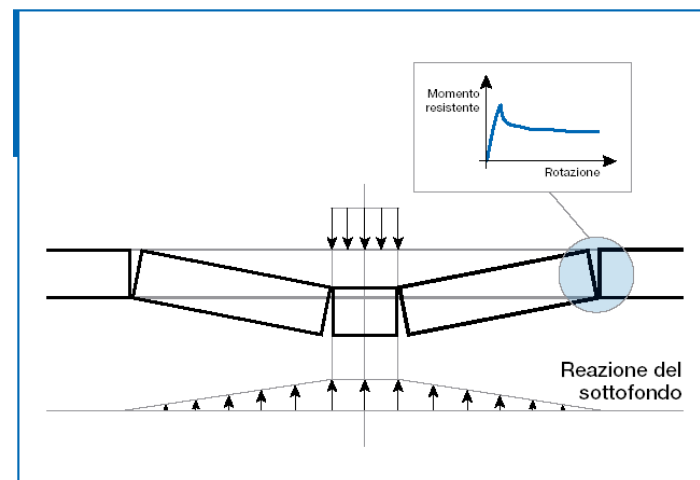




Le pavimentazioni di calcestruzzo

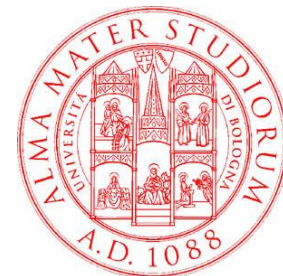


Prof. Marco Savoia

DICAM – Tecnica delle costruzioni, Università di Bologna

Membro della Commissione Norme del CNR

Direttore Tecnopolo CIRI Edilizia e Costruzioni



LE PAVIMENTAZIONI INDUSTRIALI

Le pavimentazioni in calcestruzzo rappresentano nella maggior parte delle opere civili ed industriali strutture considerate accessorie per la cui realizzazione non sempre vengono rispettate le regole ed i dettami del “buon costruire”.

Non sempre le figure (progettista, produttore di calcestruzzo, impresa, pavimentista) coinvolte nella realizzazione dei pavimenti pongono l'attenzione progettuale ed esecutiva che viene riservata ad altri elementi strutturali (travi, pilastri, etc.) più impegnati dal punto di vista statico.

LE PAVIMENTAZIONI INDUSTRIALI

Risultato della scarsa attenzione progettuale - esecutiva ->

- le pavimentazioni rappresentano le strutture in calcestruzzo caratterizzate dal maggior numero di difetti e perdita di funzionalità
- le pavimentazioni in calcestruzzo rappresentano “l’oggetto di contestazione” in molte controversie su edifici civili ed industriali.



LE PAVIMENTAZIONI INDUSTRIALI (OGGI)

Le costruzioni

- Nel 2007 le nuove costruzioni rappresentavano il 45% del mercato
- Nel 2012 la quota delle nuove costruzioni è scesa al 31%

Mercato delle pavimentazioni (tutte)

- 2007: 245 milioni di mq di pavimenti
- 2012: 176 milioni di mq di pavimenti

Nello stesso periodo:

- 109 a 65 milioni di mq per il nuovo
- 136 a 121 milioni di mq per i rinnovi

Le conseguenze

- Il passaggio da un mercato misto a un mercato caratterizzato dal rinnovo comporta una polverizzazione della domanda
- Polverizzazione significa anche una minore possibilità di controllo, sia della domanda che dell'offerta
- E' necessario avere **un sistema più forte di regole**, e una maggiore formazione di chi prescrive.

Quali regole?

COSA E' CAMBIATO CON LE NUOVE NORMATIVE TECNICHE (NTC 2008)?

Maggior risalto alle prestazioni che una struttura deve assicurare (non solo sicurezza nei riguardi del collasso ma anche **stati limite di esercizio)**

Si è aperto uno spazio importante alla regolamentazione delle pavimentazioni in calcestruzzo

PERCHE' anche le pavimentazioni industriali potrebbero essere inquadrate nell'ambito delle norme tecniche pur non essendo esplicitamente richiamate?

La pavimentazione è una struttura a tutti gli effetti, che richiede:

- Definizione delle azioni;*
- Definizione di un modello di calcolo;*
- Definizione delle prestazioni attese;*
- Scelta dei materiali idonei;*
- Realizzazione secondo specifici protocolli e procedure;*
- Esecuzione di prove per verificare la corretta realizzazione (preliminari, in corso d'opera, di qualificazione).*

MANCAVA TUTTAVIA UN DOCUMENTO, RICONOSCIUTO A LIVELLO NAZIONALE/MINISTERIALE SULLE PAVIMENTAZIONI IN CALCESTRUZZO



CIRI - EDILIZIA E COSTRUZIONI
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA



HTN

TECNOPOLI - RETE ALTA TECNOLOGIA
EMILIA-ROMAGNA
HIGH TECHNOLOGY NETWORK

CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

COMMISSIONE DI STUDIO PER LA PREDISPOSIZIONE E L'ANALISI
DI NORME TECNICHE RELATIVE ALLE COSTRUZIONI

Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione ed il controllo delle pavimentazioni di calcestruzzo

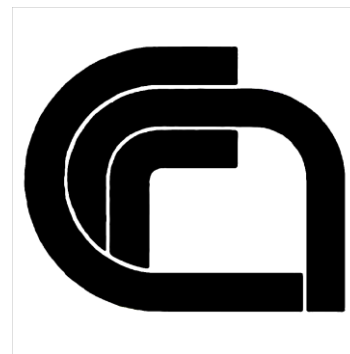


In corso di approvazione

Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione e il controllo delle pavimentazioni di calcestruzzo

**Marco Savoia (UNIBO, coordinatore),
Giovanni Plizzari (UNIBS, coordinatore),
Claudio Comastri (UNIFE),
Luigi Coppola (UNIBG),
Roberto Felicetti (POLIMI),
Sergio Tattoni (UNICAL),
Alberto Meda (UNIRoma2),
Antonio Mariano (rappr. Atecap),
Gian Luigi Pirovano (rappr. Conpaviper)
Andrea Dari (IMREADY),
Roberto Troli**

Segreteria tecnica: B. Ferracuti



Inizio lavori:

Luglio 2010

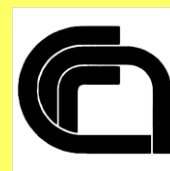
Approvazione ed inchiesta pubblica:

Giugno 2014

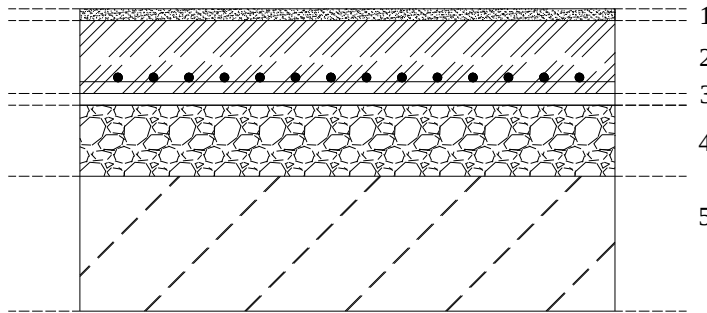
Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione e il controllo delle pavimentazioni di calcestruzzo

INDICE

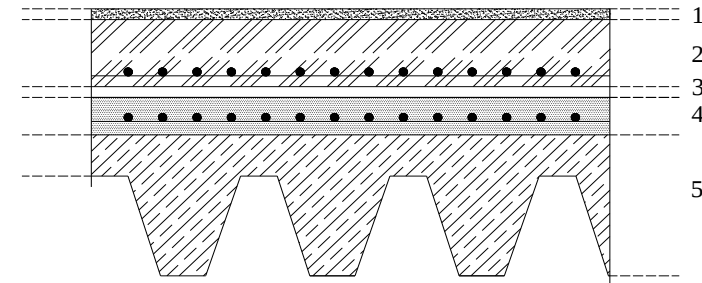
1	PREMESSA	7
2	CLASSIFICAZIONE DELLE PAVIMENTAZIONI	9
3	MASSICCIAIA E SOTTOFONDO	16
4	MATERIALI	20
5	CRITERI DI PROGETTAZIONE, AZIONI	32
6	PROGETTAZIONE DEI GIUNTI	37
7	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI	40
8	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO	43
9	PRESCRIZIONI RELATIVE ALL'ESECUZIONE	45
10	INDAGINI PRELIMINARI, CONTROLLI ETC	55
11	VALUTAZIONE DELLE DIFETTOSITÀ	64
12	PIANO DI USO E MANUTENZIONE	67
13	RUOLI DEGLI ATTORI	70



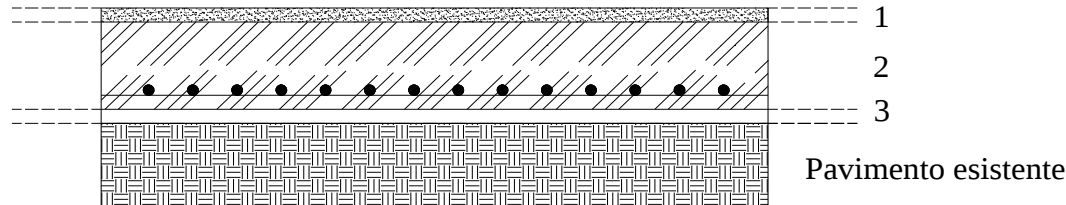
CLASSIFICAZIONE PER TIPOLOGIE DI SUPPORTO



Pavimentazione su terreno



Pavimentazione su soletta



Pavimentazione su pavimentazione esistente

CLASSIFICAZIONE IN FUNZIONE DELL'USO

Tipo	Campi di utilizzo prevalente	Condizioni di carico più significative
L1	- Uffici, marciapiedi, cantine, disimpegni. - Autorimesse, box, corselli	- Carichi statici e dinamici non compresi nei tipi successivi. - Automezzi su pneumatici di massa totale ≤ 35 kN
L2	-Magazzini e industria con uso occasionale di transpallet e con scaffalature leggere -Piazzali di autorimesse	- Carrelli elevatori con carico per asse ≤ 35 kN - Scaffalature aventi carico massimo ≤ 10 kN/appoggio - Automezzi su pneumatici di massa totale ≤ 120 kN
L3	-Magazzini e industria con uso continuo di carrelli elevatori - Depositi,	- Carrelli elevatori con pneumatici di massa > 35 kN - Transpallet di massa totale > 10 kN - Carrelli elevatori con ruote piene di massa totale < 30 kN - Scaffalature aventi carico massimo ≤ 30 kN/appoggio - Automezzi di massa totale ≤ 300 kN
L4	-Magazzini per la grande distribuzione e industria con uso intensivo di carrelli elevatori e con presenza di scaffalature alte	- Carrelli elevatori con pneumatici di massa totale > 60 kN - Transpallet con massa totale > 20 kN - Scaffalature aventi carico massimo > 30 kN/appoggio - Automezzi su pneumatici di massa totale > 300 kN
L5	-Industria pesante, moli e banchine portuali e carichi speciali, piazzali di interporti	- Carrelli elevatori con ruote piene di massa totale > 90 kN - Scaffalature aventi carico massimo > 50 kN/appoggio - Carrelli con pneumatici di massa totale > 180 kN - Automezzi su pneumatici di massa totale > 400 kN

CLASS. IN FUNZIONE DELLA RESISTENZA ALL'ABRASIONE

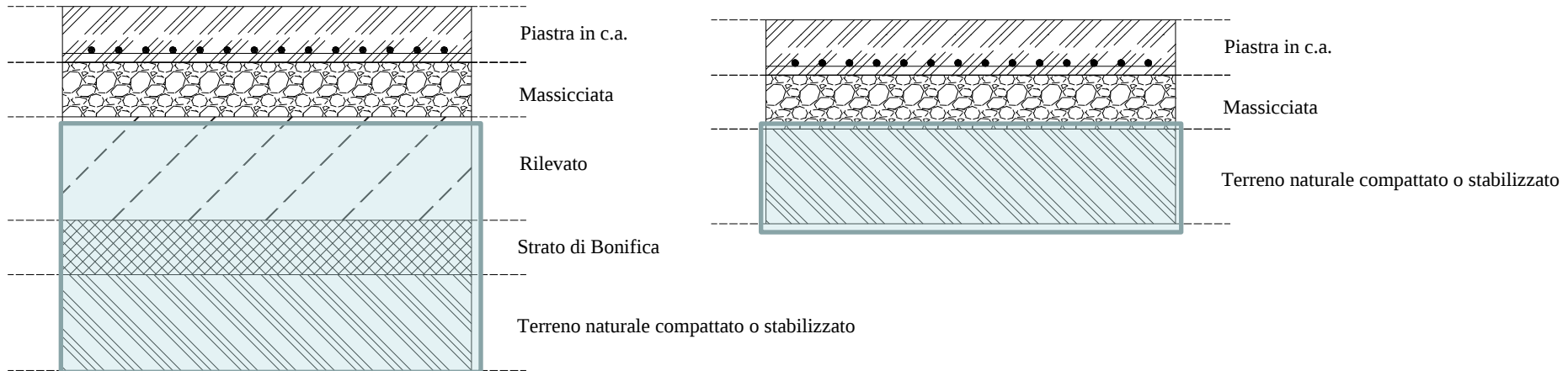
Classe	Condizioni di carico più frequenti
AR 4	- Pedonale - Occasionale uso di automezzi su pneumatici di massa totale < 300 kN - Carrelli elevatori su pneumatici
AR 2	- Carrelli elevatori, con ruote piene, di massa totale < 45 kN - Transpallets con massa totale < 10 kN - Automezzi su pneumatici di massa totale > 300 kN - Carrelli elevatori con ruote dure, nylon o neoprene
AR 1	- Carrelli elevatori, con ruote piene, di massa totale > 45 kN - Transpallets con massa totale > 10 kN - Automezzi di massa totale > 300 kN - Ruote in acciaio, nylon e neoprene con forte abrasione - Presenza di materiali abrasivi sulla pavimentazione - Sollecitazioni da urto
AR 0,5	- Abrasione molto severa - Caduta di oggetti molto pesanti - Usi speciali, diversi dai precedenti

CLASSIFICAZIONE IN FUNZIONE DELLA PLANARITA'

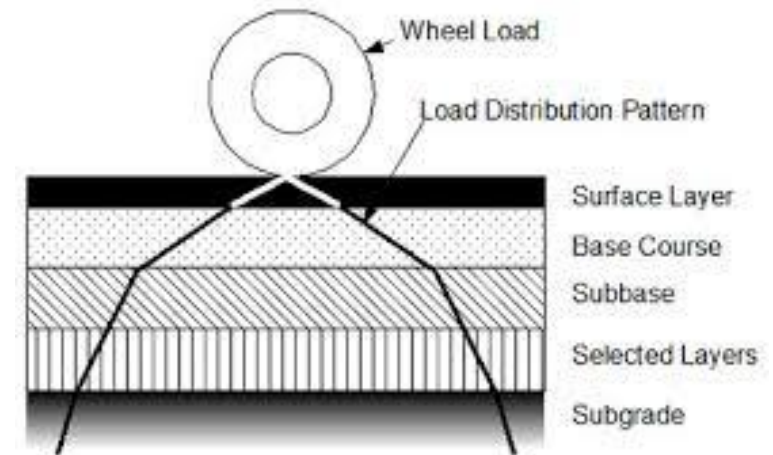
Tabella 2.3. Tolleranze di planarità secondo le UNI EN 15620:2009 - Valori limite di ESD.

