



Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Servizio Tecnico Centrale

**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**

Maggio 2019

(Aggiorna e sostituisce la precedente Linea Guida pubblicata con DP n. 220 del 9 luglio 2015)

SOMMARIO

1	SCOPO	4
2	CAMPO DI APPLICAZIONE.....	5
3	RIFERIMENTI NORMATIVI	6
3.1	Sistemi di rinforzo preformati	6
3.2	Sistemi di rinforzo realizzati in situ.....	6
4	SISTEMI DI RINFORZO PREFORMATI.....	7
4.1	Classificazione	7
4.2	Prove di qualificazione.....	8
4.2.1	Prove di qualificazione di tipo meccanico	8
4.2.2	Prove per l'accertamento della durabilità ambientale	9
4.2.3	Prove per la determinazione della temperatura di transizione vetrosa	10
4.2.4	Caratteristiche del prodotto nei confronti delle sollecitazioni termiche ed eventuali prove di comportamento al fuoco.....	12
4.2.5	Tabella di sintesi delle prove iniziali di tipo.....	13
4.2.6	Scheda tecnica di prodotto	13
5	SISTEMI DI RINFORZO REALIZZATI IN SITU	14
5.1	Classificazione	14
5.2	Prove di qualificazione per i sistemi di rinforzo realizzati in situ.....	15
5.2.1	Prove di qualificazione di tipo meccanico	15
5.2.2	Prove di accertamento della durabilità ambientale	16
5.2.3	Prove di trazione in presenza di sovrapposizione dei tessuti.....	18
5.2.4	Ulteriori prove su tessuto piegato	18
5.2.5	Prove per la determinazione della temperatura di transizione vetrosa	19
5.2.6	Caratteristiche del prodotto nei confronti delle sollecitazioni termiche ed eventuali prove di comportamento al fuoco.....	19
5.2.7	Tabella di sintesi delle prove iniziali di tipo.....	19
5.2.8	Scheda tecnica di prodotto	20
6	QUALIFICAZIONE DEL FABBRICANTE.....	21
7	SISTEMA DI GESTIONE DELLA QUALITA'	22
7.1	Sistema di controllo della produzione in stabilimento	22

7.1.1	Controlli sui materiali base	22
7.1.2	Identificazione e rintracciabilità dei prodotti qualificati.....	23
7.1.3	Prove periodiche di verifica della qualità sui prodotti finiti	24
7.1.4	Prodotti provenienti dall'estero.....	25
8	PROCEDURA DI QUALIFICAZIONE	26
8.1	Documentazione da allegare all'istanza	26
8.2	Istruttoria del Servizio Tecnico Centrale.....	27
8.3	Mantenimento e rinnovo del Certificato di Valutazione Tecnica	28
8.4	Sospensione e Ritiro del Certificato di Valutazione Tecnica.....	29
9	PROCEDURE DI ACCETTAZIONE IN CANTIERE	30
9.1	Controlli di accettazione in cantiere	30
9.1.1	Sistemi preformati	30
9.1.2	Sistemi realizzati in situ	31
9.2	Rintracciabilità in cantiere	32
9.3	Installazione	32
ALLEGATI.....		34

1 SCOPO

Le vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni prescrivono, al § 11.1, che tutti i materiali e prodotti da costruzione, quando impiegati per uso strutturale, debbano essere identificabili, in possesso di specifica qualificazione all'uso previsto, e debbano altresì essere oggetto di controllo in fase di accettazione da parte del Direttore dei Lavori.

A tal fine le norme predette prevedono che i materiali e prodotti da costruzione per uso strutturale, quando non marcati CE ai sensi del Regolamento UE n.305/2011, sulla scorta di una norma armonizzata o di una Valutazione Tecnica Europea (ETA, articolo 26 del Regolamento UE n.305/2011), debbano essere in possesso di un Certificato di Valutazione Tecnica (nel seguito CVT) rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale (nel seguito STC), anche sulla base di Linee Guida approvate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, ove disponibili.

Fra i materiali attualmente non normati dalle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni, e privi di una norma europea di riferimento, vi sono i compositi fibrorinforzati in matrice polimerica (FRP – Fiber Reinforced Polymer) impiegati nell'ambito di interventi di consolidamento di costruzioni esistenti, e perciò comunemente noti anche come sistemi di rinforzo FRP.

La presente Linea Guida fornisce le procedure per l'identificazione, la qualificazione e l'accettazione dei sistemi di rinforzo FRP.

Ai fini della presente Linea Guida l'istanza per l'ottenimento del CVT deve essere presentata dal Fabbrikante, intendendo per Fabbrikante, ai sensi del Regolamento UE n.305/2011, *“qualsiasi persona fisica o giuridica che fabbrichi un prodotto da costruzione o che faccia progettare o fabbricare tale prodotto e lo commercializzi con il suo nome o con il suo marchio”*.

2 CAMPO DI APPLICAZIONE

I sistemi di rinforzo FRP, oggetto della presente Linea Guida, realizzati mediante l'impiego di fibre lunghe e continue di acciaio ad alta resistenza, arammide, basalto, carbonio, vetro, ed immerse in una matrice polimerica termoindurente, sono di due tipi:

- Sistemi preformati (precured systems), costituiti principalmente da elementi a forma di lastre sottili (lamine o nastri) preparati in stabilimento mediante pultrusione, o altri processi produttivi di comprovata validità tecnologica, e successivamente incollati in cantiere alla membratura da rinforzare con collanti forniti dallo stesso Fabbrikante, comunque consistenti in polimeri termoindurenti. Sono escluse le barre e gli elementi di altre sezioni, differenti da quella rettangolare sottile.
- Sistemi impregnati in situ (ad esempio wet lay-up systems), costituiti da fogli o tessuti di fibre uni o multi-direzionali, impregnati direttamente in cantiere con resina polimerica termoindurente, che può fungere anche da adesivo al substrato interessato dall'intervento di rinforzo. Le due fasi costituenti il sistema di rinforzo devono essere entrambe commercializzate dallo stesso Fabbrikante. In caso di ricorso ad altri materiali al fine di garantire la corretta adesione al supporto (ad esempio primer o rasatura) si precisa che gli stessi saranno costituiti in ogni caso da polimeri termoindurenti.

Sono escluse dalla presente Linea Guida le matrici polimeriche termoplastiche.

Per le caratteristiche tecniche dei materiali impiegati, filati, tessuti, resine, si può fare riferimento ai documenti di cui al capitolo 12 delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 e, in particolare, alle Linee Guida per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo di interventi di rinforzo di strutture di c.a., c.a.p. e murarie mediante FRP, approvate il 24/07/2009 dall'Assemblea Generale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e pubblicate a cura del STC, e successivi aggiornamenti.

3 RIFERIMENTI NORMATIVI

3.1 Sistemi di rinforzo preformati

Per la descrizione delle caratteristiche tecniche dei sistemi di rinforzo preformati e dei relativi metodi di prova, si deve far riferimento alle UNI-EN 13706-1-2-3, fatto salvo quanto appresso diversamente specificato.

3.2 Sistemi di rinforzo realizzati in situ

Le fibre dei tessuti e le resine utilizzate devono essere conformi alle seguenti norme tecniche:

- fibre: ISO 13002 e UNI EN 13002-2 (fibre di carbonio); UNI 8746 e UNI 9409 (fibre di vetro e di basalto); UNI EN 13003-1-2-3 (fibre di arammide); ISO 16120-1/4, EN 10244-2, ISO 17823:2009 (fibre di acciaio ad alta resistenza). Sono ammessi unicamente acciai ad alta resistenza.
- resine: ISO 178, ISO 527, ISO 11359; quelle utilizzate per solidarizzare i sistemi di rinforzo realizzati in situ alla struttura da consolidare devono essere conformi alla norma UNI EN 1504-4.

I tessuti in acciaio devono essere realizzati con acciai ad alta resistenza (UHTSS – Ultra High Tensile Strength Steel) ed essere soggetti a procedure di controllo della qualità, quali quelle indicate in precedenza, o ad altro protocollo. In tale ultimo caso, la norma di riferimento deve essere indicata dal richiedente all'atto della presentazione della domanda di qualificazione e preventivamente accettata dal STC. Inoltre i tessuti in acciaio devono essere protetti nei confronti dei fenomeni ossidativi tramite processo di galvanizzazione o altro procedimento la cui equivalenza prestazionale deve essere comprovata e accettata dal STC.

Il diametro nominale del micro-trefolo (diametro della sezione circolare di superficie equivalente) non può superare 1 mm. La spaziatura netta tra i trefoli deve essere non inferiore a 0,5 mm e non superiore a 6 mm. Per diametri nominali e spaziature diverse da quelle sopra riportate, il Fabbricante deve dimostrare, tramite opportune prove, che il sistema garantisca il trasferimento degli sforzi tra le fibre stesse e la matrice.

Per la determinazione del modulo elastico e della resistenza a trazione dei rinforzi FRP realizzati in situ si deve far riferimento al metodo indicato nella norma UNI EN 2561, estendendola anche ai tessuti pluriassiali.

4 SISTEMI DI RINFORZO PREFORMATI

4.1 Classificazione

Nell'ambito della presente Linea Guida i sistemi di rinforzo preformati sono classificati in base ai valori delle seguenti due caratteristiche meccaniche: modulo elastico e tensione di rottura.

Tali caratteristiche, valutate in regime di trazione uniassiale, devono essere riferite all'unità di superficie complessiva della sezione retta della lamina, ortogonalmente alla direzione delle fibre.

La successiva Tabella 1 riporta le classi di tali rinforzi contemplate dalla Linea Guida ed i corrispondenti valori delle suddette caratteristiche meccaniche, che il Fabbrikante deve determinare, come indicato al punto 4.2.1, al fine di inquadrare il prodotto nella specifica classe. Le classi E17 ed E23 sono riprese dalla UNI-EN 13706-3.

Prodotti della stessa classe che siano realizzati con fasi differenti (fibre e/o resina in termini di tipologia e caratteristiche), diversa percentuale in peso o in volume dei due componenti (fibre e resina) o diverso processo di produzione, richiedono processi di qualificazione separati.

I valori esposti sono nominali. La condizione che i valori del modulo elastico medio e della resistenza caratteristica a trazione di un sistema preformato, determinati come sopra indicato, siano maggiori o uguali a quelli nominali, ne legittima l'appartenenza alla corrispondente classe. Nel caso di un materiale che, nella fase di qualificazione, presenti valori del modulo elastico e della resistenza a trazione ricadenti in classi differenti, la denominazione è fatta con riferimento alla classe con caratteristiche inferiori.

