



*Conoscere la composizione e le caratteristiche delle ormai numerose tipologie di cemento è indispensabile per scegliere il prodotto più adatto alla realizzazione di un getto. Senza dimenticare il ruolo altrettanto importante, di aggiunte come additivi e fibre di rinforzo, oggi utilizzate per migliorare selettivamente specifiche proprietà.*

## Ingredienti.. DOC

Paolo Asti

**A** nulla sono valsi gli sforzi degli alchimisti nei secoli scorsi per trasformare il piombo in oro, né dei chimici nei tempi più recenti, per convertire l'acqua in petrolio. Riusciamo, tuttavia, oggi a trasformare della semplice materia prima, di facile reperibilità e ottenimento, in un ottimo materiale da costruzione, con un dosato impiego di energia nel corso della produzione, e risultati notevoli nell'arco degli anni nel corso di innumerevoli applicazioni. E' il cemento armato, materiale bifase rinforzato da tondi di acciaio piegati in apposita foggia, la cui formabilità, resistenza, economicità e durata ne fanno il materiale principe per ogni tipo di costruzione in tutto il mondo. Alla base del materiale un mix di materie prime semplici, da legarsi tra loro unicamente mediante l'ausilio di acqua comune, con poche, usuali ma importanti lavorazioni. Pur se il mercato del calcestruz-

zo è molto più complesso e articolato rispetto al passato e alle prime decisive esperienze, nella sua tradizionale configurazione, quella più ricercata negli impieghi civili e industriali più ricorrenti, il calcestruzzo si propone come agglomerato a base di cemento, acqua, inerti - sabbia e ciottoli di vario diametro. A quest'insieme di materie prime si aggiunge talvolta un idoneo additivo, il cui compito è quello di migliorare alcuni aspetti caratteristici dell'impasto e di comportamento futuro del manufatto in formazione. Come più spesso avviene nelle rivendite di materiali edili, laddove gli operatori provvedono a rifornirsi dei componenti primi per il confezionamento a propria cura in cantiere del cemento armato, proponiamo di seguito le più significative differenze e novità esistenti proprio nelle offerte di materia prima da introdurre negli impasti.

### ◆ Le tipologie

#### • Cemento Portland

Il cemento denominato Portland fornisce un calcestruzzo di aspetto simile a quello della pietra da costruzione estratta dalle cave di Portland, in Gran Bretagna. Nelle sue linee essenziali la fabbricazione del cemento Portland consiste nel macinare e mescolare le materie prime, nel cuocere la miscela con fusione parziale (clinkerizzare) fino ad ottenere dal 20 al 30% di fase liquida, nel raffreddare piuttosto rapidamente il prodotto della cottura (clinker), e nel macinare il clinker in presenza di qualche per cento di gesso biidrato. I processi di fabbricazione si differenziano sostanzialmente nel metodo di mescolamento delle materie prime. Nel cosiddetto processo a secco, più diffuso, le materie prime sono frantumate con frantoi rotativi o

a mascelle, dosate, mescolate, essiccate, macinate in mulini a sfere, omogeneizzate in silos per insufflamento di aria, ed infine inumidite per formare le graniglie che alimentano il forno. Quest'ultima operazione ha lo scopo di evitare che la miscela da cuocere entri nel forno sotto forma di polvere, la quale potrebbe in buona parte essere trascinata fuori dal forno dalla controcorrente dei gas di combustione. Negli impianti più moderni la perdita di polvere nella corrente dei gas di scarico viene praticamente annullata con precipitatori elettrostatici, filtri a secco, separatori a cicloni, torri di lavaggio, e la polvere recuperata viene rimessa nel ciclo di produzione.

Il processo a umido, invece, viene preferibilmente impiegato se le materie prime argillose sono facilmente spappolabili e già piuttosto umide. In tal caso le argille sono prima spappolate con acqua in apposite vasche, e quindi mescolate con il calcare e le altre materie prime frantumate a parte, per essere infine macinate a umido in mulini a sfere. La melma così ottenuta, che contiene dal 35 al 40% di acqua, può essere filtrata in filtropresse prima di essere parzialmente essiccata, granulata, ed infine inviata al forno per la cottura.

I forni sono sostanzialmente di due tipi: rotante e verticale. Il primo, più diffuso, è costituito da un tubo leggermente inclinato con pendenza del 3-5%, lungo fino a 200 metri e con un diametro fino a 8 metri, che ruota lentamente per fare avanzare la miscela da cuocere. Esso è costruito con mattoni refrattari resistenti alle azioni corrosive del clinker oltre che alle temperature; tra i mattoni refrattari e un involucro metallico esterno è interposto un materiale isolante. I forni verticali, alti da 10 a 20 metri e con diametro di 2-3 metri, sono alimentati in alto dal granulato, costituito da miscele di coke e materie prime, che viene preriscaldato dalla corrente gassosa ascendente. In basso, al di sotto di una griglia, è insufflata l'aria che si preriscalda a contatto con il clinker caldo. Il clinker

proveniente dal forno passa in un raffreddatore, che può essere a griglia, a satelliti, o cilindrico, dove viene raffreddato da una corrente di aria fredda. Il raffreddamento deve avvenire piuttosto rapidamente per impedire che i due silicati di calcio si trasformino in altre fasi non idrauliche, che non sono in grado cioè, di indurire per reazione con l'acqua.

Il clinker raffreddato, unitamente a qualche per cento di gesso biidrato, e eventualmente insieme a pozzolana o loppa per la produzione di cemento pozzolanico o d'altoforno, viene macinato in mulini a sfere. Molto spesso la macinazione avviene in presenza di additivi coadiuvanti, in misura di qualche decimo per cento, allo scopo di ottenere una polvere più fine. Solitamente il materiale macinato viene vagliato e il residuo riciclato. La presenza di additivi coadiuvanti della macinazione, diviene particolarmente vantaggiosa nella produzione di polveri con finezza molto elevata, come si richiede per cementi a rapido indurimento iniziale. La velocità di reazione tra l'acqua e il cemento, e quindi la velocità di indurimento, aumenta, infatti, all'aumentare della finezza del cemento, e cioè della superficie del solido esposta all'azione dell'acqua. Oltre agli additivi coadiuvanti di macinazione, che han-

no lo scopo essenzialmente di rendere più economico il processo di macinazione, possono essere aggiunti additivi per migliorare le qualità del cemento in fase di impiego.

## • Cemento pozzolanico

Il cemento pozzolanico è ottenuto per macinazione di clinker di cemento Portland, di gesso e di pozzolana. Esso è, quindi, in pratica una miscela di cemento Portland e pozzolana.

Il minor costo della pozzolana rispetto al clinker rende questo cemento più economico del cemento Portland, ma soprattutto, con l'impiego di pozzolane naturali, è possibile risparmiare sensibilmente sul consumo di combustibile necessario alla cottura del clinker. Questo fatto, unitamente alle ottime proprietà del cemento pozzolanico, sta suscitando notevoli interessi per questo legante non solo in Italia, dove ormai viene prodotto per più di un terzo di tutta la produzione di cemento, ma anche in altri Paesi, dove il problema energetico è altrettanto sentito come nel nostro. Il cemento pozzolanico sviluppa un calore di idratazione più basso del cemento Portland e pertanto è da preferirsi a quest'ultimo nei lavori effettuati in climi caldi, soprattutto se si tratta di strutture in calcestruzzo di grande mole, mentre fornisce resisten-

