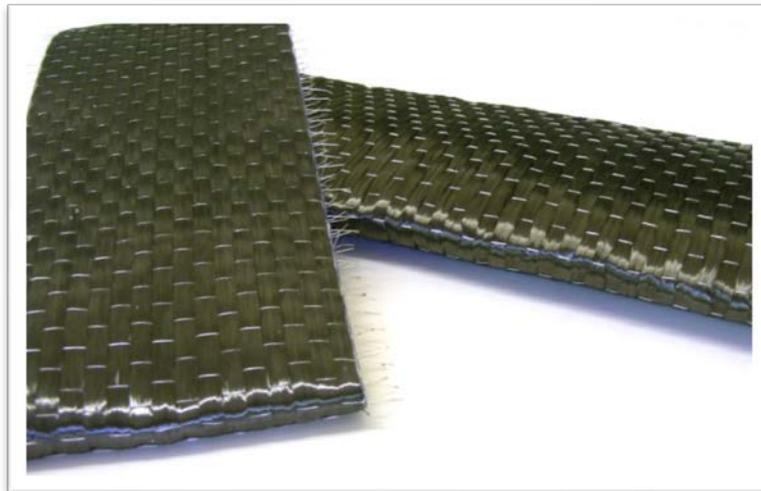




POLITECNICO
MILANO 1863

***ISTRUZIONI PER LA PREPARAZIONE DI CAMPIONI DI ACCETTAZIONE DI
MATERIALI FIBROPRINFORZATI PER IL RINFORZO STRUTTURALE
COMPOSITE KIT TEST (CoKIT 2017)***

Sistema per la preparazione di campioni per prove di accettazione di materiali fibrorinforzati in accordo alle Linee Guida Ministeriali “Linea guida per la identificazione, la qualificazione ed il controllo di Accettazione di compositi fibrorinforzati a matrice polimerica (FRP) da utilizzarsi per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti”



Arch. Giulia Carozzi
Prof. Ing. Carlo Poggi

Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle costruzioni e Ambiente Costruito (ABC)
Politecnico di Milano



**ISTRUZIONI PER LA PREPARAZIONE DI CAMPIONI PER L'ACCETTAZIONE DI MATERIALI
FIBRORINFORZATI PER IL RINFORZO STRUTTURALE
COMPOSITE KIT TEST (CoKIT)**

Il presente documento è a supporto del **Composites KIT test (CoKIT)** che è stato predisposto dal Laboratorio Prove Materiali del Politecnico di Milano (LPM) per rispondere alle prescrizioni relative alle prove di accettazione di materiali fibrorinforzati in accordo alle Linee Guida Ministeriali (LG) *“Linea guida per la identificazione, la qualificazione ed il controllo di Accettazione di compositi fibrorinforzati a matrice polimerica (FRP) da utilizzarsi per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti”*. Il testo della linea guida, approvata con Decreto del Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n. 220 del 9 luglio 2015, è reperibile sul sito del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici [LG FRP](#).

Indicazioni tecniche sulle proprietà meccaniche dei materiali compositi per uso strutturale sono reperibili nel documento tecnico *“Il controllo di accettazione di materiali fibrorinforzati per il rinforzo strutturale”* (di G.Fava e C.Poggi) che può essere consultato e scaricato dal sito di [Assocompositi](#). La richiesta di esecuzione delle prove di accettazione può essere indirizzata al Laboratorio Prove Materiali del Politecnico di Milano, settore [Materiali compositi per le Costruzioni](#).

Il LPM è accreditato dall'organismo ACCREDIA per l'esecuzione delle prove di trazione di materiali fibrorinforzati in accordo alle norme EN 2561/1995, ASTM D3039/D3039M-14 ed alla procedura interna LPM/POP.03.001.

PRESCRIZIONI DELLA LINEA GUIDA

Le linee guida in oggetto prescrivono quanto segue.

5.2.9 Controlli di accettazione in cantiere.

I controlli di accettazione in cantiere sono obbligatori e di competenza del Direttore dei lavori e devono essere eseguiti su campioni ricavati da laminati realizzati in cantiere con i materiali base oggetto della fornitura e con la procedura di installazione prescritta dal Fornitore impiegando gli stessi addetti ed in condizioni ambientali simili a quelle del momento dell'installazione.

Le prove meccaniche devono essere effettuate da un Laboratorio autorizzato ai sensi dell'art. 59 del DPR 380/2001 che sia dotato di attrezzature adeguate per le prove sui materiali compositi e possieda adeguata e documentata esperienza.



