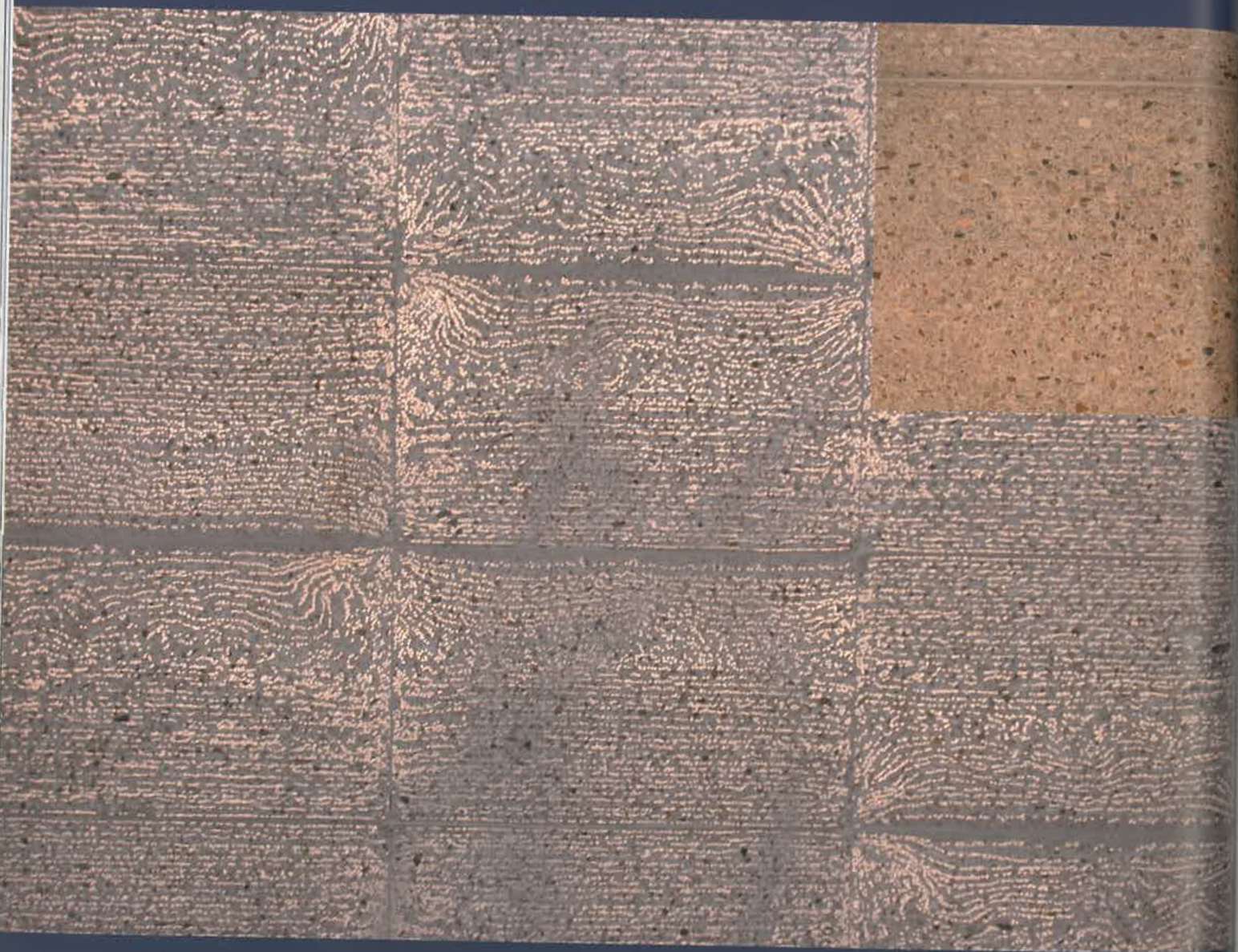


Effetto superficie ... e struttura



Composizione della miscela e modalità di getto determinano il risultato estetico e l'andamento delle superfici. Il trattamento formale, colore o altro, integrato alla massa del paramento, garantisce durabilità e stabilità, senza creare conflitti con le prestazioni strutturali. Una serie di esempi eccellenti. Ma è innovazione trasferibile a larga scala?

