

APPLICAZIONI TECNOLOGICHE PER IL CALCESTRUZZO FACCIAVISTA

di Corrado Crippa ([Tecnologo](#)) e Stefano Garlati ([Axim Italia Italcementi Group](#))

INTRODUZIONE

Lo stato estetico del calcestruzzo “facciavista” assume un ruolo fondamentale per il giudizio finale sull’opera; spesso però, osservando gli edifici e le strutture pubbliche e private, anche in giovane età e di notevole importanza, ci si rende conto che tale caratteristica è stata poco considerata dall’impresa e il calcestruzzo presenta evidenti difetti: macroporosità, vespai di ghiaia, macchie, colorazione disomogenea, ferri che si intravedono ... insomma un pessimo biglietto da visita!

Possiamo fare un paragone con il settore automobilistico e ipotizzare la situazione in cui la carrozzeria di un’auto appena uscita dal concessionario sia già graffiata, arrugginita e ammaccata.

Purtroppo, frequentemente viene assegnata la responsabilità esclusivamente al produttore di calcestruzzo, che sicuramente gioca un ruolo fondamentale, ma è solo un anello della catena. Per cercare di dare qualche elemento di chiarezza sugli ulteriori e importanti anelli della catena vogliamo proporre questo breve articolo tecnico.

LA CASSAFORMA

La prima regola da considerare per ottenere un buon facciavista – e di fondamentale importanza - è l’utilizzo di idonee casseforme.

Non deve essere trascurata, innanzitutto, la perfetta **pulizia della cassaforma**: polvere, incrostazioni di calcestruzzo e disarmante sono tra le prime cause di imperfezioni del facciavista. Pertanto è fondamentale effettuare, dopo ogni getto, un’accurata pulizia mediante l’utilizzo di prodotti sgrassanti, quali per esempio la trielina, con idonei raschietti e scopettoni per rimuovere ogni residuo di incrostazione, ricordando che anche la rinomata “pulisci pannelli” non assicura una perfetta pulizia e, un passaggio manuale, sarebbe quasi sempre indispensabile.

Esistono generalmente in commercio quattro tipi di casseforme; tra queste la scelta va operata in funzione della tipologia della struttura e del tipo di finitura che si vuole ottenere: fodere di legno, pannelli in truciolare, pannelli con rivestimento di formica e pannelli in acciaio.

Per quanto concerne le casserature mediante fodere di legno è indispensabile che queste siano ben intrise d’acqua in modo tale che non assorbano l’acqua dalla superficie corticale del getto, che causerebbe una colorazione grigiastra e la sfarinatura della superficie. Inoltre ci si dovrà assicurare che le fodere siano ben stagionate.

Nel caso si utilizzi un calcestruzzo autocompattante occorre controllare con maggiore attenzione la qualità e tipologia della cassaforma e verificarne la tenuta attraverso il calcolo della pressione del calcestruzzo fresco.

In generale la cassaforma per un SCC deve:

- evitare perdite di materiale fine e garantire una sufficiente tenuta;
- avere idonei rinforzi per sopportare l’elevata spinta idraulica rispetto a quella di un calcestruzzo tradizionale. La spinta è maggiore perché SCC ha un comportamento simile a quello di un liquido, ma con un peso specifico molto elevato. È in elaborazione, a cura dell’UNI, un progetto di norma sul calcestruzzo SCC che contempla un apposito diagramma di individuazione della pressione del calcestruzzo fresco, in funzione della velocità di innalzamento del getto e della consistenza.

IL DISARMANTE

I prodotti disarmanti sono utilizzati per consentire il distacco della cassaforma di getto dalla struttura in calcestruzzo. La scelta corretta di questi prodotti gioca un ruolo importantissimo nella realizzazione di un calcestruzzo con un facciavista di buona qualità, e ogni prodotto deve comunque essere utilizzato nel modo idoneo e corretto.

