

# Le pavimentazioni aeroportuali in conglomerato bituminoso "open grade" intasato di malta cementizia

*"Open grade" asphalt concrete filled with cement mortar for airport pavements*

**GIULIA BERARDI, PAOLA DI MASCIO**  
*Università "Sapienza", Roma*

## Riassunto

Il conglomerato bituminoso drenante, o *open grade*, intasato di malta cementizia, è un' interessante tecnologia per la realizzazione di strati di pavimentazioni stradali o aeroportuali "semi-flessibili". Tale materiale riunisce in un'unica tipologia i vantaggi tipici offerti dai conglomerati bituminosi e dai conglomerati cementizi. In questo articolo si presentano le caratteristiche di questo materiale e un confronto tecnico-economico di due pavimentazioni: una con lo strato di usura in conglomerato bituminoso tradizionale, l'altra comprendente uno strato superficiale in conglomerato bituminoso open grade intasato con malta cementizia. Il confronto è stato eseguito per un'analisi di dimensionamento preliminare della sovrastruttura di una taxiway di un aeroporto dell'Italia centrale.

## Summary

*The open grade asphalt concrete with the voids filled with a high-strength cement based mortar is an interesting technology for road or airport "semi-flexible" pavements. This material combines the flexible properties of asphalt with the static bearing capacity and durability of concrete. This paper deals with the characteristics of the material and a technical-economical comparison of two pavements: one with a traditional asphalt concrete wearing course, the other with an open grade asphalt concrete filled with cement mortar. The comparison was performed for the pavement preliminary design of an airport taxiway in the middle of Italy.*

## 1. Introduzione

La ricerca nel campo dei materiali per le sovrastrutture stradali e aeroportuali è sempre indirizzata verso materiali che garantiscano una maggiore sicurezza d'esercizio, cioè una maggiore aderenza e regolarità superficiale, una maggiore efficienza prestazionale, intesa come maggiore durata e minori cedimenti, minori ormaie e minori fessurazioni, nonché minori oneri di manutenzione e di gestione. Il conglomerato bituminoso drenante intasato di malta cementizia rien-

tra in un filone di ricerca volto alla progettazione di pavimentazioni realizzate con materiali di nuova concezione e caratterizzate da prestazioni, livelli di sicurezza e durabilità elevati. Questo materiale è stato utilizzato in diversi campi per risolvere problemi di durabilità nelle zone soggette a forti carichi concentrati od a perdite di carburante e solventi: dalle aree di stoccaggio portuali, ai parcheggi destinati ai carichi pesanti, dai sottofondi delle pavimentazioni stradali, alle opere di manutenzione di lastre in calcestruzzo ammalorate, alle riqualifiche delle piazzole di transito »

autostradale, e recentemente ci sono state importanti applicazioni in campo aeroportuale, anche in Italia [1,2,3,4].

## 2. Le pavimentazioni aeroportuali

Le pavimentazioni aeroportuali sono sostanzialmente analoghe a quelle stradali per le funzioni che svolgono e per le tipologie esistenti.

Analogamente a quelle stradali, devono formare una struttura stabile nel tempo e poco deformabile, garantire la sicurezza della circolazione in relazione ai problemi di aderenza pneumatico-pavimentazione anche in presenza di agenti inquinanti (acqua, fango, neve, ghiaccio, depositi di gomma) e, specificatamente, realizzare una superficie sufficientemente regolare, tale da escludere sia vibrazioni dannose che fenomeni di risonanza nei diversi elementi strutturali dell'aeromobile e tale da assicurare un adeguato comfort ai passeggeri.

Ma nonostante l'apparente analogia, le pavimentazioni aeroportuali si differenziano sostanzialmente da quelle stradali, a causa delle notevoli differenze di sollecitazioni che sopportano. I carichi totali sui carrelli e le pressioni di gonfiaggio dei pneumatici sono di entità molto più elevate rispetto a quelli stradali (ad esempio 14 bar per i pneumatici di un B747 contro i 6 bar di un veicolo pesante stradale); il numero di ripetizioni delle sollecitazioni in ambito aeroportuale è generalmente molto inferiore a quello stradale (l'aeroporto di Roma Fiumicino, che è il più trafficato d'Italia, registra orientativamente 300.000 movimenti l'anno su tre piste, una strada mediamente trafficata può contare invece 1.000.000 di passaggi/anno) e molto diverse sono anche le velocità di percorrenza.

