

# Pavimentazioni in calcestruzzo sempre più prestazionali con meno tribunali

*Gianluca Pagazzi, libero professionista - consulente tecnico per strutture in c.a.*

*Gian Luigi Pirovano, Specialista in ingegneria forense - Esperto di tecnologie e patologie di degrado dei materiali da costruzione*

È sempre più difficile realizzare un buon pavimento in calcestruzzo ed è sempre più facile finire davanti ad un Giudice.

La situazione sul territorio nazionale, senza nessuna discriminazione geografica, è a dir poco drammatica: mancanza totale di progettazione, assenza di voci di capitolato esaurienti e coerenti alla normativa vigente, errata scelta del calcestruzzo, scarsa qualità realizzativa, sommaria esecuzione di giunti di isolamento, giunti di costruzione, giunti di contrazione controllo, mancanza totale di protezione e stagionatura protetta e per finire richiesta quasi nella totalità dei casi di un'unica prestazione: "il prezzo più basso".

Con il presente articolo, si vuol portare un contributo costruttivo a tutti gli attori della filiera, cioè dare una guida mediante una successione di passaggi a: committenti, progettisti, Direttori Lavori, imprese di costruzione, esecutori di pavimentazioni, produttori e fornitori di materie prime. Il tutto potrebbe aiutare, secondo la successione di figure sopra esposta, a pretendere prestazioni coerenti alla destinazione d'uso della pavimentazione, a completare i progetti, a redigere i capitolati, a incrementare i controlli, a scegliere gli esecutori migliori, a redigere contratti completi e ad avere e pretendere richieste precise per i materiali da fornire.

Al fine di fornire una prescrizione di capitolato completa, per una pavimentazione in calcestruzzo, verrà fatto un esempio di destinazione d'uso, con alcune dimensioni a solo titolo dimostrativo.

## Prescrizioni di capitolato per una pavimentazione interna di un edificio industriale

### Destinazione d'uso

Pavimentazione per interna per un'azienda che produce prodotti finiti in carta (a titolo puramente di esempio).

*Nota: Ogni variazione di destinazione d'uso potrebbe comportare un necessario adeguamento e/o rifacimento della pavimentazione.*

### Classificazione per tipologia di supporto

Pavimentazione appoggiata su terreno.

### Spessore e superficie

Superficie totale: 10.000 m<sup>2</sup> (a titolo puramente di esempio);

Spessore pavimentazione: 20,00 cm (a titolo puramente di esempio).

La verifica dello spessore va eseguita con metodo diretto su carote (UNI EN 13863-3). La categoria di tolleranza è una T4 (UNI 13877-2). Inoltre, la media aritmetica delle misurazioni non dovrà essere inferiore allo spessore di progetto e non superiore di 10 mm dello stesso.

## Resistenza all'abrasione

Resistenza all'abrasione classe AR 2, secondo la UNI EN 13813.

## Planarità

Tolleranza previste : distanza 1 m  $\pm 4$  mm; distanza 2 m  $\pm 5$  mm; distanza 4 m  $\pm 6$  mm, secondo la UNI 11146 e la verifica deve essere fatta entro le 72 ore, dal termine delle operazioni di frattazzatura.

## Orizzontalità

Orizzontalità, non è un requisito previsto da questa prescrizione di capitolato.

## Pendenza

Dove necessarie per lo scolo corretto di acque e/o liquidi della pulizia dello stabilimento: 15 mm/m.

## Verifica della massicciata

Verificare che i materiali utilizzati rispettino le prescrizioni previste dal Progettista della massicciata e verificare l'efficacia dei processi di costruzione adottati, della attrezzature utilizzate, del "curing" effettuato sui materiali durante la stesura e la relativa compattazione.

I controlli e le verifiche dell'omogeneità, della planarità e delle caratteristiche meccaniche e deformative degli strati che costituiscono il sottofondo e la stessa massicciata, devono essere condotti eseguendo un numero di indagini e prove sufficienti a qualificare le sottostrutture rispetto alla caratteristiche di progetto attese. Qualora si manifestino zone in cui i valori delle caratteristiche fisiche e meccaniche non rispondono a quanto richiesto dal progetto, si dovrà procedere a bonifica di tale aree, per la profondità e l'estensione necessarie a ripristinare le condizioni di progetto, utilizzando, se necessario, geosintetici.

