

# LA CRISI SI AFFRONTA CON INNOVAZIONE E QUALITÀ

**LA REALIZZAZIONE DI UNA PAVIMENTAZIONE INDUSTRIALE DI DIMENSIONI ESTESE AL PORTO MERCÉ DI MARGHERA (VE), CON LA TECNICA COSTRUTTIVA DELLA POST-TENSIONE**

Il cantiere di realizzazione di pavimentazioni industriali è da un punto di vista tecnico a basso rischio di incidenti. Si lavora in genere a piano terra, con operazioni abbastanza semplici dal punto di vista dell'organizzazione del cantiere e il tutto si esaurisce in pochi giorni.

Per questo motivo, la nostra categoria da tempo richiede un abbassamento degli indici INAIL che gravano sui costi aziendali, e anche un contratto nazionale di lavoro meno oneroso, visto il peso della cassa edile sui costi lordi connessi alle retribuzioni.

In realtà, però, esiste un problema serio, poco affrontato sul piano formale, che crea problemi importanti dal punto di vista sia delle Normative sulla sicurezza del lavoro, che delle retribuzioni e della regolarità lavorativa. Accade infatti che, soprattutto in inverno, per attendere che il calcestruzzo sia sufficientemente indurito perché possa essere lavorato con la frattazzatrice gli operai siano costretti a lavorare fino "a ora tarda". Questo protrarsi delle lavorazioni ha delle conseguenze che non sempre sono considerate, a cominciare dal Committente.

Infatti, il Contratto Nazionale di Lavoro prevede che ogni operaio debba lavorare per un massimo di otto ore al giorno, a cui si possono aggiungere al massimo due ore di straordinario: in questi casi, poi, occorre che il lavoratore abbia un recupero di almeno altre otto ore. Attenzione, se si volesse applicare la disciplina del lavoro discontinuo, la Normativa prevede che siano previsti tutti i servizi e dispositivi che consentano agli operai, nel momento di discontinuità, di potersi riposare. Inoltre, se le ore di completamento del cantiere vengono realizzate tra le 22.00 della sera e le sei del mattino, è considerato lavoro notturno e quindi occorre predisporre il cantiere con tutti i servizi previsti per il lavoro notturno, a cominciare dai dispositivi di sicurezza idonei. Questo significa, quindi, che se non si trova una soluzione per evitare il prolungamento della lavorazione del calcestruzzo oltre le cosiddette dieci ore (facendo attenzione a non superare comunque il monte massimo mensile di straordinari) occorre soste-

nere ulteriori costi in termini di nuove forze lavoro da impiegare, dispositivi per la sicurezza e approntamento del cantiere.

Il primo responsabile di tutto questo dovrebbe essere il Committente che, per legge, dovrebbe fornire il cronoprogramma dei lavori, ma spesso se ne disinteressa, così come si disinteressa di come affrontare queste problematiche, occupandosi troppo spesso solo di ottenere il prezzo più basso. La responsabilità poi coinvolge l'Impresa Applicatrice, che si è aggiudicata i lavori a un costo che spesso non consente di operare con più squadre sul cantiere, e che quindi si trova a dover affrontare il problema con le sue forze, a volte "ignorando" le considerazioni fin qui fatte, a cui ne va aggiunta una ulteriore, importantissima: il presidio del cantiere. Più il lavoro si protrae e più è difficile presidiare il cantiere da parte dell'Impresa con una figura tecnica responsabile, e questo può portare a problemi di qualità finale dell'opera.

Sarebbe ora che queste considerazioni venissero prese in seria considerazione soprattutto dalla Committenza.

Eppure le soluzioni per poter affrontare questo problema in modo responsabile ci sono: utilizzare un calcestruzzo che abbia la capacità di poter garantire un corretto tempo di indurimento, e quindi di inizio frattazzatura. Se il calcestruzzo consente una stesura a fresco "senza onde" e un tempo di presa e indurimento corretto è possibile chiudere il cantiere per le sei del pomeriggio mantenendo i livelli di produttività che la commessa richiede.

Con la rete Floortek Postension Team ci siamo posti il problema ed abbiamo trovato come la soluzione: l'AeternumCal.

