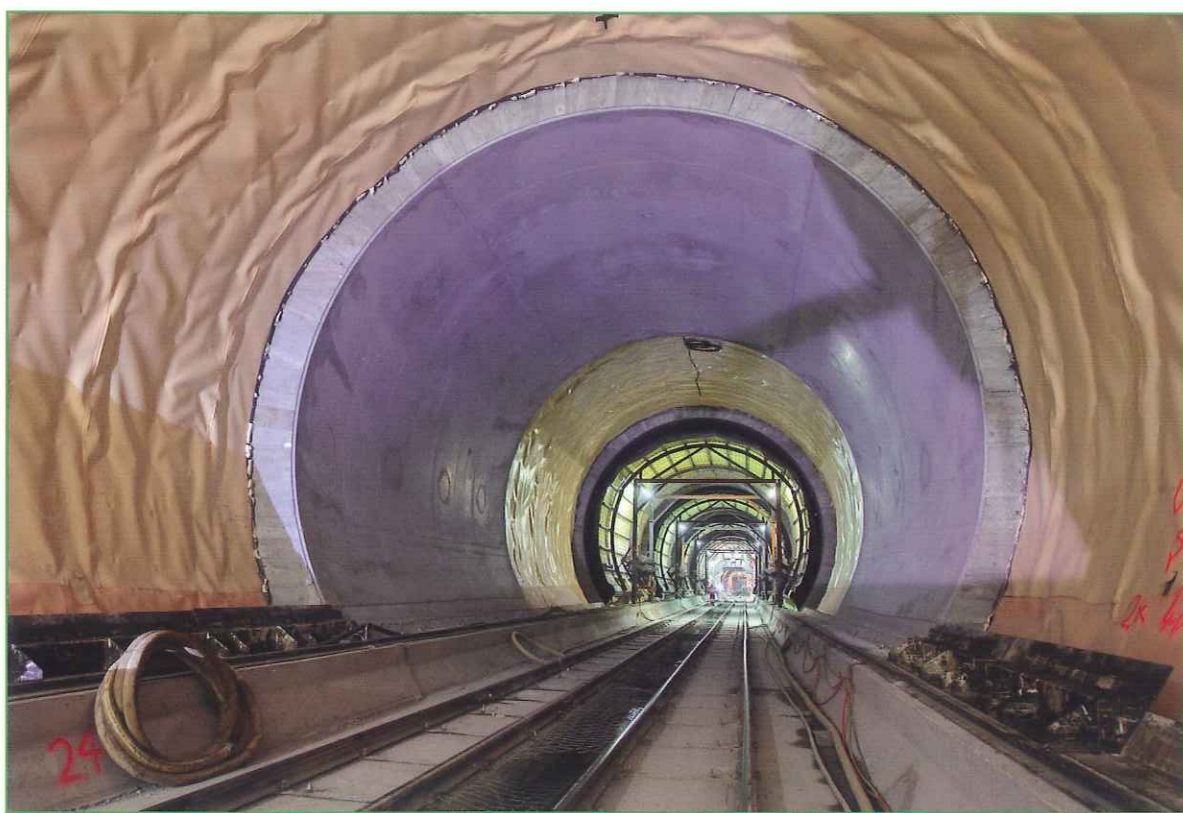


XXIV CONVEGNO NAZIONALE GEOSINTETICI

PAVIMENTAZIONI E GALLERIE



a cura di Daniele Cazzuffi

Bologna, 7 ottobre 2011

PÀTRON EDITORE
BOLOGNA

RINFORZO DI PAVIMENTAZIONI CON GEOGRIGLIE IN POLIESTERE

1. Premessa

L'utilizzo di griglie di rinforzo nelle pavimentazioni bituminose soggette a fenomeni di fessurazione indotta (Fig. 1), è una tecnica che fece i suoi primi passi agli inizi degli anni '70.

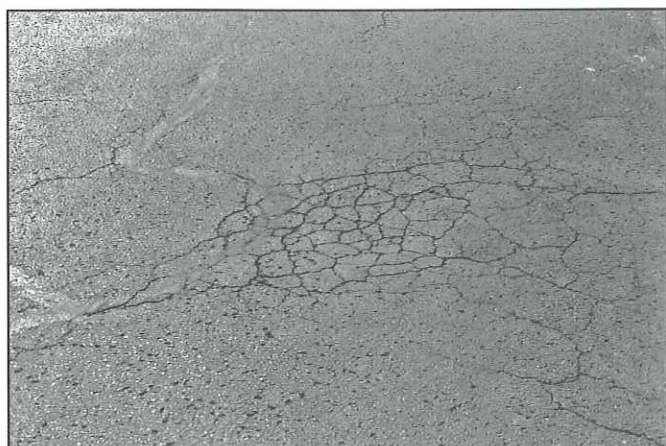


Fig. 1 - Fessurazione del manto stradale

L'idea nacque dall'esigenza di prevenire o ritardare la propagazione delle fessure di riflesso nelle strade esistenti (Fig. 2), le quali, dovuto all'invecchiamento degli strati legati, all'aumento del carico e del volume di traffico, richiedono continui interventi di manutenzione.

