

1.13B

Rinforzo a flessione 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 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**.
2. Applicazione del sistema di rinforzo. Eseguire il sistema di rinforzo strutturale a flessione Steel Reinforced Polymer **Geosteel SRP** (abbinamento di fibra di acciaio e adesivo minerale epossidico), realizzando una fascia di rinforzo longitudinale al senso di sviluppo della trave stessa. 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**, 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. 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 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 **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.

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**.

VOCE DI CAPITOLATO

Fornitura e posa in opera di sistema SRP (Steel Reinforced Polymer) per il rinforzo a flessione 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 $\geq 0,015$ 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 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; 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; 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 per unità di superficie di rinforzo effettivamente posto in opera comprese le sovrapposizioni.

1

Preparazione delle superfici di supporto.



2

Taglio del tessuto in fibra d'acciaio **Geosteel G**.



3

Applicazione prima mano di **Geolite Gel**.



4

Installazione del tessuto in fibra d'acciaio **Geosteel G**.



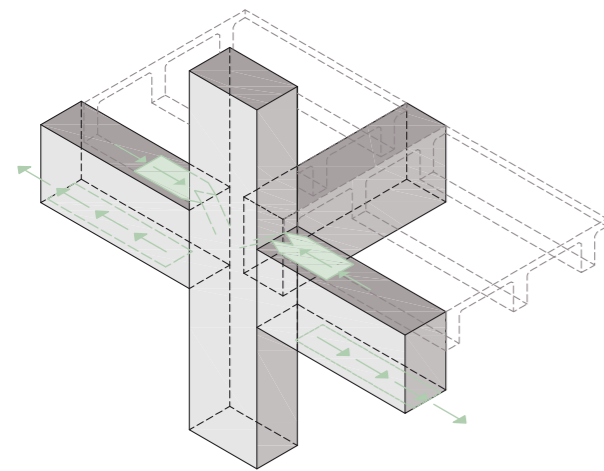
5

Applicazione seconda mano di **Geolite Gel**.



1.13B

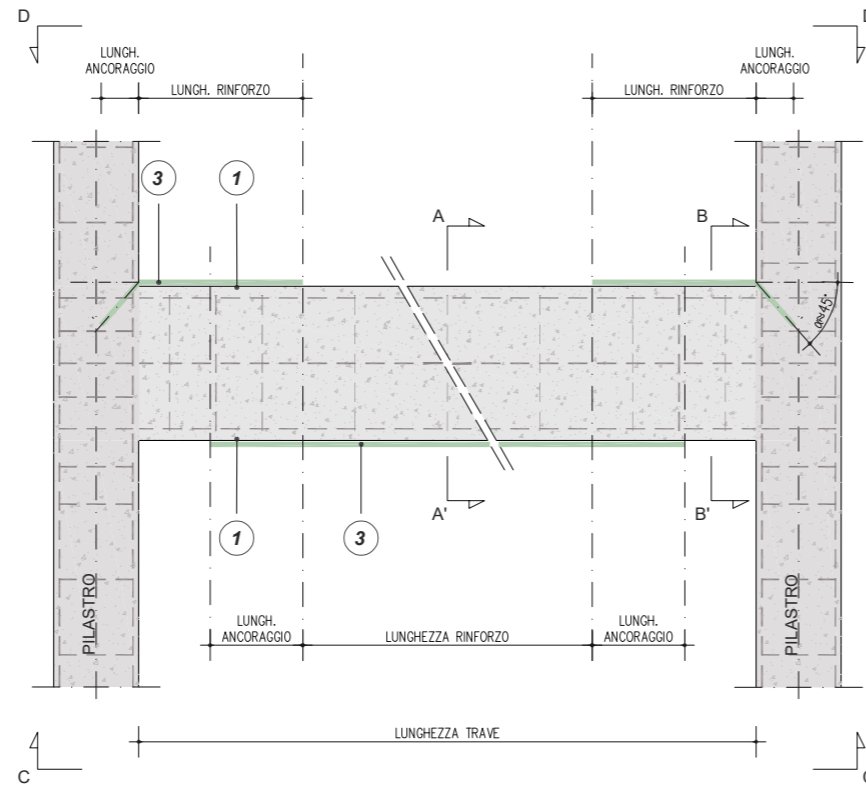
RINFORZO A FLESSIONE DI TRAVI MEDIANTE PLACCAGGIO CON TESSUTI IN FIBRA DI ACCIAIO GALVANIZZATO E ADESIVO EPOSSIDICO