In genere, negli aeroporti si realizzano sovrastrutture in conglomerato bituminoso per la parte centrale delle piste di volo e le vie di circolazione e pavimentazioni in lastre di calcestruzzo in quelle zone, quali le testate delle piste di volo e i piazzali di sosta, dove possono esserci perdite di carburante degli aeromobili (che, come è noto, contiene sostanze solventi per il bitume), o dove, nel caso di certi aeroporti militari, possono esserci effetti dannosi dovuti al getto dei motori.

## 3. Pavimentazione in *open grade* intasata di malta cementizia

Il sistema *open grade* intasato di malta cementizia è un particolare tipo di materiale, composto da un conglomerato bituminoso di tipo drenante (opportunamente strutturato sia come granulometria, sia come bitume da utilizzare), che ha la funzione di costituire l'ossatura dello strato di pavimentazione, e da una particolare miscela cementizia espansiva, quale materiale di intasamento dei vuoti, stesa tramite un'apposita attrezzatura composta da un sistema automatico di dosaggio, miscelazione e flusso del prodotto.

La struttura, facile e veloce da realizzare, priva di giunti di costruzione, ha una eccezionale resistenza ai carichi punzonanti ed una elevatissima capacità portante, resiste alle aggressioni chimiche, alle benzine e al calore intenso.

Il conglomerato così realizzato può costituire sia lo strato superficiale della pavimentazione, grazie alle particolari prestazioni in termini di rigidità e di resistenza ai carichi statici e punzonanti, sia lo strato intermedio (al posto del binder e/o della base bitumata) al fine di sfruttarne le elevate capacità di distribuzione dei carichi (**Fig. 1**).

Negli aeroporti la pavimentazione in *open grade* può essere utilizzata nelle taxiway, negli apron, nelle aree di push-back, nelle holding bay, nelle aree di de-icing e rifornimento carburante e nelle testate delle piste. Più problematico è invece il suo utilizzo sulla pista, dove le elevate qualità di portanza e aderenza necessarie rendono più difficile la determinazione del



Fig. 1 Pavimentazione *open grade*

quantitativo ottimale di malta intasante: dosaggi troppo elevati di malta aumentano le caratteristiche di resistenza, ma contemporaneamente rendono la pavimentazione più scivolosa; al contrario, basse quantità di malta aumenterebbero l'aderenza a scapito della portanza.

Il conglomerato bituminoso di tipo drenante, che compone lo strato, è generalmente caratterizzato da un indice dei vuoti compreso mediamente tra il 25 e il 30% e una percentuale di bitume intorno al 4-5%. L'elevata percentuale dei vuoti, cui corrispondono valori di massa volumica compresi tra 1,8-1,9 g/cm<sup>3</sup>, si ottiene ricorrendo ad una granulometria discontinua, tipica dei manti drenanti, utilizzando inerti derivanti da frantumazione.

Il bitume impiegato come legante (**Tab. 1**) può anche essere di tipo ordinario ed il suo tenore può essere tenuto convenientemente basso, poiché esso non deve assolvere a particolari compiti strutturali (demandati alla malta cementizia), ma solo garantire la necessaria lavorabilità degli aggregati in fase di stesa. L'impiego di bitume modificato può risultare utile in caso di esigenze di cantiere connesse al mantenimento del traffico nel corso lavori.

L'assortimento granulometrico degli aggregati lapidei deve garantire, nella miscela bituminosa in opera, la formazione di una rete di vuoti intergranulari comunicanti, in grado di accogliere la malta nel corso della fase di iniezione. Le dimensioni granulometriche devono essere studiate in modo da porre in opera l'*open grade* con spessori generalmente compresi tra 4 e 8 cm, ma mediante un'opportuna formulazione della malta

e garantendo il necessario contenuto di vuoti si possono avere spessori superiori (fino a 12 cm).

