



**CEPI ENGINEERING**  
FORMAZIONE CONSULENZA INGEGNERIA

# SEMINARIO SULLE STRUTTURE (esistenti) IN MURATURA SECONDO LE NTC 2018 VERIFICHE E INTERVENTI DI RECUPERO

Con la sponsorizzazione e il  
contributo incondizionato di:



Con il Patrocinio dei seguenti Enti:





**CEPI ENGINEERING**  
FORMAZIONE CONSULENZA INGEGNERIA



Associazione Italiana ed Internazionale  
per la Sicurezza sui Luoghi di Lavoro

## PROGRAMMA LAVORI

Ore 9.30 – 10.45

**LE STRUTTURE IN MURATURA SECONDO LE NUOVE NTC 2018 - GLI EDIFICI IN MURATURA**

Ore 10.45 – 11.00

**Pausa**

Ore 11.00 – 12.00

**LA CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI TRAMITE LE PROVE DI LABORATORIO**

Ore 12.00 – 13.00

**PROGETTAZIONE INTERVENTI LOCALI E CINEMATISMO DELLE MURATURE**

Ore 12.00 – 13.00

**Lunch**

Ore 14.00 – 14.30

**CASI E DESEMPI DI INTERVENTO LOCALE**

Ore 14.30 – 15.45

**MODELLAZIONE E ANALISI COMPUTERIZZATA**

Ore 15.45 – 16.45

**CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE MEDIANTE L'IMPIEGO DI MATERIALI COMPOSITI FRCC e SRG**

Ore 16.45 – 17.00

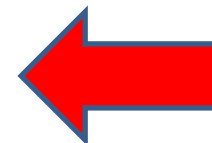
**Pausa**

Ore 17.00 – 18.00

**LA SICUREZZA IN CANTIERE**

Ore 18.00 – 18.30

**Confronto, Dibattito e Chiusura Lavori**





**CEPI ENGINEERING**  
FORMAZIONE CONSULENZA INGEGNERIA



Associazione Italiana ed Internazionale  
per la Sicurezza sui Luoghi di Lavoro

# CONSOLIDAMENTI E RINFORZO DEL COSTRUITO ESISTENTE

## STRUTTURE (esistenti) IN MURATURA SECONDO LE NTC 2018

**Ing. Paolo Allegrozzi**  
[paolo.allegrozzi@kerakoll.com](mailto:paolo.allegrozzi@kerakoll.com)



# SRP - SRG - FRCCM - FRC

Consolidamento e rinforzo del costruito esistente  
qualifica dei sistemi, ricerca applicata e casi studio

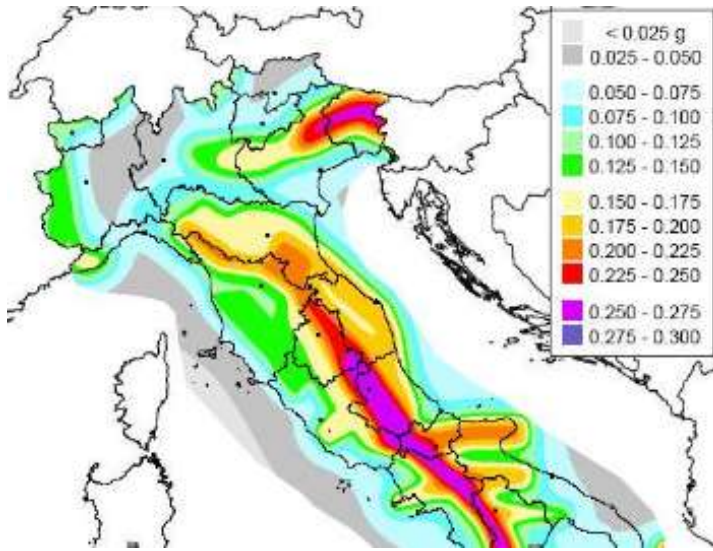


# OUTLINE

- **Tradizione e innovazione nel consolidamento strutturale**
- I sistemi certificati Kerakoll: SRP, SRG, FRCC e FRC
- Inquadramento normativo dei sistemi di rinforzo
  - Certificazione
  - Progettazione
- I sistemi Kerakoll per il rinforzo di strutture in muratura
- I sistemi Kerakoll per il rinforzo tamponature e rivestimenti
- I sistemi Kerakoll per il rinforzo di strutture in c.a.
- Strumenti per la progettazione

# RISCHIO SISMICO

## Dove interveniamo



Pericolosità



Vulnerabilità



Esposizione

# NON SOLO RISCHIO SISMICO

## Dove interveniamo



Degrado dei materiali



Variazione destinazione d'uso



Eventi eccezionali



# RINFORZI STRUTTURALI TRADIZIONALI



- Rigidezza
- Compressione



- Rigidezza
- Resistenza



- Confinamento
- Duttività



- Rigidezza
- Resistenza
- Confinamento

# SISTEMI DI RINFORZO INNOVATIVI FRP

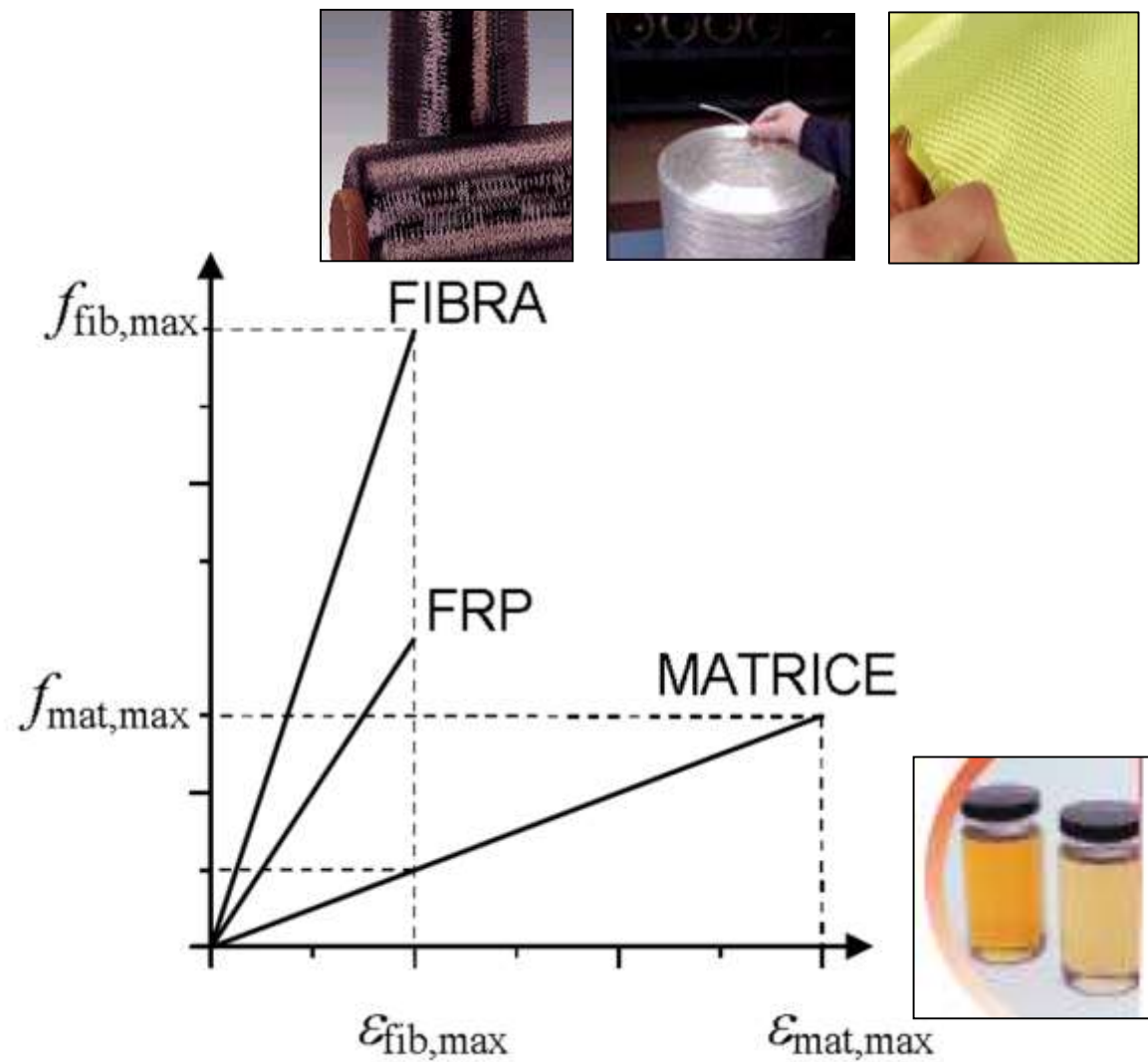


Vantaggi sistemi **FRP**: Resistenze elevate, ma basso spessore e pesi ridotti rispetto a soluzioni tradizionali (cls, acciaio, etc.)

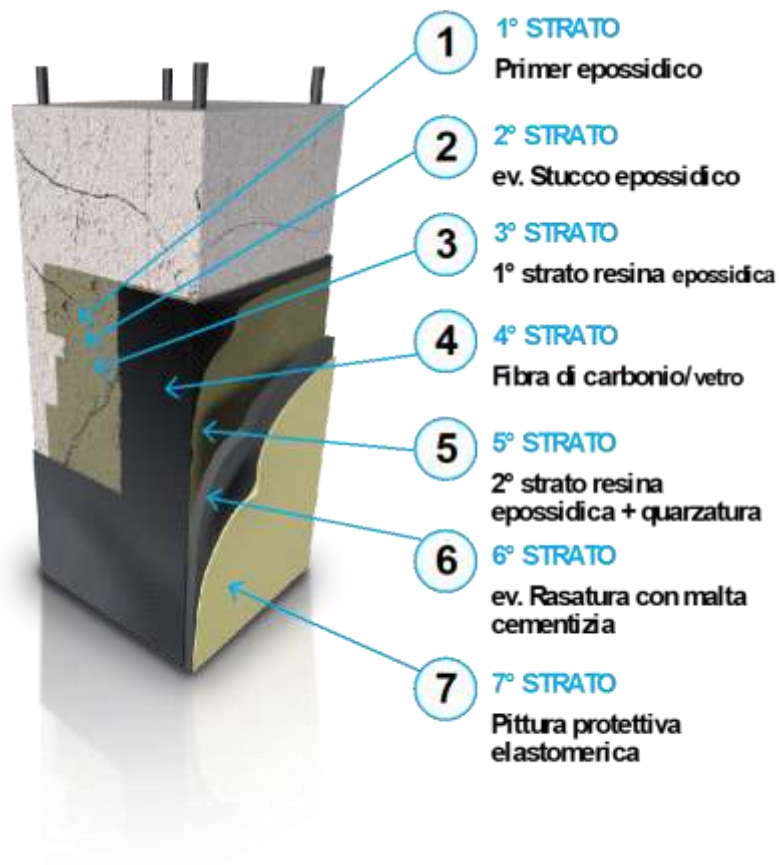
Si risolvono i problemi dell'invasività dei precedenti sistemi e si ottimizza il rapporto peso/prestazioni.



# FRP: FIBER REINFORCED POLYMER (CNR DT 200-13)



# CARATTERISTICHE DEI SISTEMI FRP



- Applicazione da affidare a mano d'opera specializzata
- Sistema stratificato che richiede un attento studio e preparazione dei diversi strati.
- Il supporto deve essere rigorosamente asciutto e con umidità inferiore al 4%.
- Non traspirabile (attenzione a presenza di umidità)

# OUTLINE

- Tradizione e innovazione nel consolidamento strutturale
- **I sistemi certificati Kerakoll: SRP, SRG, FRCC e FRC**
- Inquadramento normativo dei sistemi di rinforzo
  - Certificazione
  - Progettazione
- I sistemi Kerakoll per il rinforzo di strutture in muratura
- I sistemi Kerakoll per il rinforzo tamponature e rivestimenti
- I sistemi Kerakoll per il rinforzo di strutture in c.a.
- Strumenti per la progettazione



# INNOVAZIONE KERAKOLL



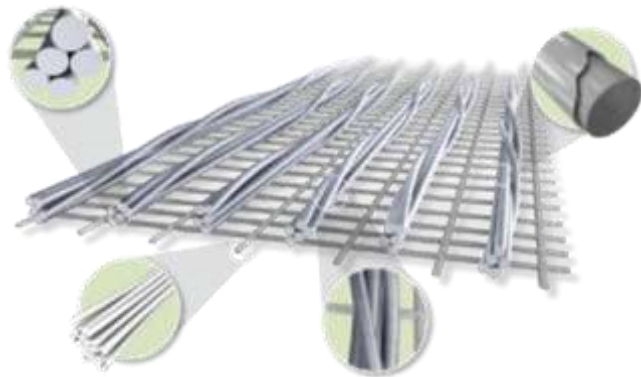
# VALIDAZIONE IN ITALIA E NEL MONDO

Collaborazione costante con le più importanti università del settore



# INNOVAZIONE KERAKOLL

**SRP = Steel Reinforced Polymer per il cemento armato**



Tessuto unidirezionale in fibra di  
**acciaio galvanizzato UHTSS**

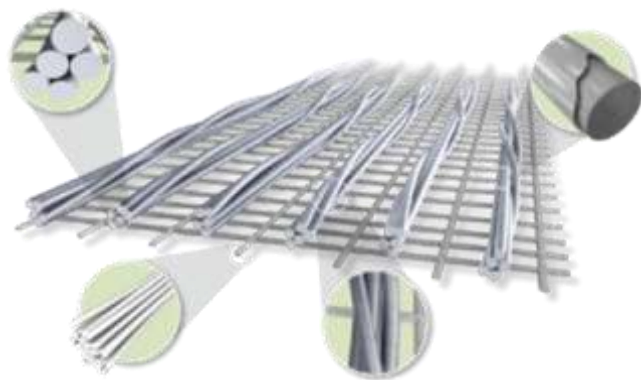


**Resina epossidica bicomponente**



# INNOVAZIONE KERAKOLL

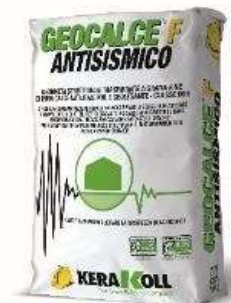
## SRG = Steel Reinforced Grout



Tessuto unidirezionale in fibra di acciaio galvanizzato UHTSS



Matrice minerale per il ripristino del **cls**



Matrice minerale per le **murature**



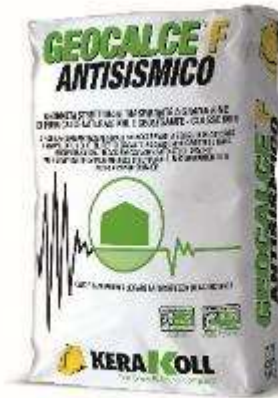


# INNOVAZIONE KERAKOLL

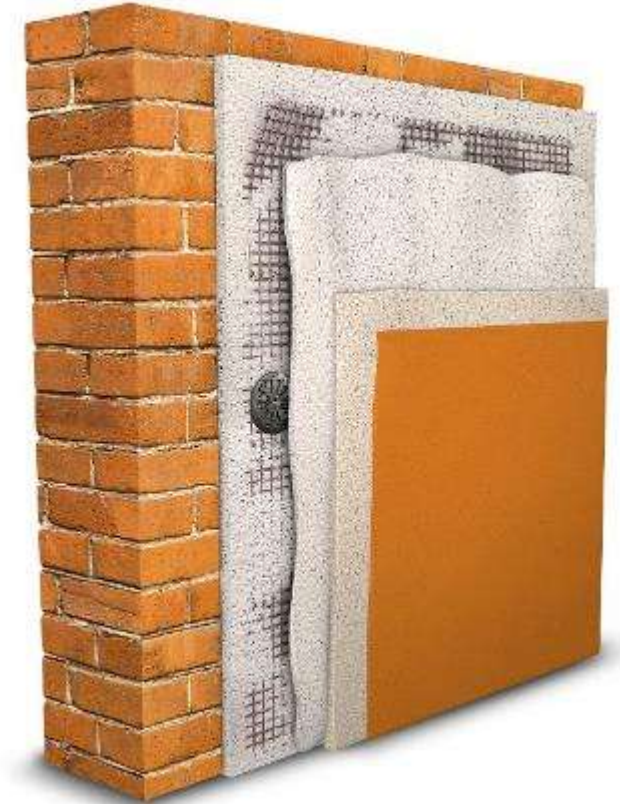
**FRCM = Fiber Reinforced Cementitious Mortar per le murature**



Rete biassiale in **fibra di basalto**  
e **acciaio Inox**



Matrice minerale per le **murature**





# INNOVAZIONE KERAKOLL

FRC = Fiber Reinforced Concrete



Micro fibre di **acciaio ad altissima resistenza**



Matrice minerale fluida per il ripristino del **cls**



# CONFRONTI SISTEMI DI RINFORZO

|                                      | FRP/SRP                                                                                                               | SRG - FRCM                                                                                                          |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Caratteristiche del materiale</b> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Alta resistenza</li><li>• Leggerezza</li><li>• Durabilità</li></ul>           | <ul style="list-style-type: none"><li>• Alta resistenza</li><li>• Leggerezza</li><li>• Durabilità</li></ul>         |
| <b>Storico</b>                       | <ul style="list-style-type: none"><li>• Oltre 20 anni di casi di studio</li><li>• Diffusi in tutto il mondo</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• 10 anni di casi di studio</li><li>• Diffusi soprattutto in Europa</li></ul> |
| <b>Matrice</b>                       | <ul style="list-style-type: none"><li>• Organica</li></ul>                                                            | <ul style="list-style-type: none"><li>• Inorganica</li></ul>                                                        |

# CONFRONTI SISTEMI DI RINFORZO

**\*SRP-KERAKOLL:** più semplici da installare,  $T_g$  più elevata 60°C, classe C-s2,d0 reazione al fuoco

|                                            | FRP/SRP*                                                                                                          | SRG - FRCM                                                                                                |
|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Installazione</b>                       | <ul style="list-style-type: none"><li>• Richiede manodopera specializzata</li></ul>                               | <ul style="list-style-type: none"><li>• Utilizzo di materiali tradizionali</li></ul>                      |
| <b>Performance all'elevate temperature</b> | <ul style="list-style-type: none"><li>• <math>T_g</math> temperature di transizione vetrosa molto bassa</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Buona risposta a temperature più elevate</li></ul>                |
| <b>Reazione al fuoco</b>                   | <ul style="list-style-type: none"><li>• Classe E o F: partecipa alla propagazione dell'incendio</li></ul>         | <ul style="list-style-type: none"><li>• Classe A: non partecipa alla propagazione dell'incendio</li></ul> |

# ACCIAIO UHTSS PER SISTEMI SRP E SRG

## Tessuto unidirezionale



Acciaio perlitico ad  
**altissima resistenza**



Trefolo 3x2 per un **perfetto ingranamento**



**Alta durabilità** grazie alla  
galvanizzazione protettiva



# ACCIAIO UHTSS PER SISTEMI SRP E SRG

## Grammature

### Tessuti per sistemi SRG e SRP

**GeoSteel G600**



**GeoSteel G1200**



### Tessuti per sistemi SRP

**GeoSteel G2000**



**GeoSteel G3300**



# ACCIAIO UHTSS PER SISTEMI SRP E SRG

## La tecnologia GeoSteel



# RETI IN FIBRA DI BASALTO E ACCIAIO INOX

## Rete bidirezionale e biassiale

- Rete **bilanciata** nelle due direzionale
- **Durabilità garantita** grazie all'utilizzo di fibre naturali come il basalto
- Elevata **duttilità e stabilità** grazie all'inserimento di un microfilo in acciaio INOX



# RETI BIDIREZIONALI

Per un rinforzo diffuso da abbinare alla malta GeoCalce F Antisismico

## Reti in fibra di basalto e acciaio Inox

GeoSteel Grid 200



GeoSteel Grid 400



## Altre reti bidirezionali

Rinforzo ARV 100



Geo Grid 120



# FIBRE CORTE IN ACCIAIO

## Micro fibre di acciaio

- Conforme alla norma **EN 14889-1**
- Acciaio ad **alta resistenza** e alto indice di carbonio
- Eccellente capacità di miscelazione e **ottima dispersione**
- **Costanza di produzione** e severo controllo di qualità





# BARRE ELICOIDALI IN ACCIAIO INOX

## Cucitura a secco e ristilatura armata

Steel DryFix 8

Steel DryFix 10

Steel DryFix 12



Steel Helibar 6



|                            | Steel DryFix 8 | Steel DryFix 10 | Steel DryFix 12 |
|----------------------------|----------------|-----------------|-----------------|
| Area [mm <sup>2</sup> ]    | 11             | 15,5            | 29,8            |
| Trazione [kN]              | ≥ 12,7         | ≥ 16,2          | ≥ 28,3          |
| Taglio [kN]                | ≥ 7,2          | ≥ 9,5           | ≥ 17,0          |
| Modulo elastico [GPa]      | ≥ 150          | ≥ 150           | ≥ 150           |
| Deformazione a rottura [%] | ≥ 4            | ≥ 3             | ≥ 4             |

|                            | Steel Helibar 6 |
|----------------------------|-----------------|
| Area [mm <sup>2</sup> ]    | 8               |
| Trazione [kN]              | ≥ 9,8           |
| Taglio [kN]                | ≥ 5,5           |
| Modulo elastico [GPa]      | ≥ 130           |
| Deformazione a rottura [%] | ≥ 4             |

# BARRE ELICOIDALI IN ACCIAIO INOX

Cucitura a secco: facile, rapida da realizzare, testata in cantiere



Realizzazione **foro pilota**  
di diametro inferiore



Installazione della barra con  
**Mandrino Steel DryFix**



Test di estrazione **in situ**

# BARRE ELICOIDALI IN ACCIAIO INOX

## Accessori



Mandrino Steel  
DryFix 10-12



Mandrino Steel  
DryFix 8



Tassello Steel  
DryFix



Connettore Steel  
DryFix 10

# BARRE ELICOIDALI IN ACCIAIO INOX – COLLAUDO IN CANTIERE

## Estrattore Certificato





# OUTLINE

- Tradizione e innovazione nel consolidamento strutturale
- I sistemi certificati Kerakoll: SRP, SRG, FRCC e FRC
- **Inquadramento normativo dei sistemi di rinforzo**
  - **Certificazione**
  - Progettazione
- I sistemi Kerakoll per il rinforzo di strutture in muratura
- I sistemi Kerakoll per il rinforzo tamponature e rivestimenti
- I sistemi Kerakoll per il rinforzo di strutture in c.a.
- Strumenti per la progettazione



## 11.1 I materiali ed i prodotti per uso strutturale devono essere

- **Identificati:** a cura del produttore
- **Qualificati:** sotto la responsabilità del produttore
- **Accettati:** dal Direttore dei lavori

## Certificazione prodotti ad uso strutturale: NTC 2018 cap. 11 par. 1

«In tali casi il fabbricante dovrà pervenire alla **Marcatura CE** sulla base della pertinente “**Valutazione Tecnica Europea**” (**ETA**), oppure dovrà ottenere un “**Certificato di Valutazione Tecnica**” rilasciato dal Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, previa istruttoria del Servizio Tecnico Centrale, anche sulla base di Linee Guida approvate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, ove disponibili...»



# CERTIFICAZIONI KERAKOLL

## ETA e CVT

### CE con ETA

1. Quando Kerakoll ha avviato il processo di certificazione a giugno 2016 i sistemi di rinforzo SRP, SRG e FRCM non erano contemplati nelle LL.GG. ministeriali per l'ottenimento del CVT
2. Valida in **EUROPA**
3. Accettazione in cantiere a discrezione della DL supportata da un controllo qualità di produzione di fabbrica garantito e certificato proprio della marcatura CE
4. Prove aggiuntive qualificanti per i sistemi Kerakoll

### CVT

1. Valido solo per i sistemi riconosciuti dalla LL.GG. ministeriale
2. Valida in **ITALIA**
3. Accettazione in cantiere obbligatoria

## COME SI MARCA CE UN PRODOTTO DA COSTRUZIONE ATTRAVERSO UN ETA

### 1) Che cosa è un ETA?

- ✓ L'European Technical Assessment (ETA) è una valutazione documentata delle prestazioni di un prodotto da costruzione, in relazione alle sue caratteristiche essenziali.

### 2) Quando posso ottenere un ETA?

- ✓ Un ETA può essere emesso per prodotti da costruzione, se:
  - A. non sono interamente coperti da alcuna norma europea armonizzata (EN)
  - B. I metodi e i criteri di valutazione sono stati stabiliti in un documento per la valutazione europea (EAD).
- ✓ Il documento per la valutazione europea (EAD) costituisce quindi la base per la valutazione tecnica europea.
- ✓ Un EAD è la documentazione dei metodi e dei criteri accettati in europa come applicabile per la valutazione delle prestazioni di un prodotto o KIT da costruzione in relazione alle sue caratteristiche essenziali.

## COME SI MARCA CE UN PRODOTTO DA COSTRUZIONE ATTRAVERSO UN ETA

### 3) Che tipo di informazioni contiene un ETA?

- ✓ L'ETA contiene le seguenti informazioni:
  - A. dettagli sul produttore (titolare dell'ETA) e sugli impianti di produzione;
  - B. denominazione commerciale e descrizione del prodotto e degli usi previsti;
  - C. prestazioni del prodotto e riferimenti ai metodi utilizzati per la valutazione;
  - D. sistemi di controllo della costanza della prestazione applicabili e dettagli tecnici necessari per la loro implementazione.

### 4) Come posso ottenere dalla marcatura ETA quella CE?

- ✓ L'ETA è la base per una Dichiarazione di prestazione (DoP) che il produttore è tenuto a redigere in conformità al Regolamento sui prodotti da costruzione (CPR) prima della marcatura CE del suo prodotto. La marcatura CE consente al produttore di commercializzare liberamente i suoi prodotti sul mercato interno europeo.



# CERTIFICAZIONI KERAKOLL

## Il percorso di certificazione intrapreso

### Marcatura CE **SRP** Aprile 2019



### Marcatura CE **SRG e FRCM**

**IN ATTESA DI  
PUBBLICAIZIONE  
EAD**

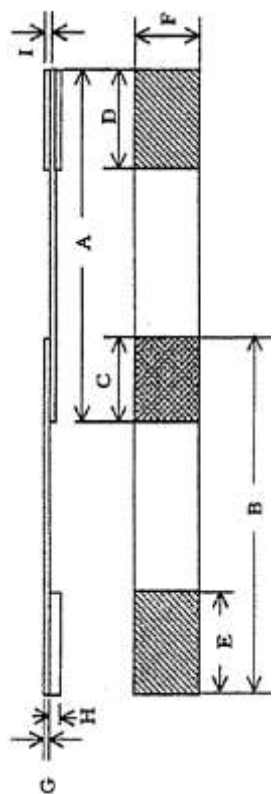


### Marcatura CVT **FRC**

**IN ATTESA DI  
OTTENIMENTO DA  
C.S.LL.PP.**

# CERTIFICAZIONI KERAKOLL

## Lunghezza di sovrapposizione



### SRP

20 cm

(i CVT non riportano alcuna informazione a riguardo)

### SRG/FRCM

30 cm

## Requisiti standard

- Acqua di mare
- Umidità al 100%
- Ambiente alcalino
- Gelo & Disgelo

Le prestazioni meccaniche devono essere conservate:

- 85% dopo 1000 ore di condizionamento
- 80% dopo 3000 ore di condizionamento
- Non devono essere visibili a occhio nudo deterioramenti della matrice

## Requisiti aggiuntivi inseriti nell'EAD

Di tipo **chimico**

- Resistenza all'alcalinità del terreno
- Resistenza al diesel

Di tipo **meccanico**

- Prove cicliche di fatica
- Prove di creep

# CERTIFICAZIONI KERAKOLL

## Requisiti meccanici aggiuntivi



Prove cicliche di fatica



Prove di creep

## Requisiti standard

- Nessun requisito di interazione con il supporto per gli FRP
- I fiocchi non sono certificati nei sistemi con CVT – nessuna prova condivisa all'interno delle LL.GG.
- Per i sistemi a matrice minerale FRCM/SRG richieste le prove di strappo tangenziale con i supporti «convenzionali»:
  - ✓ Calcestruzzo
  - ✓ Muratura di laterizio / tufo / pietrame

## Requisiti aggiuntivi inseriti nell'EAD

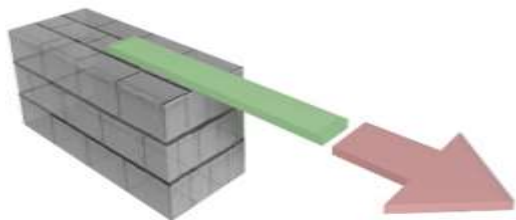
**Tutte i requisiti aggiuntivi sono stati testati tal-quale e condizionati nei 4 ambienti standard!!**

- Prove di strappo tangenziale: Single Lap Shear Test (aggiunti per gli SRP)
- Prove di caratterizzazione degli ancoraggi: Pull-out (sia per SRP che per FRCM/SRG)
- Prove di adesione al supporto: Pull-off (sia per SRP che per FRCM/SRG)



# CERTIFICAZIONI KERAKOLL

## Prove di adesione al supporto: single lap



GeoLite Gel e  
GeoLite su cls



GeoCalce F Antisismico su laterizio, tufo e  
pietra



# CERTIFICAZIONI KERAKOLL

## Prove di caratterizzazione degli ancoraggi: pull-out



GeoLite Gel e  
GeoLite su cls

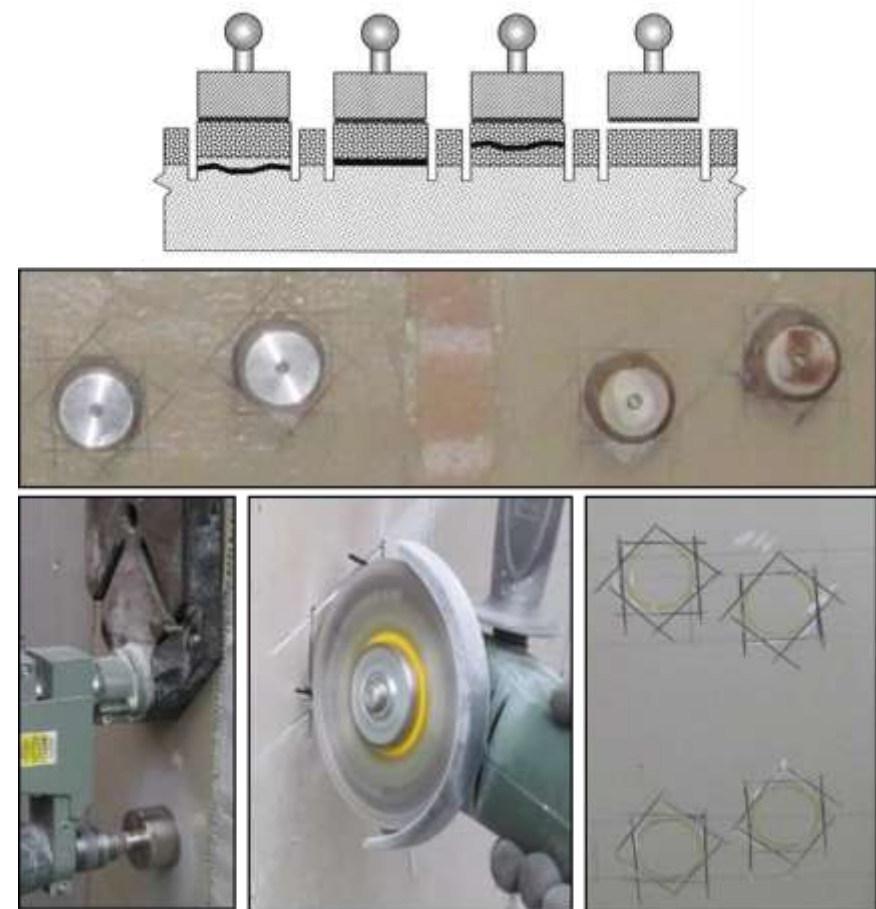


GeoCalce FL Antisismico su laterizio e tufo

# CERTIFICAZIONI KERAKOLL

## Prove di adesione al supporto: pull-off

- Facilmente riproducibile in cantiere
- Permette un confronto tra le performance del supporto certificato (in laboratorio) e quello di cantiere.



# OUTLINE

- Tradizione e innovazione nel consolidamento strutturale
- I sistemi certificati kerakoll: SRP, SRG, FRCCM e FRC
- **Inquadramento normativo dei sistemi di rinforzo**
  - Certificazione
  - **Progettazione**
- I sistemi kerakoll per il rinforzo di strutture in muratura
- I sistemi kerakoll per il rinforzo tamponature e rivestimenti
- I sistemi kerakoll per il rinforzo di strutture in ca
- Strumenti per la progettazione

# ISTRUZIONI TECNICHE DI PROGETTAZIONE

**SRP - FRP**

**SRG - FRCM**

**FRC**



NTC 2018  
Norme Tecniche  
per le Costruzioni 2018

CNR DT  
200 R1/2013



CNR DT  
215/2018



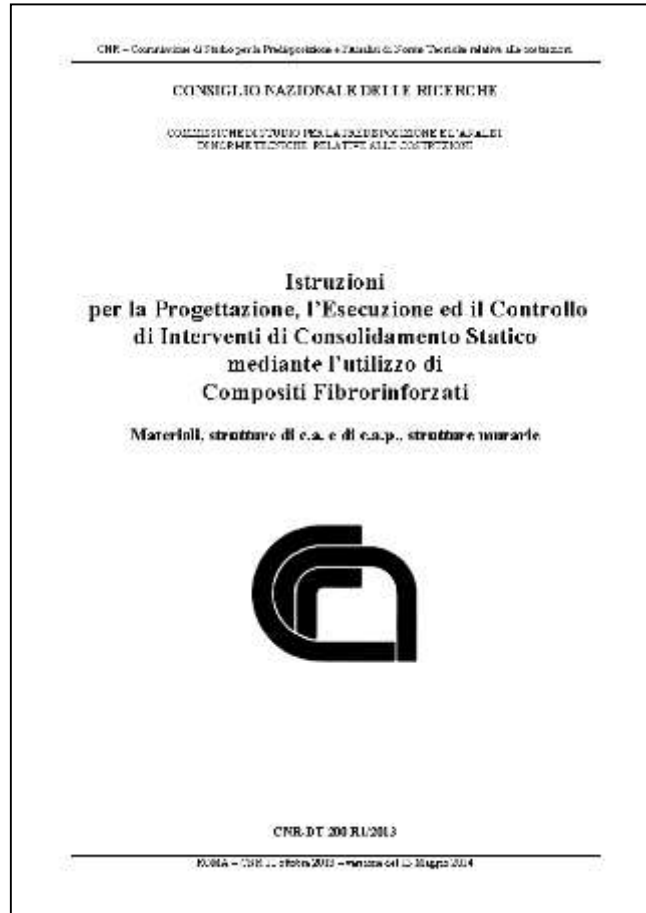
CNR DT  
204/2006



Ministero  
dei beni e delle  
attività culturali  
e del turismo

**BENI CULTURALI**





## • NTC 2018

- ✓ **Cap 8.6:** Gli interventi sulle strutture esistenti devono essere effettuati con materiali previsti dalle presenti norme; possono altresì essere utilizzati **materiali non tradizionali**, purchè nel rispetto di normative e documenti di comprovata validità ovvero quelli elencati al **cap 12**.
- ✓ **Cap 12:** possono essere utilizzati i documenti di seguito indicati che costituiscono riferimenti di comprovata validità:
  - Istruzioni e documenti tecnici C.N.R.

## Preparazione del supporto

- **PAR 4/5.8.1.2**

- ✓ Livellamento asperità  $> 10$  mm
- ✓ Colmare spessori  $> 20$  mm
- ✓ Sigillare fessure  $> 0,5$  mm



- **PAR 4/5.8.1.3**

- ✓ Assicurare ruvidezza del supporto dopo sabbiatura pari almeno a  $0.3$  mm
- ✓ In tutti i casi in cui il sistema di rinforzo interessi gli spigoli, quest'ultimi devono essere opportunamente arrotondati, con raggio di curvatura almeno pari a  $20$  mm
- ✓ e poi trattare la superficie con idonei inibitori del processo in atto.