Dovendo realizzare delle pavimentazioni post-tese, la qualità del calcestruzzo e la curva dello sviluppo delle resistenze è di fondamentale importanza per ottenere un risultato con le prestazioni richieste. La prima scelta che abbiamo fatto è stata quindi quella di utilizzare solo calcestruzzo concepito con il sistema AeternumCal, che impone un rigido protocollo di esecuzione.

Si inizia qualificando l'impianto di betonaggio (verificando la taratura delle bilance, delle sonde per l'umidità e la miscelazione), si analizzano i componenti primari del calcestruzzo (aggregati, cementi, acqua) ed infine si progetta e si qualifica la miscela di calcestruzzo con l'Aeternum, compound in polvere che abbina tutte le caratteristiche performanti dei superfluidificanti di nuova generazione, le caratteristiche compensatrici del ritiro, le proprietà incrementatrici di resistenze e le peculiari ed esclusive proprietà di impermeabilità assoluta all'acqua e al vapore (di conseguenza ad ogni aggressione chimica derivante dall'ambiente). Il calcestruzzo così concepito viene seguito e controllato in ogni sua fase dalla progettazione, alla messa in opera, alla maturazione.

Il calcestruzzo risultante è sinonimo di durabilità.

Grazie ad AeternumCal, il calcestruzzo ha inoltre uno sviluppo delle resistenze tale da consentire di iniziare la lavorazione della superficie del pavimento nei tempi corretti, anche d'inverno, consentendo alle squadre di chiudere il cantiere alle sei del pomeriggio. L'abbiamo verificato in cantieri anche di grande dimensione, con getti superiori ai 1.500 m<sup>2</sup>/giorno, con grande soddisfazione dell'addetto alla sicurezza del Committente.

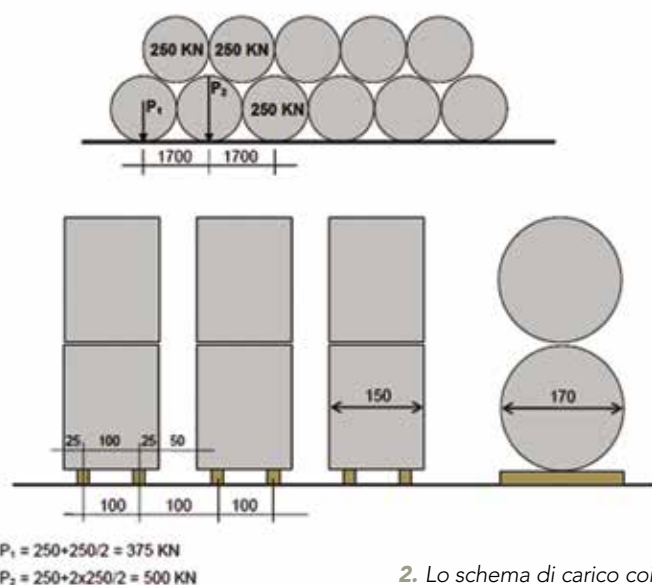
AeternumCal, oltre a essere un calcestruzzo durabile a qualsiasi aggressione chimica, consente di avere anche altre qualità indispensabili per una pavimentazione industriale: previene il pop out, non fa onde in fase di getto, è facilmente pompabile, produce il giusto tipo di lavorabilità, omogeneità e ripetibilità, in assenza di bleeding, per una stesura ed una finitura senza problemi.

Per osservare l'AeternumCal, nei nostri cantieri affidiamo ogni tipo controllo all'Istituto Italiano per il Calcestruzzo, rispettando l'operatività di cantiere e ogni Normativa sul processo realizzativo e sul lavoro, fornendo al Committente un prodotto finale con maggiori garanzie sia sulle prestazioni al momento della consegna che nelle fasi successive di vita utile del pavimento. Con un sistema che si basa quindi su una innovazione tecnologica e sulla qualità - l'AeternumCal - siamo ora in grado di fornire una soluzione che permette di lavorare "nelle ore corrette" e di ottenere un risultato migliore, senza dover gravare sul cantiere con la messa in sicurezza per il lavoro notturno ne costringendo i collaboratori a doversi sottoporre a stressanti orari di lavoro.

