

**MANUALE TECNICO STRUTTURALE - EDIZIONE 2024**

# Guida alla progettazione di sistemi per il consolidamento, il rinforzo strutturale e la sicurezza sismica.

Prescrizioni, voci di capitolato e tavole esecutive

**kerakoll**



# Manuale del consolidamento

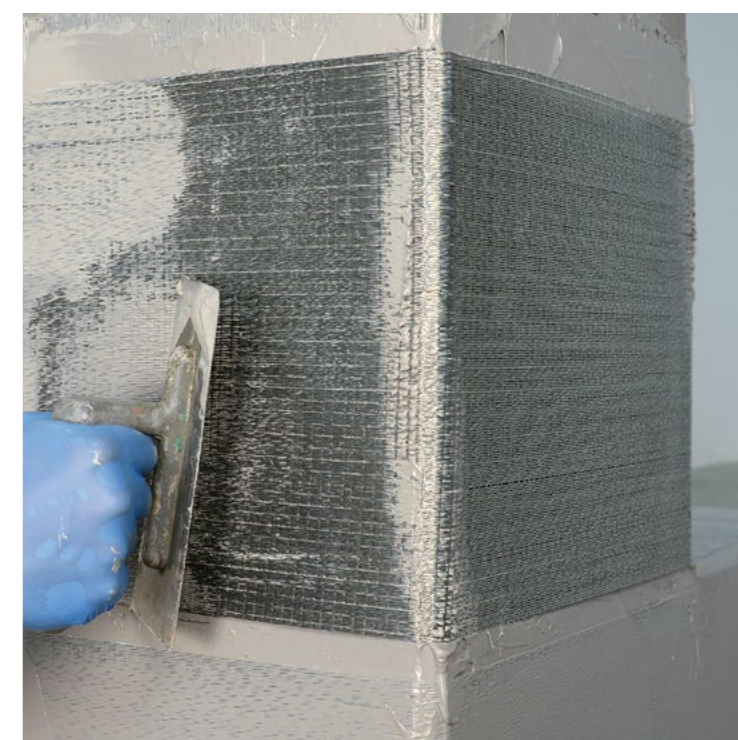
In Italia e nel resto del mondo, si contano ogni anno numerosi eventi sismici che colpiscono il patrimonio edilizio, in tutte le sue forme: dall'edilizia storica in muratura di varia natura fino alle più recenti strutture in c.a. Questi episodi hanno evidenziato problematiche legate alla presenza di murature disomogenee e in pessime condizioni di conservazione, elementi con bassissima resistenza meccanica, o elementi in c.a. realizzati con calcestruzzi scadenti o in evidente stato di degrado.

È proprio dallo studio attento della meccanica dei sistemi di rinforzo e dell'interazione con i vari materiali da costruzione che i nostri ricercatori hanno progettato moderni sistemi di rinforzo, composti da innovative matrici minerali abbinate a nuovi tessuti unidirezionali in fibra d'acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, reti in fibra naturale di basalto e acciaio Inox, fibre corte in acciaio ad alta resistenza e barre elicoidali in acciaio Inox.

Il primato della nostra metodologia di ricerca, unito alle eccellenze dei principali istituti di ricerca nazionali italiani ed esteri con cui collaboriamo, si fonda sullo sviluppo di sistemi di rinforzo, in grado di modularsi perfettamente alle resistenze e rigidità delle diverse tipologie di supporti.

Gli abbinamenti delle matrici Kerakoll con i tessuti in fibra d'acciaio e in fibra di basalto costituiscono gli innovativi sistemi di rinforzo strutturale a basso spessore, che offrono molteplici vantaggi: semplicità applicativa e performance di resistenza, modulo elastico e tenacità superiori a quelle dei più comuni sistemi compositi.

Questo Manuale Tecnico è un'utile guida pratica per i Progettisti e la Direzione Lavori, per pianificare e dirigere il cantiere in modo più semplice ed efficace.



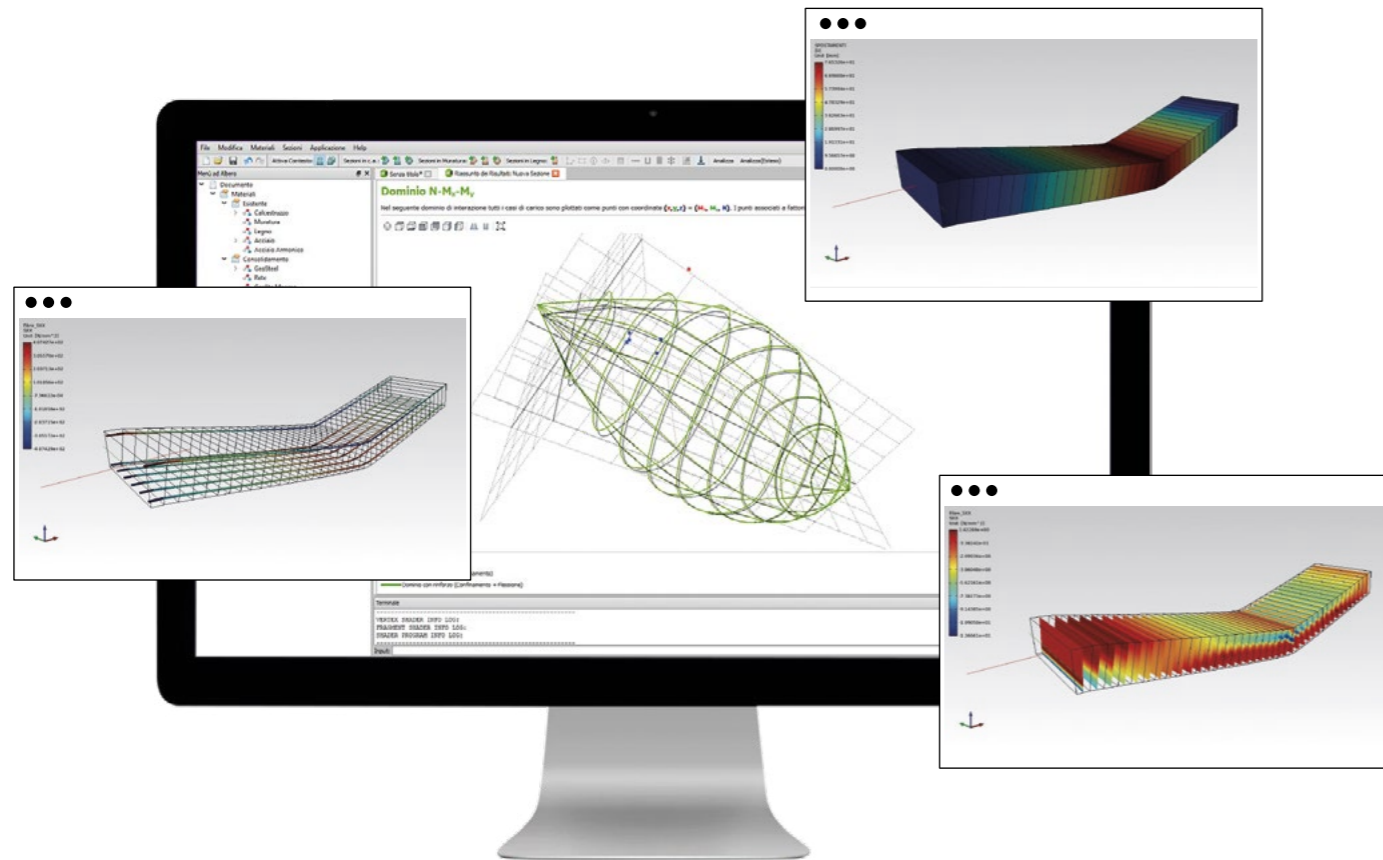
Kerakoll è socio sostenitore di





## GEORFORCE ONE, IL SOFTWARE PER PROGETTARE IL CONSOLIDAMENTO E IL RINFORZO STRUTTURALE

Geoforce one  
Software



ENGINEERED BY

# ASDEA

ASDEA è una società di ingegneria costituita da professionisti che nel corso di decenni hanno maturato significative esperienze di ricerca in campo internazionale.

La società è nata con l'obiettivo di offrire soluzioni innovative e altamente tecnologiche nel campo dell'ingegneria strutturale e opera attivamente in diversi paesi, contando più di 300 professionisti, fornendo in tutto il mondo servizi di ingegneria e architettura altamente specializzati.

L'innovativo software Geoforce One, sviluppato e concepito da Asdea per Kerakoll, permette di progettare e verificare sezioni di forma standard o generica in c.a., c.a.p., legno e muratura. Con soli tre semplici passaggi è possibile progettare e verificare il sistema di rinforzo nell'elemento strutturale. Geoforce One permette inoltre la modellazione e l'analisi di elementi strutturali quali travi/pilastri in c.a., setti, architravi, fasce di piano, archi e volte in muratura e nodi trave-pilastro.

### 1. DEFINIZIONE DELLA SEZIONE

- Generazione della geometria di sezioni di forme ricorrenti (rettangolare o circolare) tramite appositi editors
- Generazione della geometria di sezioni di forme complesse attraverso un ambiente CAD integrato
- Definizione di barre di armatura longitudinale e trasversale
- Definizione di rinforzi a flessione, taglio, confinamento e torsione
- Definizione di ringrossi di sezione
- Definizione di più casi di carico

### 2. ANALISI DELLA SEZIONE

- Verifiche a presso/tenso-flessione:
  - verifica dello stato iniziale dovuto a carichi presenti all'atto dell'applicazione del rinforzo
  - verifica allo SLE
  - verifica allo SLU
- Verifiche a confinamento, taglio e torsione: per sezioni in c.a. il legame costitutivo del cls tiene conto dell'effetto del confinamento
- Verifica per più casi di carico

### 3. VISUALIZZAZIONE ED ESPORTAZIONE DEI RISULTATI

- Generazione, visualizzazione ed esportazione di report dettagliati
- Riepilogo dei materiali utilizzati
- Risultati delle verifiche allo stato iniziale, SLE
- Risultati delle verifiche allo SLU pre e post intervento con sistemi di rinforzo Kerakoll
- Visualizzazione di domini di interazione 2D e 3D
- Visualizzazione del grafico momento-curvatura

### DEFINIZIONE DELL'ELEMENTO STRUTTURALE

- Generazione di elementi strutturali con editor ad hoc
- Elementi costruiti a partire da un numero variabile di sezioni, e loro locazione lungo l'asse dell'elemento
- Possibilità di inserire ringrossi (con o senza rinforzo) ad archi e volte

### ANALISI FEM STATICA NON LINEARE

- Definizione di carichi e condizioni al contorno
- Lancio dell'analisi statica non lineare a due step:
  - stato iniziale prima dell'applicazione del rinforzo in controllo di forze
  - stato finale con elemento rinforzato in controllo di spostamenti
- Modello di trave con integrazione della risposta sezionale tramite modello a fibre
- Legami costitutivi non lineari basati sulla teoria della plasticità e del danno continuo

### VISUALIZZAZIONE DEI RISULTATI

- Visualizzazione grafica dei risultati per ogni step dell'analisi non lineare
- Visualizzazione dei Contour Plots per risultati nodali e di elemento
- Visualizzazione dei Contour Plots per risultati sezionali:
  - stato deformativo e tensionale in ogni punto della sezione a fibre
  - stato dei materiali
  - fattori di sfruttamento
- Grafico della curva forza-spostamento



# Indice generale





<b>SOLUZIONI PER IL CONSOLIDAMENTO DELLE STRUTTURE IN C.A., C.A.P. E PREFABBRICATE</b>	9
• RICOSTRUZIONE, RIPARAZIONE E RINGROSSO	10
• PILASTRI E NODI	18
• SOLAI E TRAVI	32
<b>SOLUZIONI PER IL CONSOLIDAMENTO, IL RINFORZO E LA RIPARAZIONE DI PARETI DI TAMPONAMENTO IN STRUTTURE INTELAIATE IN C.A.</b>	53
• RIPARAZIONE, RIPRISTINO LESIONI LOCALI	54
• RINFORZO E MIGLIORAMENTO DIFFUSO	58
<b>SOLUZIONI PER IL CONSOLIDAMENTO DELLE STRUTTURE IN MURATURA PORTANTE DI LATERIZIO, TUFO E PIETRA NATURALE</b>	68
• MURATURA E PILASTRI	70
• ARCHI	106
• VOLTE	114
• CUPOLE	138
<b>APPENDICI</b>	147










## SOLUZIONI PER IL CONSOLIDAMENTO DELLE STRUTTURE IN C.A., C.A.P. E PREFABBRICATE

### RICOSTRUZIONE, RIPARAZIONE E RINGROSSO

<b>1.1</b>		Riparazione/ricucitura di fessure in sezioni danneggiate mediante stuccatura e iniezione con sistemi organici	10
<b>1.2</b>		Riprofilatura mediante ripristino monolitico di sezioni in c.a. e trattamento delle armature con geomalta minerale strutturale tixotropica	12
<b>1.3A</b>		Rinforzo mediante ricostruzione volumetrica monolitica con aumento di sezione e armatura integrativa, con getto collaborante di geomalta minerale strutturale colabile	14
<b>1.3B</b>		Rinforzo mediante ricostruzione volumetrica monolitica ed aumento di sezione, con getto collaborante di geomalta minerale colabile fibrorinforzata ad altissima prestazione	16

### PILASTRI E NODI

<b>1.4</b>		Rinforzo mediante realizzazione di collegamento rigido tra pilastro prefabbricato e soletta industriale in c.a. con adesivo epossidico	18
<b>1.5</b>		Rinforzo di pilastri mediante placcaggio di confinamento con tessuti in fibra di acciaio galvanizzato e geomalta minerale strutturale tixotropica	20
<b>1.6</b>		Rinforzo di pilastri mediante placcaggio di confinamento con tessuti in fibra di acciaio galvanizzato e adesivo epossidico	22
<b>1.7A</b>		Rinforzo di nodi trave-pilastro di facciata mediante placcaggio con tessuti in fibra di acciaio galvanizzato e geomalta minerale strutturale tixotropica	24
<b>1.7B</b>		Rinforzo di nodi trave-pilastro di facciata mediante placcaggio con tessuti in fibra di acciaio galvanizzato e adesivo epossidico	26
<b>1.8A</b>		Rinforzo di nodi trave-pilastro d'angolo mediante placcaggio con tessuti in fibra di acciaio galvanizzato e geomalta minerale strutturale tixotropica	28
<b>1.8B</b>		Rinforzo di nodi trave-pilastro d'angolo mediante placcaggio con tessuti in fibra di acciaio galvanizzato e adesivo epossidico	30

### TRAVI E SOLAI

<b>1.9</b>		Consolidamento e rinforzo a flessione di solai in laterocemento mediante placcaggio intradossale con tessuti in fibra di acciaio galvanizzato e geomalta minerale tixotropica o adesivo epossidico	32
<b>1.10A</b>		Prevenzione antisfondellamento mediante applicazione su intonaco esistente di rete biassiale in fibra naturale di basalto con intonaco rasante a base di pura calce idraulica naturale e ancoraggi mediante barre elicoidali	34
<b>1.10B</b>		Ripristino e prevenzione per problemi di sfondellamento mediante intonaco rasante a base di pura calce idraulica naturale e rete biassiale in fibra naturale di basalto	36
<b>1.11A</b>		Rinforzo mediante irrigidimento estradossale di solaio in laterocemento o soletta in c.a. con armatura integrativa e getto collaborante di geomalta minerale strutturale colabile	38
<b>1.11B</b>		Rinforzo a flessione e irrigidimento estradossale di solaio in laterocemento o soletta in c.a. mediante getto collaborante di geomalta minerale colabile fibrorinforzata ad altissima prestazione	40
<b>1.11c</b>		Realizzazione di diaframma di piano mediante getto collaborante di geomalta minerale colabile fibrorinforzata ad altissima prestazione	42
<b>1.12</b>		Rinforzo a flessione di travi mediante placcaggio con tessuti in fibra di acciaio galvanizzato e geomalta minerale strutturale tixotropica	44
<b>1.13</b>		Rinforzo a flessione di travi mediante placcaggio con tessuti in fibra di acciaio galvanizzato e adesivo epossidico	46
<b>1.14</b>		Rinforzo a taglio di travi mediante placcaggio con tessuti in fibra di acciaio galvanizzato e geomalta minerale strutturale tixotropica	48
<b>1.15</b>		Rinforzo a taglio di travi mediante placcaggio con tessuti in fibra di acciaio galvanizzato e adesivo epossidico	50

# 1.4 Rinforzo mediante realizzazione di collegamento rigido tra pilastro prefabbricato e soletta industriale in c.a. con adesivo epossidico

## PRESCRIZIONE

1. Preparazione dei supporti. Individuare mediante idonea strumentazione (es. pacometro), le zone prive d'armatura, quindi creare degli incavi nella pavimentazione industriale mediante fresatura e/o scasso, rispettando le seguenti dimensioni (che dovranno contenere la singola barra di armatura progettata e verificata da tecnico abilitato): la lunghezza di ancoraggio (L<sub>s</sub>) deve essere almeno pari a 50 volte il diametro (Ø) della barra d'armatura utilizzata per il collegamento, mentre la profondità (h<sub>s</sub>) deve essere almeno pari a 50 mm. Forare il pilastro nei punti prestabiliti per permettere il successivo inghisaggio delle barre metalliche di collegamento; la profondità (L<sub>a</sub>) deve essere almeno pari a 10 volte il diametro (Ø), con limitata inclinazione rispetto all'orizzontale (± 15°). Pulire il substrato e le intercapedini realizzate, eliminando qualsiasi residuo di polvere, grasso, oli e altre sostanze contaminanti con aria compressa o idropulitrice.
2. Realizzazione del rinforzo mediante collegamento armato. Procedere con l'inghisaggio mediante **Epofix** o **Geolite Gel**, delle barre metalliche nel pilastro e nelle intercapedini in spessori non inferiori a 10 mm garantendo adeguata distanza dal fondo e adeguato copriferro, nel rispetto delle corrette tecniche applicative. Le barre d'armatura, almeno due per ogni lato del pilastro, devono essere dimensionate e verificate da tecnico abilitato.

## AVVERTENZE

Nel caso in cui l'interasse tra due barre metalliche consecutive collocate lungo lo stesso lato del pilastro sia esiguo, si consiglia di effettuare un unico incavo/scasso contenente più barre, onde evitare un dispendio eccessivo di manodopera.

## VOCE DI CAPITOLATO

Fornitura e posa in opera di collegamento rigido tra pilastro prefabbricato e pavimento industriale, mediante barre metalliche inghisate con sistema epossidico bicomponente in gel tixotropico, provvisto di marcatura CE e conforme ai requisiti prestazionali richiesti dalla norma EN 1504-4 per incollaggio di elementi strutturali e dalla norma EN 1504-6 per l'inghisaggio di barre di ancoraggio - tipo **Geolite Gel** di Kerakoll. Caratteristiche tecniche certificate del sistema epossidico: Euroclasse di reazione al fuoco C-s2,d0 (EN 13501-1); emissione di sostanze organiche volatili EC1 Plus certificato GEV-Emicode; temperatura di transizione vetrosa +60 °C (EN 12614). L'intervento si svolge nelle seguenti fasi: demolizione e fresatura delle zone di scasso indicate; riempimento degli scassi con adesivo minerale epossidico; posizionamento della barra (da contabilizzare a parte); inghisaggio della barra. La quantificazione è espressa a metro lineare di barra inghisata di diametro 10 mm.

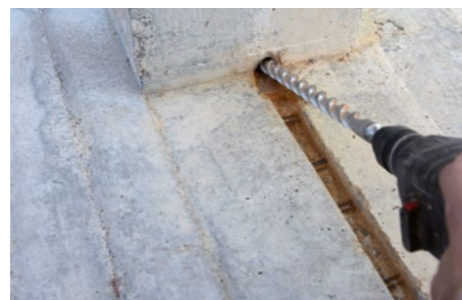
1 \_\_\_\_\_

Fresatura nella soletta.



2 \_\_\_\_\_

Esecuzione dei fori nel pilastro.



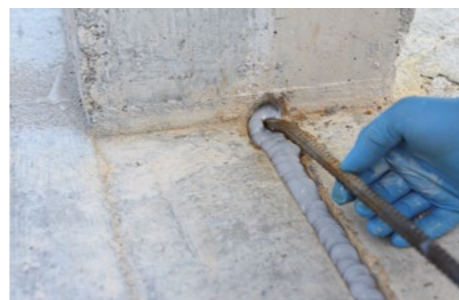
3 \_\_\_\_\_

Riempimento degli scassi e intercapedini con **Epofix** o **Geolite Gel**.



4 \_\_\_\_\_

Inserimento delle barre metalliche di collegamento.



5 \_\_\_\_\_

Inghisaggio delle barre metalliche di collegamento.



