navate che la zona absidale e i capitelli dei colonnati, e di rifacimento delle pavimentazioni, che a opera finita ospiteranno un **sistema di riscaldamento radiante** su cui verrà realizzata una pavimentazione in ciottolo di calce e polvere di laterizio.

Nell'ambito di tali lavorazioni lo **Studio Tecnico Massera**, specializzato nella progettazione e direzione lavori nell'ambito del restauro, ha coinvolto Ruregold e Laterlite nello sviluppo delle soluzioni più idonee a un quadro di intervento di notevole complessità come quello in esame.

Per quanto riguarda in particolare le opere di **consolidamento delle mura** la scelta è caduta sulla collaudata soluzione tecnica costituita da **PBO-Mesh 22/22**, rete bidirezionale da 44 g/m² per 100 cm di altezza in

Località
Parma (PR)

Committente
Diocesi di Parma

Progettazione restauro architettonico
arch. Giorgio della Longa (RM)
arch. Barbara Fiorini
collaboratori
arch. Giulia Baccetti
consulenti
arch. Michele Zampilli
arch. Eugenio Bettinelli

Progetto consolidamento strutturale
ing. Giovanni Cangi
collaboratori
ing. Alessandro Petrani
ing. Luca Fontanelli
ing. Linda Pettinelli
ing. Camillo Antonucci

Direzione Lavori
arch. Davide Massera

Direzione Lavori opere strutturali
ing. Giovanni Cangi

Impresa esecutrice
Consorzio C.O.R.MA.

Project manager
geom. Borriani F. Saverio





Sottofondo leggero e isolante Lecacem Mini, a elevata resistenza meccanica e chiusura superficiale, a grana fine.



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.

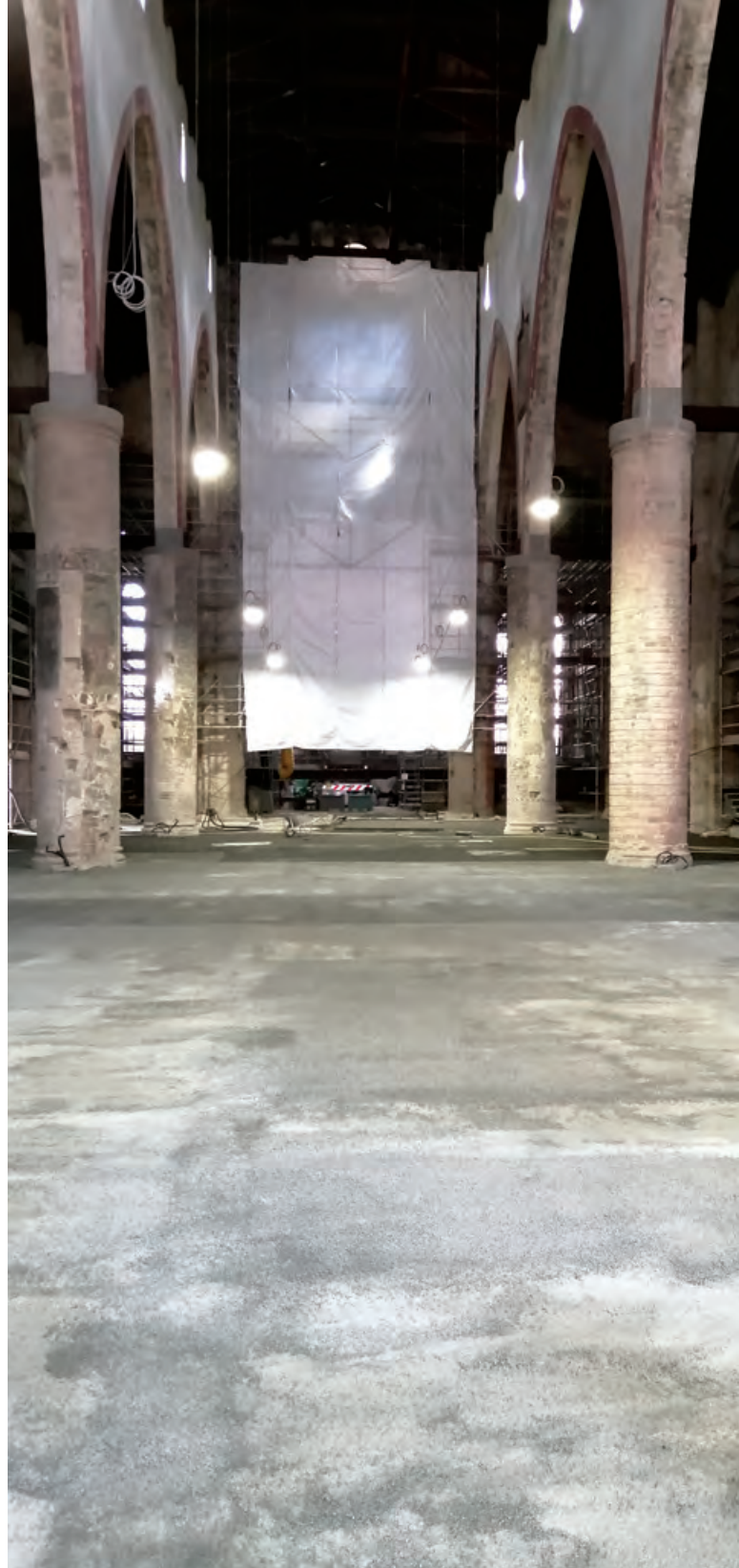
Questa soluzione, che evidenzia una resistenza ottimale anche alle temperature elevate e ai cicli di gelo e disgelo, offre parallelamente importanti vantaggi anche in fase esecutiva, grazie alla notevole capacità adesiva della malta inorganica al supporto e alla sua compatibilità chimico - fisica con 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 FRCM 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 FRCM in PBO. 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 in muratura incrementa la capacità di adesione del sistema di rinforzo FRCM in PBO con il supporto esistente.

I sistemi di consolidamento strutturale a base di materiali compositi FRCM sono stati inoltre utilizzati anche per il consolidamento dei capitelli dei pilastri delle navate centrali e di quelli del convento, localizzato sul lato nord del complesso.

Protagonista dell'intervento sulle pavimentazioni è stata invece Laterlite, che per la realizzazione dei **sottofondi** ha fornito il premiscelato leggero **Lecacem Mini**. Formulato a base di argilla espansa Leca, leggero e isolante ad elevata resistenza e chiusura superficiale, il prodotto è specificamente indicato per la **realizzazione di strati di isolamento/alleggerimento di sottofondi e pendenze**, ed è caratterizzato da una elevata resistenza alla compressione (50 kg/cm²). La sua grana fine crea una superficie chiusa e compatta che lo rende idoneo anche per gli impieghi più gravosi durante le lavorazioni successive (formazione di intonaci, tavolati, ogni altra sollecitazione meccanica); grazie alla particolare consistenza, inoltre, offre una superficie ideale per assicurare una perfetta planarità del sottofondo su cui poi realizzare massetto di finitura e pavimentazione.

Completato il rifacimento delle pavimentazioni, alle opere di consolidamento e riqualificazione antisismica seguirà la rifunionalizzazione della chiesa e dell'ex convento per renderli pienamente agibili e utilizzabili oltre al completamento del restauro degli affreschi e il recupero del piano terra dell'ex carcere.



IL SISTEMA COSTRUTTIVO UTILIZZATO

SOTTOFONDO IN LECACEM MINI AD ELEVATA RESISTENZA MECCANICA

Lo strato di sottofondo della Chiesa di San Francesco al Prato di Parma è stato realizzato con **Lecacem Mini**, strato di alleggerimento isolante a base argilla espansa LecaPiù, ad alta resistenza meccanica e chiusura superficiale.

LECACEM MINI

- **Resistente e a superficie chiusa** ($R_{cm} = 50 \text{ kg/cm}^2$)
- **Elevata planarità**
- **Isolante termico** (basso coefficiente di conducibilità termica certificato $\lambda = 0,142 \text{ W/mK}$)
- **Leggero** (massa volumica 600 kg/m^3)
- **Ecobiocompatibile** (certificato ANAB-ICEA per la Bioarchitettura).



Per maggiori
informazioni



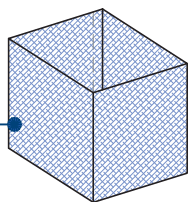
La nuova pavimentazione della Chiesa di San Francesco al Prato di Parma è stata realizzata su di un sottofondo leggero e isolante in Lecacem Mini a base argilla espansa LecaPiù.



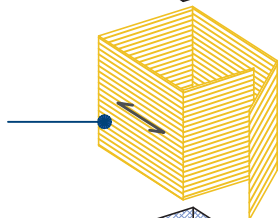


Rinforzo strutturale delle colonne mediante sistema FRCM con PBO-MESH 22/22 e matrice inorganica MX-PBO Muratura.

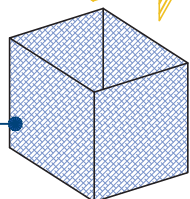
I° STRATO DI
MATRICE INORGANICA



RETE
PBO-MESH



II° STRATO DI
MATRICE INORGANICA



IL SISTEMA COSTRUTTIVO UTILIZZATO

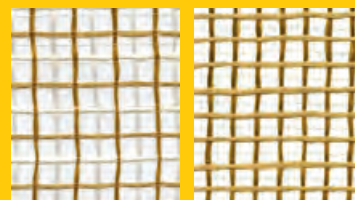


SISTEMA DI RINFORZO STRUTTURALE FRCM CON FIBRE DI PBO

Le colonne della Chiesa di San Francesco al Prato di Parma sono state consolidate utilizzando una fasciatura nella parte alta con il sistema **FRCM di Ruregold** per muratura composto dalla rete bidirezionale in PBO da 22+22 g/m² e 10+10 g/m² e dalla matrice inorganica MX-PBO Muratura.

RETE IN PBO
PBO-MESH 10/10
PBO-MESH 22/22

+ MATRICE INORGANICA
MX-PBO Muratura



VANTAGGI

- **Incremento della capacità resistente** di elementi strutturali soggetti a taglio e pressoflessione, per azioni nel piano e fuori piano.
- **Elevata affidabilità** del sistema grazie al comportamento post-fessurativo in condizioni di distacco.
- **Elevata duttilità** del sistema e capacità di dissipazione dell'energia.
- Sistema **resistente anche alle elevate temperature** e ai cicli di gelo e disgelo.
- Matrice inorganica con notevole **capacità adesiva** al supporto e **compatibilità chimico-fisica alla muratura**.
- **Semplicità e affidabilità di posa** della matrice inorganica che si posa come una malta cementizia tradizionale premiscelata in sacco.
- Sistema **applicabile anche su supporti umidi** e senza l'uso di protezioni speciali.



Per maggiori informazioni
sul sistema di rinforzo
strutturale FRCM in PBO





Laterlite

Insieme

Quattro brand, un'unica identità

Laterlite annuncia di aver finalizzato un accordo vincolante per il controllo dell'intero capitale sociale di Gras Calce a partire dal 1° gennaio 2021. Un'offerta ampliata e integrata con prodotti e servizi a supporto della progettazione, dei cantieri e della distribuzione di materiali edili dedicati al mercato della ristrutturazione e della nuova costruzione.



