



Foto di Gianni Dal Magro

# I ponti strallati di Malpensa

## Manutenzione straordinaria per le vie d'accesso al Terminal 1 dell'aeroporto Milano-Malpensa "Città di Milano"

La scelta architettonicamente più ammirata per chi arriva o parte dall'aeroporto di Milano-Malpensa "Città di Milano", uno dei tre aeroporti che servono Milano e il secondo in Italia per numero di passeggeri dopo Fiumicino, è quella dei due ponti strallati, un'ambiziosa opera ingegneristica, realizzata tra il 1994 e il 1997 sul progetto firmato da Francesco Martinez y Cabrera e dai suoi collaboratori.

L'adozione da parte del progettista di un ponte strallato ha consentito di superare la viabilità sottostante con due sole campate di 70 metri di luce.

I due ponti strallati, perfettamente identici, e i viadotti di accesso al Terminal 1 dell'aeroporto di Malpensa sono entrati in esercizio nel 1998 con l'inaugurazione del nuovo aeroporto.

Negli ultimi anni, i controlli hanno evidenziato un invecchiamento superficiale della struttura in cemento armato causato dagli agenti atmosferici e dall'inquinamento, oltre a un deterioramento delle parti metalliche delle strutture portanti. Inoltre, dopo oltre dieci anni di esercizio continuo, era necessario controllare il livello di tensione degli stralli e verificare gli apparati di appoggio degli impalcati.

### Proposte per un intervento

L'obiettivo dell'intervento era garantire la piena efficienza e la durabilità operativa della viabilità di accesso al Terminal 1.

Da parte di SEA Aeroporti Milano, società che gestisce l'aeroporto

di Malpensa, è stato approntato un programma di manutenzione straordinaria che ha previsto il ripristino e il miglioramento della rete di raccolta e convogliamento delle acque meteoriche ai pozzi perdenti, il trattamento delle strutture in acciaio e di quelle in calcestruzzo a vista, il controllo della tensione degli stralli e la pulizia degli apparecchi di appoggio e dei giunti strutturali.

L'intervento è stato affidato all'impresa IMG, vincitrice della gara di appalto, che per portare avanti il lavoro ha utilizzato le analisi strutturali effettuate sui ponti dal Politecnico di Milano e la relazione di ripristino redatta dal prof. ing. Piergiorgio Malerba.

Per individuare i materiali e le tecniche più idonei è stata eseguita una campagna di indagine preliminare, finalizzata a valutare le condizioni delle superfici (stato chimico/fisico delle superfici in calcestruzzo, controllo della tenuta delle protezioni degli ancoraggi, esame delle saldature delle parti metalliche che reggono gli stralli, prove di carico delle strutture).

Il progettista responsabile della consulenza ha effettuato una serie di sopralluoghi e di colloqui con il personale tecnico di IMG Srl, dell'impresa subappaltatrice Martin Srl Tecnologie Applicate all'Edilizia e di SEA, e ha eseguito un esame approfondito della documentazione tecnica e una valutazione della durabilità conferita alla struttura da materiali innovativi proposti.

È stata contattata anche l'Assistenza Tecnica Mapei, che ha coadiuvato consulente e impresa

durante i sopralluoghi e ha consigliato i materiali più consoni per affrontare i problemi posti dal manufatto.

### Problemi e soluzioni

La soluzione progettuale è stata supportata da un'accurata indagine preliminare eseguita tramite prove in situ e in laboratorio e da uno studio probabilistico sulla profondità di carbonatazione, sulla vita residua dell'opera e sulla possibilità di estensione della sua vita di servizio.

La relazione presentata dal prof. Malerba ha evidenziato che le strutture necessitavano di una manutenzione superficiale. Il degrado delle superfici risultava legato a problemi di dilavamento e la sua entità era elevata solo in corrispondenza di porzioni ristrette della struttura, come i cordoli degli impalcati.