Sin dagli esordi, il trattamento delle superfici del calcestruzzo ha rappresentato il principale punto di discussione riguardo al suo impiego. Il recente completamento di alcuni edifici, accolti con una certa risonanza dalla critica, ha messo in evidenza un rinnovato interesse per le potenzialità offerte dal trattamento delle superfici del calcestruzzo e l'affermarsi di un vero e proprio filone di ricerca sulle

tecniche di lavorazione di questo materiale teso a migliorarne le possibilità espressive. Rivolgendo uno sguardo a realizzazioni molto diverse, quali il centro di controllo ferroviario di Gigon & Guyer a Zurigo o la chiesa Dives in Misericordia di Richard Meier a Roma, piuttosto che il Phaeno Science Center di Zaha Hadid a Wolfsburg, ci si rende facilmente conto che le possibilità di controllare il risultato estetico di un getto è fondamentalmente collegato a due fattori principali.

Il primo è la composizione della miscela che influenza, di fatto, tutte le caratteristiche intrinseche del materiale, dal colore alla porosità oltre che naturalmente alle sue prestazioni meccaniche. Il secondo fattore è la modalità di getto e, quindi, la concezione delle forme in cui viene "versato" l'impasto.

Da queste ultime dipende non solo il risultato estetico, ma anche l'andamento delle superfici. In entrambi i casi, dietro ad un risultato formalmente riuscito, si



Effetti superficiali possibili

Effetti superficiali	Esempio	
Colore:	Centro di controllo ferroviario a Zurigo, Gigon & Guyer in evidenza i segni delle riprese dei getti e fenomeni di efflorescenza. Questo tipo di fenomeno si verifica a prescindere dalla colorazione del calcestruzzo ed è determinato da una reazione chimica (vedi articolo).	
Colore: cls pigmentata a rosso verde e blu	La maggior parte dei pigmenti derivano da ossidi di ferro e coprono le colorazioni sui toni del giallo, dell'arancione, del rosso, del nero; per altre tinte come il blu e il verde, si utilizzano ossidi di titanio, cromo o metalli di ossido misti (MMO) quali cromo-alluminio, cobalto-nichel, cobalto-cromo, zinco-titanio e altri.	
Cls con effetto a maglia	Questo effetto si ottiene interponendo del tessuto tra la miscela e il cassero.	
Cls "graffiato"	Questo effetto si ottiene abradendo la superficie con un apposito mezzo meccanico.	
Cls "a trattamento plastico"	Questo effetto si ottiene interponendo tra la miscela e il cassero un foglio di materiale plastico.	

cela una notevole attività di progettazione e di ricerca.

Per i non addetti ai lavori, la composizione della miscela di un calcestruzzo può essere considerata una vera e propria opera di alchimia.

L'apparente semplicità della combinazione, nelle corrette proporzioni, di inerti, acqua e cemento nasconde reazioni chimiche complesse innescate dalla presenza di additivi, di agenti anticongelamento e di molte altre sostanze che determinano le prestazioni finali del prodotto.

L'attività di ricerca sulla composizione della miscela si è, per lungo tempo, concentrata sulla possibilità di incremento delle prestazioni meccaniche del calcestruzzo, mentre solo recentemente si è orientata anche sull'introduzione di elementi che ne influenzino il risultato estetico.

A tale riguardo, una delle sperimentazioni avviate con maggior successo è rappresentata dalla possibilità di colorare l'impasto ottenendo il cosiddetto calcestruzzo pigmentato. Per fare riferimento agli esempi già citati, il centro di controllo ferroviario di Zurigo presenta una pigmentazione tendente al rosso che connota esteticamente un volume compatto ed "ermetico" segnalandone la presenza nell'intreccio di scambi e di magazzini dello scalo merci.

Ma come si è arrivati ad ottenere un prodotto stabile nei risultati e nelle tinte? E soprattutto come si è giunti alla sua concezione?

La risposta a queste domande risiede principalmente nella necessità di fare fronte al rapido degrado delle superfici tinteggiate che, normalmente, rivestono gli edifici. Si è, infatti, pensato che estendere la colorazione all'intera massa del paramento murario sarebbe risultato più duraturo che non la tinteggiatura della sua superficie. Ma come modificare la miscela senza influire sulle altre prestazioni del materiale?