La funzione del disarmante è quella di creare un film isolante tra la cassaforma e il calcestruzzo: la miscela del disarmante è composta da speciali agenti chimici che impediscono la presa del cemento sul cassero in modo tale da evitare distacchi corticali durante le operazioni di disarmo.

Esistono varie tipologie di disarmanti, a base di oli vegetali, di sintesi e minerali, di emulsione acquosa e di cere.

L'esperienza di cantiere insegna che i disarmanti possono però facilitare la formazione di bolle e di macchie se applicati in modo non adeguato: devono quindi essere sempre rispettate le indicazioni del produttore, evitando inutili sovradosaggi, che possono causare macchie, bolle d'aria e ritardi di presa superficiali con il conseguente distacco corticale del calcestruzzo. Un importante accorgimento da attuare è quello di impiegare **idonee attrezzature** per l'applicazione del prodotto. È preferibile utilizzare i sistemi di nebulizzazione ad alta pressione (5-7 bar) con idonei ugelli polverizzatori (con fori di uscita uguali a quelli indicati dai produttori di oli) tenendo una distanza di applicazione di circa 50 cm.. Si sconsiglia infine l'uso di scope e spazzoloni e, se proprio non se ne può fare a meno, è bene utilizzare spazzoloni integri e perfettamente puliti, evitando di utilizzare prodotti diversi con lo stesso spazzolone. Molto utili risultano essere le spazzole per vetri, che consentono anche di eliminare eventuali ristagni con l'apposita spazzola in gomma.

La scelta del **tipo di disarmante** deve essere effettuata anche secondo la tipologia di cassaforma. I produttori di disarmanti studiano i prodotti a seconda della tipologia della cassaforma e del tipo di getto (muri o solette).

Generalmente i disarmanti in emulsione acquosa, riconoscibili perché di colore bianco, consentono di ottenere risultati migliori, così come quelli a base di cere, ma è errato pensare che sia sufficiente un disarmante speciale a dare un buon facciavista: buoni risultati si avranno se tutte le attività saranno gestite in modo corretto.

IL CALCESTRUZZO

La superficie esterna del calcestruzzo, detta copriferro, ha la funzione principale di proteggere il materiale e il ferro dagli agenti aggressivi presenti nell'ambiente per impedire la corrosione delle armature. In sostanza **“una buona pelle rende il calcestruzzo piacevole alla vista e ne aumenta la durabilità.”**

Il risultato finale deve essere:

- senza difetti (macchie, porosità, striature di sabbia, bleeding, vespai di ghiaia etc...);
- di aspetto omogeneo;
- di qualità sufficiente per proteggere la struttura.

Analizziamo i fattori che influenzano il calcestruzzo nei riguardi del facciavista.

La consistenza del calcestruzzo

La caratteristica più evidente che deve possedere un calcestruzzo per dare un buon facciavista è una sufficiente lavorabilità. Una bassa lavorabilità genera molti problemi da risolvere:

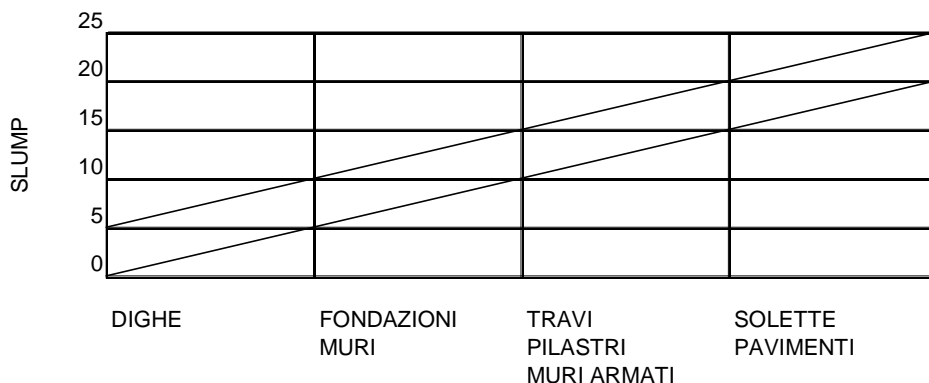
- riempimento difficoltoso del cassero;
- formazione di vespai di ghiaia;
- espulsione incompleta dell'aria.