Tabella 1 - Classi degli FRP preformati

Classe	Natura della fibra	Modulo elastico a trazione nella direzione delle fibre [GPa]	Resistenza a trazione nella direzione delle fibre [MPa]
E17/B17	Vetro/Basalto	17	170
E23/B23	Vetro/Basalto	23	240
G38/600 B38/600	Vetro/Basalto	38	600
G38/800 B38/800	Vetro/Basalto	38	800
G45/B45	Vetro/Basalto	45	1000
C120	Carbonio	120	1800
C150/1800	Carbonio	150	1800
C150/2300	Carbonio	150	2300
C190/1800	Carbonio	190	1800
C200/1800	Carbonio	200	1800
A55	Arammide	55	1200

I valori del modulo elastico e della resistenza a trazione devono risultare opportunamente stabili nei confronti del degrado indotto sul composito FRP da azioni ambientali, come di seguito descritto.

Le ulteriori caratteristiche tra quelle elencate nell'Annesso F della UNI EN 13706-2, come ad esempio la resistenza ai carichi di lunga durata, possono essere oggetto di qualificazione a mezzo di opportune prove su proposta del Fabbrikante e accettate dal STC.

4.2 Prove di qualificazione

Ai fini dell'avvio della procedura per il rilascio del CVT, dove il richiedente è nel seguito denominato Fabbrikante, sono richieste prove iniziali di tipo.

Le prove devono essere effettuate presso un laboratorio di cui all'art. 59 del DPR 380/2001, con comprovata esperienza e dotato di strumentazione adeguata per l'esecuzione di prove su FRP, nel seguito "Laboratorio incaricato".

Le prove devono essere condotte da personale qualificato, con comprovata esperienza nella caratterizzazione dei materiali compositi, e devono essere eseguite utilizzando attrezzature di prova idonee ed opportunamente tarate.

In relazione alle suddette prove, si ritiene opportuno precisare che la richiesta di prove al Laboratorio deve essere presentata direttamente dal Fabbrikante, escludendo che le stesse siano effettuate dall'eventuale produttore originario, quando questo sia diverso dal Fabbrikante; è altresì opportuno, infine, precisare che i campioni, da sottoporre a prova, devono essere realizzati dal Fabbrikante, in collaborazione con il Laboratorio incaricato, utilizzando materiali provenienti da lotti prodotti in proprio, se il Fabbrikante è anche Produttore, ovvero da lotti regolarmente acquistati, quando il Fabbrikante si serve di eventuali produttori esterni, come nel seguito specificato.

Le prove devono essere effettuate per tutti i diversi prodotti presenti in catalogo, intendendo, per "diversi prodotti", quelli che appartengano a classi diverse, oppure siano realizzati con un differente accoppiamento di fibre e resina (tipologia, caratteristiche, percentuali in peso o in volume), oppure siano prodotti con un diverso processo produttivo.

Il Fabbrikante deve tenere un apposito Registro delle prove, dove, per ogni prodotto, devono essere riportati, per le eventuali elaborazioni statistiche, i dati caratteristici relativi ai campioni esaminati, i valori medi, gli scarti quadratici ed ogni altra informazione significativa, sia relativamente alle prove iniziali di tipo sia ai futuri controlli di fabbricazione.

4.2.1 Prove di qualificazione di tipo meccanico

Per ogni prodotto da sottoporre a prova, il Laboratorio incaricato preleva, presso lo stabilimento del Fabbrikante, una serie di 15 campioni, ricavati da 3 diversi lotti (5 per ogni lotto), facendo riferimento a lotti prodotti in proprio, se il Fabbrikante è anche Produttore, ovvero regolarmente acquistati, se il Fabbrikante si serve di un Produttore esterno.

Si suggerisce che la larghezza dei campioni da sottoporre a prova sia compresa nell'intervallo 25-70 mm; la loro lunghezza può variare nell'intervallo 250-350 mm, al netto delle porzioni necessarie per gli afferraggi. Si suggerisce una velocità di prova – effettuata a controllo di spostamento - variabile nell'intervallo $0,5 \div 2,0$ mm/min.

Le prove devono essere eseguite in un ambiente caratterizzato da una temperatura di $20 \pm 5^\circ\text{C}$, e da una umidità relativa di 40-70 %.

Sui campioni sono determinati, a cura del Laboratorio incaricato, il valore medio del modulo elastico e quello caratteristico della tensione di rottura, entrambi nella direzione delle fibre. Il valore caratteristico è calcolato sottraendo al valore medio della tensione di rottura il doppio della deviazione standard. I suddetti valori devono risultare non inferiori ai corrispondenti valori nominali della classe di appartenenza, come specificato al §4.1.

Nel caso in cui il risultato della qualifica non consentisse l'assegnazione del prodotto alla classe richiesta dal Fabbrikante, si prelevano altri 5 campioni dallo stesso lotto di produzione che ha dato luogo al risultato negativo e il nuovo prelievo integra la campionatura ai fini statistici. In caso di perdurante risultato negativo, che deve essere comunicato dal Laboratorio incaricato al STC, il processo di qualificazione deve essere ripetuto.

4.2.2 Prove per l'accertamento della durabilità ambientale

4.2.2.1 Prove cicliche di gelo-disgelo

Con le stesse modalità di cui al punto 4.2.1, il Laboratorio incaricato preleva una coppia di campioni da ciascuno dei 3 diversi lotti di produzione di cui al punto precedente (totale 6 campioni).

Tutti i campioni devono essere relativi ad uno stesso prodotto preformato.

Uno dei campioni di ciascuna coppia è sottoposto a cicli di gelo-disgelo mediante la seguente procedura.

Esso è condizionato in una camera umida per una settimana, ad una umidità relativa non inferiore al 90% e ad una temperatura di $38 \pm 2^{\circ}\text{C}$; successivamente, è sottoposto a 20 cicli di gelo-disgelo. Ciascun ciclo consiste di almeno 4 ore a $-18 \pm 1^{\circ}\text{C}$, seguite da 12 ore in una camera umida (umidità relativa non inferiore al 90%, temperatura $38 \pm 2^{\circ}\text{C}$).

Alla fine dei 20 cicli di gelo-disgelo, il campione viene controllato visivamente per riscontrare eventuali alterazioni superficiali, come erosioni, desquamazioni, fessurazioni e screpolature.

Sia il campione assoggettato a cicli di gelo-disgelo, che quello non assoggettato sono quindi sottoposti a prova di trazione, determinando i valori medi del modulo elastico e della tensione di rottura.

La prova si ritiene superata se non viene rilevata alcuna alterazione superficiale (con ingrandimento 5x) ed inoltre i valori medi del modulo elastico e della tensione di rottura dei campioni assoggettati a cicli di gelo-disgelo risultano non inferiori all'85% dei corrispondenti valori medi dei campioni non condizionati.

Nel caso in cui il risultato della prova di qualificazione dovesse essere negativo, si prelevano altri 3 campioni da ciascuno dei lotti di produzione che ha dato eventualmente luogo al risultato negativo, da sottoporre a cicli di gelo e disgelo e successiva prova, e il nuovo prelievo integra la campionatura ai fini statistici. In caso di perdurante risultato negativo, che deve essere comunicato dal Laboratorio incaricato al STC, il processo di qualificazione deve essere ripetuto.

4.2.2.2 Prove di invecchiamento artificiale

Con le modalità già descritte al punto 4.2.2.1, il Laboratorio incaricato preleva ulteriori 9 coppie di campioni (3 coppie per ciascun lotto di produzione, totale 18 campioni); di questi, 3

campioni sono utilizzati per la prova di resistenza all'umidità, 3 campioni per la prova di resistenza agli ambienti salini e 3 campioni per la prova di resistenza agli ambienti alcalini.

I 9 campioni invecchiati artificialmente, come indicato in Tabella 2, sono controllati visivamente (con ingrandimento 5x) per riscontrare eventuali alterazioni superficiali, quali erosioni, desquamazioni, fessurazioni o screpolature.

Il Fabbricante può scegliere una durata dell'invecchiamento di 1000 ore oppure di 3000 ore.

Sia i campioni invecchiati artificialmente che quelli non invecchiati sono quindi sottoposti a prova di trazione nella direzione delle fibre.

La prova si ritiene superata se non viene rilevata alcuna alterazione superficiale ed inoltre i valori medi della tensione di rottura e del modulo elastico dei campioni assoggettati ad invecchiamento artificiale risultano non inferiori all'85% dei corrispondenti valori medi dei campioni non invecchiati, per il caso di durata dell'invecchiamento di 1000 ore, ovvero all'80% nel caso di durata dell'invecchiamento di 3000 ore.

Nel caso in cui il risultato della qualifica dovesse essere negativo, si prelevano altri 3 campioni da ciascuno dei lotti di produzione che ha dato eventualmente luogo al risultato negativo, da sottoporre a cicli di invecchiamento e successiva prova, e il nuovo prelievo integra la campionatura ai fini statistici. In caso di perdurante risultato negativo, che deve essere comunicato dal Laboratorio incaricato al STC, il processo di qualificazione deve essere ripetuto.

Tabella 2 – Invecchiamento artificiale

Tipo di prova	Norma di riferimento	Condizioni di prova	Durata della prova (ore)	Percentuale conservata (%)
Resistenza all'umidità	ASTM D 2247-11 ASTM E 104-02	Umidità relativa: non inferiore al 90%; Temperatura: 38 ± 2 °C	1000 (3000)	85 (80)
Resistenza agli ambienti salini	ASTM D 1141-98 ASTM C 581-03	Immersione a 23 ± 2 °C		
Resistenza agli ambienti alcalini	ASTM D7705/D7705M	Immersione in soluzione con pH = 9,5; Temperatura: 23 ± 2 °C		

4.2.3 Prove per la determinazione della temperatura di transizione vetrosa

Il Fabbricante deve eseguire, presso il Laboratorio incaricato, su almeno tre diversi campioni, idonee prove finalizzate alla determinazione della Temperatura di transizione vetrosa (nel seguito Tg) di tutte le resine polimeriche utilizzate come impregnante nei compositi. Le medesime prove dovranno essere eseguite anche su eventuali resine utilizzate come promotore di adesione (primer) o rasatura (putty), qualora il sistema ne preveda l'impiego.

Il metodo di prova da utilizzarsi è quello denominato DSC (Differential Scanning Calorimetry) di cui alla ISO 11537-2:2013.

La prova deve essere eseguita su provini di sola resina e non sul composito; il provino da sottoporre alla prova DSC deve essere allo stato solido.

