

Cap. II

Le possibilità di intervento



Foto 0 - In questi casi c'è ben poco da fare

LA FUNZIONE DEI COPRIFERRI

Il copriferro è quello spessore di calcestruzzo che, come dice il termine stesso, ricopre il ferro di armatura proteggendolo dall'attacco dell'ambiente esterno (A) e allo stesso tempo garantendo la perfetta integrazione del ferro nella sezione (B) in calcestruzzo trasmettendo le azioni meccaniche dall'uno all'altro.

E quindi «quella certa cosa» che fa in modo che le ipotesi fisiche che sono alla base della teoria classica del cemento armato siano rispettate.

È ovviamente essenziale che tanto la funzione (A) che la funzione (B) siano assolte (foto 1 e 2 «... qui i copriferri non sono praticamente mai esistiti» e la foto 3 «... qui hanno dichiarato forfait e se ne sono andati») e siano assolute nello stesso momento.

Dire infatti che ci si trova davanti ad una «sezione» di cemento armato vuol dire che esiste una continuità (che la congruenza è rispettata insomma!) tra ferro e calcestruzzo, e che i due possono e debbono trasmettersi sforzi

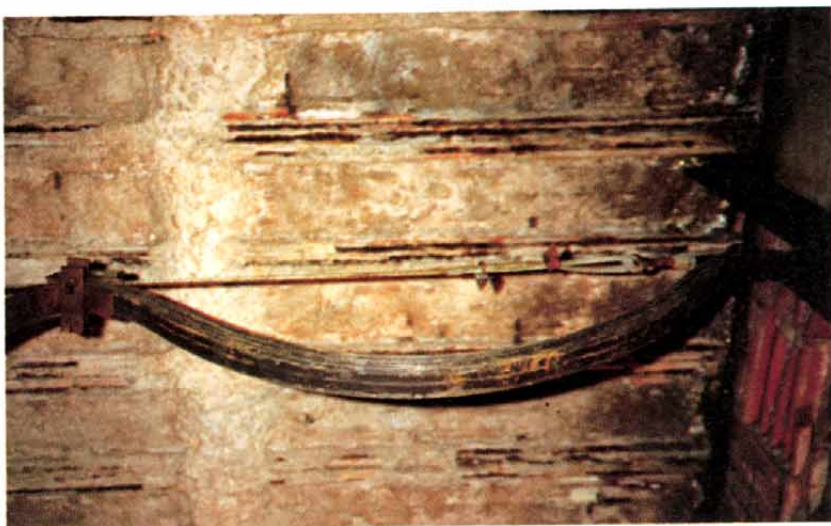


Foto 1



Foto 2

di taglio essendo il mutuo scorrimento impedito dall'aderenza che esiste (o che dovrebbe...) tra i due, magari per ragioni misteriose o magiche ma più probabilmente per le forzature (e quindi per l'attrito provocato...) che il ritiro idraulico del calcestruzzo induce nel sistema ferrocemento. Il ferro infatti non varia la sua dimensione mentre il calcestruzzo tenderebbe di ritirarsi di 400-800 micron/metro e queste deformazioni impedito dal ferro generano un sistema di autotensioni (pur smorzate dal ri-fluimento assai rilevante del calcestruzzo fresco) che possono migliorare notevolmente la situazione di aderenza (influisce ovviamente anche lo stato superficiale del ferro, di qui l'import-

tanza dei rilievi dei tondi di aderenza migliorata, dall'angolo di cordatura del trefolo ecc. ecc.). Anche qui però se il ferro è troppo «in pelle» vale a dire se da un lato lo spessore di calcestruzzo che lo ricopre è troppo esiguo (dipende ovviamente anche dai rapporti diametro del ferro spessore di ricoprimento-granulometria del calcestruzzo) le azioni di trazione generate dal ritiro prevalgono sulla resistenza a trazione (e sull'allungamento a trazione limite) del conglomerato e compaiono quelle belle «crepoline» da ritiro che denunciano «la rete» le staffe o in generale le armature affioranti e che sono per solito molto trascurate dai direttori lavori e dai progettisti del-

Le «crepoline» come le «ombre» (segregazioni locali di calcestruzzo dovute alle eccessive vicinanze delle armature al cassero (che comportano sempre variazioni molto forti di permeabilità dei calcestruzzi) e le «bolle» (inclusioni d'acqua o d'aria) nascoste sotto la superficie formata dalla pastina di cemento che tende a spostarsi verso il cassero, vibrante o sotto il lattime di superficie possono essere facilmente rese evidenti anche per direttori lavori con problemi di vista tramite l'uso dei cosiddetti «evidenziatori» o liquidi penetranti che assorbiti in modo differenziale dal calcestruzzo ne cambiano localmente il colore e rendono evidenti (prima di evapora-



Foto 3

o in caso disperato di semplice acqua fatta asciugare sulla superficie in esame).

