

SITEBSi srl

Rassegna del bitume

RIVISTA DEL SITEB-ASSOCIAZIONE ITALIANA BITUME ASFALTO STRADE

ESTRATTO DAL N° **38/01**

Le pavimentazioni aeroportuali in Italia

Italian airport pavements

Carlo Giavarini

SITEB, Università di Roma "La Sapienza", Dipartimento di Ingegneria Chimica

Le pavimentazioni aeroportuali in Italia

Italian airport pavements

CARLO GIAVARINI

SITEB, Università di Roma "La Sapienza", Facoltà di Ingegneria

Riassunto

Vengono sintetizzati alcuni degli aspetti più generali ed esemplificativi emersi durante il Convegno su "Le pavimentazioni aeroportuali" organizzato dal SITEB a Roma il 30 novembre 2000 presso la Facoltà di Ingegneria de "La Sapienza".

Dopo un quadro riassuntivo della situazione italiana relativa agli aeroporti civili e militari, si considerano gli aspetti progettuali delle sovrastrutture aeroportuali e i criteri dell'Aviazione Militare per la costruzione delle piste. Viene considerato anche il problema del "richiamo delle lesioni" per le piste in calcestruzzo ricoperte successivamente da pavimentazioni flessibili in conglomerato.

Completano il quadro alcune esperienze progettuali e costruttive relative all'aeroporto di Fiumicino e ai due aeroporti militari di Verona e Aviano. Pur se non presente al Convegno, anche l'aeroporto di Milano-Malpensa viene brevemente preso in considerazione.

Da tali esperienze appare chiaro il ricorso sempre più diffuso, per le pavimentazioni attuali delle piste aeroportuali, ai conglomerati fatti con bitumi modificati.

Summary

The symposium on "Airport pavements" was organized in Rome, November 30th, by SITEB (Italian Asphalt and Road Association). More than 200 delegates and 17 presentations (followed by a round table discussion) demonstrated the interest of the industry authorities and Academia for this subject.

This paper shortly summarizes some general and practical aspects considered during the symposium.

For a more detailed information it is suggested to read the symposium proceedings, available at the SITEB office, in Italian.

At the beginning, a general description of the present situation of the Italian civil airports is given, followed by a number of data on the military airport pavements. Some considerations follow on the engineering and design criteria for airfield pavements. Special attention is given to the problem of crack propagation through the asphalt layers used to cover and upgrade old concrete pavements. A number of actual paving and repaving experiences are presented related to the international airports of Fiumicino, Malpensa and to the military airports of Verona and Aviano.

Premessa

Lo sviluppo del traffico aeroportuale, l'introduzione di aeromobili di dimensioni e pesi superiori, la maggior richiesta di resistenza agli agenti chimici (carburanti, anticongelanti), hanno progressivamente portato all'introduzione di nuove tecnologie di progettazione e manutenzione delle pavimentazioni aeroportuali e all'impiego di materiali in grado di garantire una sempre migliore risposta alle sollecitazioni, dinamiche e statiche, indotte dagli aeromobili. In proposito, si pensi all'impatto che avrà la prossima introduzione del gigantesco Airbus A380, capace di portare fino a 800 persone.

Il convegno sulle pavimentazioni aeroportuali, orga-

nizzato dal SITEB presso l'Università di Roma "La Sapienza" (30 novembre 2000) con il patrocinio del Ministero dei Trasporti e della Navigazione, ha proposto un momento di confronto tra tecnici, ricercatori, imprenditori e gestori di aeroporti, di varia provenienza (Fig. 1 e 2).

Scopo principale dell'incontro era quello di, fare il punto sullo stato attuale e sugli sviluppi futuri degli aeroporti italiani, sia civili che militari, relativamente alle pavimentazioni asfaltiche.

Oltre duecento attenti partecipanti e 17 memorie presentate (a cui si è aggiunta una tavola rotonda) hanno decretato il successo della manifestazione, forse la prima del suo genere in Italia.

Il presente scritto vuole solo sintetizzare alcuni aspetti più generali e/o esemplificativi relativi alle pavimentazioni, trascurando, per ragioni di spazio, altri pur importanti e specifici argomenti, per i quali si rimanda alla lettura degli atti, disponibili presso il SITEB.

2. La situazione degli aeroporti in Italia

2.1. Aeroporti civili

Dopo anni di scarsa attività nel settore, a partire dal 1997 il Governo ha lanciato programmi di intervento a favore degli aeroporti. Anche se Roma e Milano hanno fatto la parte del leone, molti altri aeroporti sono stati e sono tuttora interessati ai finanziamenti.

Negli ultimi anni, inoltre, il Governo ha emanato provvedimenti normativi che hanno radicalmente mutato il quadro di riferimento istituzionale (riforma dell'aviazione civile).

A ciò si aggiunge la "liberalizzazione dei cieli", un maggior impegno verso la sicurezza del trasporto aereo e il rispetto dell'ambiente, nonché l'ingresso dei privati nella gestione dei complessi aeroportuali. In pratica si è assistito ad una progressiva privatizzazione delle società esercenti servizi di trasporto aereo e



Fig. 1 - Un momento del Convegno



Fig. 2 - Foto di gruppo nel chiostro di S. Pietro in Vincoli, una parte della Facoltà di Ingegneria

delle società di gestione degli aeroporti.

L'aeroporto è ora visto come una impresa, una vera e propria industria (con sue infrastrutture, impianti, macchinari, personale), che deve far funzionare al meglio le proprie infrastrutture.

Esistono tre tipologie di gestione: diretta, parziale e totale. Nella prima, limitata a pochi aeroporti particolari (es. Pantelleria, Lampedusa), l'ENAC (Ente Nazionale Aviazione Civile) provvede alla realizzazione e manutenzione di tutti i beni. Nella gestione parziale, le infrastrutture di volo rimangono di competenza statale, mentre le aerostazioni (pax e merci) sono affidate ad un concessionario. Nella gestione totale, infine, l'intero aeroporto è affidato a un concessionario per un periodo massimo di quaranta anni.