## Preparazione del supporto

- **PAR 4/5.8.2**

- ✓ Si sconsiglia di installare rinforzi di composito se l'ambiente è **molto umido** in quanto un elevato grado di umidità può ritardare la stagionatura delle resine nonché inficiare la perfetta realizzazione del composito nel caso di sistemi con polimerizzazione in situ



- **PAR 5.8.1.2**

- ✓ Il substrato della muratura può risultare danneggiato a causa di un deterioramento fisico-chimico, fisico-meccanico o biologico.
- ✓ Se è in corso un processo di esfoliazione, di polverizzazione, di fessurazione o un attacco chimico-fisico, è necessario rimuovere lo strato deteriorato mediante spazzolatura o sabbiatura e poi trattare la superficie con idonei inibitori del processo in atto.



# INTERNATIONAL CONCRETE REPAIR INSTITUTE

## Preparazione del supporto

### **TAB 5**

SRP e sistemi di presidio  
GeoCalce Multiuso

Grado di ruvidezza almeno 0,5  
mm. Supporto umido per  
GeoCalce Multiuso e asciutto  
per SRP

### **TAB 8**

SRG e FRCCM

Grado di ruvidezza almeno 5  
mm. Supporto umido

### **TAB 9**

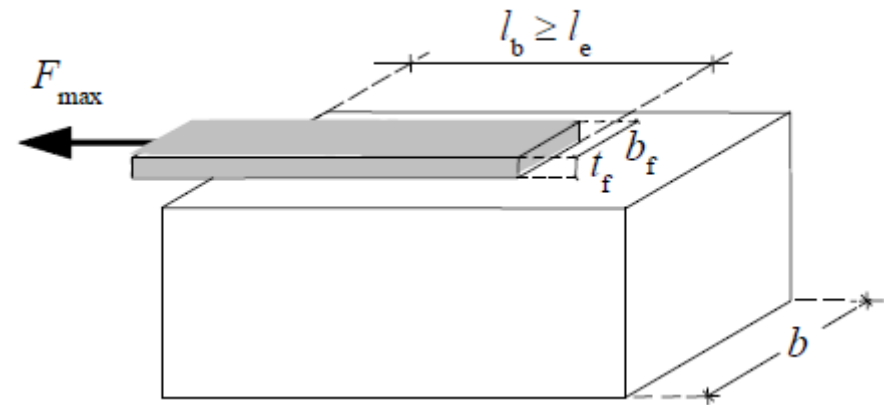
FRC  
GeoLite Magma

Seguire indicazioni scheda  
tecnica



## Tensione di progetto

- La tensione di progetto del rinforzo FRP dipende dalla forza massima trasmissibile dal rinforzo al supporto
- È fondamentale la preparazione del supporto





## Parametri necessari per la progettazione degli SRP

I sistemi di rinforzo a matrice epossidica sono dimensionati mediante una **formula che determina la massima tensione di distacco dal supporto in funzione delle caratteristiche tabulate di ciascun sistema e di quelle del supporto.**

Quali sono i parametri essenziali:

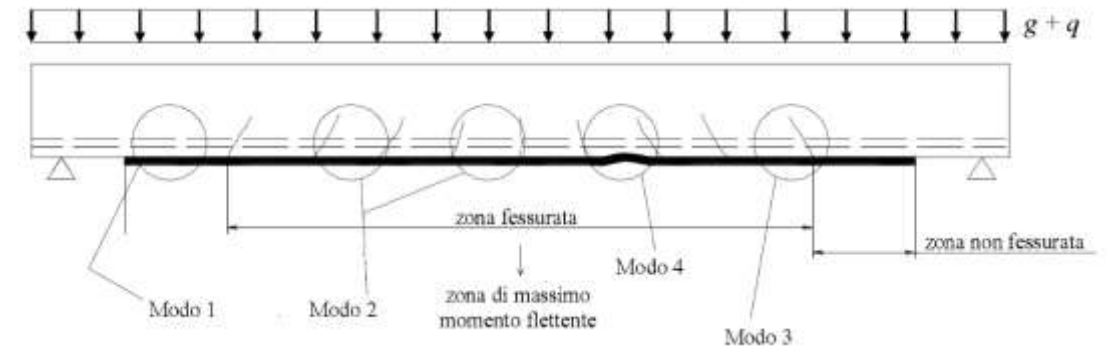
- Modulo elastico del composito (valore medio da certificazione) espresso in **GPa**
- Deformazione ultima (valore medio da certificazione) espressa in %
- Spessore equivalente (dato geometrico inserito nella TDS) espresso in **mm**:
  - Tessuto secco per i tessuti (incluso per acciaio KK)
  - Spessore della lamina pultrusa
- **DEVONO ESSERE NOTE LE CARATTERISTICHE MECCANICHE DEL SUPPORTO**

## Tensione di progetto

La perdita di aderenza causa la rottura per distacco del rinforzo. Il collasso per distacco avviene secondo:

- **MODO 1** Distacco d'estremità,  $f_{ffd}$
- **MODO 2** Distacco intermedio,  $f_{ffd,2}$

$$f_{fd} = \min \left\{ n_{\alpha} \frac{f_{fk}}{\gamma_f}; (f_{ffd}; f_{ffd,2}) \right\}$$



# SRP - CNR DT 200 R1 2013 – VALORI DI PROGETTO

## C.A. – Resistenza di progetto

| Sistemi GeoSteel SRP applicati su calcestruzzo |                |                    |                |                             |               |         |                   |                        |                     |
|------------------------------------------------|----------------|--------------------|----------------|-----------------------------|---------------|---------|-------------------|------------------------|---------------------|
| Rinforzo a fasce                               |                |                    |                |                             |               |         |                   |                        |                     |
| Matrice                                        | Fibra          | $f_{f,k}$<br>(MPa) | $E_m$<br>(Gpa) | $\varepsilon_{fu,m}$<br>(%) | $t_f$<br>(mm) | Classe* | $l_{lap}$<br>(mm) | $l_{pull-out}$<br>(mm) | $n_{max}$<br>strati |
| GeoLite Gel                                    | GeoSteel G600  | 3000               | 200            | 1,90                        | 0,084         | 190S    | 200               | 150                    | 3                   |
|                                                | GeoSteel G1200 | 2800               | 210            | 1,60                        | 0,169         | 190S    | 200               | 150                    | 3                   |
|                                                | GeoSteel G2000 | 2850               | 210            | 1,85                        | 0,254         | 190S    | 200               | 150                    | 3                   |
|                                                | GeoSteel G3300 | 2700               | 210            | 1,80                        | 0,381         | 190S    | 200               | 150                    | 3                   |

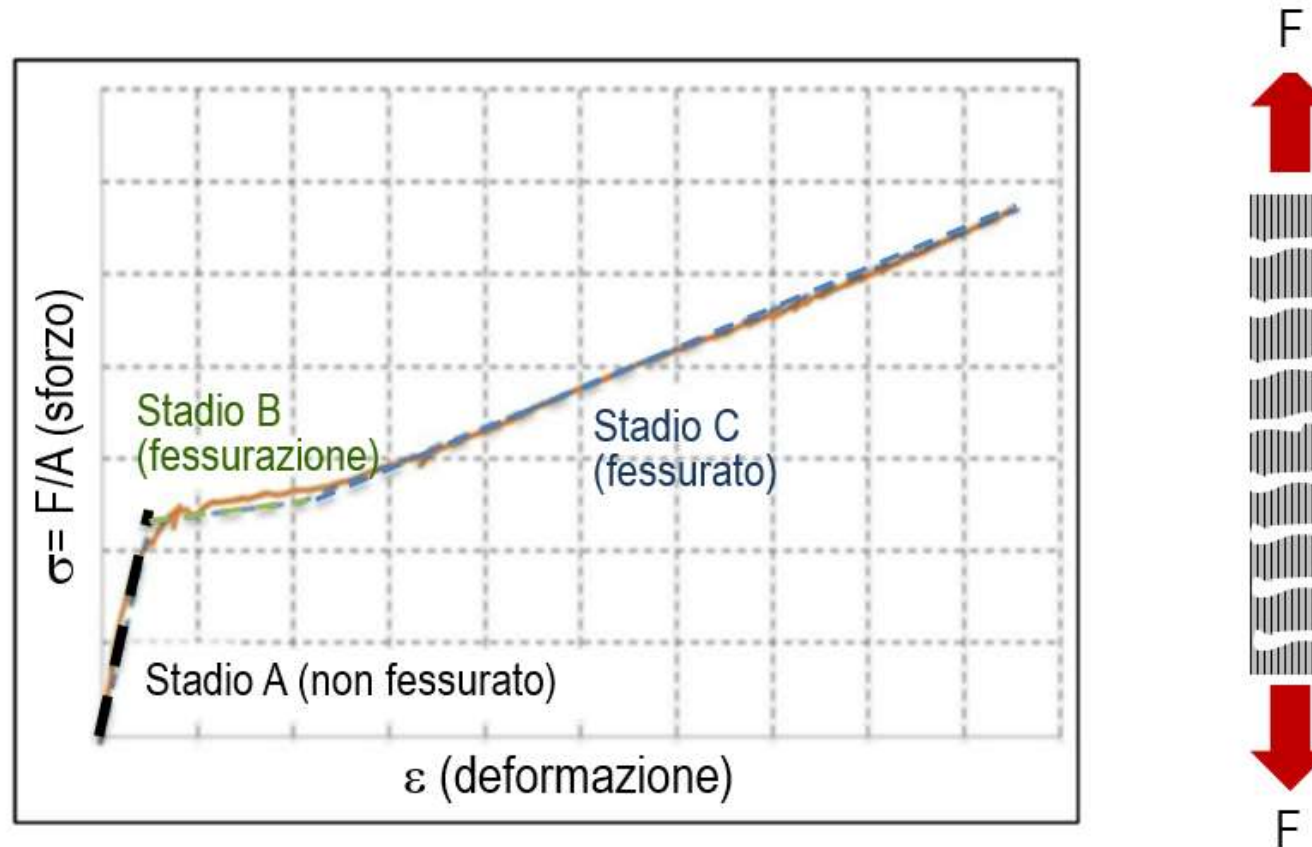
|                      |                                                                               |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| $f_{f,k}$            | Valore caratteristico della tensione di resistenza a trazione del sistema SRP |
| $E_m$                | Valore medio del modulo di elasticità a trazione del sistema SRP              |
| $\varepsilon_{fu,m}$ | Valore medio della deformazione ultima del sistema SRP                        |
| $t_f$                | Spessore equivalente del tessuto                                              |
| Classe*              | Classe del rinforzo FRP realizzato in Situ                                    |
| $l_{lap}$            | Lunghezza di sovrapposizione del sistema SRP                                  |
| $l_{pull-out}$       | Profondità di ancoraggio del sistema SRP                                      |
| $n_{max}$ strati     | Numero massimo di strati di rinforzo applicabili                              |



- **NTC 2018**

- ✓ **Cap 8.6:** Gli interventi sulle strutture esistenti devono essere effettuati con materiali previsti dalle presenti norme; possono altresì essere utilizzati **materiali non tradizionali**, purchè nel rispetto di normative e documenti di comprovata validità ovvero quelli elencati al **cap 12**.
- ✓ **Cap 12:** possono essere utilizzati i documenti di seguito indicati che costituiscono riferimenti di comprovata validità:
  - Istruzioni e documenti tecnici C.N.R.

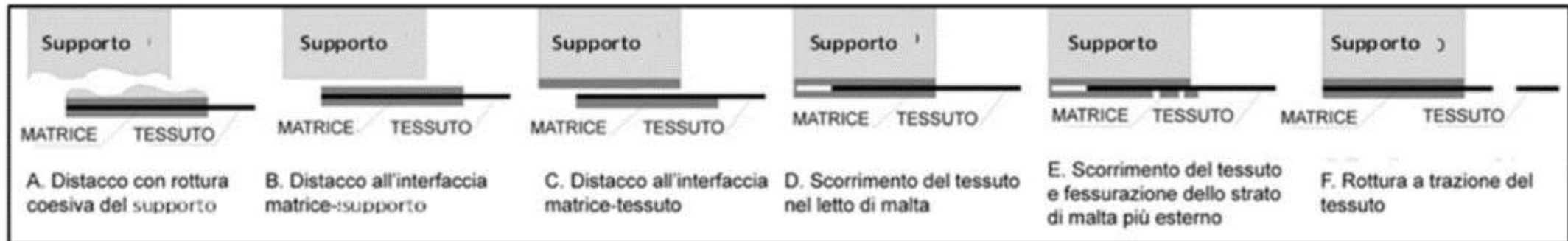
## Legame costitutivo tensione - deformazione di un sistema FRCM



**Polilinea costituita da tre rami consecutivi**



## Test di delaminazione, meccanismi di crisi



## Parametri necessari per la progettazione degli SRG/FRCM

Un FRCM è innanzitutto un rinforzo in basso spessore compreso fra 5 e 15mm di spessore in singolo strato!

Un sistema di rinforzo FRCM per poter essere progettato deve essere dotato di un parametro fondamentale chiamato **tensione limite convenzionale** ottenuta dal processo di certificazione per ciascun supporto certificato dal produttore.

Quali sono i parametri essenziali:

- Tensione limite convenzionale (valore caratteristico da certificazione) espressa in **MPa**
- Modulo elastico del tessuto secco non impregnato espresso in **GPa**
- Deformazione ultima del composito (valore medio da certificazione) espressa in %
- Spessore equivalente (dato geometrico inserito nella TDS) espresso in **mm**
- NON SERVONO CARATTERISTICHE MECCANICHE DEL SUPPORTO MA IL SUPPORTO SU CUI SI PROGETTA DEVE ESSERE STATO CERTIFICATO DAL PRODUTTORE

# SRG/FRCM - CNR DT 215 2018 – VALORI DI PROGETTO

## C.A. – Resistenza di progetto

| Sistemi GeoSteel SRG applicati su calcestruzzo |                |                               |                |                               |               |                         |                         |                   |                  |                     |
|------------------------------------------------|----------------|-------------------------------|----------------|-------------------------------|---------------|-------------------------|-------------------------|-------------------|------------------|---------------------|
| Rinforzo a fasce                               |                |                               |                |                               |               |                         |                         |                   |                  |                     |
| Matrice                                        | Fibra          | $\sigma_{lim, conv}$<br>(Mpa) | $E_f$<br>(GPa) | $\epsilon_{lim, conv}$<br>(%) | $t_f$<br>(mm) | $\sigma_{u,f}$<br>(Mpa) | $\epsilon_{u,f}$<br>(%) | $l_{lap}$<br>(mm) | $l_{ed}$<br>(mm) | $n_{max}$<br>strati |
| GeoLite                                        | GeoSteel G600  | 1847,00                       | 195,20         | 0,95                          | 0,084         | 3000                    | 1,50                    | 300               | 300              | 3                   |
|                                                | GeoSteel G1200 | 841,00                        | 194,80         | 0,43                          | 0,169         | 3000                    | 1,50                    | 300               | 300              | 3                   |

|                        |                                                                        |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| $\sigma_{lim, conv}^*$ | Tensione limite convenzionale del sistema FRCM                         |
| $E_f$                  | Valore medio del modulo elastico del tessuto                           |
| $\epsilon_{lim, conv}$ | Deformazione limite convenzionale del sistema FRCM                     |
| $t_f$                  | Spessore equivalente del tessuto                                       |
| $\sigma_{u,f}$         | Valore caratteristico della tensione ultima di rottura del tessuto     |
| $\epsilon_{u,f}$       | Valore caratteristico della deformazione ultima di rottura del tessuto |
| $l_{lap}$              | Lunghezza di sovrapposizione del sistema FRCM                          |
| $l_{ed}$               | Lunghezza ottimale di ancoraggio del sistema FRCM                      |
| $n_{max}$ strati       | Numero massimo di strati di rinforzo applicabili                       |

*\*Con riferimento a quanto definito nel §2.3 e §3.1 del documento tecnico CNR-DT 215/2018, per tutti i sistemi a matrice inorganica certificati di Kerakoll la  $\sigma_{lim, conv}$  non ricade mai nello stadio A della curva media tensione-deformazione del sistema FRCM.*

# SRG/FRCM - CNR DT 215 2018 – VALORI DI PROGETTO

## Muratura di laterizio – Resistenza di progetto

| Sistemi GeoSteel SRG applicati su muratura in laterizio |                   |                               |                |                               |               |                         |                         |                   |                  |                     |
|---------------------------------------------------------|-------------------|-------------------------------|----------------|-------------------------------|---------------|-------------------------|-------------------------|-------------------|------------------|---------------------|
| Rinforzo a fasce                                        |                   |                               |                |                               |               |                         |                         |                   |                  |                     |
| Matrice                                                 | Fibra             | $\sigma_{lim, conv}$<br>(Mpa) | $E_f$<br>(GPa) | $\epsilon_{lim, conv}$<br>(%) | $t_f$<br>(mm) | $\sigma_{u,f}$<br>(Mpa) | $\epsilon_{u,f}$<br>(%) | $l_{lap}$<br>(mm) | $l_{ed}$<br>(mm) | $n_{max}$<br>strati |
| GeoCalce F<br>Antisismico                               | GeoSteel G600     | 1452,00                       | 195,20         | 0,74                          | 0,084         | 3000                    | 1,50                    | 300               | 300              | 3                   |
|                                                         | GeoSteel G1200    | 839,00                        | 194,80         | 0,43                          | 0,169         | 3000                    | 1,50                    | 300               | 300              | 3                   |
| Sistemi GeoSteel FRM applicati su muratura in laterizio |                   |                               |                |                               |               |                         |                         |                   |                  |                     |
| Rinforzo diffuso                                        |                   |                               |                |                               |               |                         |                         |                   |                  |                     |
| Matrice                                                 | Fibra             | $\sigma_{lim, conv}$<br>(Mpa) | $E_f$<br>(GPa) | $\epsilon_{lim, conv}$<br>(%) | $t_f$<br>(mm) | $\sigma_{u,f}$<br>(Mpa) | $\epsilon_{u,f}$<br>(%) | $l_{lap}$<br>(mm) | $l_{ed}$<br>(mm) | $n_{max}$<br>strati |
| GeoCalce F<br>Antisismico                               | Rinforzo ARV 100  | 957,50                        | 73,60          | 1,30                          | 0,031         | 1400                    | 1,75                    | 300               | 300              | 3                   |
|                                                         | GeoSteel Grid 200 | 945,50                        | 62,10          | 1,52                          | 0,032         | 1200                    | 1,80                    | 300               | 300              | 3                   |
|                                                         | GeoSteel Grid 400 | 854,60                        | 67,40          | 1,27                          | 0,064         | 1200                    | 1,70                    | 300               | 300              | 3                   |

# SRG/FRCM - CNR DT 215 2018 – VALORI DI PROGETTO

## Muratura di tufo – Resistenza di progetto

| Sistemi GeoSteel SRG applicati su muratura in tufo |                   |                               |                |                               |               |                         |                         |                   |                  |                     |
|----------------------------------------------------|-------------------|-------------------------------|----------------|-------------------------------|---------------|-------------------------|-------------------------|-------------------|------------------|---------------------|
| Rinforzo a fasce                                   |                   |                               |                |                               |               |                         |                         |                   |                  |                     |
| Matrice                                            | Fibra             | $\sigma_{lim, conv}$<br>(Mpa) | $E_f$<br>(GPa) | $\epsilon_{lim, conv}$<br>(%) | $t_f$<br>(mm) | $\sigma_{u,f}$<br>(Mpa) | $\epsilon_{u,f}$<br>(%) | $l_{lap}$<br>(mm) | $l_{ed}$<br>(mm) | $n_{max}$<br>strati |
| GeoCalce F<br>Antisismico                          | GeoSteel G600     | 1642,00                       | 195,20         | 0,84                          | 0,084         | 3000                    | 1,50                    | 300               | 300              | 3                   |
|                                                    | GeoSteel G1200    | 827,00                        | 194,80         | 0,42                          | 0,169         | 3000                    | 1,50                    | 300               | 300              | 3                   |
| Sistemi GeoSteel FRM applicati su muratura in tufo |                   |                               |                |                               |               |                         |                         |                   |                  |                     |
| Rinforzo diffuso                                   |                   |                               |                |                               |               |                         |                         |                   |                  |                     |
| Matrice                                            | Fibra             | $\sigma_{lim, conv}$<br>(Mpa) | $E_f$<br>(GPa) | $\epsilon_{lim, conv}$<br>(%) | $t_f$<br>(mm) | $\sigma_{u,f}$<br>(Mpa) | $\epsilon_{u,f}$<br>(%) | $l_{lap}$<br>(mm) | $l_{ed}$<br>(mm) | $n_{max}$<br>strati |
| GeoCalce F<br>Antisismico                          | Rinforzo ARV 100  | 1022,30                       | 73,60          | 1,39                          | 0,031         | 1400                    | 1,75                    | 300               | 300              | 3                   |
|                                                    | GeoSteel Grid 200 | 939,60                        | 62,10          | 1,51                          | 0,032         | 1200                    | 1,80                    | 300               | 300              | 3                   |
|                                                    | GeoSteel Grid 400 | 1071,60                       | 67,40          | 1,59                          | 0,064         | 1200                    | 1,70                    | 300               | 300              | 3                   |



## Valori di progetto

### 3.2 VALORI DI PROGETTO

Il valore di calcolo,  $X_d$ , della generica proprietà di resistenza o di deformazione di un sistema di rinforzo FRCM è espresso mediante una relazione del tipo:

$$X_d = \eta \cdot \frac{X_k}{\gamma_m} \quad (3.1)$$

dove  $\eta$  è un opportuno fattore di conversione che tiene conto di problemi speciali,  $X_k$  è il valore caratteristico della proprietà in questione e  $\gamma_m$  è il fattore parziale corrispondente.

Quest'ultimo è pari a 1.5 per gli Stati Limite Ultimi (SLU); a 1.0 per gli Stati Limite di Esercizio (SLE). Per le verifiche nei confronti degli Stati Limite Ultimi vanno tenuti in conto gli effetti dei fattori ambientali attribuendo al fattore di conversione  $\eta$ , in mancanza di dati più specifici, i valori  $\eta_a$  esposti nella Tabella 3.1, qualunque sia la natura della rete.

| Condizione di esposizione | $\eta_a$ |
|---------------------------|----------|
| Interna                   | 0.90     |
| Esterna                   | 0.80     |
| Ambiente aggressivo       | 0.70     |

Tabella 3.1 – Fattori di conversione ambientale.

## Valori di progetto

Valori superiori, fino all'unità, sono possibili purché suffragati da specifiche prove di laboratorio eseguite dal Fabbricante nel rispetto dei principi generali indicati nel § 9, tenendo anche conto della fessurazione della matrice.

Per quanto attiene alle verifiche nei confronti degli Stati Limite di Esercizio, previste per gli interventi su strutture di c.a., si deve tener conto del fenomeno della fatica statica come prescritto al § 5.1.2.

### 5.1.2 Verifica allo SLE

Sotto i carichi di esercizio la tensione massima nell'acciaio delle armature tese non può eccedere l'80% della corrispondente tensione di progetto.

Inoltre, in mancanza di analisi più dettagliate, allo scopo di tener conto degli effetti dovuti al fenomeno della fatica statica ed allo stato delle attuali conoscenze, è suggerito che la massima tensione di trazione nel rinforzo FRCM non ecceda il valore esposto nella Tabella 5.1 in funzione del tipo di fibra.

| Tipo di Fibra       |                     |                     |                     |                     |                     |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| UHTSS               | Vetro AR            | Arammide            | Basalto             | Carbonio            | PBO                 |
| $0.55 \sigma_{u,f}$ | $0.20 \sigma_{u,f}$ | $0.30 \sigma_{u,f}$ | $0.20 \sigma_{u,f}$ | $0.55 \sigma_{u,f}$ | $0.30 \sigma_{u,f}$ |

Tabella 5.1 – Limite superiore della tensione di trazione nel rinforzo FRCM per carichi di lunga durata.

# ACCETTAZIONE IN CANTIERE

## Chi e come

I controlli di accettazione sono obbligatori sotto la responsabilità del Direttore Lavori

## CONTROLLO DOCUMENTALE

- Controllo CVT attraverso DDT di ogni lotto di spedizione
- Controllo di marcatura CE e DOP per ogni singolo prodotto utilizzato, se presenti
- «Il DL deve verificare la scrupolosa osservanza delle modalità di installazione e di preparazione del supporto» attraverso i documenti depositati dal fabbricante. Se si sta installando fibra di acciaio ad esempio la **piegatrice deve essere inserita nel manuale installazione** del fornitore e pure i sistemi di ancoraggio che si vogliono adottare, solo se certificati.

## RICHIESTA DI PROVE

Scenari diversi a seconda che si offra un sistema dotato di CVT rispetto ad un sistema dotato di marcatura CE.

# ACCETTAZIONE IN CANTIERE

## Chi e come

Perché la richiesta prove da parte della D.L. **potrebbe essere omessa** nel caso di un prodotto marcato CE?

In un sistema dotato di CVT il fabbricante non ha l'obbligo di avere un piano controllo qualità a garanzia delle prestazioni del suo sistema, semplicemente trasmette al ministero gli esiti dei controlli che ha svolto sui propri sistemi, pertanto vi sono garanzie inferiori circa la costanza della prestazione rispetto ad un prodotto marcato CE, e inoltre vi è l'obbligo all'interno della LL.GG. di doverli eseguire. Ad eccezione dei casi in cui i singoli prodotti del sistema risultino già marcati CE (si veda Sistemi FRC).

In un sistema dotato di marcatura CE, vi è un piano controlli depositato sui singoli componenti del sistema, ed è lo stesso ente notificato che ha rilasciato la marcatura ad effettuare una volta l'anno la corrispondenza dei controlli di qualità per la verifica della costanza di prestazione così come garantito dal sistema AVCP adottato in fase di marcatura. I nostri sistemi sono in regime di AVCP 2+.

# ACCETTAZIONE IN CANTIERE

## Chi e come

Qualora la direzione lavori facesse richiesta di effettuare prove di accettazione in cantiere, allora:

- La richiesta di prove è sottoscritta dal Direttore Lavori
- Campioni realizzati contestualmente alla messa in opera del sistema di rinforzo
- Realizzati in cantiere impiegando gli stessi addetti e nelle stesse condizioni ambientali
- Nr. 6 campioni x ogni tipo di rinforzo (es. grammatura e strati). I campioni realizzati e stagionati in cantiere devono poi essere spediti a carico dell'impresa a un laboratorio autorizzato per le prove sui compositi per poter eseguire prove di resistenza meccanica a trazione. Grossi problemi per gli FRCM

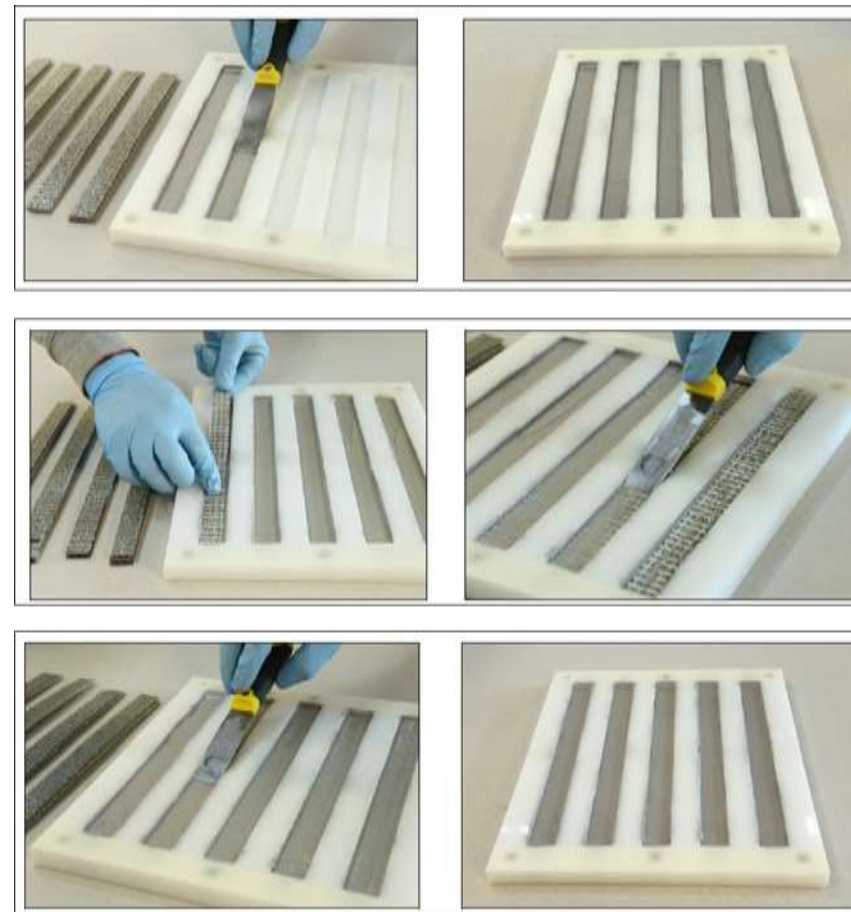
Nel caso di FRCM noi proponiamo in alternativa alla DL di realizzare:

- Prelievo di sacco di malta su cui effettuare prova di resistenza a compressione
- Prelievo di campione di rete non impregnata su realizzare prova di trazione



# ACCETTAZIONE IN CANTIERE

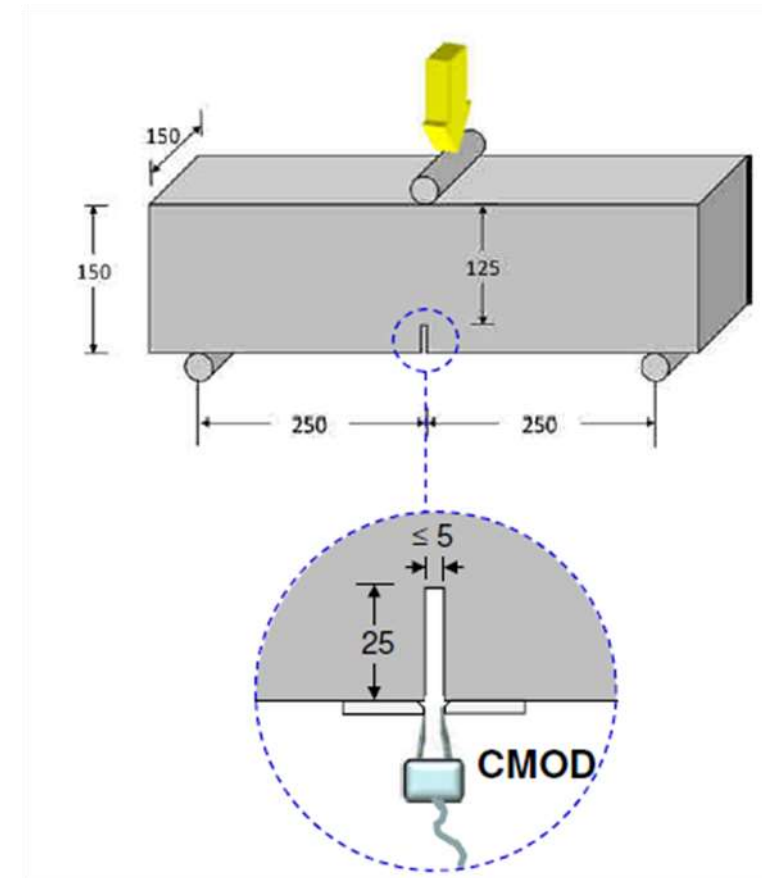
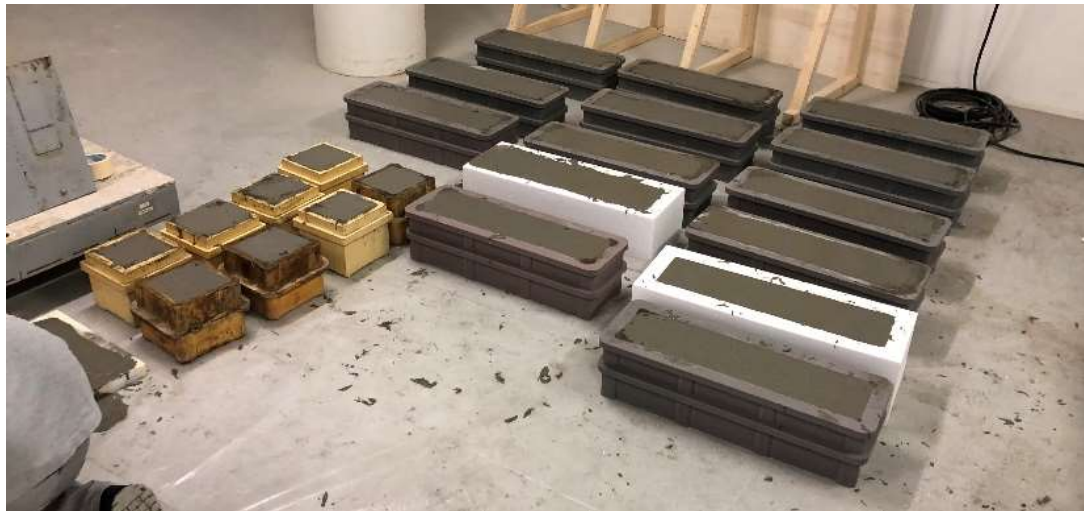
## Accettazione SRP in cantiere: kit su richiesta



# ACCETTAZIONE IN CANTIERE

## Accettazione FRC in cantiere: UNI 14651

1 prelievo di 2 campioni ogni 100 mc

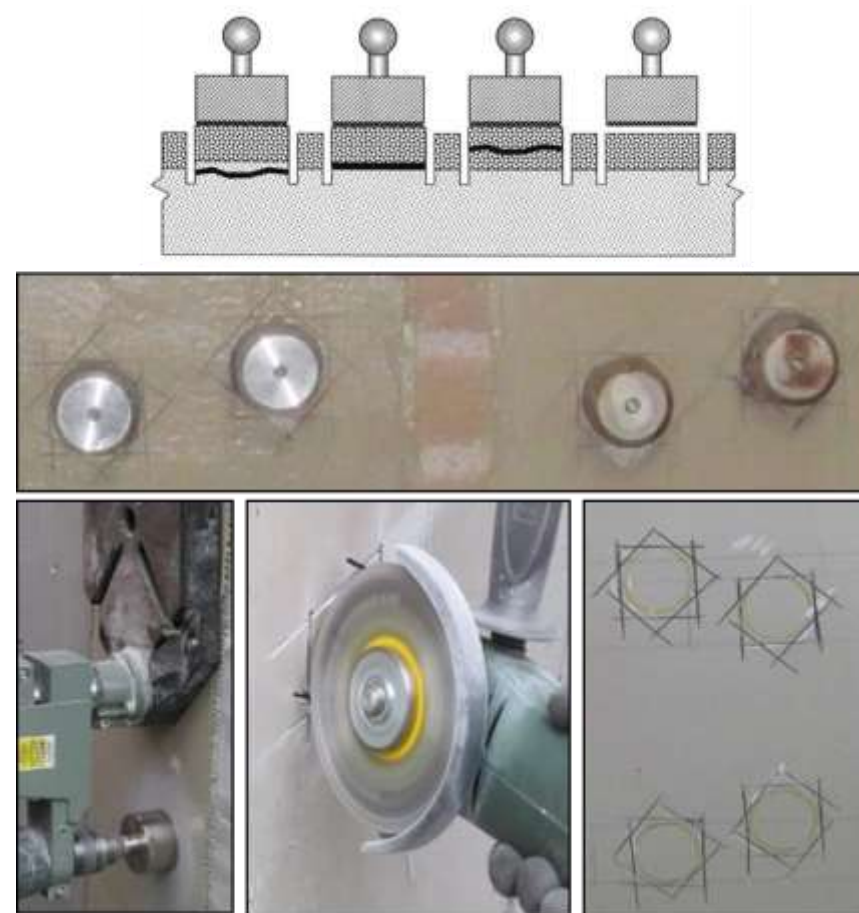


# IL COLLAUDO DEI SISTEMI DI RINFORZO

## Quali strumenti e come procedere

La prova più semplice e comune per il collaudo dei sistemi posti in opera, è la prova semi-distruttiva del PULL-OFF.

