

Publicazioni

Linea Pavimentazioni

Pavimentazioni in calcestruzzo fibrorinforzato con fibre di acciaio ricavate da lamiera tagliata (UNI EN 14889-1, Gruppo 2) e fibre polimeriche (UNI EN 14889-2)



Più di 7000 visualizzazioni in una settimana...

...pubblicato su i più importanti portali on-line del settore delle costruzioni e dei servizi di ingegneria!!!

LE PAVIMENTAZIONI

Le pavimentazioni in conglomerato cementizio rappresentano nel nostro paese la soluzione più adottata per gli edifici ad uso industriale, e, sempre più frequentemente anche per vie di transito di veicoli o piazzali esterni e di pertinenza, aree portuali e aeroportuali.

Le molteplici qualità del calcestruzzo sono univocamente conosciute: resistenza alla compressione, adattabilità ad assumere numerose forme geometriche e durabilità nel tempo (naturalmente se vengono rispettate le indicazioni di produzione e di posa); per contro quando a questo materiale viene richiesto di assorbire delle tensioni o meglio di "lavorare" a flessione od a flesso-trazione, esso, se non opportunamente armato, una volta fessurato velocemente collassa. Inoltre, se viene sottoposto ad urti tende a sbriciarsi.

L'UTILIZZO DI FIBRE STRUTTURALI

Partendo dai "lati deboli" del calcestruzzo sopraelencati, si basa la tecnologia del **calcestruzzo fibrorinforzato** con fibre in acciaio o polimeriche, con l'obiettivo di poter inserire nel conglomerato un'armatura che lo possa rendere "**duttile**", cioè capace di fessurarsi, ma di mantenere ancora una più che sufficiente capacità portante residua.

L'impiego delle fibre nella costruzione delle pavimentazioni rappresenta sicuramente una delle principali evoluzioni del settore.

Le fibre sono dei piccoli segmenti che inseriti nel calcestruzzo, grazie all'elevato modulo elastico, permettono di passare da un materiale (calcestruzzo) "fragile" a "duttile". Infatti esse **arrestano immediatamente il propagarsi della fessura** non appena questa si innesca. La condizione fondamentale del materiale fibrorinforzato è una ripartizione casuale e omogenea delle fibre nella matrice cementizia.



LE FIBRE

Esistono due tipologie di fibre impiegate nel settore delle costruzioni:

- **Metalliche (ricavate da lamiera tagliata)** - (Normativa UNI EN 14889-1 Gruppo 2): in acciaio al carbonio per calcestruzzi in genere e in acciaio legati (inox) per l'industria dei refrattari.
- **Sintetiche** - (Normativa UNI EN 14889-2): poliestere, polietilene, polipropilene.

Le fibre in acciaio ottenute da nastro di acciaio sono conformi alla normativa UNI EN 14489-1 gruppo 2 hanno forma piatta, con sezione rettangolare. Queste caratteristiche hanno maggiori vantaggi rispetto alle fibre con sezione circolare ottenute da filo:

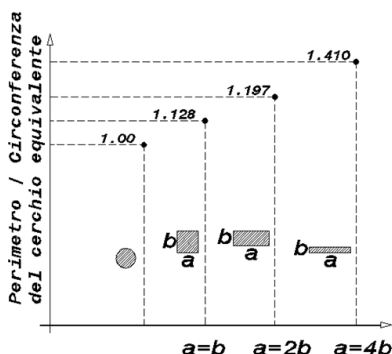


- **la miglior lavorabilità della miscela fibre+calcestruzzo (no effetto "balling")**
- **maggior aderenza tra i due componenti (superficie di contatto maggiore)**
- **maggior resistenza al pull-out**
- **miglior distribuzione all'interno della matrice cementizia (reticolo interno)**

queste caratteristiche sono **fondamentali** e garantiscono al composito di assumere elevate prestazioni.

L'interfaccia tra matrice cementizia e fibra assume un ruolo fondamentale nello sviluppo delle proprietà del calcestruzzo fibrorinforzato. L'aderenza delle fibre è fondamentale per garantire un'adeguata resistenza allo sfilamento delle fibre.

