

SITEBSi srl

Rassegna del bitume

RIVISTA DEL SITEB-ASSOCIAZIONE ITALIANA BITUME ASFALTO STRADE

ESTRATTO DAL N° **24/95**

**Leganti ituminosi: la nuova normativa "prestazionale" USA,
ovvero il trionfo della reologia**

Giorgio Legnani
Consulente, Roma

Leganti bituminosi: la nuova normativa "prestazionale" USA, ovvero il trionfo della reologia

Bituminous binders: the new performance-linked specifications, or "the triumph of rheology"

GIORGIO LEGNANI

Consulente, Casalpalocco (RM)

Riassunto

Le nuove norme "prestazionali" adottate dalla FHWA, l'Amministrazione Federale americana delle strade, per l'accettazione e la conformità dei "leganti-stradali, si basa sull'introduzione di una serie di apparecchiature in gran parte innovative.

L'articolo descrive queste apparecchiature ed analizza sinteticamente i principi teorici ed le implicazioni pratiche che rendono razionale questa nuova normativa che rientra, con la denominazione SUPERPAVE, fra i risultati della sperimentazione SHRP.

Summary

The new performance linked specifications adopted by the FHWA, the U.S. Federal Highway Administration, to establish the conformity and acceptance of bituminous binders for road construction purposes, is based on the use of a series of rather innovative test equipment.

This article describes this equipment and analyses synthetically the theoretical and practical implications that lead to rational standards, which under the naming of SUPERPAVE, represent one of the prominent achievements of the SHRP program.

La FHWA, Amministrazione federale delle strade degli Stati Uniti, ha promosso, ed in parte condotto direttamente, sotto l'egida SHRP o Strategic Highway Research Program un impegnativo programma di studi e di ricerche, finalizzato, tra l'altro, allo sviluppo di nuove metodologie per classificare e verificare la rispondenza dei leganti bituminosi alle diverse condizioni di esercizio, in opera.

Lo SHRP (chiamato "Sharp" degli addetti ai lavori) ha coinvolto in tale programma varie Università, Istituti di ricerca pubblici e privati, ed alcuni Enti Federali, fra la fine del 1987 e la primavera del 1993, potendo contare su una dotazione di risorse piuttosto cospicua, dell'ordine di 50 milioni di dollari, solo per la parte attinente ai leganti.

Ma il programma SHRP non si è limitato ai soli leganti stradali. Questo programma, che ha beneficiato di stanziamenti aggiuntivi per diverse decine di milioni di dollari, ha preso in considerazione tutti gli aspetti che, in misura più o meno rilevante, concorrono a qualificare una gestione razionale mirata delle attività connesse alla viabilità ed al trasporto di passeggeri e merci.

In particolare, nel campo delle pavimentazioni stradali, sono stati messi a punto metodologie, strumentazioni ed un "software", denominato SUPERPAVE, per lo studio e la progettazione delle miscele legante/aggregato, sempre improntato al rispetto di criteri prestazionali.

Non è possibile descrivere SUPERPAVE in questa sede, ma ci limiteremo ad illustrare le normative riguardanti i leganti bituminosi.

È importante notare come non si parli più di *bitumi*, ma di *leganti*, dovendo risultare chiaro il concetto che un legante bituminoso per usi stradali possa anche non essere un bitume tal quale, come è stato finora, ma un legante a base di bitume, eventualmente modificato, purché rientrante nei limiti proposti.

Si accentua così la tendenza a considerare il bitume come un componente di materiali da costruzione, piuttosto che come prodotto petrolifero, legato a caratteristiche, in larga misura (almeno in Europa), ancora oggi proposte dall'industria petrolifera.

A partire dalla fine del 1992, si sono susseguite varie elaborazioni di un progetto di normativa che oggi può considerarsi quasi definitiva: Tab. 1.

Tab. 1 - Performance Graded Asphalt Binder Specification

PERFORMANCE GRADE	PG 46-			PG 52-						PG 58-					PG 64-						
	34	40	46	10	16	22	28	34	40	46	16	22	28	34	40	10	16	22	28	34	40
Average 7-day Maximum Pavement Design Temperature, °C ^a	< 46			< 52						< 58					< 64						
Minimum Pavement Design Temperature, °C ^a	> -34	> -40	> -46	> -10	> -16	> -22	> -28	> -34	> -40	> -46	> -16	> -22	> -28	> -34	> -40	> -10	> -16	> -22	> -28	> -34	> -40
ORIGINAL BINDER																					
Flash Point Temp, T48: Minimum °C	230																				
Viscosity, ASTM D4402: ^b Maximum, 3 Pa·s, Test Temp, °C	135																				
Dynamic Shear, TP5: ^c G'/sinδ, Minimum, 1.00 kPa Test Temp @ 10 rad/s, °C	46			52						58					64						
ROLLING THIN FILM OVEN (T240) OR THIN FILM OVEN RESIDUE (T179)																					
Mass Loss, Maximum, percent	1.00																				
Dynamic Shear, TP5: ^c G'/sinδ, Minimum, 2.20 kPa Test Temp @ 10 rad/s, °C	46			52						58					64						
PRESSURE AGING VESSEL RESIDUE (PP1)																					
PAV Aging Temperature, °C ^a	90			90						100					100						
Dynamic Shear, TP5: ^c G'/sinδ, Maximum, 5000 kPa Test Temp @ 10 rad/s, °C	10	7	4	25	22	19	16	13	10	7	25	22	19	16	13	31	28	25	22	19	16
Physical Hardening ^d	Report																				
Creep Stiffness, TP1: ^e S, Maximum, 300 MPa, m - value, Minimum, 0.300 Test Temp @ 60s, °C	-24	-30	-36	0	-6	-12	-18	-24	-30	-36	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	-24	-30
Direct Tension, TP3: ^f Failure Strain, Minimum, 1.0% Test Temp @ 1.0 mm/min, °C	-24	-30	-36	0	-6	-12	-18	-24	-30	-36	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	-24	-30

^a Pavement temperatures are estimated from air temperatures using an algorithm contained in the SUPERPAVE software program, may be provided by the specifying agency, or by following the procedures as outlined in PPX.