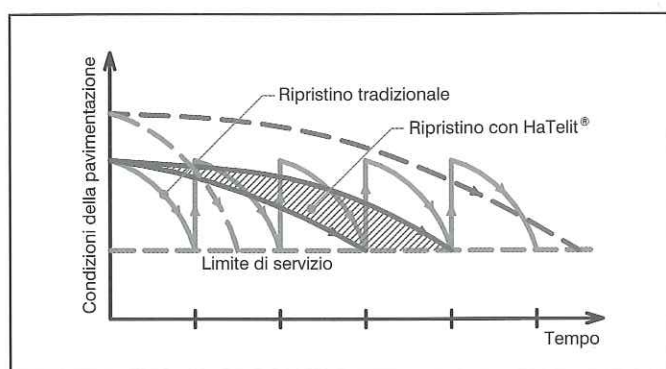


Fig. 2 - Grafico qualitativo sull'aumento di durata tra una strada rinforzata rispetto ad un intervento tradizionale.

L'esperienza e la ricerca effettuata in più di 40 anni hanno permesso di comprendere in modo più approfondito le problematiche intrinsecamente legate al rinforzo dei conglomerati bituminosi e, di conseguenza, di sviluppare materiali che possano dare risposta in maniera efficace

alle esigenze prestazionali specifiche di questa particolare applicazione.

Le griglie di rinforzo consistono, normalmente, in una rete polimerica bidirezionale, a volte accoppiata ad un geotessile nontessuto. I numerosi materiali reperibili sul mercato si distinguono per le materie prime con cui sono realizzati, il processo produttivo, il tipo di rivestimento, la resistenza a trazione e la dimensione della maglia. È opportuno segnalare che, in questa particolare applicazione non è sufficiente definire la materia prima e la resistenza a trazione di un prodotto per avere la garanzia di ottenere un effetto benefico; come si spiegherà più avanti, un conglomerato bituminoso rinforzato è un "sistema" dove due materiali ben distinti (conglomerato bituminoso e geogriglia di rinforzo) devono lavorare in maniera solidale per ottenere il risultato previsto. Le ricerche, le prove di laboratorio e l'esperienza documentate di ogni produttore sono, ad oggi, le migliori garanzie di funzionamento di ogni singolo sistema.

Le materie prime impiegate attualmente per le griglie di rinforzo sono il vetro, poliestere ed il polivinilalcol (PVA). Per identificare i requisiti prestazionali richiesti ai materiali di rinforzo dei conglomerati bituminosi risulta opportuno distinguere tre fasi ben distinte del loro impiego:

- la fase di posa,
- la fase di esercizio
- la fase di ripristino o rifacimento del manto stradale.

In questa pubblicazione si analizzano i parametri rilevanti da tener in considerazione nelle fasi sopracitate, prendendo come riferimento il comportamento di un tipo specifico di geogriglia composta prebitumata in poliestere, denominata HaTelit C 40/17, e riportando risultati ottenuti in laboratorio ed in esperienze pratiche.

2. Requisiti prestazionali della geogriglia di rinforzo in fase di posa



Fig. 3 - Intervento su una corsia stradale

Gli interventi dei cantieri stradali presentano una serie di peculiarità proprie di questa tipologia di lavorazione. Ad esempio, gli interventi di ripristino dei conglomerati bituminosi spesso si realizzano chiudendo una o più corsie e lasciando altre aperte al traffico (Fig. 3); i tempi di esecuzione sono molto limitati e quindi l'apertura e chiusura del cantiere deve avvenire secondo una tempistica ben precisa, i mezzi di cantiere devono muoversi in spazi stretti ed in perfetto coordinamento, quindi gli stessi devono possedere dimensioni e prestazioni adeguate all'intervento specifico, ecc.

Nello stesso modo in cui i mezzi impiegati si devono adeguare alle esigenze di cantiere, anche i materiali adottati devono essere in grado di rispondere in maniera efficace alle esigenze pratiche di questi interventi.

Nel caso di inserimento di una geogriglia di rinforzo tra due strati di conglomerato bituminoso, un buon materiale dovrà possedere le seguenti caratteristiche:

2.1 Velocità di posa

Una geogriglia di rinforzo deve essere semplice da stendere senza rallentare le operazioni di stesura del conglomerato bituminoso. Quindi, sono preferibili materiali flessibili e che non presentino "effetto memoria" (vale a dire, che non tendano a riprendere la forma del rotolo).

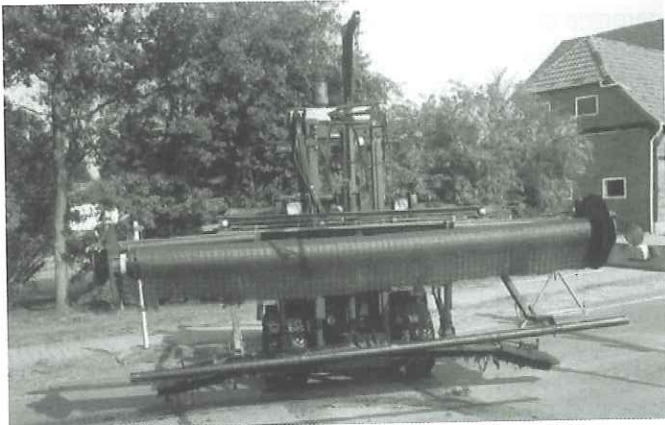


Fig. 4 - Posa con macchinario e posa manuale. Rotoli di diversa larghezza.

