



**Un intervento di manutenzione straordinaria lungo la sede della pista teso a risanare la pavimentazione, eliminando le fessure longitudinali e trasversali in corrispondenza dei giunti dei lastroni in calcestruzzo sottostanti la pavimentazione flessibile in conglomerato bituminoso, causa di rischio F.O.D. potenzialmente pericoloso per la sicurezza dell'attività di volo**

## LE FRECCE TRICOLORI DECOLLANO SU UNA PISTA RINFORZATA

Luis Eduardo Russo\*  
Alberto Simini\*\*

A Giugno del 2011, il raccordo parallelo dell'aeroporto militare di Rivolto (UD) presentava un quadro fessurativo a "quadroni" di seria entità, tipico delle pavimentazioni in conglomerato bituminoso stese su lastroni in calcestruzzo.

L'Aeronautica Militare, consapevole di tale situazione, aveva già programmato nel 2010 - mediante l'impiego del 27° Gruppo Genio Campale di Villafranca di Verona (VR) - un intervento di ripristino che fosse veloce e in grado di prolungare la vita utile della pista, in modo da limitare la frequenza di chiusura della stessa a causa degli interventi di manutenzione.

A tale scopo, è stato realizzato un nuovo strato di conglomerato bituminoso rinforzato con la griglia in poliestere HaTelit C 40/17.

L'aeroporto di Rivolto si trova nell'omonima frazione del comune di Codroipo, in provincia di Udine, ed è noto soprattutto perché sede delle Freccie Tricolori, la Pattuglia Acrobatica Nazionale (PAN) dell'Aeronautica Militare costituente il 313° Gruppo Addestramento Acrobatico. Nel Giugno del 2011, in stretta collaborazione con il suddetto Gruppo Genio A.M. impegnato nei lavori di rifacimento del raccordo, è stato realizzato un intervento di manutenzione straordinaria lungo la sede della pista teso a risanare la pavimentazione, eliminando le fessure longitudinali e trasversali in corrispondenza dei giunti dei lastroni in calcestruzzo sottostanti la pavimentazione flessibile in conglomerato bitu-



Figura 2 - Il quadro fessurativo prima dell'intervento



Figura 1

minoso, causa di rischio F.O.D. potenzialmente pericoloso per la sicurezza dell'attività di volo. Infatti, come spesso accade nelle aree aeroportuali, gli strati legati della sovrastruttura della pista sono realizzati mediante l'abbinamento di una base rigida in lastre di calcestruzzo non armato con un ricoprimento flessibile di più strati di conglomerato bituminoso. La base rigida della pista dell'aeroporto appartiene ad una vecchia pavimentazione, probabilmente risalente al periodo del secondo conflitto mondiale, realizzata con solette in calcestruzzo non armato di forma rettangolare di 6x4 m circa, disposte affiancate e separate da giunti per permetterne la dilatazione e contrazione termica. La pavimentazione flessibile in conglomerato bituminoso, oggetto dell'intervento e avente circa 20 anni di vita, era stata stesa direttamente e in modo continuo sopra le solette. La differenza di rigidità tra i due materiali nei confronti dei carichi dinamici, nonché la differenza di comportamento alle variazioni termiche, hanno fatto sì che le discontinuità definite dai giunti delle lastre in calcestruzzo dessero origine a delle fessure lineari che si propagano dal basso verso la superficie attraverso gli strati di asfalto, configurando il tipico quadro fessurativo a "quadroni" che riflette la forma delle lastre. Questi tipi di fessure sono note come fessure indotte o di riflesso.

Un modo efficace di interrompere la risalita delle fessure di riflesso consiste nell'inserire una griglia di rinforzo nel conglomerato bituminoso, che sia in grado di riprendere un'aliquota rilevante delle sollecitazioni cicliche di flessione, taglio e trazione generate dall'azione dei carichi dinamici causati dal passaggio dei velivoli e dalla variazione di temperatura giornaliera e stagionale.

### La prova di fatica termica

Nel caso di conglomerati bituminosi posati sopra solette in calcestruzzo, la sollecitazione prevalente che causa la fessurazione è quella ciclica di trazione e compressione dovuta alle dilatazioni e contrazioni termiche.