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

Ospedale Vecchio Parma

Leca e Ruregold per il rinforzo delle volte

Nell'ambito dei lavori di recupero del complesso monumentale parmense, le soluzioni tecniche Ruregold sono state utilizzate per il consolidamento e il miglioramento antisismico delle strutture della crociera principale.

Rinascerà presto a nuova vita l'**Ospedale Vecchio di Parma**, uno dei complessi monumentali più importanti della città e edificio simbolo della storia ospedaliera del capoluogo, oggi al centro di un complesso intervento di riqualificazione e rifunzionalizzazione che ha visto tra le soluzioni tecniche selezionate anche i **sistemi per il rinforzo strutturale Ruregold a base di materiali compositi FRCM**. I sistemi Ruregold sono stati utilizzati per una serie di **opere di consolidamento e miglioramento antisismico**.

Il nucleo originario del complesso dell'Ospedale Vecchio di Parma è costituito da un edificio centrale detto **"Grande Croce", risalente alla fine del XV secolo**, con bracci a navata unica di dimensioni pari a 11 metri per 27, coperti da una volta a botte con lunette laterali. All'intersezione dei due bracci è presente una campata unica di 9,90 metri per 9,90 metri su cui si trova una monumentale cupola emisferica. Nel 1587-88 al complesso si aggiunse un nuovo edificio destinato ad Ospizio degli Esposti; nel 1663 per ricucire il nuovo fronte, sull'attuale via D'Azeglio, tra l'Ospedale Vecchio e l'Ospizio degli Esposti, fu realizzata la chiesa di Sant'Ilario, mentre del 1782 è il nuovo assetto dello scalone sul portale del fronte principale. **Il complesso fu utilizzato come ospedale fino al 1926**, poi venne adibito a caserma fino al 1945 e negli anni Settanta venne aperta nei suoi spazi la Biblioteca Civica.

Dal punto di vista strutturale **il nucleo della Grande Croce si sviluppa su tre livelli**. Quello principale, che in origine ospitava le corsie dell'ospedale, è al primo piano con la Grande Croce vera e propria, un ambiente voltato con altezza in chiave di 12 metri con circa 2mila m² di superficie calpestabile; al livello inferiore si trova la "Sottocroce", spazio della medesima ampiezza che ospitava i locali di servizio dell'ospedale, mentre a quello superiore si trova il sottotetto, compreso tra la cubatura della Grande Croce e la copertura vera e propria, e caratterizzato dalla presenza di volte parzialmente a vista e capriate lignee.



Località
Parma (PR)

Ente appaltante
Parma Infrastrutture S.p.A.
Parma

Responsabile Unico del Procedimento
Ing. Marco Ferrari
Parma Infrastrutture Spa

Progetto esecutivo strutturale
Ing. Alberto Moretti
Venezone (UD)

Direzione lavori
Parma Infrastrutture
Ing. Sara Malori
Parma

Impresa esecutrice
Cooperativa Edile Artigiana s.c.
Parma





Lo stato di conservazione del complesso monumentale presentava diverse criticità di natura strutturale, dovute soprattutto al naturale trascorrere del tempo, che richiedevano l'adozione di una serie di **misure rivolte non solo a ripristinarne la funzionalità statica ma anche a migliorarne il comportamento antisismico.**

Parma Infrastrutture S.p.A., società cui è demandato il mantenimento in efficienza degli asset del Comune di Parma attraverso piani di manutenzione ordinaria e straordinaria e programmi di miglioramento integrati, ha a questo scopo avviato le procedure di valutazione e gara propedeutiche alla realizzazione delle opere di riqualificazione e alla successiva rifunionalizzazione dell'ex complesso ospedaliero; dal punto di vista strutturale queste hanno in particolare previsto il **rinforzo del piano voltato fra il livello interrato e quello principale** della Grande Croce, il **rinforzo delle volte del sottotetto**, il **rinforzo e rifacimento completo delle coperture** e una serie di incatenamenti e cerchiature metalliche diffuse.

È proprio in questo ambito che hanno trovato spazio i **sistemi di rinforzo strutturale Ruregold a base di materiali compositi FRCM**, e in particolare il pacchetto composto da **PBO-Mesh 22/22**, rete bidirezionale da 44 g/m² 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 sono affiancati **PBO-Joint**, il connettore a fiocco in fibra di PBO specificamente sviluppato per l'impiego nei sistemi FRCM Ruregold, e la malta **MX-PVA Fibrorinforzata**.

Il sistema è idoneo per applicazioni specialmente su muratura per fasciature di volte o maschi 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, e capacità di dissipazione dell'energia. 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.

Per la connessione del sistema al supporto è stato utilizzato **PBO-Joint**, il connettore a fiocco in fibra di PBO specificamente sviluppato per l'impiego nei sistemi FRCM 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 FRCM in PBO. 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



Applicazione del sistema PBO-MESH 22/22 dopo la regolarizzazione del sottotetto con MX-PVA Fibrorinforzata.



Le volte terminate l'applicazione del sistema PBO-MESH 22/22.



Posa del sistema FRCM con rete PBO-Mesh 22/22 e malta MX-PBO Muratura.

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 FRCM in PBO con il supporto esistente.

Nell'intervento in questione, la cui esecuzione è stata affidata alla **Cooperativa Edile Artigiana di Parma** sotto la Direzione Lavori dell'Ing. Sara Malori di Parma Infrastrutture, si è innanzitutto proceduto al consolidamento delle volte localizzate tra la Sottocroce e la Grande Croce, strutture poggianti su un ordine di pilastri centrali. Il progetto ha previsto lo svuotamento completo delle volte, la loro pulizia e regolarizzazione per favorire l'adesione del pacchetto di consolidamento e la successiva posa del sistema **PBO-Mesh 22/22** secondo le specifiche Ruregold. Al di sopra del pacchetto è stato quindi creato un sistema di frenelli in mattoni allo scopo di ottimizzare il trasferimento dei carichi dalla soletta sovrastante alla volta, anch'essi consolidati sovrapponendo al primo corso di mattoni un ulteriore pacchetto di PBO-Mesh 22/22. Il tutto è stato completato con il **getto di una soletta in calcestruzzo alleggerito con argilla espansa Leca dello spessore di 9 cm**. Complessivamente nel corso dell'intervento sono stati realizzati circa 2.000 m² di consolidamenti con rete PBO-Mesh 22/22 e malta **MX-PBO Muratura**, oltre a 1.000 metri lineari di connettori PBO-Joint.

Oltre a ripristinare la funzionalità statica del complesso, l'intervento ha consentito di ottenere un **miglioramento della resistenza alle azioni sismiche quantificabile in circa il 60%**.

A lavori completati, il progetto di rigenerazione urbana legato al recupero dell'Ospedale Vecchio ne prevederà l'articolazione in più funzioni: la creazione di una galleria multimediale della cultura urbana nella Grande Croce, la ricollocazione del Museo dei Burattini nella Sottocroce, una Corte del Sapere adibita a Biblioteca Civica, una Corte delle Associazioni e il Chiostro della Memoria Civile.

IL SISTEMA COSTRUTTIVO UTILIZZATO

RINFORZO DELLE VOLTE A CROCIERA CON SISTEMA FRCM

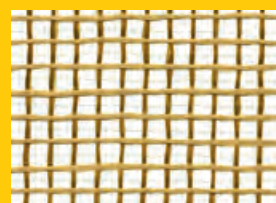
Il progetto ha previsto lo svuotamento completo delle volte, la loro pulizia e regolarizzazione per favorire l'adesione del pacchetto di consolidamento e la successiva posa del sistema FRCM con **PBO-Mesh 22/22** e matrice inorganica **MX-PBO Muratura**.

Al di sopra è stato creato un sistema di frenelli in mattoni allo scopo di ottimizzare il trasferimento dei carichi dalla soletta sovrastante alla volta, anch'essi consolidati sovrapponendo al primo corso di mattoni un ulteriore pacchetto di **PBO-Mesh 22/22**.



RETE PBO

PBO-MESH 22/22



MATRICE INORGANICA

MX-PBO Muratura



REGOLARIZZAZIONE DEL SOTTOFONDO

Prima dell'applicazione del sistema FRCM è di fondamentale importanza la preparazione del substrato.

Il sottofondo è stato regolarizzato mediante malta **MX-PVA Fibrorinforzata**.

MX-PVA Fibrorinforzata



- Elevata **capacità di assorbire energia** dopo fessurazione.
- **Ottima resistenza** a trazione e flessione anche dopo la fessurazione.
- Ottima **resistenza ai carichi dinamici**.
- **Assenza di corrosione delle fibre** in PVA.
- Ottima **aderenza alla muratura**.
- **Compatibilità** con le murature storiche.
- **Resistenza all'attacco di agenti chimici**.
- **Facilità e rapidità di posa** e di finitura.
- **Certificata** per applicazioni di intonaco in assenza di armatura diffusa e ristilatura fibrorinforzata dei giunti di malta.



Scarica il **Quaderno Tecnico Ruregold** e approfondisci le soluzioni



Green Village

Lecablocco BioPlus: una soluzione costruttiva avanzata per il nuovo Firenze Green Village

Rinasce a Firenze il complesso architettonico di via Benedetto Fortini sede originale di "Arte della Seta Lisio", un'eccellenza nella produzione di manufatti in seta, in disuso da anni dopo il trasferimento dei laboratori tessili della fondazione omonima. Una superficie di oltre 2.000 m² tornerà a nuova vita con destinazione residenziale grazie al progetto curato dallo studio FPA – Fantappiè Pagnano Architetti, che valorizza il fascino e la storicità della location coniugandolo al tempo stesso all'insegna della tecnologia, dell'innovazione e della sostenibilità tramite materiali costruttivi come Lecablocco BioPlus, un sistema costruttivo brevettato composto da blocchi a cassero in calcestruzzo alleggerito di argilla espansa Leca e inserto isolante ad elevata densità.

Il complesso architettonico originale comprendeva in particolare un grande capannone destinato alla produzione a cui era connesso un altro corpo di fabbrica destinato a uffici, show room e funzioni di servizio. Creata come laboratorio d'arte per rinnovare e tramandare le tecniche di tessitura a mano della seta e metalli preziosi, la fondazione Arte della Seta Lisio conservava nella sede di via Fortini una collezione di telai, tessuti antichi e disegni tecnici, con spazi per laboratori didattici e biblioteca specializzata. Tutte le attività furono poi trasferite nel 2005 in altri immobili di proprietà situati in un lotto adiacente a quello originale, lasciando l'edificio in disuso.

