

ELEMENTI

Nuove linee guida per l'identificazione, qualificazione e il controllo di accettazione dei sistemi FRCM

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 0,80

Finito di stampare il 29/05/2020

Anno XXXVII n° 118 - Maggio 2020

In copertina:
Rilevato alleggerito in LecaPiù
per il nodo ferroviario Pescara Porta Nuova





Laterlite

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

metro**cubo**

web

visita il sito www.lecablocco.it

Geotecnica “leggera” per il nodo di Padova	4
Nodo ferroviario Pescara Porta Nuova	10
Rinforzo strutturale FRM Viadotto SS4 - via Salaria (RI)	14
Rinforzo strutturale FRM Ponte linea Eccellente - Rosarno	18
Le soluzioni FRM di Ruregold per la riqualificazione di stazioni ferroviarie	22
ELEMENTI	
Nuove linee guida per l’identificazione, qualificazione e il controllo di accettazione dei sistemi FRM	27
La sicurezza antincendio delle pareti con Lecablocco Tagliafuoco	34

Geotecnica “leggera” per il nodo di Padova

Argilla espansa Leca per l'interconnessione A4-A13

Rispetto a tecniche di intervento più tradizionali, l'utilizzo di materiali leggeri come l'argilla espansa per la realizzazione di rilevati su terreni a bassa portanza garantisce un radicale abbattimento dei cedimenti assoluti e differenziali, a fronte di ridotti tempi e costi di esecuzione e una logistica di cantiere semplificata. La nuova interconnessione autostradale di Padova individua l'argilla espansa Leca quale soluzione in grado di risolvere importanti problematiche geotecniche.

La realizzazione di infrastrutture su un territorio geologicamente variegato e difficile come quello italiano pone non di rado notevoli problematiche di carattere geotecnico.

Il caso qui presentato - il completamento della interconnessione tra le autostrade A4 e A13, in corrispondenza degli abitati di Albignasego e Maserà, a ridosso del casello di Padova Sud dell'autostrada A13 Bologna-Padova - ne rappresenta un esempio tipico.

Nelle opere stradali, in particolare, a rappresentare un passaggio critico è infatti l'esecuzione di nuovi rilevati o l'ampliamento di quelli esistenti che, quando insistenti su terreni caratterizzati da scadenti proprietà meccaniche, possono andare incontro a notevoli problematiche in termini di instabilità e cedimenti che in genere richiedono opere di notevole onerosità per essere prevenuti. Ed è proprio in queste situazioni che risultano preziosi i vantaggi derivanti dall'utilizzo di argilla espansa Leca che, grazie a una notevole riduzione del peso proprio dei rilevati, consente di evitare in parte o totalmente le opere di stabilizzazione del terreno di fondazione.

Il progetto

Il nodo autostradale e stradale afferente alla città di Padova rappresenta una delle principali criticità del sistema viario del Veneto e dell'intero nord-est. In esso confluiscono infatti le autostrade A4 Milano - Venezia e A13 Bologna - Padova, la S.s. 16 “Adriatica”, la S.s. 516 “Piovese”, la ex S.s. 11 “Padana Superiore”, la ex S.s. 250, la ex S.S. 47 “della Valsugana”, la ex S.S. 307 “del Santo” e la ex S.S. 515 “Noalese”. Per conseguire una migliore redistribuzione di questo complesso sono stati quindi definiti una serie di interventi, fra cui in particolare il completamento della interconnessione tra le autostrade A4 e A13, in corrispondenza degli abitati di Albignasego e Maserà, a ridosso del Casello di Padova Sud della autostrada A13 Bologna-Padova.

Autostrada A13 Bologna-Padova:
interconnessione tra le Autostrade A4 e A13 in corrispondenza degli abitati di Albignasego e Maserà - Casello di Padova Sud

Committente:
Autostrade per l'Italia S.p.A.

Responsabile per il committente:
Ing. Guido Santini

Progettazione:
Spea Engineering S.p.A.

Responsabile progettazione specialistica:
Ing. Tiziano Colletta

Responsabile integrazione prestazioni specialistiche:
Ing. Massimiliano Giacobbi

Direzione Lavori e Coord. Sicurezza:
Spea Engineering S.p.A. nella persona dell'Ing. C. Cosolo

Direttore tecnico:
Ing. Maurizio Torresi

Impresa esecutrice:
Carena S.p.A.

Planimetria di progetto del nodo autostradale di Padova.





L'argilla espansa Leca è stata utilizzata per la formazione dei rilevati nell'ambito della realizzazione della nuova interconnessione tra le Autostrade A4 e A13 nell'area di Padova Sud.



Nella sua configurazione attuale il nodo in esame si presenta come una interconnessione a sella di montone, resa incompleta dalla mancanza delle rampe da e per Padova, in cui la rampa Bologna - Venezia, monodirezionale a due corsie, si stacca a circa 975 m dalla stazione di Padova Sud, è lunga circa 600 m e si sviluppa su una curva di 400 m di raggio, mentre la rampa Venezia-Bologna, monodirezionale a corsia unica, è lunga circa 930 m e si sviluppa su una curva di 260 m. L'assenza di rampe dedicate non consente invece i flussi di traffico sulla direttrice Venezia-Padova Sud e viceversa, con grave penalizzazione degli utenti della zona urbana ed industriale di Padova Sud che per accedere alla autostrada A4 sono costretti a gravare sulla viabilità ordinaria, a bassa velocità di scorrimento, per accedere ai caselli di Padova Est o Padova Ovest.

La netta dominanza dei flussi di traffico sulla direttrice Bologna-Venezia rispetto ai flussi da e per Padova Sud ha suggerito di rivedere completamente l'attuale configurazione che privilegia, invece la direttrice Padova Sud-Bologna. Si è scelto quindi di eliminare la sella di montone esistente e di realizzare un nuovo tratto autostradale di raccordo che dia continuità alla A13, in cui i flussi di traffico da e per Padova Sud sono garantiti da tre nuove rampe di svincolo e dal recupero funzionale di parte delle strutture viarie della vecchia configurazione.

Ed è proprio nella realizzazione di tali opere d'arte che hanno trovato impiego le soluzioni sviluppate da Laterlite per l'ingegneria geotecnica.

Le problematiche geotecniche

La pianura compresa tra Padova e Venezia è, al pari di tutta la pianura padana, costituita da una coltre di depositi alluvionali sabbiosi e ghiaiosi.

I terreni delle aree interessate dall'intervento, in particolare, sono costituiti dalle alluvioni attuali e recenti dei fiumi suddetti e rappresentati da depositi piuttosto vari sotto l'aspetto granulometrico in relazione alla evoluzione storica del territorio e della rete idrografica principale: depositi spiccatamente sabbiosi affiorano in strisce ben delimitate, di spessore variabile da pochi metri fino a circa 10-15 m, mentre a profondità superiori i depositi diventano progressivamente più fini, limosi argillosi di media o bassa consistenza, con caratteristiche meccaniche decisamente scadenti.

Prevedendo il progetto la realizzazione di rilevati fino a una quota di circa 9 m dal piano campagna, i loro ingenti carichi avrebbero sicuramente finito per interessare anche tali strati di scarsa portanza, con i relativi rischi di cedimenti progressivi anche importanti nel corso del tempo.



Formazione del corpo del rilevato.



L'intervento

Committente è Autostrade per l'Italia, che ha affidato la progettazione dell'opera a Spea Engineering S.p.A., e l'esecuzione dei lavori all'impresa Carena S.p.A. di Genova.

Alla luce delle considerazioni sopra esposte, Spea Engineering (incaricata anche della Direzione Lavori) ha individuato la soluzione più idonea nella realizzazione dei rilevati con materiali leggeri onde contenerne il peso proprio e ridurre le interferenze sugli strati più cedevoli. La scelta, in particolare, è caduta sull'argilla espansa Leca in granulometria 030, che in quanto caratterizzata da un peso per unità di volume molto inferiore rispetto a quello del terreno stesso consente di costruire il rilevato senza aumentare - o aumentare solo minimamente - i carichi sul terreno, mantenendone così invariato lo stato di equilibrio tensionale originale.