La preparazione dei provini e le successive prove devono essere condotte secondo la procedura seguente:

1. si realizza un campione colando la resina – entro 5 minuti dalla miscelazione con l'agente reticolante ed ogni altro componente utilizzato dal sistema - in un contenitore cilindrico di diametro 80 ± 20 mm fino ad un'altezza pari ad 8 ± 2 mm;

2. il campione così ottenuto, ancora dentro il contenitore, viene sottoposto ad un primo ciclo di condizionamento, della durata di 48 ore in condizioni atmosferiche standard (23 ± 2 °C e $50 \pm 5\%$ UR);

3. dal contenitore si preleva un provino cilindrico di idonee dimensioni, per asportazione meccanica in prossimità del centro della superficie libera, quella cioè non a contatto con le pareti del contenitore;

4. sul provino così ottenuto, viene effettuato un primo ciclo di riscaldamento utilizzando una velocità di riscaldamento pari a $10^\circ\text{C}/\text{min}$ e applicando preferibilmente il metodo delle aree equivalenti in accordo con la ISO/DIS 11357-2:2019(E), come illustrato in Figura 1. Si determina così un primo valore della Temperatura di transizione vetrosa T_g di 1° ciclo;

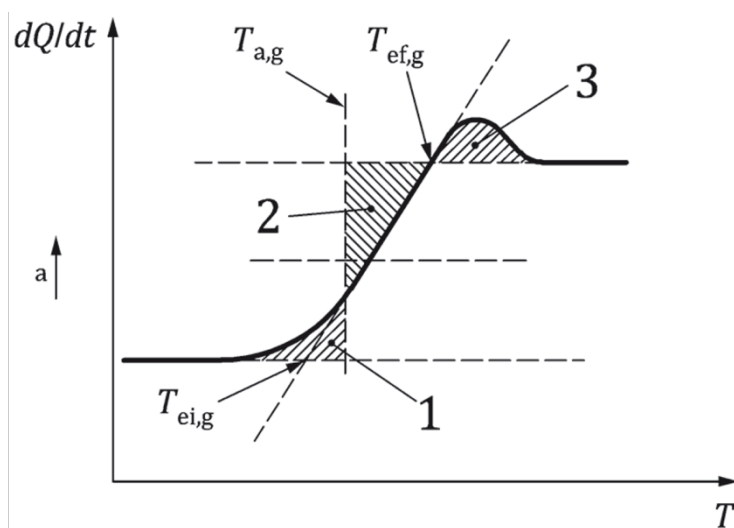


Figura 1: la T_g viene determinata tracciando una linea verticale ($T_{a,g}$) tale per cui le aree comprese tra il termogramma DSC e le linee di base sopra e sotto il termogramma stesso – identificate rispettivamente da $T_{ef,g}$ e $T_{ei,g}$ – siano tra loro uguali (cioè Area 1+Area 3 = Area 2).

5. il medesimo provino viene quindi sottoposto ad un secondo ciclo di condizionamento - di durata pari a 24 ore – alla temperatura di 45 ± 2 °C;

6. dopo il secondo ciclo di condizionamento, sul provino viene effettuato un secondo ciclo di riscaldamento utilizzando sempre una velocità di riscaldamento pari a $10^\circ\text{C}/\text{min}$ e applicando preferibilmente il metodo delle aree equivalenti in accordo con la ISO/DIS 11357-2:2019(E), come illustrato in Figura 1, determinando così un secondo valore della Temperatura di transizione vetrosa T_g di 2° ciclo o “di riferimento”.

La procedura di cui sopra dovrà essere ripetuta su almeno tre diversi campioni.

Il certificato di prova dovrà citare in modo esplicito il rispetto della procedura sopra indicata.

Nella Scheda tecnica, relativamente a ciascuna resina utilizzata nel sistema (impregnante, promotore di adesione, rasatura, ecc.) andranno indicati i due valori di T_g , quello ottenuto dai campioni sottoposti al primo ciclo di riscaldamento e quello “di riferimento” ottenuto dal secondo ciclo di riscaldamento, come meglio specificato sopra.

Il valore da assumersi ai fini della determinazione della temperatura di esercizio (T_e) di cui al successivo paragrafo, di una determinata resina, sarà il minore fra quelli “di riferimento” rilevati sui tre provini.

4.2.4 Caratteristiche del prodotto nei confronti delle sollecitazioni termiche ed eventuali prove di comportamento al fuoco

Le caratteristiche prestazionali dei sistemi di rinforzo preformati FRP e, in particolare, quelle meccaniche, sono significativamente condizionate dalle sollecitazioni termiche. Tale fatto deve essere tenuto in debito conto dal Progettista, anche in relazione all'esposizione dei rinforzi all'irraggiamento solare, e deve essere chiaramente evidenziato dal Fabbrikante nella documentazione illustrativa dei prodotti ed in quella di accompagnamento degli stessi.

Il Fabbrikante è altresì tenuto ad indicare, nella Scheda tecnica, le temperature di esercizio T_e , vale a dire l'intervallo di temperature all'interno del quale sono garantite le caratteristiche prestazionali del prodotto.

A tal fine, premesso che le resine da utilizzarsi per l'adesione al supporto devono essere marcate CE ai sensi della UNI EN 1504-4 e devono avere quindi una $T_g > 40\text{ °C}$, il valore superiore della temperatura di esercizio T_e può essere individuato sottraendo 15 °C alla T_g determinata al secondo ciclo come indicato al punto 4.2.3.

Il valore minimo della temperatura massima di utilizzo che deve essere garantito è comunque dato dal massimo valore della temperatura esterna, intesa come azione sulle costruzioni, prevista al punto 3.5.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018, e pari quindi a 42 °C ; ne consegue un valore minimo della T_g pari a 57 °C . Tale temperatura potrà essere inferiore in previsione di esclusivo impiego del sistema di rinforzo in casi particolari (ad esempio applicazioni in ambienti interni o impiego di adeguati sistemi di protezione), e l'informazione sarà esplicitamente riportata nel CVT.

Il Fabbrikante deve qualificare il sistema di rinforzo in relazione alla reazione al fuoco secondo la UNI EN 13501-1.

Per quanto attiene la resistenza al fuoco del sistema di rinforzo, il Fabbrikante non è tenuto ad eseguire specifiche prove di qualificazione.

Qualora il Fabbrikante intenda qualificare il sistema di rinforzo anche in relazione al comportamento al fuoco, il Servizio Tecnico Centrale effettuerà l'istruttoria di concerto, per la valutazione di tale specifico aspetto, con la Direzione Centrale per la prevenzione e sicurezza tecnica del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco.

4.2.5 Tabella di sintesi delle prove iniziali di tipo

La tabella di seguito riportata (Tabella 3) sintetizza il numero dei campioni da utilizzare e le prove da effettuare ai fini della qualificazione dei sistemi di rinforzo preformati ed il numero di lotti di produzione interessati, per ciascun prodotto da sottoporre a prova.

Tabella 3- Sintesi delle prove

Prodotto	Tipo di prova	Parametro determinato	Numero di campioni	Numero di lotti di produzione interessati
Resina	Temperatura di transizione vetrosa	Tg	3 (+3 per ogni ulteriore resina)	3
Preformato	Resistenza meccanica	Modulo elastico e tensione di rottura	15 (5 per ogni lotto)	3
	Resistenza a cicli di gelo-disgelo	Alterazioni superficiali, modulo elastico e tensione di rottura	3 sottoposti a prova + 3 di controllo	3
	Resistenza all'umidità		3 sottoposti a prova + 3 di controllo	3
	Resistenza agli ambienti salini		3 sottoposti a prova + 3 di controllo	3
	Resistenza agli ambienti alcalini		3 sottoposti a prova + 3 di controllo	3

4.2.6 Scheda tecnica di prodotto

Al completamento delle prove iniziali di tipo il Fabbrikante deve predisporre apposite schede tecniche relative a tutti i prodotti che si intende commercializzare.

Negli Allegati (Allegato A) è riportata la struttura di una scheda tecnica tipo contenente le informazioni da fornire.

Eventuali altre informazioni esplicative di ulteriori caratteristiche prestazionali possono essere contenute nella documentazione commerciale, ma non nella Scheda tecnica riportata nel CVT.

5 SISTEMI DI RINFORZO REALIZZATI IN SITU

5.1 Classificazione

Nell'ambito della presente Linea Guida i sistemi di rinforzo realizzati in situ sono classificati in base ai valori del modulo elastico e della tensione di rottura.

Nel caso delle fibre di acciaio si deve intendere come tensione di rottura la tensione di snervamento (tensione al limite elastico), poiché il legame costitutivo post-elastico deve essere escluso dalle prestazioni negli interventi di rinforzo.

Nel caso di fibre in acciaio ad alta resistenza, la tensione di snervamento caratteristica è definita come la tensione caratteristica che corrisponde ad una deformazione residua allo scarico dello 0,1% determinata sul diagramma tensioni-deformazioni.

Le suddette caratteristiche meccaniche devono essere riferite all'area delle sole fibre secche all'interno della sezione retta del rinforzo, al netto, cioè, della resina di impregnatura.

I sistemi di rinforzo realizzati in situ sono riconducibili alle classi specificate nella successiva Tabella 4 nella quale sono riportati i relativi valori nominali del modulo elastico e della tensione di rottura a trazione, nella direzione delle fibre, calcolati come indicato al successivo punto 5.2.1.

I valori esposti sono nominali: la condizione che i valori del modulo elastico medio e della resistenza caratteristica a trazione di un sistema di rinforzo realizzato in situ, determinati come sopra indicato, siano maggiori o uguali a quelli nominali, ne legittima l'appartenenza alla corrispondente classe.

Nel caso di un materiale che, nella fase di qualificazione, presenti valori del modulo elastico e della resistenza a trazione ricadenti in classi differenti, la denominazione è fatta con riferimento alla classe con caratteristiche nominali inferiori.

Per tessuti pluriassiali, con fibre disposte in più direzioni, i valori della Tabella 4 si intendono riferiti alla direzione di prevalente interesse, che andrà chiaramente specificata.

I valori del modulo elastico e della resistenza a trazione che caratterizzano il materiale devono risultare stabili nei confronti del degrado indotto da azioni ambientali, come di seguito specificato.

Le ulteriori caratteristiche tra quelle elencate nell'Annesso F della UNI EN 13706-2, come ad esempio la resistenza ai carichi di lunga durata, possono essere oggetto di qualificazione, a mezzo di opportune prove, proposte dal Fabbrikante e accettate dal STC.

Tabella 4 – Classi dei rinforzi FRP realizzati in situ

Classe	Natura della fibra	Modulo elastico a trazione nella direzione delle fibre [GPa]	Resistenza a trazione nella direzione delle fibre [MPa]
60G/60B	Vetro/Basalto	60	1300
210C	Carbonio	210	2700
350/1750C	Carbonio	350	1750
350/2800C	Carbonio	350	2800
500C	Carbonio	500	2000
100A	Arammide	100	2200

180S	Acciaio ad alta resistenza	180	2200 (1)
190S	Acciaio ad alta resistenza	190	2200 (1)

(1) Nel caso dell'acciaio la resistenza a trazione corrisponde alla tensione di snervamento, come sopra definita.

5.2 Prove di qualificazione per i sistemi di rinforzo realizzati in situ

Ai fini dell'avvio della procedura per il rilascio del CVT sono richieste prove iniziali di tipo.

