



COMUNE DI PERUGIA

PROGETTO ESECUTIVO Sistemazioni esterne della sede dell'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale dell'Umbria di Perugia Lotto 1 - CIG 7584565509

Committente:



ARPA UMBRIA - Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale dell'Umbria

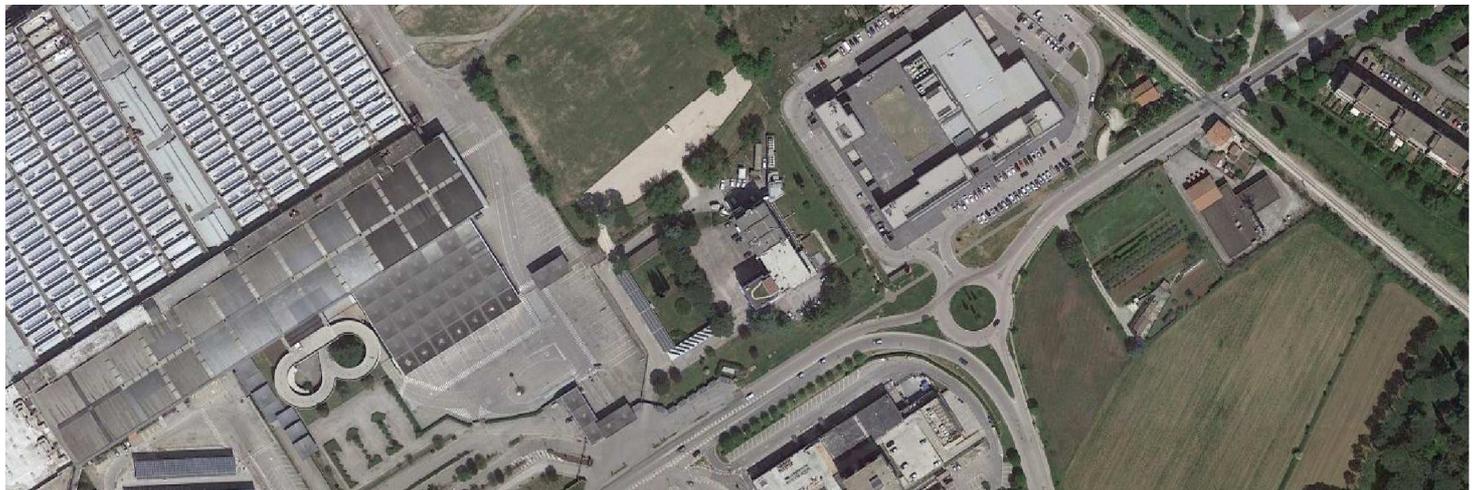
Elaborato N.:

AII. 2

Oggetto:

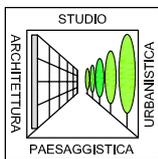
RELAZIONE DI CALCOLO PAVIMENTAZIONI rev. 00

Scala:



Responsabile Unico del Procedimento:

Ing. Rino Laudi - Servizio Patrimonio, Mobilità Sostenibile



Studio di Architettura - Paesaggistica - Urbanistica

Andrea Pochini - Capogruppo
Viviana Baiocco
Andrea Farnelli

*Architetto
Architetto
Geometra*

Area Progetto Associati

Marco Balducci
Carlo Regni
Roberto Regni

*Ingegnere
Ingegnere
Ingegnere*



Timbro e firma:



2					
1					
0	Marzo 2019	Emissione		Arch. Andrea Pochini	Ing. Rino Laudi
REV.	DATA	DESCRIZIONE MODIFICA	REDATTO	APPROVATO	AUTORIZZATO
COD. PROGETTO		COD. DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	DATA
4	3	4	b	0	0
				DI	36
					11 Marzo 2019



COMUNE DI PERUGIA
PROVINCIA DI PERUGIA

PROGETTAZIONE DI PAVIMENTI CIVILI ED INDUSTRIALI
RELAZIONE PRELIMINARE

Cantiere: ARPA UMBRIA

Richiedente: Arch. Pochini Andrea

Ovada, 22 Febbraio 2019

Rev.0.0

Cod. pratica 052.19

INDICE

1. PREMESSA

2. NORMATIVA

3. METODO DI CALCOLO

4. VERIFICA PAVIMENTAZIONE

4.1 Dati di Input

4.2 Tipologia carico

4.3 Verifica pavimentazione

4.4 Indicazioni realizzazione pavimento

4.5 Controllo di qualità dei calcestruzzi FRC

4.6 Zone di bordo

4.7 Progetto dei giunti

5. CONCLUSIONI

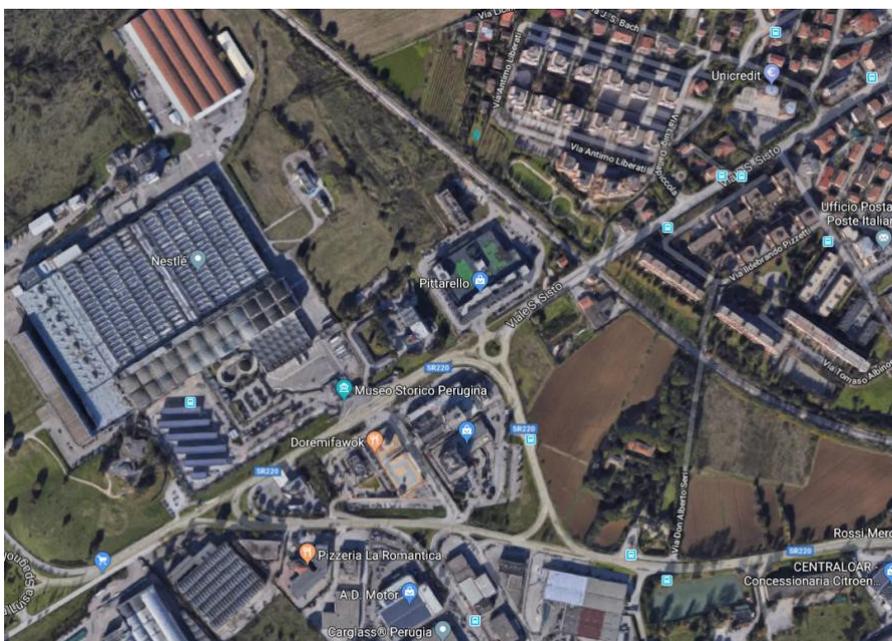
6. OSSERVAZIONI

7. CARATTERISTICHE MATERIALI

8. BIBLIOGRAFIA

1. PREMESSA

La presente relazione preliminare si pone l'obiettivo di dimensionare la pavimentazione architettonica con funzione portante da realizzare a Perugia, presso la sede dell'ARPA UMBRIA, secondo i carichi indicati dal Richiedente.



Localizzazione del cantiere

L'utilizzo di fibre all'interno della matrice cementizia ha come fine la formazione di un materiale composito nel quale il conglomerato è unito ad un agente rinforzante formato da materiale fibroso di varia natura. Il calcestruzzo fibrorinforzato è quindi un composito a matrice cementizia, costituito da cemento, acqua, aggregati, fibre ed eventuali additivi; i diversi componenti devono essere opportunamente combinati per ottenere le proprietà allo stato fresco e le caratteristiche meccaniche allo stato indurito richieste dal Prescrittore. Di conseguenza, per ottenere un calcestruzzo fibrorinforzato a prestazioni garantite, non basta aggiungere delle fibre ad una matrice di calcestruzzo, ma la miscela del composito deve essere opportunamente progettata.

Le fibre risultano caratterizzate, oltre che dal tipo di materiale, da parametri geometrici quali la lunghezza, il diametro equivalente, il rapporto d'aspetto e la forma (fibre lisce, uncinato, ecc.). I principali parametri geometrici della fibra sono riportati nel seguito:

- la lunghezza della fibra (l_f) è la distanza tra le estremità della fibra e deve essere misurata in accordo con le norme di riferimento specifiche;
- la lunghezza in sviluppo della fibra (l_d) è la lunghezza della linea d'asse della fibra;

- il diametro equivalente (d_f) è il diametro di un cerchio con area uguale all'area media della sezione trasversale della fibra;
- il rapporto d'aspetto è definito come quoziente tra la lunghezza e il diametro equivalente della fibra.