Nel cantiere in oggetto, in particolare, sono stati utilizzati circa 65.000 m³ di argilla espansa Leca, posta in opera secondo una precisa stratigrafia. La realizzazione della stratigrafia ha previsto, in sintesi, un primo strato dello spessore di circa 70 cm di Leca, l'interposizione di un tessuto non tessuto seguita da un secondo strato di terreno di riempimento, e la successiva compattazione mediante rullaggio.

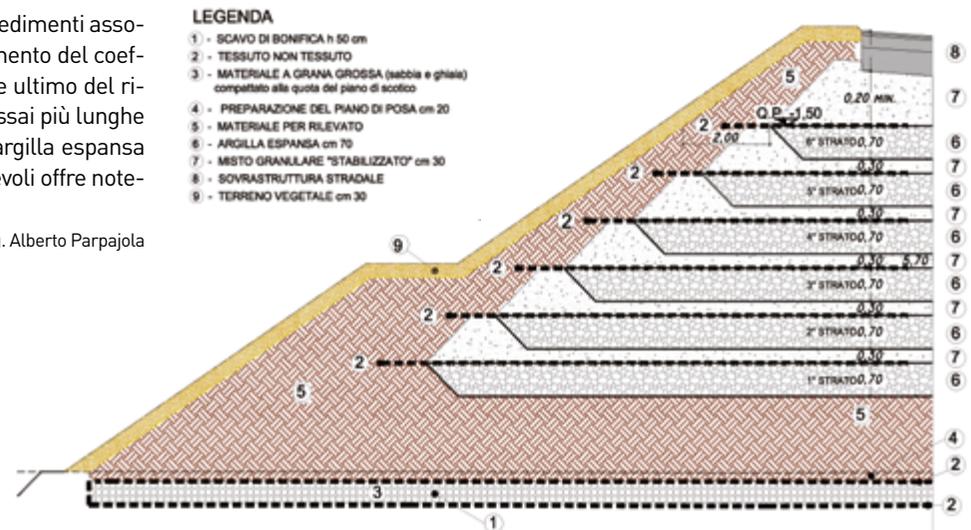
Rispetto a un rilevato eseguito con materiali tradizionali l'opera così realizzata evidenzia un peso proprio praticamente dimezzato - circa 1.000 kg/m³ contro 2.000 -, caratteristica fedelmente riflessa dai cedimenti tipici previsti. Se un rilevato eseguito con tecnica tradizionale avrebbe evidenziato, secondo gli studi preventivi, un cedimento tipico di 14 cm nell'immediato e di 37 cm nel lungo periodo di consolidamento, l'impiego dell'argilla espansa Leca ha consentito di abbattere radicalmente tali valori, scesi rispettivamente a soli 7 e 10 cm.

Evidenti, quindi, i vantaggi: oltre a ridurre di circa due terzi i cedimenti assoluti e differenziali, questa soluzione offre un sensibile incremento del coefficiente di sicurezza valutato con riferimento allo stato limite ultimo del rilevato, oltre ad evitare il ricorso a tecniche di realizzazione assai più lunghe e costose. Inoltre, particolare non trascurabile, l'utilizzo di argilla espansa Leca per la realizzazione di rilevati alleggeriti su terreni cedevoli offre notevoli benefici anche in rapporto alla loro risposta sismica.

Ing. Alberto Parpajola



Sono stati utilizzati circa 65.000 m³ di argilla espansa Leca, posta in opera secondo una





stratigrafia che ha previsto un primo strato dello spessore di circa 70 cm.



IL MANUALE DI GEOTECNICA LATERLITE

L'intero know-how Laterlite nel campo delle applicazioni ingegneristiche, geotecniche e infrastrutturali dell'argilla espansa Leca, settore nel quale le numerosissime e diversificate referenze testimoniano l'esperienza maturata dall'azienda in questi oltre tre decenni, è riassunto nella nuova edizione del "Manuale Geotecnica Laterlite".

La pubblicazione presenta l'approfondimento tecnico sul prodotto, con pratiche informazioni progettuali e di posa in opera, immagini schemi, infografiche e diagrammi tecnici.



Il manuale è scaricabile all'Area Download su www.leca.it oppure richiedendolo inviando una e-mail all'indirizzo infogeotecnica@leca.it.



Nodo ferroviario Pescara Porta Nuova

rilevato alleggerito in LecaPiù

La speciale argilla espansa LecaPiù è protagonista di un'opera geotecnica di particolare complessità: la realizzazione di un nuovo rilevato ferroviario su terreni soggetti a cedimenti differenziali, problematica brillantemente risolta grazie alle proprietà fisiche e meccaniche del materiale utilizzato.

La progettazione di nuovi rilevati ferroviari insistenti su terreni caratterizzati da scadenti proprietà meccaniche è in genere difficoltosa, e non di rado è fonte di cedimenti e altre problematiche che, per essere prevenute, generalmente richiedono interventi di una certa onerosità. È questa la situazione affrontata nella realizzazione di un nuovo rilevato nell'ambito dei lavori relativi all'Accordo di Programma Quadro per la velocizzazione della linea ferroviaria Adriatica in corrispondenza del nodo di Pescara Porta Nuova, che ha trovato una efficace soluzione nell'utilizzo dell'argilla espansa Leca.

La progettazione geotecnica dell'intervento relativo al nuovo rilevato ferroviario ha in questo caso dovuto tenere conto di una serie di difficoltà dovute in parte alla particolare natura geologica del sottosuolo, costituito da limi compressibili e sabbie limose in spessori prossimi ai 43 metri, in parte alla necessità di minimizzarne l'influenza sulla stabilità del rilevato ferroviario esistente e in parte alla presenza di edifici limitrofi che manifestavano un già precario equilibrio, con fuori piombo delle murature verticali superiori ai 20 centimetri e quadri fessurativi riconducibili a cedimenti differenziali delle fondazioni.

Data la necessità di definire una soluzione tecnica che tenesse conto di tale quadro sono stati sviluppati inizialmente alcuni modelli ad elementi finiti per valutare il comportamento di diverse soluzioni tecniche, fra i quali il più idoneo è risultato essere un rilevato alleggerito realizzato con argilla espansa e con le fondazioni parzialmente compensate (sempre con argilla espansa), soluzione che avrebbe consentito di minimizzare l'impatto del nuovo rilevato sui terreni di fondazione e, tramite questi, sulle strutture preesistenti circostanti.





Località:

Pescara

Committenza e DL

RFI - Rete Ferroviaria Italiana

Impresa

D'Adiutorio Appalti e Costruzioni S.r.l.
Montorio al Vomano (Te)





Per la sua realizzazione è stata selezionata LecaPiù 8-20 di Laterlite. LecaPiù è la speciale argilla espansa a basso coefficiente di imbibizione che, 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; LecaPiù 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.

In applicazioni come quella in esame, l'utilizzo dell'argilla espansa LecaPiù nella granulometria 8-20 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 tecnica 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 messa in opera e dell'addensamento, il rilevato leggero in LecaPiù 8-20 riduce notevolmente i cedimenti assoluti e differenziali e grazie al peso contenuto e alle ottime caratteristiche meccaniche 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.