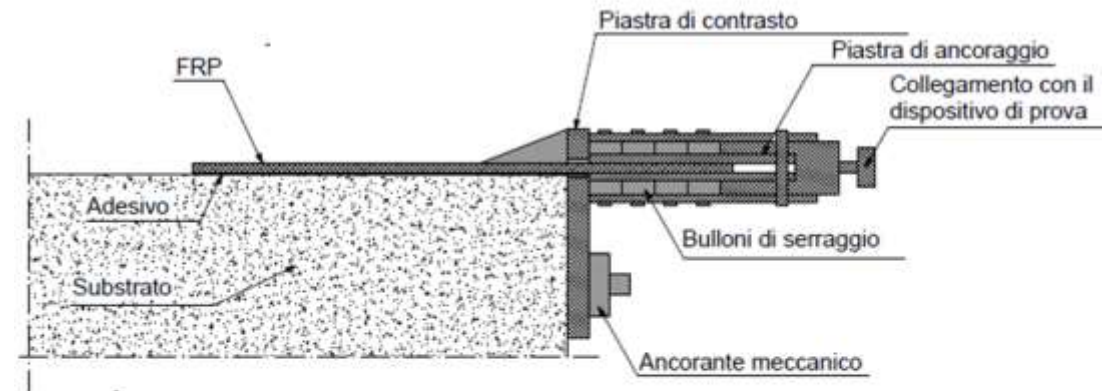
- Si realizza su testimoni richiesti dal collaudatore alla DL in fase di inizio lavori e pagati dall'impresa al laboratorio che li realizza
- I testimoni non sono mai i rinforzi bensì «fazzoletti» di fibra installati in posizioni di struttura preparate come quelle rinforzate, e con le stesse caratteristiche dei rinforzi installati
- Per i sistemi FRCM non sono state specificate come per FRP modalità di crisi né valori definiti. Avere delle prove inserite in ETA per i supporti standard permette di rapportare i valori ottenuti in cantiere a un valore di laboratorio





# IL COLLAUDO DEI SISTEMI DI RINFORZO

## Prove di adesione al supporto: single lap shear test



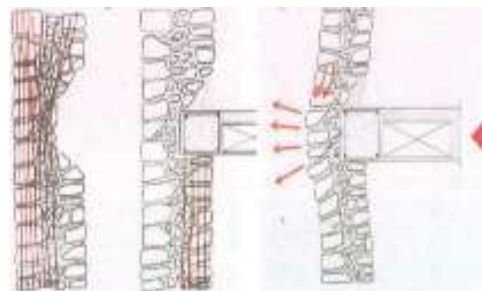


Interventi su **edifici vincolati**:

- Compatibili
- Reversibili
- Poco invasivi
- Duraturi

## Alcuni esempi di interventi compatibili con il restauro storico

**6.3.2** Interventi volti a ridurre le carenze dei collegamenti: cordoli



**6.3.3** Interventi volti a ridurre le spinte di archi e volte e loro consolidamento



**6.3.6** Interventi volti a incrementare le resistenze degli elementi murari





## Alcuni esempi di interventi NON compatibili con il restauro storico

La realizzazione di un **Intonaco Armato** tradizionale, con rete elettrosaldata e betoncino, va contro i principi di conservazione e quindi **non può essere realizzato per rinforzare un bene vincolato**

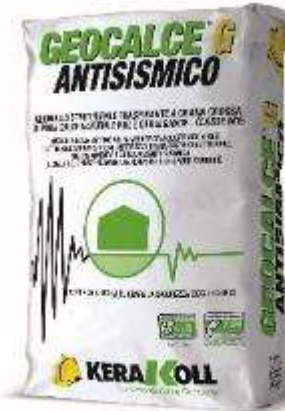


# OUTLINE

- Tradizione e innovazione nel consolidamento strutturale
- I sistemi certificati Kerakoll: SRP, SRG, FRCC e FRC
- Inquadramento normativo dei sistemi di rinforzo
  - Certificazione
  - Progettazione
- **I sistemi Kerakoll per il rinforzo di strutture in muratura**
- I sistemi Kerakoll per il rinforzo tamponature e rivestimenti
- I sistemi Kerakoll per il rinforzo di strutture in c.a.
- Strumenti per la progettazione

# GEOCALCE ANTISISMICO LE MALTE PER IL RINFORZO DELLA MURATURA

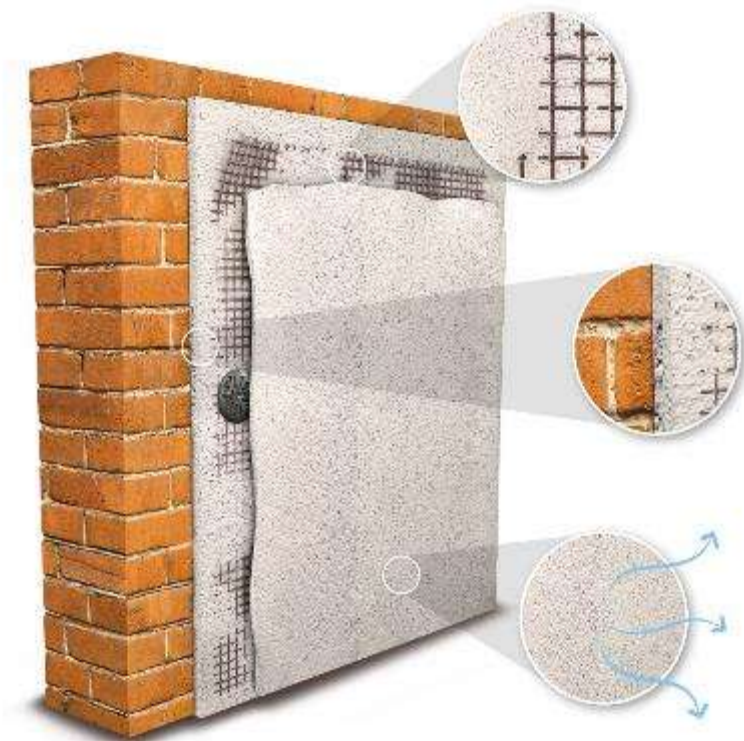
La qualità di traspirabilità della pura calce naturale NHL unite alle resistenze del Geolegante



# GEOCALCE ANTISISMICO LE MALTE PER IL RINFORZO DELLA MURATURA

La qualità di traspirabilità della pura calce naturale NHL unite alle resistenze del Geolegante

- **Perfetta penetrazione:** ingranamento delle reti GeoSteel e GeoSteel Grid
- **Alta resistenza con basso modulo elastico:** elevata compatibilità con le resistenze caratteristiche tipiche delle murature
- **Elevata traspirabilità:** permeabilità al vapore associata a un'altissima diluizione degli inquinanti indoor





# RINFORZO E DEUMIDIFICAZIONE

benesserebio: la soluzione compatibile con i rinforzi FRCM e SRG di Kerakoll

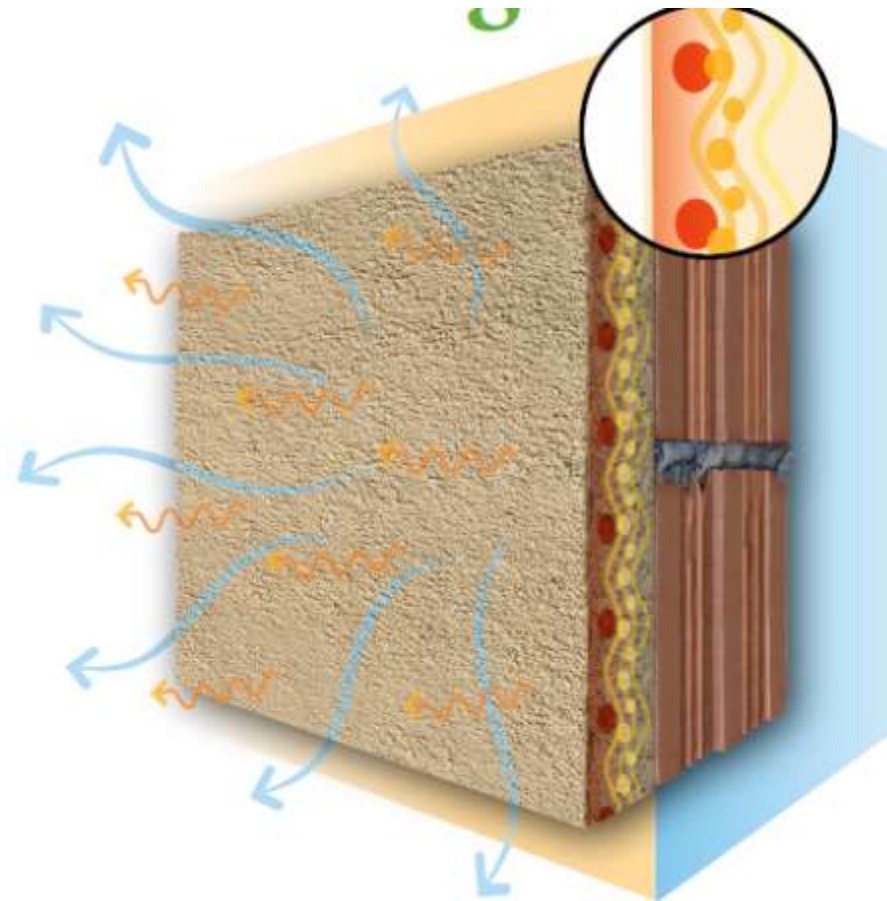




# RINFORZO E DEUMIDIFICAZIONE

## Tecnologia a celle di calore che asciuga i muri

- **benesserebio** riscalda la superficie del muro di 3° C, assicurando così la totale **assenza di muffe e condense** negli ambienti interni
- **benesserebio** è un **micro-cappotto termico** che migliora l'efficienza energetica delle murature con un **risparmio energetico del 30%**
- **benesserebio** estrae più di 12,5 litri d'acqua in sole 24 ore resolvendo tutti i problemi di umidità

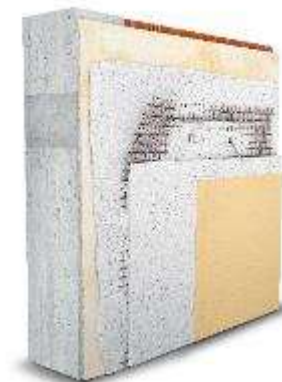


# GEOCALCE MULTIUSO

Intonaco rasante traspirante universale di pura calce idraulica NHL e GeoLegante



Testato come matrice  
nei sistemi di presidio  
**antiribaltamento**



Testato come matrice  
nei sistemi di presidio  
**antisfondellamento**



# GEOCALCE TENACE

Intonaco tecnico-composito traspirante universale di pura calce idraulica NHL e GeoLegante



Testato come matrice  
nei sistemi di presidio  
**antiribaltamento**



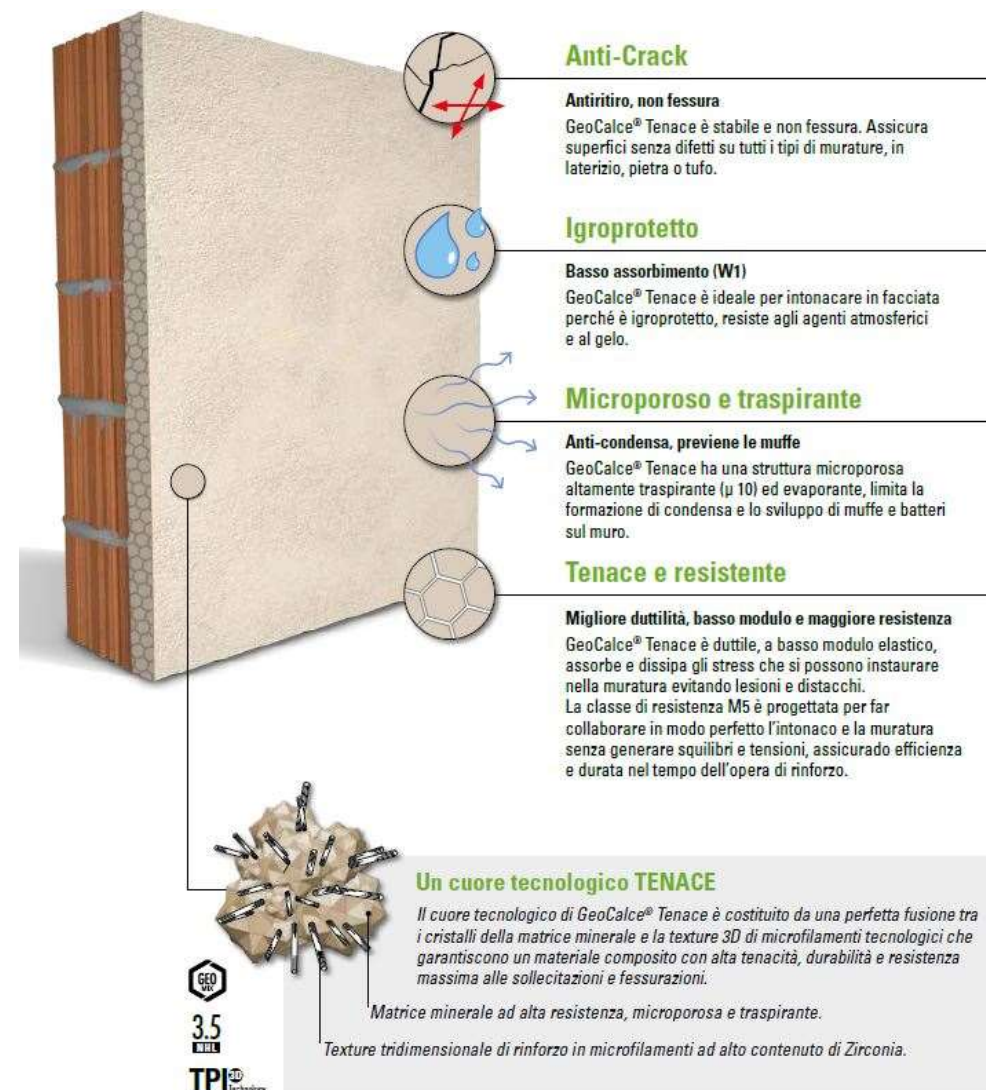
Testato come matrice  
nei sistemi di presidio  
**antisfondellamento**



# GEOCALCE TENACE

## Tenace, duttile, microporoso e traspirante

- GeoCalce Tenace assicura un'alta stabilità dimensionale ed un elevato potere anti-crack
- Progettato per avere bassi valori di assorbimento di classe pari a W1
- La TPI 3D Technology conferisce a GeoCalce Tenace un'elevata duttilità e tenacità
- Certificato come intonaco di classe CS secondo 998-1 e classe M5 secondo 998-2





# IL MANUALE TECNICO 2020

## Uno strumento indispensabile in studio e in cantiere

- 63 Tavole tecniche di cui **50** calcolabili con GeoForce One
- Voci di capitolato in excel comprensive dei costi della manodopera
- Dettagli esecutivi con richiami alle normative tecniche di riferimento:
  - NTC 2018
  - CNR DT 200 SRP
  - CNR DT 215 FRCM-SRG
  - CNR DT 204 FRC
- Foto applicative in alta definizione





# LE TAVOLE

MURATURA E PILASTRI

26



Rinforzo per azioni nel piano e fuori dal piano di maschi murari mediante placcaggio con fasce in fibra di acciaio galvanizzato UHTSS e geomalta® certificata EN 998 a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5



KERA KOLL  
The GreenBuilding Company

## PRESCRIZIONE

- Preparazione del supporto.** Pulizia della superficie sino alla messa a nudo degli elementi strutturali; sigillatura e rincoccatura delle eventuali lesioni presenti, con spuglie di materiale idoneo e impiego della geomalta® GEOCALCE® F ANTISISMICO compatibile con la malta esistente, in modo da ripristinare la continuità strutturale ed estetica. Eventuale applicazione di fissativo consolidante corticale tipo BIOCALCE® SILICATO CONSOLIDANTE o RASOBUILD® ECO CONSOLIDANTE, nel caso di supporti in gesso isolare preventivamente con RASOBUILD® ECO CONSOLIDANTE. Per ultimo, soffiatura della parete mediante aria compressa e successiva aspirazione dei detriti.
- Applicazione del sistema di rinforzo.** Stesura di un primo strato di spessore medio di 3 – 5 mm di geomalta® GEOCALCE® F ANTISISMICO, successivamente, con malta ancora fresca, procedere alla posa del tessuto GEOSTEEL G600 in fibra di acciaio galvanizzato Hardwire™ esercitando un'energica pressione con la spatola, avendo cura di garantire una completa impregnazione del tessuto ed evitare la formazione di eventuali vuoti o bolle d'aria che possano compromettere l'adesione del tessuto alla matrice; l'interasse delle fasce, le lunghezze d'ancoraggio e la lunghezza di sovrapposizione dovranno essere opportunamente calcolate dal progettista. Le fasce disposte verticalmente assorbiranno le sollecitazioni a flessione, mentre le fasce orizzontali assorbiranno le sollecitazioni a taglio. L'applicazione si concluderà con la rasatura finale protettiva (spessore medio 2 – 5 mm) sempre realizzata con GEOCALCE® F ANTISISMICO, al fine di inglobare totalmente il rinforzo e chiudere eventuali vuoti sottostanti. In caso di strati successivi al primo, procedere con la posa del secondo strato di fibra sullo strato di matrice ancora fresca. Per garantire una migliore efficacia del sistema di rinforzo, si provvederà alla realizzazione di sistemi di connessione impiegando il tessuto GEOSTEEL G600/G1200, pretrattato al fine di ottenere una lunghezza d'ancoraggio pari a quella prevista e verificata dal progettista. Sarà compito del progettista dimensionare gli eventuali interassi tra un connettore e quello subito adiacente.

## AVVERTENZE

Consultare TAV 25A per conoscere le modalità di installazione e le prestazioni meccaniche del sistema di connessione a fiocco, realizzato con la gamma di tessuti GEOSTEEL HARDWIRE™ in combinazione con il tassello in polipropilene armato con fibra di vetro INVIETORE&CONNETTORE GEOSTEEL.

Qualora per esigenze progettuali il tessuto GEOSTEEL G600 non risultasse sufficiente a soddisfare le verifiche, è possibile sostituirlo con GEOSTEEL G1200.

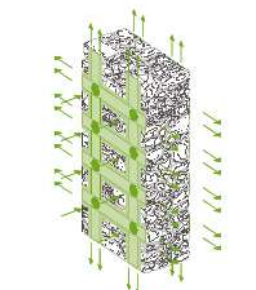
## VOCE DI CAPITOLATO

**Rinforzo a pressoflessione e taglio SRG (Steel Reinforced Grout), prov. internazionale di comprovata validità formato da micro-trefoli di acciaio circa 670 g/m² – tipo GEOSTEEL GR > 3000 MPa; modulo elastico > 190 = 1,57 con avvolgimento dei fili ad impregnato con geomalta® ad alta inerzia di sabbia silicea e calcare di Karakoll Spa – caratteristiche te B-I) e fangino (Classe F+) misurazione emissione di CO<sub>2</sub> < 250 g/kg, conte (EN 998/2), classe di resistenza R1 (resistenza a compressione > 28 g B (EN 1015-12).**

L'intervento si svolge nelle seguenti fasi:  
a) eventuale preparazione delle su mediante cura e consolidam  
b) stesura di un primo strato di ge  
c) con malta ancora fresca, proced completa impregnazione del tessu alla matrice e al supporto;  
d) esecuzione del secondo strato e eventuali vuoti sottostanti;  
e) eventuale ripetizione delle fasi (f) eventuale inserimento di diazioni a parte), previa realizzazione del connettore metallico mediante ta mediante fascetta plastica, inserin altissima igroscopicità e traspirabi intervallo granulometrico 0-100 µm – caratteristiche tecniche certifi (Classe F+) misurazione con metod < 250 g/kg, contenuto di materiali n al fuoco classe A1 (EN 13501-1), pe modulo elastico 9,5 GPa (EN 13412).

26

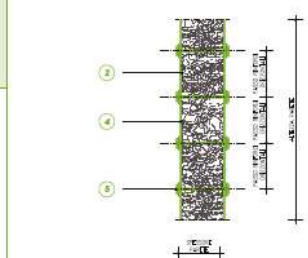
RINFORZO PER AZIONI NEL PIANO E FUORI DAL PIANO DI MASCHI MURARI MEDIANTE PLACCAGGIO DI FASCE DI FIBRA DI ACCIAIO GALVANIZZATO UHTSS E GEOMALTA CERTIFICATA EN 998 A BASE DI PURA CALCE IDRAULICA NATURALE NHL 3.5



ASSONOMETRIA  
FASCE IN FIBRA DI ACCIAIO GEOSTEEL G600/G1200

I disegni rappresentano a titolo esemplificativo un apposito connettore murario in pietra, ma lo schema rimane invariato se si si sovrapposizione di malta di idratato o bit, in presenza di muratura carente e sempre consigliabile effettuare un intervento combinato mediante inserimenti di malta (TAV 24).

NOTE



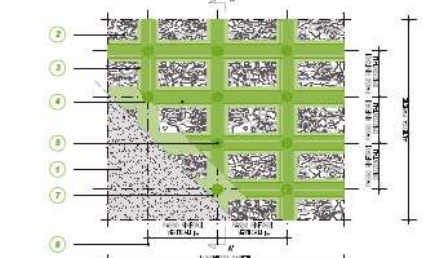
SEZIONE A-A'  
RINFORZO A FLESSIONE E TAGLIO DEL MASCHIO MURARIO TRAMITE GEOSTEEL G600/G1200



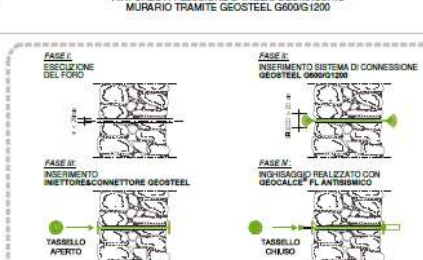
PROSPETTO  
RINFORZO A FLESSIONE DEL MASCHIO MURARIO TRAMITE GEOSTEEL G600/G1200



PROSPETTO  
RINFORZO A TAGLIO DEL MASCHIO MURARIO TRAMITE GEOSTEEL G600/G1200



PROSPETTO  
RINFORZO A FLESSIONE E TAGLIO DEL MASCHIO MURARIO TRAMITE GEOSTEEL G600/G1200



PROSPETTO  
RINFORZO A FLESSIONE DEL MASCHIO MURARIO TRAMITE GEOSTEEL G600/G1200



PROSPETTO  
RINFORZO A TAGLIO DEL MASCHIO MURARIO TRAMITE GEOSTEEL G600/G1200

## EVENTUALE INTONACO DAZIOLINE E RINOCCHIARE DOPO L'INTERVENTO DI RINFORZO

PREPARAZIONE DEL SOSTRATO: PULIZIA DELLA SUPERFICIE DEL MASCHIO MURARIO. EVENTUALE APPLICAZIONE DI FISSATIVO CONSOLIDANTE CORTICALE TIPO BIOCALCE® SILICATO CONSOLIDANTE O RASOBUILD® ECO CONSOLIDANTE. EVENTUALE RICOSTITUZIONE DELLA CONTINUITÀ MATERICA ED EVENTUALE REGOLAZIONE DELLA SUPERFICIE CON GEOCALCE® F ANTISISMICO.

Dopo aver accertato lo stato del substrato ad aver eventualmente provveduto al ripristino della muratura ammessa, si può essere opportuno ricorre ad un ulteriore provvedimento di soffiatura [...]. È necessario assicurarsi che che parti interessate dal rinforzo con composto siano perfettamente pulite, privando da esse eventuali polveri, grasso, idrocarburi tossici [...]. (CNR - DT 200 R102013 §5.4.1.1.2.7)

In tutti i casi in cui il sistema di rinforzo FRGM debba essere applicato intorno a spigoli, quest'ultimo dovrà essere opportunamente arrotondato od il raggio di curvatura dell'arrotondamento deve essere almeno pari a 20 mm. Tale arrotondamento può non essere necessariamente per soli di acciaio, anche in relazione a quanto dichiarato dal fabbricante, sempre che sottogitto da specifiche prove di laboratorio. (CNR - DT 2150218 §6)

STESURA SUL SUPPORTO DI UNO SPessore MEDIO DI 3,5 mm DI GEOCALCE® F ANTISISMICO PER APPLICARE ED INGLOBARE IL TESSUTO DI RINFORZO

TESSUTO GEOSTEEL G600/G1200 DISPOSTO IN FASCE VERTICALI PER ASSORBIRE LE SOLLECITAZIONI A FLESSIONE ED ORIZZONTALI PER ASSORBIRE QUELLE A TAGLIO

Se la presenza di più strati di rinforzo, la giunzione deve essere opportunamente dilazionata. La giunzione deve essere fatta a metà della spessore dell'elemento rinforzato, con un minimo di 300 mm [...]. Deve essere assicurata un'adeguata lunghezza di ancoraggio, al fine di garantire la sezione in cui il tessuto FRGM è necessario, in mancanza di più accurate indagini, esse deve essere di almeno 300 mm. Deve essere assicurata un'adeguata sovrapposizione dello strato di rinforzo, seguendo le istruzioni contenute nel manuale di installazione. (CNR - DT 2150218 §6)

Si consiglia una disposizione simmetrica delle fasce di tessuto d'acciaio, opportunamente ancorate, su entrambi i lati del perimetro murario. Nei punti di giunzione, si sovrapporranno i due tessuti in fibra per almeno 50 cm.

DIAZIONI A FIOCCO GEOSTEEL G600/G1200 INGIUSTI CON MALTA COLLABILE GEOCALCE® FL ANTISISMICO

Si consiglia di disporre a connessione al mq, realizzate mediante diazioni ancorati a fuoco in fase di acciaio ad altissima resistenza GEOSTEEL G600/G1200. Consultare TAV 25 A per dettagli più approfonditi sulle modalità di montaggio dei diazioni.

PASSO DEL RINFORZO

I rinforzi verticali devono essere posizionati ad un interasse  $\phi_v$  addizionale la larghezza  $\phi_v$  e  $\phi_v \geq 30\phi_v$ , dove  $\phi_v$  è la larghezza dei rinforzi adottati. Distanze maggiori devono essere adottate in base alle verifiche. (CNR - DT 200 R102013 §5.4.1.1.2.7)

RASATURA FINALE PROTETTIVA CON GEOCALCE® F ANTISISMICO (spessore 2-5 mm) PER INGLOBARE IL RINFORZO E CHIEDERE IL SUCCESSIVO INTONACO DAZIOLINE E RINOCCHIARE DOPO LA CONTINUITÀ MATERICA MATUREZZA DELLO STRATO INIZIALE E DI QUELLO FINALE CHE VA QUINDI APPLICATO QUANDO IL PRECEDENTE È ANCORA UMIDO.

QUADRO NORMATIVO

88 Soluzioni per il consolidamento delle strutture in muratura portante di laterizio, tufo e pietra naturale

17 settembre 2020

Centro Studi Strutturale

85

KERA KOLL  
The GreenBuilding Company



# LE TAVOLE TECNICHE

## Pagina di sinistra: prescrizione, voci di capitolato, foto installazione e certificazioni

### PRESCRIZIONE

1. **Preparazione del supporto.** Pulizia della superficie sino alla messa a nudo degli elementi strutturali; sigillatura e rincoccatura delle eventuali lesioni presenti, con scaglie di materiale idoneo e impiego della geomalta® **GEOCALCE® F ANTISISMICO** compatibile con la malta esistente, in modo da ripristinare la continuità strutturale ed estetica. Eventuale applicazione di fissativo consolidante corticale tipo **BIOCALCE® SILICATO CONSOLIDANTE** o **RASOBUILD® ECO CONSOLIDANTE**, nel caso di supporti in gesso isolare preventivamente con **RASOBUILD® ECO CONSOLIDANTE**. Per ultimo, soffiatura della parete mediante aria compressa e successiva aspirazione dei detriti.
2. **Applicazione del sistema di rinforzo.** Stesura di un primo strato di spessore medio di 3 – 5 mm di geomalta® **GEOCALCE® F ANTISISMICO**, successivamente, con malta ancora fresca, procedere alla posa del tessuto **GEOSTEEL G600** in fibra di acciaio galvanizzato **Hardwire™** esercitando un'energica pressione con la spatola, avendo cura di garantire una completa impregnazione del tessuto ed evitare la formazione di eventuali vuoti o bolle d'aria che possano compromettere l'adesione del tessuto alla matrice; l'interasse delle fasce, le lunghezze d'ancoraggio e la lunghezza di sovrapposizione dovranno essere opportunamente calcolate dal progettista. Le fasce disposte verticalmente assorbiranno le sollecitazioni a flessione, mentre le fasce orizzontali assorbiranno le sollecitazioni a taglio. L'applicazione si concluderà con la rasatura finale protettiva (spessore medio 2 – 5 mm) sempre realizzata con **GEOCALCE® F ANTISISMICO**, al fine di inglobare totalmente il rinforzo e chiudere eventuali vuoti sottostanti. In caso di strati successivi al primo, procedere con la posa del secondo strato di fibra sullo strato di matrice ancora fresca. Per garantire una migliore efficacia del sistema di rinforzo, si provvederà alla realizzazione di sistemi di connessione impiegando il tessuto **GEOSTEEL G600/G1200/G2000**, pretagliato al fine di ottenere una lunghezza d'ancoraggio pari a quella prevista e verificata dal progettista. Sarà compito del progettista dimensionare gli eventuali interassi tra un connettore e quello subito adiacente.

### AVVERTENZE

Consultare TAV 25 A per conoscere le modalità di installazione e le prestazioni meccaniche del sistema di connessione a fiocco, realizzato con la gamma di tessuti **GEOSTEEL HARDWIRE™** in combinazione con il tassello in polipropilene armato con fibra di vetro **INIEETTORE&CONNETTORE GEOSTEEL**.

Qualora per esigenze progettuali il tessuto **GEOSTEEL G600** non risultasse sufficiente a soddisfare le verifiche, è possibile sostituirlo con **GEOSTEEL G600** o **G1200** o **G2000** sostituendo altresì la matrice **GEOCALCE® F ANTISISMICO** con le matrici più opportune in funzione della grammatura del tessuto **GEOSTEEL HARDWIRE™** scelto.

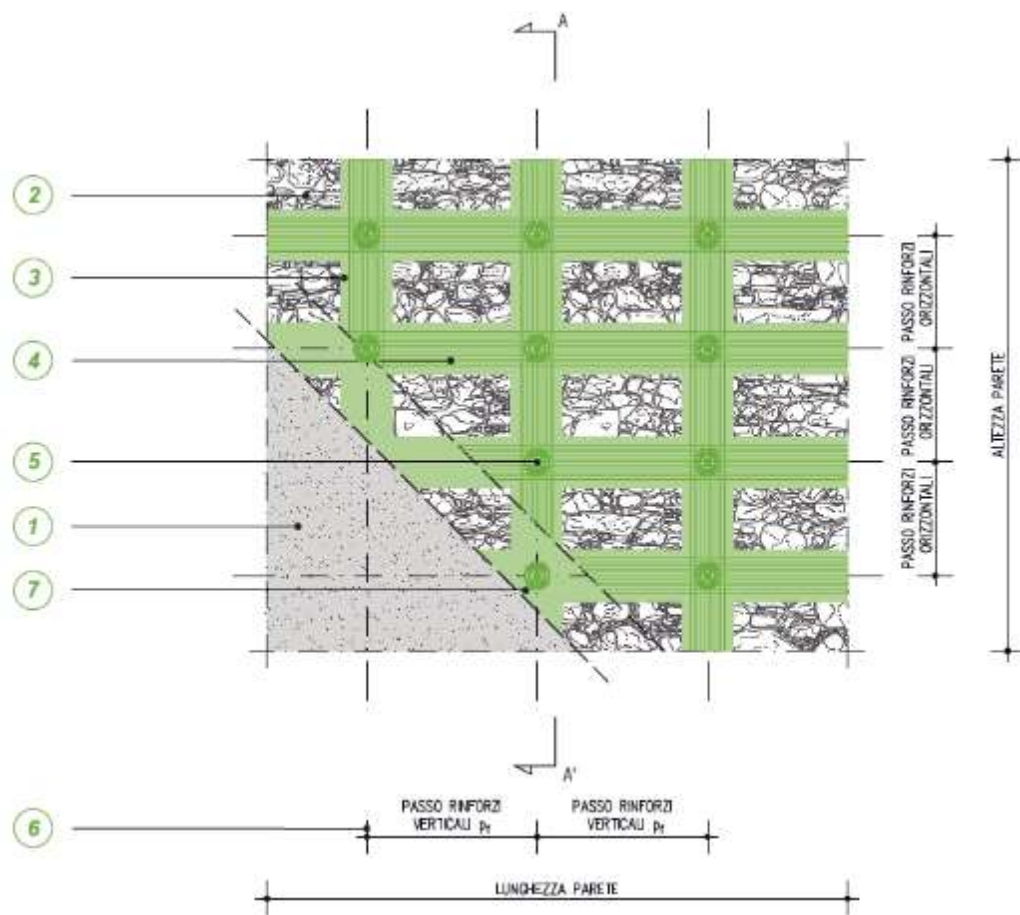
### VOCE DI CAPITOLATO

**Rinforzo a pressoflessione e taglio di maschio murario con placcaggio di fasce,** mediante l'utilizzo di sistema composito certificato da idoneo Laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n° 380/2001 con comprovata esperienza e dotati di strumentazione adeguata per prove su sistemi FRCM, in accordo con le Linee Guida CNR-DT 200 R1/2013 realizzato con tessuto unidirezionale in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, formato da micro-trefoli di acciaio prodotti secondo norma ISO 16120-1/4 2011 fissati su una microrete in fibra di vetro, del peso netto di fibra di circa 670 g/m<sup>2</sup> – tipo **GEOSTEEL G600** di Kerakoll Spa – avente le seguenti caratteristiche tecniche certificate: resistenza a trazione valore caratteristico > 3000 MPa; modulo elastico > 190 GPa; deformazione ultima a rottura > 2%; area effettiva di un trefolo 3x2 (5 fili) – 0,538 mm<sup>2</sup>; n° trefoli per cm = 1,57, con avvolgimento dei fili ad elevato angolo di torsione conforme alla norma ISO 17832 2009; spessore equivalente del nastro = 0,084 mm, impregnato con geomalta® ad altissima igroscopicità e traspirabilità a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 e Geogelante® minerale, inerti di sabbia silicea e calcare dolomitico in curva granulometrica 0 – 1,4 mm, GreenBuilding Rating® Bio 5 – tipo **GEOCALCE® F ANTISISMICO** di Kerakoll Spa – alta efficacia nel ridurre gli inquinanti interni, non permette lo sviluppo batterico (Classe B+) e fungino (Classe F+) misurazione con metodo CSTB, certificato a bassissime emissioni di VOC con conformità EC 1 – R Plus GEV-Emission; emissione di CO<sub>2</sub> < 250 g/kg, contenuto di minerali riciclati > 30%. La geomalta® naturale è provvista di marcatura CE, è conforme ai requisiti della norma EN 998-2 – G/ M15 e EN 1504-3 – R1 PCC, reazione al fuoco classe A1, caratteristiche tecniche certificate: resistenza a compressione a 28 gg > 15 N/mm<sup>2</sup>; coefficiente di resistenza al vapore acqueo (μ) > 16, modulo elastico statico 9 GPa, adesione al supporto a 28 gg > 1,0 N/mm<sup>2</sup>. L'intervento si svolge nelle seguenti fasi: a) eventuale preparazione delle superfici da rinforzare, mediante demolizione e rimozione dell'intonaco esistente, ripristino di eventuali lesioni mediante cucitura e/o consolidamento con iniezione di malta fluida (da contabilizzare a parte) e depolverizzazione finale mediante idrolavaggio a bassa pressione; b) stesura di un primo strato di geomalta, di spessore di circa 3 – 5 mm; c) con malta ancora fresca, procedere alla posa del tessuto in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, avendo cura di garantire una completa impregnazione del tessuto ed evitare la formazione di eventuali vuoti o bolle d'aria che possano compromettere l'adesione del tessuto alla matrice o al supporto; d) esecuzione del secondo strato di geomalta, di spessore di circa 2 – 5 mm al fine di inglobare totalmente il tessuto di rinforzo e chiudere gli eventuali vuoti sottostanti; e) eventuale ripetizione delle fasi (c), e (d) per tutti gli strati successivi di rinforzo previsti da progetto; f) eventuale inserimento di diaframi realizzati con tessuto unidirezionale in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, previa realizzazione del foro d'ingresso, avente dimensioni idonee alla natura del successivo connettore, confezionamento del connettore metallico mediante taglio, "sfocchettatura" e arruolamento finale del tessuto in fibra d'acciaio, con bloccaggio dello stesso mediante fascetta plastica, inserimento del connettore preformato all'interno del foro con iniezione a bassa pressione finale di geomalta® compatta ad altissima igroscopicità e traspirabilità, iperfluida, ad elevata ritenzione d'acqua a base di pura calce naturale NHL 3.5 e Geogelante® minerale, provvista di marcatura CE e conforme ai requisiti prestazionali richiesti dalla Norma EN 998-2-G M15 – tipo **GEOCALCE® FL ANTISISMICO** di Kerakoll Spa. È compresa la fornitura e posa in opera di tutti i materiali sopra descritti e quanto altro occorre per dare il lavoro finito. Sono esclusi: le prove di accettazione del materiale; le indagini pre- e post-intervento; i connettori e l'iniezione degli stessi e tutti gli oneri necessari per la loro realizzazione; tutti i sussidi necessari per l'esecuzione dei lavori. Il prezzo è ad unità di superficie di rinforzo effettivamente posto in opera comprese le sovrapposizioni e le zone di ancoraggio.