Le prove devono essere effettuate presso un laboratorio di cui all'art. 59 del DPR 380/2001, con comprovata esperienza e dotato di strumentazione adeguata per prove su FRP, di seguito "Laboratorio incaricato".

Le prove devono essere condotte da personale qualificato, con comprovata esperienza nella caratterizzazione dei materiali compositi, e devono essere eseguite utilizzando attrezzature di prova idonee ed opportunamente tarate.

In relazione alle suddette prove, si ritiene opportuno precisare che la richiesta di prove al Laboratorio deve essere presentata direttamente dal Fabbrikante, escludendo che le stesse siano effettuate dall'eventuale produttore originario, quando questo sia diverso dal Fabbrikante.

Le prove devono essere effettuate per tutti i diversi prodotti presenti in catalogo, intendendo, per "diversi prodotti", quelli che appartengano a classi diverse, oppure siano realizzati con un differente accoppiamento di fibre e resina (in termini di tipologia e caratteristiche), oppure siano prodotti con un diverso processo produttivo.

Il Fabbrikante deve tenere un apposito Registro delle prove, dove, per ogni prodotto, devono essere riportati, per le eventuali elaborazioni statistiche, i dati caratteristici relativi ai campioni esaminati, i valori medi, gli scarti quadratici e ogni altra informazione significativa, sia relativamente alle prove iniziali di tipo che ai futuri controlli di fabbricazione.

5.2.1 Prove di qualificazione di tipo meccanico

Ai fini delle prove di qualificazione di tipo meccanico, il Fabbrikante deve predisporre 9 campioni ricavati da 3 diversi lotti (3 campioni per ciascun lotto), da sottoporre a prova di trazione monoassiale; i campioni devono essere preparati in collaborazione con il Laboratorio incaricato, secondo tecniche analoghe a quelle usualmente impiegate in cantiere, utilizzando materiali provenienti da lotti prodotti in proprio ovvero da lotti regolarmente acquistati, quando il Fabbrikante si serve di eventuali produttori esterni. I seguenti campioni, definiti di Gruppo A, sono ricavati, per ciascuno dei tre lotti, da un sistema realizzato con tre strati sovrapposti di tessuto, le cui dimensioni in pianta siano sufficientemente grandi da consentire la realizzazione di almeno 3 provini, per un totale di 9 provini.

Le predette prove di Gruppo A sono sufficienti, come prove di tipo meccanico, a qualificare sistemi di rinforzo realizzati in situ, caratterizzati da un numero massimo di strati non superiore a tre (le medesime prove, effettuate su campioni a tre strati, caratterizzano anche il sistema per impieghi a uno o due strati).

Qualora il sistema preveda un numero di strati superiore a tre (al riguardo si sconsiglia di utilizzare sistemi con un numero di strati superiore a sei), ferme restando le prove di cui al Gruppo A, è necessario effettuare prove di tipo meccanico su un secondo Gruppo B composto da 9 campioni ricavati da 3 sistemi realizzati con il massimo numero di strati dichiarato dal Fabbrikante

nella propria offerta commerciale nonché nell'istanza di CVT. I sistemi sono ricavati da 3 diversi lotti (3 campioni per ciascun lotto).

Si suggerisce che la larghezza dei campioni da sottoporre a prova sia compresa nell'intervallo 25-70 mm; la loro lunghezza può variare nell'intervallo 100-350 mm, al netto delle porzioni necessarie per gli afferraggi. Si suggerisce una velocità di prova – effettuata a controllo di spostamento - variabile nell'intervallo $0,5 \pm 2,0$ mm/min.

Le prove devono essere eseguite in un ambiente caratterizzato da una temperatura di $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$, e da una umidità relativa di 40-70 %.

Sui campioni sono determinati, a cura del Laboratorio incaricato, il valore medio del modulo elastico e quello caratteristico della tensione di rottura, entrambi nella direzione delle fibre. Il valore caratteristico è calcolato sottraendo al valor medio della tensione di rottura il doppio della deviazione standard. I suddetti valori devono risultare non inferiori ai corrispondenti valori nominali della classe di appartenenza, come specificato al §5.1.

Nel caso in cui il risultato della qualifica dovesse essere negativo, si prelevano altri 3 campioni dallo stesso sistema che ha dato luogo al risultato negativo e il nuovo prelievo integra la campionatura ai fini statistici. Se non è rimasta una superficie di lastra sufficiente alla realizzazione dei nuovi campioni viene realizzato un altro sistema con le stesse tecniche e materiali di quello già sottoposto a prova. In caso di perdurante risultato negativo, che deve essere comunicato dal Laboratorio incaricato al STC, il processo di qualificazione deve essere ripetuto.

5.2.2 Prove di accertamento della durabilità ambientale

Le prove per l'accertamento della durabilità ambientale devono essere eseguite su campioni ricavati con le stesse modalità di cui al punto 5.2.1 Gruppo A (sistemi realizzati con tre strati di tessuto). Il Fabbrikante deve realizzare i suddetti sistemi con dimensioni tali da poter estrarne da essi i campioni richiesti per eseguire le prove di accertamento della durabilità ambientale, di seguito descritte e sintetizzate nella Tabella 6. Le dimensioni dei suddetti sistemi devono essere sufficientemente grandi da consentire l'ulteriore realizzazione di quattro coppie di provini da ciascuno di essi.

5.2.2.1 Prove cicliche di gelo-disgelo

Con le stesse modalità di cui al punto 5.2.1, il Laboratorio incaricato preleva, da ciascun sistema, ulteriori 3 coppie di campioni (totale 6 campioni).

Un campione di ciascuna coppia è sottoposto a cicli di gelo-disgelo mediante la seguente procedura.

Esso è condizionato in una camera umida per una settimana, ad una umidità relativa non inferiore al 90% e ad una temperatura di $38 \pm 2^{\circ}\text{C}$; successivamente, è sottoposto a 20 cicli di gelo-disgelo. Ciascun ciclo consiste di almeno 4 ore a $-18 \pm 1^{\circ}\text{C}$, seguite da 12 ore in una camera umida (umidità relativa non inferiore al 90%, temperatura $38 \pm 2^{\circ}\text{C}$).

Alla fine dei 20 cicli di gelo-disgelo, il campione viene controllato visivamente per riscontrare eventuali alterazioni superficiali, come erosioni, desquamazioni, fessurazioni e screpolature.

Sia il campione assoggettato a cicli di gelo-disgelo, che quello non assoggettato sono quindi sottoposti a prova di trazione.

La prova si ritiene superata se non viene rilevata alcuna alterazione superficiale (con ingrandimento 5x) ed inoltre i valori medi della tensione di rottura e del modulo elastico dei campioni assoggettati a cicli di gelo-disgelo non risultano inferiori all'85% dei corrispondenti valori medi dei campioni non condizionati.

Nel caso in cui il risultato della prova di qualificazione dovesse essere negativo, si prelevano altri 3 campioni dallo stesso lotto di produzione che ha dato luogo al risultato negativo e il nuovo prelievo integra la campionatura ai fini statistici. In caso di perdurante risultato negativo, che deve essere comunicato dal Laboratorio incaricato al STC, il processo di qualificazione deve essere ripetuto.

5.2.2.2 Prove di invecchiamento artificiale

Con le modalità già descritte al punto 5.2.1, il Laboratorio incaricato preleva ulteriori 9 coppie di campioni (totale 18 campioni) ricavate da 3 diversi lotti (3 coppie per ciascun lotto); di questi, 3 campioni sono utilizzati per la prova di resistenza all'umidità, 3 campioni per la prova di resistenza agli ambienti salini e 3 campioni per la prova di resistenza agli ambienti alcalini.

I campioni invecchiati artificialmente, come indicato in Tabella 5, sono controllati visivamente (con ingrandimento 5x) per riscontrare eventuali alterazioni superficiali, quali erosioni, desquamazioni, fessurazioni o screpolature.

Il Fabbricante può scegliere la durata dell'invecchiamento.

Sia i campioni invecchiati artificialmente che quelli non invecchiati sono quindi sottoposti a prova di trazione nella direzione delle fibre.

La prova si ritiene superata se non viene rilevata alcuna alterazione superficiale ed inoltre i valori medi della tensione di rottura e del modulo elastico dei campioni assoggettati ad invecchiamento artificiale non risultano inferiori all'85% dei corrispondenti valori medi dei campioni non invecchiati, per il caso di durata dell'invecchiamento di 1000 ore, ovvero all'80% nel caso di durata dell'invecchiamento di 3000 ore.

Nel caso in cui il risultato della qualifica dovesse essere negativo, si prelevano altri 3 campioni dallo stesso lotto di produzione che ha dato luogo al risultato negativo e il nuovo prelievo integra la campionatura ai fini statistici. In caso di perdurante risultato negativo, che deve essere comunicato dal Laboratorio incaricato al STC, il processo di qualificazione deve essere ripetuto.

Tabella 5 – Invecchiamento artificiale.

Tipo di prova	Norma di riferimento	Condizioni di prova	Durata della prova (ore)	Percentuale conservata (%)
Resistenza all'umidità	ASTM D 2247-11 ASTM E 104-02	Umidità relativa: non inferiore al 90%) Temperatura: 38 ± 2 °C	1000 oppure 3000	85 oppure 80
Resistenza agli ambienti salini	ASTM D 1141-98 ASTM C 581-03	Immersione a 23 ± 2 °C		
Resistenza agli ambienti alcalini	ASTM D7705/D7705M	Immersione in soluzione con pH = 9,5; Temperatura: 23 ± 2 °C		

5.2.3 Prove di trazione in presenza di sovrapposizione dei tessuti

La lunghezza di sovrapposizione fra due tessuti deve essere indicata nel Manuale di installazione. Essa è di norma fissata pari a 300 mm, laddove non vengano condotte specifiche prove. Per poter realizzare una ridotta lunghezza di sovrapposizione, nell'ambito della procedura di qualificazione, occorre effettuare ulteriori 9 prove di trazione su campioni realizzati con un unico strato di rinforzo nel quale sia presente una sovrapposizione del tessuto di lunghezza pari a quella per la quale il Fabbrikante intende qualificare il sistema.

I provini devono avere le stesse dimensioni di quelli confezionati per le altre prove di trazione, ad eccezione della lunghezza, che deve essere maggiorata della lunghezza di sovrapposizione.

L'esito della prova di qualificazione per la lunghezza di sovrapposizione risulta positivo se il valore caratteristico della tensione di rottura, determinato dalla prova di trazione in presenza di sovrapposizione dei tessuti calcolato come sopra indicato, non è inferiore al valore della tensione massima caratteristica ricavata dalla prova di trazione. Il valore caratteristico è calcolato sottraendo al valore medio il doppio della deviazione standard.