### 3.1 La posa in opera

Dopo aver proceduto alla preparazione del piano di posa, si applica una mano di attacco di emulsione bituminosa, in ragione di 2 kg/m<sup>2</sup>, per assicurare una adeguata impermeabilità al piano di contatto ed evitare infiltrazioni della malta di intasamento negli strati sottostanti. Quindi si eseguono le operazioni di stesa, mediante l'utilizzo di vibrofinitrice mobile con tamper e piastra vibrante mantenuti spenti, in modalità di stesa di tipo continuo ed impiegando una velocità di avanzamento pari a 2,5-3 m/min. I giunti longitudinali di costruzione fra due strisciate contigue di lavorazione vengono realizzati affiancando tali strisciate e mai sormontando il giunto; ciò per non creare zone della pavimentazione particolarmente chiuse, non idonee ad accogliere la malta nel corso delle fasi di iniezione. La compattazione viene effettuata con modalità statica, mediante rullo metallico del peso di 8-10 tonnellate. L'azione del rullo è esclusivamente mirata a permettere al materiale di raggiungere il massimo grado di contatto tra gli elementi lapidei, pur conservando la rete di vuoti intergranulari raggiunta al termine della stesa con finitrice. La tecnica di addensamento prevede di norma un doppio passaggio del rullo e le operazioni si concludono entro un periodo di 10 minuti dalla stesa con la vibrofinitrice, in modo tale che la temperatura del materiale non diminuisca di oltre 10 °C rispetto a quella che la miscela presentava all'atto della stesa.

**Tab.1** Caratteristiche e percentuale di bitume

Parametro	Unità di misura	Bitume normale		Bitume modificato	
		Tipo 50/70	Tipo 80/100	Tipo 50/70-65	Tipo 50/70-60
Penetrazione a 25 °C [EN 1426]	dmm	50-70	80-100	50-70	50-70
Temperatura di Rammollimento [EN 1427]	°C	46-56	40-44	>65	>60
Punto di rottura Fraas [EN 12593]	°C	<-10	<-8	<-15	<-12
Ritorno elastico a 25 °C [EN 13398]	%	>80	>80	>75	>50
Percentuale in peso rispetto agli aggregati	%		3-4		

**Tab.2** Caratteristiche degli aggregati

Parametro	Norma	Requisito
Coefficiente Los Angeles	AASHTO T96	<22-25%
Angolarità	ASTM D5821	100/100
Coefficiente di appiattimento	BS 812	<20%
Massa volumica apparente	AASHTO T85	>2,6 g/cm <sup>3</sup>



Fig. 2 Stesa della mano di attacco

La seconda fase di lavorazione consiste nell'intasamento dei vuoti con malta cementizia, con caratteristiche reologiche lievemente espansive tali da contrastare le fessurazioni per ritiro, altrimenti esasperate dallo stato semiliquido della stesa.

Le prime malte idonee all'intasamento furono studiate in Danimarca una decina di anni fa e, da allora, in seguito alla diffusione di questa tecnologia, ne sono state brevettate molteplici, anche da società operanti nel nostro Paese [6]. La malta è una miscela di leganti idraulici cementizi e additivi, premiscelata in polvere, da mescolare con acqua, senza cloruri, iperfluida, con elevate capacità di penetrazione e riempimento dei vuoti. La formulazione deve essere studiata per assicurare alla malta gli opportuni livelli di viscosità e lavo-



Fig. 3 Intasamento del conglomerato con malta cementizia

rabilità in fase di iniezione e per limitare l'utilizzo dell'acqua. Rapporti acqua/cemento bassi (0,30-0,35) consentono, infatti, il raggiungimento di elevate resistenze meccaniche e un sostanziale contenimento del ritiro idraulico.

La conoscenza e l'analisi delle condizioni di lavorazione, in particolare la temperatura ambiente della pavimentazione e le condizioni di irraggiamento solare, sono di fondamentale importanza nell'esecuzione della pavimentazione, poiché dalla viscosità della malta dipende il grado di intasamento dei vuoti intergranulari della miscela *open grade* e quindi le prestazioni finali della pavimentazione stessa.