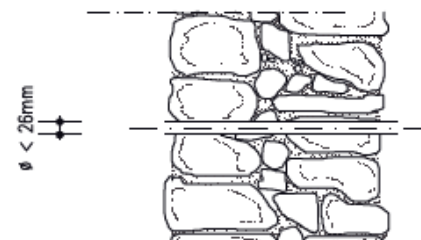


# LE TAVOLE TECNICHE

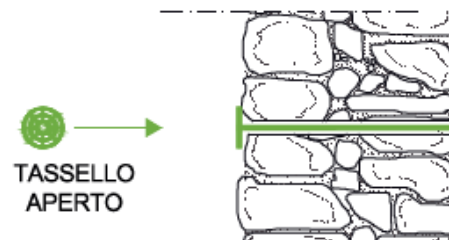
## Pagina di destra: dettagli esecutivi e riferimenti normativi



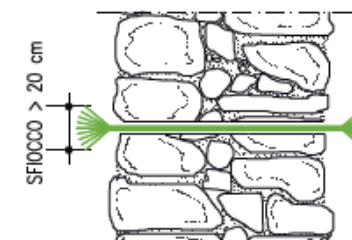
**FASE I:**  
ESECUZIONE  
DEL FORO



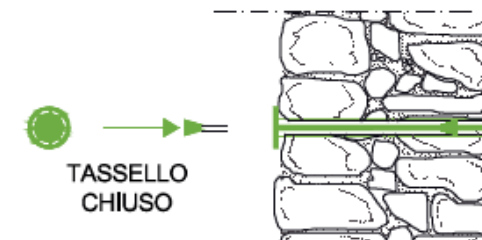
**FASE III:**  
INSERTO  
INIETTORE&CONNETTORE GEOSTEEL



**FASE II:**  
INSERTO SISTEMA DI CONNESSIONE  
GEOSTEEL G600/G1200/G2000



**FASE IV:**  
INGHISAGGIO REALIZZATO CON  
GEOCALCE® FL ANTISISMICO



**RINFORZO DI PARETI SOLLECITATE NEL PROPRIO PIANO**  
Per migliorare la capacità portante di pareti sollecitate nel proprio piano si possono utilizzare rinforzi FRCM. Nel caso di murature con caratteristiche meccaniche scadenti, quali ad esempio le murature a sacco, è necessario affiancare all'intervento di rinforzo con composito FRCM altri tipi di intervento allo scopo di assicurare la compagine interna delle pareti e permettere il controllo istantaneo degli sforzi al rinforzo FRCM.

**Capacità a taglio**  
Allo scopo di incrementare la portanza a taglio di pareti sollecitate nel proprio piano, si può prevedere l'applicazione di rinforzi FRCM disposti preferibilmente in modo simmetrico sulle due facce, ad esse solitamente allineati loro superficie con le fibre preferibilmente disposte nelle direzioni verticali e orizzontali. Al fine del progetto del rinforzo a taglio si consideri l'area delle fibre disposte parallelamente alla forza di taglio; in ogni caso, per garantire l'efficacia di tale rinforzo, anche a seguito di flessione, è consigliabile prevedere anche fibre disposte ortogonalmente.

**Capacità a pressoflessione**  
Allo scopo di incrementare la portanza a pressoflessione nel piano di pannelli murari può essere prevista l'applicazione di rinforzi FRCM in cui siano presenti fibre disposte nelle direzioni di massima sollecitazione strutturale. I rinforzi sono applicati preferibilmente su entrambe le facce del pannello, ricoprendone di solito la quasi totalità della superficie (Figura 4.1).

Rinforzi così disposti incrementano il momento resistente di calcolo di una sezione del pannello solo se sono efficacemente ancorati. Si intendono efficacemente ancorati i rinforzi prolungati almeno di 300 mm a partire dalla sezione di verifica oppure ancorati alla muratura per mezzo di idonei dispositivi.

(CNR - DT 215/2018 §4.1 - §4.1.1 - §4.1.2)

**Incremento della capacità delle pareti**  
Il rinforzo dei soli muri può essere eseguito mediante elementi strutturali integrativi collaboranti disposti sulle superfici; questi possono essere, per esempio, realizzati in acciaio (strutture reticolari costituite da pilastri e travi) o in legno (pannelli). opportune connessioni devono consentire la collaborazione tra la parete esistente e il rinforzo. L'applicazione di **raccolture resistenti e trazione** può essere realizzata sia con tessuti di materiali compositi (ad esempio resine e fibre di acciaio inossidabile, fissate al supporto murario con prodotti a base cementizia o polimerica).

(Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 - Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018, §28.7.4 - 4)

QUADRO NORMATIVO

\* Normative di comprovata validità



# MECCANISMO DI DANNO MODO 0

## Disgregazione delle murature

- Scuci-cuci
- Ristilatura dei giunti
- Iniezione di malte iperfluide
- Installazione di diatoni



# MECCANISMO DI DANNO MODO 0

## Disgregazione delle murature



**2009** – San Michele Arcangelo, Celano



**2012** – Collegiata Santa Maria Maggiore, Mirandola

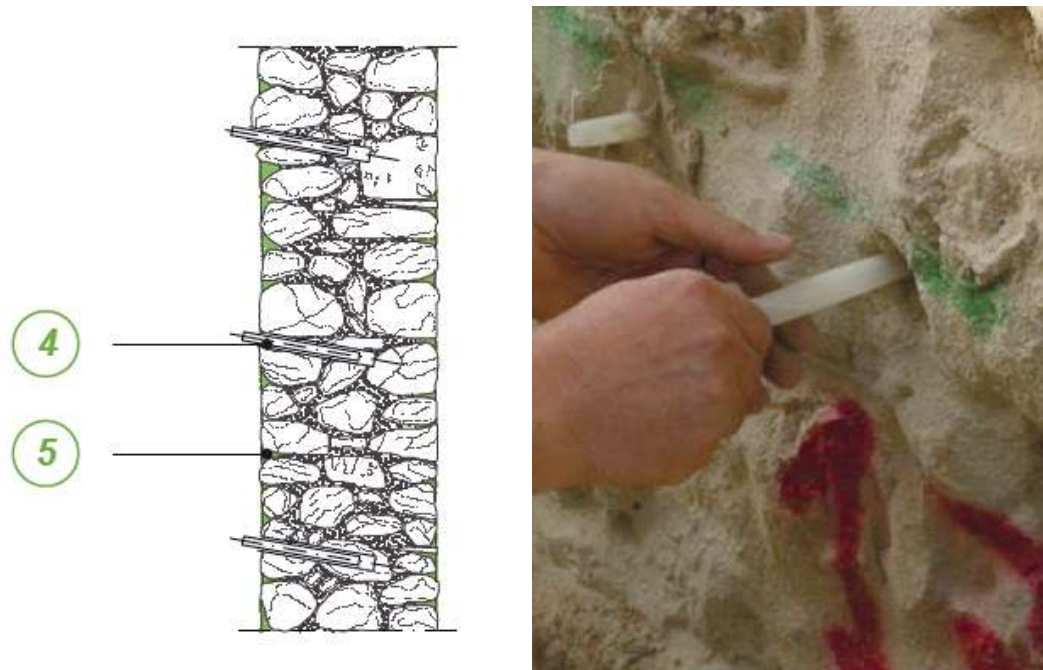


**2016** – Edificio privato, San Severino

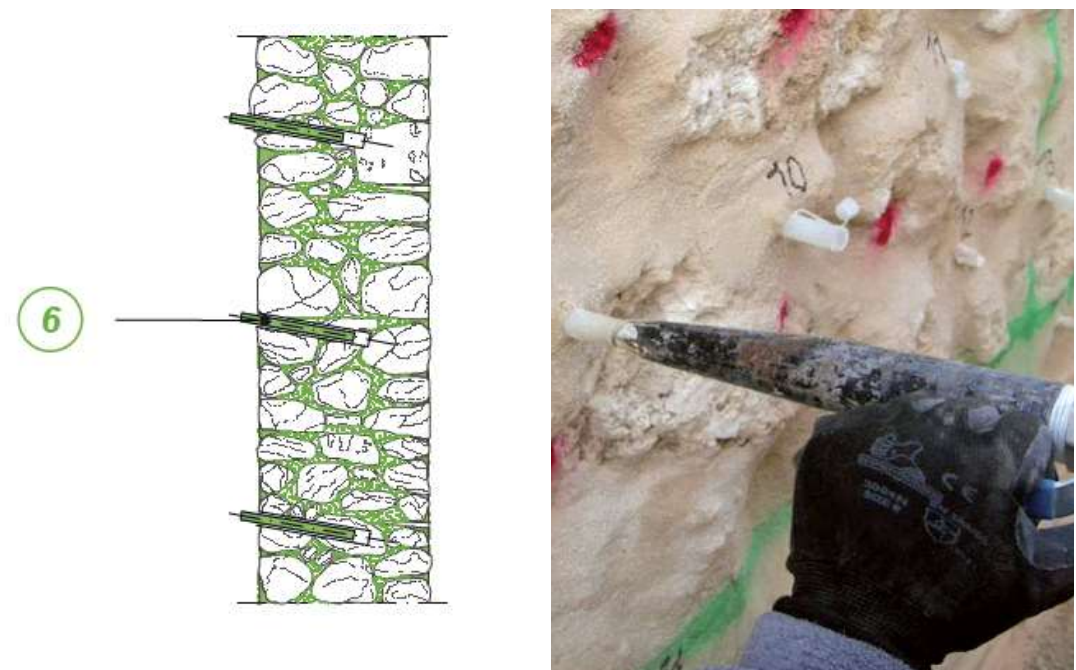


## TAV 24 INIEZIONI

**GeoCalce FL Antisismico: malta fluida a base di pura calce idraulica naturale NHL**



Posizionamento canule



Lavaggio e Iniezione della miscela

## TAV 24 INIEZIONI

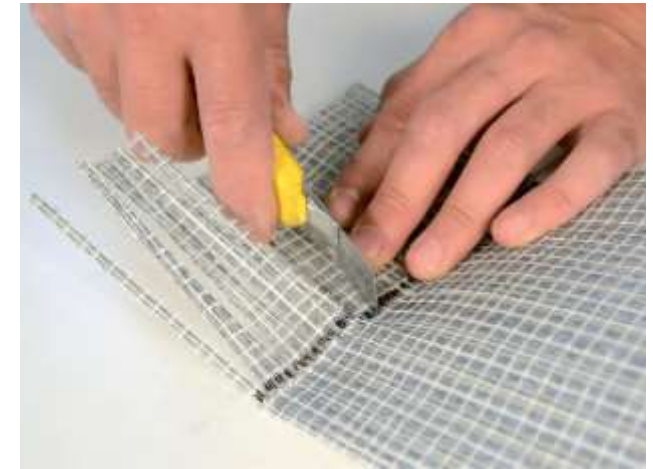
### Caso di studio: Santuario fuori Gerusalemme





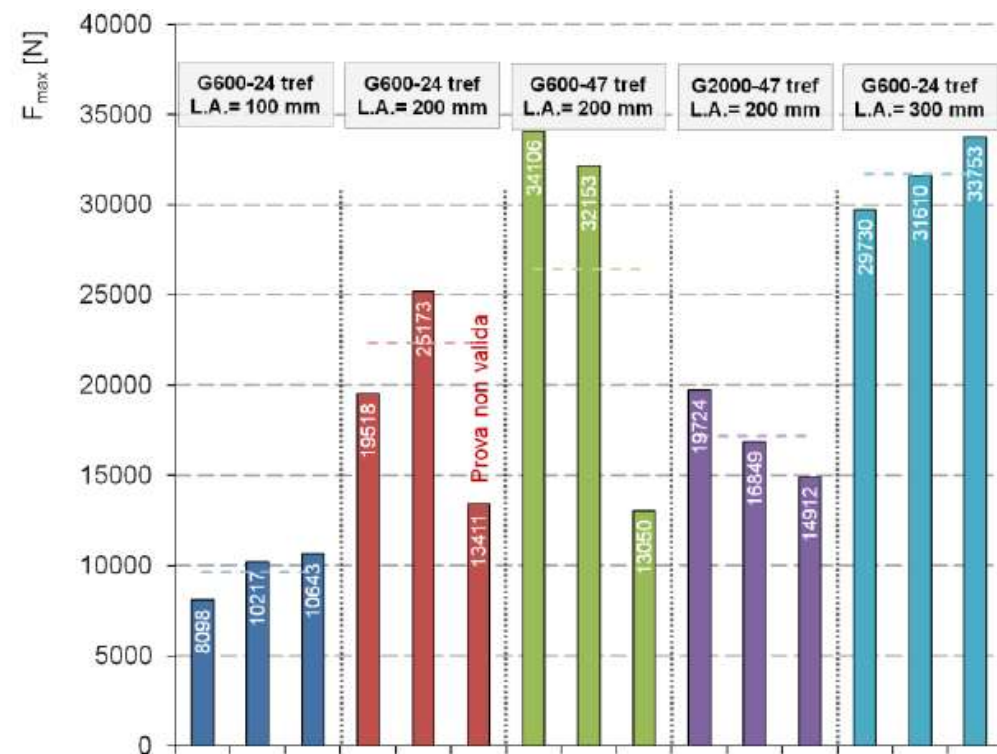
# TAV 25 SISTEMI DI CONNESSIONE GEOSTEEL

## Connessione e iniezione della parete



# TAV 25 SISTEMI DI CONNESSIONE GEOSTEEL

## Validazione universitaria



Legge di trasferimento del carico:  $F_{\max} / L.A._{\text{efficace}} = 100 \text{ N/mm} = 100 \text{ kg/cm}$



# TAV 25 SISTEMI DI CONNESSIONE GEOSTEEL

Caso di studio: Edificio Privato, Alanno (PE)





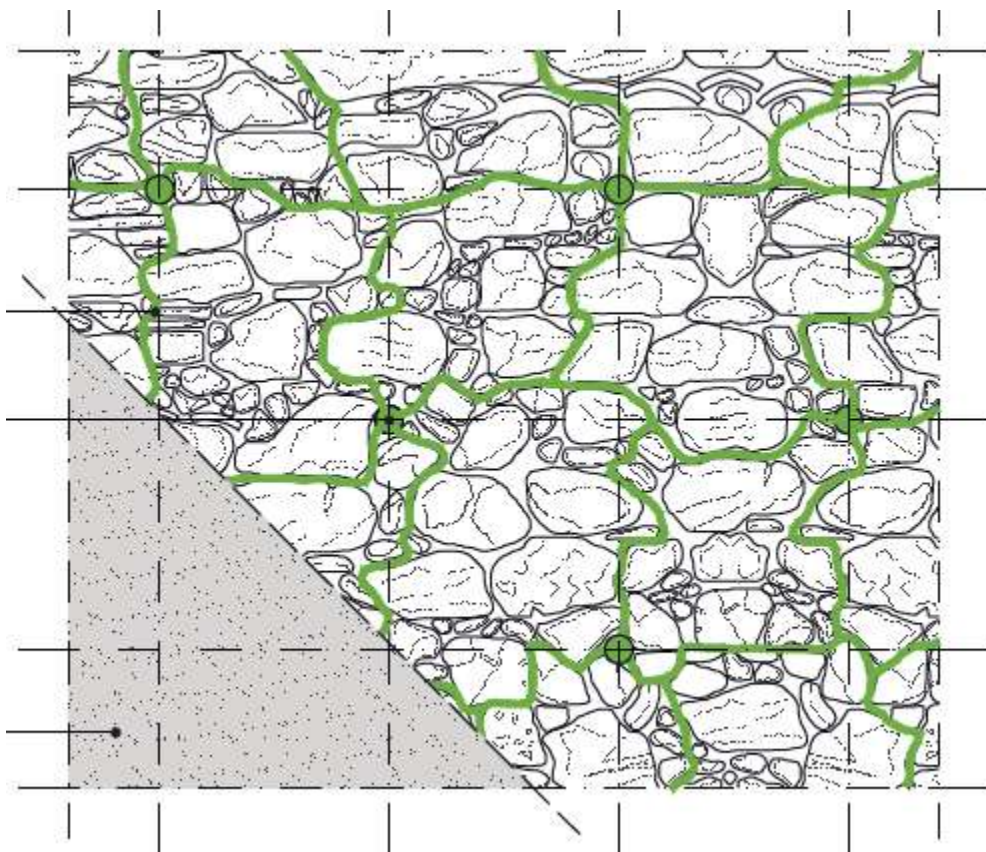
# TAV 25 SISTEMI DI CONNESSIONE STEEL DRYFIX

## Caso di studio: Edificio vincolato, Macerata



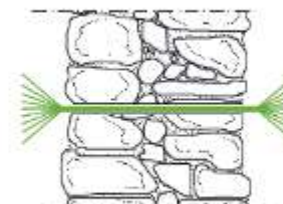
# TAV 25B RETICOLATO DIFFUSO

Ideale per murature di pietrame faccia vista



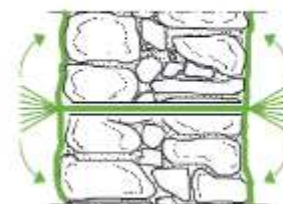
## FASI I e II: SCARNITURA DEI GIUNTI, ESECUZIONE DEL FORO ED INSERIMENTO DIATONO

SCARNITURA DEI GIUNTI PER UNA PROFONDITÀ DI CIRCA 5 cm. ESECUZIONE DEI FORI SULLA PARETE TRAMITE STRUMENTI A CAROTAGGIO CONTINUO. PULIRE I FORI CON ARIA COMPRESSA PER ASPORTARE POLVERI E DETRITI RESIDUI. INSERIMENTO DEI DIATONI ARTIFICIALI A FIOCCO IN FIBRA DI ACCIAIO GALVANIZZATO **GEOSTEEL G600/G1200/G2000** SFIOCCANDO L'ESTREMITÀ DEL DIATONO



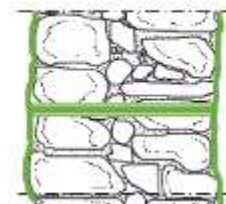
## FASE III: APERTURA DELLO SFIOCCO ALL'INTERNO DEI RICORSI

DISPORRE IL FIOCCO ALL'INTERNO DELLE CONNESSURE DEL PARAMENTO MURARIO, PROVVEDENDO ALLA SOVRAPPOSIZIONE/COLLEGAMENTO CON I FIOCCHI DEGLI ALTRI DIATONI PER UNA LUNGHEZZA DI ANCORAGGIO OPPORTUNA



## FASE IV: INGHISAGGIO DIATONO E RINZAFFO

INIEZIONE DI MALTA COLABILE **GEOCALCE® FL ANTISISMICO** PER INGHISARE I DIATONI ARTIFICIALI. SUCCESSIVO RINZAFFO CON **GEOCALCE® F ANTISISMICO** PER RISARCIRE I GIUNTI E GLI EVENTUALI VUOTI ED INGLOBARE IL RINFORZO





# TAV 25B RETICOLATO DIFFUSO

Caso di studio: Edificio privato, Gualdo (MC)



# TAV 25B RETICOLATO DIFFUSO

Caso di studio: Edificio privato, Reggio Emilia



**Esterno** reticolato diffuso



**Esterno** reticolato diffuso



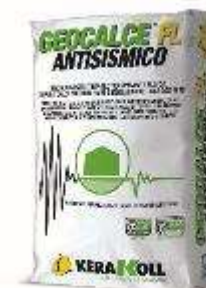
**Interno** sistema FRCCM



# SISTEMI DI CONNESSIONE E INIEZIONI

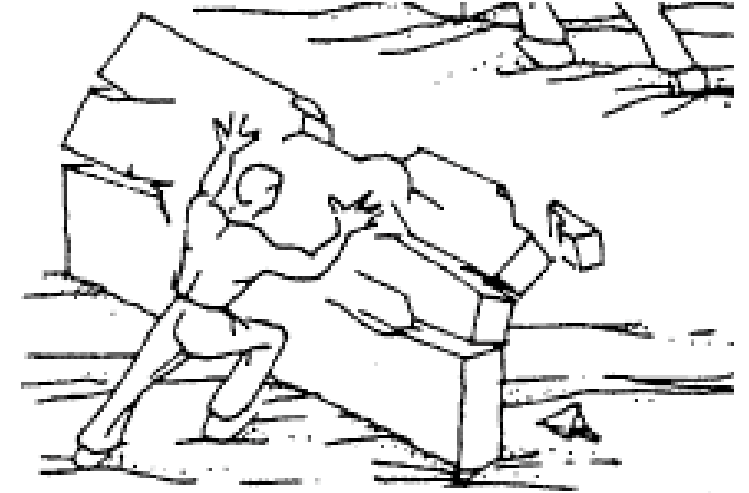
## Criteri di progettazione

| Tipologia di muratura                                                             | Stato di fatto |                     | Interventi di consolidamento |                                  |                     |                                                       |                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------------|------------------------------|----------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------|
|                                                                                   | Malta buona    | Ricorsi o listature | Connessione trasversale      | Iniezione di miscele leganti (*) | Intonacoarmato (**) | Ristilatura armata con connessione dei paramenti (**) | Massimo coefficiente complessivo |
| Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)        | 1,5            | 1,3                 | 1,5                          | 2                                | 2,5                 | 1,6                                                   | 3,5                              |
| Muratura a conci sbozzati, con paramenti di spessore disomogeneo                  | 1,4            | 1,2                 | 1,5                          | 1,7                              | 2,0                 | 1,5                                                   | 3,0                              |
| Muratura in pietre a spacco con buona tessitura                                   | 1,3            | 1,1                 | 1,3                          | 1,5                              | 1,5                 | 1,4                                                   | 2,4                              |
| Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,)                   | 1,5            | 1,2                 | 1,3                          | 1,4                              | 1,7                 | 1,1                                                   | 2,0                              |
| Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,)             | 1,6            | -                   | 1,2                          | 1,2                              | 1,5                 | 1,2                                                   | 1,8                              |
| Muratura a blocchi lapidei squadriati                                             | 1,2            | -                   | 1,2                          | 1,2                              | 1,2                 | -                                                     | 1,4                              |
| Muratura in mattoni pieni e malta di calce                                        | (***)          | -                   | 1,3 (***)                    | 1,2                              | 1,5                 | 1,2                                                   | 1,8                              |
| Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es: doppio UNI foratura <40%) | 1,2            | -                   | -                            | -                                | 1,3                 | -                                                     | 1,3                              |



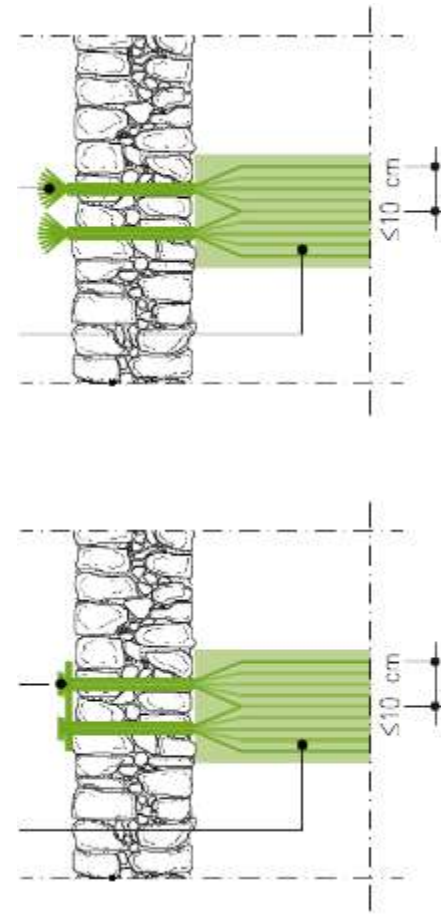
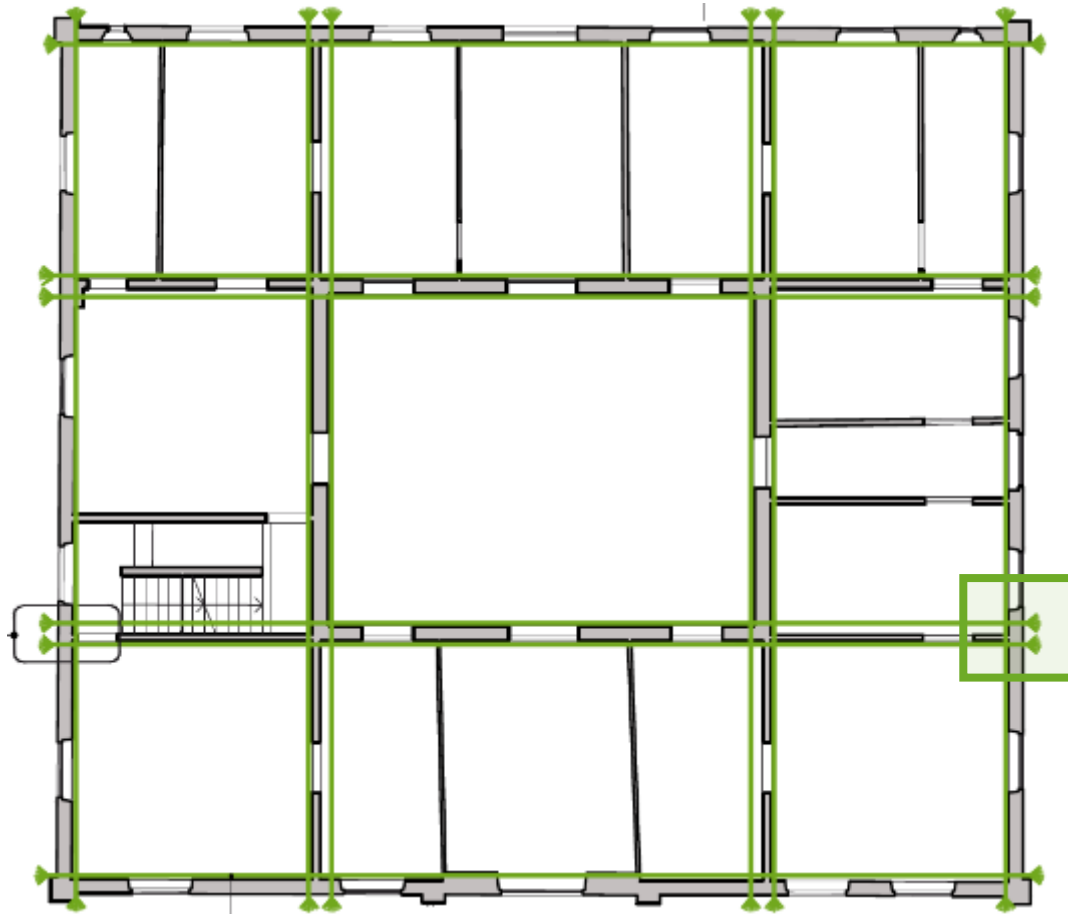
# MECCANISMI DI DANNO MODO 1

## Meccanismi di ribaltamento fuori dal piano



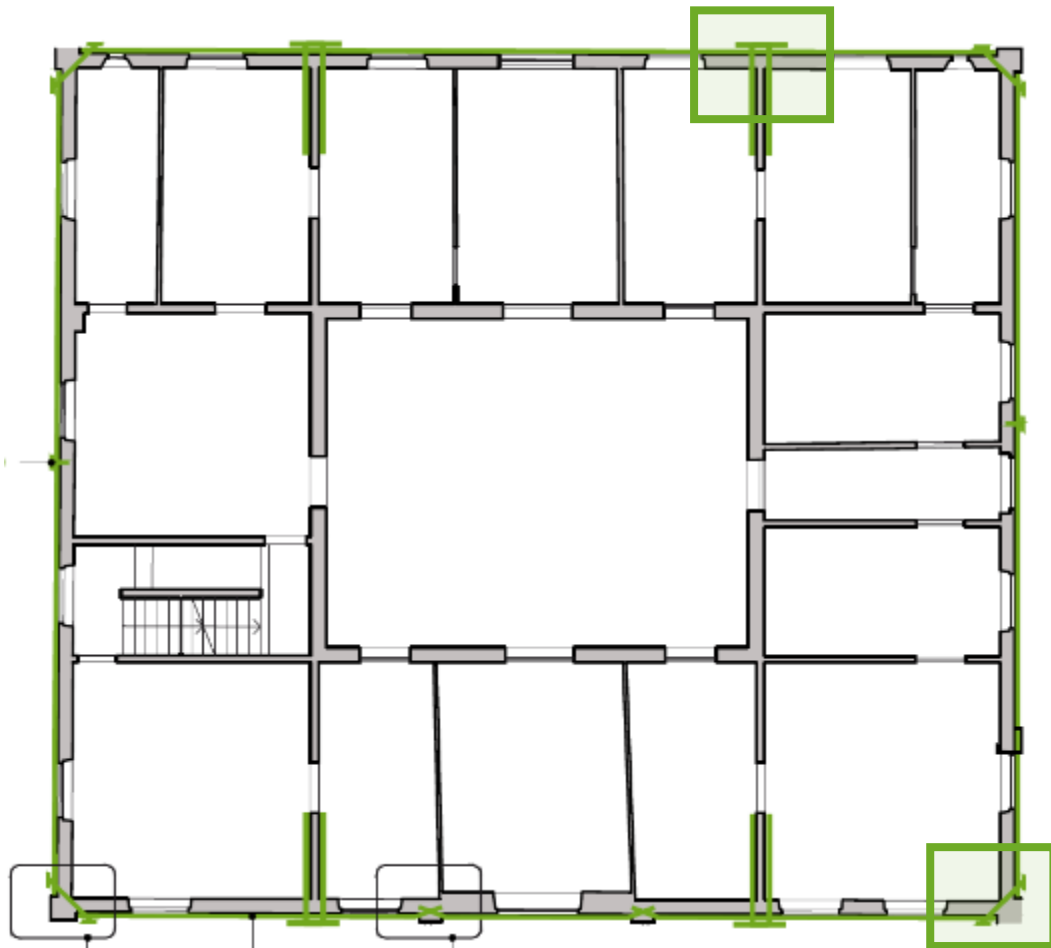
# TAV 30 INCATENAMENTI CON FASCE GEOSTEEL

## Installazione di fasce GeoSteel sulle pareti interne



## TAV 28 CERCHIATURE CON FASCE GEOSTEEL

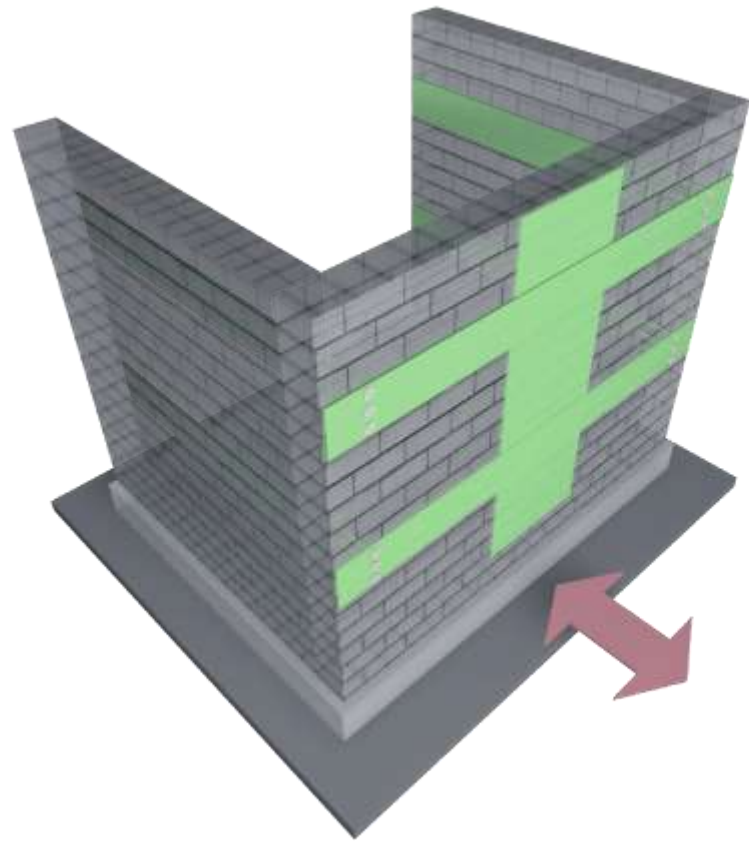
È possibile collegare la cerchiatura esterna con l'incatenamento interno





