

Ing. Federico Alberio
f.alberio@fibrocev.it

Ing. Massimo Fumagalli
m.fumagalli@fibrocev.it

FIBROCEV
We build business in concrete

Pavimentazioni in calcestruzzo fibrorinforzato ad elevate prestazioni

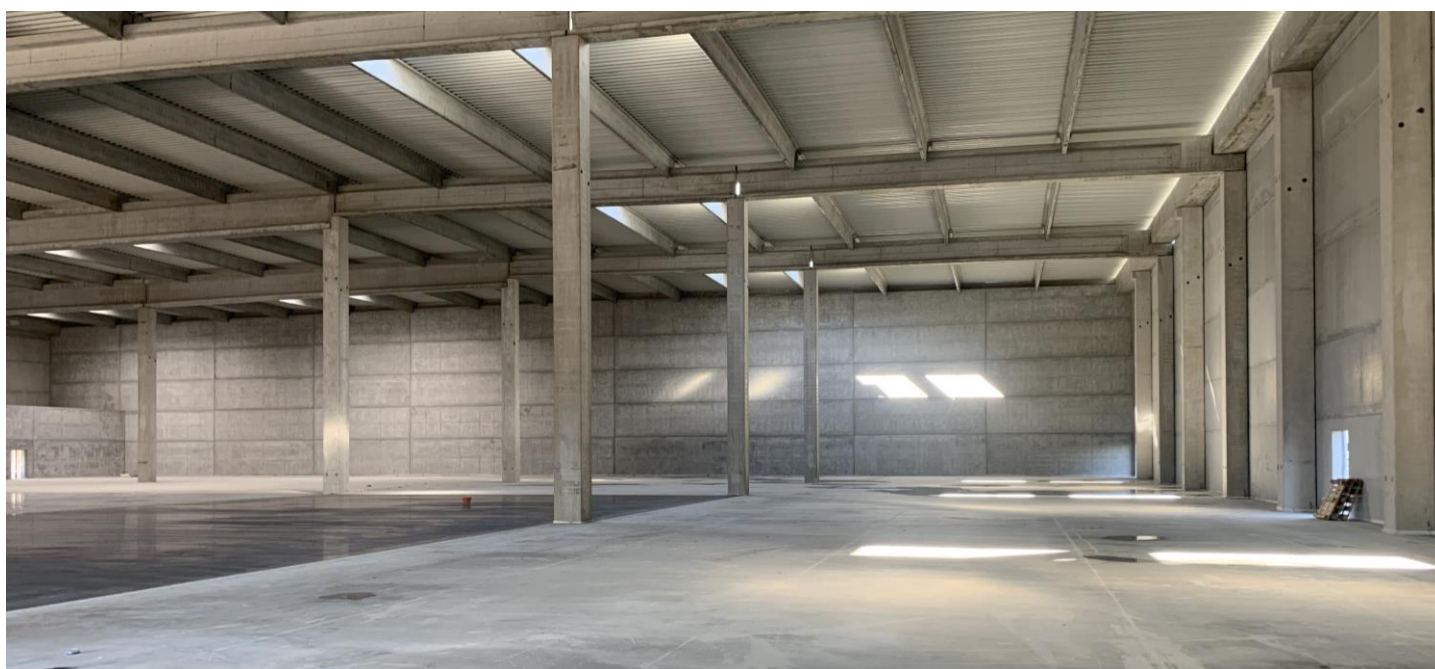
Soluzione in calcestruzzo fibrorinforzato per un nuovo stabilimento di 14.000 mq a destinazione logistica distributiva. Grazie all'utilizzo di fibre in acciaio FIBRAG® STEEL ad alta resistenza a trazione, è stato possibile realizzare una pavimentazione fibrorinforzata ad elevate prestazioni, ottimizzando i tempi realizzativi dell'opera e le scelte ingegneristiche ad essa collegata.

DESCRIZIONE DELL'OPERA

Come ben noto, con la pubblicazione della Circolare esplicativa delle NTC 2018, le pavimentazioni industriali sono diventate un elemento riconosciuto a tutti gli effetti nel mondo delle Costruzioni. Oggi, quindi, la progettazione di una pavimentazione industriale ha assunto un ruolo sempre più importante e di competenza di esperti del settore.

L'articolo illustra i particolari di progetto e di realizzazione delle pavimentazioni interne di un nuovo polo logistico di circa 14.000 mq, realizzato nella provincia di Monza e Brianza.

Date le particolari sollecitazioni gravanti sulla pavimentazione, la soluzione in calcestruzzo fibrorinforzato è stata identificata come la migliore sia in termini realizzativi che prestazionali. Tale tecnologia ha infatti permesso di garantire un rinforzo tridimensionale nell'intera sezione del pavimento, contenendo lo spessore della stessa pavimentazione e dimezzando le tempistiche di realizzazione delle opere stesse, salvaguardando, inoltre, i correnti aspetti di sostenibilità ambientale.



LA PAVIMENTAZIONE IN CALCESTRUZZO

Attualmente, il progetto di una pavimentazione industriale assume un ruolo sempre più fondamentale in quanto la stessa svolge, di fatto, la funzione di vera e propria fondazione, dovendo sopportare carichi sempre più gravosi sia statici che dinamici. Inoltre, le richieste in termini di planarità si sono fatte sempre più stringenti prediligendo quindi l'impiego di sistemi quanto più automatizzati e di precisione come le vibrofinitrici Laser Screed.