I principali vantaggi derivanti dall'utilizzo di fibre come elemento di rinforzo di una pavimentazione sono sia costruttivi che strutturali; basti pensare alla eliminazione (o alla notevole riduzione) dei tempi di posa in opera dell'armatura (con conseguente riduzione dei costi della manodopera) e dei tempi di controllo della D.L., al miglioramento del comportamento fessurativo (con il conseguente aumento della durabilità dell'opera).

La presenza di fibre non modifica in modo significativo la resistenza a compressione del calcestruzzo.

Il comportamento a trazione del calcestruzzo fibrorinforzato può essere caratterizzato con la determinazione sperimentale della tensione nominale post-fessurazione (resistenza residua), attraverso una prova di flessione su una travetta intagliata, in accordo alla norma UNI EN 14651. La resistenza residua è espressa in termini di tensione nominale, corrispondente a specifici valori dell'apertura della base dell'intaglio (CMOD), pari a 0.5, 1.5, 2.5 e 3.5 mm. Un tipico diagramma della forza applicata al provino (F) in funzione del CMOD è riportato in Figura.

Il valore della tensione nominale, f_{Rj} , rappresentativa del comportamento post-fessurativo, è determinato assumendo convenzionalmente una distribuzione lineare delle tensioni nella sezione reagente sopra l'intaglio:

$$f_{R,j} = \frac{3F_j l}{2bh_{sp}^2}$$

La resistenza a trazione convenzionale è data:

$$f_L = \frac{3F_L l}{2bh_{sp}^2}$$

dove:

f_L [MPa] è la resistenza convenzionale di trazione alla fessurazione

f_{Rj} [MPa] è la resistenza residua del composito corrispondente ad un valore CMOD = CMOD_j

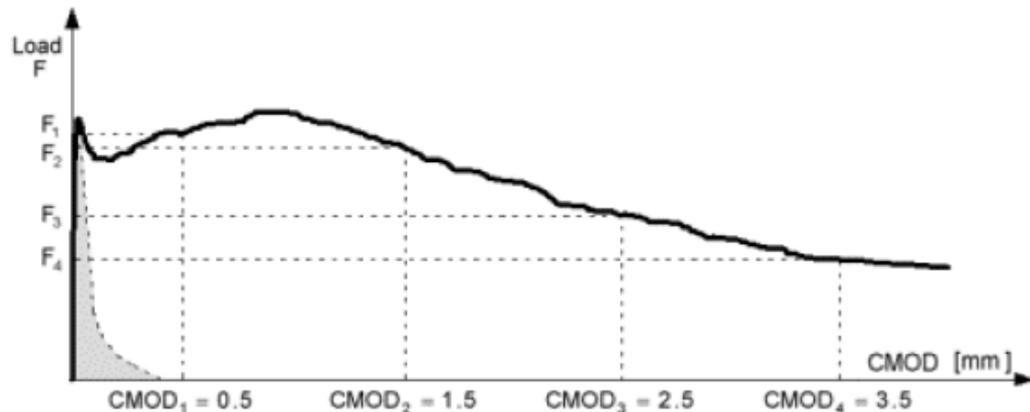
F_j [N] è la forza residua corrispondente a CMOD = CMOD_j

F_L [N] è il valore massimo del carico nell'intervallo $0 \leq \text{CMOD} \leq 0.05$ mm.

l [mm] è la distanza tra gli appoggi della travetta (500 mm);

b [mm] è la larghezza della sezione trasversale della travetta (150 mm);

h_{sp} [mm] è la distanza tra l'apice dell'intaglio e la superficie superiore del provino (125 mm).



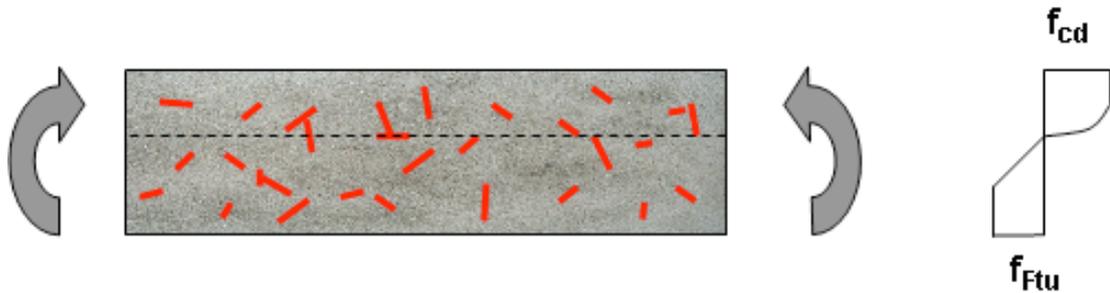
La resistenza residua del calcestruzzo fibrorinforzato, cioè la capacità del materiale di opporsi allo sviluppo della fessura, viene convenzionalmente definita “tenacità”.

Il comportamento a trazione del calcestruzzo fibrorinforzato può anche essere determinato con altre tipologie di prova, purché rientrino tra i metodi standard previsti dalle normative nazionali o internazionali e si dimostrino i fattori di correlazione con i parametri della norma UNI EN 14651.

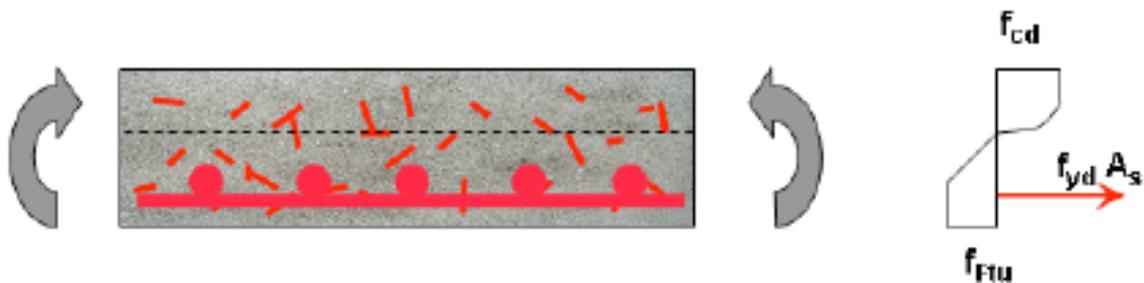
Le tipologie di carico normalmente applicate alle pavimentazioni industriali comportano stati di sforzo particolarmente complessi. I carichi mobili, ad esempio, esercitano azioni cicliche variabili nei diversi punti della pavimentazione che risulta così sottoposta ad azioni flettenti con trazioni sia nella parte superiore sia in quella inferiore. La presenza di un momento flettente che tende le fibre superiori richiede un’armatura all’estradosso della piastra. L’utilizzo a tal fine di una rete elettrosaldata richiede particolari attenzioni in quanto, durante le operazioni di getto, la rete superiore potrebbe essere schiacciata sul fondo della pavimentazione, sia pur in presenza di distanziatori. In questo contesto le fibre, distribuendosi uniformemente nel volume della piastra, rappresentano un’armatura ideale, tanto da non richiedere particolare mano d’opera per la posa e da non creare problemi durante la fase di getto.

- a) Per i pavimenti di calcestruzzo fibrorinforzato senza armatura convenzionale la resistenza a trazione, sia per il momento positivo sia per il momento negativo, è affidata alle sole fibre che hanno quindi funzione strutturale. Dal momento che il fibrorinforzo si attiva solo dopo la microfessurazione della matrice cementizia, è preferibile l’utilizzo di metodi di calcolo che possano tenere in adeguata considerazione le notevoli capacità di resistenza post-fessurazione e che consentano di sfruttare appieno tutte le risorse di energia che il calcestruzzo rinforzato con fibre è in grado di offrire. I metodi di analisi in grado di tenere in considerazione il comportamento non lineare del materiale, già presenti nelle normative (TR 34, 2003; UNI 11146, 2005; CNR DT 204, 2006), sono basati sulla teoria delle linee di plasticizzazione o di rottura

(Yield-Line Method; Johansen, 1962) o sulla Meccanica della Frattura Non Lineare (NLFM; Hillerborg et al., 1976).



