

COMUNE



BRESCIA

PROVINCIA DI BRESCIA

PROGETTAZIONE PAVIMENTI CIVILI ED INDUSTRIALI

Cantiere: Via Stretta - Brescia

Committente: Cor.Pav. Srl

Ovada, 03 Giugno 2015

Rev.4.1

Cod. pratica 056.15

INDICE

1. PREMESSA

2. METODO DI CALCOLO

3. VERIFICA PAVIMENTAZIONE

3.1 Dati di Input

3.2 Tipologia carico

3.3 Verifica pavimentazione

3.3.1 Verifica pavimentazione con X Fiber 54

3.3.2 Verifica pavimentazione con rete elettrosaldata

3.4 Esempio esplicativo relativo al funzionamento del programma

3.5 Controllo di qualità dei pavimenti in Frc

3.6 Zone di bordo

3.7 Indicazioni per corretta esecuzione

3.8 Progetto dei giunti

4. CONCLUSIONI

5. OSSERVAZIONI

6. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

7. BIBLIOGRAFIA

1. PREMESSA

La presente relazione si pone l'obiettivo di dimensionare la pavimentazione relativa al cantiere acquisito dalla Cor. Pav. Srl sito in via Stretta a Brescia (BS) secondo i carichi previsti dalla Committenza.

L'utilizzo di fibre all'interno della matrice cementizia ha come fine la formazione di un materiale composito nel quale il conglomerato è unito ad un agente rinforzante formato da materiale fibroso di varia natura. Il calcestruzzo fibrorinforzato è quindi un composito a matrice cementizia, costituito da cemento, acqua, aggregati, fibre ed eventuali additivi; i diversi componenti devono essere opportunamente combinati per ottenere le proprietà allo stato fresco e le caratteristiche meccaniche allo stato indurito richieste dal Prescrittore. Di conseguenza, per ottenere un calcestruzzo fibrorinforzato a prestazioni garantite, non basta aggiungere delle fibre ad una matrice di calcestruzzo, ma la miscela del composito deve essere opportunamente progettata.

Le fibre risultano caratterizzate, oltre che dal tipo di materiale, da parametri geometrici quali la lunghezza, il diametro equivalente, il rapporto d'aspetto e la forma (fibre lisce, uncinato, ecc.). I principali parametri geometrici della fibra sono riportati nel seguito:

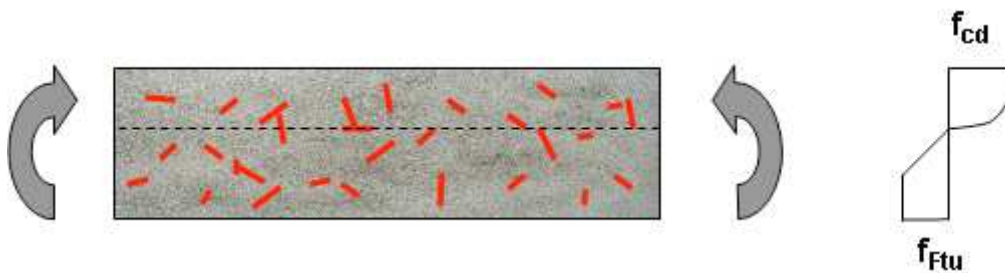
- la lunghezza della fibra (l_f) è la distanza tra le estremità della fibra e deve essere misurata in accordo con le norme di riferimento specifiche;
- la lunghezza in sviluppo della fibra (l_d) è la lunghezza della linea d'asse della fibra;
- il diametro equivalente (d_f) è il diametro di un cerchio con area uguale all'area media della sezione trasversale della fibra;
- il rapporto d'aspetto è definito come quoziente tra la lunghezza e il diametro equivalente della fibra.

I principali vantaggi derivanti dall'utilizzo di fibre come elemento di rinforzo di una pavimentazione sono sia costruttivi che strutturali; basti pensare alla eliminazione (o alla notevole riduzione) dei tempi di posa in opera dell'armatura (con conseguente riduzione dei costi della manodopera) e dei tempi di controllo della D.L., al miglioramento del comportamento fessurativo (con il conseguente aumento della durabilità dell'opera).

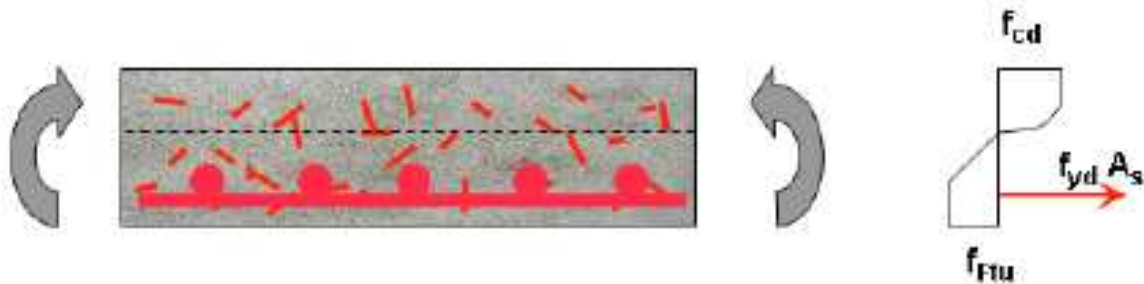
Le tipologie di carico normalmente applicate alle pavimentazioni industriali comportano stati di sforzo particolarmente complessi. I carichi mobili, ad esempio, esercitano azioni cicliche variabili nei diversi punti della pavimentazione che risulta così sottoposta ad azioni flettenti con trazioni sia nella parte superiore sia in quella inferiore. La presenza di un momento flettente che tende le fibre superiori richiede un'armatura all'estradosso della piastra. L'utilizzo a tal fine di una rete elettrosaldata richiede particolari

attenzioni in quanto, durante le operazioni di getto, la rete superiore potrebbe essere schiacciata sul fondo della pavimentazione, sia pur in presenza di distanziatori. In questo contesto le fibre, distribuendosi uniformemente nel volume della piastra, rappresentano un'armatura ideale, tanto da non richiedere particolare mano d'opera per la posa e da non creare problemi durante la fase di getto.

a) Per i pavimenti di calcestruzzo fibrorinforzato senza armatura convenzionale la resistenza a trazione, sia per il momento positivo sia per il momento negativo, è affidata alle sole fibre che hanno quindi funzione strutturale. Dal momento che il fibrorinforzo si attiva solo dopo la microfessurazione della matrice cementizia, è preferibile l'utilizzo di metodi di calcolo che possano tenere in adeguata considerazione le notevoli capacità di resistenza post-fessurazione e che consentano di sfruttare appieno tutte le risorse di energia che il calcestruzzo rinforzato con fibre è in grado di offrire. I metodi di analisi in grado di tenere in considerazione il comportamento non lineare del materiale, già presenti nelle normative (TR 34, 2003; UNI 11146, 2005; CNR DT 204, 2006), sono basati sulla teoria delle linee di plasticizzazione o di rottura (Yield-Line Method; Johansen, 1962) o sulla Meccanica della Frattura Non Lineare (NLFM; Hillerborg et al., 1976).



b. Pavimenti di calcestruzzo fibrorinforzato con armatura convenzionale. In questo caso la rete elettrosaldata è generalmente posata sul fondo della pavimentazione. La resistenza a trazione dovuta al momento positivo (fibre inferiori tese) è prevalentemente affidata alla rete e alle fibre mentre la resistenza a trazione dovuta al momento negativo (fibre superiori tese) è affidata alle fibre che svolgono una funzione strutturale.



2. METODO DI CALCOLO

Il pavimento oggetto della progettazione è stato verificato con l'ausilio di un programma di calcolo che permette di valutare i quantitativi di fibra sintetica strutturale da inserire all'interno del getto per poter garantire il corretto funzionamento della pavimentazione sotto l'azione dei carichi previsti.

La valutazione della quantità di fibre necessaria per un dato spessore è effettuata nello spirito della "Yield Line Theory", secondo quanto indicato nei lavori citati in bibliografia.

Si considera un pavimento appoggiato su suolo elastico alla Winkler. Il pavimento si fessura per il momento positivo presente sotto il carico.

Spessore e dosaggio di fibre sono determinati in modo che il calcestruzzo non si fessuri per il massimo momento negativo presente ad una certa distanza dal carico (il massimo momento negativo viene quindi posto uguale al momento di prima fessurazione del calcestruzzo).