La protezione dei calcestruzzi era stata infatti realizzata con uno strato di pittura probabilmente a base acrilica che, dopo circa un decennio dall'applicazione, aveva esaurito i suoi effetti protettivi evidenziando in alcuni punti distacchi, scolorimenti e la comparsa di efflorescenze sulla superficie.

Le parti ammalorate, che risultavano ben localizzate, erano riconducibili a imperfezioni nell'esecuzione delle strutture (mancato rispetto di copriferro, irregolarità delle superfici).

Al degrado fisiologico delle strutture si associava un degrado legato a carenze funzionali delle opere, in particolare dei sistemi di convogliamento e di scolo delle acque piovane, degrado che

Una suggestiva immagine dell'opera finita.







1

aveva un forte impatto sulla qualità estetica.

A tale degrado si aggiungeva poi il processo di carbonatazione, un processo chimico, naturale o artificiale, per il quale una sostanza, in presenza di anidride carbonica, dà luogo alla formazione di carbonati.

Tale modificazione del calcestruzzo non è di per sé un fenomeno negativo, ma lo diviene quando la conseguente diminuzione del Ph interagisce con i fenomeni elettrochimici alla base della corrosione delle armature. Inoltre il calcestruzzo carbonatato manifesta caratteristiche di resistenza almeno pari a quello originario (purché non ne sia iniziata l'espansione per effetto dell'ossidazione delle armature).

Per tali motivi è stato deciso di regolare la rimozione a seconda delle effettive necessità.



2



3



4



5

IN PRIMO PIANO

**MAPELASTIC**

Malta cementizia bicomponente elastica per la protezione e l'impermeabilizzazione di strutture in calcestruzzo, intonaci e massetti cementizi a base di leganti cementizi, inerti

selezionati a grana fine, additivi speciali e polimeri sintetici in dispersione acquosa, secondo una formula sviluppata nei laboratori di ricerca Mapei. L'utilizzo di MAPELASTIC permette di impermeabilizzare vasche in calcestruzzo per contenere acqua, anche non potabile; bagni, docce, balconi e terrazze, piscine, prima di posare i rivestimenti ceramici; manufatti in calcestruzzo interrati. Viene utilizzato anche come protezione di intonaci o

calcestruzzi che presentano fessurazioni causate da fenomeni di ritiro; come protezione per superfici in calcestruzzo venuti in contatto con acqua di mare e sali disgelanti.

Il prodotto risponde ai requisiti della norma **EN 1504-2**, rivestimento (c), secondo i principi **PI, MC e IR** per la protezione delle superfici in calcestruzzo.

Può contribuire all'assegnazione di **2 punti LEED**

**Preparazione delle superfici da proteggere**

Il prof. Malerba nella sua relazione aveva previsto tre differenti tipologie di intervento, suddivise in base allo stato di degrado delle strutture, alla profondità di carbonatazione delle stesse, ai differenti spessori di rimozione del materiale ammalorato e alla ricostruzione delle porzioni di superficie asportate.

Nella formulazione della proposta si è tenuta in considerazione la norma UNI EN 1504-9, riferimento per gli interventi di ripristino del calcestruzzo.

La struttura dei ponti già in fase progettuale era dotata di elevati



**Foto 1.** Come si presentava il ponte prima dell'intervento.

**Foto 2, 3 e 4.** La fase iniziale dedicata alle prove in situ è stata molto importante, perché ha determinato gli stati di degrado e i prodotti da utilizzare per ripristinare e proteggere il manufatto.

**Foto 5.** Le microcavillature presenti sulla superficie in calcestruzzo della struttura.



6

spessori di copriferro e, non avendo la carbonatazione intaccato le strutture esistenti, si è deciso di procedere al ripristino localizzato delle parti degradate e alla protezione dell'intera superficie del manufatto.

Con l'approvazione di tutte le parti coinvolte è stato deciso di procedere alla protezione delle superfici con il sistema MAPELASTIC. Il materiale degradato è stato rimosso attraverso una pulizia meccanica; sono poi seguite ricostruzioni localizzate con malte da ricostruzione scelte in base agli spessori di applicazione.

