

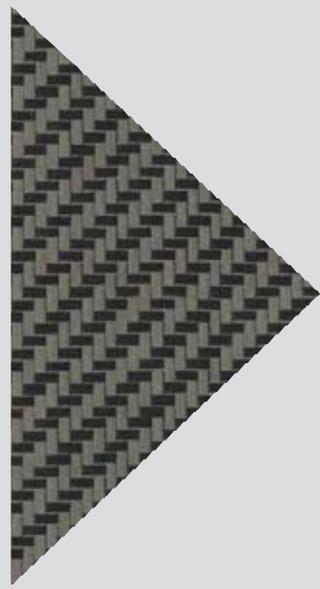


Rinforzo strutturale e adeguamento
sismico di elementi
in c.a. e c.a.p. con lamelle CFK.

Sch. Tec. FS01

**LINEA
FRP SYSTEM**

Consolidamento strutturale



FRP SYSTEM®

LAMELLE CFK e TESSUTI FRP

Tecnologie e prodotti per il rinforzo strutturale con materiali compositi in fibra di carbonio – FRP SYSTEM®

Descrizione

L'uso dei rinforzi FRP SYSTEM, sotto forma di prodotti laminati pultrusi, tessuti unidirezionali, bidirezionali, quadriasiali in fibra di carbonio e adesivi approvati, per il consolidamento di strutture in c.a., c.a.p., murature, legno e acciaio è una tecnica ampiamente diffusa nel mercato nazionale ed internazionale. Tale sistema è inoltre largamente impiegato nel settore della conservazione e messa in sicurezza di edifici storici e monumentali.

Dal 2005 in Italia il progetto e il dimensionamento degli interventi con l'impiego degli FRP è regolamentato dalle linee guida CNR DT 200/2004, approvate dal Cons.Sup. dei LLPP nel Luglio 2009 assieme alle nuove Norme Tecniche delle Costruzioni NTC8, NTC18. Il documento aggiornato DT 200 R1 2013 riguarda l'impiego dei materiali compositi nel settore del cemento armato e delle murature assieme alle linee guida di qualificazione dei materiali approvate dal Cons. Sup. LLPP in vigore da luglio 2016.

A titolo informativo molti altri Paesi hanno approvato linee guida e norme nel settore degli FRP, tra cui si citano le BS 8110, le DIN 1045-1, le ACI 440.2R-02. La nostra azienda ha inoltre presentato nel mercato nazionale per i tecnici del settore un nuovissimo software di calcolo gratuito per strutture in c.a., denominato **FRP^{sofTware}** e il software **FRP^{node}** per il calcolo dei nodi trave-pilastro ai sensi delle linee guida ReLuis.

Completano il sistema di rinforzo strutturale FRP SYSTEM, i sistemi di ancoraggio con connettori AFIX, CFIX, SFIX, SFIX G, con le barre pultruse CFK e BFK e gli adesivi approvati della linea RESIN, marcati C€ ai sensi della norma EN 1504-4.

La nostra azienda inoltre sviluppa un importante servizio di consulenza ed assistenza ingegneristica riservato alle pubbliche amministrazioni, alle imprese, ai progettisti e ai tecnici di settore.

Campi d'impiego

I principali impieghi del FRP SYSTEM sono i seguenti:

- rinforzo a flessione, taglio e torsione di travi e solai in c.a. e c.a.p. anche di grandi luci
- rinforzo per confinamento a carico assiale e pressoflessione di colonne e pilastri
- incremento di duttilità per miglioramento e adeguamento antisismico quali nodi travi-pilastro
- incremento di resistenza agli urti e riduzione dei meccanismi di collasso di tipo fragile
- incremento di resistenza di pannelli murari, archi, volte a carichi e ad azioni sismiche
- collegamenti di elementi collaboranti ad azioni esterne
- importante incremento del momento di prima fessurazione
- realizzazioni di cordoli a livello di solaio e di copertura
- realizzazione di fasce antiribaltamento per azioni fuori dal piano murario
- elementi resistenti per azioni sismiche nel piano e fuori dal piano murario
- riduzione degli effetti di elementi spingenti
- rinforzo di travi e solai lignei
- rinforzo di travi e colonne in acciaio