- b) Pavimenti di calcestruzzo fibrorinforzato con armatura convenzionale. In questo caso la rete elettrosaldata è generalmente posata sul fondo della pavimentazione. La resistenza a trazione dovuta al momento positivo (fibre inferiori tese) è prevalentemente affidata alla rete e alle fibre mentre la resistenza a trazione dovuta al momento negativo (fibre superiori tese) è affidata alle fibre che svolgono una funzione strutturale.



2. NORMATIVA

I calcoli delle strutture sono stati eseguiti in base alle seguenti disposizioni:

- D.M. 14/01/2018 “Norme tecniche per le costruzioni”
- EN 206-1 “Calcestruzzo – Parte 1: Specificazione, prestazione, produzione e conformità”
- UNI 11104 “Calcestruzzo. Specificazione, prestazione, produzione e conformità. Istruzioni complementari per l’applicazione della EN206-1”
- CNR-DT 204/2006 Istruzioni per la progettazione, l’Esecuzione ed il controllo di Strutture di Calcestruzzo Fibrorinforzato.
- CNR DT 211/2014 Istruzioni per la progettazione, l’Esecuzione ed il controllo di Pavimentazioni.

3. METODO DI CALCOLO

Il pavimento oggetto della progettazione è stato verificato secondo quanto previsto dalle normative e tramite un calcolo che permette di valutare i quantitativi di fibra sintetica strutturale e rete elettrosaldata da inserire all'interno del getto per poter garantire il corretto funzionamento della pavimentazione sotto l'azione dei carichi previsti.

La valutazione della quantità di fibre necessaria per un dato spessore è effettuata nello spirito della "Yield Line Theory", secondo quanto indicato nei lavori citati in bibliografia.

Si considera un pavimento appoggiato su suolo elastico alla Winkler. Il pavimento si fessura per il momento positivo presente sotto il carico.

Spessore e dosaggio di fibre sono determinati in modo che il calcestruzzo non si fessuri per il massimo momento negativo presente ad una certa distanza dal carico (il massimo momento negativo viene quindi posto uguale al momento di prima fessurazione del calcestruzzo).

In altre parole, si considera che per carichi crescenti si produce dapprima la fessurazione a momento positivo sotto il carico (momento massimo); al crescere del carico aumenta la fessurazione radiale intradossale finché il massimo momento negativo non è tale da fessurare il calcestruzzo all'estradosso. Questa condizione è considerata lo Stato Limite Ultimo del pavimento.

Si considera inoltre che il momento positivo si trasmetta nelle sezioni fessurate grazie alla presenza delle fibre.

Per il calcestruzzo fibroso si assume infatti a trazione il legame costitutivo di figura 1 in cui f_{ct} è la resistenza a trazione del calcestruzzo (considerata indipendente dal dosaggio di fibre) e la resistenza residua f_{res} è dovuta alla presenza delle fibre che attraversano la fessura e consentono il passaggio di tensioni di trazione tra i suoi lembi.

La resistenza residua dipende da:

- classe del calcestruzzo (R_{ck});
- dosaggio di fibre e tipo di fibre (V_f).

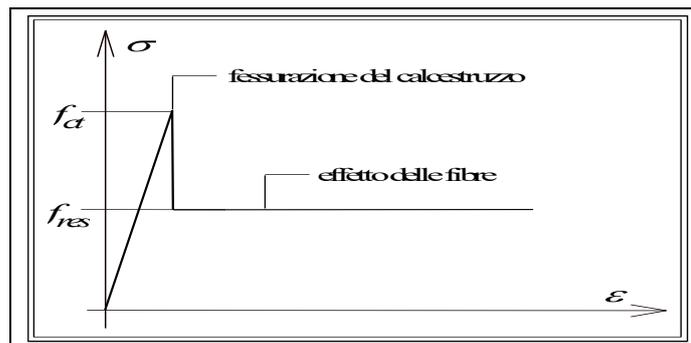


Figura 1. Legame costitutivo a trazione del calcestruzzo con fibre X Fiber 54s.

Il legame $f_{res} = f_{res}(Rck, Vf)$ è stato determinato sulla base di risultati sperimentali condotti con diversi dosaggi di fibre X Fiber 54s e diverse classi di calcestruzzo.

Il momento flettente M_{res} che si trasmette grazie alla presenza delle fibre in una sezione fessurata è determinato con lo schema di figura 2.

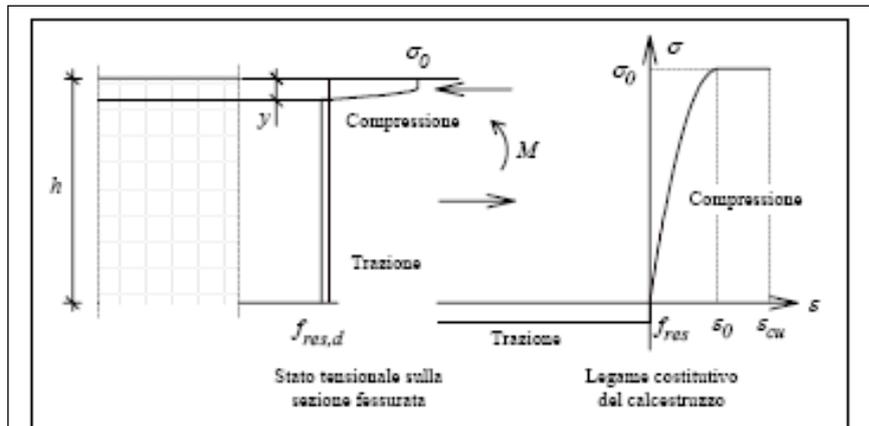


Figura 2. Momento dato dalle fibre

Si sottolinea che il procedimento descritto rappresenta un “calcolo a rottura”, pertanto il carico P deve rappresentare la condizione di carico allo Stato Limite Ultimo.

Lo stesso deve essere considerato per la resistenza a trazione del calcestruzzo che deve rappresentare un valore di calcolo di detto parametro.

La pavimentazione in oggetto è stata inoltre verificata per punzonamento, in accordo con quanto previsto dell' UNI EN1992-1-1 (EC2), implementando all'interno del codice di calcolo la dimensione dell'impronta di carico, il carico stesso nonché le caratteristiche dei materiali e considerando una piastra di calcestruzzo sprovvista di armatura per taglio:

$$EC2 (6.4.4) \quad v_{Rd,c} = 0.18 / \gamma_c \cdot \xi (100 \rho f_{ck})^{1/3} \geq 0.035 \xi^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

dove:

- $\xi = 1 + \sqrt{200/d} \leq 2$ con d in mm
- $\rho = \sqrt{\rho_x \cdot \rho_y} \leq 0.02$ $\rho_x, \rho_y \geq 0.5\%$

Successivamente sono state eseguite le verifiche agli stati limite di esercizio che includono la verifica delle tensioni di compressione e trazione e la verifica a fessurazione sempre considerando il caso di carico puntuale di valore fornito dalla Committenza in accordo con quanto esplicitato dalle NTC 2018 al cap. 4.1.2.2.

Ai fini delle verifiche agli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni secondo la Normativa vigente DM 2018:

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (S.L.E.) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione quasi permanente, generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine (S.L.E.):

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Essendo:

- G_1 il peso proprio di tutti gli elementi strutturali;
- G_2 il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
- Q_{ki} l'i-esima azione variabile.

3.1 STATI LIMITE ULTIMI

La verifica agli stati limite ultimi delle pavimentazioni di calcestruzzo fibrorinforzato può essere eseguita facendo riferimento al documento CNR-DT 204/2006.

Verifica a flessione con analisi elastica lineare

La verifica si basa sul confronto tra i valori di progetto delle azioni sollecitanti, determinate con un'analisi in cui si ipotizza che la piastra abbia un comportamento elastico lineare, e quelli resistenti.