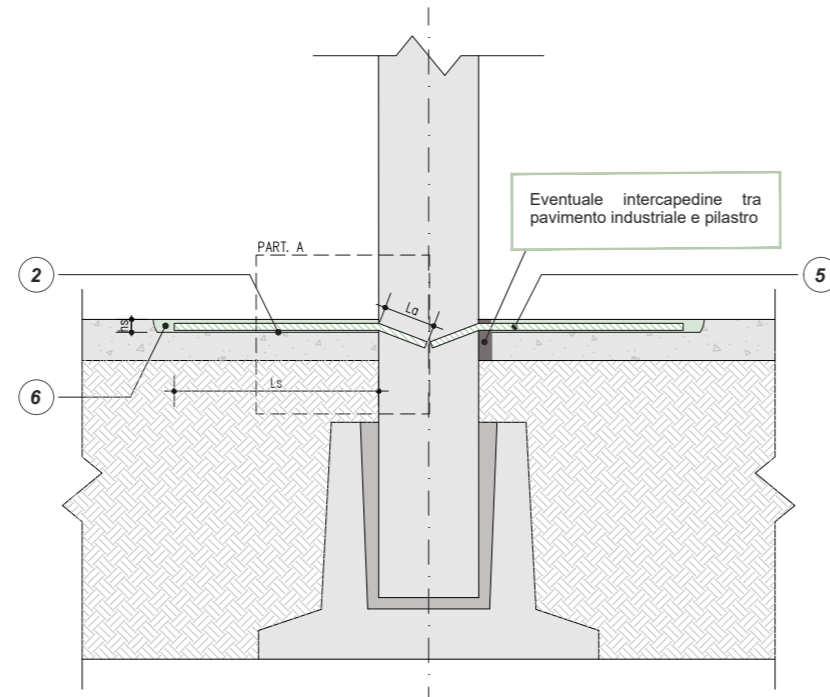
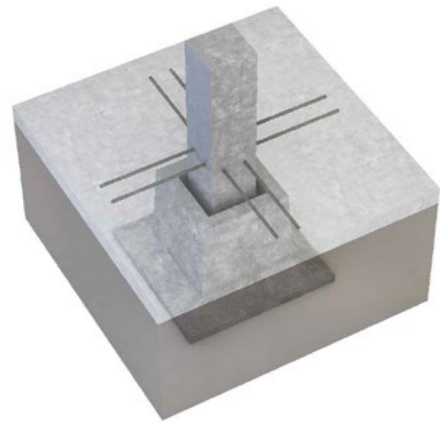
6 \_\_\_\_\_

Eventuale ciclo di finitura.



# 1.4

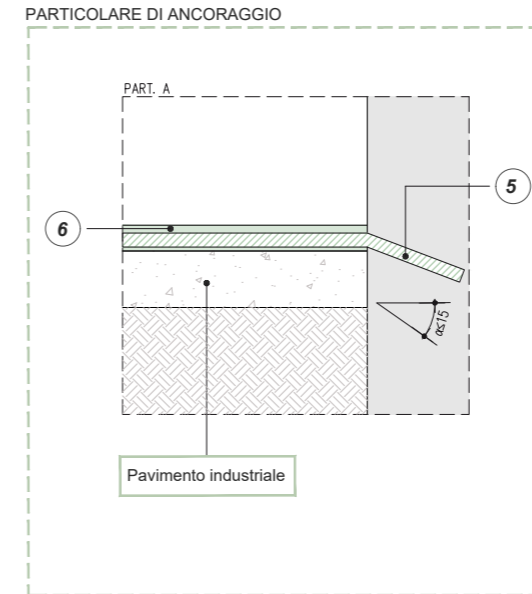
RINFORZO MEDIANTE REALIZZAZIONE DI COLLEGAMENTO RIGIDO TRA PILASTRO PREFABBRICATO E SOLETTA INDUSTRIALE IN C.A. CON ADESIVO EPOSSIDICO



SEZIONE A-A'  
RINFORZO MEDIANTE REALIZZAZIONE DI COLLEGAMENTO RIGIDO TRA PILASTRO PREFABBRICATO E SOLETTA INDUSTRIALE IN C.A.

Immagini grafiche rielaborate da: "Linee di indirizzo per interventi locali e globali su edifici industriali monopiano non progettati con criteri antisismici" - DPC, ReLUIS, CNI, Assobeton

0 m 0.25 m 0.5 m 1 m



Si consiglia l'utilizzo di:  
 $hs > 50 \text{ mm}$ ;  
 $La > 10\varnothing$ ;  
 $Ls > 50\varnothing$   
 ("Linee di indirizzo per interventi locali e globali su edifici industriali monopiano non progettati con criteri antisismici" - DPC, ReLUIS, CNI, Assobeton)

1 INDIVIDUAZIONE, MEDIANTE PACOMETRO, DELLE ZONE PRIVE DI ARMATURA

2 FRESATURA NEL PAVIMENTO INDUSTRIALE: LUNGHEZZA DI ANCORAGGIO ( $Ls$ ) ALMENO PARI A 50 VOLTE IL DIAMETRO ( $\varnothing$ ) DELLA BARRA UTILIZZATA PER IL COLLEGAMENTO; PROFONDITÀ ( $hs$ ) ALMENO PARI A 50 mm.

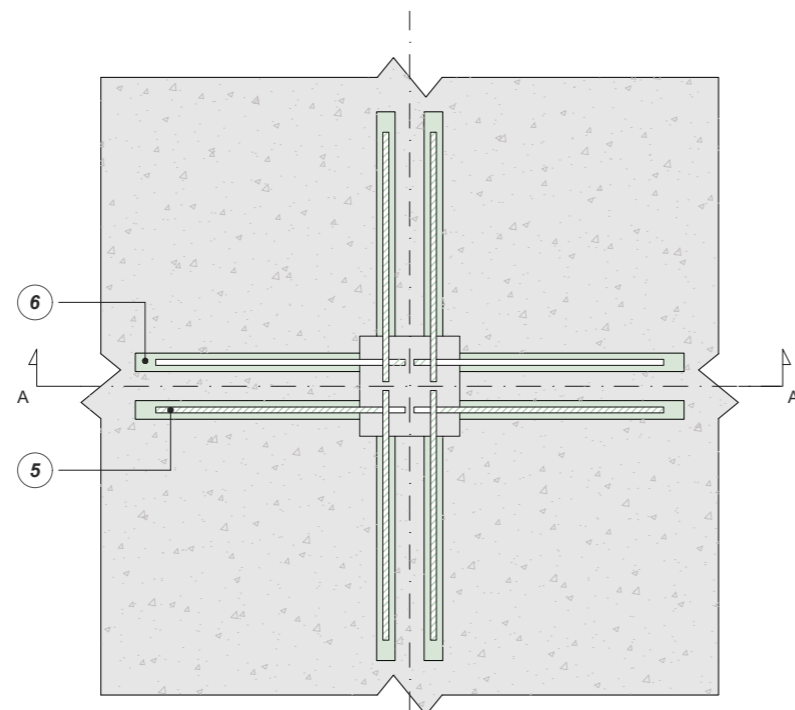
3 FORATURA ALL'INTERNO DEL PILASTRO PER INGHISAGGIO DELLE BARRE DI COLLEGAMENTO: LUNGHEZZA ( $La$ ) ALMENO PARI A 10 VOLTE IL DIAMETRO ( $\varnothing$ ) CON LIMITATA INCLINAZIONE RISPETTO ALL'ORIZZONTALE ( $\leq 15^\circ$ ).

Nel caso in cui l'interasse tra due barre metalliche consecutive collocate lungo lo stesso lato del pilastro sia esiguo, si consiglia di effettuare un unico incavo contenente più barre, onde evitare un dispendio eccessivo di manodopera.

4 PULIZIA DEL SUBSTRATO E DELLE INTERCAPEDINI REALIZZATE, ELIMINANDO QUALSIASI RESIDUO DI POLVERE, GRASSO, OLI E ALTRE SOSTANZE CONTAMINANTI CON ARIA COMPRESSA O IDROPULTRICE.

5 REALIZZAZIONE DEL COLLEGAMENTO ARMATO: INGHISAGGIO DELLE BARRE METALLICHE NEL PILASTRO (ALMENO DUE SU CIASCUN LATO) MEDIANTE GEOLITE GEL O EPOFIX.

6 SIGILLATURA DELLE FRESATURE E DELLE INTERCAPEDINI MEDIANTE GEOLITE GEL O EPOFIX.



PIANTA  
RINFORZO MEDIANTE REALIZZAZIONE DI COLLEGAMENTO RIGIDO TRA PILASTRO PREFABBRICATO E SOLETTA INDUSTRIALE IN C.A.

0 m 0.25 m 0.5 m 1 m

## OBIETTIVI

- Miglioramento vincolo a terra del pilastro: l'intervento permette di ovviare alla cedevolezza rotazionale tipica del plinto a bicchiere isolato fornendo un grado di vincolo aggiuntivo.
- Collegamento orizzontale tra i pilastri a livello di fondazione.

("Linee di indirizzo per interventi locali e globali su edifici industriali monopiano non progettati con criteri antisismici" - DPC, ReLUIS, CNI, Assobeton)

## CASI DI APPLICAZIONE

- Rotazione rigida del pilastro senza evidente danneggiamento alla base per formazione di cerniera plastica.
- La porzione di pavimentazione a contatto con il pilastro è gravemente danneggiata.
- La pavimentazione non è in battuta contro il pilastro per la presenza di un giunto.
- Inadeguatezza della fondazione e/o sensibile ruolo degli spostamenti relativi del suolo tra le basi delle colonne.

("Linee di indirizzo per interventi locali e globali su edifici industriali monopiano non progettati con criteri antisismici" - DPC, ReLUIS, CNI, Assobeton)

## VANTAGGI E SVANTAGGI

### VANTAGGI

- Semplicità esecutiva.
- Utilizzabile per la sistemazione definitiva della struttura.

### SVANTAGGI

- Discreta invasività.
- Non realizzabile in presenza di pavimenti con finiture di pregio.

## DIMENSIONAMENTO

- Trasferimento per trazione di una forza pari ad almeno il 15% dell'azione assiale agente sul pilastro per effetto dei carichi permanenti.
- Nella verifica a taglio della parte di pilastro sottostante il pavimento considerare la presenza della spinta passiva della quota parte di terreno.

POWERED BY

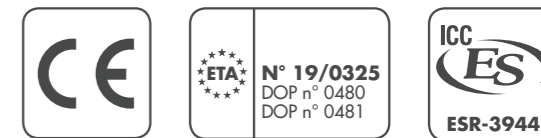
kerakoll

ENGINEERED BY

ASDEA



# 1.5 Rinforzo di pilastri mediante placcaggio di confinamento con tessuti in fibra di acciaio galvanizzato e geomalta minerale strutturale tixotropica



## PRESCRIZIONE

1. Preparazione dei supporti. Preparare e bonificare i supporti a regola d'arte, comunque seguendo le indicazioni e prescrizioni della D.L. In caso di supporti non degradati irruvidire semplicemente la superficie, pulire e rimuovere polveri e oli che possano compromettere l'adesione del sistema, mediante aria compressa o idropulitrice. In caso di supporto evidentemente degradato, non planare o danneggiato da eventi gravosi rimuovere in profondità eventuale calcestruzzo ammalorato mediante scarifica meccanica o idrodemolizione, rimuovere eventuale ruggine dai ferri d'armatura, che devono essere puliti mediante spazzolatura (manuale o meccanica) o sabbiatura; realizzare eventuale ricostruzione monolitica o rasatura della sezione mediante la geomalta tixotropica **Geolite**. Garantire in ogni caso asperità di almeno 5 mm, pari al grado 8 del "Kit collaudo preparazione supporti c.a. e muratura". Concludere la preparazione del supporto mediante stonatura degli spigoli con raggio di curvatura minimo di 20 mm.
2. Applicazione del sistema di rinforzo. Realizzare il sistema di rinforzo strutturale Steel Reinforced Grout **Geosteel SRG** (abbinamento di fibra di acciaio e malta minerale strutturale tixotropica a base di Geolegante) disponendo le fasce come da progetto, a cura di tecnico abilitato, con l'applicazione di una prima mano di **Geolite**, garantendo sul supporto una quantità di materiale sufficiente (spessore medio 3 - 5 mm) per regolarizzarlo e per adagiare e inglobare il tessuto di rinforzo. Successivamente applicare, sulla matrice ancora fresca, il tessuto in fibra d'acciaio galvanizzato UHTSS **Geosteel G** (presagomato in funzione della geometria dell'elemento strutturale mediante impiego della **Piegatrice Geosteel**), garantendo il perfetto inglobamento del nastro nello strato di matrice, esercitando un'energica pressione con la spatola e avendo cura che la malta fuoriesca dai trefoli per garantire un'ottima adesione fra primo e secondo strato di matrice. Nei punti di giunzione longitudinale, sovrapporre due strati di tessuto in fibra di acciaio per almeno 30 cm (in caso di rinforzo a confinamento, eseguita la completa sovrapposizione sul lato corto del pilastro, installare il tessuto sino alla mezzera del lato lungo). Concludere l'applicazione, agendo fresco su fresco, con la rasatura finale protettiva (spessore complessivo del rinforzo 5 - 8 mm), realizzata con **Geolite**, 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. Quando il rapporto tra i lati del pilastro è maggiore di due, per garantire un miglior effetto di confinamento, procedere con l'applicazione di sistemi di connessione realizzati con **Geosteel G**, in abbinamento a **Iniettore&Connettore Geosteel**, previa adeguata foratura dell'elemento in c.a., inghisando gli stessi all'interno del supporto mediante l'adesivo minerale epossidico **Geolite Gel**. Nel caso in cui il sistema installato debba essere intonato o mascherato mediante rasatura, si consiglia l'utilizzo di **Geolite Silt**, **geocalce multiuso** o **Rasobuild Eco Top**.
3. Protezione e decorazione. Qualora il sistema di rinforzo venga installato in ambienti particolarmente aggressivi, o comunque si voglia garantire un'ulteriore protezione oltre a quella già fornita dalla geomalta, si consiglia l'applicazione finale della geopittura **Geolite Microsilicato** o della pittura elastomerica **Kerakover Acrilex Flex**, da estendere, possibilmente, anche nelle zone non rinforzate. Se le opere sono a contatto permanente o occasionale con sostanze liquide, si consiglia di contattare l'ufficio tecnico Kerakoll per predisporre il sistema di protezione più idoneo.

## AVVERTENZE

**Geosteel G** viene fornito per il sistema SRG in n. 2 grammature utili in funzione delle esigenze di calcolo:

- **Geosteel G600** (grammatura: 670 g/m<sup>2</sup>; n° trefoli per cm = 1,57; spessore equivalente del nastro = 0,084 mm)
- **Geosteel G1200** (grammatura: 1200 g/m<sup>2</sup>; n° trefoli per cm = 3,14; spessore equivalente del nastro = 0,169 mm).

Prima di effettuare l'intervento verificare l'idoneità della classe di resistenza del calcestruzzo di supporto.

Consultare l'APPENDICE 1.A per conoscere le modalità di realizzazione degli ancoraggi dei sistemi di rinforzo realizzati con la gamma di tessuti **Geosteel G**.

## VOCE DI CAPITOLATO

Fornitura e posa in opera di sistema SRG (Steel Reinforced Grout) per il rinforzo di pilastri mediante placcaggio di confinamento, provvisto di Marcatura CE tramite ETA, 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 2017 fissati su microrete in fibra di vetro, del peso netto di fibra di circa 670 g/mq, impregnato con matrice minerale inorganica, tixotropica, a presa normale - tipo **Geosteel SRG** realizzato con **Geosteel G600** abbinato a **Geolite** di Kerakoll - Caratteristiche tecniche certificate del sistema: resistenza a trazione (valore caratteristico) = 2697 MPa, deformazione a trazione (valore caratteristico) = 1,38%,  $\sigma_{lim,conv}$  = 1827 MPa,  $\epsilon_{lim,conv}$  = 0,94%, modulo elastico del tessuto  $E_f$  = 195 GPa. Caratteristiche del tessuto: resistenza a trazione valore caratteristico > 3000 MPa, deformazione ultima a rottura > 1,5%; 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/DIS 17832; spessore equivalente del nastro = 0,084 mm. La malta è provvista di marcatura CE e conforme ai requisiti prestazionali richiesti dalla Norma EN 1504-7 per la passivazione delle barre di armatura, dalla EN 15043, Classe R4 (stagionatura CC e PCC) per la ricostruzione volumetrica e la rasatura, dalla EN 1504-2 per la protezione delle superfici e dalla EN 1504-6 per l'ancoraggio ad effetto espansivo di armatura in acciaio; nessuna corrosione della barra metallica (EN 15183), resistenza a compressione a 28 gg > 50 MPa (EN 12190), resistenza a trazione per flessione a 28 gg > 8 MPa (EN 196/1), legame di aderenza a 28 gg > 2 MPa (EN 1542), modulo elastico E a 28 gg ≥ 20 GPa (EN 13412), resistente alla carbonatazione (EN 13295), ritiro lineare < 0,3% (EN 12617-1), resistenza all'abrasione con perdita di peso del provino < 3000 mg (EN ISO 5470-1).

L'intervento si svolge nelle seguenti fasi: eventuale trattamento di ripristino delle superfici degradate, ammalorate, decoese o non planari (da contabilizzare a parte), irruvidimento della superficie garantendo asperità di almeno 5 mm e stonatura degli spigoli con raggio di curvatura di almeno 20 mm e bagnatura a rifiuto delle superfici; piegatura del tessuto in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, in funzione della geometria dell'elemento strutturale mediante impiego di idonea piegatrice certificata; stesura di un primo strato di malta, di spessore di circa 3 - 5 mm; 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; esecuzione del secondo strato di malta, per uno spessore complessivo del rinforzo di 5 - 8 mm, al fine di inglobare totalmente il tessuto di rinforzo e chiudere gli eventuali vuoti sottostanti; eventuale ripetizione delle fasi precedenti per tutti gli strati successivi di rinforzo previsti da progetto; eventuale ancoraggio delle estremità del tessuto in fibra d'acciaio tramite arrotolamento del tessuto e inghisaggio delle code all'interno dei fori precedentemente realizzati con adesivo minerale epossidico o placcaggio con elementi metallici installati con adesivo minerale epossidico (da contabilizzare a parte).

La quantificazione è espressa ad unità di superficie di rinforzo effettivamente posto in opera comprese le sovrapposizioni.

1 Smussatura degli spigoli del pilastro



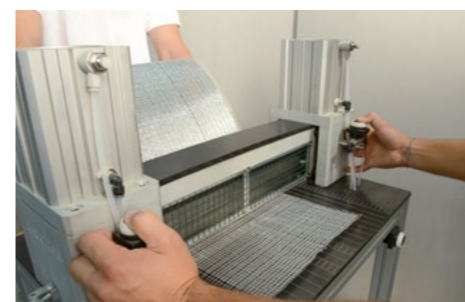
2 Preparazione delle superfici di supporto.



3 Indicazione delle zone di tessuto dove effettuare le piegature.



4 Piegatura del tessuto in fibra d'acciaio **Geosteel G**.



5 Applicazione prima mano di **Geolite**.



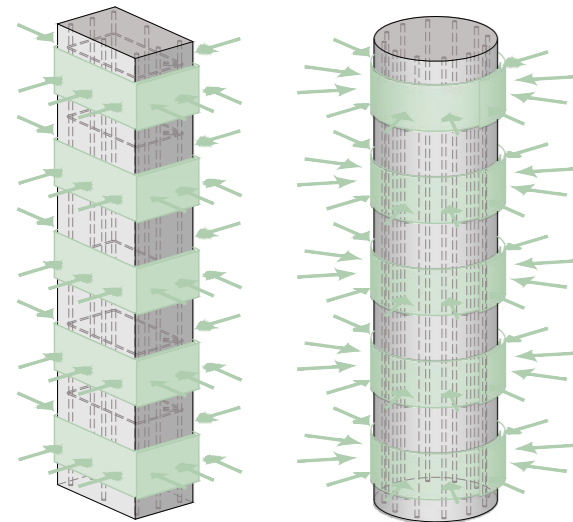
6 Installazione del tessuto in fibra d'acciaio **Geosteel G** e applicazione seconda mano di **Geolite**.



# 1.5

RINFORZO DI PILASTRI MEDIANTE PLACCAGGIO DI CONFINAMENTO CON TESSUTI IN FIBRA DI ACCIAIO GALVANIZZATO E GEOMALTA MINERALE STRUTTURALE TIXOTROPICA

Geoforce one  
Software



VISTA ASSONOMETRICA CONFINAMENTO DEL PILASTRO

NOTE

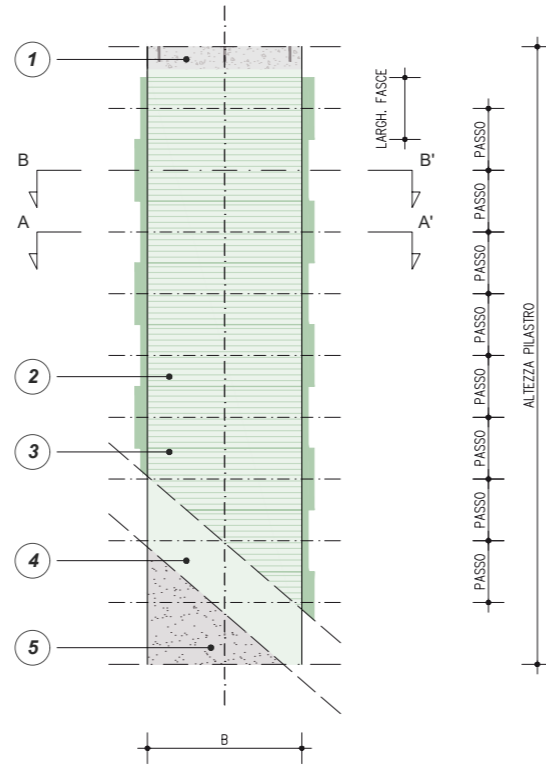
E' possibile ottimizzare la disposizione del rinforzo per aumentare la capacità flessionale oltre che quella a confinamento e a taglio. Nel caso del sistema di rinforzo a solo confinamento e taglio non è necessario prevedere l'ancoraggio alle strutture orizzontali esistenti.  
Nota bene: la normativa CNR-DT 215/2018, al paragrafo 5, sottolinea che la resistenza media a compressione del 2 nel caso del calcestruzzo non deve essere inferiore a 15 N/mm rinforzo per aderenza.