I laminati devono essere costituiti da 3 strati per tessuti con grammatura non superiore a 600 gr/m². Da ciascun laminato il Laboratorio incaricato ricaverà 3 campioni per prove di trazione in accordo alle norme EN 2561.

I valori della tensione di rottura e del modulo elastico a trazione, entrambi nella direzione delle fibre, calcolati sui suddetti campioni dovranno risultare non inferiori ai valori della classe di appartenenza dichiarata nel Certificato CIT.

Il Direttore dei Lavori deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati al Laboratorio siano effettivamente quelli da lui prelevati.

La richiesta di prove al laboratorio deve essere sottoscritta dal Direttore dei Lavori utilizzando il modulo fornito da LPM (facsimile in All.1) e deve contenere indicazioni sui campioni prelevati.

KIT PER LA PREPARAZIONE DEI CAMPIONI DI ACCETTAZIONE

Il LPM ha già da tempo predisposto un sistema, denominato COKIT, per facilitare la preparazione dei laminati in cantiere.

COMPOSIZIONE DEL COKIT

Il CoKIT (Figura 1) è composto da:

- Scheda prelievo materiali
- Tavoletta di laminazione
- Foglio di peel-ply per la laminazione da sovrapporre al laminato
- Busta per il prelievo del tessuto



Figura 1 – Composizione del Co-KIT

Nella **scheda di prelievo** (facsimile in All. 1) vanno riportati i dati inerenti all'impresa, al cantiere e al sistema adottato, nonché la classe di appartenenza del materiale e le caratteristiche meccaniche riportate nel CIT.

La **tavoletta di laminazione** e il **foglio di peel-ply** possono essere utilizzati per la preparazione *in situ* del laminato composto da tre strati di tessuto se la grammatura non è superiore a 600 g/m². Sarà cura del laboratorio di prova ricavare dal laminato i provini secondo le dimensioni standard. Si



richiede pertanto di preparare un laminato di dimensioni uguali alla superficie della tavoletta ovvero 200x300 mm.

Nella **busta per il prelievo del tessuto** deve essere inserito un campione di tessuto secco con lunghezza di almeno 500 mm e larghezza pari a quella del rotolo. Se possibile si richiede di aggiungere anche un campione del filato che viene utilizzato per la determinazione della densità della fibra. Quest'ultima è utile per valutare l'area trasversale resistente del tessuto.

ACCORGIMENTI PER LA PREPARAZIONE DEL LAMINATO

Per la preparazione del laminato è consigliabile tracciare una linea di riferimento ben marcata sulla tavoletta di laminazione, eventualmente utilizzando nastro adesivo, parallela al lato lungo della tavoletta stessa. Questa funge da riferimento per l'allineamento delle fibre durante la stesura degli strati, nonché da riferimento per il taglio dei campioni da testare (*Figura 2*).

Un non corretto allineamento può portare a valori di resistenza e modulo elastico inferiori a quelli reali. Pertanto, sarà cura e responsabilità del Direttore dei Lavori garantire un accurato allineamento degli strati. Se il nastro di tessuto ha una larghezza inferiore a quella della tavoletta si può realizzare una nuova linea di riferimento per affiancare ulteriori nastri (*Figura 2*).

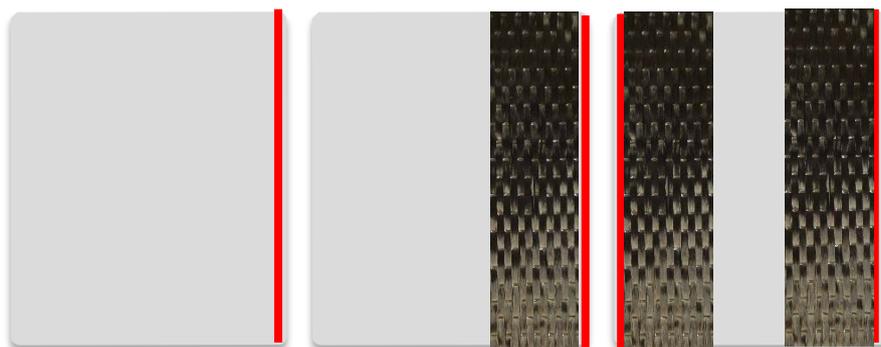


Figura 2 – Istruzioni per il corretto allineamento delle fibre alla tavoletta

Al termine della laminazione del composito il foglio di peel-ply dovrà essere posizionato sopra il laminato al fine di eliminare la resina in eccesso e proteggere il campione da contatti accidentali.