Prima dell'inizio di tutte le operazioni di realizzazione della pavimentazione

- verificare la planarità con tolleranze  $\pm 1$  cm rispetto al valore prescritto pari a 2 cm su una stadia di 4 metri;
- eseguire un controllo generale per determinare eventuali zone difformi dal livello minimo previsto per la pavimentazione;
- verificare l'assenza di avvallamenti e di ristagni d'acqua;
- verificare l'assenza di ghiaccio;
- non devono essere presenti riduzioni di spessore dovute a detriti, tubi o quant'altro riduca lo spessore della pavimentazione;
- individuare la presenza di cunicoli, fondazioni, plinti, travi che riducano lo spessore della piastra e che comunque rappresentino punti a rischio di fessurazioni indotte da differenziata rigidità del supporto;
- costipare tutti gli scavi e i rinterri fino a rifiuto, utilizzando strumenti e macchine idonee alle condizioni di cantiere e alle caratteristiche del materiale di riempimento. I rinterri nelle vicinanze di pilastri, basamenti, cunicoli, canaline, muri, scavi per impiantistica, ecc., devono essere realizzati con particolare attenzione essendo questi i punti più soggetti a cedimenti;
- verificare che chiusini, soglie, angolari, ecc.; siano "fissati" a sezione verticale e non implichino delle riduzioni di sezione;

- verificare i che le quote degli elementi di raccordo (chiusini, soglie angolari, guide, ecc.) rispettino le quote di progetto inoltre, verificare che le quote di posa dei vari elementi predisposti sia congrua e coordinata con le pendenze previste;
- la presenza di pendenze, devono essere realizzate interamente con la massicciata e non devono inficiare lo spessore minimo della piastra, previsto in fase progettuale;
- rimuovere sassi di grosse dimensioni, macerie e materiali leggeri eventualmente presenti.

Le indagini sperimentali da eseguire alla fine della preparazione della massicciata, per verificare le prescrizioni del Progettista:

- prove di carico con piastra (CNR N.92/83): orientativamente 1 ogni 400 m<sup>2</sup>. Le prove di controllo devono essere intensificate in corrispondenza delle zone critiche (es. in prossimità dei pilastri, pozzetti, sottoservizi);
- prove di densità in situ (CNR N.69/78): orientativamente 1 ogni 400 m<sup>2</sup>;
- prova di controllo dell'uniformità della risposta attraverso uso di rulli compattatori, piastre dinamiche, prove sismiche superficiali.

### **Realizzazione dei giunti di isolamento**

Tutti gli spiccati verticali ed elementi connessi con la pavimentazione vanno isolati tramite la posa di un materassino deformabile (10 mm) per consentire le contrazioni ed espansioni della piastra di calcestruzzo.

### **Strato di separazione e barriera vapore**

Barriera vapore realizzata con fogli di polietilene con sovrapposizione degli stessi per circa 15,00 cm e uniti tra di loro a mezzo di nastro adesivo, posata su fogli di geotessuto con i singoli fogli sormontati di 15 cm e protetta superiormente da fogli di geotessuto con i singoli fogli sormontati di 15 cm.