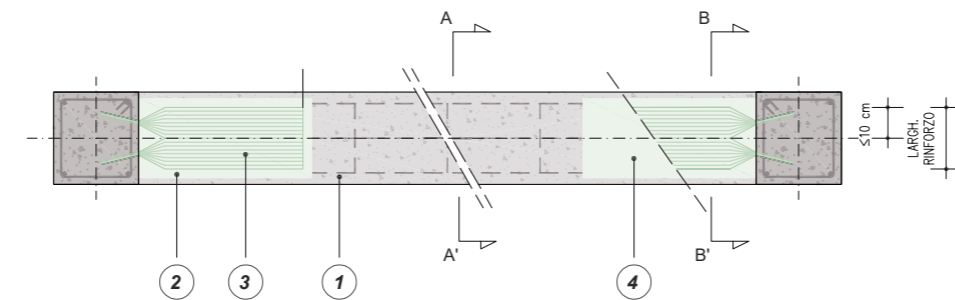
ASSONOMETRIA RINFORZO A FLESSIONE DELLA TRAVE

NOTE

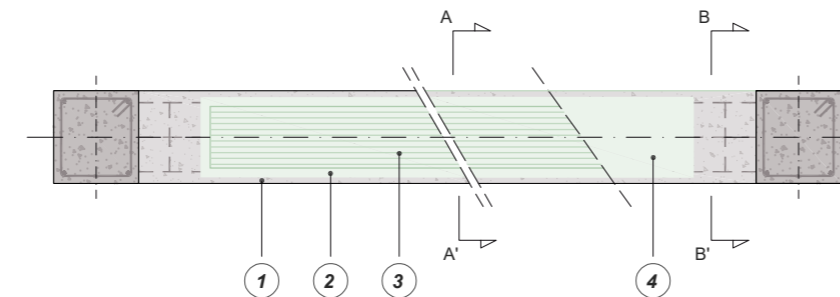
Nota bene: la normativa CNR-DT 200 R2/2025, al paragrafo 4.9.1.1, sottolinea che la resistenza media a compressione del calcestruzzo non deve essere inferiore a 15 MPa nel caso del rinforzo per aderenza.



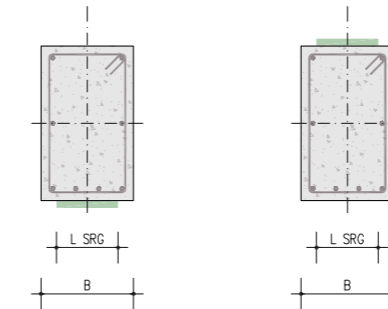
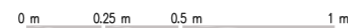
PROSPETTO RINFORZO A FLESSIONE DELLA TRAVE MEDIANTE PLACCAGGIO ESTRADOSSALE - INTRADOSSALE



PIANTA D - D' RINFORZO A FLESSIONE DELLA TRAVE MEDIANTE PLACCAGGIO ESTRADOSSALE



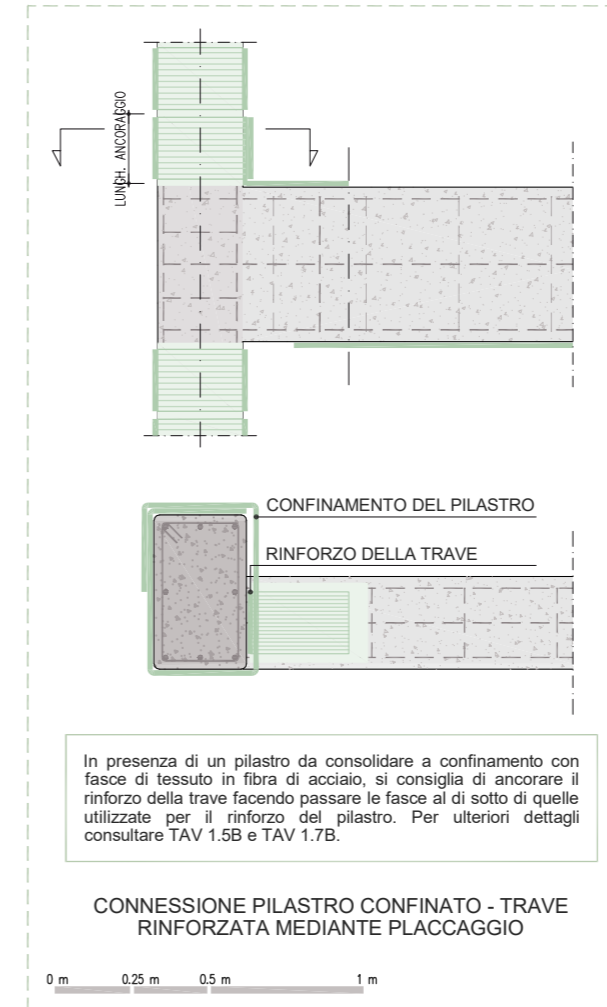
PIANTA C - C' RINFORZO A FLESSIONE DELLA TRAVE MEDIANTE PLACCAGGIO INTRADOSSALE



SEZIONE A - A' SEZIONE B - B'

RINFORZO A FLESSIONE DELLA TRAVE MEDIANTE PLACCAGGIO ESTRADOSSALE - INTRADOSSALE

PARTICOLARI DI ESECUZIONE



In presenza di un pilastro da consolidare a confinamento con fasce di tessuto in fibra di acciaio, si consiglia di ancorare il rinforzo della trave facendo passare le fasce al di sotto di quelle utilizzate per il rinforzo del pilastro. Per ulteriori dettagli consultare TAV 1.5B e TAV 1.7B.

