

STRADE



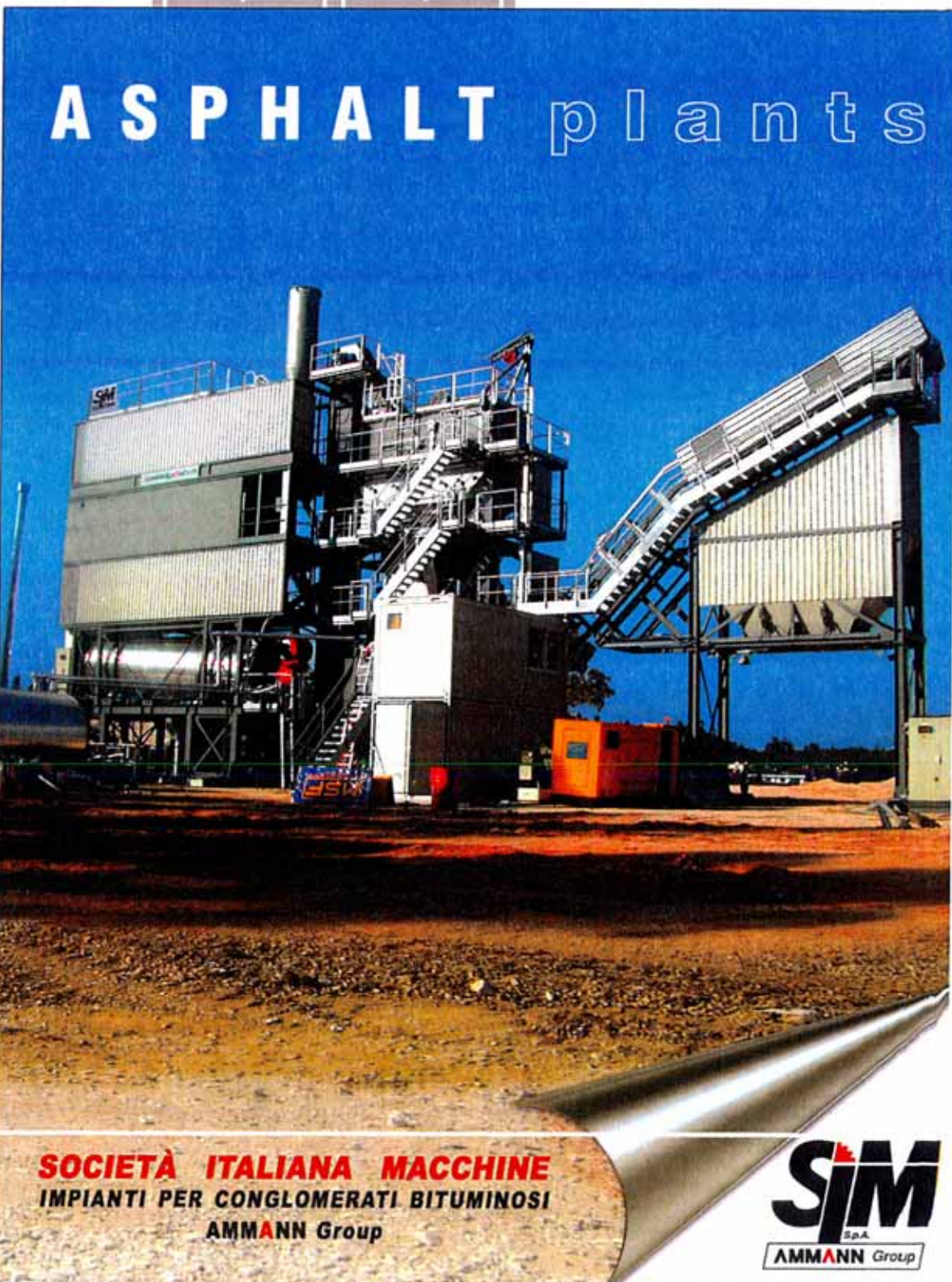
Studi e Progetti
Grandi infrastrutture
Cantieri Impianti Ambiente
Macchine Tecnologie Materiali

