CASE HISTORY 2019

Ing. Massimo Fumagalli
CEO & Sales Manager
Fibrocev Srl

Ing. Federico Alberio
Technical Manager R&D
Fibrocev Srl

FIBROCEV
We build business in concrete

Pavimentazioni in calcestruzzo fibrorinforzato per **Logistica Distributiva a Bulciago (LC)**

Soluzione in calcestruzzo fibrorinforzato per le pavimentazioni interne del centro logistico polifunzionale di Bulciago (LC).
Grazie all'utilizzo di fibre metalliche strutturali FIBRAG® STEEL, è stato possibile realizzare una pavimentazione ad alta resistenza, conferendo alla stessa elevati valori di tenacità.

L'articolo illustra i particolari di progetto e di realizzazione delle pavimentazioni interne del centro logistico di proprietà **Teninvest S.p.a.** a **Bulciago (LC)**.
Tale intervento ha visto la realizzazione delle pavimentazioni in calcestruzzo del magazzino logistico di **13.000 metri quadrati** di superficie, tutti interamente realizzati con fibre strutturali di acciaio **FIBRAG® STEEL: F-DUE 60/65 MT**.
Date le forti sollecitazioni gravanti sulla pavimentazione, sia carichi statici che dinamici, la soluzione in calcestruzzo fibrorinforzato è stata identificata come la migliore in termini sia realizzativi che prestazionali. Tale tipologia ha infatti permesso di garantire così un rinforzo in tutta l'altezza della sezione oltre a dimezzare le tempistiche di realizzazione delle opere stesse.
Il progetto della pavimentazione è stato condotto in collaborazione con il **Geom. Riccardo Romanini**, General Manager di **So.Co.Pav S.r.l.** di **Senago (MI)**, ponendo particolare attenzione anche al mix-design del calcestruzzo, coadiuvato dall'impresa **Calcestruzzi Erbesi S.r.l.** di **Garbagnate Monastero (LC)**.
Nell'articolo sono specificati tutti i parametri di progetto e le metodologie realizzative delle pavimentazioni.

Supporto tecnico FIBROCEV

Grazie alla sinergia tra ufficio tecnico interno, laboratorio di caratterizzazione dei materiali, Direzione Lavori e applicatore, è stato possibile fornire al cliente un supporto progettuale e di definizione del mix-design del calcestruzzo più idoneo, in relazione alle condizioni del getto e alla destinazione d'uso della pavimentazione.

Foto vincitrice del concorso fotografico tenutosi presso 2° Forum Nazionale Massetti e Pavimenti di Rimini.
Premio Giuria Tecnica, Prima classificata come miglior foto in assoluto (editor: Diego Tomasoni, d.tomasoni@fibrocev.it)

Progetto della pavimentazione

Il progetto ha previsto la realizzazione delle pavimentazioni interne in calcestruzzo fibrorinforzato del centro logistico sito in Bulciago (LC), visibile dalla SS 36 del Lago di Como e dello Spluga nel tratto di strada della Nuova Valassina, per una superficie di intervento complessiva di circa 13.000 mq.

La necessità di realizzare la pavimentazione in calcestruzzo fibrorinforzato è stata dettata dagli elevati carichi, sia statici che dinamici, gravanti sulla pavimentazione.

I carichi

Nel progetto della pavimentazione è stata posta particolare attenzione all'entità dei carichi da considerare, allo scopo di realizzare una struttura di piastra versatile e adatta a diverse funzioni, a diversi carichi e capace di garantire una continuità prestazionale nel tempo.

In particolare, per quanto riguarda l'entità dei carichi concentrati, di gran lunga quelli più gravosi in quanto agenti su un'impronta relativamente piccola, è stato considerato un carico **maggiore del TRIPLO** di quello imposto dal CNR-DT 211/2014 per la categoria di pavimentazioni L4 (Magazzini per la grande distribuzione e industria con uso intensivo di carrelli elevatori e con presenza di scaffalature alte), considerando inoltre la possibilità di carichi ravvicinati (carico di doppia intensità sulla somma delle impronte).