In altre parole, si considera che per carichi crescenti si produce dapprima la fessurazione a momento positivo sotto il carico (momento massimo); al crescere del carico aumenta la fessurazione radiale intradossale finchè il massimo momento negativo non è tale da fessurare il calcestruzzo all'estradosso. Questa condizione è considerata lo Stato Limite Ultimo del pavimento.

Si considera inoltre che il momento positivo si trasmetta nelle sezioni fessurate grazie alla presenza delle fibre.

Per il calcestruzzo fibroso si assume infatti a trazione il legame costitutivo di figura 1 in cui f_{ct} è la resistenza a trazione del calcestruzzo (considerata indipendente dal dosaggio di fibre) e la resistenza residua f_{res} è dovuta alla presenza delle fibre che attraversano la fessura e consentono il passaggio di tensioni di trazione tra i suoi lembi.

La resistenza residua dipende da:

- classe del calcestruzzo (R_{ck});
- dosaggio di fibre e tipo di fibre (V_f).



Figura 1. Legame costitutivo a trazione del calcestruzzo con fibre RXF 54.

Il legame $f_{res} = f_{res}(R_{ck}, V_f)$ è stato determinato sulla base di risultati sperimentali condotti con diversi dosaggi di fibre Ruredil RXF 54 e diverse classi di calcestruzzo ed è del tipo di figura 2.

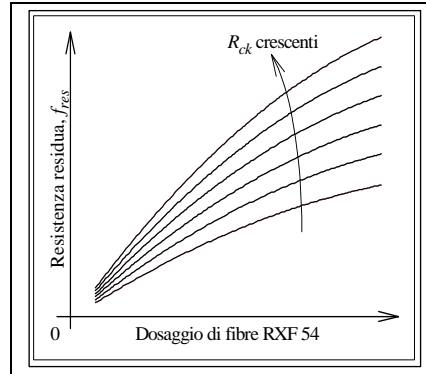


Figura 2. Andamenti della resistenza con il dosaggio di fibre RXF 54.

Il momento flettente M_{res} che si trasmette grazie alla presenza delle fibre in una sezione fessurata è determinato con lo schema di figura 3.

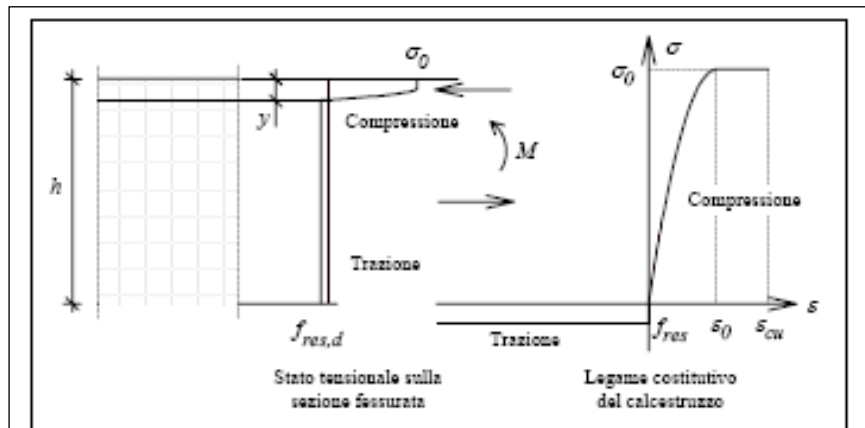


Figura 3. Momento dato dalle fibre

Si sottolinea che il procedimento descritto rappresenta un “calcolo a rottura”, pertanto il carico P deve rappresentare la condizione di carico allo Stato Limite Ultimo (tipicamente: carichi permanenti moltiplicati per 1.4 e carichi accidentali moltiplicati per 1.5). Lo stesso deve essere considerato per la resistenza a trazione del calcestruzzo che deve rappresentare un valore di calcolo di detto parametro.

Parametri In Entrata

Parametri da inserire per il calcolo sono:

- diametro a dell'area di impronta o delle impronte di carico (cm);
- distanza l tra i centri delle aree di impronta nel caso di due carichi (cm);
- carico P corrispondente alla combinazione di carichi allo Stato Limite Ultimo (kg);
- classe del calcestruzzo (R_{ck} in kg/cm^2); la classe del calcestruzzo deve essere inserita in tutti i casi in quanto viene utilizzata per la valutazione dell'effetto delle fibre (la stessa quantità di fibre produce benefici più evidenti su calcestruzzi di classi elevate);
- resistenza a trazione di calcolo del calcestruzzo (f_{ctd} in kg/cm^2); tale resistenza può, in alternativa, essere valutata automaticamente in funzione della classe del calcestruzzo;
- modulo elastico del calcestruzzo (E_c in kg/cm^2); tale modulo può, in alternativa, essere valutato automaticamente in funzione della classe del calcestruzzo;
- costante elastica di sottofondo (k in kg/cm^3); sono inseriti alcuni valori di riferimento (sottofondo soffice, sottofondo mediocre, sottofondo di riporto costipato, sottofondo di riporto ben costipato per i quali si ha rispettivamente $k = 1.5 \text{ kg}/\text{cm}^3$, $k = 3 \text{ kg}/\text{cm}^3$, $k = 6 \text{ kg}/\text{cm}^3$, $k = 10 \text{ kg}/\text{cm}^3$).
- spessore desiderato (h in cm); rappresenta un valore di tentativo dello spessore del pavimento.

Parametri In Uscita

Con questi dati il programma fornisce:

1. il dosaggio di fibre corrispondente allo spessore inserito, determinato con i criteri sopra esposti;
2. l'area di carico equivalente, nel caso di due carichi posti ad una certa distanza.

Il calcolo del pavimento con rete elettrosaldata e fibre sintetiche è svolto in modo analogo a quello con le sole fibre.

Noto il momento di calcolo cui la pavimentazione è soggetta le fibre vengono dosate in modo da rispettare la relazione:

$$M_{sD} = 0.47 * f_{res} * h^2$$

in cui:

M_{sD} : momento di calcolo dovuto ai carichi cui il pavimento è soggetto

f_{res} : resistenza residua data dalle fibre (dipendente dal dosaggio)

h : spessore del pavimento.

Nel caso in cui sia presente anche la rete si ha che:

$$M_{sD} = 0.47 * f_{res} * h^2 + f_{yd} * A_s * 0.9 * h_r$$

in cui:

f_{yd} : tensione di snervamento di calcolo della rete

A_s : sezione di rete per metro di pavimento

h_r : distanza della rete dal lembo compresso.

3. CALCOLI

3.1 Dati di Input

Per la pavimentazione oggetto di studio si è formulata una proposta di intervento valutata secondo il tipo di calcestruzzo da utilizzare, in particolare si è considerata una soluzione con la posa di un calcestruzzo Rck 35 MPa, per poter permettere una valutazione dei costi-benefici in termine di spessori e quantitativi di materiale.

Per la verifica della pavimentazione è stato usato un programma di calcolo elaborato dalla Ruredil Spa e del quale si sono riportate le conclusioni; per maggior chiarezza si è prodotto un estratto nel quale sono evidenziati i principali passaggi del calcolo che svolge il programma.

CLASSIFICAZIONE DEI PAVIMENTI INDUSTRIALI IN BASE ALL'UTILIZZO (UNI 11146:2005)			Classi di Tenacità consigliate
Tipo	Campi di impiego prevalenti	Condizioni di carico più frequenti	
1	Uffici, marciapiedi, cantine Disimpegni	Statiche e dinamiche non comprese nei tipi successivi	a,b,c
2	Autorimesse, piazzali	Automezzi su pneumatici di massa totale ≤ 3,5 t	b,c,d
3	Magazzini e industria con uso occasionale di transpallets presenza di scaffalature leggere. Piazzali autorimesse	Carrelli elevatori con pneumatici di massa totale ≤ 2,5 t Scaffalature aventi carico massimo ≤ 30 kN per appoggio Automezzi su pneumatici di massa totale ≤ 13 t	c,d,e
4	Magazzini grande distribuzione e industria con uso intensivo di carrelli elevatori e presenza di scaffalature	Carrelli elevatori con pneumatici di massa totale >2,5 t Transpallet con massa totale ≤ 11 t Carrelli elevatori con ruote piene di massa totale ≤ 4,5 t Scaffalature aventi carico massimo ≤ 30 kN/appoggio Automezzi su pneumatici di massa totale ≤ 30 t	d,e
5	Industria, scaffalature, moli e banchine portuali e carichi speciali, piazzali.	Transpallets con massa totale >11 t Carrelli elevatori con ruote piene di massa totale >4,5 t Scaffalature aventi carico massimo >30 kN/appoggio Automezzi su pneumatici di massa totale >30 t	e

3.2 Tipologia carico

La committenza ha fornito un'analisi di carico che viene di seguito riportata.