Classificazione	Altezza massima di carico [m]	Valore di ESD [mm]
FM1 Carrelli senza spostamento laterale	maggiore di 13	2,25
FM2 Carrelli senza spostamento laterale	da 8 a 13	3,25
FM3 Carrelli senza spostamento laterale	inferiore a 8	4,0
FM4 Carrelli con spostamento laterale	inferiore a 13	4,0

SOTTOFONDO



**IN FUNZIONE DELLA TIPOLOGIA DI
SOTTOFONDO I CARICHI SONO
TRASMESSI AL TERRENO NATURALE IN
MODO DIFFERENTE**



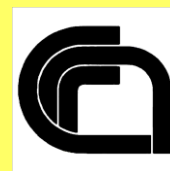
SITUAZIONI PIU' COMPLESSE – PAVIMENTAZIONE SU PALI



Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione e il controllo delle pavimentazioni di calcestruzzo

INDICE

1	PREMESSA	7
2	CLASSIFICAZIONE DELLE PAVIMENTAZIONI	9
3	MASSICCIATA E SOTTOFONDO	16
4	MATERIALI	20
5	CRITERI DI PROGETTAZIONE, AZIONI	32
6	PROGETTAZIONE DEI GIUNTI	37
7	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI	40
8	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO	43
9	PRESCRIZIONI RELATIVE ALL'ESECUZIONE	45
10	INDAGINI PRELIMINARI, CONTROLLI ETC	55
11	VALUTAZIONE DELLE DIFETTOSITÀ	64
12	PIANO DI USO E MANUTENZIONE	67
13	RUOLI DEGLI ATTORI	70



4 MATERIALI

4.1 CALCESTRUZZO

4.1.1 Cemento

4.1.2 Aggregati

4.1.3 Additivi

4.1.4 Superfluidificanti o riduttori d'acqua

4.1.5 Ritardanti o acceleranti

4.1.6 Additivi ad azione mista

4.1.7 Aeranti

4.1.8 Riduttori di ritiro

4.1.9 Fibre per il controllo della fessurazione da ritiro

4.1.10 Espansivi non metallici

4.1.11 Aggiunte minerali

4.2 CALCESTRUZZO FIBRORINFORZATO

4.2.1 Fibre

...

4.3 PROGETTO DEL CALCESTRUZZO PER PAVIMENTAZIONI

4.3.1 Generalità

4.3.2 Classe di resistenza

4.3.3 Classe di esposizione ambientale

4.3.4 Scelta della consistenza

4.3.5 Prescrizioni aggiuntive

4.4 ACCIAIO

4.5 STRATO DI FINITURA E TRATTAMENTI SUPERFICIALI

PRINCIPALE CAUSA DI DANNEGGIAMENTO DI UNA PAVIMENTAZIONE

FESSURAZIONE

Cause:

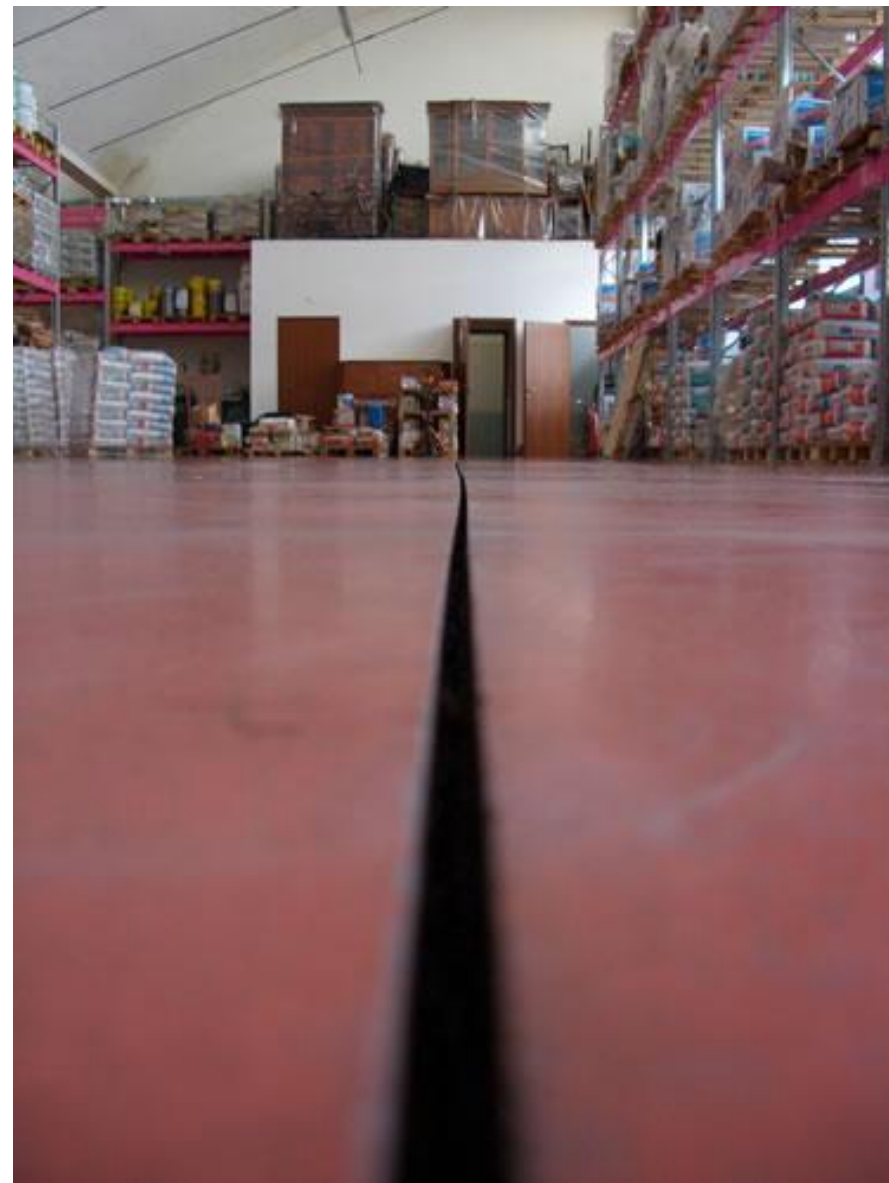
Ritiro Idraulico (omogeneo)

Ritiro idraulico differenziale

Carichi concentrati

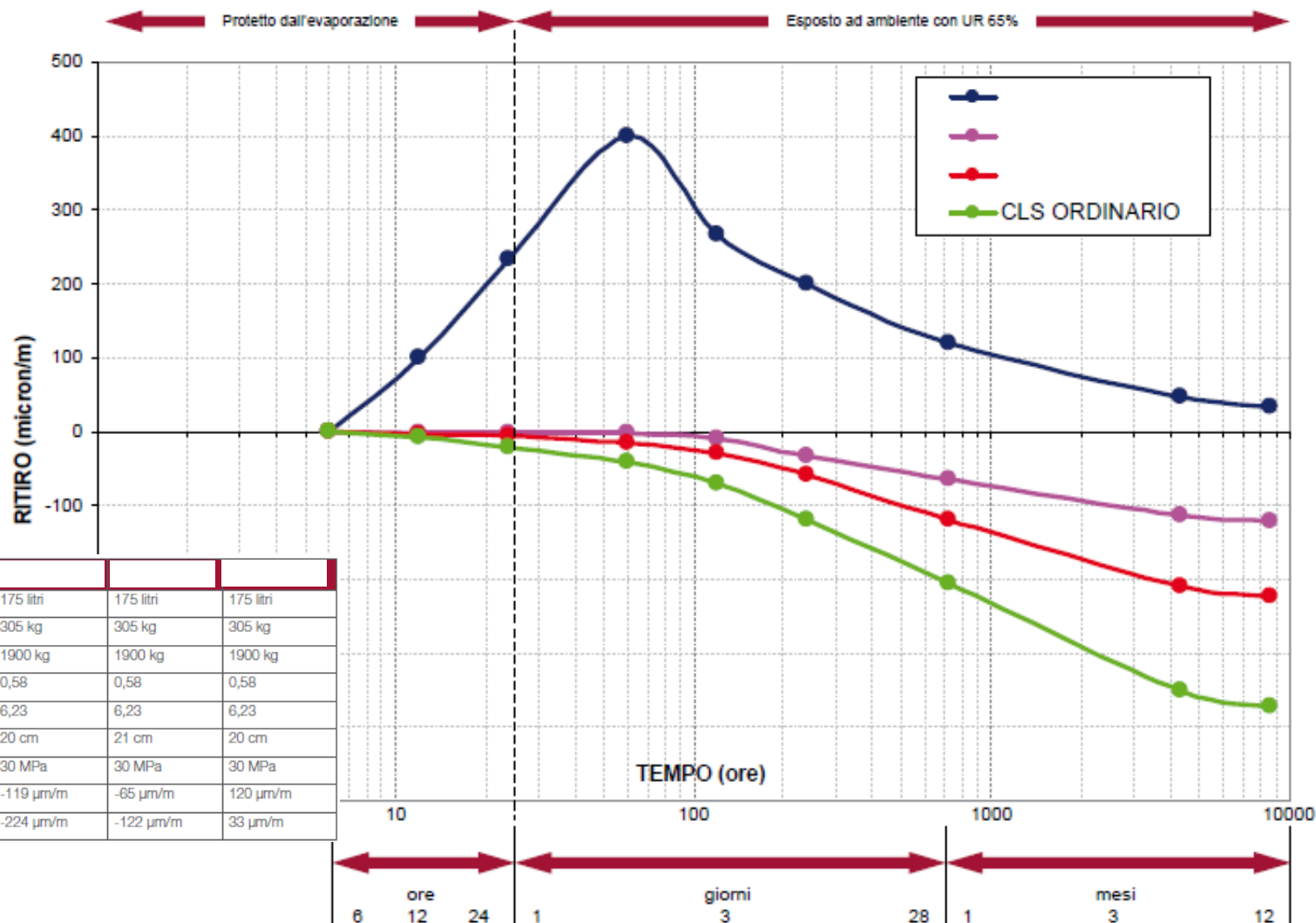


Effetti del ritiro nelle pavimentazioni





UTILIZZO DI ADDITIVI – RIDUZIONE DEGLI EFFETTI DEL RITIRO



CALCESTRUZZI FIBRORINFORZATI

***Tipologie di fibre e campi di
applicazione***

PAVIMENTAZIONI

FIBRE:

metalliche

sintetiche

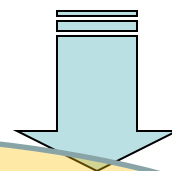
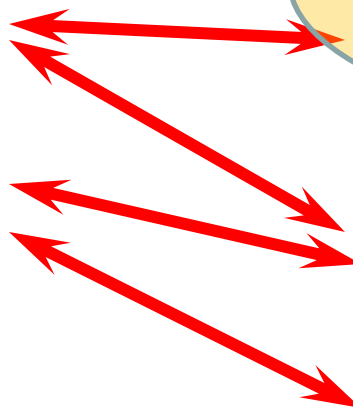
APPLICAZIONE

**Propriamente strutturale (fino
ad una parziale sostituzione di
armatura)**

**Riduzione della fessurazione, es
da ritiro**

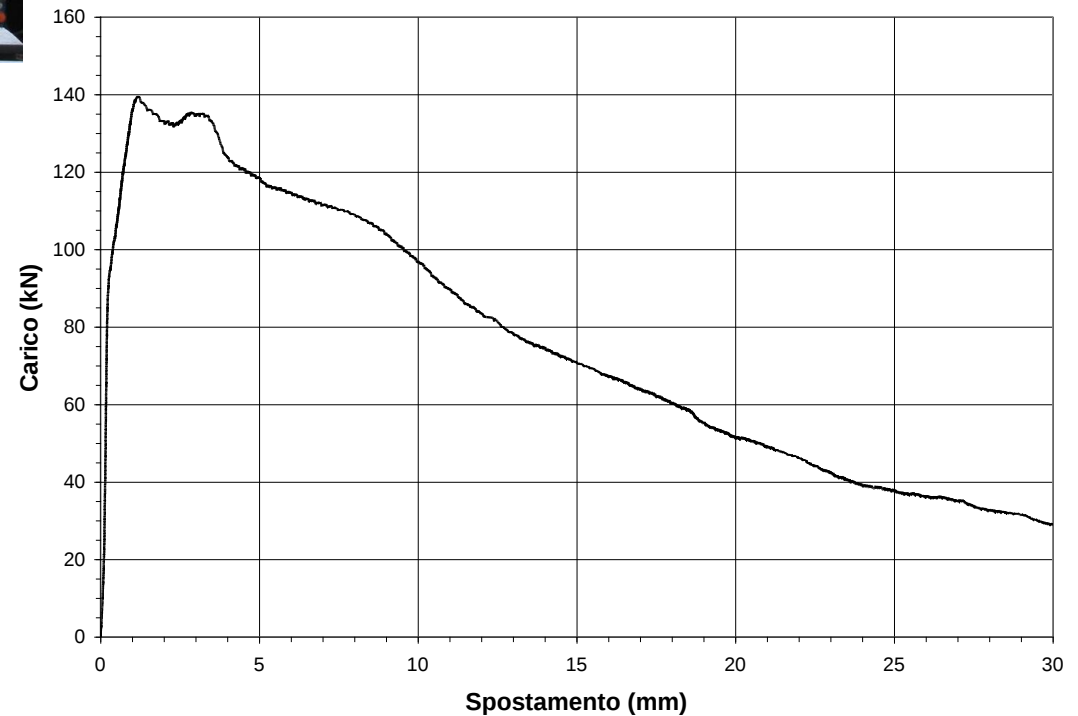
Resistenza al fuoco

Ecc.