La posa può essere realizzata utilizzando attrezzatura meccanica ma è anche utile avere la possibilità di posare il materiale manualmente (Fig 4).

2.2 Capacità di adattamento alla geometria della strada

Il materiale deve essere semplice da tagliare attorno ai tombini o facile da modellare per seguire le curve o superare qualunque tipo di ostacolo (Fig. 5).

Le griglie di rinforzo con dimensioni adatte all'intervento da realizzare permettono di ridurre i tempi di posa e le sovrapposizioni eccessive.



Fig. 5 - Taglio della geogriglia attorno ad un tombino

2.3 Aderenza al piano di posa

Una volta stesa la mano d'attacco la geogriglia deve aderire bene alla superficie, in modo da consentire il passaggio degli automezzi e delle finitrici senza sollevarsi né arrotolarsi attorno alle ruote (Fig. 6 e 7).



Fig. 6 - Geogriglia con buona aderenza



Fig. 7 - Geogriglia con problemi di aderenza

Ogni produttore deve dare indicazioni sul tipo e quantità di mano d'attacco da spruzzare per il proprio sistema. Questo aspetto è molto importante perché una geogriglia con scarsa aderenza non solo si danneggia e complica le operazioni di cantiere, creando ritardi nell'esecuzione dei lavori, ma soprattutto pregiudica il funzionamento del sistema.

2.4 Resistenza al danneggiamento meccanico

Le geogriglie di rinforzo vengono sottoposte a sollecitazioni meccaniche notevoli durante la fase di posa. Una volta estese, i camion che trasportano il conglomerato bituminoso devono transitare direttamente sopra la geogriglia per alimentare la finitrice. Questi passaggi sono multipli sia in direzione di marcia che in retromarcia. Inoltre, normalmente devono sterzare o frenare sopra la geogriglia di rinforzo causando danni meccanici al materiale. Anche la finitrice durante l'operazione di passaggio e stesura del conglomerato bituminoso provoca danni al materiale (Fig. 8). Infine, durante la fase di compattazione gli inerti che incidono sulla geogriglia ne diminuiscono ulteriormente la resistenza. Alcuni materiali di natura fragile, come ad esempio le fibre di vetro, sono più sensibili al danneggiamento meccanico rispetto alle fibre in poliestere. In alcune situazioni la resistenza residua può risultare essere anche inferiore del 10% della resistenza iniziale. Di fatto, per questi materiali è sconsigliata la posa diretta su superfici scarificate, onde prevenire maggiori sollecitazioni meccaniche (Fig. 9).



Fig. 8 - Geogriglia resistente al danneggiamento



Fig. 9 - Geogriglia sensibile al danneggiamento

Da un punto di vista pratico la possibilità di posare un materiale direttamente sulla superficie scarificata, senza realizzare uno strato di regolarizzazione offre diversi vantaggi tra cui il risparmio economico, di tempo e di riduzione degli spessori del pacchetto di conglomerato bituminoso. La prova descritta dalla norma EN ISO 10722, permette di quantificare il danno che può subire un geosintetico durante la fase di posa. In questa prova il materiale viene posto tra due strati di aggregato, dove solo lo strato inferiore è compattato, sul lato superiore viene applicato un carico ciclico con intensità variabile da 5 kPa a 900 kPa, con frequenza di 1Hz per un totale di 200 cicli. Sul campione estratto si effettuano le prove di trazione a banda larga secondo la EN ISO 10319 e si stabilisce la perdita di resistenza rispetto ad un campione di riferimento non danneggiato.

2.5 Resistenza alla temperatura in fase di posa del conglomerato bituminoso

Dal momento che un conglomerato viene posato a temperature intorno a 160°-180°C, e che possono raggiungere anche i 190 gradi, è importante impiegare materiali che siano in grado di resistere non solo a queste temperature, ma anche che subiscano effetti di ritiro o dilatazioni contenute, in modo da non trasferire al conglomerato bituminoso deformazioni che originano un quadro di microfessurazioni diffuse già in fase di posa. Questo fenomeno può vanificare il principio stesso di utilizzo della geogriglia, vale a dire, quello di prevenire la fessurazione.

Vale sottolineare che il fenomeno di ritiro di un materiale non dipende soltanto dalla materia prima con cui è costituita la geogriglia, ma anche dalla presenza dell'eventuale geotessile di supporto, dal processo produttivo, ecc. Quindi, è consigliabile controllare gli effetti del ritiro del prodotto finito di rinforzo durante la posa del conglomerato bituminoso caldo, e non solo delle singole materie prime che lo costituiscono (Fig. 10 e 11).