L'intervento di Pescara è un classico esempio di rilevato compensato alleggerito:

- in prima fase è stato realizzato uno scavo di 1 m di spessore successivamente riempito con argilla espansa LecaPiù 8-20;
- la seconda fase è la realizzazione del rilevato leggero al di sopra del piano campagna; l'ulteriore particolarità è che il rilevato oltre ad essere alleggerito con argilla espansa è anche contenuto con le tecniche delle "terre rinforzate". Dunque si è proceduto alla stesura dello strato di alleggerimento in argilla espansa LecaPiù 8-20 con mezzi meccanici, rispettando scrupolosamente la stratigrafia di progetto, che ha previsto un modulo da 70 cm costituito da uno strato da 55 cm di argilla espansa e uno strato da 15 cm di materiale di riempimento tradizionale.

La posa dello strato di alleggerimento, la cui realizzazione ha comportato l'impiego di circa 5.000 m³ di LecaPiù 8-20, è risultata decisamente rapida grazie alla particolare leggerezza dell'argilla espansa, consentendo il completamento dei lavori nell'arco di soli 45 giorni.



Rinforzo strutturale FRCCM

Viadotto SS4 - via Salaria (RI)

soluzioni di rinforzo FRCCM Ruregold per infrastrutture stradali

Committente:
ANAS
Comparto Viabilità
per il Lazio

Località:
via Salaria (RI)

Anno:
2013

Progettazione:
I.R. Ingegneri Riuniti
Ing. G. Barballo,
Ing. V. Piemonte
**Consulenza alla
Progettazione:**
Ing. A. Trimboli

Direzione lavori:
Ing. A. Aurelj

Impresa:
Acquaviva S.r.l. (IS)

Le innovative soluzioni FRCCM Ruregold per il rinforzo delle strutture in calcestruzzo sono protagoniste di un intervento di riqualificazione di un viadotto sulla SS. n°4 Salaria. Ripristino delle funzionalità statiche e adeguamento sismico gli obiettivi di progetto, brillantemente raggiunti grazie a una efficace combinazione di fibre in PBO e matrici cementizie inorganiche.

La manutenzione delle infrastrutture stradali pone problematiche estremamente varie e complesse, sia per l'eterogeneità dei manufatti oggetto di tali interventi, sia per i diversi carichi di esercizio cui sono soggette, e che richiedono di volta in volta una accurata analisi preventiva, sia infine per la frequente necessità di provvedere non solo al loro ripristino ma anche all'adeguamento delle loro prestazioni statiche. Necessità, quest'ultima, derivante non solo dall'aumento del traffico veicolare ma anche dall'esigenza di migliorarne le performance antisismiche.

Un esempio che rappresenta efficacemente tale situazione è l'intervento di adeguamento statico e miglioramento sismico che ha coinvolto un viadotto sulla SS. n°4 Salaria in località Posta, in provincia di Rieti, per la cui esecuzione sono state utilizzate le soluzioni per il rinforzo strutturale FRCCM di Ruregold. Ruregold è l'azienda leader nel rinforzo delle strutture, sia in calcestruzzo che in muratura, con le innovative soluzioni FRCCM (Fiber Reinforced Cementitious Matrix), 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.

Il ponte ad arco oggetto dell'intervento, la cui costruzione risale all'incirca agli anni Sessanta, presenta una struttura interamente in calcestruzzo armato ordinario ad eccezione delle spalle e dei muri d'ala, che originariamente erano stati realizzati in laterizio e successivamente placcati con lastre in calcestruzzo armato.

Obiettivi primari dell'intervento di riqualificazione e adeguamento sono stati, da un lato, il ripristino delle funzionalità statiche ori-



ginarie, compromesse dal degrado del calcestruzzo e dall'iniziale corrosione delle barre d'armatura, senza aggiungere armature metalliche ma sfruttando la proprietà dei sistemi di rinforzo FRCM Ruregold. Dall'altro, oltre agli aspetti statici legati soprattutto al degrado determinato dall'inefficace regimentazione delle acque di scolo dell'impalcato, si è reso necessario ottimizzare le prestazioni sismiche della struttura migliorando il confinamento dei nodi pilastri/arco, che non prevedevano il confinamento a causa delle staffe aperte originarie.

Per raggiungere tali obiettivi la I.R. Ingegneri Riuniti, società incaricata della progettazione dell'intervento, ha optato per l'impiego dei sistemi per il rinforzo strutturale Ruregold a base di FRCM. Nel caso in questione sono state utilizzate la rete bidirezionale PBO-MESH 70/18, la rete unidirezionale PBO-MESH 88 e la matrice inorganica MX-PBO Calcestruzzo, specificamente sviluppata per l'applicazione su costruzioni in calcestruzzo armato.

PBO-MESH 70/18 è 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). La conformazione della rete in PBO la rende idonea per applicazioni quali la fasciatura di pilastri in calcestruzzo e il rinforzo dei nodi trave-pilastro. PBO-MESH 88 è la rete unidirezionale in fibra di PBO da 88 g/m² disponibile nelle due altezze 25 cm e 50 cm. La buona grammatura della fibra la rende idonea per applicazioni impegnative su calcestruzzo, tipo l'esecuzione di fasciature o rinforzi a taglio e flessione.

Entrambe le reti vengono utilizzate in combinazione con MX-PBO Calcestruzzo, la matrice inorganica conforme alla norma UNI EN 1504-3 specificamente formulata per le applicazioni su supporti in calcestruzzo.

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, il sistema basato su Ruregold PBO-MESH 70/18 permette di migliorare la resistenza a flessione semplice, taglio e pressoflessione di pilastri e travi, incrementare la duttilità dell'elemento strutturale rinforzato e delle parti terminali di travi e pilastri, la resistenza dei nodi trave-pilastro, la capacità di dissipazione dell'energia e l'affidabilità delle strutture anche in presenza di sovraccarichi di tipo ciclico come in caso di sisma.

Per il ripristino del copriferro del calcestruzzo armato è stata utilizzata MX-R4 Ripristino, malta a ritiro controllato, fibrata con fibre di polipropilene, a base di cemento, inerti selezionati e additivi superfluidificanti. Conforme ai requisiti definiti nella EN 1504-9 (Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture in calcestruzzo: definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione della conformità. Principi generali per l'uso dei prodotti e sistemi) MX-R4 Ripristino è dotata di marcatura CE secondo la norma armonizzata EN 1504-3 (Riparazione strutturale e non strutturale).

Nell'applicazione delle fasciature di rinforzo 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-PBO Joint, PBO-Joint è un sistema di connessione per il collegamento delle strutture esistenti in muratura e calcestruzzo armato 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-PBO Joint, e inserito all'interno del foro opportunamente realizzato, nell'elemento strutturale in muratura o calcestruzzo armato, e incrementa la capacità di adesione del sistema di rinforzo FRCM in PBO con il supporto esistente.





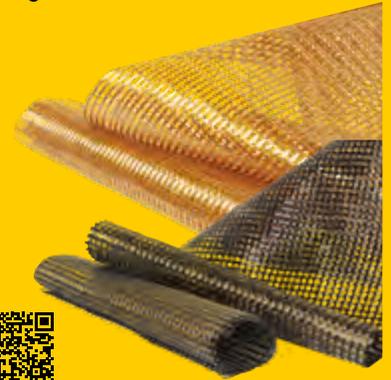
I sistemi FRCM

I sistemi di rinforzo FRCM (Fiber Reinforced Cementitious Matrix) di Ruregold sono **sistemi compositi a basso spessore** per strutture in cemento armato o muratura che sostituiscono i più tradizionali interventi di rinforzo spesso invasivi dal punto di vista statico ed estetico. I sistemi FRCM di Ruregold nascono dall'accoppiamento di **una matrice inorganica con la funzione di adesivo e una fibra a elevato modulo elastico ed elevata resistenza a trazione**. Tali caratteristiche comportano un incremento della duttilità nella risposta dell'elemento rinforzato e l'assorbimento di sforzi generati da carichi ciclici.

La presenza del legante idraulico consente l'impiego dei sistemi FRCM in ambienti termo-igrometricamente complessi.

