M_INF.CSLP.REG_ATTI_INT_CONSUP.R.0000208.09-04-2019

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Il Presidente

VISTO il decreto del Presidente della Repubblica 27 aprile 2006, n.204, "*Regolamento di riordino del Consiglio Superiore dei lavori pubblici*", come modificato dal citato DPR 211/2008, e in particolare l'articolo 2, comma 3), e l'articolo 9;

VISTO il decreto del Presidente della Repubblica 11 febbraio 2014, n.72, concernente "Regolamento recante l'organizzazione del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti";

VISTO il decreto del Ministro delle infrastrutture e dei trasporti del 4 agosto 2014, n.346, recante la rimodulazione del numero e dei compiti degli Uffici della struttura organizzativa del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti ed anche delle Divisioni del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei lavori pubblici;

VISTA la legge 5 novembre 1971, n.1086, recante "*Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica*";

VISTA la legge 2 febbraio 1974, n.64, concernente "*Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche*";

VISTO il decreto del Presidente della Repubblica 21 aprile 1993, n.246 recante "*Regolamento di attuazione della Direttiva 89/106/CEE relativa ai prodotti da costruzione*";

VISTO il decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380, recante il "*Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di edilizia*";

VISTO il Regolamento (UE) 305/2011 del 9 marzo 2011 che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la Direttiva 89/1 06/CEE del Consiglio dell'Unione Europea;

VISTO il decreto del Ministero delle Infrastrutture 17 gennaio 2018 recante "*Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni*" ed, in particolare, il punto 11.1;

VISTA la bozza di "*Linea Guida per la identificazione, la qualificazione, la certificazione di valutazione tecnica ed il controllo di accettazione dei calcestruzzi fibrorinforzati FRC (Fiber Reinforced Concrete)*" predisposta dall'apposito Gruppo di Lavoro e trasmessa alla Presidenza del Consiglio Superiore dei lavori pubblici;

VISTO il parere espresso dalla 1^ Sezione del Consiglio Superiore dei lavori pubblici con voto n. 49 espresso nella seduta del 26.07.2018 in merito alla suddetta Linea Guida;

VISTO il testo della "*Linea Guida per la identificazione, la qualificazione, la certificazione di valutazione tecnica ed il controllo di accettazione dei calcestruzzi fibrorinforzati FRC (Fiber Reinforced Concrete)*", rivisto ed aggiornato dal Servizio Tecnico Centrale, trasmesso dal Coordinatore con nota n. 2599 del 15 marzo 2019;

RITENUTO necessario e urgente provvedere all'approvazione della "*Linea Guida per la identificazione, la qualificazione, la certificazione di valutazione tecnica ed il controllo di accettazione dei calcestruzzi fibrorinforzati FRC (Fiber Reinforced Concrete)*", onde consentire lo svolgimento delle attività del Servizio Tecnico Centrale relative al rilascio delle certificazioni di idoneità tecnica all'impiego dei materiali e prodotti da costruzione per uso strutturale non soggetti a marcatura CE;

DECRETA

Articolo 1

E' approvato il testo della "*Linea Guida per la identificazione, la qualificazione, la certificazione di valutazione tecnica ed il controllo di accettazione dei calcestruzzi fibrorinforzati FRC (Fiber Reinforced Concrete)*".

Articolo 2

Il presente decreto e le Linee Guida allegate sono pubblicati sul sito internet istituzionale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Prof. Ing. Donato CARLEA

Il Dirigente Div. 2^

ANTONIO LUCCHESE
19 mar 2019 17:09



Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Servizio Tecnico Centrale

Linea guida per l'identificazione, la qualificazione, la certificazione di valutazione tecnica ed il controllo di accettazione dei calcestruzzi fibrorinforzati FRC (Fiber Reinforced Concrete)

Gennaio 2019

INDICE

1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE 3

2. CARATTERISTICHE DEL COMPOSITO E DEI RELATIVI COMPONENTI 3

2.1 Matrice cementizia 3

2.2 Fibre 3

2.2.1 Comportamento a lungo termine 4

2.3 Caratteristiche prestazionali del FRC ai fini della qualificazione 4

2.3.1 Comportamento a trazione del FRC 4

2.3.2 Classi prestazionali del FRC 6

2.3.3 Caratteristiche meccaniche 8

3. QUALIFICAZIONE INIZIALE DELLA PRODUZIONE IN STABILIMENTO E CONTROLLO PERMANENTE DELLA PRODUZIONE 9

3.1 Qualificazione del Fabbricante 9

3.2 Prove di qualificazione 9

3.2.1 Prove di qualificazione per il rilascio del Certificato di valutazione tecnica CVT (prove iniziali di tipo, ITT) 9

3.2.2 Prove per il controllo permanente di produzione in stabilimento 11

3.2.3 Prove annuali per il mantenimento del CVT 12

3.3 Prove di qualificazione di tipo meccanico 12

3.3.1 Prove di compressione sul calcestruzzo fibrorinforzato 13

3.3.2 Prove di flessione su provino prismatico intagliato 13

3.4 Prove di durabilità ambientale 13

3.4.1 Prove cicliche gelo-disgelo 13

3.4.2 Prove di comportamento in ambienti con temperature elevate 14

3.4.3 Prove per la determinazione della temperatura di transizione vetrosa e di fusione dei cristalli per fibre polimeriche 14

3.5 Prove per la determinazione delle prestazioni alle alte temperature e di reazione al fuoco 14

3.6 Tabella di sintesi delle prove di qualificazione 15

3.7 Certificazione dei risultati delle prove iniziali di tipo 15

3.8 Scheda tecnica 15

3.9 Adempimenti richiesti al Fabbricante 16

4 PROCEDURA DI QUALIFICAZIONE 16

4.1 Documenti da allegare all'istanza 17

4.2 Istruttoria del Servizio Tecnico Centrale 18

4.3 Durata e rinnovo del Certificato di Valutazione Tecnica 18

4.4 Sospensione e Ritiro del Certificato di Valutazione Tecnica 19

4.5 Prodotti provenienti dall'estero _____ 19
4.6 Identificazione e rintracciabilità dei prodotti qualificati _____ 19
5. PROCEDURE DI ACCETTAZIONE IN CANTIERE _____ 20
5.1 Controlli di accettazione _____ 21
5.2 Controlli di prequalifica _____ 22
6. RIFERIMENTI NORMATIVI _____ 23
ALLEGATO 1
Determinazione dei valori caratteristici (in accordo con la EN 1990)
Prova di trazione diretta (CNR DT 204)
Prova a lungo termine sul filo per fibra polimerica
Prove per la resistenza ai cicli di gelo e disgelo
Prove di comportamento in ambienti con temperature elevate (per le fibre sintetiche)
Prove per la resistenza alle alte temperature
ALLEGATO 2
Scheda tecnica

1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

Le vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni (nel seguito NTC) prescrivono, al punto 11.1, che tutti i materiali e prodotti da costruzione, quando impiegati per uso strutturale, debbano essere identificati e in possesso di specifica qualificazione all'uso previsto e debbano altresì essere oggetto di controlli in fase di accettazione da parte del Direttore dei lavori.

A tal fine le NTC prevedono che i materiali ed i prodotti da costruzione per uso strutturale, quando non marcati CE ai sensi del Regolamento UE n.305/2011 o non provvisti di ETA (European Technical Assessment) ai sensi dell'art. 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), sulla base di linee guida approvate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

La presente Linea Guida fornisce le procedure per l'identificazione, la qualificazione ed il controllo di calcestruzzi fibrorinforzati, denominati *FRC* (*Fiber Reinforced Concrete*), impiegati per la realizzazione di nuovi elementi strutturali e per il consolidamento di strutture esistenti.

I calcestruzzi fibrorinforzati *FRC* devono essere preparati nello stabilimento del Fabbricante e forniti in cantiere come prodotto pronto per l'impiego oppure come prodotto secco premiscelato al quale va aggiunta l'acqua in cantiere.

2. CARATTERISTICHE DEL COMPOSITO E DEI RELATIVI COMPONENTI

I calcestruzzi fibrorinforzati (*FRC*) sono costituiti da una matrice cementizia additivata con fibre corte discontinue, cui può aggiungersi armatura ordinaria o da precompressione.

Richiamando quanto previsto dalla Circolare esplicativa delle Norme tecniche (emanata nel 2019) al § C11.2.12, cui si rimanda per i dettagli, si precisa che un calcestruzzo fibrorinforzato ad uso strutturale, per essere definito tale, oltre ai requisiti minimi prestazionali descritti nel seguito, deve essere caratterizzato da un dosaggio minimo delle fibre al suo interno "*non inferiore allo 0.3% in volume*".

2.1 Matrice cementizia

La matrice cementizia di un *FRC* è costituita da un calcestruzzo o da una malta.

Al fine di garantire un buon accoppiamento con le fibre ed una buona lavorabilità dell'impasto, la granulometria della matrice deve essere progettata prestando particolare attenzione alla frazione fine dell'aggregato.

Le caratteristiche fisiche e chimiche della matrice cementizia e dei suoi costituenti devono essere conformi alle specifiche norme di riferimento valide per il calcestruzzo privo di fibre.

2.2 Fibre

Le fibre sono caratterizzate, oltre che dal tipo di materiale, da parametri geometrici quali la lunghezza, il diametro equivalente, il rapporto d'aspetto (rapporto tra la lunghezza in proiezione della fibra e il diametro equivalente) e la forma (rettilinee, uncinate, ondulate, ecc.).

Si evidenzia che, per la produzione delle fibre, devono essere utilizzati materiali e componenti qualificati secondo le procedure applicabili. In particolare le fibre devono essere marcate CE, in accordo con le norme europee armonizzate EN 14889-1 (per le fibre realizzate in acciaio) e EN 14889-2 (per le fibre in materiale polimerico).

I parametri previsti dalla norma armonizzata EN 14889-2 sono riportati in Tabella 1. In aggiunta, la confezione delle fibre deve riportare anche il lotto di produzione.

Tabella 1: parametri da riportare sulla confezione delle fibre.

Fibre di acciaio	**Fibre polimeriche**
Lunghezza [mm]	Polimero
Diametro equivalente [mm]	Lunghezza [mm]
Rapporto d'aspetto	Diametro equivalente [mm]
Forma	Rapporto d'aspetto
Resistenza a trazione(*) [MPa]	Forma
Modulo elastico(*) [GPa]	Resistenza a trazione(*) [MPa]
Allungamento a rottura(*) [%]	Modulo elastico(*) [GPa]
Densità [kg/m^3]	Allungamento a rottura(*) [%]
	Massa volumica lineare [tex]
	Temperatura di transizione vetrosa e di fusione(**)

(*) I seguenti parametri non vengono determinati necessariamente sulla fibra, ma in accordo con le EN 14889. Per la determinazione di questi parametri si veda il §3.4.2

(**) Nella EN 14889.2 tale misura è indicata con tenacità.