Fig. 10 - Geogriglia composita in PET con geotessile in PP a 20°C, 140°C e 210°C rispettivamente

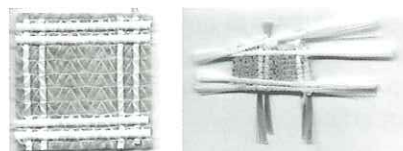


Fig. 11 - Geogriglia composita in fibra di vetro e geotessile in PP a 20°C e a 165° rispettivamente

3. Requisiti prestazionali della geogriglia di rinforzo in fase di esercizio

Le geogriglie di rinforzo dei conglomerati bituminoso vengono impiegate nel trattamento del fenomeno della

fessurazione indotta, quindi hanno la funzione primaria di opporsi alla risalita delle fessure preesistenti, la cui velocità di propagazione dipende, insieme ad altri parametri, dal fenomeno di fatica generato dai passaggi ripetuti del traffico, nonché dall'effetto ciclico della dilatazione e contrazione termica per le variazioni di temperatura giornaliere e stagionali.

Quando un pneumatico transita sopra una fessura o discontinuità esistente, si generano sollecitazioni che si possono suddividere in tre momenti: appena prima del passaggio si sviluppa lungo la fessura una sollecitazione di taglio, dopo, nel preciso istante del passaggio sopra la fessura si genera una sollecitazione di flessione e, subito dopo, uno sforzo di taglio di segno contrario a quello precedente. Quindi, in seguito all'azione del traffico, per ogni sollecitazione di flessione ci sono due sollecitazioni di taglio di segno opposto. Per quanto riguarda la dilatazione termica, invece, si può stabilire, semplificando, che la sollecitazione predominante sia quella di trazione perpendicolare alla faccia della fessura.

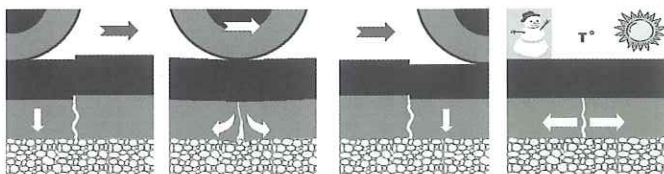


Fig. 12 - Sollecitazioni di Taglio (+), Flessione e Taglio (-) per il passaggio delle ruote. Sollecitazione di trazione per effetto della temperatura.

Quindi, un conglomerato rinforzato dovrà essere in grado resistere a tutte le sollecitazioni a cui viene sottoposto ed alle combinazioni tra queste. In altre parole, non è sufficiente conoscere se un materiale ha un buon comportamento alla fatica termica, senza conoscere come si comporta alla fatica da traffico. Dalle ricerche effettuate si è potuto constatare che, in questo tipo di applicazione, la sollecitazione più critica è quella di taglio.

La funzione di una geogriglia di rinforzo in una pavimentazione bituminosa consiste nell'incrementare la resistenza dello strato di conglomerato bituminoso superficiale e di distribuire le sollecitazioni di taglio e trazione su un'area più ampia, riducendo così i picchi di tensione in corrispondenza delle estremità delle fessure nella nuova pavimentazione, generati dalle azioni di fatica da traffico e termica (Fig. 13). La finalità dell'intervento di rinforzo è quella di posticipare i lavori di manutenzione e, pertanto, di incrementare i cicli di carico necessari per arrivare all'apparizione delle fessure in superficie.

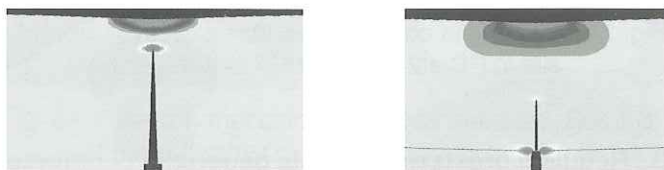


Fig. 13 - a) conglomerato bituminoso non rinforzato: picco di tensione all'estremità della fessura. b) Conglomerato bituminoso rinforzato: redistribuzione delle tensioni per la presenza della geogriglia

Per esercitare la funzione di rinforzo la geogriglia deve avere un modulo elastico residuo (cioè quello del materiale posato che ha subito danneggiamenti meccanici) maggiore o compatibile con quello del conglomerato bituminoso ma, la trasmissione degli sforzi tra i due materiali sarà possibile se l'adesione tra loro è tale da evitare scorrimenti relativi (vedi 3.3).

In questa fase è importante, oltre al buon comportamento a breve termine, quello a lungo termine del materiale di rinforzo, che dovrà essere in grado di assorbire e trasmettere le sollecitazioni dinamiche di taglio e flessione a cui verrà continuamente sottoposto nel tempo, nonché resistere all'aggressione di agenti chimici come, ad esempio, i sali antigelo e gli idrocarburi.

3.1 Prove dinamiche di flessione e di taglio

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 il "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 et al, 2004).

I risultati hanno dimostrato che nei conglomerati bituminosi rinforzati con geogriglie 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 geogriglia 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 (Fig. 14 e 15).

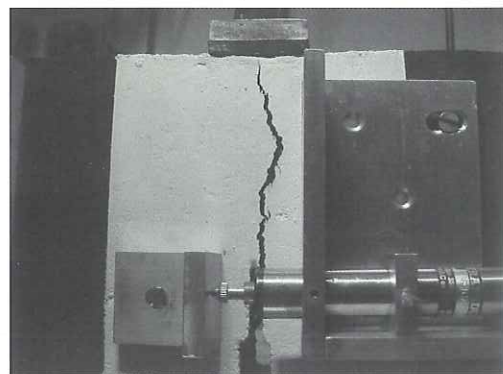


Fig. 14 - Fessura sviluppata in un provino di conglomerato bituminoso non rinforzato dopo 79.884 cicli di carico.