Per mantenere il contenuto d'acqua di formulazione della malta, all'interno dello strato bituminoso *open grade* non deve essere presente acqua al momento dell'iniezione e, pertanto, tale operazione non viene in genere effettuata durante eventi piovosi significativi. I fenomeni di presa si realizzano in prevalenza nelle prime 24-36 ore di intasamento, garantendo resistenze tensionali circa 3 volte maggiori rispetto ai conglomerati bituminosi equivalenti.

L'iniezione avviene dopo almeno 12 ore dalla posa e comunque dopo un tempo tale da permettere al conglomerato bituminoso di raggiungere, raffreddandosi, la temperatura ambiente. La temperatura dello strato bituminoso è, infatti, un elemento che influenza fortemente la viscosità della malta e conseguentemente la sua lavorabilità, in quanto condiziona l'evaporazione dell'acqua. Per ottimizzare la produttività e per assicurare la migliore qualità delle attività di intasamento, le iniezioni devono essere fatte in presenza di temperature della pavimentazione al di sotto dei 35-40 °C.

Le iniezioni sono eseguite con vari passaggi sulla pavimentazione, per permettere alla malta di penetrare in modo graduale nel conglomerato bituminoso, favorendo l'espulsione dell'aria. Inoltre, per favorire l'intasamento e una omogenea finitura, la superficie oggetto di lavorazione viene immediatamente trattata mediante l'utilizzo di spazzole o raclee, sia manualmente che meccanicamente.

Poiché la malta intasante lascia un sottile film sugli inerti e occlude parzialmente gli spazi, al termine della stesa si procede al ripristino delle caratteristiche di tessitura superficiale, in modo da avere subito un nivel-

lo di aderenza adeguato. Si può ricorrere alla tecnica della pallinatura, solitamente in forma leggera di minimo martellamento, da adottarsi al completo esaurimento dei fenomeni di presa del legante cementizio. La miscela totale raggiunge elevati livelli di portanza (**Tab. 3**), in quanto gli sforzi sono assorbiti per mezzo della mutua collaborazione tra aggregati lapidei e malta cementizia. In tal modo la risposta alle sollecitazioni da parte della miscela non è di tipo discreto, bensì di tipo continuo, con una conseguente maggiore omogeneità nella distribuzione delle sollecitazioni, nonché minori esigenze di qualità per gli inerti impiegati.

**Tab. 3** Caratteristiche della miscela bituminosa *open grade* intasata di malta cementizia

Resistenza a compressione a 1 gg (MPa)	4-7
Resistenza a compressione a 7 gg (MPa)	7-10
Resistenza a compressione a 28 gg (MPa)	8-12
Modulo elastico E (MPa)	8000-12000
Angolo di diffusione dei carichi	60°
Resistenza all'usura (cm <sup>3</sup> /50 cm <sup>2</sup> )	7-8
Resistenza allo scivolamento	50-60
Coefficiente di espansione $\alpha$	12,5·10 <sup>-6</sup> /°C
Conduttività elettrica $\Omega$	10 <sup>6</sup> -10 <sup>7</sup>
Resistenza al gelo (kg/m <sup>2</sup> )	<0,1
Massa volumica (g/cm)	2,32
	3,28 (T=10°)
Resistenza a trazione indiretta (MPa)	1,99 (T=25°)
	1,15 (T=40°)

### 3.2 I controlli in opera

Le prove di caratterizzazione prestazionale del sistema composito, inerenti la valutazione delle sue proprietà volumetriche e meccaniche, devono avvenire su campioni prelevati *in situ*, attraverso carotaggi, in modo da verificare la correttezza delle procedure di posa in opera. Questo controllo è molto importante, poiché il comportamento del materiale sotto traffico dipende in maniera determinante dal grado di intasamento raggiunto.