- Carico concentrato rappresentante bobine di ferro (coils) in appoggio su bancali in legno o ferro. Su ogni appoggi, aventi dimensione 20x170 cm, gravano 21.000 kg.

$$P = 21.000 \text{ kg}$$

Partendo dal carico sopra riportato si è eseguito il dimensionamento della pavimentazione come segue:

Spessore: 23 cm

Armatura: fibre sintetiche strutturali X Fiber 54

Rete elettrosaldata

Rck: 35 MPa

Per il valore del coefficiente di Winkler si è adottato un valore pari a $w = 6 \text{ kg/cm}^3$ in quanto al di sotto della pavimentazione verrà installato un pannello di materiale isolante con delle buone resistenze meccaniche a compressione (400 kPa).

3.3 Verifica pavimentazione

3.3.1 Verifica pavimentazione con X Fiber 54

"Dati di progetto"

"Configurazione di carico:","Due carichi quasi-concentrati su area circolare lontani dai bordi"

"Area di incidenza del carico:"

"Valore del diametro (a)","64,0","cm"

"Distanza tra le 2 aree di applicazione del carico","80,0","cm"

" Valore del carico quasi-concentrato:","12750","kgf"

" Caratteristiche del calcestruzzo"

" Classe di resistenza (Rck):","350","kgf/cm²"

" Modulo di Young","336749","kgf/cm²"

" Coeff. di Poisson","0,15"

" Resistenza a trazione","15,2","kgf/cm²"

" Spessore della pavimentazione richiesto","23,0","cm"

" Caratteristiche del sottofondo"

" Tipo di sottofondo:","Mat. di riporto costipato"

" Costante di sottofondo","6,0","kgf/cm³ "

" Risultati di calcolo"

" **Quantità di fibre X 54 necessaria calcolata:","1,8","kg/m³"**

" Diametro equivalente calcolato:","137,7","cm"

3.3.2 Verifica pavimentazione con rete elettrosaldata

CALCOLO PAVIMENTO INDUSTRIALE AD ARMATURA CONTINUA:

CARICO CONCENTRATO PRINCIPALE
PRESSIONE DELLE GOMME

P1 = 8.250 DN
p = 10,0 atm

Sottofondo	k
soffice	1,5
mediocre	3,0
materiale di riporto costipato	6,0
molto costipato	10,0

TENSIONE SECONDO WESTERGARD:

MODULO DI REAZIONE DEL TERRENO
SPESSORE PAVIMENTO
RESISTENZA CARATTERISTICA
MODULO DI ELASTICITA' DEL CLS
IMPRONTA DEL CARICO
RAGGIO FITTIZIO D'INFLUENZA

k = 6 DN/cm³
t = 23 cm
R = 35 N/mm²
Ec = 319.912 DN/cm²
a = 32,91 cm
b = 32,03 cm

IMPRONTA FISSA (Se non c'è = 0) a = 20 cm
b = 170 cm

TENSIONE PARZIALE NEL PAVIMENTO

s1 = 11,60 DN/cm²

MODULO DI POISSONS
RAGGIO DI RIGIDITA' RELATIVA

m = 0,0225
R = 86,2 cm

ALTRO CARICO
DISTANZA FRA P2 E P1
ALTRO CARICO
DISTANZA FRA P3 E P1
ALTRO CARICO
DISTANZA FRA P4 E P1

P2 = 8.250 DN
d2 = 80 cm
P3 = DN
d3 = 180 cm
P4 = DN
d4 = 200 cm

f2 = 0,93 0,0613 s2 = 5,74 DN/cm²
f3 = 2,09 0,0122 s3 = 0,00 DN/cm²
f4 = 2,32 0,0088 s4 = 0,00 DN/cm²

TENSIONE TOTALE NEL PAVIMENTO

sT = 17,34 DN/cm²

MOMENTO FLETTENTE
POSIZIONE DELL'ARMATURA DAL BASSO
ARMATURA STATICA NECESSARIA

M = 152.846 DNcm/m
cb = 2,00 cm
Ws = 3,12 cm²/m

MAGLIA DI TAGLIO DEI GIUNTI
TENSIONE DI TRAZIONE NEL CLS
ARMATURA CONTRO LE CREPE

L = 4,00 m
st1 = 0,26 DN/cm²
Wc = 0,23 cm²/m

ARMATURA COMPLESSIVA

Wt = 3,35 cm²/m

SI CONSIDERA RETE ETS

F = 8 mm
passo = 15 cm
Wt = 3,35 cm²/m > 3,35 cm²/m

3.4 Esempio esplicativo relativo al funzionamento del programma

CALCOLO ARMATURA IN FIBRA SINTETICA STRUTTURALE

1. GEOMETRIA E CARATTERISTICHE MECCANICHE

TERRENO

Si è ipotizzata una costante di sottofondo pari a:

$$k = 10 \text{ kg/cm}^3$$

Costante di sottofondo

CALCESTRUZZO

$$\gamma_{\text{mct}} = 1.6$$

Coefficiente parziale di sicurezza per la resistenza a trazione del calcestruzzo

$$R_{\text{ck}} = 250 \text{ kgf/cm}^3$$

Resistenza a compressione caratteristica

$$f_{\text{ck}} = 207,5 \text{ kgf/cm}^3$$

Resistenza caratteristica a compressione cilindrica

$$E_c = 284604 \text{ kgf/cm}^3$$

Modulo elastico

$$V_c = 0.15$$

Rapporto di Poisson

$$f_{\text{ctd}} = 11,89 \text{ kgf/cm}^2$$

Resistenza a trazione di calcolo del calcestruzzo

GEOMETRIA

$$h = 6 \text{ cm}$$

Spessore del pavimento

$$I = 18 \text{ cm}^4/\text{cm}$$

Momento di inerzia

$$W = 600 \text{ cm}^3/\text{m}$$

Modulo di resistenza

$$L = 26,90 \text{ cm}$$

Lunghezza caratteristica

CARICO

d) Singola ruota

$\gamma_Q = 1,5$

Coefficiente parziale di sicurezza sui carichi

$P_{es} = 413 \text{ kgf}$

Carico su ogni ruota in esercizio

$P_{slu} = 620 \text{ kgf}$

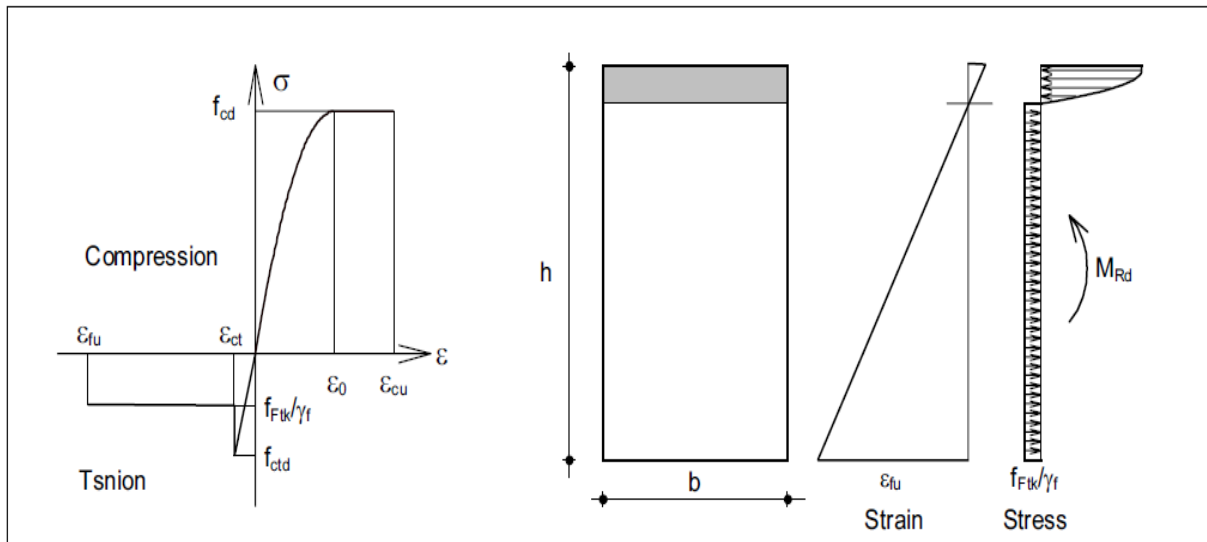
Carico su ogni ruota allo Stato Limite Ultimo

