Seminario:

INGEGNERIA FORENSE:

La figura e le attività del CTU e dell'esperto

Bologna 26 Maggio

Pavimenti industriali in C.A.

Tomaso TROMBETTI, Roberta SAPIO, Luca PIERACCINI

Dipartimento DICAM, Università di Bologna

IL PRESENTE MATERIALE È RISERVATO AL PERSONALE DELL'UNIVERSITÀ DI BOLOGNA E NON PUÒ ESSERE UTILIZZATO AI TERMINI DI LEGGE DA ALTRE PERSONE O PER FINI NON ISTITUZIONALI

Pavimentazioni Industriali in C.A.

Obbiettivo:

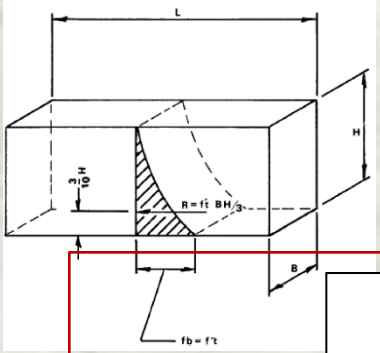
Fornire uno strumento tecnico che collezioni soluzioni circa le potenziali criticità e problematiche relative alle Pavimentazioni Industriali in C.A., fruibile sia per il Consulente tecnico, quanto per Costruttori, Avvocati, etc.

Outline:

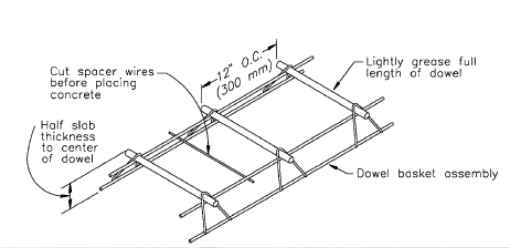
- **Difetti ricorrenti delle pavimentazioni industriali;**
- **Fessure: difetto o normale comportamento?;**
- **Riferimenti tecnici e normativi;**
- **Casi reali: metodi d'indagine, cause, ripristino;**
- **Conclusioni.**

DIFETTI RICORRENTI

Difetti Ricorrenti

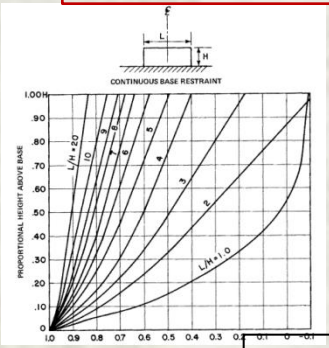


Difetti delle pavimentazioni in c.a.



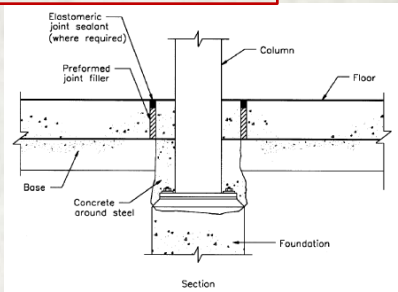
Proprietà meccaniche e reologiche del conglomerato