### 3.3 La manutenzione

La manutenzione ordinaria delle pavimentazioni con strato bituminoso *open grade* intasato con malta cementizia viene eseguita secondo le normali modalità utilizzate per le pavimentazioni ordinarie. Ulteriore accorgimento, atto a garantire la durabilità della pavi-

mentazione, è quello di ripulire le superfici che dovessero essere a contatto con carburanti, solventi, liquami. Per motivi connessi alla modalità di stesa, si possono verificare delle fessure superficiali. Mediante dei microcarotaggi si può verificare l'eventuale assenza di malta all'interno dell'*open grade* e definire l'area interessata da tale fenomeno. Si può quindi intervenire con una serie di successivi fori attraverso i quali iniettare la miscela che intaserà eventuali vuoti non precedentemente riempiti. L'operazione, molto semplice e veloce, richiede l'utilizzo di modesta attrezzatura di cantiere e restituisce alla pavimentazione i necessari requisiti strutturali.

## 4. Caso di studio: le pavimentazioni per le taxi way di un aeroporto dell'Italia centrale

Nel caso di studio si è dimensionata la pavimentazione delle taxiway di un aeroporto dell'Italia centrale, su un terreno di sottofondo di buone caratteristiche (CBR 20%), sia con manto tradizionale che con manto in *open grade* intasato di malta cementizia. Il dimensionamento è stato effettuato considerando la composizione del traffico, riportata in **Tab. 4**.

Gli spessori degli strati della pavimentazione tradizionale sono stati definiti, in prima approssimazione, con il metodo dell'Aviazione Civile Americana FAA [5], ottenendo i seguenti valori: 10 cm di manto in conglomerato bituminoso + 22 cm di base in conglomerato bituminoso + 25 cm di fondazione in misto granulare. Sono state quindi verificate con un metodo basato sulla teoria del multistrato elastico per il calcolo delle tensioni e delle deformazioni due pavimentazioni di

**Tab. 4** Traffico di progetto

Aereo	P tot (kg)	P ruota (kg)	N di decolli [annui]
CRJ-900	37421	8887	170
A320	80000	19000	1331
A319	77000	18287	1331
B737-800	74000	17575	16338
B737-700	67000	15912	147
B737-500	59000	14012	408
B737-400	62500	14844	498
B737-300	59500	14131	2753



Layer Material	Thickness [cm]	Modulus or E [MPa]	Layer Material	Thickness [cm]	Modulus or E [MPa]
C. Manto base	180	1770	Open grade	180	8000
C. Manto base	220	2707	C. Manto base	220	2707
Misto granulare di base	220	1713	Misto granulare di base	220	1713
Sottofondo	CBE = 20	200	Sottofondo	CBE = 20	200

Fig. 4 Confronto fra una pavimentazione tradizionale e una con strato in *open grade* intasato di malta cementizia

pari spessore (Fig. 4): una tradizionale e un'altra con manto in *open grade* intasato di malta cementizia. I moduli del conglomerato bituminoso tradizionale sono stati presi uguali ai valori suggeriti dalla FAA, mentre per il conglomerato *open grade* intasato di malta cementizia sono stati adottati i valori sperimentali forniti dalla Pagel Italiana [6]. In entrambi i casi i valori dei moduli sono riportati in Fig. 4.

La vita utile delle due pavimentazioni è stata valutata utilizzando le curve di fatica del tipo:

$$N_c = f_1 \cdot \varepsilon_c^{-f_2} \cdot |E^*|^{-f_3} \quad \text{per il conglomerato bituminoso}$$

$$N_s = f_4 \cdot \varepsilon_c^{-f_5} \quad \text{per il sottofondo}$$

dove  $N_c$  è il numero di ripetizioni che determina il collasso per fatica, e la deformazione orizzontale massima alla base degli strati di conglomerato bituminoso,  $E^*$  è il modulo del conglomerato bituminoso,  $N_s$  è il numero di ripetizioni che determina la deformazione plastica permanente del sottofondo,  $\varepsilon_c$  è la deformazione verticale alla base dello strato di fondazione e  $f_1, f_2, f_3, f_4, f_5$  sono costanti sperimentali, diverse a seconda del metodo sperimentale utilizzato. In questo studio sono state utilizzate le curve fornite dalla Shell e dall'Asphalt Institute [7], per le quali i valori delle costanti sono riportati in Tab. 5.