I sistemi di rinforzo FRCM di Ruregold sono realizzati:

- con fibra di PBO
- con fibra di Carbonio



Scarica la Brochure
Referenze Ruregold



Rinforzo strutturale FRCM

Ponte linea Eccellente - Rosarno

soluzioni di rinforzo FRCM Ruregold per infrastrutture ferroviarie

Committente e D.L.:
R.F.I.
Direzione territoriale
Reggio Calabria

Località:
Nicotera (VV)

Anno:
2014

Progettazione:
Ing. Vincenzo
Malatucca

Impresa:
Morfù S.r.l.
Rossano (CS)

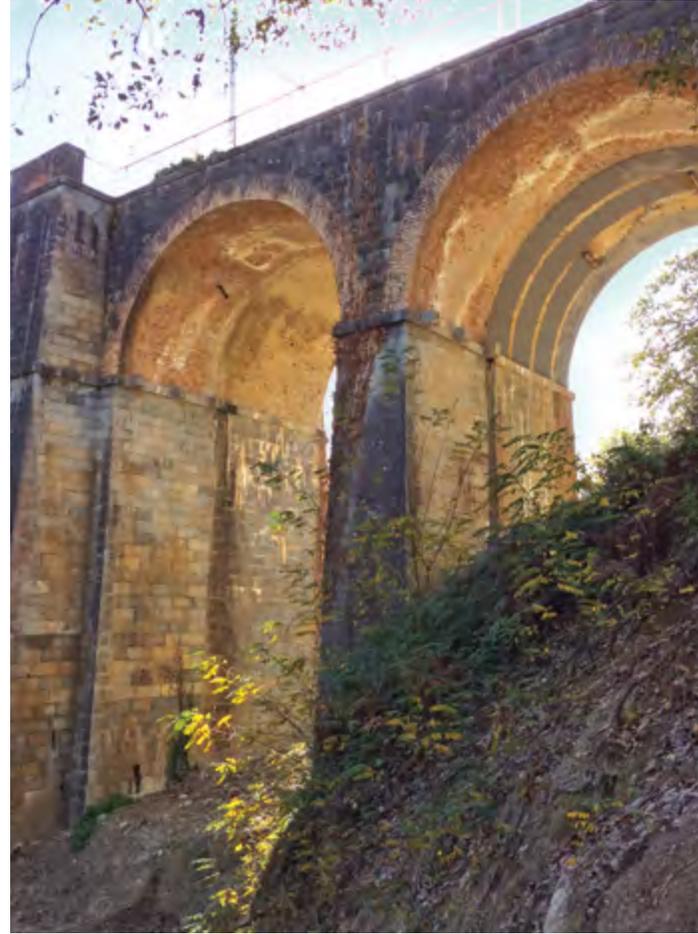
Un ponte ferroviario ad archi in calcestruzzo e muratura situato lungo la linea storica "Eccellente-Rosarno" torna a nuova vita grazie ai sistemi di rinforzo Ruregold FRCM. Ripristino della funzionalità statica e durabilità, unite a una spiccata praticità di impiego, per un pacchetto di soluzioni dalla grande versatilità applicativa.

Opere lineari e puntuali, tracciati e opere d'arte come ponti e viadotti, fanno delle infrastrutture ferroviarie un ambito particolarmente complesso sia per le importanti sollecitazioni statiche e dinamiche cui esse sono sottoposte, sia per le problematiche di durabilità che sono chiamate ad affrontare. Il tema è particolarmente importante e delicato per la rete ferroviaria nazionale, che in molte sue parti è spesso datata e perciò richiede sia un attento monitoraggio, sia la necessità di intervenire con opere di rinforzo e atte a ripristinarne la funzionalità. Proprio questa è la situazione operativa affrontata nell'intervento che ha coinvolto uno dei ponti collocati lungo la linea ferroviaria "Eccellente-Rosarno" in località Nicotera, per il cui consolidamento sono state utilizzate le soluzioni per il rinforzo strutturale Ruregold a base di FRCM.

Ruregold possiede una spiccata specializzazione nei sistemi di rinforzo delle strutture, sia in calcestruzzo che in muratura, basati sugli innovativi FRCM (Fiber Reinforced Cementitious Matrix), costituiti 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 ha coinvolto un'importante tratta, la Eccellente-Rosarno, della ferrovia Tirrenica Meridionale, il più importante collegamento ferroviario Nord-Sud tra la Sicilia, la Calabria e il resto della Penisola. Il troncone è stato modificato negli anni con la realizzazione di un doppio binario al fine di abbreviarne il percorso, e si dirama in due differenti tratte: la direttissima, a doppio binario, passante per Vibo Valentia e Mileto, e la linea vecchia, a binario unico, via Pizzo Calabro, Tropea e Nicotera.





Proprio lungo quest'ultima tratta si trova il manufatto oggetto dell'intervento, un ponte ad archi in calcestruzzo e muratura parte del tracciato della linea storica, che nel tempo ha evidenziato segni crescenti di degrado fino a necessitare di un massiccio intervento di consolidamento finalizzato a ripristinare un grado di funzionalità statica adeguato ad assorbire gli sforzi generati dai carichi ciclici tipici di queste strutture.

Un'analisi dettagliata della struttura ha in particolare portato progettista e impresa esecutrice a individuare la necessità di procedere al rinforzo dell'intradosso degli archi, intervento per la cui realizzazione la scelta è caduta sulle soluzioni per il rinforzo strutturale FRCM di Ruregold.

Nel caso in esame, in particolare, è stata utilizzata 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 con MX-PBO Muratura, 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.

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, il sistema basato su Ruregold PBO-MESH 70/18 permette di migliorare la resistenza a flessione semplice, taglio e pressoflessione di pilastri e travi, incrementare la duttilità dell'elemento

strutturale rinforzato e delle parti terminali di travi e pilastri, la resistenza dei nodi trave-pilastro, la capacità di dissipazione dell'energia e l'affidabilità delle strutture anche in presenza di sovraccarichi di tipo ciclico come in caso di sisma.

Nell'applicazione delle fasciature di rinforzo 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-PBO Joint, PBO-Joint è un sistema di connessione per il collegamento delle strutture esistenti in muratura e calcestruzzo armato 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-PBO Joint, e inserito all'interno del foro opportunamente realizzato, nell'elemento strutturale in muratura o calcestruzzo armato, e incrementa la capacità di adesione del sistema di rinforzo FRCM in PBO con il supporto esistente.

Oltre a garantire la massima celerità operativa, la combinazione delle soluzioni FRCM Ruregold ha consentito di ottenere il ripristino della completa funzionalità statica del manufatto e la durabilità necessaria in funzione dei carichi di esercizio tipici di queste strutture.





I vantaggi dei sistemi FRCM in PBO

■ DUTTILITÀ POST-FESSURAZIONE

I sistemi FRCM favoriscono un **comportamento di tipo duttile** dell'elemento rinforzato incrementandone la capacità deformativa dopo il raggiungimento del carico massimo.

■ DURABILITÀ DELLE PRESTAZIONI MECCANICHE

I sistemi FRCM possono essere applicati in ambienti caratterizzati da **elevata umidità e temperature di esercizio** senza che vengano alterate le caratteristiche di adesione al supporto.

Il legante di tipo idraulico mantiene inalterate le proprie caratteristiche meccaniche fino a temperature di 550 °C.

■ LEGGEREZZA DEL SISTEMA

Lo **spessore contenuto** del sistema (inferiore ad 1 cm) permette di non alterare la sezione trasversale e la rigidezza dell'elemento strutturale.