**Cementi secondo la norma UNI-EN 197/1: tipi e composizione (percentuali in massa).**

Tipi di cemento	Denominazione	Sigla	Clinker K	Loppa d'altoforno granulata S	Microsilice D	Pozzolana Naturale P	Industriale Q	Cenere Volante Silicica V	Calce W	Scisto Calcinato T	Calcare L	Costituenti Secondari	
I	Cemento Portland	I	95-100	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
	Cemento Portland alla loppa	I-A/S I-B/S	80-94 65-79	5-20 21-35	-	-	-	-	-	-	-	0-5 0-5	
	Cemento Portland alla microsilice	I-A/D	90-94	-	6-10	-	-	-	-	-	-	0-5	
	Cemento Portland alla pozzolana	I-A/P I-B/P I-A/Q I-B/Q	80-94 65-79 80-94 65-79	-	-	5-20 21-35	-	-	-	-	-	0-5 0-5 0-5 0-5	
	Cemento Portland alla cenere volante	I-A/V I-B/V I-A/W I-B/W	80-94 65-79 80-94 65-79	-	-	-	-	5-20 21-35	-	-	-	0-5 0-5 0-5 0-5	
	Cem. Port. allo scisto calcinato	I-A/T I-B/T	80-94 65-79	-	-	-	-	-	-	5-20 21-35	-	0-5 0-5	
	Cem. Portland al calcare	I-A/L I-B/L	80-94 65-79	-	-	-	-	-	-	-	5-20 21-35	0-5 0-5	
	Cem. Portland composito	I-A/M I-B/M	80-94 65-79	-	-	-	5-20 21-35	-	-	-	-	0-5 0-5	
	II	Cemento d'altoforno	II-A II-B II-C	35-64 20-34 5-15	35-65 65-80 81-95	-	-	-	-	-	-	-	0-5 0-5 0-5
		Cemento pozzolanico	IV-A IV-B	65-89 45-64	-	-	11-35 35-55	-	-	-	-	-	0-5 0-5
Cemento composito			V-A V-B	40-64 20-35	18-30 31-50	-	19-30 31-50	-	-	-	-	-	0-5 0-5



ze meccaniche leggermente inferiori a quelle del cemento Portland alle brevi stagionature soprattutto nei climi più freddi. Alle lunghe stagionature, invece, le resistenze meccaniche dei manufatti preparati con cemento Portland o

pozzolanico sono all'incirca eguali. Un'altra caratteristica fondamentale del cemento pozzolanico è la sua migliore resistenza agli attacchi chimici in genere, ed in particolare a quelli dovuti ai solfati e alle acque contenenti anidride carbonica aggressiva, cosicché esso è un legante particolarmente idoneo per le opere idrauliche in genere, e per quelle marittime in particolare.

#### • Il cemento d'altoforno

Il cemento d'altoforno è il prodotto della macinazione del clinker di

cemento Portland, del gesso, e della loppa d'altoforno, la quale è un sottoprodotto della produzione della ghisa. Esso è quindi una miscela di cemento Portland e loppa d'altoforno. Esso assomiglia, sotto certi aspetti, al cemento pozzolanico, trattandosi in entrambi i casi di un cemento Portland al quale viene aggiunto una discreta quantità di pozzolana o di loppa, con l'obiettivo di produrre un cemento più economico, ma le cui prestazioni sono paragonabili a quelle del cemento Portland o addirittura superiori per alcune applicazioni. A differenza dei

## La voce dei produttori

**Gianluca Bellini, responsabile vendite canale rivendita edile Holcim Italia**



**D La Rivendita:** Quali iniziative dedicate al canale della rivendita edile per supportarne l'azione?

**R Bellini:** Da quando, circa quattro anni or sono, abbiamo deciso di dedicare nuove attenzioni e uno staff interno specializzato al canale della rivendita edile, molte sono le iniziative intraprese da Holcim per supportare la competitività dei nostri distributori. Iniziative focalizzate principalmente sulla formazione manageriale di titolari e gestori, che ci è apparsa fin da subito come un'area di possibile miglioramento, e che anche nel prossimo futuro verranno riproposte annualmente. Con il 2007 a queste attività si affiancheranno azioni volte ad accrescere le conoscenze tecniche dei rivenditori e per loro tramite, grazie ad iniziative congiunte, degli stessi utilizzatori. Naturalmente Holcim affianca la rete di vendita anche con una serie di supporti più "tradizionali" – documentazione tecnica, materiale promozionale, e così via – e servizi volti ad arricchire di valore aggiunto un prodotto di per sé povero come il cemento. Fra questi Prontologica tramite il quale, in collaborazione con due società partner, garantiamo la consegna diretta in cantiere delle forniture.

**D La Rivendita:** All'interno di una produzione diversificata come quella del cemento, quali tipologie di prodotto vengono distribuite in via preferenziale attraverso il canale della rivendita? E in che percentuale?

**R Bellini:** Premesso che circa l'80% del prodotto viene venduto sfuso direttamente da Holcim, ad andare in rivendita è il prodotto confezionato in sacco, che rappresenta il restante 20% della produzione. All'interno di tale suddivisione, circa il 95% del cemento in sacco distribuito in rivendita è costituito da Portland composito 32,5 R e legante per muratura Intocem, mentre la percentuale residuale è suddivisa tra cemento Portland 42,5 R e 52,5 R. Da quattro anni a questa parte abbiamo inserito nella gamma destinata alla rete di vendita le malte predosate e la sabbia in sacco, anche per ottimizzare gli approvvigionamenti da parte di utilizzatori e distributori.

**D La Rivendita:** Esiste una tipologia di rivendita che tendete a privilegiare? E, in questo quadro, quale raggio d'azione è considerato economicamente redditizio, dato il basso valore unitario del prodotto?

**R Bellini:** Senza per questo voler fare alcuna parzialità, è evidente che per Holcim risulta più facile e, non ultimo, reciprocamente proficuo collaborare con quelle organizzazioni di vendita che sposano in pieno la filosofia di qualità e servizio a cui si ispira la nostra azienda. Tutto ciò nel quadro di una attenta pianificazione della copertura territoriale nell'obiettivo, dato il basso valore del prodotto, di ottimizzarne i costi di trasporto. Attualmente, grazie a due centri di produzione e a un deposito centrale, siamo in grado di garantire una copertura ottimale delle regioni Lombardia e Piemonte; ciò ci consente di estendere il raggio d'azione economicamente redditizio per il trasporto a oltre 50/60 km.

**D La Rivendita:** Grazie a tecnologie produttive sempre più sofisticate, la qualità dei cementi ha raggiunto oggi livelli elevati. In quale direzione si sta orientando l'evoluzione del prodotto? Verso un ulteriore miglioramento delle performance? O nuove formulazioni?

**R Bellini:** Entrambe le direzioni, che peraltro sono intimamente legate, devono essere percorse da un produttore che miri alla costante evoluzione tecnologica e prestazionale della propria offerta. Detto questo, se vogliamo individuare una linea di tendenza più marcata di altre, questa è senz'altro il contenimento dei fabbisogni energetici: il protocollo di Kyoto ha posto limiti ben precisi in questo senso e dal canto nostro, per rispettarne i parametri, abbiamo volto i nostri sforzi a rivedere le formulazioni aumentando l'impiego di aggiunte minerali in modo da ridurre il contenuto di clinker nelle miscele. E, con esso, il fabbisogno di materie prime naturali e le emissioni di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera. Il tema prestazionale del futuro sarà, invece, quello della durabilità dei manufatti; un risultato cui la qualità del cemento, in concorso con quella degli altri costituenti e una buona progettazione del mix design, può contribuire fortemente.

Resistenza meccanica a compressione per le classi di resistenza dei cementi.

Classe di resistenza (sigla)	Resistenza a compressione (N/mm <sup>2</sup> ) minima garantita a:		
	2 giorni	7 giorni	28 giorni
32.5N	—	16	32,5
32.5R	10	—	32,5
42.5N	10	—	42,5
42.5R	20	—	42,5
52.5N	20	—	52,5
52.5R	20	—	52,5

cementi pozzolanici, dove l'aggiunta di pozzolana difficilmente supera il 35%, nei cementi d'altoforno l'aggiunta di loppa può essere compresa entro un ampio intervallo che va da un minimo del 30% (cemento Portland d'altoforno) ad un massimo dell'85% (cemento di loppa al clinker). Ciò dipende dal fatto che, a differenza della pozzolana, la loppa può idratarsi per proprio conto purché la fase acquosa contenga altre sostanze (attivatori) capaci di innescare la reazione tra loppa ed acqua. Gli impieghi per i quali il cemento d'altoforno può essere preferito al cemento Portland sono sostanzialmente gli stessi per i quali si raccomanda l'impiego del cemento pozzolanico: lavori in climi caldi, per il minor calore di idratazione del cemento d'altoforno, e lavori marittimi per la buona resistenza ai solfati di questo legante. Al pari del cemento pozzolanico, anche quello d'altoforno sviluppa resistenze meccaniche più basse del cemento Portland alle brevi stagionature soprattutto in climi freddi, mentre risultati sostanzialmente identici possono essere ottenuti alle lunghe stagionature. Se l'idratazione avviene in presenza di vapore, le differenze nella resistenza meccanica alle brevi stagionature tra il cemento Portland e quello d'altoforno sono sostanzialmente nulle.