In realtà i metodi con liquidi penetranti evidenziano solo il diverso assorbimento d'acqua che si ha nelle varie zone e si prestano quindi in qualche caso ad errate interpretazioni.

In particolare l'uso di un disarmanante di cattiva qualità (che dà quindi superfici spugnose o che mal distribuendosi su superfici verticali dà luogo a bolle, pseudo-colature ecc.) può dar luogo ad una esasperazione del fenomeno delle «ombre» e produrre giudizi eccessivamente negativi sulla qualità del manufatto che è sì rovinato in superficie ma che, persi i primi 2-3 mm. può dare egualmente (sempre che i copriferri siano adeguati!) una buona durata. Casi di questo genere erano frequenti nei primi tempi della prefabbricazione civile a grandi pannelli tanto che erano normali specifiche tecni-

Foto 4



le opere come «peccati veniali» che non comportano (dicono loro!) gravi conseguenze sulle strutture.

re) i difetti prima descritti (non è cosa difficile, basta della normale candeggina che si può acquistare da qualunque droghiere

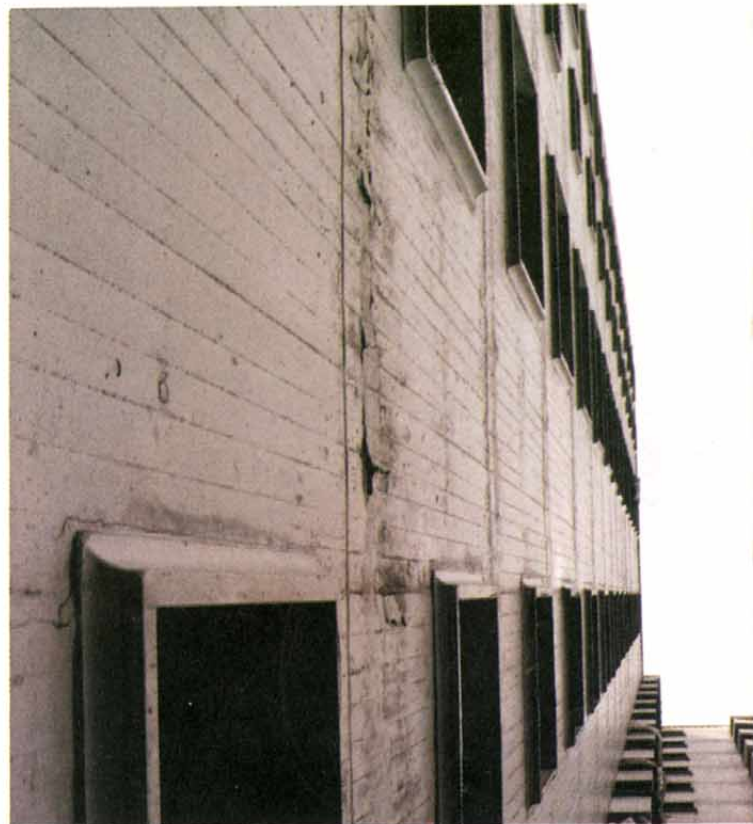


Foto 6 - Termografia di pannelli multistrato

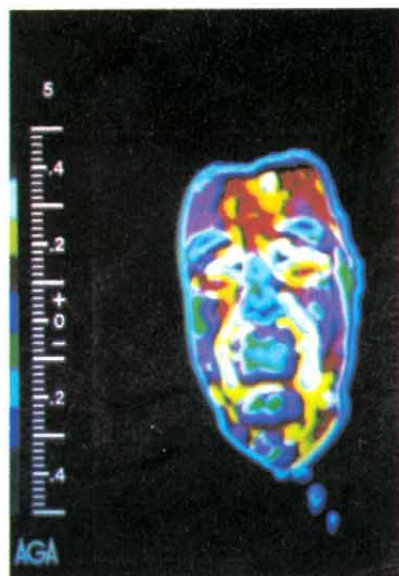


Foto 7 - Termografia ... della testa dell'autore

che di produzione che imponevano di «lavare con acido» (candeggina più o meno diluita) i pannelli nelle zone di ripasso in modo da asportare le tracce residue degli olii disarmanti e le «pellicine» di lattime che rendevano problematico il successivo trattamento delle superfici (che dovevano essere verniciate od incartate).