Lo schema di trasformazione urbana concordato con la municipalità fiorentina prevedeva la possibilità di demolire il capannone, mantenendo tuttavia il vincolo di struttura di alto valore testimoniale sull'edificio adiacente, il cui progetto di riqualificazione ha dovuto quindi tenere conto di tali limitazioni oltre a quelle imposte dalla locale Soprintendenza sotto il profilo paesaggistico. Da tali premesse è scaturito un progetto, il "Firenze Green Village", che nel rispetto di tali vincoli ha portato al riutilizzo della superficie originariamente occupata dagli impianti di produzione per la costruzione di quattro nuovi edifici, di cui due a un piano fuori terra e due a due piani, per un totale di circa 2.000 m² di superficie collocati all'interno di un parco privato di oltre 6.000 m², e al recupero del corpo centrale dell'edificio superstite adottando tecniche tese alla sua valorizzazione dal punto di vista del design e dell'aggiornamento tecnologico.



Località
Firenze

Impresa
Gervasi S.p.A.
Firenze

Committente
Fortini Società Cooperativa

Progettazione
Studio FPA
Fantappiè Pagnano Architetti
Firenze





Per consentirne la trasformazione e l'adeguamento alle attuali normative dal punto di vista strutturale, sismico ed energetico è risultata fondamentale la scelta di un sistema costruttivo come **Lecablocco Bioplus**, in grado di garantire la massima efficienza energetica e affidabilità strutturale. BioPlus è composto da una famiglia di blocchi cassero in calcestruzzo alleggerito con argilla espansa Leca, che integrano uno strato di isolante in polistirene espanso con grafite ad alta densità e sono certificati per l'utilizzo nell'edilizia antisismica. Con un unico componente, il sistema BioPlus è in grado di offrire tutti i vantaggi statici di una struttura scatolare a resistenza diffusa e quelli di un involucro ad alta efficienza energetica per un elevato benessere abitativo grazie al suo elevato isolamento termico e alla sua massa e inerzia termica, caratteristiche che consentono l'accesso alle agevolazioni fiscali previste dall' **Ecobonus, Sismabonus e Sismabonus acquisto casa sismica**.

Le cavità presenti nei blocchi e gli alloggi per la disposizione dei ferri di armatura consentono infatti, con il successivo getto di calcestruzzo, la formazione di bielle resistenti all'interno dei setti murari in grado di resistere alle azioni sismiche in maniera omogenea. In più, il blocco BioPlus garantisce all'involucro edilizio le due caratteristiche fondamentali per garantire l'efficienza energetica: l'isolamento termico, ovvero la capacità di un edificio di contenere le dispersioni di calore con un valore di trasmittanza delle sue pareti perimetrali U, in questo caso pari a $0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$, e un'elevata inerzia termica (Trasmittanza termica periodica Y_{IE} $0,019 \text{ W/m}^2\text{K}$), che permettono di ottenere edifici in classe energetica più elevata e NZEB.

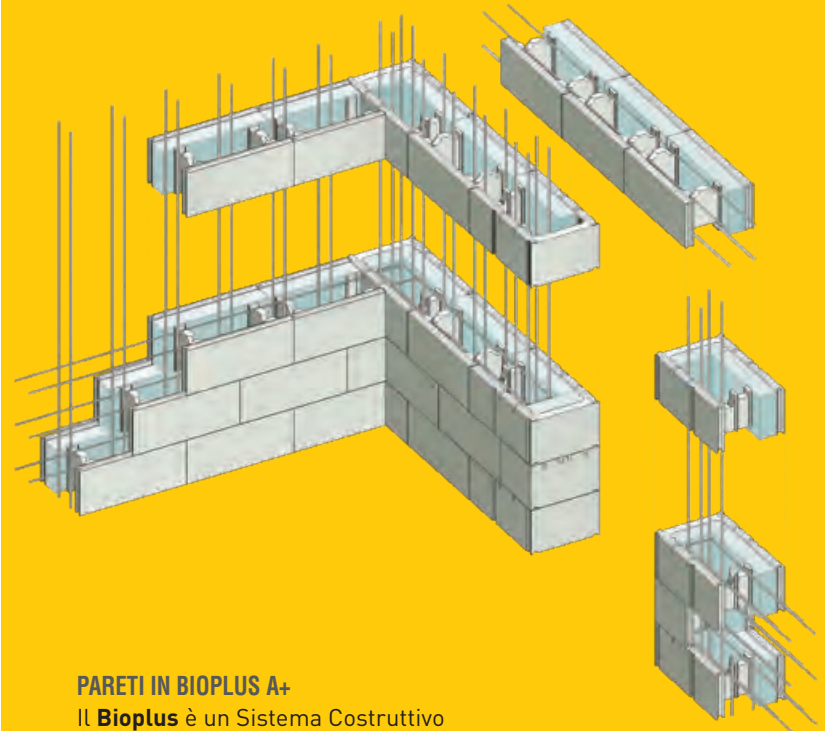
Oltre a un efficace isolamento termico, i blocchi BioPlus garantiscono anche un ottimo comfort acustico garantendo un ottimo isolamento acustico dell'abitazione e un maggiore benessere abitativo.

Rapidità e semplicità di posa in opera sono due altri punti di forza del sistema. I blocchi BioPlus vengono montati in opera a secco come struttura muraria di spessore 33,5 cm (BioPlus Standard) o 40,5 cm (BioPlus A+); **all'interno della struttura viene realizzato un setto di spessore 15 cm, armato** durante le fasi di montaggio del muro e successivamente gettato in opera, che andrà a formare la parte resistente dell'involucro edilizio. La presenza degli incastri verticali e orizzontali facilita la posa dei blocchi e consente di agevolare le fasi di getto del calcestruzzo all'interno della parete, permettendo di realizzare un intero piano senza getti intermedi.

A posa completata, lo strato esterno di 4 cm di argilla espansa Leca dei blocchi BioPlus consente di applicare l'intonaco senza il ricorso a reti di rinforzo, mentre quello interno, sempre da 4,5 cm, costituisce una sede ideale per gli impianti permettendo tramite un semplice scanalatore di realizzare con facilità le opportune tracce senza compromettere la struttura.

Grazie a tali caratteristiche l'utilizzo del sistema costruttivo BioPlus ha consentito da un lato di trasformare un edificio storico adeguandolo alla normativa attuale dal punto di vista strutturale, sismico ed energetico, dall'altro di realizzare nuove unità abitative di altissima qualità e allineate ai migliori standard tecnologici e abitativi.

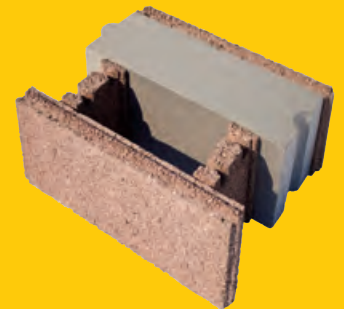
IL SISTEMA COSTRUTTIVO UTILIZZATO



PARETI IN BIPLUS A+

Il **BioPlus** è un Sistema Costruttivo completo composto da blocchi cassero in calcestruzzo alleggerito con argilla espansa Leca e inserto isolante in polistirene espanso con grafite che permette di realizzare edifici energeticamente efficienti risparmiando energia sia per il riscaldamento invernale che per il raffrescamento estivo.

Il comportamento scatolare permette un ottimo **comportamento antisismico** dell'intera struttura in **BioPlus**.



Caratteristiche della muratura in BioPlus A+

Spessore del blocco	cm	40,5
Spessore del pannello isolante	cm	17
Spessore del getto in calcestruzzo	cm	15
Trasmittanza Termica U della parete intonacata	$\text{W/m}^2\text{K}$	0,22
Massa Superficiale M_s della parete	kg/m^2	500
Trasmittanza Termica periodica Y_{IE}	$\text{W/m}^2\text{K}$	0,019
Isolamento acustico R_w	dB	57

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

Boutique Hotel Eco del Mare Lerici

posa dall'alto della copertura verde estensiva

Località
Fiascherino (SP)

Committente
Eco del Mare s.r.l.

Progetto
Arch. Giorgio Palù
ARKPABI, Cremona

Direttore Lavori
Ing. Lucia Pacciani

La spiaggia dell'Eco del Mare è incastonata all'interno di una pittoresca baia, nel tratto di litorale che va da Lerici a Tellaro, nel golfo della Spezia. È stata il rifugio prediletto di personaggi famosi come Indro Montanelli oltre che di artisti, cantanti e calciatori, diventando la caletta più esclusiva della Liguria.

Qui si trova un famoso, rinomato ed esclusivo hotel e stabilimento balneare inserito armoniosamente in quella che è una delle più belle insenature del territorio. Situato al di sotto del livello stradale e affacciato sul Golfo dei Poeti, l'hotel Eco del Mare offre raffinate camere e suite con accesso alla spiaggia e terrazza con vista.

L'hotel e lo stabilimento balneare sono stati realizzati dalla famiglia Mozer negli anni '50, in quello che ai tempi era un luogo ameno, ai piedi di un dirupo scosceso. I gestori ingentilirono la cala nel rispetto della natura, costruirono delle cabine, una cucina e addirittura un ascensore incastonato nella roccia per facilitare l'accesso agli ospiti. Recentemente la struttura alberghiera è stata oggetto di un importante progetto di riqualificazione, innovativo e "green", nel rispetto della natura che circonda l'edificio con fiori e piante proprie del territorio. La ristrutturazione, infatti, doveva rispondere alle esigenze di una spiaggia da "Bandiera Blu", in cui le acque del mare sono pulite e vengono osservati scrupolosi criteri relativi alla gestione sostenibile del territorio.

Laterlite ha contribuito alla ristrutturazione dell'hotel Eco del Mare fornendo il materiale per la copertura a verde del tetto della struttura: un materiale naturale come l'argilla espansa Leca è stata valutata infatti una soluzione perfetta alla realizzazione di un'opera che fosse parte integrante della natura circostante.

Per la realizzazione del **substrato culturale leggero** della **copertura a verde**, nella tipologia **tetto verde estensivo**, è stata utilizzata **Leca-Green**, speciale miscela a base di argilla espansa AgriLeca frantumata, aggregati minerali e componenti di natura organica accuratamente selezionati, caratterizzata da elevata leggerezza, ottima porosità, buo-



Fase di pompaggio del LecaGreen. L'autotreno cisternato è stato posizionato lungo la strada diversi metri al di sopra della scogliera.



na capacità di accumulo e ritenzione idrica, ottima capacità drenante, resistenza e stabilità strutturale nel tempo.

Il **tetto verde di tipo “estensivo”** ha una prevalente valenza estetica di mitigazione e di compensazione ambientale, a cui si affiancano vantaggi tecnici importanti. La realizzazione di una copertura a verde, infatti, garantisce: l'incremento dell'isolamento termico e acustico; la maggiore protezione dello strato di impermeabilizzazione; il miglioramento della regimazione idrica; l'attivazione di un effetto filtrante dalle polveri e da altre sostanze atmosferiche. Tutti elementi molto importanti in un luogo come l'hotel Eco del Mare, a contatto tutto l'anno con sole, vento, umidità e salsedine, oltre che con l'acqua del mare e con il rischio di infiltrazioni durante le mareggiate più forti.

LecaGreen è un sistema tecnico per coperture verdi caratterizzato da spessori ridotti, pesi contenuti e per superfici non fruibili o calpestabili. I sistemi estensivi sono adatti a tutte le coperture che richiedono ridotta manutenzione e apporti irrigui nulli o limitati. LecaGreen è una soluzione che 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. Lungo i bordi della copertura è stato realizzato un “camminamento” di servizio con strato di ghiaia.