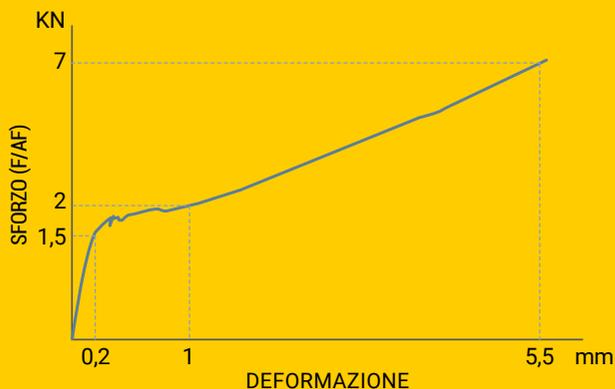
■ IMPIEGO IN AMBIENTE AGGRESSIVO

Il sistema **resiste** all'attacco di sali e cloruri, tipici di un ambiente marino aggressivo, e all'esposizione di agenti atmosferici.

■ SEMPLICITÀ E VELOCITÀ DI POSA

La matrice **premiscelata** deve essere mescolata solo con acqua e non richiede l'impiego di squadre specializzate per la messa in opera.

LEGAME COSTITUTIVO TIPO A TRAZIONE UNIASSIALE DI UN PROVINO DI FRCM (A_f area del tessuto secco)



■ BASSI ONERI DI CANTIERE

Posa in opera **rapida** senza interruzione della viabilità.

■ ELEVATA TRASPIRABILITÀ

La matrice **evita** i fenomeni di condensazione che possono danneggiare le decorazioni parietali.

■ ATOSSICITÀ

La matrice non è un prodotto nocivo per la salute degli operatori né per l'ambiente, quindi può essere applicata **senza l'uso di protezioni** speciali e può essere smaltita senza particolari precauzioni.

■ ADATTAMENTO A TUTTE LE FORME

Il sistema è **flessibile** e si adatta al meglio agli elementi strutturali.

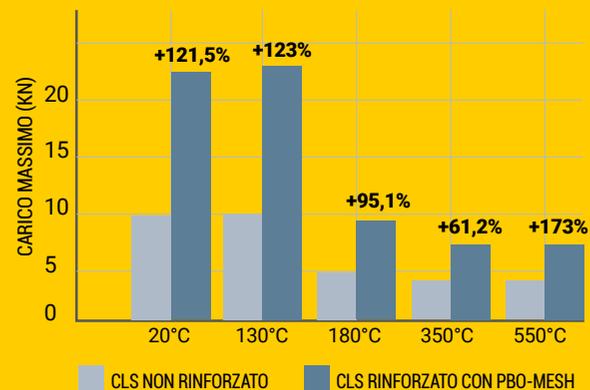
■ LAVORABILITÀ IN UN AMPIO RANGE DI TEMPERATURA

Tra **+5 °C e +35 °C** non esistono sostanziali differenze nei tempi di lavorabilità, presa e indurimento.

■ REVERSIBILITÀ DEL SISTEMA

Il meccanismo di **adesione** della matrice inorganica consente l'eventuale rimozione del rinforzo.

RESISTENZA A FLESSIONE VARIAZIONE IN FUNZIONE DELLA TEMPERATURA



Le soluzioni FRCM di Ruregold per la riqualificazione di stazioni ferroviarie

I cantieri sulla linea della Napoli-Formia, per gli edifici di Frattamaggiore (NA), Sant'Antimo (CE) e Nocera Inferiore (SA)

Tre stazioni di un'importante tratta ferroviaria rinascono a nuova vita grazie ai sistemi di rinforzo Ruregold in fibra di PBO. Ripristino della funzionalità strutturale e miglioramento del comportamento sismico uniti a una spiccata praticità di impiego, grazie a un pacchetto di soluzioni dalla grande versatilità applicativa.

La grande estensione e un'età media delle infrastrutture in alcuni casi elevata, oltre alle importanti sollecitazioni ambientali e di esercizio cui è sottoposta, rende la rete ferroviaria nazionale un banco di prova particolarmente complesso anche per quanto riguarda le innumerevoli opere di manutenzione che quotidianamente si rendono necessarie per il suo mantenimento in efficienza. E che non interessano esclusivamente opere lineari e puntuali, tracciati e opere d'arte come ponti e viadotti, ma anche gli altrettanto numerosi edifici di servizio e, non ultimo, le piccole stazioni che costellano le tratte ferroviarie locali. Stazioni che spesso necessitano, oltre all'ordinaria manutenzione, anche di interventi di adeguamento per allinearne i requisiti in materia di sicurezza, soprattutto antisismica.

È questo il compito affrontato nel quadro di un appalto assegnato da RFI per la riqualificazione sismica di tre stazioni situate sulla linea ferroviaria Napoli-Formia. La Direzione Lavori è stata affidata all'Arch. Angelo Boemio di RFI, mentre il progettista incaricato è l'Ing. Antonio Durante.

Nel quadro di questo appalto, le imprese affidatarie dei lavori hanno scelto le soluzioni per il rinforzo strutturale Ruregold a base di materiali compositi FRCM. Ruregold possiede una spiccata specializzazione nei sistemi di rinforzo delle strutture in calcestruzzo e muratura con le innovative soluzioni FRCM (Fiber Reinforced Cementitious Matrix), 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. I sistemi di rinforzo in FRCM sviluppati da Ruregold sono stati uti-

→

Stazione Frattamaggiore



Committente e D.L.
R.F.I.

Progettista
Ing. Antonio Durante

Direzione Lavori
Arch. Angelo Boemio
di RFI

Imprese
Brancaccio, Sielte
e Del Bo per le stazioni
di Frattamaggiore
e Sant'Antimo

ACMAR Costruzioni
per la stazione
di Nocera Inferiore

Applicazione 2° strato di rete PBO-MESH 22/22 su matrice MX-PBO Muratura.



Consolidamento muratura con rinforzo FRCM sistema diffuso.



lizzati in numerosi interventi di riqualificazione di grandi opere quali ponti e viadotti ferroviari.

Gli interventi in questione hanno in particolare coinvolto le stazioni più datate della Napoli-Formia, quella di Frattamaggiore (NA), di Sant'Antimo (CE) e di Nocera Inferiore (SA). I tre edifici, realizzati in muratura tufacea, necessitavano di interventi finalizzati al loro miglioramento sismico e, nel caso della stazione di Nocera Inferiore, anche del consolidamento dei solai a volta, che presentavano evidenti segni di degrado.

È stato impiegato il sistema 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 è affiancato PBO-Joint, il connettore a fiocco in fibra di PBO specificamente sviluppato per l'impiego nei sistemi FRCM Ruregold.

Il sistema, grazie alla buona grammatura della rete in PBO e alla matrice inorganica ad alte prestazioni, è idoneo per applicazioni su muratura (fasciature di volte o maschi murari). In questi ambiti il rinforzo strutturale è in grado di incrementare la capacità resistente di elementi soggetti a taglio e pressoflessione (per azioni nel piano e fuori piano) e aumentare la duttilità di strutture in muratura; il sistema offre un'elevata affidabilità, grazie al comportamento post-fessurativo in condizioni di distacco, e capacità di dissipazione dell'energia.

La soluzione Ruregold, 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 delle fasciature di rinforzo 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-PBO 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 segui-

Stazione di Nocera Inferiore



Consolidamento volta a botte all'estradosso con rinforzo FRCM sistema diffuso.



Applicazione 2° strato di rete PBO-MESH 22/22 su matrice MX-PBO Muratura.



Applicazione matrice inorganica MX-PBO MURATURA su 1° strato di rete PBO-MESH 22/22.

→

to dell'impregnazione con l'apposita matrice inorganica MX-PBO Joint, e inserito all'interno del foro opportunamente realizzato nell'elemento strutturale in muratura incrementa la capacità di adesione del sistema di rinforzo FRCCM in PBO con il supporto esistente.