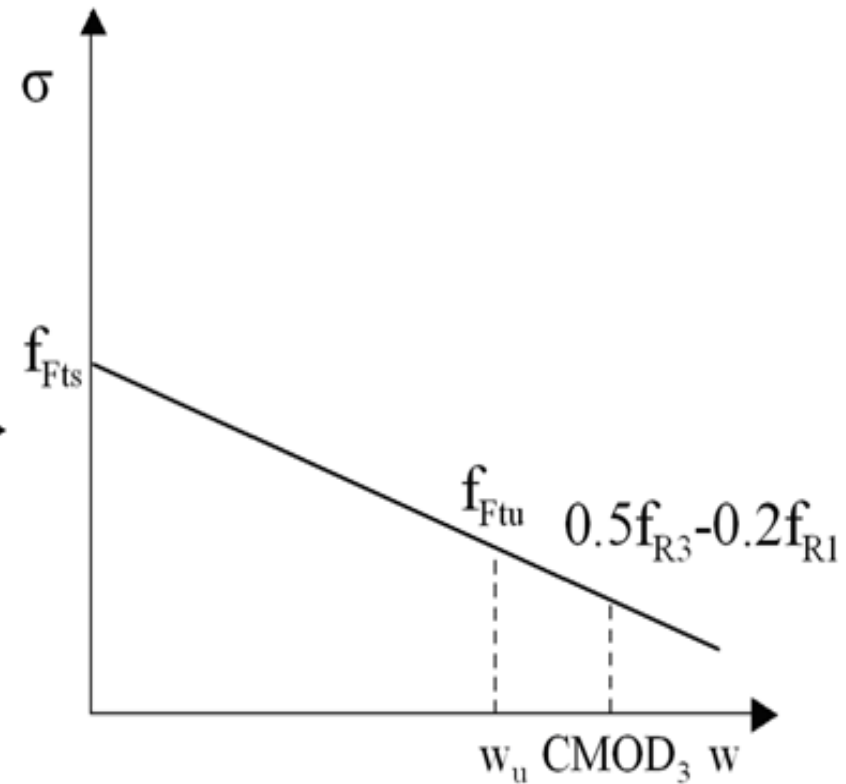
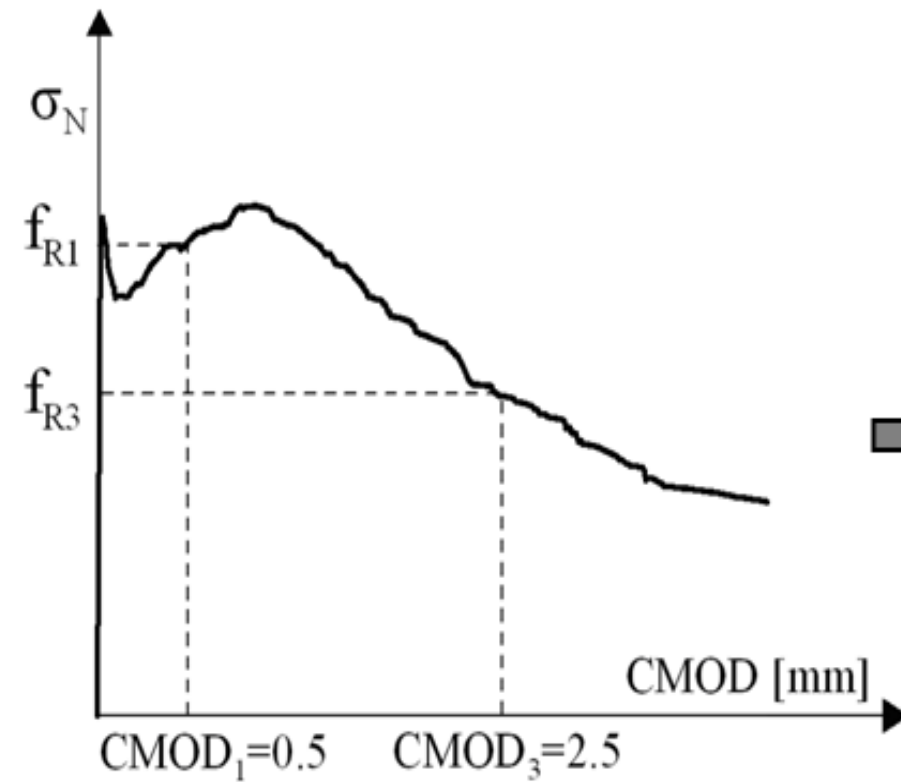




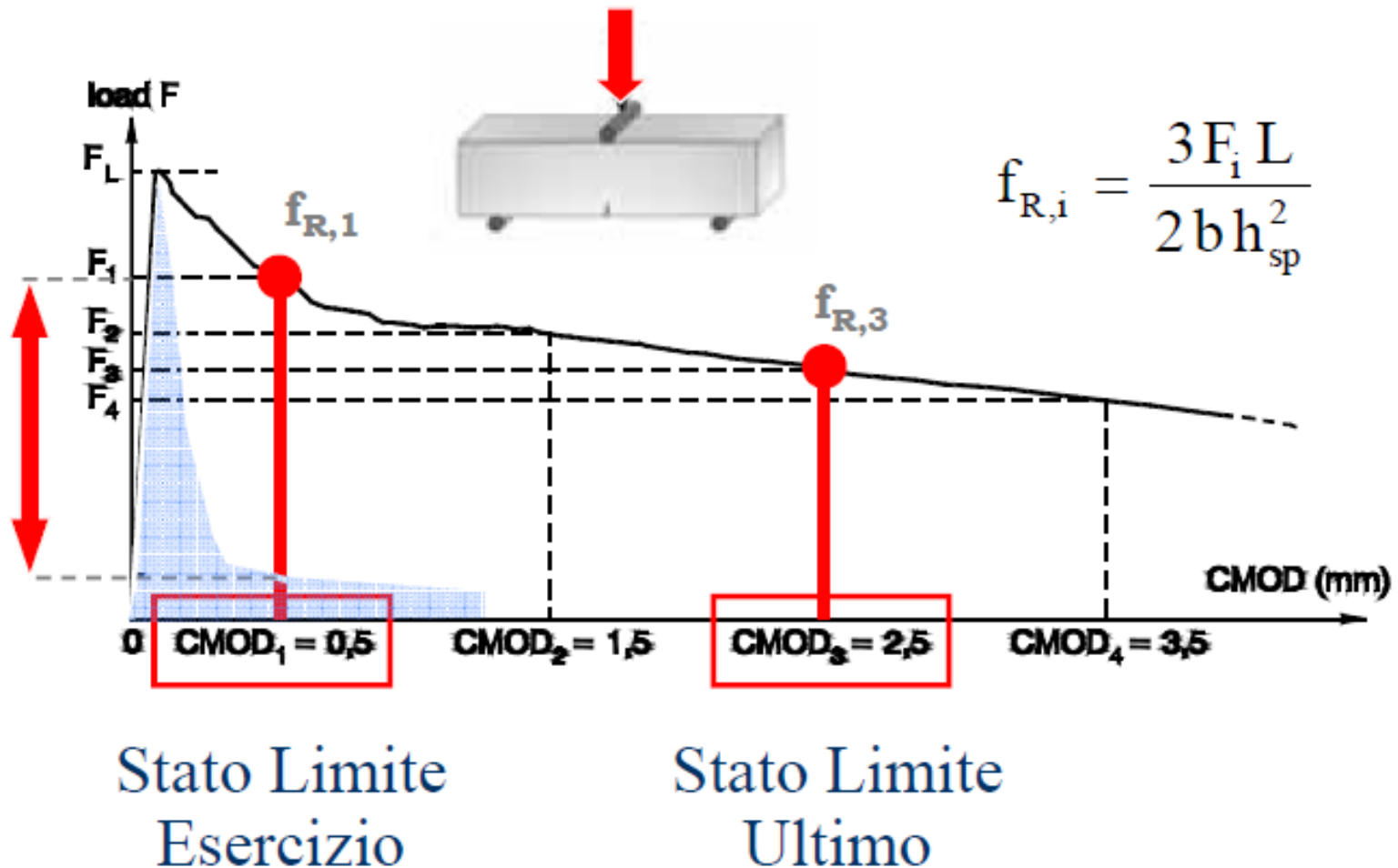
PROVA DI CARICO SU PIASTRA IN CALCESTRUZZO FIBRORINFORZATO



CALCESTRUZZI FIBRORINFORZATI



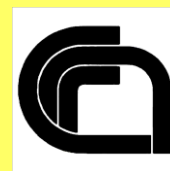
CALCESTRUZZI FIBRORINFORZATI



Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione e il controllo delle pavimentazioni di calcestruzzo

INDICE

1	PREMESSA	7
2	CLASSIFICAZIONE DELLE PAVIMENTAZIONI	9
3	MASSICCIATA E SOTTOFONDO	16
4	MATERIALI	20
5	CRITERI DI PROGETTAZIONE, AZIONI	32
6	PROGETTAZIONE DEI GIUNTI	37
7	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI	40
8	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO	43
9	PRESCRIZIONI RELATIVE ALL'ESECUZIONE	45
10	INDAGINI PRELIMINARI, CONTROLLI ETC	55
11	VALUTAZIONE DELLE DIFETTOSITÀ	64
12	PIANO DI USO E MANUTENZIONE	67
13	RUOLI DEGLI ATTORI	70



Azioni sulle pavimentazioni



DEFINIZIONE DELLE AZIONI

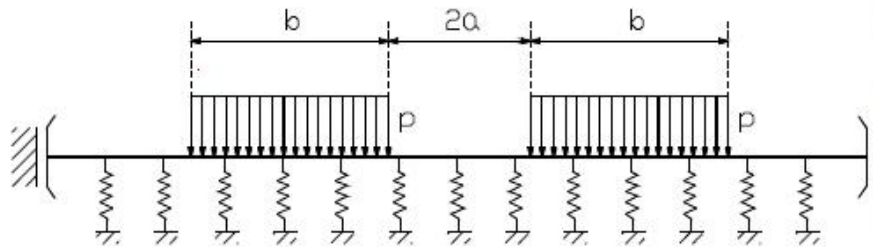
Tipo	Campi di utilizzo prevalente	Condizioni di carico più significative
1	Uffici, marciapiedi, cantine, disimpegni	Statiche e dinamiche non comprese nei tipi successivi
2	Autorimesse, piazzali	Automezzi su pneumatici di massa totale? 3,5 t
3	- Magazzini e industria con uso occasionale di transpallets, presenza di scaffalature leggere - Piazzali di autorimesse	- Carrelli elevatori con pneumatici di massa totale ?2,5 t - Scaffalature aventi carico massimo?10 kN/appoggio - Automezzi su pneumatici di massa totale ?13 t
4	Magazzini grande distribuzione e industria con uso intensivo di carrelli elevatori, presenza di scaffalature	- Carrelli elevatori con pneumatici di massa totale >2,5 t - Transpallet con massa totale ?1 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
5	Industria, scaffalature, moli e banchine portuali e carichi speciali, piazzali	- Transpallets con massa totale >1 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

DEFINIZIONE DELLE AZIONI

Tabella 5.1. Valori caratteristici dei carichi trasmessi dai carrelli in funzione della loro portata.

Portata (kN)	Gomma piena		Poliuretano		Super elastico		Vulkollan [®]	
	Carico max/asse (kN)	Carreg- giata (m)	Carico max/asse (kN)	Carreg- giata (m)	Carico max/asse (kN)	Carreg- giata (m)	Carico max/asse (kN)	Carreg- giata (m)
10	100	0.9	10	0.4 – 1.0	40	0.9	25	0.9
25			20	0.5 – 1.2	80	1.0	40	0.9
50	150	1.3			100	1.2	60	0.9
75	180	1.5			150	1.4		
100	250	1.6			250	1.6		

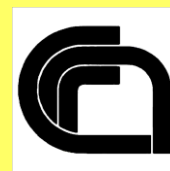
CRITERI DI DISPOSIZIONE DEI CARICHI NELLE VERIFICHE



Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione e il controllo delle pavimentazioni di calcestruzzo

INDICE

1	PREMESSA	7
2	CLASSIFICAZIONE DELLE PAVIMENTAZIONI	9
3	MASSICCIATA E SOTTOFONDO	16
4	MATERIALI	20
5	CRITERI DI PROGETTAZIONE, AZIONI	32
6	PROGETTAZIONE DEI GIUNTI	37
7	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI	40
8	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO	43
9	PRESCRIZIONI RELATIVE ALL'ESECUZIONE	45
10	INDAGINI PRELIMINARI, CONTROLLI ETC	55
11	VALUTAZIONE DELLE DIFETTOSITÀ	64
12	PIANO DI USO E MANUTENZIONE	67
13	RUOLI DEGLI ATTORI	70



Giunti di costruzione:

separano due porzioni di pavimento gettate in tempi diversi, sono estesi a tutto lo spessore e devono essere realizzati in modo che parte del carico presente su una piastra sia trasferito a quella adiacente. Generalmente fungono anche da giunti di contrazione.

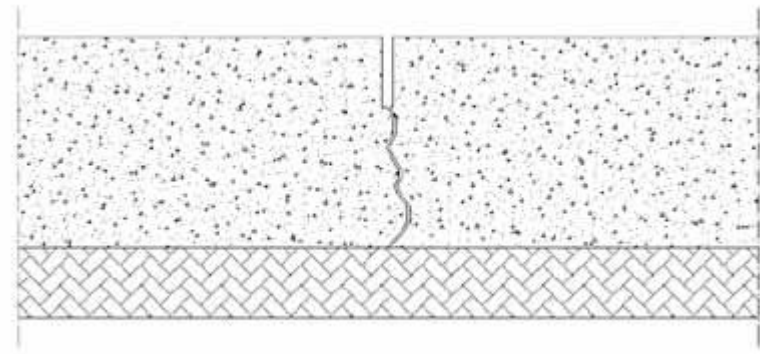
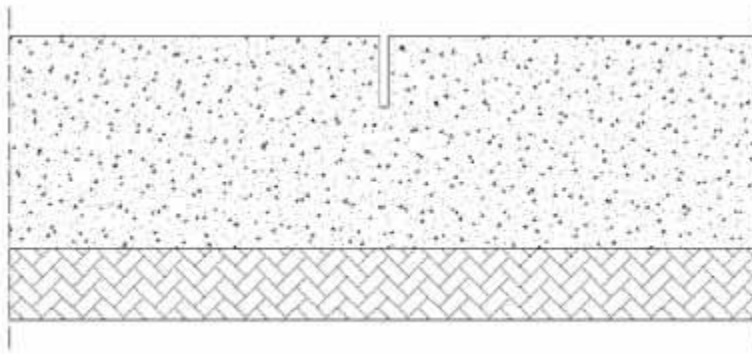
Giunti di isolamento:

estesi a tutto lo spessore, hanno lo scopo di isolare la pavimentazione da elementi fissi (per es. pilastri, muri) che ne impedirebbero le deformazioni se messi a contatto fra loro.