L'argilla espansa Leca è un materiale leggero, di origine naturale, duraturo e versatile. Impiegata nella realizzazione di prodotti come LecaGreen, per la realizzazione dello strato drenante e del substrato colturale di coperture a verde, l'argilla espansa Leca 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**.

La modalità di posa è risultata idonea al contesto particolare dell'Eco del Mare: il materiale LecaGreen per il substrato estensivo e la ghiaia per il bordo della copertura sono stati **pompati con cisterna**. La posa in opera è risultata pratica e veloce, nonostante la copertura da realizzare si trovasse **15 m più in basso rispetto al piano strada**. L'argilla espansa, Leca e AgriLeca, può essere infatti pompata sfusa con autotreni cisternati sino a distanze di 40 m in quota e sino a 100 m in orizzontale. Le portate arrivano a 50 m³/h, assicurando **rapidità di messa in opera e favorevole logistica di cantiere**.



Il tetto verde completato e piantumato.



IL SISTEMA COSTRUTTIVO UTILIZZATO

VERDE PENSILE ESTENSIVO CON LECAGREEN

È un sistema tecnico per **coperture verdi** caratterizzato da spessori ridotti, pesi contenuti e per superfici non fruibili o calpestabili solo per manutenzione.

I sistemi estensivi sono adatti a tutte le coperture che richiedono ridotta manutenzione e apporti irrigui nulli o limitati.

LecaGreen è il substrato colturale a base di argilla espansa e a Norma UNI 11235 per la realizzazione di giardini pensili. I substrati LecaGreen assicurano leggerezza, per cui sono ideali anche in interventi di ristrutturazione grazie ad una riduzione di peso del substrato del 25%, ottima porosità e permeabilità, accumulo e ritenzione idrica in grado di rilasciare l'umidità in modi graduale allo strato vegetativo.

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**.



POSA FACILE E VELOCE ANCHE IN CANTIERI DIFFICILI

Il cantiere del **Boutique Hotel di Fiascherino - Lerici** si trova posizionato direttamente sul mare, sovrastato da una ripida costa rocciosa, tipica dell'ambiente ligure. La strada di accesso è a diversi metri sopra il livello della copertura per cui il **sistema di posa con automezzo cisternato e pompaggio del materiale** a distanza ha permesso di risolvere agevolmente le problematiche della fornitura in cantiere.

L'automezzo è stato posizionato lungo la strada principale nella parte alta della scogliera e il pompaggio è stato eseguito con tubazione lungo la scogliera stessa.



**SUBSTRATO
COLTURALE
LEGGERO
LECAGREEN**



Per maggiori
informazioni scarica
la monografia
Soluzioni per il Verde





Software per il progetto dei rinforzi strutturali con i Sistemi FRCM.

Approfondimenti ed esempi di calcolo.

Disponibili **gratuitamente** per il **download dall'Area Software** del sito Ruregold.it, i software sono stati sviluppati per sfruttare al meglio le prestazioni dei materiali compositi in fibra di **PBO** e **Carbonio** in combinazione con le malte tecniche cementizie della gamma Ruregold.

Ruregold propone un'ampia gamma di sistemi di rinforzo strutturale di elementi in calcestruzzo e muratura con materiali compositi d'eccellenza, in particolare la gamma **FRCM in fibra di PBO e Carbonio** in combinazione con le malte tecniche cementizie che, per prima al mondo, ha ottenuto la certificazione di validazione a livello internazionale. Secondo la filosofia che da sempre guida l'azienda ciò significa anche offrire un concreto supporto ai progettisti che intendono affidarsi alle innovative tecnologie proposte da Ruregold, le quali hanno già dimostrato, con referenze provate, la loro validità antisismica e l'incremento della sicurezza nei rinforzi delle strutture.

Ai già numerosi supporti a disposizione di tecnici e progettisti - fra cui la "Guida ai materiali FRCM", contenente i criteri di dimensionamento e progettazione dei rinforzi strutturali in FRCM e il "Quaderno Tecnico - Soluzioni per il consolidamento e il rinforzo di strutture in calcestruzzo e muratura" caratterizzato da ampie tavole, disponibili gratuitamente in formato dwg su Ruregold.it - oggi Ruregold affianca due nuovi strumenti: i **Software di Calcolo Ruregold per il dimensionamento e la verifica del rinforzo strutturale di elementi in calcestruzzo e muratura con i sistemi FRCM**.



Disponibili **gratuitamente** per il **download dall'Area Software** del sito Ruregold.it, i software sono stati sviluppati per sfruttare al meglio le eccellenti prestazioni dei materiali compositi in fibra di PBO e Carbonio in combinazione con le malte tecniche cementizie della gamma Ruregold.

Due le versioni disponibili: **Sistema FRCM C.A.**, dedicato al rinforzo di elementi in calcestruzzo armato quali pilastri, travi e travetti di solaio, e **Sistema FRCM Muratura**, dedicato al rinforzo di elementi in muratura come pannelli, pilastri e colonne.

Il primo software, in particolare, è finalizzato al **rinforzo di elementi strutturali in calcestruzzo armato**, e consente di eseguire verifiche di pilastri a sezione rettangolare o circolare, piena oppure cava, per pressoflessione deviata, taglio deviato e confinamento, la verifica di travi a sezione rettangolare o a T per flessione e taglio e la verifica a flessione di travetti di solaio a sezione rettangolare o a T.

Il secondo invece, focalizzato sul **calcolo e sulle verifiche di elementi in muratura**, permette la verifica su pannelli per azioni nel piano (taglio e pressoflessione) e azioni fuori piano, la verifica su pilastri e colonne per pressoflessione e confinamento e il presidio per la messa in sicurezza delle tamponature esterne.

I software sono
scaricabili gratuitamente,
previa registrazione,
sul sito Ruregold.it

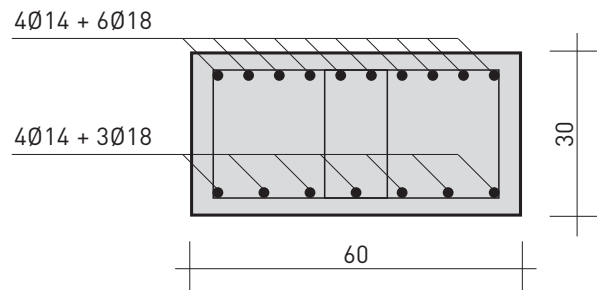


Al fine di validare i risultati dei software di calcolo Ruregold, si riportano di seguito **due esempi numerici**. Per semplicità, sono stati scelti due casi presentati al capitolo 11 “Esempi Numerici” della **linea guida di progettazione CNR-DT 215/2018 “Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati a Matrice Inorganica”**.



ESEMPIO DI CALCOLO – RINFORZO TRAVE IN C.A. A FLESSIONE

Il primo caso riguarda il rinforzo a flessione di una trave ribassata avente le seguenti caratteristiche:



- Resistenza a compressione cilindrica media del calcestruzzo
 - Resistenza a trazione media dell'acciaio
 - Livello di conoscenza 1, fattore di confidenza
 - Resistenza a compressione cilindrica di progetto del calcestruzzo
 - Resistenza a trazione di progetto dell'acciaio
- $f_{cm} = 20 \text{ MPa}$
 $f_{ym} = 380 \text{ MPa}$
 $FC = 1.35$
 $f_{cd} = f_{cm}/(FC \gamma_c)$
 $f_{yd} = f_{ym}/(FC \gamma_s)$

f_{cd} e f_{yd} sono state valutate assumendo i coefficienti parziali dei materiali unitari, per meccanismi duttili, come suggerito dalle NTC18.
Sul fabbricato in oggetto è stata prevista una variazione nella destinazione d’uso, con un conseguente aumento del carico variabile sulla trave che genera una sollecitazione flettente in mezzeria superiore al momento resistente della sezione.

Luce della campata [m]	Sezione	M_{Ed} [kNm]	A_s [mm ²]	A_s' [mm ²]	M_{Rd} [kNm]	Verifica
3.0	appoggio di sinistra	-34.9	616	616	-45.1	OK
3.0	mezzeria	35.7	616	616	45.1	OK
3.0-5.0	centrale	-129.2	616	2143	-141.8	OK
5.0	mezzeria	102.7	1379	2143	96.1	NO
5.0	appoggio di destra	-126.8	1379	2143	-141.8	OK

Si procede dunque al rinforzo a flessione della campata che non risulta verificata, applicando un **composito FRCM per una larghezza pari a 50 cm**.

Il composito individuato presenta le seguenti caratteristiche:

- Larghezza rinforzo FRCM in rete di **PBO-MESH 105**
 - Spessore equivalente
 - Modulo elastico del tessuto secco
 - Tensione limite convenzionale caratteristica
 - Tensione ultima del composito FRCM caratteristica
- $b_f = 500 \text{ mm}$
 $t_{cm} = 0.067 \text{ mm}$
 $E_f = 228 \text{ GPa}$
 $\sigma_{lim,con} = 1.770 \text{ MPa}$
 $\sigma_u = 2.270 \text{ MPa}$

Il software di calcolo implementa le formulazioni analitiche presenti all'interno del **CNR-DT 215/2018 (§5.1)**, permettendo all'utente di definire solo le caratteristiche geometriche e meccaniche dell'elemento in c.a. e le sollecitazioni agenti per effettuare le verifiche di resistenza. L'interfaccia grafica inoltre consente al progettista di visualizzare la sezione dell'elemento modellata. Di seguito si riportano i principali step da seguire per effettuare la verifica della trave, descritte in figura 1 e 2.

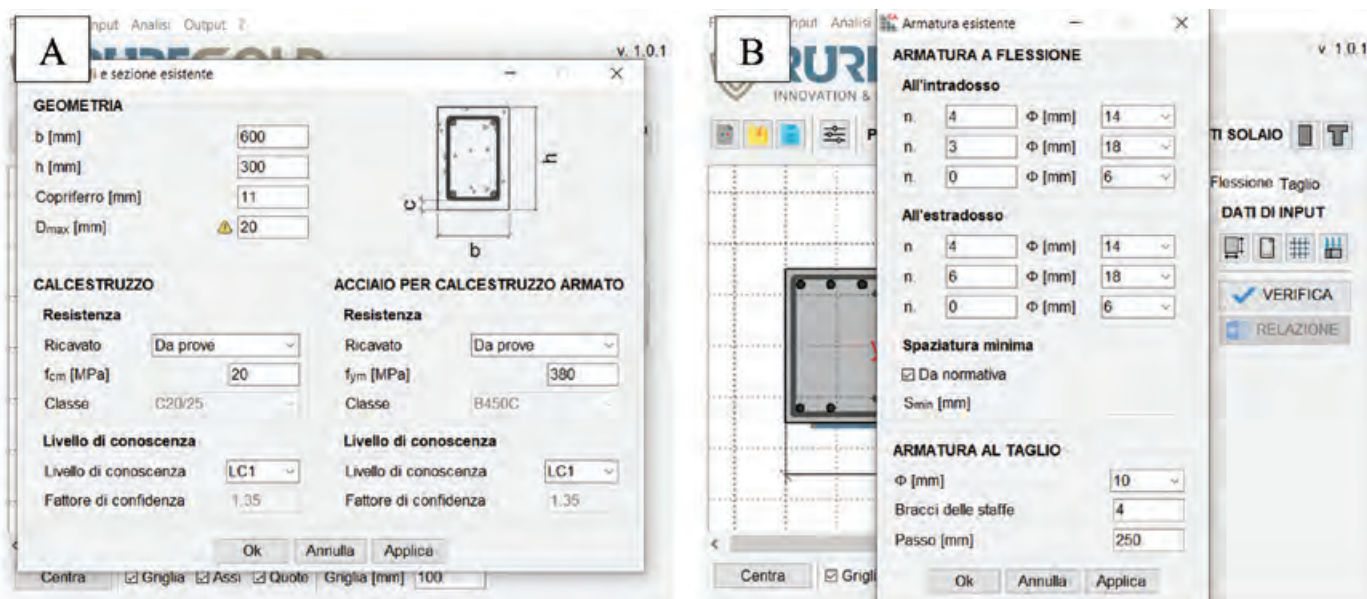


Figura 1 A) definizione della geometria della sezione e della resistenza dei materiali; B) definizione delle armature longitudinali e trasversali dell'elemento.

