

**Ing. Massimo Fumagalli**  
CEO & Sales Manager - Fibrocev Srl  
m.fumagalli@fibrocev.it

**Ing. Federico Alberio**  
Technical Manager - Fibrocev Srl  
f.alberio@fibrocev.it

**FIBROCEV**  
We build business in concrete

## **Pavimentazioni industriali radianti: caso applicativo di piastra in FRC realizzata a Pozzo d'Adda (MI)**

**Soluzione in calcestruzzo fibrorinforzato per le pavimentazioni interne riscaldate di un nuovo stabilimento di Pozzo d'Adda. Grazie all'utilizzo di fibre polimeriche FIBRAG® POLY, è stato possibile realizzare una pavimentazione fibrorinforzata ad alta resistenza, ottimizzando i tempi realizzativi dell'opera.**

### **DESCRIZIONE DELL'OPERA**

L'articolo illustra i particolari di progetto e di realizzazione delle pavimentazioni interne di un nuovo stabilimento produttivo costruito a Pozzo d'Adda (MI).

Date le sollecitazioni gravanti sulla pavimentazione e la predisposizione di un sistema di riscaldamento radiante, la soluzione in calcestruzzo fibrorinforzato è stata identificata come la migliore sia in termini realizzativi che prestazionali. Tale tecnologia, unitamente al posizionamento di una rete elettrosaldata su tutta l'area di intervento, ha infatti permesso di garantire un rinforzo tridimensionale nell'intera sezione del pavimento, oltre che a dimezzare le tempistiche di realizzazione delle opere stesse.

Nell'articolo vengono descritti i parametri progettuali e le metodologie realizzative della pavimentazione.



## IL PROGETTO DELLA PAVIMENTAZIONE

Il presente articolo illustra un importante incarico dal punto di vista progettuale svolto dal team tecnico di Fibrocev, relativo alla realizzazione delle pavimentazioni interne riscaldate in calcestruzzo fibrorinforzato.

Ascoltate le esigenze della Committenza e come è possibile vedere dettagliatamente nella successiva *Tabella 1*, lo Studio Tecnico Fibrocev ha seguito lo sviluppo del progetto analizzando nel dettaglio ciascuna area di intervento, in funzione dei carichi agenti e in particolar modo alla richiesta di predisporre un sistema di riscaldamento radiante a pavimento in alcune delle aree oggetto di intervento.

Per questo motivo, è stata valutata una soluzione in FRC considerando il contributo congiunto di fibre polimeriche FIBRAG® POLY: PSF 55-TP e armatura tradizionale.

### Il calcestruzzo

Per la realizzazione di una buona pavimentazione industriale, deve essere posta particolare attenzione anche al mix design del calcestruzzo, in modo da garantire la corretta integrità della piastra sia durante le prime ore di maturazione del calcestruzzo che per preservarne la vita utile in relazione ai carichi agenti e al ritiro del calcestruzzo stesso.

Per questo motivo, al giorno d'oggi, assume sempre più un ruolo chiave la figura del Tecnologo del calcestruzzo, il professionista che conosce nel dettaglio tutti i componenti del calcestruzzo ed è in grado di formularne o variarne la sua composizione, adattando il materiale alle specifiche esigenze progettuali e del cantiere in oggetto.

Nello specifico, è stato utilizzato un calcestruzzo così definito:

CALCESTRUZZO	
Classe di resistenza	<b>C28/35</b>
Classe di esposizione	<b>XC2</b>
Classe di consistenza	<b>S5</b>
Rapporto max a/c	<b>0,60</b>
Dimensione massima aggregato	<b>32 mm</b>
Additivi	<b>Superfluidificante specifico per pavimentazioni</b>

## Le fibre

Per la realizzazione della pavimentazione fibrorinforzata sono state utilizzate le fibre strutturali **FIBRAG® POLY: PSF 55-TP**, fibre polimeriche per applicazioni strutturali per il rinforzo di cementi e calcestruzzi, prodotta mediante processo di estrusione, stiratura e stabilizzazione molecolare.

**FIBRAG® POLY: PSF 55-TP** è la fibra in grado di ridurre la fessurazione da ritiro nel calcestruzzo oltre che migliorare la durabilità incrementando la resistenza a trazione, a fatica del calcestruzzo ed aumentarne la duttilità.