$a = 18 \text{ cm}$

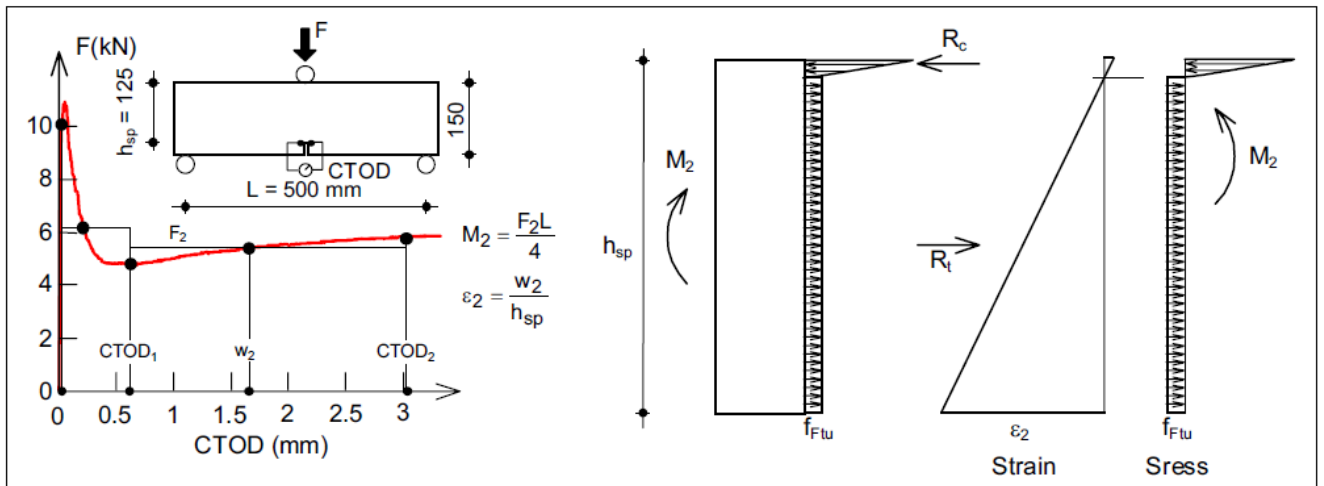
Diametro dell'impronta

VOLUME DI FIBRA

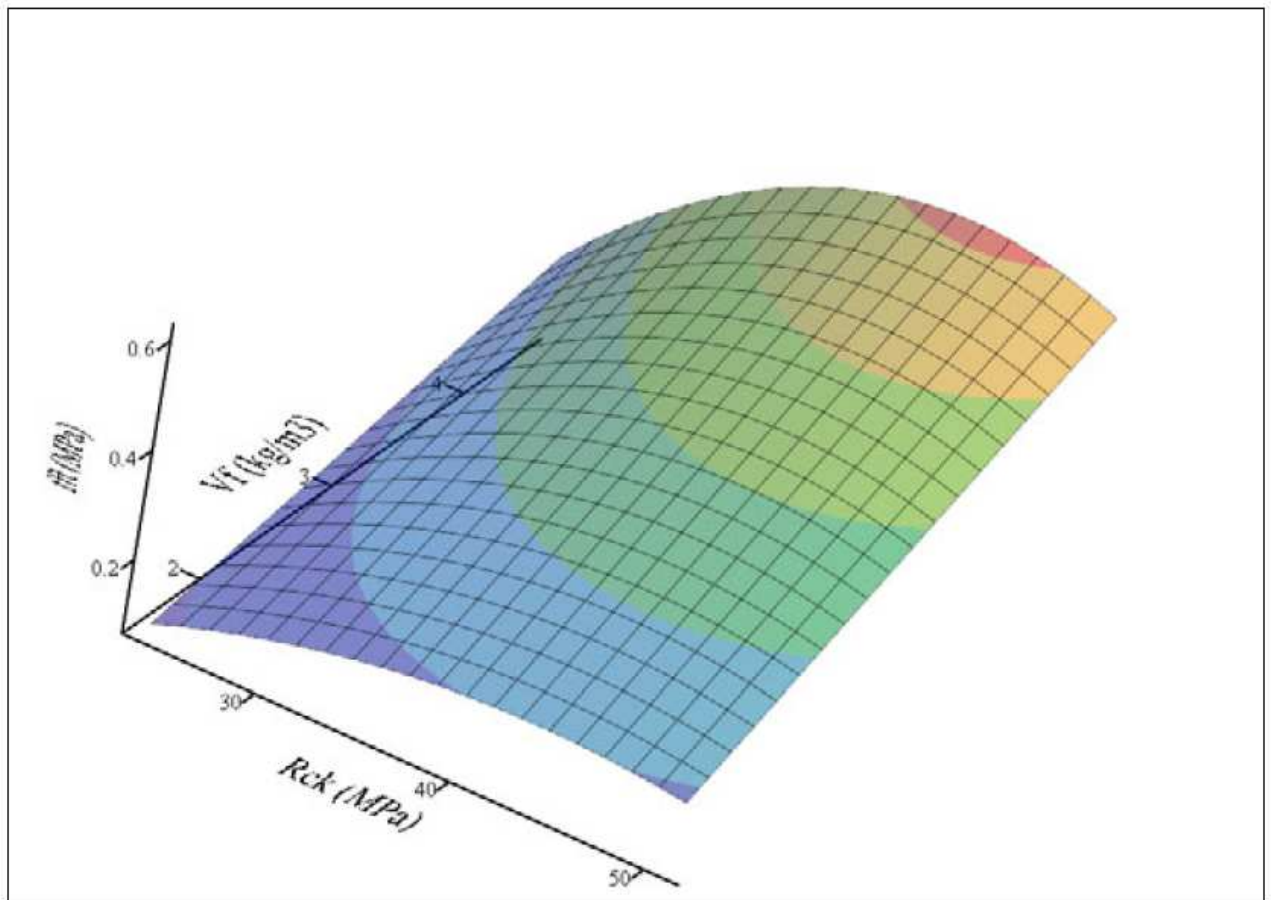
L'effetto delle fibre nel calcestruzzo è considerato assumendo la legge costitutiva del calcestruzzo riportata nella figura seguente.



Riferendosi alla figura seguente, i valori di resistenza caratteristica f_{Ftk} sono determinati sulla base di dati sperimentali.



La resistenza caratteristica f_{FTK} dipende dalla qualità del calcestruzzo (R_{ck}) e dal volume di fibra V_f come riportato nella figura seguente.