Trascorse almeno 24 ore, durante le quali il campione dovrà essere conservato possibilmente in un ambiente alla temperatura ambiente (23 ± 2)°C, si potrà procedere alla spedizione del campione.



PROVE MECCANICHE ESEGUITE DAL LABORATORIO INCARICATO

Il Laboratorio incaricato si occupa della preparazione dei singoli campioni, dell'esecuzione delle prove meccaniche e della stesura del certificato.

- **Taglio dei campioni.** Il taglio dei campioni dal laminato viene effettuato con apposita strumentazione (lama diamantata), seguito da un'operazione di finitura superficiale con carta abrasiva. Un errato allineamento delle fibre, anche di pochi gradi, può portare a ottenere risultati molto inferiori rispetto a quelli previsti, in particolare per quanto riguarda il modulo elastico.
- **Dimensioni dei campioni.** Le dimensioni dei campioni devono essere tali da garantire una corretta distribuzione degli sforzi di trazione e presentare una parte centrale che risulti sufficientemente lontana dagli afferraggi. Le dimensioni devono essere tali da consentire l'applicazione dell'estensometro utilizzato per la misura delle deformazioni.
Salvo particolari necessità i campioni presenteranno dimensioni nominali di 250 x 20 x 2 mm. Prima di effettuare la prova vengono controllate le dimensioni di larghezza e spessore in cinque sezioni lungo la lunghezza del campione.
- **Sistema di afferraggio.** E' indispensabile l'applicazione di appositi talloni (tabs) alle estremità del campione (Figura 3). Tali elementi consentono di afferrare il campione durante la prova di trazione in modo da distribuire omogeneamente gli sforzi ed evitare rotture localizzate. I tabs utilizzati sono ottenuti da laminati in fibra di vetro ed hanno una larghezza uguale a quella del campione e lunghezza variabile fra 50 e 70 mm. La parte terminale dei tabs può essere opportunamente smussata in modo da migliorare ulteriormente la distribuzione degli sforzi nel campione.



Figura 3 – Applicazione dei tabs in G-FRP alle estremità del campione

- **Strumentazione.** Durante la prova vengono misurati il carico applicato, lo spostamento e la deformazione in una zona indisturbata del provino. La misura delle deformazioni è importante per la determinazione delle proprietà meccaniche del materiale, e non può essere sostituita



dalla sola misura dello spostamento della macchina di prova. In Figura 4 è mostrato il set-up di prova e l'applicazione dell'estensometro con base di misura 50 mm.



Figura 4 – Set-up di prova

- **Ambiente di prova.** Il laboratorio in cui si svolgono le prove è caratterizzato da temperatura (23 ± 2) °C e umidità controllate. Prima dell'esecuzione della prova il campione è mantenuto in ambiente climatizzato per un periodo minimo di 16 ore.
- **Esecuzione delle prove meccaniche.** Da ciascun laminato vengono estratti 3 campioni da sottoporre a prova di trazione. Verranno valutati i parametri di sforzo ultimo e modulo elastico, entrambi calcolati rispetto all'area netta delle fibre. I parametri ottenuti da ciascuna delle 3 prove verranno confrontati con le caratteristiche meccaniche della classe di appartenenza del materiale dichiarata nel C.I.T..
- **Stesura del certificato.** Il Laboratorio emetterà un certificato contenente tutte le informazioni richieste dalle LG ministeriali al Par. 5.2.10. In particolare verranno indicati i dati riferiti all'identificazione dei campioni, del committente e del direttore dei lavori; le normative di riferimento, la metodologia di prova ed i risultati ottenuti.



ULTERIORI PROVE ESEGUIBILI SU LAMINATI IN FRP

Nella Tabella allegata sono riportate le prove di caratterizzazione che è possibile eseguire e le proprietà che si possono determinare su laminati FRP. Alcune prove non sono richieste dalle LG ministeriali, ma possono essere eseguite dal LPM su richiesta del Direttore dei Lavori o del fornitore.