2.2.1 Comportamento a lungo termine

Nel caso di utilizzo di fibre polimeriche è necessario verificare il comportamento del filo costituente la fibra in presenza di carichi di lunga durata. In particolare, si dovrà sottoporre a trazione il filo costituente la fibra con un livello di sollecitazione costante e pari al 40% della resistenza a trazione dichiarata. La prova (vedi Allegato 3) va condotta in ambiente caratterizzato da una temperatura di 20 ± 5°C, e da una umidità relativa UR di 40-70 %. Il filo risulta utilizzabile per la produzione di *FRC* per impieghi strutturali solo se, a seguito di 2000 ore di applicazione della sollecitazione, la fibra non giunge a collasso e la deformazione totale non supera il 1000% della deformazione elastica iniziale. Le prove devono essere eseguite da un Laboratorio ufficiale o autorizzato su richiesta del produttore delle fibre, che fornirà al Fabbricante (che chiede il CVT) la relativa certificazione.

2.3 Caratteristiche prestazionali del FRC ai fini della qualificazione

2.3.1 Comportamento a trazione del FRC

L'aggiunta di fibre disperse in una matrice cementizia ne modifica le proprietà meccaniche, contrastando l'apertura progressiva delle fessure e conferendo al prodotto (calcestruzzo o malta), dopo la fessurazione, una significativa resistenza residua a trazione fino al raggiungimento di uno sforzo nullo a trazione per un valore significativo dell'apertura di fessura. L'energia specifica necessaria per rompere a trazione il conglomerato (di seguito denominata "tenacità") o per giungere a valori di apertura di fessura predeterminati, dipende da molteplici fattori tra i quali, ad esempio, il rapporto d'aspetto della fibra, la percentuale di volume delle fibre rispetto al volume totale del composito e le caratteristiche fisico-meccaniche delle fibre in aggiunta alle caratteristiche della matrice cementizia.

In particolare, verificatasi la (micro)fessurazione della matrice, le fibre sono in grado di manifestare il proprio contributo, conferendo al composito una resistenza post-fessurativa, praticamente assente nella matrice senza fibre. In funzione della tipologia e quantità di fibre e delle proprietà della matrice, il legame carico-spostamento a trazione di un *FRC* può presentare un ramo discendente (comportamento degradante - Figura 1*a*), comunque caratterizzato da una resistenza residua e da

una maggiore tenacità rispetto al calcestruzzo privo di fibre, o un ramo incrudente grazie alla comparsa di una multi-fessurazione (Figura 1*b*).

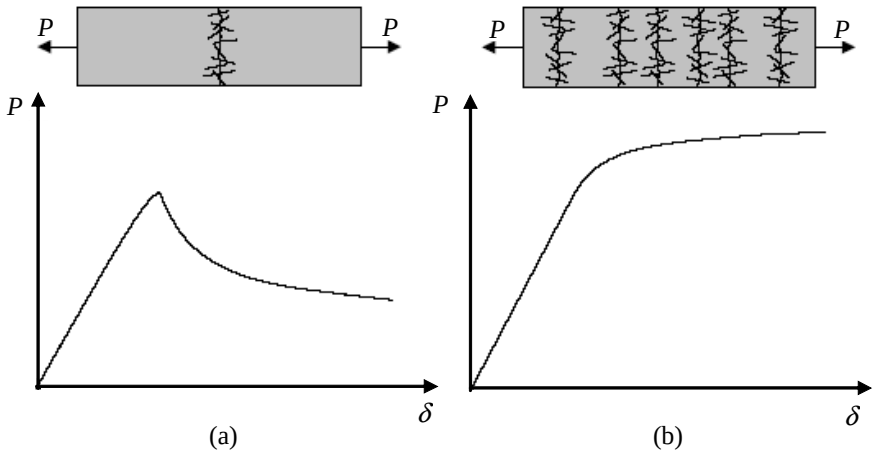


Figura 1: Curva carico P–spostamento δ per conglomerati fibrorinforzati caratterizzati da: basse percentuali di fibre (a) e alte percentuali di fibre (b).

Il comportamento post-fessurativo in trazione uniassiale è diverso dal comportamento post-fessurativo in una prova di flessione; per lo stesso motivo la capacità redistributiva della struttura può garantire una risposta meccanica incrudente a partire da un comportamento in trazione uniassiale degradante, come esemplificato in Figura 2.

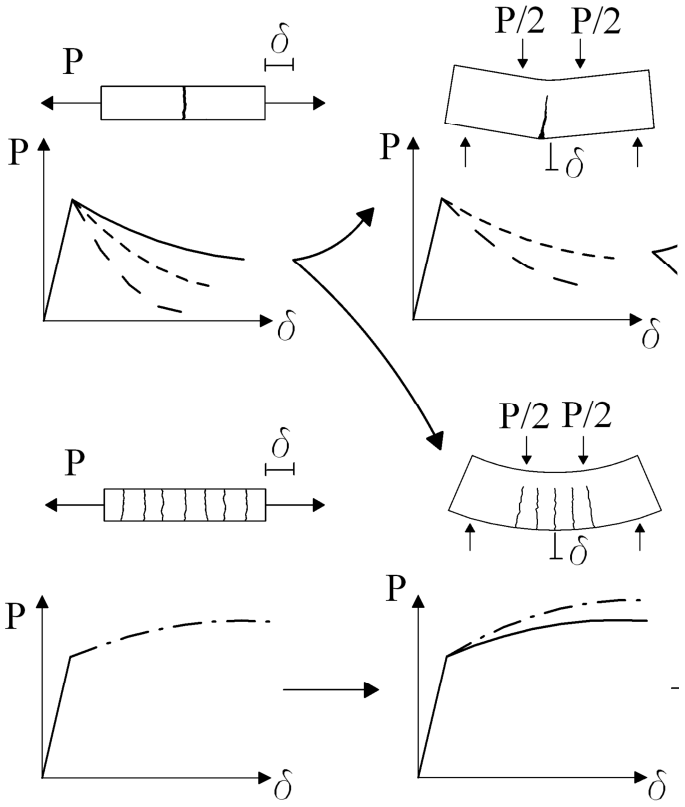


Figura 2: Risposta meccanica di strutture caratterizzate da capacità redistributive differenti: trazione uniassiale e flessione.

2.3.2 Classi prestazionali del FRC

Le prestazioni richieste a un *FRC* sono le seguenti:

- *classe di resistenza a compressione*;
- *classe di consistenza*;
- *classe di esposizione*;
- *limite di proporzionalità* (tensione corrispondente), definito e determinato nel seguito;
- *classe di tenacità*, ovvero resistenza opposta dal materiale all'avanzamento del processo di frattura.

E' inoltre necessario definire le seguenti proprietà:

- *dimensione massima dell'aggregato*;
- *caratteristiche geometriche della fibra*;
- *materiale utilizzato per la fibra*.

In assenza di una sperimentazione specifica, il modulo elastico e il modulo di Poisson sono normalmente riferiti ai valori medi e determinabili utilizzando le regole previste dalla normativa vigente per il calcestruzzo senza fibre.

La lunghezza delle fibre deve essere compatibile con il copriferro e l'interferro ed essere proporzionata alla dimensione massima dell'aggregato. E' consigliata una lunghezza della fibra non inferiore al doppio della dimensione massima dell'aggregato. In presenza di un rinforzo ibrido (costituito da fibre di diversa tipologia e lunghezza) l'annotazione precedente è da riferirsi alla fibra di maggior lunghezza.

Le proprietà nominali del *FRC* indurito devono essere determinate su provini normalizzati, realizzati e maturati in condizioni controllate, mediante prove standard di laboratorio.

Il limite di proporzionalità e la classe di tenacità sono determinabili sulla base di un test a flessione su un provino di dimensioni (*b* x *h*) 150×150 mm in sezione, lunghezza 550÷700 mm, intagliato centralmente, semplicemente appoggiato alle estremità e caricato con un carico centrale (EN 14651) come indicato in Figura 3.

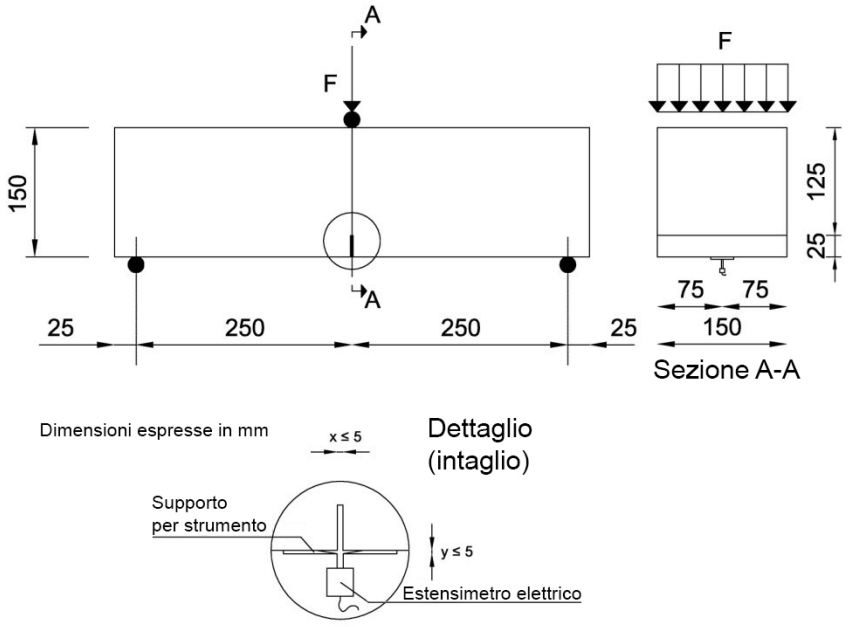


Figura 3: Geometria del provino per la caratterizzazione a flessione (EN 14651)

La prova prevede la misura sperimentale del carico applicato (F) e dell'apertura di fessura alla bocca dell'intaglio (CMOD, come definito dalle UNI EN 14651); il valore CMOD viene utilizzato come parametro di controllo della prova.

Una tipica curva sperimentale, ottenuta dalla prova, è riportata in Figura 4.

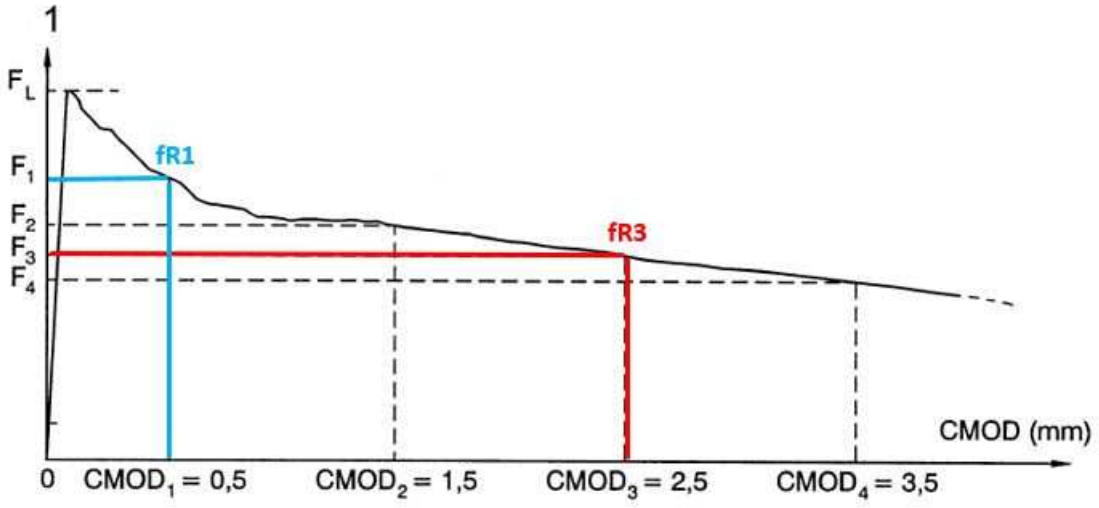


Figura 4: Tipica curva di una prova di flessione condotta secondo la EN 14651.