### **Rete elettrosaldata e/o barre di armatura**

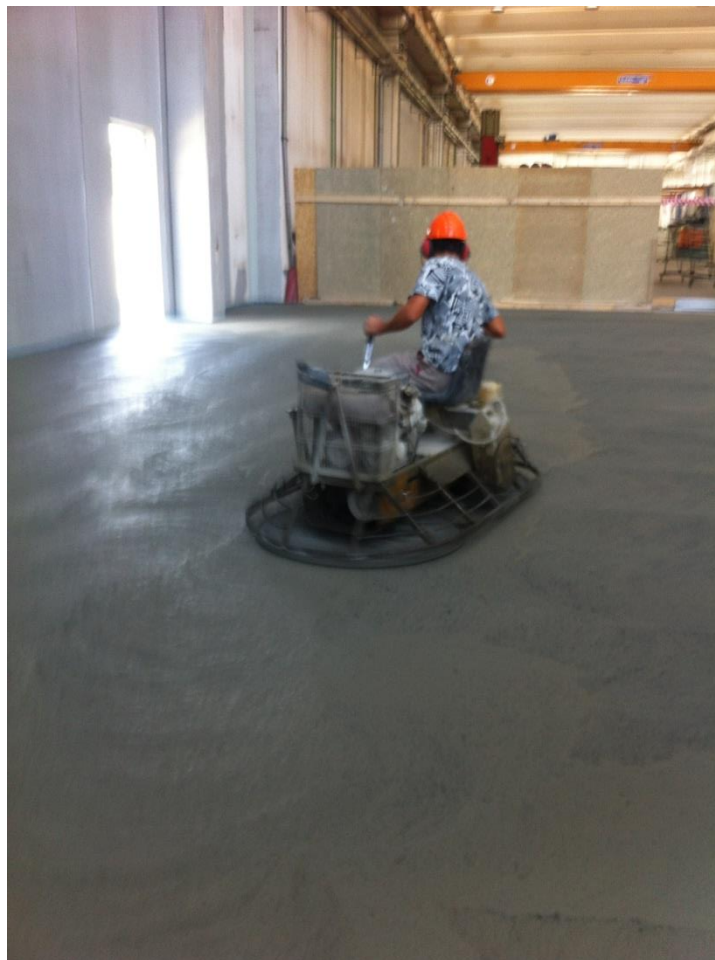
Rete elettrosaldata B450C,  $\Phi 8/20 \times 20$  cm, disposta a una distanza dall'estradosso superiore pari a 1/3 dello spessore del pavimento, nell'ipotesi che il progettista abbia considerato la piastra a sezione interamente reagente e quindi la rete non ha funzioni strutturali ma, solo il compito, di controllare i movimenti di natura termo-igrometrica nelle sezioni di giunto di contrazione/controllo. La rete, deve essere appoggiata su opportuni distanziatori di dimensioni e caratteristiche tali da rispettare la prescrizione di cui sopra, non sovrapposta ma opportunamente affiancata e per realizzare la continuità collegare le estremità dei pannelli con spezzoni singoli, di pari diametro ( $l = 80$  cm).

### **Rinforzo vertici degli spiccati verticali, chiusini, griglie di raccolta acque e altri elementi presenti nella pavimentazione**

Posa n° 5 barre di diametro 12 mm; lunghezza 60 cm/100 cm, interasse 5 cm, secondo quanto riportato nell'elaborato grafico redatto dal progettista.

### **Strato superficiale antiusura**

Finitura liscia per interno eseguita con frattazzatrice meccanica. Strato di finitura realizzato con prodotto indurente superficiale a base di silicati di litio.



*Operazioni di finitura superficiale*

### **Giunti di costruzione**

Giunto di costruzione rinforzato metallico a cassero a perdere preformato, completo di elementi per la trasmissione degli sforzi di taglio e flessione, per pavimenti in calcestruzzo di grande traffico. Il suo profilo robusto deve essere pensato anche per resistere all'impatto di piccole ruote di elevata durezza per carrelli elevatori (tipo "vulkollan") che attraversano il giunto.

### **Chiusura totale dell'edificio e condizioni climatiche durante l'esecuzione**

Chiusura delle aperture dell'edificio al fine di evitare che all'interno si formino delle correnti d'aria tali da alterare le tempistiche di esecuzione e le prime ore di maturazione del getto. Non incominciare i getti con temperature esterne inferiori a 10 °C e che internamente non sia garantita una temperatura superiore a 10°C. In caso di getti in periodi caldi e temperature esterne e superiori a 27 °C eseguire i getti nelle ore più fresche della giornata (sera/notte).