Vantaggi

Caratteristiche meccaniche e prestazioni molto elevate.
Elevate resistenze chimiche e alla corrosione.
Assenza di creep.
Assenza di scorrimento all'interfaccia rinforzo-struttura.
Moduli elastici elevati e diversi in funzione delle necessità statiche.
Affidabilità e durabilità del FRP SYSTEM.
Buona resistenza del carbonio in ambiente umido (assorbimento d'acqua 0,1%).
Eccellente bagnabilità delle fibre e dei tessuti in carbonio.
Elevata resistenza a strappo del sistema anche su supporti non omogenei.
Peso del sistema molto ridotto.
Spessore medio del rinforzo 1-3 mm ca.
Semplicità applicativa del sistema senza onerosi allestimenti di cantiere e con disagi contenuti.
Sistema ampiamente testato nel tempo.
Tempi e costi di applicazione ridotti.

Rinforzo strutturale a flessione e taglio di travi in c.a. e c.a.p. con lamelle CFK e tessuto C-Sheet



Dati tecnici

LAMELLE CFK PULTRUSE IN CARBONIO (contenuto di fibra > 68%)

Lamelle CFK 150/2000

Classificazione	larghezza	spessore
Classe C150/2300	cm	mm

150/2000/0512	5	1,2
150/2000/0514	5	1,4
150/2000/0612	6	1,2
150/2000/0614	6	1,4
150/2000/0812	8	1,2
150/2000/0814	8	1,4
150/2000/1012	10	1,2
150/2000/1014	10	1,4
150/2000/1212	12	1,2
150/2000/1214	12	1,4

Lamelle alto modulo CFK 200/2000

Classificazione	larghezza	spessore
Classe C200/1800	cm	mm

200/2000/0514	5	1,4
200/2000/0814	8	1,4
200/2000/1014	10	1,4
200/2000/1214	12	1,4

Sono inoltre disponibili le lamelle CFK 250/2000 a modulo superiore con le seguenti caratteristiche tecniche:

Tipo	CFK 250/2000
Modulo elastico nominale	250 GPa
Resistenza media a trazione a rottura	> 2400 MPa
Allungamento medio a rottura	> 0,8%
Spessore	1,4 mm
Larghezza	5-8-10-12 cm

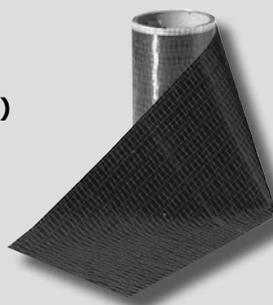
Le lamelle CFK sono fornite in rotoli da 50-100 m oppure pretagliate su misura.
Per altre misure consultare l'ufficio tecnico dell'azienda.

Sistemi adesivi approvati e conformi alla EN 1504-4 per Lamelle CFK
(cfr. schede tecniche)

Resin Primer	adesivo bicomponente per supporti porosi (calcestruzzo, murature)
Resin Primer W	adesivi bicomponente in fase acquosa
Resin Primer E	adesivo bicomponente esente solventi
Resin 90-95	adesivi bicomponenti per incollaggio Lamelle CFK
Resin Cleaner	diluyente per pulizia Lamelle CFK



TESSUTI IN CARBONIO
(resistenza a trazione filamento 4700-4900 MPa)
Fibre unidirezionali ad alta efficienza
C-SHEET, CTB, Q



Consolidamento e miglioramento sismico di strutture murarie con sistema FRP.



Tessuti unidirezionali C-SHEET
(indicati per rinforzo di c.a., c.a.p. e murature)

Classificazione	Grammatura	Modulo elastico nominale	Resistenza a trazione media a rottura	Allungamento medio a rottura	Classe CVT	
Tipo	altezza cm	g/m ²	GPa	tessuto MPa	%	
240/300/	10-20	300	240	3800	1,8	210C
240/300/	30-50	300	240	3800	1,8	210C
240/400/	30-50	400	240	3800	1,8	210C
240/600/	30-50	600	240	3800	1,8	210C
390/300/	30-50	300	390	3000	0,8	350/2800C
390/400/	30-50	400	390	3000	0,8	350/2800C
390/600	30-50	600	390	3000	0,8	350/2800C

Tutti i materiali sono disponibili in rotoli da 50-100 m.
 Per altre tipologie di materiali consultare l'ufficio tecnico dell'azienda.