La società concessionaria contribuisce in questo caso alla realizzazione e manutenzione delle infrastrutture (tra cui le piste), nonché alle attività di movimentazione e commerciali.

La gestioni totali in Italia sono le seguenti: Bergamo,

Genova, Milano Linate e Malpensa, Roma Ciampino e Fiumicino, Torino, Venezia, Trento.

Gli aeroporti civili italiani sono centodieci, di cui ottanta statali e ventidue privati; quattro risultano però chiusi. Quarantuno di questi aeroporti hanno ospitato un traffico commerciale maggiore di 1000 pax. Tra di essi i soli poli di Roma e Milano movimentano il 60% dei passeggeri e il 74% delle merci di origine o destinazione italiana; per avere un altro riferimento, nel 1998 il traffico passeggeri è stato superiore a 25 milioni per Roma Fiumicino e a 13,5 milioni per Milano Malpensa.

L'incremento del traffico aereo passeggeri in Italia negli ultimi dieci anni è stato del 45% ed è destinato a crescere; tra il 1997 e il 1998 tale incremento è stato del 6,8%. Il tasso di crescita degli aeroporti con minore traffico supera però quello degli aeroporti maggiori. A livello internazionale, le stime IATA valutano un tasso di crescita (paesi ICAO) pari al 6,6% annuo nel periodo 1997-2001.

Per far fronte alle criticità del sistema italiano, è stato varato (ottobre 2000) il nuovo sistema nazionale integrato dei trasporti (SNIT), che comprende i 23 aeroporti con traffico passeggeri annuo superiore a 500.000 (anno di riferimento: 1998). Gli scali inseriti nello SNIT rappresentano quasi il 99% del traffico passeggeri.

La politica di sviluppo perseguita negli ultimi anni ha avuto come principali obiettivi la creazione del polo aeroportuale internazionale di Malpensa e il potenziamento di Fiumicino, nonché di alcuni aeroporti meridionali (Catania, Bari, Cagliari, Palermo, Napoli) e regionali. Lo sviluppo degli aeroporti regionali viene fatto nell'ottica della crescita del turismo, attivando collegamenti diretti con i paesi di origine e con gli altri hub nazionali.

Resta da chiarire come i due grandi aeroporti di Fiumicino e Malpensa risolveranno in prospettiva il problema di poter accogliere i futuri mastodonti di classe ICAO-F (Fig. 3).

Per approfondire gli aspetti sopra citati si consiglia la lettura della relazione di L. Domenichini.



Fig. 3 - Il nuovo **Airbus A380** entrerà in funzione nel 2006

2.2 Aeroporti militari

Parlando di aeroporti militari, va premesso che un certo numero di aeroporti classificati come militari vengono comunemente usati anche per l'aviazione civile (es. Verona, Falconara e altri), mentre altri più strategici (es. Aviano) sono di esclusivo uso militare. Gli attuali aeroporti militari derivano sostanzialmente dalle strutture create tra le fine della seconda guerra

mondiale e la metà degli anni '70. È in questo periodo che si realizzano le modifiche più sostanziali, in termini di strutture e dimensioni.

Ciò a causa del veloce aumento di prestazioni e di carico utile degli aerei militari (si pensi ad esempio al passaggio dai motori ad elica ai jet). Successivamente l'evoluzione degli aeroporti militari ha interessato soprattutto gli ausili visivi e di avvicinamento strutturale.

Dopo gli anni '70 sono rimasti praticamente invariati i parametri massimi di carico utile e di velocità dei velivoli, mentre si è avuto uno sviluppo eccezionale delle tecniche di navigazione e combattimento.

Pur restando all'interno del periodo citato, occorre inoltre distinguere tra piste costruite nel periodo bellico o post-bellico e piste costruite negli anni '60 e '70. Le prime, che sono le più numerose, erano costituite in origine da un lastronato in calcestruzzo su fondazione in misto granulare (normalmente non frantumato). Le modalità esecutive erano simili a quelle usate per le autostrade tedesche degli anni '30 e '40.

Con il passaggio ai jet, tali piste sono state allungate e allargate, ricoprendole anche con conglomerato bituminoso, ad eccezione delle testate. La scelta delle testate in calcestruzzo era dettata dalla attaccabilità dei conglomerati bituminosi da parte di carburanti e oli.

La ricopertura con asfalto delle piste assicurava superfici di scorrimento più uniformi, senza giunti e conseguenti "saltellamenti", non graditi dai sofisticati e sempre più numerosi apparati di comunicazione e ricerca degli aerei militari.

Le piste costruite negli anni '60 e '70, nate dalle precedenti esperienze, nascevano direttamente in conglomerato bituminoso a tre strati, su fondazione in misto stabilizzato.

Le testate restavano in genere in calcestruzzo. Verso la metà degli anni '70 tutte le pavimentazioni sono state riqualficate per adeguarle ai nuovi carichi utili previsti dalla NATO.

3. Le sovrastrutture aeroportuali e la loro progettazione

Apparentemente molto simili a quelle stradali, le pavimentazioni delle piste aeroportuali sono in effetti diverse sia per le dimensioni trasversali che, soprattutto

Tab. 1- Differenza tra pavimentazioni stradali e aeroportuali.

Caratteristiche	Corsia stradale	Pista aeroportuale
Carico concentrato (t)	> 13, per asse	> 380
Pressioni di gonfiaggio (dN/cm ²)	< 10	> 20
Velocità max (km/h)	≤ 130	> 300
Azioni dinamiche	Poche	Molte

to, per i carichi di esercizio e le velocità operative degli aeromobili (Tab. 1).

