



COSTRUZIONE DI STRADE

Conglomerati bituminosi



INTRODUZIONE

Cos'è il CONGLOMERATO BITUMINOSO?

Il **conglomerato bituminoso** è una miscela di aggregati e bitume.





NORME UNI EN DI RIFERIMENTO PER I C.B.

UNI EN 12697: Miscele Bituminose – Metodi di prova per conglomerati bituminosi a caldo.

Tale norma è suddivisa in 46 parti. **Non tutte** sono state **recepite dall' UNI**. Ogni parte corrisponde ad un metodo di prova o di preparazione. Si va dalla prova **Marshall**, al **contenuto di legante**, alla prova di **drenabilità**, alla resistenza a fatica, fino alla resistenza al carburante. Se armonizzate possono sostituire le norme CNR nei nuovi capitolati. Sono richiamate nelle norme di **marcatura CE** dei c.b.

UNI EN 13108: Miscele Bituminose – Specifiche del materiale.

Tale norma è suddivisa in 21 parti. L' **UNI** ha attualmente recepito solo le parti **dalla 1 alla 8** e **dalla 20 alla 21**. Specificano i requisiti che debbono avere i c.b. secondo le prove descritte nelle UNI EN 12697. Le prime otto parti sono relative a **diversi tipi di c.b.** tra cui il **tradizionale** (1), lo **SMA** anti-skid (5) ed il c.b. prodotto con alte **percentuali di fresato** (8). Le parti 20 e 21 descrivono le prove tipo ed i controlli per la marcatura CE dei c.b.



CONTROLLI TRADIZIONALI

Le prove che tradizionalmente si eseguono su un campione in conglomerato bituminoso sono:

- la **prova per la determinazione del contenuto di legante**, mirata alla valutazione della percentuale di bitume della miscela;
- la **prova Marshall**, per determinare i valori della stabilità e dello scorrimento di una miscela bituminosa;
- la **prova di trazione indiretta**, per valutare la resistenza a trazione indiretta di un provino.

DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO DI LEGANTE

UNI EN 12697- 1, CNR B.U. 38

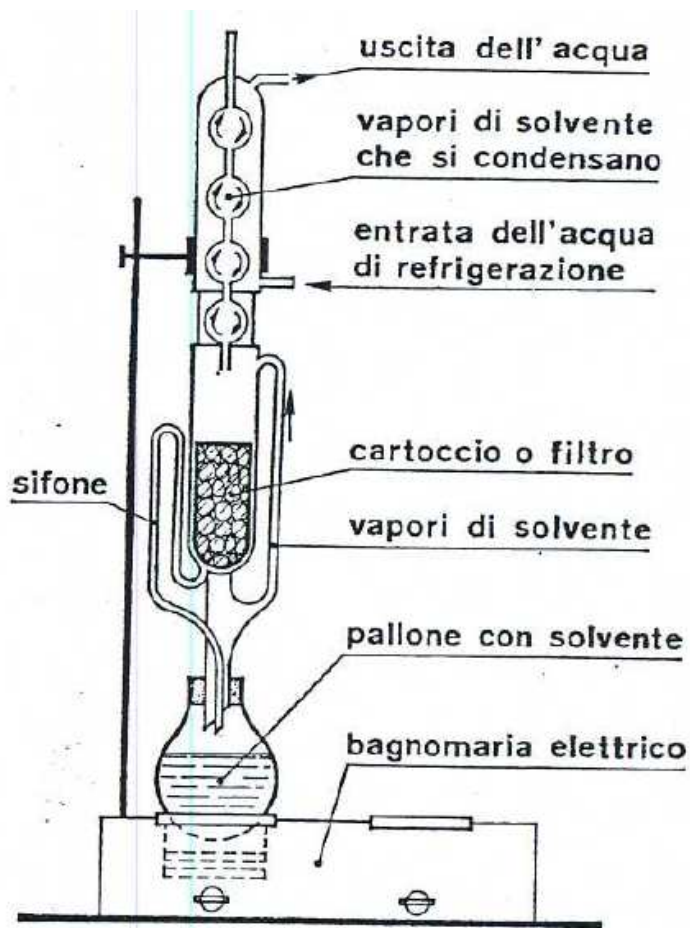
DEFINIZIONE:

Scopo della prova è quello di separare il bitume dall'aggregato litico in un campione di miscela bituminosa onde procedere alla **determinazione del quantitativo di bitume** e poter eseguire altre prove sugli aggregati.



DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO DI LEGANTE

ATTREZZATURA DI PROVA



DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO DI LEGANTE

ESECUZIONE DELLA PROVA

- essiccare una capsula di carta filtro in stufa dentro un cestello e raffreddare a temperatura ambiente
- pesare l'insieme ed indicare con T la tara
- disporre il conglomerato entro la capsula di carta filtro senza comprimerlo e pesare (P_1)
- porre il cestello nell'estrattore e riempirlo con un quantitativo sufficiente di solvente
- scaldare in modo da portare il solvente ad ebollizione e mantenere in funzione l'apparecchio fino a che il solvente, dopo aver attraversato la miscela bituminosa, si presenti limpido

DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO DI LEGANTE

ESECUZIONE DELLA PROVA

- essiccare la capsula di carta filtro con l'aggregato al suo interno in stufa e raffreddare a temperatura ambiente
- pesare l'insieme ed indicare con P_2 tale peso
- togliere l'aggregato dall'interno della capsula provvedendo a recuperare il materiale fino aderente alla carta filtro
- far evaporare il solvente della soluzione bituminosa rimasta ed inserirla nella centrifuga
- centrifugare la soluzione e pesare il "filler" depositato sul fondo determinando P_f , peso netto del filler



DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO DI LEGANTE

ELABORAZIONE DEI RISULTATI

Il **peso di bitume** P_b contenuto nella miscela è dato da:

$$P_b = P_1 - P_2 - P_f$$

P_1 è il peso lordo della miscela bituminosa, del cestello e della capsula di carta filtro prima dell'estrazione

P_2 è il peso lordo dell'aggregato, del cestello e della capsula dopo estrazione

P_f è il peso del filler essiccato residuo dalla centrifugazione





DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO DI LEGANTE

ELABORAZIONE DEI RISULTATI

Il **peso degli aggregati contenuti nella miscela** P_a è dato da:

$$P_a = P_2 - T + P_f$$

P_2 è il peso lordo dell'aggregato, del cestello e della capsula dopo estrazione

P_f è il peso del filler essiccato residuo dalla centrifugazione

T è la tara del cestello e della carta filtro

DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO DI LEGANTE

ELABORAZIONE DEI RISULTATI

La **percentuale di bitume riferita al peso degli aggregati** è data da:

$$b_a \% = \frac{P_b}{P_a} 100$$

La **percentuale di bitume riferita al peso della miscela bituminosa** è data da:

$$b_c \% = \frac{P_b}{P_a + P_b} 100$$

PROVA MARSHALL

UNI EN 12697- 34, CNR B.U. 30

DEFINIZIONE:

Questa procedura è impiegata per determinare i valori della **stabilità**, dello **scorrimento** e del **quoziente Marshall** per provini di miscele bituminose miscelate in laboratorio e compattate col metodo ad impatto.

Stabilità (S): la massima resistenza alla deformazione, in kN, di un provino di c.b. confezionato in stampo.

Scorrimento (s): la deformazione al picco in millimetri.

Quoziente Marshall: rapporto tra la Stabilità e lo scorrimento. (Rigidezza)



PROVA MARSHALL

La prova misura convenzionalmente le proprietà meccaniche (stabilità e scorrimento) di miscele bituminose confezionate a caldo con bitumi ed aggregati lapidei, sottoponendo a rottura, in condizioni di prova standardizzata, provini cilindrici del diametro di 101,6 mm.

