

1.14B

Rinforzo a taglio di travi 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 semplicemente 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 a taglio Steel Reinforced Polymer **Geosteel SRP** (abbinamento di fibra di acciaio e adesivo minerale epossidico), effettuando dei placcaggi ad "U" o ad avvolgimento completo (che comunque saranno progettati da tecnico abilitato), previa eventuale regolarizzazione del supporto mediante **Geolite**. 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 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 una pressione energica 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 intonacato o mascherato mediante rasatura, si consiglia l'utilizzo di **Geolite Silt**, **Geocalce Multiuso** o **Rasobuild 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. In caso di rinforzo ad "U" è possibile estendere la lunghezza efficace del rinforzo a tutta l'altezza utile della trave, realizzando l'ancoraggio della fascia all'interno dello spessore del solaio mediante l'impiego dell'adesivo minerale epossidico **Geolite Gel** o **Epofix**.
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 **Flex Paint**, 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.

VOCE DI CAPITOLATO

Fornitura e posa in opera di sistema SRP (Steel Reinforced Polymer) per il rinforzo a taglio di travi in calcestruzzo armato, 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 ≥ 2970 MPa, deformazione a trazione ≥ 0,015 mm/mm; modulo di elasticità a trazione E ≥ 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 mm²; 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 D-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 asperità di almeno 0,5 mm e stondatura 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; spessore complessivo del rinforzo 3 – 4 mm; eventuale ripetizione delle fasi precedenti per tutti gli strati successivi di rinforzo previsti da progetto; nel caso di conformazione ad "U", prevedere l'ancoraggio delle estremità dei tessuti all'interno del solaio, fissate con adesivo minerale epossidico (da contabilizzare a parte).

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

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/m²; n° trefoli per cm = 1,57; spessore equivalente del nastro = 0,084 mm)
- **Geosteel G1200** (grammatura: 1200 g/m²; n° trefoli per cm = 3,14; spessore equivalente del nastro = 0,169 mm)
- **Geosteel G2000** (grammatura: 2000 g/m²; n° trefoli per cm = 4,72; spessore equivalente del nastro = 0,254 mm)
- **Geosteel G3300** (grammatura: 3300 g/m²; 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**.

1

Smussatura degli spigoli della trave.

2

Preparazione delle superfici di supporto.

3

Piegatura del tessuto in fibra d'acciaio Geosteel G.

4

Applicazione prima mano di Geolite Gel.

5

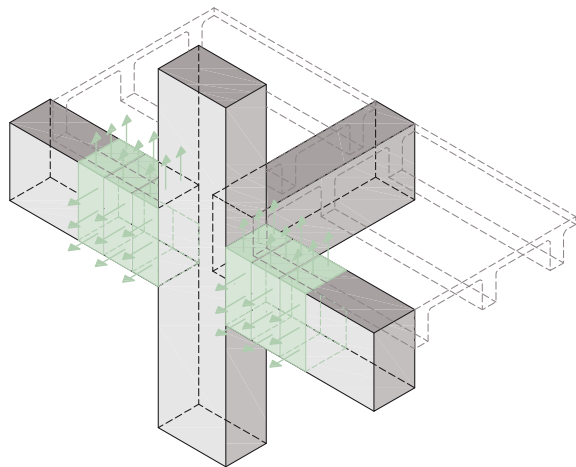
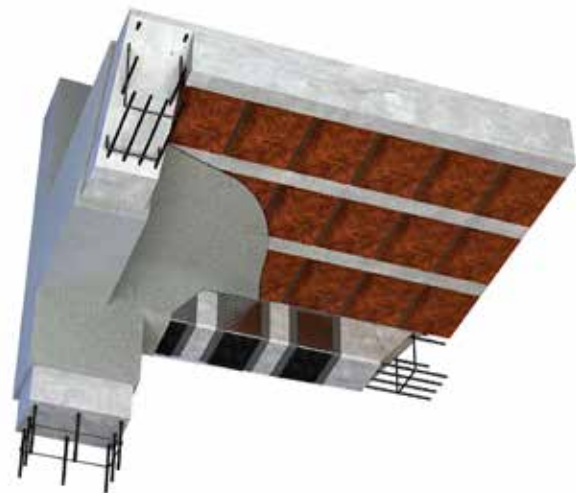
Installazione del tessuto in fibra d'acciaio Geosteel G.

6

Applicazione seconda mano di Geolite Gel.