#### La protezione delle strutture

La protezione delle strutture in calcestruzzo armato, in particolare le barre di armatura, dalla corrosione causata dall'anidride carbonica presente nell'atmosfera, è affidata soprattutto alla qualità e allo spessore del copriferro. Nei getti in calcestruzzo, a causa di un alto rapporto acqua/cemento, si possono riscontrare microcavillature che facilitano la penetrazione di anidride carbonica. Durante il getto inoltre, si possono determinare piccoli vespai, lacune o porosità, dovuti anche all'inglobamento di aria durante il confezionamento del cemento. Per garantire la durabilità della strutture è stato suggerito l'utilizzo di MAPELASTIC che, proprio grazie alle sue caratteristiche di elasticità e crack-bridging, è in grado di coprire microcavillature e difetti generici.

Il prodotto risulta utile anche nei casi in cui venga riscontrata una

carezza nello spessore del copriferro.

La Società Autostrade ha condotto prove sperimentali di carbonatazione accelerata, che hanno permesso di studiare la penetrazione di CO<sub>2</sub> in un calcestruzzo protetto da uno strato di MAPELASTIC.

Il test consisteva nell'inserire un campione di calcestruzzo in un ambiente con un contenuto di CO<sub>2</sub> del 30% per 120 giorni (parametri standard per effettuare le prove di invecchiamento).

Dal test è emerso come uno strato di MAPELASTIC dello spessore di 2 mm sulla superficie in calcestruzzo fornisca una protezione equiparabile a un copriferro di spessore 50 mm di calcestruzzo, realizzato con rapporto a/c pari a 0,5.

#### La manutenzione dei ponti

L'intervento manutentivo dei ponti è stato diversificato a seconda della profondità del degrado: un primo intervento, rivolto a strutture con degrado leggero, ha interessato l'intradosso dell'impalcato e le pile. Strutture con degrado elevato, come le spalle e i cordoli, a contatto con cloruri dovuti alla salatura delle strade nei periodi invernali, hanno subito un intervento più complesso.

Il materiale degradato è stato rimosso attraverso la pulizia meccanica delle superfici interessate ed è stata eliminata l'ossidazione dei ferri di armatura, che sono stati poi trattati con due mani di malta cementizia monocomponente MAPEFER 1K, stesa a



**Foto 6, 7 e 8.** Dopo la pulizia delle superfici in calcestruzzo, i ferri di armatura portati alla luce sono stati trattati con due mani di MAPEFER 1K steso a pennello.

**Foto 9.** Per ripristinare il calcestruzzo, in base agli spessori di ricostruzione, sono stati applicati MAPEGROUT EASY FLOW GF (degrado elevato) e MAPEGROUT LM2K (degrado leggero).



7



8



9





pennello.

In base agli spessori di ricostruzione sono stati applicati due prodotti: per spessori di grande entità è stata utilizzata la malta monocomponente tissotropica fibrorinforzata MAPEGROUT EASY FLOW GF, mentre per spessori inferiori è stato consigliato l'utilizzo della malta premiscelata tissotropica MAPEGROUT LM2K.

A questo punto su tutta la struttura si è proceduto all'applicazione della malta cementizia impermeabilizzante MAPELASTIC Chiaro,



**Foto 10.** La malta cementizia impermeabilizzante MAPELASTIC Chiaro è stata applicata su tutta la struttura a spruzzo, in uno spessore di 2/3 mm.


**Foto 11.** L'intervento si è concluso con l'applicazione di ELASTOCOLOR PITTURA modificato appositamente con additivi antimuffa e antialga.

a spruzzo e con un'intonacatrice dotata di lancia per rasature, in uno spessore di 2/3 mm.