## ◆ Altri tipi di cemento

### • Cemento bianco

Il cemento bianco è comunemente impiegato, unitamente ad inerti di colorazione chiara, per la confezione di calcestruzzi a vista quando si desidera realizzare costruzioni di particolare interesse architettonico. Il

cemento bianco è un cemento che non presenta la tipica colorazione grigia del cemento Portland, dovuta essenzialmente alla presenza di ossido ferrico e di tracce di altri ossidi, quali quelli di manganese, di cromo, ecc. La caratteristica essenziale che un cemento bianco deve possedere, oltre beninteso alle altri comuni caratteristiche, quale per esempio la resistenza meccanica, è il cosiddetto indice di bianchezza, che rappresenta il rapporto tra il coefficiente di riflessione del cemento bianco e quello del solfato di bario, assunto come riferimento. Nella produzione industriale del cemento bianco occorre tener conto che la riduzione dell'ossido ferrico rende più difficile la cottura del clinker.

### • Cementi colorati

I cementi colorati, sostanzialmente destinati, come il cemento bianco, a costruzioni di particolare interesse architettonico, sono ottenuti per colorazione del cemento bianco o del Portland normale. Nel primo caso è ovviamente possibile ottenere una gamma più vasta di colori e tonalità più chiare, mentre nel secondo caso la colorazione grigia del cemento Portland ordinario consente di ottenere colori più



## Dalla A...

**A come Acqualcemento** - È il rapporto fra questi due ingredienti che conferisce al calcestruzzo le sue doti di lavorabilità, consistenza, resistenza meccanica e durabilità. Eccessivi squilibri in tale rapporto, dovuti ad esempio ad aggiunte d'acqua per rendere l'impasto più fluido, possono pregiudicarne le performance in opera.

**B come Bleeding** - Fenomeno che consiste nell'emersione di acqua sulla superficie del calcestruzzo a breve distanza dal getto. È indice di un impasto eccessivamente fluido e povero di cemento, ma anche di sovradosaggio di additivi fluidificanti.

**C come Confezionamento** - Anche se legato alla tradizionale immagine del sacco in carta da 50 kg, il packaging del cemento è stato oggetto in tempi recenti di alcune interessanti reinterpretazioni. Tra queste nuovi formati, più piccoli e maneggevoli, e soprattutto confezioni resistenti all'acqua che ne facilitano lo stoccaggio e la conservazione.

**D come Durabilità** - È uno dei parametri di valutazione essenziali di un buon calcestruzzo. Oltre che dal già citato rapporto acqua/cemento, dipende da una buona costipazione del getto, da una sua corretta maturazione, dalla classe di esposizione del manufatto e, naturalmente, dalla scelta del tipo di cemento più idoneo.

**E come Espansivi** - Sono cementi che non presentano ritiro ma al contrario una piccola espansione, e vengono ottenuti da miscele in proporzioni varie di tre componenti: una base di Portland artificiale, un fattore espansivo di cemento solfoalluminoso, e un elemento stabilizzante (in genere loppa d'altoforno). Le caratteristiche finali dipendono dalle percentuali dei componenti; sono generalmente impiegati per sottomurazioni, sigillatura di fessurazioni in presenza di acqua, nonché per realizzare impasti espansivi e consolidamenti.

**F come Finezza** - Indica la classe granulometrica del cemento. A una maggiore finezza di macinazione corrisponde una maggiore superficie specifica del legante esposta all'azione dell'acqua, e quindi maggiore velocità di idratazione. Questo parametro influisce, in particolare, sullo sviluppo delle resistenze iniziali.

**G come Granulometria** - Misura che indica le dimensioni dei granuli di un aggregato. Da tale parametro, che a tutti gli effetti è parte integrante del mix design, dipendono molte delle caratteristiche del calcestruzzo, sia in fase di impasto e maturazione che una volta in esercizio.

**I come Idratazione** - Processo di assorbimento dell'acqua d'impasto da parte del cemento, che determina una serie di reazioni con produzione di composti chimici tra cui i silicati idrati di calcio, responsabili della resistenza della matrice cementizia.

**L come Loppa** - Materiale idraulico proveniente dal rapido raffreddamento delle scorie prodotte nella fusione in altoforno dei minerali del ferro. È utilizzato per la produzione di cementi che devono garantire una elevata resistenza all'azione disgregante degli agenti atmosferici nonché in getti massivi, per la sua caratteristica di sviluppare un basso calore di idratazione.

**M come Marna** - Materiale di natura calcarea utilizzato per la produzione del cemento. Dalla sua omogeneizzazione e cottura si ottiene il clinker di cemento che, additivato con opportuni correttivi, viene poi macinato per ottenere il cemento nelle sue varie tipologie, diverse per composizione chimica e caratterizzazione fisico/meccanica.

**N come Norme** - Cresciute sensibilmente per numero e livello di dettaglio soprattutto negli ultimi anni, disciplinano le caratteristiche della produzione e le procedure per l'attestazione di conformità dei cementi immessi sul mercato italiano. Si dividono in norme di certificazione, di composizione, di conformità e di progettazione. Sono integrate dalle Linee Guida redatte dal Consiglio Superiore dei LL.PP.

## La voce dei produttori

**Roberto Pambianco – Responsabile Marketing Colacem**

**D La Rivendita:** Quali iniziative dedicate al canale della rivendita edile per supportarne l'azione?

**R Pambianco:** La nostra filosofia si basa su una stretta relazione di partnership con le rivendite edili, all'interno della quale Colacem svolge un ruolo di stimolo attivo sia sul fronte della divulgazione tecnica del prodotto, sia su quello della formazione del personale di magazzino. In questo quadro generale, abbiamo varato una serie di iniziative specifiche rivolte a tali soggetti, la più significativa delle quali, tenutasi lungo l'arco di tutto il 2006, ha previsto l'organizzazione di giornate promozionali presso un panel di 40 rivendite. L'iniziativa ha previsto l'allestimento di uno stand Colacem all'interno della rivendita, dove nostro personale tecnico presenta la nostra gamma di prodotti, con particolare riguardo per la linea di malte pronte, betoncini, massetti e malte da muratura predosate; nel corso della giornata vengono tenute dimostrazioni pratiche e iniziative promozionali, e consegnato un questionario ai clienti tramite il quale raccogliere dati sulle loro attività ed esigenze. Le informazioni così raccolte vengono poi utilizzate per calibrare le caratteristiche dei prodotti in modo da incontrare al meglio la richiesta di mercato. La stessa nostra rete vendita, il cui personale viene costantemente coinvolto in queste attività, ha uno strumento in più per relazionarsi con il personale della rivendita e con gli stessi utilizzatori finali dei prodotti al fine di mantenere un costante aggiornamento sulle esigenze mutevoli del mercato. Le giornate promozionali saranno replicate anche nel 2007. Non mancano ovviamente altri strumenti di supporto, tra cui un servizio di assistenza tecnica rivolto specificamente ai rivenditori, e la tradizionale documentazione di prodotto.



**D La Rivendita:** All'interno di una produzione diversificata come quella del cemento, quali tipologie di prodotto vengono distribuite in via preferenziale attraverso il canale della rivendita? E in che percentuale?

**R Pambianco:** Sicuramente il cemento Portland e i pozzolanici, che rappresentano oltre il 70% della nostra produzione in sacchi, fanno la parte del leone nel canale della rivendita. Ad essi, anche se in percentuale minoritaria, si affiancano prodotti più specialistici come il cemento bianco, che in sacchi è disponibile anche nel tipo 52,5, le calci, e naturalmente tutta la gamma di predosati cui ho già fatto riferimento.