Si ricorda che le dimensioni del campione descritto nelle EN 14651 sono idonee per calcestruzzi con diametro massimo dell'aggregato non superiore a 32 mm e lunghezza delle fibre non maggiore di 60 mm.
I valori di riferimento corrispondono alla resistenza nominale caratteristica a flessione riferita alla sezione netta intagliata (trascurando, ai fini del calcolo della tensione nominale, il fattore di intensificazione degli sforzi causato dalla presenza dell'intaglio).
Con riferimento alla singola prova, devono essere determinati: il limite di proporzionalità ($f^{f}_{ct,\,L}$) e la resistenza residua per valori di CMOD pari a 0.5 mm ($f_{R,1}$) e a 2.5 mm ($f_{R,3}$).
In particolare, la tensione corrispondente al limite di proporzionalità ($f^{f}_{ct,\,L}$) è convenzionalmente definita, vedi EN 14651, come:

$$f^{f}_{ct,L} = \frac{3F_L L}{2bh^2_{sp}}$$

dove:
F_L = massima forza applicata (Figura 4)
L = distanza fra gli appoggi (Figura 3)

Le resistenze residue f_{R1} e f_{R3} si determinano convenzionalmente come:

$$f_{R,j} = \frac{3F_j L}{2bh^2_{sp}}$$

dove:
j = 1 o 3

Il *FRC* può essere impiegato per la realizzazione di elementi strutturali se la classe di resistenza a

compressione è conforme a quanto previsto dalle NTC per un calcestruzzo privo di fibre e se sono rispettate le condizioni riportate nel seguito:

$$f_{R,1k}/ f^{f}_{ct,\,Lk} > 0.4$$
$$f_{R,3k}/ f_{R,1k} > 0.5$$

avendo indicato con $f^{f}_{ct,Lk}$, $f_{R,1k}$ e $f_{R,3k}$ i valori caratteristici dei parametri $f^{f}_{ct,L}$, $f_{R,1}$ e $f_{R,3}$ rispettivamente (vedi Allegato1).

Per classificare il comportamento post-fessurativo di un FRC sono presi in esame due parametri: la resistenza nominale per f_{R1k} ed il rapporto f_{R3k}/f_{R1k}, che consentono di identificare la classe di tenacità.

La resistenza nominale per f_{R1k} è definita dal numero appartenente alla seguente successione, immediatamente inferiore al valore di f_{R1k} determinato sperimentalmente:

1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 8.0, 10.0, 12.0, 14.0 [MPa]

Il rapporto f_{R3k}/f_{R1k} viene invece indicato con una delle lettere *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, ciascuna delle quali indica un intervallo di valori, come specificato nel seguito:

a per $0.5 \le f_{R3k}/f_{R1k} < 0.7$

b per $0.7 \le f_{R3k}/f_{R1k} < 0.9$

c per $0.9 \le f_{R3k}/f_{R1k} < 1.1$

d per $1.1 \le f_{R3k}/f_{R1k} < 1.3$

e per $1.3 \le f_{R3k}/f_{R1k}$

Pertanto, la classe di tenacità di un FRC viene definita da un numero (resistenza nominale per f_{R1k}) e da una lettera (intervallo di valori in cui ricade f_{R3k}/f_{R1k}). A titolo esemplificativo un FRC di classe 2.5b ha una resistenza nominale per f_{R1k} pari a 2.5 MPa (essendo: $2.5 \le f_{R1k} < 3.0$) e un valore del rapporto f_{R3k}/f_{R1k} compreso nell'intervallo indicato dalla lettera *b*: $0.7 \le f_{R3k}/f_{R1k} < 0.9$.

Per impieghi strutturali, le prestazioni di un *FRC* devono essere prescritte dal progettista, fornite dal Fabbricante e verificate dalla Direzione Lavori.

2.3.3 Caratteristiche meccaniche

Per i calcestruzzi fibrorinforzati *FRC* oggetto della presente Linea Guida, ai fini della qualificazione, il Fabbricante deve determinare e dichiarare le seguenti proprietà meccaniche:

a) resistenza a compressione (f_{ck}, valore caratteristico), determinata con la stessa procedura di prova prevista per il calcestruzzo senza fibre;
b) modulo elastico (E_{fm}, valore medio); al riguardo si accetta la correlazione con la resistenza a compressione, come previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni per il calcestruzzo senza fibre;
c) resistenza a trazione uniassiale (f_{ftm}, valore medio e f_{ftk}, valore caratteristico). Per i materiali non incrudenti si può utilizzare la correlazione con la resistenza a compressione, come previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni per il calcestruzzo senza fibre;
d) resistenza a flessione al limite di proporzionalità ($f^{f}_{ct,Lm}$; valore medio e $f^{f}_{ct,Lk}$ valore caratteristico); si determinano mediante prova a flessione su provino intagliato secondo la UNI EN 14651;

e) resistenza a flessione in fase fessurata ($f_{R,1k}$ e $f_{R,3k}$; valori caratteristici); si determinano mediante prova a flessione su provino intagliato secondo la EN 14651;
f) modulo di Poisson (ν_{fm}, valore medio): si assume corrispondente a quello previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni per il calcestruzzo privo di fibre;
g) coefficiente di dilatazione termica lineare (α_T): si assume corrispondente a quello previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni per il calcestruzzo privo di fibre.

3. QUALIFICAZIONE INIZIALE DELLA PRODUZIONE IN STABILIMENTO E CONTROLLO PERMANENTE DELLA PRODUZIONE

3.1 Qualificazione del Fabbricante

Al fine di assicurare la costanza delle prestazioni, il materiale *FRC* deve essere prodotto con un sistema di controllo interno della produzione predisposto in coerenza con la norma UNI EN ISO 9001 certificato da organismi terzi indipendenti che operano in coerenza con la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17021 ai sensi del § 11.2.8 delle NTC. Tale sistema permanente di controllo interno, che deve essere attivato secondo quanto previsto nei *Piani dei controlli interni* di cui al § 4.1, deve assicurare il mantenimento dello stesso livello di affidabilità nella conformità del prodotto finito e del rinforzo diffuso nel suo complesso, nonché l'affidabilità delle relative prestazioni indipendentemente dal processo di produzione.
A tal fine, sia durante il processo di produzione in stabilimento, sia ai fini del rilascio del CVT, devono essere eseguite le prove descritte nei successivi paragrafi, con le modalità ivi precisate.
Le prove devono riguardare tutti i diversi *FRC* oggetto di richiesta di rilascio del CVT, intendendo come tali i prodotti che siano realizzati con matrici (tipo e dosaggi di leganti e aggregati) e/o fibre di natura differente e/o con differenti dosaggi.
I risultati del controllo della produzione in fabbrica devono essere registrati e valutati dal Fabbricante conformemente alle disposizioni dei predetti *Piani dei controlli interni* e delle relative *Istruzioni operative* (§ 4.1).
Le registrazioni devono includere almeno le seguenti informazioni:

- denominazione del *FRC* e dei relativi materiali e componenti;
- tipo di controllo effettuato;
- data di produzione;
- data dei controlli effettuati sul prodotto, verifica dei risultati controlli e delle prove eseguite e raffronto con i requisiti richiesti;
- data e firma della persona responsabile del controllo della produzione in fabbrica.

Le registrazioni vanno conservate per almeno dieci anni e, su richiesta, devono essere presentate al Servizio Tecnico Centrale (§ 4).

3.2 Prove di qualificazione

Al fine di ottenere e mantenere il Certificato di Valutazione Tecnica, nonché garantire la sussistenza ed il mantenimento delle prestazioni dei propri prodotti, il Fabbricante deve effettuare idonee prove di qualificazione iniziale, prove annuali di mantenimento del CVT e prove periodiche di controllo della qualità nel processo di produzione e/o commercializzazione, come indicato nel seguito.

3.2.1 Prove di qualificazione per il rilascio del Certificato di Valutazione Tecnica CVT (prove iniziali di tipo, ITT)

Ai fini del rilascio del CVT devono essere eseguite le seguenti prove di qualificazione, correntemente denominate *prove iniziali di tipo (ITT)*:

a) Prove allo stato fresco:

- n. 1 prova di slump in accordo con la UNI EN 12350-2 per la determinazione di una classe di consistenza. Per applicazioni particolari del *FRC* (es. *FRC* auto-compattante), il Fabbricante può fare riferimento ad altre prove previste dalla UNI EN 12350 per la determinazione della classe di consistenza ed i risultati delle prove effettuate dovranno essere riportati nella Scheda Tecnica (Allegato 1).

b) Prove meccaniche allo stato indurito:

- n. 12 prove di flessione su provino intagliato, in accordo con la EN 14651;
- n. 6 prove di compressione in accordo con la UNI EN 12390;

tutti i provini elencati in precedenza devono essere confezionati con uno stesso impasto utilizzando lo stesso processo di produzione del *FRC*;

- per materiali con resistenza nominale a flessione in fase fessurata maggiore di 8 MPa e classe di tenacità *d* o *e*, così come definite al § 2.3.2, il Fabbricante può far verificare e, in caso positivo, far certificare il comportamento incrudente attraverso l'esecuzione di n. 12 prove di trazione (Allegato 1).

c) Prove di sollecitazione termica obbligatorie e facoltative

Le caratteristiche prestazionali del *FRC* e, in particolare, quelle meccaniche, possono essere condizionate dalle sollecitazioni termiche, anche in relazione alla eventuale presenza di componenti polimeriche. Ciò deve essere chiaramente evidenziato dal Fabbricante nella documentazione illustrativa del prodotto.

Per *FRC* realizzato con fibre polimeriche devono essere eseguite prove alle sollecitazioni termiche ambientali, denominate nel seguito "Prove di comportamento in ambienti con temperature elevate" (§ 3.4.2), su 4 provini sottoposti a flessione secondo la UNI EN 14651 precedentemente condizionati ad una temperatura di + 45°C. Il Fabbricante deve inoltre riportare nella Scheda tecnica del prodotto (§ 3.8 e Allegato 2), le temperature di transizione vetrosa T_g e di fusione T_m, calcolate sulla media dei risultati di 3 prove effettuate (§ 3.4.3), documentate con i relativi certificati di prova rilasciati da un laboratorio ufficiale o autorizzato ai sensi dell'art. 59 del DPR 380/2001.

Oltre a ciò, il Fabbricante può indicare, sempre nella Scheda tecnica, la temperatura estrema di utilizzo, sino alla quale sono garantite le caratteristiche prestazionali della fibra, e i valori di resistenza f_{R1} e f_{R3} per temperature superiori, secondo quanto indicato nell'Allegato 1. Per

determinare tale temperatura estrema deve essere eseguita una “Prova per la determinazione delle prestazioni alle alte temperature” (§ 3.5), che consiste in una prova di flessione su 4 campioni provati alla temperatura estrema indicata. La caratterizzazione eventuale per temperature superiori potrà essere svolta secondo quanto indicato al § 3.5.