Figura 3 - La fessura di riflesso in corrispondenza del giunto

Ciò è valido però solo quando le solette non sono soggette a cedimenti o spostamenti verticali tra loro per mancanza di portanza della fondazione, altrimenti anche le sollecitazioni di taglio o flessione possono essere rilevanti. Per studiare il fenomeno della propagazione di questa tipologia di fessurazione indotta, il centro di ricerca stradale Belga (OCW) ha ideato un'apparecchiatura di prova per la misurazione dell'efficacia degli elementi di rinforzo delle pavimentazioni bituminose, in particolare quando sono realizzate direttamente su lastre in calcestruzzo soggette a dilatazioni e contrazioni termiche (Vanelstraete e Francken, 1996). Nei test effettuati presso il Centro di ricerca (schematicamente rappresentati in Figura 4A) i provini, costituiti da una base in calcestruzzo fessurata, un interstrato di rinforzo e un ricoprimento in conglomerato bituminoso, sono stati sottoposti a cicli di apertura e chiusura della fessura, fino a che tale fessura si fosse propagata fino alla sommità dello strato bituminoso. In Figura 4B è riportato lo sviluppo verticale della fessura nello strato bituminoso in funzione della durata della prova per i diversi materiali di rinforzo testati. Si nota che nei campioni 2, 6 e 7, quindi rinforzati con la geogriglia in poliestere, in polivinilalcol e con una rete metallica, la fessura viene "bloccata" e non riesce a svilupparsi nello strato di ricoprimento in conglomerato bituminoso dopo 45 ore di prova. In tutti gli altri materiali testati, invece, si è innescato il processo fessurativo. Si ribadisce che questa prova riflette il comportamento dei rinforzi provati soltanto nei confronti delle dilatazioni e contrazioni termiche, ma non contempla gli altri tipi di sollecitazione. Per avere un quadro complessivo sulle prestazioni di un rinforzo è necessario conoscere la risposta dello stesso su tutte le sollecitazioni a cui sarà sottoposto.

## Le prove dinamiche di flessione e di taglio

Per la determinazione delle proprietà meccaniche dei campioni di conglomerato bituminoso rinforzati e non rinforzati, rispetto a sollecitazioni dinamiche flessionali e di taglio dovute all'azione ciclica dei sovraccarichi, sono state realizzate prove di flessione su tre punti, procedendo con la modellazione numerica dei provini per l'analisi con il metodo agli elementi finiti ed effettuando prove dinamiche di taglio-flessione. Trattandosi di pavimentazioni aeroportuali e tenuto conto della natura delle sollecitazioni indotte dai velivoli, soprattutto in fase di atterraggio, tali prove rappresentano un aspetto cui è stata rivolta particolare attenzione, sussistendo il rischio di formazione di stati di danno riconducibili sia al "reflective cracking", sia all'azione tagliante. La natura intrinseca del traffico, caratterizzato da elevato peso, elevate pressioni di gonfiag-

gio degli pneumatici e dunque elevate pressioni su ridotte aree di contatto, unitamente all'impulsività delle azioni derivanti dall'impatto in fase di contatto a terra dei carrelli dei velivoli, possono accelerare in maniera considerevole il naturale ciclo di vita della pavimentazione sottoposta a fatica, essendo la stessa composta da materiale debolmente resistente a trazione.

L'adozione di un'armatura di rinforzo ha lo scopo di conferire al conglomerato bituminoso resistenza a trazione a basso allungamento, senza compromettere la collaborazione tra i diversi strati.

Un programma di ricerca per l'analisi del comportamento di conglomerati bituminosi (rinforzati e non rinforzati) soggetti a sollecitazioni ripetute di flessione e taglio è iniziato nel 1999 presso l'"Aeronautics Technological Institute" di San Paolo del Brasile. I provini analizzati erano costituiti da strati di conglomerato bituminoso, rinforzati e non rinforzati, aventi una fessura preesistente. I provini sono stati sottoposti a sollecitazioni cicliche di flessione e di taglio (Montestruque, Rodrigues, Nods, Elsing, 2004).

I risultati hanno dimostrato che nei conglomerati bituminosi rinforzati con griglie composite in fibre di poliestere e polivinilalcol rivestite in bitume, la propagazione della fessura fino alla sommità del provino è avvenuta molto più lentamente rispetto ai provini non rinforzati. Il numero di cicli di carico è stato incrementato fino a 6,1 volte rispetto al provino non rinforzato, prima che la fessura raggiungesse la superficie, considerando l'abbinamento tra le sollecitazioni di taglio con quelle di flessione.