^b This requirement may be waived at the discretion of the specifying agency if the supplier warrants that the asphalt binder can be adequately pumped and mixed at temperatures that meet all applicable safety standards.

^c For quality control of unmodified asphalt cement production, measurement of the viscosity of the original asphalt cement may be substituted for dynamic shear measurements of G'/sinδ at test temperatures where the asphalt is a Newtonian fluid. Any suitable standard means of viscosity measurement may be used, including capillary or rotational viscometry (AASHTO T201 or T202).

^d The PAV aging temperature is based on simulated climatic conditions and is one of three temperatures 90°C, 100°C or 110°C. The PAV aging temperature is 100°C for PG 64- and above, except in desert climates, where it is 110°C.

Tab. 1 - Performance Graded Asphalt Binder Specification (seguito)

PERFORMANCE GRADE	PG 70-						PG 76-						PG 82-					
	10	16	22	28	34	40	10	16	22	28	34	10	16	22	28	34		
Average 7-day Maximum Pavement Design Temp, °C ^b	<70						<76						<82					
Minimum Pavement Design Temperature, °C ^b	>-10	>-16	>-22	>-28	>-34	>-40	>-10	>-16	>-22	>-28	>-34	>-10	>-16	>-22	>-28	>-34		
ORIGINAL BINDER																		
Flash Point Temp, T48: Minimum °C	230																	
Viscosity, ASTM D4402: ^a Maximum, 3 Pa*s, Test Temp, °C	125																	
Dynamic Shear, TP5: ^c G'/sinδ, Minimum, 1.00 kPa Test Temp @ 10 rad/s, °C	70						76						82					
ROLLING THIN FILM OVEN (T240) OR THIN FILM OVEN (T179) RESIDUE																		
Mass Loss, Maximum, percent	1.00																	
Dynamic Shear, TP5: G'/sinδ, Minimum, 2.20 kPa Test Temp @ 10 rad/s, °C	70						76						82					
PRESSURE AGING VESSEL RESIDUE (PP1)																		
PAV Aging Temperature, °C ^a	100(110)						100(110)						100(110)					
Dynamic Shear, TP5: G'/sinδ, Maximum, 5000 kPa Test Temp @ 10 rad/s, °C	34	31	28	25	22	19	37	34	31	28	25	40	37	34	31	28		
Physical Hardening ^d	Report																	
Creep Stiffness, TP1: ^d S, Maximum, 300.0 MPa, m - value, Minimum, 0.300 Test Temp @ 60s, °C	0	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	-24	0	-6	-12	-18	-24		
Direct Tension, TP3: ^f Failure Strain, Minimum, 1.0% Test Temp @ 1.0 mm/min, °C	0	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	-24	0	-6	-12	-18	-24		

In molti Stati degli USA, queste nuove normative sono state adottate "tentativamente", mentre la stessa AASHTO ha già provveduto a normalizzare, sempre tentativamente, i relativi metodi di prova.

1. La normativa SHRP

Queste nuove norme sono state definite "prestazionali" perché, almeno nelle intenzioni di chi le ha elaborate, devono permettere la classifica dei leganti in base a criteri che tengano conto di quelle che saranno le prestazioni richieste al legante una volta messo in opera. Ben poco è rimasto delle prove che hanno caratterizzato i bitumi fino ad oggi; Penetrazione, Rammollimento, Punto di rottura Fraass e Duttilità, caratteristiche che ancora oggi costituiscono motivo di discussione e di approfondimento in sede di unificazione delle norme Europee CEN, sono del tutto sparite.

Delle prove che ci erano fin qui familiari sono viceversa rimaste la prova di infiammabilità, la prova di viscosità (ASTM D4402) e la prova di "invecchiamento", secondo RTFOT e TFOT, (ASTM D2872 o D1754).

Quanto ai nuovi metodi di prova si può affermare che il vecchio concetto di valutare la "consistenza" del bitume a temperature diverse ed in condizioni particolari sia stato del tutto soppiantato da criteri che premiano determinazioni di tipo reologico.

Una sorpresa, decisamente positiva è poi l'abbandono delle unità di misura "inglesi" e l'adozione di quelle del Sistema Internazionale (SI).

Per la classifica merceologica e per l'accettazione dei leganti, la nuova tipologia "prestazionale" non parte più da valori che si ottengono da prove di riferimento, come ad esempio il bitume 80/100 è quello che ha una penetrazione a 25°C intermedia fra 80 e 100 dmm, bensì dai valori delle temperature massime e minime alle quali il legante è destinato a "lavorare" una volta messo in opera.

I leganti sono quindi identificati dalla sigla PG, che significa Performance Grade, seguita da due numeri; il primo è relativo alla temperatura massima (media dei sette giorni più caldi) ed il secondo relativo alla temperatura più bassa rilevata sulla strada; il territorio degli USA è stato suddiviso in zone isotermitiche e risulta quindi facilitato il compito di chi deve prescrivere il tipo di legante da adottare.

Come si vede dalla Tab. 1, suddivisa in Parte prima e Parte seconda per facilitarne la lettura, i tipi di legante standardizzati sono sette e vanno dal PG 46 al PG 82. Da queste sette classi, identificate

in base alle massime temperature "di esercizio", che variano di 6 in 6°C, derivano ben 37 tipi, a loro volta identificati dalle minime temperature di esercizio, che variano anch'esse di 6 in 6°C, fra -40 e -10°C. Per cui, ad esempio, il PG 64-10 rappresenta un legante destinato ad essere impiegato in zone dove la temperatura massima (media dei sette giorni più caldi) è di 64°C, mentre quella minima, in assoluto, è di -10°C. Queste temperature corrispondono alle temperature alle quali lavora la pavimentazione; esse sono derivabili dalle temperature ambientali, in base ad un algoritmo contenuto nel software del SUPERPAVE SHRP e seguendo le procedure indicate dal "documento" PPX dell'AASHTO.