Il Fabbricante è tenuto a dichiarare nella Scheda tecnica la classe di reazione al fuoco del prodotto (§ 3.5). In assenza di prove specifiche il prodotto deve essere classificato come appartenente alla Classe F, secondo le disposizioni di cui al Decreto del Ministero dell’Interno del 10 marzo 2005 (G.U. 73 del 30 marzo 2005), così come modificato dal successivo Decreto del Ministero dell’Interno del 25 ottobre 2007. Qualora il Fabbricante intenda qualificare il prodotto *FRC* anche in relazione alle caratteristiche di reazione al fuoco, per la valutazione di tale specifico aspetto il STC effettuerà l’istruttoria, di cui al § 4.2, di concerto con la Direzione Centrale per la prevenzione e sicurezza tecnica del Dipartimento dei Vigili del Fuoco.

d) Prove di durabilità ambientale

- se il prodotto per il quale viene richiesto il CVT prevede l’utilizzo in classi di esposizione XF secondo la UNI EN 206, si devono eseguire prove cicliche di gelo e disgelo secondo le indicazioni dell’Allegato 1. Le prove devono essere eseguite secondo la EN 12390-9 su 6 provini di cui 3 integri e 3 fessurati, dopo un numero di cicli scelto dal Fabbricante, comunque non inferiore a 20, e dichiarato nella Scheda tecnica del prodotto.
- il Fabbricante può riportare nella Scheda tecnica anche i risultati di prove di resistenza alla carbonatazione (EN 12390-10), alla penetrazione dei cloruri (EN 12390-11) e permeabilità all’acqua in pressione (secondo EN 12390-8), eseguite utilizzando i metodi di prova standardizzati per il calcestruzzo senza fibre.

Per l’appartenenza alla classe di resistenza a compressione e alla classe di consistenza valgono le stesse regole previste dalla normativa tecnica vigente per il calcestruzzo senza fibre.
Per la determinazione del valore caratteristico dei parametri di prova si deve fare riferimento all’Allegato 1.
Nelle prove iniziali di tipo (ITT) l’appartenenza ad una classe di tenacità (§ 2.3.2) richiede che f_{R1k} sia superiore al valore nominale della classe di definizione e che il rapporto f_{R3k}/f_{R1k} sia compreso nell’intervallo che individua la classe di definizione.
Le *prove iniziali di tipo*:

- devono essere effettuate presso un laboratorio ufficiale o autorizzato di cui all’art. 59 del DPR 380/2001, con comprovata esperienza nello specifico settore delle prove da eseguire e dotato di strumentazione adeguata per prove su *FRC*. Un laboratorio con i predetti requisiti viene nel seguito denominato “Laboratorio incaricato”;
- 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;
- devono riguardare tutti i diversi *FRC* oggetto di richiesta di rilascio del CVT, intendendo come tali i prodotti che siano realizzati con matrici (tipo e dosaggi di leganti e aggregati) e/o fibre di natura differente e/o con differenti dosaggi.

I campioni, sui quali effettuare le prove, devono essere preparati a cura del Fabbricante e sotto il controllo del Laboratorio incaricato.

Per ogni prodotto deve essere redatto un *Registro delle prove iniziali di tipo* (§ 4.1), dove devono

essere riportati, per le elaborazioni statistiche, i risultati delle prove effettuate sui singoli campioni e ogni altra informazione significativa.

3.2.2 Prove per il controllo permanente di produzione in stabilimento

Il Fabbricante deve garantire un sistema di controllo interno permanente del processo di produzione in fabbrica. Tale sistema deve assicurare il mantenimento di un adeguato livello di affidabilità nella produzione e nell'impiego dei singoli materiali e dei componenti impiegati, nonché la conformità del prodotto finale ai requisiti richiesti. Il controllo della produzione in fabbrica deve essere effettuato conformemente ai Piani dei controlli trasmessi dal Fabbricante al Servizio Tecnico Centrale.

Esclusivamente per l'esecuzione delle prove a regime per il controllo permanente di produzione in stabilimento, il Fabbricante può dotarsi di un laboratorio interno di controllo che disponga di tutte le attrezzature appropriate per la verifica del sistema di rinforzo e dei relativi materiali e componenti, secondo le procedure del controllo interno permanente del processo di produzione in stabilimento; in tal caso, come precisato al § 4.1, deve dichiarare al STC gli strumenti di prova utilizzati ed il personale dedicato a tale attività di prova.

Il STC, previa eventuale visita al laboratorio stesso, deve espressamente autorizzare tale modalità esecutiva delle prove, che è esclusivamente riferita al controllo permanente di produzione in fabbrica e non alle prove iniziali di tipo.

Per l'esecuzione delle prove a regime per il controllo permanente di produzione in stabilimento, il Fabbricante potrà anche rivolgersi ad un laboratorio esterno, purchè compreso tra quelli ufficiali o autorizzati di cui all'art.59 del DPR 380/2001, ed ottenere al riguardo il nulla-osta del STC.

3.2.3 Prove annuali per il mantenimento del CVT

Ai fini del mantenimento del CVT, oltre agli usuali controlli a regime della produzione in stabilimento, con cadenza non superiore ai 12 mesi il Fabbricante deve altresì effettuare le seguenti prove:

- n. 12 prove di flessione su provino intagliato, in accordo con la EN 14651;
- n. 6 prove di compressione in accordo con la UNI EN 12390-(1,2,3);
- n. 12 prove di trazione uniassiale (solo se il materiale è classificato come incrudente in trazione).

La conferma di appartenenza ad una classe di tenacità richiede che siano verificate entrambe le seguenti condizioni:

- f_{R1k} sia superiore al valore nominale della classe di definizione;
- il rapporto f_{R3k}/f_{R1k} sia compreso nell'intervallo della classe di definizione.

I valori di f_{R1k} e f_{R3k} (§ 2.3.2) sono determinati nello stesso modo delle prove iniziali di tipo (vedi Allegato 1).

I campioni, sui quali effettuare le prove, devono essere preparati a cura del Fabbricante e sotto il controllo del Laboratorio incaricato.

I risultati di dette prove, che in ogni caso devono essere trascritti nel Registro di controllo della produzione, devono essere inviati al Servizio Tecnico Centrale in occasione della dichiarazione annuale di permanenza delle condizioni (§ 4.3).

Qualora i risultati delle prove fossero negativi, il Fabbricante deve darne comunicazione al STC. In tal caso, lo stesso Fabbricante dovrà aprire una Non Conformità, interrompere la produzione e provvedere alla risoluzione delle eventuali criticità che hanno dato luogo al risultato insoddisfacente

e quindi far ripetere dal Laboratorio incaricato o da altro Laboratorio ufficiale le medesime prove.
Ad esito positivo delle prove il Fabbricante potrà chiudere la Non Conformità e comunicare al STC i dettagli degli interventi effettuati per la rimozione delle cause ed i risultati delle prove.

3.3 Prove di qualificazione di tipo meccanico

Le prove di qualificazione di tipo meccanico comprendono:

- prove di compressione secondo la UNI EN 12390-3;
- prove di flessione su provino intagliato secondo la UNI EN 14651;
- prove di trazione, qualora il materiale sia dichiarato incrudente in trazione uniassiale.

Per le modalità di esecuzione delle prove di trazione e per la determinazione dei parametri meccanici rilevanti, di cui al § 2.1.1, si deve far riferimento all'Allegato 1.

3.3.1 Prove di compressione su calcestruzzo fibrorinforzato

La prova di compressione deve essere eseguita su cubi di lato 150 mm in accordo con le Norme Tecniche per le Costruzioni. La prova sarà condotta secondo le indicazioni della EN 12390-2 e 12390-3.

3.3.2 Prove di flessione su provino prismatico intagliato

I valori nominali delle proprietà del materiale possono essere determinati eseguendo una prova di flessione a 3 punti su un provino intagliato, in accordo con la norma EN 14651 (Figura 3). Si determina il diagramma della forza applicata (F) in funzione della deformazione, generalmente espressa in termini di CMOD (Crack Mouth Opening Displacement; Figura 4).
I parametri $f_{R,j}$, rappresentano le resistenze residue a flessione e sono valutate dalla correlazione *F-CMOD* come segue:

$$f_{R,j} = \frac{3F_j L}{2bh_{sp}^2}$$

dove:

- f_{Rj} [MPa] è la resistenza residua a flessione corrispondente ad un assegnato valore di $CMOD = CMOD_j$
- F_j [N] è il carico corrispondente a $CMOD = CMOD_j$
- L [mm] è la distanza fra gli appoggi;
- b [mm] è la larghezza del provino;
- h_{sp} [mm] è la distanza tra l'apice dell'intaglio e l'estradosso del provino (125 mm).

3.4 Prove di durabilità ambientale

Qualora il Fabbricante richieda il rilascio del CVT per classi di esposizione ai cicli di gelo/disgelo, devono essere effettuate prove di cui al § 3.4.1, da eseguirsi su campioni corrispondenti ad uno stesso prodotto e realizzati con un'unica miscela.
Come riferimento per i campioni non condizionati è possibile utilizzare i risultati dei 12 provini usati per la classificazione.
Con riferimento alle altre prove di durabilità ambientale (carbonatazione, solfati, cloruri, permeabilità al vapore, etc.) si rimanda alle norme vigenti per il calcestruzzo senza fibre.

3.4.1 Prove cicliche gelo-disgelo.

Le prove cicliche di gelo e disgelo devono essere effettuate su n. 6 campioni con le stesse modalità di cui al § 3.3.2 (Allegato 1). A tal fine i provini devono essere condizionati in una camera umida per una settimana, con umidità relativa non inferiore al 95% e temperatura di 20± 2°C. I campioni saranno pre-intagliati. N. 3 campioni saranno anche preventivamente provati a flessione secondo la EN 14651 raggiungendo un CMOD limite di 0,5 mm.

Successivamente, i campioni devono essere sottoposti ad almeno 20 cicli di gelo-disgelo. Ciascun ciclo consiste di almeno 4 ore a −20 ± 2°C °C, seguite da 12 ore in una camera umida (umidità relativa ≥ 95%, temperatura 38 ± 2°C).

Alla fine dei cicli di gelo-disgelo, i campioni condizionati devono essere controllati visivamente per riscontrare eventuali alterazioni superficiali, come erosioni, desquamazioni, fessurazioni e screpolature; di tale controllo deve essere data evidenza nel certificato di prova.

I campioni condizionati sono infine sottoposti a prova di flessione secondo la EN 14651.

La prova si ritiene superata se non viene rilevata alcuna alterazione superficiale e se il valore medio del carico in fase post-fessurazione (di cui al punto d) del § 2.3.3) risulta non inferiore all'85% del corrispondente valore medio calcolato sui campioni non condizionati.

Nel caso in cui la verifica non dovesse essere soddisfatta, la prova deve essere ripetuta allo stesso modo per escludere che si sia verificata una non conformità nell'esecuzione della prova stessa; qualora anche la prova ripetuta dia un esito non soddisfacente la procedura di richiesta del rilascio del C.I.T. deve essere sospesa ed il Laboratorio incaricato deve darne comunicazione al Fabbricante ed al Servizio Tecnico Centrale.