Foto: General Admixtures

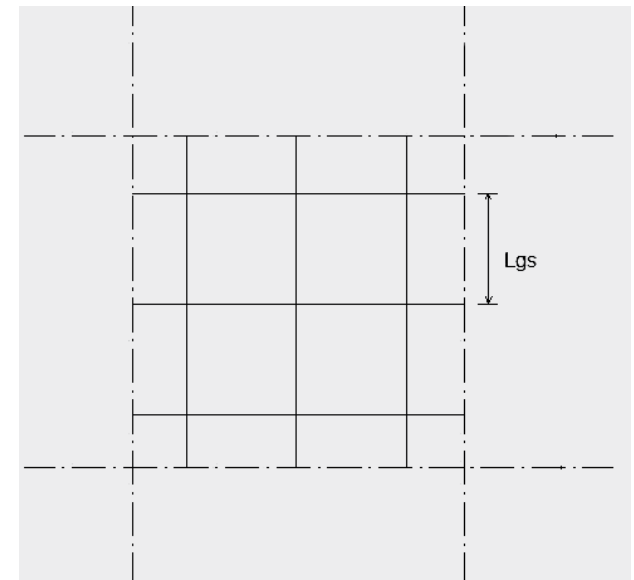
Giunti di CONTRAZIONE O DI CONTROLLO:



La fessura viene indirizzata nella sezione indebolita dal taglio del giunto

Distanza tra i giunti

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



GIUNTI DI COSTRUZIONE



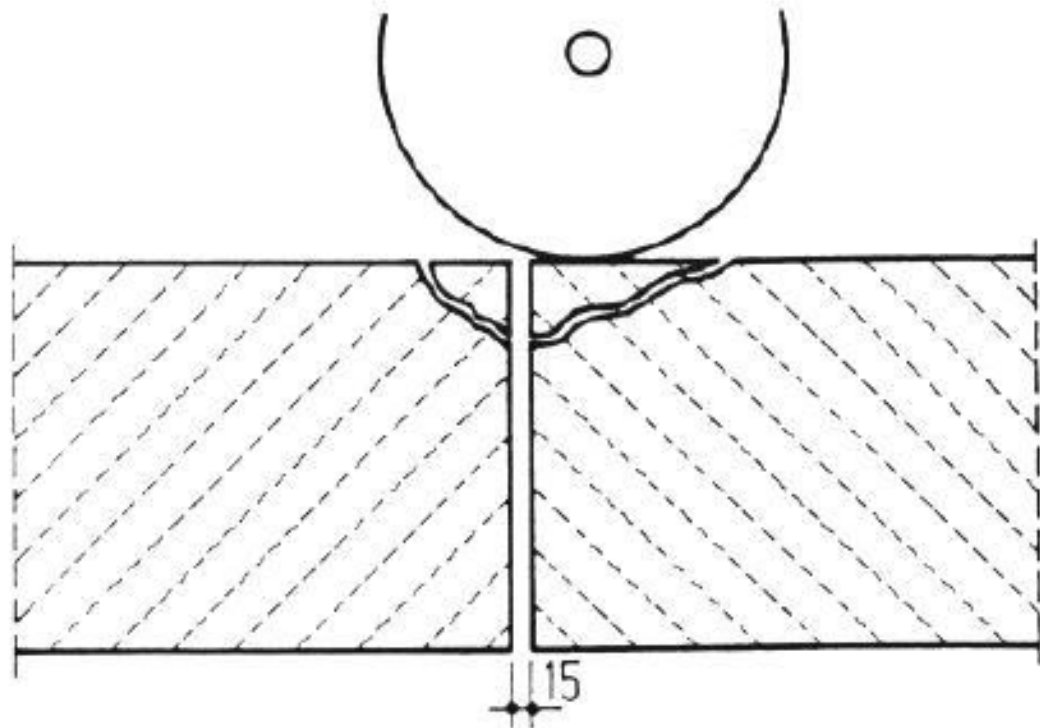


GIUNTI DI COSTRUZIONE



GIUNTI DI COSTRUZIONE

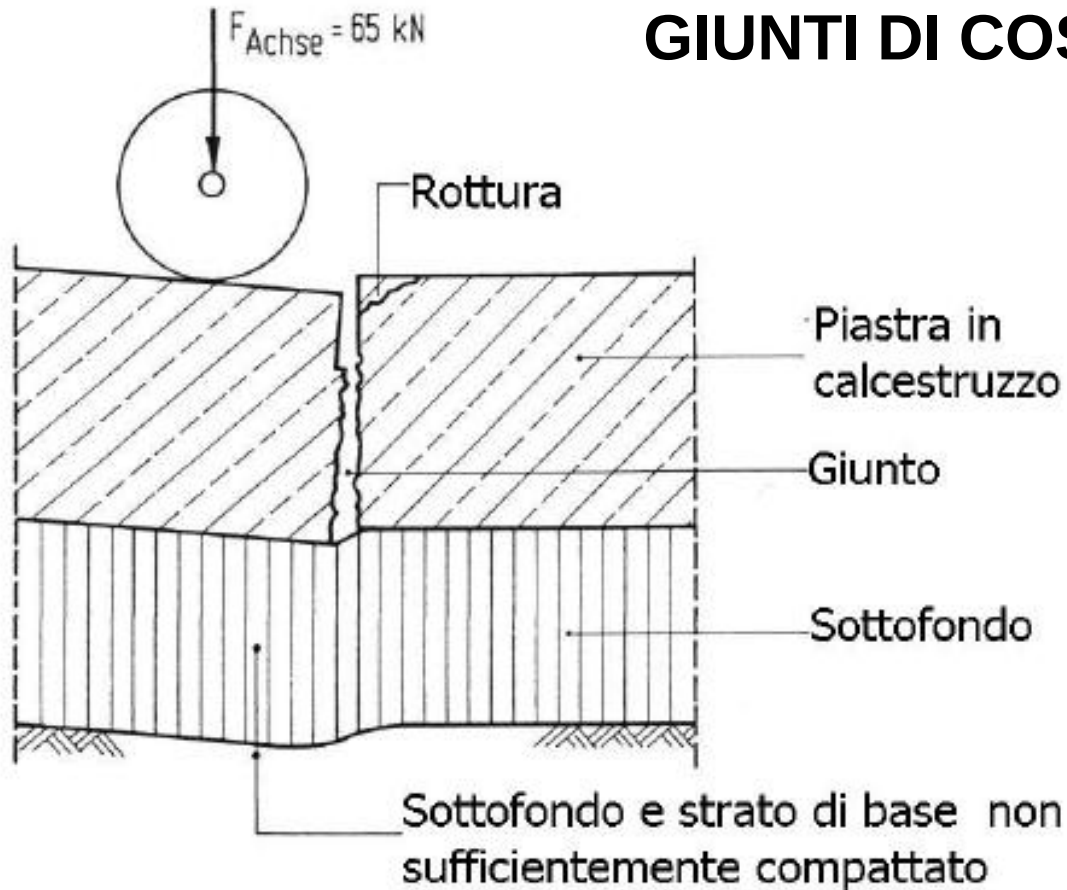
Il mancato inserimento nel giunto di un elemento in grado di contenere le dilatazioni trasversali del cls. provoca la rottura dei bordi sotto carichi mobili.



Rottura dei bordi del giunto

da Tattoni (2008)

GIUNTI DI COSTRUZIONE

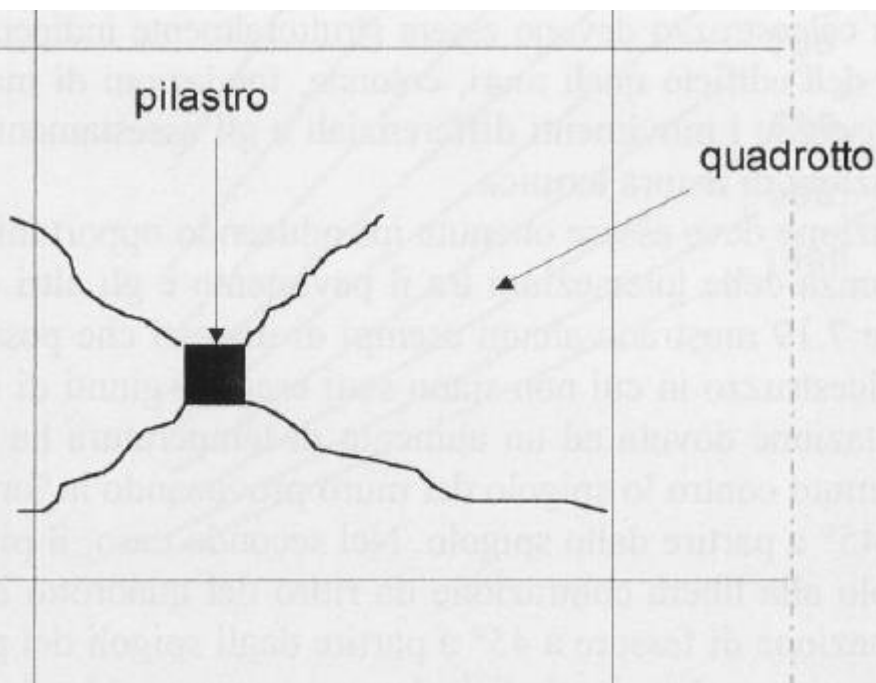


***NECESSITA' DI
SPINOTTI / BARROTTI
DI COLLEGAMENTO***

Cedimento differenziale.

da Tattoni (2008)

MANCANZA DI GIUNTO DI ISOLAMENTO



Dissesto dovuto alla mancanza di giunto di isolamento tra pavimento e pilastro intermedio. Il pilastro intermedio ha creato un ostacolo alla libera contrazione da ritiro del quadrotto di pavimento, determinando la formazione di fessure a 45° a partire dagli spigoli dei pilastri

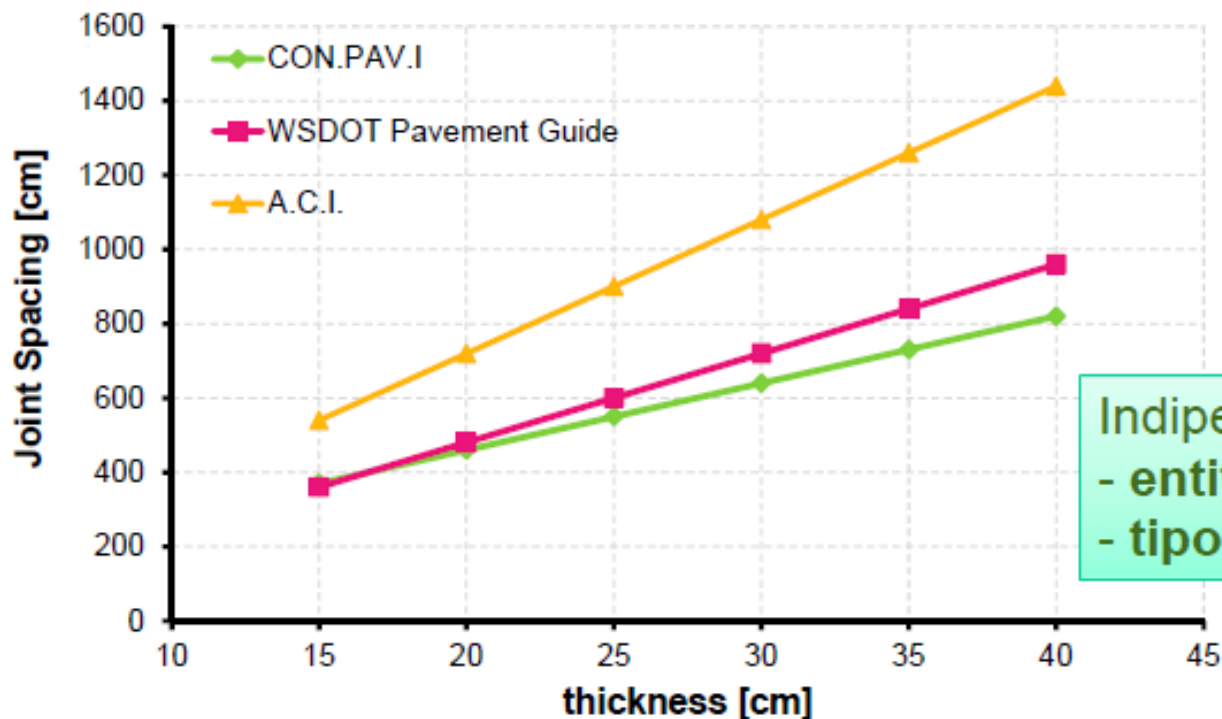
Errata disposizione dei giunti di contrazione



Errata disposizione dei giunti di contrazione







Indipendente:
- entità ritiro;
- tipologia di sottofondo.

Codice di Buona Pratica (CON.PAV.I)	$L = 18 \cdot h(cm) + 100$
WSDOT Pavement Guide	$L \leq 24 \cdot h(cm)$
ACI 360-R 92	$L \geq 24 \cdot h(cm)$ $L \leq 36 \cdot h(cm)$



CIRI - EDILIZIA E COSTRUZIONI
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA



HTN

TECNOPOLI - RETE ALTA TECNOLOGIA
EMILIA-ROMAGNA
HIGH TECHNOLOGY NETWORK





CIRI - EDILIZIA E COSTRUZIONI
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA



HTN

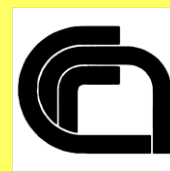
TECNOPOLI - RETE ALTA TECNOLOGIA
EMILIA-ROMAGNA
HIGH TECHNOLOGY NETWORK



Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione e il controllo delle pavimentazioni di calcestruzzo

INDICE

1	PREMESSA	7
2	CLASSIFICAZIONE DELLE PAVIMENTAZIONI	9
3	MASSICCATA E SOTTOFONDO	16
4	MATERIALI	20
5	CRITERI DI PROGETTAZIONE, AZIONI	32
6	PROGETTAZIONE DEI GIUNTI	37
7	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI	40
8	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO	43
9	PRESCRIZIONI RELATIVE ALL'ESECUZIONE	45
10	INDAGINI PRELIMINARI, CONTROLLI ETC	55
11	VALUTAZIONE DELLE DIFETTOSITÀ	64
12	PIANO DI USO E MANUTENZIONE	67
13	RUOLI DEGLI ATTORI	70





stati limite ultimi gli stati al superamento dei quali si ha il collasso strutturale

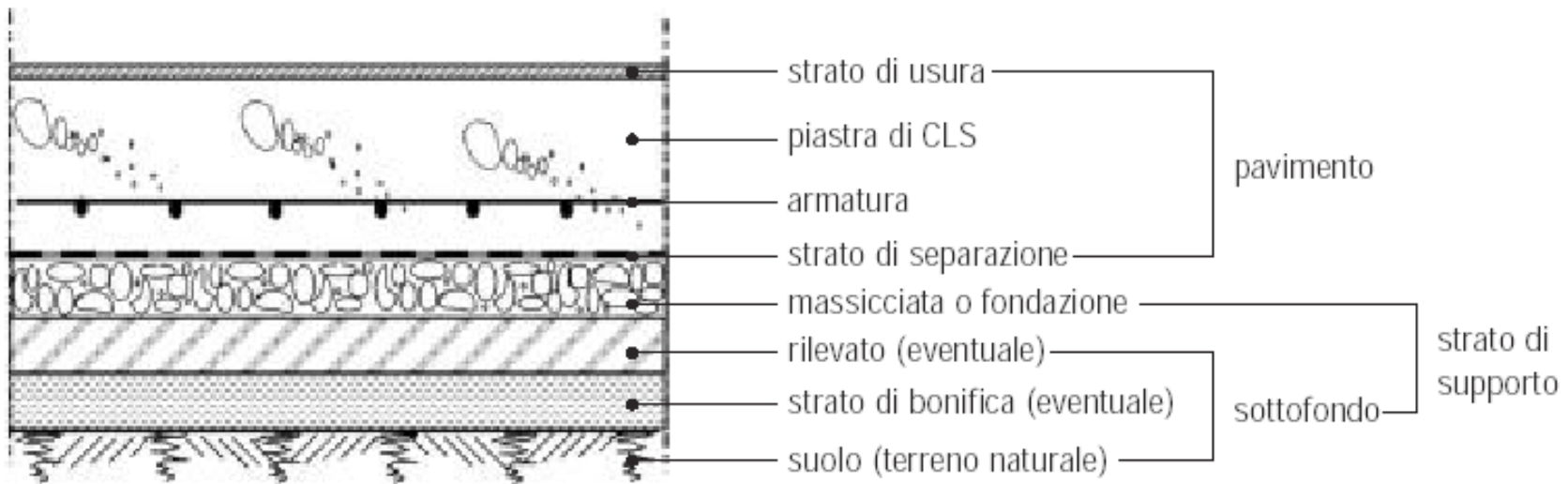
stati limite di esercizio quelli al superamento dei quali corrisponde la perdita di una particolare funzionalità che condiziona o limita la prestazione dell'opera

“Committente e Progettista devono dichiarare nel progetto gli stati limite e di esercizio che dovranno essere rispettati”

CORRETTA PROGETTAZIONE

Scelta del tipo di pavimentazione

Dimensionamento: spessori, armature, massetti, aggiunta di fibre, etc.



