L'intervento di ripristino del "pontile allestimento" al cantiere navale di Sestri Ponente dimostra come lo studio delle condizioni che sono all'origine del degrado e la scelta di prodotti specifici siano fattori imprescindibili per ristabilire qualità e durabilità del calcestruzzo.

ardre

Il cantiere navale di Sestri è una struttura industriale predisposta alla progettazione e realizzazione di piattaforme petrolifere e di grandi navi cisterna che trasportano gas. Il cantiere occupa una superficie di 213.000 m², con un fronte demaniale di 108.500 m² sul mare dato in concessione dal Consorzio del Porto della Capitaneria di Porto di Genova; come gli altri che appartengono al Gruppo Fincantieri, si distingue a livello mondiale per la notevole capacità produttiva e la grande esperienza dei tecnici e delle maestranze.

La concessione prevede anche la conservazione e il mantenimento delle strutture lungo il golfo costituite, oltre che dalle banchine, da un pontile di allestimento delle navi. Infatti, dopo aver costruito il guscio in lamiera e fatto un premontaggio dei blocchi a terra, le navi vengono assemblate nei bacini per poi essere completate con le finiture e impianti per permettere le prove a mare prima della consegna.

Le particolari condizioni di mercato fanno sì che l'unità produttiva sia attualmente chiamata a espletare un consistente numero di commesse che impongono uno sforzo pluriennale e chiedono la massima efficienza degli addetti, così come delle strutture all'interno delle quali si svolge

l'attività.

#### Via di corsa... verso i test

Per prevenire l'insorgere di problemi che potrebbero avere una ricaduta anche sull'attività produttiva è necessaria una manutenzione continua. Questa particolare attenzione si rende necessaria sia per la prossimità con il mare - e la conseguente esposizione delle strutture a un ambiente particolarmente aggressivo sia per via delle condizioni di esercizio delle strutture, che devono sopportare i carichi trasmessi dalle vie di corsa dove scorrono le gru di banchina che servono per imbarcare i materiali. Il pontile di

allestimento, destinato a essere affiancato dalle navi durante le importanti fasi di messa a punto, è senz'altro tra le strutture più sollecitate, sia per il continuo contatto con l'acqua, sia perché è continuamente oggetto di azioni impresse dai natanti durante l'ormeggio.

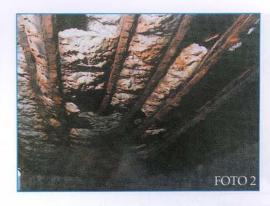
L'opera, che misura 18 metri di larghezza e 300 di lunghezza, risale agli anni '50 per circa 2/3 mentre la parte terminale verso il mare è stata aggiunta degli anni '70: la struttura principale è costituita da pile in acqua su cui insistono otto travi di grandi dimensioni. Tutte le travi che si trovano in corrispondenza della via di corsa della gru hanno uno spessore di 60 centimetri e un'altezza di 215 centimetri, inoltre la soletta e il tamponamento esterno formano una struttura scatolare e ispezionabile destinata al

passaggio degli impianti. Dopo anni di esercizio il manufatto presentava in alcuni punti segni evidenti di ammaloramento del calcestruzzo, soprattutto nel prolungamento realizzato negli anni '70, che si manifestavano con diversa intensità e profondità a seconda della posizione e del grado di esposizione agli effetti degli agenti degradanti.











L'ufficio tecnico del cantiere navale ha deciso quindi di eseguire una serie di prove per valutare l'estensione e la consistenza dei fenomeni di ammaloramento, al fine di stabilire se questi avessero raggiunto un livello tale da inficiare anche le qualità statiche dell'opera. A tal fine sono stati eseguiti test di carico sulle vie di corsa e sulle strutture secondarie con i quali si è verificata la freccia delle travi e la risposta elastica degli elementi strutturali. Queste prove hanno determinato che l'ammaloramento aveva compromesso solo lo strato corticale del calcestruzzo, e hanno altresì dimostrato che la struttura non era in nessun modo a rischio. L'analisi dello stato di conservazione del calcestruzzo ha peraltro portato alla scoperta di incisioni e tagli in corrispondenza della terza campata della parte di manufatto realizzata negli anni Cinquanta; questi saggi, oltre a essersi rivelati moderatamente lesivi della continuità delle armature, hanno anche dimostrato quanto l'esigenza di verificare l'estensione dei fenomeni di ammaloramento fosse già sorta in passato.