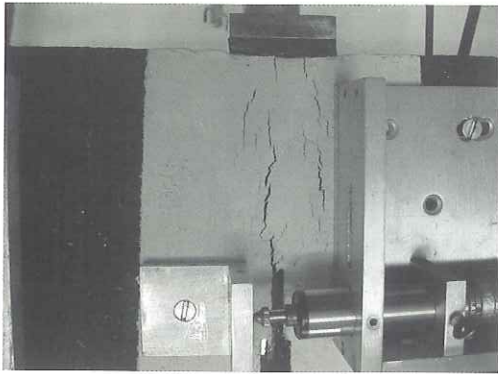


Fig. 15 - Quadro fessurativo di un provino di conglomerato bituminoso rinforzato con la geogriglia in poliestere dopo 503.832 cicli di carico

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

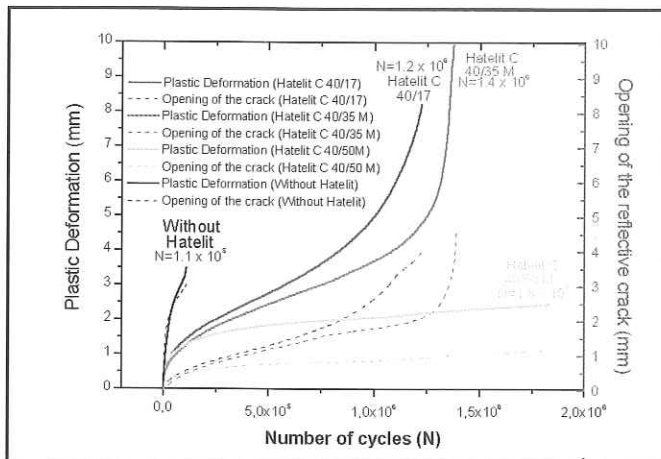


Fig. 16 - Grafico di confronto tra conglomerato bituminoso non rinforzato e rinforzato con tre tipi di geogriglie

Grazie all'aderenza all'interfaccia, la geogriglia assorbe e distribuisce le tensioni che si generano all'estremità della fessura, ritardando o addirittura bloccando la propagazione della fessura negli strati superiori.

La resistenza della fibra non dovrebbe essere influenzata dai carichi dinamici di traffico durante la vita del progetto, altrimenti il materiale perderebbe efficienza e le prestazioni.

Campi prove realizzati negli Stati Uniti dalla Federal Highway Administration FHWA e dal Wisconsin Department of Transportation hanno evidenziato che le geogriglie in fibre di vetro possono deteriorarsi rapidamente sotto l'azione del carico di traffico, in particolare quando i movimenti differenziali verticali delle fessure, cioè la modalità di taglio, è il principale fattore della fessurazione di riflesso. Dalla valutazione di cinque sezioni di pavimentazioni stradali bituminose realizzate su solette in calcestruzzo e rinforzate con

geogriglie in fibre di vetro è emerso che, in maniera prematura, sono apparse in superficie le fessure trasversali di riflesso in corrispondenza dei giunti sottostanti.

Prove di fatica al taglio sono state realizzate nell'Università di São Paulo con lo scopo di valutare il comportamento delle fibre di poliestere e di vetro. I risultati ottenuti hanno messo in evidenza le migliori prestazioni del poliestere (Montestruque, et al. 2012). Le fibre di vetro si rompevano dopo 16.000- 21.000 cicli di carico mentre le fibre di poliestere non si erano rotte dopo 160.000 cicli, quando la prova era stata interrotta.

3.2 Prove di fatica termica

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 17) 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.

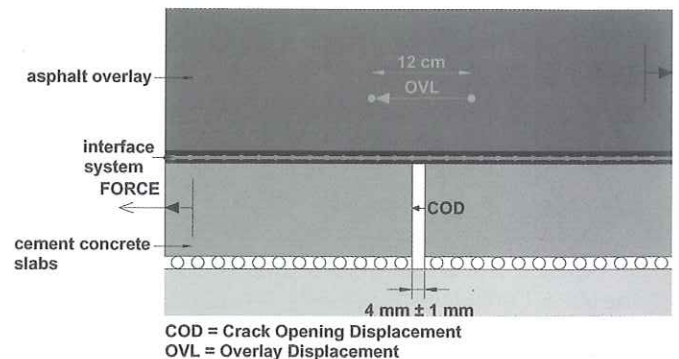


Fig. 17 - Schema di apparecchiatura di prova per misurare la fatica termica

I provini vengono posti su un letto di sfere di acciaio, in modo che ci sia la possibilità di movimenti liberi nella direzione orizzontale. L'estremità destra della base in calcestruzzo è fissata a una parete e una forza ciclica viene applicata all'estremità sinistra. In ogni ciclo di carico l'ampiezza della fessura viene fatta variare di 1 mm a una velocità molto ridotta, tipicamente pari a qualche decimo di millimetro all'ora. Questo tipo di prova simula l'effetto delle successive contrazioni ed espansioni di lastre in calcestruzzo dovute a variazioni termiche. In Figura 18 è riportato lo sviluppo verticale della fessura nello strato bituminoso in funzione della durata della prova per i diversi materiali di rinforzo testati.

