

**CALCESTRUZZO IMPERMEABILE E AUTOSIGILLANTE SPRUZZATO PER VIA UMIDA PER LA REALIZZAZIONE DI RIVESTIMENTI DEFINITIVI DI GALLERIE**

La posa in opera del calcestruzzo proiettato per "via umida", avviene mediante il trasporto nella tubazione del calcestruzzo e l'aggiunta dell'additivo liquido accelerante avviene sempre nella lancia attraverso un condotto separato dalla pompa principale che trasporta il conglomerato fluido, noto con il termine di "shotcrete" e le prime applicazioni risalgono agli anni 60; la proiezione del calcestruzzo contro le pareti della galleria viene ottenuta immettendo aria compressa nella parte terminale della tubazione. Rispetto ai tradizionali calcestruzzi, quello proiettato presenta delle specificità diverse.



Tali specificità sono:

- dimensione massima dell'aggregato: generalmente si impiegano aggregati di pezzatura massima non superiore a 8 - 10 mm. Questa esigenza nasce dal fatto che occorre aumentare la frazione di pasta di cemento a scapito di quella lapidea al fine di ridurre lo sfrido di calcestruzzo durante la proiezione contro le pareti dello scavo;
- contenuto di cemento: il contenuto minimo di cemento non deve risultare inferiore a 450 kg/m<sup>3</sup>;
- utilizzo di accelerante di presa: da questo punto di vista esistono due tipologie di acceleranti quelli a base di silicato di sodio (5÷15% sul cemento) e quelli denominati alkali-free a base di solfati di alluminio (4÷8% sul cemento). Gli acceleranti di presa a base di silicato di sodio consentono di raggiungere già dopo poche ore maggiori resistenze a compressione rispetto a quelle conseguibili con gli acceleranti alkali-free. Per contro, però alle lunghe stagionature i conglomerati additivati con silicato di sodio presentano prestazioni meccaniche inferiori rispetto a quelle conseguibili con gli acceleranti alkali-free. L'abbattimento delle prestazioni meccaniche degli impasti additivati con il silicato di sodio può risultare anche del 50% rispetto al conglomerato non additivato. Gli acceleranti alkali-free invece determinano riduzioni delle resistenze meccaniche stimabili all'incirca in un 10% rispetto all'impasto senza accelerante. Per questo motivo, gli acceleranti a base di silicato di sodio vengono impiegati per la realizzazione di rivestimenti provvisori mentre quelli alkali-free sono utilizzati per la produzione di impasti destinati alla realizzazione di rivestimenti definitivi strutturali. Gli acceleranti a base di silicato di sodio per contro, grazie ad una presa più istantanea si fanno preferire a quelli alkali-free quando sono presenti consistenti venute di acqua.



sulle pareti dello scavo. In questi contesti, infatti, gli impasti con alkali-free per la minore rapidità di presa potrebbero subire un dilavamento per azione dell'acqua. Occorre inoltre, tener conto del grosso rischio di reazione alcali-silice, ASR, quando si impiegano acceleranti a base di silicati alcalini se gli inerti sono silicei di tipo alcali reattivo. Se si analizza il "grado di compattazione" dei calcestruzzi con acceleranti alkali-free è all'incirca 0,97 – 0,98, mentre per quelli acceleranti con silicato sodio è circa 0,94 – 0,95. Quindi, l'abbattimento di resistenza meccanica riscontrabile alle stagionature più lunghe è più o meno in linea con il minor "grado di compattazione" per i calcestruzzi trattati con gli alkali-free, mentre è notevolmente maggiore con quelli trattati con silicati di sodio. Tutto ciò fa pensare che questi ultimi additivi ritardino decisamente l'idratazione del cemento alle lunghe stagionature, dopo l'iniziale effetto accelerante;

- **prestazioni meccaniche alle brevissime stagionature:** indipendentemente dalla presenza dell'accelerante di presa, le resistenze che l'impasto deve sviluppare dopo 6 ore debbono essere maggiori di  $4/N/\text{mm}^2$