speciale
PAVIMENTAZIONI

n° 60 • anno X
6 Novembre/Dicembre
2006

AUTOSTRAD

COSTRUZIONE e MANUTENZIONE di STRADE • AUTOSTRAD • PONTI • GALLERIE



Lo svincolo di Dervio sulla Lecco-Colico

Una pavimentazione impermeabile poli-funzionale

San Gottardo: caduto il primo diaframma

Protezione da incendio nei tunnel

Antonio Di Pietro



Il Ministro... gentiluomo

Il sistema a diaframma per sovrastrutture stradali

Pavimentazioni in calcestruzzo nelle gallerie

Semirimorchi per il trasporto di asfalto

Il Catasto stradale per la gestione della rete

Importanza e buon utilizzo delle rotatorie

SOCIETÀ ITALIANA MACCHINE
IMPIANTI PER CONGLOMERATI BITUMINOSI
AMMANN Group





Modulo Complesso, Modulo di Rigidezza e Modulo Elastico sono termini che fanno parte del linguaggio comune dei Tecnici del settore dei materiali stradali: qual è il loro significato e cosa realmente rappresentano?

LA CARATTERIZZAZIONE DEI CONGLOMERATI BITUMINOSI MEDIANTE I MODULI DINAMICI

Asfalti & Bitumi

Fabio Picariello*
Stefano Tattolo**

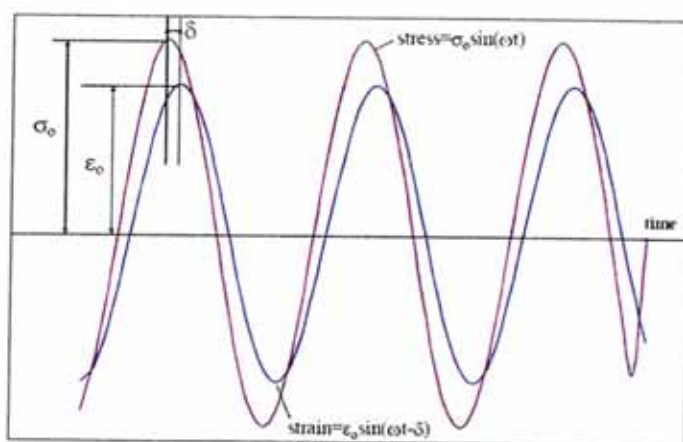
L'esigenza di conoscere la risposta dei conglomerati bituminosi costituenti gli strati superficiali delle pavimentazioni stradali alle sollecitazioni periodiche del traffico veicolare ha portato allo sviluppo di test dinamici di laboratorio tramite i quali è possibile determinare gli stati tenso-deformativi all'interno di un provino. L'implementazione di tali prove è legata alle nuove concezioni progettuali empirico-meccanicistiche che prevedono un approccio coordinato tra il progetto della sovrastruttura e le esperienze di laboratorio.

Nella teoria elastica, il comportamento dei materiali è regolato dal legame costitutivo tensioni-deformazioni la cui relazione è direttamente proporzionale secondo un coefficiente noto come modulo elastico (o Modulo di Young); il parametro caratteristico per le miscele bituminose è, invece, il modulo complesso (o Complex Modulus), che tiene conto della natura visco-elastica del conglomerato bituminoso per il quale il rapporto tra tensioni e deformazioni è funzione di diversi parametri,

tra cui la modalità di applicazione dei carichi e la temperatura.

I materiali a comportamento visco-elastico presentano stati deformativi conseguenti ad una sollecitazione, che si compongono di una parte elastica, accumulata in maniera reversibile, e di una parte plastica, accumulata in maniera irreversibile; il modulo complesso è un numero complesso in cui la parte reale riassume la proprietà elastica, fornendo una misura del lavoro reversibile del materiale compiuto sotto l'azione di un carico, mentre la parte immaginaria riassume le proprietà viscosi responsabili del lavoro irreversibile.