Materiale	Copolimero poliolefinico additivato
Lunghezza (L)	55 mm
Diametro equivalente (Deq)	0,45 mm
Colore	Grigio
Densità	0,91 g/cm <sup>3</sup>
Forma	Struttura ritorta
Resistenza a trazione	650 N/mm <sup>2</sup>
Punto di fusione	230 °C
Assorbimento acqua	0,01 %
Resistenza agli alcalini del cemento	Ottima
Temperatura di transizione vetrosa	-30 / 0 °C

## I getti

I getti per la realizzazione della pavimentazione sono stati eseguiti attraverso pompaggio di circa 500 mc di calcestruzzo con successiva stesura manuale.

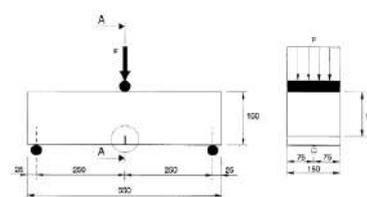
## Il modello di calcolo

Il progetto di una pavimentazione industriale si basa sulla schematizzazione della piastra su un supporto continuo, in cui il terreno di sottofondo viene modellato come un insieme di elementi elastici indipendenti (teoria di Winkler).

Vengono quindi eseguite dapprima analisi allo Stato Limite di Esercizio (SLE) verificando la deformabilità della piastra al gradiente termico, di particolare interesse in questo caso specifico data la presenza di un sistema di riscaldamento radiante, e la fessurazione da ritiro.

La verifica allo Stato Limite Ultimo (SLU) della pavimentazione in calcestruzzo fibrorinforzato viene invece condotta confrontando il valore di progetto delle azioni sollecitanti con i corrispondenti valori resistenti ottenuti dalle resistenze residue del calcestruzzo fibrorinforzato.

Le analisi numeriche prevedono l'utilizzo di un legame costitutivo a trazione post-fessurazione determinato sulla base di prove sperimentali sul materiale in accordo con la normativa UNI EN 14651. Tale norma prevede lo svolgimento di prove sperimentali di flessione su tre punti di carico, condotte su elementi intagliati di dimensione 600x150x150 mm, mediante i quali è possibile determinare le due principali resistenze post-fessurazione: la prima, tipica per le condizioni di esercizio SLE, è la tensione residua ( $f_{R1}$ ) raggiunta in corrispondenza di un'apertura alla base dell'intaglio CMOD pari a 0.5 mm; la seconda, tipica per lo stato limite ultimo SLU, è la tensione residua ( $f_{R3}$ ) individuata in corrispondenza di un CMOD pari a 2.5 mm.



**Figura 1.**  
Prova di trazione per flessione secondo UNI EN 14651

## La tipologia strutturale e le soluzioni progettuali

Per garantire le prestazioni richieste, il modello di calcolo ha restituito una soluzione progettuale fibrorinforzata considerando l'impiego di fibre polimeriche strutturali **FIBRAG® POLY: PSF 55-TP** in ragione di 1.5 kg/m<sup>3</sup>, che ha permesso il soddisfacimento delle verifiche dei momenti positivi e negativi, considerando il contributo congiunto della rete elettrosaldata prevista.

Come è possibile vedere nel dettaglio in *Tabella 1*, il Dipartimento di Progettazione di Fibrocev, ha analizzato singolarmente ciascuna area di intervento, fornendo specifiche definizioni progettuali in funzione delle diverse tipologie di sottofondo di posa delle piastre e al contempo cercando, per quanto possibile, di uniformare tra di loro le diverse soluzioni in termini di spessore di piastra e di diametro e maglia di rete elettrosaldata in modo da ottimizzare e semplificare gli approvvigionamenti di materiale in cantiere.

Grazie all'elevato grado di miscelabilità e di distribuzione uniforme all'interno della matrice cementizia, le fibre **FIBRAG® POLY** forniscono infatti un eccellente rinforzo tridimensionale della sezione, incrementando la resistenza ultima a trazione del calcestruzzo oltre a controllare in maniera attiva il ritiro igrometrico del calcestruzzo e a garantire una maggiore durabilità delle pavimentazioni stesse.