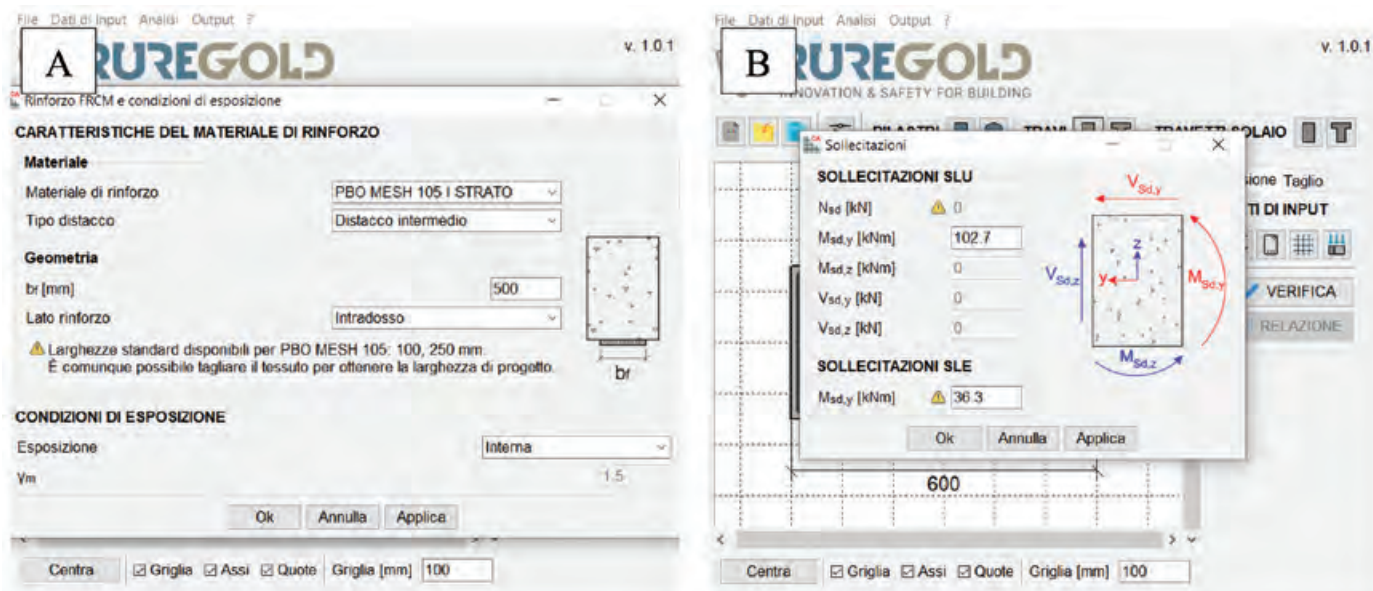


Figura 2 A) definizione della tipologia di rinforzo; B) inserimento delle sollecitazioni agenti per le verifiche sezionali.

Terminata la fase di input dei dati e della definizione del rinforzo da applicare, è possibile effettuare la verifica di resistenza richiesta. In automatico si apre una colonna che riporta i valori resistenti pre-intervento e post-intervento, la percentuale di incremento raggiunta e la verifica di resistenza, come mostrato in figura 3.

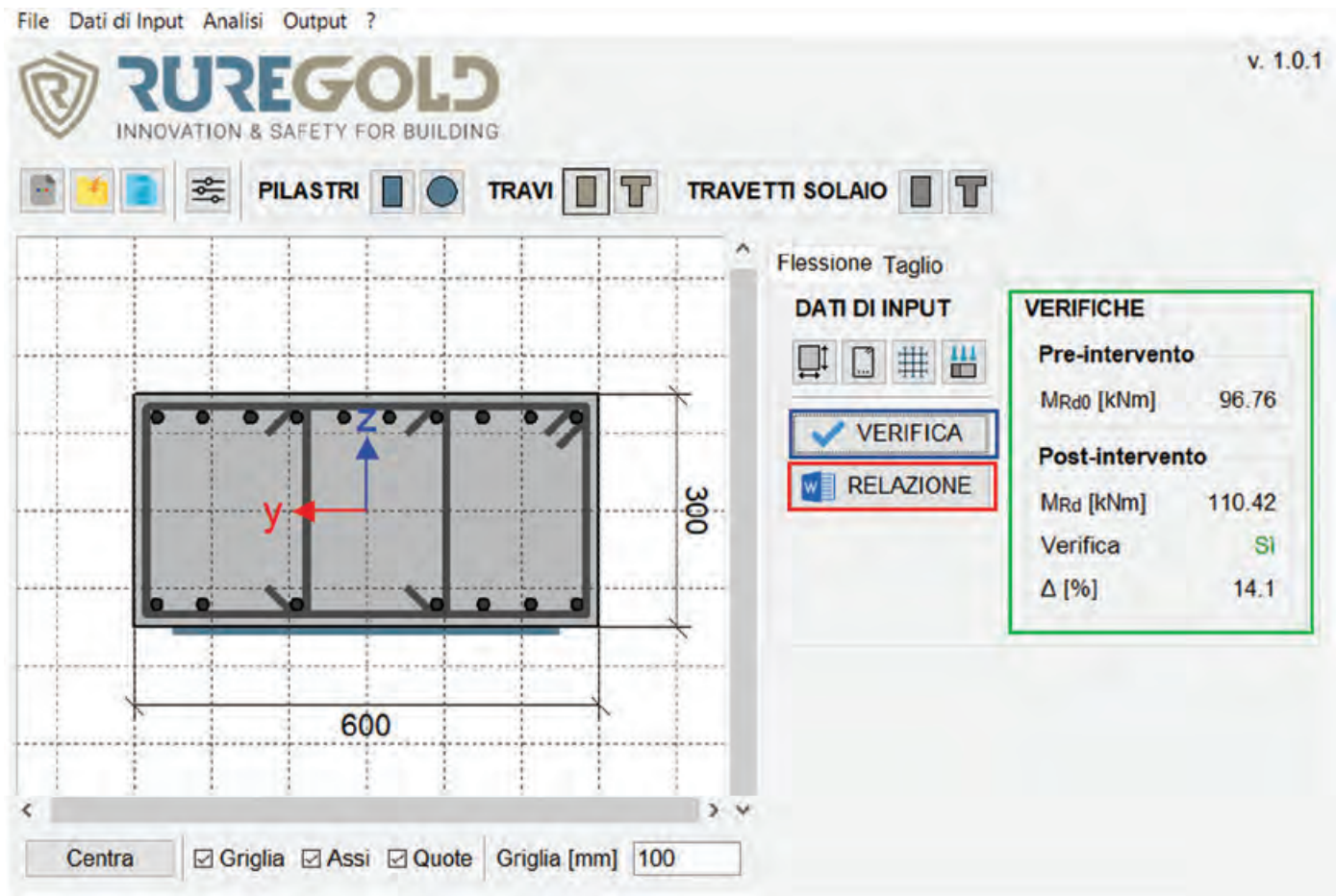


Figura 3. Schermata del software a seguito della verifica e generazione della relazione di calcolo

Conclusa la fase di analisi, sarà possibile infine generare una **relazione di calcolo** contenente il riepilogo dei dati di progetto, l'elenco delle normative di riferimento e una descrizione schematica dell'applicazione del sistema di rinforzo.



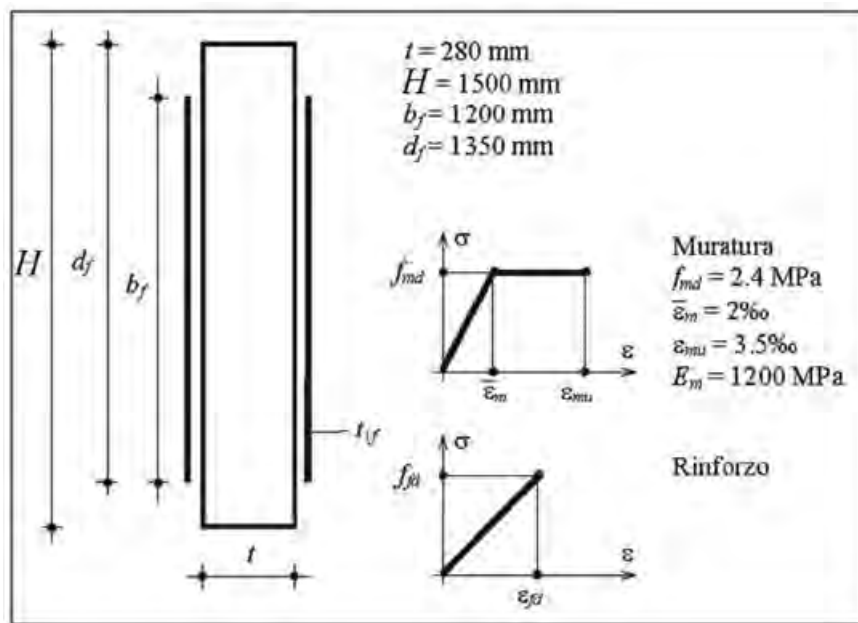
ESEMPIO DI CALCOLO - RINFORZO PANNELLO MURARIO A PRESSOFLESSIONE NEL PIANO

Il secondo caso riguarda il rinforzo a pressoflessione di un maschio murario in condizioni di esposizione esterna in mattoni pieni di laterizio (Circolare NTC, § C8.5.3) sollecitato nel proprio piano.