1.14B

RINFORZO A TAGLIO DI TRAVI MEDIANTE PLACCAGGIO CON TESSUTI IN FIBRA DI ACCIAIO GALVANIZZATO E ADESIVO EPOSSIDICO



ASSONOMETRIA
RINFORZO A TAGLIO DELLA TRAVE

NOTE

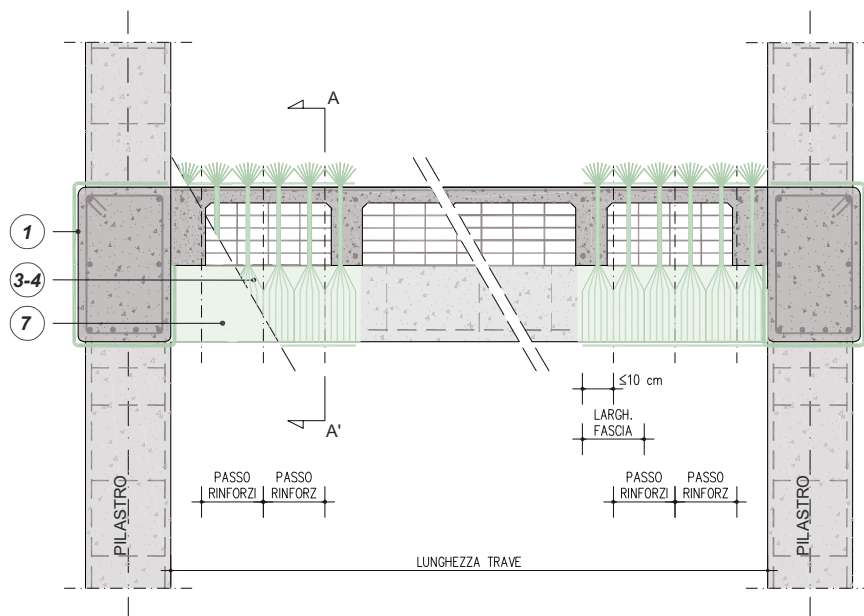
Nota bene: la normativa CNR-DT 200 R2/2025, al paragrafo 4.9.1.1, sottolinea che la resistenza media a compressione del calcestruzzo non deve essere inferiore a 15 MPa nel caso del rinforzo per aderenza.