In dettaglio, nel progetto della pavimentazione sono stati considerati i seguenti carichi:

- **CARICHI STATICI**

Carico uniformemente distribuito	**9.300 kg/m²**
Scaffalature fisse (con distanza minima appoggi 30cm)	**11.500 kg/appoggio** **(16.800 kg/appoggio)**

- **CARICHI DINAMICI**

Carrello elevatore trilaterale	**4.500 kg/ruota**

Il calcestruzzo

Per il progetto è stata posta particolare attenzione al mix design del calcestruzzo con un controllo diretto in cantiere sotto la supervisione di **Fausto Ferrari** (f.ferrari@fibrocev.it, Fibrocev Srl), per garantire la corretta integrità della pavimentazione 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.

I getti per la realizzazione della pavimentazione sono stati eseguiti attraverso la stesa meccanizzata di circa 2.860 mc di calcestruzzo fornito da **Calcestruzzi Erbesi S.r.l. di Garbagnate Monastero (LC)**, tramite l'ausilio di vibrostenditrici Laser Screed per garantire una lavorazione del calcestruzzo estremamente precisa e a planarità controllata. I campi giornalieri di getto sono di 1.000 mq c.ca.

Le fibre

Per la realizzazione della pavimentazione fibrorinforzata sono state utilizzate le fibre strutturali **FIBRAG® STEEL: F-DUE 60/65 MT**, fibre metalliche fabbricate da nastro in acciaio a basso tenore di carbonio per il rinforzo del calcestruzzo e altri conglomerati cementizi. **FIBRAG® STEEL: F-DUE 60/65 MT** è la fibra in grado di migliorare notevolmente le proprietà meccaniche dei conglomerati cementizi, in particolare: la durabilità, incrementando la resistenza ultima a trazione e a fatica, e la duttilità del calcestruzzo.

Gruppo	II (lamiera tagliata)
Lunghezza (L)	60 mm
Sezione	0,66 mm²
Diametro equivalente (Deq)	0,92 mm
Rapporto d'aspetto (L/Deq)	65
Forma	Rettilinea (2 tacche)
Resistenza a trazione	1.180 N/mm²
Numerosità	3.213 fibre/kg

Il calcestruzzo

La composizione del calcestruzzo utilizzato è così definita:

Calcestruzzo	
Classe di resistenza	C28/35
Classe di esposizione	XC3
Rapporto a/c max	0,55
Dimensione massima aggregato	32 mm
Classe di consistenza	S4
Percentuale di aria inglobata	< 3%

Cemento	
Quantità minima	340 kg/mc
Tipo	CEM II A-LL 42,5 R

Additivi
Superfluidificante specifico per pavimentazioni

Modello di calcolo pavimentazione

Per il calcolo, la pavimentazione è stata schematizzata come una piastra su supporto continuo. Il terreno di sottofondo è stato modellato come un insieme di elementi elastici indipendenti (teoria di Winkler).

VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Per gli stati limite di esercizio sono state condotte le verifiche:

- verifiche di deformabilità al gradiente termico
- verifiche di fessurazione da ritiro

VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI

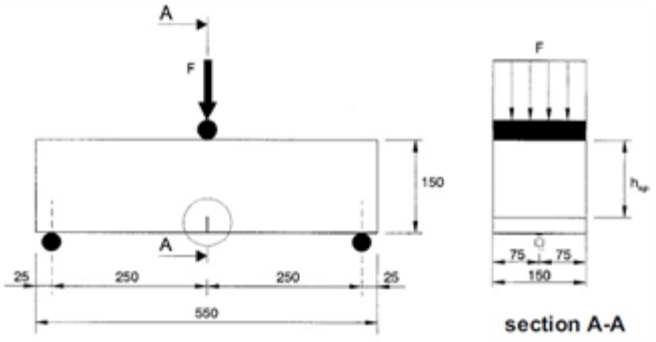
La verifica agli stati limite ultimi della pavimentazione in calcestruzzo fibrorinforzato è stata condotta confrontando il valore di progetto delle azioni sollecitanti con i corrispondenti valori delle resistenze residue del calcestruzzo fibrorinforzato.