Una classe di consistenza elevata invece può generare altre tipologie di problemi:

- tendenza alla segregazione;
- bleeding;
- striature di sabbia.

Esiste una consistenza ottimale per ogni tipo di cassero, manufatto e modalità di vibrazione.

Per la scelta della classe di consistenza in funzione del tipo di struttura risulta utile il seguente diagramma (1).



L'aumento della lavorabilità con l'utilizzo di un limitato quantitativo di acqua è possibile con l'impiego di **additivi riduttori di acqua**. In letteratura viene riportato che l'utilizzo di questi prodotti è irrilevante ai fini dell'aspetto del facciavista; le esperienze fatte ci portano a pensare che i benefici apportati dai superfluidificanti alle caratteristiche tecniche del calcestruzzo consentano di evitare numerosi problemi del facciavista. **Viceversa, a volte, gli additivi aeranti possono influenzare il risultato finale.**

Il contenuto di fini

Un altro fattore importante da considerare nello studio della miscela per un buon facciavista è il **contenuto di parti fini**, intendendo per parti fini il cemento e il passante a 0,25 mm.

Contrariamente a quanto pensa la maggior parte degli operatori di cantiere, un buon facciavista non si ottiene con un calcestruzzo sovrasabbato; questo perché un calcestruzzo con molta sabbia avrà una superficie specifica elevata e quindi sarà più difficile che la boiaccia vada a posizionarsi sulla superficie esterna del calcestruzzo e costituire un facciavista liscio e privo di eterogeneità.

Peraltro un calcestruzzo troppo sabbioso risulta poco scorrevole e comporta spesso, a discapito della qualità, il fenomeno delle riaggiunte d'acqua in cantiere, con conseguenti riduzioni di resistenza meccanica, di durabilità e, nel nostro caso specifico, peggioramento del facciavista.

Il contenuto di fini ottimale diminuisce all'aumentare del diametro massimo dell'aggregato: maggiore sarà il diametro massimo, minore dovrà essere il contenuto di fini necessario per confezionare un buon impasto.

Diametro massimo	Contenuto di fini ottimale
8 mm	520 Kg/m ³
16 mm	445 Kg/m ³
25 mm	420 Kg/m ³
32 mm	405 Kg/m ³
>50 mm	350 Kg/m ³

Curva granulometrica e Diametro massimo

Il contenuto di fini presente nell'impasto deve comunque essere definito tenendo conto del tipo di curva granulometrica che si riuscirà a comporre con gli aggregati a disposizione.

Le **curve granulometriche** teoriche descritte in letteratura sono un ottimo riferimento per avere un punto di partenza nello studio di una miscela di calcestruzzo. Le esperienze fatte hanno evidenziato un buon comportamento della Bolomey per i calcestruzzi facciavista. È comunque importante realizzare una curva granulometrica che dia come risultato un buon calcestruzzo fluido, non segregabile, e che tenga conto della variabilità granulometrica degli aggregati costituenti.

Il **diametro massimo dell'aggregato (Dmax)** influisce sul risultato finale del facciavista. Compatibilmente con l'armatura e i copriferri è preferibile utilizzare un Dmax più elevato possibile, in quanto il contenuto d'aria nel calcestruzzo diminuisce all'aumentare del Dmax, consentendo una migliore distribuzione della malta sul cassero.

Anche la **natura dell'aggregato** gioca un ruolo importante.

Un aggregato tondo naturale è da preferire all'aggregato irregolare prodotto dalla frantumazione, soprattutto nella frazione intermedia del fuso granulometrico; in tal senso si sono notati miglioramenti sul problema delle risalite d'acqua (bleeding) e della segregazione del calcestruzzo.