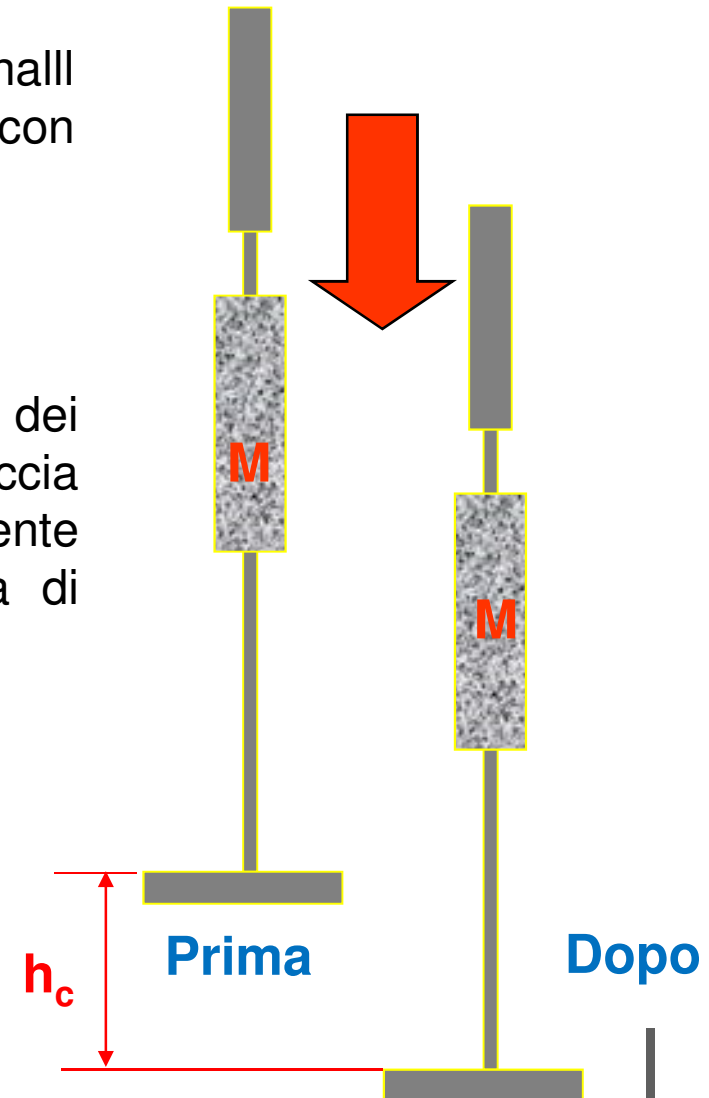


PROVA MARSHALL

I provini da sottoporre a prova Marshall devono essere confezionati compattandoli con il metodo Marshall.



Pestello per la compattazione “impulsiva” dei provini di conglomerato bituminoso, con faccia di battuta piana e circolare e massa battente del peso di 4535 g, con altezza libera di caduta di 457 mm.



PROVA MARSHALL



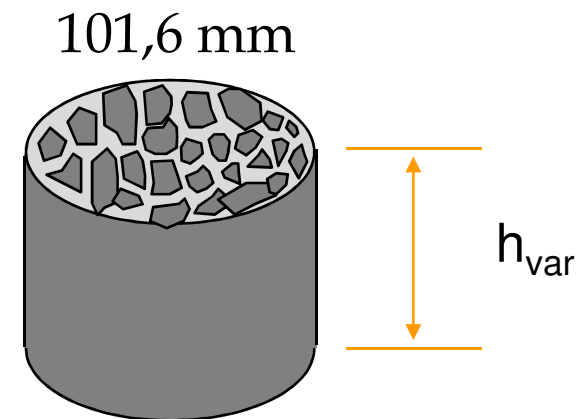
PROVA MARSHALL

PREPARAZIONE DEI PROVINI



Per ciascuna miscela da sottoporre a prova vengono confezionati 4 provini compattandoli con 75 colpi per faccia.