| Proprietà | Unità di misura | | Metodo di prova, normativa di riferimento |
|--|---------------------|----------------------|---|
| | | | |
| Densità delle fibre | ρ_{fib} | [g/cm ³] | ASTM D 792 ISO 1183 -1 |
| Massa del tessuto per unità di area | ρ_x | [g/m ²] | ISO 3374 |
| Densità della resina | ρ_m | [g/cm ³] | ISO 1675 |
| Area equivalente | A_{rt} | [mm ² /m] | --- |
| Spessore equivalente | t_{eq} | [mm] | |
| Frazione in peso delle fibre nel composito | P_{fib} | --- | ISO 11667 ISO 1172 |
| Frazione in volume delle fibre nel composito | V_{fib} | --- | |
| Percentuale di vuoti nel composito | V_v | --- | ASTM D2734 |
| Modulo elastico del pultruso | E_f | [MPa] | EN13706 (pultrusi) |
| Resistenza del pultruso | f_f | [MPa] | |
| Deformazione a rottura del pultruso | ε_f | [%] | |
| Modulo elastico del laminato riferita all'area netta fibre | E_{fib} | [MPa] | EN 2561 (laminati in situ) |
| Resistenza del laminato riferita all'area netta fibre | f_{fib} | [MPa] | |
| Deformazione a rottura delle fibre | ε_{fib} | [%] | |
| Resistenza del giunto adesivo | f_{crit} | [MPa] | ISO 4587 |

Tabella 1 – Prove sperimentali per la caratterizzazione di materiali compositi utilizzati per il rinforzo strutturale



Allegato 1 : fac-simile del modulo da compilare dal Direttore Lavori fornito da LPM

Luogo: _____

Data: ____/____/____

PRELIEVO E PREPARAZIONE DI UN LAMINATO IN MATERIALE FIBRORINFORZATO FRP PER L'ESECUZIONE DELLE PROVE DI ACCETTAZIONE **COKIT - COMPOSITES KIT TEST 2017** IN ACCORDO A QUANTO PRESCRITTO NELLE LINEE GUIDA ATTUALMENTE VIGENTI :

“LINEA GUIDA PER LA IDENTIFICAZIONE, LA QUALIFICAZIONE ED IL CONTROLLO DI ACCETTAZIONE DI COMPOSITI FIBRORINFORZATI A MATRICE POLIMERICA (FRP) DA UTILIZZARSI PER IL CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE DI COSTRUZIONI ESISTENTI”

| | |
|--------------------------------------|--|
| IMPRESA | |
| INDIRIZZO | |
| RECAPITO TEL . | |
| CANTIERE | |
| PROGETTISTA | |
| DIRETTORE DEI LAVORI | |
| COLLAUDATORE | |
| FORNITORE SISTEMA FRP | |
| PRODUTTORE TESSUTO | |
| DATA CONFEZIONAMENTO LAMINATO | |
| DATA PRELIEVO | |



| | |
|---|--|
| DENOMINAZIONE DEL SISTEMA | |
| N° C.I.T. E DATA RILASCIO | |
| CLASSE DEL MATERIALE | |
| CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E FISICHE | |
| grammatura nominale del tessuto [g/m ²] | |
| densità nominale delle fibre [g/cm ³] | |
| PROPRIETÀ MECCANICHE MINIME DELLA CLASSE DEL FRP | |
| Modulo elastico (E _f) [GPa] | |
| Resistenza a trazione [MPa] | |
| PROPRIETÀ MECCANICHE DEL MATERIALE QUALIFICATO (RIPORTATE NEL CIT) | |
| Modulo elastico (E _f) [GPa] | |
| Resistenza a trazione [MPa] | |

Per tessuti con grammatura superiore a 600g/m² il laminato sarà costituito da 1 solo strato.

Il test verrà effettuato su materiali prelevati in cantiere e realizzati dall'impresa nelle medesime condizioni ambientali al momento dell'installazione degli FRP.

Il laboratorio incaricato procederà al taglio dei campioni dalla lastra, all'applicazione dei talloni, alla verifica dimensionale e all'esecuzione delle prove in accordo alla norma EN 2561 e a quanto riportato nelle Linee Guida.

Verranno valutati i valori di modulo elastico e resistenza a trazione e confrontati con i valori minimi della classe di appartenenza.

I risultati saranno riportati in un certificato ufficiale con tutte le informazioni richieste dalle Linee Guida (si veda Par. 5.2.10 delle LG).

Il Laboratorio Prove Materiali del Politecnico di Milano è:

- laboratorio ufficiale ai sensi dell'art 59 del DPR380/2001.
- ente notificato per la marcatura CE dei prodotti da costruzione ([NB1777](#)) per i prodotti elencati sul sito NANDO della EC
- laboratorio accreditato ACCREDIA (No 1275/E) per l'esecuzione delle prove di trazione di materiali fibrorinforzati in accordo alle norme EN 2561/1995 ASTM D3039/D3039M-14 e LPM/POP.03.001. L'accreditamento comporta il riconoscimento della competenza tecnica del Laboratorio relativamente alle prove accreditate e la conformità del suo sistema di gestione alla norma UNI EN ISO/IEC 17025.

La vigenza dell'accreditamento può essere verificata sul sito web di [ACCREDIA](#)