Tutti i numeri indicati nella Tab. 1, sono valori della temperatura di prova, che varia in funzione del tipo di legante da provare. Quelli che non variano, essendo costanti per tutti i tipi di legante, sono invece i valori che dalle varie prove si vedono ottenere. Per esempio, *tutti i leganti PG*, tal quali, vale a dire prima dei due "trattamenti" di invecchiamento previsti (RTFOT e PAV), devono avere a 135°C una viscosità Brookfield (ASTM D4402) inferiore a 3 Pa.s, mentre, altro esempio, *per tutti i tipi PG* il residuo del RTFOT, alle varie temperature di prova indicate, deve presentare un valore del parametro G*/sen δ (taglio dinamico o resistenza allo scorrimento dinamico) minimo di 2,2 kPa.

Nella prima colonna della Tab. 1 sono enumerate le varie procedure di prova, nella dizione originale inglese. Non si è ritenuto opportuno procedere ad una traduzione letterale di tali termini, per non ingenerare confusione in una materia nuova a molti e di per sé piuttosto complessa.

2. La strumentazione SHRP

La strumentazione proposta dallo SHRP è composta in gran parte da apparecchiature di tipo innovativo ed i risultati delle prove sono tutti ottenuti da elaborazioni computerizzate; l'intervento dell'operatore, nell'interpretazione dei risultati è quindi ridotto al minimo.

Oltre al Viscosimetro Rotazionale Brookfield, all'apparecchio per determinare l'infiammabilità in vaso aperto Cleveland, ed a quello per valutare "l'invecchiamento" secondo Rolling Thin Film Oven Test ben conosciuti anche da noi, sono previste le seguenti apparecchiature:

- Dynamic Shear Rheometer (DESR) o Reometro a taglio dinamico*, derivato dal viscosimetro a cono/piatto (ICI cone/plate ASTM D3205), conce-

pito per "misurare" le proprietà del legante alle temperature intermedie ed elevate, fra 46 ed 82°C

- Bending Beam Rheometer (BBR) o Reometro a travetto inflesso* strumento del tutto nuovo, concepito per valutare i comportamenti del legante alle temperature basse, come abbiamo visto fra 0 e -36°C.
 - Direct Tension Tester (DTT) o Misuratore della trazione diretta*, anch'esso concepito per fornire indicazioni sul comportamento del legante alle basse temperature.
 - Pressure Aging Vessel (PAV) o Camera di invecchiamento sotto pressione*, concepito per simulare l'invecchiamento del legante in opera. Da ricordare che il RTFOT simula l'invecchiamento che avviene durante la fase di stoccaggio nei serbatoi ed il processo di impasto con gli aggregati.
- Di queste quattro nuove apparecchiature di prova daremo qui di seguito una descrizione più precisa, unitamente ad un'idea sul loro funzionamento e sulle informazioni che esse sono in grado di fornire.

2.1. Il Dynamic Shear Rheometer (DSR)

Questo "Reometro", derivato come abbiamo detto dal viscosimetro "a cono/piatto", consente di sollecitare il campione di legante mediante oscillazione del corpo mobile con sollecitazioni di torsione a sforzo costante od a deformazione costante. Nel primo caso, che è quello adottato dallo SHRP, si misurano le deformazioni, mentre nel secondo caso si misurano gli sforzi necessari. La frequenza di sollecitazione è di 10 radianti al secondo.

Il software dello strumento elabora direttamente il valore del parametro:

$$G^*/\text{sen}\delta \quad (1)$$

dove

G^* è il cosiddetto modulo complesso, ossia il rapporto fra $\tau \text{ max.} = \text{sforzo di taglio massimo}$ e $\mu \text{ max.} = \text{massima deformazione al taglio}$:

$$G^* = \frac{\tau \text{ max}}{\mu \text{ max}} \quad (2)$$

δ è l'angolo di fase, o vvero il ritardo con cui la deformazione del legante segue la sollecitazione a causa della propria viscosità.

* La traduzione di questi termini, è tutta da verificare. Nella Tab. 1, sono state infatti mantenute le denominazioni originali.

Per un corpo totalmente elastico $\delta = 0$ gradi, mentre per un corpo totalmente viscoso $\delta = 90$ gradi. Il comportamento visco-elastico del bitume, conoscendo G^* e l'angolo δ può essere facilmente individuato attraverso la componente elastica (sull'asse delle ascisse) e la componente viscosa (sull'asse dell'ordinate).

$$\text{Da notare che } \tau \text{ max.} = \frac{2T}{\pi r^3} \quad (3)$$

$$\text{mentre } \mu \text{ max.} = \frac{\theta R}{h} \quad (4)$$

dove T = la coppia massima applicata,

r = il raggio del corpo (o disco) oscillante (in mm),

θ = l'angolo di deformazione (o rotazione),

h = lo spessore (in mm) del campione legante.

La regolazione della temperatura dev'essere estremamente rigorosa, con una precisione di 0,1°C.

Nella Fig. 1, l'apparecchiatura viene rappresentata in modo schematico, mentre la Fig. 2, mostra lo strumento nel suo insieme.

Il parametro $G^*/\text{sen}\delta$ viene anche definito come "rutting factor" o "fattore di deformazione" dal momento che è strettamente correlabile con la tendenza del legante, alle temperature medio-alte, a subire deformazioni plastiche.

Due sono i valori limiti di questo parametro, *per tutti i leganti*,

— 1,00 kPa quando viene considerato il legante tal quale, e

— 2,20 kPa quando la prova viene effettuata sullo stesso legante dopo invecchiamento RTFOT.

La stessa prova, quando viene effettuata sul legante dopo i due successivi invecchiamenti RTFOT e PAV, viene considerata come suscettibile di fornire un utile indicatore della resistenza del legante a fessurarsi per affaticamento (fatigue cracking factor).

Il valore limite di $G^*/\text{sen}\delta$, alle temperature di prova, indicate per ogni "PG" nella Tab. 1, da non superarsi, è di 5.000 kPa, per tutti i leganti.