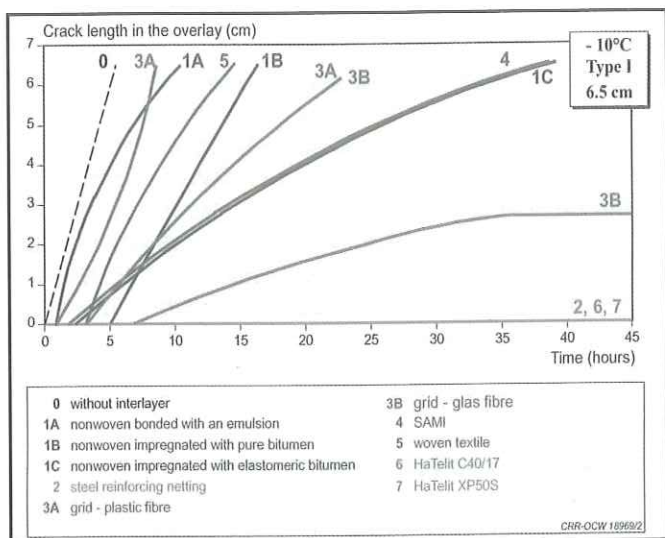


Fig. 18 - Schema di apparecchiatura di prova per misurare la fatica termica

In Figura 18 si nota che i 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 provati, invece, si è innescato il processo fessurativo. Bisogna evidenziare che questa prova riflette il comportamento dei rinforzi provati soltanto nei confronti delle dilatazioni e contrazioni termiche, ma non contempla gli altri tipi di sollecitazioni. 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.

3.3 Aderenza della geogriglia di rinforzo al conglomerato bituminoso

L'aderenza è una caratteristica fondamentale nel funzionamento e l'efficacia di un sistema di rinforzo dei conglomerati bituminosi. L'effetto di rinforzo si può espletare solo se la geogriglia si deforma insieme al conglomerato bituminoso, sviluppando tensioni.

La geogriglia di rinforzo non deve agire come un elemento estraneo, quindi si deve amalgamare con gli strati circostanti (Fig. 19).

Un interstrato di rinforzo non deve creare mai uno strato separatore perché l'effetto che si ottiene è controproducente. In tale eventualità risulta più efficace l'intervento tradizionale (Fig. 20)

Dal momento che il conglomerato bituminoso è un materiale di natura termoplastica a comportamento viscoelastico, risulta difficoltoso introdurre un elemento di rinforzo molto rigido e che, nel contempo, si mantenga aderente.

Mano a mano che aumenta la rigidità del rinforzo (modulo elastico), raggiungere una capacità di aderenza tale da impedire gli scorrimenti relativi tra i materiali è un compito arduo.

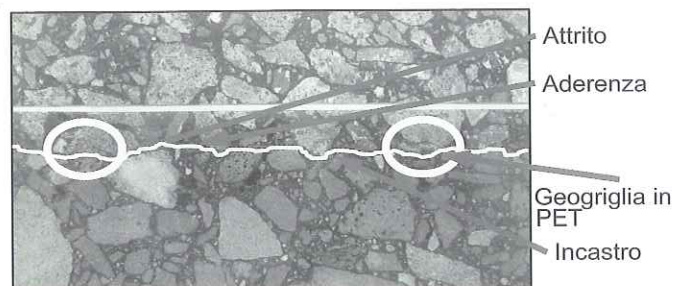


Fig. 19 - Geogriglia in PET completamente amalgamata tra gli strati di asfalto

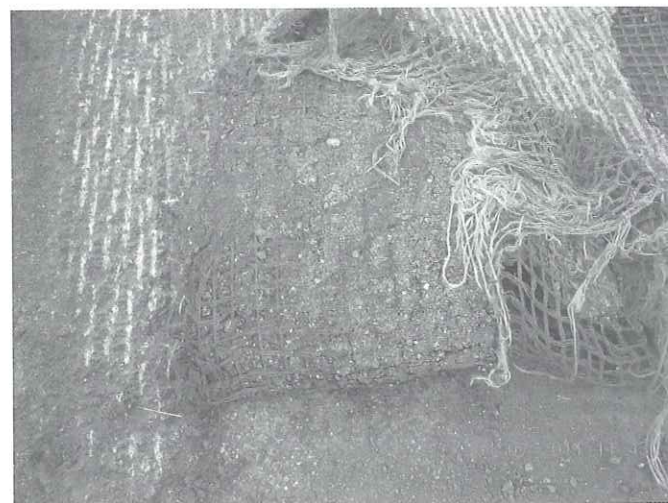


Fig. 20 - Formazione di un piano di distacco per scarsa aderenza tra geogriglia e conglomerato bituminoso

Quindi, un rinforzo deve avere un modulo elastico "compatibile" con quello del conglomerato bituminoso, cioè deve avere un modulo elastico elevato purché mantenga valori elevati di aderenza. De Bondt (1998), nella sua tesi di dottorato, ha stabilito che il fattore di miglioramento è direttamente proporzionale al coefficiente di aderenza ed al modulo elastico, quindi, da un punto di vista del rinforzo, il beneficio impiegare materiali rigidi con poca aderenza o viceversa, è scarso se non nullo.