Le prove devono essere eseguite in un ambiente caratterizzato da una temperatura di $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$, e da una umidità relativa di 40-70 %.

5.2.4 Ulteriori prove su tessuto piegato

Nel caso in cui sia previsto l'utilizzo del tessuto in una configurazione con una o più piegature permanenti (come nel caso di alcuni tipi di tessuti con fibre di acciaio), tali da modificare la forma del rinforzo, devono essere condotte prove che attestino che la piegatura non riduca significativamente le proprietà meccaniche del tessuto, incluso il caso di condizioni ambientali potenzialmente aggressive.

A tale scopo, per ciascun tipo di tessuto (non impregnato) si definisce un ulteriore gruppo di campioni, Gruppo C, così ottenuti:

- 3 campioni ottenuti da tessuto non piegato;
- 3 campioni ottenuti da tessuto piegato;
- 3 campioni ottenuti da tessuto piegato e soggetto ad invecchiamento in ambiente salino (secondo le modalità già indicate nel paragrafo 5.2.2 e con durata dell'invecchiamento pari a 3000 ore).

I tessuti devono essere piegati nella configurazione illustrata in Figura 2, e sui campioni come sopra realizzati devono essere eseguite le prove di trazione di cui al punto 5.2.1.

La prova si ritiene superata se:

- il valore medio della tensione di rottura dei campioni piegati e non condizionati risulta non inferiore all'90% del valore medio della tensione di rottura dei campioni non piegati;
- il valore medio della tensione di rottura dei campioni piegati e condizionati (soggetti ad invecchiamento) risulta non inferiore al 80% del valore medio della tensione di rottura dei campioni piegati non condizionati.

Se i requisiti sono soddisfatti, l'effetto della piegatura è considerata ininfluente nei riguardi della resistenza, altrimenti sarà indicata sul CVT una riduzione della resistenza utilizzabile nel progetto nel caso in cui sia prevista una piegatura del tessuto.

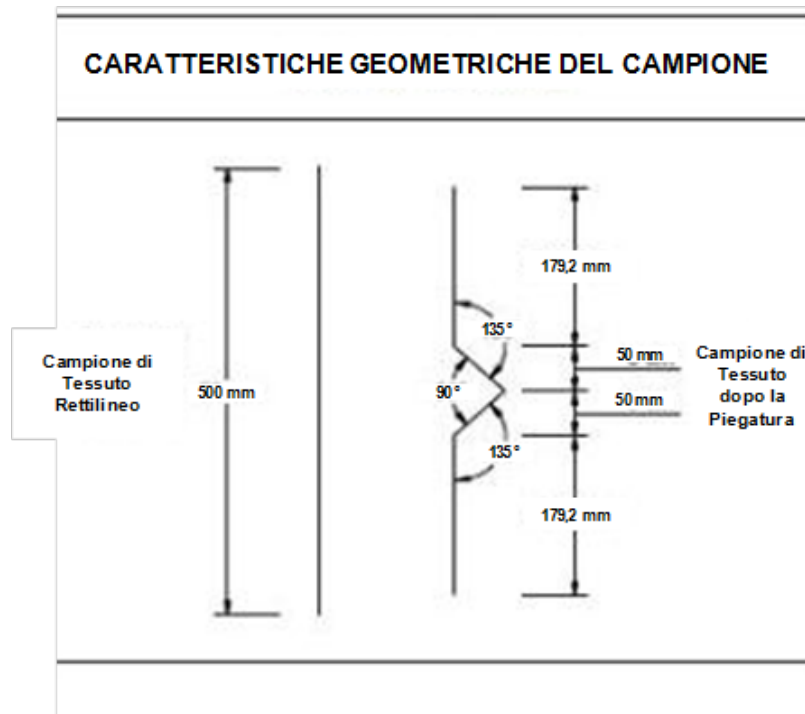


Figura 2 – Configurazione della piegatura

5.2.5 Prove per la determinazione della temperatura di transizione vetrosa

Le prove per la determinazione della temperatura di transizione vetrosa devono essere condotte con le medesime modalità indicate al § 4.2.3.

5.2.6 Caratteristiche del prodotto nei confronti delle sollecitazioni termiche ed eventuali prove di comportamento al fuoco

In relazione alle caratteristiche prestazionali dei sistemi di rinforzo realizzati in situ, valgono le medesime considerazioni di cui al § 4.2.4.

5.2.7 Tabella di sintesi delle prove iniziali di tipo

La tabella di seguito riportata (Tabella 6) sintetizza il numero dei campioni da utilizzare e le prove da effettuare ai fini della qualificazione dei sistemi di rinforzo realizzati in situ, per ciascun prodotto da sottoporre a prova.

Tabella 6- Sintesi delle prove

Prodotto	Tipo di prova	Parametro determinato	Numero di campioni	Numero di campioni per gruppo	Numero di lotti di produzione interessati
Resina	Temperatura di transizione vetrosa	Tg	3 (+3 per ogni ulteriore resina)	3	3
Impregnato Gruppo (A)	Resistenza meccanica	Modulo elastico e tensione di rottura	9	42	3
	Prove di trazione in presenza di sovrapposizione di tessuti (opzionale)	Modulo elastico e tensione di rottura	9		1
	Resistenza a cicli di gelo-disgelo	Alterazioni superficiali, modulo elastico e tensione di rottura	3 sottoposti a prova + 3 di controllo		3
	Resistenza all'umidità		3 sottoposti a prova + 3 di controllo		3
	Resistenza agli ambienti salini		3 sottoposti a prova + 3 di controllo		3
	Resistenza agli ambienti alcalini		3 sottoposti a prova + 3 di controllo		3
Impregnato Gruppo (B)	Resistenza meccanica	Modulo elastico e tensione di rottura	9	9	3

Nel caso in cui sia previsto l'utilizzo del tessuto in una configurazione con una o più piegature permanenti (come nel caso di alcuni tipi di tessuti con fibre di acciaio), la tabella di sintesi deve essere integrata con le seguenti prove:

Tabella 7- Sintesi delle prove aggiuntive

Prodotto	Tipo di prova	Parametro determinato	Numero di campioni	Numero di campioni per gruppo	Numero di lotti di produzione interessati
Impregnato Gruppo (C)	Resistenza meccanica	Modulo elastico e tensione di rottura	3	9	1
	Prove di trazione con tessuto piegato	Modulo elastico e tensione di rottura	3		1
	Resistenza agli ambienti salini con tessuto piegato (3000 ore)	Alterazioni superficiali, modulo elastico e tensione di rottura	3		1

5.2.8 Scheda tecnica di prodotto

Al completamento delle prove iniziali di tipo il Fabbrikante deve predisporre apposite schede tecniche relative a tutti i prodotti che si intende commercializzare.

Negli Allegati (Allegato B) è riportata la struttura di una scheda tecnica tipo contenente le informazioni da fornire.

Eventuali altre informazioni esplicative di ulteriori caratteristiche prestazionali possono essere contenute nella documentazione commerciale, ma non nella Scheda tecnica riportata nel CVT.

6 QUALIFICAZIONE DEL FABBRICANTE

I sistemi di rinforzo FRP - e quindi i relativi prodotti costituenti - devono essere prodotti con un sistema permanente di controllo interno della produzione in stabilimento e di gestione della qualità. Tale sistema permanente di controllo interno deve assicurare il mantenimento del livello di affidabilità nella conformità del prodotto finito e del sistema di rinforzo nel suo complesso, nonché l'affidabilità delle relative prestazioni, indipendentemente dal lotto di produzione.

Nel caso in cui i componenti dei sistemi di rinforzo, acquistati presso Produttori qualificati, siano successivamente immessi sul mercato, con un proprio marchio o logo, da Fabbricanti che non effettuino su di essi alcuna altra trasformazione, ai fini della qualificazione devono essere soddisfatte le prescrizioni di seguito riportate.

I Fabbricanti suddetti devono dotarsi di un sistema di gestione della qualità coerente con la norma UNI EN 9001 e certificato da un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza e organizzazione, che operi nel rispetto della norma UNI EN 17021.

I Fabbricanti di cui al presente punto sono tenuti a dichiarare al STC la loro attività, assumendosi l'impegno a commercializzare esclusivamente sistemi di rinforzo qualificati all'origine, sui quali non opereranno alcuna trasformazione, ed indicando un proprio logo o marchio che li identifichi in modo inequivocabile.

7 SISTEMA DI GESTIONE DELLA QUALITA'

Tutti i sistemi di rinforzo oggetto della presente Linea Guida, devono essere prodotti in uno stabilimento dotato di un sistema permanente di controllo interno della qualità, predisposto in accordo con la norma UNI EN 9001 e attestato da un Organismo di certificazione, di adeguata competenza e organizzazione, che operi nel rispetto della norma UNI EN 17021.

Il sistema di gestione della qualità deve prevedere specifici controlli in ordine ai seguenti aspetti:

- pianificazione delle attività di gestione del sistema stesso;
- controllo della progettazione;
- qualifica dei fornitori;
- controllo della documentazione di sistema e delle registrazioni;
- controllo degli strumenti di misurazione e verifica;
- controllo dei prodotti/servizi;
- attività di monitoraggio di tutti i processi individuati all'interno dell'azienda;
- gestione di un sistema di indicatori per la valutazione dei processi;
- rapporti e riesami periodici della direzione;
- monitoraggio della soddisfazione del cliente e gestione dei reclami;
- gestione dei resi.

7.1 Sistema di controllo della produzione in stabilimento

Il sistema aziendale di controllo della produzione di sistemi di rinforzo FRP deve prevedere almeno:

- controlli sui materiali base quali fibre, tessuti, resine ed eventuali additivi, le cui caratteristiche devono essere dichiarate dal Fabbrikante stesso se prodotti in proprio, ovvero dai relativi Produttori se esterni;
- l'utilizzo da parte del Fabbrikante di un efficace sistema di identificazione dei prodotti;
- un sistema di verifiche periodiche della qualità (FPC Factory Production Control), che deve includere la valutazione su base statistica delle proprietà geometriche, fisiche, meccaniche dei prodotti finiti, al fine di assicurare un livello adeguato e costante delle suddette caratteristiche. Il campionamento e la sperimentazione dei prodotti devono essere eseguiti regolarmente, con la cadenza stabilita nei piani di controllo interni, e comunque per le quantità minime indicate nel seguito al punto 7.1.3. Le verifiche possono essere effettuate in laboratori interni, previo benestare del STC, o presso qualificati laboratori esterni;
- controllo degli eventuali prodotti provenienti dall'estero.

7.1.1 Controlli sui materiali base

Per ciascun materiale base e per ciascun lotto di produzione, ovvero per ciascuna fornitura se proveniente da Produttore esterno, il Fabbrikante deve procedere a controlli periodici, chiaramente indicati, nella qualità e quantità, all'interno del sistema di controllo adottato dallo stabilimento di

produzione, al fine di garantire che i materiali all'atto dell'utilizzo abbiano le caratteristiche dichiarate.