**D La Rivendita:** Esiste una tipologia di rivendita che tendete a privilegiare? E, in questo quadro, quale raggio d'azione è considerato economicamente redditizio, dato il basso valore unitario del prodotto?

**R Pambianco:** Sicuramente sì, ed è quella che desidera crescere tramite una politica commerciale seria e orientata alla qualità; sono questi, del resto, i principi cui si orienta la nostra politica aziendale, ed è da questa concordanza di vedute che nascono i rapporti di partnership più proficui per entrambe le parti. Supportati anche, per rispondere alla seconda parte della domanda, da una copertura territoriale che nel nostro paese ha davvero pochi rivali: siamo presenti con nostri insediamenti produttivi e depositi pressoché in ogni parte d'Italia, dalla Lombardia con lo stabilimento di Caravate alla Sicilia con quelli di Modica e Ragusa, il che ci consente di garantire consegne rapide e ottimizzate anche sotto il profilo dei costi di trasporto.

**D La Rivendita:** Grazie a tecnologie produttive sempre più sofisticate, la qualità dei cementi ha raggiunto oggi livelli elevati. In quale direzione si sta orientando l'evoluzione del prodotto? Verso un ulteriore miglioramento delle performance? O nuove formulazioni?

**R Pambianco:** Una serie di procedure e strumentazioni che equipaggiano i nostri impianti di produzione ci consentono un controllo di qualità estremamente dettagliato, sia sul prodotto finale che sui suoi elementi costitutivi, si può dire che l'evoluzione tecnologica e prestazionale in Colacem sia qualcosa di quotidiano. Ciò grazie anche a un costante monitoraggio delle aspettative e dei risultati ottenuti dall'utilizzatore, in base ai quali possiamo "tarare" caratteristiche del prodotto e relative performance in funzione di ogni specifico ambito applicativo.

scuri e praticamente limitati al rosso e al marrone. Sia il cemento bianco che quello grigio possono essere colorati macinando il clinker e il gesso in presenza di un pigmento colorato. Il cemento bianco, inoltre, può essere colorato anche introducendo piccole quantità di ioni cromofori nelle materie prima della cottura. L'aggiunta di pigmenti colorati è molto più efficace se fatta in fase di macinazione del cemento, piuttosto che durante la miscelazione del calcestruzzo. I pigmenti più comunemente

impiegati sono gli ossidi di ferro per i colori rosso, giallo, marrone e nero; il biossido di manganese per il marrone e il nero; l'ossido di cromo per il verde; il blu cobalto e il blu ultramarino per il blu; pigmenti carboniosi per il nero. La quantità di pigmento da aggiungere dipende dalla intensità del colore che si vuole ottenere, dalle modalità di aggiunta (macinazione del cemento o produzione del calcestruzzo), dal tipo di cemento bianco o grigio, e dalla purezza del pigmento che molto spesso contiene altre sostanze

(carbonato di calcio, solfato di bario e di calcio) come adulteranti. Occorre controllare che il pigmento aggiunto non contenga solfato di calcio in quantità rilevante, perché si potrebbe modificare il comportamento del cemento durante la presa a causa della modificazione del contenuto di solfato di calcio. Occorre inoltre controllare che i pigmenti aggiunti non contengano piombo, zinco, rame o altri elementi che potrebbero ritardare fortemente l'idratazione del cemento. Per lo stesso

motivo è preferibile rinunciare all'impiego di pigmenti organici i quali, oltre che ad interferire incontrollatamente con il processo di idratazione del cemento, sono anche più soggetti dei pigmenti inorganici al processo di invecchiamento che fa sbiadire progressivamente il colore. La colorazione del cemento può essere realizzata più efficacemente introducendo intenzionalmente piccole quantità di ioni cromatici (da qualche per mille o qualche per cento) prima della cottura del clinker di cemento bianco.

## • Cementi osmotici

Sono specifici formulati cementizi in grado di "sigillare" la superficie trattata, impedendo l'ingresso di agenti degradanti. Si tratta di premiscelati a base cementizia, spesso additivati con altri prodotti e inerti specifici, che ne consentono l'applicazione in contesti diversi e piuttosto ampi. Il nome che li caratterizza ne sottolinea il funzionamento: essi infatti sono in grado di attivare scambi fisico-chimici con la muratura su cui vengono posati, penetrando in profondità grazie al meccanismo dell'osmosi. Nel momento dell'applicazione, infatti, si determina una migrazione di sali verso l'interno della struttura, dalla soluzione più satura a quella con minore concentrazione. Penetrando così in profondità, il cemento contrasta la spinta idraulica negativa causata dall'acqua d'infiltrazione. All'interno della struttura capillare della muratura vengono così a crearsi dei composti stabili, ottenuti grazie alla trasformazione chimica della calce libera prodotta nella fase di idratazione del cemento, che origina (attraverso combinazioni chimiche) composti insolubili. Questi, che non vengono dilavati dall'acqua, permeano le cavità capillari e abbassano la tensione superficiale e il punto di bagnabilità della muratura.



Lo strato di cemento osmotico così applicato (il cui spessore varia a seconda delle necessità), crea un rivestimento monolitico caratterizzato da elevata durezza e resistenza, impedendo così la penetrazione di acqua e umidità dall'esterno e contrastando contemporaneamente le eventuali contropinte idrauliche (per esempio dovute a battenti idrici). Nonostante ciò, lo strato protettivo che essi determinano rimane permeabile al vapore, consentendo il naturale smaltimento per evaporazione dell'umidità presente nella muratura. Le caratteristiche principali che contraddistinguono questi materiali sono elevato potere di adesione (fattore importante per contrastare efficacemente eventuali contropressioni), elevata durabilità, resistenza in ambienti aggressivi o in presenza di agenti chimici, biologici e inquinanti, ottima resistenza alle sollecitazioni meccaniche e all'invecchiamento.

## • Cemento ferrico

Per cemento ferrico si intende un cemento con un contenuto nullo o molto basso di  $C_3A$ . Ne deriva un basso calore di idratazione e una buona resistenza all'attacco solfatico proprio in conseguenza del basso contenuto di alluminati. Il cemento ferrico è particolarmente idoneo per getti di grande massa e nei climi caldi, quando cioè uno sviluppo di calore molto più intenso può creare complicazioni per l'evaporazione dell'acqua da impasto o nelle costruzioni che debbano resistere all'attacco dei solfati. In entrambe le applicazioni, le prestazioni risultano ulteriormente migliorate se il cemento ferrico è mescolato con pozzolana finemente macinata per la produzione del cemento ferrico-pozzolatico. Il cemento ferrico non fornisce, in genere, elevate resi-

## ... alla Z

**O come Osmotici** - Sono cementi in grado di attivare scambi fisico-chimici nei confronti della muratura su cui sono applicati, grazie a una composizione che ne prevede l'additivazione con composti e inerti specifici. Sono utilizzati per impermeabilizzazione di murature controterra, opere idrauliche, risanamento di strutture degradate dall'umidità e, data l'assenza di sostanze nocive nella loro formulazione, per il rivestimento di manufatti destinati al contatto con acque potabili.

**P come Pozzolane** - Sostanze naturali o industriali, di natura silicea o silico-alluminosa, che aggiunte al clinker conferiscono al cemento una superiore resistenza alle aggressioni chimiche e atmosferiche. L'effetto principale consiste in una maggiore durabilità del calcestruzzo.

**Q come Qualità** - Concetto complesso che si riferisce non solamente alle caratteristiche del prodotto finito, ma anche alla loro costanza in ogni lotto di produzione. Da questa dipende infatti anche la costanza qualitativa del calcestruzzo, parametro di qualificazione indispensabile oggi espressamente richiesto anche in fase di progetto delle opere.