POWERED BY

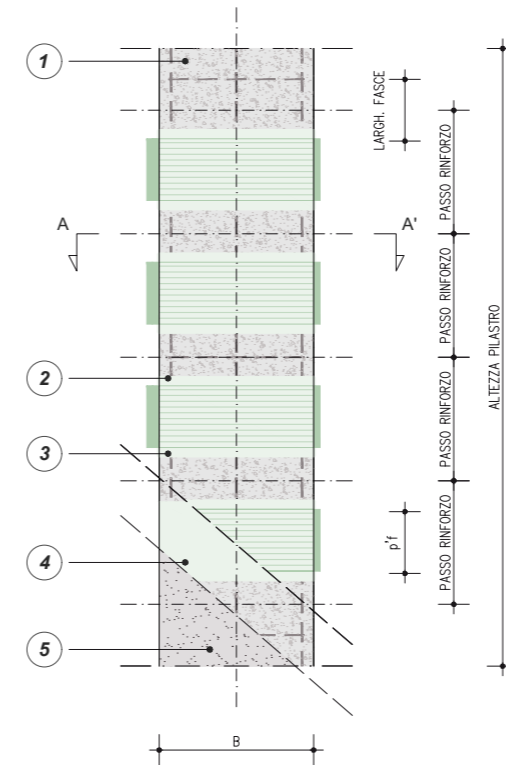
kerakoll

ENGINEERED BY

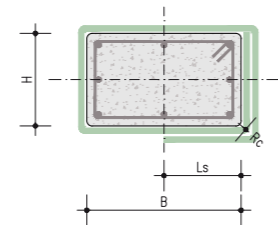
ASDEA



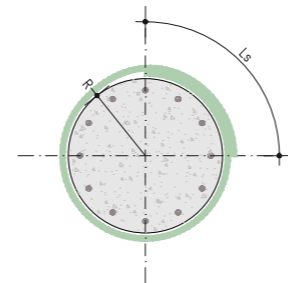
PROSPETTO CONFINAMENTO DEL PILASTRO MEDIANTE FASCIATURA CONTINUA CON GEOSTEEL G600/G1200



PROSPETTO CONFINAMENTO DEL PILASTRO MEDIANTE FASCIATURA DISCONTINUA CON GEOSTEEL G600/G1200



SEZIONE RETTANGOLARE A-A' CONFINAMENTO DEL PILASTRO MEDIANTE FASCIATURA CONTINUA O DISCONTINUA



SEZIONE CIRCOLARE A-A' CONFINAMENTO DEL PILASTRO MEDIANTE FASCIATURA CONTINUA O DISCONTINUA

Si consiglia una lunghezza di sovrapposizione Ls pari ad un minimo di 30 cm.



QUADRO NORMATIVO

Placcatura e fasciatura in materiali compositi L'uso di idonei materiali compositi (o altri materiali resistenti a trazione) nel rinforzo sismico di elementi di c.a. è finalizzato a conseguire i seguenti obiettivi:- aumento della resistenza a taglio di pilastri, travi, nodi trave-pilastro e pareti mediante applicazione di fasce con le fibre disposte secondo la direzione delle staffe; - aumento della resistenza nelle parti terminali di travi e pilastri mediante applicazione di fasce con le fibre disposte secondo la direzione delle barre longitudinali ed opportunamente ancorate, purché si garantisca l'efficacia dell'ancoraggio nel tempo; - un aumento della duttilità degli elementi monodimensionali, per effetto dell'azione di confinamento passivo esercitata dalle fasce con le fibre disposte secondo la direzione delle staffe. Ai fini delle verifiche di sicurezza degli elementi rafforzati con materiali compositi si possono adottare documenti di comprovata validità.  
(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 §C8.7.4.2.3)  
In tutti i casi in cui il sistema di rinforzo FRCC debba essere applicato intorno a spigoli, quest'ultimi devono essere opportunamente arrotondati ed il raggio di curvatura dell'arrotondamento deve essere almeno pari a 20 mm. Tale arrotondamento può non essere necessario per reti di acciaio, anche in relazione a quanto dichiarato dal Fabbricante, sempre che suffragato da specifiche prove di laboratorio. Va altresì indicato nel manuale di installazione il dispositivo di piegatura che deve essere utilizzato per realizzare le piegature.  
(CNR - DT 215/2018 §6)  
Il confinamento mediante FRCC di elementi a sezione quadrata o rettangolare consente di conseguire solo modesti incrementi della resistenza a compressione. Applicazioni di questo genere devono pertanto essere attentamente vagliate ed analizzate. In assenza di adeguate prove sperimentali, che ne comprovino l'efficacia, non va considerato l'effetto del confinamento esterno su sezioni rettangolari per le quali  $b/h > 2$  essendo b la dimensione maggiore ed h la dimensione minore della sezione. Prima dell'applicazione del sistema FRCC è opportuno procedere ad un arrotondamento degli spigoli della sezione, allo scopo di evitare pericolose concentrazioni di tensione localizzate in corrispondenza degli stessi, che potrebbero provocare una rottura prematura del sistema. Il raggio di curvatura dello spigolo deve soddisfare la seguente limitazione:  $r \geq 20$  mm. Nel caso di confinamento di colonne mediante reti di acciaio, tale prescrizione sul raggio di curvatura può essere disattesa, come indicato nel § 6.  
(CNR - DT 215/2018 § 4.4.2)  
Deve essere assicurata un'adeguata lunghezza di ancoraggio, al di là dell'estrema sezione in cui il rinforzo FRCC è necessario. In mancanza di più accurate indagini, essa deve essere di almeno 300 mm. [...] In presenza di più strati di rinforzo, le giunzioni devono essere opportunamente sfalsate. Sono sconsigliati sfalsamenti inferiori alla metà dello spessore dell'elemento rinforzato, con un minimo di 300 mm.  
(CNR - DT 215/2018 § 6)

\* Per la pulizia del supporto si è fatto riferimento a normative di comprovata validità

EVENTUALE ASPORTAZIONE IN PROFONDITÀ DI CALCESTRUZZO AMMALORATO (ASPERITÀ DI ALMENO 5 mm). EVENTUALE RIMOZIONE DI RUGGINE DAI FERRI D'ARMATURA. PULIZIA DEL SUBSTRATO DA RESIDUI DI POLVERE, GRASSO, OLI E ALTRE SOSTANZE CONTAMINANTI. EVENTUALE RICOSTRUZIONE MONOLITICA O RASATURA DELLA SEZIONE CON GEOLITE AVENDO CURA DI GARANTIRE LA SUFFICIENTE ASPERITÀ DI ALMENO 5 mm. BAGNATURA DEL SUPPORTO FINO A CHE SIA SATURO, MA PRIVO DI ACQUA IN SUPERFICIE

1 STESURA SUL SUPPORTO DI UNO SPESSORE MINIMO DI 3-5 mm DI GEOLITE, PER APPLICARE ED INGLOBARE IL TESSUTO DI RINFORZO

2 INSTALLAZIONE TESSUTO GEOSTEEL G600/G1200 IN FIBRA DI ACCIAIO GALVANIZZATO DISPOSTO IN FASCE PARALLELE E/O PERPENDICOLARI ALL'ASSE DELL'ELEMENTO

3 Il rinforzo a taglio viene realizzato applicando strisce di tessuto alla superficie dell'elemento di cui si vuole incrementare la resistenza. Il rinforzo può essere continuo, applicando ogni striscia di tessuto in adiacenza alla precedente, o discontinuo, intervallando con spazi vuoti le strisce di rinforzo. Inoltre il rinforzo può essere realizzato avvolgendo completamente la sezione o con una configurazione ad U, eventualmente utilizzando connettori.  
(CNR - DT 215/2018 §2.2.2.2)

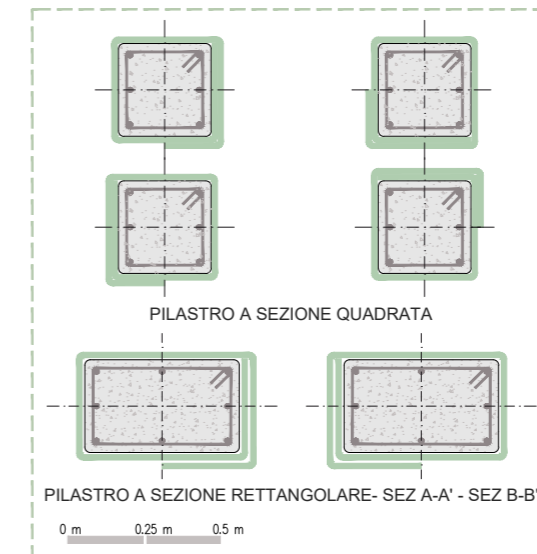
Come per le murature, la fasciatura di elementi sottoposti a compressione centrata o in presenza di piccole eccentricità permette di aumentare la duttilità dell'elemento ed aumentarne la capacità portante.  
(CNR - DT 215/2018 §2.2.2.3)

4 RASATURA FINALE PROTETTIVA FRESCO SU FRESCO CON GEOLITE PER UNO SPESSORE COMPLESSIVO DI 5-8 mm PER INGLOBARE IL RINFORZO E CHIUDERE EVENTUALI VUOTI

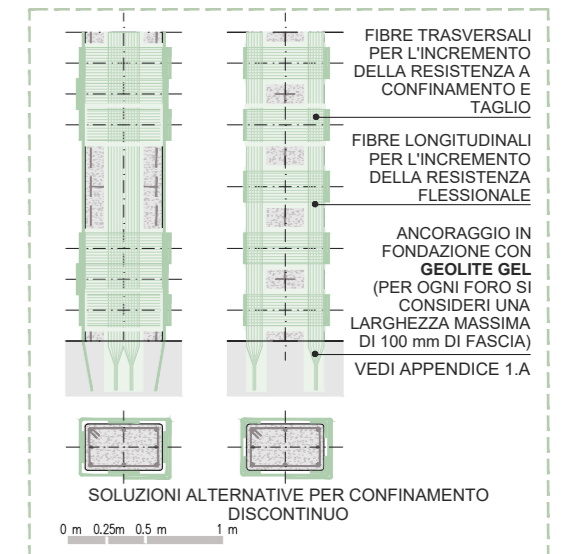
Qualora il sistema di rinforzo venga installato in ambienti particolarmente aggressivi, o comunque si voglia garantire un'ulteriore protezione oltre a quella già fornita dalla geomalta, si consiglia l'applicazione finale della geopittura Geolite Microsilicato o della pittura elastomerica Kerakover Acriflex Flex, da estendere possibilmente anche nelle zone non rinforzate. Se le opere sono a contatto permanente o occasionale con sostanze liquide, si consiglia di contattare l'ufficio tecnico Kerakoll per predisporre il sistema di protezione più idoneo.

5 EVENTUALE RASATURA O INTONACATURA MEDIANTE GEOLITE SILT, GEOCALCE MULTIUSO O RASOBUILD ECO TOP

PARTICOLARI DI SOVRAPPOSIZIONE



PARTICOLARI DI ESECUZIONE





# 1.6 Rinforzo di pilastri mediante placcaggio di confinamento con tessuti in fibra di acciaio galvanizzato e adesivo epossidico



## PRESCRIZIONE

1. Preparazione dei supporti. Preparare e bonificare i supporti a regola d'arte, comunque seguendo le indicazioni e prescrizioni della D.L. In caso di supporti non degradati, irruvidire la superficie mediante scarifica meccanica garantendo asperità di almeno 0,5 mm, pari al grado 5 del "Kit collaudo preparazione supporti c.a. e muratura". Pulire e rimuovere polveri e oli che possano compromettere l'adesione del sistema mediante aria compressa. In caso di supporto evidentemente degradato, non planare o danneggiato da eventi gravosi, rimuovere in profondità eventuale calcestruzzo ammalorato mediante scarifica meccanica o idrodemolizione, avendo cura di irruvidire il substrato con asperità di almeno 5 mm, pari al grado 8 del "Kit collaudo preparazioni supporti c.a. e muratura"; rimuovere eventuale ruggine dai ferri d'armatura, che devono essere puliti mediante spazzolatura (manuale o meccanica) o sabbiatura; realizzare eventuale ricostruzione monolitica o rasatura della sezione mediante la geomalta tixotropica **Geolite**. Concludere la preparazione del supporto mediante stonatura degli spigoli con raggio di curvatura minimo di 20 mm.
2. Applicazione del sistema di rinforzo. Realizzare il sistema di rinforzo strutturale Steel Reinforced Polymer **Geosteel SRP** (abbinamento di fibra di acciaio e adesivo minerale epossidico) disponendo le fasce come da progetto, a cura di tecnico abilitato. Applicare una prima mano dell'adesivo minerale epossidico **Geolite Gel**, garantendo sul supporto una quantità di materiale sufficiente (spessore medio 2 - 3 mm) per adagiare e inglobare il tessuto di rinforzo. Successivamente applicare, sulla matrice ancora fresca, il tessuto in fibra d'acciaio galvanizzato UHTSS **Geosteel G** (presagomato in funzione della geometria dell'elemento strutturale mediante impiego della **Piegatrice Geosteel**), garantendo il perfetto inglobamento del nastro nello strato di matrice, esercitando un'energica pressione con spatola o rullo in acciaio e avendo cura che la stessa fuoriesca dai trefoli, garantendo un'ottima adesione fra primo e secondo strato di matrice. Nei punti di giunzione longitudinale, sovrapporre due strati di tessuto in fibra di acciaio per almeno 20 cm (in caso di rinforzo a confinamento, eseguire la completa sovrapposizione sul lato corto del pilastro). Concludere l'applicazione con la rasatura finale protettiva (spessore complessivo del rinforzo 3 - 4 mm) per il totale ricoprimento del tessuto in acciaio, agendo fresco su fresco. In caso di strati successivi al primo, procedere con la posa del secondo strato di fibra sullo strato di matrice ancora fresca. Quando il rapporto tra i lati del pilastro è maggiore di due, per garantire un miglior effetto di confinamento, applicare i sistemi di connessione realizzati con **Geosteel G** e **Iniettore&Connettore Geosteel**, previa foratura dell'elemento in c.a., inghisando gli stessi all'interno del supporto mediante l'adesivo minerale epossidico **Geolite Gel**. Nel caso in cui il sistema installato debba essere intonato o mascherato mediante rasatura, si consiglia l'utilizzo di **Geolite Silt**, **Geocalce Multiuso** o **Rasobuild Eco Top**, avendo cura, a resina ancora fresca, di eseguire uno spolvero di **Quarzo 5.12** o sabbia asciutta di opportuna granulometria per facilitarne l'aggrappo.
3. Protezione e decorazione. Qualora il sistema di rinforzo venga installato in ambienti particolarmente aggressivi, o comunque si voglia garantire un'ulteriore protezione oltre a quella già fornita dalla matrice, si consiglia l'applicazione finale della pittura elastomerica **Kerakover Acrilex Flex**, da estendere, possibilmente, anche nelle zone non rinforzate. Se le opere sono a contatto permanente o occasionale con sostanze liquide, si consiglia di contattare l'ufficio tecnico Kerakoll per predisporre il sistema di protezione più idoneo.

## AVVERTENZE

**Geosteel G** viene fornito per il sistema SRP in n. 4 grammature utili in funzione delle esigenze di calcolo:

- **Geosteel G600** (grammatura: 670 g/m<sup>2</sup>; n° trefoli per cm = 1,57; spessore equivalente del nastro = 0,084 mm)
- **Geosteel G1200** (grammatura: 1200 g/m<sup>2</sup>; n° trefoli per cm = 3,14; spessore equivalente del nastro = 0,169 mm)
- **Geosteel G2000** (grammatura: 2000 g/m<sup>2</sup>; n° trefoli per cm = 4,72; spessore equivalente del nastro = 0,254 mm)
- **Geosteel G3300** (grammatura: 3300 g/m<sup>2</sup>; n° trefoli per cm = 7,09; spessore equivalente del nastro = 0,381 mm).

Prima di effettuare l'intervento verificare l'idoneità della classe di resistenza del calcestruzzo di supporto.


Consultare l'APPENDICE 1.A per conoscere le modalità di realizzazione degli ancoraggi dei sistemi di rinforzo realizzati con la gamma di tessuti **Geosteel G**.


## VOCE DI CAPITOLATO


Fornitura e posa in opera di sistema SRP (Steel Reinforced Polymer) per il rinforzo di pilastri mediante placcaggio di confinamento, provvisto di Marcatura CE tramite ETA, 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 2017 fissati su microrete in fibra di vetro, del peso netto di fibra di circa 3300 g/mq, impregnato con sistema epossidico bicomponente in gel tixotropico, provvisto di marcatura CE e conforme ai requisiti prestazionali richiesti dalla norma EN 1504-4 per incollaggio di elementi strutturali e dalla norma EN 1504-6 per l'inghisaggio di barre di ancoraggio - tipo **Geosteel SRP** realizzato con **Geosteel G3300** abbinato a **Geolite Gel** di Kerakoll - Caratteristiche tecniche certificate del sistema: resistenza a trazione  $\geq 2970$  MPa, deformazione a trazione  $\geq 0,015$  mm/mm; modulo di elasticità a trazione  $E \geq 216$  GPa. Caratteristiche del tessuto: resistenza a trazione valore caratteristico  $> 3000$  MPa, deformazione ultima a rottura  $> 1,5\%$ ; area effettiva di un trefolo  $3 \times 2$  (5 fili) =  $0,538$  mm<sup>2</sup>; n° trefoli per cm = 7,09 con avvolgimento dei fili ad elevato angolo di torsione conforme alla norma ISO/DIS 17832; spessore equivalente del nastro = 0,381 mm. Caratteristiche tecniche certificate del sistema epossidico: Euroclasse di reazione al fuoco C-s2,d0 (EN 13501-1); emissione di sostanze organiche volatili EC1 Plus certificato GEV-Emicode; temperatura di transizione vetrosa +60 °C (EN 12614).


L'intervento si svolge nelle seguenti fasi: eventuale trattamento di ripristino delle superfici degradate, ammalorate, decoese o non planari (da contabilizzare a parte), irruvidimento della superficie garantendo un'asperità di almeno 0,5 mm e stonatura degli spigoli con raggio di curvatura di almeno 20 mm; piegatura del tessuto in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, in funzione della geometria dell'elemento strutturale mediante impiego di idonea piegatrice certificata; stesura di un primo strato di spessore di circa 2 - 3 mm, di adesivo minerale epossidico; con adesivo ancora fresco, 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; esecuzione del secondo strato di matrice, fino a completa copertura del tessuto di rinforzo per uno spessore complessivo del rinforzo di 3 - 4 mm; eventuale ripetizione delle fasi precedenti per tutti gli strati successivi di rinforzo previsti da progetto; eventuale ancoraggio delle estremità del tessuto in fibra d'acciaio tramite arrotolamento del tessuto e inghisaggio delle code all'interno dei fori precedentemente realizzati con adesivo minerale epossidico o placcaggio con elementi metallici installati con adesivo minerale epossidico (da contabilizzare a parte).


La quantificazione è espressa ad unità di superficie di rinforzo effettivamente posto in opera comprese le sovrapposizioni.


1  Smussatura degli spigoli del pilastro.

2  Preparazione delle superfici di supporto.

3  Indicazione delle zone di tessuto dove effettuare le piegature.

4  Piegatura del tessuto in fibra d'acciaio **Geosteel G**.

5  Applicazione prima mano di **Geolite Gel**.

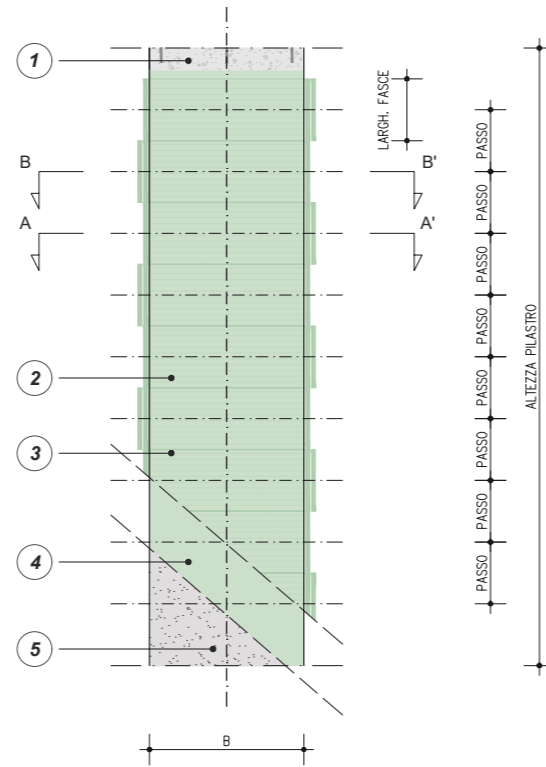
6  Installazione del tessuto in fibra d'acciaio **Geosteel G** e applicazione della seconda mano di **Geolite Gel**.