I controlli periodici sui materiali base e sui prodotti devono essere oggetto di registrazione nel sistema di controllo di produzione aziendale

7.1.2 Identificazione e rintracciabilità dei prodotti qualificati

Ciascun prodotto qualificato deve costantemente essere riconoscibile per quanto concerne le caratteristiche qualitative e riconducibile allo stabilimento di produzione attraverso la marchiatura depositata presso il STC, dalla quale risulti, in modo inequivocabile, il riferimento al Fabbricante, allo stabilimento di produzione ed agli eventuali fornitori esterni di componenti.

Nel CVT potranno essere indicati esplicitamente i dati ed i riferimenti dei fornitori dei singoli componenti dei sistemi.

I produttori dei componenti dei sistemi dovranno marciare i propri prodotti in modo univoco e indelebile, ai fini del riconoscimento e della tracciabilità dei materiali; le modalità di marchiatura saranno depositate presso il STC, insieme alla documentazione prevista al punto 8.1, nella fase di qualificazione.

Ogni prodotto deve essere marchiato con identificativi diversi da quelli di prodotti aventi differenti caratteristiche, ma fabbricati nello stesso stabilimento e con identificativi differenti da quelli di prodotti con uguali caratteristiche, ma fabbricati in altri stabilimenti, siano essi o meno dello stesso Fabbricante. La marchiatura, ove possibile, deve essere inalterabile nel tempo e senza possibilità di manomissione.

Per stabilimento si intende un'unità produttiva a sé stante, con impianti propri e magazzini per il prodotto finito. Nel caso di unità produttive multiple appartenenti allo stesso Fabbricante, la qualificazione deve essere ripetuta per ognuna di esse e per ogni tipo di prodotto in esse fabbricato e presente in catalogo.

In relazione all'uso del prodotto, il Fabbricante è tenuto a marciare ogni singola confezione, affinché il prodotto sia riconducibile al Fabbricante, al relativo nome commerciale, nonché al numero del lotto di produzione.

Il Fabbricante deve rispettare le modalità di marchiatura dichiarate nella documentazione presentata al STC e deve comunicare tempestivamente eventuali modifiche apportate.

La mancata marchiatura, la non corrispondenza a quanto depositato o la sua illeggibilità, anche parziale, rendono il prodotto non impiegabile.

Qualora, sia presso gli utilizzatori, sia presso eventuali distributori intermedi, per motivazioni diverse, l'unità marchiata perda, in parte o totalmente, l'originale marchiatura, è responsabilità sia degli utilizzatori, sia dei distributori, documentarne la provenienza mediante i documenti di accompagnamento e gli estremi del deposito del marchio presso il STC. In tal caso, i campioni destinati al Laboratorio incaricato delle prove di cantiere devono essere accompagnati dalla sopraindicata documentazione e da una dichiarazione di provenienza rilasciata dal Direttore dei Lavori, quale risulta dai documenti di accompagnamento del materiale.

I Fabbricanti e gli eventuali distributori devono assicurare una corretta archiviazione della documentazione di accompagnamento dei materiali, garantendone la disponibilità per almeno dieci anni. Ai fini della rintracciabilità dei prodotti, l'Appaltatore deve inoltre assicurare la conservazione

della medesima documentazione, unitamente a marchiature o etichette di riconoscimento ed alle eventuali annotazioni trasmesse dal Direttore dei Lavori, fino al completamento delle operazioni di collaudo statico.

Tutti i certificati relativi alle prove eseguite, sia in stabilimento che in cantiere, devono riportare l'indicazione del marchio identificativo, rilevato quando possibile a cura del Laboratorio incaricato dei controlli, sui campioni da sottoporre a prove. Ove i campioni fossero sprovvisti di tale marchio, oppure il marchio non dovesse rientrare fra quelli depositati presso il STC, ed in assenza della predetta certificazione di provenienza rilasciata dal Direttore dei Lavori, le certificazioni emesse dal laboratorio non sono valide per i fini per cui sono state richieste e di ciò deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso.

In tal caso il materiale non può essere utilizzato ed il Laboratorio incaricato è tenuto ad informare di ciò il STC.

7.1.3 Prove periodiche di verifica della qualità sui prodotti finiti

Per quanto riguarda le prove di controllo continuo della produzione, con la cadenza stabilita nei piani di controllo interni, devono essere periodicamente prelevati dei campioni di prodotto finito, dal ciclo produttivo ovvero dalle forniture; su questi devono essere eseguite le verifiche finalizzate al controllo delle principali proprietà geometriche, fisiche e meccaniche. I suddetti controlli possono essere effettuati in laboratori interni o presso qualificati laboratori esterni.

Oltre ai controlli interni continui della produzione di cui sopra, il Laboratorio incaricato deve effettuare controlli saltuari, a intervalli non superiori a dodici mesi, operando su 6 campioni prelevati da due differenti lotti, da produzione o da forniture, in ragione di 3 campioni per lotto; sui predetti campioni il Laboratorio incaricato esegue e certifica le prove di trazione per la determinazione della tensione di rottura e del modulo elastico nella direzione delle fibre, secondo le modalità già illustrate nei paragrafi 4.2.1 per i preformati e 5.2.1 per i sistemi impregnati.

Qualora i valori minimi del modulo elastico e della tensione di rottura risultassero inferiori ai corrispondenti valori nominali, il Laboratorio incaricato deve darne comunicazione al STC; in tal caso i lotti da cui sono stati prelevati i campioni non potranno essere commercializzati. Il Fabbricante dovrà ovviare alle cause che hanno dato luogo al risultato insoddisfacente sulla specifica linea di produzione e quindi ripetere le prove. Ad esito positivo delle prove il Fabbricante dovrà comunicare al STC i dettagli degli interventi effettuati per la rimozione delle cause e i risultati delle prove.

I risultati di dette prove, siano essi positivi o negativi, devono essere riportati nel Registro di controllo della produzione dello specifico prodotto.

I certificati delle prove periodiche devono contenere almeno i seguenti dati:

- identificazione univoca del certificato (laboratorio, numero di serie e data di emissione) e di ciascuna sua pagina, oltre al numero totale di pagine;
- indicazione del Fabbricante, del tipo di prodotto e dei campioni da provare utilizzando il sistema di identificazione – tracciabilità adottato dal Fabbricante, tipo di provvedimenti adottati dal Fabbricante in caso di precedenti insuccessi;
- data del prelievo dei campioni;
- luogo e data di effettuazione delle prove;

- dimensioni nominali ed effettive del campione;
- indicazione della norma di riferimento della prova;
- valori delle grandezze misurate.

I certificati devono essere firmati dal Direttore del Laboratorio.

7.1.4 Prodotti provenienti dall'estero

Gli adempimenti di cui alla presente Linea Guida si applicano anche a Fabbricanti esteri che intendano commercializzare ed impiegare in Italia i propri sistemi di rinforzo.

Nel caso in cui tali Fabbricanti siano provvisti di un'analogia qualificazione rilasciata dalle rispettive Autorità estere competenti, il Fabbricante può inoltrare al STC domanda intesa ad ottenere il riconoscimento dell'equivalenza della procedura adottata nel Paese di origine, trasmettendo contestualmente la competente documentazione relativa ai prodotti che intende commercializzare sul territorio italiano ed il corrispondente marchio. Tale equivalenza, previa valutazione positiva del STC, è sancita con decreto del Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, sentita la competente Sezione.

Devono comunque essere eseguiti i controlli di accettazione in cantiere disposti dal Direttore dei Lavori.

E' consentito al Fabbricante impiegare, nella produzione del sistema FRP, un componente proveniente dall'estero a condizione che tale componente sia preventivamente qualificato secondo la normativa applicabile e sotto la sua esclusiva responsabilità.

8 PROCEDURA DI QUALIFICAZIONE

8.1 Documentazione da allegare all'istanza

Il Fabbrikante di sistemi di rinforzo FRP è tenuto ad inoltrare al STC richiesta di Certificato di Valutazione Tecnica, ai sensi del paragrafo 11.1, lettera C, delle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni; a supporto dell'istanza dovrà essere prodotta almeno la seguente documentazione, sottoscritta dal legale rappresentante, da trasmettere su supporto informatico ed eventualmente anche in copia cartacea:

- a) *Relazione illustrativa/descrittiva* concernente il sistema oggetto dell'istanza, che descriva dettagliatamente il sistema stesso e ne specifichi i materiali e i componenti di base utilizzati nonchè:
 - 1) le caratteristiche tecniche del sistema di rinforzo (valori attesi delle proprietà meccaniche e classificazione proposta) e l'elenco delle tipologie che si intende qualificare;
 - 2) la costituzione del sistema in termini di componenti (tessuti, lamine, resine, eventuali additivi o altri componenti);
 - 3) le principali tipologie di impiego del sistema.
- b) *Indicazione delle fonti di approvvigionamento* delle varie componenti, quando non prodotte in proprio.
- c) *Dichiarazione resa dagli eventuali Produttori esterni* delle componenti di cui sopra, circa le caratteristiche prestazionali delle componenti stesse. Nella dichiarazione i Produttori devono indicare anche lo stabilimento di produzione ed il sistema di qualità adottato, allegando la propria certificazione del sistema di gestione della qualità ai sensi della norma UNI EN 9001, rilasciata da un Organismo abilitato;
- d) *Modalità di marchiatura* che si intende adottare per l'identificazione del sistema, in relazione anche al tipo di confezionamento utilizzato per la commercializzazione.
- e) *Scheda tecnica di prodotto* relativa a ciascun sistema oggetto dell'istanza ed ai materiali e componenti impiegati (non devono essere inseriti riferimenti ad altri prodotti che non sono oggetto dell'istanza stessa).
- f) *Relazione* riguardante gli aspetti della durabilità e della compatibilità di ciascun sistema di rinforzo sulla base delle condizioni ambientali che possono presentarsi nell'impiego del prodotto stesso. Quando necessario, la relazione deve altresì fornire le eventuali precauzioni per la messa in opera del sistema nonchè le protezioni necessarie per impedire o ridurre il degrado dovuto all'aggressione degli agenti esterni.
- g) *Istruzioni circa la protezione* di ciascun sistema dei relativi materiali e componenti dal possibile danneggiamento meccanico durante lo stoccaggio, l'imballaggio e il trasporto, nonchè dall'esposizione agli agenti atmosferici.
- h) *Manuale di preparazione dei prodotti* di ciascun sistema, dove sono fornite le istruzioni operative per la corretta realizzazione/assemblaggio in opera del sistema.
- i) *Manuale di installazione dei prodotti* di ciascun sistema, dove sono fornite le istruzioni operative per la corretta applicazione/montaggio del sistema.
- j) *Istruzioni operative per la manutenzione di ciascun sistema di rinforzo*; tali istruzioni dovranno riportare, anche attraverso eventuali illustrazioni grafiche, le modalità da seguire

per la manutenzione periodica del prodotto, nonché per gli interventi di manutenzione a seguito di eventi eccezionali (ad esempio impatti), le caratteristiche delle attrezzature da utilizzare nonché la frequenza e il tipo di controlli, in ragione delle possibili condizioni di impiego.