#### Protezione finale

L'ultima fase del lavoro ha visto l'utilizzo di ELASTOCOLOR PITTURA, pittura protettiva compatibile con MAPELASTIC che forma un rivestimento elastico, impermeabile all'acqua e agli agenti aggressivi presenti nell'atmosfera.

I rivestimenti elastici hanno la capacità di assorbire i movimenti

e le microfessurazioni non assolutamente rigide, come quella di un impalcato da ponte o un'antenna a cui sono ancorati stralli, anche a temperature di 20° C mantenendo l'elasticità iniziale. Su richiesta del progettista, la formula di ELASTOCOLOR PITTURA è stata appositamente modificata con additivi antimuffa e antialga in modo da garantire anche alle superfici esposte più a nord una protezione duratura nel tempo ed evitare la formazione di microrganismi. 

## SCHEDA TECNICA

**Ponti strallati aeroporto Milano-Malpensa "Città di Milano",** Somma Lombardo (VA)

**Progettista:** prof. ing. Francesco Martinez y Cabrera

**Periodo di costruzione:** 1994-1997

**Anno di intervento:** 2011

**Intervento Mapei:** fornitura di prodotti per il ripristino del calcestruzzo, per la protezione e la finitura delle strutture in calcestruzzo armato

**Progettista:** prof. ing. Piergiorgio Malerba

**Committente:** SEA Aeroporti di Milano-Società Esercizi Aeroportuali SpA

**Responsabile del Procedimento:** geom. Giordano Paracchini, SEA

**Direttore lavori:** ing. Eugenio Cornaggia, SEA

**Responsabile della sicurezza:** ing. Eugenio Cornaggia, SEA

**Imprese esecutrici:** impresa appaltatrice: I.M.G. Srl, Milano, impresa subappaltatrice: Martin Srl Tecnologie Applicate all'Edilizia, Milano

**Coordinamento Mapei:** Massimo Seregini, Vito Pedretti, Paolo Puricelli, Paolo Banfo, Gianluca Brichese, Alessandro Presotto-Coating Lab., Mapei SpA

## PRODOTTI MAPEI

I prodotti citati in questo articolo appartengono alla linea "Prodotti per edilizia". Le relative schede tecniche sono contenute nel sito internet [www.mapei.it](http://www.mapei.it).

I prodotti Mapei per la protezione e riparazione del calcestruzzo hanno ottenuto la marcatura CE in conformità alla norma EN 1504 (parti 2, 3, 4, 5, 6 e 7). Tutte le membrane e malte cementizie Mapei utilizzate per impermeabilizzazioni prima della posa di ceramica sono conformi alla norma EN 14891. Più di 150 prodotti Mapei contribuiscono a ottenere la certificazione LEED (Leadership in Energy & Environmental Design).

#### Ripristino del calcestruzzo

**Mapefer 1K (CE EN 1504-7):** malta cementizia anticorrosiva monocomponente per la protezione dei ferri di armatura.

**Mapegrout Easy Flow GF (CE EN 1504-3, R4):** malta monocomponente tissotropica fibrorinforzata con fibre inorganiche, a ritiro compensato, resistente ai solfati, per il ripristino di strutture in calcestruzzo dove è richiesta una maggiore duttilità.

**Mapegrout LM 2K (CE EN 1504-3, R3):** malta cementizia tissotropica bicomponente, a basso modulo elastico, fibrorinforzata e additivata con inibitore di corrosione a base organica, per il ripristino del calcestruzzo in spessore da 3 a 20 mm, in una sola mano.

#### Protezione dei supporti

**Mapelastic (CE EN 1504-2, rivestimento (C), principi PI, MC e IR, CE EN 14891):** malta cementizia bicomponente elastica per la protezione impermeabile del calcestruzzo, piscine e balconi.

#### Finitura

**Elastocolor Pittura (CE EN 1504-2, rivestimento (C) principi PI-MC-IR):** vernice elastica protettiva e decorativa per calcestruzzo e intonaci a base di resine acriliche in dispersione acquosa.