

# PRONTI AL DECO



L'aeroporto Marco Polo di Venezia ha conosciuto, durante gli anni Novanta, un notevole incremento del traffico aereo. Tale crescita ne ha messo in evidenza i limiti infrastrutturali. Per adeguare lo scalo alle normative internazionali e in previsione di un ulteriore aumento del traffico, si è reso necessario, fra l'altro, il rifacimento delle piste.

**L**'esigenza più impellente per quest'aeroporto riguardava il rifacimento delle sovrastrutture delle piste. Ciò consisteva in interventi migliorativi sia del sottofondo, sia del tappetino d'usura, con il rifacimento della segnaletica orizzontale diurna. Questa necessità era motivata dallo stato di conservazione delle piste, che presentavano un notevole degrado delle pavimentazioni, oltre che alcuni rilevanti cedimenti del piano di posa. Inoltre, alla luce di un progetto generale di riqualificazione, si è deciso di effettuare interventi d'adeguamento tali da

consentire il passaggio del "Marco Polo" ad una classificazione di categoria superiore, secondo gli standard internazionali. Pertanto, gli interventi che hanno interessato lo scalo sono stati numerosi, sia di natura impiantistica, sia civile. Ed è proprio su uno di questi - il rifacimento della pavimentazione rigida in calcestruzzo - che focalizziamo la nostra attenzione.

#### Un progetto in tre fasi

Tra le parti più degradate dello scalo vi erano sicuramente i nastri delle piste - soprattutto di quelle interessate dal traffico più intenso - a causa dell'impiego di un'unica pista sia per i decolli che per gli atterraggi, con conseguenti forti carichi e sollecitazioni trasmessi al suolo. A questa situazione si era cercato di porre rimedio con il metodo del "rappezzo" (la successiva stratificazione di tappetini bituminosi applicati per compensare e recuperare condizioni di

# OLLO



Foto 1 - 2. Per la realizzazione delle lastre della pavimentazione rigida sono state utilizzate delle vibrofinitrici autolivellanti a casseforme scorrevoli, macchine dotate della capacità di realizzare superfici con valori adeguati alle tolleranze di planarità di progetto.

Foto 3. La stesura della pavimentazione rigida è stata realizzata sopra un sottofondo di magrone realizzato in calcestruzzo; tra i due strati è stato interposto (visibile nell'immagine) un foglio di polietilene di spessore 0,4 mm.

assestamento). Tuttavia, questo tipo di gestione, se nell'immediato risolve problemi contingenti, di certo non migliora la qualità della pavimentazione e, nel tempo, può divenire controproducente. Per questo si è ritenuto opportuno - dal punto di vista tecnico e da quello economico - procedere al completo rifacimento della pavimentazione, demolendo completamente quella esistente, sia del rigido sottofondo in calcestruzzo, sia dello strato elastico superficiale in conglomerato bituminoso. Per ottimizzare i tempi di intervento e permettere allo scalo di continuare la sua attività - anche se con comprensibili disagi - il rifacimento delle pavimentazioni è stato suddiviso e programmato in tre fasi: le prime due relative al percorso di rullaggio, la terza alla pista di decollo e di

atterraggio. La prima fase è stata realizzata tra i mesi di febbraio e luglio 1996; la seconda tra luglio e settembre; la terza da settembre a dicembre.

Dei due interventi previsti (strato in calcestruzzo e strato in conglomerato bituminoso), il primo era quello che sicuramente presentava maggiori problematiche e necessitava di un attento studio - sia della consistenza, sia delle proprietà fisiche del calcestruzzo - per individuare la miscela meglio rispondente ai requisiti progettuali e alle esigenze di cantiere. Recependo le prescrizioni della direzione generale dell'Aviazione Civile, il progetto esecutivo ha previsto la ripavimentazione delle parti rigide con lastre in calcestruzzo non armato. Questa tipologia costruttiva si è affermata da diversi anni in contesti di questo genere, sia in Italia che all'estero. La particolare cura con cui sono stati selezionati tecnologia e prodotti è giustificata dalle dimensioni dell'intervento: il volume complessivo di calcestruzzo gettato in opera è risultato pari a 9.500 m<sup>3</sup>, mentre la superficie rivestita dalle lastre è stata di 30.000 m<sup>2</sup>: un'immensa platea, quindi, composta da centinaia di lastre, ognuna da 7,5 x 7,5 m di grandezza e 40 cm di spessore. Questo strato rigido è stato "appoggiato" su un sottofondo di magrone per un'altezza di 17 cm, realizzato in calcestruzzo con classe di resistenza  $R_{ck}$  pari a 15 N/mm<sup>2</sup>, sopra il quale è stato posizionato, prima della messa in opera delle lastre, un foglio di polietilene di spessore 0,4 mm, allo scopo di assorbire le frizioni tra i due strati principali. I lavori sono durati quaranta giorni. Per il confezionamento del

calcestruzzo è stato appositamente installato un impianto mobile in situ. La posa delle lastre è stata coadiuvata dall'impiego di vibrofinitrici autolivellanti a casseforme scorrevoli, con larghezze delle strisciate pari a 7,5 m (dimensione della lastra singola) e lunghezze variabili da 90 a 450 m. Importante, a tale proposito, è stata la capacità di queste macchine di realizzare pavimentazioni con tolleranze di planarità accettabili: fattore determinante, questo, sia per la