# TAV 28 E 30 INCATENAMENTI E CERCHIATURE GEOSTEEL

## Validazione universitaria: Test su tavola vibrante



# TAV 28 INCATENAMENTI GEOSTEEL

## Caso di studio: Edificio privato Val Vibrata (TE)





# MECCANISMI DI DANNO MODO 1

## Meccanismi di ribaltamento fuori dal piano



**2009** – San Marco, L'Aquila



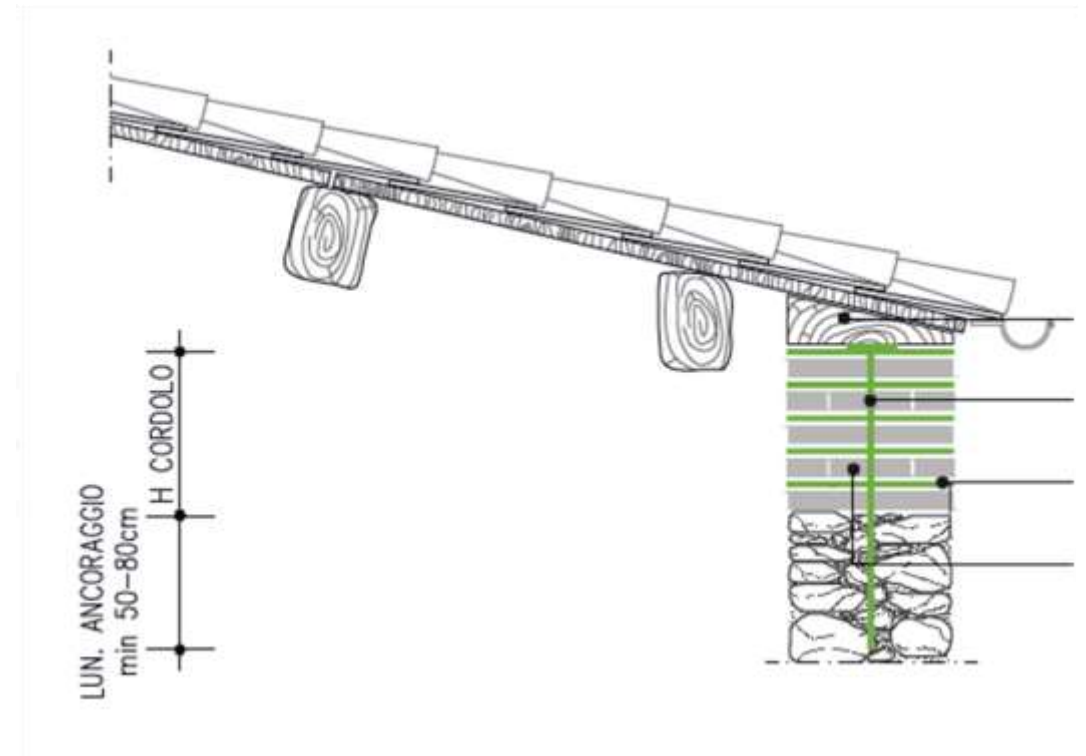
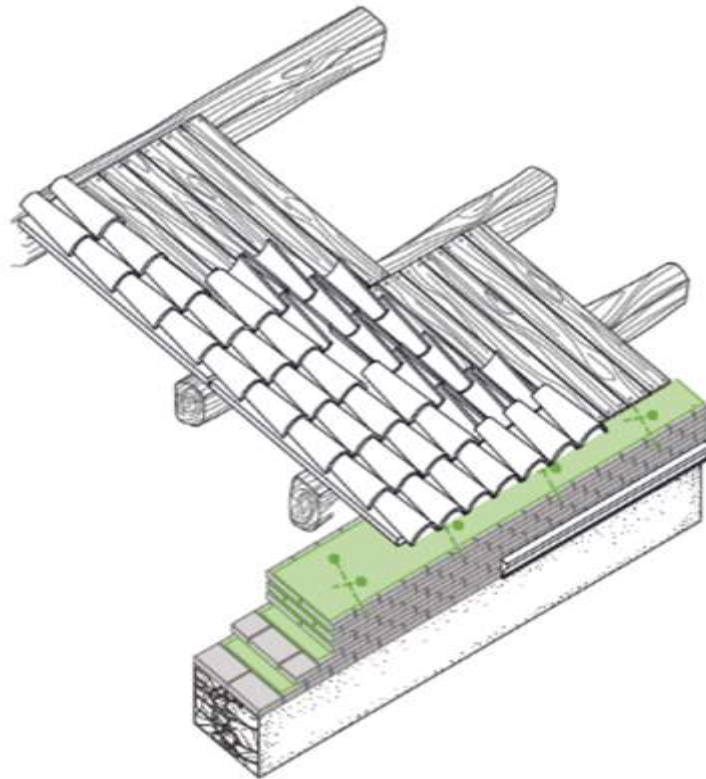
**2012** – Sisma Emilia



**2016** – Edificio privato,  
Camerino

# TAV 29 CORDOLO IN MURATURA ARMATA

Soluzione più leggera e meno invasiva





## TAV 29 CORDOLO IN MURATURA ARMATA

Soluzione più leggera e meno invasiva



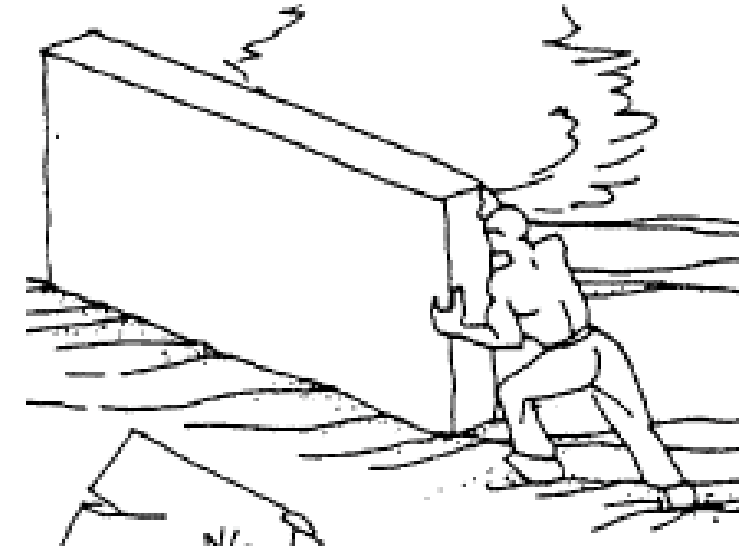
# TAV 29 CORDOLO IN MURATURA ARMATA

## Caso di studio: Aggregato L'Aquila



# MECCANISMI DI DANNO MODO 2

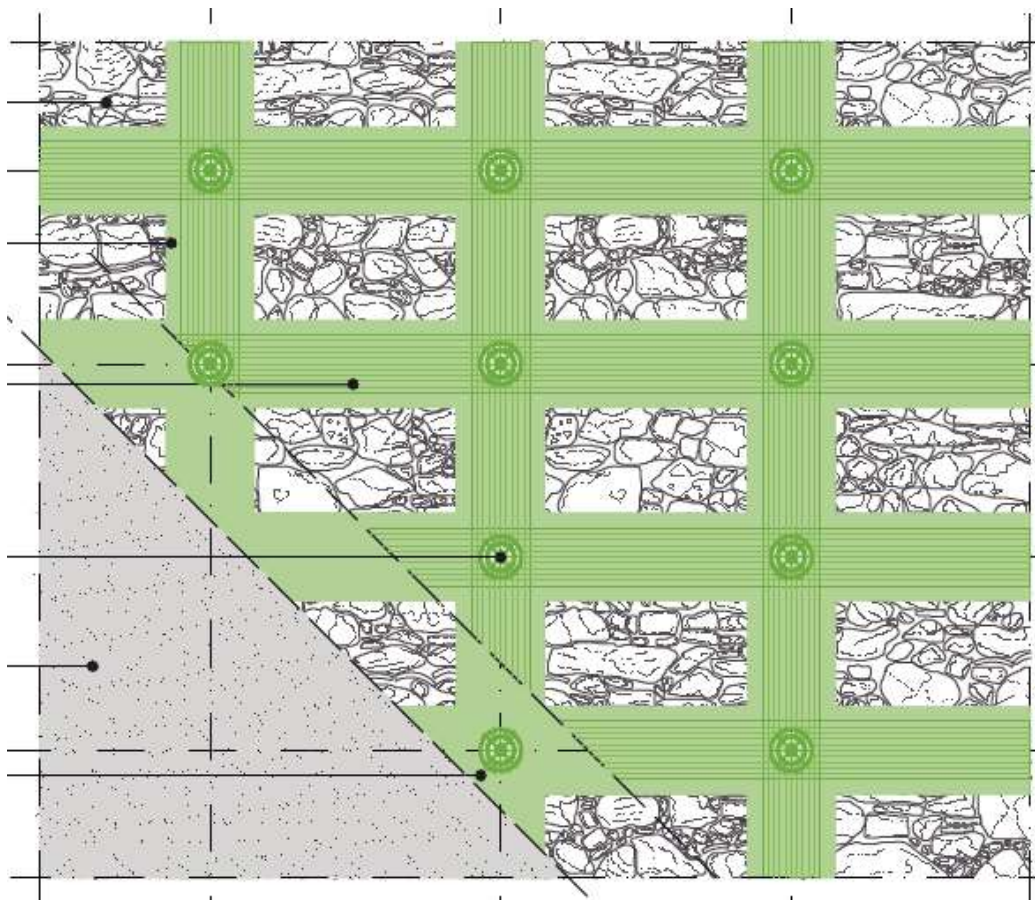
## Meccanismi di danneggiamento nel piano





## TAV 26 RINFORZO A FASCE

### Rinforzo a flessione e taglio del maschio murario





# TAV 26 RINFORZO A FASCE

## Validazione universitaria: Test su tavola vibrante



## TAV 26 RINFORZO A FASCE

Caso di studio: Edificio privato, Sestri Levante (GE)





## TAV 26 RINFORZO A FASCE

### Caso di studio: Aggregato, L'Aquila



# TAV 26 RINFORZO A FASCE

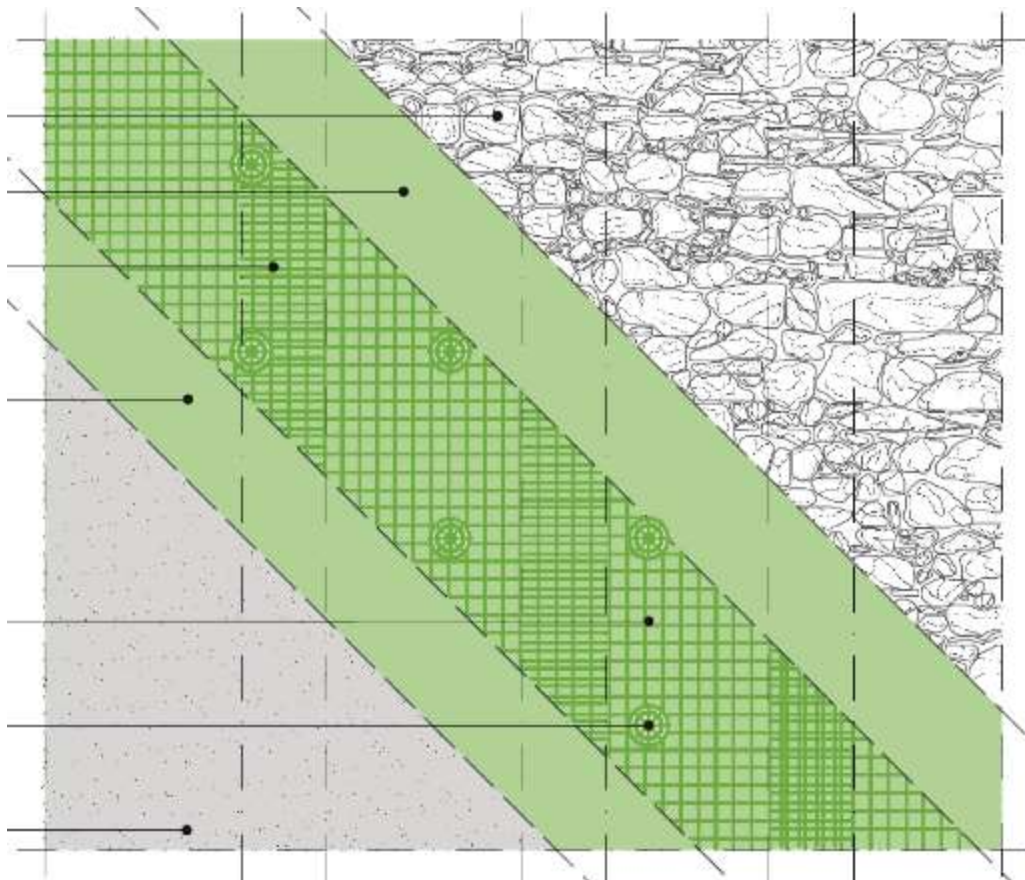
## Caso di studio: Sede comunale, Pollutri (CH)





# TAV 27A RINFORZO DIFFUSO

## Rinforzo a flessione e taglio del maschio murario



# TAV 27A RINFORZO DIFFUSO

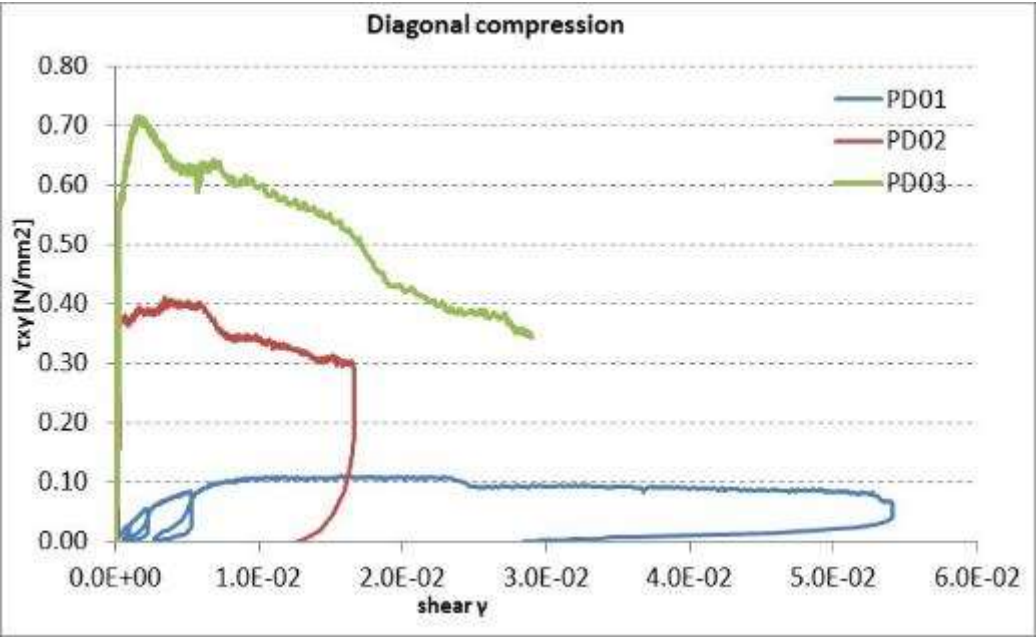
Validazione universitaria: test di compressione diagonale in situ





# TAV 27A RINFORZO DIFFUSO

## Validazione universitaria: test di compressione diagonale in situ



- **PD03:** test eseguito dopo 33 gg dalla posa del rinforzo
- **PD02:** test eseguito dopo 12 gg dalla posa del rinforzo
- **PD01:** campione di controllo

| Tipologia di muratura                                                             | Stato di fatto |                     |                         | Interventi di consolidamento     |                      |                                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------------|-------------------------|----------------------------------|----------------------|--------------------------------------------------------|
|                                                                                   | Malta buona    | Ricorsi o listature | Connessione trasversale | Iniezione di miscele leganti (*) | Intonaco armato (**) | Ristituzione armata con connessione dei paramenti (**) |
| Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)        | 1,5            | 1,3                 | 1,5                     | 2                                | 2,5                  | 1,6                                                    |
| Muratura a conci sbazzati, con paramenti di spessore disomogeneo                  | 1,4            | 1,2                 | 1,5                     | 1,7                              | 2,0                  | 1,5                                                    |
| Muratura in pietre a spacco con buona tessitura                                   | 1,3            | 1,1                 | 1,3                     | 1,5                              | 1,5                  | 1,4                                                    |
| Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)                    | 1,5            | 1,2                 | 1,3                     | 1,4                              | 1,7                  | 1,1                                                    |
| Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)              | 1,6            | -                   | 1,2                     | 1,2                              | 1,5                  | 1,2                                                    |
| Muratura a blocchi lapidei squadriati                                             | 1,2            | -                   | 1,2                     | 1,2                              | 1,2                  | -                                                      |
| Muratura in mattoni pieni e malta di calce                                        | (***)          | -                   | 1,3 (****)              | 1,2                              | 1,5                  | 1,2                                                    |
| Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es: doppio UNI foratura <40%) | 1,2            | -                   | -                       | -                                | 1,3                  | -                                                      |

Le caratteristiche della muratura sono incrementate di circa **5 volte**, valore superiore rispetto a quanto ricavato dalla tabella per gli interventi interessati, ovvero 3.40

# TAV 27A RINFORZO DIFFUSO

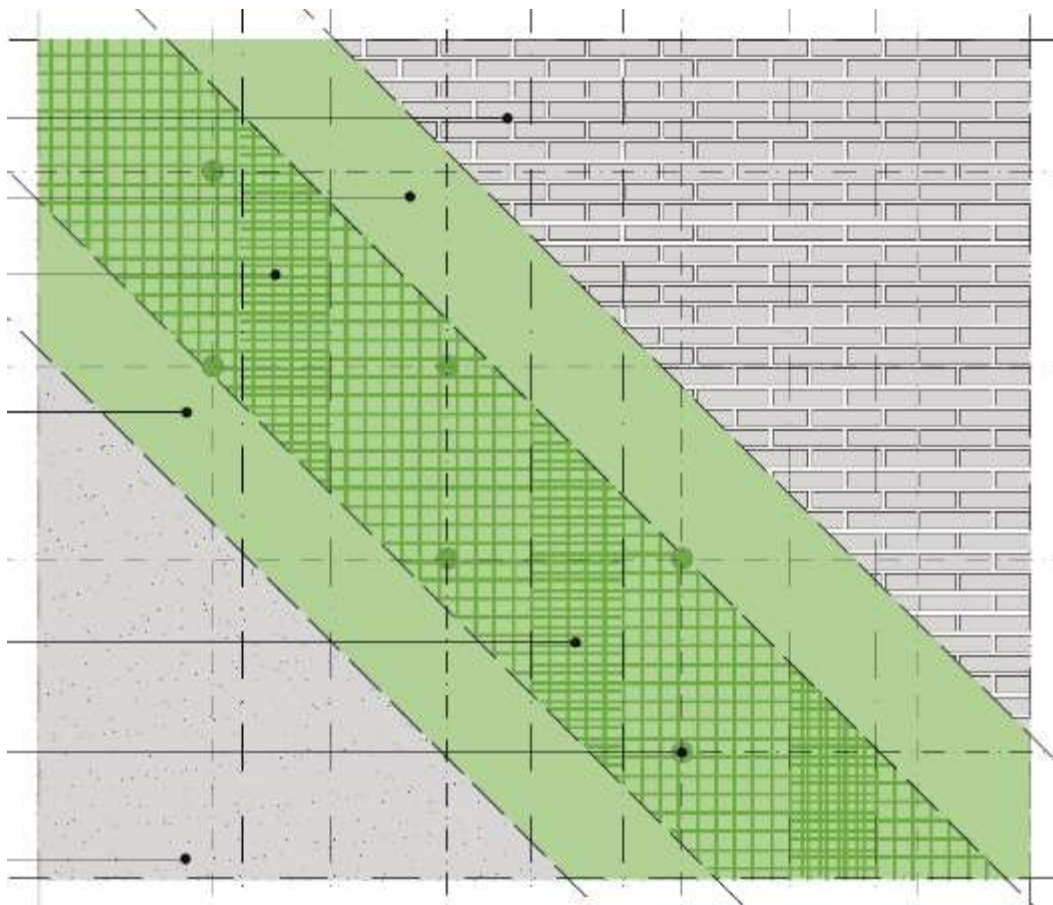
Caso di studio: Seminario vescovile, Bologna





# TAV 27B RINFORZO DIFFUSO

## Rinforzo a flessione e taglio del maschio murario



# TAV 27B RINFORZO DIFFUSO

## Validazione universitaria: test di compressione diagonale in laboratorio





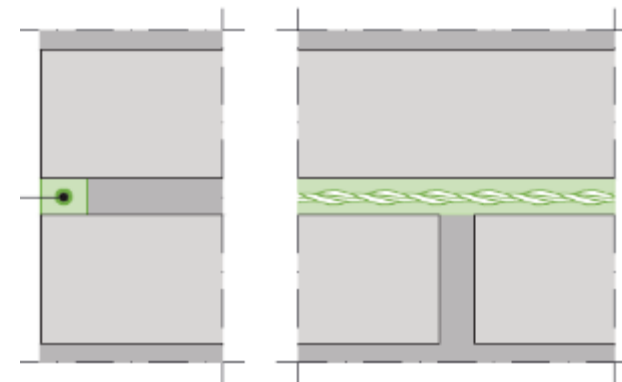
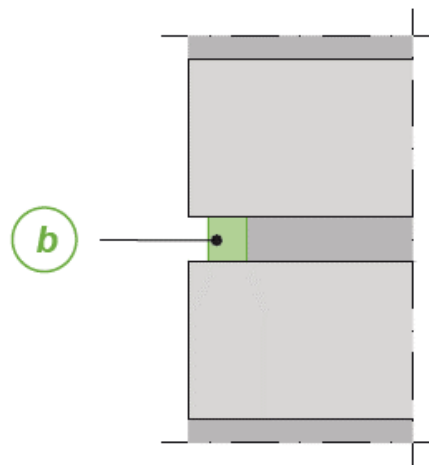
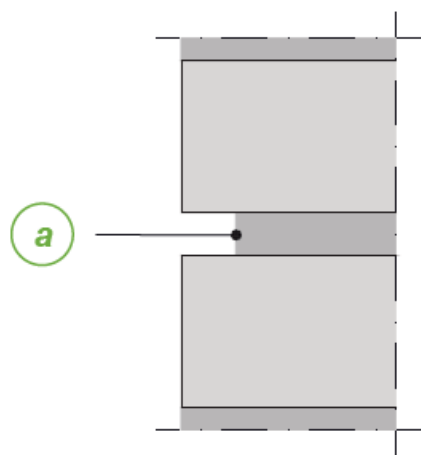
# TAV 27B RINFORZO DIFFUSO

Caso di studio: Edificio privato, Novi (MO)



# TAV 23A RISTILATURA ARMATA STEEL HELIBAR 6

Ideale per murature di mattone pieno facciavista



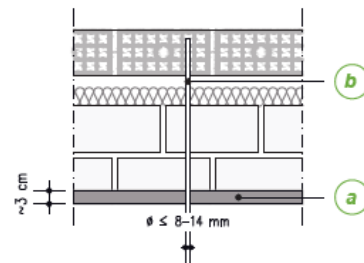


# TAV 23B RISTILATURA ARMATA STEEL HELIBAR 6 E STEEL DRYFIX 10

Ideale per murature di mattone pieno facciavista



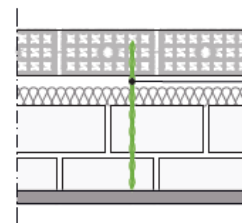
**FASE I: SCARIFICAZIONE DEL GIUNTO ED ESECUZIONE DEL FORO PILOTA**



SCARIFICA DELLA MALTA DI ALLETTAMENTO PER UNA PROFONDITÀ DI 30 mm E PER TUTTA LA LUNGHEZZA DELLA BARRA **STEEL HELIBAR® 6**

REALIZZAZIONE FORO PILOTA IN DIREZIONE ORTOGONALE AL GIUNTO, DI DIAMETRO OPPORTUNO PER LA SUCCESSIVA INSTALLAZIONE DELLA BARRA **STEEL DRYFIX® 10**. ALLARGAMENTO A DIAMETRO 14 mm, DEI PRIMI 70 mm DI PROFONDITÀ DEL FORO PILOTA

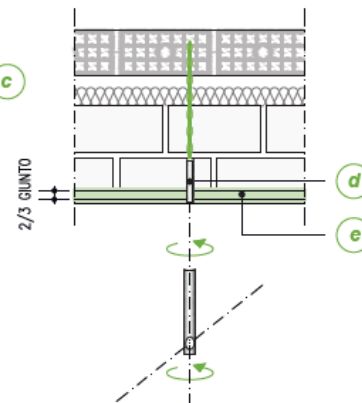
**FASE II: INSTALLAZIONE STEEL DRYFIX® 10**



INSERIMENTO DELLA BARRA **STEEL DRYFIX® 10** MEDIANTE **MANDRINO STEEL DRYFIX® 10-12** INSTALLATO SUL TRAPANO AD INNESTO SDS PLUS CON SOLA PERCUSSIONE, FINO AL COMPLETO INSERIMENTO DELLA STESSA

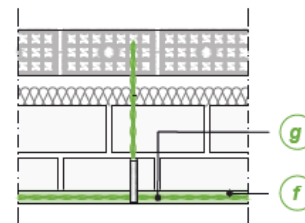
INSTALLAZIONE MEDIANTE SEMPLICE AVVITAMENTO DEL **CONNETTORE STEEL DRYFIX® 10** SULLA TESTA DELLA BARRA **STEEL DRYFIX® 10**

**FASE III: INSERIMENTO CONNETTORE STEEL DRYFIX® 10**



SUCCESSIVA APPLICAZIONE DI UN PRIMO STRATO DI MALTA **GEOCALCE® F ANTISMICO** CON CAZZUOLA O PISTOLA MANUALE PER 2/3 DELLO SPESSORE SCARIFICATO

**FASE IV: INSTALLAZIONE STEEL STEEL HELIBAR® 6**



INSERIMENTO NEL GIUNTO FACENDO PASSARE LA BARRA **STEEL HELIBAR® 6** NEGLI APPOSITI FORI ESISTENTI SUL CONNETTORE

SUCCESSIVA STUCCATURA CON MALTA **GEOCALCE® F ANTISMICO** IN MODO DA GARANTIRE LA PERFETTA SIGILLATURA DEL GIUNTO



# TAV 23A RISTILATURA ARMATA

Caso di studio: Rocca di Minerbio, Bologna



# TAV 23B RISTILATURA ARMATA CON STEEL DRYFIX

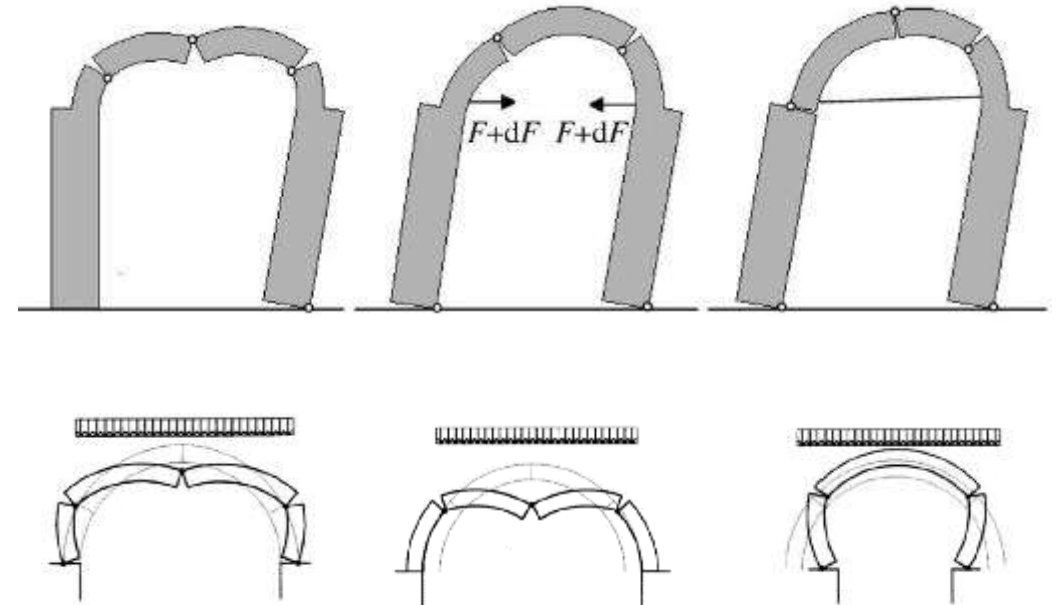
Caso di studio: Chiesa di Orvieto (RT)





# MECCANISMO DI DANNO ARCHI E VOLTE

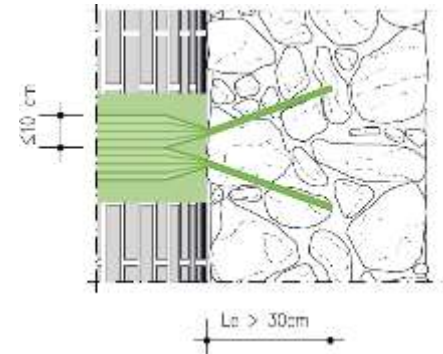
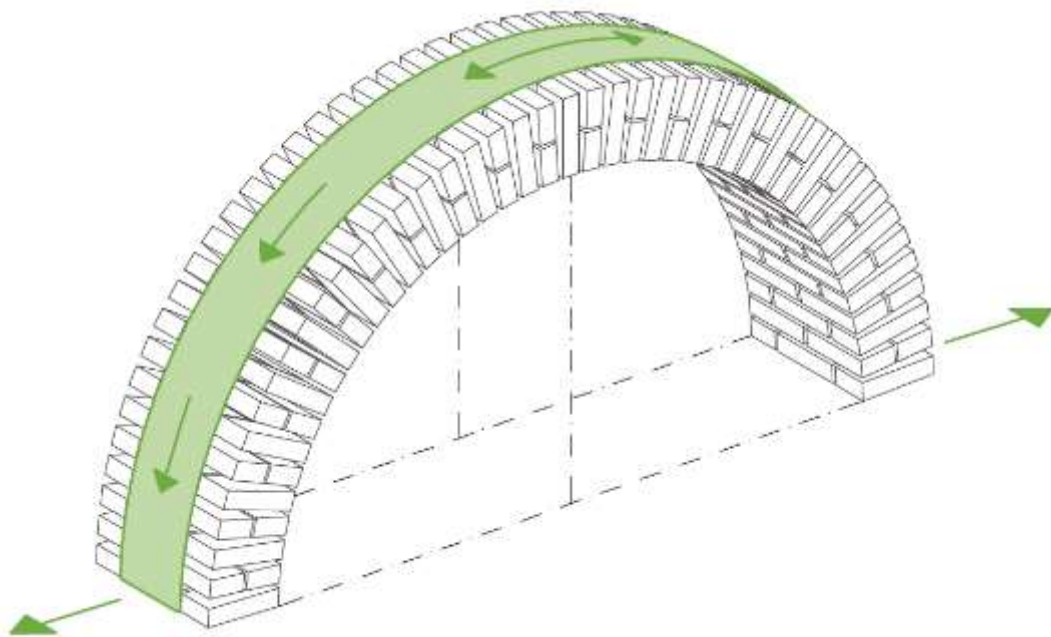
## Instabilità di elementi a semplice curvatura





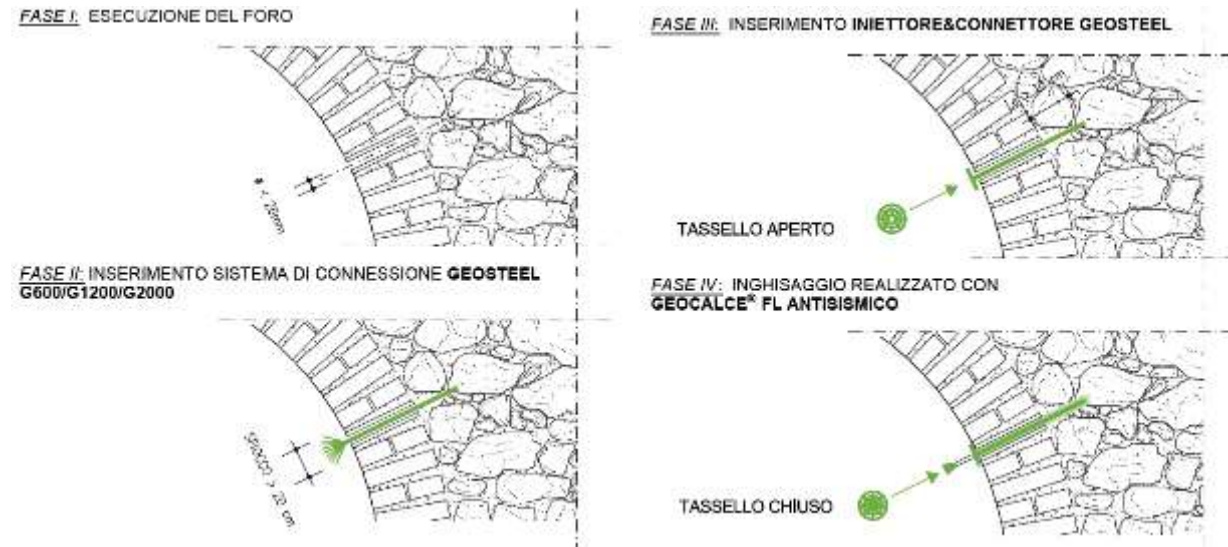
# TAV 34 RINFORZO ESTRADOSSALE A FASCE ARCO

La curvatura estradosale favorisce l'aderenza del sistema di rinforzo



# TAV 35 RINFORZO INTRADOSSALE ARCO

Nel caso di rinforzo intradosale è necessario installare i connettori GeoSteel



## TAV 34 RINFORZO ESTRADOSSALE ARCO

### Validazione universitaria: applicazione rinforzo CFRP



Emissione di **VOC**



Scarsa compatibilità



Ancoraggio con **apposito  
connettore a fiocco**



## TAV 34 RINFORZO ESTRADOSSALE ARCO

### Validazione universitaria: applicazione rinforzo SRG



Ancoraggio **in continuità**



Matrice compatibile e **bassa emissione di VOC**

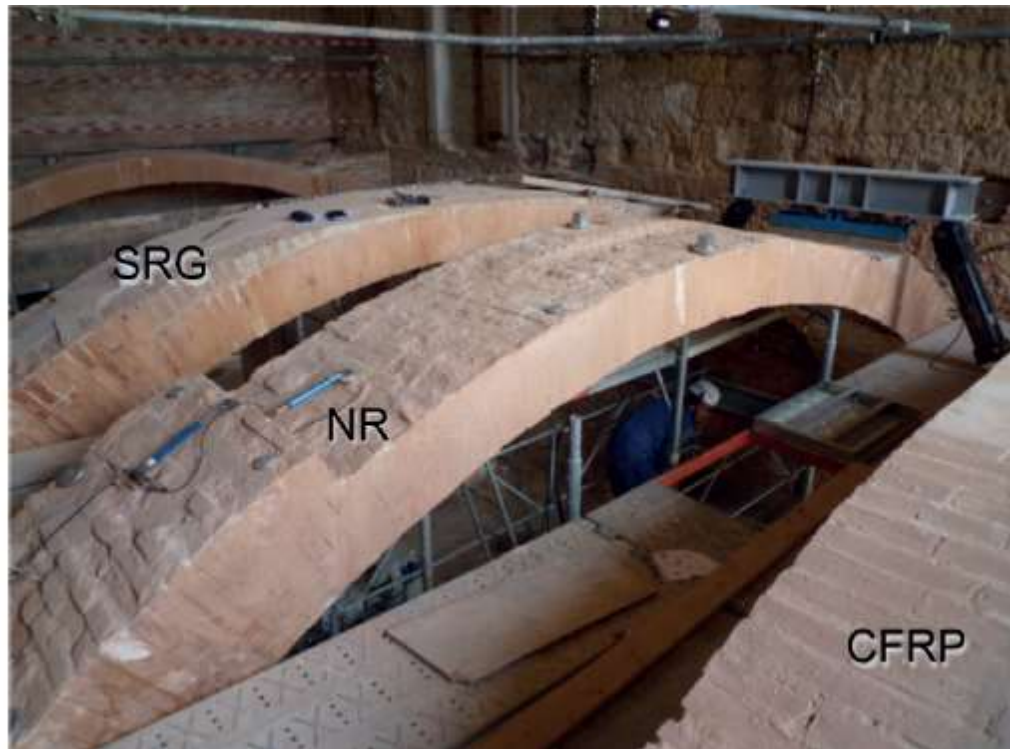


Perfetto ingranamento



# TAV 34 RINFORZO ESTRADOSSALE ARCO

## Validazione universitaria: SET UP di prova



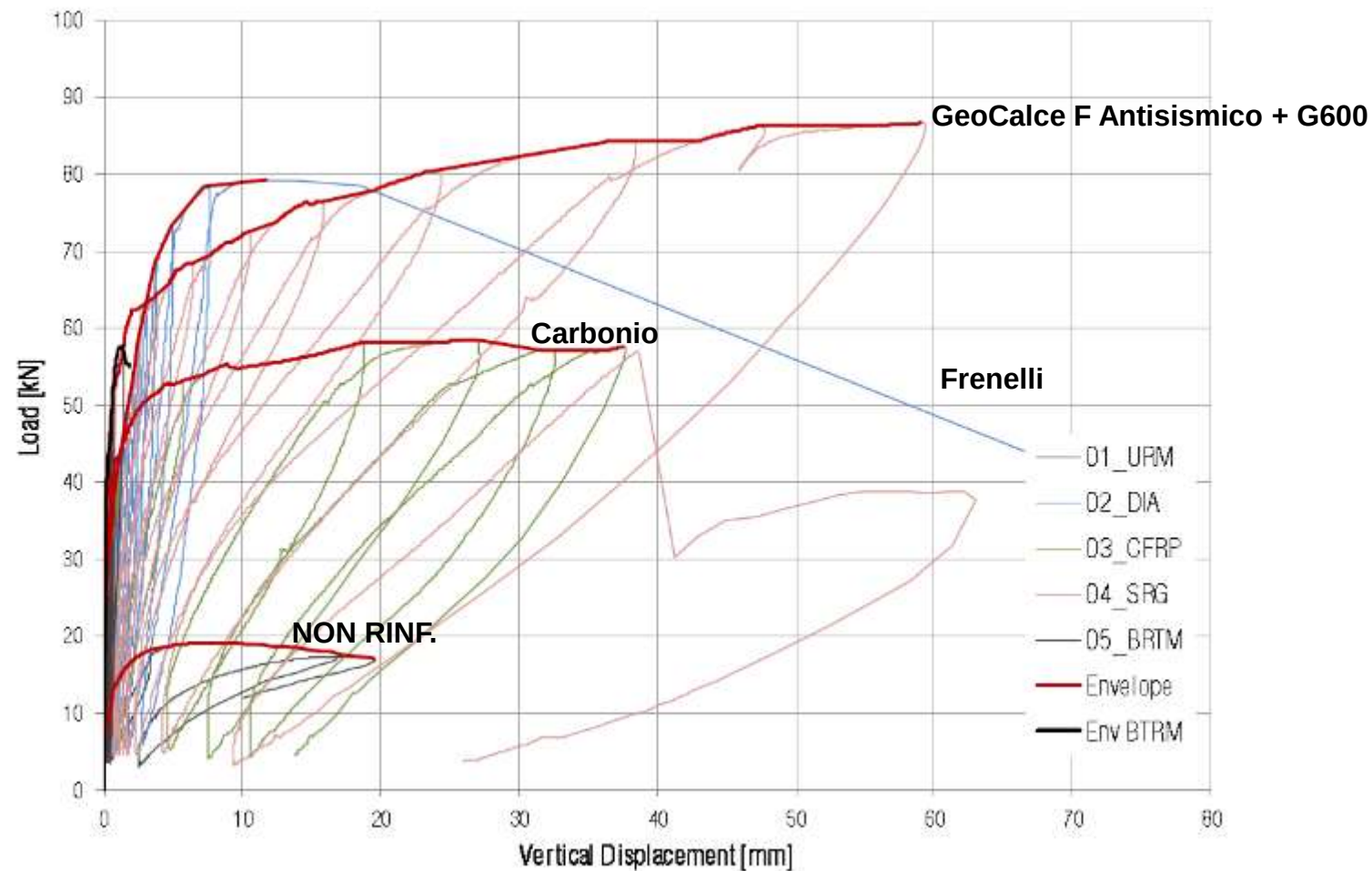
**3 campioni** di prova testati in parallelo