**R come Resistenza** - La resistenza meccanica è il massimo sforzo che un materiale è in grado di sopportare prima della rottura. Quella del calcestruzzo viene misurata applicando a provini cubici sforzi di compressione, a flessione e trazione per testarne il comportamento. L'effettiva resistenza del calcestruzzo (misurata a 28 giorni di maturazione) dipende dal tipo di cemento utilizzato e, in particolare, dalla sua classe di resistenza (tipicamente 32.5, 42.5 o 52.5).

**S come Speciali** - Nati per soddisfare specifiche esigenze prestazionali, funzionali ed estetiche, i cementi speciali si caratterizzano per una composizione chimica in cui a predominare non è il calce ma una miscela di molecole particolari e additivi, cotti a temperature molto elevate. Alcuni tipi rispondono a specifiche di legge, e sono quindi normalizzati, come ad esempio il cemento alluminoso; altri invece, come i cementi ferrici, i bianchi o colorati, i soprassolfati e quelli ad espansione controllata sono prodotti a formulazione specifica, e destinati a impieghi assai limitati.

**T come Temperatura** - In calcestruzzi impiegati in getti di notevole massa e che sviluppano un elevato calore di idratazione la temperatura del calcestruzzo può aumentare, a causa del calore sviluppato durante le reazioni chimiche di idratazione, anche fino a valori elevati (intorno ai 40 °C). In seguito la parte esterna esposta all'aria si raffredda più rapidamente di quella interna causando tensioni di trazione sulla massa superficiale del conglomerato; con il progressivo raffreddamento della massa più interna e a causa dell'aumentata rigidità la situazione si inverte, determinando il rischio di lesioni interne alla massa di calcestruzzo.

**U come Umidità** - Parametro a volte trascurato, indica la percentuale di acqua presente negli ingredienti del calcestruzzo, in particolare degli inerti. La sua precisa e attendibile rilevazione è indispensabile per calcolare, ed eventualmente compensare, la quantità di inerti/acqua negli impianti per la produzione di cls, in quanto anch'essa può influenzare sensibilmente il corretto rapporto acqua/cemento della miscela.

**V come Viscosità** - Nell'ambito dell'ingegneria delle strutture si definisce con il termine viscosità o viscoelasticità (meglio noto in inglese come creep, e in francese come fluage) il fenomeno per cui in una struttura realizzata in calcestruzzo le deformazioni progrediscono nel tempo sotto carico costante.

**Z come Zona di transizione** - Area delle dimensioni di poche decine di mm localizzata nell'interfaccia tra aggregati e matrice cementizia. In impasti realizzati utilizzando aggiunte speciali quali il fumo di silice, se in presenza di aggregati di compattezza e densità insufficiente può rappresentare una zona vulnerabile; il problema può essere risolto selezionando materiali lapidei di caratteristiche adeguate, come granito o basalto.

stenze meccaniche alle brevi stagionature, mentre si comporta molto bene, sia alle brevi che alle lunghe stagionature, se idratato a vapore.

#### • **Cemento soprasolfatato**

Il cemento soprasolfatato prodotto in Germania, Francia, Inghilterra e soprattutto in Belgio, è sostanzialmente costituito da 80-85% di loppa granulata, da 10-15% di anidrite o gesso cotto, e da circa 5% di cemento Portland. Le maggiori applicazioni del cemento soprasolfatato riguardano la confezione di calcestruzzi resistenti agli attacchi chimici.

#### • **Cemento alluminoso**

Il cemento alluminoso è ottenuto per cottura di miscele contenenti calcare e bauxite. Il cemento alluminoso non è prodotto in Italia a causa della mancanza di giacimenti importanti di bauxite. Tuttavia esso è previsto dalle Norme sui leganti idraulici, viene importato per lo più dalla Francia. I principali paesi produttori sono la Francia, l'URSS, il Canada. L'Inghilterra, gli USA e la Jugoslavia.

#### • **Cemento espansivo**

I cementi espansivi sono costituiti da miscele di cemento normale, generalmente del tipo Portland, e un agente espansivo.

La funzione dell'agente espansivo è quello di provocare un'espansione che, se utilmente impiegata, può ridurre, o addirittura eliminare, gli inconvenienti provocati dal ritiro, ed in particolare le fessurazioni. A seconda che l'en-

tità dell'espansione sia paragonabile o nettamente superiore a quella del ritiro, i cementi sono denominati rispettivamente a ritiro compensato o espansivi auto-compresi.

#### ◆ **Gli additivi**

Secondo la definizione più sintetica, gli additivi per calcestruzzo sono dei formulati chimici che, aggiunti in quantità variabili (solitamente molto contenute) agli altri ingredienti del calcestruzzo, sono in grado di migliorarne una o più prestazioni sia allo stato fresco - ad esempio lavorabilità, pompabilità, coesività - sia allo stato indurito - resistenza, permeabilità. Ed è proprio sugli effetti che questi prodotti esercitano sulle miscele che si basa la loro classificazione per famiglie, di cui ad oggi le più importanti sono quelle degli acceleranti, dei ritardanti, dei fluidificanti e superfluidificanti, degli aeranti e degli antigelolo. Accanto a queste tipologie, poi, se ne affiancano altre che riuniscono più funzioni, o influiscono su altre caratteristiche fisiche o estetiche del calcestruzzo, ad esempio idrofobizzandolo e colorandolo. Gli additivi possono essere utilizzati direttamente in centrale di betonaggio durante la fase di impasto, prima o dopo l'aggiunta degli altri ingredienti in funzione della tipologia adottata, così come - anche se più raramente - prima del getto: requisito fondamentale, in entrambi i casi, è la loro perfetta omogeneizzazione nell'impasto e non concentrato localmente. Dal punto di vista quantitativo, l'aggiunta non deve superare il 2% rispetto alla percentuale di legante, fatta eccezione per i superfluidificanti che possono essere impiegati in percentuali superiori. Ma vediamo con maggiore precisione le modalità di funzionamento e gli effetti di questi formulati.

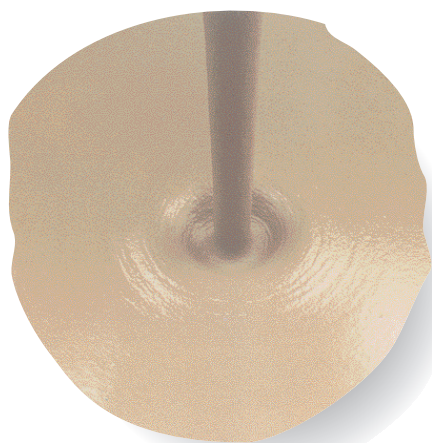
#### • **Fluidificanti e superfluidificanti**

Sono con ogni probabilità la famiglia di additivi più nota, oltre che la prima

ad essere utilizzata nel calcestruzzo allo scopo di conseguire un miglioramento della sua lavorabilità senza dovere intervenire, aumentandolo, sul rapporto acqua/cemento. Questi prodotti adottano in genere come agenti attivi sostanze polimeriche idrosolubili, che aderiscono ai granuli di cemento anidro; in questo modo le frazioni di cemento, che normalmente per effetto di forze elettrostatiche tendono a aderire tra loro, vengono disperse e separate nell'acqua di impasto. L'effetto è paragonabile a quello di una maggiore scorrevolezza dell'impasto, che pur mantenendo invariata la formulazione degli altri ingredienti risulta più fluido, e di conseguenza più lavorabile. Gli additivi fluidificanti possono essere classificati in tre gruppi, in funzione della natura chimica dei componenti che ne fanno parte, ovvero i ligninsolfonati, gli acidi idrossi-carbossilici e i polimeri idrossilati. I primi sono quelli più largamente utilizzati. La seconda famiglia, quella degli additivi superfluidificanti, adotta invece come componente di base la naftalina solfonata polimerizzata con formaldeide (naftalen - solfonati) o la melammina solfonata polimerizzata con formaldeide. Rispetto agli additivi fluidificanti, i superfluidificanti consentono generalmente una maggiore riduzione della percentuale d'acqua di impasto; a fronte di tutto ciò, tuttavia, la durata dell'effetto fluidificante risulta minore e per questo motivo, qualora le circostanze lo rendano opportuno, è consigliabile adottare prodotti superfluidificanti speciali con effetto ritardante. Dal punto di vista reologico, l'aggiunta degli additivi superfluidificanti a rilascio progressivo, rispetto ai superfluidificanti tradizionali, evidenzia una sensibile ulteriore riduzione del contenuto d'acqua (e quindi del rapporto acqua/cemento), nonché il costante mantenimento della lavorabilità, evitando successive aggiunte d'acqua al calcestruzzo.