CONNESSIONE PILASTRO CONFINATO - TRAVE RINFORZATA MEDIANTE PLACCAGGIO

QUADRO NORMATIVO

Il rinforzo a flessione si rende necessario per elementi strutturali soggetti ad un momento flettente di progetto maggiore della corrispondente resistenza. A scopo esemplificativo, di seguito è trattato il caso di flessione retta, che si verifica ad esempio quando l'asse di sollecitazione coincide con un asse di simmetria della sezione trasversale dell'elemento rinforzato. Il rinforzo a flessione con materiali compositi può essere realizzato applicando al lembo teso dell'elemento da rinforzare una o più lamine preformate, ovvero uno o più strati di tessuto impregnati in situ.

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)

IRRUVIDIRE LA SUPERFICIE E PULIRE E RIMUOVERE POLVERI E OLI CHE COMPROMETTONO L'ADESIONE DEL SISTEMA, MEDIANTE ARIA COMPRESSA O IDROPULITRICE. IN CASO DI SUPPORTO DEGRADATO, NON PLANARE O DANNEGGIATO: RIMUOVERE IN PROFONDITÀ IL CALCESTRUZZO AMMALORATO MEDIANTE SCARIFICA MECCANICA O IDRODEMOLIZIONE, AVENDO CURA DI IRRUVIDIRE IL SUBSTRATO CON ASPERITÀ DI ALMENO 5 mm; RIMUOVERE LA RUGGINE DAI FERRI D'ARMATURA, PULITI MEDIANTE SPAZZOLATURA (MANUALE O MECCANICA) O SABBIAIATURA; RICOSTRUZIONE MONOLITICA O RASATURA DELLA SEZIONE MEDIANTE LA GEOMALTA GEOLITE. PRIMA DELL'APPLICAZIONE DEL SISTEMA DI RINFORZO PREPARARE IL SUPPORTO CON ASPERITÀ DI ALMENO 0.5 mm. SE PREVISTI EVENTUALI TRATTAMENTI PREVENTIVI DI REGOLARIZZAZIONE CON **GEOLITE®**, ASPETTARE LA MATURAZIONE DI QUESTI ULTIMI PER APPLICARE LA PRIMA MANO DI **GEOLITE GEL**.

- 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 sabbiaatura a carico della superficie interessata dal rinforzo. [...] Nel caso in cui si operi su una superficie di calcestruzzo che non necessita 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)
- 2 APPLICAZIONE SULLA MATRICE ANCORA FRESCA DEL TESSUTO IN FIBRA D'ACCIAIO GALVANIZZATO **GEOSTEEL G600/G1200/G2000/G3300**, GARANTENDO IL PERFETTO INGLOBAMENTO DEL NASTRO NELLO STRATO DI MATRICE, ESERCITANDO UNA ENERGICA PRESSIONE CON SPATOLA O RULLO IN ACCIAIO E AVENDO CURA CHE LA STESSA FUORIESCA DAI TREFOLI, GARANTENDO COSÌ UN'OTTIMA ADESIONE FRA SUCCESSIVI STRATI DI MATRICE. NEI PUNTI DI GIUNZIONE LONGITUDINALE, SOVRAPPORRE DUE STRATI DI TESSUTO IN FIBRA DI ACCIAIO PER ALMENO 20 cm
- 3 Il sistema di rinforzo va posto all'intradosso o all'estradosso a seconda che il momento flettente agente sia positivo o negativo. Per l'ancoraggio delle estremità delle fasce mediante sfocatura, si consideri una larghezza massima di 150 mm per ogni foro eseguito. Eseguire l'inghisaggio del tessuto con **Geolite Gel** o **Epofix**. Per maggiori informazioni sulla sovrapposizione degli strati di tessuto e sull'ancoraggio d'estremità consultare l'APPENDICE 1.A.
- 4 Qualora il sistema di rinforzo venga installato in ambienti particolarmente aggressivi, o si voglia garantire un'ulteriore protezione oltre a quella fornita dalla 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.

La lunghezza ottimale di ancoraggio può essere stimata mediante la formula (4.1). (CNR - DT R2/200 2025 § 4.1.2)

INSERIRE UN QUANTITATIVO DI **GEOLITE GEL** PER UNO SPESSORE MEDIO 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 MEDIANTE **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