Scelte esecutive e progettuali, dettagli costruttivi



Difetti funzionali

Difetti estetici



Fruibilità e durata

Estetica e percezione visiva

Alcuni di questi sono attesi e fisiologici

Difetti funzionali

In genere sono rappresentati da **fessurazione**

Foto (a) estratta da 302.1R-96 Guide for Concrete floor and Slab Construction

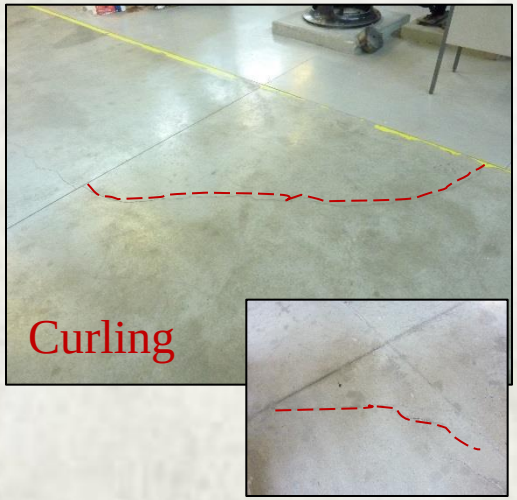
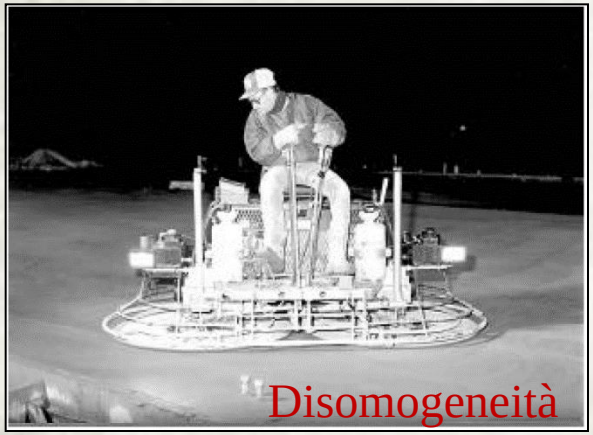


Foto da 302.1R-96 Guide for Concrete floor and Slab Construction

Foto da Collepardi

Difetti estetici

Foto (a) e (b) da RadioCantiere



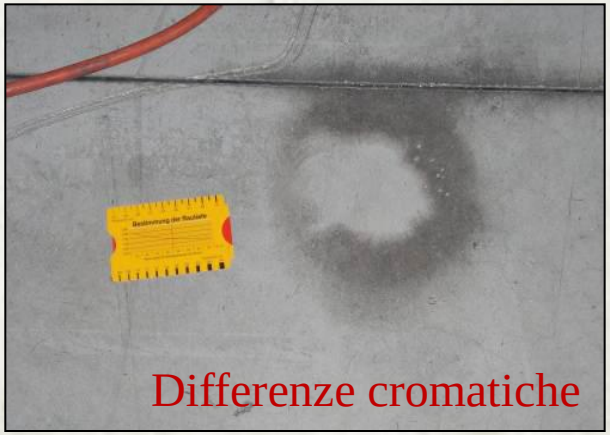


Foto da 302.1R-96 Guide for Concrete floor and Slab Construction

FESSURE: DIFETTO O NORMALE COMPORTAMENTO?

Difetto o normale comportamento?

Le **fessure** sono il difetto più comune (ed appariscente) delle pavimentazioni in c.a.

«Quale conglomerato è privo di fessure o micro-fessure dopo 10 o più anni?»
(Abdun-Nur, 1983)

«Il Calcestruzzo non è altro che una roccia sedimentaria sintetica»
(Bryant Mather, American Concrete Institute President, 1965)

«E come tutte le rocce si fessurano in natura, il calcestruzzo si fessurerà a sua volta»
(Coleman, 2013)