Il cemento

La scelta del tipo di cemento è molto importante. Generalmente gli stabilimenti di calcestruzzo preconfezionato utilizzano il cemento al calcare che risulta quasi sempre indicato per il nostro scopo. un tipo di cemento che a nostro giudizio non sarebbe indicato per il facciavista, è quello alla loppa, più idoneo invece per getti massivi, in quanto causa bleeding e una colorazione disomogenea con antiestetiche macchie.

Il calcestruzzo auto-compattante

Per concludere il tema del calcestruzzo, è doveroso dedicare qualche parola a questo "nuovo" tipo di calcestruzzo.

Il mix-design dell'SCC si basa sull'utilizzo di additivi riduttori di acqua e modificatori di viscosità di ultima generazione, sull'impiego di aggiunte (filler calcareo, cenere volante...) e sulla scelta di un adeguato proporzionamento degli aggregati.

Le principali **proprietà** dell'SCC si riassumono in:

- elevata fluidità: l'abilità di scorrere nei casseri con estrema facilità;
- resistenza alla segregazione: la capacità di non far separare gli aggregati grossi dalla malta cementizia;
- elevata capacità di riempimento: l'attitudine di riempire anche gli spazi più difficili della cassaforma senza lasciare vuoti d'aria.

L'SCC è particolarmente adatto soprattutto per quelle strutture con particolari difficoltà di getto dovute a casseforme complesse, congestione d'armatura, mancanza di spazio per l'impiego dei sistemi di vibrazione, ma anche per le classiche strutture quali muri e solette.

LA POSA IN OPERA DEL CALCESTRUZZO

Le modalità di posa in opera del calcestruzzo influenzano in modo molto netto le caratteristiche finali estetiche del calcestruzzo facciavista.

La fase della posa in opera del calcestruzzo è importante come lo è la fase di lavorazione finale del pane prima dell'infornatura.

Il calcestruzzo è molto simile al pane: ci sono pochi componenti che devono essere combinati nel giusto equilibrio. Il calcestruzzo, come il pane, deve essere ben impastato e lavorato in modo idoneo; così come il pane dopo aver preso forma, viene infornato alla giusta temperatura, anche il calcestruzzo dopo essere stato messo in opera dovrebbe essere ben stagionato.

Di fondamentale importanza è il corretto utilizzo degli strumenti a disposizione; infatti spesso succede che tali strumenti non vengano impiegati in modo del tutto corretto o addirittura non vengano proprio utilizzati.

Dopo la miscelazione il calcestruzzo viene immesso nei casseri principalmente attraverso tre strumenti:

- canala;
- betonpompa;
- benna.

Si deve comunque evitare la **segregazione** dell'impasto nella fase del getto in opera.

Di seguito si riportano alcuni suggerimenti su come mettere in posa il calcestruzzo al fine di ridurre al minimo tale fenomeno.

In tutti e tre i casi sarà molto importante che il calcestruzzo sia il più vicino possibile al punto di getto.

L'altezza di caduta del calcestruzzo deve essere ridotta perché altrimenti gli elementi più pesanti tenderebbero a separarsi e l'omogeneità verrebbe a mancare (fenomeno della segregazione).

Durante la fase di getto, l'impasto non deve subire urti eccessivi con le pareti del cassero e le armature metalliche. Getti da una certa altezza (muri, pilastri) dovrebbero essere eseguiti convogliando il calcestruzzo in appositi tubi o calze che lo guidino nel cassero, evitando pertanto la segregazione.

Nel caso in cui anche con questi accorgimenti avvenisse la scomposizione del getto, è possibile riempire la base del getto con un impasto a diametro massimo ridotto (<15 mm), su cui gettare successivamente un calcestruzzo con diametro massimo maggiore.

Per ottenere un buon facciavista, inoltre, è di primaria importanza effettuare il getto dell'opera in un'unica operazione, per evitare di creare giunti freddi e riprese di getto, che possono creare problemi sia dal punto di vista estetico che strutturale.

