

Gallerie esistenti: interventi rapidi e risolutivi su infiltrazioni e venute d'acqua

Massimo Chiarelli – Esperto in tecniche avanzate di scavo in sotterraneo

Sotto l'aspetto idrogeologico, la realizzazione di una galleria comporta essenzialmente due tipi di problematiche: la prima è legata alla previsione circa la localizzazione delle venute d'acqua, mentre la seconda, è legata alla previsione dei processi di drenaggio, ovvero alla stima delle portate drenate, alla valutazione dell'abbassamento piezometrico indotto dallo scavo e alle eventuali ripercussioni che tale abbassamento provoca sull'assetto idrogeologico superficiale.

Per effettuare una previsione circa la localizzazione delle venute d'acqua in galleria è necessario:

1. conoscere le modalità di circolazione idrica all'interno degli ammassi rocciosi;
2. ricostruire i circuiti idrici sotterranei;
3. determinare la permeabilità del mezzo e la direzione preferenziale del flusso idrico.

Una buona progettazione ed ingegneria esecutiva di queste opere in sotterraneo, non può prescindere dagli aspetti idrogeologici anzidetti, anche in relazione alla tipologia di impermeabilizzazione che dovrà essere realizzata per preservarle dall'aggressione dell'acqua.

Difendere dalle infiltrazioni il rivestimento definitivo in calcestruzzo di una galleria, sia essa stradale che ferroviaria, significa garantirne la durabilità nel tempo sia in termini strutturali che



Figura 2 - Importanti venute d'acqua in galleria

di fruizione vera e propria. Ed è proprio l'acqua di infiltrazione uno dei nemici principali di queste opere in sotterraneo che inesorabilmente le aggredisce giorno dopo giorno con situazioni di degrado strutturale e di decadimento degli standard di sicurezza e, non ultimo, il danneggiamento, a causa dell'umidità, degli impianti tecnologici di cui oggi sono dotate queste infrastrutture. Progettare e realizzare una buona impermeabilizzazione di una galleria senza alcuna infiltrazione al suo interno, significa garantire una lunga vita strutturale con evidenti benefici anche in relazione agli interventi di manutenzione straordinaria. Il manifestarsi di infiltrazioni e, soprattutto, il loro perdurare, può essere fonte di considerevoli danni economici. Ciò comporta l'esigenza imprescindibile di interventi tempestivi e immediatamente risolutivi.

Le soluzioni elaborate dal mondo della produzione per contrastare gli effetti di una delle principali cause di degrado delle strutture, acqua e umidità, sono oggi molteplici e basate su differenti tecnologie.

Quando si deve intervenire su gallerie esistenti per far fronte a questa vera e propria emergenza dovuta alle infiltrazioni, siano



Figura 1 – Venute d'acqua sulla sede stradale

Progettare e realizzare una buona impermeabilizzazione di una galleria senza alcuna infiltrazione al suo interno, significa garantire una lunga vita strutturale con evidenti benefici anche in relazione agli interventi di manutenzione straordinaria. Il manifestarsi di infiltrazioni e, soprattutto, il loro perdurare, può essere fonte di considerevoli danni economici. Ciò comporta l'esigenza imprescindibile di interventi tempestivi e immediatamente risolutivi.



Figura 3 - Degrado del rivestimento causato dalle infiltrazioni

esse in pressione che non, tra le soluzioni più efficaci ci sono i cementi osmotici e le resine poliuretatiche idroespansive.

Cementi osmotici

Oggi questi preparati sono ideali per realizzare un'impermeabilizzazione atta a formare una barriera contro le infiltrazioni di acqua e permettono di ottenere un rivestimento resistente agli agenti aggressivi e capace di resistere a spinte idrostatiche positive e negative. Pronti all'uso,



Figura 4 – Fresatura totale della calotta con rimozione del calcestruzzo superficiale ammalorato

possono essere applicati direttamente sull'intradosso del rivestimento definitivo a spruzzo e con spessori contenuti.