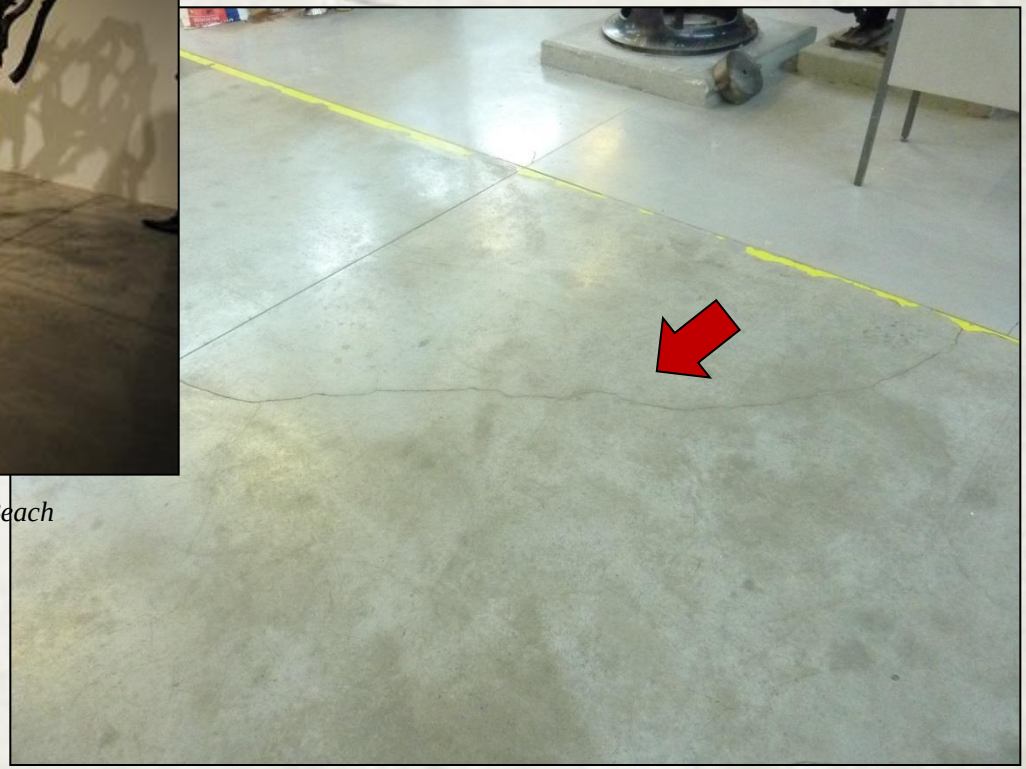
Come distinguere difetto e fenomeno fisiologico?

Se la fessurazione è normale (e necessaria ad ingaggiare le armature), è difficile stabilire entro quali limiti ed ampiezze risulti accettabile.

«Inattese» sono quelle fessure che hanno apertura e densità tali da compromettere *resistenza*, *stabilità*, *fruibilità* e/o *estetica del manufatto*»
(Coleman, 2013)

Difetto o normale comportamento?

Pavimento installato presso il "La Louvre" Museum, Venice Beach



Pavimento installato presso il LISG - Bologna

Difetto o normale comportamento?

In letteratura tecnica sono presenti diversi riferimenti per la valutazione dell'**ampiezza massima delle fessure**:

• Norme Tecniche NTC 2008, (massima apertura delle fessure §4.1.2.2.4);
• **CNR-DT 211/2014** «Istruzioni per la progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo delle Pavimentazioni di Calcestruzzo» (§11.3.1 e §11.3.2);
• UNI 11146/2015 "Pavimenti di calcestruzzo ad uso industriale. Criteri per la progettazione, la costruzione ed il collaudo";
• ACI 302.1R-04 "Guide for Concrete Floor and Slab Construction";
• **ACI 360R-10** "Guide to Design of Slab-on-Ground".

E' possibile prevenire il contenzioso?

- "Educando" il committente riguardo le difettosità fisiologiche del c.a. (Coleman, 2013);
- Inserendo opportune clausole nel contratto e/o facendo riferimento a specifiche soglie di accettabilità, contenute in riferimenti tecnici (vedi CNR-DT 211/2014).

FESSURE

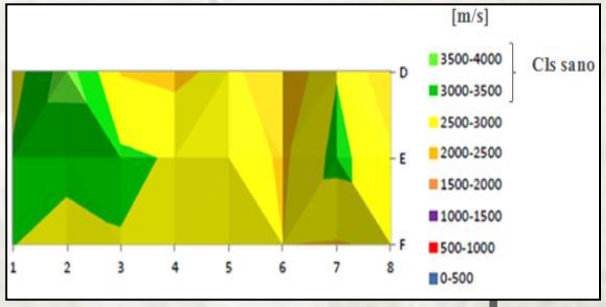
Fessure

Possibili **metodi di indagine**:

- Misura dell'ampiezza delle fessure;
  - ✓ Ampiezza sulla superfice esterna del getto