## LA REALIZZAZIONE DI UNA PAVIMENTAZIONE INDUSTRIALE POST-TESA DESTINATA A CARICHI PESANTI

Il lavoro oggetto del presente articolo riguarda la realizzazione di una pavimentazione industriale di dimensioni estese al Porto Merci di Marghera (VE), con la tecnica costruttiva della post-tensione. La destinazione d'uso del capannone è quella di stoccaggio di coils di lamiera metallica.

Coils da 25 t stoccati su due livelli



2. Lo schema di carico coils

Le richieste della Committenza sono specificatamente legate all'ingente carico che insiste sulla pavimentazione. I coils sono impilati su due file che scaricano a pavimento su due traversine in legno e hanno il peso massimo di 250 kN cadauno.

Il progetto della pavimentazione presenta una pianta per lo più rettangolare, ma con un perimetro irregolare. Questa irregolarità ha consentito di poter dividere la realizzazione della pavimentazione in due parti (di seguito nominate come fasi), una delle quali contiene un percorso carrabile, la cui percorribilità deve essere sempre garantita, essendo l'unico collegamento tra le due parti.



1. Vista panoramica della pavimentazione post-tesa nel Magazzino 7 "Multiservice" a Marghera (VE)



3. La pavimentazione esistente

La realizzazione avviene su una pavimentazione esistente. Lo stato di fatto presenta una pavimentazione in evidente stato di usura, a causa proprio dell'ingente carico sopra citato (Figura 3). Le azioni a cui la pavimentazione industriale deve resistere non sono solo di tipo meccanico: poiché trovandosi in laguna ed essendo lo stabile privo di pareti protettive, deve resistere a condizioni climatiche estremamente sfavorevoli e aggressive. La richiesta della Committenza era quella di realizzare la pavimentazione in due momenti diversi per poter avere la possibilità di tenere i coils sempre all'interno del capannone, spostandoli a seconda dell'area da realizzare.

Lo spostamento dei coils, e quindi il carico delle aree appena realizzate nel giro di poco tempo, ha richiesto un calcestruzzo chiaramente performante, omogeneo, ripetibile e che fosse in grado di garantire elevate resistenze a pochissimi giorni. Caratteristiche largamente rispettate sia per l'utilizzo del sistema AeternumCal sia per l'affidabilità e collaborazione riscontrata nel fornitore del calcestruzzo.

Riassumendo, il Committente richiedeva la realizzazione di un'opera che prevedeva le seguenti difficoltà:

- realizzazione in inverno, con temperature molto basse e sfavorevoli al calcestruzzo;
- pavimentazione in grado di sostenere elevati carichi a breve;
- problematiche del sottofondo;
- calcestruzzo in grado di garantire alte resistenze in pochi giorni;
- pavimentazione senza fessurazioni superficiali in condizioni fortemente ventilate;
- calcestruzzo in grado di resistere ad ambienti aggressivi e corrosivi.

### LA SOLUZIONE: UNA PAVIMENTAZIONE POST-TESA REALIZZATA CON IL SISTEMA AETERNUMCAL

#### La realizzazione della prima fase

Come si può vedere dai dati tecnici riportati a chiusura articolo, la realizzazione della prima fase si è conclusa da pochi giorni e le resistenze raggiunte a sette giorni dal calcestruzzo hanno permesso di caricare all'ottavo giorno dalla realizzazione, le aree appena gettate.

Come si è riusciti a ottenere questi primi risultati?

CLASSE DI RESISTENZA	CLASSE DI CONSISTENZA	D <sub>MAX</sub> (MM)	CLASSE DI ESPOSIZIONE
C40/50	S5	32	XS1

#### 4. Le caratteristiche del calcestruzzo da progetto

Innanzitutto attraverso l'applicazione della tecnologia della post-tensione (sistema Floortek).

Floortek è un sistema di esecuzione di una pavimentazione postesa che prevede un controllo tecnico vigile e costante durante tutta la sua fase di realizzazione. Grazie quindi alla presenza continua in cantiere dei tecnici dell'Istituto Italiano per il Calcestruzzo (dalla preparazione del sottofondo sul quale insisterà la pavimentazione, alla realizzazione del posteso, ai getti, alla loro finitura, fino alla tesatura finale), si è potuto garantire la qualità e l'idoneità dei materiali impiegati, la loro posa e finitura e la verifica finale dei risultati.