I prodotti impermeabilizzanti a penetrazione osmotica formano, per aggiunta di acqua pulita, una malta cementizia della consistenza di una normale boiaccia. Una volta pulite le superfici da trattare, eliminando anche le parti di calcestruzzo ammalorate, questa boiaccia viene spruzzata in strati millimetrici sulle superfici del rivestimento, preventivamente bagnate a saturazione, dall'interno della galleria stessa. Tutto ciò, sfruttando il sistema capillare

aperto del calcestruzzo da trattare, rende possibile la penetrazione all'interno delle strutture di alcuni dei suoi componenti reattivi. Tale penetrazione viene favorita dalla presenza di appositi reattivi che provocano la diminuzione della tensione superficiale dell'acqua presente nei capillari, innescando così un processo di assorbimento dei reagenti della pasta applicata in analogo ad un processo osmotico (da cui il nome).

L'idrossido di calcio presente all'interno del rivestimento in calcestruzzo, viene convertito in un composto stabile ed insolubile.

Questo porta alla formazione di cristalli più grandi dei precedenti che con l'occlusione dei capillari, creano una barriera impermeabile interna (di tipo strutturale). La sua composizione risulta essere una miscela di cementi ad alta resistenza, resine sintetiche, sostanze reagenti con l'idrossido di calcio presente nel calcestruzzo.

Le sostanze reagenti sono costituite da silice (fumo di silice, ceneri volanti, scorie d'altoforno, pozzolana, ecc.) che reagisce con la calce formando uno strato esterno simile al cemento pozzolanico.

Si possono presentare nella formulazione mono-componente (resine acriliche o assenza di resine) e nella formazione bi-componente (silossani, epossidici, ecc.).



Figura 5 – Applicazione a spruzzo del primo strato di cemento osmotico

Resine poliuretatiche idroespansive

Si definisce iniezione l'introduzione a pressione di un materiale in un terreno o in una struttura lapidea al fine di consolidare ed impermeabilizzare vuoti, fessure e porosità.

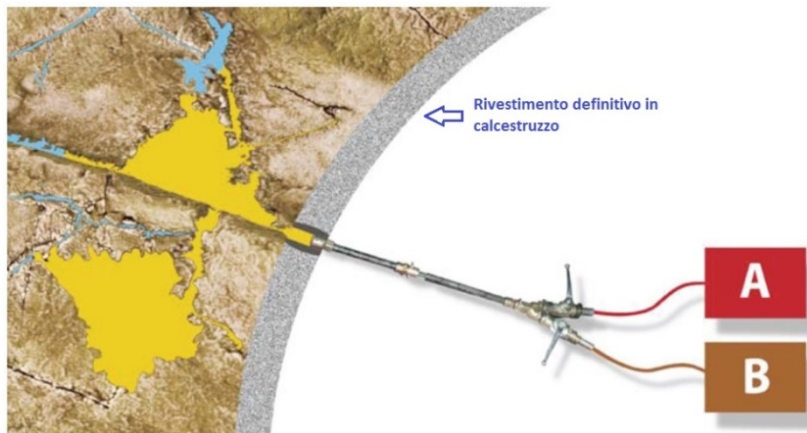


Figura 6 – Esempio di iniezione a tergo del rivestimento definitivo di una galleria

Le resine poliuretatiche idroespansive, sono formulati che, iniettati a pressione, reagiscono in presenza di acqua o di umidità bloccando le infiltrazioni, anche di notevole quantità, istantaneamente. Nel caso delle gallerie esistenti che hanno problemi di infiltrazioni e/o venute d'acqua, queste resine vengono iniettate dall'interno della galleria stessa a tergo del

rivestimento definitivo (estradosso) in calcestruzzo nel quale vengono praticati dei fori.

Le resine comunemente impiegate nei lavori in sotterraneo si suddividono in due gruppi:

1. le resine poliuretatiche (mono e bicomponenti) a base esclusivamente poliuretantica;
2. le resine organo-minerali (bicomponenti) a base poliuretantica e silicatica.

Entrambe le tipologie di prodotti sono formate da polimeri fortemente reattivi che hanno un vasto campo di impiego.