La prova di gelo e disgelo può sostituire la prova alle sollecitazioni termiche ambientali, di cui al successivo § 3.4.2, qualora la temperatura massima di 38°C venga innalzata fino a 45°C.

3.4.2 Prove di comportamento in ambienti con temperature elevate

Qualora nel *FRC* si utilizzino fibre polimeriche, devono essere eseguite prove di comportamento in ambienti con temperature elevate, come di seguito precisato (Allegato 1). A tal fine si eseguono prove di flessione (EN 14651) dopo aver posto per almeno 6 ore il provino, già intagliato, in una camera con temperatura di 45 ± 2°C ed umidità relativa (UR) superiore a 95%. Al termine del condizionamento verrà eseguita la prova di flessione secondo la EN14651. Le prove possono essere condotte a temperatura ambiente entro un tempo massimo di 30 minuti dalla fine del condizionamento. Il prodotto potrà essere utilizzato per impieghi strutturali se i valori medi di f_{R1m} e f_{R3m} dei quattro provini condizionati risulteranno non inferiori all'85% dei valori medi ottenuti dai 12 provini a temperatura standard (20° ± 4°C).

3.4.3 Prove per la determinazione della temperatura di transizione vetrosa e di fusione dei cristalli per fibre polimeriche

Sarà cura del Fabbricante specificare la temperatura di transizione vetrosa (T_g) valutata con la ISO 11357-2-2014 (sulla base di tre ripetizioni) e la temperatura di fusione (T_m) valutata in accordo con la ISO 11357-3-2013 (sulla base di tre ripetizioni). Saranno considerate come temperature caratteristiche quelle misurate nella prima rampa di riscaldamento e non nella seconda come suggeriscono le norme (§ 10.1.4 in ASTM D3418 o § 9.4.2 in ISO 11357-2 e § 9.4.3 in ISO 11357-3) in quanto interessa la caratterizzazione delle fibre tal quali e non del materiale di cui esse sono

costituite. Tale deviazione dalla procedura standard è ammessa dalle norme di cui sopra, ma dovrà essere riportata esplicitamente nel rapporto di prova.

3.5 Prove per la determinazione delle prestazioni alle alte temperature e di reazione al fuoco

La prova di comportamento alle alte temperature e di reazione al fuoco non sono obbligatorie.
Il Fabbricante, in relazione a quanto previsto al precedente § 3.2.1, è tenuto a dichiarare nella Scheda tecnica (Allegato 2) i valori di prestazione relativi al requisito di reazione al fuoco del *FRC*, nonché a riportare, nella suddetta Scheda tecnica, indicazioni sul comportamento del *FRC* nei confronti di temperature elevate, specificando l'intervallo delle stesse all'interno del quale sono garantite le sue caratteristiche prestazionali. Nel caso in cui il Fabbricante esegua prove specifiche di reazione al fuoco ed alle sollecitazioni termiche del *FRC*, queste dovranno essere condotte secondo la vigente normativa di settore applicabile. Nel caso in cui il Fabbricante optasse per la non dichiarazione del parametro, nella Scheda tecnica deve essere riportata la dicitura "Classe F", ai sensi del Decreto del Ministero dell'Interno del 25 ottobre 2007.

3.6 Tabella di sintesi delle prove di qualificazione

La seguente Tabella 2 riassume il numero dei provini sui quali effettuare le prove ai fini della qualificazione dei *FRC* presenti nel catalogo di un Fabbricante.

Tabella 2*– Numero di prove iniziali di tipo (ITT) necessarie per la richiesta del CVT.*

Tipo di prova	Numero di provini
Prove di tipo meccanico	
Prova di slump	1
Prove di compressione	6
Prove di flessione	12
Prove di trazione (per la qualificazione di FRC incrudente)	12
Prova a lungo termine sul filo (solo per fibre sintetiche)	3
Prove di durabilità	
Resistenza a cicli di gelo-disgelo(*)	6
Comportamento in ambienti con temperature elevate (solo per *FRC* con fibre sintetiche)	4
Prestazioni alle alte temperature (opzionali)	4 x ogni $T_{max,i}$
(*) qualora la temperatura massima nei cicli di gelo/disgelo risulti = 45°C, le prove di comportamento in ambiente con temperature elevate non saranno necessarie	

3.7 Certificazione dei risultati delle prove iniziali di tipo

I certificati di prova rilasciati dai Laboratori incaricati devono contenere almeno:

- l'identificazione del "Fabbricante" e dell'eventuale "Mandatario";
- i materiali costituenti il composito;
- le dimensioni del provino e le procedure di confezionamento;

- il luogo di effettuazione delle prove e le condizioni ambientali (temperatura e umidità);
- il tipo di prova con l'indicazione delle relative norme di riferimento;
- il tipo di strumentazione impiegata;
- l'identificazione univoca del certificato (numero di serie e data di emissione) e di ciascuna sua pagina, oltre al numero totale di pagine;
- i risultati delle prove eseguite.

3.8 Scheda tecnica

Al completamento delle *prove iniziali di tipo* (§ 3.2.1), i Fabbricanti sono tenuti a predisporre apposite Schede tecniche relative a tutti i prodotti che si intende commercializzare.

In Appendice (Allegato 2) è riportata la struttura di una Scheda tecnica tipo contenente le informazioni minime obbligatorie da fornire.

La Scheda tecnica di un prodotto deve indicare obbligatoriamente, fra l'altro:

- composizione della matrice e tipo di fibra;
- classe di resistenza a compressione, determinata con la stessa procedura di prova prevista per il calcestruzzo senza fibre;
- classe di tenacità;
- modulo elastico (valore medio): si accetta la correlazione con la resistenza a compressione, come previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni per il calcestruzzo senza fibre;
- resistenza a trazione uniassiale (valore medio e caratteristico). Per i materiali non incrudenti si può utilizzare la correlazione con la resistenza a compressione, come previsto dalle NTC per il calcestruzzo senza fibre;
- resistenza a flessione al limite di proporzionalità ($f_{fct,L}$; valore medio e caratteristico): si identifica mediante prova a flessione su provino intagliato secondo la EN 14651;
- reazione al fuoco del prodotto (opzionale);
- temperatura di fusione;
- temperatura di transizione vetrosa delle fibre polimeriche (ove presenti).

Le schede tecniche possono includere anche altre informazioni esplicative di ulteriori caratteristiche prestazionali.

3.9 Adempimenti richiesti al Fabbricante

I risultati delle prove di controllo di cui sopra devono essere conservate presso il Fabbricante per almeno 10 anni e messi a disposizione del STC per le verifiche periodiche.

Poiché il prodotto oggetto di CVT viene chiaramente individuato nelle sue caratteristiche fisico-meccaniche, qualunque modifica che vari il dosaggio, le caratteristiche geometriche e meccaniche delle fibre, il dosaggio ed il tipo di cemento, il fuso granulometrico e la natura mineralogica dell'aggregato, che il Fabbricante intenda apportare al materiale deve essere preventivamente autorizzata dal STC.

Il Fabbricante è responsabile della conformità del materiale al CVT rilasciato, nonché della sua idoneità all'impiego previsto.

Analoghe regole vanno seguite per prodotti premiscelati.

4. PROCEDURA DI QUALIFICAZIONE

I Fabbricanti di *FRC* sono tenuti ad inoltrare al STC richiesta di CVT, ai sensi del § 11.1, lettera C, delle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni.

Ai sensi della presente Linea Guida possono considerarsi Fabbricanti:

- gli impianti produttori di calcestruzzo e/o malta, che forniscono in cantiere il prodotto pronto per l'impiego;
- le aziende che producono e commercializzano prodotti a secco premiscelati, ai quali va aggiunta l'acqua in cantiere;
- imprese che per uno specifico cantiere intendono produrre autonomamente FRC, sotto la guida e la responsabilità del Direttore dei lavori.

4.1 Documenti da allegare all'istanza

L'istanza di rilascio del CVT e la relativa documentazione dovranno essere trasmesse al STC secondo le indicazioni fornite in apposita procedura che lo stesso STC provvederà ad emanare. A supporto dell'istanza dovrà essere prodotta almeno la seguente documentazione, sottoscritta dal legale rappresentante:

- *Relazione illustrativa/descrittiva* concernente il *FRC* oggetto dell'istanza, che specifichi i materiali e i componenti di base utilizzati e le caratteristiche prestazionali, che devono essere valutate dal Servizio Tecnico Centrale; a tal fine devono essere esplicitamente indicate le fonti di approvvigionamento dei componenti;
- *Scheda tecnica di prodotto* (rif. Allegato 2) relativa al *FRC* oggetto dell'istanza ed ai materiali e componenti impiegati (non devono essere inseriti riferimenti ad altri prodotti che non sono oggetto dell'istanza stessa);
- *Relazione* riguardante gli aspetti della durabilità e della compatibilità del prodotto con le condizioni ambientali che possono verificarsi nell'impiego del prodotto stesso.
- *Manuale di preparazione ed installazione del FRC*, dove sono fornite le *Istruzioni operative* per la corretta preparazione e posa in opera con riferimento ai prodotti pre-miscelati e preconfezionati. Per i materiali pre-miscelati, devono essere fornite anche le modalità di preparazione in cantiere e di stoccaggio del prodotto.
- *Indicazione* del Laboratorio incaricato presso il quale verranno eseguite le prove di qualificazione; il Laboratorio dovrà essere compreso fra quelli di cui all'art. 59 del DPR 380/200, ed ottenere il nulla-osta del STC;
- *Eventuali Certificati/Rapporti di prove* rilasciati dal Laboratorio incaricato. I predetti Certificati/Rapporti di prova devono essere recenti (eseguite nei cinque anni precedenti) e riguardare il prodotto oggetto dell'istanza. Il STC in fase di esame dell'istanza valuterà se prendere in considerazione o meno tale documentazione ai fini dell'istruttoria;
- *Certificazione FPC* ai sensi del § 11.2.8 delle NTC, nel caso di FRC prodotto da impianto industrializzato;
- *Certificazione del sistema di gestione per la qualità* del costruttore nel caso in cui l'impianto di produzione industrializzata appartenga al costruttore nell'ambito di uno specifico cantiere. In tal

caso la certificazione deve prevedere l'esistenza e l'applicazione di un sistema di controllo della produzione dell'impianto ai sensi del par. 11.2.8 delle NTC;

- *Documentazione* relativa ai criteri ed alle prove che hanno portato alla determinazione delle prestazioni di ciascuna miscela omogenea di conglomerato, così come indicato al par. 11.2.3 delle NTC, nel caso di produzioni di calcestruzzo fino a 1500 m^3 di miscela omogenea, effettuate direttamente in cantiere, mediante processi di produzione temporanei e non industrializzati;
- *Piani dei controlli interni*, dall'approvvigionamento al prodotto finito, comprese le relative procedure e/o Istruzioni operative adottate, nonché la modulistica utilizzata, comprese le procedure relative alla marchiatura e alla rintracciabilità del prodotto;
- *Modello del registro del Fabbricante*;
- *Modelli di dichiarazione della prestazione del prodotto* resa dal Fabbricante, da allegare alla documentazione di accompagnamento del prodotto stesso.

All'istanza potrà essere allegata ogni altra documentazione ritenuta dal Fabbricante pertinente ed utile ai fini dell'istruttoria del STC, purché strettamente attinente al prodotto per cui si richiede il rilascio del CVT.

