



Strada della Cebrosa 86, 10156 Torino (TO) - Italia

Telefono: +39 011 2730000

Web www.amse.it E-mail info@amse.it

Asphalt Testing Package – Prove a fatica secondo EN 12697-24:2004 Annex E, IT-CY



Figure 1: Shimadzu dedicated asphalt testing systems

Le **prove a fatica** effettuate su miscele bituminose consentono di

- a) Classificare le miscele sulla base della resistenza a fatica e delle loro performance su pavimentazione stradale.
- b) Ottenere dati che consentono di fare stime circa il comportamento delle miscele nella struttura stradale.
- c) Giudicare i dati con riferimento alle specifiche previste per le miscele bituminose.

La normativa EN 12697-24:2004 specifica i metodi di prova per caratterizzare miscele bituminose sottoponendole a **diverse prove a fatica, tra cui il test di flessione ed il test di trazione diretta ed indiretta.**

I test vengono effettuati sottoponendo i campioni ad un carico sinusoidale o altri tipi di carico controllato ed utilizzando differenti campioni e supporti.

I risultati ottenuti adottando metodi di prova diversi o diversi criteri di rilevamento della rottura non è garantito siano comparabili.

Prove a fatica su miscela bituminosa: sistema di prova

Indirect Tensile Testing Setup

- 50 kN EHF-U Servopulser System
- Indirect Tensile Testing tool (Fig.2)
- QF-40 Hydraulic power supply
- Sensori LVDT per la misura delle deformazione
- 4830 Controller
- Windows Software per Controller 4830
- File di calcolo ITT.

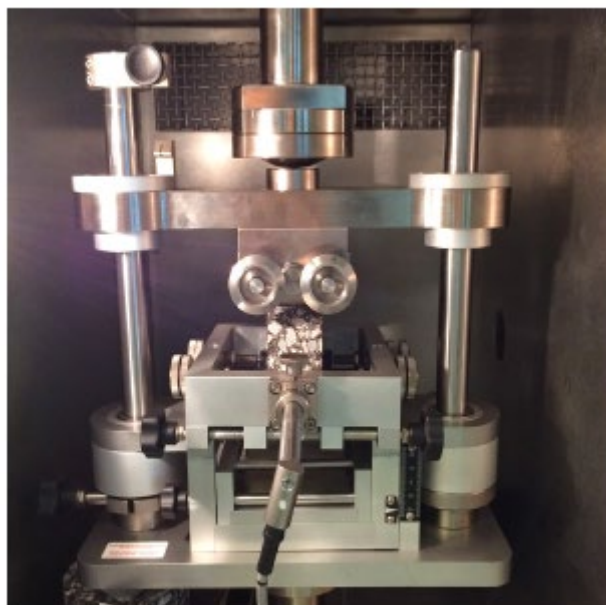


Figure 2: Assembly for ITT test

Prove a fatica su miscela bituminosa: metodo di prova

1. Modalità controllo forza - carico applicato in compressione, frequenza 30 Hz.
2. I picchi di forza sono calcolati per far registrare una tensione di trazione al centro del campione da 100 a 400 microstrain.
3. Campioni di forza cilindrica con diametro 100mm o 150mm.
4. Sensori LVDT fissati sull'attrezzatura di prova (Figura 2) e misurano la deformazione su ciascun lato del campione ed al centro.
5. Il test si interrompe quando il crack viene mostrato sull'asse verticale.

Prove a fatica su miscela bituminosa: condizioni di prova

1. Il valore massimo e minimo della curva in modalità controllo forza sono rispettivamente -3,2 kN e -0,22 kN. Questi valori corrispondono ad una deformazione di 100 microstrain al centro del campione. La Figure 3 mostra la finestra di definizione della curva di carico.
2. Temperatura di prova + 20°C.
3. I valori campionati sono forza, corsa, LVDT 1, LVDT2 e la somma delle deflessioni rilevate dai due sensori. Numero di cicli 2 milioni e campionamento di n. 1000 punti predefiniti.
4. Un carico di compressione viene applicato sul piano del diametro verticale del campione in modalità controllo forza. Questo crea una sollecitazione uniforme indiretta perpendicolare alla direzione in cui il carico è applicato (lungo il diametro orizzontale).
5. Indicazioni di fine prova: sensori LVDT rilevano deformazione maggiore di 2mm, deformazione verticale pari a 6mm (misurata alla posizione dell'attuatore) oppure al raggiungimento di 2 milioni di cicli (limite dei 2 che viene raggiunto prima).