AREE	CARICHI	CALCESTRUZZO	SP. PAVIM.	ARMATURA
<b>AREA 1</b> PIANO TERRA MAGAZZINO (RISC) Sottofondo di posa: magrone + XPS	CL 5.100 kg/app DL 7.200 kg/ruota	C25/30	20 cm	1.5 kg/mc PSF 55-TP + rete inferiore diffusa Ø6/20x20 cm + rete superiore angoli liberi Ø6/15x15 cm
<b>AREA 2</b> PIANO TERRA PACK LINE (RISC) Sottofondo di posa: massicciata + XPS	CL 5.100 kg/app DL 7.200 kg/ruota	C25/30	20 cm	1.5 kg/mc PSF 55-TP + rete inferiore diffusa Ø6/20x20 cm + rete superiore angoli liberi Ø6/10x10 cm
<b>AREA 3</b> PIANO TERRA CAVEAU (NON-RISC) Sottofondo di posa: massicciata + XPS	CL 5.100 kg/app DL 7.200 kg/ruota	C25/30	20 cm	1.5 kg/mc PSF 55-TP + rete inferiore diffusa Ø6/20x20 cm + rete superiore angoli liberi Ø6/10x10 cm

**Tabella 1.** Riepilogo delle soluzioni di progetto per le diverse aree di intervento. Si riportano sommariamente le principali richieste di ciascuna area, i carichi limitanti e le relative soluzioni proposte (CL: concentrated loads, DL: dynamic loads)

## La Mission



### Massima Professionalità

da parte di tutto il Team, formato da tecnici specializzati con approfondita formazione ed esperienza nel settore



### Aggiornamento Continuo

in modo da offrire sempre la migliore soluzione innovativa e più vantaggiosa da un punto di vista tecnico ed economico



### Ricerca & Sviluppo

grazie al laboratorio mobile e presso il laboratorio interno Fibrocev, per un continuo controllo e sviluppo della tecnologia FRC



### Supporto al Cliente

continuo e costante, sostenendolo in ogni fase dell'opera e supportandolo nelle scelte più opportune



### Rapidità di Risposta

e massima disponibilità, in modo da garantire i tempi previsti di consegna di progetto e operativi di cantiere



### Sopralluoghi in Cantiere

costanti durante ogni fase dell'opera, per un supporto continuo al Cliente

**FIBRAG**  
Steel & Polymeric Fibers

Fibrocev S.r.l  
www.fibrocev.it

Via Cristoforo Colombo, 2  
23844 Sironè (LC)

T: +39 031 851038  
F: +39 031 852129

E: fibrocev@fibrocev.it  
PEC: fibrag@legalmail.it

a company of



GALBIATI FAMILY

Capitale Sociale 50.000,00 € i.v. - REA 317517 - Cod. Fisc. / P.IVA / Reg. Impr. Lecco 03466100132

## Conclusioni

Il progetto di una pavimentazione industriale è, al giorno d'oggi, un requisito fondamentale per la buona riuscita dell'opera e il punto di partenza per realizzare un lavoro controllato in ogni sua fase.

Le tecnologie messe a disposizione per conferire al calcestruzzo doti di elevata qualità e durabilità hanno reso possibile un nuovo e radicale cambiamento sia della progettazione sia nei tempi di realizzazione della pavimentazione industriale, permettendo di creare strutture con un elevato impatto estetico più performanti, più funzionali e con diminuzione dei costosi cicli di manutenzione.

Ciò permette di rispettare pienamente le ambiziose aspettative della Committenza, in quanto una soluzione in calcestruzzo fibrorinforzato FRC si dimostra sia tecnicamente molto valida, ma soprattutto economicamente vincente e vantaggiosa.

### Vantaggi con l'utilizzo delle fibre polimeriche

#### FIBRAG® POLY: PSF 55-TP

- ✓ **riduzione** dei tempi di posa del calcestruzzo
- ✓ **elevate resistenze** residue del calcestruzzo
- ✓ **contrasto** dei fenomeni di **ritiro** del calcestruzzo
- ✓ **maggior resistenza** ai carichi dinamici e statici
- ✓ **maggior resistenza** all'impatto e alla caduta dei materiali
- ✓ maggior **durabilità** della pavimentazione
- ✓ **maggior resistenza** agli sbalzi termici della pavimentazione
- ✓ **omogeneità delle prestazioni** in tutta l'altezza della sezione

## Le fasi di realizzazione dell'opera



Figura 2. Preparazione del sottofondo della pavimentazione



**Figura 3.** Getto del calcestruzzo fibrorinforzato con ausilio di autopompa – AREA 3-CAVEAU



**Figura 4.** Particolare del rinforzo aggiuntivo di armatura superiore in corrispondenza degli angoli liberi come da disposizioni progettuali – AREA 3-CAVEAU