### **Calcestruzzo**

Prescrizioni per gli ingredienti utilizzati per il confezionamento del calcestruzzo

- Acqua di impasto: (conforme alla UNI-EN 1008) – non di riciclo;
- Additivo superfluidificante conforme ai prospetti 3.1 e 3.2 o superfluidificante ritardante conforme ai prospetti 11.1 e 11.2 della norma UNI-EN 934-2;

- Additivo ritardante (eventuale solo per getti in climi molto caldi) conforme al prospetto 2 della UNI-EN 934-2;
- Aggregati provvisti di marcatura CE conformi alle norme UNI-EN 12620 e 8520-2. In particolare: assenza di minerali nocivi o potenzialmente reattivi agli alcali (UNI-EN 932-3 e UNI 8520/2) o in alternativa aggregati con espansioni su prismi di malta, valutate con la prova accelerata e/o con la prova a lungo termine in accordo alla metodologia prevista dalla UNI 8520-22, inferiori ai valori massimi riportati nel prospetto 6 della UNI 8520 parte 2;
- Cemento conforme alla norma UNI-EN 197-1;
- Fumi di silice conformi rispettivamente alla norma UNI-EN 13263 parte 1 e 2. Cenere volante conforme alla UNI EN 450.

### **Prescrizioni per il calcestruzzo**

- In accordo alle Norme Tecniche sulle Costruzioni vigenti il calcestruzzo dovrà essere prodotto in impianto dotato di un Sistema di Controllo della Produzione (FPC) effettuata in accordo a quanto contenuto nelle Linee Guida sul Calcestruzzo Preconfezionato certificato da un organismo terzo indipendente autorizzato;
- Calcestruzzo a prestazione garantita in conformità alla UNI EN 206-1 e UNI 11104;
- Classi di esposizione ambientale: XC3 (UNI 11104);
- Rapporto a/c max: 0.55;
- Classe di resistenza a compressione minima: C(28/35);
- Controllo di accettazione: tipo B;
- Aria intrappolata: max. 2,5%;
- Diametro massimo dell'aggregato: 32 mm;
- Classe di contenuto di cloruri del calcestruzzo: Cl 0,4;
- Classe di consistenza al getto: slump di riferimento  $220 \pm 20$  mm (oppure classe di spandimento F5 o F6) per stesa manuale; slump di riferimento  $140 \pm 20$  mm per stesa con laser-screed;
- Volume di acqua di bleeding (UNI 7122):  $< 0.1\%$  (oppure 0.5 l/m<sup>2</sup>/h).

### **Stagionatura**

Stagionatura da mantenere per 15 giorni, con uno dei seguenti metodi:

- Bagnatura continua con acqua;
- Stesa del geotessuto mantenuto costantemente umido nell'arco delle 24 ore;
- Copertura con fogli di polietilene.
- In caso di esecuzione dei getti in periodo invernale: protezione delle superfici casserate (laterali e/o giunti di costruzione) e non del getto con pannelli termoisolanti di polistirolo espanso estruso di spessore pari a 50 mm (o con materassini di equivalente resistenza termica). Sulla superficie del pavimento prima della predisposizione dei materassini termoisolanti coprire la superficie del calcestruzzo fresco con un foglio di polietilene.

La stagionatura va interrotta nel momento dell'esecuzione dei tagli per l'esecuzione dei giunti di controllo e ripresa immediatamente dopo.

Si precisa che tutti i tipi di stagionatura possono dar luogo alla nascita di effetti fotocromatici diversi e/o macchie che non sono da considerarsi un difetto della pavimentazione eseguita.



Fase di maturazione mediante geotessuto mantenuto costantemente umido

### Realizzazione giunti di contrazione / controllo

Dimensione della maglia dei tagli: circa 3,80 m x 3,80 m e in coerenza alla criticità del fabbricato seguendo il “piano dei tagli” fornito dal progettista.

Per la realizzazione dei giunti di contrazione/controllo, il taglio viene eseguito mediante sega a disco diamantato entro alcune ore dal termine delle operazioni di spolvero. Per quanto riguarda i tempi, si possono dare alcuni riferimenti in funzione delle condizioni climatiche, indicativamente va attuata entro 18 ore se la temperatura dell’ambiente è di circa 15°C, entro 12 ore nel periodo primavera-estate, entro 48 ore nel periodo invernale. La profondità dei tagli dovrà risultare pari a  $\frac{1}{4}$  dello spessore del pavimento e gli stessi dovranno essere realizzati a formare campiture quadrate come indicato dal progettista. Al fine di prevenire il rischio di fessurazione, è possibile anticipare l’esecuzione del taglio, anche se questa potrebbe comportare la formazione di limitati sbrecciamenti del bordo del taglio eseguito, purchè non comportino danni funzionali ma solo di carattere estetico.