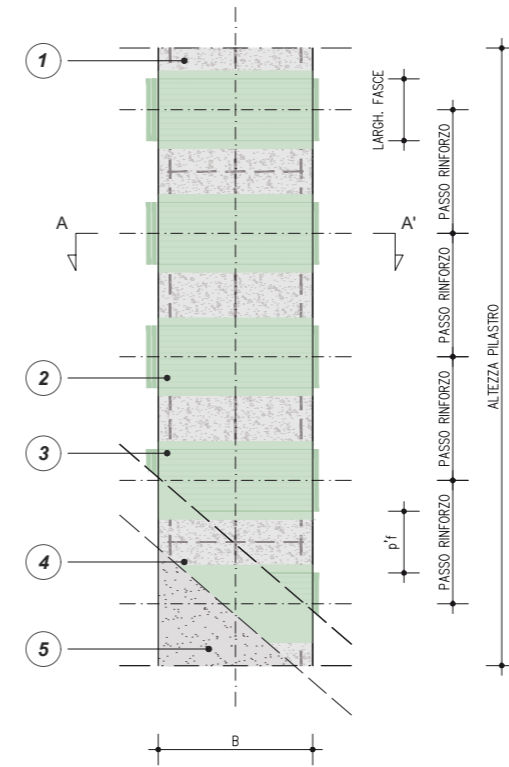
# 1.6

RINFORZO DI PILASTRI MEDIANTE  
PLACCAGGIO DI CONFINAMENTO CON  
TESSUTI DI FIBRA DI ACCIAIO  
GALVANIZZATA E ADESIVO EPOSSIDICO

Geoforceone  
Software

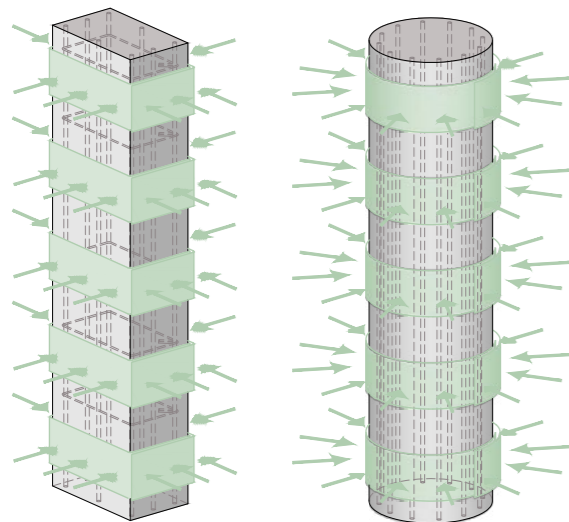


PROSPETTO  
CONFINAMENTO DEL PILASTRO MEDIANTE FASCIATURA  
CONTINUA CON GEOSTEEL G600/G1200/G2000/G3300

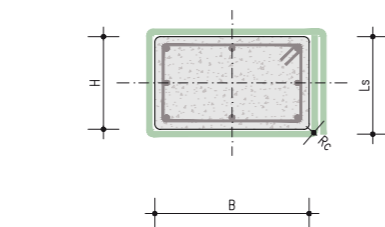


PROSPETTO  
CONFINAMENTO DEL PILASTRO MEDIANTE FASCIATURA  
DISCONTINUA CON GEOSTEEL G600/G1200/G2000/G3300

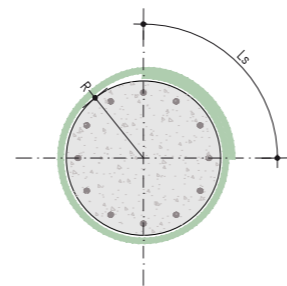
0 m 0.25 m 0.5 m 1 m



VISTA ASSONOMETRICA  
CONFINAMENTO DEL PILASTRO



SEZIONE RETTANGOLARE A-A'  
CONFINAMENTO DEL PILASTRO MEDIANTE  
FASCIATURA CONTINUA O DISCONTINUA



SEZIONE CIRCOLARE A-A'  
CONFINAMENTO DEL PILASTRO MEDIANTE  
FASCIATURA CONTINUA O DISCONTINUA

Si consiglia una lunghezza di sovrapposizione  $L_s$  pari ad un minimo di 20 cm.

0 m 0.25 m 0.5 m 1 m

## QUADRO NORMATIVO

Placcatura e fasciatura in materiali compositi L'uso di idonei materiali compositi (o altri materiali resistenti a trazione) nel rinforzo sismico di elementi di c.a. è finalizzato a conseguire i seguenti obiettivi:- aumento della resistenza a taglio di pilastri, travi, nodi trave-pilastro e pareti mediante applicazione di fasce con le fibre disposte secondo la direzione delle staffe; - aumento della resistenza nelle parti terminali di travi e pilastri mediante applicazione di fasce con le fibre disposte secondo la direzione delle barre longitudinali ed opportunamente ancorate, purché si garantisca l'efficacia dell'ancoraggio nel tempo; - un aumento della duttilità degli elementi monodimensionali, per effetto dell'azione di confinamento passivo esercitata dalle fasce con le fibre disposte secondo la direzione delle staffe. Ai fini delle verifiche di sicurezza degli elementi rafforzati con materiali compositi si possono adottare documenti di comprovata validità.

(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 §C8.7.4.2.3)

Un adeguato confinamento degli elementi di c.a. può determinare un miglioramento delle prestazioni dell'elemento strutturale, consentendo di incrementare:

- la resistenza ultima e la corrispondente deformazione ultima di elementi sollecitati da sforzo normale centrato o con piccola eccentricità;
- la duttilità e, congiuntamente all'impiego di rinforzi longitudinali (§ 4.2.2.4 e Appendice F), la resistenza ultima di elementi pressoinflessi.

(CNR - DT 200 R1/2013 § 4.5.1)

Negli interventi di rinforzo a taglio, torsione e confinamento è opportuno procedere ad un preventivo arrotondamento degli spigoli degli elementi rinforzati, allo scopo di evitare pericolose concentrazioni di tensione ivi localizzate, che potrebbero provocare una rottura prematura del composito. Il raggio di curvatura  $r_c$  dell'arrotondamento deve essere almeno pari a 20 mm.

(CNR - DT 200 R1/2013 § 4.8.2.2)

Deve essere prevista una lunghezza di ancoraggio almeno pari a 200 mm. In alternativa, è possibile l'impiego di connettori meccanici.

(CNR - DT 200 R1/2013 § 4.8.2.2)

\* Per la pulizia del supporto si è fatto riferimento a normative di comprovata validità

EVENTUALE ASPORTAZIONE IN PROFONDITÀ DI CALCESTRUZZO AMMALORATO (ASPERITÀ DI ALMENO 5 mm). EVENTUALE RIMOZIONE DI RUGGINE DAI FERRI D'ARMATURA. PULIZIA DEL SUBSTRATO DA RESIDUI DI POLVERE, GRASSO, OLI E ALTRE SOSTANZE CONTAMINANTI. EVENTUALE RICOSTRUZIONE MONOLITICA O RASATURA DELLA SEZIONE CON **GEOLITE** AVENDO CURA DI GARANTIRE LA SUFFICIENTE ASPERITÀ DI ALMENO 0,5 mm

1 Dopo aver accertato la qualità del substrato ed aver eventualmente provveduto al ripristino del calcestruzzo ammalorato ed al trattamento delle barre metalliche, può essere opportuno ricorrere ad un ulteriore provvedimento di sabbatura a carico della superficie interessata dal rinforzo. [...]Nel caso in cui si operi su una superficie di calcestruzzo che non necessiti di ripristino, ma che sia di qualità scadente, è opportuno valutare la possibilità di applicare su di essa un consolidante. [...]In generale, è necessario verificare che sulla superficie di applicazione del rinforzo non siano presenti polveri, grassi, idrocarburi e tensioattivi. (CNR - DT 200 R1/2013 § 4.8.1.3)

2 STESURA SUL SUPPORTO DI UNO SPESSORE MEDIO DI 2-3 mm DI **GEOLITE GEL**, PER APPLICARE ED INGLOBARE IL TESSUTO DI RINFORZO

3 INSTALLAZIONE TESSUTO **GEOSTEEL G600/G1200/G2000/G3300** IN FIBRA DI ACCIAIO GALVANIZZATO DISPOSTO IN FASCE PARALLELE E/O PERPENDICOLARI ALL'ASSE DELL'ELEMENTO

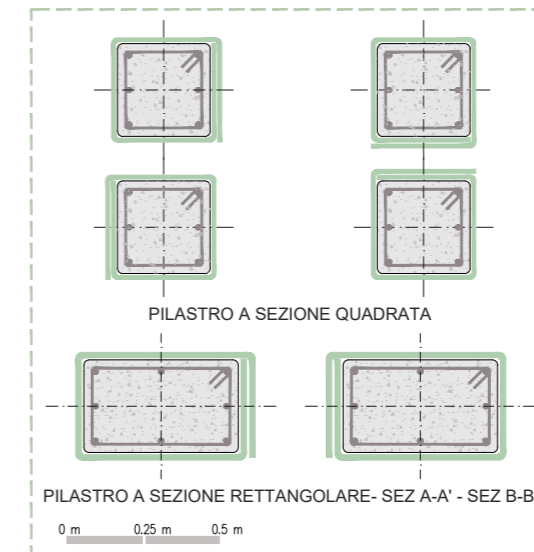
Per ottenere un efficace confinamento è buona norma disporre le fibre del composito in direzione perpendicolare all'asse dell'elemento. Nel caso di disposizione ad elica, l'efficacia del confinamento va opportunamente valutata (CNR - DT 200 R1/2013 § 4.5.2)

Nel caso di fasciatura discontinua è opportuno che la distanza netta fra le strisce rispetti la limitazione  $p'f \leq d_{min} / 2$  (CNR - DT 200 R1/2013 § 4.5.2.1)

4 RASATURA FINALE PROTETTIVA FRESCO SU FRESCO CON **GEOLITE GEL** PER UNO SPESSORE COMPLESSIVO DEL RINFORZO PARI A 3-4 mm PER INGLOBARE IL RINFORZO E CHIUDERE EVENTUALI VUOTI. IN PRESENZA DI AMBIENTI PARTICOLARMENTE AGGRESSIVI O PER UN'ULTERIORE PROTEZIONE, SI CONSIGLIA L'APPLICAZIONE DI **KERAKOVER ACRILEX FLEX**

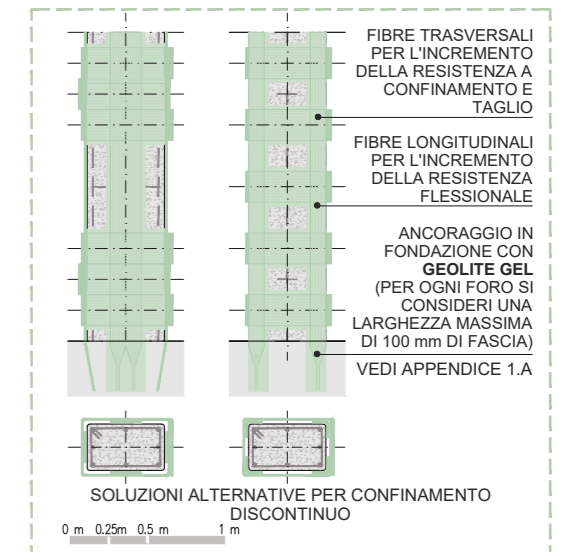
5 RASATURA MEDIANTE **GEOLITE SILT**, **GEOLCALCE MULTIUSO** O **RASOBUILD ECO TOP** CON UNO SPOLVERO DI **QUARZO 5.12** O SABBIA ASCIUTTA DI OPPORTUNA GRANULOMETRIA SUL SISTEMA EPOSSIDICO ANCORA FRESCO PER EVENTUALE INTONACATURA

## PARTICOLARI DI SOVRAPPOSIZIONE



0 m 0.25 m 0.5 m

## PARTICOLARI DI ESECUZIONE



0 m 0.25 m 0.5 m 1 m

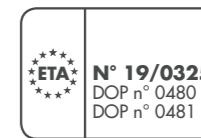
NOTE  
E' possibile ottimizzare la disposizione del rinforzo per aumentare la capacità flessionale oltre che quella a confinamento e a taglio. Nel caso del sistema di rinforzo a solo confinamento e taglio non è necessario prevedere l'ancoraggio alle strutture orizzontali esistenti.  
Nota bene: la normativa CNR-DT 200 R1/2013, al paragrafo 4.8.1.1, sottolinea che la resistenza media a compressione del calcestruzzo non deve essere inferiore a 15 N/mm<sup>2</sup> nel caso del rinforzo per aderenza.

POWERED BY **kerakoll** ENGINEERED BY **ASDEA**



# 1.7A

## Rinforzo di nodi trave-pilastro di facciata mediante placcaggio con tessuti in fibra di acciaio galvanizzato e geomalta minerale strutturale tixotropica



### PRESCRIZIONE

- Preparazione dei supporti. Preparare e bonificare i supporti a regola d'arte, comunque seguendo le indicazioni e prescrizioni della D.L. In caso di supporti non degradati irruvidire semplicemente la superficie, pulire e rimuovere polveri e oli che possano compromettere l'adesione del sistema, mediante aria compressa o idropulitrice. In caso di supporto evidentemente degradato, non planare o danneggiato da eventi gravosi, rimuovere in profondità eventuale calcestruzzo ammalorato mediante scarifica meccanica o idrodemolizione, avendo cura di irruvidire il substrato; rimuovere eventuale ruggine dai ferri d'armatura, che devono essere puliti mediante spazzolatura (manuale o meccanica) o sabbatura; eventuale ricostruzione monolitica o rasatura della sezione mediante la geomalta tixotropica **Geolite**. Garantire in ogni caso asperità di almeno 5 mm, pari al grado 8 del "Kit collaudo preparazione supporti c.a. e muratura". Concludere la preparazione del supporto mediante stonatura degli spigoli con raggio di curvatura minimo di 20 mm.
- Applicazione del sistema di rinforzo. Realizzare il sistema di rinforzo strutturale Steel Reinforced Grout **Geosteel SRG** (abbinamento di fibra di acciaio e malta minerale strutturale tixotropica a base di Geolegante) effettuando dei placcaggi conformati in modo da soddisfare le esigenze geometriche e prestazionali del manufatto oggetto di intervento, avvolgendo in maniera adeguata le superfici dei nodi, con l'applicazione di una prima mano di **Geolite**, garantendo sul supporto una quantità di materiale sufficiente (spessore medio 3 - 5 mm) per regolarizzarlo e per adagiare e inglobare il tessuto di rinforzo. Successivamente applicare sulla matrice ancora fresca il tessuto in fibra d'acciaio galvanizzato UHTSS **Geosteel G** (presagomato in funzione della geometria dell'elemento strutturale mediante impiego della **Piegatrice Geosteel**), garantendo il perfetto inglobamento del nastro nello strato di matrice, esercitando un'energica pressione con la spatola e avendo cura che la stessa fuoriesca dai trefoli per garantire un'ottima adesione fra primo e secondo strato di matrice. Concludere l'applicazione, agendo fresco su fresco, con la rasatura finale protettiva (spessore complessivo del rinforzo 5 - 8 mm), sempre realizzata con **Geolite**, 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. Nel caso in cui il sistema installato debba essere intonato o mascherato mediante rasatura, si consiglia l'utilizzo di **Geolite Silt**, **Geocalce Multiuso** o **Rasobuild Eco Top**.
- Protezione e decorazione. Qualora il sistema di rinforzo venga installato in ambienti particolarmente aggressivi, o comunque si voglia garantire un'ulteriore protezione oltre a quella già fornita dalla geomalta, si consiglia l'applicazione finale della geopittura **Geolite Microsilicato** o della pittura elastomerica **Kerakover Acrilex Flex**, da estendere, possibilmente, anche nelle zone non rinforzate. Se le opere sono a contatto permanente o occasionale con sostanze liquide, si consiglia di contattare l'ufficio tecnico Kerakoll per predisporre il sistema di protezione più idoneo.

### AVVERTENZE

**Geosteel G** viene fornito per il sistema SRG in n. 2 grammature utili in funzione delle esigenze di calcolo:

- **Geosteel G600** (grammatura: 670 g/m<sup>2</sup>; n° trefoli per cm = 1,57; spessore equivalente del nastro = 0,084 mm)
- **Geosteel G1200** (grammatura: 1200 g/m<sup>2</sup>; n° trefoli per cm = 3,14; spessore equivalente del nastro = 0,169 mm).

Prima di effettuare l'intervento verificare l'idoneità della classe di resistenza del calcestruzzo di supporto.

### VOCE DI CAPITOLATO

Fornitura e posa in opera di sistema SRG (Steel Reinforced Grout) per il rinforzo di nodi trave-pilastro di facciata, provvisto di Marcatura CE tramite ETA, 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 2017 fissati su microrete in fibra di vetro, del peso netto di fibra di circa 670 g/mq, impregnato con matrice minerale inorganica, tixotropica, a presa normale - tipo **Geosteel SRG** realizzato con **Geosteel G600** abbinato a **Geolite** di Kerakoll - Caratteristiche tecniche certificate del sistema: resistenza a trazione (valore caratteristico) = 2697 MPa, deformazione a trazione (valore caratteristico) = 1,38%,  $\sigma_{lim,conv} = 1827$  MPa,  $\epsilon_{lim,conv} = 0,94\%$ , modulo elastico del tessuto  $E_f = 195$  GPa. Caratteristiche del tessuto: resistenza a trazione valore caratteristico > 3000 MPa, deformazione ultima a rottura > 1,5%; 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/DIS 17832; spessore equivalente del nastro = 0,084 mm. La malta è provvista di marcatura CE e conforme ai requisiti prestazionali richiesti dalla Norma EN 1504-7 per la passivazione delle barre di armatura, dalla EN 15043, Classe R4 (stagionatura CC e PCC) per la ricostruzione volumetrica e la rasatura, dalla EN 1504-2 per la protezione delle superfici e dalla EN 1504-6 per l'ancoraggio ad effetto espansivo di armatura in acciaio; nessuna corrosione della barra metallica (EN 15183), resistenza a compressione a 28 gg > 50 MPa (EN 12190), resistenza a trazione per flessione a 28 gg > 8 MPa (EN 196/1), legame di aderenza a 28 gg > 2 MPa (EN 1542), modulo elastico E a 28 gg  $\geq 20$  GPa (EN 13412), resistente alla carbonatazione (EN 13295), ritiro lineare < 0,3% (EN 12617-1), resistenza all'abrasione con perdita di peso del provino < 3000 mg (EN ISO 5470-1).

L'intervento si svolge nelle seguenti fasi: eventuale trattamento di ripristino delle superfici degradate, ammalorate, decoese o non planari (da contabilizzare a parte), irruvidimento della superficie garantendo asperità di almeno 5 mm e stonatura degli spigoli con raggio di curvatura di almeno 20 mm e bagnatura a rifiuto delle superfici; eventuale piegatura del tessuto in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, in funzione della geometria dell'elemento strutturale mediante impiego di idonea piegatrice certificata; stesura di un primo strato di malta, di spessore di circa 3 - 5 mm; 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; esecuzione del secondo strato di malta, per uno spessore complessivo del rinforzo di 5 - 8 mm, al fine di inglobare totalmente il tessuto di rinforzo e chiudere gli eventuali vuoti sottostanti; eventuale ripetizione delle fasi precedenti per tutti gli strati successivi di rinforzo previsti da progetto.

La quantificazione è espressa ad unità di superficie di rinforzo effettivamente posto in opera comprese le sovrapposizioni e le zone di ancoraggio.

1 \_\_\_\_\_

Verifica della corretta preparazione delle fasce di rinforzo.



2 \_\_\_\_\_

Applicazione fascia verticale di tessuto in fibra d'acciaio **Geosteel G**.



3 \_\_\_\_\_

Applicazione fascia orizzontale di tessuto in fibra d'acciaio **Geosteel G**.



4 \_\_\_\_\_

Applicazione fascia di tessuto in fibra d'acciaio **Geosteel G** per la cerchiatura della trave.



5 \_\_\_\_\_

Applicazione fascia di tessuto in fibra d'acciaio **Geosteel G** per la cerchiatura del pilastro.



6 \_\_\_\_\_

Inglobamento del tessuto in fibra d'acciaio **Geosteel G** nello strato di matrice **Geolite**.