POWERED BY

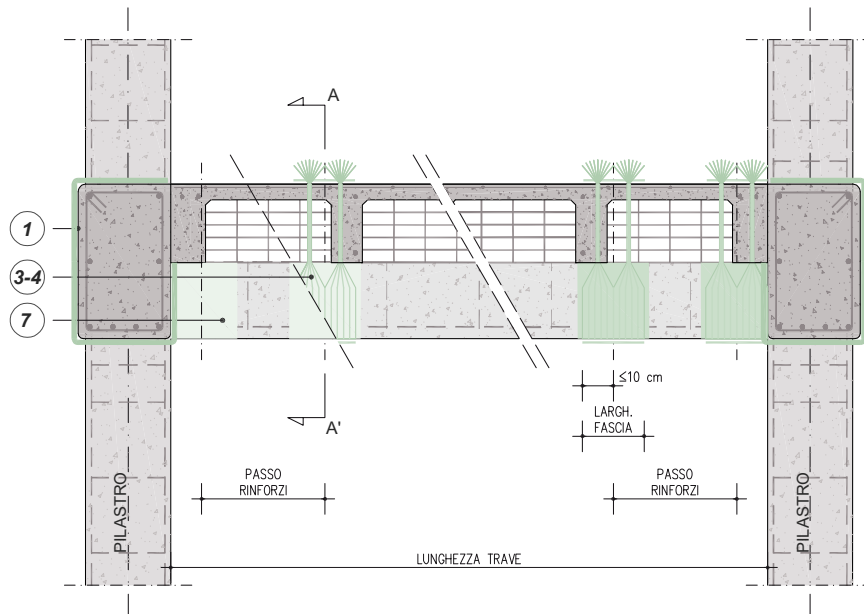
kerakoll

ENGINEERED BY

ASDEA



PROSPETTO
RINFORZO A TAGLIO DELLA TRAVE MEDIANTE
PLACCAGGIO CONTINUO

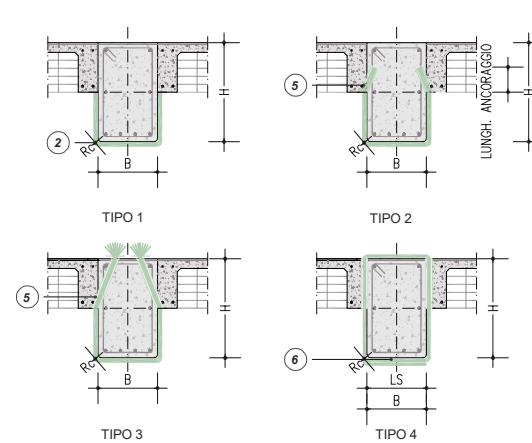


PROSPETTO
RINFORZO A TAGLIO DELLA TRAVE MEDIANTE
PLACCAGGIO DISCONTINUO

QUADRO NORMATIVO

Il rinforzo a taglio si rende necessario nel caso di elementi strutturali per i quali il taglio di calcolo, eventualmente valutato con i criteri della gerarchia delle resistenze, sia superiore alla corrispondente resistenza di calcolo. Quest'ultima deve essere determinata considerando i contributi del calcestruzzo e dell'eventuale armatura trasversale metallica presente.
(CNR - DT 200 R2/2025 § 4.4.1.)
Il rinforzo a taglio con materiali compositi EBR si realizza applicando in aderenza sulla superficie esterna della membratura da rinforzare (Figura 4-17) elementi mono o bidimensionali di composito (comunemente tessuti), costituiti da uno o più strati di materiale. Nel caso di applicazioni di elementi monodimensionali, le strisce di composito possono essere applicate in adiacenza le une alle altre, ovvero in maniera discontinua. La stessa geometria può essere adottata per rinforzi NSM (Figura 4-18) posti in intagli realizzati sulle superfici esterne dell'elemento strutturale, o inseriti in fori praticati nel piano medio del volume strutturale. Elementi distintivi del sistema di rinforzo sono: la geometria (spessore, larghezza, passo) delle strisce di composito adese alla membratura rinforzata e l'angolo di inclinazione delle fibre rispetto all'asse longitudinale di quest'ultima.
(CNR - DT 200 R2/2025 § 4.4.2.)
Nel caso di sistemi di rinforzo discontinui costituiti da strisce di materiale composito, devono essere rispettate le limitazioni per le larghezze b_p e il passo p_t , misurati in (mm) ortogonalmente alla direzione delle fibre.
(CNR - DT 200 R2/2025 § 4.4.3.1)
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)

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

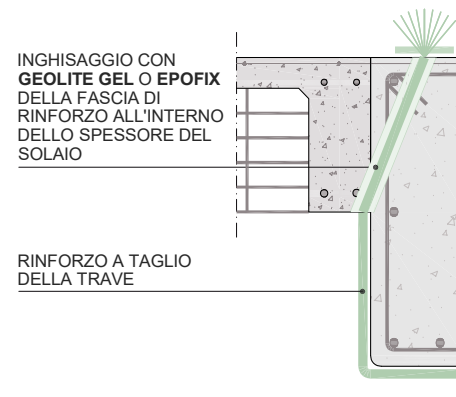


SEZIONE A - A'
DISPOSIZIONE DEL RINFORZO A TAGLIO

0 m 0.25 m 0.5 m 1 m

Le soluzioni TIPO 1 e TIPO 2 idonee solo nel caso in cui sia possibile ancorare il tessuto in zona compressa. Qualora le fibre tese siano all'estradosso è consigliabile adottare la soluzione TIPO 3 o TIPO 4.
Per l'ancoraggio delle estremità delle fasce mediante sfioccatura, si consideri una larghezza massima di 150 mm di fascia per ogni foro eseguito. L'inghisaggio del tessuto sfioccato, sarà eseguito con **Geolite Gel** o **Epofix**.
Per il TIPO 4, in sezioni consecutive si consiglia di invertire la posizione della lunghezza di sovrapposizione per ottimizzare l'ancoraggio del sistema di rinforzo.

SOLUZIONE DI ANCORAGGIO PER RINFORZO A TAGLIO A U



In caso di rinforzo ad "U" è possibile estendere la lunghezza efficace del rinforzo a tutta l'altezza utile della trave, realizzando l'ancoraggio della fascia all'interno dello spessore del solaio mediante l'impiego dell'adesivo minerale epossidico **Geolite Gel** o **Epofix**. Eseguire un foro per l'ancoraggio ogni 10/15 cm di larghezza di fascia.