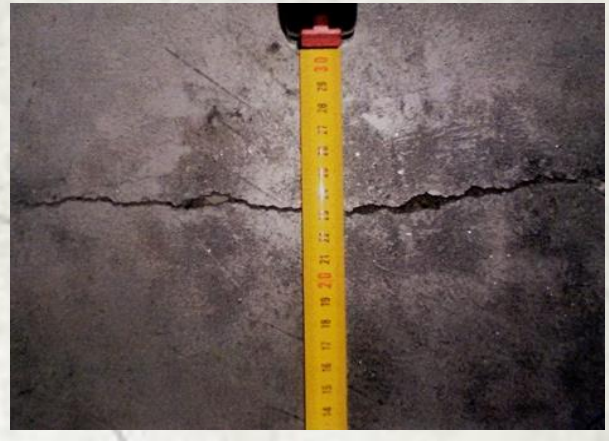
- Saggi in situ:
  - ✓ Profondità delle fessure;
  - ✓ Conformità con le specifiche progettuali (spessore, armature, etc.).

- Prove non-distruttive con ultrasuoni.
  - ✓ UNI 9524;
  - ✓ Valutazione dell'intensità ed estensione delle fessure entro il conglomerato.



Fessure

Ma come identificare la sussistenza del difetto?



Un esempio:

Le indagini constatano un'ampiezza media (**w_m**) pari a **2 mm**.

Il consulente potrebbe avvalersi di vari riferimenti (UNI 11146 /2015, Codice di Buona Pratica CONPAVIPER, ACI 360R-10 "Guide to Design of Slab-on-Ground"), oppure far riferimento alle disposizioni contenute nelle NTC 08.

CNR-DT 211-2014

Salvo specifiche richieste del Committente, si considera accettabile la presenza di 10 m di fessura con ampiezza maggiore di 0,3 mm ogni 1000 m^2 di pavimentazione (equivalente a 1 cm/m^2 di fessura ammessa). In ogni caso è suggerito un intervento di ripristino locale.

Fessure

Principali **cause della fessurazione**:

- Insufficienza o inefficacia dei giunti;
- Insufficienza dello spessore del getto;
- Insufficiente armatura.

→ **Cattiva esecuzione e/o progettazione**

In genere, le possibili **soluzioni** e **lavori di ripristino** comportano la **sostituzione di intere porzioni** di pavimentazione e/o la **creazione di giunti strutturali**.

Riferimenti tecnici utili:

- **CNR-DT 211/2014**;
- **UNI 11146 /2015**;
- Codice di Buona Pratica CONPAVIPER;
- **ACI 360R-10** "Guide to Design of Slab-on-Ground"

CURLING

Curling

Possibili **metodi di indagine**:

- Saggi in situ;

✓ Profondità delle fessure entro lo spessore;
✓ Conformità con le specifiche progettuali (spessore, armature, etc.).

Principali **cause del curling**:

- Ritiro plastico non compensato;
- Eccessivo rapporto acqua/cemento.

In genere, le possibili **soluzioni** e **lavori di ripristino** comportano la **sostituzione di intere porzioni** di pavimentazione e/o la **creazione di giunti strutturali**.

DELAMINAZIONE

Delaminazione

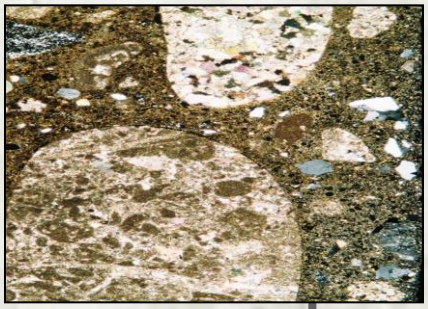
Foto da 302.1R-96 Guide for Concrete floor and Slab Construction

Possibili **metodi d'indagine**:

- Carote;
  - ✓ Valutazione della compattezza e l'assetto granulometrico del calcestruzzo;
  - ✓ evidenziare un'eventuale separazione dell'aggregato grossolano dalla matrice fine, etc.;
  - ✓ Prove di compressione sul provino.
- Analisi ottiche al microscopio
  - ✓ UNI EN 12407;
  - ✓ Presenza di distacco tra la matrice e gli aggregati, mancanza di coesione.

Principali **cause della delaminazione**:

- Bleeding;
- Errore nelle tempistiche;
- Condizioni esterne sfavorevoli.