Una non corretta progettazione di una piastra in calcestruzzo può provocare, quindi, danni molto importanti, oltre che da un punto di vista economico, anche e soprattutto per la sicurezza degli utilizzatori finali.

Per questo motivo, è stata valutata una soluzione in FRC considerando il contributo di fibre in acciaio ad alta resistenza a trazione FIBRAG® STEEL: F-WG 60/80 SHT.

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, assume sempre più un ruolo chiave la figura del Tecnologo del Calcestruzzo, il professionista che, come descritto in dettaglio nella Quarta Edizione del *Codice di Buona Pratica per pavimentazioni in calcestruzzo ad uso industriale* edito da Conpaviper, conosce nel dettaglio tutti i componenti del calcestruzzo ed è in grado di formularne o variarne la sua composizione o, meglio, di Progettare il composito calcestruzzo fibrorinforzato, adeguando il volume di pasta per ospitare l'aggiunta di fibre e studiandone e valutandone il suo ritiro.



Le fibre

Per la realizzazione della pavimentazione fibrorinforzata sono state utilizzate le fibre strutturali FIBRAG® STEEL: F-WG 60/80 SHT, fibra metallica incollata fabbricata da filo in acciaio trafilato a freddo ad alto tenore di carbonio per il rinforzo del calcestruzzo e altri conglomerati cementizi.

FIBRAG® STEEL: F-WG 60/80 SHT la fibra in grado di migliorare notevolmente le proprietà meccaniche dei conglomerati cementizi come la durabilità, incrementando la resistenza ultima a trazione, la resistenza a fatica e la duttilità del calcestruzzo.



FIBRAG STEEL: F-WG 60/80 SHT

Gruppo (EN 14889-1)	I
Lunghezza (L)	60 mm
Diametro (D)	0,75 mm
Rapporto d'aspetto (L/D)	80
Forma	Uncinata alle estremità
Resistenza a trazione	1.855 N/mm ²
Numerosità	4.800 fibre/kg
Effetto sulla resist. a trazione Dosage to obtain 1,5 N/mm ² at CMOD=0,5 mm and 1 N/mm ² at CMOD=3,5 mm	9 kg/m ³
Tempo di Vebè	11 s

I getti

I getti per la realizzazione della pavimentazione sono stati eseguiti attraverso la fornitura di circa 2.800 mc di calcestruzzo con successiva stesura meccanizzata con Laser Screed, per la realizzazione di una superficie totale di 14.000 mq.

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 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 fibrorinforzato 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.

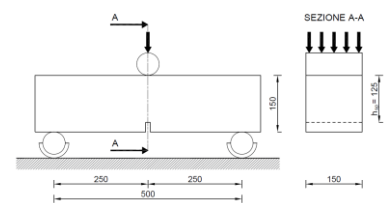


Figura 1.
Prova di trazione per flessione secondo UNI EN 14651

LA TIPOLOGIA STRUTTURALE E LA SOLUZIONE PROGETTUALE

Per garantire le prestazioni richieste e il soddisfacimento delle verifiche ai carichi agenti, il modello di calcolo ha restituito una soluzione progettuale fibrorinforzata considerando l'impiego di un calcestruzzo FRC per il raggiungimento di una classe di resistenza residua di 3.0c, ottenuta con l'uso di fibre in acciaio strutturali ad alta resistenza a trazione **FIBRAG® STEEL: F-WG 60/80 SHT**.

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

Nella successiva **Tabella 1**, si riportano le principali specifiche di progetto.

AREE	CARICHI	FRC	SP. PAVIM.	ARMATURA
PAVIM. INTERNA	UDL 7.000 kg/mq CL 8.500 kg/app DL-S 9.000 kg/asse DL-P 9.000 kg/asse	3.0c	20 cm	F-WG 60/80 SHT + rete $\Phi 8/10 \times 10$ cm angoli liberi

Tabella 1. Riepilogo della soluzione di progetto. Si riportano sommariamente le principali richieste in termini di carichi limitanti (UDL: uniformly distributed loads, CL: concentrated loads, DL-S: dynamic loads on solid tyres, DL-P: dynamic loads on pneumatic tyres)

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® STEEL: F-WG 60/80 SHT

I vantaggi di un calcestruzzo fibrorinforzato FRC per la realizzazione di una pavimentazione industriale sono molteplici e possono essere così riassunti:

- ✓ **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. Fasi di getto della pavimentazione fibrorinforzata con FIBRAG® STEEL: F-WG 60/80 SHT



Figura 3. Fasi di getto della pavimentazione fibrorinforzata con FIBRAG® STEEL: F-WG 60/80 SHT



Figura 4. Fasi di getto e stesura della pavimentazione fibrorinforzata con FIBRAG® STEEL: F-WG 60/80 SHT



Figura 5. Fasi di stesura della pavimentazione fibrorinforzata con FIBRAG® STEEL: F-WG 60/80 SHT



Figura 6. Prelievo dei campioni di FRC da sottoporre a prova di trazione per flessione secondo EN 14651



Figura 7. Set-Up prova di trazione per flessione secondo EN 14651



Figura 8. Particolare della cura adottata in fase di realizzazione di giunti di controllo in prossimità di elementi di discontinuità



Figura 9. Vista della pavimentazione ultimata



Figura 10. Vista della pavimentazione ultimata