La tecnica della post-tensione consiste nel disporre dei trefoli metallici viplati secondo uno specifico progetto, annegarli in un calcestruzzo adeguato e poi tesarli successivamente con martinetto, mettendo tutta la piastra di calcestruzzo in compressione, aumentandone la capacità portante ed evitando così ogni tipo di giunto e fessure. È doveroso quindi che le operazioni siano fatte in modo corretto e che il calcestruzzo impiegato si comporti "come previsto" in fase progettuale, aspetto che evidenzia ancor più l'importanza della presenza sistematica del controllo tecnico qualificato in cantiere.



5. Il Personale di Tenso Floor e IIC a controllo delle operazioni in cantiere

Da Protocollo Floortek, le prime operazioni effettuate in cantiere dai tecnici dell'Istituto Italiano per il Calcestruzzo, sono state le prove di piastra, la qualifica del calcestruzzo e dell'impianto di betonaggio.

#### La prova di Piastra

Il valore della costante di sottofondo (ottenuto dalle prove di piastra), il valore dei carichi che insisteranno sulla pavimentazione ed il coefficiente di attrito tra sottofondo e pavimentazione, sono dati indispensabili per calcolare e verificare il progetto della pavimentazione stessa. Le prove di piastra sono state effettuate conformemente alla CNR-DT 211/2014, con una piastra rigida del diametro di 760 mm, ottenendo una reazione del terreno su una profondità d'indagine di almeno 1,20 m.



6. Le prove di piastra con mezzo di contrasto

A compattazioni ultimate del sottofondo, sono stati riscontrati i seguenti valori della capacità portante (costante  $k$ ), riportati nella Figura 7.

PROVA	K [KG/CM <sup>3</sup> ]
1	7,6
2	7,8
3	7,7
4	7,5

7. I dati delle prove di piastra

### LA QUALIFICA DEL CALCESTRUZZO E LA CENTRALE DI BETONAGGIO

Le richieste iniziali imponevano un mix design che rispondesse ai seguenti requisiti:

- basso rapporto acqua/cemento;
- ottima consistenza e mantenimento della lavorabilità, per garantire un corretto annegamento dei cavi;
- rapido sviluppo delle resistenze;
- elevata durabilità agli agenti atmosferici ed alle aggressioni chimiche, sia in fase di realizzazione che durante la vita in servizio;
- ripetibilità e omogeneità dei getti;
- tolleranza con le esigenze di getto (orari di lavoro, metrature da eseguire, ecc.).

Le operazioni di qualifica della centrale di betonaggio iniziano con i controlli sul corretto funzionamento dell'impianto (verificando la taratura delle bilance, delle sonde per l'umidità e la mescolazione), vengono poi analizzati i componenti primari del calcestruzzo (aggregati, cementi, acqua) e infine qualificata la miscela di calcestruzzo con l'Aeternum PROOF, da destinarsi al cantiere in oggetto. La centrale di betonaggio viene quindi scelta in base alla qualità dei materiali, degli impianti e attrezzature utilizzate ed alla disponibilità di fornire il cantiere con costanza e continuità.

Il mix design conclusivo ha consentito di ottenere dei risultati di qualifica davvero importanti (Figura 8).

### L'ORGANIZZAZIONE DELLE FASI DI GETTO

Per soddisfare l'esigenza della Committenza di poter posizionare i coils sempre all'interno dell'area, sono state previste