Cicli di carico e scarico

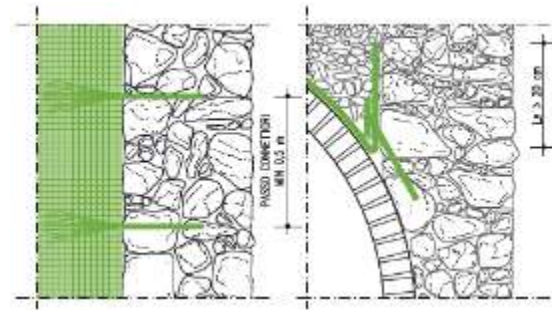
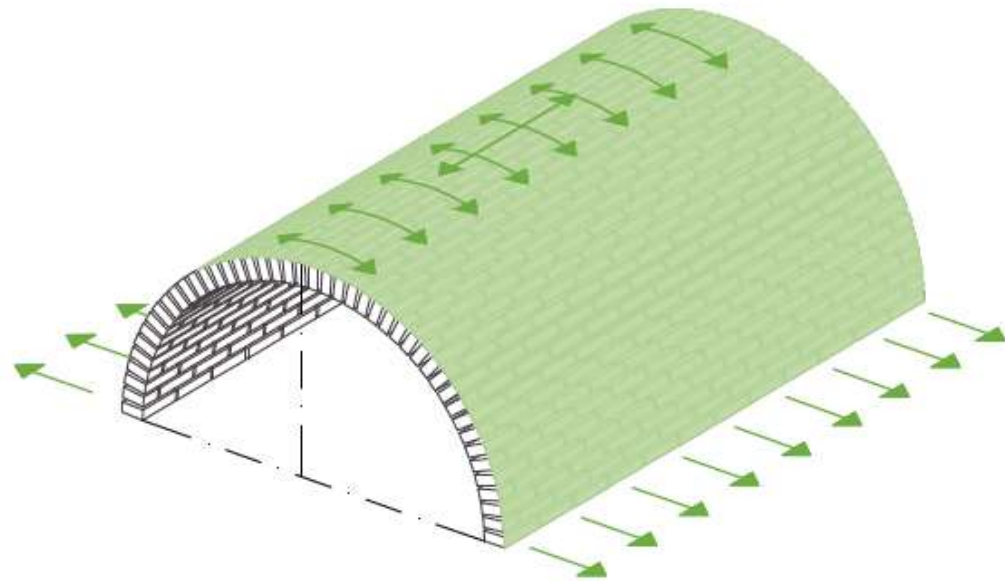
# TAV 34 RINFORZO ESTRADOSSALE ARCO

## Validazione universitaria: risultati



# TAV 40 RINFORZO ESTRADOSSALE DIFFUSO VOLTA

La curvatura estradosale favorisce l'aderenza del sistema di rinforzo





# TAV 40 RINFORZO ESTRADOSSALE DIFFUSO VOLTA

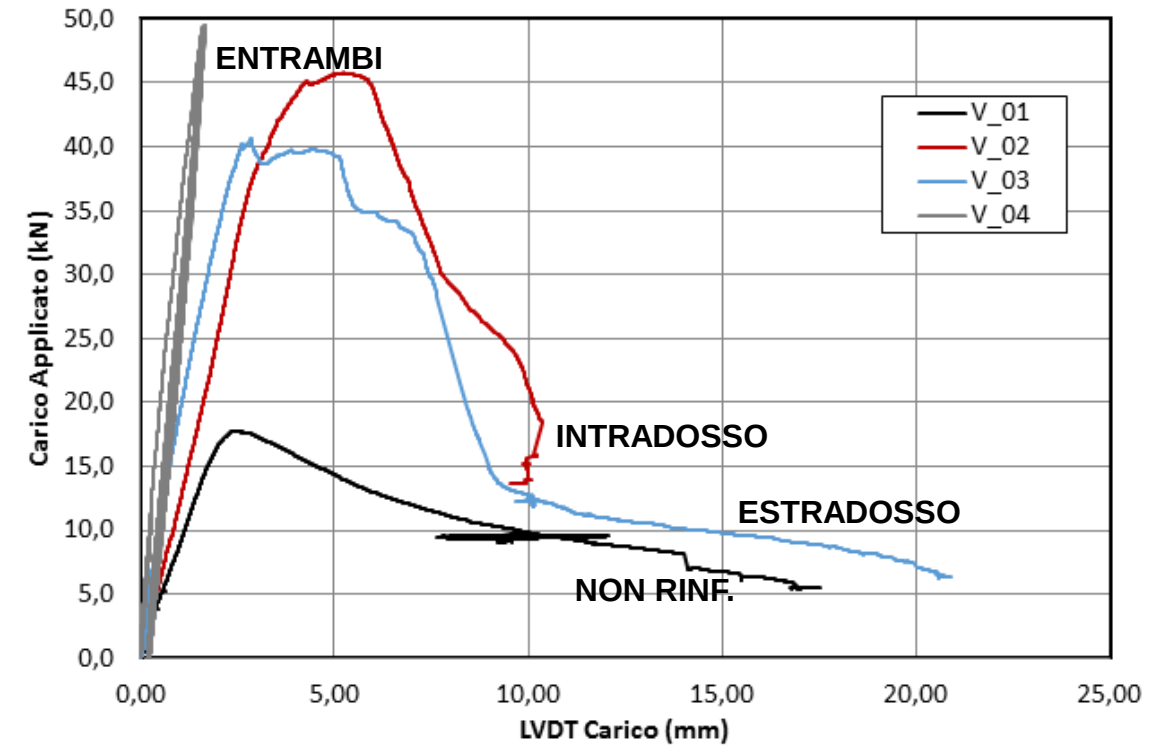
## Validazione universitaria: SET UP di prova





# TAV 40 RINFORZO ESTRADOSSALE DIFFUSO VOLTA

## Validazione universitaria: risultati



# TAV 42 RINFORZO ESTRADOSSALE VOLTE A CROCIARE

Caso di studio: Palazzo comunale, Recanati (MC)





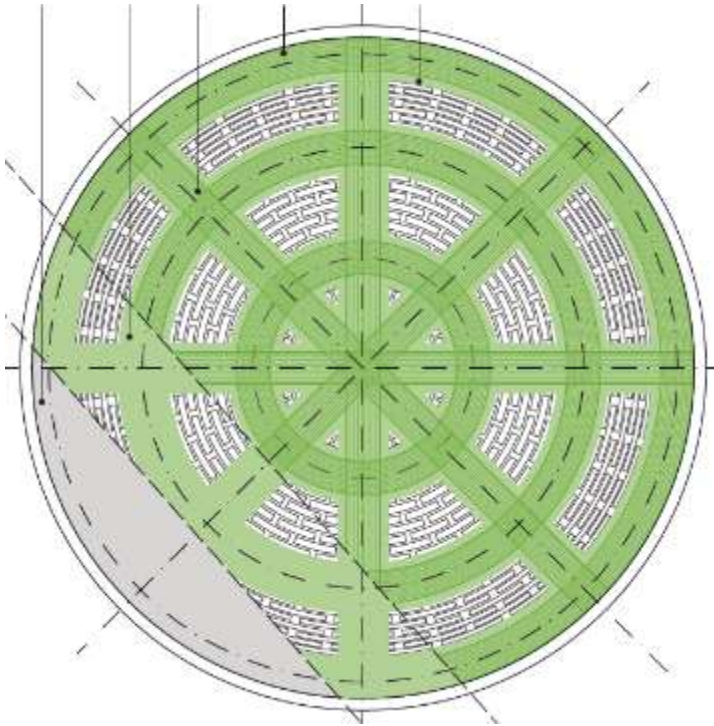
# TAV 48 RINFORZO ESTRADOSSALE VOLTE A PADIGLIONE

## Caso di studio: Cattedrale di Lucca



# TAV 50 RINFORZO ESTRADOSSALE CUPOLA A FASCE

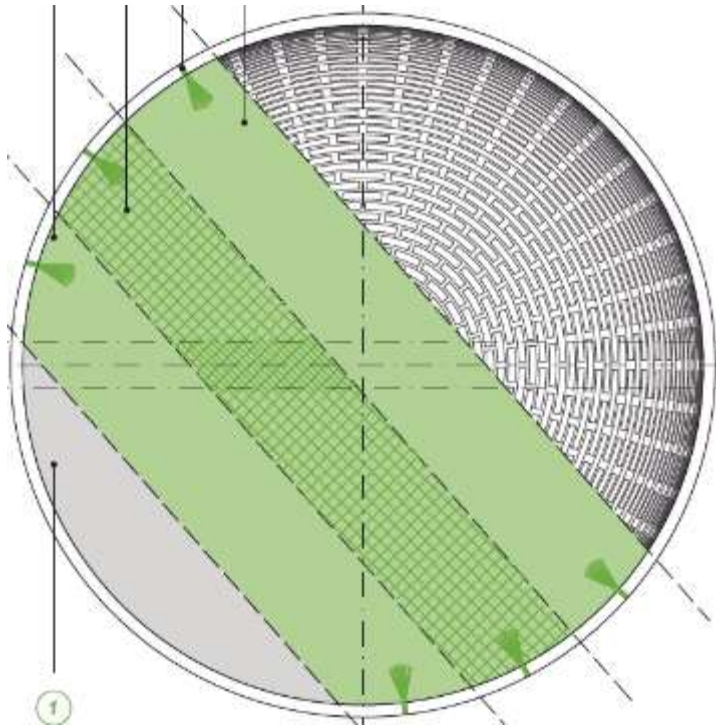
## Caso di studio: Chiesa di Plataci (CS)





# TAV 50 RINFORZO ESTRADOSSALE CUPOLA A FASCE

## Caso di studio: Cattedrale di Lucca



# OUTLINE

- Tradizione e innovazione nel consolidamento strutturale
- I sistemi certificati Kerakoll: SRP, SRG, FRCC e FRC
- Inquadramento normativo dei sistemi di rinforzo
  - Certificazione
  - Progettazione
- I sistemi Kerakoll per il rinforzo di strutture in muratura
- **I sistemi Kerakoll per il rinforzo tamponature e rivestimenti**
- I sistemi Kerakoll per il rinforzo di strutture in c.a.
- Strumenti per la progettazione

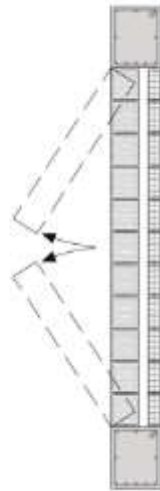
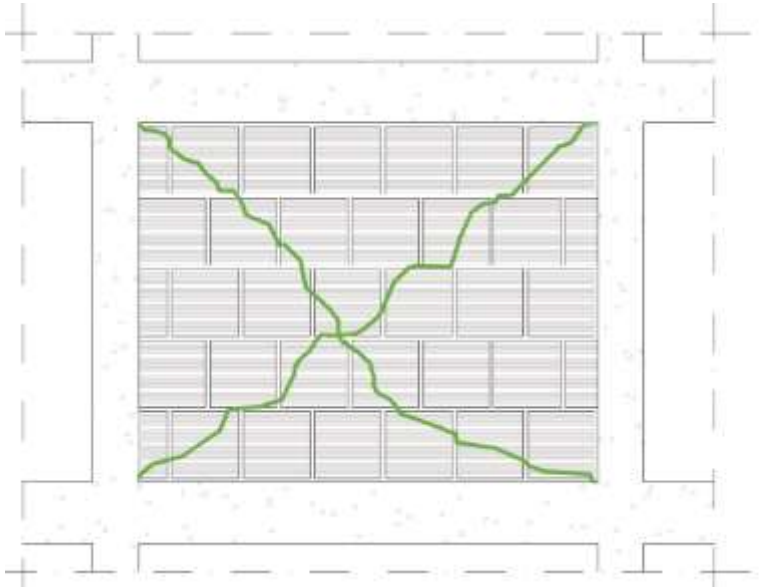
# COMPORTAMENTO SISMICO DEI TAMPONAMENTI

Le forze che agiscono sulla tamponatura sono generate dai sismi e causano il loro ribaltamento

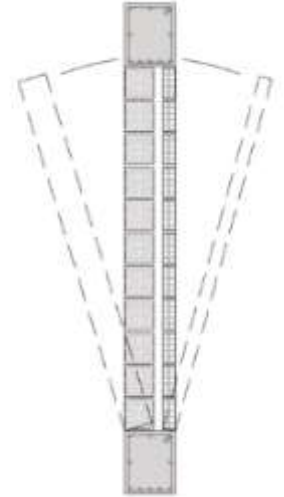
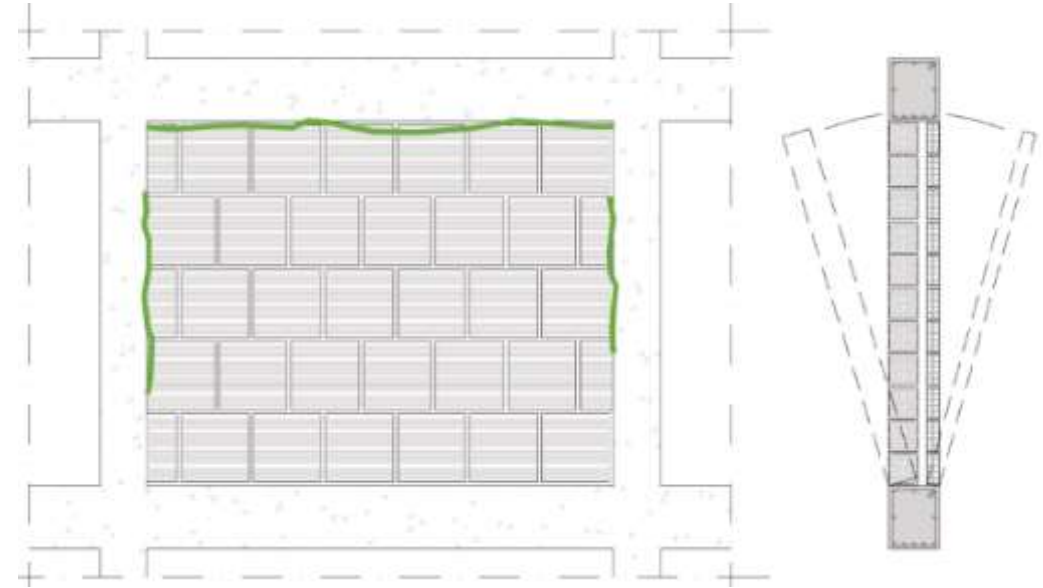


# COMPORTAMENTO SISMICO DEI TAMPONAMENTI

## Meccanismi di collasso



Fessurazione centrale

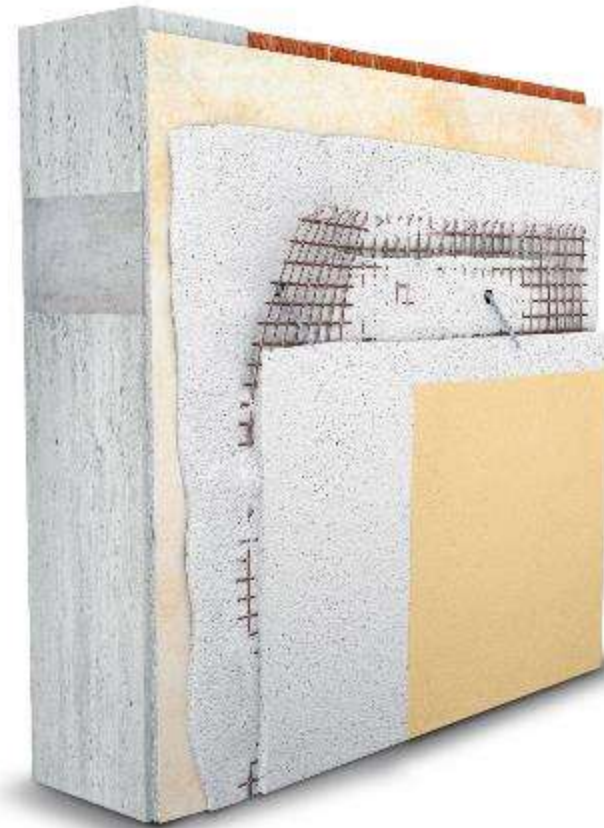


Fessurazione perimetrale



# TAV 18A PREVENZIONE ANTIRIBALTAMENTO

Applicabile anche su supporto intonacato



# TAV 18A PREVENZIONE ANTIRIBALTAMENTO

## Fasi applicative



**GeoCalce Multiuso** prima mano



Installazione **Geo Grid 120**



Installazione **Steel DryFix**

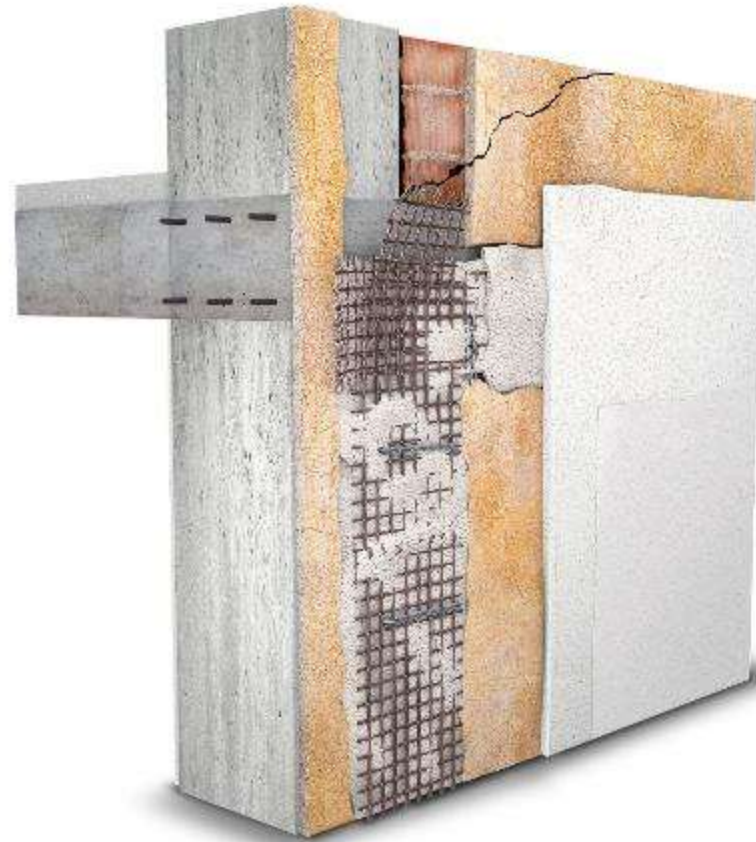


**GeoCalce Multiuso** seconda mano



# TAV 18B RIPRISTINO ANTIRIBALTAMENTO (RELUIS)

Applicazione perimetrale, telaio in c.a. e tramezza in laterizio



# TAV 18B RIPRISTINO ANTIRIBALTAMENTO (RELUIS)

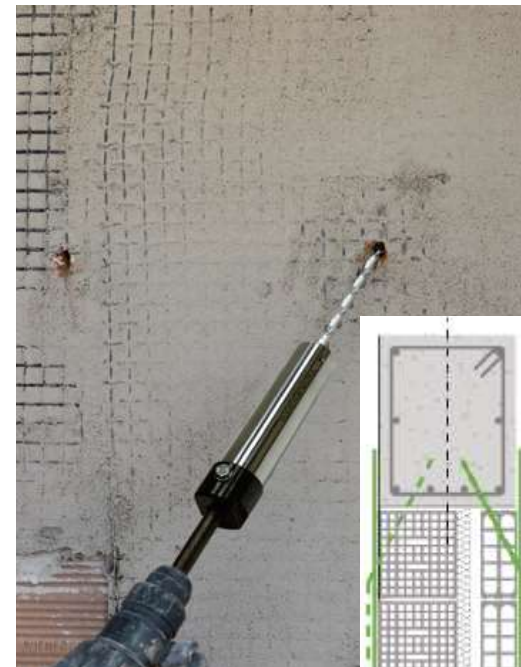
## Fasi applicative



**GeoCalce F Antisismico**  
prima mano



Installazione **Geo Grid 120**



Installazione **Steel DryFix**



**GeoCalce F Antisismico**  
seconda mano



# TAV 18A PREVENZIONE ANTIRIBALTAMENTO

## Validazione universitaria



# TAV 18A PREVENZIONE ANTIRIBALTAMENTO

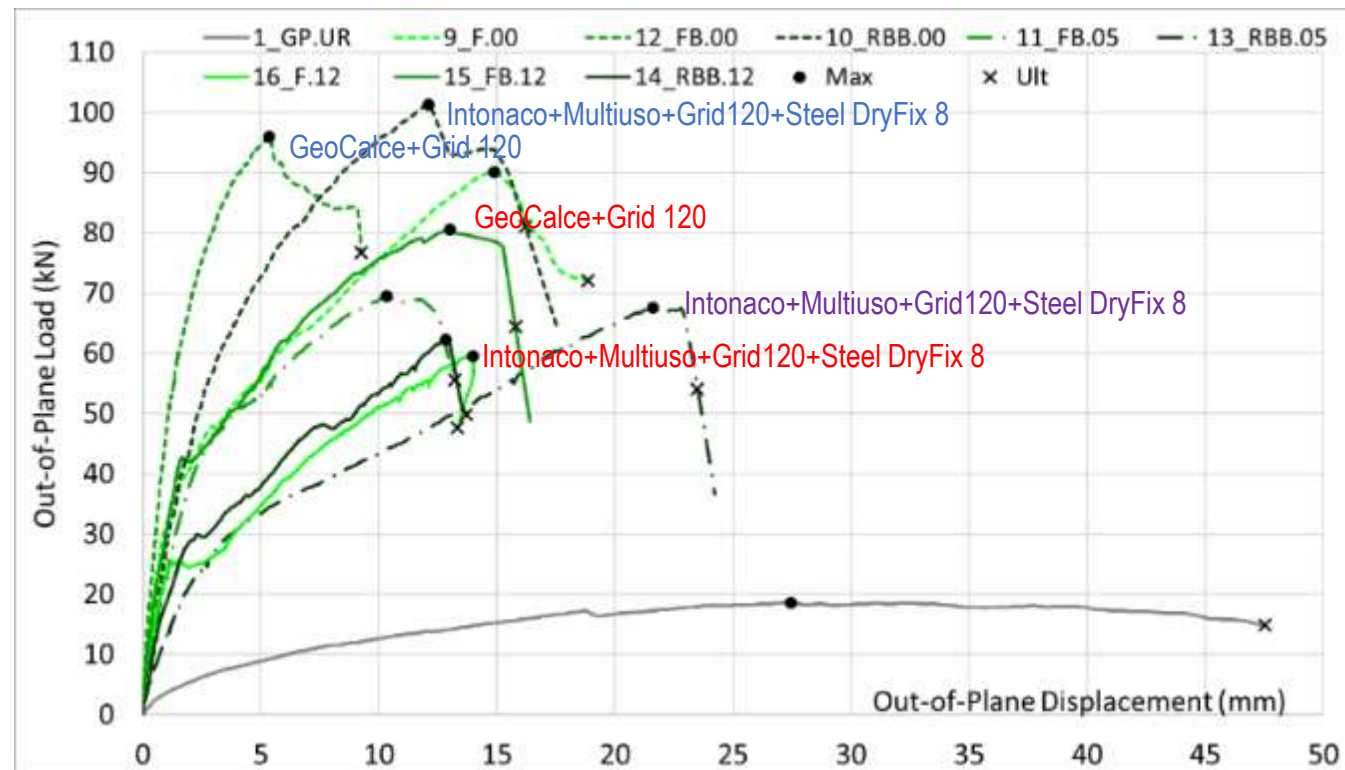
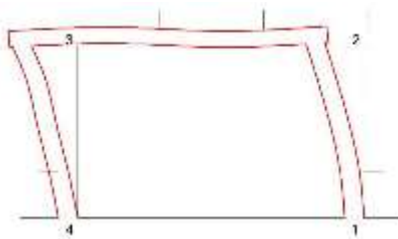
## Validazione universitaria

- Incremento da un minimo di **2,5 a 3,5 volte** il valore di accelerazione per lo stesso tipo di muratura intonacata con intonaco civile ordinario

0% DRIFT nel piano (non danneggiato)  
0,5% DRIFT nel piano



1,2% DRIFT nel piano

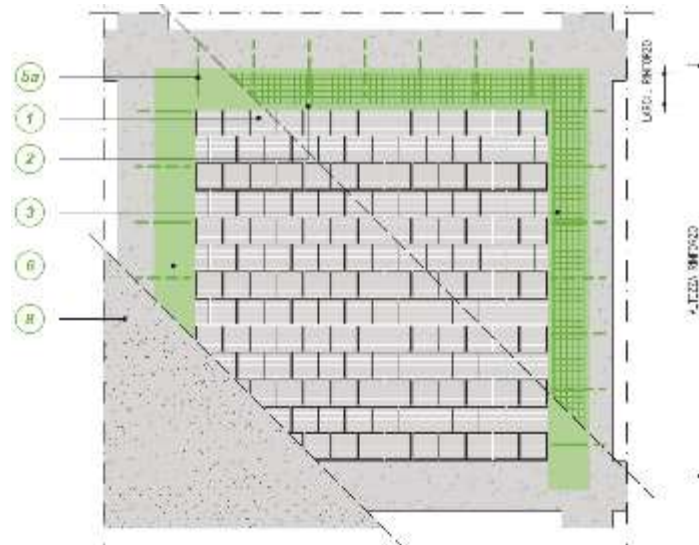


# TAV 18B RIPRISTINO ANTIRIBALTAMENTO

Caso di studio: Liceo Classico Varano, Camerino (MC)



**Parete non rinforzata  
danneggiata dal sisma**

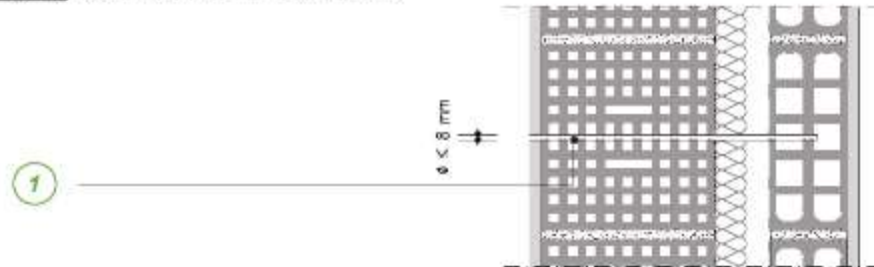


**Parete rinforzata non  
danneggiata dal sisma**

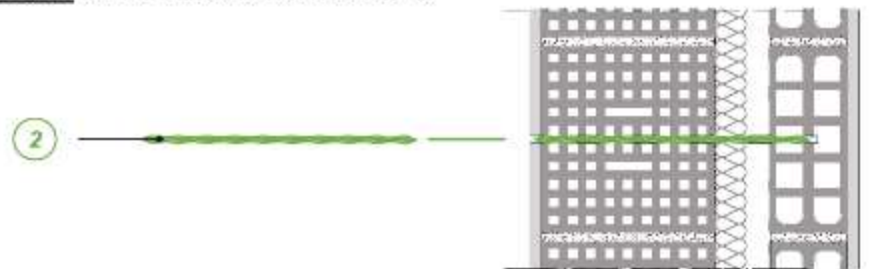
# TAV 19 CUCITURA DOPPIO PARAMENTO

Realizzabile anche in presenza di camera d'aria

**FASE I:** ESECUZIONE DEL FORO PILOTA



**FASE II:** INSTALLAZIONE STEEL DRYFIX® 10



**FASE III:** STUCCATURA FINALE  
CON GEOCALCE® G ANTISISMICO,  
GEOCALCE® F ANTISISMICO,  
GEOLITE® O GEOLITE® GEL





# PREVENZIONE ANTIRIBALTAMENTO PER ELEMENTI DI TAMPONAMENTO NUOVI

Applicabile solo su supporto nuovo o non intonacato



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA



La campagna sperimentale insieme al Dipartimento di Ingegneria Civile ed ambientale di Padova ci ha permesso di individuare l'incremento di resistenza, duttilità e miglioramento sismico **nell'antiribaltamento di tamponature nuove o esistenti.**

# PREVENZIONE ANTIRIBALTAMENTO PER ELEMENTI DI TAMPONAMENTO NUOVI

## Fasi applicative per la realizzazione dei telai



Applicazione primo strato di GeoCalce Tenace (circa 1 cm)



Stesura della rete GeoGrid 120



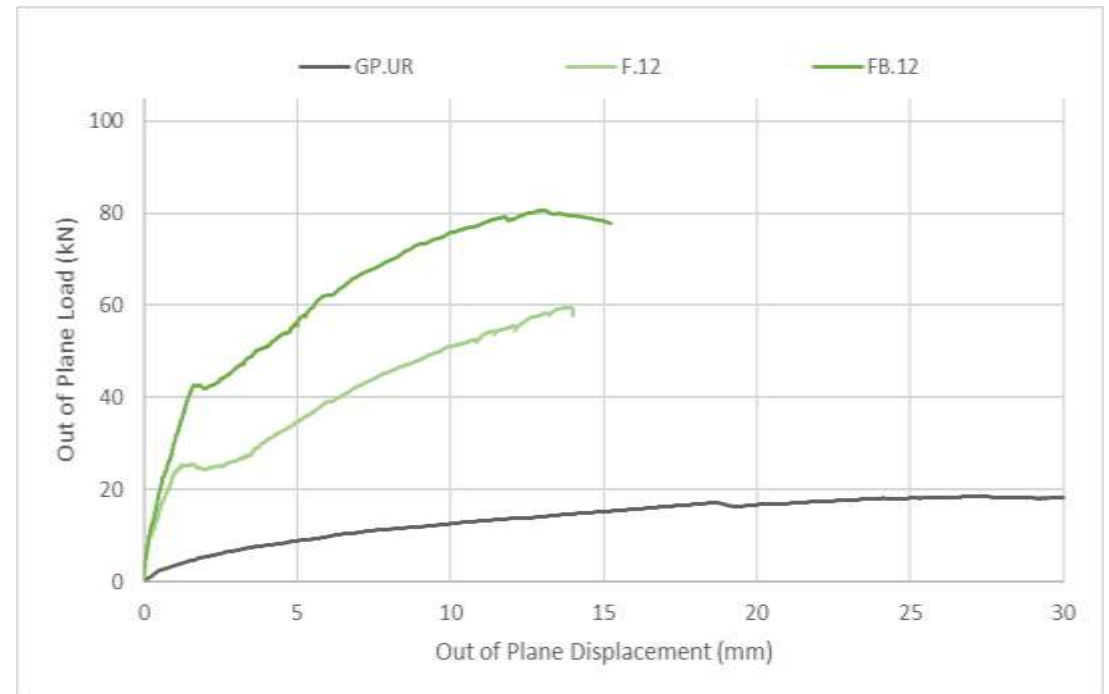
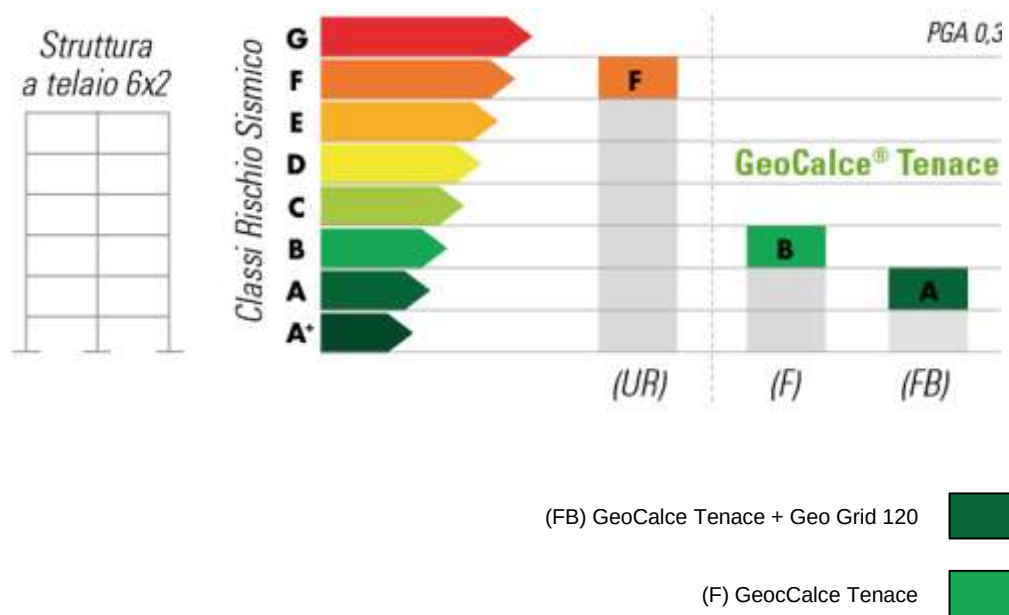
# PREVENZIONE ANTIRIBALTAMENTO PER ELEMENTI DI TAMPONAMENTO NUOVI

## Fase dei test fuori piano



# PREVENZIONE ANTIRIBALTAMENTO PER ELEMENTI DI TAMPONAMENTO NUOVI

## Risultati delle sperimentazioni





# TAV 20 CUCITURA RIVESTIMENTI DI FACCIATA

## Casi di studio: Milano

- **LAVORO RAPIDO**

Operaio 1: esegue il foro pilota

Operaio 2: installare la Steel DryFix



## TAV 20 CUCITURA RIVESTIMENTI DI FACCIATA

### Casi di studio: Milano



Realizzazione fori pilota



Stuccatura finale

## TAV 20 CUCITURA RIVESTIMENTI DI FACCIATA

Casi di studio: municipio Corridonia (MC)



Installazione **Steel DryFix**



Non è necessario tagliare la parte finale delle barre



# TAV 20 CUCITURA RIVESTIMENTI DI FACCIATA

## Casi di studio: Milano



Installazione **Steel DryFix**



Particolare barre installate



Lavoro ultimato



# OUTLINE

- Tradizione e innovazione nel consolidamento strutturale
- I sistemi certificati Kerakoll: SRP, SRG, FRCC e FRC
- Inquadramento normativo dei sistemi di rinforzo
  - Certificazione
  - Progettazione
- I sistemi Kerakoll per il rinforzo di strutture in muratura
- I sistemi Kerakoll per il rinforzo tamponature e rivestimenti
- **I sistemi Kerakoll per il rinforzo di strutture in c.a.**
- Strumenti per la progettazione

## DEGRADO DEGLI EDIFICI IN C.A.

Il calcestruzzo invecchia a causa della presenza del Cemento Portland



**Degrada:** nel tempo a causa dei suoi elementi costituenti



**Fessura:** per la proprietà intrinseca di ritirare

# DEGRADO DEGLI EDIFICI IN C.A.

Il calcestruzzo invecchia a causa della presenza del Cemento Portland



**Primo degrado: L'Opera nuova**



**Secondo degrado: L'Opera ripristinata**



# IL RIPRISTINO STRATIFICATO

L'uso delle comuni malte polimero-cemento per il ripristino stratificato è una soluzione molto complessa e critica. Non dura nel tempo e spesso non risolve il problema.