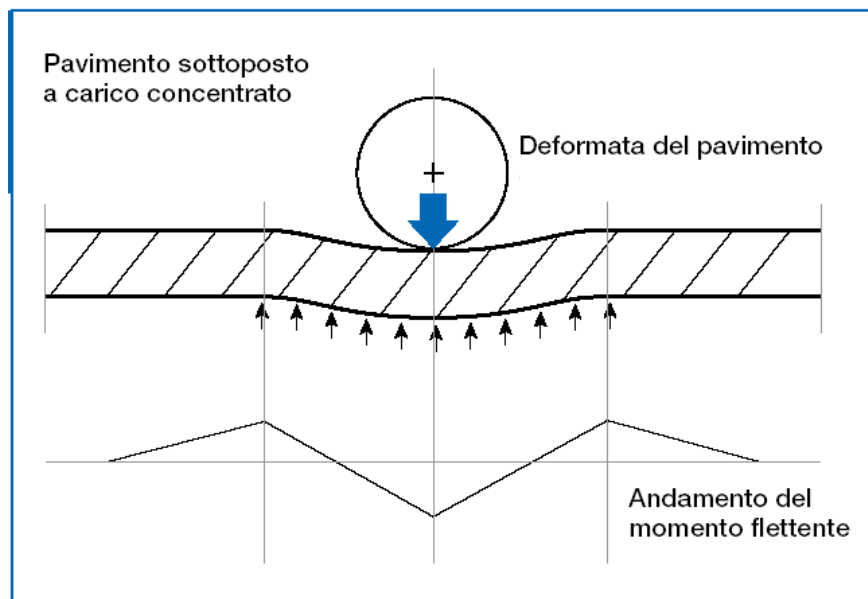
ARMATURA NELLE PAVIMENTAZIONI INDUSTRIALI

VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO

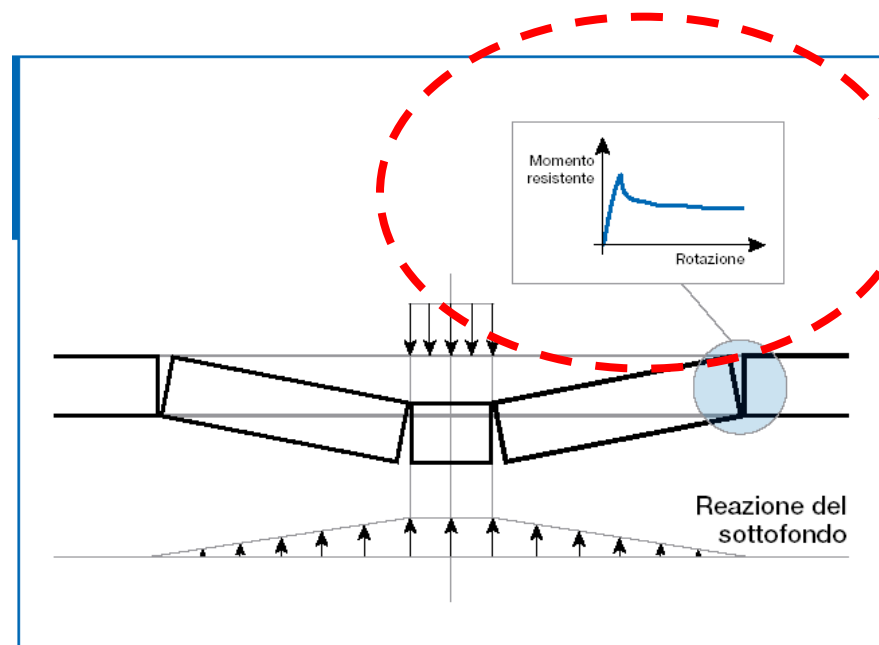
Per pavimentazioni armate con
DOPPIA RETE ELETTROSALDATA o FIBRE METALLICHE

Si verifica la resistenza della piastra in fase plastica (carico limite della pavimentazione)

DIAGR. MOMENTO-CURVATURA



Pavimento sottoposto a carico concentrato.



ARMATURA NELLE PAVIMENTAZIONI INDUSTRIALI

VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO

PER PAVIMENTAZIONI NON ARMATE, ARMATE O RINFORZATE CON
FIBRE METALLICHE

Si basa sul calcolo dello stato limite di fessurazione del calcestruzzo
(carichi e deformazioni legate a ritiro e var. termiche non danno origine a
fessure nel pavimento) (Metodo di Westergaard)

Modello di calcolo semplificato

Piastra elastica



Schematizzazione del sottosuolo alla Winkler
identificato dalla costante elastica K

METODO ANTIQUATO

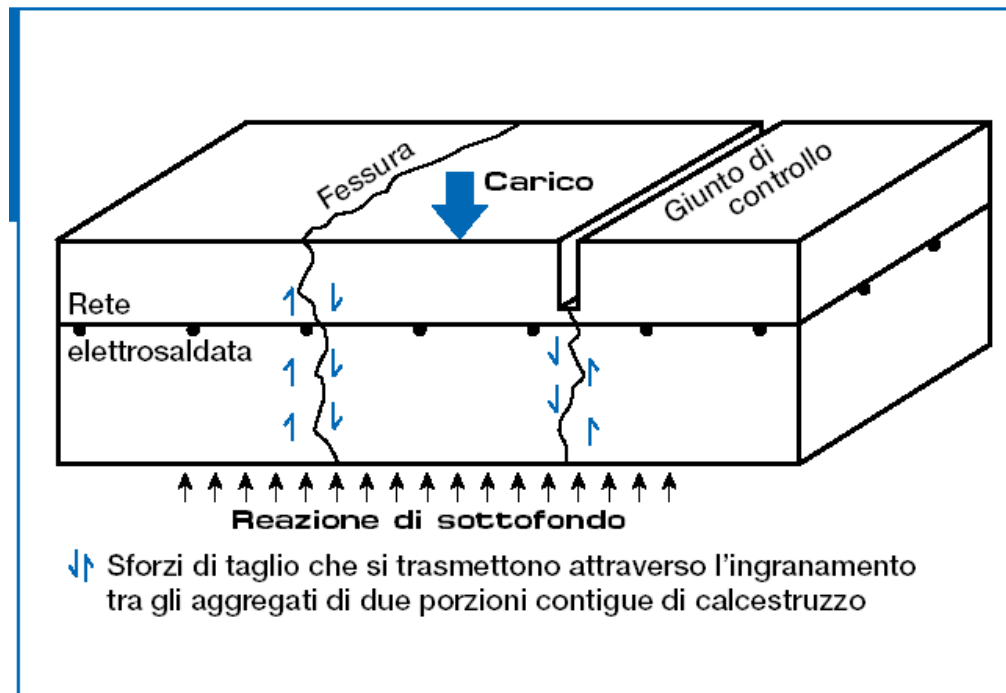
Verifica formale (causa grande
variabilità della resistenza a trazione)

Le prestazioni devono essere verificate
con riferimento a prefissati valori di
apertura delle fessure ($w=0.1, \dots, 0.4$
mm)

VERIFICA NEI RIGUARDI DELLO STATO LIMITE DI FESSURAZIONE

SE SI LIMITA L'APERTURA DELLE FESSURE

- 1) SI AUMENTA LA DURABILITA' DELLA PAVIMENTAZIONE
- 2) SI CONSENTE IL TRASFERIMENTO PER INGRANAMENTO DEGLI SFORZI



ESEMPIO DI PRESTAZIONE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO: **DURABILITA' DI OPERE IN C.A.**

Per garantire durabilità delle strutture in c.a. esposte all'azione ambientale, si devono adottare provvedimenti atti a limitare gli effetti del degrado indotto dall'attacco chimico-fisico e dalla corrosione delle armature (*NTC 2008*).

Il Progettista deve:

Valutate le condizioni ambientali e d'impiego

Definita la vita utile della struttura

**Determinare le caratteristiche del calcestruzzo da impiegare
(composizione e resistenza)**

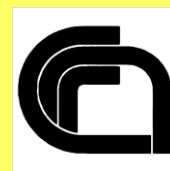
Determinare i valori del copriferro

Definire le regole di maturazione

Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione e il controllo delle pavimentazioni di calcestruzzo

INDICE

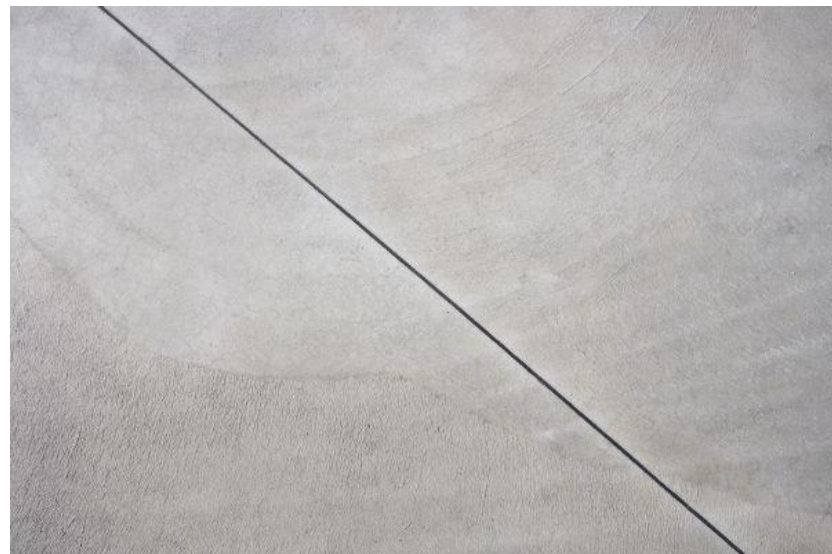
1	PREMESSA	7
2	CLASSIFICAZIONE DELLE PAVIMENTAZIONI	9
3	MASSICCIATA E SOTTOFONDO	16
4	MATERIALI	20
5	CRITERI DI PROGETTAZIONE, AZIONI	32
6	PROGETTAZIONE DEI GIUNTI	37
7	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI	40
8	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO	43
9	PRESCRIZIONI RELATIVE ALL'ESECUZIONE	45
10	INDAGINI PRELIMINARI, CONTROLLI ETC	55
11	VALUTAZIONE DELLE DIFETTOSITÀ	64
12	PIANO DI USO E MANUTENZIONE	67
13	RUOLI DEGLI ATTORI	70



CORRETTA MESSA IN OPERA

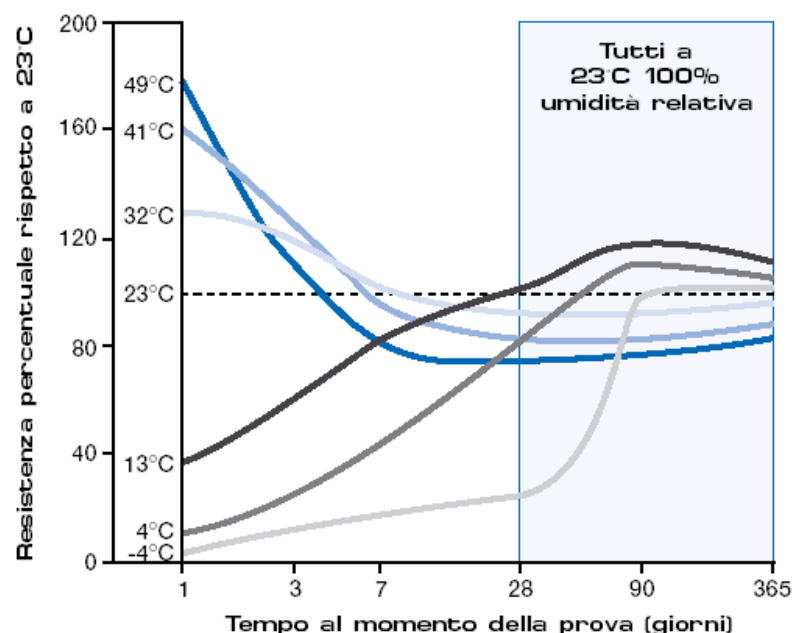
Tipi di materiali, additivi, etc.

Modalità di maturazione

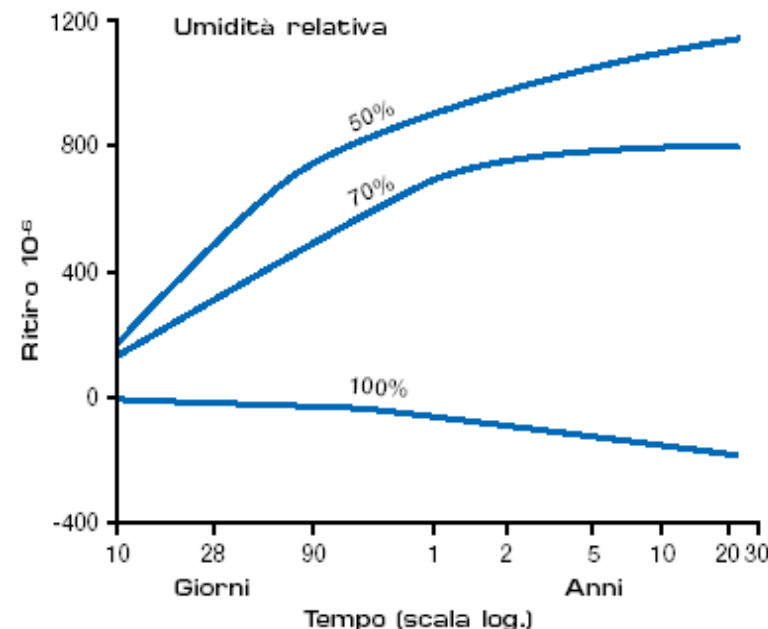


Ritiro idraulico e variazione di resistenza nel tempo

Resistenza in funzione della temperatura



Effetto della temperatura di stagionatura nei primi 28 giorni sulla resistenza del calcestruzzo [10].



Ritiro in funzione del tempo per calcestruzzi mantenuti a diverse umidità relative [10].