Tab. 5 Coefficienti empirici verifica fatica

	$f_1$	$f_2$	$f_3$	$f_4$	$f_5$
Asphalt Institute	0,0796	3,291	0,854	$1,365 \times 10^9$	4,477
Shell	0,0685	5,671	2,363	$6,155 \times 10^7$	3,571

Il danno a fatica è stato calcolato utilizzando la legge lineare di danno cumulato di Miner:

$$D = \sum_{j=1,m} \frac{n_j}{N_j}$$

dove  $n_j$  rappresenta il numero di ripetizioni del  $j$ -esimo carico e  $N_j$  il numero di ripetizioni del  $j$ -esimo carico che determina il collasso della pavimentazione.

Le curve che forniscono i risultati più limitativi sono quelle della Shell, secondo le quali la pavimentazione tradizionale arriva a rottura dopo 710.060 movimenti, che con il tipo di traffico indicato in Tab. 4 ed un incremento annuo del 5%, si sviluppa in 33,4 anni, mentre quella con *open grade* dopo 1.139.739, pari a 53,7 anni.

Sono stati allora valutati gli spessori dei vari strati della pavimentazione in *open grade*, necessari per avere la stessa resistenza a fatica della pavimentazione tradizionale. Mantenendo lo spessore della base pari a 22 cm, è possibile diminuire lo strato di manto in *open grade* fino a 4,5 cm; mentre mantenendo inalterato lo strato di *open grade* a 10 cm, è necessario uno strato di base di 15,5 cm. Poiché però lo spessore dell'*open grade* più adeguato alle problematiche legate anche alle tecnologie costruttive è di 6 cm, si è effettuato il dimensionamento anche con tale spessore, ottenendo per la base un valore di 20 cm.

È da sottolineare comunque che sia le leggi di fatica che quelle per il calcolo delle deformazioni permanenti sono state ottenute per conglomerati bituminosi ordinari. Attualmente non si hanno a disposizione curve specializzate per il conglomerato *open grade* intasato con malta cementizia, essendo una tecnologia piuttosto nuova e questi risultati andranno quindi verificati empiricamente.

Per ogni pavimentazione si è eseguita infine una stima dei costi. Nella valutazione si è considerato solo il costo della base e del manto, in quanto solo questi mutano tra le varie alternative. Si sono ottenuti i risultati riportati in Tab. 6.

Si osserva come a parità di spessore il costo dell'*open grade* è maggiore del 48% di quello della tradiziona-

**Tab. 6 Confronti dei costi di costruzione**

Tipo di pavimentazione	Tradizionale (10+22)	Open grade (10+22)	Open grade (10+15,5)	Open grade (4,5+22)	Open grade (6+20)
Prezzi (€/mq)	39,68	58,98	52,87	37,91	41,78

**Tab. 7 Confronti dei costi in 20 anni**

Tipo di pavimentazione	Tradizionale (10+22)	Open grade (10+22)	Open grade (10+15,5)	Open grade (4,5+22)	Open grade (6+20)
Costo attualizzato di 20 anni (€/mq)	71,20	58,98	94,23	68,12	74,87

le, a fronte di una vita utile maggiore del 60%, mentre a parità di vita utile si hanno dei costi all'incirca comparabili sia se si mantiene inalterato lo spessore della base e si assume uno spessore del manto di 4,5 cm, sia considerando una base di 20 cm e uno strato di *open grade* di 6 cm.

Non risulta invece economicamente vantaggioso mantenere inalterato lo spessore di *open grade* e diminuire la base a 15,5 cm.

Per definire la soluzione ottimale, si è effettuata anche un'analisi economica estesa nel tempo, tenendo conto oltre che del costo iniziale, anche dei costi futuri di manutenzione straordinaria attualizzati. Allo scopo sono stati utilizzati un tasso di interesse del 3%, pari a quello attualmente considerato legale e un tasso di inflazione del 1,5%, pari a quello attualmente previsto fino ad 2013.

Nell'analisi non si è tenuto conto dei costi di manutenzione ordinaria per il mantenimento delle caratteristiche superficiali, quale ad esempio la sgommatura, perché ipotizzate le stesse per entrambe le pavimentazioni e quindi non influenti sulla valutazione economica delle alternative.

La manutenzione straordinaria, invece, è stata valutata fissando una soglia limite di intervento in corrispondenza del raggiungimento di un valore del 40% della vita residua.

