

## Precauzioni per getti integrativi su solai in laterocemento

### *Determinazione delle cause di formazione di fessure in una soletta gettata su solaio in laterocemento*

Alberto e Michele Triantafyllis

#### **1. Tipologia di vizio**

Trattasi di formazione di fessure di rilevante ampiezza emerse diffusamente sulla soletta collaborante, di 15 cm di spessore, armata con doppia rete  $\varnothing$  8 mm, 20 x 20 cm, gettata su solaio in laterocemento, utilizzando calcestruzzo pompato di classe di resistenza C25/30 e classe di consistenza S4.

Le fessure, riprodotte la griglia della rete d'armatura, risultano essersi formate, dalle testimonianze, dopo circa 3 -4 ore dal completamento getto e quindi di fase plastica, come rilevato anche della D.L. presente ai getti. Tali fessure risultano molto ampie e profonde; in genere superano l'armatura all'estradosso, con copriferro variabile tra 2 e 3 cm, per scendere fino alla rete posta all'intradosso, fino anche alla profondità di 16 cm (fessure quasi passanti).



Le fessure riprodotte la griglia della rete d'armatura



Tipica fessura presente su quasi tutta l'area del solaio

## 2. Indagini per l'identificazione delle cause del vizio

### 2.1. Ricostruzione delle condizioni termo-igrometriche durante il getto

Temp. 13-20°C ; Velocità vento :7-17 km/h; U.R. 66%

Tali dati non risultano particolarmente sfavorevoli, in quanto, mediando i valori ed utilizzando il noto abaco per calcolare il tasso di evaporazione dell'acqua dalla soletta fresca, il tasso di evaporazione presumibile risulta di circa 0,4 litri/mq/ora. Alla quarta ora, quando le fessure erano ormai sicuramente comparse, si può ritenere che la perdita di acqua per sola evaporazione, sia stata di circa 1,5 litri/mq

### 2.2. Saturazione del solaio in laterocemento

Le testimonianze hanno confermato che il solaio non è stato abbondantemente irrorato d'acqua nelle precedenti 48 ore, come sarebbe richiesto da una corretta esecuzione. Questo è in contrasto con quanto raccomandato anche in normali depliant di produttori di laterizi, dove viene così prescritto:

*"Prima del getto di calcestruzzo, che per legge deve avere resistenza caratteristica minima di 25 N/mm<sup>2</sup> (decreto del 9 gennaio 96, punto 7.1.5.3.) i laterizi devono essere accuratamente e abbondantemente bagnati (decreto del 9 gennaio 1996, punto 7.1.5.2.) **Il getto andrà eseguito quando il velo d'acqua superficiale si presenterà nella condizione di saturo con superficie asciutta**"*

E ancora dalla brochure della ANDIL- Assolaterizi, a titolo: **"La corretta esecuzione dei solai in laterizio- Attenzioni da porre nella progettazione e nella posa"**, pag.16 della brochure **"Getto del calcestruzzo di completamento"**

*"Analogamente a quanto avviene per le murature, bisogna evitare che il laterizio assorba l'acqua d'impasto del calcestruzzo..."*

*Un'insufficiente bagnatura priva il calcestruzzo dell'acqua di idratazione, lo indebolisce, ne riduce la lavorabilità."*

### 2.3. Protezione/stagionatura

I getti non sono stati protetti mediante vaporizzazione d'acqua sulla superficie, nemmeno quando il ritiro plastico ha cominciato ad evidenziarsi sulla prima parte del getto. Le fessurazioni si sono pertanto estese a tutta la superficie. Successivamente, a getti terminati, la superficie non ha avuto alcuna stagionatura/protezione

### 2.4. Verifica della capacità di assorbimento di un campione di laterocemento proveniente dal solaio utilizzato in opera

Considerando che il fenomeno della fessurazione di fase plastica si è manifestato in condizioni climatiche non particolarmente sfavorevoli, si è ipotizzato che la rilevante sottrazione di acqua d'impasto del calcestruzzo possa essere stata causata maggiormente dal solaio in laterocemento, presumibilmente fortemente insaturo.

Sono state pertanto eseguite prove, non normalizzate, per determinare la **capacità di assorbimento/imbibizione del laterizio**



#### **Prova di assorbimento** (sul campione tal quale come prelevato)

Il campione di solaio in laterocemento (intradosso) avente una superficie rettangolare di 39 cm x 17 cm (663 cmq) è stato appoggiato su un velo d'acqua di circa 2 mm al fine di permettere una progressiva imbibizione.

#### **Dati rilevati:**

- dimensioni: rettangolo di 39 x 17,0 cm = **663 cmq (1/15,1 mq)**
- superficie a contatto col velo d'acqua : 663 cmq
- massa tal quale inizio prove: 5.783 g
- massa imbibita dopo 120' : 6.155 g - assorbimento 372 cc
- massa imbibita dopo 180' : 6.272 g - assorbimento 489 cc
- massa imbibita dopo 240' : 6.318 g - assorbimento 535 cc

0,56 cc/cm<sup>2</sup> = **litri 5,6/mq** ( dopo 120')

0,74 cc/cm<sup>2</sup> = **litri 7,4/mq** ( dopo 180')

0,81 cc/cm<sup>2</sup> = litri **8,1/mq** (dopo 240')

**Il laterizio ( con grado insaturo ignoto) dopo 4 ore a contatto del velo d'acqua ha assorbito ca 8 litri d'acqua /mq**

Analoga prova è stata eseguita ponendo la **superficie dell'estradosso solaio** a contatto d'acqua.