Il diametro dei provini cilindrici costipati è fisso e risulta pari a 101,6 mm, l'altezza è variabile ma deve risultare compresa tra 68,7 mm e 61,3 mm.

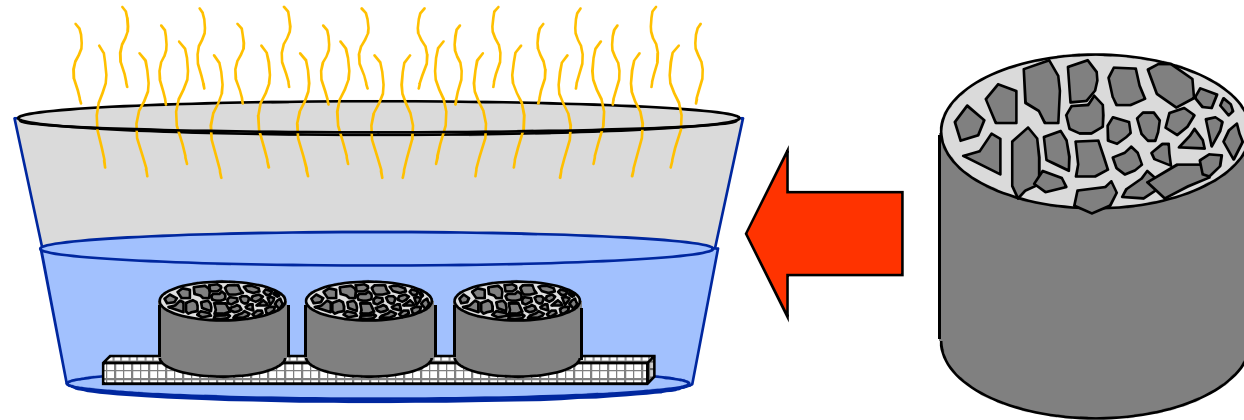
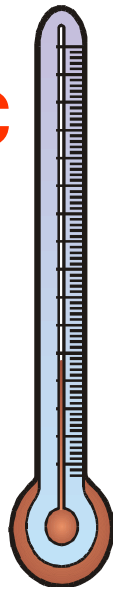


PROVA MARSHALL

ESECUZIONE DELLA PROVA

Portare i provini alla temperatura di prova immergendoli per una durata da 30 a 40 minuti in un bagno di acqua mantenuto alla temperatura di 60 °C.

60 °C



30 - 40 minuti

PROVA MARSHALL

ESECUZIONE DELLA PROVA



Applicare il carico al provino con velocità costante di deformazione di 51 mm al minuto, fino a raggiungere il carico di rottura.

PROVA MARSHALL

RISULTATI DELLA PROVA

La **stabilità** del provino è rappresentata dal carico di rottura, espresso in kg, moltiplicato per un coefficiente di correzione funzione dell'altezza H_{provino} .