Quindi, la distanza tra i tagli nelle due direzioni deve essere preferibilmente uguale; quando ciò non fosse possibile i riquadri che si vengono così a formare devono avere la forma più regolare possibile ed il rapporto dei lati,  $a$  e  $b$ , deve rispettare la condizione  $a/b < 1.2$  (con  $a > b$ ).

Inoltre, il taglio, per la realizzazione dei giunti di contrazione/controllo, sarà sempre interrotto a distanze di circa 15/20cm dagli elementi laterali, pozzetti, pilastri ed altri elementi per evitare che la lama circolare diamantata, tagli anche gli elementi stessi. Dalla fine del taglio uscirà la fessura fino all’elemento stesso.

### **Riempimenti giunti di contrazione/controllo**

Riempimento temporaneo con profilo in preformato in PVC.

### **Sigillante giunti di contrazione/controllo**

Terminato il tempo per l'evaporazione dell'acqua dovuta al taglio e all'umidità del calcestruzzo, ma a maggior ragione trascorso il tempo dedicato al compimento del ritiro del calcestruzzo, i giunti di contrazione e/o controllo devono essere sigillati con idonee resine, previa completa rimozione del profilo in PVC. Esecuzione sigillatura con sigillante poliuretano a basso modulo elastico, secondo i calcoli del progettista.

### **Messa in esercizio della pavimentazione**

Non sovraccaricare l'opera nei 28 giorni successivi all'esecuzione previo esito positivo delle prove di compressione dei provini del controllo di accettazione del calcestruzzo.

Qualora fosse necessario sovraccaricare prima l'opera il progettista prescriverà il valore di resistenza minima a compressione necessario per resistere ai carichi di servizio. Tale resistenza deve essere verificata tramite le prove complementari secondo quanto previsto dalle Norme tecniche per le costruzioni, vigenti.

Inoltre, sia nel primo caso che nel secondo, si devono eseguire delle prove di verifica della messa in opera mediante prove distruttive e non distruttive.

### **Restrizioni per opere al contorno**

Non eseguire mai scavi, demolizioni e lavori che provochino urti e/o vibrazioni, limitrofi all'opera.

### **Prescrizioni generali per la valutazione delle difettosità**

*Nota: Tale paragrafo ha lo scopo di dare altri spunti che possono essere di grande utilità in fase di redazione del contratto tra il committente e l'esecutore della pavimentazione in calcestruzzo.*

- Vanno accettate, la presenza di 10 m di fessure ampiezza superiore a 0,30 mm ogni 1000 m<sup>2</sup> di pavimentazione, equivalente a 1 cm/m<sup>2</sup> di fessura ammessa. Le fessure andranno sigillate con sistemi di sigillatura adeguati. Nel caso risultino ancora attive si dovranno utilizzare dei sistemi flessibili o elastici.
- In prossimità di pareti, strutture in elevazione, pozzetti, griglie, elementi perimetrali, giunti di costruzione, giunti di dilatazione ecc. la frattazzatura meccanica viene interrotta per motivi operativi e di sicurezza e si deve procedere con operazioni manuali. Le differenze di finitura e diverso effetto cromatico non possono essere oggetto di contestazione.
- A causa delle naturali differenze cromatiche dei vari materiali utilizzati, delle variabili nelle lavorazioni e delle condizioni ambientali durante la posa l'aspetto superficiale della pavimentazione potrà presentare differenze cromatiche non uniformi. La colorazione iniziale inoltre tende a variare nel tempo con l'evoluzione del processo di idratazione. L'utilizzo di teli umidi e/o teli in polietilene per la maturazione umida, agenti di curing, comporterà sicuramente la nascita di colorazioni diverse e macchie che non possono essere oggetto di contestazione.
- Dopo le operazioni di taglio, causa le acque di raffreddamento della lama, nasceranno delle colorazioni diverse e macchie in prossimità del taglio. Quindi, tali fenomeni non possono essere considerati oggetto di contestazione.

- Va accettato che il contenuto di contaminanti leggeri, nel limite ammissibile <0,05% nel caso di aggregati grossi, come riportato nella norma UNI 8520-2.
- Fenomeni di delaminazione localizzata possono essere accettati purché si proceda al ripristino delle condizioni originari.