Ancora una volta la risposta è venuta dalla chimica che, non senza una notevole attività sperimentale, ha fornito le indicazioni necessarie alla preparazione del composto. La prima idea è stata quella di utilizzare pigmenti in polvere inizialmente naturali, poi sintetici. Contenendo l'impasto un indispensabile quantitativo di acqua, la polvere veniva aggiunta direttamente senza una preventiva miscelazione. Tuttavia, ciò

Miscela di cemento e biossido di titanio: Dives in Misericordia di R. Meier

La chiesa di Richard Meier a Roma, è un esempio di come le caratteristiche di resistenza meccanica del calcestruzzo, utilizzato per la realizzazione dei conci delle "vele", non siano state associate al bianco nitore richiesto dal progettista per le superfici dell'edificio. Se, infatti, la strada per ottenere calcestruzzi pigmentati di buona qualità è stata densa di difficoltà, quella per ottenere un perfetto calcestruzzo bianco non è stata certamente meno impegnativa. Tuttavia, a lavori ultimati, il risultato è apparso subito di straordinaria efficacia tanto da meritare l'appellativo di calcestruzzo autopulente. Certamente il prodotto è una realtà e le sue prestazioni non sono in discussione, tuttavia, come ogni risultato di una sperimentazione d'avanguardia, necessita dell'inevitabile verifica del tempo. Dal punto di vista strettamente tecnico, il calcestruzzo utilizzato nella chiesa di Meier a Roma, che arriva ad una resistenza caratteristica di 80 N/mm², è una miscela di cemento bianco e biossido di titanio che, con la sua azione fotocatalitica, provoca l'ossidazione delle sostanze organiche, presenti nello smog, che si depositano sulle superfici. La parte più complessa nello studio della miscela è stata quella di individuare, attraverso prove di laboratorio, il fluidificante adatto per non alterare la colorazione bianca dell'impasto e, nel contempo, capace di garantire la lavorabilità di 45 minuti richiesta.

Quest'opera offre, al di là delle considerazioni sui risultati formali raggiunti sulle superfici in calcestruzzo, l'opportunità di riportare in evidenza l'altra possibile lettura riguardo al tema del trattamento del calcestruzzo e cioè le modalità di esecuzione e di getto.

Le "vele" della chiesa sono, infatti, porzioni rettangolari di sfere ottenute montando, attraverso una procedura estremamente complessa, conci prefabbricati in calcestruzzo.

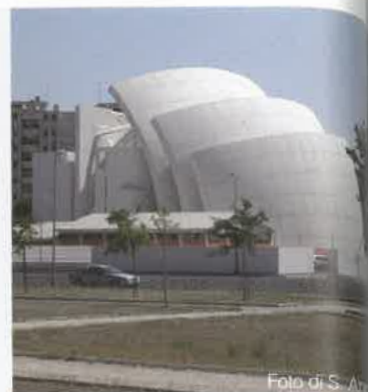


Foto di S. Arca

aumentava il rischio di grumi di pigmento dovuti a non ottimali proprietà di dispersione e comportava una notevole propagazione di polveri sottili nell'area di miscelazione. Si è perciò passati alle cosiddette paste, costituite da acqua, pigmenti, stabilizzatori contro la sedimentazione, agenti di dispersione, agenti anti-congelamento, agenti anti-fouling e altre sostanze.

Un mix che ciascuna azienda produttrice prepara secondo una propria "ricetta" le cui proporzioni vengono, normalmente, coperte da segreto industriale. Il principale problema dato da questa soluzione è legato ai fenomeni di sedimentazione durante l'immagazzinamento che possono risultare ulteriormente aggravati nell'eventualità di basse temperature.