Sono d'altra parte da qualche anno disponibili ottimi sistemi di rilevamento che possono dare una corretta valutazione del copri ferro (tramite misure di campo magnetico o di correnti indotte (questi ultimi strumenti sono più precisi, semplici da usare



Qui è carbonato tutto, c'è ben poco da fare.

Foto 8 - Affioramento di ruggine non significativi



Misure in corso.



e soprattutto meno costosi) e nei casi dubbi vale la pena di ricorrervi (il solito sistema di «fare un buchetto per vedere» dà solo un valore locale e non consente d'avere un'idea d'insieme).

Si riportano, come esempio alcune foto scattate nel corso di una recente indagine svolta sulle Torri del quartiere Gratosoglio di Milano.

I sistemi termografici invece sono certamente proponibili ma costosi e necessitano di attrezzature difficilmente reperibili (foto 6 e 7).

Un altro elemento che per solito è utilizzato nella diagnosi di «copriferro insufficiente» è l'affioramento o le presenze di rug-

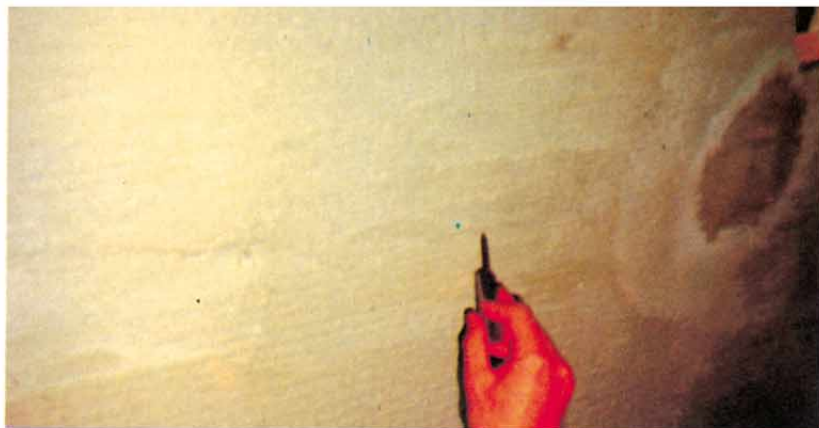


Foto 9 - Crepe da ritiro (rapporto A/Ce errato) ... qui è inutile dimensionare il copriferro



Foto 10 - Lo spessore di lattime accumulato (qui fino a 2 cm!) non è sicuramente copriferro adeguato né agli effetti statici né della durabilità

Foto 11 - Qui cascano i pezzi (da 50 metri)! Occorre intervenire subito.



gine in superficie (foto 8).

Così però si confonde spesso l'effetto di un cassero nuovo o un cassero che si è ripreso ad usare dopo un lungo periodo con un copriferro insufficiente. In qualche caso se si parte da ferri rimasti per lungo tempo esposti alle intemperie si avrà un affioramento di ruggine (per trascinarsi da parte del getto dell'acqua) anche quando i copriferri sono adeguati (soprattutto nei casi di precompressione a trefoli aderenti).

Bisogna infine sempre ricordare che le presenze di crepe da ritiro (vedi foto 9) vanifica in larga parte l'aspetto «protezione chimica» del copriferro (ed è ovviamente indizio di alta permeabilità (e quindi di bassa protezione) del calcestruzzo) e che gli spessori di lattime che si trovano spesso sulle superfici libere dei pezzi o, soprattutto sotto i controasseri mal fatti, non si possono considerare seriamente come spessori utili ai fini della protezione delle armature (e vanno in tutti i casi asportati).

Come si è visto occorre non tener conto e, se possibile, asportare gli strati superficiali di lattime, materiali riportati vari e «crosstine».