Ritiro in funzione dell'umidità

CORRETTA MESSA IN OPERA

Stagionatura



CORRETTA MESSA IN OPERA

Stagionatura



FASE DI SPOLVERO

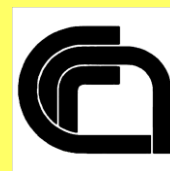


Foto: General Admixtures

Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione e il controllo delle pavimentazioni di calcestruzzo

INDICE

1	PREMESSA	7
2	CLASSIFICAZIONE DELLE PAVIMENTAZIONI	9
3	MASSICCATA E SOTTOFONDO	16
4	MATERIALI	20
5	CRITERI DI PROGETTAZIONE, AZIONI	32
6	PROGETTAZIONE DEI GIUNTI	37
7	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI	40
8	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO	43
9	PRESCRIZIONI RELATIVE ALL'ESECUZIONE	45
10	INDAGINI PRELIMINARI, CONTROLLI ETC	55
11	VALUTAZIONE DELLE DIFETTOSITÀ	64
12	PIANO DI USO E MANUTENZIONE	67
13	RUOLI DEGLI ATTORI	70



Classificazione delle difettosità



- ☐ **PLANARITÀ 64**
- ☐ **CURLING 64**
- ☐ **CAVILLATURE E FESSURE 64**
- ☐ **DELAMINAZIONE 65**
- ☐ **DIFFERENZE CROMATICHE 66**

Patologie tipiche dei pavimenti in calcestruzzo (L. Czarnecki)

Sintomi (in ordine di frequenza)	Meccanismo di danno	Cause	Metodi di riparazione
Fessure passanti	• Ritiro eccessivo o sforzi termici • Eccessive sollecitazioni di trazione per carichi di servizio • Cedimenti differenziali	• Inadeguata composizione del cls • Reazione alcali aggregati • Corrosione delle armature • Impropria disposizione dei giunti di contrazione o mancanza di giunti di separazione • Mancanza di strato di scorrimento (se richiesto) • Insufficiente indurimento del calcestruzzo • Improprio "curing" del cls.	• Praticare giunti di contrazione aggiuntivi • Riparare i giunti di dilatazione ed installare spinotti • Ripristinare la continuità delle fessure con iniezioni di resina epossidica • Iniezioni di microcemento nel substrato
Fessure superficiali	• Evaporazione rapida dell'acqua dallo strato superficiale • Ritiro causato da presa precoce dello strato esterno • Eccessivo calore di idratazione • Gelo	• Inadeguata composizione del cls • Reazione alcali aggregati • Manutenzione impropria del cls. • Errori nella tecnologia del cls. • Uso improprio della pavimentazione	• Microfessure: ripristino con impregnazioni superficiali e primer • Scarifiche, tagli, fresature superficiali • Iniezione delle fessure • Stesura di uno strato di solidarizzazione e riempimento

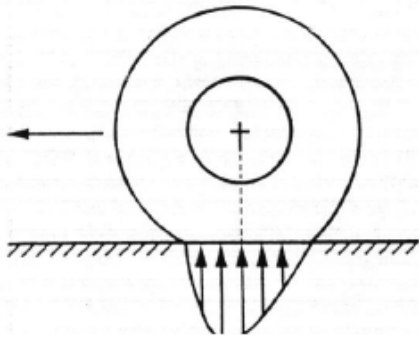
Patologie tipiche dei pavimenti in calcestruzzo (L. Czarnecki) - segue

Sintomi (in ordine di frequenza)	Meccanismo di danno	Cause	Metodi di riparazione
Sollevamenti e deformazioni (curling)	• Sforzi termici eccessivi e non uniformi • Ritiro non uniforme del cls. • Raffreddamento o riscaldamento troppo rapido del calcestruzzo in opera • Gelo	• Inadeguata composizione del cls. • Inadeguato "curing" del cls. • Errori nella tecnologia di posa del cls. • Reazioni alcali aggregato nel sottofondo • Uso improprio	• Rimuovere le parti distaccate o deformate e gettare un nuovo pavimento
Spostamenti e basculamenti	Cedimento differenziale di parti del pavimento (sotto carichi mobili)	• Sottofondo non sufficientemente consolidato • Mancanza di spinotti lungo i bordi delle lastre	• Iniezioni di microcemento nelle parti sciolte o non consolidate • Riparazione dell'area e posizionamento di spinotti

Patologie tipiche dei pavimenti in calcestruzzo (L. Czarnecki) - segue

Sintomi (in ordine di frequenza)	Meccanismo di danno	Cause	Metodi di riparazione
Abrasione e scheggiatura (distruzione della superficie)	- Carichi statici e dinamici verticali e orizzontali (frenatura) superiori ai limiti di resistenza del cls. - Corrosione chimica	- Inadeguata composizione del cls. - Inadeguato "curing" del cls. - Posa del cls. In stadio avanzato di presa. - Mancante prestazioni dello strato superficiale - Carichi superiori alle aspettative - Influenza di acidi, oli o solfati	- Rimuovere il pavimento distrutto e realizzarne uno nuovo adatto alle condizioni d'uso - Impregnazione dello strato superficiale con elementi indurenti - realizzare uno strato protettivo compatto (chimicamente resistente)
Mancanza di planarità	Errori di livellazione quando la planarità è un requisito importante	- Scarsa qualità degli operatori (no regole di livellazione) - Impropria stesura del cls.	Strato di livellazione con resina o cemento-polimeri. Per grandi irregolarità, scarificare il cls e gettare un nuovo pavimento
Mancanza di dilatabilità – distruzione degli spigoli	- Insufficiente presa della miscela di cls - insufficiente adesione degli elementi di sigillatura	- Scarsa qualità del cls. - Mancanza di spinotti nei giunti di dilatazione (per grandi carichi) - Errori nel progetto ed esecuzione dei giunti	- Sigillare le fessure con iniezioni di resina e riparare gli spigoli con adeguate miscele - Fare ulteriori giunti di dilatazione

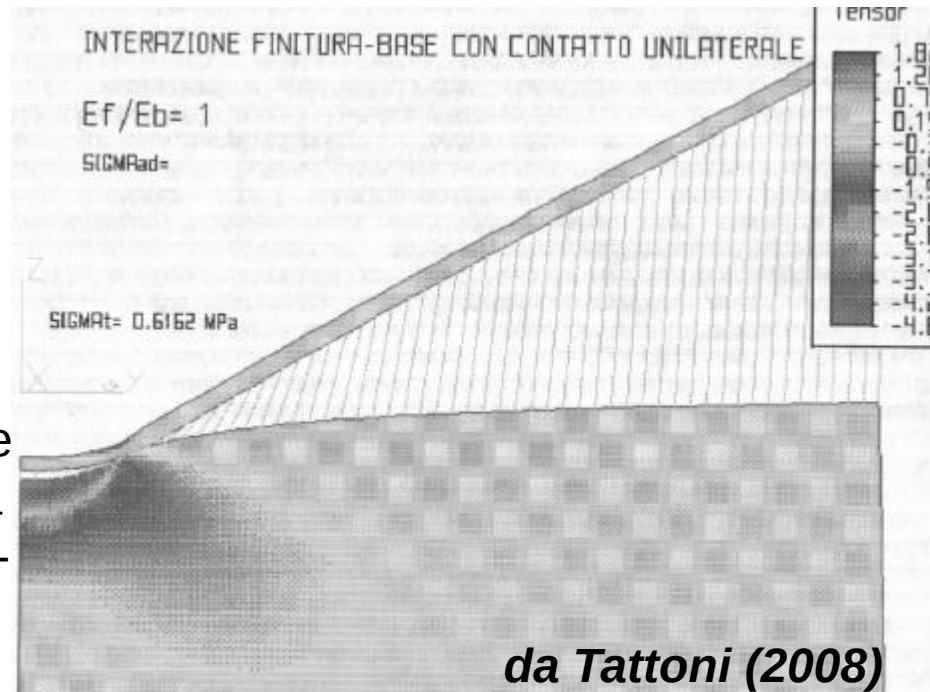
Delaminazione di una pavimentazione



RUOTA IN VULKOLAN
pressione di contatto 6 MPa

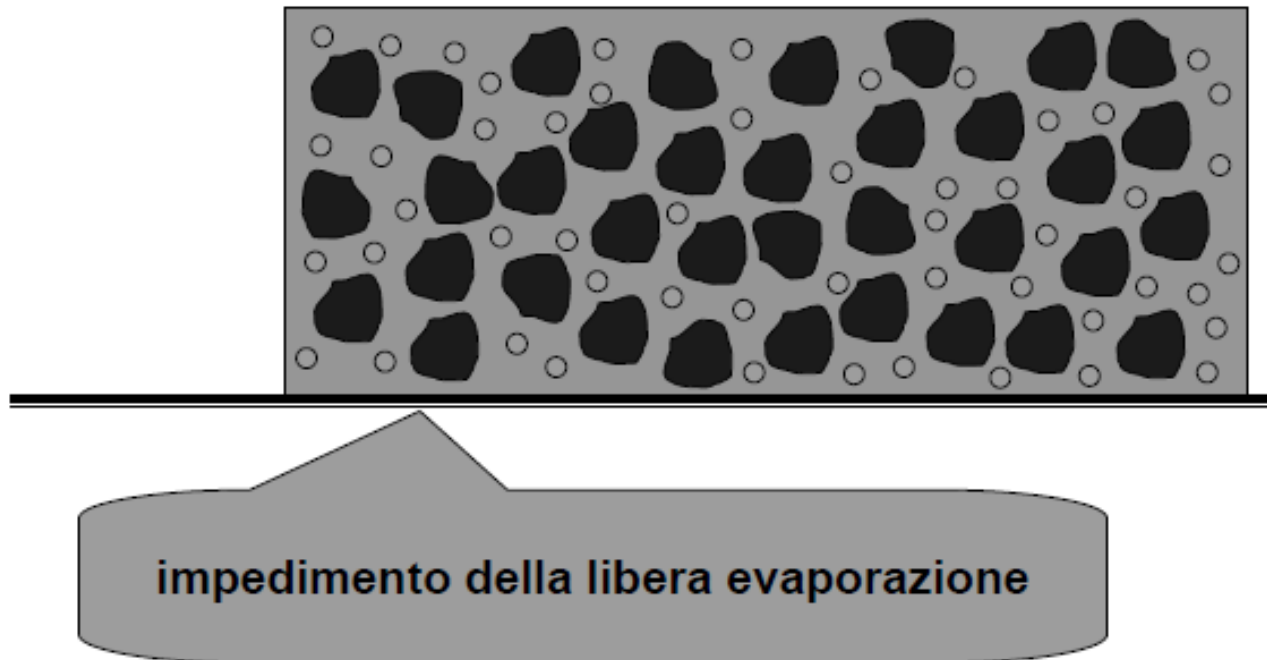
La delaminazione (scartellamento) della superficie è sempre associata ad una difettosità tecnologica, che il traffico pesante esaspera.

La delaminazione consiste nella separazione di uno strato della lastra, parallelo alla faccia superiore e distante dalla superficie circa 3 – 9 mm. Può estendersi da pochi cm² sino a centinaia di m²



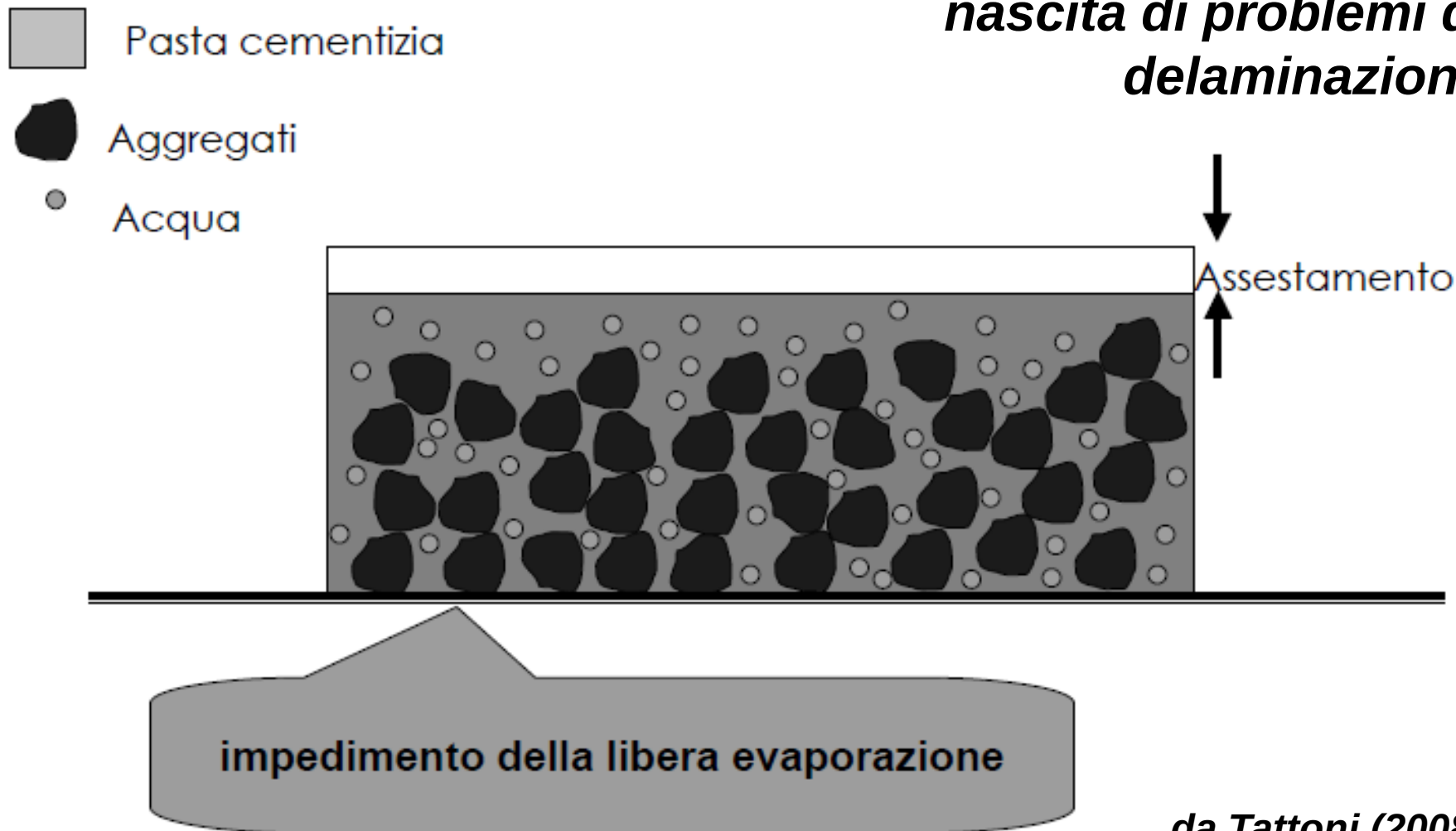
Meccanismo che porta alla nascita di problemi di delaminazione

-  Pasta cementizia
-  Aggregati
-  Acqua



da Tattoni (2008)

Meccanismo che porta alla nascita di problemi di delaminazione



da Tattoni (2008)

Delaminazione

Applicazione dello spolvero anzitempo (prima che nel conglomerato sia esaurito il fenomeno di bleeding): la risalita dell'acqua viene arrestata dallo strato antiusura.

Le lenti di acqua formatesi al di sotto dello strato antiusura provocano, una volta evaporata l'acqua, la formazione di vuoti e quindi, al passaggio dei veicoli, il distacco dello strato antiusura.

