

# IL COLLEGAMENTO TRA GLI STRATI DI UNA PAVIMENTAZIONE STRADALE

**NEL LABORATORIO PAVENCO PAVEMENT ENGINEERING CONSULTING VIENE CONDOTTA  
UNA RICERCA SUL COLLEGAMENTO TRA STRATI BITUMINOSI INIZIATA ANNI FA  
PRESSO L'UNIVERSITÀ DI NOTTINGHAM, IN INGHILTERRA**

**N**onostante negli ultimi anni le tecniche costruttive di controllo e di monitoraggio delle strade siano notevolmente migliorate, c'è ancora poca chiarezza sui fenomeni di ammaloramento e degrado delle pavimentazioni e di come questi avvengano. Ad esempio, non è ancora chiaro in che modo - durante la vita della pavimentazione - i fenomeni di ormaimento, fessurazione e perdita di collegamento (debonding) siano tra loro connessi e dipendenti gli uni dagli altri.

Negli anni Settanta in Germania sono state condotte ricerche specifiche per valutare il collegamento esistente tra le diverse stese e in che modo questo fosse implicato con i problemi verificabili sul manto d'usura.

Si supponeva allora che molte pavimentazioni deteriorate potessero essere effettivamente indicative di uno scarso collegamento e di uno scorrimento reciproco tra gli strati sovrapposti, indipendentemente dalle condizioni meteorologiche o dal comportamento dei singoli materiali impiegati.

Le rotture per perdita (o mancanza) di collegamento si notano, in particolare, nei punti in cui la superficie stradale è soggetta ad elevata sollecitazione orizzontale ad opera degli pneumatici dei veicoli quali curve, rotatorie (in cui le tensioni trasmesse sono



1. Esempio di rottura sulla pavimentazione per effetto del distacco tra gli strati

costantemente in direzione trasversale), aree nelle vicinanze di semafori e intersezioni dove la necessità di decelerare provoca le maggiori sollecitazioni: spesso si manifestano come distacchi localizzati di materiale (buche) e, meno frequentemente, come ondulazioni o corrugamenti.

Le principali cause che portano al fenomeno del debonding si possono riassumere in:

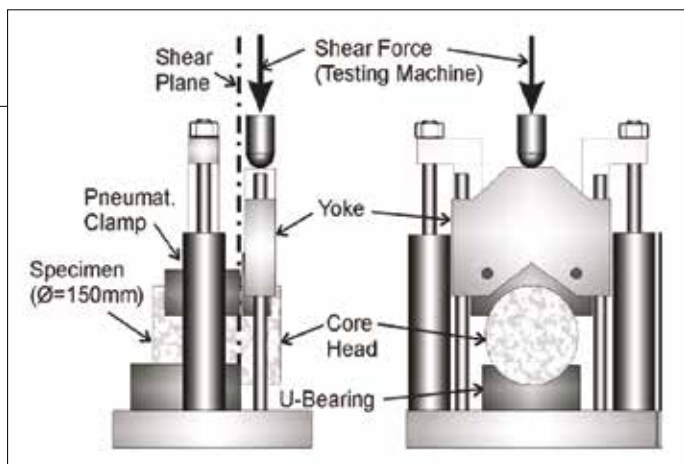
- carenze costruttive per carenza di emulsione o assenza di adesione del bitume residuo;
- caratteristiche delle miscele di conglomerato bituminoso utilizzate e delle interfacce;
- parametri costruttivi, ovvero basso quantitativo di mano d'attacco oppure poca compattazione o errata rottura dell'emulsione;
- condizioni di servizio della pavimentazione che implicano l'errato dimensionamento progettuale;
- esecuzione della stesa in condizioni meteorologiche avverse.

Tra i fattori che, invece, contribuiscono a favorire il collegamento di due strati bituminosi si ricordano:

- l'ingranamento reciproco offerto dagli aggregati dei due conglomerati (strato superiore e inferiore) a contatto;
- l'adesione del bitume all'interno di ciascuno strato;
- la coesione che il bitume è in grado di sviluppare tra gli inerti di ciascuno strato,
- la compattazione degli strati.

Dopo anni di studi presso i principali laboratori di ricerca universitari (tra cui, in Italia, si ricordano quelli sull'ASTRA condotti presso l'Università di Ancona e quelli condotti presso l'Università di Bologna) sono state finalmente validate alcune tecniche di misura in laboratorio dell'intensità del collegamento. Tra queste, il metodo Leutner Shear Test risulta di più facile impiego potendo essere svolto su carote.