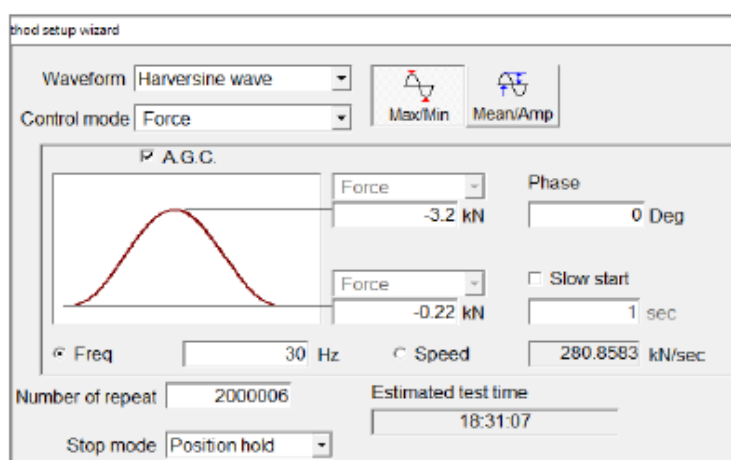


Figure 3: Method definition window

Prove a fatica su miscela bituminosa: risultati di prova e postprocessing

Secondo la EN 12697-24: 2004 la massima sollecitazione di trazione σ_0 (Mpa) e la deformazione ε_0 ($\mu\epsilon$) al centro del campione possono essere calcolate usando le seguenti equazioni:

$$F = \sigma_0 \cdot \frac{\pi \cdot h \cdot d}{2}$$
$$\varepsilon_0 = A = \frac{2 \cdot \sigma}{d} \cdot \frac{1 + 3 \cdot \vartheta}{4 + \pi \cdot \vartheta - \pi}$$

dove:

F è l'ampiezza del carico

σ_0 è la sollecitazione al centro del provino

h è l'altezza del provino

d è il diametro

ε_0 è la deformazione da trazione orizzontale al centro del provino

ϑ è la deflessione misurata da LVDT

La deformazione di trazione, assumendo un modulo di Poisson $\vartheta=0,35$ è

$$\sigma = \frac{d}{2.1} \cdot \varepsilon_0$$

I test sono stati effettuati alla temperatura di +20° C con carichi fra -3,2kN e -0,22kN. Il campione, caratterizzato da superficie concava e bordi arrotondati, viene posizionato al centro tra due parti di carico.

Anche le strisce di deformazione hanno una superficie concava e tengono i due sensori LVDT posizionati orizzontalmente per registrare la deformazione orizzontale del campione.

La prova di trazione indiretta a fatica è spesso accompagnata da una combinazione di meccanismi di fatica e deformazione permanente (con deformazione permanente che spesso si manifesta maggiormente ad alte temperature).

Ripetute applicazioni del carico verticale solitamente generano la rottura lungo l'asse del diametro verticale del campione, come in Figure 4.

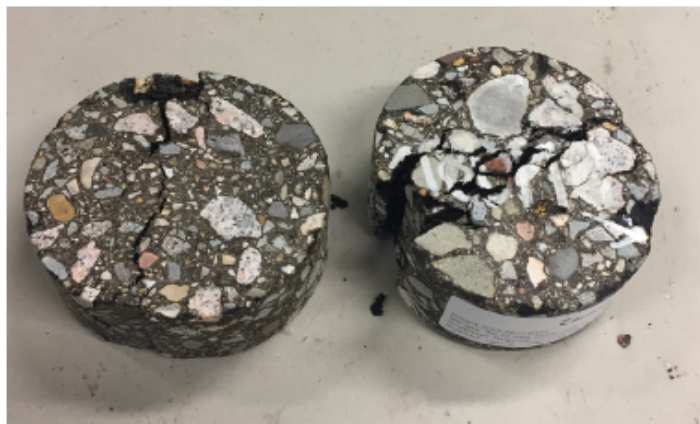


Figure 4: Two specimens with visible cracks along the vertical plane after the fatigue tests

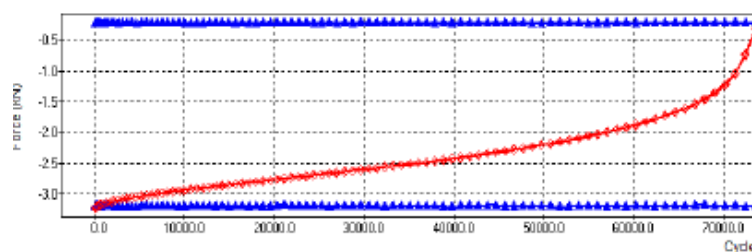


Figure 5: Force (blue) and strain (red) during the test

Figure 5 mostra forza e deformazione in funzione del numero di cicli. Siccome il test viene effettuato in modalità controllo forza, questa rimane costante mentre la deformazione aumenta.

La rottura del campione per la conseguente fine della prova è determinata dal raggiungimento del numero di cicli prestabiliti o quando la deformazione verticale rilevata raggiunge i 6mm.