3.3.1 Prove di controllo dell'aderenza

Due prove di laboratorio che permettono di stabilire la resistenza al taglio di un conglomerato bituminoso, e quindi l'aderenza tra strati, sono la prova Leutner e la prova ASTRA.

La prova Leutner, tedesca, consiste nel applicare uno sforzo di taglio su una carota di diametro 15 cm lungo la superficie da analizzare. La normativa stradale Tedesca ZTV Stra 91/Erg.97 richiede che la resistenza al taglio minima tra tappeto e binder sia ≥ 15 kN e tra base e binder ≥ 12 kN, a prescindere che ci sia un interstrato di rinforzo oppure no. La prova ASTRA, italiana, consiste nell'applicare uno sforzo di taglio su una carota di diametro 10 cm lungo la superficie da analizzare, con la possibilità di aggiungere anche un carico normale, simulando la pressione di un pneumatico. In questo caso non ci sono indicazioni su valori minimi da rispettare.

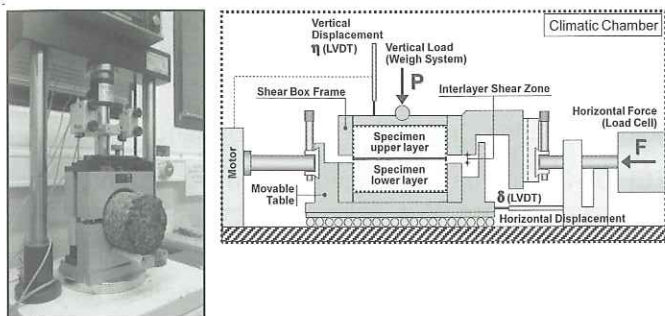


Fig. 21 - a) Prova Leutner b) schema di prova ASTRA

Il diametro delle carote di 15 cm consente di ridurre l'influenza della dimensione della maglia della geogriglia rispetto al campione di conglomerato bituminoso.

Queste due prove risultano molto utili per stabilire il grado di aderenza dei materiali e per permettere alla direzione di lavori il controllo della qualità delle lavorazioni eseguite.

3.4 Resistenza alla temperatura

La geogriglia dovrà essere in grado di sopportare le temperature a cui viene posato il conglomerato bituminoso (150° C a 200° C), quindi si devono utilizzare materie prime che non fondano o perdano le proprietà meccaniche prima di arrivare al punto di fusione.

In alcuni sistemi di rinforzo, come ad esempio le geogriglie composite, i geotessili accoppiati che hanno la funzione di facilitare la posa e/o di trattenere la mano d'attacco potrebbero fondere o essere danneggiati durante la posa, senza inficiare le prestazioni del sistema.

3.5 Resistenza chimica

La geogriglia deve essere resistente agli agenti solventi, sali antigelo, idrocarburi ed altre sostanze che normalmente si possono trovare nelle sedi stradali.

3.6 Dimensione della maglia

La dimensione della maglia deve essere atta a consentire l'incastro tra gli inerti degli strati di conglomerato bituminosi. Maglie piccole (< 3 cm) sono propense ad impedire l'effetto di incastro e quindi a creare uno strato separatore.

4. Ripristino della sede stradale: fresatura e riciclaggio

Con il trascorrere del tempo le pavimentazioni stradali hanno sempre bisogno di interventi manutenzione come, ad esempio, il ripristino del tappeto di usura, oppure di interventi più profondi come gli scavi in trincea per il passaggio di tubazioni, allargamenti o rifacimento completo della sede stradale. In tutte queste situazioni la presenza di una geogriglia di rinforzo non deve essere uno ostacolo né deve causare inconvenienti durante le operazioni di scarifica.

Quindi, se l'intervento previsto riguarda la scarifica del solo tappeto disposto al di sopra della geogriglia, l'aderenza dell'interstrato deve essere tale da evitare il distacco dello strato rimanente di tappeto, anche per fresature che arrivino fino a pochi millimetri sopra la geogriglia.

Se, invece, si rendesse necessario scarificare oltre la geogriglia, questa si dovrebbe tritare, insieme al conglomerato bituminoso in pezzi piccoli senza avvolgersi ai denti della fresa, in modo da consentire il funzionamento regolare della scarificatrice ed il conseguente riciclaggio del conglomerato fresato. I materiali di rinforzo non amalgamati al conglomerato bituminoso, rendono l'operazione di scarifica problematica e antieconomica.

A questo proposito, vale segnalare che questo è un aspetto altamente critico nel caso di utilizzo di reti metalliche all'interno dei conglomerati bituminosi, in quanto rendono impraticabile la fresatura successiva.