Le piste possono essere costruite in lastre di calcestruzzo (sovrastutture rigide) o in conglomerato bituminoso (sovrastutture flessibili) o in conglomerato su base rigida (semirigide). Le testate e i piazzali di stazionamento sono comunque spesso fatti in calcestruzzo, per offrire maggiori resistenze ai carburanti e ai lubrificanti.

Lo sviluppo del progresso tecnologico delle pavimentazioni in conglomerato bituminoso ha consentito di raggiungere prestazioni di rilievo con costi iniziali di impianto relativamente contenuti. Come in molti altri Paesi, anche in Italia prevale l'impiego dei conglomerati bituminosi, per ovvi motivi di praticità di impiego e di economia immediata; ciò sia in campo civile che, negli ultimi decenni, in campo militare.

Soprattutto nell'ultimo decennio, i progettisti, costruttori e gestori hanno dovuto risolvere la sfida indotta dall'aumento del traffico aereo e dall'introduzione di aerei sempre più grandi.

I metodi da tempo disponibili per il dimensionamento di una sovrastruttura aeroportuale sono generalmente basati sull'impiego di diagrammi di dimensionamento (FAA, STBA, ecc.) che in funzione di pochi parametri indicativi, come portanza del sottofondo, peso dell'aereo e numero di ripetizioni, forniscono lo spessore della pavimentazione.

Il vantaggio di questi metodi è la velocità d'impiego; lo svantaggio è la limitatezza del campo di applicazione. Essi infatti offrono soluzioni di dimensionamento affidabili soltanto se i dati di progetto sono compresi nel campo di sperimentazione. Il problema si presenta

quando, ad esempio, si impiegano questi diagrammi per il dimensionamento di pavimentazioni in zone con condizioni climatiche molto diverse da quelle dell'area per la quale il metodo è stato sviluppato.

Attualmente, inoltre, l'introduzione sul mercato degli aerei della nuova generazione, con pesi e configurazione dei carrelli di atterraggio sostanzialmente diversi da quelli degli aerei precedenti, ha accentuato il problema della limitatezza di applicazione di tali metodi.

Per far fronte alle nuove realtà appare allora interessante valutare l'opportunità dell'impiego dei metodi cosiddetti "razionali", sviluppati anche grazie alla possibilità di impiego di modelli di calcolo facilmente traducibili in codici numerici per calcolatori. Assumono un ruolo determinate i valori iniziali dei moduli elastici dei diversi strati, intesi come moduli dinamici, e le leggi di decadimento in funzione del progredire delle ripetizioni di carico e del variare delle temperature.

Mediante i più recenti modelli agli elementi finiti, si riesce a modellare un intero ciclo di vita utile; in sostanza, una pavimentazione bituminosa deve essere progettata sapendo che avverranno fessurazioni, rotture ed ormaiamento, ma a patto che ciò avvenga quando ormai il ciclo di rendimento economico si avvia alla conclusione. Un approfondimento sui metodi di progettazione può trovarsi nelle memorie di A. Ranzo, P. Di Mascio e A. Marchionna.

Relativamente, poi, ai sistemi di controllo delle pavimentazioni ("*pavement management systems*") si fa riferimento alle comunicazioni di G. F. Battiato, D. Harverson e S. Comenale.

Molto importante per la pavimentazione è il legante, dalle cui proprietà soprattutto dipendono resistenza, durabilità e sensibilità alle temperature del conglomerato.

Il CEN ha costituito uno speciale gruppo in seno al TC 227 (Road Materials) con l'incarico di predisporre gli *Special Requirements for Bituminous Materials for Airfield Pavements* ". Una prima bozza è stata preparata nel novembre 2000.

Si tende ad utilizzare sempre più i bitumi modificati con polimeri, che più facilmente permettono di raggiungere gli alti standard prestazionali richiesti alle pavimentazioni odierne. Esistono anche casi in cui, grazie ai leganti modificati, porzioni delle piste vengono costruite con conglomerati drenanti, per una maggior sicurezza.

4. I criteri e le esperienze dell'Aeronautica Militare in Italia

Le pavimentazioni militari sono progettate per rispondere ai seguenti obiettivi:

- bassissima perdita superficiale di inerti per distacco, onde evitare danni ai motori durante i decolli in formazione;
- limitato valore dei vuoti nella pavimentazione: il numero di voli è basso e non c'è quindi effetto costipante dovuto al traffico; inoltre, le pressioni di gonfiaggio sono molto alte e le velocità di decollo elevate;
- durata di esercizio continuo non inferiore a 10/12 anni;
- massima scorrevolezza delle superfici.

Gli studi e le esperienze dell'Aeronautica Militare hanno portato a definire i conglomerati adatti a fornire le prestazioni richieste. Così, ad esempio, per lo strato di usura si sono adottate le seguenti caratteristiche:

- contenuto di bitume tra il 5 e il 7%, con preferenza per il limite superiore;
- contenuti di filler più alti, rispetto ai conglomerati tradizionali, per fissare l'eccesso di bitume; preferenza per i filler cementizi;
- percentuali dei vuoti non superiore al 3-5% e stabilità Marshall non inferiore a 1000 daN, con scorrimento di 2-4 mm e rigidità superiore a 350;

- impiego di inerti con forte resistenza all'abrasione (Los Angeles minore di 18) di forma poliedrica (indice di appiattimento inferiore a 20) ed esclusivamente frantumati.

Con tali conglomerati sono state riqualficate tutte le piste di volo ottenendo risultati positivi e talvolta eccezionali: alcune piste riqualficate nel 1979 sono ancora perfettamente efficienti.