Le caratteristiche del pannello sono di seguito riportate:

- Larghezza sezione trasversale
- Altezza sezione trasversale
- Resistenza a compressione della muratura
- Modulo elastico della muratura

$$\begin{aligned} t &= 280 \text{ mm} \\ b &= 1.500 \text{ mm} \\ f_{md} &= 2.4 \text{ MPa} \\ E_{md} &= 1.200 \text{ MPa} \end{aligned}$$



Al fine di verificare le azioni sollecitanti che investono il pannello murario ($NSd = 150 \text{ kN}$ e $MSd = 115 \text{ kNm}$), si procede dunque al rinforzo a pressoflessione, applicando un **composito FRCM** (2 strati su entrambi i lati) **per una larghezza pari a 120 cm**. Il composito individuato presenta le seguenti caratteristiche:

- Larghezza rinforzo FRCM in rete di **PBO-MESH 22/22**
- Spessore equivalente di uno strato di rete
- Spessore equivalente del rinforzo applicato su un lato (2 strati)
- Distanza tra estremo lembo compresso ed estremo lembo teso
- Modulo elastico del tessuto secco
- Tensione limite convenzionale caratteristica
- Tensione ultima del composito FRCM caratteristica

$$\begin{aligned} b_f &= 1200 \text{ mm} \\ t_f &= 0.014 \text{ mm} \\ t_{f1} &= 0.028 \text{ mm} \\ d_f &= 1350 \text{ mm} \\ E_f &= 282 \text{ GPa} \\ \sigma_{lim,conv} &= 1662 \text{ MPa} \\ \sigma_u &= 2400 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Il software di calcolo implementa le formulazioni analitiche presenti all'interno del CNR-DT 215/2018 (§4.1 e §12 Appendice 1), permettendo all'utente di definire le caratteristiche geometriche e meccaniche dell'elemento, le sollecitazioni agenti e il rinforzo da applicare al fine di effettuare le verifiche di resistenza. Di seguito si riportano i principali step, appena descritti, per effettuare la verifica del pannello (figura 4).

SISTEMA FRM MURATURA - Untitled

File Modifica Verifica ?

RUREGOLD
INNOVATION & SAFETY FOR BUILDING

PANNELLO PILASTRO COLONNA TAMPONATURA

Taglio nel piano Pressoflessione nel piano Azioni fuori piano

TIPOLOGIA DI MURATURA E LIVELLO DI CONOSCENZA

Tipologia muratura: Utente
 Tipologia parete: Unico paramento
 Livello di conoscenza: LC3
 VM: 1
 Parametri utente

CARATTERISTICHE DELLA SEZIONE ESISTENTE

Schemi di calcolo

Geometria

b [mm]: 1500
 t [mm]: 280

Sollecitazioni

Nsd [kN]: 150
 Msd [kNm]: 115

Parametri muratura utente

gm [kg/m³]: 1800
 fm [MPa]: 2.4
 E [MPa]: 1200
 G [MPa]: 400
 to [MPa]: 0.05

CONDIZIONI DI ESPOSIZIONE

Esposizione: Esterna

CARATTERISTICHE DEL MATERIALE DI RINFORZO

Materiale

Materiale di rinforzo: PBO MESH 22/22 (Laterizio)
 Tipo distacco: Distacco intermedio
 Rinforzo continuo/a traliccio: Rinforzo continuo

Geometria

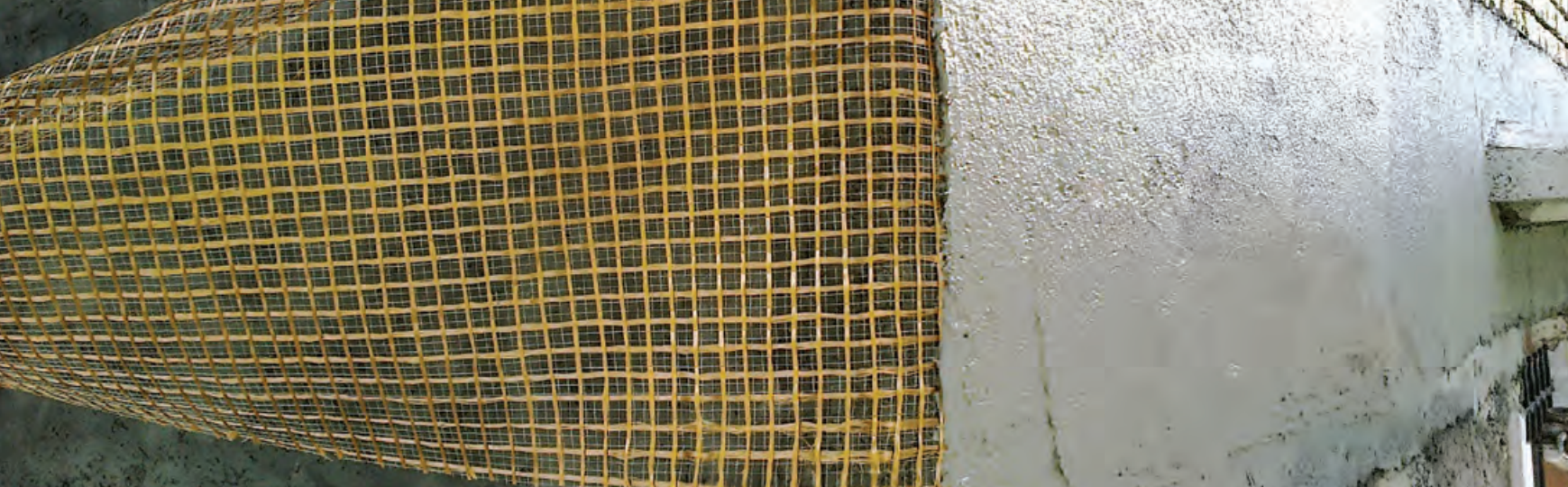
nf: 2
 nLATI: 2
 dr [mm]: 1350
 br [mm]:
 pr [mm]:

⚠ Larghezze standard disponibili per PBO MESH 22/22 (Laterizio): 1000 mm. È comunque possibile tagliare il tessuto per ottenere la larghezza di progetto.

Figura 4. Definizione della geometria della sezione, della resistenza dei materiali (anche attraverso il comando "Parametri Utente") e del rinforzo che si intende applicare).

Terminata la fase di input dei dati, è possibile effettuare la verifica di resistenza richiesta. In automatico si aprirà una colonna che riporta i valori resistenti pre-intervento e post-intervento, la percentuale di incremento raggiunta, la verifica di resistenza e la necessità, o meno, di adottare opportuni connettori, come mostrato in figura 5.





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



RUREGOLD
INNOVATION & SAFETY FOR BUILDING



Castello di Sarmato

Piacenza

rispetto dell'edificio preesistente
con Leca e calce naturale

Presidio Longobardo, forse fondato dai barbari "Sarmati", il Castello di Sarmato venne eretto verso l'anno mille. Si trova nel paese di Sarmato, nella bassa Val Tidone a pochi chilometri da Piacenza, al crocevia tra due percorsi molto battuti durante il Medioevo: la via Emilia pavese e la via Francigena. Fu un importante avamposto, nella funzione strategica di difesa dei territori piacentini (di fazione guelfa) dall'attacco dei pavesi (ghibellini), con una delle prime battaglie documentate risalente al 1216.

Negli anni la fortezza è stata al centro delle vicende storiche del feudo di Sarmato: il Castello fu venduto nel 1363 alla famiglia Seccamelica per conto di Galeazzo Visconti, signore di Milano, poi tramite l'unica figlia rimasta passò alla famiglia Scotti e brevemente a quella degli Arcelli conti della Val Tidone; arrivò quindi nelle mani di Luigi Dal Verme (alleato di Milano e parente dello Sforza) per tornare nel 1493 alla famiglia Scotti Douglas fino al 1819 quando, con la scomparsa dell'ultimo discendente maschio, passò agli eredi conti Zanardi Landi di Veano.

Dal punto di vista architettonico, l'edificio era in origine a pianta rettangolare, in seguito modificata ad U. Il complesso, rivolto verso nord e affacciato sull'antico letto del Po, è stato interamente edificato in laterizio. È circondato da mura, ancora oggi ben evidenti, che in passato erano contornate da un fossato. Ampliato e trasformato in residenza signorile dai conti Scotti Douglas prima e dai conti Zanardi Landi poi, è dotato di un parco all'italiana racchiuso all'interno delle mura. Il corpo di fabbrica è affiancato da una torretta di segnalazione a base pentagonale irregolare, che costituisce un unicum nell'architettura difensiva del Ducato di Parma e Piacenza.

Il Castello di Sarmato è tuttora residenza dei conti Zanardi Landi, attuali proprietari che hanno iniziato un lavoro di graduale recupero e valorizzazione.

Località
Sarmato (PC)





Coerentemente con le migliori tecniche di restauro e con le indicazioni della locale Soprintendenza, gli interventi, per quanto riguarda i materiali e le tecniche da selezionare, hanno rivolto attenzione in particolare alla **compatibilità materica storica** e alla **conservazione strutturale**. In questo quadro si sono collocati perfettamente i materiali a base di argilla espansa Leca, che con le doti di leggerezza, potere isolante, resistenza e ed ecocompatibilità si sono distinti nelle lavorazioni di riqualificazione e riempimento delle volte.

L'esigenza era quella di **riempire le volte del sottotetto** con un materiale che fosse rispettoso della storicità dell'edificio dal punto di vista della compatibilità materica, per rispondere all'istanza della Soprintendenza che chiedeva di utilizzare un **materiale naturale e rispettoso dell'esistente**. L'edificio è infatti sottoposto ai vincoli della Soprintendenza e sotto la tutela delle Belle Arti, quindi era importante scegliere un materiale che utilizzasse la **calce** come legante, un prodotto compatibile, traspirante, adatto alla muratura esistente.

Allo stesso tempo, c'era la **necessità di utilizzare un materiale leggero** - poiché le strutture esistenti, sulle quali non si voleva gravare ulteriormente, si presentavano anche con spessori elevati - e allo stesso tempo in grado di garantire un **elevato isolamento termico**, che permettesse di realizzare uno strato divisorio tra un ambiente freddo (il sottotetto) e l'ultimo piano del castello, riscaldato e abitato.

A queste esigenze Laterlite ha risposto con **Sottofondo leggero NHL**, predosato **a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5**. Sottofondo leggero NHL è particolarmente adatto a questo contesto applicativo e in generale per la realizzazione di **strati di alleggerimento, sottofondi, compensazione e isolamento termico, e per riempimenti di archi e volte, anche ad alto spessore, nel recupero storico-architettonico**.

Sottofondo leggero NHL fa parte della nuova linea NHL CentroStorico, gamma di soluzioni a base argilla espansa Leca e calce idraulica naturale NHL 3.5 specificatamente sviluppate per il recupero, la ristrutturazione e il consolidamento degli edifici esistenti in particolare di interesse storico e artistico.

La linea di prodotti presenta caratteristiche tecniche eccezionali ed è spiccatamente votata per essere utilizzata in tutti quei contesti dove la compatibilità con i materiali da costruzione storici è un requisito fondamentale, nel restauro e in bioedilizia.

La **calce naturale** presenta una porosità interconnessa che assicura una maggiore **traspirabilità**, favorendo il passaggio di acqua sotto forma di vapore: soluzioni a base calce idraulica naturale preservano quindi la natura chimica dell'opera muraria, e sono par-



ticolarmente indicate per **interventi su murature antiche e con un sensibile valore storico e artistico**, come nel caso del Castello di Sarmato.