2.2. Il Bending Beam Rheometer (BBR)

Questa apparecchiatura, indicata schematicamente in Fig. 3, viene utilizzata per "misurare" la rigidità di un travetto di legante sollecitato in mezzeria da un carico costante (creep).

Due sono i parametri che si ottengono dal BBR:

$S(t)$ - o "rigidità creep" (creep rigidity), misurata a temperature al disotto dello zero e fino a -36°C

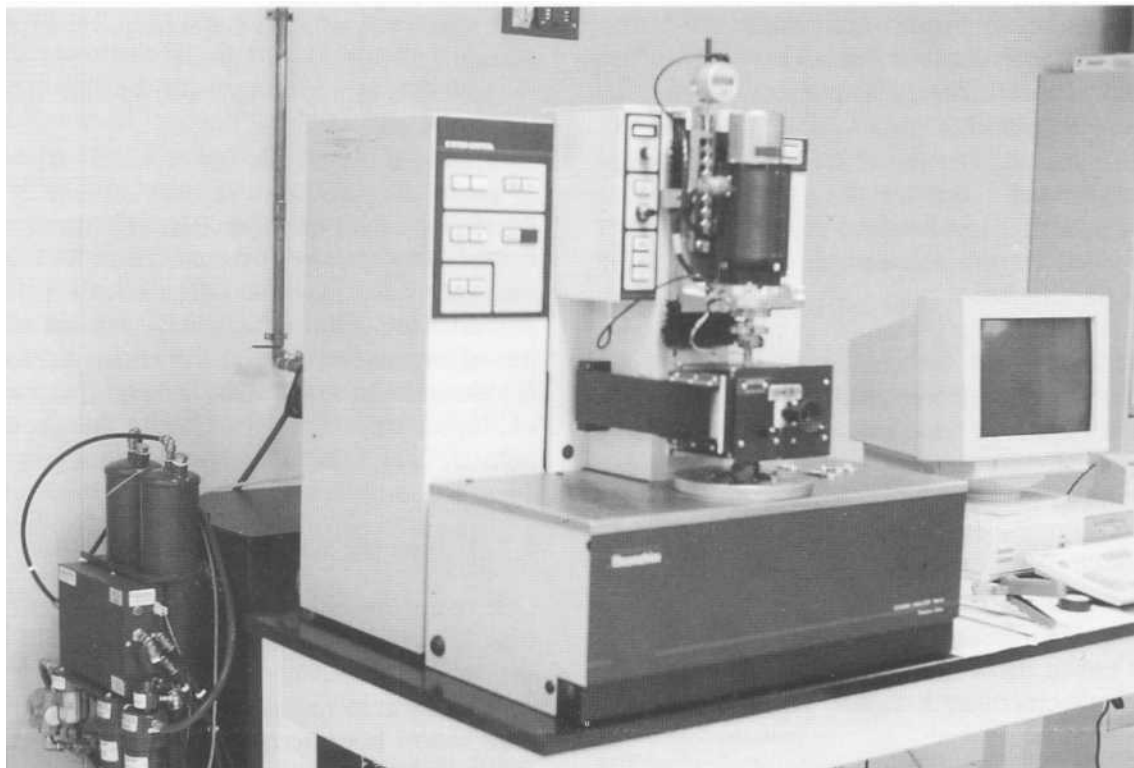
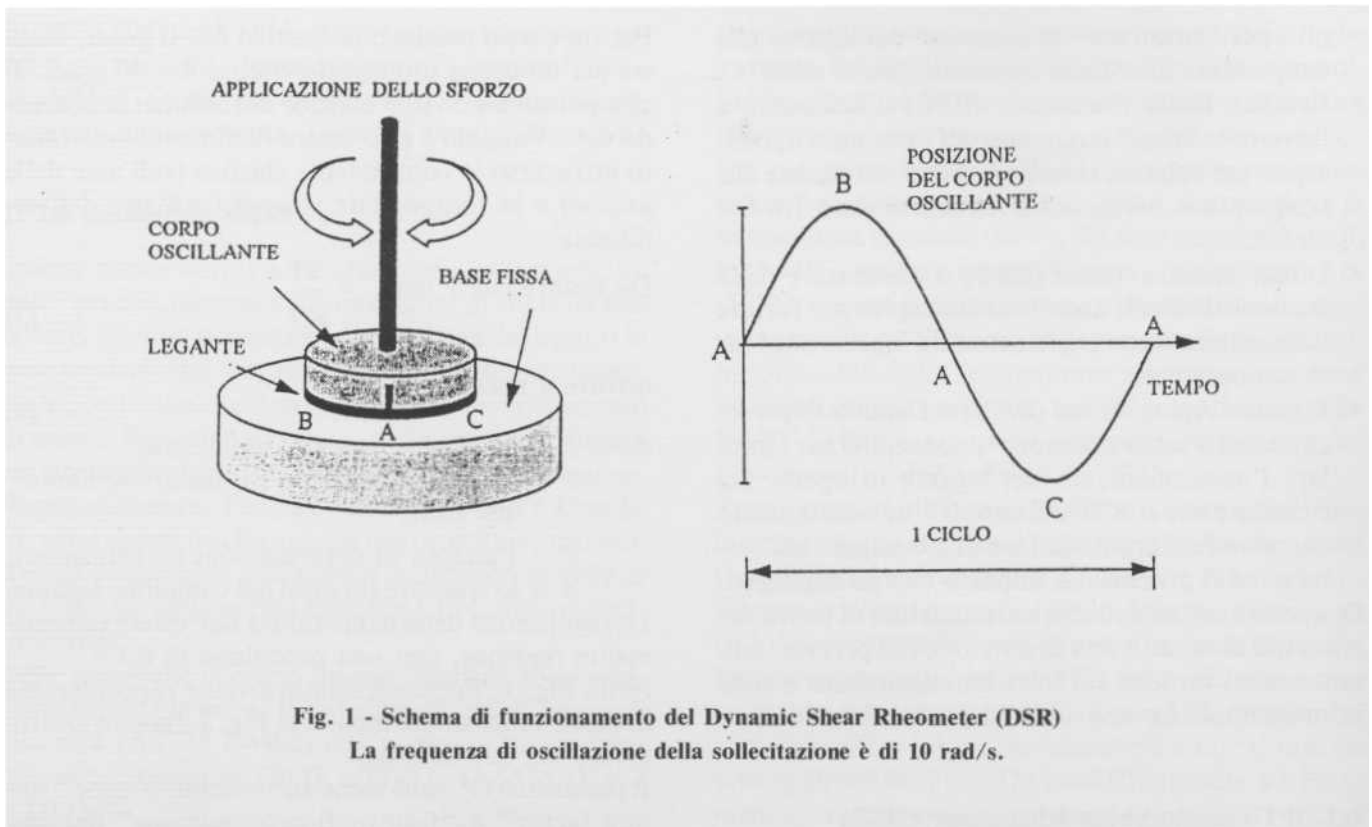
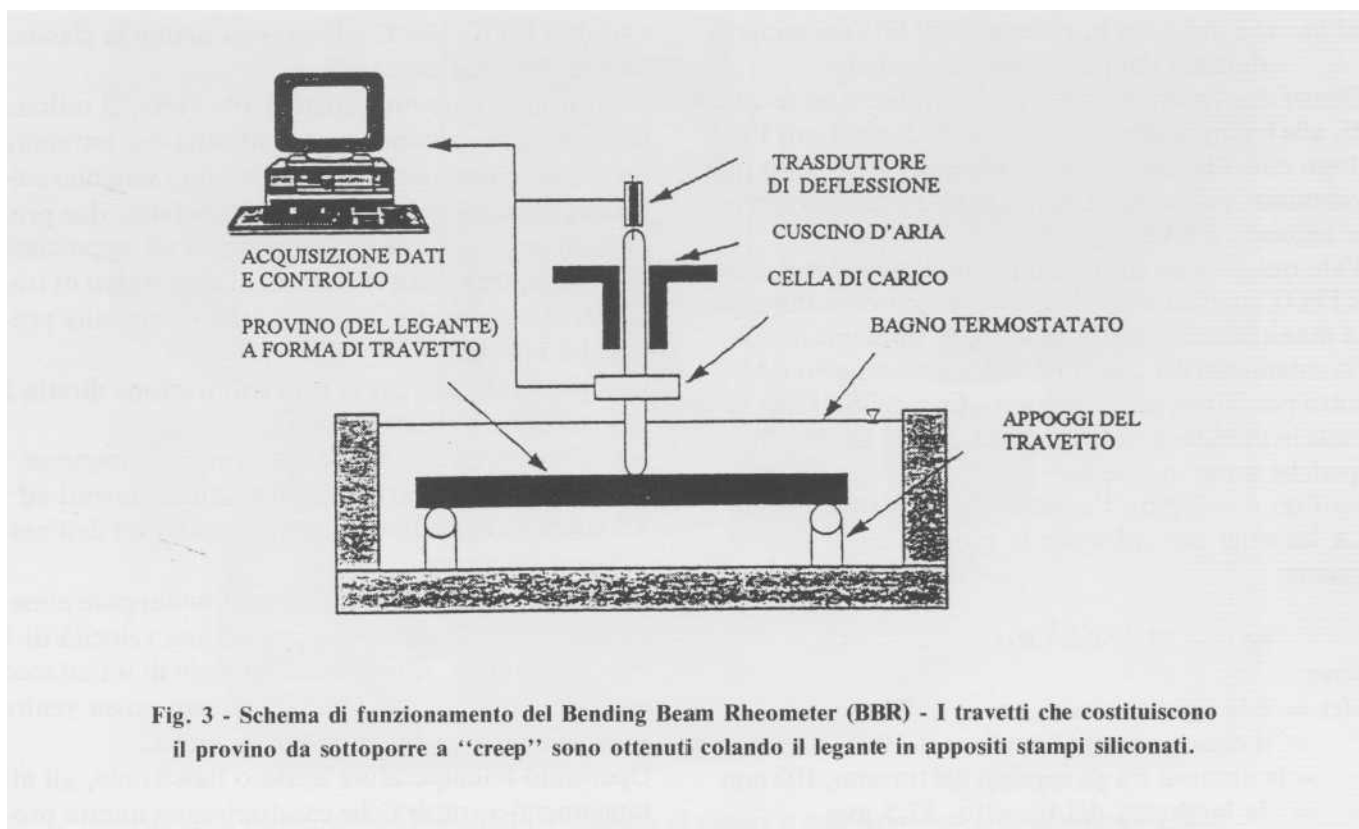