**Figura 5.** Fasi di getto della pavimentazione fibrorinforzata con FIBRAG® POLY: PSF 55-TP – AREA 3-CAVEAU



**Figura 6.** Particolare getti calcestruzzo fibrorinforzato con fibre polimeriche FIBRAG® POLY: PSF 55-TP



**Figura 7.** Particolare del sistema di riscaldamento radiante predisposto – AREA 2-PACK LINE



**Figura 8.** Fasi di stesura della pavimentazione fibrorinforzata con FIBRAG® POLY: PSF 55-TP – AREA 2-PACK LINE

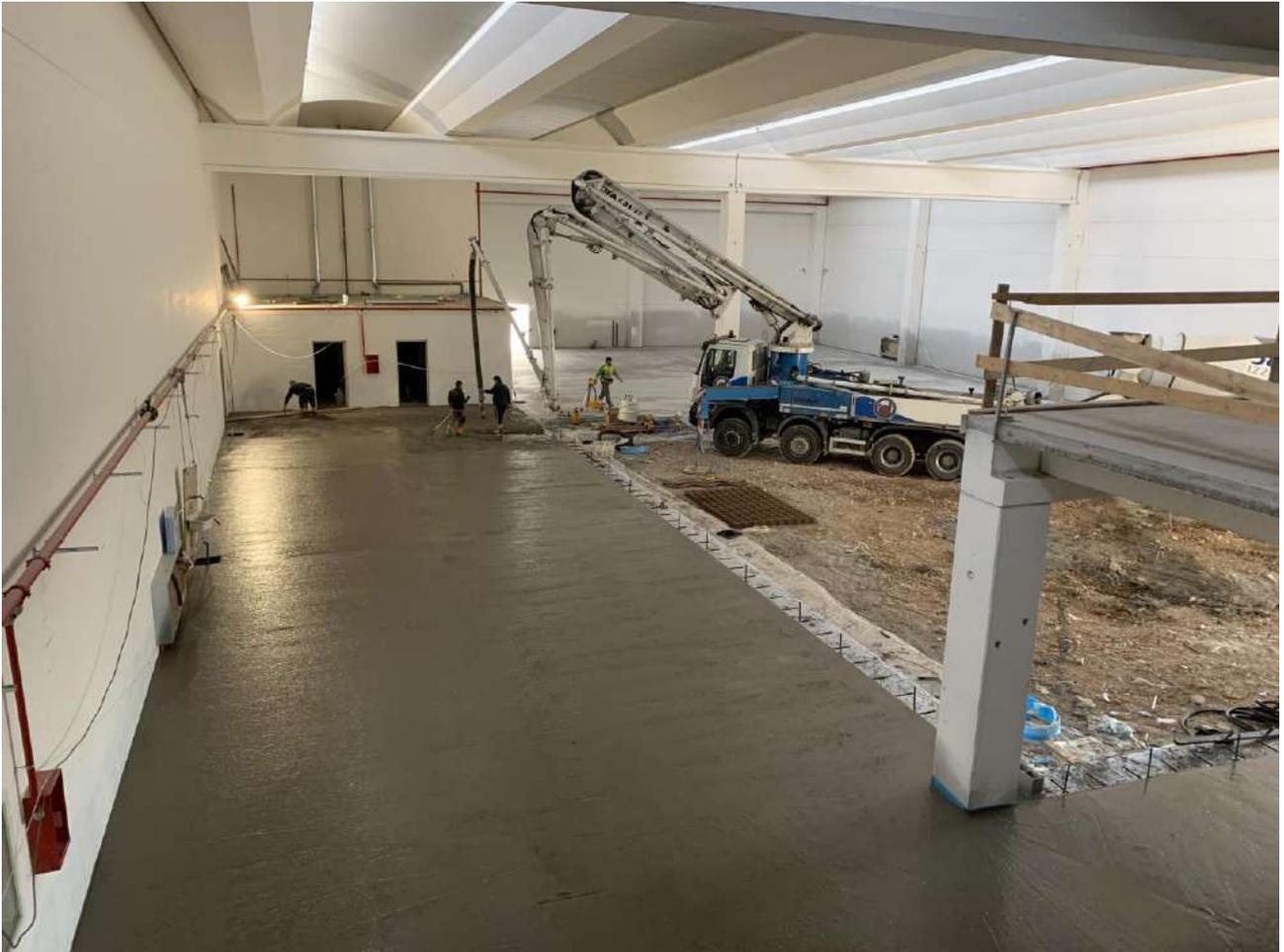


Figura 9. Fasi di getto della pavimentazione fibrinforzata con FIBRAG® POLY: PSF 55-TP – AREA 2-PACK LINE