La natura di questa resistenza per le fibre d'acciaio è totalmente dovuta all'attrito tra la superficie di contatto della fibra e la matrice cementizia. Entrano quindi in gioco parametri quali, la scabrezza e la forma della superficie di contatto delle fibre. In tutti i casi l'interfaccia è una zona attraverso la quale le proprietà si trasferiscono da un componente all'altro del composito. È quindi evidente che, maggiore è il perimetro della sezione della fibra e maggiore sarà la forza necessaria per estrarle dalla matrice cementizia, in quanto è maggiore l'area di contatto tra i due componenti.



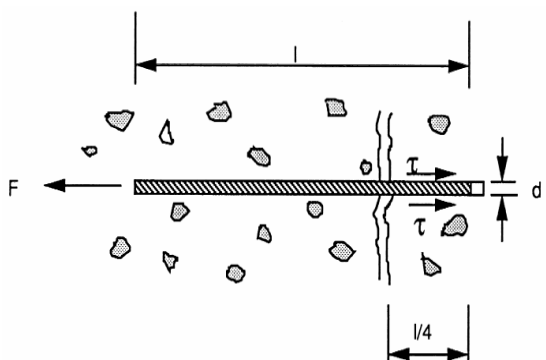
Come è possibile notare dal grafico, le fibre ricavate da lamiera tagliata (Gruppo 2 – UNI EN 14889-1) possiedono uno sviluppo della lunghezza del perimetro maggiore rispetto alle fibre ricavate da filo con forma circolare a parità di area sottesa della sezione.

Le fibre a **sezione rettangolare** garantiscono un'ottima miscelabilità e lavorabilità nel calcestruzzo e non necessitano di uncinatura alle estremità che possono ostacolare le operazioni di miscelazione, creando il cosiddetto fenomeno del "balling".

Inoltre le fibre con forma rettangolare non necessitano di incollaggio in placchette, pratica che è stata introdotta con le fibre ottenute da filo per favorire la miscelabilità e diminuire il concatenamento delle fibre causato dalle estremità uncinatate.

Oggi, lo sviluppo di **laminati piani a basso tenore di carbonio ed a alte prestazioni meccaniche** garantisce alle fibre **elevate caratteristiche**, sia di **resistenza a trazione** delle fibre stesse (con resistenze a trazione **fino a 1800 MPa**), che di **resistenza all'interno della miscela cementizia** senza dover ricorrere a uncinature multiple che causano grossi problemi di miscelabilità nella matrice stessa. Gli **elevati valori di allungamento dei laminati piani** in acciaio, trasmettono alle fibre ottenute da lamiera tagliata un **elevata duttilità intrinseca**, rispetto a quelle ottenute da filo, garantendo così un sensibile **incremento del carico ultimo della struttura** senza creare problemi di affioramento sulla superficie delle pavimentazioni. È possibile affermare anche che, in funzione dei carichi gravanti sulla pavimentazione, è possibile utilizzare fibre in acciaio con diverse resistenze in relazione alle sollecitazioni reali, senza sovradimensionarne l'utilizzo.

E' chiaro che la presenza di fibre influenza **l'energia di fessurazione** richiesta durante la propagazione della frattura, quindi la presenza di fibre e lo spazio che intercorre tra le fibre influenzano in modo rilevante la possibilità che una fessura non si propaghi fino a raggiungere la dimensione critica. I meccanismi di assorbimento di energia, un esempio su tutti è il **"pull-out"**, **dipendono dall'area superficiale delle fibre coinvolte nella frattura.**



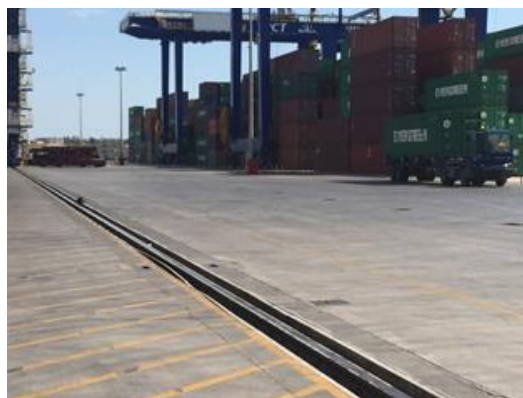
Grazie **all'elevata superficie di contatto** (perimetro della sezione della fibra), le fibre ricavate da lamiera tagliata non necessitano di uncinature terminali, in quanto la forza di estrazione "pull-out" che dipende direttamente dalla superficie di contatto tra la fibra e la matrice cementizia è sufficiente a garantire il corretto comportamento (di non sfilamento) nella matrice cementizia. **La resistenza di "pull-out" delle fibre ricavate da lamiera tagliata può essere anche superiore del 60% rispetto alle fibre ottenute da filo.**