Tessuti bidirezionali CTB
(indicati per rinforzo di murature e calcestruzzo)

Classificazione	Grammatura	Modulo elastico nominale	Resistenza a trazione media a rottura	Allungamento medio a rottura	Classe CVT	
Tipo	altezza cm	g/m ²	GPa	tessuto MPa	%	
240/220/	10-20-50	320	240	3800	1,8	
240/320/	10-20-50	320	240	3800	1,8	
240/360/	20-30-50	360	240	3800	1,8	210C

Tutti i materiali sono disponibili in rotoli da 50 m.
 Per altre tipologie di materiali consultare l'ufficio tecnico dell'azienda.

Tessuti quadriassiali (indicati per nodi trave-pilastro)

C-SHEET 240/380/127 Q Classe 210C grammatura 380 g/m² rotolo: altezza 127 cm lunghezza 50 m



Rinforzo strutture in c.a. e murature

Sistemi adesivi approvati conformi alla EN 1504-4 per tessuti C-Sheet, CTB, Q.

Resin Primer	adesivo bicomponente per supporti porosi (calcestruzzo, murature, legno)
Resin Primer W	adesivi bicomponente in fase acquosa
Resin Primer E	adesivo bicomponente esente solventi
Resin 90	adesivi bicomponenti per rasature ed incollaggio
Resin 75	adesivo bicomponente per incollaggio e saturazione fibre



Rinforzo archi in muratura

SISTEMI DI ANCORAGGIO

Piastre di ancoraggio per LAMELLE CFK ANCORFIX

Classificazione	larghezza cm lamelle CFK
AF 05	5
AF 06	6
AF 08	8
AF 10	10
AF 12	12

Adesivi approvati: RESIN 90 (cfr. schede tecniche). Sono necessarie 2 piastre per singola lamella CFK.

Per altre misure consultare l'ufficio commerciale dell'azienda.

Barre pultruse lisce e ad aderenza migliorata

Tipo	CFK	BFK 10R	GFK
Diametro mm	8-10-12	10	8-10-12
Modulo elastico GPa	>150	>50	>40
Resistenza a trazione MPa	>2300	>800	>1000
Allungamento %	> 1,5	>1,6	>2,5

CFK carbonio, BFK basalto, GFK vetro.

Le barre CFK sono disponibili su richiesta in elementi da 1 a 6 metri. I connettori in fibra per sfioccatura di collegamento alle barre sono disponibili in cartoni da 10 ml.

Gli adesivi approvati sono RESIN 70-75, RESIN 98, RESIN INJECT SF.

Connettori in fibra aramidica AFIX

Modulo elastico	110 GPa
Resistenza trazione	1600 MPa
Allungamento %	1,5
Diametro mm	6/8/10/12

Connettori in fibra di acciaio SFIX

	SFIX G
Modulo elastico	170 GPa
Resistenza trazione	2800 MPa
Allungamento %	1,8
Diametro mm	10/12

Connettori in fibra di carbonio CFIX

Modulo elastico	230 GPa
Resistenza trazione	1600 MPa
Allungamento %	0,8
Diametro mm	6/8/10/12

I dati tecnici dei connettori sono riferiti al prodotto finito, non al filamento della materia prima.

Consultare le schede dei singoli prodotti per gli esatti parametri tecnici dei materiali disponibili alla produzione.