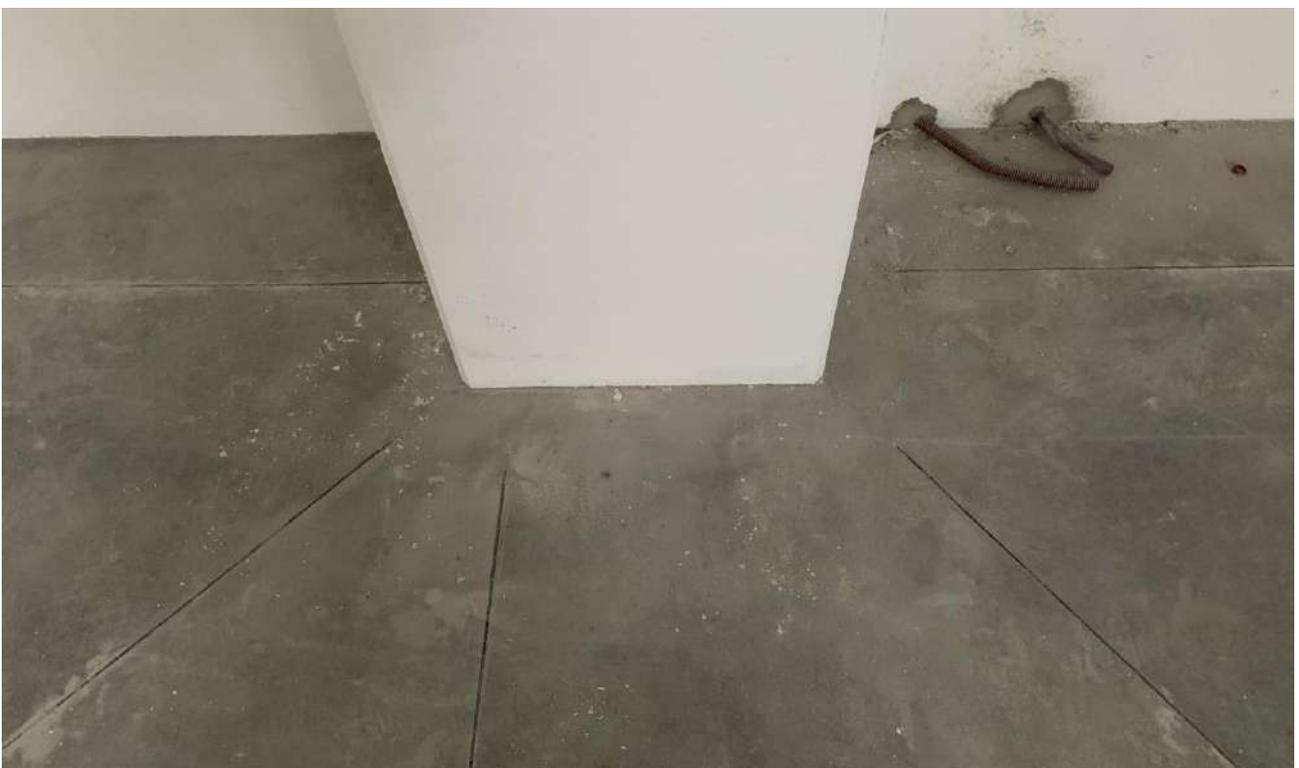


Figura 10. Particolare della cura adottata in fase di realizzazione di giunti di controllo in prossimità di elementi di discontinuità



**Figura 11.** Vista della pavimentazione ultimata

## Dati generali della pavimentazione realizzata

Superficie:	2.500 mq
Spessore:	20 cm
Calcestruzzo:	C25/30
Classe di esposizione:	XC2
Classe di consistenza:	S5
Fibre:	FIBRAG® POLY: PSF 55-TP
Dosaggio:	1,5 kg/mc
Giunti di controllo:	4,00 x 4,00 m

## Dati generali dell'opera

General Contractor:	Area Casa Srl
Direzione Lavori:	Studio Icarus
Impresa esecutrice:	LSE Costruzioni Generali Srl
Impresa esecutrice pavimentazione industriale:	GDS Pavimental Srl
Progettazione pavimentazione:	Fibrocev Srl - Ufficio tecnico e progettazione
Fornitore di fibre:	Fibrocev Srl