#### • **Acceleranti**

Gli additivi acceleranti (come i ritar-



danti) hanno la funzione di modificare il grado di idratazione del cemento solo alle brevi stagionature, e quindi modificano le prestazioni del calcestruzzo in corso di esecuzione ma non una volta in opera. Questi prodotti, in particolare, fanno aumentare il grado di idratazione del cemento alle brevi stagionature in modo da accorciare i tempi di presa (acceleranti di presa) o di incrementare la resistenza meccanica nei primi giorni (acceleranti di indurimento). Soprattutto nei climi invernali, quando la bassa temperatura rallenta il decorso della reazione iniziale tra l'acqua ed il cemento; a questa maggiore velocità di reazione corrisponde, evidentemente, una più rapida diminuzione

della lavorabilità. L'additivo accelerante tradizionalmente più utilizzato è stato per lungo tempo il cloruro di calcio, che tuttavia aumenta, per la presenza dello ione cloruro, il rischio di fenomeni di corrosione dei ferri d'armatura; per questo motivo, quindi, attualmente si preferisce impiegare prodotti esenti da cloruri, come il formiato di calcio o la trietanolammina. L'utilizzo degli additivi acceleranti è generalmente ristretto alle ipotesi di esecuzione di getti in climi molto freddi e per avere la possibilità di disarmare i manufatti in tempi brevi; d'altro canto, poiché un miglioramento delle resistenze meccaniche del calcestruzzo anche alle brevi stagionature può essere conseguito riducendo il rappor-

to acqua/cemento, molto più diffuso è l'impiego di additivi fluidificanti/acceleranti o superfluidificanti/acceleranti rispetto ai soli additivi acceleranti.

## • Ritardanti

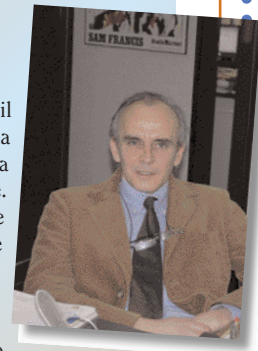
Gli additivi ritardanti assolvono il compito di ridurre il grado di idratazione del cemento nelle prime ore, soprattutto in climi caldi quando l'alta temperatura accelera l'idratazione del cemento ostacolando il trasporto del calcestruzzo con conseguente perdita di lavorabilità, le operazioni di getto e quelle di finitura, e anche in questo caso non modificano in maniera sostanziale le prestazioni del materiale una volta in opera; dopo i canonici 28 giorni di stagionatura, peraltro, è rilevabile un certo

## La voce dei produttori

**Antongioi Ceccariglia – Responsabile per il settore vendite Italcementi Group**

**D La Rivendita:** Quali iniziative dedicate al canale della rivendita edile per supportarne l'azione?

**R Ceccariglia:** Anche nel 2007 Italcementi replicherà le Giornate in Rivendita, eventi nel corso dei quali il nostro personale commerciale e tecnico incontra i clienti dei nostri clienti, gli utilizzatori, e presenta la gamma prodotti. Per quanto riguarda il supporto tecnico, il nostro servizio di assistenza tecnica e la nostra rete commerciale continueranno a svolgere il consueto servizio capillare, comprensivo di visite in cantiere. Le attività di incentive e di fidelizzazione rivolte alle rivendite sono comunque destinate ad essere sempre più numerose e innovative. Siamo i primi cementieri ad aver lanciato, nel 2006, un concorso a premi per le rivendite che abbiamo chiamato Mix & Win. Il cliente, acquistando diverse tipologie dei nostri prodotti, ottiene punti; con i punti guadagnati, attraverso un apposito sito Internet, può scegliere tra una vasta assortimento di premi. Mix & Win è stato un vero e proprio successo e verrà replicato, con delle novità, anche nel 2007. Ci sono poi altre iniziative in programma quest'anno, ma vorrei che per ora rimanessero una sorpresa.



**D La Rivendita:** All'interno di una produzione diversificata come quella del cemento, quali tipologie di prodotto vengono distribuite in via preferenziale attraverso il canale della rivendita? E in che percentuale?

**R Ceccariglia:** Non solo il tradizionale Portland 32,5. Italcementi mette a disposizione della sua clientela una delle più ampie gamme di leganti oggi presenti sul mercato; nel 2006, ad esempio, con l'introduzione dei leganti per massetti Emmet 7 (massetti a rapida asciugatura) ed Emmet 14, siamo giunti ad avere in catalogo ben dieci leganti per applicazioni specifiche che mirano a soddisfare le fasce più esigenti di clientela del rivenditore. Questi prodotti speciali, in sacco, sono interamente veicolati in rivendita.

**D La Rivendita:** Esiste una tipologia di rivendita che tendete a privilegiare? E, in questo quadro, quale raggio d'azione è considerato economicamente redditizio, dato il basso valore unitario del prodotto?

**R Ceccariglia:** Con impianti produttivi e depositi presenti in tutto il paese, Italcementi dispone di una delle reti produttive e distributive più capillari in Italia. Grazie a questa struttura e ad una rete vendita di ben 140 persone riusciamo ad assicurare a tutte le fasce di clientela, dal piccolo rivenditore al grande consorzio, un servizio adeguato e sempre a livelli di eccellenza.

**D La Rivendita:** Grazie a tecnologie produttive sempre più sofisticate, la qualità dei cementi ha raggiunto oggi livelli elevati. In quale direzione si sta orientando l'evoluzione del prodotto? Verso un ulteriore miglioramento delle performance? O nuove formulazioni?

**R Ceccariglia:** La ricerca in Italcementi ha seguito l'evolversi del mercato delle rivendite mettendo a punto prodotti specifici per specifici impieghi. Prodotti, soprattutto, studiati ad hoc per risolvere i problemi di messa in opera e impiego dei professionisti del settore dell'edilizia. Tutto ciò nel quadro di un ciclo che a monte può contare su una linea di produzione rispettosa dell'ambiente in accordo con la politica di sviluppo sostenibile applicata da Italcementi.



aumento delle resistenze rispetto a impasti non additivati, determinato dal fatto che la bassa velocità di idratazione consente la costruzione di una struttura microcristallina più ordinata, che una volta stagionata consente di ottenere una maggiore compattezza del materiale. Tra gli agenti attivi più frequentemente utilizzati in questi additivi si segnalano le sostanze zuccherine (glucosio, saccarosio), la glicerina, i ligninsolfonati e i fosfati. L'impiego di questi prodotti è consigliabile anche al fine di evitare, in caso di brevi interruzioni dei getti, la perdita di monoliticità e la formazione di giunti freddi; l'utilizzo per l'ultimo strato di un getto di calcestruzzo a lungo tempo di presa consente inoltre dopo qualche ora di gettare "fresco su fresco", mentre l'impiego di vibratori permette poi di compenetrare le porzioni di conglomerato gettate a distanza di tempo.