In questo caso, mentre la pavimentazione tradizionale raggiunge il valore di soglia dopo 20 anni, la pavimentazione in *open grade* ha ancora il 62% di vita residua. Quindi mentre la pavimentazione tradizionale necessita della demolizione e la ricostruzione degli strati,

quella in *open grade* può essere utilizzata ancora per altri 13 anni.

Per la ricostruzione, si è tenuto conto dei costi di fresatura, compreso il carico e trasporto a discarica del materiale di risulta e della risagomatura della fondazione esistente, compreso l'onere della rullatura e innaffiamento del materiale steso. Sono stati ottenuti i risultati ottenuti in **Tab. 7**.

Anche considerando i costi attualizzati in 20 anni di vita utile, la pavimentazione in *open grade* risulta comparabile con quella tradizionale, salvo la soluzione (10+15,5).

## 5. Conclusioni

In questo articolo sono state presentate le caratteristiche tecniche del conglomerato bituminoso di tipo drenante (*open grade*) intasato di malta cementizia. Tale materiale è un'alternativa sia al conglomerato bituminoso che al calcestruzzo, combinando le caratteristiche di entrambi. La pavimentazione con strato superficiale in *open grade* intasato di malta cementizia presenta, infatti, una elevata capacità portante come la sovrastruttura rigida, ma ha costi e velocità di stesa più simili a quella flessibile, necessita di meno manutenzione delle flessibili, ma presenta problemi nei carotaggi e nella realizzazione dei fori per le luci come per le rigide.

Nello studio è stato eseguito un confronto tecnico ed economico tra la pavimentazione con strato di usura in *open grade* intasata di malta cementizia e una con

conglomerato bituminoso tradizionale, per una via di circolazione aeroportuale. A parità di spessore, l'impiego dell'*open grade*, caratterizzato da un modulo elastico molto maggiore rispetto a quello di un conglomerato bituminoso tradizionale, diminuisce i valori delle tensioni, delle deformazioni e delle deflessioni. Tali minori sollecitazioni si riflettono sul comportamento a fatica e quindi la vita utile risulta più lunga. A parità di vita utile, è possibile pertanto diminuire gli spessori della pavimentazione in *open grade*, ottenendo una pavimentazione con un costo di costruzione comparabile con quello delle pavimentazioni tradizionali. Inoltre, analizzando le possibili manutenzioni durante un arco di tempo considerato, la pavimentazione in *open grade* intasato di malta cementizia risulta avere un costo totale (comprensivo dei costi degli interventi manutentivi) minore rispetto alla pavimentazione tradizionale, garantendo alla fine del periodo di servizio delle condizioni migliori e quindi una vita residua maggiore.

*Si ringrazia il geometra Luciano Filippi della società Pagel Italiana, per la documentazione gentilmente fornita*

## 6. Bibliografia

1. E. Toraldo, *Una metodologia innovativa per la manutenzione di pavimentazioni aeroportuali*, Le Strade, Novembre 2006.
2. E. Toraldo, L. Venturini, *Malte a rapida presa per il ripristino di pavimentazioni aeroportuali*, Le Strade, Febbraio 2007.
3. G. Da Rios, M. Bacchi, *Le pavimentazioni bitume-cemento*, Strade & Autostrade, 2-2007.
4. L. Sordi, E. Lodigiani, L. Filippi - *Un innovativo sistema di pavimentazione semi-flessibile*, Strade & Autostrade, 6/2007
5. FAA, AC 150/5320-6D, *Airport Pavement Design and Evaluation*, 1995.
6. Documentazione fornita dalla società Pagel - Italiana
7. Y. H. Huang - *Pavement Analysis and Design*, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey 07458.
8. G. Berardi, *Tesi di laurea specialistica in Ingegneria Civile "Pianificazione infrastrutturale dell'aeroporto di Viterbo e adeguamento delle strutture di pavimentazione con materiali innovativi"*, A.A. 2007/08.
9. P. Di Mascio, L. Domenichini, A. Ranzo - *Infrastrutture aeroportuali*", Casa Editrice Università La Sapienza, ISBN 88- 87242-82 - 8 Agosto 2006.