4



5

particolare attività a cui sono destinate, sia per il prolungamento nel tempo delle prestazioni dei manufatti.

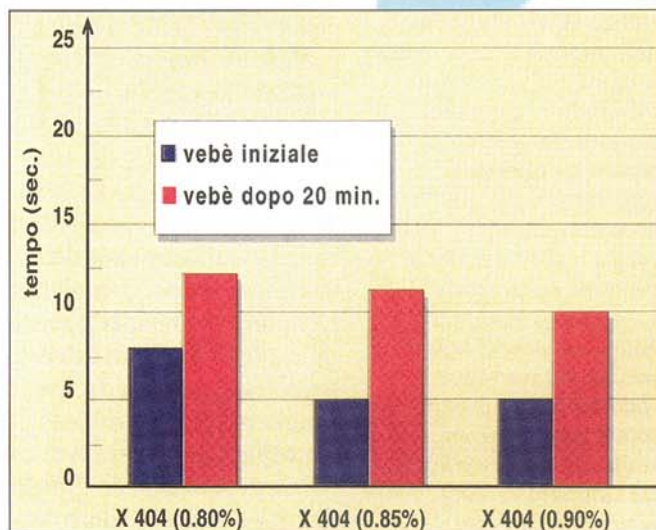
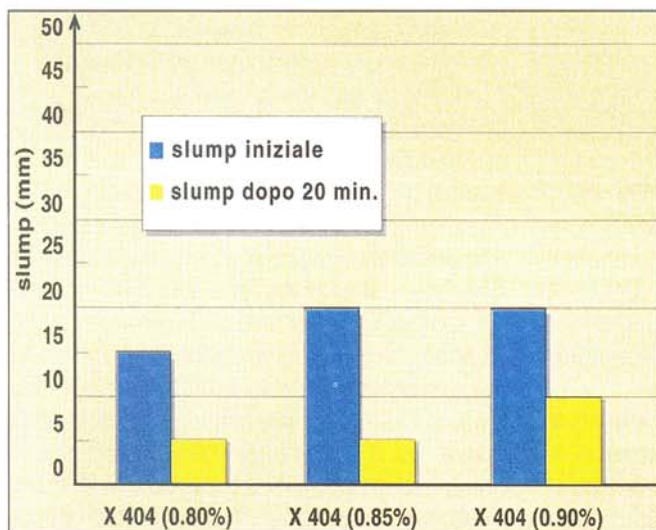
**Il mix design**

La chiave di volta dell'intervento era evidentemente rappresentata dalle caratteristiche dell'impasto utilizzato per le lastre. Si è quindi deciso di utilizzare un calcestruzzo con resistenza a compressione ( $R_{ck}$ ) pari a 40 N/mm<sup>2</sup>, confezionato con cemento resistente ai solfati e con rapporto acqua/cemento inferiore a 0,4 (piuttosto basso, per intenderci), così da conseguire sia un contenuto ritiro, sia un idoneo comportamento meccanico.

Più in dettaglio, il capitolato tecnico, relativamente al calcestruzzo, prevedeva per le piste un impasto con le seguenti caratteristiche:

- resistenza a compressione ( $R_{ck}$ ) minima a 28 giorni pari a 40 N/mm<sup>2</sup>;
- resistenza a trazione per flessione caratteristica a 28 giorni non inferiore a 5,5 N/mm<sup>2</sup>;

Tipo di cemento	Additivo (dosaggio)	Slump iniziale (mm)	Slump dopo 20 min (mm)	Vebè iniziale (sec.)	Vebè dopo 20 min (sec.)
II B - S 42,5	X 404 (0.80%)	15	5	8	12
II B - S 42,5	X 404 (0.85%)	20	5	5	11
II B - S 42,5	X 404 (0.90%)	20	10	5	10



Perdita di lavorabilità con cemento CEM II/B - S 42,5 e diversi dosaggi di additivo MAPEFLUID X404. Si noti come per le diverse percentuali di impiego risulta molto contenuta la differenza fra il valore iniziale di consistenza e quello dopo 20 minuti dalla miscelazione, in particolare per la prova Vebè.