Se da un lato le proprietà della calce idraulica naturale sono determinanti, non è da meno l'importanza della presenza nella miscela dell'**argilla espansa Leca** che conferisce al predosato le sue note proprietà di **leggerezza e isolamento termico**.

Sottofondo leggero NHL, fornito dalla rivendita edile Zeppi di Piacenza, è stato fornito in sacchi e, per una messa in opera veloce e pratica, è stato **pompato al piano** nella quantità di 35 m³.



IL SISTEMA COSTRUTTIVO UTILIZZATO

ISOLAMENTO DEL SOTTOTETTO E RIEMPIMENTO DELLE VOLTE

Per il riempimento delle volte del sottotetto è stato utilizzato il **Sottofondo Leggero NHL** a base di argilla espansa Leca e calce idraulica naturale 3.5. Tale soluzione ha permesso di isolare l'ultimo solaio verso un locale non riscaldato grazie alla bassa conducibilità termica ($\lambda = 0,19 \text{ W/mK}$) e, grazie alla leggerezza e resistenza che lo caratterizzano, di ridurre il carico gravante sulla volta e quindi l'azione sismica applicata sulla struttura.

SOTTOFONDO LEGGERO NHL

Predosato leggero a base di calce idraulica naturale NHL 3.5 per riempimenti anche ad alto spessore di archi-volte.

- **Naturale ed ecobiocompatibile** con pura calce naturale NHL 3.5 e argilla espansa Lecapiù è il prodotto ideale per interventi ecocompatibili su edifici d'interesse storico e artistico.
- **Leggero** (700 kg/m^3 in opera).
- **Resistente** ($> 20 \text{ kg/cm}^2$).
- **Isolante termico** (bassa conducibilità termica $\lambda 0,19 \text{ W/mK}$).
- **Maneggevole e versatile** (pratica movimentazione anche nei cantieri più difficili).



NUOVA LINEA NHL

Soluzioni naturali e leggere a base di calce idraulica e argilla espansa per **interventi su edifici d'interesse storico, artistico e in bioedilizia**





Riqualificazione di un immobile ad uso abitativo a Crotone

I rinforzi strutturali a base di FRCM Ruregold

Un intervento di riqualificazione delle strutture su un edificio residenziale a Crotone ha permesso, grazie ai sistemi Ruregold, di accedere alle agevolazioni fiscali **Sismabonus** previste dal cosiddetto **Superbonus 110%**.

Le soluzioni per il rinforzo strutturale Ruregold a base di materiali compositi **FRCM** sono le protagoniste di un intervento di **riqualificazione strutturale e antisismica**, rientrante negli incentivi fiscali previsti dal Sismabonus, che ha recentemente coinvolto un edificio in località Farina, alla periferia di Crotone.

Il progetto dell'intervento, curato dall'Ing. Giancarlo Megna della Società di ingegneria Effemme Engineering, è stato in particolare chiamato a risolvere una serie di criticità di natura statica che interessavano la **struttura portante a telaio in calcestruzzo armato** di un edificio bifamiliare risalente agli anni '90. Un'analisi preliminare dello stesso aveva in particolare evidenziato vulnerabilità localizzate in corrispondenza dei **nodi trave-pilastro di facciata e d'angolo**, cui si accompagnavano iniziali fenomeni di desolidarizzazione dei **tamponamenti murari esterni** con potenziali rischi di ribaltamento degli stessi.

Su questa base Effemme Engineering ha effettuato una valutazione dei possibili schemi di intervento, agevolati anche dalla possibilità di accedere agli incentivi previsti dal Sismabonus 110% utilizzando il **metodo semplificato** per l'identificazione della classe di rischio sismico previsto dalla relativa normativa. In virtù di questi dati e di precedenti esperienze effettuate, la scelta progettuale è caduta sulle soluzioni per il rinforzo strutturale Ruregold a base di materiali compositi FRCM.

Nel caso di Crotone, in particolare, per il consolidamento dei **nodi trave-pilastro** la scelta è caduta su **PBO-Mesh 70/18**, la rete bidirezionale in fibra di PBO da 70 g/m² in ordito e 18 g/m² in trama disponibile in due altezze (50 e 100 cm), in combinazione





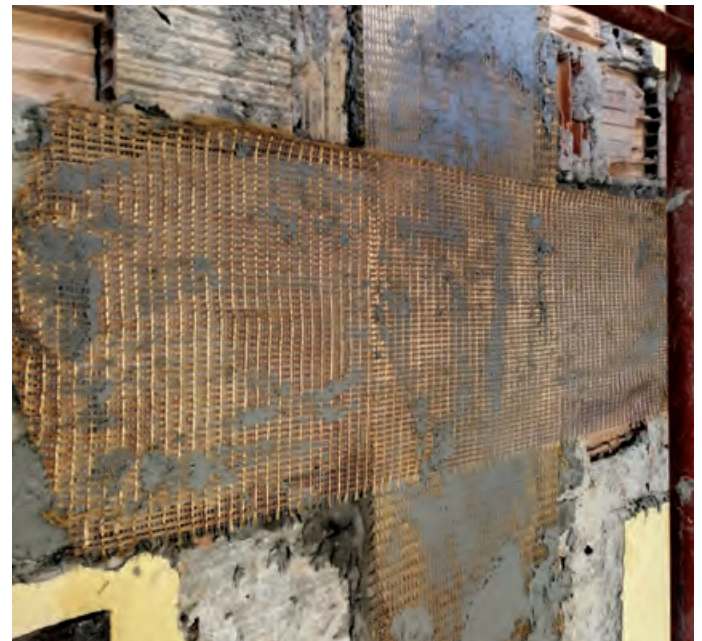
Consolidamento del nodo trave-pilastro d'angolo mediante sistema di rinforzo strutturale FRCM con rete PBO-Mesh 70/18 e matrice inorganica MX-PBO Calcestruzzo.



Posa della matrice inorganica e rete PBO-Mesh 70/18 per l'incremento della resistenza a taglio del pannello di nodo.



Applicazione del rinforzo FRCM: Smussare gli spigoli vivi, bagnare a rifiuto il supporto e posare il primo strato di MATRICE INORGANICA per uno spessore di 3-5 mm. Posare la rete PBO-MESH, avendo cura di non creare pieghe del tessuto, lungo la direzione dei ferri longitudinali (rinforzo a flessione) e perpendicolare (rinforzo a taglio). Ricoprire la rete con un secondo strato di MATRICE INORGANICA per uno spessore di 3-5 mm. Nel caso siano previste più fasce di rinforzo ripetere i passi precedenti, fresco su fresco.



con **MX-PBO Calcestruzzo**, matrice inorganica fibrata a base cementizia ideale per consentire l'ottimale trasferimento delle tensioni dall'elemento strutturale alla rete. La conformazione della rete in PBO la rende idonea per applicazioni quali la fasciatura di pilastri e il rinforzo dei nodi trave-pilastro. Il sistema è utilizzabile per il miglioramento della duttilità delle parti terminali di travi e pilastri mediante fasciatura, il confinamento di pilastri, l'incremento della resistenza dei pannelli dei nodi trave-pilastro, il rinforzo di travi in calcestruzzo e strutture in calcestruzzo armato normale e precompresso e il confinamento di pilastri.

Per l'**eliminazione del rischio di ribaltamento delle murature di tamponamento** è stato invece utilizzato **PBO-Mesh 10/10**, un sistema di rinforzo strutturale FRCM con rete bidirezionale in PBO da 10 g/m² in ordito e 10 g/m² in trama, disponibile in altezze da 50 e 100 cm, e **MX-PBO Muratura**, matrice inorganica fibrata a base cementizia, che, grazie alla grammatura leggera della rete, risulta particolarmente idoneo per presidi **antiribaltamento**.

Il sistema, che non utilizza resine epossidiche ed eguaglia le prestazioni dei tradizionali FRP con fibra di carbonio e legante epossidico, elimina il rischio di innesco dei meccanismi locali di collasso per ribaltamento dei tamponamenti e incrementa la resistenza a taglio dei pannelli in muratura, della capacità portante di colonne e pilastri, eliminando la formazione di cerniere su archi e volte e favorendo la redistribuzione delle tensioni all'interno della struttura.

I sistemi sopra descritti, oltre ad incrementare la duttilità nell'elemento strutturale rinforzato, offrono anche grande capacità di dissipazione dell'energia ed elevata affidabilità, anche quando sottoposto a sovraccarichi di tipo ciclico come in caso di sisma.

La posa del sistema, avvenuta previa scarifica della superficie della muratura, ha previsto inoltre l'impiego di **PBO-Joint**, il connettore a fiocco in fibra di PBO specificamente sviluppato per l'impiego nei sistemi FRCM 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 FRCM in PBO. 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 in muratura incrementa la capacità di adesione del sistema di rinforzo FRCM in PBO con il supporto esistente.

Il sistema sarà poi completato con la posa dell'isolamento termico a cappotto esterno per la riqualificazione energetica dell'edificio.



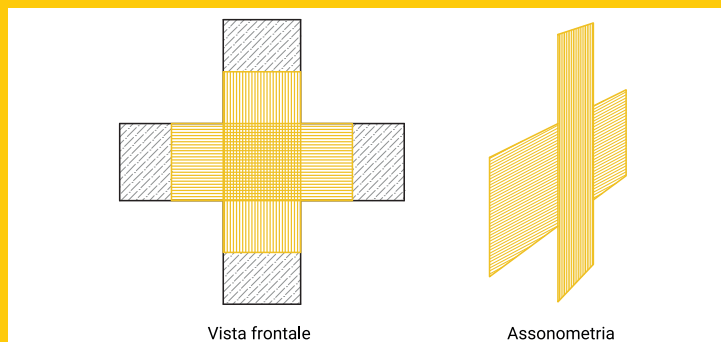
Il Sistema FRCM con rete in fibre di PBO e matrice inorganica è facile da posare e maneggevole. La matrice inorganica si posa come una malta cementizia tradizionale premiscelata in sacco e rende il sistema applicabile anche su supporti umidi e senza l'uso di protezioni speciali.



Presidio antiribaltamento in FRCM composto da rete bidirezionale in PBO da 10+10 g/m² e da matrice inorganica.

RINFORZO DEI NODI TRAVE-PILASTRO CON SISTEMA FRM IN FIBRE DI PBO

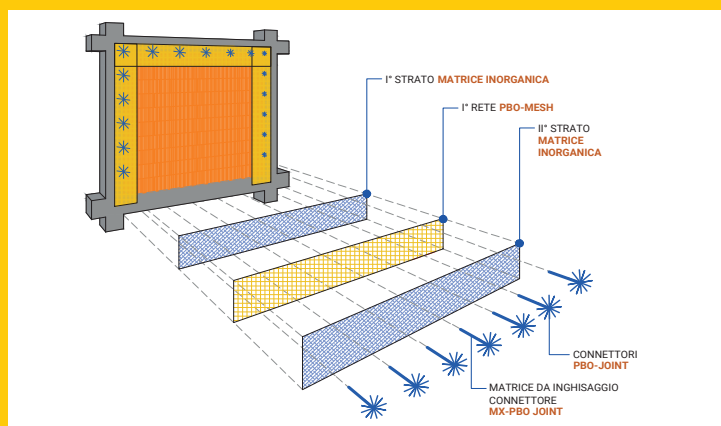
Per il rinforzo dei nodi trave-pilastro in calcestruzzo armato è stato applicato il **Sistema FRM con rete in fibre di PBO** e matrice inorganica per l'**incremento della resistenza a taglio**. La soluzione prevede la posa del Sistema FRM, da applicare ai **nodi strutturali esterni non confinati**, composto da un primo strato di 3-5 mm di malta tecnica, dalla rete in PBO ricoperta da un secondo strato di malta tecnica di 3-5 mm.