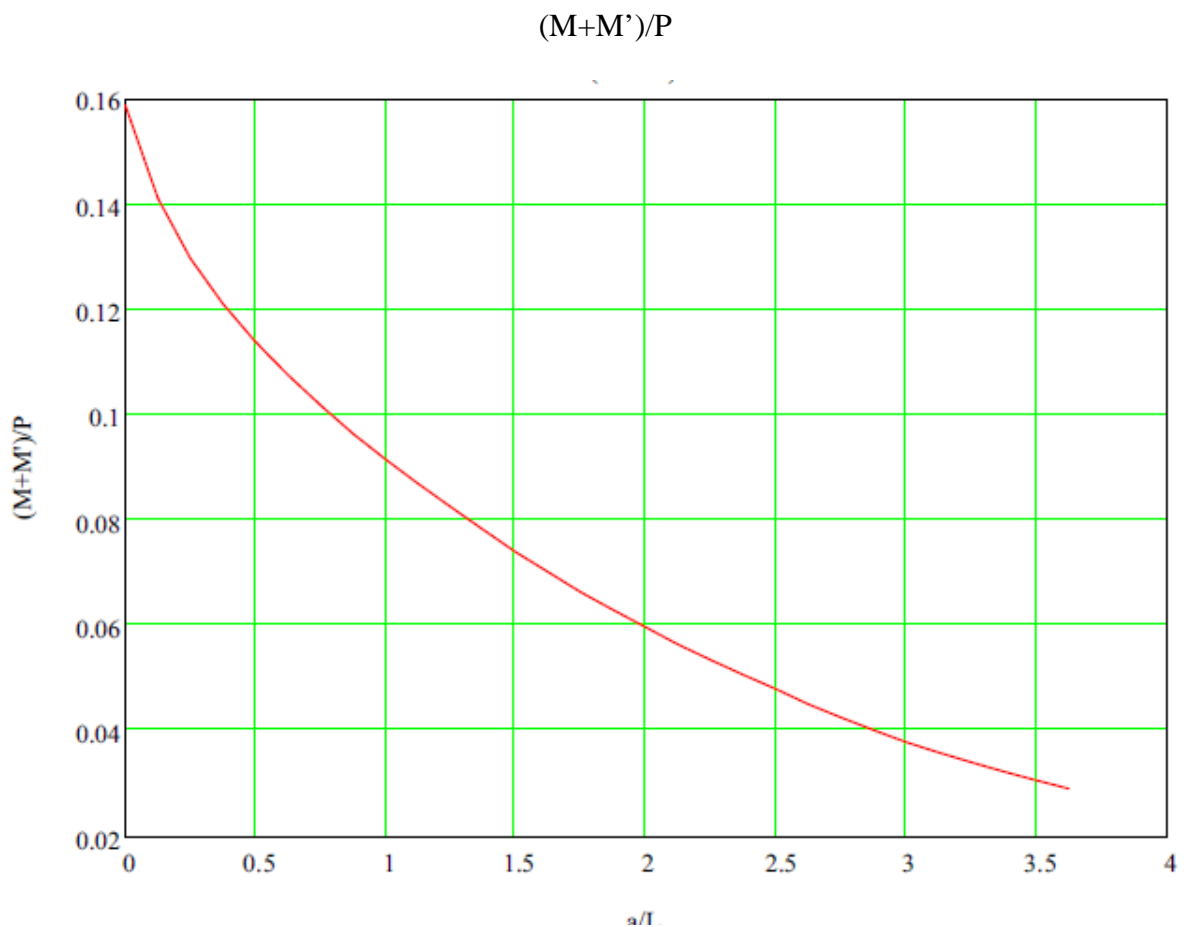


Il valore f_{Rk} di una pavimentazione in calcestruzzo è valutato secondo le linee guida CNR DT 204/2006 considerando un coefficiente di sicurezza.

$$\gamma_f = 1.3$$

d.1) Calcolo a rottura

Con riferimento alla figura seguente il rapporto tra la somma dei momenti flettenti M ed M' ed il carico viene determinato sul diagramma seguente.



In corrispondenza del valore attuale di a/L si trova:

$$a/L = 0,55$$

$$MMsP = 0,11$$

Rapporto di $(M+M')/P$

Considerando M' pari al momento di prima fessurazione, si ha:

$$M_{slup} = 33,00 \text{ kgm/m}$$

Momento resistente necessario
allo SLU

Risulta quindi necessario il seguente valore di resistenza residua di calcolo.

$$f_{resrq} = 1,95 \text{ kg/cm}^2$$

Resistenza residua di calcolo
necessaria

A questo valore corrisponde un dosaggio di fibre di circa $V_f = 1,50 \text{ kg/mc}$

3.5 Controllo di qualità dei pavimenti In Frc

La realizzazione di pavimenti in calcestruzzo fibrorinforzato va sottoposta costantemente ad un controllo che assicuri la conformità dei prodotti ai requisiti di funzionalità, durabilità e di resistenza richiesti.

Per la valutazione della tenacità del materiale fibrorinforzato si fa invece riferimento alle prove di frattura su campioni di trave come specificato nelle presenti Linee Guida e nella UNI EN 14651 (2007).

Per la determinazione del contenuto di fibre nel calcestruzzo allo stato fresco la norma di riferimento è la UNI EN 14721, anche se esplicitamente riferita alla fibre metalliche. La valutazione preliminare delle prestazioni del calcestruzzo fibrorinforzato è consigliata nel caso di pavimenti di grandi dimensioni e/o di classe “3-4-5”

L’Acquirente deve disporre il controllo di conformità eseguendolo direttamente o incaricando, ove preventivamente concordato, un Laboratorio o un suo consulente esterno. Nel caso richieda una verifica del prodotto in consegna, identificherà l’autobetoniera su cui si effettueranno le prove prima dello scarico. L’Acquirente e il Fornitore dovranno assicurare la presenza di un responsabile, o di un suo incaricato, per i prelievi in contraddittorio. In ogni caso l’Acquirente potrà procedere al prelievo di campioni di calcestruzzo.

Il controllo di conformità va eseguito indipendentemente dal controllo di accettazione che, come previsto per legge, spetta al Direttore Lavori o ad un suo incaricato.

Prelievo dei provini

E’ previsto il prelievo di due campioni da sottoporre a prova di compressione (UNI EN 12390-3) ogni 200 m³ di pavimento e comunque ogni giorno in cui è previsto un getto.

Per la valutazione della tenacità del calcestruzzo fibrorinforzato, il controllo di conformità prevede un prelievo di almeno tre campioni di trave (UNI EN 14651) ogni 1000 m³, con un minimo di tre campioni.

Il controllo di conformità è soddisfatto se, per ogni prelievo, risultano verificate tutte le condizioni riportate nel seguito:

1) $f_{R,1m} / f_{Lm} \geq 0.35$

2) $f_{R,3m} / f_{Lm} \geq 0.25$

3) $f_{R,3k} / f_{R,1k} \geq 0.6/0.7/0.8$ in funzione della classe di tenacità di progetto

4) $f_{R,1m} \geq f_{R,1k} \cdot KA$

avendo indicato con:

$f_{R,1m}$ la resistenza residua media corrispondente ad un'apertura di fessura pari a CMOD1 (UNI EN 14651);

$f_{R,3m}$ la resistenza residua media corrispondente ad un'apertura di fessura pari a CMOD3 (UNI EN 14651);

f_{Lm} il valore medio della resistenza di picco rilevata nell'intervallo di apertura di fessura 0 ± 0.05 mm (UNI EN 14651);

$f_{R,1k}$ la resistenza residua caratteristica corrispondente ad un'apertura di fessura pari a CMOD1 (UNI EN 14651), prescritta dal progettista;

KA un coefficiente che tiene conto della dispersione dei risultati sperimentali da assumersi pari a 1.20;

Per la valutazione dell'omogeneità delle fibre sono previsti due prelievi (ciascuno di due campioni, uno al versamento di 1/3 ed uno al versamento completo del calcestruzzo dell'autobetoniera) ogni 100 m³ di getto e comunque ogni giorno in cui è previsto un getto.

Il controllo del contenuto di fibre nel calcestruzzo fresco avviene pesando con una bilancia (avente precisione almeno di 0,1 grammi) il quantitativo di fibre presenti all'interno di un volume standard di 10 litri di calcestruzzo allo stato fresco.

La metodologia di prova consiste nel compattare il calcestruzzo fibrorinforzato subito dopo averlo posto nel contenitore, nel dilavare con acqua il volume campione, nel raccogliere le fibre ed infine pesarle solo dopo averle lasciate asciugare. Il contenuto di fibre sarà quindi calcolato come:

$$C = m / V$$

Avendo indicato con:

C : contenuto di fibre (kg/m³);

m : massa delle fibre (grammi);

V : volume del campione (litri)

3.6 Zone di bordo

Per un carico in corrispondenza di un bordo libero la capacità portante della piastra è approssimativamente pari al 50% di quella calcolata se il carico è in posizione centrale. La norma UNI 11146 – allegato B - suggerisce valori di momento di bordo compresi tra 1,5 m (giunto organizzato) e 2,0 m (bordo libero) - m è la sollecitazione unitaria di flessione calcolata per carico in posizione centrale.

Pertanto considerando quanto riportato in precedenza si ritiene necessario inserire un foglio di armatura metallica (ϕ 8 15/15) in corrispondenza del giunto al fine di assorbire in maniera corretta e completa i carichi agenti sulla pavimentazione stessa disposto lungo tutto il bordo per circa 80 cm.