Connettori e barre di ancoraggio



Istruzioni per l'impiego

Lamelle CFK

Il ciclo applicativo di rinforzo strutturale di un c.a. o c.a.p. con Lamelle CFK richiede una preventiva accurata preparazione del supporto. Il calcestruzzo deve garantire una resistenza allo strappo di almeno 0,9 MPa. Deve presentarsi irruvidito a mezzo sabbatura od energica spazzolatura. Il supporto deve inoltre essere asciutto (< 4% di umidità) e privo di olii, grassi, materiale incoerente. La superficie deve essere depolverata. Nel caso di superfici fortemente deteriorate è necessario ricostruire le volumetrie mancanti con malte ad alta resistenza tipo CONCRETE ROCK V-V2. Dislivelli superficiali non devono superare i 5 mm. nei 2 metri. La temperatura di applicazione deve essere nell'intervallo 10-35 °C. Le Lamelle CFK devono essere accuratamente pulite con un panno bianco utilizzando lo speciale solvente RESIN CLEANER al fine di rimuovere la polvere di carbonio presente. Applicare RESIN PRIMER ed entro 24 h stendere sul supporto e sulle lamelle CFK l'adesivo Resin 90-95. Posizionare la lamella CFK sulla superficie e premere regolarmente con le mani e successivamente con un rullo di gomma dura al fine di permettere la fuoriuscita dell'adesivo tra lamella e supporto. In caso di necessità utilizzare idonei morsetti. L'adesivo in eccesso viene rimosso. Lo spessore consigliato di adesivo è di 1-3 mm. Controllare che il dislivello sia nei limiti stabiliti. Evitare vibrazioni sulla struttura per almeno 1-2 giorni. Per il rinforzo di travi e solai con la tecnica di pretensionamento delle Lamelle CFK consultare l'apposita documentazione tecnica.

Tessuti C SHEET, CTB, Q.

La preparazione della superficie dovrà avvenire secondo quanto riportato al paragrafo precedente.

Nel caso di rasature di strutture murarie di edifici storici e monumentali impiegare malte strutturali in calce idraulica tipo LIMECRETE o a reattività pozzolanica CONCRETE ROCK S.

Si procederà quindi alla primerizzazione del supporto regolarizzato con RESIN PRIMER a mezzo pennello o rullo in quantità idonea all'assorbimento del supporto. Dopo il tempo di fuori tatto e comunque entro le 24 ore successive viene applicata, se richiesta, la rasatura con Resin 90 a mezzo spatola; applicare quindi la resina di incollaggio RESIN 75 a mezzo pennello o rullo. Stendere accuratamente il rinforzo in carbonio secondo l'orientamento di progetto ed esercitare una pressione costante con rullino o manualmente fino a completa impregnazione delle fibre. Dopo alcune ore e comunque entro 24-48 ore stendere una seconda mano di adesivo ad impregnazione. Ripetere il ciclo se sono previsti più strati di rinforzo, utilizzando per gli strati successivi l'adesivo RESIN 75 a pennello o rullo. Sulla mano finale di adesivo potrà essere applicata della sabbia di quarzo fresco su fresco, qualora si dovessero realizzare intonaci o rivestimenti successivi in aderenza. La protezione finale della fibra, se prevista, viene applicata al fuori tatto dell'adesivo. Dovrà essere fatta attenzione onde evitare spigoli vivi che vanno sempre smussati ai sensi di norma in quanto inibiscono le caratteristiche prestazionali del rinforzo. In tali casi si dovrà procedere ad una rasatura oppure all'arrotondamento dello spigolo a mezzo flessibile o altro idoneo attrezzo. E' buona norma inoltre in taluni casi sormontare i rinforzi in fibra di almeno 20 cm in direzione della fibra stessa e di 2 cm in direzione trasversale, per esempio nel confinamento di colonne. Per rinforzi a flessione e taglio seguire le indicazioni progettuali.

Norme generali a cui attenersi in fase applicativa

I risultati prestazionali del rinforzo strutturale FRP SYSTEM sono strettamente legati alla cura con cui vengono eseguite le fasi di applicazione del ciclo. In particolare dovrà essere posta attenzione ai seguenti aspetti applicativi:

- Seguire attentamente i tempi di applicazione, le temperature e le prescrizioni di progetto;
- Eseguire una corretta preparazione e regolarizzazione del supporto;
- Manipolare le Lamelle CFK e i tessuti in fibra con attenzione al fine di evitare danneggiamenti alle fibre in fase esecutiva; pulire adeguatamente le Lamelle CFK con apposito diluente RESIN CLEANER prima dell'installazione;
- Controllare visivamente la perfetta impregnazione dell'adesivo nel tessuto di rinforzo o dell'aderenza della lamella CFK in tutta la sezione evitando la presenza di zone non bagnate dall'adesivo e di bolle d'aria;
- Il tessuto deve rimanere ben disteso e ben ancorato al fine di trasmettere correttamente le sollecitazioni; le lamelle CFK devono avere dislivelli < 5 mm nei 2 metri;
- Evitare nelle zone di estremità affioramenti del tessuto che possono innescare azioni di peeling locali agendo con adeguata impregnazione dell'adesivo;
- Ancorare secondo indicazioni progettuali le lamelle CFK e i tessuti in corrispondenza degli appoggi o comunque nelle zone di estremità con tessuti ortogonali o con apposite piastre secondo le disposizioni progettuali.
Utilizzare i connettori di ancoraggio ove richiesti;
- Smussare angoli o asperità preesistenti con $r = 2,5$ cm