Il dimensionamento strutturale è sempre stato sviluppato ricorrendo ad abachi e grafici, adeguandoli ai carichi attuali e alle pressioni di gonfiaggio. Già dall'inizio degli anni '90, però, si è praticamente esaurita l'applicazione degli abachi in quanto gli spessori superavano i limiti prevedibili per le portanze richieste.

Tale problema esisteva in particolare nelle piste originariamente in calcestruzzo, nelle quali lo strato di conglomerato, sempre maggiore di 20 cm, era esuberante ai fini della portanza, ma necessario per ridurre il fenomeno della "risalita" dei giunti.

In pratica, le riqualficazioni superficiali consistono ora nella stesa di uno strato di usura di 3 cm, eventualmente preceduta da ricariche e/o scarifiche localizzate, per ripristinare le pendenze. Se alla riqualficazione si associano impianti per i voli notturni, la scarifica è di 8 cm e il bistrato è di 5 cm (binder) più 3 cm di usura.

Il conglomerato drenante, introdotto nel 1977 in una pista soggetta a fenomeni di *aquaplaning*, pur conservando ottime capacità drenanti dopo 10-12 anni, ha dato problemi di distacco di inerti e conseguenti oneri aggiuntivi di manutenzione.

L'Aeronautica Militare ha anche studiato da tempo il problema della resistenza al cherosene. L'applicazione di uno speciale legante contenente catrame, pur efficace, dopo alcuni anni produceva perdite della capacità elastico-plastiche e disgregazione del materiale. Il suo utilizzo è stato interrotto, ritornando alla consueta configurazione delle testate in calcestruzzo. Successivamente sono stati comunque sperimentati vari trattamenti antisolvente, anche con successo, come sembra indicare una memoria presentata al Convegno.

Alla fine degli anni '80 si è riscontrato un certo numero di problemi (rilascio di inerti e distacco dai giunti di strisciata contigua), attribuiti al decadimento della qualità dei bitumi (rispondenti alle caratteristiche vigenti, ma con carenze qualitative non accertabili con le usuali prove normalizzate).

Sono stati quindi individuati come idonei i nuovi leganti modificati, dapprima additivati direttamente nei serbatoi di stoccaggio degli impianti e poi, con maggior successo, forniti da qualificate industrie produttrici. A metà anni '90 è stato avviato un ciclo di riqualificazione di alcuni aeroporti del Nord Italia usando conglomerati con leganti modificati in stabilimento. Questo intervento deve essere inteso come una sperimentazione, non potendosi esprimere certezze prima di 6-7 anni. Al momento, comunque, il livello qualitativo e prestazionale è elevato e superiore a quello dei migliori conglomerati tradizionali. Ulteriori informazioni sulle piste militari sono riportate nella relazione del T. Col. F. Noto.

4.1. Il problema del "richiamo delle lesioni" nelle ricoperture delle piste in cemento

La fessurazione di richiamo che si verifica negli strati bitumati delle ricoperture flessibili su sovrastrutture in lastre di calcestruzzo è causata dalla ripetizione ciclica delle sollecitazioni di trazione e taglio dovute ai

carichi di traffico e ai movimenti dei giunti. L'impiego di bitumi modificati con polimeri elastomerici e di manti aventi spessori adeguati migliora la situazione, ma non sempre la risolve completamente.

Alcuni interventi dell'Aeronautica Militare hanno contemplato, a seguito di studi e di sperimentazioni, l'impiego di geotessili su uno strato di conglomerato alveolare (vuoti residui pari al 15-20%) con legante modificato (SBS). Sono state fatte sperimentazioni, in collaborazione con "La Sapienza", per studiare la miglior disposizione dei vari strati e impiegando anche feltri bitumati a cavallo dei giunti. Sembra che il posizionamento del geotessile a diretto contatto con la pavimentazione rigida dia risultati migliori (Fig. 4).

In ogni caso, a distanza di sei anni, la pavimentazione è ancora in buone condizioni.

Ulteriori esperienze di ricoperture flessibili su calcestruzzo sono state fatte presso l'aeroporto militare di Grosseto; le conseguenti analisi comparative contribuiranno ulteriormente a meglio definire il comportamento in opera dei vari sistemi "antirichiamo lesioni" adottati. Interessanti e innovativi sono anche gli interventi in tal senso effettuati presso l'aeroporto di Fiumicino (vedi §6).