Fig. 2 - Vista d'insieme del Dynamic Shear Rheometer (DSR)



ed m - che definisce la variazione di $S(t)$ nel tempo, durante l'applicazione del carico.

Questi due valori vengono registrati dopo 60 secondi, alle temperature indicate in Tab. 1, per i vari PG, dopo che il legante sotto considerazione è stato invecchiato, prima secondo RTFOT e successivamente secondo PAV.

Vale qui la pena di ricordare che l'invecchiamento RTFOT simula l'invecchiamento che avviene durante la manipolazione del legante negli impianti di confezionamento dei conglomerati, mentre quello PAV, sotto pressione, secondo gli studiosi dello SHRP simula in modo accettabile cosa succede al legante dopo qualche anno in opera.

La Fig. 4 raffigura l'apparecchiatura BBR.

La formula per calcolare la rigidità creep è la seguente:

$$S(t) = PL^3/4bh^3.\delta(t) \quad (5)$$

dove

$S(t)$ = è la rigidità creep, per $t = 60$ secondi

P = il carico costante applicato, 100 g

L = la distanza fra gli appoggi del travetto, 102 mm

b = la larghezza del travetto, 12,5 mm

$\delta(t)$ = la deflessione misurata per $t = 60$ secondi

h = l'altezza del travetto 6,5 mm.

Il computer abbinato allo strumento, fornisce automaticamente il valore di $S(t)$ e fornisce anche il diagramma delle deflessioni in funzione del tempo.