3.7 Indicazioni per corretta esecuzione

Si riportano alcune indicazioni per una corretta esecuzione della pavimentazione

- posa in opera di isolamento perimetrale da eseguirsi lungo i muri laterali: fettuccina di mm. 5. Raddoppio spessore fettuccina in corrispondenza di pilastri
- armatura suppletiva nei giunti di costruzione
- barrotti ripartitori, costituiti da tondini di armatura in acciaio in grado di contrastare i movimenti verticali che si verificano tra due lastre contigue, in corrispondenza dei giunti di costruzione. (se non già previsti nei giunti tecnici)
- inserimento di n° 3 barre Φ 16 mm, lunghezza 80 cm circa, in corrispondenza di ogni spigolo dei pilastri e/o angoli dei setti.
- Requisiti del calcestruzzo:
 - Classe di esposizione: XC1-XC2
 - Classe di resistenza: Rck 35 MPa
 - Tipo di cemento: Cem. II A-L 42,5 R
 - Dosaggio minimo cemento: 340 kg/mc
 - Rapporto massimo acqua/cemento: 0,55
 - Aggregati: D.max.: 20 mm
 - Aria intrappolata: \leq 3% (misura con porosimetro)
 - Classe di consistenza: S4, per stesura manuale
 - Tempo di frattazzabilità:

4 ore ; < 8 ore dopo l'orario di carico dell'autobetoniera, anche in clima freddo.

- Additivi: conformi alle UNI EN 934-2:2002, specifici per pavimentazioni
Superfluidificanti specifici per pavimentazioni industriali, atti a ridurre la quantità di acqua d'impasto di almeno il 12%, migliorare la lavorabilità, contenere i tempi di presa senza rallentare le operazioni di finitura (soprattutto in clima freddo)
- In caso di clima caldo, ventilato, bassa igrometria, additivo Ruredil Curing SRA, dosato 4-5 litri/m³

3.8 Progetto dei Giunti

Individuato lo spessore h della pavimentazione occorre definire tipo, posizione ed eventuale armatura dei giunti. Nelle pavimentazioni non armate si hanno:

1 giunti di isolamento

2 giunti di costruzione

3 giunti di deformazione (dilatazione o contrazione).

Giunti di Isolamento

“Isolano” la pavimentazione da elementi fissi (muri, pilastri, travi di fondazione, pozzetti ecc.), per evitare l'insorgere di fessure dovute alla deformabilità impedita della piastra di calcestruzzo in prossimità di tali elementi. Estesi su tutto lo spessore della pavimentazione sono realizzati ponendo, prima del getto, una striscia continua di materiale deformabile lungo tutto lo sviluppo dell'elemento da isolare. Nel caso di elementi singoli (pilastri) la forma geometrica preferibile è quella circolare o comunque poligonale senza angoli acuti accentuati.

Giunti di Costruzione

Suddividono la pavimentazione in moduli di cui è prevista la realizzazione in giorni successivi. Estesi a tutto lo spessore, sono spesso “organizzati” mediante dispositivi in grado di trasmettere la quota (γ TRP) del carico P da un modulo al modulo adiacente, per ridurre il “gradino” che si verificherebbe tra due piastre adiacenti, ostacolo alla circolazione dei mezzi e oggetto di precoce deterioramento. Devono coincidere con uno degli altri tipi di giunto, in particolare con i giunti di deformazione (v. oltre).

Giunti di Deformazione

Servono ad “assorbire” i movimenti termo-igrometrici della piastra di calcestruzzo: dilatazioni dovute a escursioni termiche (nel caso di pavimentazioni poste all'esterno), contrazioni dovute al ritiro igrometrico del calcestruzzo (sempre presente, ma di particolare rilievo per le pavimentazioni interne protette dall'escursione termica).

Giunti di Contrazione (Ritiro Igrometrico)

Presenti in tutte le pavimentazioni, sia all'esterno che all'interno di un fabbricato, si estendono solamente per 1/4 - 1/5 dello spessore della pavimentazione. Sono realizzati “tagliando” superficialmente con una sega a disco il calcestruzzo non appena lo stesso risulta pedonabile, in modo da formare riquadri approssimativamente regolari o con un massimo del 10% di differenza nella lunghezza di due lati ortogonali. Il taglio realizza un indebolimento locale, dunque una zona di localizzazione preferenziale di una fessura da ritiro, in modo da evitare che la pavimentazione, quasi sempre di spessore variabile causa la variabile planarità del sottofondo, presenti fessure con andamento casuale.

Le fessure da ritiro sono dovute al raffreddamento che subisce il calcestruzzo nella fase di postidratazione del cemento, che genera tensioni di trazione contrastate dall'attrito tra il calcestruzzo e il terreno di sottofondo e/o dalla presenza di una rete antiritiro.

Secondo la UNI 11146 [3] la distanza tra due giunti di contrazione è funzione dello spessore h della pavimentazione secondo la relazione (L_{gs} e h in cm):

$$L_{gs} = 18 h + 100$$

nel caso in esame pertanto i giunti di contrazione dovranno avere un distanza di:

$$L_{gs} = 18 \times 23 + 100 = 514 \text{ cm}$$

4. CONCLUSIONI

Dall'analisi dei valori ottenuti dai calcoli sopra riportati si ottiene:

	Spessore	RCK	Dosaggio fibra	Armatatura metallica
Pavimentazione	23	35 MPa	X Fiber 54 1,80 kg/mc	Rete els ϕ 8 15/15

Relativamente al dimensionamento e posizionamento dei dispositivi (barrotti, sistemi proprietari ecc.) per le riprese tra un getto e il successivo, questi devono essere in grado di trasferire la quota (γ TRP) del carico P da una piastra alla piastra adiacente; per il caso oggetto di studio si prevede di inserire delle barre ϕ 20 / 50 cm.

Ovada, li 03 Giugno 2015

Ing. Emanuele Rava



5. OSSERVAZIONI

- 1) Il dosaggio minimo di fibre deve essere pari a 1.5 kg/m^3 , comunque necessario per contrastare le fessurazioni dovute al ritiro ed alle variazioni termiche. La presenza delle fibre consente così di evitare la messa in opera della rete elettrosaldata o di ridurre i quantitativi della stessa. La pavimentazione deve comunque prevedere la presenza di giunti di dilatazione.
- 2) Le X Fiber 54 sono state testate e verificate da diversi laboratori autorizzati per la loro qualificazione ed hanno dimostrato di influire nel seguente modo sulla resistenza del cemento.

Classe	Rck 25		Rck 30	
	$f_{R,1k}$ [MPa]	$f_{R,3k}$ [MPa]	$f_{R,1k}$ [MPa]	$f_{R,3k}$ [MPa]
1-2	0.4÷0.6	0.08÷0.1	0.5÷0.7	0.1÷0.3
3	0.6÷0.8	0.1÷0.3	0.7÷1.0	0.3÷0.5
4	0.8÷1.0	0.3÷0.5	1.0÷1.2	0.5÷0.7
5	1.0÷1.2	0.5÷0.7	$\geq 1.2^*)$	$\geq 0.7^*)$

**) nella progettazione è ammesso l'utilizzo di valori superiori di resistenza*

Tab. 1 – Classi prestazionali.

Nello specifico il valore $f_{R,1k}$ rappresenta il valore di resistenza caratteristica relativa alle piccole aperture di fessura da tenere in conto nelle condizioni di esercizio, mentre il valore $f_{R,3k}$ rappresenta la resistenza residua allo SLU.

6. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI



Ruredil
 Scheda tecnica

RUREDIL X FIBER 54

Fibra sintetica strutturale ibrida



Il materiale

RUREDIL X FIBER 54 (RXF 54) è una fibra sintetica strutturale, progettata per migliorare la durabilità e le proprietà meccaniche del calcestruzzo. RXF 54 è una fibra ibrida, costituita cioè da un monofilamento non fibrillato a base di una miscela speciale di polimeri poliolefinici e da una fibra fibrillata di polipropilene, in grado di ridurre, e in alcuni casi eliminare totalmente, il ritiro plastico. RXF 54 incrementa la resistenza a flessione, la duttilità, la resistenza alla fatica e la durabilità del calcestruzzo.

A differenza delle fibre metalliche, RXF 54 non si corrode, non è magnetica, è resistente al 100% agli acidi, alle basi e in genere a tutti gli agenti aggressivi, essendo chimicamente inerte.

Il calcestruzzo confezionato con RXF 54 ha una durabilità e prestazioni meccaniche nettamente superiori a un calcestruzzo confezionato con pari dosaggio (in volume) di fibra metallica, liscia o uncinata. RXF 54 sostituisce in tutte le applicazioni per pavimentazioni la rete elettrosaldata.



