

**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 uno 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 corretta realizzazione di una pavimentazione industriale è fondamentale dedicare particolare attenzione anche al mix design del calcestruzzo, al fine di garantire l'integrità della piastra sia nelle prime fasi di maturazione sia durante l'intera vita utile dell'opera, in relazione alle azioni di carico e ai fenomeni di ritiro del materiale.

In questo contesto, la figura del Tecnologo del calcestruzzo, ossia il professionista che possiede una conoscenza approfondita dei singoli componenti del calcestruzzo ed è in grado di definirne o modificarne la composizione, riveste oggi un ruolo sempre più centrale, adattando il materiale alle specifiche esigenze progettuali e alle condizioni operative del cantiere.

Nello specifico, è stato utilizzato un calcestruzzo come di seguito definito:

CALCESTRUZZO

Classe di resistenza	C25/30
Classe di esposizione	XC2
Classe di consistenza	S5
Rapporto max a/c	0,60
Dimensione massima aggregato	32 mm
Additivi	Superfluidificante specifico per pavimentazioni

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/cm³
Forma	Struttura ritorta
Resistenza a trazione	650 N/mm²
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 600x150x150mm, 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.

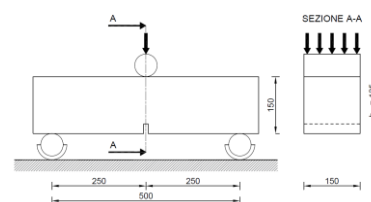


Figura 1.
Prova di trazione per flessione secondo UNI EN 14651

LA TIPOLOGIA STRUTTURALE E LA SOLUZIONE PROGETTUALE

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/m³ che, con il contributo congiunto di una armatura ordinaria costituita da rete elettrosaldata, ha permesso il soddisfacimento delle verifiche dei momenti positivi e negativi.

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
AREA 1 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
AREA 2 PIANO TERRA PACK LINE (RISC) Sottofondo di posa: massiciata + 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
AREA 3 PIANO TERRA CAVEAU (NON-RISC) Sottofondo di posa: massiciata + 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)

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.

I vantaggi con l'uso delle fibre FIBRAG® POLY

- ✓ Riduzione dei tempi di posa del calcestruzzo
- ✓ Contrasto dei fenomeni di ritiro del calcestruzzo
- ✓ Maggior resistenza ai carichi dinamici e statici
- ✓ Maggior durabilità della pavimentazione
- ✓ Maggior resistenza agli sbalzi termici della pavimentazione
- ✓ Omogeneità delle prestazioni in tutta l'altezza della sezione

Dati generali dell'opera

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 contrazione:	4,00 x 4,00 m

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 fibrorinforzata con FIBRAG® POLY: PSF 55-TP – AREA 2-PACK LINE