Anche il valore del *parametro* m , viene calcolato dal software del computer, ma può essere determinato anche graficamente, disegnando sulla scala log/log l'andamento di S (ordinate) rispetto al tempo (ascisse), come pendenza della curva in corrispondenza di $t = 60$ secondi.

Anche in questo caso, *per tutti i leganti* PG, alle temperature indicate per ognuno di essi in Tab. 1, viene prescritto un solo valore limite per m che deve risultare superiore a 0,30.

Sei sono i provini necessari ad ogni determinazione. La formazione dei provini e le altre modalità di prova, non vengono descritte in questa sede.

2.3. Il Misuratore di resistenza a trazione o Direct Tension Tester

Questa apparecchiatura che integra quella precedente ai fini di una migliore conoscenza dei fenomeni di deformazione dei leganti alle basse temperature, viene illustrata nel suo insieme in Fig. 5.

Anche questa prova viene effettuata a temperature

variabili fra 0 e -36°C ed i provini hanno la classica forma di "osso da cani".

Per formare i provini, quattro alla volta, si utilizza uno stampo in gomma al silicone; alle due estremità dello spazio riservato a ciascun provino vengono collocate, prima di colare il legante liquefatto, due propaggini in polipropilene che servono ad agganciare il provino, una volta sformato, al dispositivo di trazione. Il legante fuso aderisce stabilmente alle propaggini terminali.

L'apparecchiatura per la prova di trazione diretta è costituita da tre componenti:

- Il dispositivo che applica lo sforzo di trazione,
- il sistema di misurazione degli allungamenti ed
- il sistema che realizza la termoregolazione dell'ambiente di prova.

Il dispositivo di trazione, capace di sviluppare almeno 400 a 500 N, deve avanzare ad una velocità di 1 mm per minuto. Attraverso l'impiego di un attacco a snodo sferico si evita che il provino possa venire sollecitato a flessione durante la prova.

Operando a temperature basse o bassissime, gli allungamenti a rottura che caratterizzano questa prova sono solitamente piuttosto limitati, per cui esiste la necessità di poterli misurare con estrema accuratezza. I sistemi di misurazione tradizionali non sono quindi sufficienti, per cui si è dovuto ricorrere all'impiego di un micrometro a laser (schema in Fig. 6).

La camera termoregolata si compone della camera vera e propria e di una "unità" meccanica di refrigerazione, capace di produrre e di mantenere temperature basse fino a -40°C ($\pm 2^\circ\text{C}$); la camera dispone di una finestra che permette di sistemare e rimuovere i provini.

Per evitare che il dispositivo meccanico che produce il freddo, in presenza di umidità, possa generare del ghiaccio, per realizzare delle temperature più basse, viene talvolta usato l'azoto liquido.

Le temperature di prova variano a seconda del tipo o PG considerato, come indicato in Tab. 1, mentre rimane fisso, per tutti i leganti, l'allungamento minimo richiesto che dev'essere pari all'1 % della lunghezza originale del provino.

Tale allungamento viene determinato come media dei 4 provini utilizzati per ogni prova.

Oltre all'allungamento per il quale esiste il valore di specifica, vengono registrati il carico massimo applicato, lo sforzo unitario max. alla rottura ed il tipo di frattura (fragile, fragile-duttile o snervamento), in vista di futuri sviluppi di questa prova.

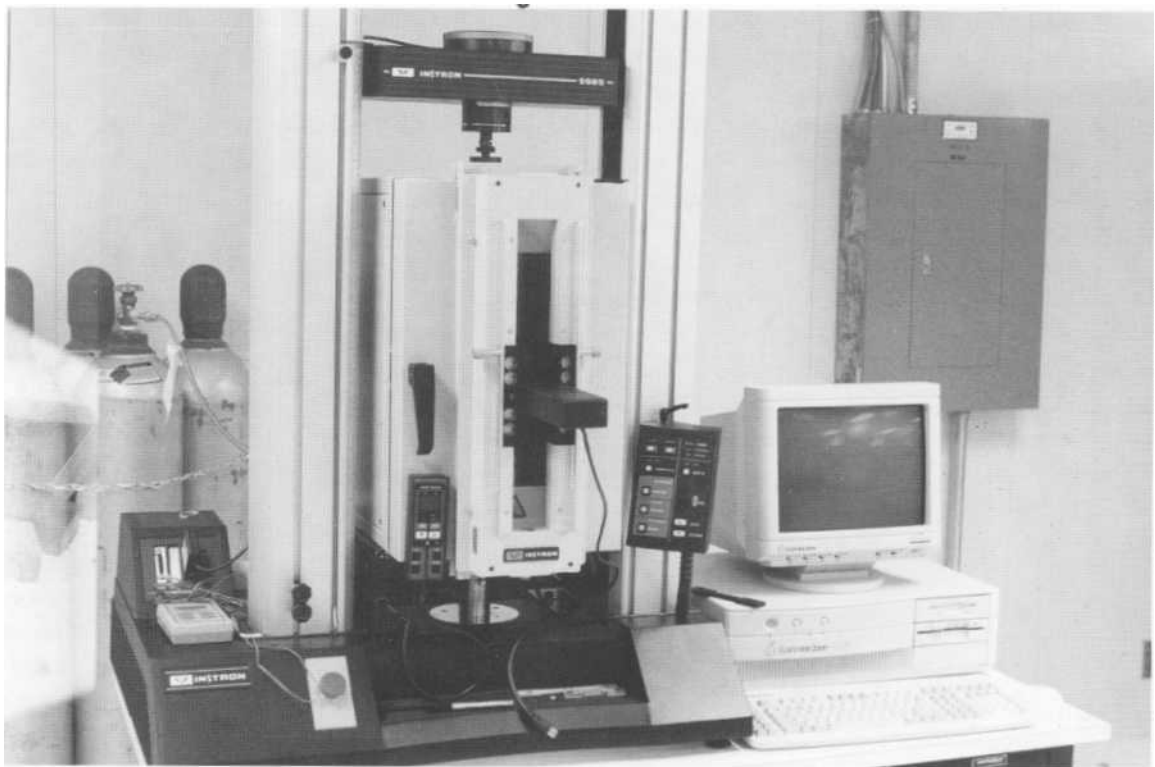


Fig. 5 - Il Direct Tension Tester (DTT), completo di camera o cella termostata e di micrometro a laser.