Conforme alla norma EN 14889-2 per applicazioni strutturali nel calcestruzzo, nelle malte e nelle malte da iniezione.

International Patent

Le proprietà

L'utilizzo di RXF 54 garantisce un'omogeneità di prestazioni grazie all'ottima capacità di dispersione delle fibre nell'impasto. Mantiene la medesima lavorabilità degli impasti. Nelle pavimentazioni, risolve ogni problema legato alla corrosione, tipico delle fibre metalliche, contribuendo in maniera significativa alla durabilità. Abbassa gli spessori delle pavimentazioni ed elimina la rete elettrosaldata e le eventuali fibre metalliche. RXF 54 contrasta efficacemente il ritiro plastico del calcestruzzo. Incrementa la resistenza a trazione residua del calcestruzzo, quindi delle resistenze finali e agli stress causati dai sovraccarichi dinamici e statici. Infine, semplifica le operazioni di cantiere, evitando errori e consentendo notevoli risparmi di tempo.

I campi di applicazione

Le fibre RXF 54 possono essere impiegate in ogni tipo di calcestruzzo e per ogni classe di esposizione per i quali viene progettato (in accordo con la EN206). Per la sua inerzia chimica, RXF 54 può essere utilizzata vantaggiosamente nel confezionamento di calcestruzzi per ambienti fortemente aggressivi quali quello marino e dell'industria chimica, dove è sconsigliato l'uso di calcestruzzi con fibre metalliche per i noti problemi di corrosione.

Le informazioni contenute in questa scheda si basano sulle nostre conoscenze ed esperienze; non possono quindi implicare una garanzia da parte nostra, né responsabilità circa l'impiego dei nostri prodotti, non essendo le condizioni di utilizzo sotto il nostro controllo.

Ruredil è un marchio di Ruredil S.p.A. - Via Bruno Bozzi 1, 20097 San Donato Milanese (MI)
 Tel. +39 02 5276.041 Fax +39 02 5272.185 info@ruredil.it www.ruredil.it



Soluzioni e tecnologie per l'edilizia

1/2

Seconda edizione 02/2014. La presente edizione annulla e sostituisce ogni altra precedente. La scheda di sicurezza è la voce di capitolo conosciuta al sito www.ruredil.it.

RUREDIL X FIBER 54

Fibrorinforzare il calcestruzzo

In particolare, la fibra sintetica strutturale RXF 54 viene consigliata nei calcestruzzi destinati ai seguenti impieghi:

> **Pavimentazioni industriali ed esterne**

Aree di parcheggio, depositi di materiali, pavimentazioni sottoposte a carichi pesanti e/o elevati carichi dinamici, pavimentazioni senza giunti, stazioni di servizio e officine, celle frigorifere, aree di stoccaggio, banchine portuali, piste aeroportuali. Per questo tipo di pavimentazioni poggianti direttamente sul terreno (slab on ground) è disponibile un software di calcolo dedicato, **Ruredil X Floor Design**, scaricabile dal sito www.ruredil.it.

> **Edilizia abitativa**

Soletta di fondazione, solai, rinforzo di solai (in legno e/o in acciaio) con calcestruzzo collaborante.

> **Prefabbricazione**

Pannelli, elementi prefabbricati per gallerie, serbatoi acqua potabile, canalizzazioni per cavi (tradizionali, fibre ottiche ecc.), traversine ferroviarie, piastre prefabbricate per rotaie, elementi di copertura, barriere new jersey.

Modalità di impiego

Le fibre vanno aggiunte direttamente nell'apparato mescolante presso l'impianto di prefabbricazione, di betonaggio o in autobetoniera.

Andranno aggiunte sul nastro trasportatore contemporaneamente a inerti, cemento, sabbie e a una prima frazione della ghiaia. Non aggiungere le fibre per prime. Terminata l'aggiunta, mescolare per almeno 5 minuti alla massima velocità.

Nota bene

Non utilizzare la fibra RXF 54 in sostituzione dell'armatura primaria, per applicazioni diverse da quelle per pavimentazioni industriali.

Caratteristiche tecniche

PROPRIETÀ CHIMICHE E FISICHE	
Materiale	Miscela di fibre di un copolimero poliolefinico e di una fibra fibrillata di polipropilene
Peso specifico	0,91 kg/dm ³
Lunghezza	54 mm
Diametro equivalente	0,48 mm
Rapporto lunghezza/diametro	113
Resistenza a trazione	620 - 758 MPa
Resistenza agli acidi, alle basi e ai sali	Totale
Conformità	ASTM C1116

Proprietà meccaniche del calcestruzzo con RXF 54

La caratterizzazione delle proprietà meccaniche del calcestruzzo confezionato con RXF 54 è stata eseguita presso il laboratorio di Ricerca e Sviluppo Ruredil, mediante le seguenti prove:

- carico/deformazione e indici di tenacità secondo ASTM C1018;
- tenacità su piastra, secondo norma delle Ferrovie Francesi SNCF;
- resistenza all'impatto, secondo metodo ACI 544.

Il comportamento al fuoco

Come tutte le fibre sintetiche, RXF 54 si deteriora quando, in caso di incendio, è raggiunta la sua temperatura di fusione. Questo fatto solo apparentemente rappresenta uno svantaggio rispetto, per esempio, alle fibre metalliche. Infatti, durante un incendio, raggiunta la loro temperatura di fusione le fibre si decompongono senza produrre gas nocivi, trasformando il volume che occupavano in precedenza nella pasta cementizia, in una serie di "canali" tra loro interconnessi.

I canali fungono da "vie di fuga" per il calore e il vapore che si genera, in seguito alla repentina ebollizione dell'acqua interstiziale. Questa proprietà evita al calcestruzzo fibrorinforzato con RXF 54 di esplodere violentemente, come succede nel caso di un calcestruzzo con fibre d'acciaio o non fibrorinforzato, mancando questi ultimi della porosità autogenerata dalle RXF 54.

Seconda edizione 02/2014. La presente edizione annulla e sostituisce ogni altra precedente. La scheda di sicurezza e la voce di capitolato sono scaricabili dal sito www.ruredil.it.

Le informazioni contenute in questa scheda si basano sulle nostre conoscenze ed esperienze; non possono quindi implicare una garanzia da parte nostra, né responsabilità circa l'impiego dei nostri prodotti, non essendo le condizioni di utilizzo sotto il nostro controllo.

Ruredil è un marchio di Ruredil S.p.A. Via Bruno Buozzi 1, 20097 San Donato Milanese (MI)
Tel. +39 02 5276.041 Fax +39 02 5272.185 Info@ruredil.it www.ruredil.it

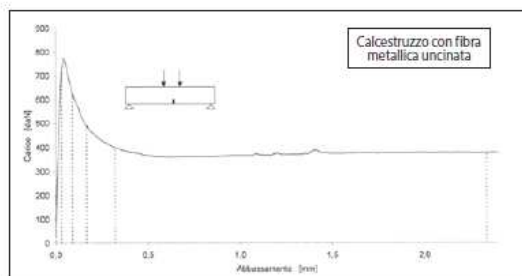
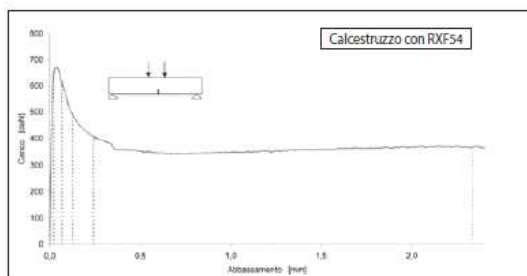
Ruredil 
Soluzioni e tecnologie per l'edilizia

2/3

RUREDIL X FIBER 54

Fibrorinforzare il calcestruzzo

Confronto prestazionale tra RXF 54 e una fibra metallica uncinata (a pari dosaggio volumetrico)



Carico deformazione e indici di tenacità con RXF 54 dosate allo 0,5% in volume (4,5 kg/m³)	
δ_c	0,031 mm
I_5	4,9
I_{10}	8,4
I_{20}	13,6
Tenacità su piastra con RXF 54 dosate allo 0,5 in volume (4,5 kg/m³)	
Carico max	89 kN
Energia di assorbimento	895 J
Resistenza all'impatto N° di colpi per determinare la rottura del provino	
RXF 54 dos. 0,3% in volume	320
RXF 54 dos. 0,4% in volume	435

I risultati sono riferiti a 28 gg.