Un altro caso da non sottovalutare è quello dei getti protratti, per esempio nel caso di muri. Lo strato di malta che si forma sul cassero in corrispondenza del getto, indurendosi velocemente, non viene inglobato nel getto, lasciando quindi l'impronta sulla superficie e creando l'effetto tipico di una incrostazione. Come è ovvio immaginare, il difetto si verifica maggiormente nelle stagioni calde e sulle strutture di lunghezza importante.

Per evitare questo inconveniente si posiziona un foglio di polietilene in corrispondenza del getto, che verrà poi rimosso al momento opportuno.

Nel caso di **SCC**, non si incontrano grandi difficoltà di getto se si tratta di platee, getti massivi e travi, in quanto l'aspetto più importante non è la perfetta riuscita del facciavista, **bensi il grado di compattazione del calcestruzzo**. Se si tratta invece di getti in caduta libera (muri, pilastri, strutture verticali in genere), è importante che venga installato un tubo-getto annegato nel calcestruzzo (come dovrebbe avvenire per il calcestruzzo tradizionale). Il getto dal basso è un metodo efficace ma nella pratica di cantiere incontra notevoli difficoltà di attuazione. Questi accorgimenti servono per evitare l'intrappolamento di aria nel

calcestruzzo con conseguente formazione di bolle superficiali e, sicuramente più grave, decremento delle resistenze meccaniche e delle caratteristiche di durabilità.

IL COSTIPAMENTO DEL CALCESTRUZZO

Dopo la posa in opera nel cassero, lo scopo del costipamento, è quello di conferire all'impasto la massima densità possibile, affinché si ottengano dal calcestruzzo le migliori caratteristiche di resistenza meccanica, di durabilità e una soddisfacente finitura a vista.

Un calcestruzzo posato in opera con canala o pompa, contiene in genere dal 5 al 20 % di aria occlusa (il valore decresce al migliorare della lavorabilità): per espellere quest'aria occorre compattare l'impasto in modo efficace.

La vibrazione di un calcestruzzo tradizionale consente il riempimento dei vuoti esistenti, il corretto avvolgimento delle armature e l'eliminazione dell'aria inglobata.

La compattazione viene di solito eseguita con l'ausilio di vibratori elettrici; è possibile anche eseguire una vibrazione manuale che, oltre ad essere più faticosa e meno efficace, è più costosa perché richiede più tempo e manodopera.

La vibrazione può essere applicata con criteri diversi:

- **vibrazione interna:**
in questo caso il calcestruzzo è vibrato attraverso l'introduzione di vibratori nei getti;
- **vibrazione esterna:**
l'energia viene trasmessa da apparecchi fissati sulla cassaforma; in questo caso i casseri devono essere rigidi e robusti;
- **su tavolo:**
in questo caso la vibrazione è trasmessa attraverso il piano di appoggio.

Passiamo ora a considerare come deve essere eseguito il costipamento per ottenere un buon facciavista.

Nella pratica di cantiere il metodo più comune è quello della **vibrazione mediante ago elettrico**; ne esistono di differenti dimensioni (da 25 a 80 mm) scelti per il cosiddetto raggio d'azione (da 10 a 60 cm) in funzione della fluidità del calcestruzzo. Con queste caratteristiche si favorisce la formazione di una superficie di malta dalla quale fuoriesce l'aria inglobata. Con un calcestruzzo ad elevata consistenza devono essere utilizzati vibratori leggeri, con frequenza elevata e diametro della testa vibrante ridotta (5-7 cm); con calcestruzzi a bassa lavorabilità, si utilizzano frequenze di vibrazione più basse e diametri della testa vibrante elevati (10-15 cm al massimo).

Il getto deve essere eseguito in strati uniformi (circa 50 cm) che verranno costipati con il vibratore inserito verticalmente in costante lento movimento (mai "dimenticarsi" il vibratore nello stesso punto più del tempo necessario).