Infine, qualora il Fabbricante non sia stabilito sul territorio dell'Unione Europea, deve essere altresì trasmessa copia della nomina, mediante mandato scritto, di un Mandatario stabilmente collocato sul territorio italiano.

4.2. 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 ll.pp..

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, o anche quando si riscontrino 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 prodotto.

In linea con gli indirizzi sopra descritti, il STC provvederà a redigere una apposita dettagliata procedura, nella quale saranno definiti i tempi e le modalità per la presentazione della domanda, l'esecuzione delle prove, l'invio della documentazione completa; la procedura dovrà essere resa nota anche attraverso pubblicazione sul sito web.

4.3 Durata e rinnovo del Certificato di Valutazione Tecnica (CVT)

Il CVT ha una durata di 5 anni dalla data del rilascio e può essere rinnovato su richiesta del Fabbricante, il quale entro 6 mesi dalla scadenza deve presentare al STC (Divisione 2^) apposita istanza di rinnovo corredata:

- dalla documentazione di cui al precedente § 4.1; 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 effettuate;
- eventuali ulteriori prove ritenute necessarie dal STC.

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, ed a seguito di eventuale visita di controllo, provvede a rinnovare al Fabbricante il CVT.

4.4 Sospensione e ritiro del Certificato di Valutazione Tecnica (CVT)

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

In particolare, sono motivo di sospensione:

- la modifica della composizione del prodotto e/o 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 non soddisfacenti relativamente alle proprietà meccaniche del prodotto, documentate dal controllo continuo della produzione in stabilimento o da prove di accettazione in cantiere, dovranno essere comunicati al Servizio Tecnico Centrale e valutati dal Servizio stesso. Per i casi più gravi il STC può procedere alla revoca del CVT.

4.5 Prodotti provenienti dall'estero

Gli adempimenti di cui alle presenti Linee Guida si applicano anche a Fabbricanti esteri e ai *FRC* realizzabili con fibre e matrici da loro prodotte e commercializzate, che devono essere qualificate secondo le procedure di qualificazione EN, come precisato al § 2.

Nel caso in cui tali Fabbricanti siano provvisti di un'analoga qualificazione rilasciata dalle rispettive Autorità estere competenti, il medesimo 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 del STC, è sancita con decreto del Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.
Devono comunque essere eseguiti i controlli di accettazione in cantiere di cui al § 5.
E' consentito al Fabbricante impiegare nella produzione del sistema *FRC* un componente proveniente dall'estero, a condizione che tale componente sia preventivamente qualificato secondo la normativa applicabile e sotto la sua esclusiva responsabilità.

4.6 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 documentazione di accompagnamento delle forniture, su modelli depositati presso il STC, dalla quale risulti, in modo inequivocabile, il riferimento al Fabbricante e allo stabilimento di produzione.
Nel caso di prodotti premiscelati, ogni confezione deve essere marchiata 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.
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 i Fornitori, per motivazioni diverse, l'unità marchiata perda, in parte o totalmente, l'originale marchiatura, è responsabilità sia degli utilizzatori, sia dei Fornitori 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 ed i Fornitori 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.
Il Fabbricante è tenuto ad esplicitare sui sacchi preconfezionati:

- natura/tipo delle fibre utilizzate;
- classi prestazionali del *FRC*;
- rapporto di aspetto e lunghezza delle fibre.
- lotto e data di produzione.

Inoltre, il Fabbricante è tenuto a fornire, in relazione al rinforzo presente all'interno della matrice, indicazioni di tipo geometrico utili per il progettista, quali il diametro equivalente, ecc.

5. PROCEDURE DI ACCETTAZIONE IN CANTIERE

Il Direttore dei Lavori, in fase di accettazione, deve verificare che ciascuna miscela omogenea sia coperta da CVT in corso di validità, di cui una copia deve essere presente in cantiere.
Il Direttore dei Lavori deve, inoltre, eseguire i controlli di accettazione, come riportato al successivo § 5.1
Il Direttore dei Lavori, prima della messa in opera, è tenuto a rifiutare le eventuali forniture non conformi, ferme restando le responsabilità del Fabbricante.
Ai fini della rintracciabilità dei prodotti, l'esecutore dei lavori deve inoltre assicurare la conservazione di tutta la 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.

5.1 Controlli di accettazione

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 contestualmente alla messa in opera del *FRC*;
- devono essere eseguiti su provini prelevati in cantiere.

In aggiunta alle prove di accettazione richieste per la verifica di lavorabilità e di resistenza alla compressione, previste per il calcestruzzo senza fibre, per ogni miscela omogenea è obbligatorio fare almeno un prelievo di due campioni ogni 100 m^3 di getto, da sottoporre a prova di flessione secondo la EN 14651.
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:

- natura/tipo delle fibre utilizzate;
- classi prestazionali del *FRC*;
- rapporto di aspetto e lunghezza delle fibre;
- data del getto.

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.
I certificati emessi dai Laboratori devono obbligatoriamente contenere almeno:

- l'identificazione del laboratorio che rilascia il certificato;
- l'identificazione univoca del certificato (numero di serie e data di emissione) e di ciascuna sua pagina, oltre al numero totale di pagine;
- l'identificazione del Committente dei lavori in esecuzione e del cantiere di riferimento;
- il nominativo del Direttore dei Lavori che richiede la prova;
- gli estremi del verbale di prelievo sottoscritto dal Direttore dei Lavori;
- la data di ricevimento dei campioni, di confezionamento dei provini e di esecuzione delle prove;
- la descrizione dei campioni sottoposti a prova;

- la notizia dell'eventuale presenza, al momento del confezionamento dei provini e dell'esecuzione delle prove, del Direttore dei Lavori e del Fabbricante o di loro rappresentanti formalmente delegati;
- l'identificazione delle specifiche di prova o la descrizione del metodo o procedura adottata, con l'indicazione della norma di riferimento per l'esecuzione della stessa;
- i valori delle grandezze misurate.

Le prove saranno eseguite dopo 28 giorni di maturazione in ambiente controllato con temperatura T = 20 ± 2 °C e UR $\geq$ 95%, entro 45 giorni dal prelievo.
Per la verifica della classe di resistenza a compressione e della classe di consistenza valgono le stesse regole previste dalle NTC per il calcestruzzo privo di fibre.
Relativamente alle prove di flessione, per un numero totale di prelievi da miscela omogenea inferiore a 15, il controllo di accettazione è superato se il valore medio di $f_{R,1}$ e $f_{R,3}$ ($f_{R,1m}$, $f_{R,3m}$) rispetta tutti i requisiti di seguito indicati:

$f_{R,1m}/ f^{f}_{ct,Lm} > 0,4$;
$f_{R,1m} > 1,3\ f_{R,1k}$;
$f_{R,1min} > 0,7\ f_{R,1k}$;
$f_{R,3m} > 1,3\ f_{R,3k}$;
$f_{R,3min} > 0,7\ f_{R,3k}$;

ove i valori caratteristici $f_{R,1k}$ e $f_{R,3k}$ sono i valori nominali e si riferiscono alla classe di appartenenza dichiarata per il *FRC*.
Per un numero totale di prelievi da miscela omogenea uguale o superiore a 15 il controllo di accettazione è superato se il valore medio di $f_{R,1}$ e $f_{R,3}$ ($f_{R,1m}$, $f_{R,3m}$) rispetta tutti i requisiti di seguito indicati:

$f_{R,1k}/ f^{f}_{ct,Lk} > 0,4$;
$f_{R,1m} > f_{R,1k} + 1,48s$;
$f_{R,1min} > 0,7\ f_{R,1k}$;
$f_{R,3m} > f_{R,3k} + 1,48s$;
$f_{R,3min} > 0,7\ f_{R,3k}$;

ove i valori caratteristici $f_{R,1k}$ e $f_{R,3k}$ sono i valori nominali e si riferiscono alla classe di appartenenza dichiarata per il *FRC*.
Il coefficiente 1,48 è assunto in accordo con quanto indicato nella EN 206 per il controllo di accettazione in cantiere del calcestruzzo.

5.2 Controlli di prequalifica

Nel caso di impiego di impasto pre-miscelato è necessario eseguire, in aggiunta alle prove di accettazione descritte, ulteriori prove di pre-qualifica in cantiere su almeno 3 prelievi (6 provini - EN 14651), realizzati dall'impresa adottando le modalità di impasto previste dal *Manuale di preparazione ed installazione del prodotto*.
L'attività di prequalifica sarà coordinata dal Direttore dei Lavori.
I provini saranno sottoposti a prova in un Laboratorio di cui all'art. 59 del DPR 380/2001.
Le prove saranno eseguite dopo 28 giorni di maturazione in ambiente controllato con temperatura T = 20 ± 2 °C e UR $\geq$ 95%

La prova è superata se il valore medio di $f_{R,1}$ e $f_{R,3}$ ($f_{R,1m}$, $f_{R,3m}$) rispetta tutti i requisiti di seguito indicati:

$f_{R,1m}/ f^{f}_{ct,Lm} > 0,4$;

$f_{R,1m} > 1,3\ f_{R,1k}$;

$f_{R,1min} > 0,7\ f_{R,1k}$;

$f_{R,3m} > 1,3\ f_{R,3k}$;

$f_{R,3min} > 0,7\ f_{R,3k}$;

ove i valori caratteristici $f_{R,1k}$ e $f_{R,3k}$ sono i valori nominali e si riferiscono alla classe di appartenenza dichiarata per il *FRC*.

La richiesta di prove al Laboratorio deve essere sottoscritta dal Direttore dei Lavori.

In caso di risultato negativo, il Direttore dei Lavori, dopo averne data notizia all'impresa provvede a ripetere le prove presso il Laboratorio incaricato o altro Laboratorio ufficiale o autorizzato, con la medesima miscela dichiarata, in conformità con quanto indicato nel *Manuale di preparazione e di installazione* del Fabbricante. Se il risultato non fosse soddisfacente anche dopo la seconda serie di prove, il prodotto non potrà essere utilizzato e il Direttore dei Lavori assumerà le determinazioni più opportune, dandone obbligatoriamente comunicazione anche al STC.

Nel caso di risultato soddisfacente delle prove di pre-qualifica, il controllo di accettazione procederà con le modalità descritte in precedenza.

6. RIFERIMENTI NORMATIVI

- D.M. 16.2.2007 "Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione" e D.M. 9.3.2007 "Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del Corpo nazionale dei vigili del fuoco" (G.U. 74 del 29/3/2007 supp. ord. 87)

- D.M. 10.3.2005 "Classi di reazione al fuoco per i prodotti da costruzione da impiegarsi nelle opere per le quali e' prescritto il requisito della sicurezza in caso d'incendio"

- D.M. 15.3.2005 "Requisiti di reazione al fuoco dei prodotti da costruzione installati in attivita' disciplinate da specifiche disposizioni tecniche di prevenzione incendi, in base al sistema di classificazione europeo" (G.U. 73 del 30/3/2005).