L'impiego delle fibre polimeriche (Normativa UNI EN 14889-2) nel settore delle costruzioni rappresenta sicuramente una recente evoluzione del settore. Le fibre polimeriche sono dei piccoli segmenti, ricavati da particolari matrici sintetiche, che inserite nel calcestruzzo migliorano le caratteristiche meccaniche di resistenza. In presenza di carichi elevati gravanti sulla pavimentazione, le prestazioni che offrono le fibre in acciaio, ad oggi, sono ancora nettamente superiori rispetto a quelle offerte dalle fibre polimeriche.

IMPIEGHI

Le fibre, sia in acciaio che polimeriche, per il rinforzo del calcestruzzo possono essere impiegate in svariati settori, di seguito elencati:

- **pavimentazioni rigide in calcestruzzo anche sottoposte ad elevati carichi dinamici**
- **aree di parcheggio e piste aeroportuali**
- **banchine portuali e aree di stoccaggio**
- **getti di fondazioni**
- **impalcati e solette**
- **manufatti in calcestruzzo**
- **manufatti stradali estrusi (cordoli, cunette, new jersey e traversine ferroviarie)**
- **gallerie (spritz beton)**
- **pre-rivestimento di gallerie**
- **consolidamento di pareti e fronti di scavo**
- **massetto tradizionali e ad alte prestazioni energetiche**



LA SOLUZIONE FIBRORINFORZATA

Il sistema tradizionale di costruzione di una pavimentazione in calcestruzzo armato consiste nella posa di uno o più fogli di rete elettrosaldata nello spessore previsto. Tale tipo di armatura presuppone che la rete si trovi esattamente nel punto dove le tensioni sono massime e dove si innesca la fessurazione derivante dai carichi agenti sulla pavimentazione. In linea di principio la rete dovrebbe trovarsi quanto più prossima all'intradosso e all'estradosso, garantendo però un copri-ferro. Il suo posizionamento dovrebbe essere effettuato mediante l'utilizzo di distanziatori metallici. Purtroppo la pratica ci porta a constatare che spesso la rete inferiore è adagiata direttamente a contatto con il sottofondo mentre la rete superiore viene schiacciata durante il getto (e quindi non posizionata correttamente). A tutto ciò bisogna aggiungere che ogni foglio di rete deve essere sovrapposto all'adiacente almeno circa pari al 20%.

L'utilizzo della tecnologia del **calcestruzzo fibrorinforzato** con fibre elimina totalmente questo problema. Infatti il loro utilizzo nella pavimentazione in calcestruzzo consente di ottenere due importanti caratteristiche intrinseche: la **diffusione uniforme dell'armatura** e l'**aumento delle caratteristiche meccaniche** del conglomerato cementizio.

LA NORMATIVA

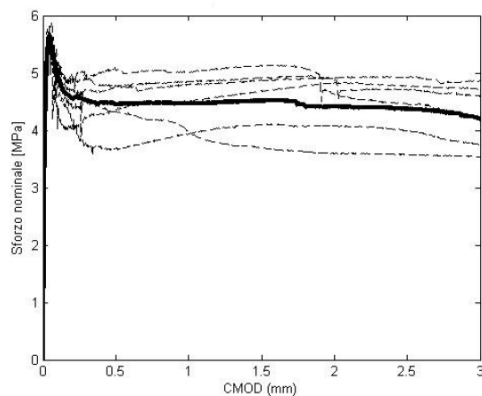
In Italia, la prima normativa che tratta di calcestruzzo fibrorinforzato è la **UNI 11037**, essa definisce i requisiti minimi per le fibre d'acciaio impiegate nel calcestruzzo.