In Italia attualmente il Leutner Shear Test viene eseguito secondo la procedura descritta nelle normative svizzere SN 671961, ed è utilizzato con sistematicità dalla Provincia Autonoma di Bolzano, e, saltuariamente, da alcune Province e Comuni dell'Emilia Romagna che ne prevedono l'impiego nei Capitolati tecnici. Da



2. Il Leutner Test

qualche anno, anche ENAC (Ente Nazionale per l'Aviazione Civile) richiede l'esecuzione della prova Leutner nelle pratiche di agibilità e collaudo, e ha avviato una sperimentazione di tale metodo in ambito aeroportuale.

### DESCRIZIONE DELLA PROVA E INTERPRETAZIONE DEI DATI

Carote di 150 mm di diametro, prelevate da una pavimentazione in sito o estratte da una lastra preparata in laboratorio (costituita da almeno due strati), vengono sottoposte all'azione tagliante di due semianelli metallici; quello superiore si abbassa spinto da una pressa, lungo la linea d'interfaccia del provino, a una velocità di 50 mm/min.

L'apparecchio registra lo sforzo di taglio applicato in corrispondenza dell'interfaccia tra i due strati, il carico e lo spostamento. L'elaborazione relativa alla tangente alla curva e secante al picco (su grafico tensioni-spostamenti) dà una più chiara idea di come cresca la curva fino al punto di sollecitazione massima e, di conseguenza, anche di come evolva la rottura all'interfaccia. L'inclinazione della tangente è indice della velocità di rottura del provino, per cui, più essa è inclinata rispetto all'orizzontale, più la rottura è fragile.

L'area sottesa dalla curva carico-spostamento rappresenta dimensionalmente un lavoro: maggiore è l'area, maggiore la rigidità all'interfaccia.

### LA SPERIMENTAZIONE

Il filone di ricerca iniziato in Inghilterra in collaborazione con l'Università di Bologna (Importance of bonding between asphalt layers) e continuato presso il laboratorio di Pavenco per gli aspetti più direttamente applicativi, è finalizzato a comprendere i meccanismi che regolano il collegamento tra gli strati della pavimentazione. L'applicazione del metodo ai fini scientifici serve a indagare quali siano le cause di una scarsa collaborazione tra due strati e, in che modo, questa possa influenzare i fenomeni di ammaloramento che appaiono in superficie.

La fase sperimentale è stata principalmente incentrata nel riprodurre in laboratorio le usuali condizioni che avvengono durante la posa; a tal scopo, sono stati ricostruiti pacchetti di pavimentazione stradale composti di soli due strati con diverse superfici di interfaccia:

1. superficie con normale applicazione di emulsione bituminosa (modificata e non);
2. superficie lievemente contaminata da detriti terrosi prodotti dai mezzi di cantiere o dal maltempo su cui viene applicata emulsione bituminosa: l'intento è quello di simulare una su-

perficie di stesa sporcata dal passaggio dei mezzi d'opera e successivamente spazzata. Il materiale utilizzato per creare lo sporco è una miscela di acqua e filler ("slurry") applicata per mezzo di un semplice pennello;

3. superficie altamente contaminata da detriti terrosi con corretto quantitativo di emulsione bituminosa e applicazione di filler usato come inerte per permettere il passaggio dei mezzi di cantiere: simula il caso in cui l'impresa non esegua effettivamente l'operazione di spazzatura per mancanza di tempo e proceda immediatamente alla spruzzatura dell'emulsione in quantitativi leggermente maggiori, in modo da coprire le zone più sporche. Le tre differenti interfacce tipologiche sono poi state riprodotte cambiando le caratteristiche granulometriche delle miscele dello strato superiore e inferiore e quindi le reciproche tessiture superficiali.

### L'ANALISI DEI RISULTATI

Per un'analisi semplificata dei risultati, si riporta il grafico di Figura 10 attraverso il quale è possibile identificare tre stadi di collegamento:

- basso ovvero con valori di carico di rottura compresi tra 4 e 10 kN (e conseguentemente resistenza al taglio tra 0,2 e 0,5 MPa) e spostamenti corrispondenti fino a 1,5 mm: in tale fascia si trovano generalmente i campioni che hanno manifestato rotture fragili con bassi quantitativi di emulsione bituminosa, oppure con superfici contaminate da detriti terrosi o eccesso di filler. Spesso queste condizioni sono associate a materiali con superfici molto chiuse praticamente prive di tessitura e rugosità superficiali;
- medio, i cui valori del carico di rottura sono compresi tra 12 e 20 kN (resistenza al taglio tra 0,67 e 1,13 MPa) e spostamenti da 1,5 a 2,5 mm: in quest'area ricadono generalmente combinazioni in cui la mano d'attacco è presente in corretta quantità e non vi sono particolare influenze detritiche o di filler di lavorazione;
- alto, con valori del carico di rottura compresi tra 20 e 30 kN (e conseguentemente resistenza al taglio tra 1,13 e 1,70 MPa) e spostamenti fino a 3,5 mm: questa condizione si ottiene generalmente con buona quantità di mano d'attacco e un buon ingranamento tra le due superfici a contatto.