Per quanto riguarda la composizione del calcestruzzo proiettato nella "via umida", normalmente si prevede un contenuto di cemento =  $450 \text{ kg/m}^3$ , rapporto a/c = 0,45-0,35 con l'utilizzo di superfluidificanti e presenza di aggregato grosso ( $450\text{-}650 \text{ kg/m}^3$ ) con diametro massimo di 10 mm. Gli additivi superfluidificanti sono impiegati nel calcestruzzo proiettato per "via umida" al fine di produrre un calcestruzzo pompabile, con ridotti rapporti a/c (0,45-0,35). Con questi bassi rapporti a/c, la "via umida", consente di ottenere un significativo miglioramento, rispetto alla "via secca", delle prestazioni meccaniche, della tenuta idraulica e della durabilità. Inoltre, con l'utilizzo degli additivi superfluidificanti, la "via umida" consente l'applicazione di grandi volumi di calcestruzzo proiettato, aumentando la produttività e favorendo la diminuzione dello sfrido rispetto alla "via secca", ottenendo prestazioni in opera da essere paragonate con quelle raggiungibili con calcestruzzo gettato in casseri. La sommatoria dei miglioramenti ottenuti, ha determinato cambio di direzione a favore della "via umida". Sempre la "via umida" presenta dei vantaggi in termini di salute e sicurezza nei luoghi di lavoro con minori polverosità e problematiche causate dall'uso cemento in polvere. Non va dimenticato che le alte prestazioni del materiale di base favoriscono la facilità della posa e non richiede necessariamente personale altamente specializzato da cui invece dipende il successo o meno della "via secca". Non va dimenticato il notevole contributo che i superfluidificanti danno per la riduzione dello sfrido. Con la "via umida", possono essere impiegati anche additivi aeranti per produrre calcestruzzi in classe di esposizione XF2 – XF3 – XF4, migliorando la durabilità dei calcestruzzi proiettati esposti in servizio a cicli di gelo-disgelo. Il giusto dosaggio di additivo deve essere sperimentalmente determinato, al fine di garantire che l'aria inglobata nel calcestruzzo in opera, sia circa 4-6% tenuto conto di quella che si perde durante il pompaggio e la proiezione. Per incrementare alcune prestazioni dello "spritz-beton", si utilizzano calcestruzzi fibrorinforzati. Tali fibre possono essere di varia natura: le fibre polimeriche "non strutturali" per incrementare la resistenza alla microfessurazione da ritiro plastico nelle prime ore di maturazione dopo la posa in opera; le polimeriche strutturali, le metalliche ed in filato di vetro, per il miglioramento della duttilità, della tenacità e della resistenza all'urto del calcestruzzo. Per quanto riguarda il dosaggio delle fibre nel calcestruzzo, normalmente, vengono impiegate fibre in acciaio con contenuti di  $35\text{-}45 \text{ kg/m}^3$ , fibre polimeriche strutturali con contenuti  $3\text{-}4 \text{ kg/m}^3$  e fibre in filato di vetro, resistenti all'attacco degli alcali, nella quantità di  $8\text{-}12 \text{ kg/m}^3$  (quantitativi suggeriti dei produttori). Tali **calcestruzzi fibrorinforzati** vengono impiegati per consolidare fronti di gallerie, terreni e/o rinforzare strutture preesistenti, con o senza l'utilizzo di armatura metallica in barre o rete, secondo le richieste del progettista.



Per incrementare le prestazioni impermeabilizzanti dello "spritz-beton" si utilizza il **Cristal MIX - System Technology** (Additivo per l'impermeabilizzazione e l'autosigillatura del calce struzzo mediante cristallizzazione interna) miscelato in ragione del 2% sulla quantità di cemento a m<sup>3</sup>. L'impasto così ottenuto risulterà più omogeneo incrementerà le prestazioni del calcestruzzo stesso e, grazie alle caratteristiche di auto-sigillatura aumenterà la durabilità dell'opera realizzata. La formulazione di **Cristal Mix** consente esclusivamente l'utilizzo come acceleranti di presa di alkali-free (silicati di sodio da evitare assolutamente). La costipazione del calcestruzzo proiettato dovrà essere particolarmente curata anche con l'ausilio di cazzuola o spatola metallica evitando la formazione di vuoti che possano compromettere l'impermeabilizzazione di massa. Norme operative di utilizzo in cantiere:

1. dopo l'introduzione di **Cristal MIX** in autobetoniera far sciacquare dall'operatore la tramoggia di carico e le prime pale del tamburo utilizzando pochissima acqua;
2. miscelare per 1 minuto per ogni mc di calcestruzzo contenuto nella macchina alla media/ alta velocità
3. Non aggiungere acqua all'impasto di calcestruzzo dopo aver introdotto "**Cristal MIX**" i n autobetoniera se non quanto previsto al punto 1.

Le informazioni vengono fornite in buona fede e senza alcuna garanzia. L'applicazione, l'utilizzo e la lavorazione di questi prodotti vanno oltre il nostro controllo e quindi la nostra responsabilità. La responsabilità per errata applicazione o per qualsiasi altro motivo, per qualunque tipo di danni, si limita sempre al valore delle merci fornite da SYSTEM TECHNOLOGY. I prodotti e i sistemi sono fabbricati con il massimo della qualità.

