

Calcestruzzo proiettato impermeabile e reattivo nel tempo per cristallizzazione Il “self-healing” nella porosità residua dello spritz beton strutturale

Il calcestruzzo proiettato, noto anche come “spritz beton” in tedesco o “shotcrete” in inglese, fa parte della categoria dei calcestruzzi speciali e si può definire come conglomerato a base cementizia indirizzato pneumaticamente ad alta velocità su di una superficie.

Dal punto di vista normativo è assimilabile ad un calcestruzzo gettato in opera e come tale deve essere progettato. A differenza del calcestruzzo ordinario però, non necessita di casseformi, consentendo getti dalle forme più disparate o dalle configurazioni geometriche complesse tramite proiezione del conglomerato a presa rapidissima con macchine spruzzatrici speciali.

Per realizzare uno spritz beton vanno utilizzati dei mix design particolari, tipicamente caratterizzati da un’elevata percentuale di cemento, basso rapporto acqua-cemento, ridotto diametro dell’aggregato (formato generalmente anche solo da diverse grammature di sabbie) e additivi acceleranti di presa.

Cosa si intende per calcestruzzo proiettato ?

La tecnologia per la messa in opera del calcestruzzo proiettato è nata nel 1911 negli USA ed è stata introdotta in Europa nel 1920. A seconda delle modalità di introduzione dell’acqua nella miscela, si distinguono due procedure di applicazione, per via secca e per via umida.

Nella modalità per “via secca” gli ingredienti asciutti (cemento, aggregato e eventuali aggiunte) vengono trasportati in una tubazione fino alla lancia (l’apparecchio di spruzzaggio), dove vengono aggiunti l’acqua e gli acceleranti. Nel sistema per “via umida”, invece, gli aggregati già miscelati con l’acqua vengono trasportati nella tubazione ed è soltanto l’additivo accelerante che viene aggiunto nella lancia, in una condotta separata dalla pompa principale. In entrambe le modalità il conglomerato subisce un’accelerazione per mezzo di aria compressa prima di uscire dalla lancia.

Tutte e due le tipologie di applicazione del calcestruzzo prevedono sempre una certa quantità di “sfrido”, ossia la quantità di materiale che rimbalza anziché aderire al supporto e che può dipendere dall’abilità dell’operatore, dall’angolo di proiezione, dal rapporto acqua/cemento, dalla distanza tra supporto e lancia, dalla velocità di proiezione (quindi dalla quantità di aria compressa), dal contenuto di cemento e/o dalla granulometria dell’aggregato ed è amplificato dalla tecnica per “via secca”. Comprensibilmente, uno sfrido elevato costituisce una perdita economica per l’impresa, nonché una perdita delle caratteristiche originarie del conglomerato cementizio.

Composizione tipica dello Spritz Beton

I componenti di base di un calcestruzzo proiettato sono gli stessi di un calcestruzzo ordinario, tuttavia vi sono alcune differenze sostanziali, soprattutto nei dosaggi e nella granulometria dell’aggregato:

- **Aggregato:** le dimensioni massime degli inerti non devono superare gli 8-10 mm di diametro, in quanto un aggregato molto grande necessiterebbe di una grande quantità di cemento per evitare il rimbalzo.
- **Cemento:** la quantità di cemento prevista è generalmente assimilabile a quella di un calcestruzzo con un’elevata classe di resistenza. Il contenuto minimo è di 450 kg/m³.

- **Acceleranti di presa:** consentono di raggiungere elevate resistenze in brevi tempi. Esistono due differenti tipologie di acceleranti: alcalini a base di silicati (5-15% sul peso del cemento) o i cosiddetti “alkali-free” (4-8% sul cemento), a base di solfati di alluminio. I primi permettono il raggiungimento delle prestazioni meccaniche in tempi più brevi rispetto ai secondi, tuttavia alle lunghe stagionature sono gli alkali-free che rendono il calcestruzzo proiettato più resistente (anche fino al 50% in più rispetto ad uno spritz beton con acceleranti a base di silicato di sodio) e permettono di raggiungere un grado di compattazione maggiore. Un altro grande vantaggio derivante dall’utilizzo di acceleranti alkali-free è la riduzione del rimbalzo, dal momento che l’impasto assume caratteristiche plastiche nei primi secondi dall’applicazione e soprattutto la sicurezza per l’operatore di un materiale assai meno pericoloso rispetto al silicato.
- **Additivi:** abbastanza comune e necessaria ad assicurare un’adeguata fluidità (classe S4) alla miscela è l’aggiunta di additivi superfluidificanti; si possono utilizzare, inoltre anche aggiunte pozzolaniche per conferire maggiore tixotropia al conglomerato, nonché per la protezione dai solfati; additivi viscosizzanti in presenza d’acqua; fumi di silice; fibre ecc.

L’additivo PENETRON® ADMIX per il calcestruzzo proiettato

Che si tratti di un rivestimento riempitivo, protettivo, consolidante o strutturale autoportante, realizzati su opere underground in genere, anche in presenza di contropressioni o soggetta ad aggressioni chimico-fisiche, spruzzati in opera per via secca o umida, non si può prescindere da una matrice cementizia impermeabile e durevole nel tempo.