Una delle migliori soluzioni individuate è rappresentata dal pigmento granulato. Esso è costituito da piccoli agglomerati sferici, contenenti quasi il 100% di pigmento e una minima parte di additivi che fungono da agenti dispersivi e leganti, sufficientemente stabili da poter essere immagazzinati in

In apertura, il LiTraConTM (light transmitting concrete) è un calcestruzzo capace di trasmettere, attraverso le fibre ottiche contenute nell'impasto, la luce senza che questa sua caratteristica incida sulla compattezza e sulla resistenza del materiale (Foto di J. Gaspari).

silos e trasportati in grandi quantità. La maggior parte dei pigmenti derivano da ossidi di ferro e coprono le colorazioni sui toni del giallo, dell'arancione, del rosso, del nero e del marrone come combinazioni dei precedenti. Per le altre tinte, in particolare il blu e il verde, è necessario ricorrere a ossidi di titanio, di cromo o a metalli di ossido misti (MMO) quali cromo-alluminio, cobalto-nichel, cobalto-cromo, zinco-titanio e altri.

Dal punto di vista realizzativo, il pigmento viene unito agli aggreganti prima del cemento, i granuli vengono diluiti con una minima quantità di acqua e opportunamente miscelati. Le restanti fasi di preparazioni sono analoghe ai processi tradizionali. Uno degli aspetti fondamentali per ottenere una superficie uniformemente colorata è costituito dall'omogeneità della miscela. Per ovviare a problemi di differente colorazione o sfumatura in corrispondenza dei diversi lotti di getto e, in particolare, nelle riprese si può fare ricorso a macchine per il pompaggio continuo e a casseri a basso coefficiente di porosità.

Tuttavia, nel calcestruzzo pigmentato permangono alcuni problemi, come l'efflorescenza, normalmente presenti anche nei prodotti tradizionali, ma resi più evidenti dalla variazione cromatica che ne consegue. Il fenomeno è riducibile lavorando sulla composizione della miscela in funzione delle condizioni ambientali, ma non vi è garanzia di una sua totale eliminazione. L'efflorescenza è, infatti, un fenomeno naturale che può intervenire direttamente dopo la produzione del calcestruzzo. In questo caso è chiamata primaria, mentre è detta secondaria quando sopravviene in seguito all'esposizione agli agenti atmosferici. Per spiegarne le ragioni è necessario addentrarsi brevemente nella composizione chimica del calcestruzzo.

Un comune cemento contiene quattro principali componenti (detti anche fasi):

- 60% C_3S ($3CaO \cdot SiO_2$);
- 11% C_2S ($2CaO \cdot SiO_2$);
- 11% C_3A ($3CaO \cdot Al_2O_3$);
- 8% C_4AF ($4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$).

Durante la fase di miscelazione iniziano le reazioni tra i componenti del cemento e l'acqua. Si formano aghi di idrato di calcio-silicato e, come sottoprodotto, idrossido

Il progetto architettonico attraverso le casseforme: Phaeno Science Center di Z. Hadid

La progettazione delle casseforme e del loro andamento rappresenta il primo e indispensabile elemento per ottenere spigoli precisi e superfici omogenee in strutture di una certa complessità. È questo il caso del Phaeno Science Center in cui i volumi "fluidi e dinamici", caratteristici delle opere di Zaha Hadid, hanno imposto la progettazione di appositi casseri in materiale plastico o metallico per l'esecuzione dei getti.

Sopra, vista delle superfici curve e "scavate" del pianoterra (Casabella 728/799 pp. 124-137, Fotografo: Helene Binet).
Sotto, vista dell'edificio dall'esterno (Casabella 728/729 pp. 124-137, Fotografo: Helene Binet).



Casseri e matrici: biblioteca dell'Università di Utrecht, di W. Arets

La nuova biblioteca dell'Università di Utrecht presenta una facciata caratterizzata dall'alternanza di parti in vetro e di parti prefabbricate in cemento, sulle quali è riprodotto il motivo canneto di una fotografia di Kim Zwarts. Il disegno è stato impresso sul calcestruzzo gettando la miscela su una matrice in gomma. In questo caso la superficie stessa del cassero diventa uno strumento di definizione formale.

Sopra, vista dell'edificio dall'esterno (Casabella 728/729 pp. 90-105, Fotografo: Jan Bitter).
Sotto, vista del trattamento delle superfici dall'interno (Casabella 728/729 pp. 90-105, Fotografo: Jan Bitter).