Nei cantieri qui esaminati, affidati rispettivamente alla ATI costituita dalle imprese Brancaccio, Sielte e Del Bo per le stazioni di Fratamaggiore e Sant'Antimo, e alla ACMAR Costruzioni per la stazione di Nocera Inferiore, gli interventi hanno in particolare previsto la realizzazione di fasciature di rinforzo sulle superfici murarie interne ed esterne degli edifici con PBO-MESH 22/22 e MX-PBO Muratura, interconnesse attraverso l'impiego dei connettori PBO-JOINT e MX-PBO Joint. Come già accennato, nel caso della stazione di Nocera Inferiore la medesima soluzione ha trovato impiego anche per il rinforzo dei solai a volta in muratura.

Oltre a garantire la massima celerità operativa, la combinazione delle soluzioni FRCCM Ruregold ha consentito di ripristinare la piena funzionalità statica degli edifici, migliorandone parallelamente le prestazioni antisismiche.

Sant'Antimo



Sistema FRCCM in PBO

ELEMENTI DEL SISTEMA

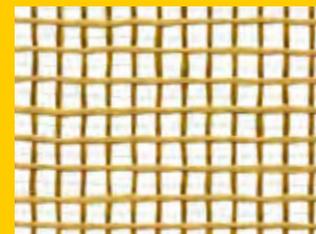
■ Rete

PBO-MESH 22/22

Rete bidirezionale con 44 g/m² in fibra di PBO, distribuite in modo equivalente in trama e ordito rispettivamente.

Disponibile in:

- H 100 cm, bobina da 15 m



■ Matrice inorganica

MX-PBO Muratura

Matrice inorganica fibrata a base cementizia ideale per consentire l'ottimale trasferimento delle tensioni dall'elemento strutturale alla rete PBO-MESH 22/22



ELEMENTI COMPLEMENTARI

■ Connettore

PBO-JOINT

Connettore a fiocco in fibra di PBO.

Disponibile in:

- Ø 3 mm, dispenser 10 m
- Ø 6 mm, dispenser 10 m.



■ Matrice inorganica

MX-PBO Joint

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



TECNOLOGIA
MILANO
T

Tecnologia
delle
costruzioni

Nuove linee guida per l'identificazione, qualificazione e il controllo di accettazione dei sistemi FRCM

Le Norme Tecniche per le Costruzioni NTC 2018 prescrivono al § 11.1 che tutti i materiali ed i prodotti da costruzione da impiegare per uso strutturale devono essere in possesso di specifica qualificazione all'uso previsto, nonché essere oggetto di controllo in fase di accettazione da parte del direttore dei lavori.

Le norme predette prevedono che i materiali e i prodotti da costruzione per uso strutturale, quando non marcati CE ai sensi del Regolamento (UE) n.305/2011 sulla scorta di una norma armonizzata o di una Valutazione Tecnica Europea (ETA) ai sensi dell'art. 26 del Regolamento, debbano essere in possesso di un Certificato di Valutazione Tecnica (nel seguito CVT) rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale (nel seguito STC), anche sulla base di linee guida approvate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, ove disponibili.

A tal fine il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (CSLP), con il Decreto del 8 gennaio 2019, ha approvato le "Linee Guida per la identificazione, la qualificazione ed il controllo di accettazione di compositi fibrorinforzati a matrice inorganica (FRCM) da utilizzarsi per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti".

NUOVE LINEE GUIDA PER LA QUALIFICAZIONE DEI SISTEMI FRCM

Le Linee Guida forniscono le **procedure per l'identificazione, la qualificazione ed il controllo di compositi fibrorinforzati a matrice inorganica FRCM** (Fiber Reinforced Cementitious Matrix), impiegati per il consolidamento strutturale.

Rientrano nel campo di applicazione della presente Linea Guida i sistemi di rinforzo FRCM il cui spessore è compreso, nel caso di una singola rete, tra 5 e 15 mm, al netto del livellamento del supporto. Nel caso di più reti lo spessore massimo non può essere superiore a 30 mm.

Le procedure per la qualificazione ed accettazione dei sistemi di rinforzo FRCM forniscono curve di comportamento e relativi parametri meccanici utilizzabili per la progettazione e la verifica degli interventi di rinforzo, quali la resistenza ultima a trazione del sistema di rinforzo FRCM e la resistenza nei confronti di prove di distacco dal supporto (o distacco di estremità).



I sistemi di rinforzo strutturale **FRCM (Fiber Reinforced Cementitious Matrix)** sono costituiti dall'accoppiamento di una fibra lunga a elevate prestazioni e di una matrice inorganica impiegata con la funzione di adesivo, che sostituisce le resine epossidiche dei sistemi FRP tradizionali.

INDICAZIONI PROGETTUALI DEI SISTEMI FRCM

Si riportano le **indicazioni principali ai fini progettuali**, le cui prestazioni dei singoli sistemi vengono ottenute sulla base della qualificazione stessa dell'intero sistema FRCM (tessuto + matrice).

Le **prove di caratterizzazione meccanica** sono costituite da:

- **prove di trazione del tessuto/rete secco** con l'obiettivo di determinare la resistenza a trazione ultima del tessuto e modulo elastico da utilizzare;
- **prove di trazione del campione di FRCM** con l'obiettivo di determinare la resistenza e deformazione ultima a trazione uniassiale del composito (trilineare come legame costitutivo);
- **prove di distacco da supporti standard** con l'obiettivo di determinare la forza massima che il composito è in grado di sviluppare nel distacco dal supporto ed il rispettivo meccanismo di crisi che si manifesta. Questa prova è fondamentale perché consente di determinare il valore della tensione limite convenzionale $[s_{lim,conv}]$ (dividendo la forza massima sopra indicata per l'area netta del tessuto secco) da utilizzarsi per il calcolo della corrispondente deformazione limite convenzionale $[e_{lim,conv}]$ ottenuta leggendo il valore della tensione limite convenzionale in quello della prova di trazione uniassiale della rete/tessuto secco – ovviamente ottenuta dividendo la tensione per il modulo elastico.

Le **prove di distacco dal supporto**, consentono così di determinare il **valore della tensione limite convenzionale**, da utilizzare per le verifiche nelle condizioni di crisi di estremità nel progetto e verifica di un rinforzo dei diversi elementi strutturali. Tale valore, verrà poi incrementato di un fattore massimo 1.50 per le verifiche nelle condizioni di crisi intermedia, a seconda poi della modalità di crisi evidenziata dalla prova di distacco dal supporto, questo incremento della tensione limite convenzionale $[a*s_{lim,conv}]$ non



Prova di distacco da supporto standard in calcestruzzo.



Prova di trazione uniassiale della rete secca in PBO.

dovrà superare il valore della resistenza a trazione ultima del campione di FRCM oppure di trazione ultima della rete/tessuto secco.

Le **prove di invecchiamento e durabilità ambientali** sono costituite da:

- **prove di trazione uniassiale** del campione di FRCM in ambiente:
 - Umido (1000 e 3000 ore);
 - Alcalino (1000 e 3000 ore);
 - Salino (1000 e 3000 ore).
- **prove di trazione uniassiale** del campione di FRCM ai cicli di gelo e disgelo;
- **prove di trazione uniassiale del campione di FRCM alle sollecitazioni termiche.**

Le prove di invecchiamento artificiale dovranno rispettare dei valori di prestazione e resistenza minimi rispetto a quelli delle prove meccaniche in assenza di condizionamento.

A queste si aggiungono poi le prove necessarie alla **caratterizzazione di eventuali sistemi di connessione** sui vari supporti standard oggetto di qualificazione.