Il valore di progetto del momento resistente per unità di larghezza $m_{rd,F}$ si calcola come:

$$m_{rd,F} = \frac{f_{Fmd} \cdot t^2}{2}$$

A questo momento resistente va sommato il contributo dell'armatura metallica, qualora prevista.

Verifica a punzonamento

I carichi considerati nella progettazione della pavimentazione in oggetto sono applicati su superfici di dimensioni limitate in rapporto allo spessore totale della pavimentazione stessa; gli sforzi localizzati che si generano nella zona di diffusione del carico posta al di sotto delle superfici caricate, possono dar luogo ad un fenomeno di collasso locale per taglio noto con il termine di "punzonamento".

Data la mancanza di precise indicazioni in materia nella normativa tecnica vigente, le verifiche a punzonamento sono state svolte con riferimento alle disposizioni riportate nel Eurocodice 2 [Par. 6.4] inerenti la verifica di solette/piastre in c.a. piene soggette ad elevati carichi concentrati. A favore della sicurezza strutturale, nella verifica non si è considerato l'incremento della resistenza a punzonamento derivante dall'azione di sostegno del terreno posto al di sotto della pavimentazione.

Inoltre, nella verifica si trascura il contributo resistente offerto dalle fibre in acciaio nei confronti del comportamento a trazione post-fessura del calcestruzzo fibrorinforzato.

Il procedimento per la verifica a punzonamento di una piastra in c.a. si basa sul controllo delle sollecitazioni agenti lungo il perimetro della superficie caricata e lungo il perimetro di verifica u_1 ; in particolare si raccomandano le seguenti verifiche:

- lungo il perimetro dell'area caricata si raccomanda che la massima tensione di taglio-punzonamento non sia superata:

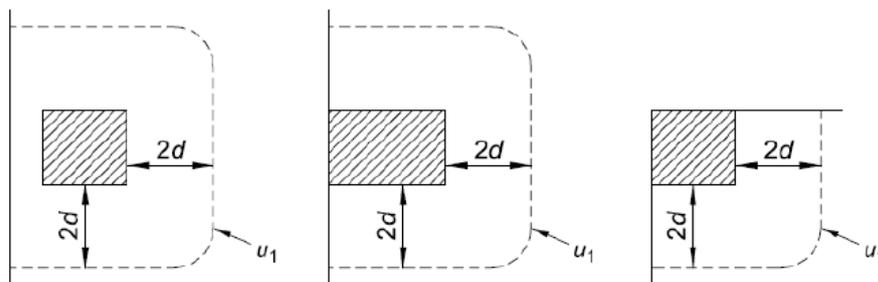
$$v_{Ed} < v_{Rd,max}$$

- l'armatura per il taglio-punzonamento non è necessaria se:

$$v_{Ed} < v_{Rd,c}$$

dove v_{Ed} è lo sforzo di taglio sollecitante di progetto mentre v_{Rd} è la resistenza di progetto a punzonamento.

Perimetro di verifica di base per aree caricate in prossimità di bordi o di angoli



Nell'ipotesi cautelativa, per altro sostanzialmente realistica, che la pavimentazione in oggetto non contenga alcuna armatura longitudinale disposta all'intradosso, la resistenza di progetto a punzonamento può essere calcolata con la seguente formula:

$$v_{Rd,c} = v_{min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$$

3.2 STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Stato limite di deformazione

Per quanto riguarda i limiti di deformabilità, essi devono essere congruenti con le prestazioni richieste alla pavimentazione, anche in relazione alla destinazione d'uso, alle esigenze statiche, funzionali ed estetiche. Potranno essere concordati con il Committente o dedotti da documentazione tecnica di comprovata validità.

Ai fini della valutazione dell'evoluzione dello stato deformativo delle pavimentazioni nel tempo, è necessario considerare il comportamento differito del supporto. Da questo punto di vista, risultano particolarmente sensibili i terreni normal-consolidati ed i sottofondi scarsamente compattati. Un ulteriore fattore significativo è rappresentato da una distribuzione di azioni permanenti sulla pavimentazione significativamente disomogenea (aree di stoccaggio e corsie di movimentazione, etc.).

Stato limite di controllo delle tensioni

La verifica delle tensioni di compressione in esercizio deve essere eseguita in accordo con la Normativa vigente. Nel caso in esame si fa riferimento al paragrafo 4.1.2.2.5.1 delle NTC 2018:

$$\sigma_c < 0,45 \cdot f_{ck}.$$

Nel caso di elementi strutturali realizzati con materiali degradanti, la verifica delle tensioni di trazione in esercizio è implicitamente soddisfatta se l'elemento è verificato allo SLU.

Nel caso di elementi strutturali realizzati con materiali incrudenti, deve essere eseguita la verifica delle tensioni di trazione in esercizio imponendo il soddisfacimento della limitazione:

$$\sigma_t \leq 0.6 \cdot f_{Ftuk}.$$

Stato limite di fessurazione

Per assicurare la funzionalità e la durabilità delle pavimentazioni di calcestruzzo è necessario controllare il rispetto dello stato limite di formazione delle fessure all'estradosso della pavimentazione. In termini più generali, in sede di progetto è necessario operare per far sì che non si verifichi la formazione di fessure in tale porzione. A tal fine, per la combinazione di azioni prescelta, la massima tensione normale di trazione all'estradosso delle pavimentazioni deve soddisfare la condizione:

$$\sigma_t \leq \frac{f_{ctm}}{1.2}$$

dove f_{ctm} è la resistenza a trazione media del calcestruzzo, valutata secondo UNI EN 1992-1-1. In mancanza di indicazioni specifiche diverse, la combinazione delle azioni da considerare è quella frequente.

Il calcolo delle tensioni sollecitanti viene svolto facendo uso delle caratteristiche geometriche e meccaniche della sezione omogeneizzata non fessurata. Inoltre, l'analisi strutturale della pavimentazione avviene seguendo le classiche regole del calcolo elastico per il quale si possono utilizzare le formule di Westergaard (1926).

4. CALCOLI

4.1 Dati di Input

Per la pavimentazione oggetto di studio si è formulata una proposta di intervento valutata secondo il tipo di calcestruzzo da utilizzare, in particolare è stata considerata cautelativamente una soluzione con la posa di un calcestruzzo **C25/30** MPa in assenza di indicazioni più precise, al fine di una valutazione dei costi-benefici in termine di spessori e quantitativi di materiale.

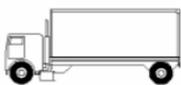
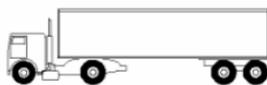
Per la verifica della pavimentazione si è utilizzato un foglio di calcolo che esegue le verifiche considerando quanto previsto nel DT 211/2014.

CLASSIFICAZIONE DEI PAVIMENTI INDUSTRIALI IN BASE ALL'UTILIZZO (UNI 11146:2005)			Classi di Tenacità consigliate
Tipo	Campi di impiego prevalenti	Condizioni di carico più frequenti	
1	Uffici, marciapiedi, cantine Disimpegni	Statiche e dinamiche non comprese nei tipi successivi	a,b,c
2	Autorimesse, piazzali	Automezzi su pneumatici di massa totale ≤ 3,5 t	b,c,d
3	Magazzini e industria con uso occasionale di transpallets presenza di scaffalature leggere. Piazzali autorimesse	Carrelli elevatori con pneumatici di massa totale ≤ 2,5 t Scaffalature aventi carico massimo ≤ 30 kN per appoggio Automezzi su pneumatici di massa totale ≤ 13 t	c,d,e
4	Magazzini grande distribuzione e industria con uso intensivo di carrelli elevatori e presenza di scaffalature	Carrelli elevatori con pneumatici di massa totale >2,5 t Transpallet con massa totale ≤ 11 t Carrelli elevatori con ruote piene di massa totale ≤ 4,5 t Scaffalature aventi carico massimo ≤ 30 kN/appoggio Automezzi su pneumatici di massa totale ≤ 30 t	d,e
5	Industria, scaffalature, moli e banchine portuali e carichi speciali, piazzali.	Transpallets con massa totale >11 t Carrelli elevatori con ruote piene di massa totale >4,5 t Scaffalature aventi carico massimo >30 kN/appoggio Automezzi su pneumatici di massa totale >30 t	e