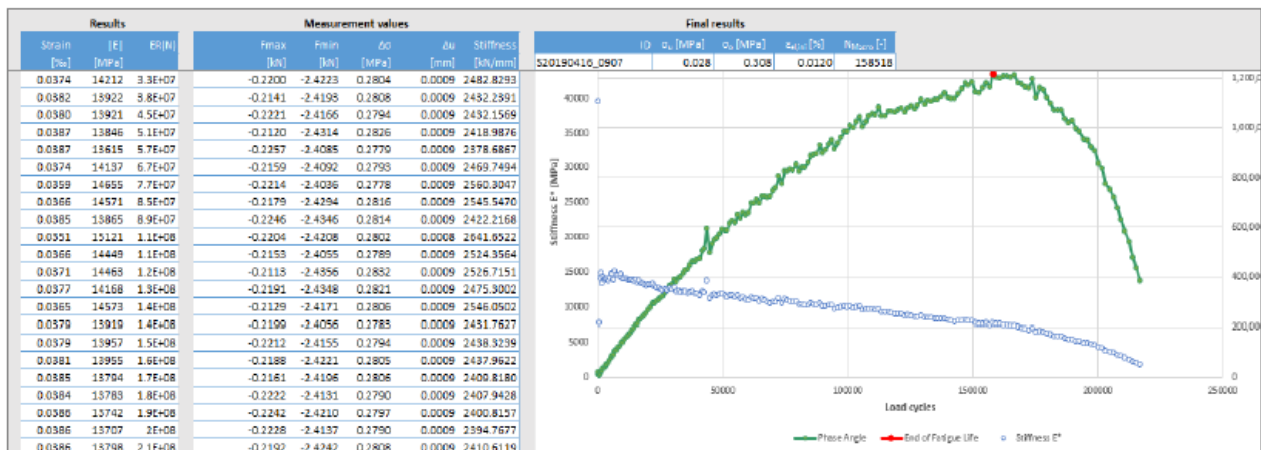


Figure 6: Results, stiffness and phase angle curves for a tested samples

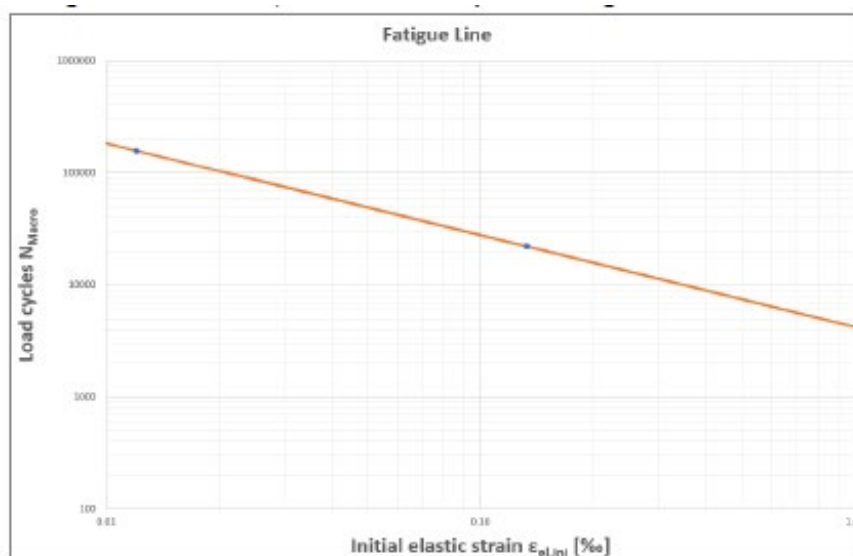


Figure 7: Fatigue line

La relazione di regressione del minimo quadrato è adattata ai dati del logaritmo della deformazione iniziale come variabile indipendente e i dati del logaritmo della durata di vita come variabile dipendente secondo le seguenti equazioni:

$$\text{Fatigue line: } N_f = k \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon_0}\right)^n$$

$$\text{Regression: } \ln(N_f) = k + n \cdot \ln(\varepsilon_0)$$

dove

N_f è il numero di cicli

k ed n sono costanti del materiale

ϵ_0 deformazione dovuta a trazione al centro del campione

In Figure 6 sono rappresentati il livello di deformazione iniziale e il ciclo di vita a fatica in funzione del punto di rottura.

La figura 6 mostra il grafico della rigidità e angolo di fase per ogni campione. La rigidità decresce costantemente e l'angolo di fase aumenta fino al punto in cui si registra la rottura.

La Figure 7 rappresenta la retta a fatica (Fatigue line).

Il test di trazione indiretta a fatica è un metodo di prova semplice per condurre prove a fatica adatte a caratterizzare la proprietà di rigidità e fatica degli asfalti.

Reference

1. EN 12697-24:2004, Bituminous mixtures – test methods for hot mix asphalt. IT-CY
2. Indirect tensile versus two-point bending fatigue testing, Cesare Sangiorgi, Gordon D. Airey, Andrew Collop, A. Cocurullo, Transport 161, 2008
3. A comparison of different test and analysis methods for asphalt fatigue, Maggiore Cinzia, 2014
4. Asphalt testing package v 1.1, Shimadzu Europa GmbH, 2019