#### Calcestruzzo a mare

Le opere a contatto diretto con l'ambiente marino sono più fortemente soggette a fenomeni di ammaloramento che, se non rilevati e arginati per tempo, possono creare problemi seri e irreversibili.

La normativa europea ENV 206, recepita in Italia come UNI 9858, prescrive infatti che i calcestruzzi destinati a quel genere di manufatti sono da ascrivere alla classe di esposizione 4, che include le strutture realizzate in ambiente marino, quelle sommerse e semisommerse, così come quelle che, sorgendo in prossimità della costa, sono esposte alle cosiddette "nebbie saline".

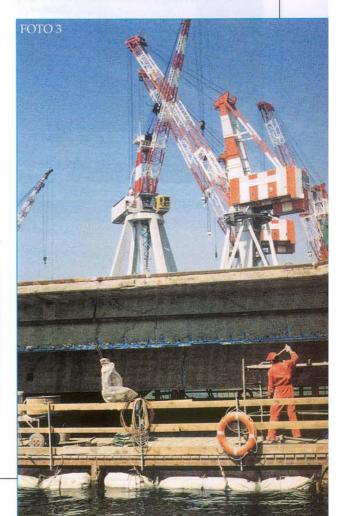
L'acqua di mare ha un'azione degradante sul calcestruzzo essenzialmente per la presenza di solfati in quanto, a seguito della reazione di questi sali con il cemento, si forma ettringite; i cloruri invece si dimostrano molto aggressivi nei confronti delle armature che, se non sono ben protette dallo strato corticale del calcestruzzo, subiscono un processo di corrosione estremamente veloce.

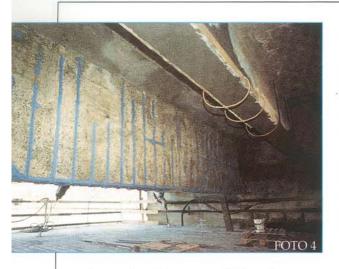
Il ripristino di strutture esposte agli effetti dell'ambiente marino deve dunque tenere conto di questi fattori.

I materiali da utilizzare devono possedere un'elevata resistenza alla penetrazione di questi pericolosi sali al fine di ristabilire adeguate condizioni di protezione e durabilità.

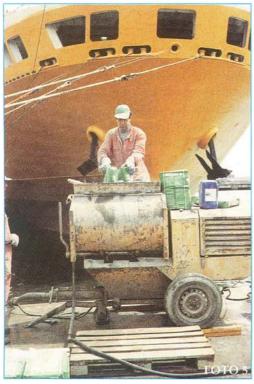
# Il ripristino corticale del cls

Lo stato di conservazione del pontile allestimento variava da zona a zona; la





soletta priva di impermeabilizzazione e ricoperta con pavimentazione in porfido, risultava la più esposta a fenomeni di degrado e presentava quindi gli effetti più evidenti di ammaloramento. Negli altri





elementi strutturali l'ammaloramento si dimostrava, a seconda delle zone, di notevole entità e si manifestava sotto forma di fessurazioni che interessavano lo strato corticale del calcestruzzo. Durante la fase ricognitiva del manufatto, si è notato peraltro una notevole differenza qualitativa dei copriferri (e in genere dei getti) tra la struttura realizzata negli anni Cinquanta, che si presentava di migliore qualità costruttiva, e quella realizzata negli anni Settanta, che denotava standard qualitativi decisamente inferiori. In entrambi i casi però l'intradosso delle travi e delle solette si trovava in pessime condizioni, con i ferri d'armatura completamente scoperti, corrosi e con notevole diminuzione della sezione (foto 1 e 2).

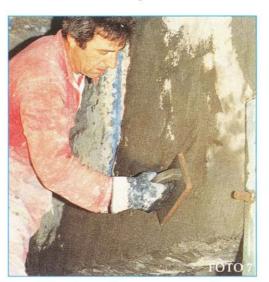
Dopo avere attentamente valutato il problema e avere acquisito tutti i parametri per redigere il progetto di ripristino dell'opera, l'ufficio tecnico ha deciso di ricorrere alla rimozione dello strato ammalorato con l'impiego dell'idrodemolizione al fine di eliminare i cloruri penetrati col tempo all'interno del calcestruzzo. Il lavoro è dunque consistito in un doppio intervento che ha implicato in un primo tempo la rimozione delle parti in fase di distacco e ammalorate mediante l'utilizzo di elettrodemolitori e

successiva idroscarifica di tutte le superfici con unità ad alta pressione (2000 bar) con portata di 25 litri al minuto. In alcuni punti all'intradosso delle travi, l'idrodemolizione ad alta pressione si è dimostrata particolarmente efficace perché ha rivelato un grado di ammaloramento superiore a quello inizialmente previsto, rimuovendo porzioni di calcestruzzo dello spessore di 7-8 centimetri che hanno lasciato a vista l'armatura.