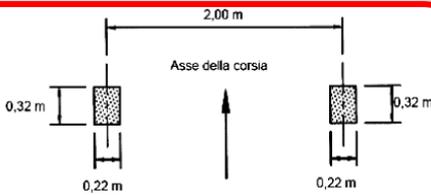
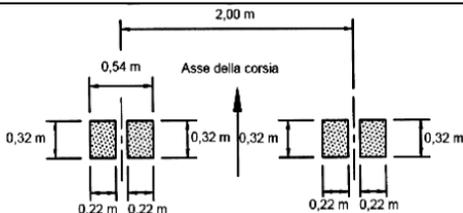
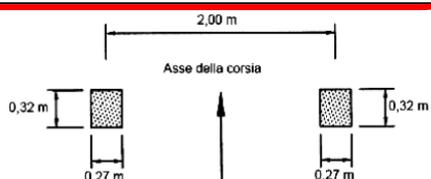
4.2 Sollecitazioni agenti

Il dimensionamento è stato effettuato considerando il carico derivante dal transito di veicoli pesanti, secondo quanto indicato dalle NTC 2018 alla Tab. 5.1.VII:

Tab. 5.1.VII - Modello di carico di fatica 2 – veicoli frequenti

Sagoma del veicolo	Distanza tra gli assi (m)	Carico frequente per asse (kN)	Tipo di ruota (Tab. 5.1.IX)
	4,50	90 190	A B
	4,20 1,30	80 140 140	A B B
	3,20 5,20 1,30 1,30	90 180 120 120 120	A B C C C
	3,40 6,00 1,80	90 190 140 140	A B B B
	4,80 3,60 4,40 1,30	90 180 120 110 110	A B C C C

Tab. 5.1.IX - Dimensioni degli assi e delle impronte per i veicoli equivalenti

Tipo di pneumatico	Dimensioni dell'asse e delle impronte
A	
B	
C	

I carichi suddetti sono stati moltiplicati per il coefficiente di sicurezza pari a 1.5.

Per la pavimentazione in oggetto è stato utilizzato un coefficiente di Winkler pari a **8 kg/cm³** in quanto in presenza di buon sottofondo.

Tipologia di terreno: **Base**



RISULTATI OTTENUTI

			M_D / M'_D
M_D	$\frac{\Delta P}{\Delta S} \cdot D$	79.6 [MPa]	0.12
M'_D	$\frac{\Delta P'}{\Delta S'} \cdot D$	692.3 [MPa]	

D = 300 mm

4.3 Verifica pavimentazione

Si allega il report di calcolo contenente il dimensionamento della pavimentazione.

4.4 Indicazioni realizzazione pavimento

Si riportano alcune indicazioni utili per la realizzazione a regola d'arte della pavimentazione:

- posa in opera di barriera al vapore costituita da telo in polietilene
- inserimento di n° 3 barre Φ 12 mm, lunghezza 70-80 cm circa, in corrispondenza di ogni spigolo dei pilastri e/o angoli dei setti e pozzetti.



Requisiti del calcestruzzo:

prospetto 5	Valori limite per la composizione e le proprietà del calcestruzzo																		
	Classi di esposizione																Altri requisiti		
	Nessun rischio di corrosione dell'armatura	Corrosione delle armature indotta dalla carbonatazione				Corrosione delle armature indotta da cloruri						Attacco da cicli di gelo/disgelo				Ambiente aggressivo per attacco chimico			
						Acqua di mare			Cloruri provenienti da altre fonti										
X0						XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2								XS3
Massimo rapporto <i>a/c</i>	-	0,60	0,55	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45	0,50	0,50	0,45	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45	
Minima classe di resistenza	C12/15	C25/30	C30/37	C32/40	C32/40	C35/45	C30/37	C32/40	C35/45	C32/40	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C30/37	32/40	35/45		
Minimo contenuto in cemento (kg/m^3) ^{d)}	-	300	320	340	340	360	320	340	360	320	340	360	320	340	360	320	340	360	
Contenuto minimo in aria (%)													b)	4,0 ^{a)}					
							E' richiesto l'utilizzo di cementi resistenti all'acqua di mare secondo UNI 9156						E' richiesto l'utilizzo di aggregati conformi alla UNI EN 12620 di adeguata resistenza al gelo/disgelo				In caso di esposizione a terreno o acqua del terreno contenente solfati nei limiti del prospetto 2 della UNI EN 206:2014, è richiesto l'impiego di cementi resistenti ai solfati ^{f)}		

- Tempo di frattazzabilità:
4 ore ; < 8 ore dopo l'orario di carico dell'autobetoniera, anche in clima freddo.
- Additivi: conformi alle UNI EN 934-2:2002, specifici per pavimentazioni
- In caso di clima caldo, ventilato, bassa igrometria, si consiglia l'utilizzo di appositi additivi antievaporanti oppure la stagionatura protetta da apposito telo.

4.5 Controllo di qualità dei pavimenti In Frc

La realizzazione di pavimenti in calcestruzzo fibrorinforzato va sottoposta ad un controllo che assicuri la conformità dei prodotti ai requisiti di funzionalità, durabilità e di resistenza richiesti.

Per la valutazione della tenacità del materiale fibrorinforzato si fa riferimento alle prove di frattura su campioni di trave come specificato nelle presenti Linee Guida e nella UNI EN 14651 (2007).

Per la determinazione del contenuto di fibre nel calcestruzzo allo stato fresco la norma di riferimento è la UNI EN 14721, anche se esplicitamente riferita alla fibre metalliche. La valutazione preliminare delle prestazioni del calcestruzzo fibrorinforzato è consigliata nel caso di pavimenti di grandi dimensioni e/o di classe “3-4-5”

La possibilità di utilizzare il calcestruzzo fibrorinforzato in sostituzione (anche parziale) dell’armatura convenzionale (rete o barre) richiede che il composito raggiunga livelli prestazionali minimi.

I requisiti minimi per le pavimentazioni sono riportati nel seguito:

$$f_{R1m} / f_{Lm} \geq 0.35$$

$$f_{R3m} / f_{Lm} \geq 0.25$$

dove:

f_{R1m} rappresenta il valore medio della resistenza residua a trazione valutata per $CMOD1 = 0,5$ mm;

f_{R3m} rappresenta il valore medio della resistenza residua a trazione valutata per $CMOD1 = 2,5$ mm;

f_{Lm} rappresenta il valore medio della tensione di picco rilevata nell’intervallo di apertura di fessura $0 \div 0.05$ mm (UNI EN 14651)

4.6 Zone di bordo

Per un carico in corrispondenza di un bordo libero la capacità portante della piastra è approssimativamente pari al 50% di quella calcolata se il carico è in posizione centrale. La norma UNI 11146 – allegato B - suggerisce valori di momento di bordo compresi tra 1,5 m (giunto organizzato) e 2,0 m (bordo libero) - m è la sollecitazione unitaria di flessione calcolata per carico in posizione centrale.

Nel caso oggetto di studio non si inseriranno armature aggiuntive sui bordi in quanto dalla verifica svolta si ottiene che tali aree risultano verificate; si rimanda al report di calcolo.

4.7 Progetto dei Giunti

Individuato lo spessore h della pavimentazione occorre definire tipo, posizione ed eventuale armatura dei giunti. Nelle pavimentazioni non armate si hanno:

- 1 giunti di isolamento
- 2 giunti di costruzione
- 3 giunti di deformazione (dilatazione o contrazione).

Giunti di Isolamento

“Isolano” la pavimentazione da elementi fissi (muri, pilastri, travi di fondazione, pozzetti ecc.), per evitare l’insorgere di fessure dovute alla deformabilità impedita della piastra di calcestruzzo in prossimità di tali elementi. Estesi su tutto lo spessore della pavimentazione sono realizzati ponendo, prima del getto, una striscia continua di materiale deformabile lungo tutto lo sviluppo dell’elemento da isolare. Nel caso di elementi singoli (pilastri) la forma geometrica preferibile è quella circolare o comunque poligonale senza angoli acuti accentuati.