Per la determinazione sperimentale del modulo complesso si usa sottoporre in laboratorio provini cilindrici - o tra-



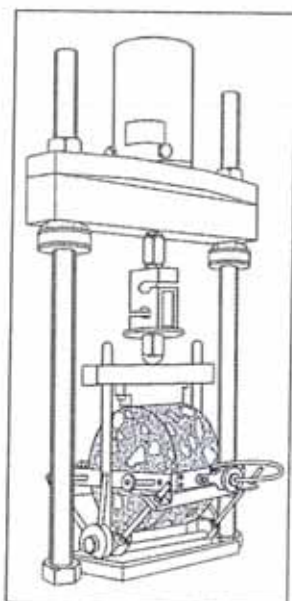
Tensione e deformazione con carichi sinusoidali del test di modulo complesso

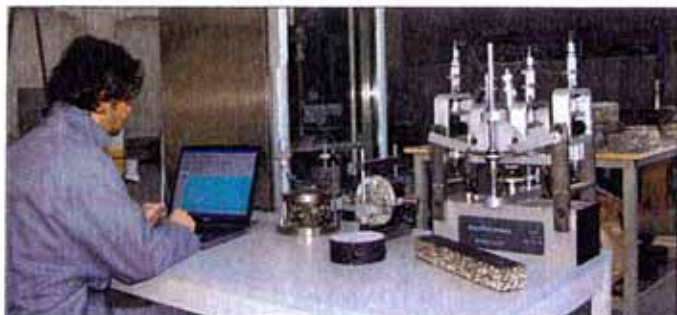
pezoidali - di conglomerato bituminoso a sollecitazioni variabili con legge sinusoidale, ottenendo una deformazione variabile con la stessa legge e pari frequenza, ma sfasata nel tempo rispetto alla sollecitazione (angolo di fase).

Il valore assoluto del modulo complesso è noto come modulo di rigidezza e si assume come parametro rappresentativo della rigidezza del conglomerato bituminoso. Il valore del modulo di rigidezza è correlato con la capacità dei conglomerati bituminosi di diffondere le deformazioni all'interno del pacchetto stradale e di assorbire le azioni dovute al passaggio dei veicoli.

In linea di principio, a parità di condizioni di posa, condizioni ambientali esterne e tipo di carico applicato, una pavimentazione caratterizzata da un alto modulo di rigidezza trasferisce sul sottofondo i carichi di compressione su un'area più ampia ma con un'intensità minore rispetto ad una pavimentazione caratterizzata da un basso modulo di rigidezza, per la quale gli sforzi di tensione di maggior entità tendono a concentrarsi in aree ristrette causando fenomeni di ormaiamento o di fessurazione negli strati superficiali, e rottura negli strati di sottofondo.

Il comportamento del conglomerato bituminoso in opera, in relazione ai vari istanti di rotolamento delle ruote, è caratterizzato da uno stato di compressione al di sotto del carico diretto dello pneumatico e da uno stato di trazione in un intorno dell'area di carico dovuta alla coesione interna del materiale. Il modulo complesso è rappresentativo del comportamento del conglomerato bituminoso soggetto a compressione ciclica diretta mentre, per considerare l'effetto della trazione ciclica indiretta, autorevoli progetti di ricerca americani hanno introdotto il concetto di modulo resiliente (Resilient Modulus).





La prova di laboratorio per la determinazione del modulo resiliente è il test di trazione indiretta in cui un carico di compressione con onda semisinusoidale è applicato lungo il diametro verticale di un provino cilindrico e la deformazione reversibile orizzontale risultante è misurata lungo il diametro orizzontale. Nonostante alcuni Autori - A. Montepara e G. Tebaldi - abbiano evidenziato come il calcolo del modulo resiliente permetta di ottenere informazioni aggiuntive e complementari rispetto a quelle fornite dal modulo complesso, in Italia questo viene raramente preso in considerazione.