Nelle analisi numeriche svolte è stato previsto l'utilizzo di un legame costitutivo a trazione post-fessurazione determinato sulla base di prove sperimentali sul materiale, condotte in accordo con la normativa UNI EN 14651/2007. Tale Normativa 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 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.

Vantaggi con l'utilizzo delle fibre in acciaio FIBROCEV

FIBRAG® STEEL F-DUE 60/65 MT

- ✓ **eliminata** la rete elettrosaldata (ad eccezione degli angoli liberi)
- ✓ **diminuzione** 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



Tipologia strutturale

Viste le particolari richieste per la logistica dello stabilimento, il modello di calcolo impiegato ha restituito una soluzione progettuale **interamente fibrorinforzata** (ad eccezione degli angoli liberi) considerando l'impiego di fibre in acciaio **FIBRAG® STEEL: F-DUE 60/65 MT** in ragione di 25kg/mc e armatura metallica in rete elettrosaldata ϕ8 con maglia 100x100mm agli angoli liberi della piastra, posate con distanziatori di 8 cm.

Le fibre metalliche strutturali **FIBRAG® STEEL: F-DUE 60/65 MT**, grazie all'elevato grado di adesione, interazione e di distribuzione uniforme all'interno della matrice cementizia, forniscono un eccellente rinforzo tridimensionale della sezione, incrementando le resistenze residue a trazione del calcestruzzo.

Nella modellazione di calcolo, infatti, tutte le verifiche dei momenti sia positivi che negativi sono state condotte integrando il contributo delle fibre metalliche alla rete elettrosaldata.

Inoltre, l'unicità della geometria delle fibre **FIBRAG®**, ha garantito un'elevata miscelabilità nella matrice cementizia, senza creare effetti di "balling" o affioramenti delle stesse fibre sulla superficie della pavimentazione.

Le fasi di realizzazione della pavimentazione

Figura 1. Preparazione del sottofondo

Figura 2. Prove di piastra sul sottofondo

Figura 3-4. Nastro trasportatore automatico di fibre in autobetoniera, presso impianto di fornitura di calcestruzzo

Figura 5. Particolare getti calcestruzzo fibrorinforzato con fibre FIBRAG® STEEL F-DUE 60/65 MT

Figura 6. Fase di getto di calcestruzzo fibrorinforzato con fibre FIBRAG® STEEL F-DUE 60/65 MT

Figura 7. Laboratorio mobile per prelievi e controllo prestazioni FRC

Figura 8. Fase di getto e stesura meccanizzata con vibrostenditrice Laser Screed (1)

Figura 9. Fase di getto e successiva stesura meccanizzata con vibrostenditrice Laser Screed (2)