**4 prodotti, 4 strati, 4 fasi applicative, 6 giorni di lavoro**



**Ripristino stratificato**

# IL RIPRISTINO STRATIFICATO

Un sistema superato che non risolve il problema



# GEOLITE

## Tripla marcatura CE, tripla sicurezza



- **Marcatura**
  - ✓ EN 1504-7: passivazione barre
  - ✓ EN 1504-3: ricostruzione e rasatura
  - ✓ EN 1504-2: protezione delle superfici
- **Elevata tixotropia**
- **Elevata reattività con stabilità dimensionale**
- **Superiori resistenze chimico-meccaniche senza uso di additivi**



# GEOLITE

## Ripristino monolitico



- 2 prodotti, 2 fasi realizzative, **5 ore di lavoro**
- Nasce il primo ripristino del calcestruzzo per **cristallazione**
- Grazie alle innovative geomalte a base di **GeoLegante** i ripristini monolitici risultano **stabili e duraturi**



# GEOLITE

## Personalizzabile per il cantiere



**Interventi estesi**  
**Applicazione meccanizzata**  
**Clima caldo**

**Interventi localizzati**  
**Applicazione manuale**  
**Clima freddo**

# GEOLITE MAGMA

## Tripla marcatura CE, tripla sicurezza

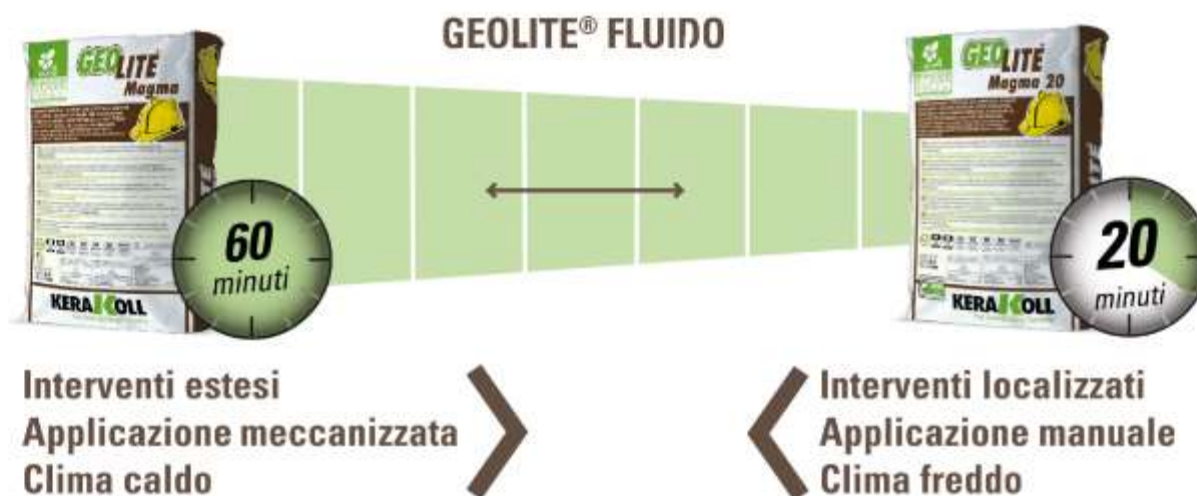


- **Marcatura**
  - ✓ EN 1504-7: passivazione barre
  - ✓ EN 1504-3: ricostruzione e rasatura
  - ✓ EN 1504-6: ancoraggi
- **Autocompattante**
- Elevata reattività con stabilità dimensionale
- Superiori **resistenze chimico-meccaniche** senza uso di additivi



# GEOLITE MAGMA

## Personalizzabile per il cantiere



RIPRISTINO CORDOLI IN CLS



RINGROSSO PILASTRI



FISSAGGI



INGHISAGGI

# GEOLITE GEL

La matrice organica per tutte le applicazioni su supporti altamente prestazionali



- **Marcatura**
  - ✓ EN 1504-4: incollaggio strutturale
  - ✓ EN 1504-6: ancoraggio strutturale
- Ottima bagnabilità del supporto: **non richiede l'uso del Primer**
- Reazione al fuoco: Euroclasse **C-s2,d0**
- Elevata  $T_g = 60^{\circ}\text{C}$
- Lunga lavorabilità in cantiere
  - ✓ 90 min a  $20^{\circ}$
  - ✓ 40 min a  $30^{\circ}$
  - ✓ 30 min a  $35^{\circ}$

# GEOLITE GEL

## La matrice organica che preserva la salute degli operatori



- **EC1 Plus –GEV EMICODE:** a bassissima emissione di VOC
- **GreenBuilding Rating ECO 4**

|                                                                                      |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |  |  |  |
|                                                                                      | ✓                                                                                   | ✓                                                                                   | ✓                                                                                   |                                                                                     | ✓                                                                                   |
|                                                                                      | Contenuto di minerali naturali 47,3%                                                | Bassissime emissioni VOC                                                            | Esente da solventi                                                                  |                                                                                     | Non tossico o non pericoloso                                                        |



# INNOVAZIONE KERAKOLL

**SRG = Steel Reinforced Grout per il cemento armato**



Tessuto unidirezionale in fibra di  
**acciaio galvanizzato UHTSS**



Matrice minerale per il  
ripristino del **cls**



# INNOVAZIONE KERAKOLL

**SRP = Steel Reinforced Polymer per il cemento armato**



Tessuto unidirezionale in fibra di  
**acciaio galvanizzato UHTSS**



**Resina epossidica  
bicomponente**



# INNOVAZIONE KERAKOLL

FRC = Fiber Reinforced Concrete



Micro fibre di **acciaio ad altissima resistenza**



Matrice minerale fluida per il ripristino del **cls**





## Progettazione



Consiglio Nazionale  
delle Ricerche

CNR-DT 204  
08/2008



**GeoForce**one  
Software

## Certificazione



*Consiglio Superiore  
dei Lavori Pubblici*

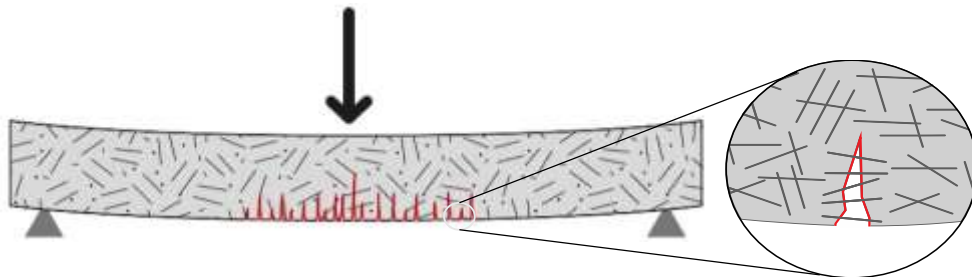
Linee guida italiane CVT  
04/2019



Prove concluse  
Valutazione documentazione in  
corso presso C.S.LL.PP.

## FRC

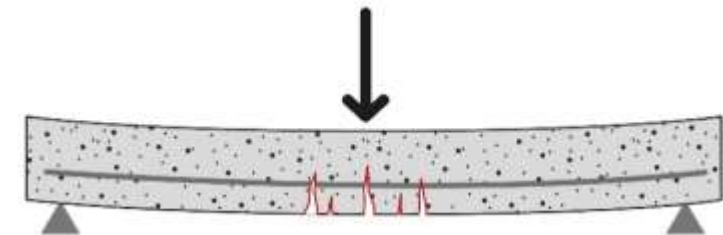
- Armatura diffusa su tutta la matrice
- Maggiore **duttilità** e **tenacità**
- Effetto di **cucitura delle lesioni**
- Apertura di fessure multiple, vicine tra loro, ma di ampiezza ridotta
- Migliora la resistenza agli **urti**



vs

## Sistema Tradizionale

- Armatura localizzata solo in un punto
- Apertura di poche lesioni di grande dimensione



# SISTEMI GEOLITE FRC

## Plus di sistema

- Non necessità di armatura integrativa
- A basso spessore
- Alte prestazioni meccaniche
- Posa facile e veloce





# SISTEMI GEOLITE FRC

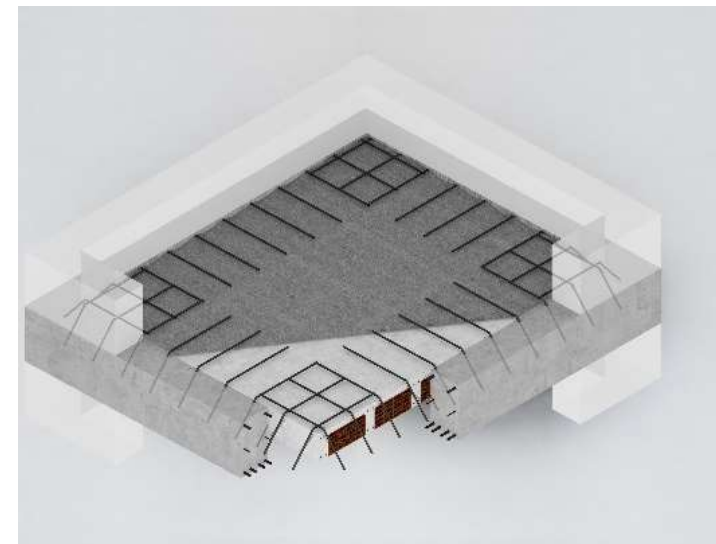
## Interventi



Ringrosso di sezione



Rinforzo a flessione

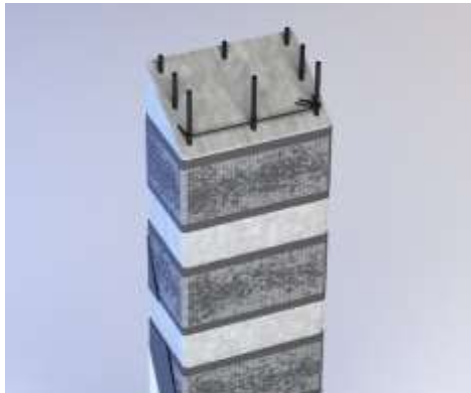


Piano rigido

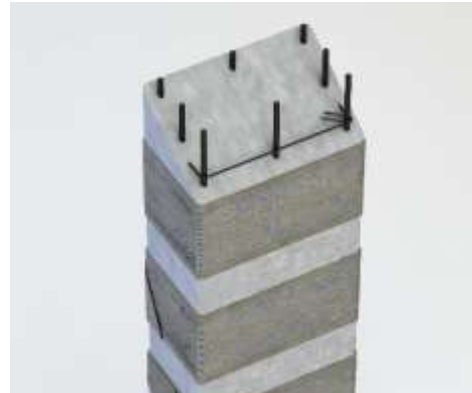
Solai in laterocemento, acciaio, legno...

# SISTEMI DI RINFORZO

SRG



SRP



FRC



Ringrosso



Incremento di prestazione  
Incremento di spessore



Spessore 1-2 cm



Spessore 1-2 cm



Spessore 1,5-4 cm



Spessore >5 cm

# PREPARAZIONE SUPPORTO IN C.A.

La preparazione del supporto è fondamentale per il funzionamento del rinforzo



Rugosità superficie in funzione della matrice

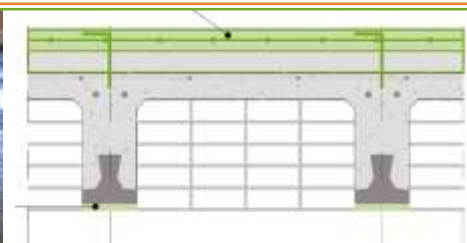


Umidificare la superficie nel caso di SRG e FRC

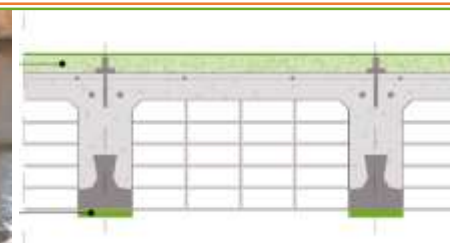


Smussare gli spigoli in presenza di cerchiature nel caso di SRP e SRG

# INTERVENTI SUI SOLAI ESISTENTI



RINFORZO TRADIZIONALE

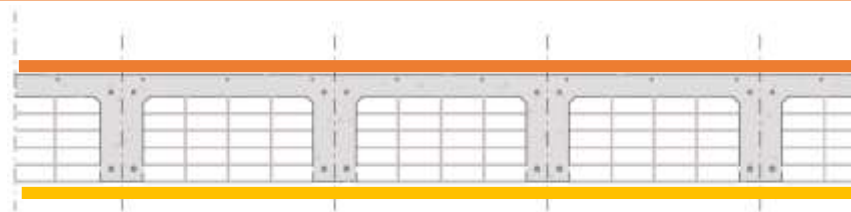


RINFORZO A FLESSIONE CON **FRC**



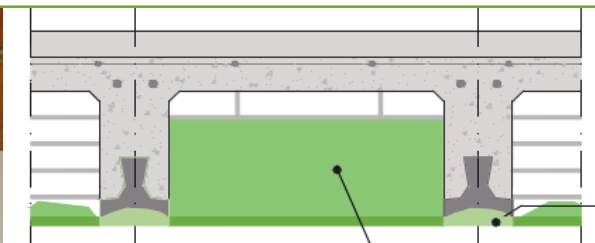
PIANO RIGIDO CON **FRC**

## ESTRADOSSO

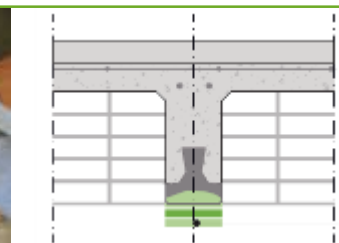


## INTRADOSSO

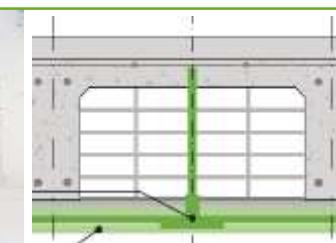
Riparazione



RINFORZO A FLESSIONE CON **SRG - SRP**



Antisfondellamento





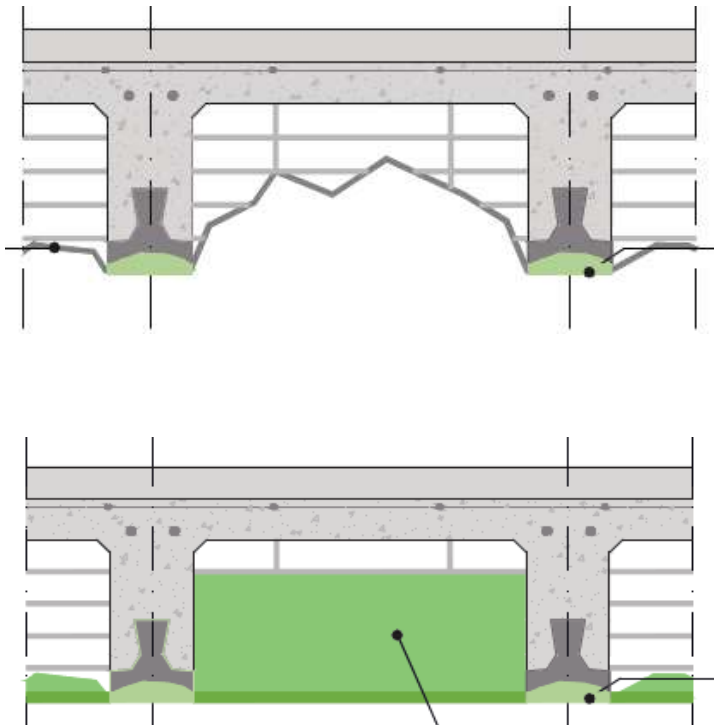
# MECCANISMI DI DANNO SOLAIO IN LATEROCEMENTO

Danneggiamento causato da infiltrazioni, degrado, ecc...



# MECCANISMI DI DANNO SOLAIO IN LATEROCEMENTO

## Riparazione e ripristino della planarità



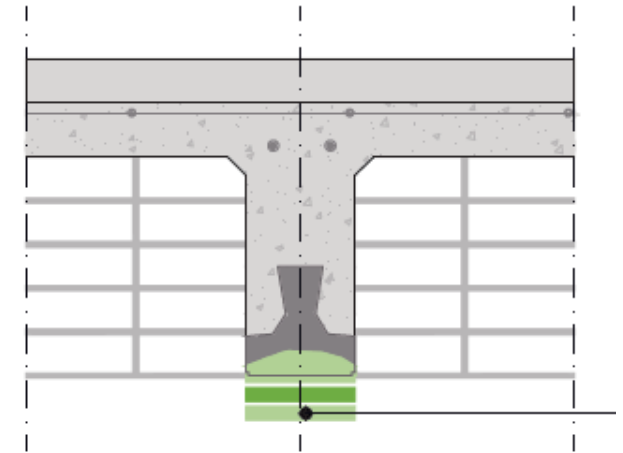
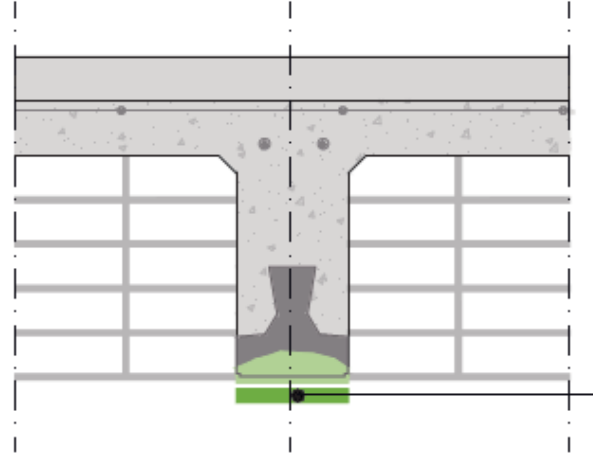
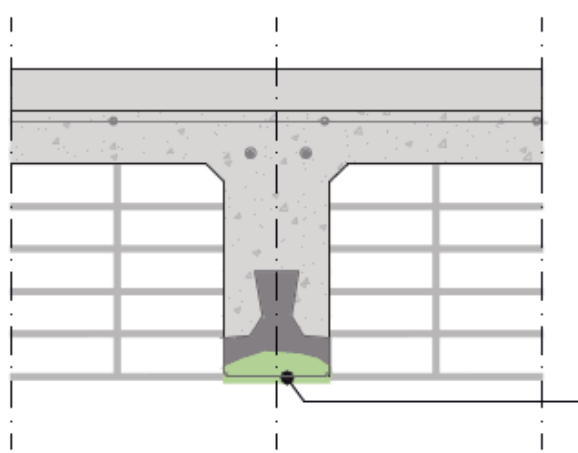
Ricostruzione travetto con  
**GeoLite**



Riempimento pignatta con  
EPS incollato e rasato con  
**Keraklima Eco Granello**

# TAV 9 RINFORZO A FLESSIONE TRAVETTI IN C.A.

## Incremento Momento resistente a flessione positiva





# TAV 10A PREVENZIONE ANTISFONDELLAMENTO

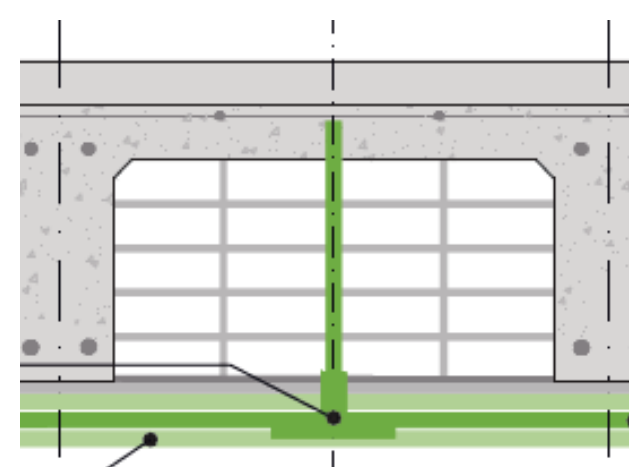
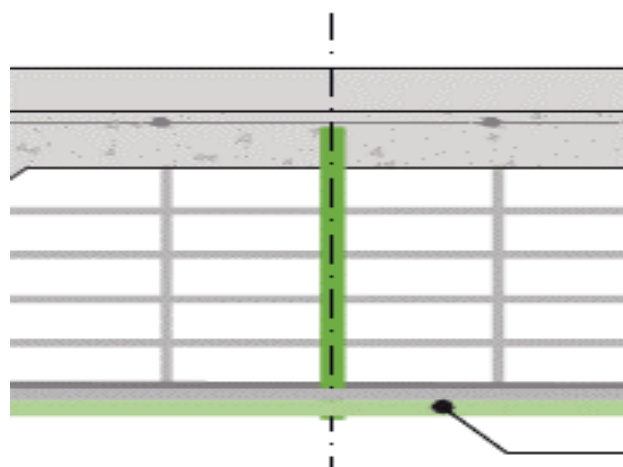
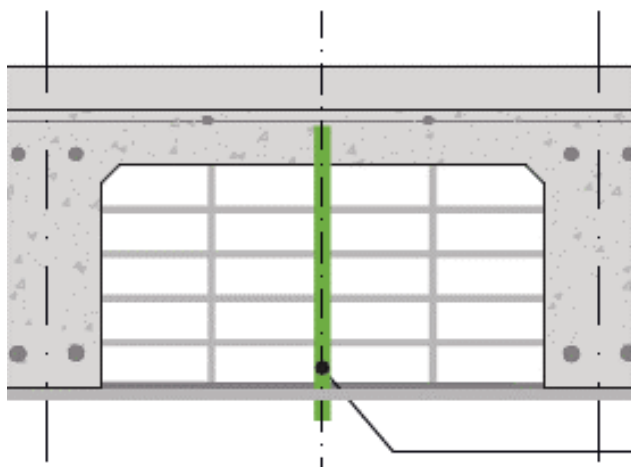
Applicabile anche su supporto intonacato





# TAV 10A PREVENZIONE ANTISFONDELLAMENTO

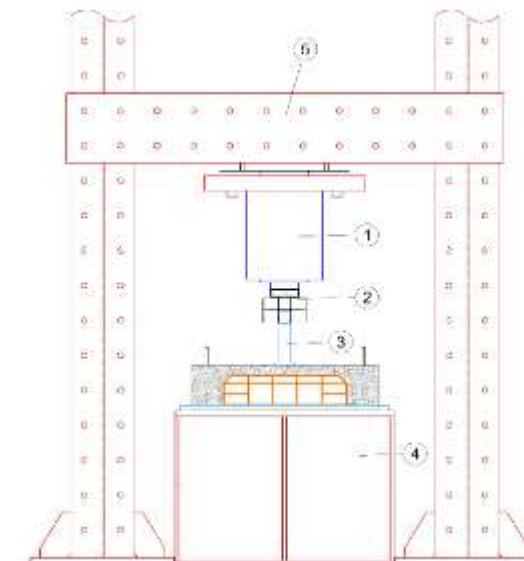
Applicabile anche su supporto intonacato



# TAV 10A PREVENZIONE ANTISFONDELLAMENTO

## Validazione universitaria

- Capacità portante sistema: **4160 Kg/mq**
- **40 volte** superiore al carico da sfondellamento
- **4 volte** superiore ai sistemi con rete in fibra di vetro



# TAV 10B RIPRISTINO E PREVENZIONE ANTISFONDELLAMENTO

Applicabile solo su supporto stonacato



# TAV 10B RIPRISTINO E PREVENZIONE ANTISFONDELLAMENTO

Applicabile solo su supporto stonacato



Applicazione prima mano  
**GeoCalce Multiuso**



Installazione **Geo Grid 120**



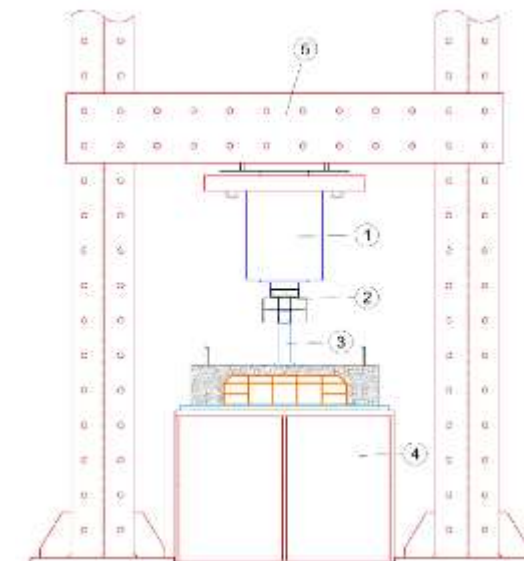
Applicazione seconda mano  
**GeoCalce Multiuso**



# TAV 10B RIPRISTINO E PREVENZIONE ANTISFONDELLAMENTO

## Validazione universitaria

- Capacità portante sistema: **5900 Kg/mq**
- **60 volte** superiore al carico da sfondellamento
- **5 volte** superiore ai sistemi con rete in fibra di vetro



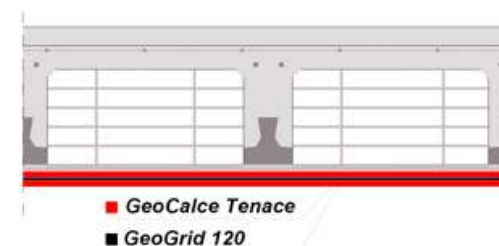
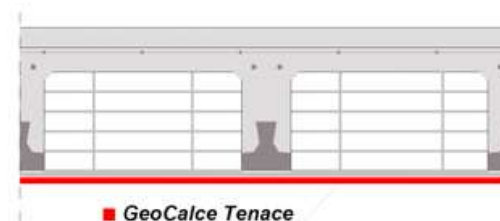
# TAV 10B RIPRISTINO E PREVENZIONE ANTISFONDELLAMENTO

## Caso di studio: Grosseto



# PREVENZIONE ANTISFONDELLAMENTO SU SOLAI NUOVI E NON INTONACATI

Applicabile solo su nuovo o non intonacato





# PREVENZIONE ANTISFONDELLAMENTO SU SOLAI NUOVI E NON INTONACATI

## Fasi applicative dei sistemi con GeoCalce Tenace



*Stesura del primo strato di GeoCalce Tenace*



*Applicazione della rete Geo Grid 120*



# PREVENZIONE ANTISFONDELLAMENTO SU SOLAI NUOVI E NON INTONACATI

## Crisi dei campioni testati



*Crisi del campione con solo GeoCalce Tenace*



*Crisi del campione con GeoCalce Tenace e Geo Grid 120*

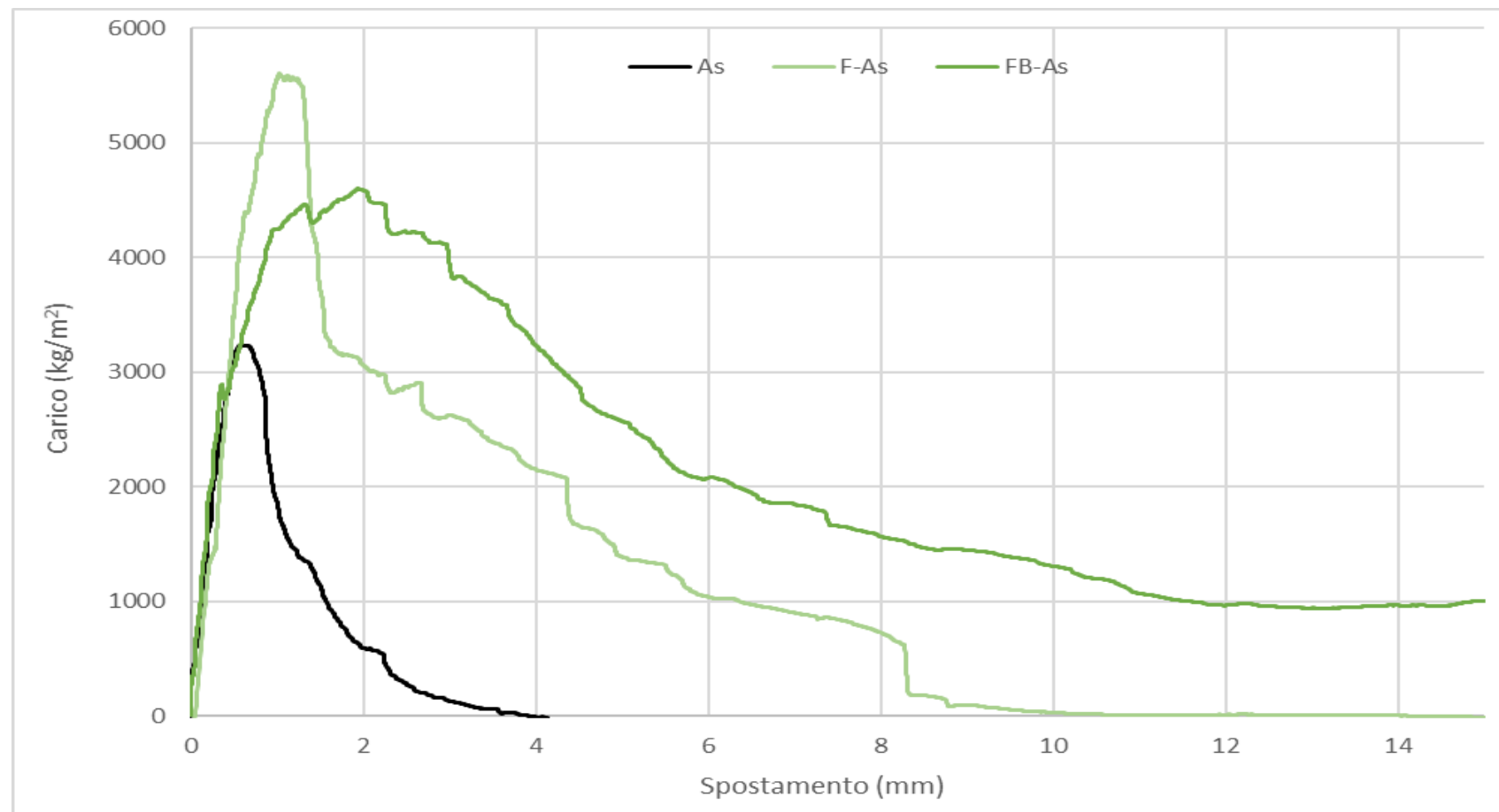
# PREVENZIONE ANTISFONDELLAMENTO SU SOLAI NUOVI E NON INTONACATI

## Risultati delle sperimentazioni

As = non rinforzato

F-As = GeoCalce Tenace

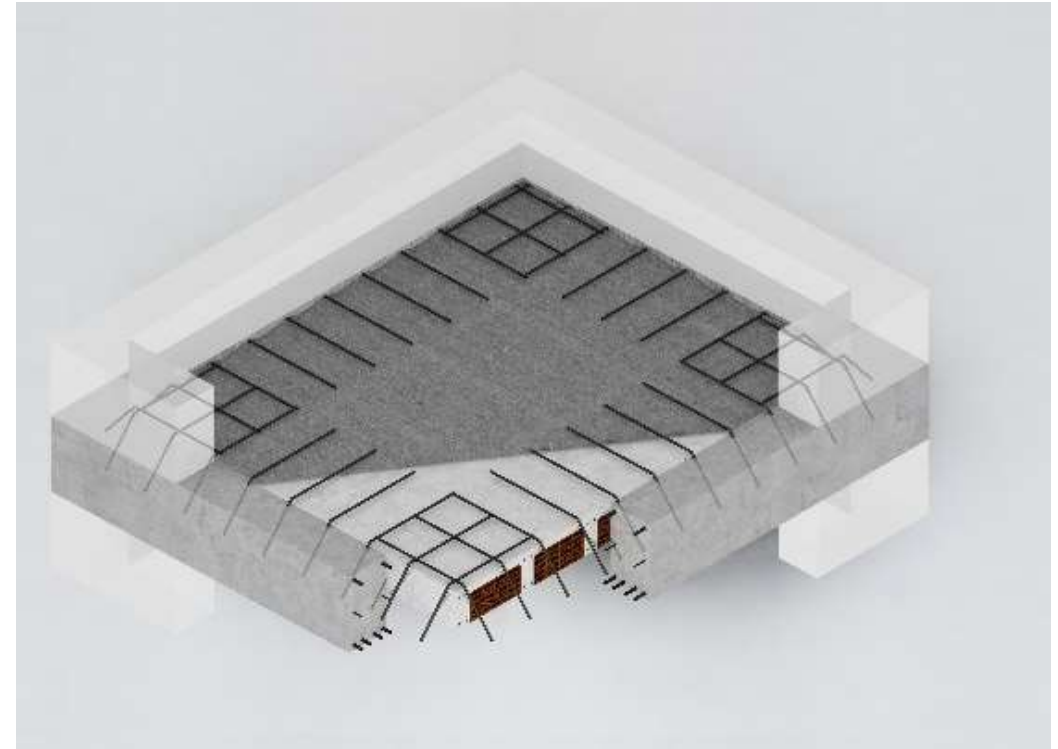
FB-As = GeoCalce Tenace +  
GeoGrid 120



# RINFORZO ESTRADOSSALE SU SOLAIO



RINFORZO A FLESSIONE: carichi verticali



PIANO RIGIDO: azione sismica

### C8.7.4.1 CRITERI D'INTERVENTO SU EDIFICI ESISTENTI

Il ruolo primario dei solai è quello di **sostenere i carichi verticali**, ma la loro funzione durante lo **scuotimento sismico** è quella di **trasferire le azioni orizzontali alle pareti** e di scongiurare l'attivazione dei meccanismi fuori piano delle pareti collegandole efficacemente. I solai devono pertanto essere ben ancorati alle murature, soprattutto a quelle perimetrali.