- k) *Eventuali Certificati o Rapporti di prova*, ulteriori rispetto a quelli previsti per la qualificazione, rilasciati da un Laboratorio ex art. 59 del DPR 380/2001, ovvero da altro organismo di prova abilitato, già in possesso del Richiedente. I predetti Certificati o Rapporti di prova devono essere recenti e riguardare il prodotto oggetto dell'istanza. Il Servizio Tecnico Centrale in fase di esame dell'istanza valuterà se prendere in considerazione o meno tale documentazione ai fini dell'istruttoria.
- l) *Certificazione del sistema di gestione della qualità*. I Fabbricanti devono dotarsi di un sistema di gestione della qualità coerente con la norma UNI EN 9001 e certificato da un organismo terzo indipendente, accreditato, di adeguata competenza e organizzazione.
- m) *Relazione descrittiva del processo di produzione*, con l'indicazione delle eventuali attività svolte in outsourcing. In detta Relazione il Fabbricante deve altresì descrivere come sono organizzate le procedure di controllo adottate in fabbrica, dall'approvvigionamento al prodotto finito.
- n) *Piani dei controlli interni*, dall'approvvigionamento al prodotto finito, comprese le relative procedure e/o Istruzioni operative adottate, la modulistica utilizzata, le procedure di marchiatura e di tracciabilità del prodotto.
- o) *Modello del registro del Fabbricante*. Nel Registro devono essere riportati i risultati di tutti i controlli interni effettuati, sia sui materiali che sul processo produttivo.
- p) *Dichiarazione del Fabbricante* riguardo alla presenza, nel sistema di rinforzo, di eventuali materiali e componenti nocivi

Le relazioni e le dichiarazioni devono essere sempre redatte su carta intestata dell'azienda e firmate dal Legale Rappresentante e dal Direttore Tecnico. Le Schede tecniche dei prodotti devono essere anch'esse sempre redatte su carta intestata dell'azienda e firmate dal Legale Rappresentante e dal Direttore Tecnico.

8.2 Istruttoria del Servizio Tecnico Centrale

Il STC, nell'ambito delle proprie competenze, effettua l'istruttoria dell'istanza presentata, verificando:

- la completezza e congruità della documentazione presentata;
- l'idoneità del Laboratorio incaricato;
- lo svolgimento e l'esito delle prove di qualificazione;
- il possesso, da parte del Fabbricante, di tutti i requisiti richiesti.

Completata l'istruttoria, con esito favorevole, il STC provvede a rilasciare il CVT a firma del Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Nel caso in cui dall'istruttoria emergano criticità sia in ordine agli aspetti tecnici che in ordine agli aspetti organizzativi, il STC provvede a richiedere alla ditta le opportune integrazioni al fine della risoluzione delle predette criticità, sospendendo il procedimento. Nel caso in cui non si ritiene che particolari criticità possano essere risolte con le integrazioni, ovvero in presenza di aspetti tecnici che richiedano opportuni approfondimenti, il STC può comunque richiedere il parere del

Consiglio Superiore, al fine di ottenere le necessarie indicazioni sul prosieguo della procedura di qualificazione.

Ottenuto il parere del Consiglio Superiore, il STC completa la procedura di rilascio del CVT in caso di parere favorevole, ovvero provvede a richiedere le necessarie integrazioni in caso di parere interlocutorio, ovvero respinge l'istanza in caso di parere non favorevole.

Il CVT, anche sulla base di eventuali indicazioni fornite dalla competente Sezione del Consiglio Superiore, conterrà tutte le prescrizioni, raccomandazioni ed osservazioni utili ai fini di una corretta commercializzazione e applicazione del sistema di rinforzo FRP.

Sarà cura del STC mettere a punto una specifica procedura nella quale, in linea con gli indirizzi sopra descritti, saranno definiti i tempi e le modalità per la presentazione della domanda, l'esecuzione delle prove, l'invio della documentazione di cui sopra.

8.3 Mantenimento e rinnovo del Certificato di Valutazione Tecnica

Il CVT ha una durata di 5 anni dalla data del rilascio. La validità del CVT è subordinata al permanere delle caratteristiche del sistema, delle condizioni di produzione in fabbrica, dell'organizzazione del controllo interno. A tal fine il Fabbrikante, nel corso di validità dei 5 anni previsti, con cadenza annuale (sostanzialmente entro i due mesi successivi alla scadenza di ogni anno dalla data del rilascio) è tenuto ad inviare al STC:

- una dichiarazione attestante la permanenza delle condizioni iniziali di idoneità del processo produttivo e dell'organizzazione del controllo interno di produzione in fabbrica;
- eventuale certificato aggiornato del sistema di qualità, qualora quello precedente, allegato alla documentazione di rilascio del CVT, sia scaduto;
- breve Relazione riportante l'attività svolta nell'anno precedente, con l'indicazione delle principali applicazioni del sistema (principali lavori o opere nelle quali sia stato impiegato il sistema), dell'assenza di problematiche o criticità emerse nelle predette applicazioni, eventuali azioni correttive intraprese;
- esito delle prove di controllo annuale effettuate, secondo il tipo e la quantità di prove che sono generalmente previste nelle Linee guida di riferimento, oppure nel CVT oppure esplicitamente indicate dal Servizio Tecnico Centrale che ha rilasciato il CVT.

Per quanto attiene le prove di controllo annuale, di cui sopra, sui sistemi FRP, si precisa:

- per i sistemi preformati, sono previste prove di trazione nella direzione delle fibre per la determinazione della tensione di rottura e del modulo elastico, da eseguire su 6 campioni prelevati da due differenti lotti di produzione (3 + 3);
- per i sistemi in situ, in analogia, devono essere effettuate prove di resistenza meccanica, fra quelle previste nel Gruppo A della Tabella 6, per la determinazione della tensione di rottura e del modulo elastico, su un numero di 6 campioni realizzati da due differenti lotti di produzione (3 + 3).

Nel caso in cui si rendessero necessarie modifiche al ciclo di produzione o al sistema di controllo interno, il Fabbrikante è tenuto a comunicare con immediatezza al STC ogni modifica effettuata rispetto a quanto dichiarato e/o previsto nella documentazione di qualificazione per la relativa valutazione ed il rilascio di eventuale nulla-osta.

Il CVT può essere rinnovato su richiesta del Fabbricante, il quale entro 6 mesi dalla scadenza deve presentare al STC (Divisione 2^a) apposita istanza di rinnovo corredata:

- dalla documentazione di cui al precedente punto 8.1; nella procedura emanata dal STC verranno eventualmente precisati tutti i documenti che, qualora non abbiano subito modifiche o integrazioni rispetto all'istanza originaria, potranno essere sostituiti con un'unica dichiarazione;
- breve relazione sull'attività svolta nell'ultimo anno;
- esito delle ultime prove di controllo.

Alla ricezione della domanda di rinnovo del CVT, il STC provvede ad un riesame di tutta la documentazione prodotta dal Fabbricante unitamente a quello delle dichiarazioni annuali presentate, e procede ad eventuali ispezioni all'impianto di produzione. In caso di positiva valutazione provvede quindi a rinnovare al Fabbricante il CVT.

8.4 Sospensione e Ritiro del Certificato di Valutazione Tecnica

La mancata applicazione, anche solo di una delle condizioni poste a presupposto del rilascio, è condizione sufficiente per la sospensione del CVT.

In particolare, sono motivo di sospensione:

- la modifica della composizione del prodotto e/o delle caratteristiche del sistema di produzione;
- l'adozione di un diverso sistema di marchiatura, l'esternalizzazione di una fase della produzione senza la preventiva positiva valutazione del STC.

Il verificarsi, nell'anno, di prove negative relativamente alle proprietà meccaniche del prodotto, documentate dal controllo continuo di fabbrica o da prove di accettazione in cantiere dovrà essere valutato dal STC.

Per i casi più gravi il STC può procedere alla revoca del CVT.

9 PROCEDURE DI ACCETTAZIONE IN CANTIERE

9.1 Controlli di accettazione in cantiere

I controlli di accettazione in cantiere:

- sono obbligatori e devono essere eseguiti a cura e sotto la responsabilità del Direttore dei Lavori;
- devono essere effettuati realizzando campioni contestualmente alla messa in opera del sistema di rinforzo dell'elemento strutturale da consolidare e nelle stesse condizioni ambientali;
- devono essere eseguiti su campioni del rinforzo realizzati, o ricavati, in cantiere con la procedura di installazione prescritta dal Fabbrikante, impiegando gli stessi addetti del cantiere ed utilizzando i medesimi materiali.

Il Direttore dei Lavori, in fase di accettazione, deve verificare che i prodotti costituenti ciascun lotto di spedizione siano coperti da Certificato di Valutazione Tecnica in corso di validità, di cui una copia deve essere allegata ai documenti di trasporto.

Nel caso di materiali e prodotti recanti la Marcatura CE è onere del Direttore dei Lavori, in fase di accettazione, accertarsi del possesso della marchiatura stessa e richiedere ad ogni Fabbrikante, per ogni diverso prodotto, il Certificato di Conformità alla parte armonizzata della specifica norma europea, ovvero la dichiarazione di conformità D.O.P. (Declaration of Performance) in relazione alla normativa europea sui prodotti da costruzione applicabile.

In ogni caso, è inoltre onere del Direttore dei Lavori verificare che i prodotti consegnati in cantiere rientrino nelle tipologie previste nella detta documentazione.

Il Direttore dei Lavori, prima della messa in opera, è tenuto a rifiutare le eventuali forniture non conformi, ferme restando le responsabilità del Fabbrikante.

Ai fini della rintracciabilità, ove necessario, il Direttore dei Lavori deve annotare con cura l'ubicazione, nell'ambito della struttura consolidata, dei sistemi di rinforzo corrispondenti ai diversi lotti di spedizione, trasmettendo le annotazioni, debitamente sottoscritte, all'Appaltatore o all'esecutore dell'intervento.

Il Fabbrikante deve assicurare una corretta archiviazione della documentazione di accompagnamento dei materiali garantendone la disponibilità per almeno dieci anni.

Ai fini della rintracciabilità dei prodotti, l'Appaltatore deve inoltre assicurare la conservazione della medesima documentazione, unitamente a marchiature o etichette di riconoscimento ed alle eventuali annotazioni trasmesse dal Direttore dei Lavori, fino al completamento delle operazioni di collaudo statico.