Fig. 22 - Scarifica di conglomerato bituminoso rinforzato con geogriglia in PET



Fig. 23 - Piccoli frammenti di geogriglia in un conglomerato scarificato

Per questo motivo, a prescindere della materia prima con cui una geogriglia è fatta, ogni produttore dovrebbe essere in grado di dimostrare il comportamento dei propri materiali durante la scarifica indicando le procedure da seguire sia in fase di fresatura, sia in caso di successivo riciclo del conglomerato bituminoso fresato. Tali procedure do-

vrebbero essere avallate da certificati di prove scientifiche realizzate in scala reale e rilasciati da enti indipendenti.

5. Conclusioni

Dall'analisi dei requisiti prestazionali delle geogriglie di rinforzo dei conglomerati bituminosi appare chiaro che questi materiali devono possedere caratteristiche specifiche che permettano loro di rispondere efficacemente alle esigenze tecniche richieste nelle tre fasi di vita di questa particolare applicazione, e nello specifico: la fase di posa, la fase di esercizio e la fase di ripristino della strada.

Una pavimentazione bituminosa rinforzata può essere considerata come un "sistema" nel quale il conglomerato bituminoso, la mano d'attacco e la geogriglia interagiscono in maniera solidale. Pertanto, non è sufficiente fissare la materia prima o la resistenza della geogriglia per stabilire il livello di prolungamento della vita utile della pavimentazione. Ogni "sistema" ha le sue caratteristiche prestazionali ed è compito di ogni produttore documentare le prestazioni del proprio sistema mediante prove "affidabili" che ne dimostrino l'efficacia.

Sarebbe auspicabile definire metodi di prova standard che permettessero di confrontare in maniera univoca le prestazioni di ogni sistema di rinforzo in tutte le sue fasi di vita.

BIBLIOGRAFIA

De Bondt, A.H. (1998): "Anti-Reflective Cracking Design of (Reinforced) Asphalt Overlays", Ph.D. Thesis, Department of Civil Engineering, Delft University of Technology.

De Palma, C., Russo, L.E., (1997), "L'impiego di geogriglie sintetiche per il rinforzo delle pavimentazioni stradali: un'applicazione sull'autostrada A 32", Atti XI Convegno Geosintetici nelle Costruzioni di Terra: Opere stradali e ferroviarie, Bologna.

FGSV Arbeitspapier Nr. 69 "Verwendung von Vliesstoffen, Verbundstoffen und Gittern im Asphaltstraßenbau".

RIASSUNTO

Rinforzo di pavimentazioni con geogriglie in poliestere

Il presente articolo analizza i requisiti prestazionali delle griglie di rinforzo dei conglomerati bituminosi considerando tre fasi ben distinte della vita di questi materiali: a) la fase di posa, b) la fase di esercizio, c) la fase di ripristino o rifacimento della sede stradale.

In particolare, vengono sottolineati i fattori critici di funzionamento del sistema prendendo come riferimento le prestazioni di una geogriglia composta in poliestere.

FHWA/TX-05/0-4517-1. (2004) Performance report on jointed concrete pavement repair strategies in Texas.

FHWA/TX-06/0-4517-3. (2005) Methods of Reducing Joint Reflection Cracking: Field Performance Studies.

FEP-03-03. (2003) Glassgrid pavement reinforcement product evaluation. Wisconsin Department of Transportation, Division of Transportation Infrastrutture Development.

Molenaar, A.A., Nods M. 1996; "Design method for plain and geogrid reinforced overlays on cracked pavements". Proceedings of the Third Int. Conference on Reflective Cracking in Pavements, pp. 311-320.

Montestruque, G.; Rodrigues, R.; Nods, M.; Elsing, A. (2004) "Stop of reflective crack propagation with the use of PET geogrid as asphalt overlay reinforcement", Proceedings of the Fifth RILEM International Conference on Reflective Cracking in Pavements.

Montestruque, G.; Bernucci L.; Fritzen, M.; Goretti da Motta, L. (2012) "Stress relief asphalt layer and reinforcing polyester grid as anti-reflecting cracking composite interlayer system in pavement rehabilitation" Proceedings 7th RILEM International Conference On Crackings In Pavements.

Oliveri, S.; Roberti, R.; Ucciardo, S.; Russo, L. E.; (1995) "Ripristino con geosintetici di Pavimentazioni della Superstrada Firenze-Pisa-Livorno", Atti IX Convegno Geosintetici nelle Costruzioni di Terra: applicazioni in Italia, Bologna.

Schniering, A.; Thureau, W; (1992) "Untersuchungen an einer armierten Asphaltbefestigung hinsichtlich der Ausbaumöglichkeiten durch Fräsen sowie der Wiederverwendbarkeit des Fräsgutes".

Schlussbericht Nr. 0802791 "Untersuchung des Einflusses der Asphaltbewehrung auf das Fräsverhalten von Asphalt sowie der Wiederverwertung des Ausbauasphaltes"

Vanelstraete, A.; Francken, L.; (1996) "Laboratory testing and numerical modelling of overlay systems on cement concrete slabs", Proceedings of the Third International RILEM Conference.

ABSTRACT

Pavement reinforcement with polyester geogrids

This paper analyzes the performance requirements of asphalt reinforcement geogrids, considering three distinct phases in the life of these materials: a) the installation phase, b) the operating phase, c) the phase of rehabilitation or reconstruction of the roadway. In particular, the critical factors for the well functioning of the system are underlined, by taking as reference the performance of a polyester composite geogrid.