

Impregnazione protettiva di opere a mare

Report: Novembre 2011

1.0 – premessa

La protezione di opere in calcestruzzo, in prossimità o a contatto con l'acqua marina, introduce problemi di natura fisica, chimica e biologica piuttosto complessi, così come è possibile evincere dal riquadro "richiami terotecnologici" riportati in calce : per citare soltanto alcuni degli aspetti più vistosi ci si limita a considerare, a titolo di esempio, l'effetto combinato dei cloruri e dei solfati che possono penetrare all'interno dei conglomerati comportano, da un lato, la perdita della passivazione alcalina delle armature, con i conseguenti processi di corrosione espansiva a carico dei cloruri (Cl) dall'altro, la reazione fra i solfati (SO_4) e la calce liberata per idrolisi, nella fase di idratazione del legante ($CaSO_4 \cdot 2 H_2O$) porta a cristallizzazioni accompagnate da fenomeni espansivi con aumenti di volume che possono arrivare al 18%.



Indubbiamente l'impermeabilità intrinseca e la stabilità dei conglomerati, accompagnata dall'oculata scelta dei leganti, rappresentano la parte più qualificante dei presidi adottabili, già nella fase di progettazione, per la difesa delle opere in esame. Provvedimenti successivi, ove necessari, possono essere inficiati, in misura differente, dalla pratica impossibilità di conseguire una effettiva e totale ermeticità.

Tali provvedimenti, oltre ad incidere significativamente sulla porosità e sulla permeabilità del calcestruzzo, riducendola, debbono "consumare", in misura, utile, la quantità di calce libera da idrolisi, disponibile, al fine di ridurre, nella stessa misura, i rischi connessi con le reazioni solfatiche sopra accennate.

I trattamenti di rivestimento impermeabilizzante, specie se filmogeni, non appaiono consigliabili poiché la condizione di discontinuità ermetica che li caratterizza comporta il rapido conseguimento della condizione critica causata dai fenomeni di imbibizione e risalita capillare dell'acqua di mare : i cicli di umidificazione ed essiccamento dell'acqua assorbita, per capillarità, dai pori del calcestruzzo, causano alternanze di ritiro e rigonfiamento dei sali disciolti che cristallizzano. Il progressivo accrescimento dei cristalli sviluppa forze disgregatrici che, superando la resistenza a trazione del calcestruzzo, ne provocano il progressivo degrado per fessurazione e sgretolamento.

I trattamenti di impregnazione, specie se di tipo minerale, reattivo, ad elevata penetrazione, offrono, nella condizione descritta, le migliori opportunità di positivi risultati e di effettive e durevoli azioni protettive, grazie alle seguenti peculiarità dell'azione che li caratterizza :

- la significativa riduzione della porosità e della permeabilità è conseguente ad una reazione "interna" al conglomerato, che non modifica la capacità di affioramento ed evaporazione di eventuali soluzioni diffuse per capillarità.
- Il prodotto di reazione è un aerogel silicico che satura le porosità capillari ed interstiziali nei confronti delle fasi liquide senza alterare, in alcun modo, la motilità delle fasi gassose.
- la reazione determinata dalle soluzioni minerali in questione avviene anche a carico della calce libera da idrolisi che viene così significativamente "consumata".
- le variazioni di morfologia e di tensione superficiale apportate esplicano positivi risultanti anche in ordine all'efficace contenimento degli attacchi biologici.
- l'estrema semplicità applicativa che caratterizza questi trattamenti ne consente un'agevole adozione di tipo manutentivo : è infatti possibile ipotizzare la ripetizione, nel tempo, dei trattamenti effettuati.

Nel protocollo indicativo, proposto nella pagina che segue, viene contemplata una procedura di protezione basata sull'impregnazione profonda dei conglomerati, con sistemi minerali, reattivi del tipo descritto.

2.0 – protocollo indicativo

- A. Pulizia delle superfici di intervento mediante idropulitrice a pressione.
- B. Applicazione, a spruzzo, ove possibile con sistemi Airless, della soluzione minerale, protettiva, impregnante, reattiva, FLUID ENTER, per un consumo indicativo di circa 0,25 litri/m².
- C. Ripetizione dell'applicazione, ove necessaria in funzione delle effettive esigenze di protezione, da effettuarsi "bagnato su bagnato".