Lo spessore dei giunti di isolamento vari da 5 a 20 mm.



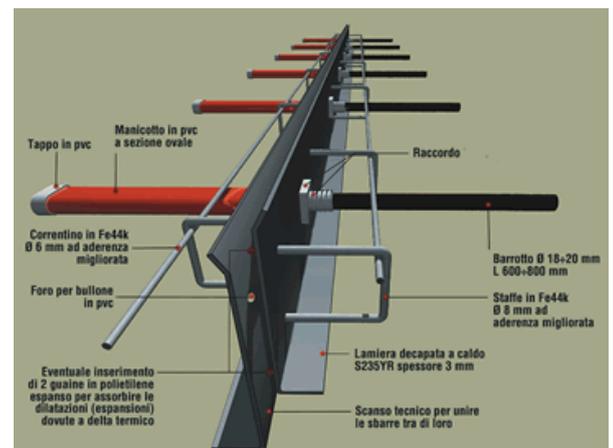
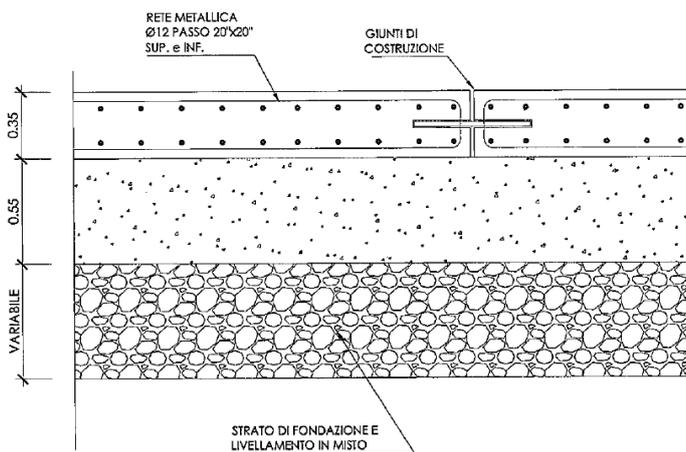
Giunti di Costruzione

Suddividono la pavimentazione in moduli di cui è prevista la realizzazione in giorni successivi. Estesi a tutto lo spessore, sono spesso “organizzati” mediante dispositivi in grado di trasmettere la quota (γ TRP) del carico P da un modulo al modulo adiacente, per ridurre il “gradino” che si verificherebbe tra due piastre adiacenti, ostacolo alla circolazione dei mezzi e oggetto di precoce deterioramento. Devono coincidere con uno degli altri tipi di giunto, in particolare con i giunti di deformazione.

La distanza tra i giunti di costruzione dipende dalla capacità di realizzazione della piastra di pavimentazione, dall'attrito con il supporto e dalle condizioni ambientali.

I riquadri che si vengono a formare tra i giunti di costruzione devono avere la forma più regolare possibile ed il rapporto tra i lati, a e b, deve rispettare la condizione:

$$a/b \leq 1,5$$



Giunti di Deformazione

Servono ad “assorbire” i movimenti termo-igrometrici della piastra di calcestruzzo: dilatazioni dovute a escursioni termiche (nel caso di pavimentazioni poste all’esterno), contrazioni dovute al ritiro igrometrico del calcestruzzo (sempre presente, ma di particolare rilievo per le pavimentazioni interne protette dall’escursione termica).

Giunti di Contrazione (Ritiro Igrometrico)

Presenti in tutte le pavimentazioni, sia all’esterno che all’interno di un fabbricato, si estendono solamente per 1/4 - 1/5 dello spessore della pavimentazione. Sono realizzati “tagliando” superficialmente con una sega a disco il calcestruzzo non appena lo stesso risulta pedonabile, in modo da formare riquadri approssimativamente regolari o con un massimo del 10% di differenza nella lunghezza di due lati ortogonali. Il taglio realizza un indebolimento locale, dunque una zona di localizzazione preferenziale di una fessura da ritiro, in modo da evitare che la pavimentazione, quasi sempre di spessore variabile causa la variabile planarità del sottofondo, presenti fessure con andamento casuale.

Le fessure da ritiro sono dovute al raffreddamento che subisce il calcestruzzo nella fase di postidratazione del cemento, che genera tensioni di trazione contrastate dall’attrito tra il calcestruzzo e il terreno di sottofondo e/o dalla presenza di una rete antiritiro.

Secondo la UNI 11146 [3] la distanza tra due giunti di contrazione è funzione dello spessore h della pavimentazione secondo la relazione (L_{gs} e h in cm):

$$L_{gs} = 18 h + 100$$

I tagli dovranno essere eseguiti entro 24-36 ore dal completamento della pavimentazione, o comunque quando il taglio con disco diamantato non provochi sbavature.

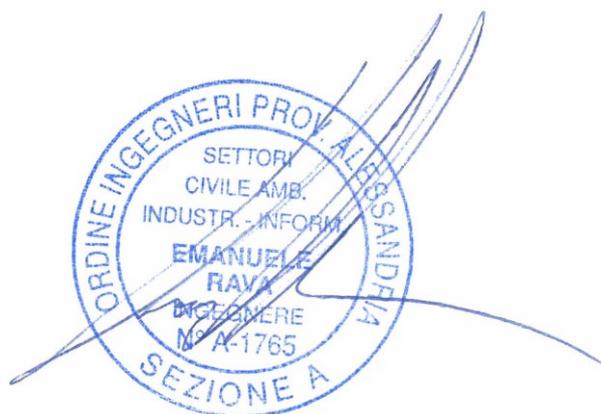
5. CONCLUSIONI

SOLUZIONE DI PROGETTO

	Spessore	Calcestruzzo	Rete di armatura	Dosaggio fibra
Pavimentazione	14	XC2 C25/30	Rete ϕ 8 20/20 posizionata a 4 cm dal fondo	X Fiber 54s 1.50 kg/m ³

Ovada, li 22 Febbraio 2019

Ing. Emanuele Rava



6. OSSERVAZIONI

- 1) La presenza delle fibre strutturali X Fiber 54s consentono di evitare la messa in opera della rete elettrosaldata o di ridurre i quantitativi della stessa. La pavimentazione deve comunque prevedere la presenza di giunti di dilatazione.
- 2) Le X Fiber 54s sono state testate e verificate da diversi laboratori autorizzati per la loro qualificazione.
- 3) Assicurazione professionale

LLOYDS

Lloyd's Insurance Company S.A.

Numero del contratto: **A819B0201B222CA-LB**

RC Professionale degli Architetti e Ingegneri

Scheda di copertura

Codice ramo	Corrispondente	Lloyd's Broker	Riferimento unico dell'Accordo di Autorità Delegata - UMR
04	108935 VWA	1124 IPR	B112419B100001 19/10/2018 33

Numero del contratto: **A819B0201B222CA-LB**

Nome commerciale del prodotto assicurativo: RC Professionale degli Architetti e Ingegneri

Nome del Contraente: C.S. ING SRL

Indirizzo, codice postale e città del Contraente: C.SO ITALIA 6
15076 OVADA AL
ITALIA

Partita Iva: 02198460061

Codice fiscale: 02198460061

Assicurato/i: C.S. ING SRL
EMANUELE NAVA DANIELE BARBERA

Periodo assicurativo (escluso il tacito rinnovo): dalle 00:01 del 16/01/2019 alle 24:00 del 15/01/2020

Data del modulo di proposta che costituisce parte integrante del presente Contratto: 20/12/2018

7. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

X FIBER 54s

Le proprietà

Per la sua particolare forma geometrica e le sue proprietà superficiali, RXF 54S non riduce la lavorabilità degli impasti. La riduzione di lavorabilità di un conglomerato fibrorinforzato è inversamente proporzionale alla quantità di pasta cementizia necessaria a "inglobare" omogeneamente la fibra medesima nell'impasto: al decrescere della lavorabilità aumenta la quantità di pasta cementizia necessaria. RXF 54S richiede, quindi, una quantità di pasta cementizia molto inferiore rispetto a tutte le fibre sintetiche e metalliche strutturali presenti sul mercato. La perfetta distribuzione di RXF 54S nell'impasto cementizio fresco consente di ottenere un materiale omogeneo sotto il profilo strutturale e pertanto conforme alle indicazioni di progetto.