Le proprietà meccaniche dei conglomerati bituminosi contenute in un modulo dinamico assumono un grande significato nel processo progettuale di dimensionamento del pacchetto stradale: avvalendosi delle prove di laboratorio, un corretto studio delle miscele bituminose non può prescindere dalla definizione dei valori caratteristici del modulo complesso o del modulo di rigidità in funzione delle variazioni di temperatura, dell'invecchiamento dei materiali e dei carichi di traffico, integrando queste informazioni con ulteriori test prestazionali, come ad esempio le prove di fatica o di deformazione accumulata.

Il modulo di rigidità nelle Normative europee

I numerosi progetti di ricerca, che per circa un ventennio hanno concentrato i loro sforzi verso l'introduzione di specifiche sulle proprietà meccaniche delle miscele bituminose, in Europa si sono concretizzati con l'emanazione della serie di Norme EN 12697 e EN 13108, recepite anche dall'Italia, che sanciscono definitivamente nuovi parametri tecnici per un approccio al prodotto in base alle sue prestazioni piuttosto che ai materiali costituenti. La Norma EN 13108, che ricade all'interno del mandato M/124 sulla marcatura CE dei materiali stradali, limita la circolazione dei conglomerati bituminosi in Europa che non possiedono specifici requisiti meccanico-prestazionali secondo le prove di laboratorio contenute nella serie UNI EN 12697.

La EN 12697 parte 26, denominata "rigidità", specifica il significato di modulo complesso e modulo di rigidità e i suoi allegati riportano:

- allegato A: 2 PB-TR (2 PB-PR) ovvero test di flessione su due appoggi per provini trapezoidali o di forma prismatica;
- allegato B: 3 e 4 PB-PR ovvero test di flessione su, rispettivamente, tre e quattro appoggi per provini di forma prismatica;
- allegato C: IT-CY test di trazione indiretta su provini cilindrici;
- allegato D: DTC-CY test di trazione-compressione diretta assiale su provini cilindrici;
- allegato E: specifiche per la determinazione delle curve di carico per prove di trazione diretta DT-CY o DT-PR.

In generale, la procedura di prova prevede che il modulo di rigidità sia determinato, per via analitica, dal valore assoluto del modulo complesso calcolato in determinate condizioni di carico e temperatura; nel caso della prova di trazione indiretta IT CY, invece, il modulo di rigidità si ottiene, in maniera immediata, come rapporto (a meno di un fattore di forma) tra tensione e deformazione.

Conclusioni

In questo contesto si è fornita una breve descrizione dei diversi moduli dinamici dei conglomerati bituminosi, sottolineandone l'importanza per il progetto della sovrastruttura stradale.

Il modulo complesso e il modulo di rigidità descrivono i conglomerati bituminosi secondo un approccio prestazionale con cui si valuta, in laboratorio, il possibile comportamento che il materiale avrà in opera, a differenza dei metodi di prova classici che forniscono informazioni basate su valutazioni empiriche come ad esempio il test Marshall.

La centralità delle proprietà meccaniche per i conglomerati bituminosi è riconosciuta anche dalle Direttive comunitarie in cui la rigidità è considerata tra le caratteristiche essenziali del prodotto certificato. ■

* *Ingegnere, Dottore di Ricerca e Responsabile Divisione Strade del Laboratorio Prove Materiali della Elletipi Srl*

** *Ingegnere, Dottore di Ricerca e Direttore di Laboratorio del Servizio Tecnologico Mobile della STS Mobile Srl*



elletipi s.r.l.

LABORATORIO PROVE MATERIALI






NUOVO

LABORATORIO MOBILE

Divisione Strade

- CONTROLLI SUI CONGLOMERATI BITUMINOSI
- CONTROLLI SULLA SEGNALETICA ORIZZONTALE
- INDAGINI GEOTECNICHE
- CONTROLLI DI QUALITÀ SUI MATERIALI IMPIEGATI IN CANTIERE



elletipi s.r.l.

via Zucchini 69 - Ferrara
tel. 0532.56771 - fax 0532.56119