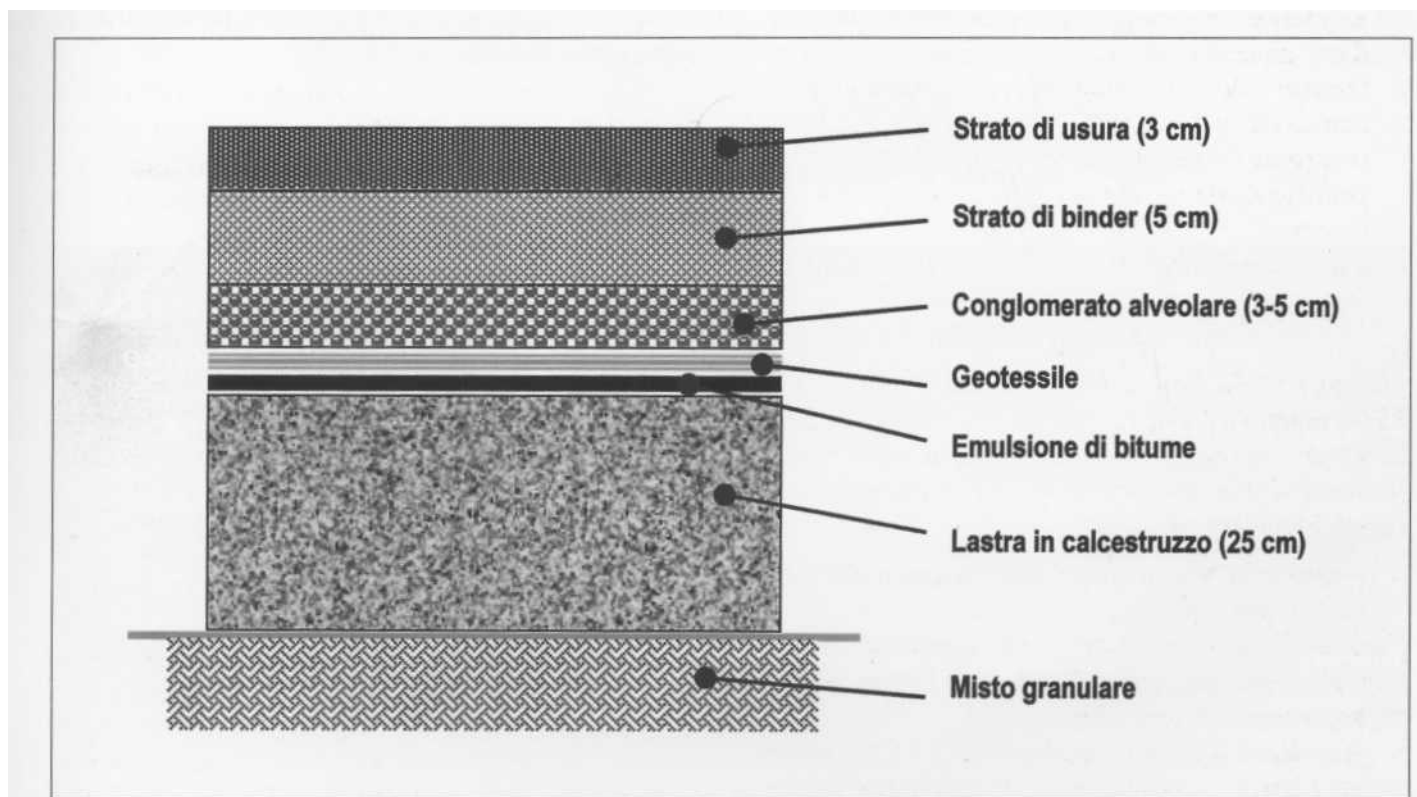


Fig. 4 - Sezione di pavimentazione con soluzione proposta "antirichiamo giunti"

5. L'esperienza di Verona e di Aviano con i bitumi modificati

Il completo rifacimento della pista di volo (binder e usura), dell'aeroporto Catullo di Verona Villafranca, ha comportato la scarifica (mediamente 9,5 cm) e la successiva stesa di oltre 100.000 m² di conglomerato. Sono stati messi in opera ca. 5.500 m³ di un manto di usura superficiale di 3 cm. I conglomerati utilizzati per i due strati sono stati confezionati con bitumi modificati aventi caratteristiche coerenti con il capitolato di riferimento e provati preliminarmente presso il cantiere dell'impresa esecutrice.

Il lavoro è stato eseguito dalla metà di aprile alla metà di maggio 1999, con la pista a completa disposizione. Ricordiamo che la pista sopporta anche un traffico internazionale di passeggeri. Le caratteristiche del bitume modificato con SBS radiale per l'usura sono riportate in Tab. 2; la percentuale di legante è stata del 5,5 %.

La curva granulometrica è riportata in Fig. 5. La modifica è stata decisamente *hard* ed è stata resa possibile grazie alla vicinanza del cantiere, che ha permesso di mantenere elevate le temperature richieste per la stesa.

È interessante notare che, rispetto ai valori richiesti dal capitolato, si sono ottenuti valori della stabilità Marshall superiori del 28 %, con rigidzze maggiori

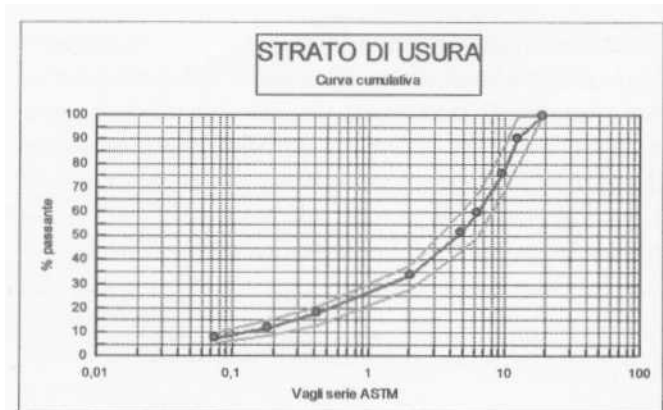


Fig. 5 - Curva granulometrica dello strato di usura (Verona Villafranca)

del 18 %; i vuoti liberi erano il 3,7 % (75 colpi a faccia, con compattazione a 170 °C).

Relativamente all'aeroporto di Aviano, recentemente interessato alla guerra contro la Jugoslavia, la pista è stata sottoposta a scarifica e posa del nuovo manto di usura (5 cm) in conglomerato bituminoso, per una lunghezza di 3 km e una larghezza di 50 metri. Le caratteristiche del legante sono riportate nella Tab. 2.

Il mix-design richiesto dalla direzione lavori conteneva alcune variazioni rispetto alle specifiche USAF di riferimento, in particolare:

Tab. 2 - Caratteristiche del legante modificato usato per lo strato di usura nelle piste di Verona e di Aviano

Caratteristiche	Valori	
	Verona	Aviano
Penetrazione a 25°C, 1/10mm	65	55
Punto di rammollimento P&A, °C	96	104
Punto di rottura Fraass, °C	- 18	- 18
Penetrazione dopo RTFOT, % inizio	72 %	69 %
Viscosità a 160°C, poise	6	9
Stabilità allo stoccaggio (3 gg. a 180°C) P&A T/F, °C	95/94	103/101

- la granulometria era più fine, con contenuto di bitume del 5,4 % (anziché 6 %);
- il bitume modificato (SBS radiale) è stato utilizzato senza l'inserimento delle fibre minerali previste;
- l'energia di compattazione era di 75 doppi colpi, con aggregati di elevata qualità (USAF prevedeva 50 doppi colpi per non frantumare gli aggregati).