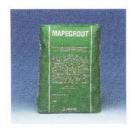


## Materiali a prova di salsedine

I materiali impiegati e le modalità di applicazione hanno un notevole rilievo sulla qualità e la durabilità negli interventi di











ripristino. Il ripetersi dei fenomeni di degrado di un calcestruzzo che è stato oggetto di un intervento manutentivo straordinario, dipende essenzialmente dalla capacità del materiale impiegato di aderire all'armatura e al conglomerato

#### DATI TECNICI PRESTAZIONALI DI MAPELASTIC

Adesione al calcestruzzo: Modulo elastico: Impermeabilità positiva:

Impermeabilita positiva:

Permeazione all'acqua:
Resistenza alla permeabilità
al vapore (µ):
Resistenza ai cicli
di gelo/disgelo su cls rivestito:
Prove di elasticità su cravattine:
Prove di crack-bridging:

Resistenza al cloruro di calcio (dopo 60 gg in soluzione di CaCl<sub>2</sub> al 30%):

Resistenza al cloruro di sodio (dopo 60 gg in soluzione di NaCl al 10%): Resistenza alla carbonatazione (dopo 60 gg in soluzione di CO<sub>2</sub> al 30%): 0,8 N/mm² (rottura coesiva del prodotto)
480 N/mm² (a 28 gg a +23°C)
limitata a 3 atm spinta positiva (DIN 1048)
limitata a 1 atm spinta negativa (DIN 1048)
assente alla pressione di 1 atm (UNI 8202 – punto 21)

1.500

superiore ai 300 cicli (UNI 7087) 25 ± 5% (DIN 53504 modificata) fessurazione oltre 1 mm (raccomandazione austriaca RVS 13.62)

perdita di resistenza meccanica di un provino protetto con MAPELASTIC nulla

penetrazione dello ione NaCl < 2 mm

penetrazione della carbonatazione < 2,5 mm

esistente, dal suo modulo, dal basso ritiro durante le fasi di stagionatura e dalle caratteristiche di impermeabilità. Oltre a queste qualità imprescindibili, il materiale deve anche possedere un buon livello di lavorabilità ed essere in grado di conservarla entro uno spettro di temperature piuttosto ampio. Quest'ultima caratteristica non è peraltro accessoria se si considerano le particolari condizioni in cui gli interventi di



ripristino hanno luogo e il fatto che le parti degli elementi strutturali ammalorate non sempre si presentano lisce e continue, ma piuttosto caratterizzate da geometrie diverse e superfici fortemente irregolari. Dopo avere valutato attentamente il problema, l'ufficio tecnico e l'impresa appaltatrice hanno dunque stabilito che si sarebbero raggiunti i migliori risultati impiegando tre prodotti che, espletando funzioni diverse, avrebbero garantito il ristabilimento della qualità del



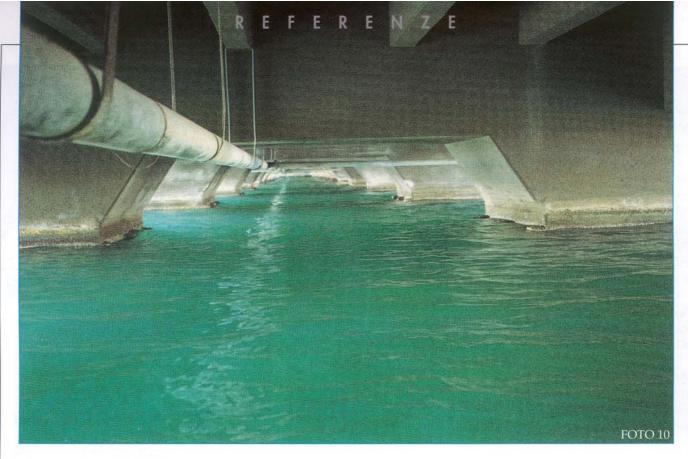
calcestruzzo e l'innalzamento della sua durabilità.