Consumi

Sono strettamente correlati alle prescrizioni di progetto, alle condizioni del supporto e alla grammatura del tessuto. Per il RESIN PRIMER il consumo medio è di ca. 0,2-0,3 l/m² in funzione del supporto.

Si può affermare in via del tutto generale che per applicare 1 m di Lamella CFK da 10 cm di larghezza sono necessari ca. 0,5-0,6 kg/m di adesivo RESIN 90-95.

Relativamente ai tessuti da 300 gr/m² sono necessari ca. 2-3 kg/m² di adesivo di rasatura RESIN 90 ove previsto e di ca. 0,8-1 kg/m² di adesivo di incollaggio e saturazione RESIN 75; per applicazioni di più strati di tessuto sono necessari ca. 0,4-0,5 kg/m² di adesivo RESIN 75 per ogni strato. Potranno essere richiesti consumi superiori per grammature maggiori.

Confezioni

Lamelle CFK in bobine da 50-100 m o pretagliate su richiesta.

Tessuti in fibra di altezze diverse in rotoli da 50-100 m

Connettori in cartoni da 10 m

Barre in elementi da 1 a 6.

Adesivi RESIN: per le quantità fare riferimento alle indicazioni sulle confezioni.

Precauzioni

Usare guanti di gomma durante le lavorazioni. Evitare il contatto della resina con la pelle, le mucose e gli occhi. Usare occhiali da lavoro infrangibili. In caso di contatto accidentale lavare abbondantemente la parte imbrattata con acqua e sapone neutro. Non utilizzare solventi per lavarsi mani, braccia e altre parti del corpo. Nel caso di spruzzi di resina negli occhi provvedere al loro lavaggio immediatamente con acqua corrente e rivolgersi ad un oculista informandolo del tipo e natura della sostanza che ha causato l'inconveniente. Per altre informazioni fare riferimento alla scheda di sicurezza dei prodotti.

Immagazzinaggio

Lamelle CFK e tessuti in fibra si conservano in luogo riparato illimitatamente nel tempo; gli adesivi si conservano negli imballi originali sigillati ed a temperatura ambiente per almeno 12 mesi. Gli adesivi vanno protetti dal gelo.



Rinforzo di solaio in latero cemento.

Voce di capitolato

Tipo di intervento

Ripristino e rinforzo a flessione e taglio di travi in c.a. e c.a.p. con lamelle CFK e tessuto di carbonio C-Sheet.

Specifica tecnica

Ripristino e rinforzo a flessione e a taglio mediante l'incollaggio di lamelle CFK pultruse in fibra di carbonio e tessuti di carbonio tipo C-SHEET ad alta resistenza HR o ad alto modulo HM in funzione degli elaborati progettuali e secondo il seguente ciclo applicativo: demolizione dell'intonaco presente nelle zone di applicazione dei rinforzi; eventuale demolizione del calcestruzzo ammalorato fino a scoprire i ferri d'armatura.