#### • **Aeranti o antigelo**

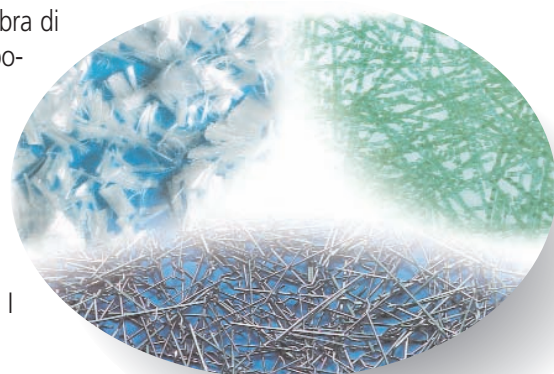
Questa tipologia di additivi, che trova largo utilizzo in tutte le occasioni in cui risulti necessario accentuare la resistenza del calcestruzzo ai cicli di gelo e disgelo, è costituita da sostanze sia di origine naturale che di sintesi, come gli achil-solfonati, con caratteristiche tensioattive. Questi additivi, aggiunti in quantità limitata (da 0,02 a 0,05% sul peso del cemento) all'impasto del calcestruzzo, consentono la formazione e l'inglobamento nella pasta cementizia di bollicine d'aria aventi un diametro da 50 a 250 micron, il cui numero è determinante in rapporto all'efficacia dell'azione svolta dal prodotto. La loro presenza, infatti, fa sì che durante le fasi di gelo e disgelo le tensioni meccaniche

che si sviluppano a seguito dell'aumento di volume dell'acqua trovino sfogo nelle porosità dell'impasto, che fungono in questo modo da vasi di espansione. A fronte di tutto questo va tuttavia segnalato che la presenza di aria nella matrice del calcestruzzo tende ad influenzare sensibilmente i valori di resistenza a compressione del conglomerato, in ragione di circa il 5% in meno per ogni punto percentuale di aria inglobata; d'altro canto questo inconveniente risulta attenuato dal miglioramento della lavorabilità degli impasti dovuto alla presenza di una miriade di particelle minute e deformabili, che permettono conseguentemente di ridurre la percentuale d'acqua presente nella miscela.

#### ◆ **Fibre di rinforzo**

L'aggiunta di fibre al conglomerato cementizio consente di ottenere un impasto composito, costituito da una matrice a base di acqua, cemento e sabbia e da un'armatura fibrosa diffusa. Quest'ultima è composta da un insieme di fibre di lunghezza generalmente compresa tra i 20 e gli 80 mm, e con un rapporto tra la lunghezza e il diametro variabile da 50 a 150. Le fibre utilizzate a questo scopo possono essere di varia natura: i materiali più comunemente impiegati sono principalmente l'acciaio, il vetro, il carbonio e altri polimeri di diversa origine e composizione, tutti comunque in grado di conferire al conglomerato una adeguata resistenza a trazione. La loro conformazione, estremamente variabile, può essere dritta, curva o ondulata, con sezione circolare, rettangolare o irregolare, e superficie liscia, uncinata o crespata per migliorarne l'aderenza alla matrice cementizia e favorirne una uniforme distribuzione. La fibra di acciaio, in particolare, è disponibile trafilata, laminata o fresata, secondo sagome diverse che vanno da quella diritta, a quella a gancio, ondulata o a chiodo: l'acciaio è inoltre disponibile in filo normale, inox o zincato. I

materiali sintetici, polipropilene o poliestere, possono essere monofilo oppure, nel caso del poliestere, fibrillati ovvero presentarsi a fasci intercollegati che si scompongono nel corso del mescolamento. L'aggiunta di fibre ai tradizionali impasti consente di ottenere notevoli vantaggi, interessanti soprattutto in funzione di particolari condizioni di utilizzo. In primo luogo, queste rappresentano un efficace strumento di contrasto alla fessurazione o, per meglio dire, alla propagazione delle fessure indotta dall'insorgere delle tensioni di trazione, aumentando la duttilità e la tenacità del cls. Un'altra caratteristica interessante del calcestruzzo fibro-rinforzato riguarda l'aumento della tensione che occorre applicare, dopo la prima fessurazione della matrice cementizia, per deformare ulteriormente il sistema fibro-rinforzato. Un'ultima proprietà, connessa alla precedente, è rappresentata dalla tenacità del calcestruzzo fibro-rinforzato, intesa come lavoro totale che occorre spendere per portare a completa rottura il materiale. Alla tenacità si deve la capacità di resistere agli urti, qualità particolarmente apprezzata nelle strutture sottoposte a sollecitazioni impulsive e ripetute. A fronte di tali vantaggi, va parallelamente osservato come, sotto il profilo della lavorabilità, l'impasto fresco risulti meno gestibile di quello tradizionale per via dell'intreccio delle fibre. Queste ultime vengono infatti aggiunte al conglomerato in fase di confezionamento nell'impastatrice, e tendono a disporsi in modo casuale; con tecniche opportune è peraltro possibile ottenere una distribuzione secondo una direzione preferenziale. Proprio ad evitare una distorsio-



## Norme e certificazioni

### *Certificazione dei cementi: norme tecniche applicative della direttiva 89/106/CE e decreto ministeriale*

- Dir. 89/106/CEE del 21 dicembre 1988  
Relativa al ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari e amministrative degli Stati membri concernenti i prodotti da costruzione (G.U. L40 dell'11 febbraio 1989)
- D.p.r. n. 246 del 21 aprile 1993  
Regolamento di attuazione della direttiva 89/106/CEE relativa ai prodotti da costruzione (G.U. n. 170 del 22 luglio 1993)
- D.M. n. 314 del 12 luglio 1999  
Regolamento recante norme per il rilascio dell'attestato di conformità per i cementi destinati alle opere di ingegneria strutturale e geotecnica per i quali è di prioritaria importanza il rispetto del requisito essenziale n. 1 di cui all'allegato A (resistenza meccanica e stabilità) al decreto del presidente della Repubblica 21 aprile 1993, n.246 (G.U. 214 del 11 settembre 1999)
- UNI EN 197-2  
(cemento) Valutazione della conformità (giugno 2001)
- D.M. 22 gennaio 2002  
Autorizzazione provvisoria all'I.C.I.T.E. -Istituto centrale per l'industrializzazione e la tecnologia edilizia, in San Giuliano Milanese, alla certificazione CE di conformità per i cementi comuni, secondo la norma UNI EN 197-1/2 (G.U. n. 55 del 6 marzo 2002)
- Manuale della qualità  
Procedura gestionale per la certificazione di conformità dei cementi comuni ai sensi dell'alle. ZA della norma EN 197-1:2000 (edizione giugno 2001)

### *Normative europee e nazionali sulla composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni e per la valutazione di conformità*

- L. 595 del 26 maggio 1965  
Caratteristiche tecniche e requisiti dei leganti idraulici (G.U. n. 143 del 10 giugno 1965)
- D.M. 3 giugno 1968  
Nuove norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova dei cementi (G.U. n. 180 del 17 luglio 1968)
- D.M. 31 agosto 1972  
Norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova degli agglomerati cementizi e delle calce idrauliche
- D.M. 20 novembre 1984  
Modificazioni al decreto ministeriale 3 giugno 1968 recante norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova dei cementi (G.U. n. 353 del 27 dicembre 1984)
- Dir. 89/106/CEE del 21 dicembre 1988  
Relativa al ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari e amministrative degli Stati membri concernenti i prodotti da costruzione (G.U. L40 dell'11 febbraio 1989)
- D.p.r. n. 246 del 21 aprile 1993  
Regolamento di attuazione della direttiva 89/106/CEE relativa ai prodotti da costruzione (G.U. n. 170 del 22 luglio 1993)
- D.M. 13 settembre 1993  
Abrogazione di alcune disposizioni contenute nel decreto ministeriale 3 giugno 1968 concernente nuove norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova dei cementi (G.U. n.223 del 22 settembre 1993)
- UNI EN 197-1  
(cemento) Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni (giugno 2001)

### *Norme di progettazione*

- DECRETO 14 settembre 2005  
Norme tecniche per le costruzioni. (GU n. 222 del 23-9-2005 - Suppl. Ordinario n.159)
- D.M. 9 gennaio 1996  
Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche (S.O. 19 alla G.U. n. 29 del 5 febbraio 1996)
- D.M. 16 gennaio 1996  
Norme tecniche relative ai "criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" (S.O. 19 alla G.U. n. 29 del 5 febbraio 1996)
- D.M. 16 gennaio 1996  
Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche (S.O. 19 alla G.U. n. 29 del 5 febbraio 1996)
- Circolare 4 luglio 1996 n. 156AA.GG/STC  
Istruzioni per l'applicazione delle "norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996 (S.O. 151 alla G.U. n. 217 del 16 settembre 1996)
- Circolare 15 ottobre 1996 n. 252 AA.GG/STC  
Istruzioni per l'applicazione "norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche" di cui al decreto ministeriale 9 gennaio 1996 (S.O. 207 alla G.U. n. 277 del 26 novembre 1996)
- Circolare 10 aprile 1997 n. 65/AA.GG  
Istruzioni per l'applicazione delle "norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996 (S.O. 89 alla G.U. n. 97 del 28 aprile 1997)

ne delle fibre o una loro dannosa agglomerazione è consigliabile ridurre il tempo di miscelazione di queste ultime con il conglomerato fresco ed introdurre nell'impasto già avviato solo per il tempo minimo necessario alla loro distribuzione.