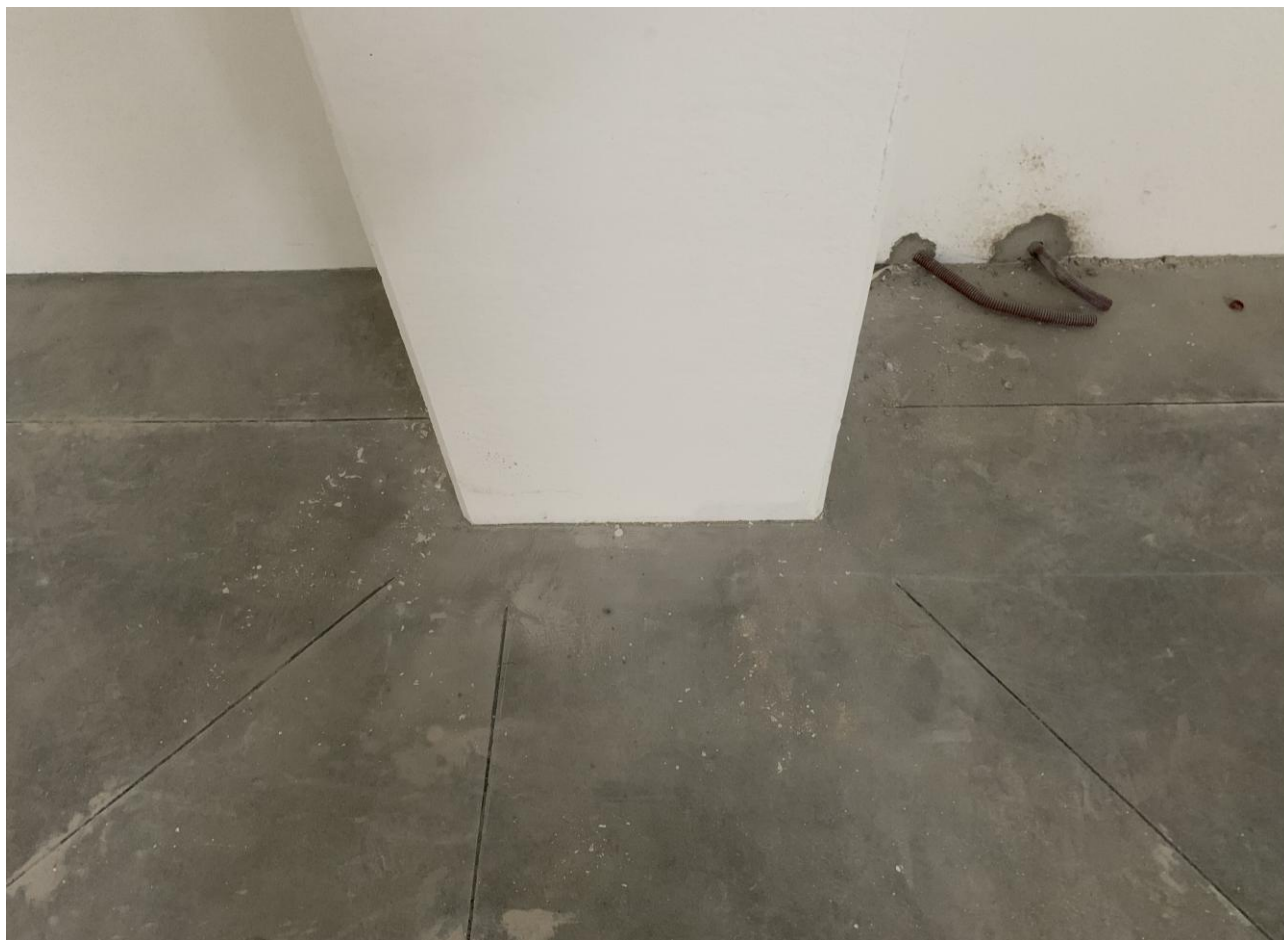


Figura 10. Particolare della cura adottata in fase di realizzazione di giunti di controllo in prossimità di elementi di discontinuità

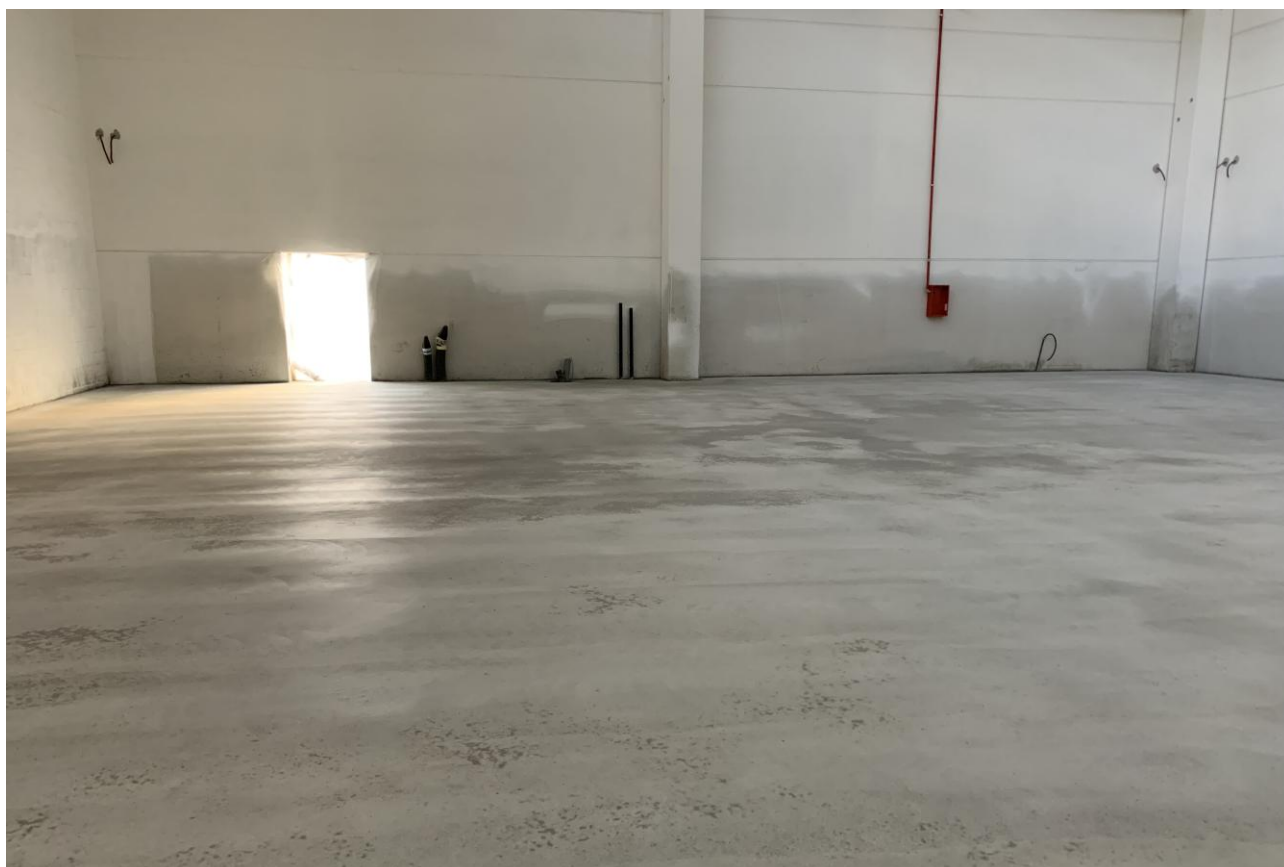


Figura 11. Vista della pavimentazione ultimata