La **qualifica e i controlli in corso d'opera** verranno eseguiti da parte della Direzione Lavori come indicato nel §5 delle Linee Guida di Qualificazione, per tale ragione e al fine di assistere il ruolo e la responsabilità della Direzione Lavori, Ruregold Srl metterà a disposizione su richiesta e per ogni fornitura, un apposito coKit di cantiere, all'interno del quale saranno indicate le istruzioni per il corretto confezionamento dei campioni per le prove di qualifica in corso d'opera e accettazione in cantiere, dei sistemi FRCM oggetto di fornitura, completo di una tavoletta con all'interno opportuni stampi con le necessarie geometrie e caratteristiche per il confezionamento secondo quanto indicato e predisposto dalle Linee Guida di Qualificazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

LA NORMATIVA DI RIFERIMENTO

29

Norme tecniche 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.

ACI 549.4R-13: Guide to Design and Construction of Externally Bonded Fabric-Reinforced Cementitious Matrix (FRCM) Systems for Repair and Strengthening Concrete and Masonry Structures.

Linee guide di accettazione

LINEE GUIDA Gennaio 2019: Linea Guida per la identificazione, la qualificazione ed il controllo di accettazione di compositi fibrorinforzati a matrice inorganica (FRCM) da utilizzarsi per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti. Decreto attuativo pubblicato a gennaio 2019.

A.C. 434/2019: Acceptance criteria for masonry and concrete strengthening using fabric-reinforced cementitious matrix (FRCM) and steel reinforced grout (SRG) composite systems.

Certificazioni di prodotto

C.V.T.: Certificato di valutazione tecnica in fase di approvazione.

E.S.R. N°3265: ICC-ES Evaluation Report.

Rinforzo a taglio di una trave in C. A. mediante sistema FRCM in PBO.





I SISTEMI FRCM RUREGOLD

I sistemi di rinforzo strutturale FRCM (Fiber Reinforced Cementitious Matrix) sono costituiti dall'accoppiamento di una fibra lunga a elevate prestazioni e di una matrice inorganica impiegata con la funzione di adesivo, che sostituisce quindi le resine epossidiche dei sistemi FRP tradizionali. Ruregold ha introdotto un'innovazione mondiale nel campo dei rinforzi strutturali brevettando diversi sistemi di rinforzo FRCM, ciascuno dei quali è stato appositamente sviluppato per rispondere alle esigenze di rinforzo strutturale delle diverse strutture esistenti: le strutture in calcestruzzo armato e le strutture in muratura.

Nei sistemi di rinforzo Ruregold vengono impiegati due diversi tipi di fibre, carbonio e PBO (poliparafenilenben-zobisoxazolo), entrambi materiali sintetici che presentano proprietà meccaniche ad alte prestazioni in grado di assorbire gli sforzi generati dai sovraccarichi e dagli eventi eccezionali, quali i terremoti. Le fibre di PBO, impiegate per i sistemi FRCM, rispetto a quelle in carbonio, hanno una resistenza a trazione superiore del 20% e un modulo elastico maggiore del 15%.

Le malte speciali, differenziate nella formulazione per ciascun specifico sistema di rinforzo, assicurano un'efficace adesione sia alle fibre strutturali della rete sia ai materiali che costituiscono il sottofondo, garantendo un'elevata affidabilità del rinforzo strutturale.

I rinforzi compositi Ruregold impiegano fibre strutturali tessute con geometria specifica per garantire una maggiore versatilità d'impiego, ovvero una maggiore capacità di intercettare gli sforzi anche nelle situazioni di carico più complesse: pressoflessione dei pilastri, resistenza a taglio dei pannelli, flessione e taglio delle travi e azioni nel piano e fuori dal piano.



Scarica il Catalogo
Generale Ruregold



Rete in fibra di PBO-MESH 70/18.



Rete in fibra di Carbonio C-MESH 84/84.

I materiali FRCM utilizzati di Ruregold sono soggetti a qualificazione secondo le "Linee Guida per la identificazione, la qualificazione ed il controllo di accettazione di compositi fibrorinforzati a matrice inorganica (FRCM) da utilizzarsi per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti" con Decreto del Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici prot. 08.01.2019.

Ruregold Srl ha presentato istanza con prot. interno n. 3629 del 15/04/2019 recepita dal Servizio Tecnico Centrale con nulla osta (prot. n. 4310 del 14/05/2019)

L'applicazione dei sistemi di rinforzo FRCM prevede:

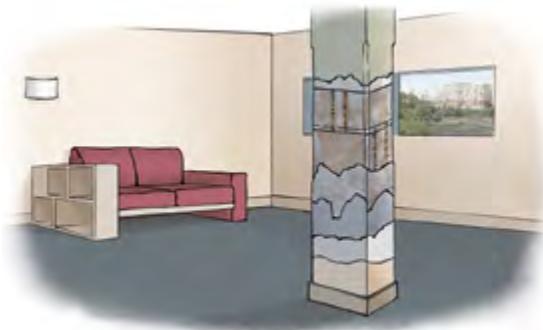
1. scarifica delle parti incoerenti;
2. pulizia e successiva passivazione dei ferri con Passivante Ruregold;
3. ripristino del copriferro con MX-R4 Ripristino, laddove necessario, avendo cura di raccordare i bordi (raggio di curvatura consigliato pari a circa 2 cm);
4. smusso degli spigoli vivi esistenti con un raggio di curvatura consigliato pari a circa 2 cm.



Per approfondimenti
scansiona
il QR code

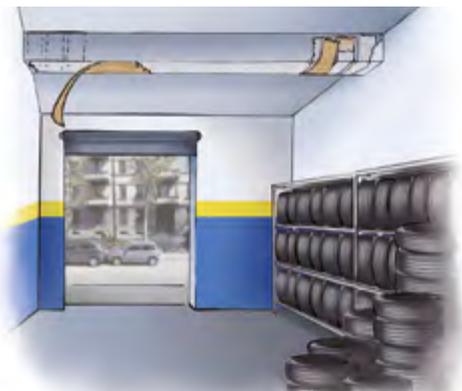
CONFINAMENTO DI UN PILASTRO

- Bagnare a rifiuto il supporto e posare il primo strato di **MX-PBO Calcestruzzo** nello spessore di 3/5 mm circa.
- Posare la rete **PBO-MESH** in aderenza allo strato di malta e con l'ordito (direzione di maggiore grammatura della rete) che avvolge il pilastro e si sovrappone di almeno 30 cm in chiusura di avvolgimento.
- Posare il secondo strato di malta **MX-PBO Calcestruzzo** spessore circa 3/5 mm e in caso procedere alla rasatura finale con idoneo prodotto rasante.



RINFORZO DELLA TRAVE A FLESSIONE E TAGLIO

- Posare il primo strato di malta **MX-PBO Calcestruzzo** e la rete **PBO-MESH** lungo la direzione dei ferri longitudinali (rinforzo a flessione) e perpendicolarmente agli stessi o a 45° (rinforzo a taglio).
- Ricoprire la rete con la malta **MX-PBO Calcestruzzo**.



RINFORZO DEI TRAVETTI DEL SOLAIO IN LATERO-CEMENTO

- Nel caso di travetti rivestiti con laterizio rimuovere anche il fondello e ricostruire il copriferro con **MX-R4 Ripristino** o **MX-PVA Fibrorinforzata**, previa passivazione dei ferri.
- Posare sui travetti la malta **MX-PBO Calcestruzzo** e la rete **PBO-MESH**.
- Rivestire la rete con il secondo strato di malta **MX-PBO Calcestruzzo** e posare l'eventuale secondo strato di rete più malta.
- Nel caso, posare e fissare il sistema antisfondellamento **X PLASTER**.



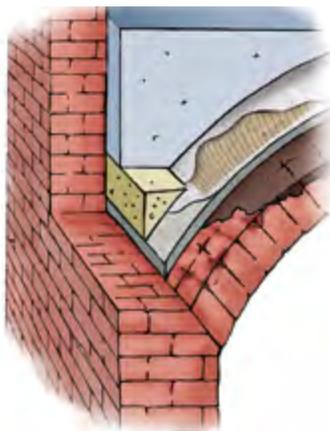
APPLICAZIONI SU MURATURA

L'applicazione dei sistemi di rinforzo FRCM prevede:

1. scarifica delle parti incoerenti;
2. regolarizzazione del supporto, in presenza di muratura disomogenea;
3. bagnatura del supporto.