- RILEM, 2000, "Test and design methods for steel fibre reinforced concrete: beam test", RILEM TC 162-TDF Recommendations, Materials and Structures, 33: 3-5;

- RILEM, 2000, "Test and design methods for steel fibre reinforced concrete. σ-ε Design Method", RILEM TC 162-TDF Recommendations, Materials and Structures, 33: 75-81;

- RILEM, 2001, "Test and design methods for steel fibre reinforced concrete: uniaxial tension test for steel fibre reinforced concrete", RILEM TC 162-TDF Recommendations, Materials and Structures, 34: 3-6;

- RILEM, 2002, "Test and design methods for steel fibre reinforced concrete. Design of steel fibre reinforced concrete using the σ-w method: principles and applications", RILEM TC 162-TDF Recommendations, Materials and Structures, 35: 262-278;

- ACI Committee 544, 1999, "Measurement of properties of Fibre Reinforced Concrete", ACI 544.2R-98, American Concrete Institute, ACI Farmington Hills, MI;

- ACI Committee 544, 1996, "Design considerations for steel Fibre Reinforced Concrete", ACI 544.4R-88, American Concrete Institute, ACI Farmington Hills, MI;

- ACI Committee 544, 1996, “State of the art Report on Fibre Reinforced Concrete”, ACI 544.1R-96, American Concrete Institute, ACI Farmington Hills, MI;

- JCI, 1984, “Method of tests for flexural strength and flexural toughness of fibre reinforced concrete”, JCI Standard SF-4, JCI Standards for test methods of fibre reinforced concrete, Japan Concrete Institute.

- CEN EN 1992-1-1, 2004: Eurocode 2 – Design of concrete structures-Part 1-1:general rules and rules for buildings.

- CEN EN 14721 (2005): Precast concrete products – test method for methallic fiber concrete – measuring the fiber concrete in fresh and hardened concrete.

- CEN EN 14651 (2005): Test method for metallic fibre concrete – Measuring the flexural tensile strength (limit of proportionality (LOP), residual).

- UNI 11188, 2006: Progettazione, esecuzione e controllo degli elementi strutturali in calcestruzzo rinforzato con fibre d’acciaio.

- UNI 11039, 2003: Calcestruzzo rinforzato con fibre d’acciaio; (1a) Parte I: Definizioni, classificazione e designazione; (1b) Parte II: Metodo di prova per la determinazione della resistenza di prima fessurazione e degli indici di duttilità.

- UNI EN 12390, 2002: Prove sul calcestruzzo indurito.

- UNI EN 12350, Prova su calcestruzzo fresco.

- UNI EN 12504, Prove sul calcestruzzo nelle strutture

- UNI EN 11104 , 2004 Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità. Istruzioni complementari per l’applicazione della 206-1.

- UNI 9502, 2001: Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso.

- UNI EN 206, 2016 Calcestruzzo – Specifiche, prestazioni, produzione e conformità

ALLEGATO 1

Determinazione dei valori caratteristici (in accordo con la EN 1990)

La resistenza flessionale residua caratteristica si riferisce ad un frattile del 5% della distribuzione statistica dei risultati sperimentali. Per il FRC si assumerà la distribuzione log-normale.

La resistenza flessionale residua caratteristica è calcolata per mezzo dell'espressione:

$$f_{Rik} = e^{(m_y - k_n s_y)} \qquad \text{(Eq. 1)}$$

dove:

k_n è preso dalla Tabella A1, dove "n" indica il numero di campioni e "V_X" la deviazione standard.

n	1	2	3	4	5	6	8	10	20	30	∞
V_x *noto*	2.31	2.01	1.89	1.83	1.80	1.77	1.74	1.72	1.68	1.67	1.64
V_x *incognito*	-	-	3.37	2.63	2.33	2.18	2.00	1.92	1.76	1.73	1.64

Tabella A1 - Valori di k_n

$$m_y = \frac{\sum_{i=1}^{n} \ln(f_{Ri,i})}{n}$$

$$s_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (\ln(f_{Ri,i}) - m_y)^2}{n-1}}$$ quando V_X è incognito, mentre $S_y = V_X$ quando V_X è noto.

Prova di trazione diretta (CNR DT 204)

Generalità

I parametri strutturali caratterizzanti il comportamento a trazione possono essere determinati mediante una prova di trazione diretta su provino non intagliato, in accordo con quanto descritto nel seguito. La prova è finalizzata alla determinazione della curva tensione-deformazione ed in particolare della resistenza di prima fessurazione, della resistenza ultima e delle corrispondenti deformazioni.

Preparazione del provino

Il provino ha dimensioni e geometria indicate in Figura A1 (lunghezza totale: 330 mm).
Lo spessore t_p del provino deve rispettare tutti i requisiti elencati nel seguito:

- non inferiore a 5 volte il massimo diametro dell'aggregato;
- non inferiore a 2 volte la lunghezza massima (in proiezione) della fibra;
- non inferiore a 13 mm.

La larghezza b_p del provino deve rispettare tutti i requisiti elencati nel seguito:

- non inferiore a 5 volte il massimo diametro dell'aggregato;
- non inferiore a 2 volte la lunghezza massima (in proiezione) della fibra;
- non inferiore a 30 mm.

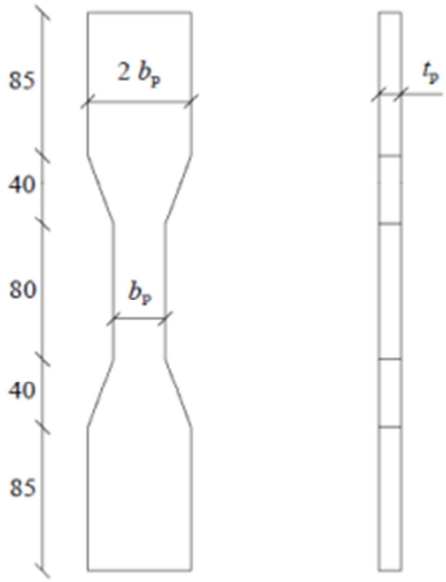


Fig. A1 – Geometria del provino (misure in mm).

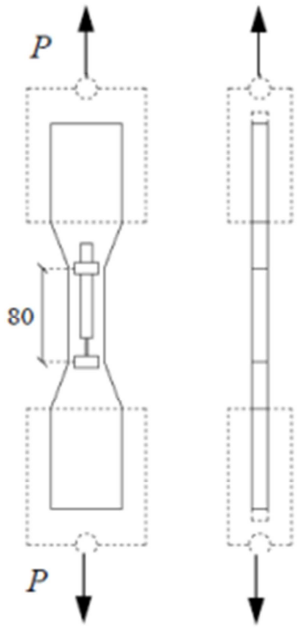


Fig. A2 – Strumentazione per la prova di trazione (misure in mm).

Apparecchiatura di prova

La macchina di prova deve essere conforme alla norma CEN-EN-12390-4 per quanto riguarda i seguenti punti:

- misura della forza;
- accuratezza della indicazione della forza;
- frequenza della taratura;
- sicurezza.

La macchina di prova deve essere dotata di idoneo dispositivo che permetta di effettuare le prove in controllo di spostamento.

Il provino viene afferrato mediante opportuni morsetti in corrispondenza delle due estremità ingrossate, adottando eventuali accorgimenti al fine di diffondere le pressioni locali. I morsetti devono essere liberi di ruotare in tutte le direzioni.

La misura del carico deve essere effettuata mediante un sistema caratterizzato da un errore relativo contenuto entro ± 1%, un errore di ripetitività inferiore all'1%, un errore sul fondo scala inferiore a ± 0.2% ed una risoluzione della macchina inferiore allo 0.5%.

L'apparato misura lo spostamento relativo tra due punti distanti 80 mm in almeno 2 posizioni contrapposte, come illustrato in Figura A2.

Procedura di prova
La prova di trazione deve essere effettuata in controllo di spostamento dell'attuatore o eventualmente dei punti di riferimento per la misura dello spostamento relativo sul provino. Il parametro di controllo deve essere aumentato con una velocità costante pari a 0.05 ± 0.01 mm/min. Il carico ed i valori di spostamento devono essere registrati con continuità su supporto digitale. La prova può essere terminata in corrispondenza di un valore dello spostamento relativo medio non minore di 0.8 mm. Si deve determinare la curva tensione nominale-deformazione dividendo il carico per l'area della sezione nominale e lo spostamento relativo per la lunghezza della base di misura, pari a 80 mm.

Certificazione delle prove
La certificazione delle prove deve essere conforme a quanto richiesto al § 3.7.

Prova a lungo termine sul filo per fibra polimerica

Generalità
La prova serve per verificare che il materiale costituente la fibra sintetica manifesti in esercizio una deformazione viscosa accettabile per l'impiego in calcestruzzi fibrorinforzati strutturali. La prova si basa sulla determinazione della deformazione del filo costituente la fibra sintetica a carico costante.

Caratteristiche e realizzazione dei provini
La lunghezza del filo sottoposto a prova non può essere inferiore a 400 mm.
Il numero di campioni nominalmente identici che devono essere sottoposti a prova non deve essere inferiore a tre.

Apparecchiatura di prova
La macchina di prova deve essere conforme alla norma EN-ISO 2062 per quanto riguarda i seguenti punti:

- misura della forza;
- accuratezza della indicazione della forza;
- frequenza della taratura;
- sicurezza.

La prova sarà effettuata in controllo di forza.

Il provino viene afferrato mediante opportuni morsetti in corrispondenza delle due estremità, adottando eventuali accorgimenti al fine di diffondere le pressioni locali. I morsetti devono essere liberi di ruotare in tutte le direzioni.
La misura del carico deve essere effettuata mediante un sistema caratterizzato da un errore relativo contenuto entro il ±1%, un errore di ripetitività inferiore all'1%, un errore sul fondo scala inferiore a ±0,2% ed una risoluzione della macchina inferiore allo 0,5%.
La distanza tra i punti di misura dell'allungamento relativo non può essere inferiore a 250 mm.
L'apparato misura lo spostamento relativo tra i due punti di riferimento con una precisione inferiore a 0,01mm.

Procedura di prova
La prova di trazione sul filo, dal quale viene ricavata per taglio la fibra polimerica, deve essere svolta in accordo con la EN 10002-1, come indicato nella UNI EN 14889-2. Noto il carico di trazione del filo P_m, occorre applicare all'estremità inferiore del filo un carico corrispondente a 0,4

P_m per un tempo pari a 3 mesi (7,7*10^6 s). Durante la prova si misura l'allungamento del provino in condizione di U.R. = 50% ± 10% e temperatura costante T = 20°C ± 2 °C. La prova ha esito positivo se il filo non raggiunge il collasso e se la variazione di deformazione totale, ottenuta sottraendo la deformazione elastica iniziale, al tempo di lettura di 3 mesi, non supera il 1000% della deformazione elastica iniziale, che corrisponde ad un coefficiente di viscosità $\varphi_{ref} < 10$.

In Fig. A3 è illustrato uno schema indicativo di un possibile sistema di prova.

