

IL "SELF-HEALING" NELLA POROSITÀ RESIDUA DELLO SPRITZ BETON STRUTTURALE



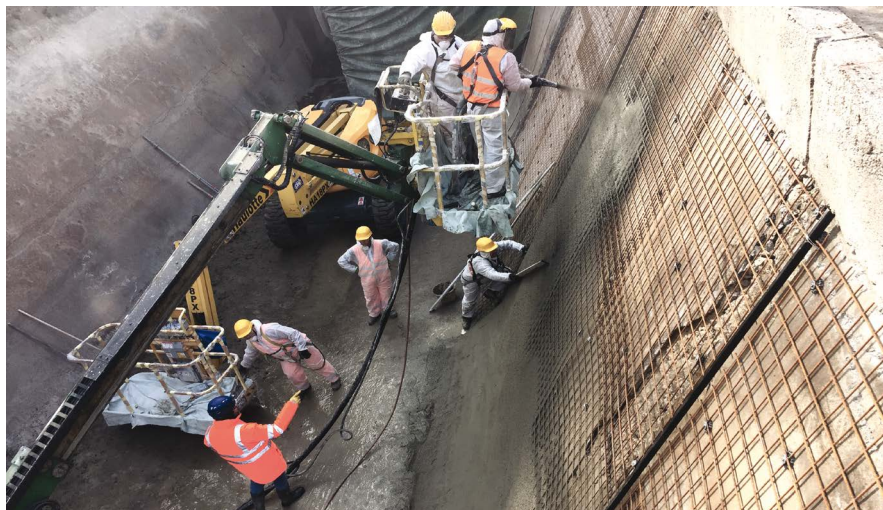
**UN CALCESTRUZZO PROIETTATO IMPERMEABILE E REATTIVO
NEL TEMPO PER CRISTALLIZZAZIONE**

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 casseforme, consentendo getti dalle forme più disparate o dalle configurazioni geometriche complesse. Tuttavia, per far sì che sia ben compatto, viene sfruttata la velocità dell'impatto del conglomerato sul supporto.

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 e additivi acceleranti di presa.



1. La proiezione del calcestruzzo sulla superficie interna di una canale

LE TIPOLOGIE DI APPLICAZIONE

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.

LA COMPOSIZIONE TIPICA

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;
- **additivi:** abbastanza comune e necessaria ad assicurare un'adeguata fluidità (classe S4) alla miscela è l'aggiunta di additivi super-fluidificanti; si possono utilizzare, inoltre, anche aggiunte pozzolaniche per conferire maggiore tixotropia al conglomerato, nonché per la protezione dai solfati, additivi coesivizzanti, 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, realizzato su opere underground in genere, anche in presenza di contropressioni o soggetto ad aggressioni chimico-fisiche, spruzzato 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.

Le applicazioni principali sono di due tipologie:

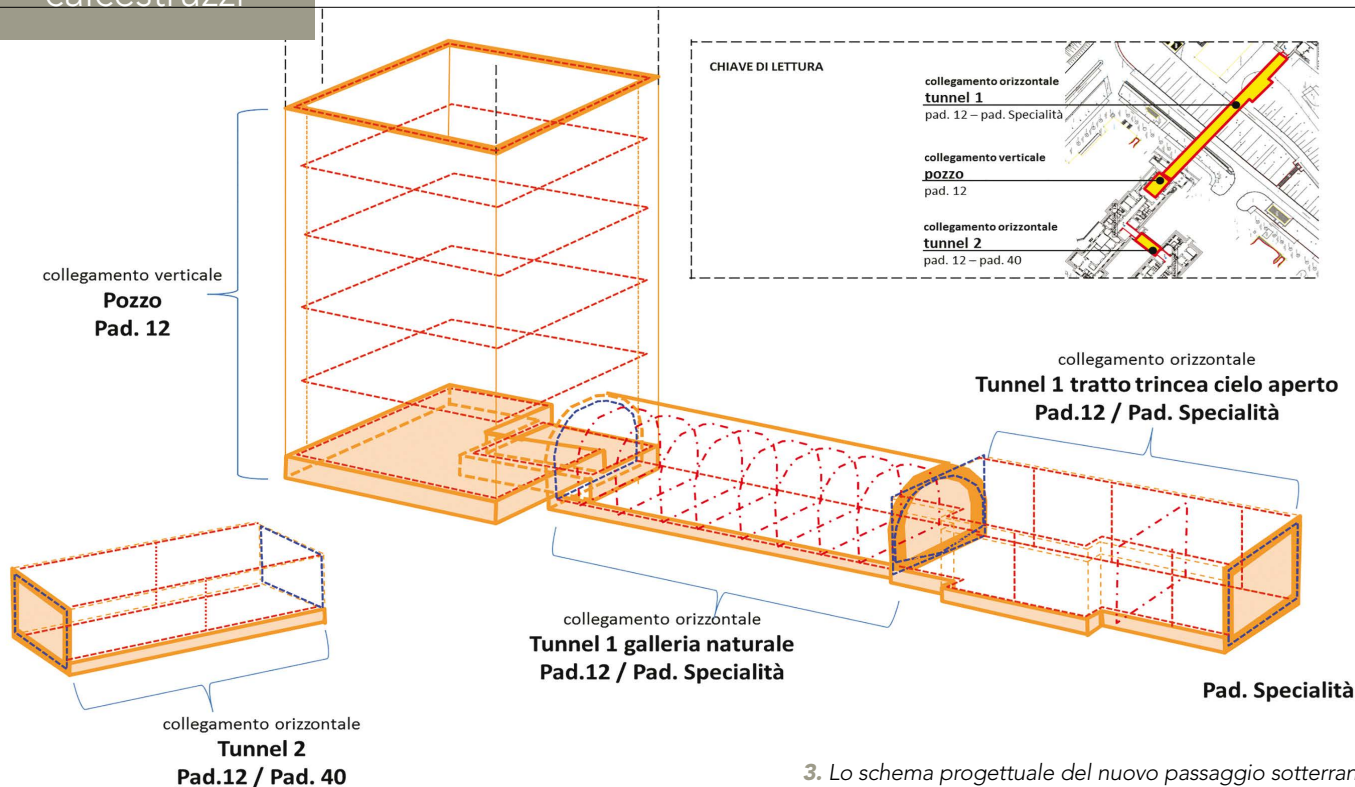
- spritz beton strutturali sia per nuove realizzazioni che per risanamenti di tunnel, gallerie, condotte idrauliche, dighe, canali a cielo aperto, paramenti, ecc.;
- spritz beton contenitivi contro opere di sostegno interrato: diaframmi, palificate, micropali, centine, ecc..

Il 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.



2. La cicatrizzazione di una fessura nello spritz beton grazie all'effetto della cristallizzazione



3. Lo schema progettuale del nuovo passaggio sotterraneo dell'ospedale San Martino di Genova

LA GALLERIA ARTIFICIALE DELL'OSPEDALE SAN MARTINO DI GENOVA

Un esempio importante di applicazione di spritz beton impermeabile e reattivo con Sistema Penetron®, in abbinamento al Sistema della Vasca Bianca Reattiva per Cristallizzazione Penetron® è l'ospedale San Martino di Genova, che sta attraversando una fase di riorganizzazione, comprendente la realizzazione di nuove aree funzionali tutte collegate tra loro da ascensori e tunnel, senza la necessità di percorrere decine (a volte centinaia) di metri di viali all'aperto, come succede attualmente. È stato da poco realizzato il tunnel che dai Padiglioni 12 e 40 porterà al Padiglione delle Specialità, dal costo complessivo di 3 milioni di euro. Il progetto esecutivo, firmato dallo Studio Rolando di Sanremo, comprende la realizzazione del nuovo passaggio sotterraneo per le barelle ospedaliere, di lunghezza complessiva pari a 90 m, collegato ai Padiglioni Medicine tramite una nuova fossa per gli ascensori, e al Padiglione Specialità attraverso una galleria artificiale.

Penetron Italia Srl ha risposto alla sfida di progettare e realizzare l'impermeabilizzazione delle strutture in calcestruzzo dei diversi segmenti del nuovo passaggio, analizzandoli singolarmente e nelle loro interfacce, per adattarsi al meglio alle caratteristiche di ciascun manufatto.

Il primo segmento è rappresentato da un pozzo verticale, realizzato in "top down", e da una galleria artificiale, entrambi gettati in opera con il Sistema Penetron®, vasca bianca impermeabile reattiva per cristallizzazione: il calcestruzzo è stato additivato con l'addi-

tivo Penetron® ADMIX e sono stati predisposti gli accessori complementari per la stagnazione dei giunti di costruzione e di fessurazione programmata, nonché la stagnazione degli elementi passanti.

Il secondo segmento, costituito dalla galleria naturale, ha richiesto un trattamento preliminare con spritz beton additivato con Penetron® ADMIX per il rivestimento di infilaggi e centine, che potesse agevolare il posizionamento dello strato successivo a membrana, contro cui è poi stato realizzato il getto finale di calcestruzzo

⁽¹⁾ Ingegnere dell'Ufficio Tecnico di Penetron Italia Srl

⁽²⁾ Architetto, Amministratore Delegato di Penetron Italia Srl



4. La galleria in calcestruzzo proiettato che collega il Padiglione 12 al Padiglione Specialità