Il vibratore non deve essere inserito nello strato già costipato e deve essere estratto lentamente per assicurare la perfetta "chiusura" del calcestruzzo sottostante. Effettuando invece una estrazione rapida si impartisce al calcestruzzo una elevata coesione, non consentendo all'aggregato grosso di riempire il vuoto creato dal vibratore stesso.

Con la vibrazione del calcestruzzo si trasmettono anche delle sollecitazioni al cassero, ragione per cui deve essere indeformabile (per non avere deformazioni della struttura) e a perfetta tenuta, poiché la fuoriuscita di malta fine può provocare la formazione di vuoti tra i grani della ghiaia ("vespai di ghiaia").

Se si utilizzano **vibratori esterni** il campo di azione è definito da più variabili: energia del vibratore, caratteristiche della cassaforma e consistenza del getto. Normalmente, in questo caso, la vibrazione si trasmette ad una profondità di 20-30 cm e per un raggio di 1-2 m. Logicamente la posizione dei vibratori e la durata della vibrazione devono essere studiate per ogni singolo caso.

Non esiste in generale un tempo migliore da applicare per un determinato tipo di vibratore: il costipamento si può ritenere terminato quando sulla superficie del getto si forma una

malta fine e lucida e le bolle d'aria ,che risalgono sulla superficie, si fanno sempre più rade. Se la vibrazione è eccessiva, si rischia di causare la segregazione del calcestruzzo, generando nel facciavista le tipiche striature di sabbia. Con calcestruzzi fluidi questo rischio è possibile, mentre è inferiore con calcestruzzi a bassa lavorabilità. È comunque meglio vibrare sempre per qualche secondo in più piuttosto di qualche secondo in meno.

STAGIONATURA

La stagionatura del calcestruzzo qualsiasi non può essere mai trascurata: questo principio è ancora più importante nel caso di facciavista. Per evitare efflorescenze, macchie e colature è opportuno evitare di stagionare il calcestruzzo con acqua. Con questo non si vuole affermare che l'acqua non sia idonea alla stagionatura, ma si vuole sottolineare che non è sicuramente la migliore soluzione per ottenere omogeneità e buon livello estetico del prodotto: idonei agenti antievaporanti oppure teli in polietilene consentono di ottenere migliori risultati.

LA MANODOPERA

Uno dei problemi di maggiore importanza che si incontrano in cantiere è la carenza, sempre più forte, di manodopera specializzata. Nel caso del facciavista questa carenza ha effetti maggiori e può, purtroppo, determinare risultati scadenti pur avendo utilizzato calcestruzzi di buona qualità e casseforme idonee e pulite.

PROBLEMI E CAUSE

Di seguito abbiamo definito una tabella con l'obiettivo di riassumere i problemi più diffusi dei calcestruzzi facciavista e delle cause che li hanno generati.

Problema	Causa
Vespaio di ghiaia	Errata modalità di getto
	Vibrazione inefficace
	Cattiva tenuta dei casseri
	Segregazione del calcestruzzo
Variazione colore	Diametro massimo mal proporzionato in relazione all'armatura
	Eccesso di disarmante
	Segregazione dell'impasto
Presenza di bolle	Cassero sporco
	Eccesso di disarmante
	Impasto di calcestruzzo mal proporzionato
Decorticazione superficiale	Vibrazione inefficace
	Inglobamento di aria nel calcestruzzo
	Errata distribuzione del disarmante
Efflorescenze	Effetto gelo-disgelo
	Errata stagionatura
	Variazioni climatiche (da umido e freddo a più secco e caldo)
Striature di sabbia	Ristagno di acqua
	Bleeding
	Segregazione del calcestruzzo

COSA FARE SE IL RISULTATO NON È QUELLO ATTESO?