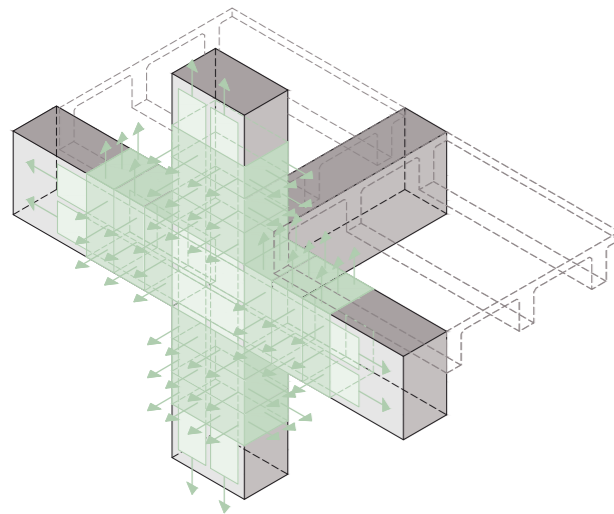
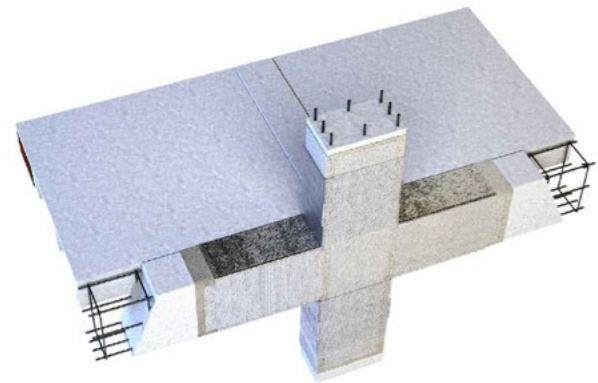




# 1.7A

RINFORZO DI NODI TRAVE-PILASTRO DI FACCIATA MEDIANTE PLACCAGGIO CON TESSUTI IN FIBRA DI ACCIAIO GALVANIZZATO E GEOMALTA MINERALE STRUTTURALE TIXOTROPICA

Geoforceone  
Software



ASSONOMETRIA  
RINFORZO DI NODO DI FACCIATA A TRE VIE

NOTE

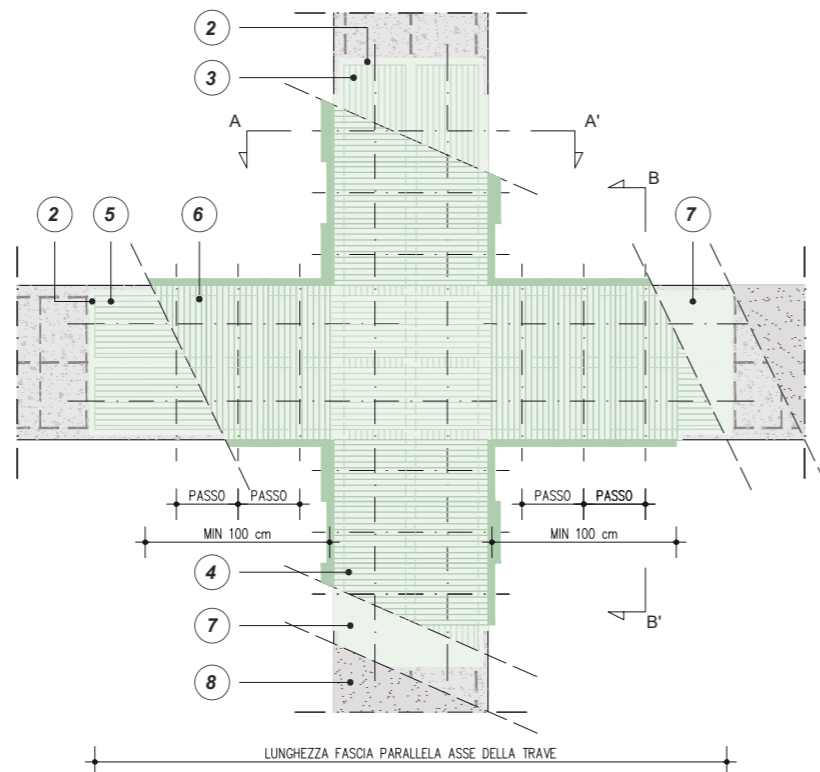
Nota bene: la normativa CNR-DT 215/2018, al paragrafo 5, sottolinea che la resistenza media a compressione del calcestruzzo non deve essere inferiore a 15 N/mm<sup>2</sup> nel caso del rinforzo per aderenza.

POWERED BY

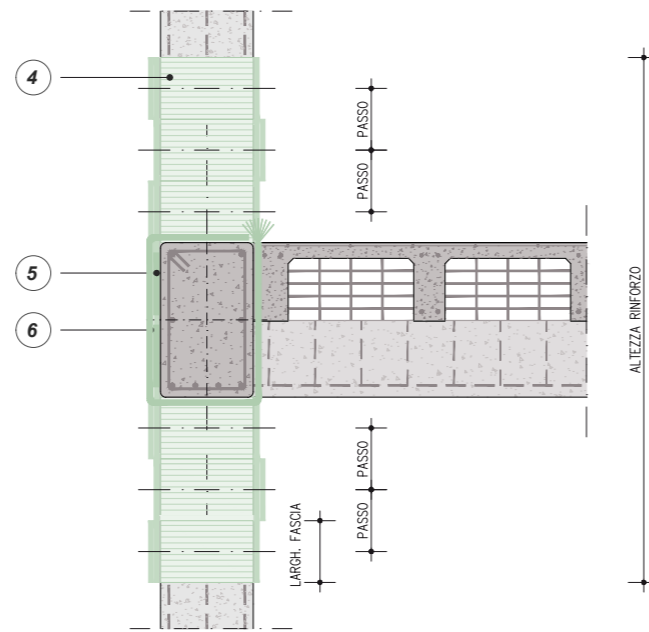
kerakoll

ENGINEERED BY

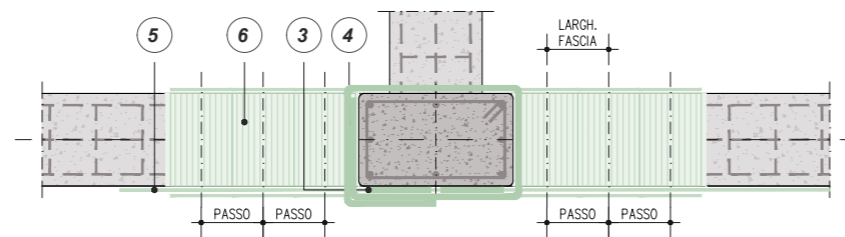
ASDEA



PROSPETTO  
RINFORZO DEL NODO TRAVE PILASTRO A 3 VIE (DI FACCIATA)  
MEDIANTE GEOSTEEL G600/G1200



SEZIONE B - B'  
RINFORZO DEL NODO TRAVE PILASTRO A 3 VIE (DI FACCIATA)  
MEDIANTE GEOSTEEL G600/G1200

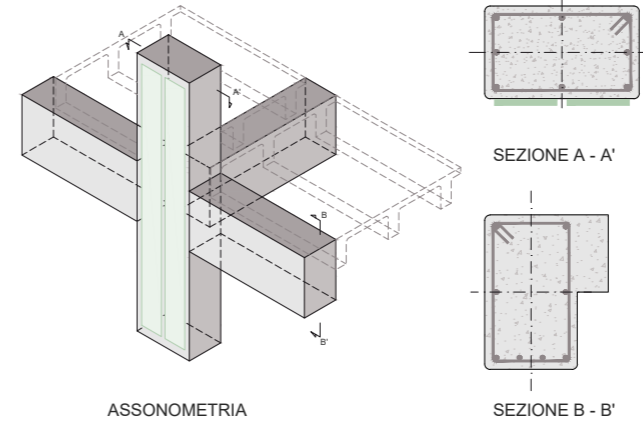


SEZIONE A - A'  
RINFORZO DEL NODO TRAVE PILASTRO A 3 VIE (DI FACCIATA)  
MEDIANTE GEOSTEEL G600/G1200

0 m 0,25 m 0,5 m 1 m

RINFORZO DI NODO A TRE VIE

FASE I: RINFORZO A FLESSIONE DEL PILASTRO

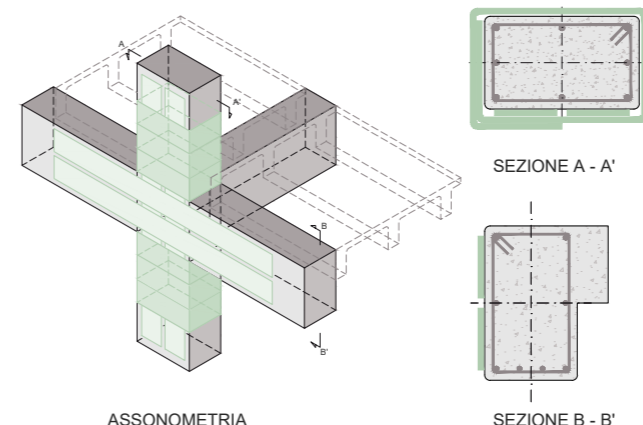


ASSONOMETRIA

SEZIONE A - A'

SEZIONE B - B'

FASE II: RINFORZO LONGITUDINALE DELLA TRAVE E CONFINAMENTO DEL PILASTRO

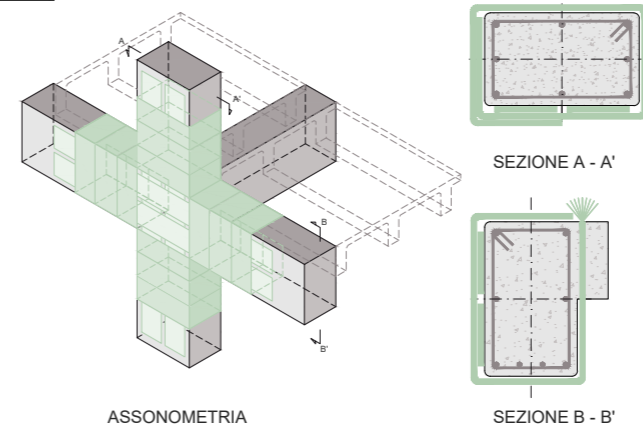


ASSONOMETRIA

SEZIONE A - A'

SEZIONE B - B'

FASE III: RINFORZO A TAGLIO DELLA TRAVE



ASSONOMETRIA

SEZIONE A - A'

SEZIONE B - B'

0 m 0,25 m 0,5 m 1 m

QUADRO NORMATIVO

Placcatura e fasciatura in materiali compositi

L'uso di idonei materiali compositi (o altri materiali resistenti a trazione) nel rinforzo sismico di elementi di c.a. è finalizzato a conseguire i seguenti obiettivi:  
 - aumento della resistenza a taglio di pilastri, travi, nodi trave-pilastro e pareti mediante applicazione di fasce con le fibre disposte secondo la direzione delle staffe;  
 - aumento della resistenza nelle parti terminali di travi e pilastri mediante applicazione di fasce con le fibre disposte secondo la direzione delle barre longitudinali ed opportunamente ancorate, purché si garantisca l'efficacia dell'ancoraggio nel tempo;  
 - un aumento della duttilità degli elementi monodimensionali, per effetto dell'azione di confinamento passivo esercitata dalle fasce con le fibre disposte secondo la direzione delle staffe.

Ai fini delle verifiche di sicurezza degli elementi rafforzati con materiali compositi si possono adottare documenti di comprovata validità.  
 (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 §C8.7.4.2.3)

[...] Al fine di garantire comunque un buon comportamento d'insieme del sistema nodo-travi-pilastri, e garantire un significativo incremento della duttilità a tale sistema, e dunque alla struttura nel suo insieme, gli interventi proposti conseguono anche un incremento della resistenza a taglio delle travi e dei pilastri nelle loro parti terminali convergenti nel nodo ed un confinamento delle estremità dei pilastri, dove si concentrano le massime richieste di duttilità in pressoflessione.  
 (Linee guida per riparazione e rafforzamento di elementi strutturali, tamponature e partizioni § 3.1.- DPC, ReLUIS)

\* Per la pulizia del supporto si è fatto riferimento a normative di comprovata validità

IN CASO DI SUPPORTI NON DEGRADATI, IRRUVIDIMENTO DELLA SUPERFICIE, PULIZIA E RIMOZIONE DI POLVERI E OLII CHE POSSANO COMPROMETTERE L'ADESIONE DEL SISTEMA, MEDIANTE ARIA COMPRESSA O IDROPULITRICE. IN CASO DI SUPPORTO EVIDENTEMENTE DEGRADATO, NON PLANARE O DANNEGGIATO DA EVENTI GRAVOSI: RIMOZIONE IN PROFONDITÀ DEL CALCESTRUZZO AMMALORATO MEDIANTE SCARIFICA MECCANICA O IDRODEMOLIZIONE, AVENDO CURA DI IRRUVIDIRE IL SUBSTRATO CON ASPERITÀ DI ALMENO 5 mm; RIMOZIONE DI RUGGINE DAI FERRI D'ARMATURA MEDIANTE SPAZZOLATURA (MANUALE O MECCANICA) O SABBATURA; RICOSTRUZIONE MONOLITICA O RASATURA DELLA SEZIONE MEDIANTE LA GEOMALTA TIXOTROPICA **GEOLITE**. PREPARARE IL SUPPORTO CON ASPERITÀ DI ALMENO 5 mm E REALIZZARE LA STONDATAURA DEGLI SPIGOLI CON RAGGIO DI CURVATURA MINIMO DI 20 mm

1 APPLICAZIONE DI UNA PRIMA MANO DI **GEOLITE**, GARANTENDO SUL SUPPORTO UNA QUANTITÀ DI MATERIALE SUFFICIENTE (SPESSORE MEDIO 3-5 mm) PER REGOLARIZZARLO E PER APPLICARE ED INGLOBARE IL TESSUTO DI RINFORZO.

2 INSTALLAZIONE PRIMO STRATO DI TESSUTO IN FIBRA D'ACCIAIO GALVANIZZATO **GEOSTEEL G600/G1200** DISPOSTO IN FASCE PARALLELE ALL'ASSE DEL PILASTRO PROTETTO DA UN SECONDO STRATO DI **GEOLITE** (SPESSORE MEDIO 3-5 mm) APPLICATO FRESCO SU FRESCO

3 INSTALLAZIONE SECONDO STRATO DI TESSUTO IN FIBRA D'ACCIAIO GALVANIZZATO **GEOSTEEL G600/G1200** DISPOSTO IN FASCE PERPENDICOLARI ALL'ASSE DEL PILASTRO (CONFINAMENTO DEL PILASTRO) PROTETTO DA UN SECONDO STRATO DI **GEOLITE** (SPESSORE MEDIO 3-5 mm) APPLICATO FRESCO SU FRESCO

4 INSTALLAZIONE TERZO STRATO DI TESSUTO IN FIBRA D'ACCIAIO GALVANIZZATO **GEOSTEEL G600/G1200** DISPOSTO IN FASCE PARALLELE ALL'ASSE DELLA TRAVE PROTETTO DA UN SECONDO STRATO DI **GEOLITE** (SPESSORE MEDIO 3-5 mm) APPLICATO FRESCO SU FRESCO

5 INSTALLAZIONE QUARTO STRATO DI TESSUTO IN FIBRA D'ACCIAIO GALVANIZZATO **GEOSTEEL G600/G1200** DISPOSTO IN FASCE PERPENDICOLARI ALL'ASSE DELLA TRAVE (RINFORZO A TAGLIO) PONENDO ATTENZIONE ALL'EVENTUALE PRESENZA DI SOLAI PROTETTO DA UN SECONDO STRATO DI **GEOLITE** (SPESSORE MEDIO 3-5 mm) APPLICATO FRESCO SU FRESCO

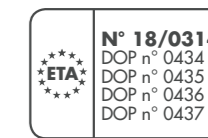
6 RASATURA FINALE PROTETTIVA CON **GEOLITE** PER UNO SPESSORE MEDIO PARI A 3-5 mm, AL FINE DI INGLOBARE TOTALMENTE IL RINFORZO E CHIUDERE EVENTUALI VUOTI SOTTOSTANTI, AGENDO FRESCO SU FRESCO

7 Qualora il sistema di rinforzo venga installato in ambienti particolarmente aggressivi, o comunque si voglia garantire un'ulteriore protezione oltre a quella già fornita dalla geomalta®, si consiglia l'applicazione finale della geopittura **Geolite Microsilicato** o della pittura elastomerica **Kerakover Acrilex Flex**, da estendere possibilmente anche nelle zone non rinforzate. Se le opere sono a contatto permanente o occasionale con sostanze liquide, si consiglia di contattare l'ufficio tecnico Kerakoll per predisporre il sistema di protezione più idoneo.

8 EVENTUALE RASATURA O INTONACATURA MEDIANTE **GEOLITE SILT**, **GEOCALCE MULTIUSO** O **RASOBUILD ECO TOP**

# 1.7B

## Rinforzo di nodi trave-pilastro di facciata mediante placcaggio con tessuti in fibra di acciaio galvanizzato e adesivo epossidico



### PRESCRIZIONE

- Preparazione dei supporti. Preparare e bonificare i supporti a regola d'arte, comunque seguendo le indicazioni e prescrizioni della D.L. In caso di supporti non degradati irruvidire la superficie mediante scarifica meccanica garantendo asperità di almeno 0,5 mm, pari al grado 5 del "Kit collaudo preparazione supporti in c.a. e muratura". Pulire e rimuovere polveri e oli che possano compromettere l'adesione del sistema mediante aria compressa. In caso di supporto evidentemente degradato, non planare o danneggiato da eventi gravosi rimuovere in profondità eventuale calcestruzzo ammalorato mediante scarifica meccanica o idrodemolizione, avendo cura di irruvidire il substrato con asperità di almeno 5 mm, pari al grado 8 del "Kit collaudo preparazione supporti in c.a. e muratura"; rimuovere eventuale ruggine dai ferri d'armatura, che devono essere puliti mediante spazzolatura (manuale o meccanica) o sabbiatura; realizzare eventuale ricostruzione monolitica o rasatura della sezione mediante la geomalta tixotropica **Geolite**. Concludere la preparazione del supporto mediante stonatura degli spigoli con raggio di curvatura minimo di 20 mm.
- Applicazione del sistema di rinforzo. Eseguire il sistema di rinforzo strutturale Steel Reinforced Polymer **Geosteel SRP** (abbinamento di fibra di acciaio e adesivo minerale epossidico) effettuando dei placcaggi conformati in modo da soddisfare le esigenze geometriche e prestazionali del manufatto oggetto di intervento, avvolgendo in maniera adeguata le superfici dei nodi. Applicare ad avvenuta maturazione dei trattamenti preventivi descritti, una prima mano dell'adesivo minerale epossidico **Geolite Gel**, garantendo sul supporto una quantità di materiale sufficiente (spessore medio 2 - 3 mm) per adagiare e inglobare il tessuto di rinforzo. Successivamente applicare sulla matrice ancora fresca il tessuto in fibra d'acciaio galvanizzato UHTSS **Geosteel G** (presagomato in funzione della geometria dell'elemento strutturale mediante impiego della **Piegatrice Geosteel**), garantendo il perfetto inglobamento del nastro nello strato di matrice, esercitando un'energica pressione con spatola o rullo in acciaio e avendo cura che la stessa fuoriesca dai trefoli, garantendo un'ottima adesione fra primo e secondo strato di matrice. Concludere l'applicazione con la rasatura finale protettiva, impiegando un quantitativo di adesivo necessario (spessore complessivo del rinforzo 3 - 4 mm) per il totale ricoprimento del tessuto in acciaio, agendo fresco su fresco. In caso di strati successivi al primo, procedere con la posa del secondo strato di fibra sullo strato di matrice ancora fresca. Nel caso in cui il sistema installato debba essere intonato o mascherato mediante rasatura, si consiglia l'utilizzo di **Geolite Silt**, **Geocalce Multiuso** o **Rasobuild Eco Top**, avendo cura, a resina ancora fresca, di eseguire uno spolvero di **Quarzo 5.12** o sabbia asciutta di opportuna granulometria per facilitarne l'aggrappo.
- Protezione e decorazione. Qualora il sistema di rinforzo venga installato in ambienti particolarmente aggressivi, o comunque si voglia garantire un'ulteriore protezione oltre a quella già fornita dalla matrice, si consiglia l'applicazione finale della pittura elastomerica **Kerakover Acrilex Flex**, da estendere, possibilmente, anche nelle zone non rinforzate. Se le opere sono a contatto permanente o occasionale con sostanze liquide, si consiglia di contattare l'ufficio tecnico Kerakoll per predisporre il sistema di protezione più idoneo.

### AVVERTENZE

**Geosteel G** viene fornito per il sistema SRP in n. 4 grammature utili in funzione delle esigenze di calcolo:

- **Geosteel G600** (grammatura: 670 g/m<sup>2</sup>; n° trefoli per cm = 1,57; spessore equivalente del nastro = 0,084 mm)
- **Geosteel G1200** (grammatura: 1200 g/m<sup>2</sup>; n° trefoli per cm = 3,14; spessore equivalente del nastro = 0,169 mm)
- **Geosteel G2000** (grammatura: 2000 g/m<sup>2</sup>; n° trefoli per cm = 4,72; spessore equivalente del nastro = 0,254 mm)
- **Geosteel G3300** (grammatura: 3300 g/m<sup>2</sup>; n° trefoli per cm = 7,09; spessore equivalente del nastro = 0,381 mm).

Prima di effettuare l'intervento verificare l'idoneità della classe di resistenza del calcestruzzo di supporto.

### VOCE DI CAPITOLATO

Fornitura e posa in opera di sistema SRP (Steel Reinforced Polymer) per il rinforzo di nodi trave-pilastro di facciata, provvisto di Marcatura CE tramite ETA, 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 2017 fissati su microrete in fibra di vetro, del peso netto di fibra di circa 3300 g/mq, impregnato con sistema epossidico bicomponente in gel tixotropico, provvisto di marcatura CE e conforme ai requisiti prestazionali richiesti dalla norma EN 1504-4 per incollaggio di elementi strutturali e dalla norma EN 1504-6 per l'inghisaggio di barre di ancoraggio - tipo **Geosteel SRP** realizzato con **Geosteel G3300** abbinato a **Geolite Gel** di Kerakoll - Caratteristiche tecniche certificate del sistema: resistenza a trazione  $\geq$  2970 MPa, deformazione a trazione  $\geq$  0,015 mm/mm; modulo di elasticità a trazione  $E \geq$  216 GPa. Caratteristiche del tessuto: resistenza a trazione valore caratteristico  $>$  3000 MPa, deformazione ultima a rottura  $>$  1,5%; area effettiva di un trefolo 3x2 (5 fili) = 0,538 mm<sup>2</sup>; n° trefoli per cm = 7,09 con avvolgimento dei fili ad elevato angolo di torsione conforme alla norma ISO/DIS 17832; spessore equivalente del nastro = 0,381 mm. Caratteristiche tecniche certificate del sistema epossidico: Euroclasse di reazione al fuoco C-s2,d0 (EN 13501-1); emissione di sostanze organiche volatili EC1 Plus certificato GEV-Emicode; temperatura di transizione vetrosa +60 °C (EN 12614).