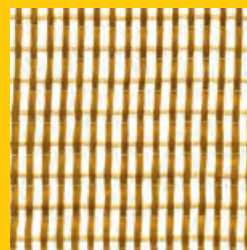
PRESIDIO ANTIRIBALTAMENTO DELLE PARETI DI TAMPONAMENTO

Il sistema, grazie alla leggera grammatura della rete in PBO e alla matrice inorganica specifica per strutture in muratura, è ideale per realizzare presidi antiribaltamento di tramezzature interne, tamponature esterne e antisfondellamento.

- **Riduzione** del rischio di innesco dei meccanismi locali di collasso di **ribaltamento delle tramezzature interne**.
- **Riduzione** del rischio di innesco dei meccanismi locali di collasso di **ribaltamento dei tamponamenti esterni**.
- Riduzione dei meccanismi locali di collasso di elementi non strutturali.
- **Nessun incremento delle masse partecipanti** e modifica delle rigidezze della struttura.
- **Sistema applicabile anche su supporti umidi** e senza l'uso di protezioni speciali.
- **Facilità di posa** e maneggevolezza della rete.



RETE PBO PBO-MESH 70/18

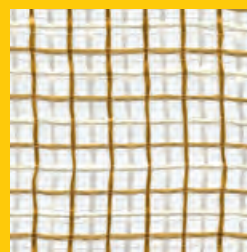


+

MATRICE INORGANICA MX-PBO Calcestruzzo



RETE IN PBO PBO-MESH 10/10



+

MATRICE INORGANICA MX-PBO Muratura



CONNETTORE A FIOCCO IN FIBRA DI PBO PBO-JOINT



+

MATRICE INORGANICA MX-JOINT



Scarica il **Quaderno Tecnico Ruregold** e approfondisci le soluzioni



Rilevato stradale in argilla espansa su terreni scarsamente portanti a Roma

Tecnica dell'alleggerimento del rilevato e compensazione dei carichi in fondazione

La progettazione e realizzazione di rilevati insistenti su terreni di fondazione fortemente compressibili e caratterizzati da proprietà meccaniche scadenti è una pratica complessa. La trasmissione di carichi rilevanti su terreni in tali condizioni potrebbe comportare fenomeni di instabilità globale del sistema rilevato/terreno di fondazione e importanti cedimenti che compromettono la funzionalità dell'opera. Una tecnica che consente di ridurre il carico trasmesso in fondazione dal rilevato e conseguentemente l'entità dei cedimenti consiste nel realizzare il corpo del rilevato con un riempimento leggero a base di argilla espansa Leca.

In ambito geotecnico, l'utilizzo dell'**argilla espansa Leca** è una soluzione tecnica affidabile e pratica per la realizzazione di **rilevati e riempimenti leggeri**. Un caso applicativo esemplare è quello che ha visto l'argilla espansa Leca protagonista di un intervento di **manutenzione delle rampe di accesso** a un complesso immobiliare a Roma e nel consolidamento dei terreni su cui insiste l'opera.

Come molte aree della Capitale, il sottosuolo della zona interessata dall'intervento, posta lungo la nota via Cristoforo Colombo, si presentava in condizioni geotecniche critiche prevalentemente connesse alla natura argilloso-torbosa dei terreni che difficilmente avrebbero accolto la realizzazione di un'opera in terra massiva, contenuta lateralmente da muri a contrafforti esistenti senza preliminari interventi di consolidamento e irrigidimento del terreno di fondazione.

La società Techproject ha analizzato soluzioni alternative per risolvere il problema tra le quali soluzioni "tradizionali" che prevedevano la realizzazione di strutture di supporto fondate su micropali e soluzioni innovative che prevedono la realizzazione di rilevati alleggeriti con utilizzo di argilla espansa Leca.

La soluzione che prevede la realizzazione di un **rilevato alleggerito con argilla espansa Leca**, a seguito delle analisi effettuate è risultata la soluzione più idonea a coniugare obiettivi prestazionali e aspetti tecnico-esecutivi, oltre a consentire di minimizzare l'impatto del nuovo rilevato sui terreni di fondazione e la spinta attiva che questo avrebbe esercitato sui muri di sostegno esistenti.

Località
Roma

Committente
A.L.T HOUSE S.r.l
Amministrazione e servizi
Roma

Progettazione
Techproject - Ingegneria integrata
Ing. Glancarlo Tanzi
Roma

Impresa
G.E.R. s.r.l. di Roma





Riempimento della rampa di accesso con circa 4 m di spessore di argilla espansa Leca, posata a strati di 60 cm compattati con piastra vibrante.



Rampa di accesso al complesso immobiliare realizzata con rilevato leggero in argilla espansa Leca.

METROCUBO 120	RILEVATO STRADALE IN ARGILLA ESPANSA
---------------	--------------------------------------



Le prestazioni dell'argilla espansa Leca nelle applicazioni geotecniche e stradali sono ormai riconosciute a livello internazionale. Leca, grazie alla sua struttura cellulare racchiusa in una scorza clinkerizzata, ottimizza il rapporto tra peso e resistenza ed è quindi efficacemente utilizzabile per la realizzazione di rilevati alleggeriti.

L'argilla espansa Leca non si degrada nel tempo, resiste bene ad acidi e basi, non soffre il gelo e non trattiene l'umidità, potendo in questo modo garantire la stabilità della massa del rilevato nel tempo.

È inoltre l'unico inerte leggero certificato per usi geotecnici secondo la norma UNI EN 15732.

In applicazioni come quella di Roma, in particolare, l'utilizzo dell'argilla espansa Leca permette di evitare totalmente o in parte i problemi di stabilizzazione del terreno di fondazione; sfruttando infatti la notevole riduzione del peso del rilevato è possibile realizzare molteplici interventi con la **tecnica della compensazione del carico**.

Tale metodologia permette di costruire il rilevato senza aumentare - o aumentando solo minimamente - i carichi sul terreno, mantenendo così invariato lo stato di equilibrio tensionale originale. Al termine della mes-

sa in opera e dell'addensamento il rilevato leggero in Leca riduce notevolmente i cedimenti assoluti e differenziali connessi al processo di consolidazione del terreno, e grazie al peso contenuto e alle ottime caratteristiche geotecniche incrementa sensibilmente il coefficiente di sicurezza valutato con riferimento allo stato limite ultimo del rilevato.

In più la soluzione con carico compensato, per ragioni logistico-tecnologiche, spesso è l'unica realizzabile, in quanto nella maggior parte dei casi non sono necessari precarichi né tecniche di realizzazione alternative assai più lunghe e costose.

Dal punto di vista esecutivo, la realizzazione di rilevati e riempimenti leggeri con argilla espansa Leca non comporta particolari complessità e si adatta alle necessità tecniche, economiche e delle problematiche di cantiere.

Nel caso del rilevato leggero realizzato sulla Cristoforo Colombo a Roma, in particolare, è stato realizzato un riempimento in argilla espansa Leca di circa 4 m di spessore, posato a strati di 60 cm compattati con piastra vibrante; a completamento dell'intervento l'impresa esecutrice ha quindi proceduto alla realizzazione di uno strato in misto granulare per uno spessore di 30-35 cm destinato ad ospitare la superficie finale del rilevato.



La soluzione in argilla espansa Leca ha permesso di evitare i problemi di stabilizzazione del terreno di fondazione sfruttando la notevole riduzione del peso del rilevato con la tecnica della compensazione del carico in alternativa a soluzioni più onerose.

IL SISTEMA COSTRUTTIVO UTILIZZATO

RILEVATO STRADALE LEGGERO IN ARGILLA EPSANSA LECA

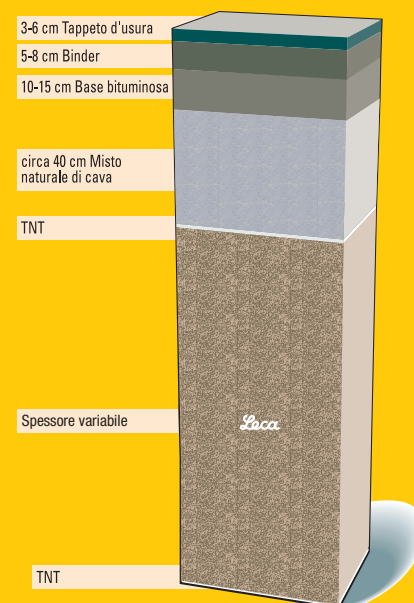
I carichi generati da un **rilevato stradale** tradizionale possono indurre dissesti e cedimenti differenziali su terreni di supporto con scadenti proprietà meccaniche: per evitarli sono generalmente necessari interventi preventivi di stabilizzazione costosi e tecnicamente complessi (come ad esempio le palificazioni).

L'utilizzo di **argilla espansa Leca** come nucleo del rilevato ne riduce sensibilmente il peso (fino al 80%) e consente di evitare in parte o del tutto gli oneri di stabilizzazione del terreno di fondazione.

Grazie alla **tecnica della compensazione dei carichi** (sostituzione di un volume di terreno al di sotto del rilevato con un equivalente volume di argilla espansa) è anche possibile costruire rilevati senza aumentare i carichi sul terreno (o aumentandoli assai poco), mantenendo così invariato lo stato di equilibrio tensionale originale, anche in caso di rilevati di altezze rilevanti.

SCHEMA DI POSA:

- Posa del **geotessile di separazione** a contatto con il terreno di fondazione (secondo necessità);
- **Posa dell'argilla espansa Leca** in spessore variabile in funzione delle modalità di addensamento;
- **Addensamento** mediante il passaggio di piastra vibrante o mezzo cingolato (escavatore, pala, dozer) direttamente sull'argilla espansa: il numero di passaggi è dipendente dallo spessore degli strati e dal tipo di mezzo utilizzato.



Per maggiori informazioni scarica la monografia Soluzioni per la Geotecnica



NUOVA LINEA NHL

Soluzioni naturali e leggere a base di calce idraulica e argilla espansa per **interventi su edifici d'interesse storico, artistico e in bioedilizia**



- ✓ Consolidamento strutturale di archi e volte
- ✓ Realizzazione di intonaco armato leggero
- ✓ Rinforzo leggero di murature esistenti
- ✓ Massetti e sottofondi leggeri e isolanti
- ✓ Riempimenti leggeri anche ad alto spessore
- ✓ Consolidamento strutturale delle coperture



CentroStorico
Soluzioni per ristrutturare