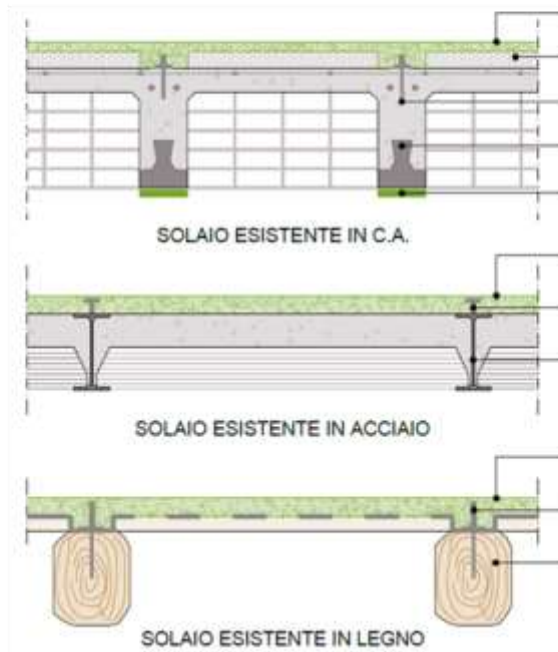
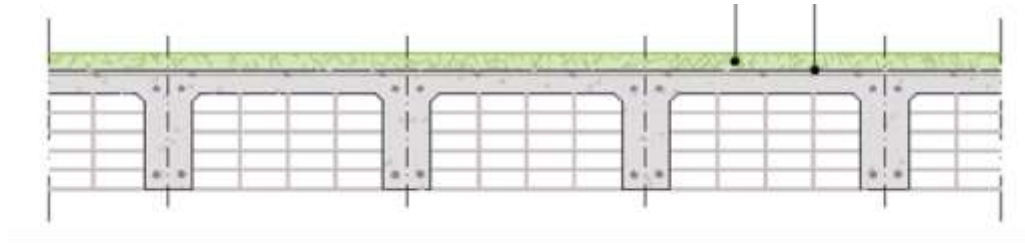
### 7.2.6 MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA E DELL'AZIONE SISMICA

Gli orizzontamenti piani possono essere considerati infinitamente rigidi nel loro piano medio a condizione che siano realizzati in calcestruzzo armato, oppure in latero-cemento con soletta in calcestruzzo armato di almeno 40 mm di spessore, o in struttura mista con soletta in calcestruzzo armato di almeno 50 mm di spessore collegata agli elementi strutturali in acciaio o in legno da connettori a taglio opportunamente dimensionati.



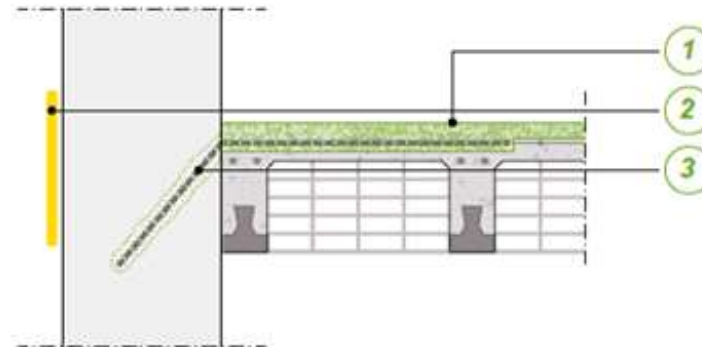
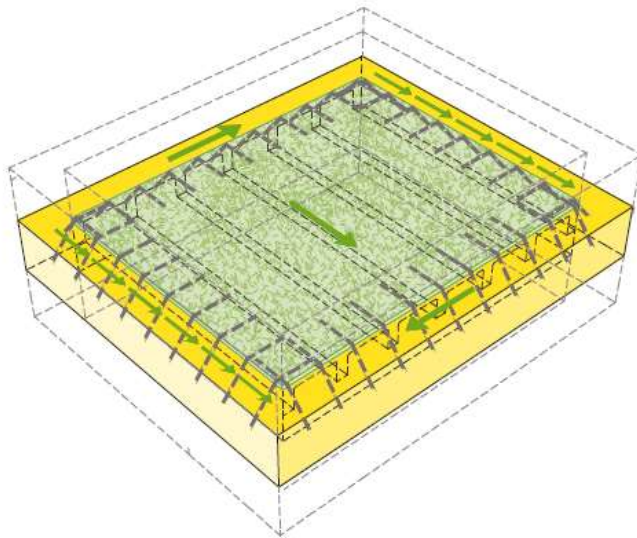
# TAV 11B RINFORZO A FLESSIONE

## Incremento della resistenza a flessione



# TAV 11C REALIZZAZIONE PIANO RIGIDO

## Trasferimento forze orizzontali alle murature in modo uniforme



CORDOLO IN TESSUTO DI FIBRA DI ACCIAIO  
GALVANIZZATO **GEOSTEEL G600/G1200** ALLETTATO CON  
MALTA DI PURA CALCE IDRAULICA NATURALE NHL3.5  
**GEOCALCE® F ANTISISMICO** + CONNETTORE COSTITUITO  
DA BARRA IN ACCIAIO



# MECCANISMI DI DANNO PILASTRI

Crisi confinamento e taglio, principalmente causata per mancanza di staffe





# TAV 3A RINGROSSO DI SEZIONE

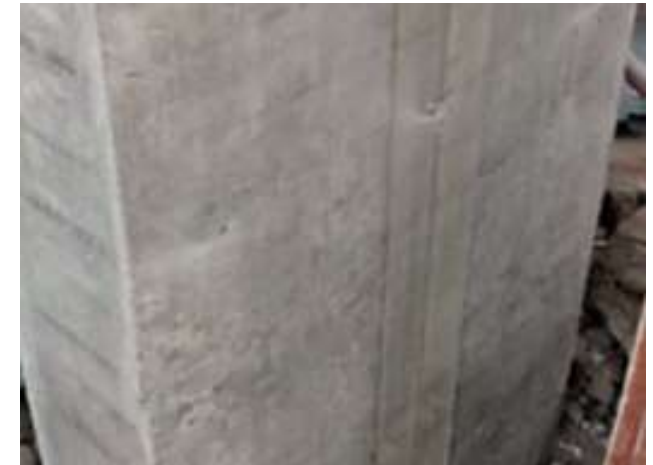
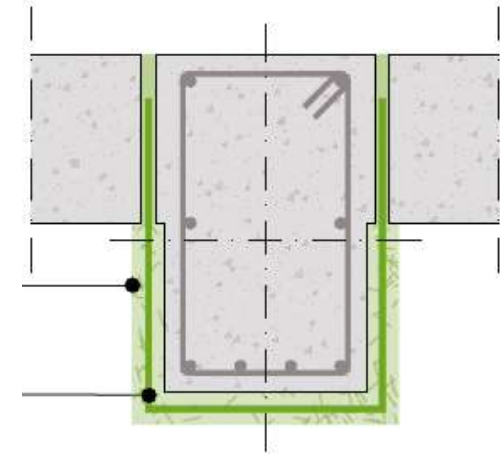
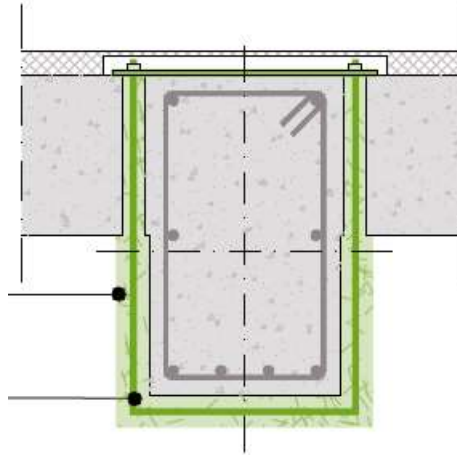
Con integrazione di armatura





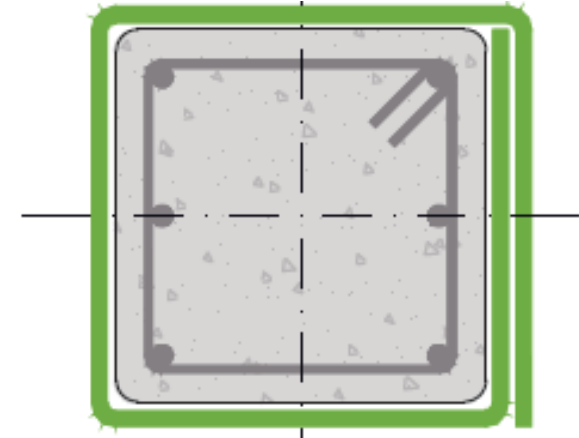
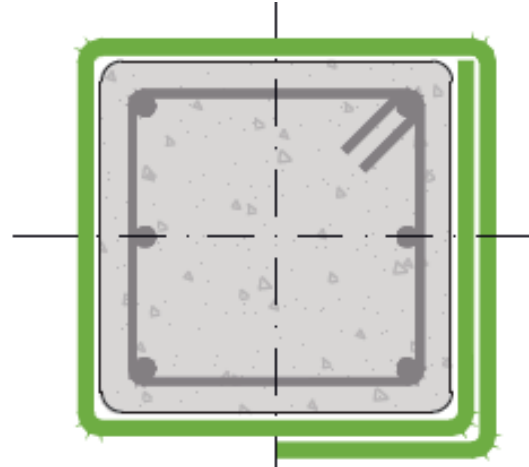
## TAV 3B RINFORZO DI ELEMENTI IN C.A.

Incremento resistenza a flessione, taglio e confinamento



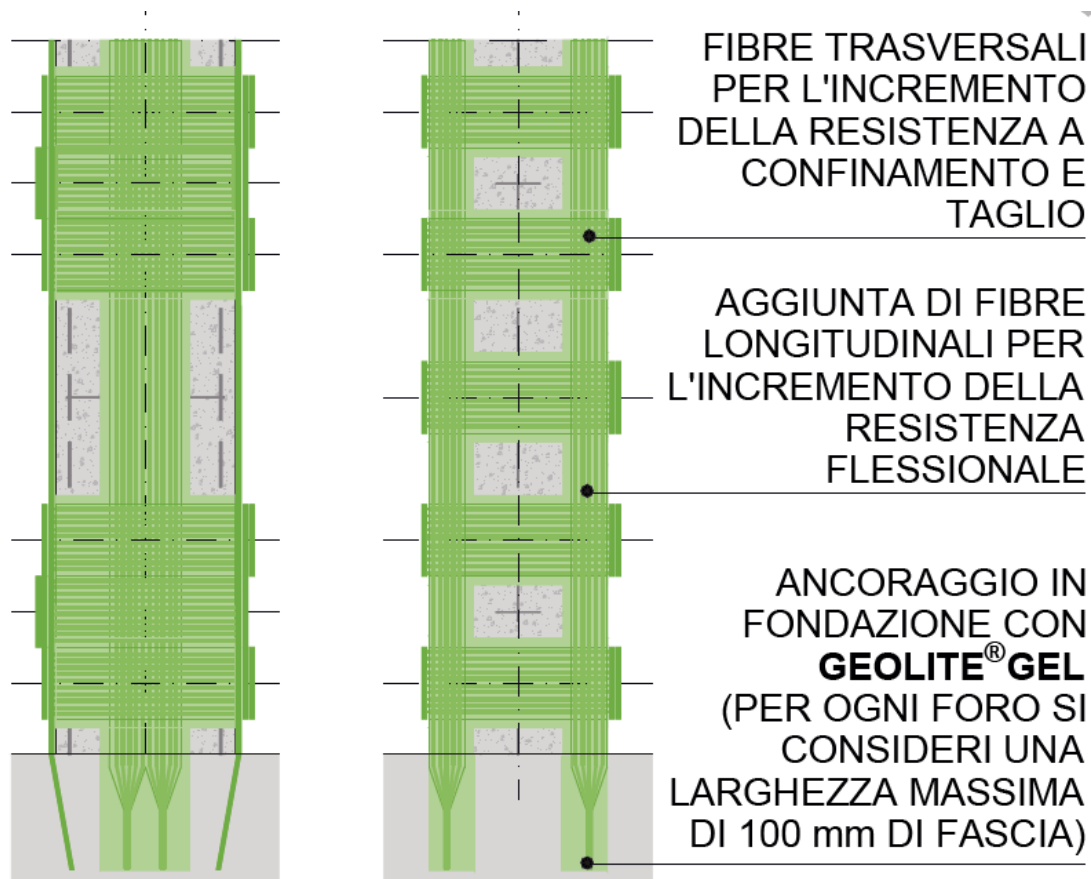
# TAV 5-6 RINFORZO A PRESSOFLESSIONE PILASTRI

Incremento di resistenza a taglio e confinamento



# TAV 5-6 RINFORZO A PRESSOFLESSIONE PILASTRI

## Incremento resistenza a flessione, taglio e confinamento





## TAV 5-6 RINFORZO A PRESSOFLESSIONE PILASTRI

Ancoraggio in continuità grazie alla sfiochettiatura del tessuto



Ancoraggio **discontinuo**



Ancoraggio **continuo**



Ancoraggio **continuo**



# MECCANISMI DI DANNO TRAVI

Crisi per flessione e taglio, causa principale degrado copriferro e armatura



Deterioramento armatura longitudinale



Deterioramento staffe

## TAV 12-13 RINFORZO A FLESSIONE

### Incremento momento resistente a flessione



Appoggi trave, rinforzo a **flessione negativa** estradosso

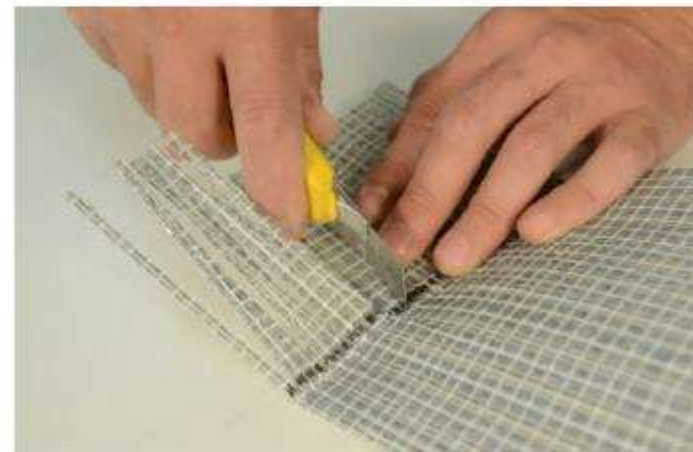
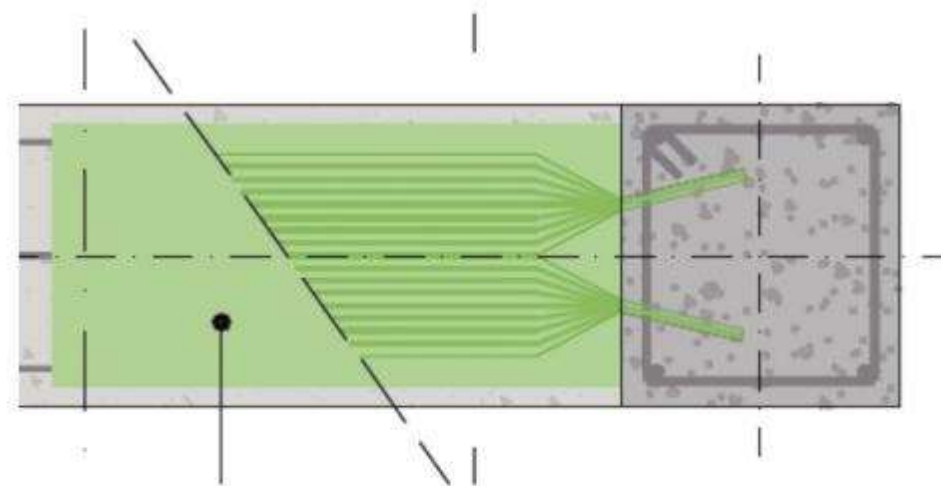


Mezzeria trave, rinforzo a **flessione positiva** intradosso

## TAV 12-13 RINFORZO A FLESSIONE

### Ancoraggio in continuità, soluzione 1

- La tecnologia di **GeoSteel Hardwire™**, permette un ancoraggio in continuità mediante la semplice sfioccatura, tagliando la rete di supporto del tessuto.
- Lo sfiocco così creato, sarà inghisato e opportuno ancorato all'interno del pilastro con **GeoLite® Gel**.



## TAV 12-13 RINFORZO A FLESSIONE

### Ancoraggio in continuità, soluzione 2

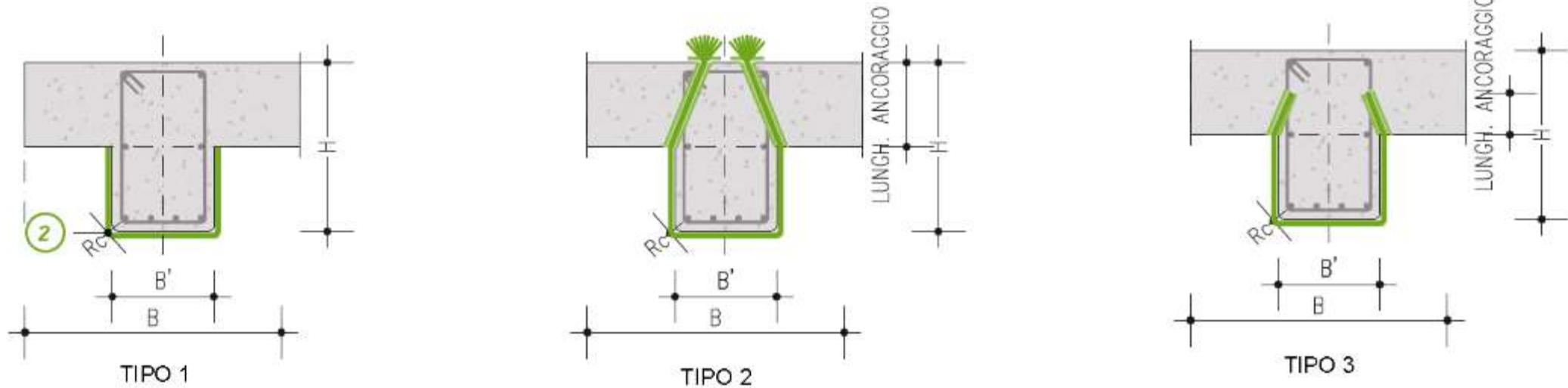
- Se non è possibile forare il pilastro, si può risvoltare il tessuto **GeoSteel Hardwire™** disposto come rinforzo a flessione al di sotto del tessuto posizionato come rinforzo a confinamento del pilastro.





## TAV 14-15 RINFORZO A TAGLIO

È necessario ancorare il rinforzo a taglio in zona compressa



# TAV 14-15 RINFORZO A TAGLIO

## Caso di studio: Condominio Avigliano (TR)



Ancoraggio **discontinuo**  
con fiocco carbonio **FRP**



Ancoraggio **in continuità**  
con **SRP**



# MECCANISMI DI DANNO NODO

## Crisi per mancato confinamento pannello di nodo



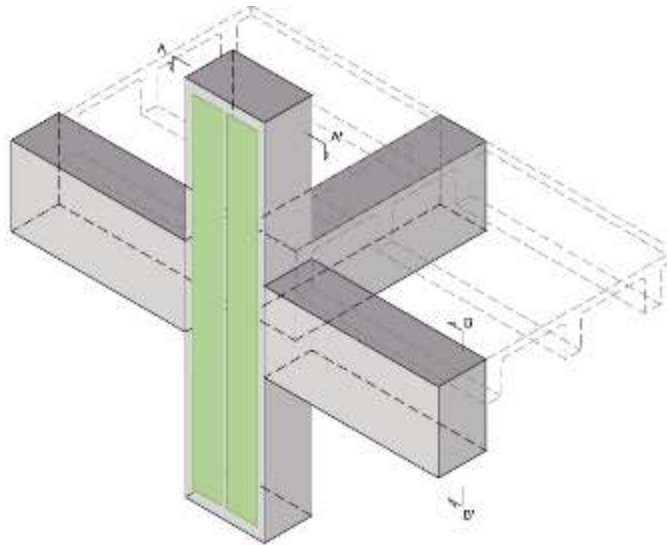
Nodo d'angolo



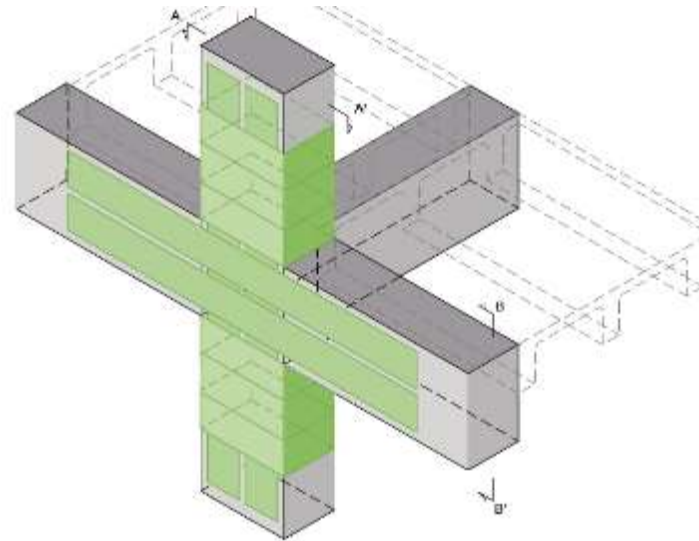
Nodo di facciata

# TAV 7-8 NODO NON CONFINATO

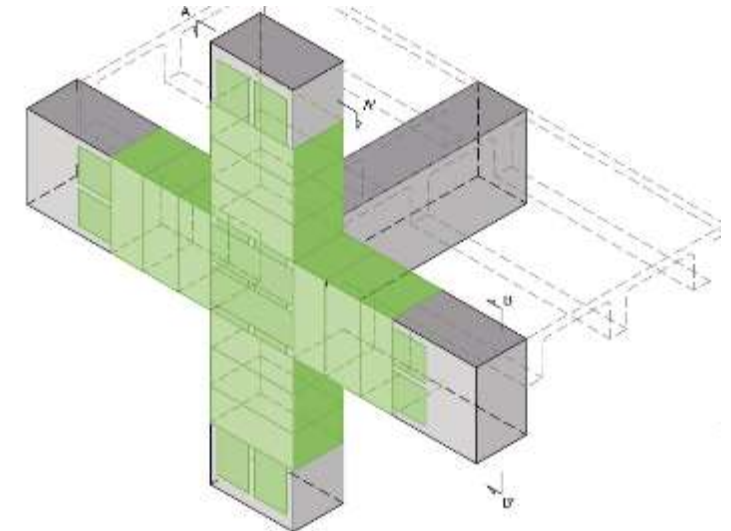
## Nodo di facciata



Rinforzo flessione pilastro



Rinforzo longitudinale trave e confinamento pilastro

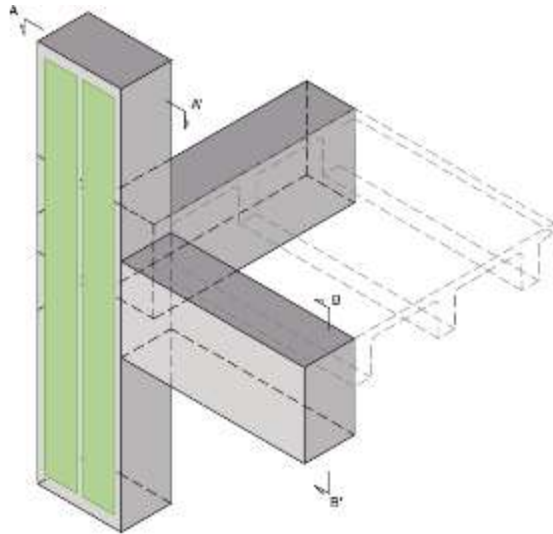


Rinforzo a taglio travi

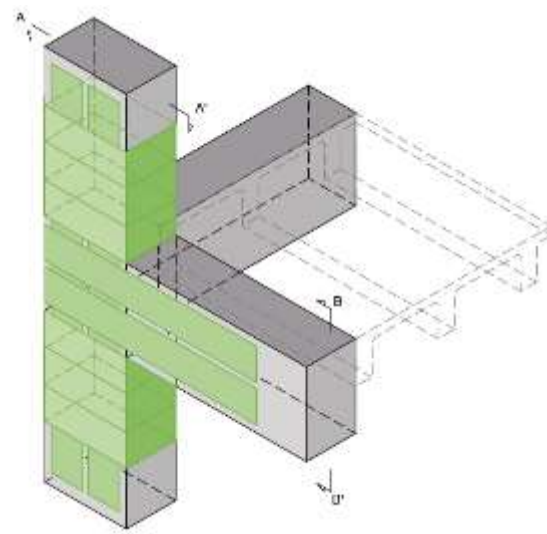


# TAV 7-8 NODO NON CONFINATO

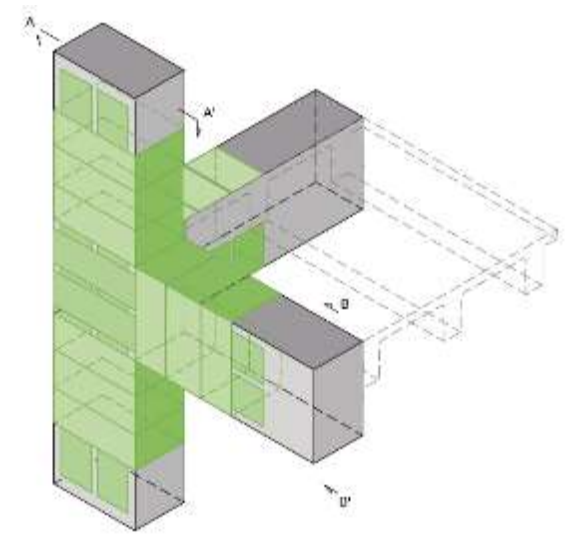
## Nodo d'angolo



Rinforzo flessione pilastro



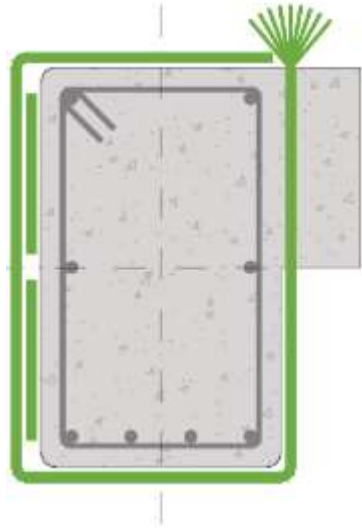
Rinforzo longitudinale trave  
e confinamento pilastro



Rinforzo a taglio travi

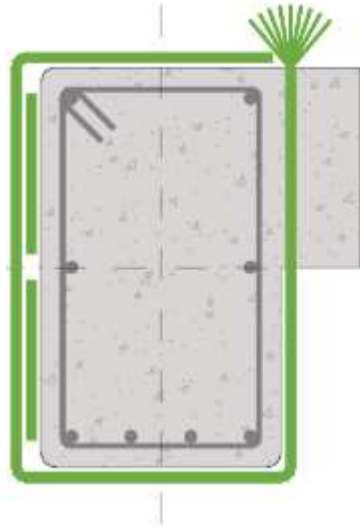
# TAV 7-8 NODO NON CONFINATO

## Caso di studio nodo d'angolo SRP: Edificio Privato, Torino



## TAV 7-8 NODO NON CONFINATO

Caso di studio nodo d'angolo SRG: Scuola Cesare De Lollis, Chieti



# OUTLINE

- Tradizione e innovazione nel consolidamento strutturale
- I sistemi certificati Kerakoll: SRP, SRG, FRCCM e FRC
- Inquadramento normativo dei sistemi di rinforzo
  - Certificazione
  - Progettazione
- I sistemi Kerakoll per il rinforzo di strutture in muratura
- I sistemi Kerakoll per il rinforzo tamponature e rivestimenti
- I sistemi Kerakoll per il rinforzo di strutture in c.a.
- **Strumenti per la progettazione**





## SISTEMI STRUTTURALI KERAKOLL

servizio tecnico di consulenza alla progettazione per il rinforzo strutturale

TECNOLOGIA PRODOTTI RICERCA PROGETTAZIONE FORMAZIONE CONTATTI

AREA DOWNLOAD



### Servizi di consulenza alla progettazione

Un team di professionisti al servizio del progettista per fornire assistenza tecnica a supporto della progettazione, con soluzioni dedicate su misura per ogni situazione di cantiere.

[RICHIEDI CONSULENZA](#)

### Assistenza tecnica in cantiere

L'assistenza in loco ricopre un ruolo importante nel servizio fornito da Kerakoll, al fine di poter valutare insieme al progettista la migliore soluzione e fornire l'assistenza in cantiere durante la realizzazione dell'intervento. Richiedi il sopralluogo del nostro tecnico di zona.

[RICHIEDI SOPRALLUOGO IN CANTIERE](#)

## AREA DOWNLOAD

### MANUALE TECNICO STRUTTURALE

#### MANUALE TECNICO STRUTTURALE

Tavole in formato pdf

Capitoli 1, 2, 3A e 3B

[SCARICA](#)

#### MANUALE TECNICO STRUTTURALE

Tavole in formato dwg

Capitolo 1: consolidamento di strutture in C.A., C.A.P. e prefabbricate

[SCARICA](#)

#### MANUALE TECNICO STRUTTURALE

Tavole in formato dwg

Capitolo 2: consolidamento di pareti di tamponamento in strutture intelaiate in C.A.

[SCARICA](#)

#### MANUALE TECNICO STRUTTURALE

Tavole in formato dwg

Capitolo 3A: consolidamento di strutture in muratura portante di laterizio, tufo e pietra naturale

[SCARICA](#)

#### MANUALE TECNICO STRUTTURALE

Tavole in formato dwg

Capitolo 3B: consolidamento di archi, volte, cupole in muratura di laterizio, tufo e pietra naturale

[SCARICA](#)

### VOCI ANALISI PREZZO

#### VOCI ANALISI PREZZO

Voci analisi prezzo Excel

Voci di capitolato e analisi prezzo per tutte le tavole del Manuale Tecnico Strutturale

[SCARICA](#)

# STRUMENTI PER LA PROGETTAZIONE E PER IL CANTIERE



# GEOFORCE ONE . 1.14

## Download software, documentazione e attivazione licenza



### SISTEMI STRUTTURALI KERAKOLL

servizio tecnico di consulenza alla progettazione per il rinforzo strutturale

TECNOLOGIA PRODOTTI RICERCA PROGETTAZIONE FORMAZIONE CONTATTI

AREA DOWNLOAD

AREA DOWNLOAD

#### SOFTWARE

##### SOFTWARE

#### Software Geoforce One

Geoforce One - La soluzione per progettare con nuove Tecnologie Green nel consolidamento e rinforzo strutturale

SCARICA

##### SOFTWARE

#### Manuale d'uso GeoForce One

Elaborazione con MODELLO A FIBRE di sezioni ed elementi strutturali in c.a., c.a.p. e muratura. Legami costitutivi dei materiali NON LINEARI. Analisi non lineare agli elementi finiti con visualizzazione grafica 3D dei risultati

SCARICA

##### SOFTWARE

#### Documento di Validazione GeoForce One

Documentazione inerente l'affidabilità del software GeoForce One, come richiesto nei paragrafi 10.2 e successivi delle norme tecniche approvate con il Decreto del Ministero Infrastrutture e Trasporti del 17 Gennaio 2018

SCARICA

##### SOFTWARE

#### Guida all'interazione GeoForce One-Aedes.PCM

La presente guida è finalizzata all'utilizzo del software GeoForce One come supporto all'analisi lineare e non-lineare di strutture fibro-rinforzate all'interno del software Aedes PCM.

SCARICA

##### SOFTWARE

#### GeoForce One - video tutorial

Video tutorial propedeutici all'utilizzo di GeoForce One

SCARICA

##### SOFTWARE

#### GeoForce One - modello di relazione arco/volta

Modello di relazione di calcolo degli elementi arco e volta modellabili all'interno del software GeoForce One

SCARICA



**GeoForce one**  
Software

PROGETTARE IL CONSOLIDAMENTO, RINFORZO STRUTTURALE E SICUREZZA SISMICA CON NUOVE TECNOLOGIE GREEN.

1. Registrati dall'area download
2. **Contattaci** per attivare la licenza gratuita

### Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo: NTC 2018 cap. 10 par. 2

«...Il progettista dovrà quindi esaminare preliminarmente la documentazione a corredo del software per valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico. In tal senso la **documentazione, che sarà fornita dal produttore o dal distributore del software, dovrà contenere una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati, per i quali dovranno essere forniti i file di input necessari a riprodurre l'elaborazione.**»

#### SOFTWARE

##### Documento di Validazione GeoForce One

Documentazione inerente l'affidabilità del software GeoForce One, come richiesto nei paragrafi 10.2 e successivi delle norme tecniche approvate con il Decreto del Ministero Infrastrutture e Trasporti del 17 Gennaio 2018

SCARICA



# GEOFORCE ONE . 1.14

## Manuale d'uso e tutorial Youtube

**SOFTWARE**

### Manuale d'uso GeoForce One

Elaborazione con MODELLO A FIBRE di sezioni ed elementi strutturali in c.a., c.a.p. e muratura. Legami costitutivi dei materiali NON LINEARI. Analisi non lineare agli elementi finiti con visualizzazione grafica 3D dei risultati

SCARICA

**SOFTWARE**

### GeoForce One - video tutorial

Video tutorial propedeutici all'utilizzo di GeoForce One

SCARICA



## LEZIONE 01.

Introduzione all'interfaccia grafica

▶ RIPRODUCI TUTTI KERA KOLL

### GeoForce One - video tutorial

22 video • 19.456 visualizzazioni • Ultimo aggiornamento in data 13 mar 2017

≡ ✂ ➦ ...



Kerakoll Channel

ISCRIVITI

# GEOFORCE ONE . 1.14

## Per la progettazione dei sistemi SRP, SRG, FRCM e FRC

- Permette di verificare **sezioni di forma standard o generica** in C.A., C.A.P., legno e muratura
- Permette la **modellazione di elementi strutturali** in:
  - C.A. (travi, pilastri, nodi trave-pilastro, solai in laterocemento, diaframmi rigidi)
  - Muratura (maschi murari, architravi, cordoli/fasce di piano, archi e volte)



# MASTER STRUTTURALE

## Docenti universitari e materiale didattico di alto livello

- Slide del corso **1000 pagine**
  - ✓ Esempio di calcolo su muratura
  - ✓ Esempio di calcolo su c.a.
- Download **GeoForce One**
- **Fogli di calcolo Excel**
  - ✓ Diaframma di piano
  - ✓ Incatenamenti
  - ✓ Rinforzo estradossale solai
- Manuale tecnico in formato **DWG**
- KIT presentazione materiali
- **15 CREDITI FORMATIVI**



### DIREZIONE DEL CORSO

**Prof. Ing. Guido Camata**

Docente presso l'Università "G. D'Annunzio" di Chieti-Pescara e  
visiting professor presso l'Università del Colorado a Boulder USA,



# RE.SIS.TO.

RESISTENZA  
SISMICA TOTALE





# RE.SIS.TO.<sup>®</sup> - CASE STORY



## TECNOLOGIA

- ✓ Sistemi Compliant
- ✓ Multidevice
- ✓ Soluzione immediata e compilazione automatica
- ✓ Machine Learning
- ✓ Business Intelligence

## HISTORY

Dal 2009 fino a oggi:

- ✓ Necessità di censire edifici rapidamente
- ✓ Mondo universitario → partnership
- ✓ CA, muratura e prefabbricato
- ✓ ICT go-live!



## SVILUPPO

- ✓ Alcuni numeri: 16 Academy, 350 Certified Engineer, 1700 edifici censiti
- ✓ Business, Network e Technical Partnerships
- ✓ Altri moduli

## FUNZIONALITÀ

- ✓ Diverse tipologie strutturali su un metro omogeneo
- ✓ Indagine preliminare
- ✓ Gestione e giustificazione degli investimenti



## BUILDING TYPE

- ✓ Muratura
- ✓ Calcestruzzo Armato
- ✓ Prefabbricato

## PILLARS

- ✓ Scala cromatica di 5 classi di rischio
- ✓ -80% tempo e costi rispetto alla NTC'18
- ✓ **SISMA BONUS** compliant

## HISTORY

- ✓ 2009: anno d'invenzione
- ✓ 2012/2016: usato pre/post-eventi sismici
- ✓ 2018: ICT go-live!

## PEOPLE

- ✓ 2.000 professionisti attivi
- ✓ 1.700 edifici censiti
- ✓ 350 professionisti su area Nazionale
- ✓ 16 Academy  
(Torino, Milano, Bologna, Pavia, Trieste, Venezia, Pisa, L'Aquila, Roma, Latina, Avellino, Napoli, Bari e Catania)