SGRETOLAMENTO

Sgretolamento

Foto da Collepardi

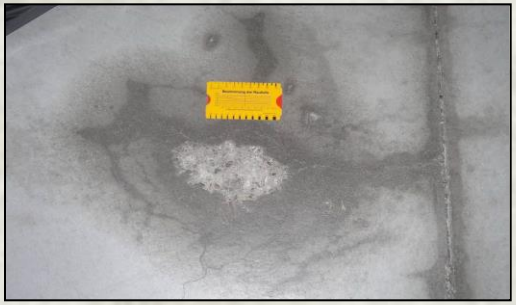
Possibili **metodi d'indagine**:

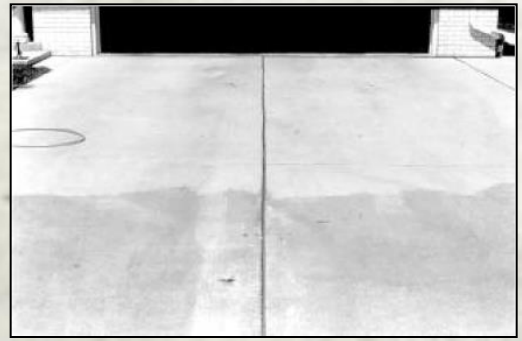
- Sensibilità a cicli di gelo-disgelo;

✓ UNI EN 1338:2004 – Annex D;
✓ Valutare l'effettiva sensibilità del conglomerato;
✓ Valutare l'efficace di eventuali trattamenti superficiali e protettivi.

DIFETTI ESTETICI

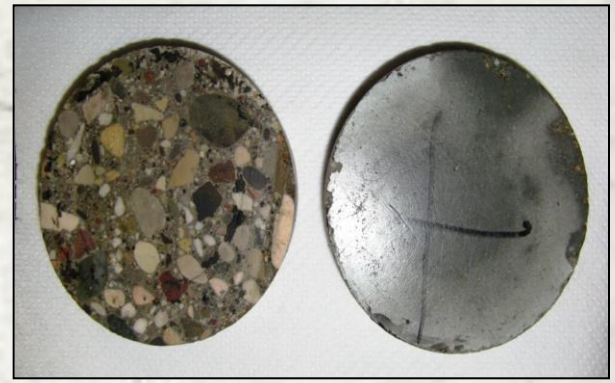
Difetti estetici





Possibili **metodi d'indagine**:

- Analisi chimico-fisiche del calcestruzzo;
  - ✓ Verificare la reattività del conglomerate a cere, olii, etc.



Principali **cause difetti estetici**:

- Reattività del conglomerato a sostanze adoperate in loco;
- Errori realizzativi nella finitura superficiali.

Conclusioni

L'analisi dei casi depositati presso il Tribunale di Bologna ha mostrato come le **Pavimentazioni industriali in c.a.** siano spesso oggetto di contenzioso per via di difetti realizzativi, cattiva progettazione, uso improprio da parte del committente.

In genere, le pavimentazioni sono soggette a:

- Fessurazione;
- Delaminazione;
- Curling;
- Sgretolamento;
- Difetti estetici.

L'indagine mostra come alcuni di essi possano essere ritenuti **fisiologici** e **inevitabili**.
E' necessario educare l'utilizzatore finale circa queste problematiche: il costruttore può tutelarsi per mezzo di opportune **clausole contrattuali** e/o fare riferimento ai **manuali di buona pratica**, **linee guida**, **codici tecnici** al fine di prevenire contenziosi.

Il presente Focus ha quindi l'obbiettivo di **raccogliere** ed **organizzare** queste **conoscenze e riferimenti** come **primo supporto all'attività del consulente tecnico** che si veda coinvolto nel trattare problematiche relative a difetti nelle pavimentazioni industriali in c.a..

Grazie
per l’attenzione!

http://www.dicam.unibo.it/it/Ricerca/Centri/osservatorio-claudio-ceccoli

Tomaso Trombetti
tomaso.trombetti@unibo.it

Luca Pieraccini
luca.pieraccini5@unibo.it

Roberta Sapio
roberta.sapio2@unibo.it