I lavori di stesa sono durati 8 giorni (settembre '99) per un totale giornaliero di due strisciate complete, aventi 3 m di larghezza l'una.

Prove sperimentali preliminari hanno mostrato che l'incidenza della compattazione è molto minore rispetto a quella della temperatura. In campo applicativo, quindi, si è privilegiata la temperatura di confezionamento e stesa. Gli impianti hanno perciò sempre prodotto conglomerato a temperature maggiori di 180 °C, consentendo la stesa e la compattazione a 170-180 °C.

6. L'esperienza dell'aeroporto di Fiumicino

L'aeroporto Leonardo da Vinci di Fiumicino era dotato di tre piste principali di volo (due pressoché parallele di 3.900 m e una trasversale di ca. 3.300 m). Recentemente è stata attrezzata una quarta pista sussidiaria realizzata attraverso la riqualifica strutturale e l'adeguamento impiantistico della preesistente via di rullaggio parallela a una delle piste principali (Fig. 6). Complessivamente, le superfici pavimentate di tutto il complesso lato aria assommano a 3.300.000 m², di cui 1.250.000 relativi alle quattro piste di volo, 900.000 per le vie di rullaggio e 1.150.000 per i piazzali di sosta e relative vie di circolazione. Le superfici pavimentate sono il 20 % di tutta l'area del sistema aeroportuale. Di esse, 2.400.000 m² (ca. il 73 %) sono di tipo flessibile o semirigido e 900.000 m² sono in calcestruzzo.