L'intervento si svolge nelle seguenti fasi: eventuale trattamento di ripristino delle superfici degradate, ammalorate, decoese o non planari, irruvidimento della superficie con asperità di almeno 0,5 mm e stonatura degli spigoli con raggio di curvatura di almeno 20 mm; eventuale piegatura del tessuto in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, in funzione della geometria dell'elemento strutturale mediante impiego di idonea piegatrice certificata; stesura di un primo strato di spessore di circa 2 - 3 mm, di adesivo minerale epossidico; con adesivo ancora fresco, 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; esecuzione del secondo strato di matrice, fino a completa copertura del tessuto di rinforzo, per uno spessore complessivo del rinforzo di 3 - 4 mm; eventuale ripetizione delle fasi precedenti per tutti gli strati successivi di rinforzo previsti da progetto.

La quantificazione è espressa per unità di superficie di rinforzo effettivamente posto in opera comprese le sovrapposizioni e le zone di ancoraggio.

1 \_\_\_\_\_

Verifica della corretta preparazione delle fasce di rinforzo.



2 \_\_\_\_\_

Applicazione fascia verticale di tessuto in fibra d'acciaio **Geosteel G**.



3 \_\_\_\_\_

Applicazione fascia orizzontale di tessuto in fibra d'acciaio **Geosteel G**.



4 \_\_\_\_\_

Applicazione fascia di tessuto in fibra d'acciaio **Geosteel G** per la cerchiatura della trave.



5 \_\_\_\_\_

Applicazione fascia di tessuto in fibra d'acciaio **Geosteel G** per la cerchiatura del pilastro.



6 \_\_\_\_\_

Installazione della fascia in spessore millimetrico con **Geolite Gel**.

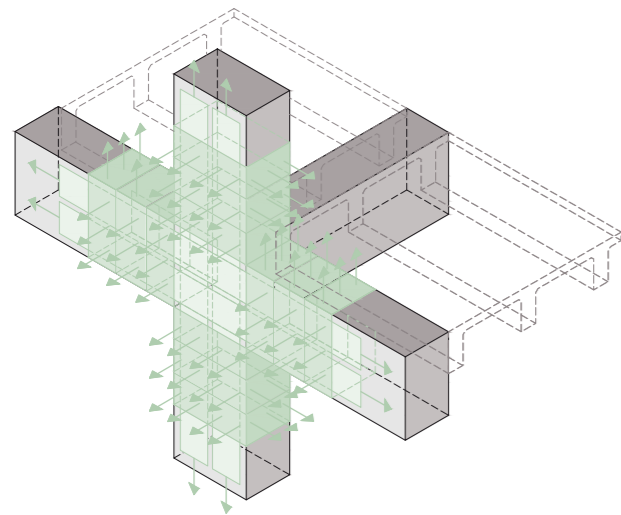
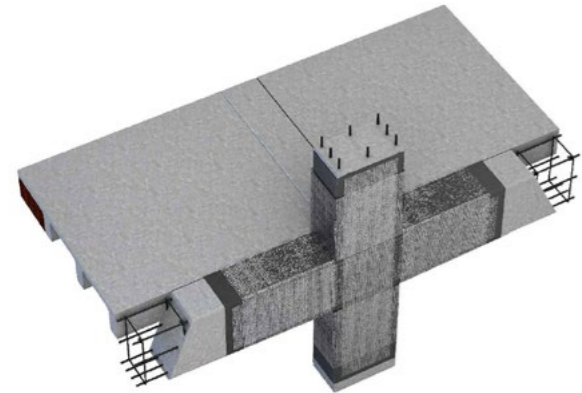




# 1.7B

RINFORZO DI NODI TRAVE-PILASTRO DI FACCIATA MEDIANTE PLACCAGGIO CON TESSUTI IN FIBRA DI ACCIAIO GALVANIZZATO E ADESIVO EPOSSIDICO

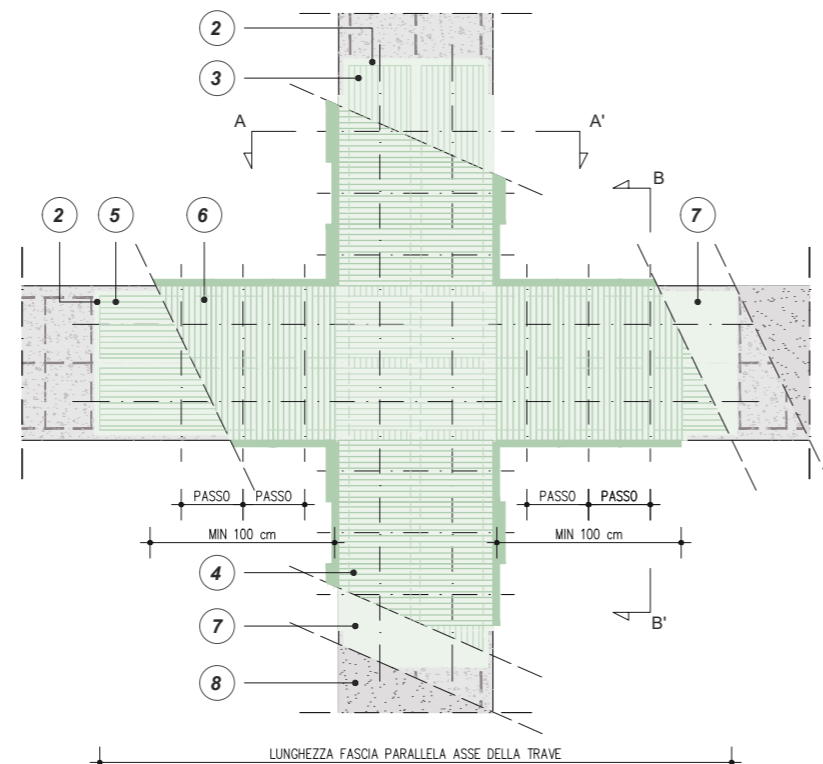
Geoforceone  
Software



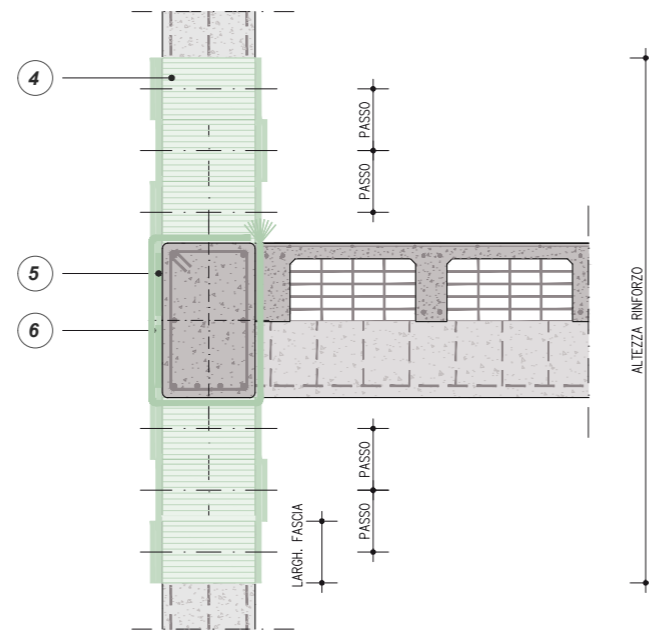
ASSONOMETRIA  
RINFORZO DI NODO DI FACCIATA A TRE VIE

NOTE

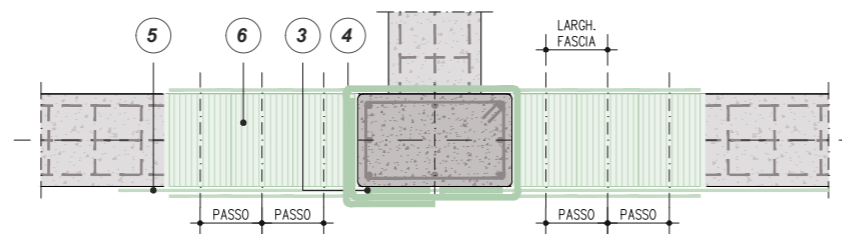
Nota bene: la normativa CNR-DT 200 R1/2013, al paragrafo 4.8.1.1, sottolinea che la resistenza media a compressione del calcestruzzo non deve essere inferiore a 15 N/mm<sup>2</sup> nel caso del rinforzo per aderenza.



PROSPETTO  
RINFORZO DEL NODO TRAVE PILASTRO A 3 VIE (DI FACCIATA)  
MEDIANTE GEOSTEEL G600/G1200/G2000/G3300



SEZIONE B - B'  
RINFORZO DEL NODO TRAVE PILASTRO A 3 VIE (DI FACCIATA)  
MEDIANTE GEOSTEEL G600/G1200/G2000/G3300

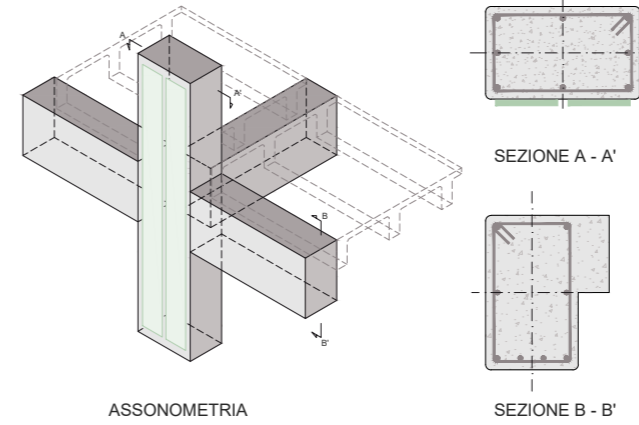


SEZIONE A - A'  
RINFORZO DEL NODO TRAVE PILASTRO A 3 VIE (DI FACCIATA)  
MEDIANTE GEOSTEEL G600/G1200/G2000/G3300

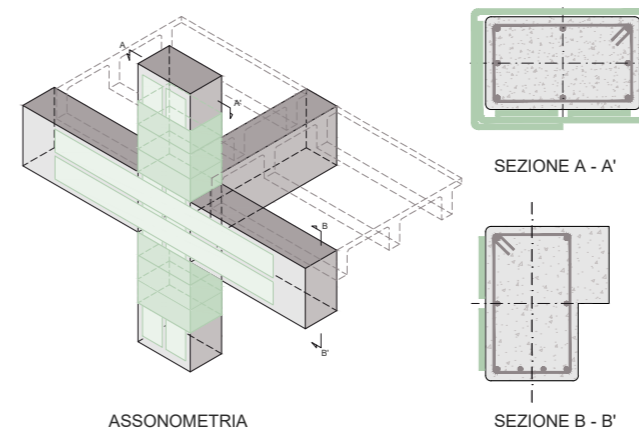
0 m 0,25 m 0,5 m 1 m

RINFORZO DI NODO A TRE VIE

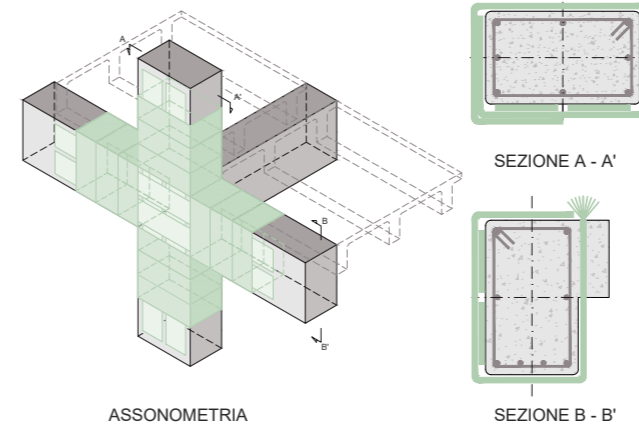
FASE I: RINFORZO A FLESSIONE DEL PILASTRO



FASE II: RINFORZO LONGITUDINALE DELLA TRAVE E CONFINAMENTO DEL PILASTRO



FASE III: RINFORZO A TAGLIO DELLA TRAVE



0 m 0,25 m 0,5 m 1 m

QUADRO NORMATIVO

Placcatura e fasciatura in materiali compositi

L'uso di idonei materiali compositi (o altri materiali resistenti a trazione) nel rinforzo sismico di elementi di c.a. è finalizzato a conseguire i seguenti obiettivi:  
 - aumento della resistenza a taglio di pilastri, travi, nodi trave-pilastro e pareti mediante applicazione di fasce con le fibre disposte secondo la direzione delle staffe;  
 - aumento della resistenza nelle parti terminali di travi e pilastri mediante applicazione di fasce con le fibre disposte secondo la direzione delle barre longitudinali ed opportunamente ancorate, purché si garantisca l'efficacia dell'ancoraggio nel tempo;  
 - un aumento della duttilità degli elementi monodimensionali, per effetto dell'azione di confinamento passivo esercitata dalle fasce con le fibre disposte secondo la direzione delle staffe.

Ai fini delle verifiche di sicurezza degli elementi rafforzati con materiali compositi si possono adottare documenti di comprovata validità.  
 (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 §C8.7.4.2.3)

[...] Al fine di garantire comunque un buon comportamento d'insieme del sistema nodo-travi-pilastri, e garantire un significativo incremento della duttilità a tale sistema, e dunque alla struttura nel suo insieme, gli interventi proposti conseguono anche un incremento della resistenza a taglio delle travi e dei pilastri nelle loro parti terminali convergenti nel nodo ed un confinamento delle estremità dei pilastri, dove si concentrano le massime richieste di duttilità in pressoflessione.  
 (Linee guida per riparazione e rafforzamento di elementi strutturali, tamponature e partizioni § 3.1.- DPC, ReLUIS)

IN CASO DI SUPPORTI NON DEGRADATI, IRRUVIMENTO DELLA SUPERFICIE, PULIZIA E RIMOZIONE DI POLVERI E OLII CHE POSSANO COMPROMETTERE L'ADESIONE DEL SISTEMA, MEDIANTE ARIA COMPRESSA O IDROPULTRICE. IN CASO DI SUPPORTO EVIDENTEMENTE DEGRADATO, NON PLANARE O DANNEGGIATO DA EVENTI GRAVOSI: RIMOZIONE IN PROFONDITÀ DEL CALCESTRUZZO AMMALORATO MEDIANTE SCARIFICA MECCANICA O IDRODEMOLIZIONE, AVENDO CURA DI IRRUVIDIRE IL SUBSTRATO CON ASPERITÀ DI ALMENO 5 mm; RIMOZIONE DI RUGGINE DAI FERRI D'ARMATURA MEDIANTE SPAZZOLATURA (MANUALE O MECCANICA) O SABBATURA; RICOSTRUZIONE MONOLITICA O RASATURA DELLA SEZIONE MEDIANTE LA GEOMALTA TIXOTROPICA GEOLITE. PREPARARE IL SUPPORTO CON ASPERITÀ DI ALMENO 0,5 mm E REALIZZARE LA STONDATAURA DEGLI SPIGOLI CON RAGGIO DI CURVATURA MINIMO DI 20 mm

- 1 Dopo aver accertato la qualità del substrato ed aver eventualmente provveduto al ripristino del calcestruzzo ammalorato ed al trattamento delle barre metalliche, può essere opportuno ricorrere ad un ulteriore provvedimento di sabbatura a carico della superficie interessata dal rinforzo. [...] Nel caso in cui si operi su una superficie di calcestruzzo che non necessiti di ripristino, ma che sia di qualità scadente, è opportuno valutare la possibilità di applicare su di essa un consolidante. [...] In generale, è necessario verificare che sulla superficie di applicazione del rinforzo non siano presenti polveri, grassi, idrocarburi e tensioattivi.  
(CNR - DT 200 R1/2013 § 4.8.1.3)
- 2 APPLICAZIONE, AD AVVENUTA MATURAZIONE DEI TRATTAMENTI PREVENTIVI, DI UNA PRIMA MANO DELL'ADESIVO MINERALE EPOSSIDICO GEOLITE GEL, GARANTENDO SUL SUPPORTO UNA QUANTITÀ DI MATERIALE SUFFICIENTE (SPESSORE MEDIO 2-3 mm) PER APPLICARE ED INGLOBARE IL TESSUTO DI RINFORZO.
- 3 INSTALLAZIONE PRIMO STRATO DI TESSUTO IN FIBRA D'ACCIAIO GALVANIZZATO GEOSTEEL G600/G1200/G2000/G3300 DISPOSTO IN FASCE PARALLELE ALL'ASSE DEL PILASTRO PROTETTO DA UN SECONDO STRATO DI GEOLITE GEL (SPESSORE MEDIO 2-3 mm) APPLICATO FRESCO SU FRESCO
- 4 INSTALLAZIONE SECONDO STRATO DI TESSUTO IN FIBRA D'ACCIAIO GALVANIZZATO GEOSTEEL G600/G1200/G2000/G3300 DISPOSTO IN FASCE PERPENDICOLARI ALL'ASSE DEL PILASTRO (CONFINAMENTO DEL PILASTRO) PROTETTO DA UN SECONDO STRATO DI GEOLITE GEL (SPESSORE MEDIO 2-3 mm) APPLICATO FRESCO SU FRESCO
- 5 INSTALLAZIONE TERZO STRATO DI TESSUTO IN FIBRA D'ACCIAIO GALVANIZZATO GEOSTEEL G600/G1200/G2000/G3300 DISPOSTO IN FASCE PARALLELE ALL'ASSE DELLA TRAVE PROTETTO DA UN SECONDO STRATO DI GEOLITE GEL (SPESSORE MEDIO 2-3 mm) APPLICATO FRESCO SU FRESCO
- 6 INSTALLAZIONE QUARTO STRATO DI TESSUTO IN FIBRA D'ACCIAIO GALVANIZZATO GEOSTEEL G600/G1200/G2000/G3300 DISPOSTO IN FASCE PERPENDICOLARI ALL'ASSE DELLA TRAVE (RINFORZO A TAGLIO) PONENDO ATTENZIONE ALL'EVENTUALE PRESENZA DI SOLAI PROTETTO DA UN SECONDO STRATO DI GEOLITE GEL (SPESSORE MEDIO 2-3 mm) APPLICATO FRESCO SU FRESCO
- 7 RASATURA FINALE PROTETTIVA CON GEOLITE SILT, GEOCALCE MULTIUSO O RASOBUILD ECO TOP CON UNO SPOLVERO DI QUARZO 5.12 O SABBIA ASCIUTTA DI OPPORTUNA GRANULOMETRIA SUL SISTEMA EPOSSIDICO ANCORA FRESCO PER EVITUALE INTONACATURA
- 8

# 1.8A

## Rinforzo di nodi trave-pilastro d'angolo mediante placcaggio con tessuti in fibra di acciaio galvanizzato e geomalta minerale strutturale tixotropica



### PRESCRIZIONE

- Preparazione dei supporti. Preparare e bonificare i supporti a regola d'arte, comunque seguendo le indicazioni e prescrizioni della D.L. In caso di supporti non degradati irruvidire semplicemente la superficie, pulire e rimuovere polveri e oli che possano compromettere l'adesione del sistema, mediante aria compressa o idropulitrice. In caso di supporto evidentemente degradato, non planare o danneggiato da eventi gravosi: rimuovere in profondità eventuale calcestruzzo ammalorato mediante scarifica meccanica o idrodemolizione; rimuovere eventuale ruggine dai ferri d'armatura, che devono essere puliti mediante spazzolatura (manuale o meccanica) o sabbatura; realizzare eventuale ricostruzione monolitica o rasatura della sezione mediante la geomalta tixotropica **Geolite**. Garantire in ogni caso asperità di almeno 5 mm, pari al grado 8 del "Kit collaudo preparazione supporti c.a. e muratura". Concludere la preparazione del supporto mediante la stonatura degli spigoli con raggio di curvatura minimo di 20 mm.
- Applicazione del sistema di rinforzo. Realizzare il sistema di rinforzo strutturale Steel Reinforced Grout **Geosteel SRG** (abbinamento di fibra di acciaio e malta minerale strutturale tixotropica a base di Geolegante) effettuando dei placcaggi conformati in modo da soddisfare le esigenze geometriche e prestazionali del manufatto oggetto di intervento, avvolgendo in maniera adeguata le superfici dei nodi, con l'applicazione di una prima mano di **Geolite**, garantendo sul supporto una quantità di materiale sufficiente (spessore medio 3 - 5 mm) per regolarizzarlo e per adagiare e inglobare il tessuto di rinforzo. Successivamente applicare sulla matrice ancora fresca il tessuto in fibra d'acciaio galvanizzato UHTSS **Geosteel G** (presagomato in funzione della geometria dell'elemento strutturale mediante impiego della **Piegatrice Geosteel**), garantendo il perfetto inglobamento del nastro nello strato di matrice, esercitando un'energica pressione con la spatola e avendo cura che la stessa fuoriesca dai trefoli per garantire un'ottima adesione fra primo e secondo strato di matrice. Concludere l'applicazione, agendo fresco su fresco, con la rasatura finale protettiva (spessore complessivo del rinforzo 5 - 8 mm), sempre realizzata con **Geolite**, 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. Nel caso in cui il sistema installato debba essere intonato o mascherato mediante rasatura, si consiglia l'utilizzo di **Geolite Silt**, **Geocalce Multiuso** o **Rasobuild Eco Top**.
- Protezione e decorazione. Qualora il sistema di rinforzo venga installato in ambienti particolarmente aggressivi, o comunque si voglia garantire un'ulteriore protezione oltre a quella già fornita dalla geomalta, si consiglia l'applicazione finale della geopittura **Geolite Microsilicato** o della pittura elastomerica **Kerakover Acrilex Flex**, da estendere, possibilmente, anche nelle zone non rinforzate. Se le opere sono a contatto permanente o occasionale con sostanze liquide, si consiglia di contattare l'ufficio tecnico Kerakoll per predisporre il sistema di protezione più idoneo.