Intervenire su un calcestruzzo con un facciavista non adeguato è un problema di difficile soluzione, sia dal punto di vista tecnico che economico. Gli interventi di riparazione e sistemazione, infatti, oltre a essere onerosi sono anche impegnativi dal punto di vista operativo (applicazione di malte speciali, resine etc.).

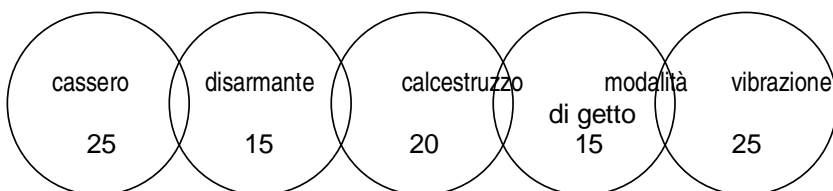
Lavorare a "regola d'arte" fin dall'inizio dovrebbe assicurarci un risultato finale migliore e una manutenzione dell'opera inferiore, da attuarsi sicuramente a tempi più lunghi.

Purtroppo nella realtà quotidiana, si considerano a volte alcuni aspetti della produzione e della lavorazione del calcestruzzo con troppa superficialità, causando seri problemi e cattiva qualità del risultato finale.

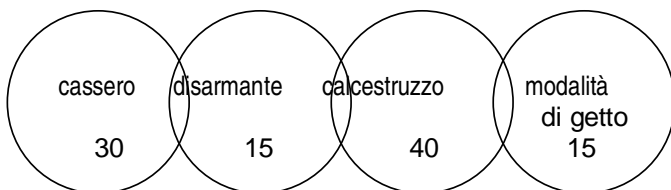
CONCLUSIONI

Un ultimo concetto si può spendere in relazione all'SCC. Di seguito sono stati analizzati i fattori che influiscono maggiormente sul risultato finale del facciavista, per il calcestruzzo tradizionale e l'SCC, per ognuno dei quali è stata data una personale "percentuale d'influenza".

CALCESTRUZZO TRADIZIONALE



SCC



Si tratta ovviamente di valori generali e di massima, che pur essendo caratterizzati dalle nostre personalissime esperienze, vogliono evidenziare che con un SCC è più facile ottenere "probabilisticamente" un buon facciavista: il risultato finale, infatti, dipende principalmente dalla qualità del calcestruzzo.

Il nostro auspicio è che i Progettisti e Direttori dei Lavori abbiano in futuro una maggiore sensibilizzazione ad impartire direttive precise soprattutto in relazione alle attrezzature, alle caratteristiche del calcestruzzo e alla posa in opera. [Il problema potrebbe essere parzialmente risolto anche attraverso un maggiore utilizzo dell'SCC, che è in grado di migliorare notevolmente il risultato finale dell'opera.](#)

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- (1) M. Collepari - L. Coppola: Mix design del calcestruzzo
- (2) M. Collepari - A. Borsoi - S. Collepari - F. Simonelli - R. Troli: Self-Concrete (3SC): la prossima sfida.

- (3) Vito Alunno Rossetti: Il Calcestruzzo
- (4) Pubblicazioni AITEC
- (5) M.Collepari : Il nuovo calcestruzzo
- (6) Ivano Pigni : In Concreto n. 24 "Il Calcestruzzo Facciavista"
- (7) C. Fogaccia - P. Ursella : In Concreto n. 28 "Calcestruzzo a vista e caratteristiche degli aggregati".

Didascalie foto

foto **1**: differente finitura causato dall'usura del rivestimento di formica dei pannelli

foto **2**: vespai di ghiaia causati da inefficace vibrazione

foto **3**: macchie causate dall'eccesso di disarmante sul cassero

foto **4**: fuoriuscita di malta per cattiva tenuta del cassero



Formattato: Tipo di carattere:(Predefinito) Arial



Formattato: Tipo di carattere:(Predefinito) Arial



Formattato: Tipo di carattere:(Predefinito) Arial



Formattato: Tipo di carattere:(Predefinito) Arial