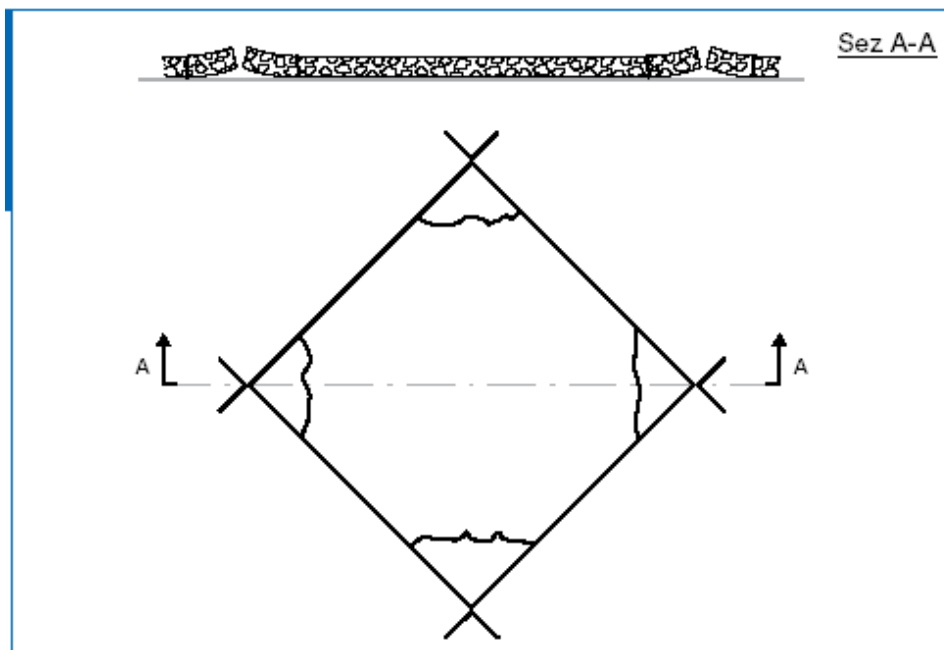


Delaminazione



CURLING - IMBARCAMENTO DELLA PAVIMENTAZIONE

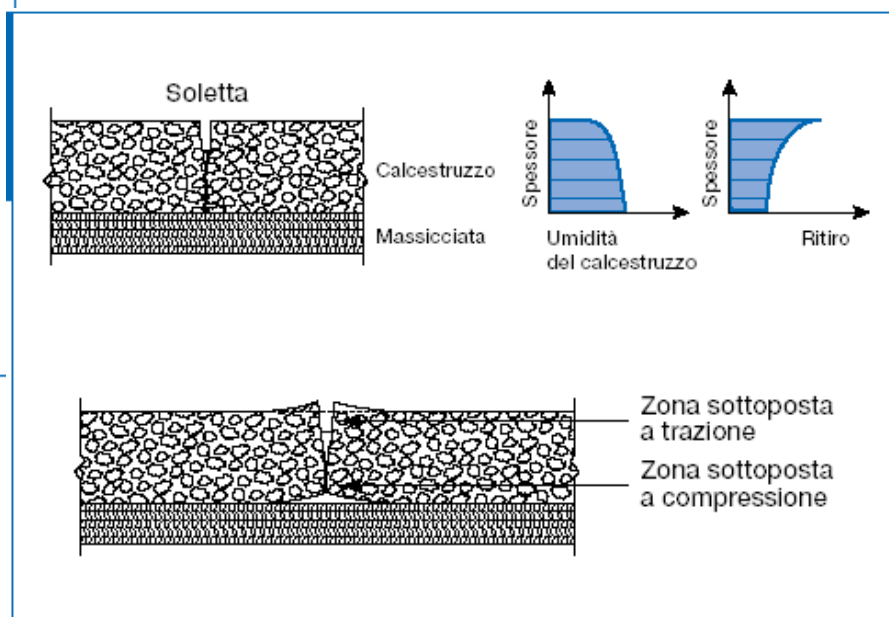
Causa: ritiro idraulico differenziale



Imbarcamento dei quadroni con conseguente rottura degli spigoli.

Deformazione delle piastre di calcestruzzo dovuta alle contrazioni differenziali tra le superfici superiore e inferiore della piastra a causa della diversa velocità di evaporazione dell'acqua sulle due superfici. La deformazione si manifesta come un incurvamento concavo bidirezionale della piastra e sollevamento degli spigoli.

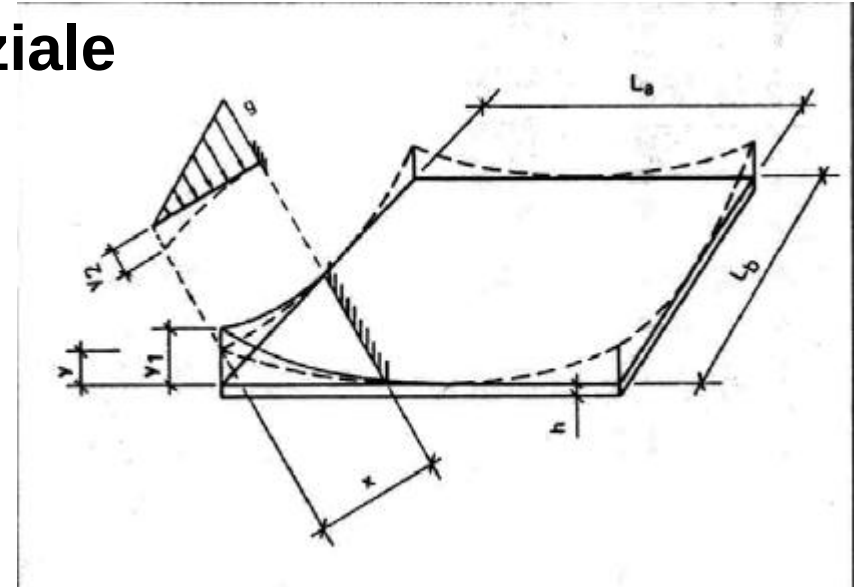
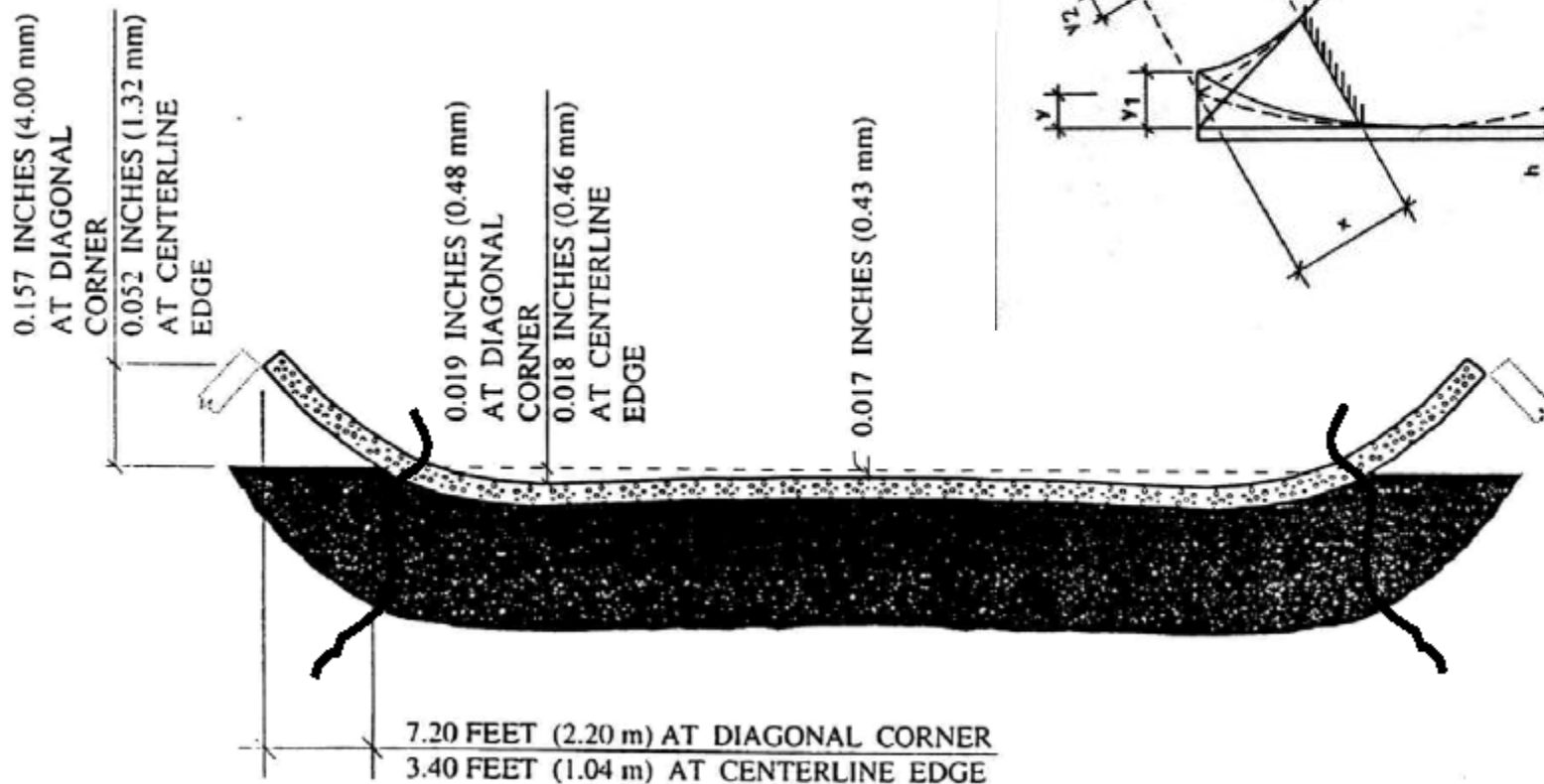
Questo fenomeno si manifesta su tutti i pavimenti di calcestruzzo



Il ritiro idraulico differenziale come causa di fessurazioni e di imbarcamenti delle lastre di calcestruzzo.

CURLING - IMBARCAMENTO DELLA PAVIMENTAZIONE

Causa: ritiro idraulico differenziale



DANNI DA GELO



DANNO DA CICLO GELO - DISGELO



Danni da gelo con combinato effetto di sali disgelanti



DANNO PER REAZIONE ALCALI -AGGREGATI

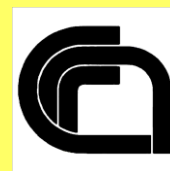


Foto: General Admixtures

Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione e il controllo delle pavimentazioni di calcestruzzo

INDICE

1	PREMESSA	7
2	CLASSIFICAZIONE DELLE PAVIMENTAZIONI	9
3	MASSICCATA E SOTTOFONDO	16
4	MATERIALI	20
5	CRITERI DI PROGETTAZIONE, AZIONI	32
6	PROGETTAZIONE DEI GIUNTI	37
7	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI	40
8	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO	43
9	PRESCRIZIONI RELATIVE ALL'ESECUZIONE	45
10	INDAGINI PRELIMINARI, CONTROLLI ETC	55
11	VALUTAZIONE DELLE DIFETTOSITÀ	64
12	PIANO DI USO E MANUTENZIONE	67
13	RUOLI DEGLI ATTORI	70



COLLAUDO STRUTTURALE AI SENSI DELLE NTC 2008 (NON PAVIMENTAZIONI)

Legge 1086/1971: NORME PER LA DISCIPLINA DELLE OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO ARMATO, NORMALE E PRECOMPRESSO E A STRUTTURA METALLICA

Art. 1 - Disposizioni generali

Sono considerate opere in conglomerato cementizio armato normale quelle composte da un complesso di strutture in conglomerato cementizio ed armature che assolvono ad una funzione statica.

La realizzazione delle opere di cui ai commi precedenti deve avvenire in modo tale da assicurare la perfetta stabilità e sicurezza delle strutture, e da evitare qualsiasi pericolo per la pubblica incolumità.

Art. 2 - Progettazione, direzione ed esecuzione

La costruzione delle opere di cui all'articolo 1 deve avvenire in base ad un **progetto esecutivo** redatto da un ingegnere(PROGETTISTA)

L'esecuzione delle opere deve aver luogo sotto la direzione di un ingegnere(DIRETTORE DEI LAVORI)

COLLAUDO STRUTTURALE AI SENSI DELLE NTC 2008 (NON PAVIMENTAZIONI)

Legge 1086/1971:

NORME PER LA DISCIPLINA DELLE OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO ARMATO,
NORMALE E PRECOMPRESSO E A STRUTTURA METALLICA

Art. 3 - Responsabilità

Il progettista ha la responsabilità diretta della progettazione di tutte le strutture dell'opera comunque realizzate.

Il direttore dei lavori e il costruttore, ciascuno per la parte di sua competenza, hanno la responsabilità della rispondenza dell'opera al progetto, della osservanza delle prescrizioni di esecuzione del progetto, della qualità dei materiali impiegati.

Art. 7 - Collaudo statico

Tutte le opere di cui all'articolo 1 debbono essere sottoposte a collaudo statico. Il collaudo deve essere eseguito da un ingegnere o da un architetto, iscritto all'albo da almeno dieci anni, che non sia intervenuto in alcun modo nella progettazione, direzione ed esecuzione dell'opera.

La nomina del collaudatore spetta al committente...(COLLAUDATORE)

COME ESTENDERE QUESTI CONCETTI ALLE PAVIMENTAZIONI?

**IMPORTANTE AVERE UNA CHIAREZZA DEI RUOLI E DELLE COMPETENZE
DELLE VARIE FIGURE PROFESSIONALI**

CAP 16

RUOLI E RESPONSABILITA' DEGLI ATTORI NELLA PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE DI UNA PAVIMENTAZIONE IN CALCESTRUZZO

PROGETTISTA

**Il progettista ha la responsabilità diretta della progettazione della
pavimentazione** ed ha il compito di dimensionare e verificare la
pavimentazione agli Stati Limite di Esercizio e Ultimi. Etc...

**Il progettista dovrà produrre degli elaborati grafici ... e una relazione di
calcolo dalla quale risultino in modo chiaro ed esauriente le calcolazioni
eseguite, le caratteristiche, le qualità dei materiali che verranno impiegati
in aggiunta alla vita utile della pavimentazione.**

COME ESTENDERE QUESTI CONCETTI ALLE PAVIMENTAZIONI?

DIRETTORE DEI LAVORI

Il direttore dei lavori ha la responsabilità dell'osservanza delle prescrizioni di esecuzione del progetto e del controllo di qualità dei materiali impiegati ed ha il compito di verificare la rispondenza dell'opera al progetto.

IMPRESA COSTRUTTRICE

L'impresa esecutrice ha il compito di realizzare l'opera in modo conforme alle specifiche ed alle prescrizioni del Progettista.

L'impresa esecutrice ha la responsabilità della corretta preparazione e gestione del cantiere, dell'osservanza delle prescrizioni di esecuzione del progetto, della scelta dei materiali impiegati, della sussistenza delle regolari condizioni per l'esecuzione, della posa in opera e maturazione.

COME ESTENDERE QUESTI CONCETTI ALLE PAVIMENTAZIONI?

CERTIFICATORE

Può essere predisposta una procedura di certificazione da un ente o professionista (abilitato). Detta procedura è raccomandata per i pavimenti con superficie superiore a 5.000 m² e in classe 4-5 debbono ottenere una certificazione.

La scelta del soggetto certificatore spetta al Committente che preciserà altresì i termini di tempo entro i quali dovranno essere completate le operazioni di certificazione.

Il Certificatore dovrà controllare:

La regolarità della documentazione tecnica-amministrativa;

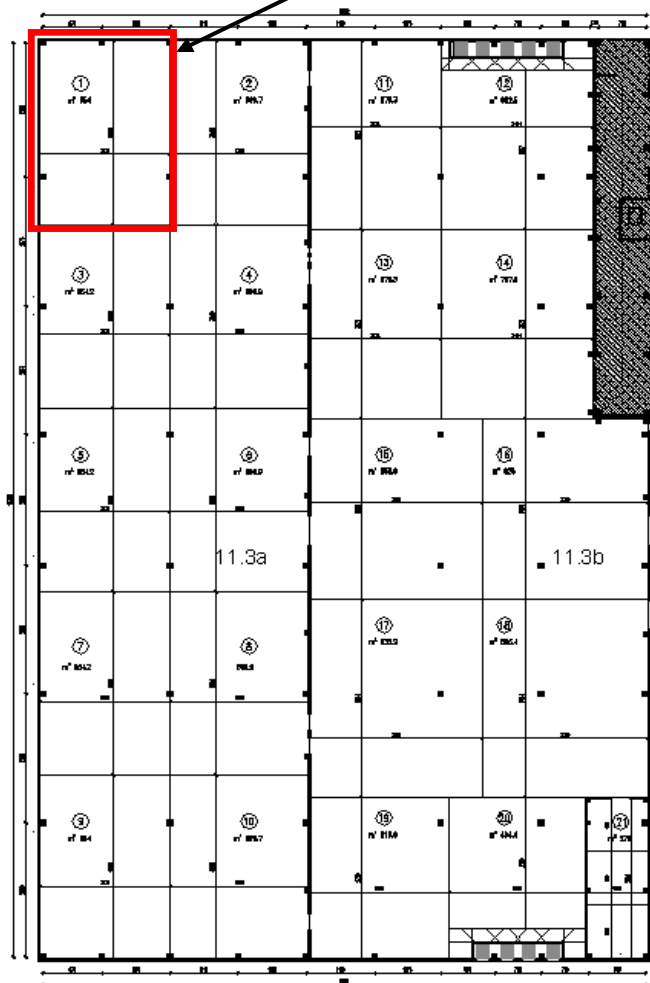
La regolarità del Progetto della pavimentazione;

La corretta esecuzione dei lavori.