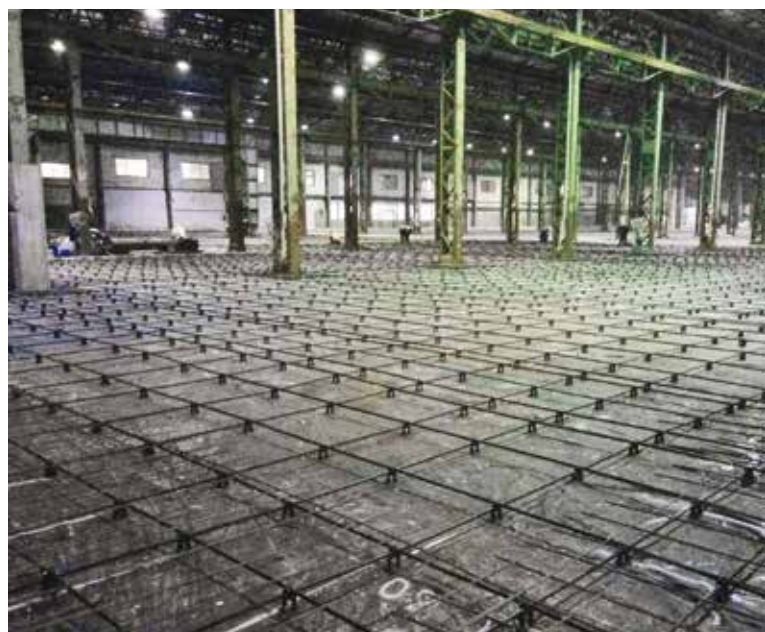
SLUMP	MASSA VOLUMICA	RAPPORTO A/C	RESISTENZA MIN. A 7 GIORNI	RESISTENZA MIN. A 28 GIORNI
220 mm	2.510 kg/m <sup>3</sup>	0,45	38,51 MPa	54,76 MPa

8. I dati di qualifica dell'impianto di betonaggio

due fasi esecutive. Le aree vengono individuate in funzione della superficie e della geometria della pavimentazione. Per la fase 1, di superficie complessiva 8.280 m<sup>2</sup>, sono state previste sette aree di getto, di dimensioni variabili dai 1.000 ai 1.600 m<sup>2</sup>/giorno.

Di seguito una breve descrizione delle fasi esecutive Floortek per ciascuna area:

- livellare la superficie da pavimentare con sabbia eliminando ogni asperità del sottofondo;
- stendere i fogli di polietilene, abbassando moltissimo il coefficiente d'attrito;
- proteggere i pilastri per assecondare i piccoli movimenti della pavimentazione;
- posizionare staffe sul perimetro ed intorno ai pilastri per prevenire l'insorgere di tensioni dannose per il getto;
- posizionare le testate di ancoraggio alle estremità dei cavi;
- posizionare i distanziatori all'incrocio dei cavi lungo le due direzioni;
- posizionare i trefoli seguendo una maglia di cavi ortogonali tra loro e paralleli ai lati dell'area ad una distanza calcolata e verificata tramite il programma di calcolo FEM (Figura 6);



9. Le aree di getto preparate

- eseguire il getto del calcestruzzo (Figura 7), qualificato e controllato dal Personale dell'Istituto Italiano per il Calcestruzzo;
- tesatura parziale dei cavi in entrambe le direzioni dopo 24 ore per mettere in sicurezza la singola area di getto;
- tesatura finale, in entrambe le direzioni, dopo le 72 ore oppure una volta raggiunte le resistenze necessarie da progetto.

## IL CALCESTRUZZO IMPIEGATO E IL PROBLEMA DEI TEMPI DI LAVORAZIONE

Il sistema Floortek è legato all'AeternumCal, un sistema che prevede l'impiego di un calcestruzzo totalmente progettato, qualificato e controllato a partire dai controlli dell'impianto di produzione, delle diverse qualifiche di miscela e da tutta la fase di getto in opera.

Per il cantiere di Marghera si è così arrivati ad avere un conglomerato ad alte prestazioni, con resistenze a compressione a 28 giorni superiori a 55 MPa, caratterizzato da un'impermeabilità assoluta all'acqua ed al vapore, resistente ai cloruri ed ai solfati. Per ottenere queste caratteristiche è stato utilizzato un compound della Linea Aeternum, Aeternum Proof (Figura 10).

Il calcestruzzo gettato era assimilabile a un autocompattante, estremamente veloce per la posa in opera ed assolutamente adeguato nei tempi di presa (nonostante le temperature del momento), permettendo ai pavimentisti di lavorare con turni a norma di Legge. Infatti, soprattutto in inverno, accade spesso che per attendere che il calcestruzzo sia sufficientemente indurito per poter essere lavorato con la frattazzatrice, gli operai debbano prolungare notevolmente i loro turni lavorativi.

Gli operai possono lavorare per sole due ore di straordinario dopo l'orario ordinario di 8 ore. Questo significa che se non si trova una soluzione per evitare il prolungamento della lavorazione del calcestruzzo oltre le dieci ore sopra citate, occorre sostenere ulteriori costi in termini di nuove forze lavoro da impiegare, dispositivi per la sicurezza e approntamento al cantiere.