In tutti i casi questi materiali vengono asportati dall'esposizione all'acqua acidula (tipica ormai delle piogge nella pianura Padana nei primi 10/20 minuti).

Occorrerebbe anche, per una corretta valutazione della permeabilità dei copriferri tenere conto della variazione della stessa dovuta al dilavamento da pioggia (le parti solubili del calcestruzzo sono o possono essere relativamente importanti soprattutto quando si sono impiegati filler di vario tipo o per la confezione del calcestruzzo o come «carica» nei cementi). Si ricordi al riguardo che la solubilità della calce ($CA(OH)_2$) contenuta nella pasta di cemento è piccola ma non è trascurabile (1,6 gram-



Foto 12 - Struttura ammalorata sotto le crepine dello spalling

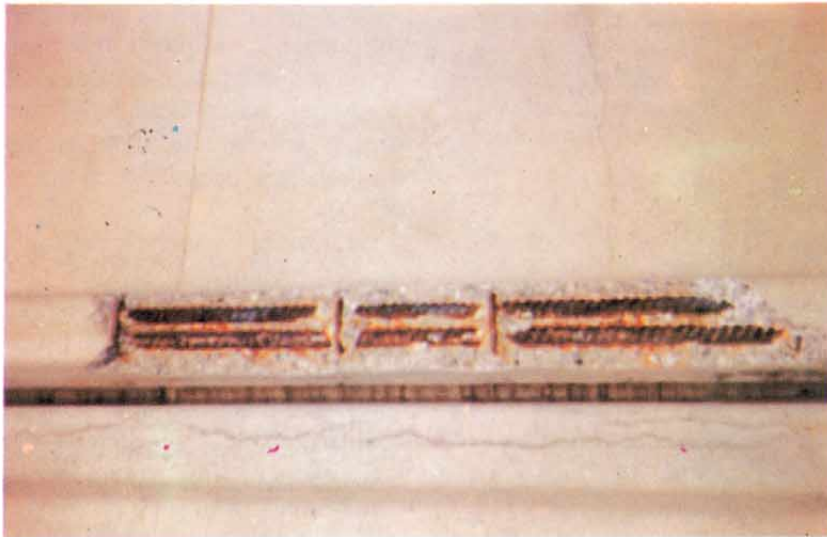


Foto 13 - Rimosse le «crostine»...

mi/litro a 20°C) e che pertanto mentre i Cementi pozzolanici od alluminosi (che hanno bassi

contenuti in calce) non sono particolarmente sensibili al dilavamento, i calcestruzzi formati

con Cementi Portland possono variare di molto le loro permeabilità e possono anche ridurre in modo sostanziale per la stessa ragione le loro resistenze meccaniche (si può assumere che per ogni 1% del contenuto originale di calce asportata per dilavamento si registra fino al 2% di perdita di resistenza meccanica a compressione).

Si deve infine anche ricordare che le cosiddette «piogge acide» prima citate, hanno valori di PH fino 3-3,5. In queste condizioni la solubilità del carbonato di calcio (0,2 grammi/litro in condizioni normali) sale di circa 10 volte e non è più trascurabile nemmeno l'azione del dilavamento sull'inerte stesso o sui prodotti della carbonatazione della pasta di cemento.

Nel primo capitolo si sono già riportati gli effetti dell'ossidazione dei ferri di armatura sulla compattezza dei copriferri (è il cosiddetto «spalling»).

Si preferisce riportare come promemoria qualche esempio indicativo (foto presa a 10 km. a nord di Milano su elementi prefabbricati di circa 12-15 anni con copriferri di 1,5-2 cm.), a San Siro, nel Nord della Danimarca, in ICITE).

Il moto dei gas nel copriferro è regolato dalla solita legge di diffusione dei gas nei solidi (anche qui vedi primo capitolo) ma la misura dei coefficienti di viscosità dinamica non è elementare per la variazione nel tempo della permeabilità dovuta alle cause prima indicate ed al fatto che la misura va ripetuta per ogni tipo di gas (i valori per l'O₂ (che interessa la fase «formazione di ruggine») sono diversi da quelli del vapor d'acqua e da quelli di CO₂ (fase «carbonatazione»)).

Occorre quindi prendere con molta saggezza i dati riportati dalla letteratura e verificare se sono adattabili al nostro caso concreto.