9.1.1 Sistemi preformati

Ai fini dell'accettazione dei sistemi preformati, il Direttore dei Lavori deve provvedere al prelievo di 3 campioni per ciascun tipo di lamina utilizzata nel sistema di rinforzo da installare, dal lotto di spedizione ricevuto. Le dimensioni sono quelle indicate per la prova di trazione.

I campioni devono essere inviati dal Direttore dei Lavori ad un Laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001. A tal fine, il Direttore dei Lavori deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati al Laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati.

La richiesta di prove al Laboratorio deve essere sottoscritta dal Direttore dei Lavori e deve contenere indicazioni sui campioni prelevati. In caso di mancata sottoscrizione della richiesta di prove da parte del Direttore dei Lavori, le certificazioni emesse dal Laboratorio non possono assumere valenza ai fini del presente documento e di ciò deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso.

Sui campioni consegnati in laboratorio devono essere eseguite le prove di trazione, con determinazione del valore della tensione di rottura e del modulo elastico.

La prova si ritiene superata se i valori medi della tensione di rottura e del modulo elastico riscontrati risultano non inferiori all'85% di quelli nominali relativi alla classe di appartenenza.

In caso di risultato negativo della prova, il Direttore dei Lavori, dopo averne data notizia al Fabbrikante, preleva in cantiere ulteriori 3 campioni dal medesimo lotto di spedizione e li invia allo stesso Laboratorio incaricato, che effettua nuove prove.

La prova si ritiene superata se i valori medi della tensione di rottura e del modulo elastico, calcolati sui 6 campioni complessivamente sottoposti a prova (i primi 3 più gli ulteriori 3), risultano non inferiori all'85% di quelli nominali relativi alla classe di appartenenza.

In caso di ulteriore esito negativo, il Direttore dei Lavori assume le determinazioni più opportune e ne dà comunicazione al STC.

In tal caso l'intero lotto di spedizione è da considerarsi non conforme e come tale non deve essere utilizzato per il previsto rinforzo strutturale.

Si prescrivono inoltre delle prove di determinazione della temperatura di transizione vetrosa su tutte le resine utilizzate, in ragione di 3 provini per ogni tipologia di resina, per verificarne le caratteristiche dichiarate dal Fabbrikante. Si adottano a tal fine le stesse modalità di prova utilizzate in fase di qualificazione. Il valore medio dei risultati sperimentali ottenuti dovrà essere non inferiore a quello determinato in fase di qualificazione.

In caso di risultato negativo, le prove devono essere ripetute, su ulteriori 3 campioni prelevati dal medesimo lotto di spedizione. Qualora si verifichi un ulteriore insuccesso, la prova di accettazione sulla resina si ritiene non superata; in tal caso il Direttore dei Lavori assume le determinazioni più opportune e ne dà comunicazione al STC.

Il Progettista o il Direttore dei Lavori potranno, ove ritenuto opportuno, prevedere ulteriori prove sperimentali che valutino la resistenza al distacco dal supporto sul quale dovrà essere installato il sistema di rinforzo, per verificare che le modalità di crisi e la forza di delaminazione siano quelle attese.

9.1.2 Sistemi realizzati in situ

Ai fini dell'accettazione dei sistemi realizzati in situ, il Direttore dei Lavori deve provvedere al confezionamento di 6 campioni per ciascun tipo sistema di rinforzo da installare, realizzati in cantiere con la procedura di installazione prescritta dal Fabbrikante, impiegando gli stessi addetti del cantiere ed utilizzando i medesimi materiali. I campioni devono essere confezionati con il massimo numero di strati previsti nell'intervento da realizzare; le dimensioni sono quelle indicate per la prova di trazione.

I campioni così confezionati devono essere inviati dal Direttore dei Lavori ad un Laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001. A tal fine, il Direttore dei Lavori deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati al Laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati.

La richiesta di prove al Laboratorio deve essere sottoscritta dal Direttore dei Lavori e deve contenere indicazioni sui campioni prelevati. In caso di mancata sottoscrizione della richiesta di prove da parte del Direttore dei Lavori, le certificazioni emesse dal Laboratorio non possono assumere valenza ai fini del presente documento e di ciò deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso.

Sui campioni consegnati in laboratorio devono essere eseguite le prove di trazione, con determinazione del valore della tensione di rottura.

La prova si ritiene superata se i valori medi della tensione di rottura e del modulo elastico riscontrati risultano non inferiori all'85% di quelli nominali relativi alla classe di appartenenza.

In caso di risultato negativo della prova, il Direttore dei Lavori, dopo averne data notizia al Fabbrikante, procede al confezionamento di ulteriori n. 6 provini, con le medesime modalità di cui sopra, e li invia allo stesso Laboratorio incaricato, che effettua nuove prove.

La prova si ritiene superata se i valori medi della tensione di rottura e del modulo elastico, calcolati sui 12 campioni complessivamente sottoposti a prova (i primi 6 più gli ulteriori 6), risultano non inferiori all'85% di quelli nominali relativi alla classe di appartenenza.

In caso di ulteriore esito negativo, il Direttore dei Lavori assume le determinazioni più opportune e ne dà comunicazione al STC.

In tal caso l'intero lotto di spedizione è da considerarsi non conforme e come tale non deve essere utilizzato per il previsto rinforzo strutturale.

Si prescrivono inoltre delle prove di determinazione della temperatura di transizione vetrosa su tutte le resine utilizzate, in ragione di 3 provini per ogni tipologia di resina, per verificarne le caratteristiche dichiarate dal Fabbrikante. Si adottano a tal fine le stesse modalità di prova utilizzate in fase di qualificazione. Il valore medio dei risultati sperimentali ottenuti dovrà essere non inferiore a quello determinato in fase di qualificazione.

In caso di risultato negativo, le prove devono essere ripetute, su ulteriori 3 campioni prelevati dal medesimo lotto di spedizione. Qualora si verifichi un ulteriore insuccesso, la prova di accettazione sulla resina si ritiene non superata; in tal caso il Direttore dei Lavori assume le determinazioni più opportune e ne dà comunicazione al STC.

Il Progettista o il Direttore dei Lavori potrà, ove ritenuto opportuno, prevedere ulteriori prove sperimentali che valutino la resistenza al distacco dal supporto sul quale dovrà essere installato il sistema di rinforzo, per verificare che le modalità di crisi e la forza di delaminazione siano quelle attese.

9.2 Rintracciabilità in cantiere

Ai fini della rintracciabilità dei prodotti, l'Appaltatore deve assicurare la conservazione della documentazione di accompagnamento, unitamente a marcature o etichette di riconoscimento e ad eventuali annotazioni trasmesse dal Direttore dei Lavori, fino al completamento delle operazioni di collaudo statico e, ove previsto, delle procedure di collaudo tecnico-amministrativo.

9.3 Installazione

Alla documentazione di accompagnamento di ogni lotto di spedizione, il Fabbrikante deve allegare un Manuale di installazione, dove sono fornite le istruzioni operative per la completa posa in opera dei sistemi, con particolare riguardo ai trattamenti da porre in essere a carico del supporto, preliminarmente all'installazione del composito FRP, alle condizioni ambientali richieste in fase di

applicazione del rinforzo (umidità e temperatura), e gli accorgimenti, ove occorrenti, per proteggere il composito dagli effetti termici.

ALLEGATI

ALLEGATO A

SCHEMA TECNICA Sistemi di rinforzo preformati

IL FABBRICANTE DEVE RIPOARTARE I VALORI STATISTICI NECESSARI PER LA VALUTAZIONE DELLE RESISTENZE CARATTERISTICHE (AD ESEMPIO MEDIA, SCARTO QUADRATICO MEDIO, POPOLAZIONE, FRATILE, INTERVALLO DI CONFIDENZA).

Descrizione

Nome commerciale, classe di appartenenza, tipo di fibra, tipo di resina, marchiatura ed ogni altra informazione generale ritenuta utile.

Caratteristiche geometriche e fisiche

Proprietà		Unità di misura	Metodo di prova normativa di riferimento
Spessore (lamina)		mm	
Larghezza		mm	
Lunghezza		mm	
Colore			
Densità	fibra	g/cm ³	ISO 1183-1:2004(E)
	matrice	g/cm ³	
Contenuto di fibra	in peso	%	ISO 11667:1997(E)
	in volume	%	
Temperatura di transizione vetrosa della resina (in caso di utilizzo di più resine devono essere indicati i valori di T _g di tutte le resine)		T _g [°C]	ISO 11357-2:2013 (E)
Temperature limiti, minima e massima, di utilizzo		[°C]	Vedi punto 4.2.4 della LG
Resistenza e reazione al fuoco			Vedi punto 4.2.4 della LG

Proprietà meccaniche

Proprietà	Unità di misura	Metodo di prova normativa di riferimento
Modulo elastico (valore medio)	GPa	UNI-EN 13706-1-2-3
Resistenza a trazione (valore medio e caratteristico)	MPa	
Deformazione a rottura	%	

Condizioni di stoccaggio

Descrizione

Precauzioni d'uso e sicurezza

Descrizione

Indicazioni sull'utilizzo del prodotto in un sistema di rinforzo

Descrizione

SCHEMA TECNICA Sistemi di rinforzo realizzati in situ

IL FABBRICANTE DEVE RIPORTARE I VALORI STATISTICI NECESSARI PER LA VALUTAZIONE DELLE RESISTENZE CARATTERISTICHE (AD ESEMPIO MEDIA, SCARTO QUADRATICO MEDIO, POPOLAZIONE, FRATILE, INTERVALLO DI CONFIDENZA).

Descrizione

Nome commerciale, classe di appartenenza, tipo di fibra, tipo di resina, numero di strati, classe di appartenenza, marchiatura e ogni altra informazione generale ritenuta utile.

Caratteristiche geometriche e fisiche

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	p_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		
Frazione in volume delle fibre nel composito		
Temperatura di transizione vetrosa della resina (in caso di utilizzo di più resine devono essere indicati i valori di T _g di tutte le resine)	T_g [°C]	ISO 11357-2:2013 (E)
Temperature limiti, minima e massima, di utilizzo	[°C]	Vedi punto 5.2.6 della LG
Resistenza e reazione al fuoco		Vedi punto 5.2.6 della LG

Proprietà meccaniche

Proprietà	Unità di misura	Metodo di prova normativa di riferimento
Modulo elastico riferito all'area netta delle fibre (valore medio)	E_f [GPa]	UNI EN 2561
Resistenza riferita all'area netta fibre (valore medio e caratteristico)	f_{fib} [MPa]	
Deformazione a rottura	ε_{fib} [%]	

Condizioni di stoccaggio

Descrizione

Precauzioni d'uso e sicurezza

Descrizione

Indicazioni sull'utilizzo del prodotto in un sistema di rinforzo

Descrizione