I campi di applicazione

- calcestruzzo proiettato fibrorinforzato per rivestimenti;
- calcestruzzo proiettato fibrorinforzato per rivestimenti finali di gallerie durabili e resistenti al fuoco;
- pavimentazioni industriali a grandi superfici sottoposte a carico medio-pesante, pavimentazioni industriali in genere;
- calcestruzzi estrusi fibrorinforzati;
- elementi prefabbricati;
- shotcrete con funzione antispalling.

Caratteristiche tecniche

PROPRIETÀ CHIMICHE E FISICHE	
Materiale	miscela di polimeri poliolefinici
Forma	monofilamento
Peso specifico	0,91 kg/dm ³
Lunghezza	54 mm
Diametro equivalente	0,677 mm
Rapporto lunghezza/diametro	113
Resistenza a trazione	620-758 MPa
Resistenza agli acidi, alle basi e ai sali	totale
Conformità	UNI EN 14889-2

8. BIBLIOGRAFIA

- Westergaard, H. M. “New formulas for Stresses in Concrete Pavements of Airfields, ASCE, vol.113, p.425-444, 1926.
- Johansen, K. W., “Yield-Line Theory, Cement and Concrete Association, London, 1962.
- Meyerhof, G. G. “Load-Carrying Capacity of Concrete Pavements”, Journal of Soil Mechanics and Foundations Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, 1962.
- Leonards, G. A., Harr, M. E., “Analysis of Concrete Slabs on Ground”, ASCE, Vol. 85, pp. 35-58, 1959.
- Losberg, A., “Pavements and Slabs on Grade with Structurally Active Reinforcement”, ACI Journal, Title 75-66, nov.-dic. 1978.
- ACI, 544.4R-88, “Design Considerations for Steel Reinforced Concrete”, Reported by ACI Committee 544, 1988.
- CBI Report 1:89, Åke Skarendahl, Bo Westerberg, “Handledning för dimensionering av fiberbetonggolv”, 1989.
- ACI 360R-92, “Design of Slabs on Grade”, Reported by ACI Committee 360, 1992.
- Soroushian, P., Tlili, A., Alhozaimy, A., Khan, A. “Development and Characterization of Hybrid Polyethylene Fiber Reinforced Cement Composites, ACI Materials Journal, Vol. 90 n. 2, 1993.
- Bayasi, Z., Zeng, J. “Properties of Polypropylene Fiber Reinforced Concrete”, ACI Materials Journal, Vol. 90 n. 6, 1993.
- Ruredil, “Ruredil X Fiber 54, Scheda tecnica.
- Di Prisco, M., Toniolo, G., Editors Proceedings of the International Workshop Structural Applications of Steel Fibre Reinforced Concrete, 2000.
- RILEM TC 162-TDF: “Test and Design Methods for Steel Fibre Reinforced Concrete - σ - ϵ Design Method”, Materials and Structures, Vol. 33, March 2000, pp. 75-81.
- RILEM TC 162-TDF, “Test and Design Methods for Steel Fibre Reinforced Concrete – Bending test”, Materials and Structures, Vol. 35, November 2002, pp. 579-582
- CONPAVIPER “Codice di buona pratica per i pavimenti in calcestruzzo ad uso industriale” – III ed. Maggio 2003
- Ministero Infr. e Trasporti “DM 14/09/2005 - Norme tecniche per le costruzioni”
- UNI 11146 - 2005 “Pavimenti di calcestruzzo ad uso industriale - Criteri per la progettazione, la costruzione e il collaudo”

- CNR Bollettino n.92 “Determinazione del modulo di reazione k dei sottofondie delle fondazioni in misto granulare” - 1983
- Timoshenko, G. “Theory of plates and shells” – Mc Graw-Hill, 1972
- CEN “EN 1992-1-1 – Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo – parte 1-1” – Bruxelles, 2004
- CEB - fib “Model Code 1990” – Thomas Telford, 1991
- Legge 5.11.1971 n. 1086 (1971), “Norme per la disciplina delle opere in conglomerate cementizio armato normale, precompresso ed a struttura metallica”.
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (2008), Decreto Ministeriale 14.1.2008, “Norme tecniche per le costruzioni”.
- CNR DT 204 (2006), “Istruzioni per la Progettazione, l’Esecuzione ed il Controllo di Strutture di Calcestruzzo Fibrorinforzato”, Consiglio Nazionale delle Ricerche.
- Concrete Society (2003), “Concrete industrial round floors – A guide to design and construction”, Technical Report (TR) No. 34, Third Edition, 104 pp.
- Eurocodice 2 (2005), “Progettazione delle strutture di calcestruzzo. Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici”, UNI EN 1992-1-2, 210 pp.
- Hillerborg, H., Modeèr, M., Petersson, P.E. (1976), “Analysis of crack formation and crack growth in concrete by means of fracture mechanics and finite elements,” Cement and Concrete Research, 6, pp. 773-782.
- Johansen, K.W. (1962), “Yield line theory”, London, William Clowes and Sons Ltd.
- UNI EN 206-1 (2006), “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”.
- EN 14845-1 (2007), “Test methods for fibres in concrete - Part 1: Reference concretes”.
- EN 14845-2 (2007), “Test methods for fibres for concrete - Part 2 — Effect on concrete”.
- UNI 11039 (2003), “Calcestruzzo rinforzato con fibre di acciaio. Parte I: Definizioni, classifica-zione e designazione. Parte II: Metodo di prova per la determinazione della resistenza di prima fessurazione e degli indici di duttilità”, 2003.
- UNI 11146 (2005), “Pavimenti di calcestruzzo ad uso industriale”.
- UNI 11188 (2006), “Progettazione, esecuzione e controllo degli elementi strutturali in calcestruzzo rinforzato con fibre d’acciaio”.
- UNI 11307 (2008), “Prova sul calcestruzzo indurito - Determinazione del ritiro”.
- medipa
- UNI EN 14889-1, “Fibres for concrete – Part 1: Steel fibres – Definitions, specifications and conformity”, August 2006.

- UNI EN 14889-2, “Fibres for concrete – Part 2: Polymer fibres – Definitions, specifications and conformity”, August 2006