Quanto soprariportato è frutto di anni di studi, esperienze e lavoro ed è tutto in perfetta linea con nuove “Istruzioni per la progettazione, l’esecuzione e il controllo delle pavimentazioni in calcestruzzo” del CNR di prossima emanazione.

Naturalmente, tali prescrizioni non sono sostitutive ma complementari di una accurata progettazione della piastra in funzione dei carichi statici e dinamici agenti (carichi fissi trasmessi dalle scaffalature, oppure mobili derivanti dal passaggio di veicoli su ruote quali carrelli elevatori, automobili e autotreni). Tale fase non deve mai essere tralasciata o ignorata, come comunemente avviene sul territorio nazionale, con risultati noti a tutti e specialmente a Giudici e CTU.

## BIBLIOGRAFIA

- UNI 11146 - “Pavimentazioni di calcestruzzo ad uso industriale”.
- UNI EN 206-1 (2006), “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità” e UNI 11104.
- CONPAVIPER - “Codice di Buona Pratica per le pavimentazioni in calcestruzzo”.
- Gian Luigi Pirovano, “Pavimenti industriali in calcestruzzo: specifiche, aspettative e risultati”, ATE, Politecnico di Milano.
- Gian Luigi Pirovano, “Giunti di costruzione: caratteristiche ed evoluzione storica”, PSC 02/2009.
- Gian Luigi Pirovano, “La manipolazione del calcestruzzo fresco”, PSC 07/2010.
- Gian Luigi Pirovano, “I criteri di accettazione per pavimenti dedicati alla logistica”, PSC 10/2010.
- Gian Luigi Pirovano, “Giunti di costruzione: Analisi dello stato tensionale e deformativo in relazione ai connettori utilizzati”, PSC 11/2011.
- Gian Luigi Pirovano, “Pavimentazioni per aree logistiche ad alte prestazioni: la progettazione, la realizzazione e i controlli”, Ingenio n.18/2013.
- Gian Luigi Pirovano, “Guai o difetti in edilizia: la regola del 7-7-7”, Ingenio 19/2014.
- Gianluca Pagazzi, “Pavimentazioni industriali: problematiche e soluzioni nell’uso del calcestruzzo (parte 1 e 2)”, Dimensione Geometra, 12-2007 e 1-2008.
- Alessandra Buoso, Gianluca Pagazzi, “Pavimentazioni industriali: problematiche e soluzioni”, Geoide, 3-2008.
- Gianluca Pagazzi, “Pavimentazioni industriali: problematiche e soluzioni”, Pavimenti e superfici continue (Organo ufficiale del CONPAVIPER – Associazione Nazionale Pavimentazioni Continue), 02-2009.
- G. Pagazzi, R. Caiaro, E. Ciferri, D. Ruggeri, A. Farci, M. Iuorio, G. Albani, “Linee guida per la prescrizione delle opere in c.a.”, Progetto Concrete (Febbraio 2010).
- Gianluca Pagazzi, “Processo esecutivo per garantire la durabilità e la sicurezza delle strutture in c.a.”, In Concreto, 102, Settembre/Ottobre 2011, pp. 70-75.
- Noemi Nagy, Gianluca Pagazzi, Gabriele Fortunati, Akihiro Hori, “Pavimentazioni industriali in calcestruzzo: stato dell’arte al 2012”, In Concreto, 108, Novembre 2012.
- Noemi Nagy, Gianluca Pagazzi, Gabriele Fortunati, Akihiro Hori, “Pavimentazioni industriali in calcestruzzo: stato dell’arte al 2012”, Ingegno, 09, 2012.
- Gianluca Pagazzi, “Pavimentazioni prestazionali, non pavimentazioni illusoriamente perfette”, PSC – Pavimentazioni e superfici continue – N. 20, Ottobre 2013, Speciale SAIE PAV.
- Gianluca Pagazzi, “Vademecum 2.0 – Pavimentazioni in calcestruzzo”, Pubblicato da “Alaska academy” – Porcia, 2013.
- Studi per la redazione delle “Istruzioni CNR” relative alle pavimentazioni in calcestruzzo – Gruppo di lavoro incaricato.