Obiettivo	Modalità tecnica	Materiale	Composizione	Tintometria possibile	Modalità applicative	Problemi residui
Contenere il degrado delle superfici tinteggiate.	Colorazione estesa all'intera massa muraria.	Cis pigmentati	Paste costituite da acqua, pigmenti granulati, stabilizzatori vs sedimentazione, anti-congelamento, anti-fouling, ecc.	Ossido di ferro per giallo, arancione, rosso, nero e marrone. Ossido di titanio, cromo, MMO per verde e blu.	Macchine per il pompaggio continuo e casseri a basso coefficiente di porosità.	Efflorescenza primaria e/o secondaria.

di calcio che funge da reagente per le successive reazioni durante le quali l'idrossido di calcio prodotto in eccesso cristallizza nelle cavità degli aghi di idrato di calcio-silicato aumentando la forza meccanica del prodotto di cemento. Tuttavia, l'acqua residua nella miscela o quella piovana possono sciogliere i cristalli e portare, per capillarità, la soluzione in superficie.

Una volta affiorata essa cristallizza nuovamente dando luogo ad un'ulteriore reazione. L'idrossido di calcio si combina con il monossido di carbonio presente nell'aria creando cristalli bianchi di carbonato di calcio. L'efflorescenza primaria si manifesta sotto forma di macchie o striature, mentre quella secondaria sotto forma di cerchiature sulla superficie del calcestruzzo.

La riduzione di problemi di questo tipo, in particolare nei calcestruzzi dalle elevate prestazioni, è oggetto di continua sperimentazione che non si limita ad indagare le possibili miglie da apportare alle miscele, ma che si estende anche alla possibilità di introdurre nuovi elementi all'interno del prodotto per incrementare le prestazioni meccaniche.

Un esempio di ricerche di questo tipo è offerto dai calcestruzzi fibrorinforzati, materiali composti che prevedono l'aggiunta di fibre polimeriche, di acciaio o di vetro, all'interno della miscela.

Le fibre non affiorano in superficie e si disperdono nel composto rendendo la miscela più coesiva, riducendo gli sfridi, aumentando la resistenza agli alcali e proteggendo l'armatura dalla corrosione. Esistono anche calcestruzzi rinforzati con fibre ibride, impiegati in particolare nel campo dei prefabbricati, e calcestruzzi rinforzati con tessuti. In questo campo il prodotto senz'altro più innovativo, soprattutto per le valenze formali, è un brevetto di un giovane architetto ungherese, Aron Loconci.

Casseri foderati: atelier-abitazione di Zumthor ad Haldestein

La possibilità di interporre tra il cassero e la miscela fogli di tessuto o materiale plastico può generare svariati effetti formali, dalla texture tipo "maglia" del calcestruzzo del nuovo atelier-abitazione di Zumthor ad Haldestein alla fluida superficie della sala per attività espositive, realizzata da Souto de Moura, in un silos della città di Porto.

L'analisi dei particolari e delle finiture di opere riconosciute dalla critica a livello internazionale induce spesso a chiedersi se certi livelli qualitativi siano raggiungibili anche in "ordinari" incarichi professionali o se siano esclusivo appannaggio delle cosiddette "grandi opere".

La possibile risposta può venire da una maggiore diffusione della cultura del progetto costruttivo, inteso sia come incremento dello sforzo di verifica richiesto ai professionisti in fase ideativa, sia come propensione ad una maggiore precisione esecutiva da parte delle imprese. Un più elevato controllo della programmazione delle fasi costruttive da parte dei diversi operatori potrebbe portare ad una riduzione delle modifiche in corso d'opera e al contenimento dei costi indirizzando il mercato ad abbracciare soluzioni innovative.



Atelier e residenza Zumthor, Haldestein, Peter Zumthor. Viste generali (Foto di J. Gaspari).

Partendo da una ricerca sulle fibre ottiche, svolta presso la Royal University College of Fine Arts di Stoccolma, ha prodotto blocchi di calcestruzzo in grado di trasmettere luce incidente.

Infatti, le fibre ottiche, inserite in un impasto di cemento, fibre di vetro, materiale lapideo frantumato e acqua, rendono il blocco, una volta solidificato, traslucido se investito da una fonte luminosa.

La ricerca sulle prestazioni del materiale ha, dunque, avuto come esito numerosi filoni di sviluppo che, in alcuni casi, coniugano prestazioni di tipo meccanico con specifici requisiti formali.