Inoltre, la presenza della griglia di rinforzo modificava il quadro fessurativo dei campioni; infatti, la distribuzione e l'entità delle fessure mostrava chiaramente la capacità di assorbimento e di ripartizione degli sforzi di trazione da parte dell'elemento di rinforzo (Figure 5A e 5B).

La Figura 6 riporta alcuni dei risultati ottenuti dalle prove effettuate. Nello stesso grafico si può osservare in maniera evidente l'effetto benefico della presenza di diverse griglie di rinforzo, ma emerge in modo altrettanto chiaro che, cambiando il tipo di rinforzo il risultato che si ottiene è diverso.

Il considerevole miglioramento del comportamento della pavimentazione è legato sia all'elevata resistenza a trazione e alle deformazioni ridotte

(elevato modulo elastico), proprie dei polimeri della griglia, sia alla notevole capacità di aderenza garantita dal particolare rivestimento bituminoso del geocomposito griglia-nontessuto. Inoltre, la struttura geometrica della griglia consente un ottimale incastro tra gli strati di asfalto e la sua grande flessibilità una perfetta adesione al conglomerato bituminoso, anche fresato, permettendo la compartecipazione dei due elementi. Altra caratteristica importante è l'elevata resistenza al danneggiamento meccanico che le conferisce la capacità di sopportare tutte le gravose sollecitazioni che agiscono durante la fase di posa e di esercizio.

I risultati mostrano che i campioni rinforzati presentano più elevati valori del carico a rottura, deformazioni più contenute, migliore distribuzione delle tensioni sull'intero volume esaminato, considerevole rallentamento della propagazione delle lesioni. Il tutto si traduce in un allungamento significativo della vita utile della pavimentazione.

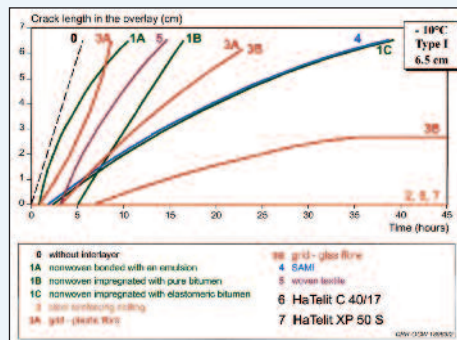
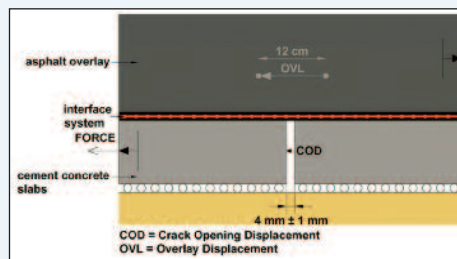


Figure 4A e 4B - Lo schema di apparecchiatura di prova per misurare la fatica termica (4A) e i risultati delle prove di fatica termica con diversi materiali (4B)

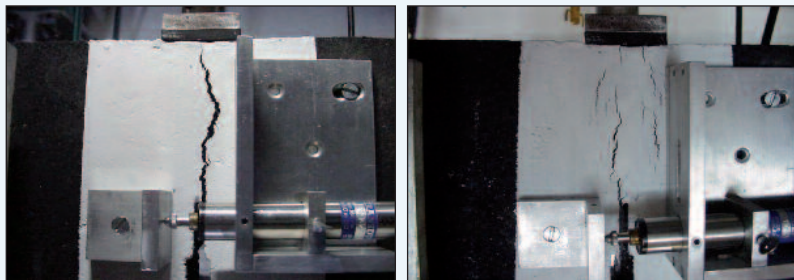


Figure 5A e 5B - La fessura sviluppata in un provino di conglomerato bituminoso non rinforzato dopo 79.884 cicli di carico (5A) e il quadro fessurativo di un provino di conglomerato bituminoso rinforzato con la griglia in poliestere HaTelit C 40/17 dopo 503.832 cicli di carico (5B)

Grazie all'elevata capacità di aderenza ed alla resistenza dell'HaTelit al danneggiamento meccanico, queste operazioni sono state possibili senza inficiare in nessun modo l'efficacia del sistema.

## L'esperienza dell'Aeronautica Militare

Attualmente la pista, dopo circa 15 mesi dall'intervento si trova in perfette condizioni e la zona rinforzata non presenta segni di fessurazione di riflesso lungo i giunti dei lastroni in calcestruzzo. Anche se il periodo trascorso è relativamente breve per giudicare la riuscita di questo intervento specifico, le scelte tecniche sopra descritte adottate dal 27° G.G.C. dell'A.M. sono avallate da molte esperienze simili già

## L'intervento

Nel Luglio del 2011 sono stati effettuati lavori di manutenzione e ripristino nella pista secondaria dell'aeroporto militare di Rivolto.