- Dimensioni " geometrica" : 39 x 17,0 cm = **663 cm<sup>2</sup> (1/15,1 mq)**
- superficie a contatto col velo d'acqua :  $\geq$  663 cm<sup>2</sup>
- massa tal quale inizio prove: 5.934 g ( Più umido rispetto alla prima prova)
- massa imbibita dopo 120' : 6.380 g - assorbimento 365 cc
- massa imbibita dopo 180' : 6.380 g - assorbimento 446 cc
- massa imbibita dopo 240' : 6.440 g - assorbimento 506 cc

0,55 cc/cm<sup>2</sup> = litri 5,5/mq ( dopo 120')

0,67 cc/cm<sup>2</sup> = litri 6,7/mq ( dopo 180')

0,76 cc/cm<sup>2</sup> = litri 7,6/mq ( dopo 240')

**La superficie latero/cementizia ( con grado insaturo ignoto) dopo 4 ore a contatto d'acqua ha assorbito 7,6 litri d'acqua /mq**

### Quantità di acqua d'impasto nel cls

Il "mix design" fornito dal confezionatore evidenzia un contenuto d'acqua d'impasto (acqua efficace) pari a 190 litri /m<sup>3</sup> per una consistenza S4 mediante l'uso di additivo superfluidificante.

Essendo lo spessore del getto di 18 cm, viene così calcolata la quantità d'acqua in 1 mq al momento della stesa: 190 litri x 0,18 cm = **34,2 litri/mq**

### 3. Cause del vizio

E' stato verificato che il solaio in laterocemento, **in determinate condizioni insature**, possa assorbire anche 7-8 litri /mq d'acqua nelle prime ore, mentre nello stesso periodo dalla superficie del getto appena steso ***su un solaio senza protezioni laterali***, nelle prime 3-4 ore e nelle condizioni climatiche considerate, può evaporare, una quantità di acqua d'impasto (nel caso in esame) di circa 0,4 litri/mq/ora

Sommando la quantità d' acqua assorbita dal solaio in laterocemento a quella evaporata in superficie sotto ventilazione, nella sola fase plastica, la lastra di 18 cm potrebbe aver perso in totale anche **9 litri/mq**, ovvero il 26% dell'acqua efficace, il che giustifica le ampie e profonde fessure che si sono manifestato sul solaio.

Qui di seguito le considerazioni tratte dal testo: **Fessure da ritiro plastico**

[da "Scienza e Tecnologia del calcestruzzo" di M.Collepari ]

*Quando la velocità di bleeding o essudamento è superiore alla velocità di evaporazione dell'acqua, la superficie della pasta cementizia si ricopre di uno strato d'acqua orizzontale e planare. Quando però l'evaporazione dovuta alle condizioni ambientali (ed anche al tipo di cassero di posa o contenimento) provoca una **sottrazione d'acqua** dalla "pasta cementizia" superiore a quella che si accumula a causa il bleeding, la superficie della pasta perde la sua*

planarità per la formazione di una **miriade di menischi con la concavità rivolta in alto**.

Ciò crea l'instaurarsi di una pressione capillare ( $P$ ) di eguale grandezza ma di segno opposto alla differenza di pressione capillare ( $P$ ) di eguale grandezza ma di segno opposto alla differenza di pressione idrostatica attraverso i menischi come è mostrato nell'equazione seguente:

$$P = - \gamma (1/r_1 + 1/r_2)$$

dove  $\gamma$  è la tensione superficiale dell'acqua,  $r_1$  e  $r_2$  sono i raggi di curvatura dei menischi. Powers ha calcolato che tale pressione può arrivare al massimo a circa 0,05 MPa ed essa genera una forza che agisce sulle particelle solide di esempio in un pavimento fresco di calcestruzzo, la compressione laterale generata dai menischi d'acqua si manifesta attraverso una serie di fessure, denominate appunto da ritiro plastico. La forma e l'estensione delle fessure da ritiro plastico dipendono dalla natura del contrasto laterale. Se il calcestruzzo è omogeneo, di spessore uniforme e **NON contiene armature**, si formano fessure ramificate in 3 direzioni (a 120° o "a piede di corvo") e distribuite su tutta la superficie; in questo caso il contrasto al ritiro laterale sulla superficie deriva dal calcestruzzo sottostante, il quale a sua volta è contrastato dal fondo del cassero o dal terreno. Tale contrasto sollecita a trazione lo strato superficiale del calcestruzzo che tende a contrarsi e, data la scarsa o nulla resistenza a trazione del materiale non ancora indurito, provoca le fessure sulla superficie. Se sono presenti le armature sotto forma di rete elettrosaldata, il contrasto esercitato dall'acciaio al movimento laterale del calcestruzzo dal ritiro plastico può provocare la formazione di fessure secondo un determinato motivo geometrico che ripete quello della rete.