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

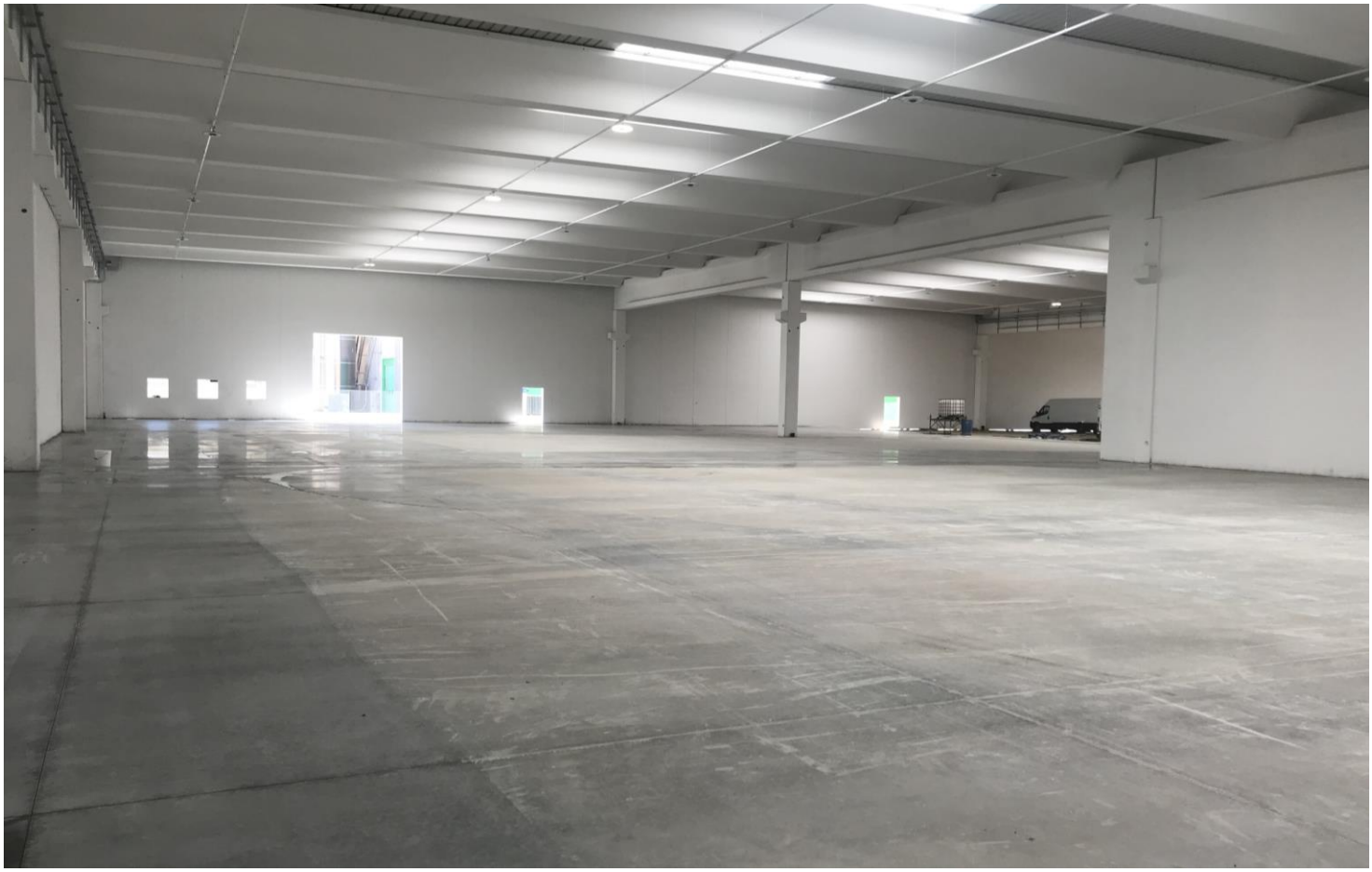


Figura 11. Vista della pavimentazione ultimata

Figura 12. Vista della pavimentazione ultimata

Dati generali dell'opera

COMMITTENTE

Teninvest S.p.a.

Sig. Pietro Tentori – *General Manager*

IMPRESA ESECUTRICE

M.m.c. Costruzioni S.r.l.

Sig. Roberto Magni – *Titolare*

IMPRESA ESECUTRICE PAVIMENTAZIONI

So.Co.Pav. S.r.l.

Geom. Riccardo Romanini – *General Manager*

FORNITURA CALCESTRUZZO

Calcestruzzi Erbesi S.r.l.

Sig. Mario Sangiorgio – *Titolare*

Ing. Massimiliano Cazzaniga – *Responsabile Sistema Qualità*

PROGETTO PAVIMENTAZIONE FIBRORINFORZATA

Fibrocev S.r.l.

Ing. Massimo Fumagalli – *CEO & Sales Manager*

Ing. Federico Alberio – *Technical Manager-R&D*

PAVIMENTAZIONE

Superficie	**13.000 mq**
Spessore	**22 cm**
Calcestruzzo	**C28/35**
Classe di consistenza	**S4**
Classe di tenacità (FIB Model code 2010)	**2.5c**
Armatura fibre	**FIBRAG® STEEL: 60/65 MT**
Campi di getto giornalieri	**1000 m^2**
Giunti di controllo	**5,00 m x 5,00 m**