### AVVERTENZE

**Geosteel G** viene fornito per il sistema SRG in n. 2 grammature utili in funzione delle esigenze di calcolo:

- **Geosteel G600** (grammatura: 670 g/m<sup>2</sup>; n° trefoli per cm = 1,57; spessore equivalente del nastro = 0,084 mm)
- **Geosteel G1200** (grammatura: 1200 g/m<sup>2</sup>; n° trefoli per cm = 3,14; spessore equivalente del nastro = 0,169 mm).

Prima di effettuare l'intervento verificare l'idoneità della classe di resistenza del calcestruzzo di supporto.

### VOCE DI CAPITOLATO

Fornitura e posa in opera di sistema SRG (Steel Reinforced Grout) per il rinforzo di nodi trave-pilastro d'angolo, provvisto di Marcatura CE tramite ETA, 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 2017 fissati su microrete in fibra di vetro, del peso netto di fibra di circa 670 g/mq, impregnato con matrice minerale inorganica, tixotropica, a presa normale - tipo **Geosteel SRG** realizzato con **Geosteel G600** abbinato a **Geolite** di Kerakoll - Caratteristiche tecniche certificate del sistema: resistenza a trazione (valore caratteristico) = 2697 MPa, deformazione a trazione (valore caratteristico) = 1,38%,  $\sigma_{lim,conv}$  = 1827 MPa,  $\epsilon_{lim,conv}$  = 0,94%, modulo elastico del tessuto  $E_f$  = 195 GPa. Caratteristiche del tessuto: resistenza a trazione valore caratteristico > 3000 MPa, deformazione ultima a rottura > 1,5%; 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/DIS 17832; spessore equivalente del nastro = 0,084 mm. La malta è provvista di marcatura CE e conforme ai requisiti prestazionali richiesti dalla Norma EN 1504-7 per la passivazione delle barre di armatura, dalla EN 15043, Classe R4 (stagionatura CC e PCC) per la ricostruzione volumetrica e la rasatura, dalla EN 1504-2 per la protezione delle superfici e dalla EN 1504-6 per l'ancoraggio ad effetto espansivo di armatura in acciaio; nessuna corrosione della barra metallica (EN 15183), resistenza a compressione a 28 gg > 50 MPa (EN 12190), resistenza a trazione per flessione a 28 gg > 8 MPa (EN 196/1), legame di aderenza a 28 gg > 2 MPa (EN 1542), modulo elastico E a 28 gg ≥ 20 GPa (EN 13412), resistente alla carbonatazione (EN 13295), ritiro lineare < 0,3% (EN 12617-1), resistenza all'abrasione con perdita di peso del provino < 3000 mg (EN ISO 5470-1).

L'intervento si svolge nelle seguenti fasi: eventuale trattamento di ripristino delle superfici degradate, ammalorate, decoese o non planari (da contabilizzare a parte), garantendo asperità di almeno 5 mm e stonatura degli spigoli con raggio di curvatura di almeno 20 mm e bagnatura a rifiuto delle superfici; eventuale piegatura del tessuto in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, in funzione della geometria dell'elemento strutturale mediante impiego di idonea piegatrice certificata; stesura di un primo strato di malta, di spessore di circa 3 - 5 mm; 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; esecuzione del secondo strato di malta, per uno spessore complessivo del rinforzo di 5 - 8 mm, al fine di inglobare totalmente il tessuto di rinforzo e chiudere gli eventuali vuoti sottostanti; eventuale ripetizione delle fasi precedenti per tutti gli strati successivi di rinforzo previsti da progetto.

La quantificazione è espressa per unità di superficie di rinforzo effettivamente posto in opera comprese le sovrapposizioni e le zone di ancoraggio.

1 \_\_\_\_\_

Verifica della corretta preparazione delle fasce di rinforzo.



2 \_\_\_\_\_

Applicazione fascia verticale di tessuto in fibra d'acciaio **Geosteel G**.



3 \_\_\_\_\_

Applicazione fascia orizzontale di tessuto in fibra d'acciaio **Geosteel G**.



4 \_\_\_\_\_

Applicazione fascia di tessuto in fibra d'acciaio **Geosteel G** per la cerchiatura della trave.



5 \_\_\_\_\_

Applicazione fascia di tessuto in fibra d'acciaio **Geosteel G** per la cerchiatura del pilastro.



6 \_\_\_\_\_

Inglobamento del tessuto in fibra d'acciaio **Geosteel G** nello strato di matrice **Geolite**.

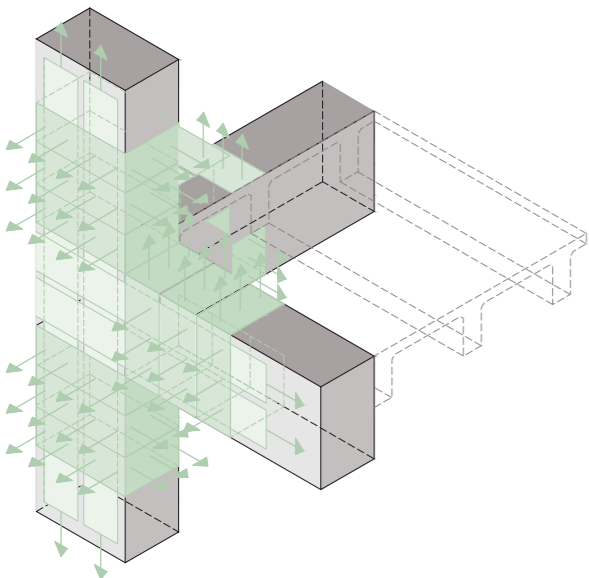
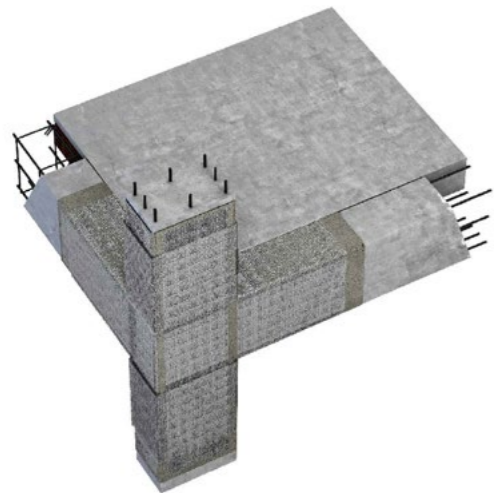




# 1.8A

RINFORZO DI NODI TRAVE-PILASTRO D'ANGOLO MEDIANTE PLACCAGGIO CON TESSUTI IN FIBRA DI ACCIAIO GALVANIZZATO E GEOMALTA MINERALE STRUTTURALE TIXOTROPICA

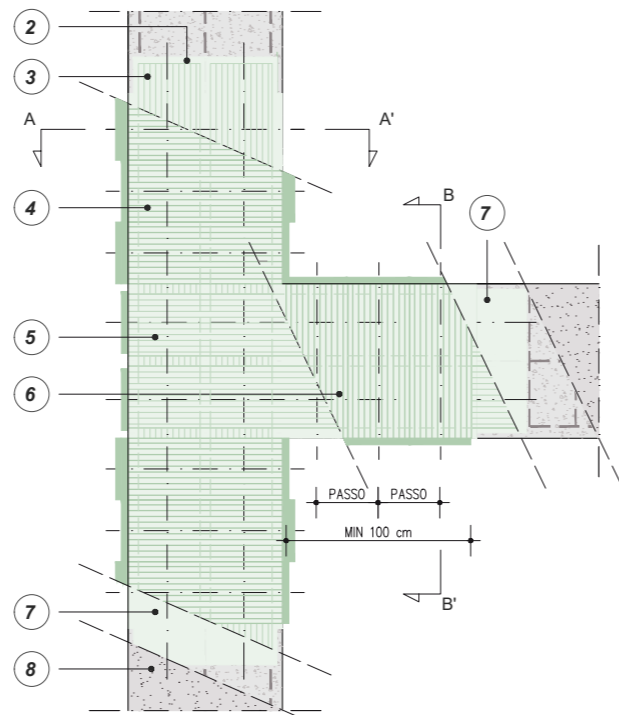
Geoforce one  
Software



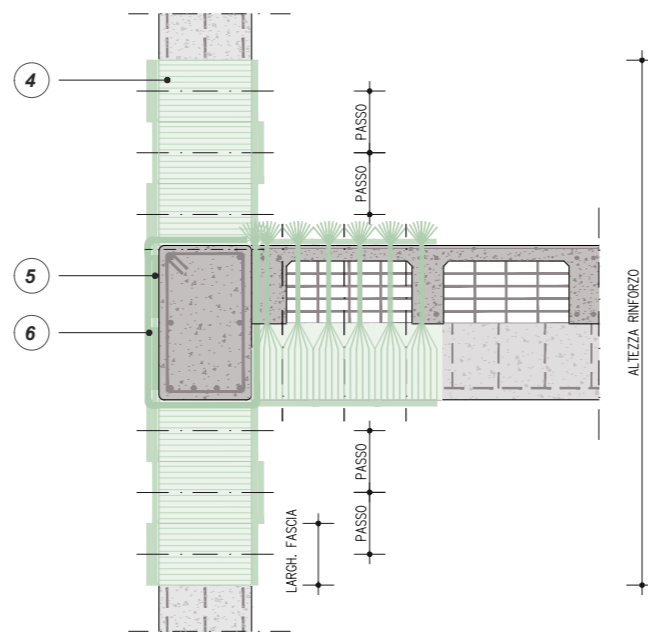
ASSONOMETRIA  
RINFORZO DI NODO D'ANGOLO A DUE VIE

**NOTE**

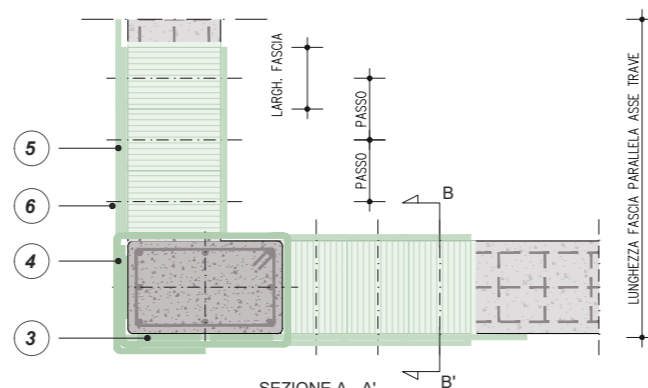
Nota bene: la normativa CNR-DT 215/2018, al paragrafo 5, sottolinea che la resistenza media a compressione del calcestruzzo non deve essere inferiore a 15 N/mm<sup>2</sup> nel caso del rinforzo per aderenza.



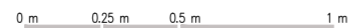
PROSPETTO  
RINFORZO DEL NODO TRAVE PILASTRO A 2 VIE (D'ANGOLO) MEDIANTE GEOSTEEL G600/G1200



SEZIONE B - B'  
RINFORZO DEL NODO TRAVE PILASTRO A 2 VIE (D'ANGOLO) MEDIANTE GEOSTEEL G600/G1200

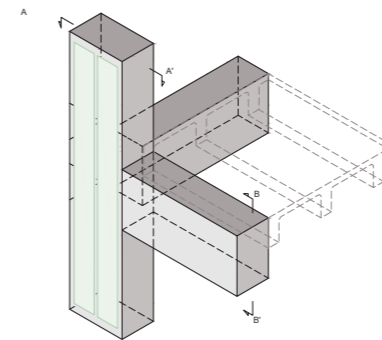


SEZIONE A - A'  
RINFORZO DEL NODO TRAVE PILASTRO A 2 VIE (D'ANGOLO) MEDIANTE GEOSTEEL G600/G1200

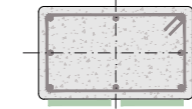


RINFORZO DI NODO A DUE VIE

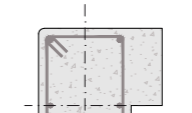
**FASE I:** RINFORZO A FLESSIONE DEL PILASTRO



ASSONOMETRIA

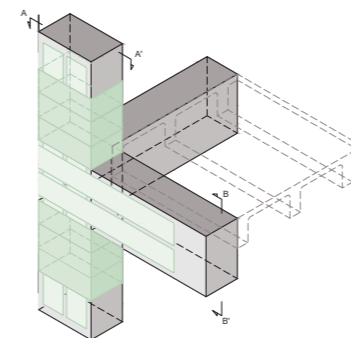


SEZIONE A - A'

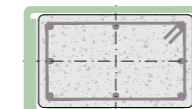


SEZIONE B - B'

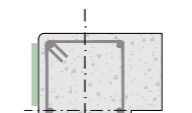
**FASE II:** RINFORZO LONGITUDINALE DELLA TRAVE E CONFINAMENTO DEL PILASTRO



ASSONOMETRIA

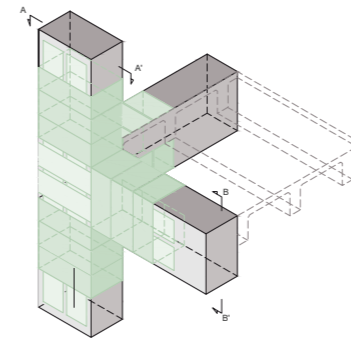


SEZIONE A - A'

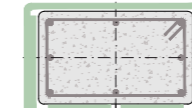


SEZIONE B - B'

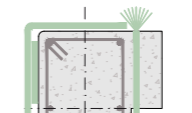
**FASE III:** RINFORZO A TAGLIO DELLA TRAVE



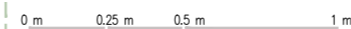
ASSONOMETRIA



SEZIONE A - A'



SEZIONE B - B'



QUADRO NORMATIVO

Placcatura e fasciatura in materiali compositi

L'uso di idonei materiali compositi (o altri materiali resistenti a trazione) nel rinforzo sismico di elementi di c.a. è finalizzato a conseguire i seguenti obiettivi:

- aumento della resistenza a taglio di pilastri, travi, nodi trave-pilastro e pareti mediante applicazione di fasce con le fibre disposte secondo la direzione delle staffe;
- aumento della resistenza nelle parti terminali di travi e pilastri mediante applicazione di fasce con le fibre disposte secondo la direzione delle barre longitudinali ed opportunamente ancorate, purché si garantisca l'efficacia dell'ancoraggio nel tempo;
- un aumento della duttilità degli elementi monodimensionali, per effetto dell'azione di confinamento passivo esercitata dalle fasce con le fibre disposte secondo la direzione delle staffe.

Ai fini delle verifiche di sicurezza degli elementi rafforzati con materiali compositi si possono adottare documenti di comprovata validità.

(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 §C8.7.4.2.3)

[...] Al fine di garantire comunque un buon comportamento d'insieme del sistema nodo-travi-pilastri, e garantire un significativo incremento della duttilità a tale sistema, e dunque alla struttura nel suo insieme, gli interventi proposti conseguono anche un incremento della resistenza a taglio delle travi e dei pilastri nelle loro parti terminali convergenti nel nodo ed un confinamento delle estremità dei pilastri, dove si concentrano le massime richieste di duttilità in pressoflessione. (Linee guida per riparazione e rafforzamento di elementi strutturali, tamponature e partizioni § 3.1.- DPC, ReLUIS)

\* Per la pulizia del supporto si è fatto riferimento a normative di comprovata validità

1

APPLICAZIONE DI UNA PRIMA MANO DI **GEOLITE**, GARANTENDO SUL SUPPORTO UNA QUANTITÀ DI MATERIALE SUFFICIENTE (SPESSORE MEDIO 3-5 mm) PER REGOLARIZZARLO E PER APPLICARE ED INGLOBARE IL TESSUTO DI RINFORZO.

2

INSTALLAZIONE PRIMO STRATO DI TESSUTO IN FIBRA D'ACCIAIO GALVANIZZATO **GEOSTEEL G600/G1200** DISPOSTO IN FASCE PARALLELE ALL'ASSE DEL PILASTRO PROTETTO DA UN SECONDO STRATO DI **GEOLITE** (SPESSORE MEDIO 3-5 mm) APPLICATO FRESCO SU FRESCO

3

INSTALLAZIONE SECONDO STRATO DI TESSUTO IN FIBRA D'ACCIAIO GALVANIZZATO **GEOSTEEL G600/G1200** DISPOSTO IN FASCE PERPENDICOLARI ALL'ASSE DEL PILASTRO (CONFINAMENTO DEL PILASTRO) PROTETTO DA UN SECONDO STRATO DI **GEOLITE** (SPESSORE MEDIO 3-5 mm) APPLICATO FRESCO SU FRESCO

4

INSTALLAZIONE TERZO STRATO DI TESSUTO IN FIBRA D'ACCIAIO GALVANIZZATO **GEOSTEEL G600/G1200** DISPOSTO IN FASCE PARALLELE ALL'ASSE DELLA TRAVE PROTETTO DA UN SECONDO STRATO DI **GEOLITE** (SPESSORE MEDIO 3-5 mm) APPLICATO FRESCO SU FRESCO

5

INSTALLAZIONE QUARTO STRATO DI TESSUTO IN FIBRA D'ACCIAIO GALVANIZZATO **GEOSTEEL G600/G1200** DISPOSTO IN FASCE PERPENDICOLARI ALL'ASSE DELLA TRAVE (RINFORZO A TAGLIO) PONENDO ATTENZIONE ALL'EVENTUALE PRESENZA DI SOLAI PROTETTO DA UN SECONDO STRATO DI **GEOLITE** (SPESSORE MEDIO 3-5 mm) APPLICATO FRESCO SU FRESCO

6

RASATURA FINALE PROTETTIVA CON **GEOLITE** PER UNO SPESSORE MEDIO PARI A 3-5 mm, AL FINE DI INGLOBARE TOTALMENTE IL RINFORZO E CHIUDERE EVENTUALI VUOTI SOTTOSTANTI, AGENDO FRESCO SU FRESCO

7

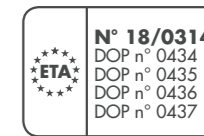
Qualora il sistema di rinforzo venga installato in ambienti particolarmente aggressivi, o comunque si voglia garantire un'ulteriore protezione oltre a quella già fornita dalla geomalta, si consiglia l'applicazione finale della pittura **Geolite Microsilicato** o della pittura elastomerica **Kerakover Acrilex Flex**, da estendere possibilmente anche nelle zone non rinforzate. Se le opere sono a contatto permanente o occasionale con sostanze liquide, si consiglia di contattare l'ufficio tecnico Kerakoll per predisporre il sistema di protezione più idoneo.

EVENTUALE RASATURA O INTONACATURA MEDIANTE **GEOLITE SILT, GEOCALCE MULTIUSO O RASOBUILD ECO TOP.**

8

# 1.8B

## Rinforzo di nodi trave-pilastro d'angolo mediante placcaggio con tessuti in fibra di acciaio galvanizzato e adesivo epossidico



### PRESCRIZIONE

1. Preparazione dei supporti. Preparare e bonificare i supporti a regola d'arte, comunque seguendo le indicazioni e prescrizioni della D.L. In caso di supporti non degradati irruvidire la superficie mediante scarifica meccanica garantendo asperità di almeno 0,5 mm, pari al grado 5 del "Kit collaudo preparazione supporti c.a. e muratura". Pulire e rimuovere polveri e oli che possano compromettere l'adesione del sistema mediante aria compressa. In caso di supporto evidentemente degradato, non planare o danneggiato da eventi gravosi rimuovere in profondità eventuale calcestruzzo ammalorato mediante scarifica meccanica o idrodemolizione, avendo cura di irruvidire il substrato con asperità di almeno 5 mm, pari al grado 8 del "Kit collaudo preparazione supporti c.a. e muratura"; rimuovere eventuale ruggine dai ferri d'armatura, che devono essere puliti mediante spazzolatura (manuale o meccanica) o sabbiatura; realizzare eventuale ricostruzione monolitica o rasatura della sezione mediante la geomalta tixotropica **Geolite**. Concludere la preparazione del supporto mediante stondatura degli spigoli con raggio di curvatura minimo di 20 mm.
2. Applicazione del sistema di rinforzo. Realizzare il sistema di rinforzo strutturale Steel Reinforced Polymer **Geosteel SRP** (abbinamento di fibra di acciaio e adesivo minerale epossidico) effettuando dei placcaggi conformati in modo da soddisfare le esigenze geometriche e prestazionali del manufatto oggetto di intervento, avvolgendo in maniera adeguata le superfici dei nodi. Applicare ad avvenuta maturazione dei trattamenti preventivi descritti, una prima mano dell'adesivo minerale epossidico **Geolite Gel**, garantendo sul supporto una quantità di materiale sufficiente (spessore medio 2 - 3 mm) per adagiare e inglobare il tessuto di rinforzo. Successivamente applicare sulla matrice ancora fresca il tessuto in fibra d'acciaio galvanizzato UHTSS **Geosteel G** (presagomato in funzione della geometria dell'elemento strutturale mediante impiego della **Piegatrice Geosteel**), garantendo il perfetto inglobamento del nastro nello strato di matrice, esercitando un'energica pressione con spatola o rullo in acciaio e avendo cura che la stessa fuoriesca dai trefoli, garantendo un'ottima adesione fra primo e secondo strato di matrice. Concludere l'applicazione con la rasatura finale protettiva, impiegando un quantitativo di adesivo necessario (spessore complessivo del rinforzo 3 - 4 mm) per il totale ricoprimento del tessuto in acciaio, agendo fresco su fresco. In caso di strati successivi al primo, procedere con la posa del secondo strato di fibra sullo strato di matrice ancora fresca. Nel caso in cui il sistema installato debba essere intonato o mascherato mediante rasatura, si consiglia l'utilizzo di **Geolite Silt**, **Geocalce Multiuso** o **Rasobuild Eco Top**, avendo cura, a resina ancora fresca, di eseguire uno spolvero di **Quarzo 5.12** o sabbia asciutta di opportuna granulometria per facilitarne l'aggrappo.
3. Protezione e decorazione. Qualora il sistema di rinforzo venga installato in ambienti particolarmente aggressivi, o comunque si voglia garantire un'ulteriore protezione oltre a quella già fornita dalla matrice, si consiglia l'applicazione finale della pittura elastomerica **Kerakover Acrilex Flex**, da estendere, possibilmente, anche nelle zone non rinforzate. Se le opere sono a contatto permanente o occasionale con sostanze liquide, si consiglia di contattare l'ufficio tecnico Kerakoll per predisporre il sistema di protezione più idoneo.