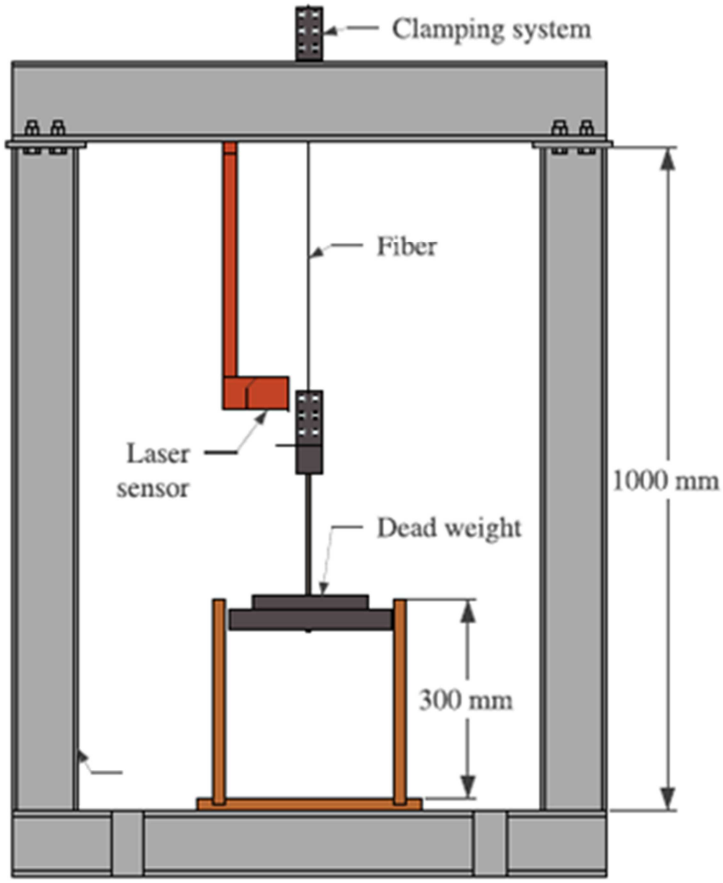


Fig. A3 – Apparecchio di prova

Certificazione delle prove

La certificazione delle prove deve essere conforme a quanto richiesto al § 3.7.

Prove per la resistenza ai cicli di gelo e disgelo

Generalità

La prova è finalizzata a conoscere il degrado indotto da una serie di cicli di gelo e disgelo sul materiale sia in stato non fessurato, sia in stato fessurato. Come noto il degrado indotto può essere superficiale (scagliatura) o interno. Per il primo si ricorre ad una misura di massa, per il secondo ad una misura del modulo elastico dinamico. Per la preparazione dei provini, l'esecuzione della prova e la misura di entrambi i degradi ci si può basare rispettivamente sulla norma CEN 12390-9 valida per il calcestruzzo privo di fibre.

Caratteristiche e realizzazione dei provini
Qualora la camera igro-termica non fosse in grado di ospitare campioni 150x150x550 mm, si potranno usare campioni di dimensioni ridotte. I campioni potranno avere una sola dimensione inferiore alla lunghezza in proiezione della fibra utilizzata per la miscela; le altre due dimensioni devono risultare almeno pari a 1.5 volte la lunghezza della fibra. I campioni saranno tutti intagliati come previsto nella EN 14651. Nel caso si facesse uso di campioni di dimensioni ridotte, dovranno essere ripetute anche le 12 prove di flessione su campioni intagliati seguendo le direttive della EN 14651, avendo adottato le stesse dimensioni dei campioni soggetti ai cicli di gelo e disgelo.

Apparecchiatura di prova
L'apparecchiatura di prova è descritta nella norma CEN 12390-9.

Procedura di prova
Anche la procedura di prova da adottare è descritta nella norma CEN 12390-9. Al termine dei cicli di gelo e disgelo, si opererà una prova di flessione in accordo con la EN 14651. Per campioni con diversa geometria, lo schema strutturale adottato sarà lo stesso per i campioni non sottoposti a cicli di gelo e disgelo e per quelli sottoposti ai cicli di gelo e disgelo. L'assenza di degrado sarà confermato dal confronto delle curve sforzo nominale vs. CMOD delle due serie di provini.

Certificazione delle prove
La certificazione delle prove deve essere conforme a quanto richiesto al § 3.7.

Prove di comportamento in ambienti con temperature elevate (per le fibre sintetiche)

Generalità
La prova è finalizzata a verificare l'influenza di una temperatura ambientale elevata sulle proprietà meccaniche di resistenza residua del composito fibrorinforzato. La prova è eseguita in accordo con la EN 14651 dopo aver condizionato opportunamente il campione.

Al termine del condizionamento, con durata di almeno 6 ore, verrà eseguita la prova di flessione secondo la EN 14651. Le prove possono essere condotte a temperatura ambiente entro un tempo massimo di 30 minuti dalla fine del condizionamento. Il prodotto potrà essere utilizzato per impieghi strutturali se i valori medi di $f_{R,1m}$ e $f_{R,3m}$ dei quattro provini condizionati risulteranno non inferiori all’85% dei valori medi ottenuti dai 12 provini a temperatura standard (20° ± 2°C).

Caratteristiche e realizzazione dei provini
Le caratteristiche del provino sono specificate nella norma EN 14651. L’intaglio sarà applicato prima del condizionamento. La prova si esegue su un numero minimo di campioni pari a 4.

Caratteristiche del dispositivo di prova
Il dispositivo di prova risulta analogo a quello descritto dalla EN 14651.

Procedura di prova
Il campione sarà posto per almeno 6 ore in una camera con temperatura di 45±2°C ed umidità relativa (UR) superiore a 95%. Al termine dell'esposizione, il provino verrà immediatamente provato secondo la procedura descritta nella norma EN 14651.

Certificazione delle prove

La certificazione delle prove deve essere conforme a quanto richiesto al § 3.7.

Prove per la resistenza alle alte temperature

Generalità

La prova è finalizzata a verificare l'influenza sulle proprietà meccaniche di resistenza residua del composito fibrorinforzato a seguito di una esposizione prolungata ad alta temperatura del materiale. La prova è eseguita in accordo con la EN 14651 dopo aver condizionato opportunamente il campione.

Al termine del condizionamento, dopo aver portato il campione alla temperatura di 20°C verrà eseguita la prova di flessione secondo la EN14651.
La prova può anche essere svolta a temperatura elevata: in tal caso può risultare conveniente modificare le dimensioni del provino ed eseguire una prova di flessione a 4 punti su un campione privo di intaglio, modificando le velocità di spostamento, poiché l'esito sarà comparativo e pertanto verranno confrontate le prestazioni del provino condizionato e del provino non condizionato, ovvero rimasto a temperatura ambiente. Per specificare la massima temperatura T_a cui sono garantite le caratteristiche prestazionali del FRC, occorre determinare la temperatura estrema di utilizzo T_{eu}. Tale temperatura è definita come quella che induce una risposta del materiale caratterizzata da una curva media che non si discosta più del 15% dalla curva media determinata alla temperatura di 20°C per ogni livello di deformazione. La temperatura estrema di utilizzo sarà raggiunta con gradienti termici non superiori a 30°C/h e ciascun campione sarà mantenuto alla temperatura estrema per almeno 6h prima dell'inizio della prova.

Caratteristiche e realizzazione dei provini

Le caratteristiche del provino sono specificate nella norma EN 14651. L'intaglio sarà applicato prima del condizionamento. Il numero minimo di campioni su cui eseguire la prova è 4 per ogni temperatura massima dichiarata.

Caratteristiche del dispositivo di prova

Il dispositivo di prova risulta analogo a quello descritto dalla EN 14651.

Procedura di prova

Il provino intagliato sarà sottoposto ad un ciclo termico con velocità di riscaldamento pari a 30°C/h; raggiunta la temperatura massima, seguirà una fase di stabilizzazione pari a 2h. Successivamente si procederà ad una fase di raffreddamento con velocità di raffreddamento pari a 12°C/h. Raggiunti i 100°C, si aprirà il forno e si raggiungerà la temperatura ambiente di 20°C in assenza di controllo per libero scambio termico. Le temperature massime consigliate risultano di 200°C, 400°C, 600°C e 800°C.

Al termine del ciclo termico, il provino alla temperatura di 20°C verrà immediatamente provato secondo la procedura descritta nella norma EN 14651.

Certificazione delle prove

La certificazione delle prove deve essere conforme a quanto richiesto al § 3.7. L'esito delle prove svolte potrà consentire la creazione di una curva di danneggiamento termico percentuale, normalizzando i risultati delle resistenze residue nominali $f_{R,1Ti}$ ed $f_{R,3Ti}$ ottenuti per i provini condizionati alla massima temperatura Ti per i valori medi $f_{R,1m}$ e $f_{R,3m}$ determinati in assenza di ciclo termico alla temperatura di riferimento Tref di 20°C.

ALLEGATO 2

Scheda tecnica

Il Fabbricante deve riportare le prestazioni dichiarate e comprovate mediate le prove descritte nei paragrafi precedenti con riferimento laddove espressamente richiesto, ai valori statistici necessari per la valutazione delle resistenze e delle deformazioni caratteristiche (ad esempio media, scarto quadratico medio, popolazione, frattile, intervallo di confidenza).

Descrizione

Nome commerciale (qualora presente)

Marcatura CE dei prodotti di base (cemento, aggregati, fibra/e, additivi, aggiunte) e ogni altra informazione generale ritenuta utile.

Fibre: caratteristiche geometriche, fisiche e meccaniche

		Proprietà	***Unità di misura***	***Valore***	***Denominazione / Normativa di riferimento***
Fibra	***metallica / polimerica***	forma	-		uncinata/twin-cone
		materiale	-		acciaio/polipropilene/ ecc.
		densità materiale	[g/cm^3]		ρ_f / EN 14889
		lunghezza	[mm]		l_f / EN 14889
		diametro	[mm]		d_f / EN 14889
		Temperatura di fusione dei cristalli	[°C]		T_m / 11357-3-2013
		Resistenza a trazione	[MPa]		f_{ft} / EN 14889
		Modulo elastico	[GPa]		E_f / EN 14889
		Allungamento a rottura	[%]		A_{ft} / EN 14889
	polimerica	Coeff. di viscosità	[-]		φ_{ref} / All. 3
		Temperatura di transizione vetrosa	[°C]		T_g / ISO 11357-2-2014

Composito FRC: proprietà geometriche, fisiche e meccaniche

Condizioni di stoccaggio: descrizione

Precauzioni d'uso e sicurezza: descrizione

	Proprietà	***Unità di misura***	***Valore***	***Denominazione / Normativa di riferimento***
FRC	Dimensione massima aggregato	[mm]		$d_{a,max}$
	Densità	[g/cm^3]		EN 12390-7
	Classe di consistenza	[mm,s]		EN 12350 -1,2,3
	Classe di resistenza a compressione	[MPa]		R_c / EN 12390 -1,2,3
	Modulo Elastico	[MPa]		E_{fm}/§2.3.3
	Classe di tenacità	[MPa;		$f_{R,1k}$; $f_{R,3k}$/ $f_{R,1k}$ / EN
	Resistenza al limite di proporzionalità	[MPa]		$f_{fct,L}$ / EN 14651
	Resistenza a trazione(*)	[MPa]		f_{Ft} / §7.2
	Classe di esposizione	[-]		EN 206
	Classe di reazione al fuoco	[-]		D.M. 10/3/2005
	Temperatura estrema di utilizzo	[°C]		T_{eu} / §7.6
	Resistenza gelo e disgelo(*)	[n.		EN 12390-9, §7.4
	Resistenza alle alte temperature(**)	[%,°C]		§7.6

(*) solo per materiali incrudenti

(**) proprietà facoltativa