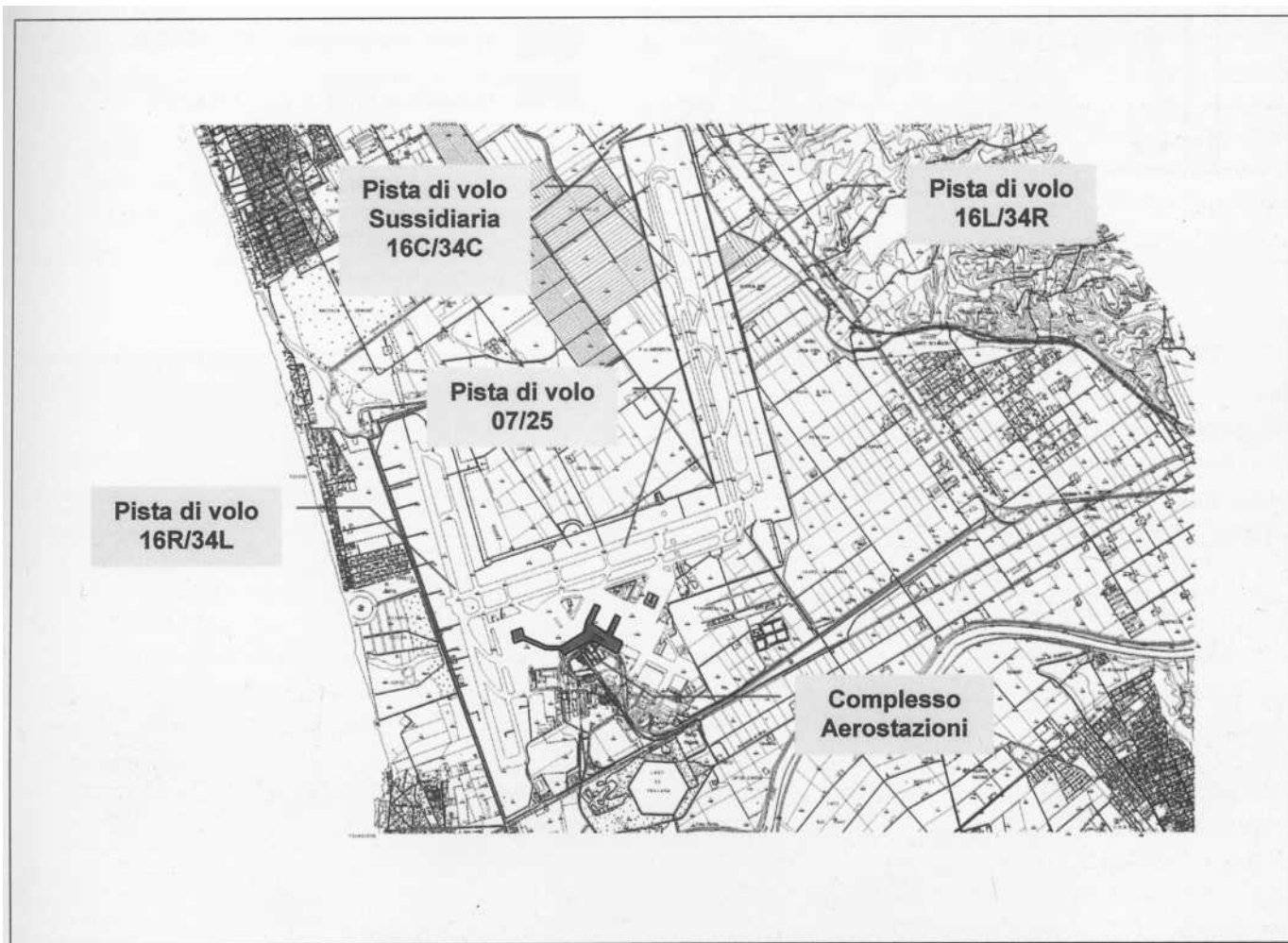


Fig. 6 - Le piste dell'aeroporto Leonardo da Vinci di Fiumicino

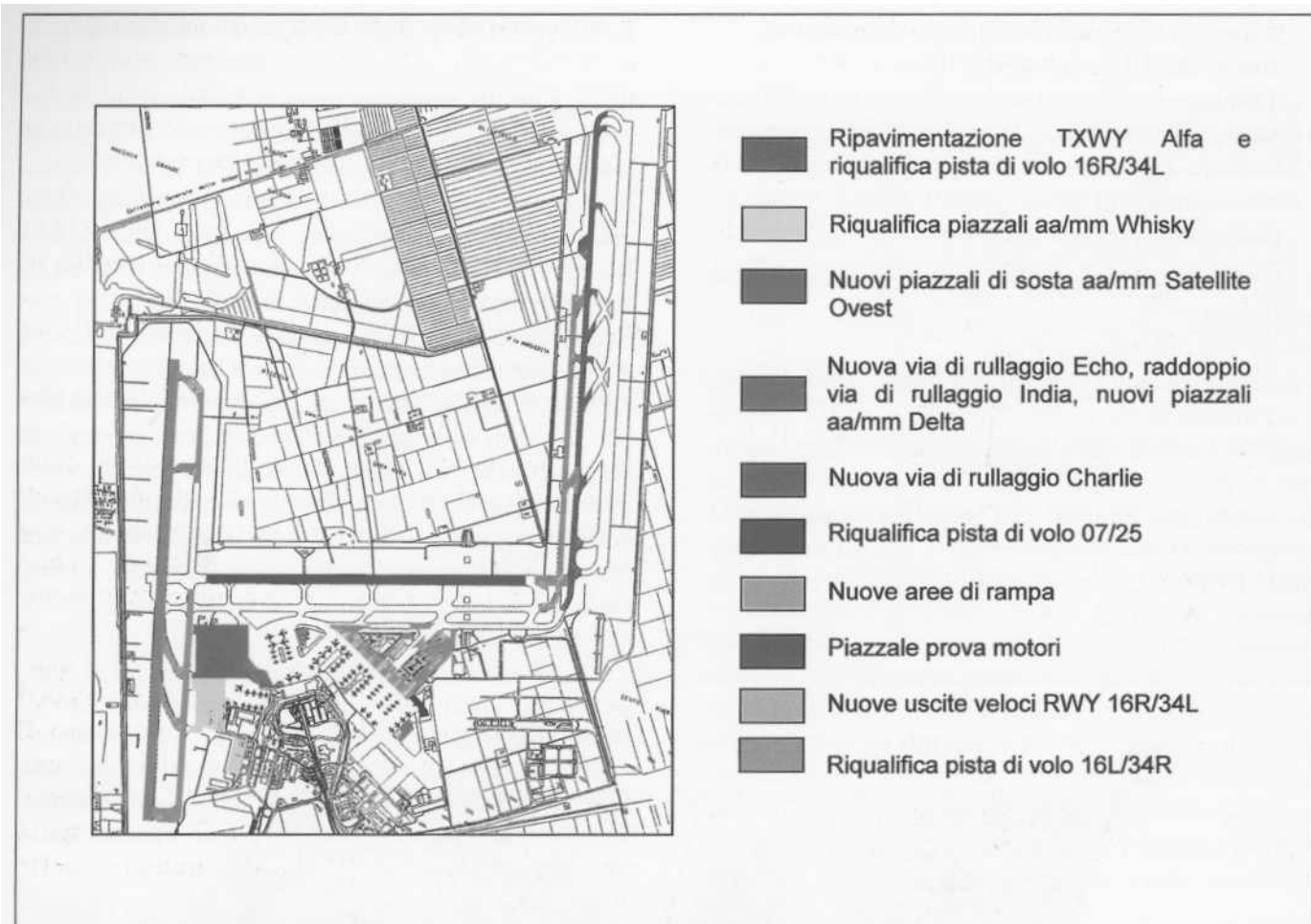


Fig. 7 - Schema delle zone interessate ai lavori nell'aeroporto di Fiumicino

In origine, all'atto dell'apertura al traffico, l'aeroporto era dotato di due sole piste di volo realizzate con pavimentazioni di tipo rigido. È stata poi costruita la terza pista; sono state inoltre allungate e adeguate le piste esistenti e tutta la superficie di parcheggio e rullaggio. Più recentemente, nell'ambito del piano di sviluppo a medio termine (fino al 2005) l'aeroporto è stato interessato da un intenso programma di riqualifica delle infrastrutture esistenti e di realizzazione di nuove infrastrutture che hanno profondamente modificato l'assetto originario.

Negli anni 1996-2000 sono state riqualificate (oltre alla sopra citata pista sussidiaria) le tre precedenti piste principali; un tratto di una di esse è stato dotato di tappeto di usura drenante. Sono stati inoltre creati nuovi piazzali di sosta e vie di rullaggio, riqualificando gli altri (Fig. 7). Sono stati interessati ai lavori 1.950.000 m² di pavimentazioni e cioè ca. il 60 % delle pavimentazioni oggi disponibili.

È importante sottolineare che tutti questi interventi sono stati portati a termine operando in condizioni di continuo esercizio del traffico aereo. In alcuni casi (come ad esempio l'intervento di ricopertura di 1.500 m di una pista con uno strato di 5 cm di usura drenante) si sono avute a disposizione solo le otto ore notturne, ripristinando il traffico aereo (dirottato durante la notte) ogni mattina. L'AdR Engineering, realizzatrice delle opere, ha dovuto prevedere delle rampe provvisorie di raccordo e programmare accuratamente la lunghezza del tratto che poteva ogni notte essere completato, considerando anche le operazioni preliminari e quelle successive alla stesa; ciò limitava il tempo di stesa a ca. quattro ore e rendeva necessaria una organizzazione perfetta del cantiere.