La stratigrafia della sovrastruttura aeroportuale era la seguente:

- ◆ fondazione caratterizzata da terreni ghiaiosi con frazioni sabbiose;
- ◆ solette in calcestruzzo di 20 cm di spessore e di dimensione planimetrica 6x4 m;
- ◆ strato di binder in conglomerato bituminoso dello spessore medio di 6 cm;
- ◆ tappeto di usura dello spessore medio di 4 cm.

I lavori di ripristino sono consistiti in:

- ◆ scarifica della pavimentazione flessibile per uno spessore medio di 4 cm;
- ◆ pulizia della superficie;
- ◆ spruzzatura di una mano d'attacco di emulsione bituminosa cationica instabile al 60% in ragione di 800 g/m<sup>2</sup>;
- ◆ posa della griglia HaTelit C40/17 in strisce da 100 cm a cavallo dei giunti longitudinali e trasversali della pavimentazione rigida sottostante in modo da garantire una lunghezza di ancoraggio pari a 50 cm a destra e sinistra delle fessure;
- ◆ stesa di binder dello spessore medio di 6 cm;
- ◆ stesa di tappeto di usura dello spessore medio di 4 cm;
- ◆ realizzazione della segnaletica orizzontale di volo.

Per questioni di logistica di cantiere e di attività operativa aeroportuale, si è dovuti intervenire sull'intera superficie della pista, in un arco temporale di 20 giorni lavorativi, non essendo possibile effettuare l'intervento in tempi diversi sulle due metà della stessa.

I teli di griglia, quindi, sono stati posati lungo tutta la larghezza della pista e a tratti longitudinali di circa 150 m, incrociati a formare una griglia di maglia rettangolare. Questo ha obbligato i mezzi di cantiere a circolare direttamente sull'HaTelit più volte prima che fosse coperta.



Figura 9 - La griglia HaTelit C 40/17 posata sopra i giunti

realizzate in passato che hanno dato ottimi risultati, con un significativo incremento della vita utile degli interventi di ripristino realizzati. A questo riguardo, è opportuno evidenziare che l'Aeronautica Militare è stata una delle prime Istituzioni italiane ad adottare questa tipologia di intervento per affrontare la problematica delle fessurazione indotte nelle piste dei propri aeroporti.

Di fatto, le referenze dei primi interventi con la griglia HaTelit in aeroporti militari risalgono agli inizi degli anni Ottanta, quindi in oramai più di 30 anni di esperienza accumulata dai tecnici del Genio Aeronautico hanno potuto constatare e verificare l'efficacia del sistema. ■

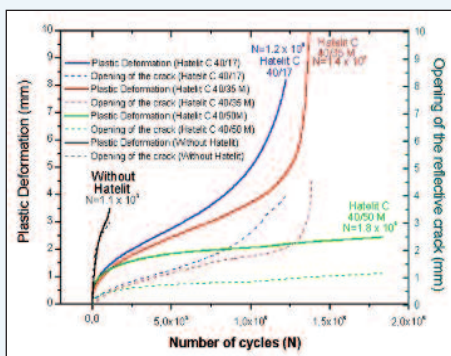


Figura 6 - Il grafico di confronto tra conglomerato bituminoso non rinforzato e rinforzato con tre tipi di griglie

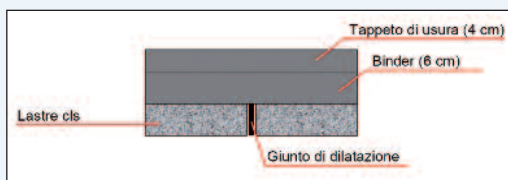


Figura 7 - La stratigrafia pre-intervento



Figura 8 - La stratigrafia finale

\* Ingegnere Civile e Direttore Tecnico della Huesker Srl

\*\* Ingegnere Civile dell'Ufficio Tecnico della Huesker Srl

## RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano il Col. Pasquale Bizzarro, Comandante il 27° Gruppo Genio Campale del 1° Reparto Genio A.M., e il Ten. Emiliano Zenga, Direttore dei Lavori, per la preziosa collaborazione nella stesura del presente articolo.