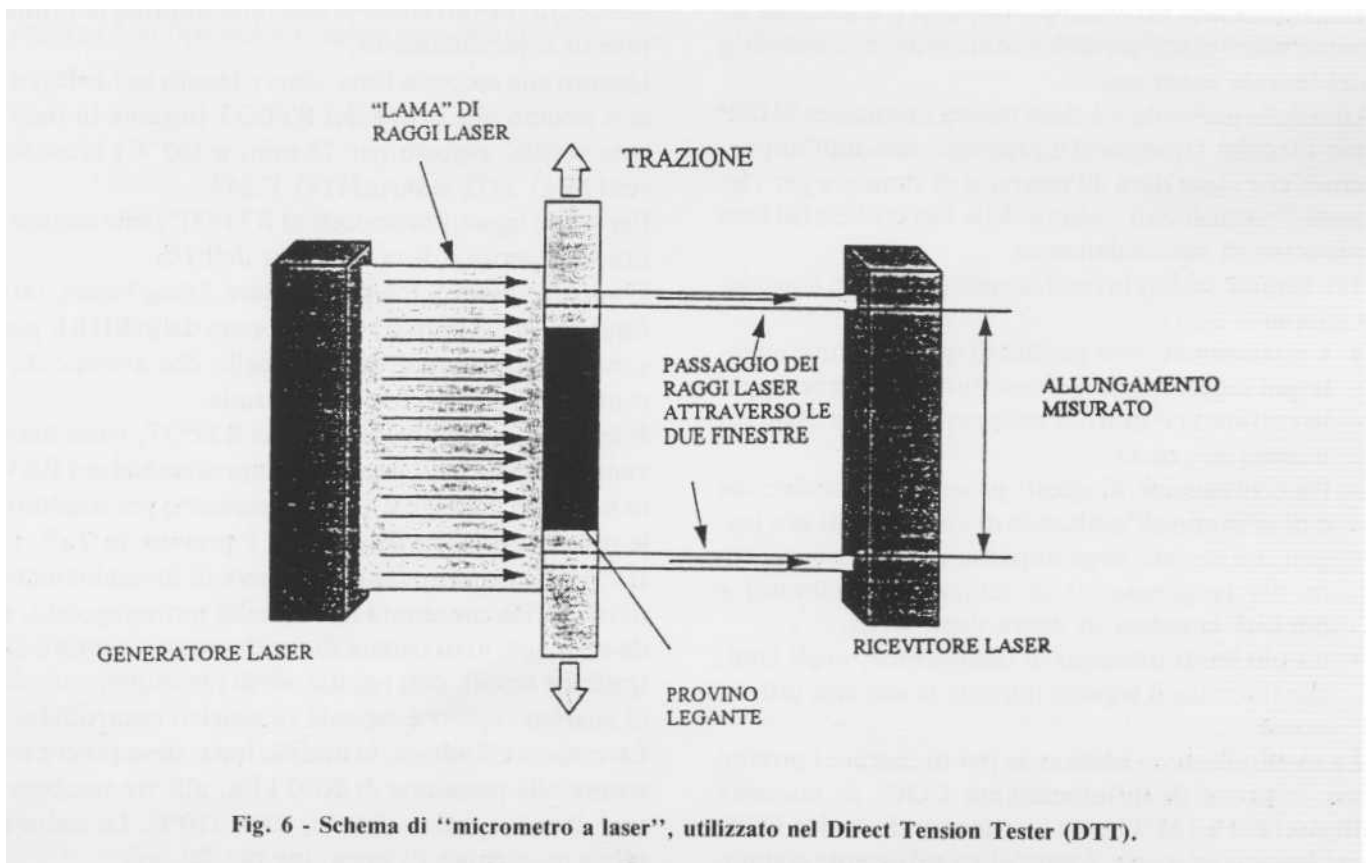


Fig. 6 - Schema di "micrometro a laser", utilizzato nel Direct Tension Tester (DTT).