3A e 3B. Particolari del telaio di prova e della semiluna di taglio





L'esperienza dei cantieri rivela che vi è una quarta area - qui non rappresentata - in cui si identificano valori fino a 40 kN e valori di spostamento fino a 4,5 mm corrispondenti a interfacce con grande quantità di emulsione bituminosa (spesso modificata) normalmente associata spesso a poco ingranamento.

Ci sono comunque diversi aspetti che condizionano il grado di collegamento, oltre alla tipologia della mano d'attacco, alla sua quantità e alle caratteristiche superficiali delle miscele.

Ad esempio, la sperimentazione su casi reali ha dimostrato che un piano fresato ovvero caratterizzato da solcature lineari con profondità di qualche mm fino al cm, può contribuire all'incremento della resistenza al taglio grazie al fenomeno di ingranamento che si crea tra le strisce incise della fresatrice.

Una variabile estremamente importante risulta essere, infine, il grado di compattazione dello strato superficiale. L'azione del rullo infatti, oltre a garantire l'addensamento dello strato bituminoso per il raggiungimento delle sue proprietà



6. L'aspetto dell'interfaccia ricoperta di emulsione bituminosa



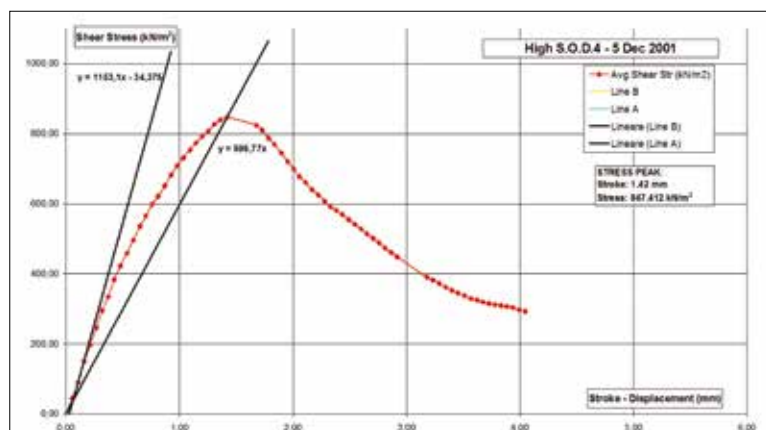
7. La simulazione della contaminazione tramite applicazione di "slurry"



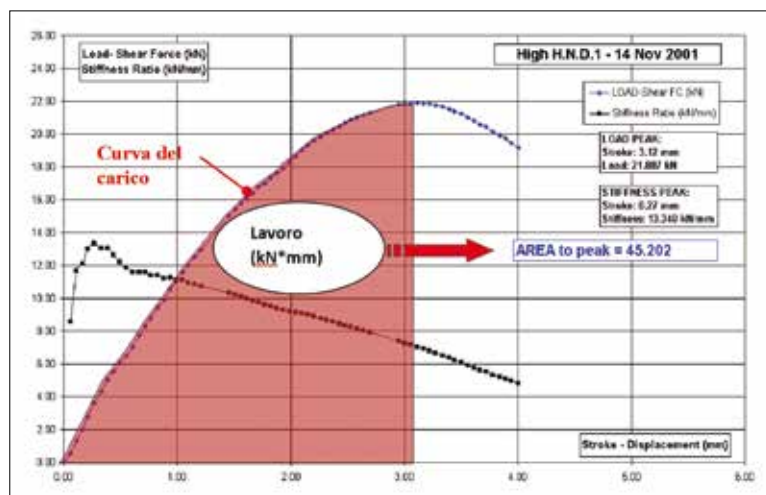
8. La fase di applicazione dell'emulsione su "slurry"