### AVVERTENZE

**Geosteel G** viene fornito per il sistema SRP in n. 4 grammature utili in funzione delle esigenze di calcolo:

- **Geosteel G600** (grammatura: 670 g/m<sup>2</sup>; n° trefoli per cm = 1,57; spessore equivalente del nastro = 0,084 mm)
- **Geosteel G1200** (grammatura: 1200 g/m<sup>2</sup>; n° trefoli per cm = 3,14; spessore equivalente del nastro = 0,169 mm)
- **Geosteel G2000** (grammatura: 2000 g/m<sup>2</sup>; n° trefoli per cm = 4,72; spessore equivalente del nastro = 0,254 mm)
- **Geosteel G3300** (grammatura: 3300 g/m<sup>2</sup>; n° trefoli per cm = 7,09; spessore equivalente del nastro = 0,381 mm).

Prima di effettuare l'intervento verificare l'idoneità della classe di resistenza del calcestruzzo di supporto.

### VOCE DI CAPITOLATO

Fornitura e posa in opera di sistema SRP (Steel Reinforced Polymer) per il rinforzo di nodi trave-pilastro d'angolo, provvisto di Marcatura CE tramite ETA, 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 2017 fissati su microrete in fibra di vetro, del peso netto di fibra di circa 3300 g/mq, impregnato con sistema epossidico bicomponente in gel tixotropico, provvisto di marcatura CE e conforme ai requisiti prestazionali richiesti dalla norma EN 1504-4 per incollaggio di elementi strutturali e dalla norma EN 1504-6 per l'inghisaggio di barre di ancoraggio - tipo **Geosteel SRP** realizzato con **Geosteel G3300** abbinato a **Geolite Gel** di Kerakoll - Caratteristiche tecniche certificate del sistema: resistenza a trazione  $\geq 2970$  MPa, deformazione a trazione  $\geq 0,015$  mm/mm; modulo di elasticità a trazione  $E \geq 216$  GPa. Caratteristiche del tessuto: resistenza a trazione valore caratteristico  $> 3000$  MPa, deformazione ultima a rottura  $> 1,5\%$ ; area effettiva di un trefolo 3x2 (5 fili) = 0,538 mm<sup>2</sup>; n° trefoli per cm = 7,09 con avvolgimento dei fili ad elevato angolo di torsione conforme alla norma ISO/DIS 17832; spessore equivalente del nastro = 0,381 mm. Caratteristiche tecniche certificate del sistema epossidico: Euroclasse di reazione al fuoco C-s2,d0 (EN 13501-1); emissione di sostanze organiche volatili EC1 Plus certificato GEV-Emicode; temperatura di transizione vetrosa +60 °C (EN 12614).

L'intervento si svolge nelle seguenti fasi: eventuale trattamento di ripristino delle superfici degradate, ammalorate, decoese o non planari (da contabilizzare a parte), irruvidimento della superficie con asperità di almeno 0,5 mm e stondatura degli spigoli con raggio di curvatura di almeno 20 mm; eventuale piegatura del tessuto in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, in funzione della geometria dell'elemento strutturale mediante impiego di idonea piegatrice certificata; stesura di un primo strato di spessore di circa 2 - 3 mm, di adesivo minerale epossidico; con adesivo ancora fresco, 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; esecuzione del secondo strato di matrice, fino a completa copertura del tessuto di rinforzo, per uno spessore complessivo del rinforzo di 3 - 4 mm; eventuale ripetizione delle fasi precedenti per tutti gli strati successivi di rinforzo previsti da progetto.

La quantificazione è espressa per unità di superficie di rinforzo effettivamente posto in opera comprese le sovrapposizioni e le zone di ancoraggio.

1 \_\_\_\_\_ 2 \_\_\_\_\_ 3 \_\_\_\_\_

Verifica della corretta preparazione delle fasce di rinforzo.



2 \_\_\_\_\_

Applicazione fascia verticale di tessuto in fibra d'acciaio **Geosteel G**.



3 \_\_\_\_\_

Applicazione fascia orizzontale di tessuto in fibra d'acciaio **Geosteel G**.



4 \_\_\_\_\_

Applicazione fascia di tessuto in fibra d'acciaio **Geosteel G** per la cerchiatura della trave.



5 \_\_\_\_\_

Applicazione fascia di tessuto in fibra d'acciaio **Geosteel G** per la cerchiatura del pilastro.



6 \_\_\_\_\_

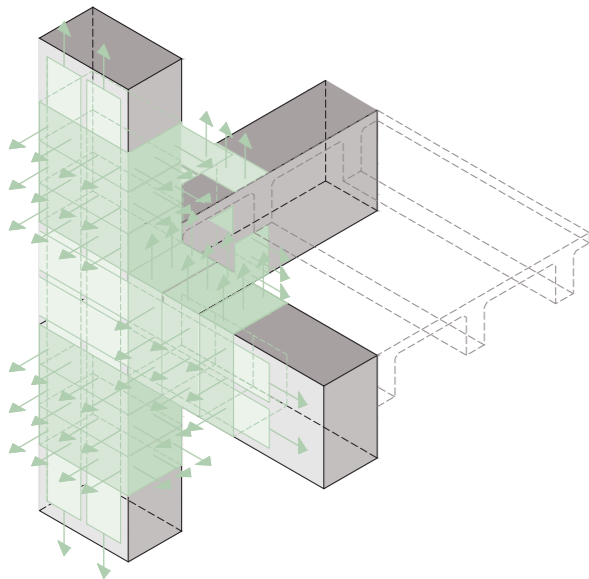
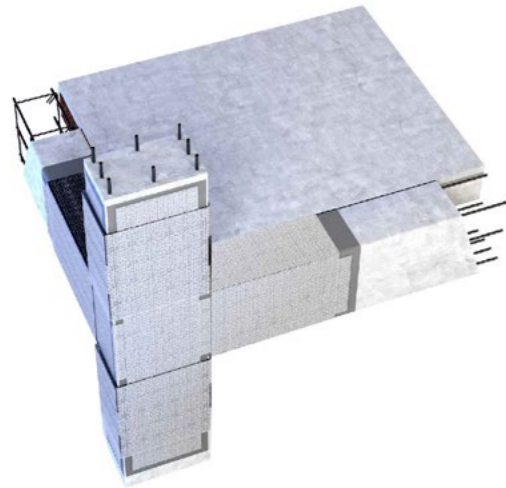
Installazione della fascia in spessore millimetrico con **Geolite Gel**.





# 1.8B

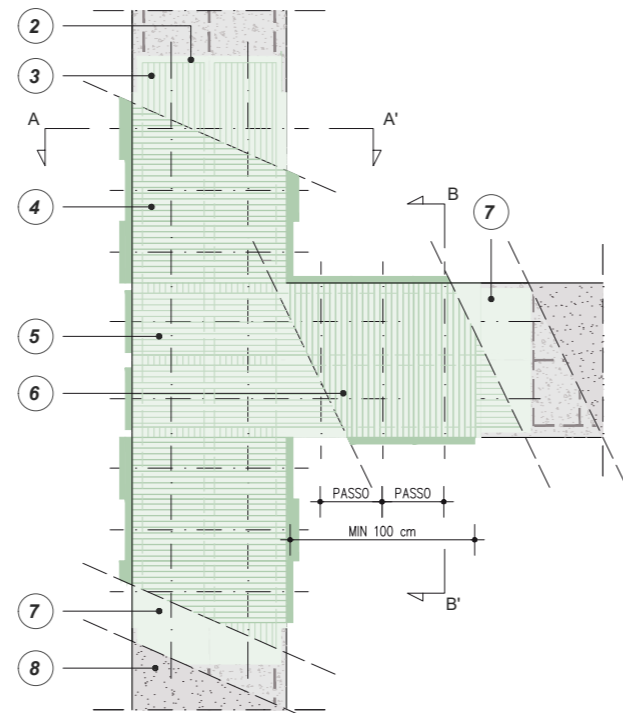
RINFORZO DI NODI TRAVE-PILASTRO D'ANGOLO MEDIANTE PLACCAGGIO CON TESSUTI IN FIBRA DI ACCIAIO GALVANIZZATO E ADESIVO EPOSSIDICO



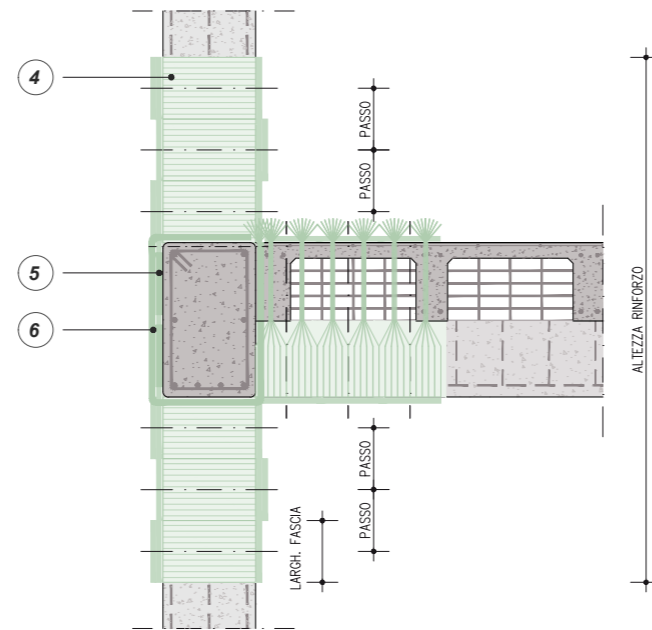
ASSONOMETRIA RINFORZO DI NODO D'ANGOLO A DUE VIE

NOTE

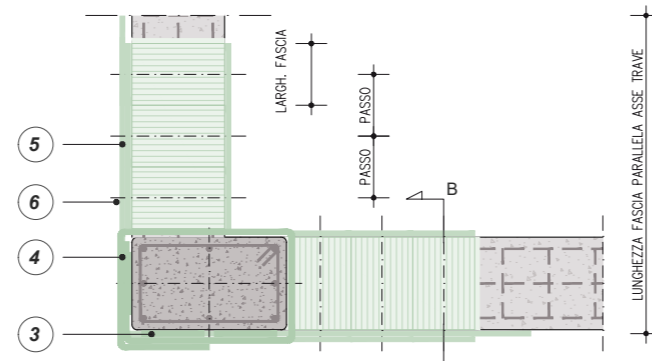
Nota bene: la normativa CNR-DT 200 R1/2013, al paragrafo 4.8.1.1, sottolinea che la resistenza media a compressione del calcestruzzo non deve essere inferiore a 15 N/mm<sup>2</sup> nel caso del rinforzo per aderenza.



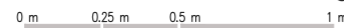
PROSPETTO RINFORZO DEL NODO TRAVE PILASTRO A 2 VIE (D'ANGOLO) MEDIANTE GEOSTEEL G600/G1200/G2000/G3300



SEZIONE B - B' RINFORZO DEL NODO TRAVE PILASTRO A 2 VIE (D'ANGOLO) MEDIANTE GEOSTEEL G600/G1200/G2000/G3300

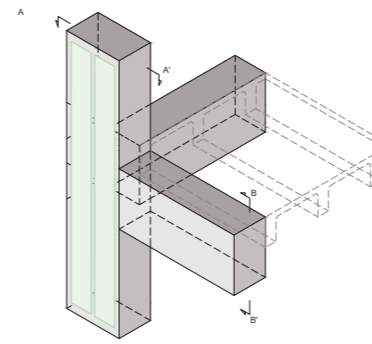


SEZIONE A - A' RINFORZO DEL NODO TRAVE PILASTRO A 2 VIE (D'ANGOLO) MEDIANTE GEOSTEEL G600/G1200/G2000/G3300

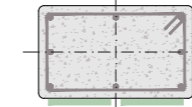


RINFORZO DI NODO A DUE VIE

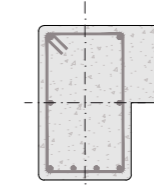
FASE I: RINFORZO A FLESSIONE DEL PILASTRO



ASSONOMETRIA

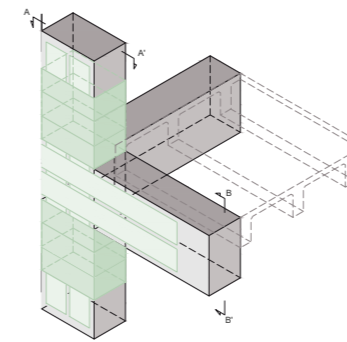


SEZIONE A - A'

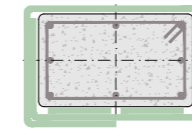


SEZIONE B - B'

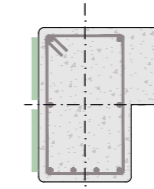
FASE II: RINFORZO LONGITUDINALE DELLA TRAVE E CONFINAMENTO DEL PILASTRO



ASSONOMETRIA

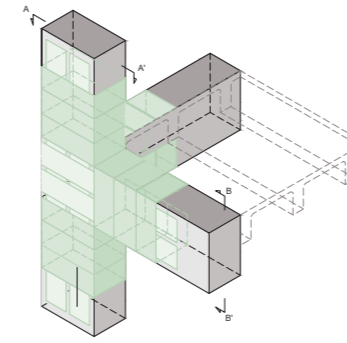


SEZIONE A - A'

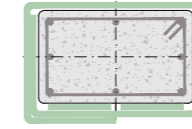


SEZIONE B - B'

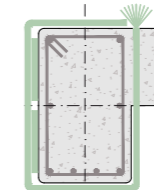
FASE III: RINFORZO A TAGLIO DELLA TRAVE



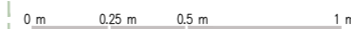
ASSONOMETRIA



SEZIONE A - A'



SEZIONE B - B'



QUADRO NORMATIVO

Placcatura e fasciatura in materiali compositi

L'uso di idonei materiali compositi (o altri materiali resistenti a trazione) nel rinforzo sismico di elementi di c.a. è finalizzato a conseguire i seguenti obiettivi:

- aumento della resistenza a taglio di pilastri, travi, nodi trave-pilastro e pareti mediante applicazione di fasce con le fibre disposte secondo la direzione delle staffe;
- aumento della resistenza nelle parti terminali di travi e pilastri mediante applicazione di fasce con le fibre disposte secondo la direzione delle barre longitudinali ed opportunamente ancorate, purché si garantisca l'efficacia dell'ancoraggio nel tempo;
- un aumento della duttilità degli elementi monodimensionali, per effetto dell'azione di confinamento passivo esercitata dalle fasce con le fibre disposte secondo la direzione delle staffe.

Ai fini delle verifiche di sicurezza degli elementi rafforzati con materiali compositi si possono adottare documenti di comprovata validità.

(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 §C8.7.4.2.3)

[...] Al fine di garantire comunque un buon comportamento d'insieme del sistema nodo-travi-pilastri, e garantire un significativo incremento della duttilità a tale sistema, e dunque alla struttura nel suo insieme, gli interventi proposti conseguono anche un incremento della resistenza a taglio delle travi e dei pilastri nelle loro parti terminali convergenti nel nodo ed un confinamento delle estremità dei pilastri, dove si concentrano le massime richieste di duttilità in pressoflessione. (Linee guida per riparazione e rafforzamento di elementi strutturali, tamponature e partizioni § 3.1.- DPC, ReLUIS)

IN CASO DI SUPPORTI NON DEGRADATI, IRRUVIMENTO DELLA SUPERFICIE, PULIZIA E RIMOZIONE DI POLVERI E OLI CHE POSSANO COMPROMETTERE L'ADESIONE DEL SISTEMA, MEDIANTE ARIA COMPRESSA O IDROPULTRICE. IN CASO DI SUPPORTO EVIDENTEMENTE DEGRADATO, NON PLANARE O DANNEGGIATO DA EVENTI GRAVOSI: RIMOZIONE IN PROFONDITÀ DEL CALCESTRUZZO AMMALORATO MEDIANTE SCARIFICA MECCANICA O IDRODEMOLIZIONE, AVENDO CURA DI IRRUVIDIRE IL SUBSTRATO CON ASPERITÀ DI ALMENO 5 mm; RIMOZIONE DI RUGGINE DAI FERRI D'ARMATURA MEDIANTE SPAZZOLATURA (MANUALE O MECCANICA) O SABBATURA; RICOSTRUZIONE MONOLITICA O RASATURA DELLA SEZIONE MEDIANTE LA GEOMALTA TIXOTROPICA GEOLITE. PREPARARE IL SUPPORTO CON ASPERITÀ DI ALMENO 0,5 mm E REALIZZARE LA STONDATA DEGLI SPIGOLI CON RAGGIO DI CURVATURA MINIMO DI 20 mm

- Dopo aver accertato la qualità del substrato ed aver eventualmente provveduto al ripristino del calcestruzzo ammalorato ed al trattamento delle barre metalliche, può essere opportuno ricorrere ad un ulteriore provvedimento di sabbatura a carico della superficie interessata dal rinforzo. [...] Nel caso in cui si operi su una superficie di calcestruzzo che non necessiti di ripristino, ma che sia di qualità scadente, è opportuno valutare la possibilità di applicare su di essa un consolidante. [...] In generale, è necessario verificare che sulla superficie di applicazione del rinforzo non siano presenti polveri, grassi, idrocarburi e tensioattivi. (CNR - DT 200 R1/2013 § 4.8.1.3)
- APPLICAZIONE, AD AVVENUTA MATURAZIONE DEI TRATTAMENTI PREVENTIVI, DI UNA PRIMA MANO DELL'ADESIVO MINERALE EPOSSIDICO GEOLITE GEL, GARANTENDO SUL SUPPORTO UNA QUANTITÀ DI MATERIALE SUFFICIENTE (SPESSORE MEDIO 2-3 mm) PER APPLICARE ED INGLOBARE IL TESSUTO DI RINFORZO.
- INSTALLAZIONE PRIMO STRATO DI TESSUTO IN FIBRA D'ACCIAIO GALVANIZZATO GEOSTEEL G600/G1200/G2000/G3300 DISPOSTO IN FASCE PARALLELE ALL'ASSE DEL PILASTRO PROTETTO DA UN SECONDO STRATO DI GEOLITE GEL (SPESSORE MEDIO 2-3 mm) APPLICATO FRESCO SU FRESCO
- INSTALLAZIONE SECONDO STRATO DI TESSUTO IN FIBRA D'ACCIAIO GALVANIZZATO GEOSTEEL G600/G1200/G2000/G3300 DISPOSTO IN FASCE PERPENDICOLARI ALL'ASSE DEL PILASTRO (CONFINAMENTO DEL PILASTRO) PROTETTO DA UN SECONDO STRATO DI GEOLITE GEL (SPESSORE MEDIO 2-3 mm) APPLICATO FRESCO SU FRESCO
- INSTALLAZIONE TERZO STRATO DI TESSUTO IN FIBRA D'ACCIAIO GALVANIZZATO GEOSTEEL G600/G1200/G2000/G3300 DISPOSTO IN FASCE PARALLELE ALL'ASSE DELLA TRAVE PROTETTO DA UN SECONDO STRATO DI GEOLITE GEL (SPESSORE MEDIO 2-3 mm) APPLICATO FRESCO SU FRESCO
- INSTALLAZIONE QUARTO STRATO DI TESSUTO IN FIBRA D'ACCIAIO GALVANIZZATO GEOSTEEL G600/G1200/G2000/G3300 DISPOSTO IN FASCE PERPENDICOLARI ALL'ASSE DELLA TRAVE (RINFORZO A TAGLIO) PONENDO ATTENZIONE ALL'EVENTUALE PRESENZA DI SOLAI PROTETTO DA UN SECONDO STRATO DI GEOLITE GEL (SPESSORE MEDIO 2-3 mm) APPLICATO FRESCO SU FRESCO
- RASATURA FINALE PROTETTIVA CON GEOLITE GEL PER UNO SPESSORE MEDIO PARI A 2-3 mm PER RICOPRIRE, INGLOBARE IL TESSUTO IN ACCIAIO E CHIUDERE EVENTUALI VUOTI, AGENDO FRESCO SU FRESCO.
- Qualora il sistema di rinforzo venga installato in ambienti particolarmente aggressivi, o comunque si voglia garantire un'ulteriore protezione oltre a quella già fornita dalla geomalta, si consiglia l'applicazione finale della pittura elastomerica Kerakover Acrilex Flex, da estendere possibilmente anche nelle zone non rinforzate. Se le opere sono a contatto permanente o occasionale con sostanze liquide, si consiglia di contattare l'ufficio tecnico Kerakoll per predisporre il sistema di protezione più idoneo.
- RASATURA MEDIANTE GEOLITE SILT, GEOCALCE MULTIUSO O RASOBUILD ECO TOP CON UNO SPOLVERO DI QUARZO 5.12 O SABBIA ASCIUTTA DI OPPORTUNA GRANULOMETRIA SUL SISTEMA EPOSSIDICO ANCORA FRESCO PER EVENTUALE INTONACATURA