0 m 0.25 m 0.5 m

IRRUVIDIMENTO DELLA SUPERFICIE, PULIZIA E RIMOZIONE DI POLVERI E OLI CHE POSSANO COMPROMETTERE L'ADESIONE DEL SISTEMA, MEDIANTE ARIA COMPRESSA O IDROPULITRICE. IN CASO DI SUPPORTO DEGRADATO: RIMOZIONE DEL CALCESTRUZZO AMMALORATO MEDIANTE SCARIFICA MECCANICA O IDRODEMOLIZIONE, AVENDO CURA DI IRRUVIDIRE IL SUBSTRATO CON ASPERITÀ DI ALMENO 0.5 mm; RIMOZIONE DI RUGGINE DAI FERRI D'ARMATURA, MEDIANTE SPAZZOLATURA (MANUALE O MECCANICA) O SABBIAURA; RICOSTRUZIONE MONOLITICA O RASATURA DELLA SEZIONE MEDIANTE LA GEOMALTA **GEOLITE**

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 sabbiaura 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 R2/2025 § 4.9.1.3)*

PREPARARE IL SUPPORTO CON ASPERITÀ DI ALMENO 0.5 mm E STONARE GLI SPIGOLI CON RAGGIO DI CURVATURA MINIMO DI 20 mm

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, dell'arrotondamento deve essere almeno pari a 20 mm.
(CNR - DT 200 R2/2025 § 4.9.2.2)

APPLICARE 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. SE PREVISTO UN EVENTUALE TRATTAMENTO PREVENTIVO ASPETTARE LA MATURAZIONE DI TALE TRATTAMENTO PRIMA DI APPLICARE LA PRIMA MANO DI ADESIVO EPOSSIDICO. IN CASO DI STRATI SUCCESSIVI AL PRIMO, POSA DEL SECONDO STRATO DI FIBRA SULLO STRATO DI MATRICE ANCORA FRESCA

APPLICARE, SULLA MATRICE FRESCA, IL TESSUTO IN FIBRA D'ACCIAIO GALVANIZZATO **GEOSTEEL G600/G1200/G2000/G3300** (PRESAGOMATO IN FUNZIONE DELLA GEOMETRIA DELL'ELEMENTO STRUTTURALE CON L'IMPIEGO DELLA **PIEGATRICE GEOSTEEL**), GARANTENDO IL PERFETTO INGLOBAMENTO DEL NASTRO NELLO STRATO DI MATRICE

Nel caso di sistemi di rinforzo ad U su sezioni rettangolari o a T, È possibile migliorare le condizioni di vincolo delle estremità libere dei compositi (non avvolte completamente attorno agli angoli delle sezioni), ad esempio mediante l'applicazione di connettori sfioccati o ancoraggi meccanici di estremità delle staffe esterne. In tale eventualità, se è dimostrata l'efficacia del vincolo offerto dai suddetti dispositivi, il comportamento del sistema di rinforzo ad U può considerarsi equivalente a quello del rinforzo in avvolgimento
(CNR - DT 200 R2/2025 § 4.4.2)

ANCORAGGIO DI ESTREMITÀ MEDIANTE SFOCCATURA PASSANTE O SU FORO CIECO

APPLICARE IL TESSUTO CON LA LUNGHEZZA DI SOVRAPPOSIZIONE L_s TALE DA GARANTIRE IL CORRETTO FUNZIONAMENTO DEL RINFORZO

RASATURA FINALE PROTETTIVA CON **GEOLITE GEL** PER UNO SPESSORE COMPLESSIVO DEL SISTEMA PARI A 3-4 mm, PER IL TOTALE RICOPRIMENTO DEL TESSUTO IN ACCIAIO, AGENDO FRESCO SU FRESCO. PRIMA DELL'EVENTUALE INTONACATURA SI SUGGERISCE RASATURA CON **GEOLITE SILT**, **GEOCALCE MULTIUSO** O **RASOBUILD TOP** CON UNO SPOLVERO DI **QUARZO 5.12** O SABBIA ASCIUTTA DI OPPORTUNA GRANULOMETRIA SUL SISTEMA EPOSSIDICO ANCORA FRESCO

Qualora il sistema di rinforzo venga installato in ambienti particolarmente aggressivi, o comunque si voglia garantire un'ulteriore protezione oltre a quella della geomalta, si consiglia l'applicazione finale della pittura elastomerica **Flex Paint**, 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 il sistema di protezione più idoneo.