3.0 – indicazioni di capitolato

I manufatti e le opere in calcestruzzo, esposti in situazioni aggressive (atmosfera marina, montana, industriale, ecc.) dovranno essere protetti mediante impregnazione con la specifica soluzione minerale FLUID ENTER, a base di silicati di sodio catalizzati, data mediante nebulizzatore (Airless) sulle superfici preliminarmente pulite e saturate con acqua, per un consumo, per singola passata, pari a circa 0,25 litri/m². In situazioni di esposizione particolarmente critiche l'applicazione dovrà essere ripetuta, procedendo "bagnato su bagnato", sino al conseguimento della migliore impregnazione.

Richiami terotecnologici: L'AMBIENTE MARINO

In linea di massima, i fenomeni che causano il degrado delle strutture in conglomerato cementizio armato, in ambiente marino, sono numerosi, di differente natura, spesso coagenti :

PROCESSI CHIMICI : attacco acido - attacco solfatico - azione dei cloruri - reazione alcali aggregati;

PROCESSI FISICO - MECCANICI : fessurazione - erosione - gelo disgelo;

PROCESSI BIOLOGICI : azione di licheni, alghe, funghi e del fouling.

L'ATTACCO CHIMICO

L'aggressione chimica dell'acqua di mare, nel suo diretto o indiretto contatto con il calcestruzzo, è prevalentemente ascrivibile al solfato di magnesio : $MgSO_4$ che reagisce con l'idrossido di calcio libero del cemento idrato : $Ca(OH)_2$, per formare calcio solfato e precipitando l'idrossido di magnesio, reagisce con l'alluminato tricalcico idrato, per formare calcio solfoalluminato, espansivo, con effetto disgregatore.

L'attacco chimico - elettrochimico, si esplica, anche, attraverso la reazione dell'anidride carbonica : CO_2 con l'idrossido di calcio, : processo di carbonatazione : $CO_2 + H_2O = H_2CO_3$; $H_2CO_3 + Ca(OH)_2 = CaCO_3 + H_2O$, caratterizzato dalla perdita dell'alcalinità protettiva (il pH dell'anidride carbonica, nell'atmosfera è pari a circa 8,2, quello dell'anidride carbonica dell'acqua di mare può essere sensibilmente inferiore, sino a circa 7,5) e formazione di composti progressivamente più solubili e dilavabili (calcio carbonato calcio bicarbonato).

L'ATTACCO FISICO - MECCANICO

Nelle zone immediatamente al di sopra del livello del mare gli attacchi fisico meccanici sono spesso accompagnati dalla perdita di volume dovuta alla lisciviazione dei prodotti di reazione solubili e, nelle zone toccate dall'acqua, all'azione meccanica di erosione e cavitazione determinata dal movimento dell'acqua stessa.

I cicli di umidificazione ed essiccamento dell'acqua assorbita, per capillarità, dai pori del calcestruzzo, causano alternanze di ritiro e rigonfiamento. L'evaporazione dell'acqua deposita nei pori del conglomerato, i sali disciolti che cristallizzano. Il progressivo accrescimento dei cristalli sviluppa forze disgregatrici che, superando la resistenza a trazione del calcestruzzo, ne provocano il progressivo degrado per fessurazione e sgretolamento.

L'ATTACCO BIOLOGICO

E' un tipo di attacco che interessa, soprattutto, le zone direttamente bagnate dal mare. E' dovuto al ricoprimento delle strutture da parte di depositi formati da organismi animali e vegetali, denominati, nel loro insieme "fouling". Il fenomeno ha valori quantitativi elevati : nell'Adriatico, per esempio, i depositi possono variare fra gli 80 ed i 90 kg/anno/metro quadro.

L'azione aggressiva, estremamente complessa, è connessa con la produzione di acidi organici, attraverso il metabolismo di alcuni macro e microrganismi componenti il "fouling", che neutralizzano l'alcalinità del conglomerato, depassano le armature e provocano la precipitazione dei sali nelle porosità capillare.

TECNO-BI S.r.l.
(DIREZIONE TECNICA)

TECNO B. srl - Via Cadorna, 6 - 21046 Malnate (VA) - Phone +39 0332.429830
Fax 0332.429716 - E-mail: info@ltecnob-srl.it - www.tecnob-srl.it