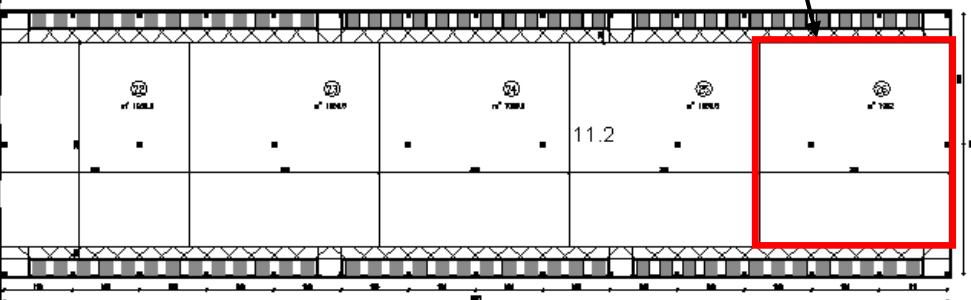
DEVE ESSERE UNA CERTIFICAZIONE TECNICA, NON FORMALE!!

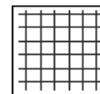
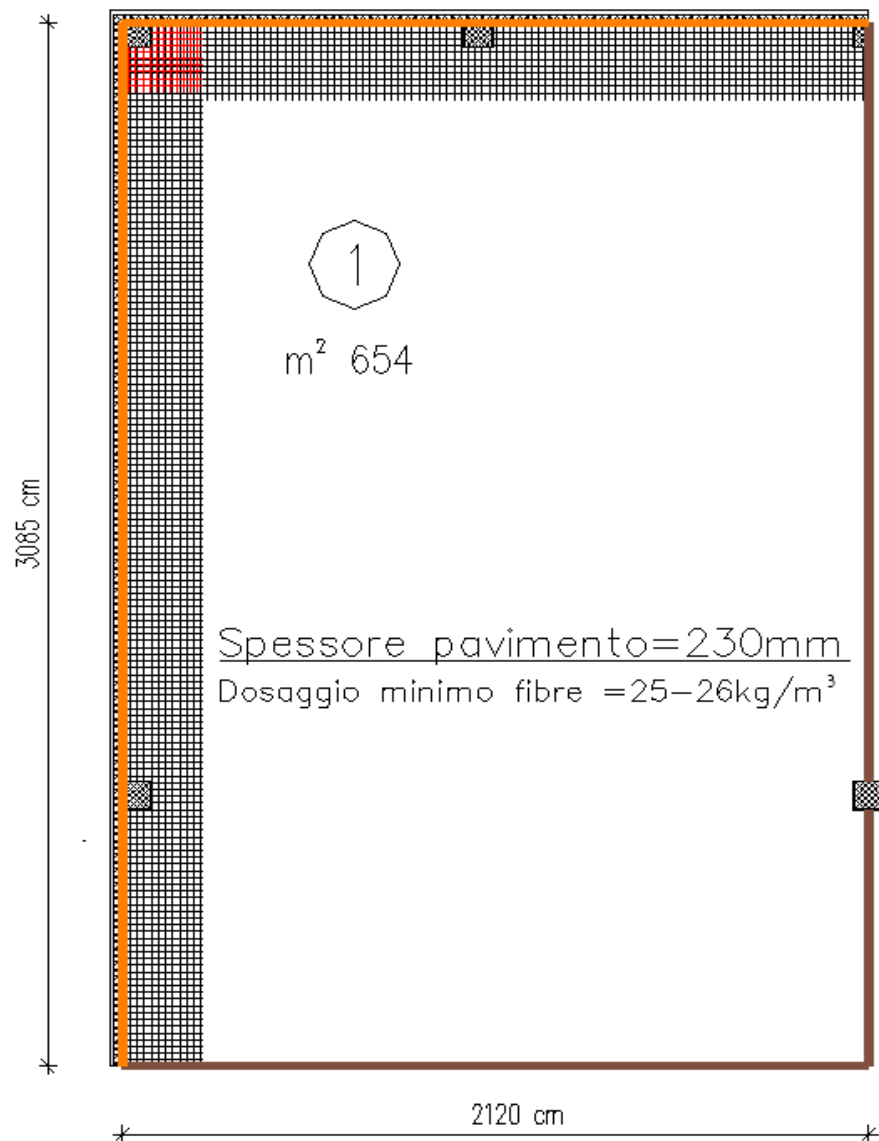
ESEMPI DI CALCOLO

Campo 1 – dim.
21,2x30,9 m²

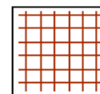


Campo 26 – dim.
31,1x34,2 m²





Foglio di rete elettrosaldata $\phi 8/200 \times 200$ mm,
larghezza 2250mm, posizionato all'intradosso



Foglio di rete elettrosaldata $\phi 8/200 \times 200$ mm,
larghezza 2250mm, posizionato all'estradosso



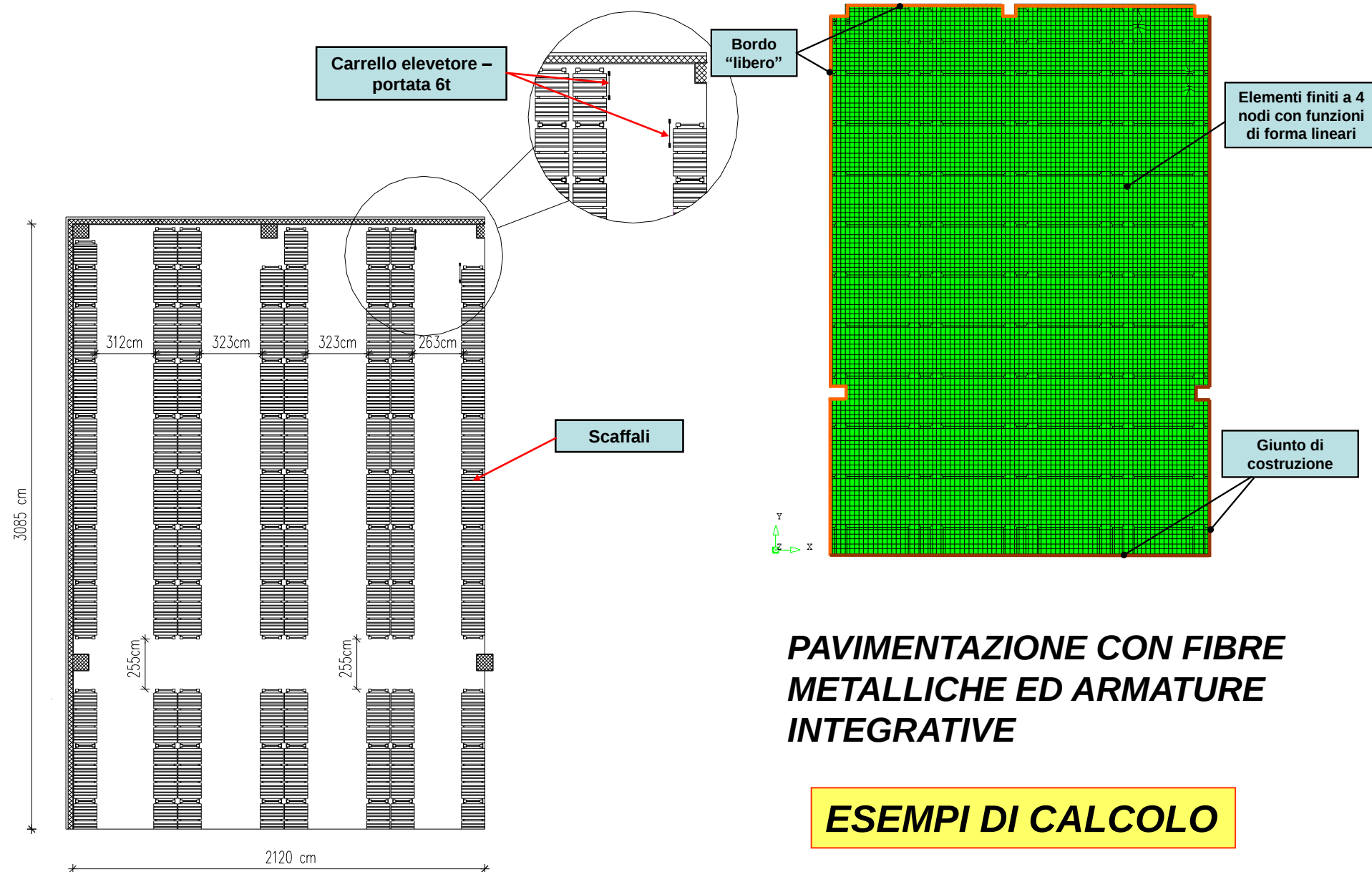
Giunto di costruzione con barretti $\phi 20/500$ mm



Bordo libero

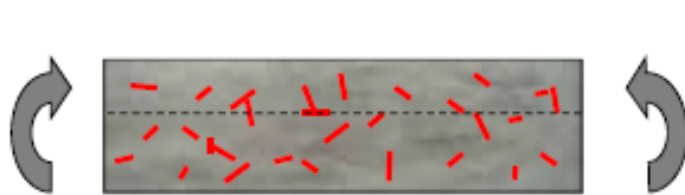
**PAVIMENTAZIONE CON FIBRE
METALLICHE ED ARMATURE
INTEGRATIVE**

ESEMPI DI CALCOLO

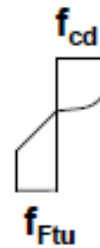


PAVIMENTAZIONE CON FIBRE METALLICHE ED ARMATURE INTEGRATIVE

ESEMPI DI CALCOLO



Il fibrorinforzo si attiva solo
dopo la fessurazione

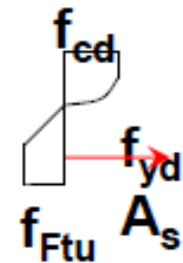


Pavimentazioni in FRC

Metodi di calcolo non lineare

→ *UNI 11146 – CNR DT 204*

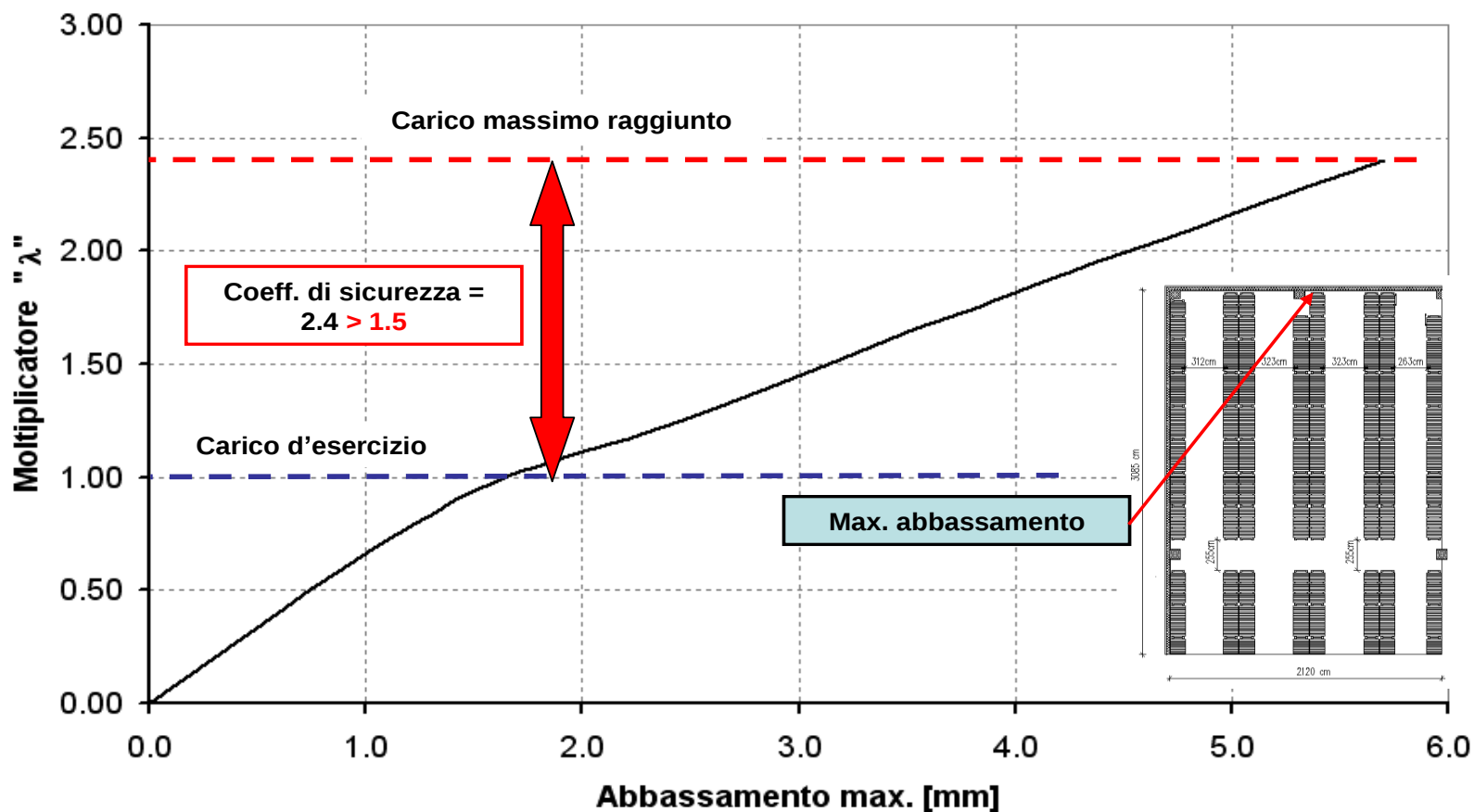
Pavimentazioni in FRC
con armatura tradizionale



PAVIMENTAZIONE CON FIBRE METALLICHE ED ARMATURE INTEGRATIVE

ESEMPI DI CALCOLO

Moltiplicatore dei carichi vs. Abbassamento massimo



CIRI Edilizia e costruzioni Tecnopolo di Bologna



Questa ricerca è stata svolta con il contributo finanziario del programma POR-FESR 2008-13

POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2007-2013



RISORSE IN RETE



COSTRUIAMO INSIEME IL FUTURO



RETE ALTA TECNOLOGIA
EMILIA - ROMAGNA
HIGH TECHNOLOGY NETWORK