La caratterizzazione del calcestruzzo fibrorinforzato con RXF 54 è stata certificata dal Distart - Laboratorio Resistenza Materiali di Bologna: tale certificazione ufficiale è a disposizione di chi ne fa richiesta.

È disponibile inoltre una certificazione attestante il comportamento a frattura del calcestruzzo fibrorinforzato con le fibre RXF 54 (UNI 11039), rilasciata dall'Università di Brescia, Dipartimento di Ingegneria Civile.

SCHEDA CATALOGO

Specifiche chimico/fisiche:

Densità (g/cc): 0,91 circa
Lunghezza: 54 ± 3 mm
Conforme alla norma UNI EN 14889-2 per applicazioni strutturali nel calcestruzzo, nelle malte e nelle malte da iniezione.



La nostra Società è certificata secondo UNI EN ISO 9001:2008 da ICMQ e Certiquality per la "Progettazione, produzione e commercio di prodotti chimici e speciali per edilizia". Il nostro sistema qualità si basa sulla vendita a catalogo, strumento contrattuale tra la nostra società e il cliente. Ruredil, con questo strumento, garantisce al suo cliente che il prodotto, oggetto di fornitura, è conforme alle specifiche chimico-fisiche della presente scheda catalogo. Questo tipo di vendita ci esonera dall'emissione del certificato di analisi che, per sua natura, garantisce solamente le prestazioni della specifica fornitura.

Composizione di massima:

Fibre in polimeri poliolefinici e polipropilene.

Definizione prestazionale:

Fibre sintetiche strutturali per impasti di calcestruzzi ad alte prestazioni. Particolarmente indicate per **pavimentazioni**, manufatti prefabbricati, shotcrete, strutture sottili, ecc.

Confezione

16 sacchetti da 1 kg cad.
su pallet da 192 kg
8 sacchetti da 2 kg cad.
su pallet da 192 kg

Codice

0109110020
0109110040

Dosaggio minimo

1,5 kg/m³ da valutare in funzione dell'applicazione.
Disponibile da Ruredil il software di calcolo **Ruredil X Floor Design**.

Aggiornamento: 07/2014

Seconda edizione 07/2014. La presente edizione annulla e sostituisce ogni altra precedente. La scheda di sicurezza e la voce di capitolato sono scaricabili dal sito www.ruredil.it.

Le informazioni contenute in questa scheda si basano sulle nostre conoscenze ed esperienze; non possono quindi implicare una garanzia da parte nostra, né responsabilità circa l'impiego dei nostri prodotti, non essendo le condizioni di utilizzo sotto il nostro controllo.

Ruredil è un marchio di Ruredil S.p.A. Via Bruno Buozzi 1, 20097 San Donato Milanese (MI)
Tel. +39 02 5276.041 Fax +39 02 5272.185 Info@ruredil.it www.ruredil.it

Ruredil
Soluzioni e tecnologie per l'edilizia

3/3

7. BIBLIOGRAFIA

- Westergaard, H. M. “New formulas for Stresses in Concrete Pavements of Airfields, ASCE, vol.113, p.425-444, 1926.
- Johansen, K. W., “Yield-Line Theory, Cement and Concrete Association, London, 1962.
- Meyerhof, G. G. “Load-Carrying Capacity of Concrete Pavements”, Journal of Soil Mechanics and Foundations Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, 1962.
- Leonards, G. A., Harr, M. E., “Analysis of Concrete Slabs on Ground”, ASCE, Vol. 85, pp. 35-58, 1959.
- Losberg, A., “Pavements and Slabs on Grade with Structurally Active Reinforcement”, ACI Journal, Title 75-66, nov.-dic. 1978.
- ACI, 544.4R-88, “Design Considerations for Steel Reinforced Concrete”, Reported by ACI Committee 544, 1988.
- CBI Report 1:89, Åke Skarendahl, Bo Westerberg, “Handledning för dimensionering av fiberbetonggolv”, 1989.
- ACI 360R-92, “Design of Slabs on Grade”, Reported by ACI Committee 360, 1992.
- Soroushian, P., Tlili, A., Alhozaimy, A., Khan, A. “Development and Characterization of Hybrid Polyethylene Fiber Reinforced Cement Composites, ACI Materials Journal, Vol. 90 n. 2, 1993.
- Bayasi, Z., Zeng, J. “Properties of Polypropylene Fiber Reinforced Concrete”, ACI Materials Journal, Vol. 90 n. 6, 1993.
- Ruredil, “Ruredil X Fiber 54, Scheda tecnica.
- Di Prisco, M., Toniolo, G., Editors Proceedings of the International Workshop Structural Applications of Steel Fibre Reinforced Concrete, 2000.
- RILEM TC 162-TDF: “Test and Design Methods for Steel Fibre Reinforced Concrete - σ - ϵ Design Method”, Materials and Structures, Vol. 33, March 2000, pp. 75-81.
- RILEM TC 162-TDF, “Test and Design Methods for Steel Fibre Reinforced Concrete – Bending test”, Materials and Structures, Vol. 35, November 2002, pp. 579-582
- CONPAVIPER “Codice di buona pratica per i pavimenti in calcestruzzo ad uso industriale” – III ed. Maggio 2003
- Ministero Infr. e Trasporti “DM 14/09/2005 - Norme tecniche per le costruzioni”
- UNI 11146 - 2005 “Pavimenti di calcestruzzo ad uso industriale - Criteri per la progettazione, la costruzione e il collaudo”
- CNR Bollettino n.92 “Determinazione del modulo di reazione k dei sottofondie delle fondazioni in misto granulare” - 1983

- Timoshenko, G. “Theory of plates and shells” – Mc Graw-Hill, 1972
- CEN “EN 1992-1-1 – Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo – parte 1-1” – Bruxelles, 2004
- CEB - fib “Model Code 1990” – Thomas Telford, 1991
- Legge 5.11.1971 n. 1086 (1971), “Norme per la disciplina delle opere in conglomerate cementizio armato normale, precompresso ed a struttura metallica”.
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (2008), Decreto Ministeriale 14.1.2008, “Norme tecniche per le costruzioni”.
- CNR DT 204 (2006), “Istruzioni per la Progettazione, l’Esecuzione ed il Controllo di Strutture di Calcestruzzo Fibrorinforzato”, Consiglio Nazionale delle Ricerche.
- Concrete Society (2003), “Concrete industrial round floors – A guide to design and construction”, Technical Report (TR) No. 34, Third Edition, 104 pp.
- Eurocodice 2 (2005), “Progettazione delle strutture di calcestruzzo. Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici”, UNI EN 1992-1-2, 210 pp.
- Hillerborg, H., Modeèr, M., Petersson, P.E. (1976), “Analysis of crack formation and crack growth in concrete by means of fracture mechanics and finite elements,” Cement and Concrete Research, 6, pp. 773-782.
- Johansen, K.W. (1962), “Yield line theory”, London, William Clowes and Sons Ltd.
- UNI EN 206-1 (2006), “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”.
- EN 14845-1 (2007), “Test methods for fibres in concrete - Part 1: Reference concretes”.
- EN 14845-2 (2007), “Test methods for fibres for concrete - Part 2 — Effect on concrete”.
- UNI 11039 (2003), “Calcestruzzo rinforzato con fibre di acciaio. Parte I: Definizioni, classificazione e designazione. Parte II: Metodo di prova per la determinazione della resistenza di prima fessurazione e degli indici di duttilità”, 2003.
- UNI 11146 (2005), “Pavimenti di calcestruzzo ad uso industriale”.
- UNI 11188 (2006), “Progettazione, esecuzione e controllo degli elementi strutturali in calcestruzzo rinforzato con fibre d’acciaio”.
- UNI 11307 (2008), “Prova sul calcestruzzo indurito - Determinazione del ritiro”.
- UNI EN 14651 (2007), “Test method for metallic fibered concrete - Measuring the flexural tensile strength (Limit Of Proportionality (LOP), residual)”.
- UNI EN 14721 (2007), “Metodo di prova per calcestruzzo con fibre metalliche - Misurazione del contenuto di fibre nel calcestruzzo fresco e nel calcestruzzo indurito”.

- UNI EN 14889-1, “Fibres for concrete – Part 1: Steel fibres – Definitions, specifications and conformity”, August 2006.
- UNI EN 14889-2, “Fibres for concrete – Part 2: Polymer fibres – Definitions, specifications and conformity”, August 2006