9. L'estrazione dello stampo



4. La rappresentazione della curva delle tensioni con la sua tangente e la secante



5. L'area sottesa dalla curva tensioni-spostamenti

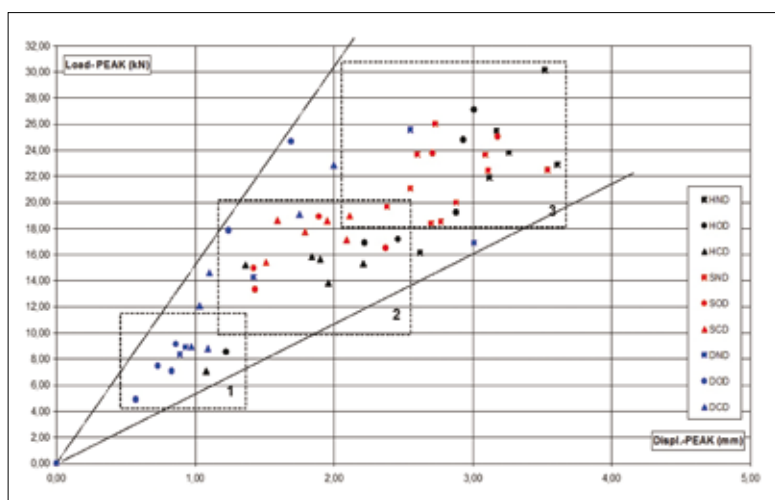
meccanico-prestazionali, ha anche l'effetto di consolidare l'ingranamento degli strati.

Una scarsa compattazione, invece, può comportare debonding a causa sia della maggior porosità dell'intradosso dello strato superiore (l'azione addensante dei rulli si esplica prevalentemente nella parte superiore dello strato) sia del mancato ingranamento tra i granuli di superficie.

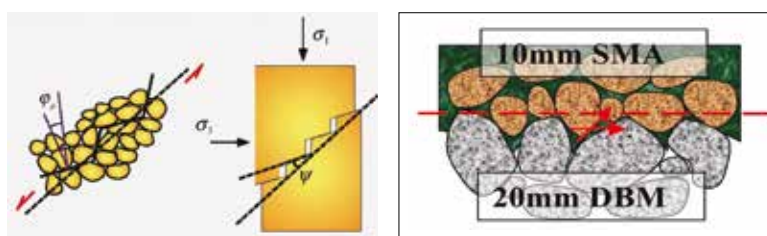
## CONCLUSIONI

Nello studio delle cause che determinano il degrado di una sovrastruttura stradale, spesso si trascura l'importanza del collegamento tra gli strati in conglomerato bituminoso, concentrando maggiormente le ricerche sulle caratteristiche di resistenza dei singoli materiali utilizzati; gli effetti dovuti al "debonding" sono sicuramente meno riconoscibili dei fenomeni quali ormaimento o fessurazione e sono spesso considerati di secondario interesse.

Nel corso degli anni, Pavenco Pavement Engineering Consulting Srl ha portato avanti una ricerca intrapresa presso l'Università di Nottingham in Inghilterra, eseguendo il test di taglio Leutner in via sperimentale su conglomerati bituminosi costituiti da diverse curve granulometriche e percentuali di bitume sia per gli strati superficiali (usura-binder) sia per quelli inferiori (base-binder). I test sono stati svolti in diversi scenari corrispondenti alle varie soluzioni in cui una pavimentazione viene realizzata e i dati acquisiti forniscono un'ottima base di partenza per futuri approfondimenti (per indagare la variazione delle temperature, o la ciclicità dei carichi). Numerose prove sono state condotte anche su carote prelevate in sito nell'ambito di lavori stradali urbani e extraurbani, auto-



10. Il grafico riassuntivo dei risultati della sperimentazione



13A e 13B. La linea di taglio su combinazione SMA su DBM



11. Un particolare della tessitura di un conglomerato chiuso



12. La superficie stradale dopo la fresatura

stradali e su pavimentazioni aeroportuali, consentendo di definire anche possibili valori di soglia da adottarsi nelle specifiche capitolari.

La prova di taglio Leutner si rivela uno strumento efficace a valutare lo stato del collegamento tra due strati di conglomerato bituminoso e, per la facilità di esecuzione e interpretazione dei risultati: se ne auspica un diffuso utilizzo in corso d'opera durante i controlli delle stese. ■

<sup>(1)</sup> Amministratore Unico e Direttore Tecnico di Pavenco Pavement Engineering Consulting Srl



- ▶ Servizi di progettazione stradale ed aeroportuale
- ▶ Laboratorio prove conglomerati bituminosi e geotecnica stradale
- ▶ Indagini ad alto rendimento
- ▶ Rilievo dei dissesti stradali e programmazione degli interventi manutentivi
- ▶ Servizi di ingegneria per le infrastrutture stradali e aeroportuali



Società certificata Sistema di Gestione  
Qualità UNI EN ISO 9001  
Ambiente UNI EN ISO 14001

[www.pavenco.com](http://www.pavenco.com)  
info@pavenco.com  
+39 0532 770161

Sede operativa:  
via Ferrari 16/B  
44122 Ferrara