Come noto, i polimeri sono molecole giganti prodotte dall'unione di molecole più piccole (monomeri) che, per processo di polimerizzazione, danno composti per esempio a base poliuretantica. Infatti, unità ripetitive di NHCO_2 danno luogo al cosiddetto poliuretano (PU). I prodotti di reazione possono essere rigidi, flessibili o, formando una schiuma, presentano uno sviluppo volumetrico anche fino a 30 volte il volume dei componenti chimici di partenza.

Tali prodotti sono, inoltre, modulabili all'occorrenza con l'aggiunta di catalizzatori e altri composti al fine di ottenere specifiche proprietà volute.

Generalmente additivando la resina con un accelerante chiamato componente B (dosato in ragione dello 0,5÷1,0% del peso della resina impiegata) e iniettandola nelle cavità mediante apposita pompa ed attraverso appositi iniettori, con pressioni variabili da 5 bar a 180 bar, la

resina, incontrandosi con l'acqua, inizia una reazione di lievitazione e sigillatura, sia dei vuoti, sia delle cavillature, impermeabilizzando tutto l'ambiente circostante. La schiuma poliuretantica risultante dalle operazioni di iniezione, una volta espansa, manterrà stabile il proprio volume. Una buona resistenza alla pressione idraulica si avrà dopo circa 2 minuti dal momento dell'avvenuta reazione. La formazione di CO_2



Figura 7 – Iniezione di resina poliuretantica a tergo del rivestimento definitivo

tipica della reazione poliuretantica, fornirà ulteriore pressione al sistema, favorendo la penetrazione della resina nelle crepe e nelle cavità.

Nelle resine poliuretaniche i componenti sono costituiti da:

1. poli-isocianato (metha-di-isocianato, abbreviato in MDI). In Europa l'isocianato è denominato componente B;
2. polialcoli (abbreviati in "polioli"). In Europa il poliolo è denominato componente A.

Nelle resine organo-minerali i componenti sono costituiti da:

1. poli-isocianato (metha-di-isocianato, abbreviato in MDI) denominato componente B;
2. silicato di sodio modificato denominato componente A.



Figura 8 – Resina poliuretanicca a tergo di un rivestimento in conci prefabbricati

Conclusioni

Garantire la durabilità nel tempo del rivestimento definitivo in calcestruzzo di una galleria, significa difenderlo da infiltrazioni e da venute d'acqua. È l'acqua di infiltrazione, infatti, uno dei nemici principali di queste opere in sotterraneo che ne determina il degrado strutturale, il danneggiamento degli impianti installati e, non ultimi, l'esponenziale aumento dei rischi legati alla sicurezza.

Oggi, le tecnologie a nostra disposizione permettono di controllare ed evitare le infiltrazioni e le venute di acqua in galleria: anche in pressione.

Nelle gallerie esistenti, tra i metodi di intervento più rapidi e risolutivi disponibili per far fronte a questi tipi di problemi, spiccano i cementi osmotici e le resine poliuretaniche idroespansive.

Bibliografia

- [1]. M. Chiarelli – “L'Arte del costruire gallerie” – Editrice | Uni Service, Trento, 2009.
- [2]. M. Chiarelli – “Rivestimenti definitivi di tunnel in elementi prefabbricati” “- "INGENIO" n° 34, Imready Srl – RSM.
- [3]. M. Chiarelli – “Interazione tra gallerie metro e scavi profondi: metodo smartGDE” - “Strade & Autostrade” n°108, EDI-CEM Srl, Milano.
- [4]. M. Chiarelli – “La costruzione di gallerie in ambiente urbano “- "INGENIO" n° 28 e dossier di Geotecnica del 14 Novembre 2014, Imready Srl – RSM.
- [5]. M. Chiarelli – “Tecniche avanzate di scavo in sotterraneo mediante TBM, Microtunnelling e Horizontal Directional Drilling” - “INGENIO” n°17, Imready Srl, RSM.
- [6]. M. Chiarelli – “Lo scavo meccanizzato TBM nella realizzazione di Tunnel”, Atti del convegno - Fiera Internazionale del Libro - Lingotto Fiere, Torino, 2009.