COMUNE DI PERUGIA

PROVINCIA DI PERUGIA

REPORT DI CALCOLO
PAVIMENTAZIONI CIVILI E INDUSTRIALI

Cantiere: ARPA UMBRIA

Richiedente: Arch. Pochini

Ovada, 22 Febbraio 2019

Rev.0.0



Cod. pratica 052.19

PAVIMENTAZIONE PARCHEGGIO - ARPA					
CARATTERISTICHE DEI MATERIALI					
CALCESTRUZZO					
- CLASSE DI RESISTENZA	C <input style="width: 80px;" type="text" value="25/30"/>				
ACCIAIO					
- CLASSE DI RESISTENZA	B <input style="width: 80px;" type="text" value="450"/> C				
TERRENO					
- COEFFICIENTE DI WINKLER	<input style="width: 250px;" type="text" value="INSERITO"/>				
	k = <input style="width: 80px;" type="text" value="8,00"/> kg/cm ³				
X FIBER 54s					
- DOSAGGIO	<input style="width: 150px;" type="text" value="1,5"/> kg/m ³				
PAVIMENTAZIONE					
- SPESSORE	H = <input style="width: 80px;" type="text" value="14"/> cm				
CARICO					
- METODO DI CALCOLO	MODELLAZIONE FEM				
- TIPO DI CARICO	CONCENTRATO				
- CARICO DI PROGETTO	P = <input style="width: 80px;" type="text" value="9500"/> kg				
- DIMENSIONI IMPRONTA DI CARICO	L1 = <input style="width: 80px;" type="text" value="27"/> cm L2 = <input style="width: 80px;" type="text" value="32"/> cm				
- MOMENTO AGENTE DA MODELLAZIONE FEM	M+,max <input style="width: 80px;" type="text" value="1564"/> kgm/m M-,max <input style="width: 80px;" type="text" value="822"/> kgm/m				
RETE DI ARMATURA					
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%; text-align: center;">CENTRO</th> <th style="width: 50%; text-align: center;">BORDO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"> <input type="radio"/> NESSUNA RETE <input checked="" type="radio"/> SOLO SOTTO <input type="radio"/> SOPRA E SOTTO </td> <td style="text-align: center;"> <input type="radio"/> NESSUNA RETE <input checked="" type="radio"/> SOLO SOTTO <input type="radio"/> SOLO SOPRA <input type="radio"/> SOPRA E SOTTO </td> </tr> </tbody> </table>	CENTRO	BORDO	<input type="radio"/> NESSUNA RETE <input checked="" type="radio"/> SOLO SOTTO <input type="radio"/> SOPRA E SOTTO	<input type="radio"/> NESSUNA RETE <input checked="" type="radio"/> SOLO SOTTO <input type="radio"/> SOLO SOPRA <input type="radio"/> SOPRA E SOTTO
CENTRO	BORDO				
<input type="radio"/> NESSUNA RETE <input checked="" type="radio"/> SOLO SOTTO <input type="radio"/> SOPRA E SOTTO	<input type="radio"/> NESSUNA RETE <input checked="" type="radio"/> SOLO SOTTO <input type="radio"/> SOLO SOPRA <input type="radio"/> SOPRA E SOTTO				
RETE SUPERIORE					
RETE INFERIORE	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;"> $\phi =$<input style="width: 80px;" type="text" value="8"/> mm PASSO = <input style="width: 80px;" type="text" value="20"/> cm </td> <td style="width: 50%; text-align: center;"> $\phi =$<input style="width: 80px;" type="text" value="8"/> mm PASSO = <input style="width: 80px;" type="text" value="20"/> cm </td> </tr> </tbody> </table>	$\phi = $ <input style="width: 80px;" type="text" value="8"/> mm PASSO = <input style="width: 80px;" type="text" value="20"/> cm	$\phi = $ <input style="width: 80px;" type="text" value="8"/> mm PASSO = <input style="width: 80px;" type="text" value="20"/> cm		
$\phi = $ <input style="width: 80px;" type="text" value="8"/> mm PASSO = <input style="width: 80px;" type="text" value="20"/> cm	$\phi = $ <input style="width: 80px;" type="text" value="8"/> mm PASSO = <input style="width: 80px;" type="text" value="20"/> cm				
- DISTANZA INTRADOSSO-RETE INFERIORE	dinf = <input style="width: 80px;" type="text" value="4"/> cm				

VERIFICA SLU			
		CENTRO	BORDO
	M_{Ed}	1564,00 kgm	M_{Ed} 822,00 kgm
	$M_{Rd,sez}$	668,52 kgm	$M_{Rd,sez}$ 668,52 kgm
	$M_{Rd,arm}$	983,46 kgm	$M_{Rd,arm}$ 393,38 kgm
	$M_{Rd,fibra}$	653,33 kgm	$M_{Rd,fibra}$ 653,33 kgm
	$M_{Rd,tot}$	1636,79 kgm	$M_{Rd,tot}$ 1046,72 kgm
			VERIFICATO CS = ● 1,05
PUNZONAMENTO			
- DIMENSIONI IMPRONTA DI CARICO			
		L1 =	27 cm
		L2 =	32 cm
- POSIZIONE CARICO		CENTRALE	
- ECCENTRICITA' CARICO		NON ECCENTRICO	
- PERIMETRO IMPRONTA CARICO		u_0 =	1180 mm
- PERIMETRO DI PROGETTO		AUTOMATICO	u_1 = 2780 mm
Verifica su u_0	- taglio agente	V_{Ed0}	1,21 MPa
	- taglio resistente	$V_{Rd,max}$	4,45 MPa
		VERIFICATO	CS = ● 3,68
Verifica su u_1	- taglio agente	V_{Ed1}	0,51 MPa
	- taglio resistente	$V_{Rd,c}$	0,52 MPa
		VERIFICATO	CS = ● 1,01
VERIFICHE SLE			
VERIFICA S.L. LIMITAZIONE DELLE TENSIONI COMB. Q.P.			
		CENTRO	BORDO
CLS COMPRESSO	σ_c	85,91 kg/cm ²	σ_c 16,24 kg/cm ²
	$0,45 \cdot f_{ck}$	112,05 kg/cm ²	$0,45 \cdot f_{ck}$ 112,05 kg/cm ²
		VERIFICATO CS = ● 1,30	VERIFICATO CS = ● 6,90
VERIFICA S.L. FORMAZIONE DELLE FESSURE			
		CENTRO	BORDO
		SEZ FESSURATA	SEZ NON FESSURATA
TRAZIONE CLS / AMPIEZZA FESSURE	w_k	0,28 mm	σ_t 16,71 kg/cmq
	CLASSE DI ESPOSIZIONE	XC2	
	w_n	0,3 mm	$f_{ctm}/1,2$ 21,3 kg/cmq
		VERIFICATO CS = ● 1,08	VERIFICATO CS = ● 1,28

Lx =	10,00	m	Lunghezza della piastra lungo X
Ly =	10,00	m	Lunghezza della piastra lungo Y
k =	80000	kN/m ³	Costante elastica di Winkler del sottosuolo
k =	8,00	kg/cm ³	Costante elastica di Winkler del sottosuolo
s =	14,00	cm	Spessore della piastra
E =	31.176	N/mm ²	Modulo elastico del cls
v =	0,150		Coefficiente di Poisson del cls

Inserimento Pilastr

n. pil.	X	Y	N
	[m]	[m]	[kN]
1	1	1	95
2	3	1	95
3	1	5,5	45
4	3	5,5	45
5	4	2,75	45
6	6	2,75	45
7	4	7,25	95
8	6	7,25	95
9			
10			
11			
12			

n. pil.	X	Y	N
	[m]	[m]	[kN]
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			

n. pil.	X	Y	N
	[m]	[m]	[kN]
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			

Scegli la dimensione della maglia del reticolo

$\Delta X = \Delta Y =$ m Distanza fra i nodi lungo X e Y

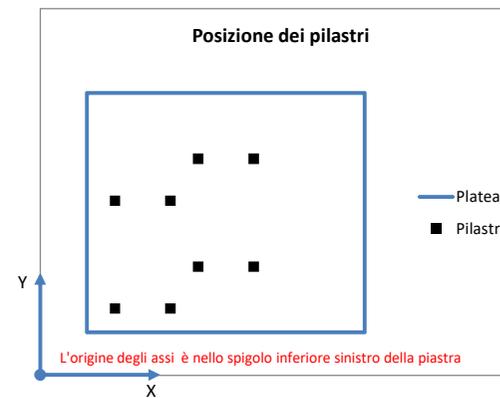
Il calcolo richiede 0 min, 6 s

Calcola

Per ridurre i tempi del calcolo prova ad aumentare la dimensione del reticolo (DeltaX, DeltaY)

Tempo impiegato 5,52 s

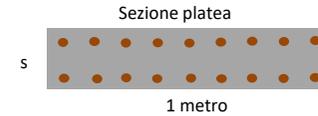
Posizione dei pilastri



Risultati			
w_{max} =	1,76	mm	Spostamento massimo
$M_{x,max}$ =	15,64	kNm/m	Momento massimo su faccia di normale x
$M_{x,min}$ =	-7,15	kNm/m	Momento minimo su faccia di normale x
$M_{y,max}$ =	15,17	kNm/m	Momento massimo su faccia di normale y
$M_{y,min}$ =	-8,22	kNm/m	Momento minimo su faccia di normale y
$R_{x,max}$ =	23,74	kN/m	Taglio massimo su faccia di normale x
$R_{x,min}$ =	-21,57	kN/m	Taglio minimo su faccia di normale x
$R_{y,max}$ =	16,27	kN/m	Taglio massimo su faccia di normale y
$R_{y,min}$ =	-76,89	kN/m	Taglio minimo su faccia di normale y



Usa i valori del momento flettente per calcolare l'armatura necessaria lungo X e Y. Puoi progettare l'armatura



Diagrammi della deformatata