Per
approfondimenti
scansiona
il QR code



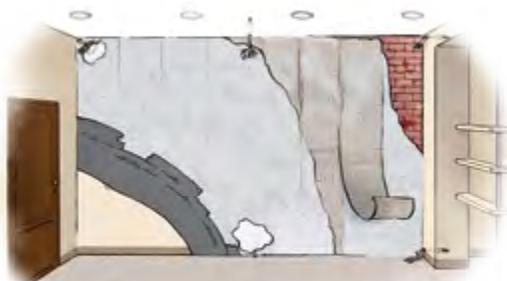
RINFORZO DELLE VOLTE

- Rimuovere materiali/strati di riempimento, ogni altro residuo ed eseguire l'accurata pulizia e bagnatura del supporto.
- Procedere all'eventuale posa di uno strato di regolarizzazione in **MX-RW Alte Prestazioni** o **MX-CP Calce** come preparazione del fondo.
- Prevedere l'eventuale strato di malta **MX PVA Fibrorinforzata** di consolidamento in collaborazione con il rinforzo strutturale.
- Realizzare il rinforzo della volta posando la rete **PBO-MESH** interposta a due strati di malta **MX-PBO Muratura** da circa 3 mm cad. con l'eventuale connessione alle strutture portanti mediante **PBO-JOINT**.



RINFORZO DI MASCHIO MURARIO

- Rimuovere rasature e intonaci preesistenti, pulire e lavare le superfici al fine di garantire la perfetta adesione del rinforzo alla muratura.
- Per strutture con elementi portanti in muratura, procedere al rinforzo per fasciatura della struttura applicando **PBO-MESH** fra due strati di **MX-PBO Muratura** sui cantonali e sui marcapiano fino a quota di imposta copertura.



RINFORZO ANTIRIBALTAMENTO

- Procedere con l'eventuale posa dello strato di preparazione del fondo in **MX-RW Alte Prestazioni** o **MX-CP Calce**.
- Realizzare il rinforzo con un foglio di rete **PBO-MESH** distribuito in due strati di malta **MX-PBO Muratura** da circa 3 mm cad.
- Realizzare la connessione del sistema alla struttura portante mediante il connettore **PBO-Joint**.

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

La sicurezza antincendio delle pareti con Lecablocco Tagliafuoco

Lecablocco Tagliafuoco è la gamma di blocchi in calcestruzzo alleggerito con argilla espansa Leca pensata per le prestazioni di resistenza al fuoco certificate.

Con il crescere della sensibilità al tema della qualità in edilizia anche uno dei suoi aspetti più delicati, la sicurezza antincendio, ha ricevuto una sempre maggiore attenzione sia in sede normativa che da parte di produttori e costruttori. Soprattutto in determinate tipologie di edifici, tuttavia, il problema di garantire una adeguata resistenza al fuoco può risultare di non facile soluzione, coinvolgendo una serie di problematiche progettuali ed esecutive che richiedono, da un lato, una attenta valutazione dei carichi d'incendio e dei potenziali rischi cui l'edificio è soggetto, dall'altro soluzioni in grado di abbinare prestazioni certificate e facilità di realizzazione.

È su queste premesse che nasce Lecablocco Tagliafuoco, la gamma di elementi modulari in blocchi di calcestruzzo alleggerito con argilla espansa Leca specificatamente studiati per la realizzazione di murature ad elevate prestazioni di resistenza al fuoco in linea con il D.M. 16/2/2007 "Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione" e il D.M. 3/8/2015 "Norme tecniche di prevenzione incendi".

Sono oltre cento i test, condotti in 40 anni di prove sperimentali, che certificano le performance di Lecablocco Tagliafuoco facciavista e da intonaco. Realizzati presso i più qualificati laboratori italiani ne dimostrano le migliori prestazioni di resistenza al fuoco confermate anche dalle tabelle del D.M. 16/2/2007 - Allegato D - relative ai blocchi in calcestruzzo leggero (i Lecablocco appunto) rispetto a quelli in calcestruzzo pesante, in laterizio o altre soluzioni. Costituiti da calcestruzzo alleggerito con argilla espansa Leca, di modulo 20x50 cm e spessore variabile da 8 a 30 cm, si dividono in due gruppi di prodotti a seconda dell'impasto: i Blocchi da Intonaco, realizzati in calcestruzzo molto leggero (densità di riferimento 800÷1.500 kg/m³), che richiedono una intonacatura tradizionale per la finitura delle superfici, e i Blocchi Facciavista, realizzati in calcestruzzo di densità non superiore a 1600 kg/m³ e caratterizzati da una superficie finita, che non necessita di intonaco o altre finiture.





Grazie all'impasto in calcestruzzo di argilla espansa Leca i Lecablocco Tagliafuoco offrono un'elevata solidità e, in particolare nelle versioni multicamera, consentono di ottenere elevate prestazioni antincendio a parità di spessore. In più, le pareti in Lecablocco Tagliafuoco mantengono le proprie caratteristiche di resistenza al fuoco nel tempo: come dimostrano numerosi casi reali di incendio, le pareti rimangono integre e riutilizzabili anche dopo lo spegnimento accelerando quindi il ripristino delle strutture e la ripresa delle normali attività.

Ma Lecablocco Tagliafuoco è anche un sistema completo. Grazie alla disponibilità di pezzi speciali, infatti, è possibile realizzare pareti di grandi dimensioni a muratura rinforzata, con irrigidimenti orizzontali e verticali, per il tamponamento di edifici prefabbricati con ampie maglie strutturali, abbinando così le tecniche costruttive più idonee alla realizzazione di murature alte alle prestazioni di resistenza al fuoco proprie del Lecablocco. Importanti, inoltre, anche i vantaggi in fase esecutiva. I Lecablocco Tagliafuoco, grazie allo speciale impasto in calcestruzzo di argilla espansa Leca con densità da 800 a 1600 kg/m³, sono più leggeri e maneggevoli rispetto ai blocchi in calcestruzzo tradizionale, rendendo più facile e veloce la movimentazione e la messa in opera. La leggerezza dell'impasto del calcestruzzo Leca conferisce inoltre buoni valori di isolamento e inerzia termica, in particolare nella versione multicamera, e permette di raggiungere anche requisiti termici e acustici per pareti divisorie. Grazie alla solidità dei blocchi, le pareti in Lecablocco Tagliafuoco risultano perfettamente attrezzabili, permettendo l'applicazione e la perfetta tenuta di viti e tasselli per l'ancoraggio degli elementi, caratteristica importante in edifici industriali, commerciali, box e garage.

Con Lecablocco Tagliafuoco ANPEL offre un sistema costruttivo completo, funzionale, certificato, in grado di fornire la giusta soluzione ai problemi di sicurezza antincendio.

Rinforzi strutturali e antisismici in fibra di PBO

AUMENTA LA SICUREZZA

DEGLI EDIFICI

CON IL SISMABONUS 110%

I sistemi FRCM di Ruregold sono costituiti dall'unione della **fibra in PBO** a elevate prestazioni e della **matrice inorganica cementizia** con funzione di adesivo: ideali per il consolidamento statico e l'adeguamento sismico di **edifici e strutture in calcestruzzo armato e muratura**.



Scegli il **massimo delle prestazioni e l'affidabilità di soluzioni certificate a livello internazionale dal 2011.**

Ruregold è parte
del Gruppo
Leca
soluzioni leggere e isolanti
Laterlite

 **RUREGOLD**
INNOVATION & SAFETY FOR BUILDING

Scopri i
vantaggi dei
sistemi FRCM
Ruregold.it
info@ruregold.it