Successivamente sono state approvate due norme, che come anticipato nei paragrafi precedenti, specificano i requisiti relativi alle fibre di acciaio e polimeriche per usi strutturali e non strutturali, nel calcestruzzo e nella malta:

- **UNI EN 14489-1** Fibres for concrete – Part. 1: Steel fibres
Essa classifica le fibre in base al semilavorato, al tipo di processo produttivo, alla forma longitudinale ed alla protezione superficiale.
La norma prescrive le tolleranze dimensionali, il relativo piano di campionamento e una serie di elementi da dichiarare nella marcatura dell'imballo.
- **UNI EN 14889-2** Fibres for concrete – Part. 2: Polymer fibres

COMPORAMENTO A TRAZIONE DEL CALCESTRUZZO FIBRORINFORZATO CON FIBRE OTTENUTE DA LAMIERA TAGLIATA (Gruppo 2 - UNI EN 14889-1)

Le fibre in acciaio, in virtù dell'elevato modulo elastico, contrastano la contrazione volumetrica in fase di presa riducendo l'insorgere di stati tensionali che possono causare lesioni, ovvero compromettere lo stato strutturale dell'opera. A presa avvenuta la presenza di fibre conferisce al composito tenacità e duttilità che consente di contrastare efficacemente l'insorgere e la propagazione di lesioni. Tali proprietà, innalzando il carico ultimo della struttura e inducono significativi incrementi di resistenza a fatica.



L'incremento prestazionale che si ottiene passando da compositi tradizionali a compositi fibrorinforzati è sensibilmente elevato, tale da consentire, a parità di prestazione, anche una riduzione degli spessori degli strati della pavimentazione. Come si diceva precedentemente l'incremento prestazionale dovuto alle fibre di acciaio è in campo plastico (incremento di tenacità e duttilità). Come è possibile vedere nel grafico, successivamente all'apertura

di fessura nel calcestruzzo (punto di picco della curva), grazie all'azione delle fibre, il calcestruzzo fibrorinforzato acquisisce una duttilità tale da non consentire un comportamento fragile. Le fibre aumentano la resistenza a trazione del calcestruzzo nella fase di post-fessurazione, arrestando immediatamente il propagarsi della fessura e quindi il collasso a lungo termine del materiale. Nel caso di una pavimentazione armata con rete elettrosaldata, la caratteristica di duttilità del calcestruzzo non può essere garantita, in quanto la distribuzione dell'armatura nella sezione non è omogenea e in tutt'altezza come nel caso delle fibre, ma parziale ad una quota prestabilita. Per questo motivo all'insorgere della fessura, essa si propaga fino al raggiungimento dell'armatura, ma non essendo uniformemente distribuita nel calcestruzzo, il danno e l'apertura di fessura nella sezione sarà maggiore, facendo decadere rapidamente le prestazioni del calcestruzzo. La fessura si arresterà al raggiungimento dell'armatura in acciaio, mentre nella sezione fibrorinforzata la fibra agisce tempestivamente arrestando la fessura non appena essa si genera.

Quindi è possibile affermare che il fibrorinforzo deve essere omogeneamente distribuito in tutta la altezza della sezione, tale da formare un reticolo di rinforzo nel calcestruzzo che ne aumenta le prestazioni meccaniche.

I VANTAGGI

Tecnici

- **Redistribuzione delle tensioni** all'interno della lastra di calcestruzzo
- **rinforzo** omogeneo e reagente in tutta la sezione;
- aumento della **capacità portante** con minor spessore;
- **resistenza agli urti**, con aumento della resilienza e della fatica;
- **riduzione** dell'effetto "curling";
- nessuna corrosione o sgretolamento del calcestruzzo;
- **maggiore durabilità**.

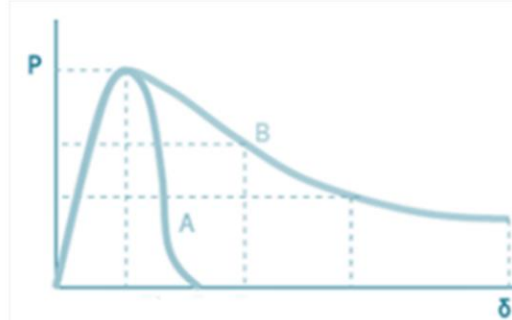
Pratici

- **Facile immissione** delle fibre direttamente all'impianto di betonaggio o in betoniera in cantiere;
- **eliminazione totale o parziale della rete elettrosaldata** (in funzione dei carichi) e della posa dei distanziatori;
- getto di un **calcestruzzo già armato**;
- finitura della superficie invariata rispetto alle tecniche abituali;
- **pompabilità** senza problemi;

Economici

- **Riduzione dei tempi di lavorazione**;
- **migliore rendimento**;
- **riduzione dello spessore** della lastra;
- **eliminazione del costo aggiuntivo della pompa** per il calcestruzzo, il getto può essere steso direttamente al fronte dal canale della betoniera;
- **diminuzione** degli interventi di **manutenzione**.