Come ben illustrato nella relazione AdR del Convegno (vedi atti), sono state predisposte varie tipologie di pavimentazioni flessibili, a seconda del preesistente e del tipo di utilizzo (piste, piazzali, rul-

laggio, ecc.). Si va dalla scarifica di strati fino a 15-20 cm e alla posa di strati binder e usura, al ripristino del ricoprimento di lastre in calcestruzzo. In questo ultimo caso si sono adottate, dopo la scarifica del vecchio manto bituminoso, soluzioni diverse e anche innovative, come ad esempio:

- protezione dei giunti esistenti con posa di una membrana protettiva armata a cavallo del giunto, sotto gli strati di binder e usura;
- fessurazione controllata delle lastre in calcestruzzo (riducendo le dimensioni della lastra) e assestamento mediante rullatura, per limitare i movimenti di apertura dei giunti; successiva stesa di uno strato di binder e di uno di usura di 5 cm.

In questo secondo caso è stato effettuato un accurato studio sperimentale in un campo pilota, che ha dimostrato l'efficacia dell'intervento previsto; la previsione di durata, basata sul calcolo del modulo elastico equivalente, è superiore a 15 anni.

7. L'esperienza di Milano Malpensa

L'aeroporto di Milano Malpensa non era rappresentato al Convegno SITEB di Roma. Gentilmente, però, la S.E.A. ha prodotto una sintetica memoria inclusa negli atti.

Il complesso delle infrastrutture di Malpensa si basa su due piste di volo, due aerostazioni merci, una nuova struttura cargo (in fase di avanzata costruzione) e due terminal passeggeri dotati di relativi piazzali per la sosta degli aeromobili (Vedi fig. successiva).

La pista est è stata riqualificata nel 1998; larga 60 m, raggiunge una lunghezza di 3.915 m, di cui 3.405 in pavimentazione flessibile e i restanti 510 (testate) in calcestruzzo.

La seconda pista è lunga 3.920 m, di cui 3.010 in pavimentazione flessibile.

I raccordi in pavimentazione flessibile hanno una superficie di circa 370.000 m².

Le pavimentazioni flessibili sono costituite, nelle varie applicazioni, da strati di base bituminosi con spessori variabili da 15 a 23 cm (a seconda del tipo di sottofondo), da strati di collegamento di 7 cm e da strati di usura di 5-6 cm in conglomerato modificato.

Piste, raccordi e piazzali sono dotati di fasce anti-polvere per una superficie complessiva di 654.000 m²; lo strato di base bituminoso è in questo caso di 10 cm, mentre lo strato di usura si riduce a 3 cm.

Ulteriori dati sono riportati negli atti del Convegno (vedi anche la voce Convegni e Congressi nella sezione Rubriche di questo numero della *Rassegna*).

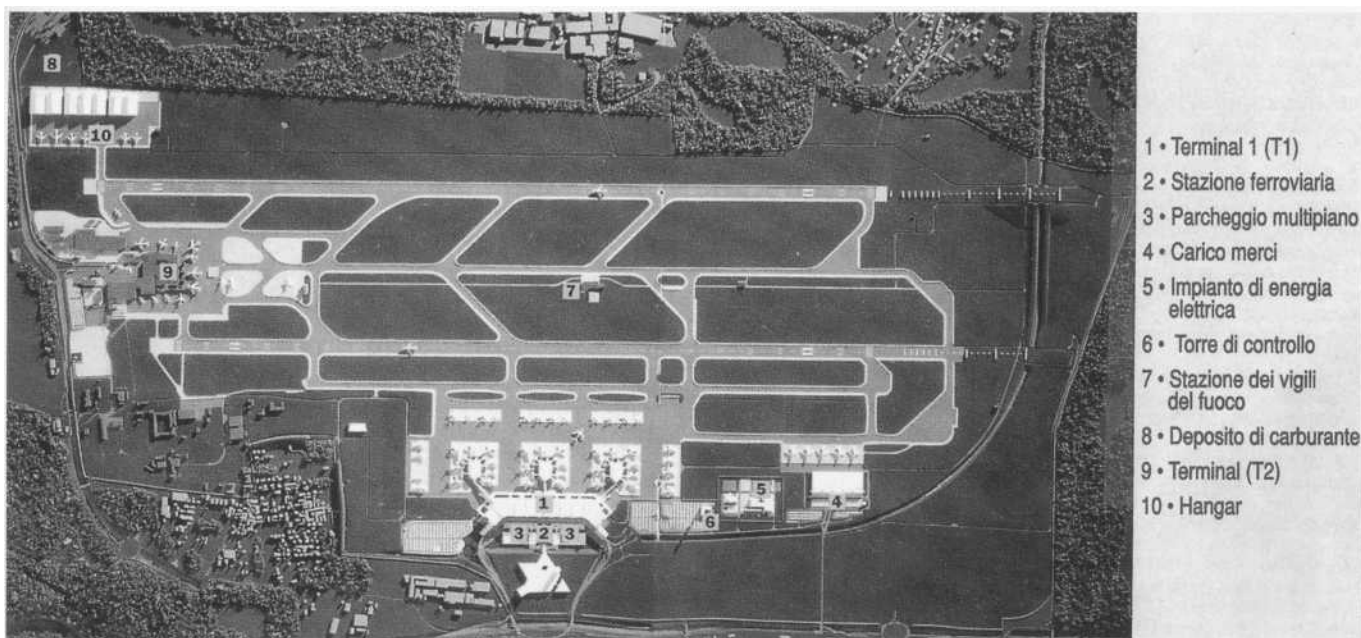


Foto: Il sistema aeroportuale di Milano Malpensa