Foto 4. La vibrofinitrice viene alimentata per la realizzazione della lastra rigida continua in calcestruzzo.




Foto 5. Fase di realizzazione di una delle lastre continue in calcestruzzo.



Foto 6. Particolare cura ha comportato lo studio e l'elaborazione del corretto mix design del calcestruzzo e l'individuazione dell'additivo più adatto. La produzione del calcestruzzo speciale additivato è stata realizzata con un impianto fisso in situ.

Foto 7. Verifiche sulla qualità del conglomerato cementizio sono state effettuate continuamente in cantiere per tenere sotto controllo il mantenimento delle caratteristiche dell'impasto.

La tabella e i grafici a lato sono ripresi dall'articolo "Le opere di adeguamento dell'aeroporto di Venezia" di Carlo Criscuolo e Roberto Marino, pubblicato su "In Concreto" n. 23 - gennaio/febbraio '98, che ringraziamo.

- classe di consistenza del calcestruzzo S1 (comunque, idonea al getto con vibrofinitrice);
  - rapporto acqua/cemento non superiore a 0,4;
  - impiego di additivo aerante per aumentare la resistenza ai cicli di gelo/disgelo (particolarmente impegnativi in un ambiente altamente esposto come una pista aeroportuale);
  - impiego di cemento pozzolanico o d'altoforno (o con alta resistenza ai solfati);
  - classe di esposizione ambientale 5c (ambiente chimico aggressivo).
- Estrema attenzione è stata posta nell'individuazione e nella selezione della qualità dei processi produttivi (imprese) e dei materiali impiegati: delle cave di estrazione dei materiali lapidei; degli impianti di frantumazione e vagliatura per la produzione degli aggregati per i conglomerati cementizi e bituminosi; qualifica dei leganti (cementi e bitumi) e degli additivi, nonché delle centrali di confezionamento e betonaggio.

Per la definizione del "mix design" sono state effettuate numerose prove di laboratorio, per giungere alla formulazione del calcestruzzo più idoneo. Con la preziosa collaborazione del professor Mario Collepari, la definizione del mix design è stata eseguita dalla Enco (Engineering Concrete) di Spresiano (TV), mediante prove condotte con cementi diversi e dosaggi variabili. La scelta del tipo di cemento da utilizzare, infatti, è stata di basilare importanza, in quanto impasti realizzati con cemento ad altissima resistenza ai solfati avevano già in precedenza evidenziato alcuni problemi, non tanto nelle prestazioni meccaniche quanto nel mantenimento nel

tempo della lavorabilità. Dopo numerosi studi e tentativi si è optato per un cemento CEM II/B-S 42.5R, un prodotto che si colloca - per resistenza ai solfati - a metà strada tra quelli ad alta e quelli a moderata resistenza. Altrettanto elaborate e approfondite sono state le operazioni condotte su impasti confezionati con diversi tipi di cemento e additivi, per valutare la lavorabilità dell'impasto. In questo caso, le caratteristiche richieste dal capitolato d'appalto - il basso rapporto acqua/cemento, la consistenza S1 da mantenere per 20/30 minuti e la presenza dell'additivo aerante per resistere ai cicli di gelo-disgelo - hanno reso problematica l'individuazione dell'additivo. Il risultato delle prove di lavorabilità condotte ha indicato un additivo superfluidificante a base acrilica (MAPEFLUID X404\*) che, in fase sperimentale (dopo essere stato messo a confronto con un prodotto a base naftalenica), ha permesso di ottenere un calcestruzzo con proprietà adeguate alla tecnica esecutiva adottata.

#### Pista... arriva l'additivo

La definizione di un "mix design" elaborato sulla base di condizioni vincolanti (come quelle in esame) comporta spesso qualche problema di lavorabilità dell'impasto, specie se il getto interessa superfici planari ed estese quali quelle di un aeroporto. Per migliorare le condizioni di getto sono disponibili - e ampiamente utilizzati - additivi di diverso genere (fluidificanti, ritardanti, aeranti, eccetera), che rappresentano un concreto supporto in cantiere. Nel caso dell'aeroporto Marco Polo l'additivo selezionato è stato, come già detto, MAPEFLUID X404\*, iperfluidificante per calcestruzzi. Le speciali caratteristiche