1. Pulitura della superficie dei ferri mediante spazzolatura a secco.
2. Trattamento dei ferri mediante applicazione a pennello di formulato protettivo bicomponente tipo Ferrosan, ad azione di inibitore della corrosione. Ricostruzione della trave con malta tixotropica fibrorinforzata a ritiro compensato e a basso modulo elastico tipo CONCRETE ROCK V2 Classe R4, compatibile con il sottofondo. Arrotondamento degli spigolo con $r = 2,5$ cm
3. Applicazione del rinforzo a flessione secondo indicazioni progettuali: applicazione del primer tipo RESIN PRIMER, applicazione di adesivo tipo RESIN 90, applicazione del rinforzo con lamelle CFK pultruse in fibra di carbonio; applicazione terminale ove richiesto di adesivo RESIN 75 e spolvero con sabbia al quarzo per consentire le successive applicazioni d'intonacatura, se richieste.
4. Applicazione del rinforzo a taglio o di ancoraggio: applicazione del primer tipo RESIN PRIMER, applicazione di rasatura in forma di stucco epossidico tipo RESIN 90, posa dell'adesivo di incollaggio tipo RESIN 75, applicazione delle fibre C-SHEET in carbonio secondo progetto, in direzione normale alle lamelle precedentemente posate ed eventuale ancoraggio a mezzo connettori tipo AFIX; applicazione terminale di adesivo di saturazione tipo RESIN 75; eventuale spolvero con sabbia al quarzo per le successive operazioni di protezione o intonacatura.
5. Rasatura cementizia fibrorinforzata polimerica tipo RASDIL AS per 3-5 mm di spessore e vernice protettiva anticarbonatante metacrilica tipo RESINCOLOR.

In alternativa applicazione della pittura elastica protettiva poliuretana tipo RESINLAST S.

Temperatura minima d'applicazione 10°C.

- | | |
|--|---|
| 1. Demolizioni dell'intonaco e/o del cls ammalorato | €/m ² (da compensarsi a parte) |
| 2/3. Fornitura e posa in opera di protettivo per i ferri d'armatura mediante applicazione di formulato bicomponente tipo FERROSAN | €/m ² |
| Fornitura e posa in opera di malta strutturale polimerica fibrorinforzata bicomponente a basso modulo tipo CONCRETE ROCK V2 per uno spessore fino a 2 cm | €/m ² |
| Per ogni cm in più e fino a 5 cm di malta posata | €/m ² |
| 4. Fornitura e posa in opera di lamelle CFK pultruse dotate di CVT a medio e alto modulo per il rinforzo a flessione, larghezza 5-8-10-12 cm | €/m |
| 5a. Fornitura e posa in opera di fibra unidirezionale in carbonio alto modulo tipo C-SHEET 390/300 dotata di CVT classe 350/2800C per il rinforzo a taglio in semplice o multistrato, larghezza 30 cm primo strato | €/m ² |
| strati successivi | €/m ² |
| 5b. Fornitura e posa in opera di fibra unidirezionale in carbonio tipo C-SHEET 240/300 dotata di CVT classe 210C per l'ancoraggio delle lamelle CFK | €/m ² |
| 6. Fornitura e posa in opera di rasatura polimerica tipo RASDIL AS e vernice protettiva anticarbonatante tipo RESINCOLOR | €/m ² |
| In alternativa fornitura e posa in opera di pittura protettiva poliuretana elastica tipo RESINLAST S | €/m ² |



FRP SOFTWARE DI CALCOLO

Il sistema di rinforzo FRP SYSTEM viene corredato di softwares di calcolo FRPsoftware e FRPnode per cementi armati per le verifiche strutturali con l'impiego di materiali compositi in carbonio CFRP e in tessuti di acciaio UHTSS. I softwares sono aggiornati alle normative tecniche in vigore NTC8, DT 200 R1 2013, EUROCODICE 2, linee guida di qualificazione dei materiali. FRPsoftware e FRPnode sono protetti da copyright 2016.

I softwares sono disponibili all'utente, previa registrazione, scaricandoli direttamente dal sito www.gpintech.com oppure su richiesta a: info@gpintech.com



G&P intech s.r.l - via Retrone 39
36077 Altavilla Vicentina (VI) - ITALY
Tel. +39 0444.522797 - Fax +39 0444.349110
E mail: info@gpintech.com
www.gpintech.com



Copyright 2021 – Tutti i diritti sono riservati

Le indicazioni contenute nel presente documento tecnico rispondono in modo reale e veritiero alle nostre migliori e attuali conoscenze. In funzione dell'attenzione e accuratezza delle diverse fasi di posa in opera sulle quali non abbiamo alcuna responsabilità, possono verificarsi delle variazioni. La nostra garanzia si limita pertanto alla qualità e costanza del prodotto fornito di cui alle indicazioni riportate.

Rev. FS01/01/21