COMPARAZIONE TRA CALCESTRUZZO ORDINARIO E FIBRORINFORZATO



Curva B: resistenza a flessione calcestruzzo fibrorinforzato

Curva A: resistenza a flessione calcestruzzo ordinario

PRESTAZIONI TECNICHE

ANTIRITIRO

- Grazie alle fibre, **controllo il ritiro igrometrico e plastico**

RESISTENZE MECCANICHE

- **ridurre la fessurazione da ritiro**
- **maggiore portanza della pavimentazione**
- **Sostituire, parzialmente o totalmente l'armatura convenzionale**
- **Maggiore resistenza a trazione**
- **Maggiore resistenza a flessione**
- **Maggiore resistenza agli urti**
- **Maggiore resistenza all'abrasione**
- **Maggiore resistenza a fatica**

CAMPI DI UTILIZZO

- **Pavimentazioni esterne**
- **Pavimentazioni interne**

CAMPI DI UTILIZZO

- FIBRAG® STEEL

FIBRA

CAMPO DI UTILIZZO

FIBRAG® STEEL F-DUE 18



Massetti

Massetti radianti ad alte prestazioni termiche

Malte fibrorinforzate

Malte fibrorinforzate per risanamenti e rafforzamenti

Casseforti

FIBRAG® STEEL F-DUE 22



Massetti

Massetti radianti ad alte prestazioni termiche

Malte fibrorinforzate

Malte fibrorinforzate per risanamenti e rafforzamenti

Casseforti

FIBRAG® STEEL F-DUE 30



Spritz beton strutturale

Spritz beton di sicurezza

Pre-rivestimento di gallerie

Consolidamento di scarpate e fronti di scavo

Consolidamento e rinforzo di pareti

FIBRAG® STEEL F-DUE 44



Pavimentazioni rigide in calcestruzzo

Pavimentazioni industriali in calcestruzzo

Pavimentazioni sottoposte a carichi pesanti o a elevati carichi dinamici

Getti di fondazione

Impalcati e solette

Elementi prefabbricati

FIBRAG® STEEL F-DUE 60



Pavimentazioni portuali in calcestruzzo (banchine)

Pavimentazioni aeroportuali

Aree di sosta aeromobili

Pavimentazioni sottoposte a carichi pesanti o a elevati carichi dinamici

Elementi prefabbricati

FIBRAG® STEEL F-WAVE

Pavimentazioni in calcestruzzo

- **FIBRAG® POLY**

CAMPO DI UTILIZZO

**FIBRAG® POLY
FIBROPOL**



Restauri e recuperi edilizi

Pavimenti stampati

Manufatti prefabbricati

Malte e intonaci

**FIBRAG® POLY
PEH 20**



Restauri e recuperi edilizi

Massetti tradizionali, autolivellanti e radianti

Manufatti prefabbricati

Malte e intonaci

Spritz beton

**FIBRAG® POLY
FRH 30/40**



Spritz beton strutturale

Spritz beton di sicurezza

Pavimentazioni rigide in calcestruzzo (aeroportuali, industriali)

Manufatti prefabbricati

Getti di fondazione

**FIBRAG® POLY
PPH 30/40/50**



Spritz beton strutturale

Spritz beton di sicurezza

Pavimentazioni rigide in calcestruzzo (aeroportuali, industriali)

Manufatti prefabbricati

Getti di fondazione

**FIBRAG® POLY
PSF 55**



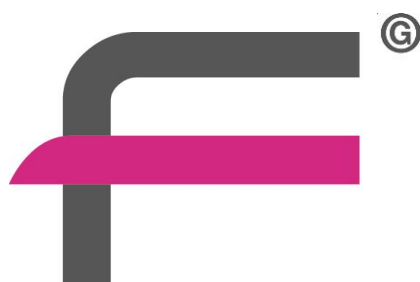
Spritz beton strutturale

Spritz beton di sicurezza

Pavimentazioni rigide in calcestruzzo (aeroportuali, industriali)

Manufatti prefabbricati

Getti di fondazione



Castello di Brianza (LC) – Via delle Fornaci snc

ITALIA

Tel. +39 031 851038 – Fax. +39 031 852129

E-mail: fibrocev@fibrocev.it

www.fibrocev.it