Questo problema è stato affrontato dal Consorzio Floortek Postension Team con molta attenzione: la soluzione è quella di trovare un calcestruzzo che abbia la capacità di poter garantire un corretto tempo di indurimento, e quindi di inizio frattazzatura. Se il calcestruzzo consente una stesa a fresco "senza onde", un bleeding sufficiente per incamerare lo spolvero, e un tempo di presa e indurimento corretto è possibile chiudere il cantiere per le sei di pomeriggio mantenendo i livelli di produttività richiesti dalla Committenza.

Tutte queste caratteristiche si sono ottenute grazie al sistema AeternumCal.



10. Le operazioni di getto

## I CONTROLLI IN CORSO D'OPERA

Durante le operazioni di getto, sono stati effettuati i prelievi secondo Normative (Figura 11), verificate le resistenze a 24 ore, 72 ore, sette giorni e 28 giorni e quindi stabilite le tempistiche di tesatura e di carico (Figura 12).



11. Le aree appena gettate e i campioni prelevati



12. La cabina di carico della centrale di betonaggio

La finitura e lo strato anti-usura della pavimentazione è stata eseguita con l'Aeternum Plate Spolvero Autobagnante, che non richiede alcun aggiunta di acqua in fase di lavorazione (deleteria alla superficie di una pavimentazione).



13. L'applicazione dell'Aeternum Plate



14. Il risultato dopo l'applicazione e la finitura dell'Aeternum Plate

## CONCLUSIONI

I principali vantaggi che si sono riscontrati in questo cantiere con l'AeternumCal sono stati:

- velocità di esecuzione e rispetto dei turni di lavoro;
- possibilità di gettare anche alle basse temperature ed in ambiente aggressivo (garantendo la durabilità del calcestruzzo);
- raggiungimento di alte resistenze a pochi giorni e quindi immediata disponibilità delle aree (soddisfacendo le specifiche esigenze del Committente);
- le resistenze a sette giorni (Figura 15) raggiunte dal calcestruzzo risultano elevate e superiori alla qualifica grazie alla qualità delle materie prime del calcestruzzo, all'affidabilità dell'impianto ed alle caratteristiche peculiari dei prodotti della Linea Aeternum, che si candidano come adatti a soddisfare esigenze particolari (come per questo cantiere) e a preservare la durabilità del calcestruzzo.

Grazie al sistema AeternumCal nel presente cantiere, si è potuto quindi garantire non solo un calcestruzzo con ottime caratteristiche ma anche lo svolgimento dei lavori nel rispetto della Legge e delle Norme di sicurezza per i lavoratori, consegnando la pavimentazione nei tempi previsti dal contratto e richiesti dalla Committenza. ■

<sup>(1)</sup> Titolare dell'Istituto Italiano per il calcestruzzo

<sup>(2)</sup> Ingegnere dell'Istituto Italiano per il calcestruzzo

AREE DI GETTO	SUPERFICIE (M2)	DATA DI GETTO	RESISTENZE A SETTE GIORNI
1	343	15/11/16	40
2	1.160	21/11/16	41
3	710	22/11/16	41,4
4	1.427	23/11/16	40,5
5	1.416	24/11/16	40,2
6	1.340	26/11/16	40,1
7		28/11/16	40,2

15. Le resistenze delle singole aree di getto

## DATI TECNICI

**Lavoro:** realizzazione pavimentazione industriale in post-tensione presso il Magazzino 7 Multiservice del Porto di Marghera (VE)

**Committente:** APV Investimenti

**Direzione Lavori:** C&T Engineering

**Impresa Appaltante:** C.R.L. Srl

**Fornitore del calcestruzzo:** Superbeton SpA - Centrale di Marghera (VE)

**Realizzazione della pavimentazione:** Floortek - Postension Team

**Area realizzata:** 8.280 m<sup>2</sup> – fase 1

**Area da realizzare:** 5.865 m<sup>2</sup> – fase 2

**Materiali:** Aeternum Proof, Trefolo fpu 1860 MPa, acciaio armatura B450C

**Tempistiche fase 1:** 8 Novembre 2016/30 Novembre 2016 (totale giorni lavorati: 21)



16.



17. La realizzazione della pavimentazione post-tesa della fase 1 completata



18.