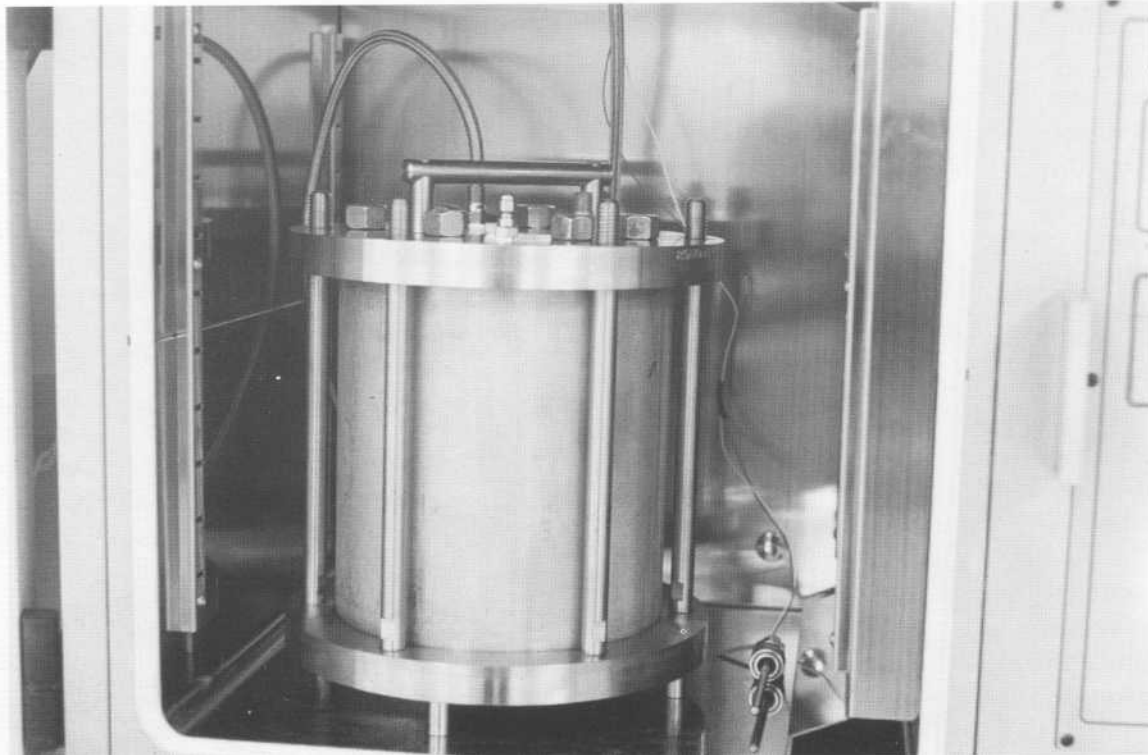


Fig. 7 - Il Pressure Aging Vessel (PAV) - La camera cilindrica in pressione è collocata in una cella termoregolata

viene sistemato un telaio porta-piatti che sostiene almeno dieci piatti metallici contenenti ognuno 50 g del legante sotto esame.

Una delle particolarità della nuova normativa SHRP per i leganti bituminosi è rappresentata dall'importanza che viene data all'esigenza di simulare per i leganti "normalizzati" alcune delle fasi critiche nel loro processo di invecchiamento.

Tre sono le fasi di invecchiamento prese in considerazione:

- L'ossidazione, con perdita di qualche componente più leggero, che avviene durante lo stoccaggio in raffineria e fuori, il trasporto e la sua manipolazione in genere,
- l'accentuazione di questi processi di ossidazione e di cessione all'ambiente di componenti più leggeri che avviene negli impianti di confezionamento dei conglomerati (a temperature elevate) e durante la messa in opera degli stessi,
- un più lento processo di ossidazione, negli anni, che interessa il legante durante la sua vita utile in opera.

La manipolazione necessaria per preparare i provini per le prove di infiammabilità COC, di viscosità Brookfield a 135°C e di scorrimento dinamico DSR, *sul legante tal quale*, è senz'altro sufficiente a simu-

lare le condizioni che si presentano durante la prima fase di invecchiamento.

Quanto alla seconda fase, viene ritenuto soddisfacente il ricorso alla prova del RTFOT (legante in pellicola sottile, esposto per 75 min. a 163°C) secondo ASTM D 2872 o AASHTO T-240.

Per tutti i leganti sottoposti al RTFOT viene consentita una perdita di massa max dell' 1 %.

L'apparecchiatura PAV o Pressure Aging Vessel, raffigurato in Fig. 7, è stata sviluppata dallo SHRP per simulare, in termini di ore, quello che avviene durante anni di esercizio sulla strada.

Il legante recuperato dalla prova RTFOT, viene nuovamente invecchiato mediante l'apparecchiatura PAV in modo da ottenere il legante necessario per condurre le prove con **DSR**, **BBR**, e **DTT** previste in Tab. 1.

Il PAV è costituito da una camera di invecchiamento cilindrica contenuta in una cella termoregolata, e da un dispositivo capace di produrre aria compressa (pulita e secca), con regolatore di pressione, valvola di scarico rapido e valvola di scarico controllato.

La camera cilindrica, in acciaio inox, deve potere resistere alla pressione di 2070 kPa, alle tre temperature di prova, vale a dire 90, 100 e 110°C. La camera viene mantenuta in pressione per 20 ore.

3. Commenti

Come abbiamo visto, i leganti normalizzati vengono suddivisi in sette "classi", definite dalla temperatura massima di esercizio (media dei sette giorni più caldi) - il primo numero che segue la sigla **PG** - che a loro volta danno luogo a ben 37 tipi, definiti dalla minima temperatura di esercizio prevista - il secondo numero che segue la sigla **PG**; quindi, per i nostri climi, per esempio, il **PG 64-10** potrebbe essere il legante più usato.

La classifica di un legante sconosciuto, senza riferimenti di partenza, potrebbe perciò rivelarsi un'operazione piuttosto complessa ed anche se le varie prove sono del tipo "passa o non passa", potrebbero essere necessari ben due giorni di lavoro per completarla. La verifica della conformità di un legante alle specifiche richieste, rimane viceversa più semplice e rapida. Attrezzare un laboratorio per effettuare tutte le prove richieste dalla nuova normativa **SHRP** sui leganti, in base a recenti stime della FHWA (ottobre 1994), significa investire oltre 120.000 dollari.

Se a questa cifra si aggiunge il costo delle apparecchiature necessarie per potere effettuare anche le prove sui conglomerati "bituminosi", secondo il programma SUPERPAVE dello **SHRP**, il costo totale di un simile laboratorio, completo, supera facilmente i 500.000 dollari, senza considerare la neces-

sità di ricorrere a personale altamente qualificato. Si tratta di investimenti piuttosto elevati, soprattutto se confrontati al costo delle dotazioni di laboratorio utilizzate oggi in Europa. Comunque, un investimento del genere, qualora attraverso l'impiego delle metodologie **SHRP** si riuscisse a migliorare sostanzialmente la qualità e la durata di questi manufatti, sarebbe ampiamente giustificato.

Prescindendo dai valori numerici esposti nella Tab. 1, che potranno essere modificati, in funzione di diverse situazioni ambientali e, soprattutto, dall'esperienza futura, quello che rimane di fondamentale importanza per gli sviluppi futuri della tecnologia in questo settore, è l'aver introdotto finalmente criteri "prestazionali" legati alle condizioni ambientali nelle quali il manufatto è destinato ad esplicare la propria funzione.

4. Ringraziamento

Gran parte delle informazioni che precedono, sono state cortesemente fornite da Mr. Walter J. Tappeiner, Presidente della Advanced Asphalt Technologies L.P. di Sterling in Virginia, Società che oggi è una delle più avanzate nel campo della ricerca e delle attività di routine. È un piacere ringraziare Mr. Tappeiner pubblicamente per la Sua collaborazione.