Sulle armature è dunque stato steso a pennello MAPEFER, una malta a base di polimeri in dispersione acquosa compostada leganti cementizi e inibitori di corrosione (foto 3 e 4).

L'applicazione di MAPEFER, oltre a provvedere a un'efficace azione inibitoria dei fenomeni di corrosione, ha anche garantito la migliore adesione dei materiali destinati a ricoprire le barre di armatura. La ricostruzione del cls è stata eseguita con MAPEGROUT MS, una malta premiscelata tissotropica fibrorinforzata in polvere a base di microsilicati (foto 5, 6 e 7).

MAPEGROUT MS è composto da cementi ad alta resistenza e speciali additivi a reazione pozzolanica (necessari al raggiungimento delle condizioni di durabilità richieste), inerti selezionati e fibre sintetiche; inoltre, in quelle zone in cui erano necessari spessori superiori a 4 centimetri, il prodotto è stato additivato con ghiaietto ed è stata inserita un'armatura integrativa solo nei punti maggiormente degradati.

MAPELASTIC, malta cementizia bicomponente elastica, è stata utilizzata in spessori millimetrici per la protezione completa della struttura, anche nelle zone in cui il cls versava in buone condizioni (foto 8); dopo l'indurimento, MAPELASTIC ha reso il manufatto perfettamente impermeabile all'anidride carbonica, ai cloruri e ai solfati, e ha



inoltre consentito di ottenere un buon livello di finitura.

In alcune zone non ammalorate, quali per esempio alcune parti delle pile, dove la superficie idroscarificata risultava particolarmente irregolare e caratterizzata da cavità dell'ordine di uno o due centimetri, si è dovuto comunque applicare il MAPEGROUT MS prima del MAPELASTIC al fine di regolarizzare il calcestruzzo trattato con idroscarifica. La sola applicazione di MAPELASTIC avrebbe infatti comportato la formazione di strati troppo consistenti per un prodotto destinato a essere utilizzato in spessori millimetrici (foto 9).

### Rinforzo strutturale mediante placcaggi

Durante i lavori di risanamento i tecnici si sono accorti che, all'intersezione tra la banchina e il pontile allestimento, c'era una situazione statica molto precaria, creatasi in una zona praticamente inaccessibile perché tra l'intradosso delle tre travi d'impalcato e la superficie dell'acqua c'è un'altezza massima di 50 cm. Quindi, poiché le campate non erano raggiungibili di lato o dal basso, sono state create delle botole per ispezionare le eventuali lesioni sulle travi ed eseguire i lavori di ripristino del calcestruzzo. Le ispezioni hanno permesso di rilevare che le travi, alte 3 m lunghe 10 m e spesse 80 cm, presentavano lesioni passanti verticali vicino agli appoggi per cui necessitavano dei placcaggi di rinforzo

strutturale da realizzare con 3 strati da 10 mm di lamiera in ferro. Queste lamiere sono state prima sabbiate e poi incollate alle travi con ADESILEX PG1, adesivo epossidico a consistenza tissotropica per incollaggi strutturali, in modo da farli lavorare solidalmente con il calcestruzzo, sostituendo così il ferro d'armatura, insufficente a sopportare i carichi di esercizio. Allo scopo di rendere solidali le lamiere alla struttura, sono stati realizzati dei fori passanti, inserendo barre filettate e imbullonate in ambedue i lati della trave.

L'intera struttura è stata quindi trattata con MAPELASTIC. Il pontile per allestire le navi gasiere è ora a prova di "bomba" (foto 10).

### **SCHEDA TECNICA**

Sestri Cantiere navale, Gruppo Fincantieri Sestri Ponente (GE)

Anno di realizzazione: anni Cinquanta e Settanta

Anno di ripristino: 1998

Progettista strutturale: ing. Donatella Mascia

Direzione lavori: geom. Renato Manara

Impresa: Mosconi Srl – Edolo (BS)

Prodotti Mapei per il ripristino del cls: MAPEFER MAPEGROUT MS MAPELASTIC ADESILEX PG1

Coordinamento Mapei: Fulvio Bianchi

Parti dell'articolo sono tratte da "Costruzioni Due" che ringraziamo.

Le schede tecniche dei prodotti citati in questo articolo sono contenute nel raccoglitore Mapei numero 3 "Linea edilizia".