### ◆ L'innovazione di prodotto

Grande risalto è stato dato in questi ultimi tempi a calcestruzzi o malte per il rivestimento ottenuti adottando un particolare e nuovo legante a base di cemento contenente biossido di titanio. Questo nuovo tipo di cemento, chiamato cemento fotocatalizzatore, è in grado di generare, sotto forma di impasto di malta o calcestruzzo, rivestimenti più resistenti all'inquinamento e bisognosi di una manutenzione nulla o quasi nel tempo. Di particolare importanza l'efficacia del prodotto nel combattere i fenomeni di degrado e formazione di sporcizia superficiale dovuti all'inquinamento atmosferico. Alla base delle performance del cemento, la presenza nella miscela, in aggiunta ad altri componenti, di biossido di titanio, sostanza innocua presente addirittura in alcuni prodotti alimentari e dalle proprietà fotocatalitiche. La molecola è cioè in grado di ossidare, in presenza di luce e aria, le sostanze organiche e inorganiche come il nerofumo – assimilabile alle polveri sottili -, gli ossidi di azoto, gli aromatici policondensati ed il benzene presenti nell'aria atmosferica e quindi a contatto con le superfici trattate. Le sostanze inquinanti vengono trasformate in nitrati di sodio e nitrati di calcio, che precipitano, ed in anidride carbonica. Queste ultime sostanze vengono comunque generate in quantità assolutamente irrilevanti, misurabili in parti per milione. I rivestimenti o le superfici a vista ottenute con questo speciale tipo di cemento, nonché i getti di calcestruzzo strutturale lasciati a vista, conservano caratteristiche di brillantezza ed uniformità delle superfici, con evidenti vantaggi estetici ed economici per una loro migliore durabilità nel tempo. Prove sperimentali di laboratorio hanno

dimostrato che le superfici autopulenti trattate allo scopo con estratti di cenere di tabacco di sigaretta e nerofumo, hanno riacquisito il bianco iniziale del campione di riferimento dopo circa 60 ore di esposizione a lampada ad induzione riproducente lo spettro dell'azione solare. A seconda del tipo di destinazione, il legante può essere efficacemente impiegato negli impasti di intonaco o rasante su qualsiasi superficie verticale da rivestire e proteggere, oppure da realizzare ex novo, e quindi essere applicato sotto forma di protettivo, e cioè in qualità di pittura cementizia, con posa a rullo, pennello o spruzzo. La percentuale di biossido di titanio in esso contenuta è funzione proprio della specificità della realizzazione, con effetti positivi sia in interno che esterno ovvero per opere con particolari richieste sanitarie, quali ospedali, piscine e scuole ma anche con severe esposizioni alle atmosfere aggressive dell'ambiente urbano, come strade e gallerie. I promettenti riscontri di laboratorio, corroborati dalle prime applicazioni all'estero ed in Italia, lasciano naturalmente intravedere eccellenti prospettive per i futuri utilizzi del legante: naturalmente, data la proiezione negli anni delle valutazioni, ai posteri è demandata l'ardua sentenza.

#### • Anche impermeabile...

Un'impermeabilizzazione integrale del calcestruzzo per cristallizzazione è ottenuta con speciali composti chimici attivi miscelati nel mix design in fase di confezionamento. Gli additivi chimici reagiscono con l'umidità del calcestruzzo nelle fasi di getto e con i sottoprodotti dell'idratazione del cemento, generando una struttura cristallina filiforme non solubile nei pori e nei capillari che diventa parte integrante della matrice, con effetto curing e aumento della resistenza a compressione del calcestruzzo. Il cls rimane permeabile al vapore pur permettendo alla struttura di rimanere asciutta anche in presenza di alte pressioni idrostatiche. Il prodotto è utilizzato in un'ampia varietà di strutture in calcestruzzo, la sua applicazione è

semplice ed il metodo è flessibile: nel getto in opera, nello spritz beton-calcestruzzo proiettato, nella prefabbricazione, con accelerazione dei tempi di realizzazione e contenimento dei costi eliminando il tempo e l'onere di posa dei tradizionali metodi di impermeabilizzazione.

#### • ... e autocompattante

I calcestruzzi autocompattanti, o Self Compacting Concrete (SCC), sono calcestruzzi coesivi, privi di segregazione e caratterizzati da una lavorabilità così elevata da poter essere messi in opera e compattati senza la necessità di opere aggiuntive di vibrazione, pur in strutture fortemente armate o di forma articolata. Si potrebbe infatti affermare che le tre proprietà che più si apprezzano del materiale allo stato fresco sono: la capacità di costipare autonomamente e unicamente sotto l'effetto della propria gravità tutte le casseforme predisposte per l'ottenimento dei manufatti; la resistenza alla segregazione durante la fase di getto, sia che quest'ultima avvenga in caduta libera, sia che si realizzi tramite pompaggio; la capacità di inviluppo delle armature metalliche, ottimamente inglobate nella matrice dell'impasto, in grado di fluire con regolarità attraverso le forme predisposte. La nascita del prodotto si deve ai giapponesi presso i quali, così come, d'altra parte, nel resto del mondo (e soprattutto in Italia dove si fa un ampio uso di calcestruzzi gettati in opera), è sorta la necessità di realizzare calcestruzzi durevoli ma di facile lavorazione. Con quest'ultima generazione di prodotti si è, in breve, cercato di ottenere prodotti la cui qualità futura in opera, a seguito delle necessarie lavorazioni di cantiere, non fosse così fortemente condizionata dall'operato manuale,



non sempre all'altezza, bisogna riconoscere, di dar luogo a manufatti resistenti nel corso del tempo. In più, la possibilità di sottrarre agli incerti di cantiere una serie di lavorazioni aggiuntive onde ottenere un manufatto di qualità, si traduce in un'economia produttiva di tutto rispetto. Un ulteriore e non trascurabile vantaggio è dato nell'esecuzione di getti massivi, per i quali è ottenibile un'omogeneità strutturale considerevole. Da un punto di vista tecnologico, le differenze tra un calcestruzzo tradizionale e un SCC sono date proprio dall'elaborazione di un apposito mix-design dell'impasto: si ha, infatti, una riduzione in peso dell'aggregato grosso e del suo diametro massimo. Il volume di pasta "in eccesso" così determinatosi è anche in grado di trascinare facilmente gli elementi più grossi costituiti da ghiaia e ghiaietto. Gli SCC sono caratterizzati in generale da:

- un maggior volume delle polveri, costituite in parte da cemento e in parte da altro filler;
- un minor contenuto e un ridotto diametro dell'aggregato grosso;
- impiego di agenti viscosi;
- impiego di superfluidificanti di natura acrilica, ideati proprio in Giappone.

In questo tipo di calcestruzzi la fluidità e quindi l'abbassamento al "cono di Abrams" risultano così elevate da non rendere più significativa tale tipo di misurazione.

Nel calcestruzzo ordinario la vibrazione è necessaria poiché tutti gli aggregati di varia dimensione hanno una certa difficoltà a muoversi, dal momento che esiste una collisione frequente tra gli stessi aggregati e il vibratore non fa altro che vincere questa energia per rendere più fluido il calcestruzzo: gli SCC hanno quindi un maggior volume di matrice cementizia e un minor contenuto di aggregati grossi, in termini quantitativi, e di volume che riduce, di fatto, la frequenza di collisione tra gli aggregati. Il contenuto in cemento sarà correlato soprattutto al previsto rapporto acqua/cemento con l'acqua dell'impasto.