Spessore, resistenze meccaniche, resistenze agli aggressivi chimici o al dilavamento rappresentano variabili rilevanti per la scelta dei componenti e dei dosaggi all’interno del mix design, senza trascurare però caratteristiche come l’**impermeabilità** e la **durabilità**, anche in contesti di contropinta capillare di acqua.

L’inserimento del PENETRON® ADMIX, additivo idrofilo in polvere a base di microcementi Portland e principi reattivi proprietari, in mix design con un alto contenuto di cemento per applicazioni in ambienti particolarmente umidi e presenza di acqua anche in spinta, garantisce una continua densificazione della matrice nel tempo, grazie all’effetto della post-cristallizzazione dell’elemento solubile. Questa esclusiva capacità di auto-riparazione (“self-healing”) delle fessure fino a 0,4 mm di ampiezza, che permane durante tutta la vita utile di esercizio del manufatto, si riattiva ogniqualvolta vi sia presenza di umidità, rende il calcestruzzo impermeabile e lo protegge dagli agenti aggressivi. Questa tecnologia è particolarmente indicata per le caratteristiche della matrice dello Spritz: alta porosità residua, aria inglobata, riprese di getto naturali tra i vari strati, il calcestruzzo proiettato infatti non è messo in opera con l’adeguata vibrazione e continuità di un getto in calcestruzzo tradizionale.

Test ufficiali condotti in numerosi applicazioni pubbliche dimostrano come la post-cristallizzazione dell’additivo PENETRON® ADMIX migliori sensibilmente le prove di impermeabilità in pressione (secondo la UNI EN 12390/8) condotte sulle carote prelevate dal rivestimento in condizioni di integrità delle stesse, così come anche su carote fessurate fino ad una ampiezza di 0,4 mm. in cui viene comprovata l’attività di “self healing” autocicatizzazione nel tempo e relativa chiusura delle stesse fessurazioni con la riduzione a zero del flusso d’acqua (Il caso della Galleria Paradiso – Opere autostradali in calcestruzzo)
<https://www.penetron.it/presentazione/dicono-di-noi>.

Le applicazioni tipiche sono divise in due campi applicativi:

- **Spritz beton strutturali** (sia per nuove realizzazioni, che risanamenti) di: tunnel, gallerie, condotte idrauliche, dighe, canali a cielo aperto, paramenti, ecc.
- **Spritz beton contenitivi** contro opere di sostegno interrato: diaframmi, palificate, micropali, centine, ecc.

I mix design PENETRON® per il calcestruzzo proiettato necessitano di acceleranti solo alkali-free, cementi Portland con quantitativi minimi prefissati a metro cubo, idonea curva-fuso granulometrico degli inerti, additivi iperfluidificanti e fibre di rinforzo specifici. La lavorazione in fase di compattazione deve essere eseguita da operatori specializzati con l'esecuzione di più strati ben costipati, maturati in tempi opportuni, in modo da sovrapporre i riporti per ridurre le fessurazioni e dedicando particolare attenzione alla maturazione umida.

Case History tipologiche

Lo spritz beton viene utilizzato moltissimo nelle opere in sotterraneo come Tunnel, metropolitane, condotte, canali, etc. Molte delle nostre gallerie ammalorate vengono ripristinate con layer di ricostruzione parziali, con o senza integrazione di armatura, tramite calcestruzzo proiettato. L'impermeabilità intrinseca e reattiva nel tempo di queste stratificazioni di risanamento è molto importante soprattutto nelle condizioni in cui non sia possibile realizzare la classica impermeabilizzazione continua confinata in PVC.

Lo spritz beton è anche molto utilizzato nella rifodera-ricostruzione anche ad alto spessore di canali a cielo aperto e opere idrauliche, in cui la velocità di esecuzione nella proiezione di masse voluminose di conglomerato e l'economicità della miscela da parte di un impianto di betonaggio certificato rispetto ai classici sacchi premiscelati permettono all'impresa esecutrice di essere altamente competitiva per i costi finali del risanamento.

Lo spritz beton inoltre consente la realizzazione di manufatti "eclettici" e ad alto profilo architettonico grazie alla plasmabilità della tecnologia come laghetti-piscine artificiali su terreno costipato e sagomato in getto unico e continuo. In cui la velocità di realizzazione e la conformazione delle geometrie metterebbe in difficoltà la carpenteria e il calcestruzzo tradizionale.

Un materiale quindi altamente innovativo, sempre più utilizzato in mercati che potrebbero apparire di "nicchia", eseguito con professionalità nelle fasi di progettazione e realizzazione, che regala un valore aggiunto alle imprese esecutrici per una committenza esigente e di livello.

Geom. Samuele GALLO
Ufficio Tecnico Penetron Italia S.r.l.

Arch. Enricomaria GASTALDO BRAC
A.D. Penetron Italia S.r.l.