CASE HISTORY 2020

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

Pavimentazione in calcestruzzo fibrorinforzato per logistica distributiva a Muggiò (MB)

Soluzione in calcestruzzo fibrorinforzato per le pavimentazioni interne di un nuovo centro logistico a Muggiò (MB) per azienda leader mondiale nei servizi di trasporto e logistica.
Grazie all'utilizzo di fibre in acciaio FIBRAG® STEEL, è stato possibile realizzare una pavimentazione ad alta resistenza, ottimizzando i tempi realizzativi dell'opera.

DESCRIZIONE DELL'OPERA

L'articolo illustra i particolari di progetto e di realizzazione della pavimentazione interna del centro logistico eretto nel Comune di Muggiò (MB) che ospiterà un'azienda leader mondiale nei servizi di trasporto e logistica.

Lo studio della sezione della pavimentazione ha richiesto una particolare attenzione ingegneristica in quanto su di essa è stata prevista la costruzione di un piano ammezzato i cui pilastri più sollecitati scaricheranno sulla piastra un carico su un singolo appoggio superiore a 29 tonnellate.

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

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

IL PROGETTO DELLA PAVIMENTAZIONE

I carichi

Come anticipato, all'interno dell'edificio oggetto di intervento è prevista la realizzazione di un solaio ammezzato che poggia direttamente sul pavimento.

Per questo motivo, è stata valutata la realizzazione di una pavimentazione con spessori differenti: la porzione di piastra soggetta ai carichi di una logistica standard è stata infatti progettata con uno spessore di 20 cm, mentre in corrispondenza degli appoggi più caricati del solaio ammezzato l'altezza del pavimento viene aumentata a 30 cm, per una larghezza di 210 cm, in modo da formare delle vere e proprie travi continue.

Nel progetto della pavimentazione sono stati considerati i seguenti carichi:

PAVIMENTAZIONE STANDARD, 20 cm	
CARICHI STATICI	
Carico uniformemente distribuito	**5.000 kg/m²**
Carico concentrato	**50 kN/appoggio**
PAVIMENTAZIONE INTENSIVA, 30 cm	
CARICHI STATICI	
Carico concentrato	**291 kN/appoggio (SLS)**

Il calcestruzzo

Per il progetto è stata posta particolare attenzione al mix design del calcestruzzo, 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.

Nello specifico, è stato utilizzato un calcestruzzo cosi definito:

CALCESTRUZZO	
Classe di resistenza	**C28/35**
Classe di esposizione	**XC2**
Classe di consistenza	**S4**
Rapporto a/c	**0,60**
Dimensione massima aggregato	**22 mm**
ADDITIVI	
Superfluidificante specifico per pavimentazioni	

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

I getti

I getti per la realizzazione della pavimentazione sono stati eseguiti attraverso la stesa meccanizzata di circa 650 mc di calcestruzzo (con Laser Screed). I campi giornalieri di getto sono di 1.300 mq.

Il modello di calcolo

Il progetto della pavimentazione 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.

Il progetto della piastra allo **Stato Limite Ultimo (SLU)**, invece, si basa sulla teoria delle linee di rottura (Yield Line Theory), che richiede un'adeguata duttilità per assumere comportamenti plastici.

La verifica allo Stato Limite Ultimo della pavimentazione in calcestruzzo fibrorinforzato viene 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, condotte 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 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

- ✓ **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

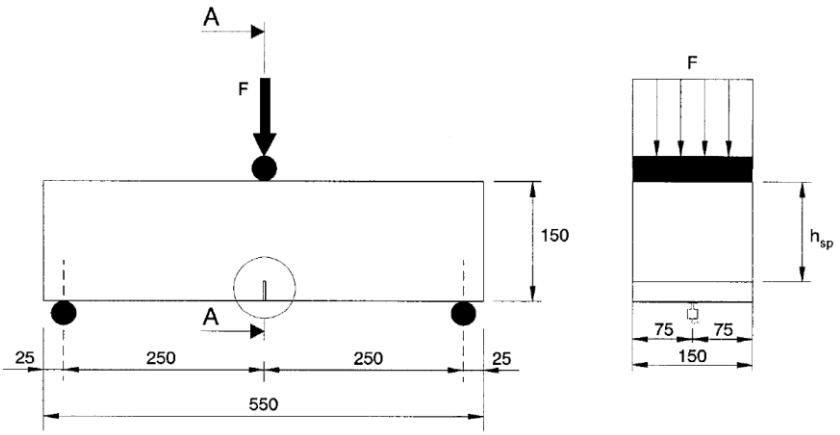

Figura 1. Prova di trazione per flessione secondo UNI EN 14651

La tipologia strutturale

Viste le particolari richieste per la logistica dello stabilimento, il modello di calcolo ha restituito una soluzione progettuale fibrorinforzata considerando l'impiego di fibre in acciaio **FIBRAG® STEEL: F-DUE 60/65 MT** in ragione di 25 kg/mc e armatura metallica in rete elettrosaldata Φ8 con maglia 200x200mm su tutta l'area posata con distanziatori di 8 cm. Tutte le verifiche dei momenti sia positivi che negativi sono state condotte integrando il contributo delle fibre di acciaio e della rete elettrosaldata.

Le fibre di acciaio 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.

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

Conclusioni

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.

Le fasi di realizzazione dell'opera

Figura 2. Preparazione del sottofondo a quote differenti

Figura 3. Posizionamento della rete elettrosaldata nella pavimentazione a differente spessore

Figura 4. Fasi di getto della pavimentazione

Figura 5. Fasi di getto della pavimentazione con stesa meccanizzata Laser Screed

Figura 6. Particolare di ripresa di getto

Figura 7. Vista della pavimentazione ultimata

Dati generali della pavimentazione realizzata

Superficie:	2.500 mq
Spessore:	20/30 cm
Calcestruzzo:	C28/35
Classe di consistenza:	S4
Fibre:	FIBRAG® STEEL: F-DUE 60/65 MT
Dosaggio:	25 kg/mc
Classe di tenacità (FIB Model Code 2010):	2.5 c
Giunti di controllo:	5,00 x 5,00 m

Dati generali dell'opera

Progettazione pavimentazione:	ing. Erminio Sirtori – IngeTec Srl
Esecutori dei lavori massicciata:	Impresa Edile De Carli Andrea Srl
Esecutori dei lavori pavimentazioni:	Impresa Edile De Carli Andrea Srl – GDS Pavimental Srl
Fornitore di calcestruzzo:	Cave Rocca Srl
Fornitore di fibre:	Fibrocev Srl