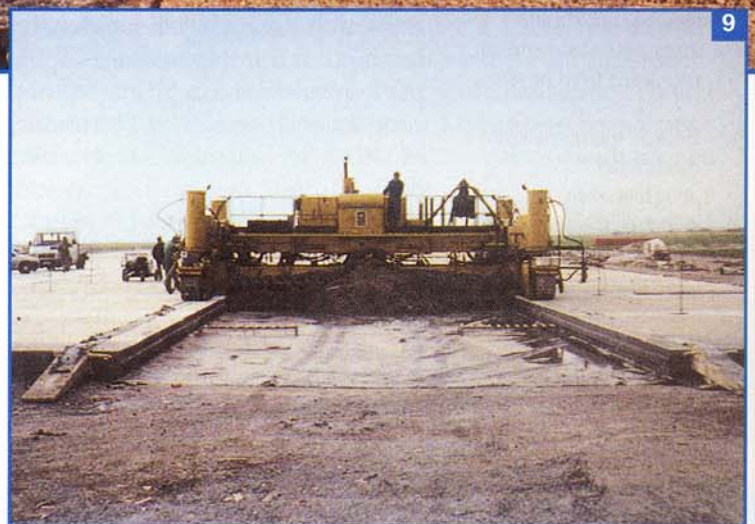




tecniche di questo prodotto conferiscono all'impasto una minima perdita di lavorabilità e una forte riduzione della quantità d'acqua, per l'ottenimento di calcestruzzi ad alta e altissima resistenza meccanica. Ma è soprattutto un'altra caratteristica che lo rende un additivo "speciale": MAPEFLUID X404\*, infatti, è completamente diverso dai tradizionali additivi superfluidificanti a base di naftalinsolfonato (SN) o melamminsolfonato (SM) in quanto è a base di polimeri acrilici non solfonati ed è completamente privo di formaldeide. Come abbiamo accennato in precedenza, questa caratteristica (e le prestazioni conseguenti) sono alla base della sua scelta per il cantiere in oggetto. MAPEFLUID X404\* è una soluzione acquosa al 30% di polimeri acrilici, capaci di disperdere efficacemente i granuli del cemento: l'azione deflocculante dell'additivo ne permette un impiego vantaggioso sia per incrementare la lavorabilità rispetto al calcestruzzo non additivato, di buona qualità prestazionale (resistenza meccanica, impermeabilità, durabilità) ma di difficile posa in opera (calcestruzzo asciutto o plastico), sia per ridurre l'acqua e il cemento (in eguali proporzioni), in modo da lasciare immutato sia il rapporto a/c (e, quindi, le prestazioni), sia la lavorabilità, rispetto al calcestruzzo non additivato. Nel cantiere dello scalo Marco Polo MAPEFLUID X404\* è stato dosato allo 0,9% sul peso del cemento.

### Conclusioni

Il risultato è da ritenersi alquanto soddisfacente: l'elaborata fase di selezione (che, ricordiamo, non ha interessato solo l'additivo, ma ha applicato gli stessi standard qualitativi e prestazionali anche a tutti gli altri elementi del mix design) ha permesso di soddisfare i requisiti di progetto, in particolare per quanto riguarda la resistenza ai cicli di gelo/disgelo e quella meccanica effettiva, misurata a maturazione avvenuta, superiore a 70 N/mm<sup>2</sup>. Concludendo, ancora una volta si è evidenziato come la qualità di un'opera sia strettamente collegata alla collaborazione tra tutti i soggetti interessati alla sua realizzazione e alla capacità di risolvere tempestivamente i problemi.



*\*Il prodotto citato in questo articolo appartiene alla linea "Additivi per cls". La relativa scheda tecnica è contenuta nel CD "Mapei Global Infonet" e nel sito internet "Mapei.it".*  
**Mapefluid X404:**  
*iperfluidificante per calcestruzzi a bassa perdita di lavorabilità.*



### — SCHEDA TECNICA —

**Aeroporto Marco Polo – Tessera (Ve)**  
**Intervento:** rifacimento delle pavimentazioni in calcestruzzo  
**Anno di intervento:** febbraio-dicembre 1996  
**Direttore lavori:** Tecno Engineering 2C - Roma  
**Mix design calcestruzzo:** Enco - Spresiano (TV)  
**Impresa esecutrice:** Itinera – Tortona (AI)  
**Fornitore cls:** Calcestruzzi S.p.A.  
**Prodotti Mapei:** MAPEFLUID X404  
**Coordinamento Mapei:** Gianluca Bianchin - Paolo Alberti

Foto 8. Il ruolo dell'additivo Mapei (MAPEFLUID X404) è stato quello di garantire all'impasto la minima perdita di lavorabilità e consentire un minore impiego di acqua, mantenendo al contempo le caratteristiche di altissima resistenza meccanica.

Foto 9. La vibrofinitrice al completamento di una lastra, mentre di fianco si possono notare due passate già completate. Ogni lastra ha dimensioni 7,5x7,5 m e uno spessore di 40 cm.

Foto 10. Vista generale dell'aeroporto di Venezia Tessera



8

10