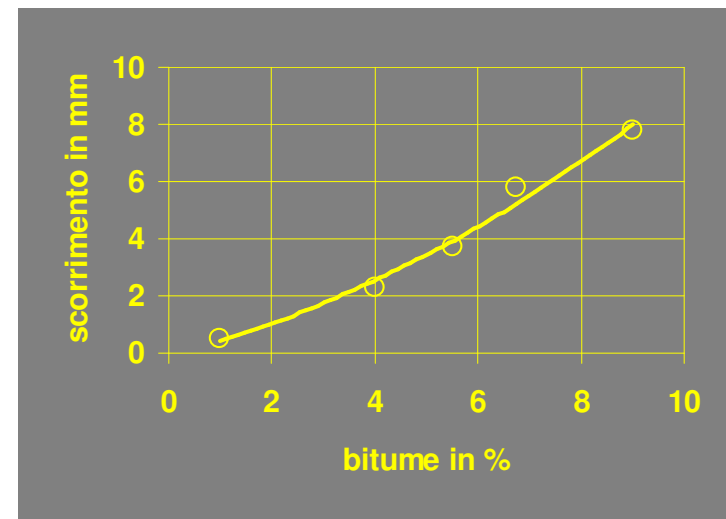
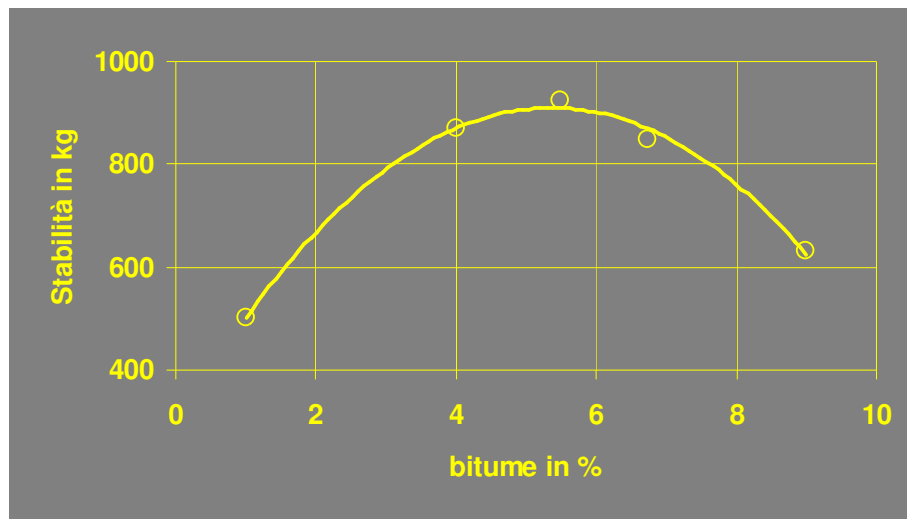
$$\text{Stabilità} = C_{\text{rottura}} \times \text{Coeff} (H_{\text{provino}})$$

Lo **scorrimento** è rappresentato dalla deformazione del provino al momento della rottura, espressa in mm

PROVA MARSHALL

RISULTATI DELLA PROVA

La prova serve in fase sia di progettazione della miscela, sia di controllo.



% bitume ottimale

PROVA DI TRAZIONE INDIRECTA

UNI EN 12697- 23, CNR B.U. 134

PRINCIPIO:

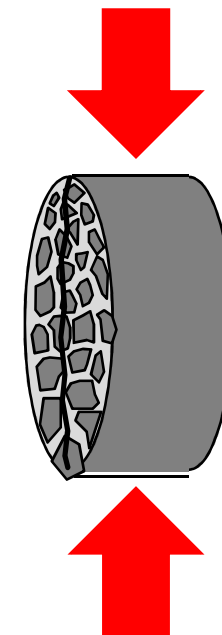
il provino cilindrico da sottoporre a prova è portato ad una specifica temperatura, posizionato nella macchina a compressione tra i due coltelli di taglio e caricato diametralmente fino a rottura.

Resistenza a trazione indiretta (ITS): la massima tensione di trazione in un provino cilindrico caricato alla specifica temperatura di prova e gradiente di deformazione.

Provino cilindrico: un provino cilindrico confezionato in laboratorio (con compattazione giratoria o Marshall) od una carota prelevata da uno strato bituminoso.

$$ITS = \frac{2P}{\pi \cdot D \cdot h}$$

P = Carico di rottura
D = diametro
h = spessore



CONTROLLI MODERNI

Le prove moderne che si eseguono su un campione in conglomerato bituminoso sono:

- la **compattazione giratoria**;
- **Indirect tensile test**, per determinare le proprietà di rigidità di una miscela bituminosa;
- **Indirect tensile fatigue test**, per valutare la resistenza a fatica di un conglomerato.

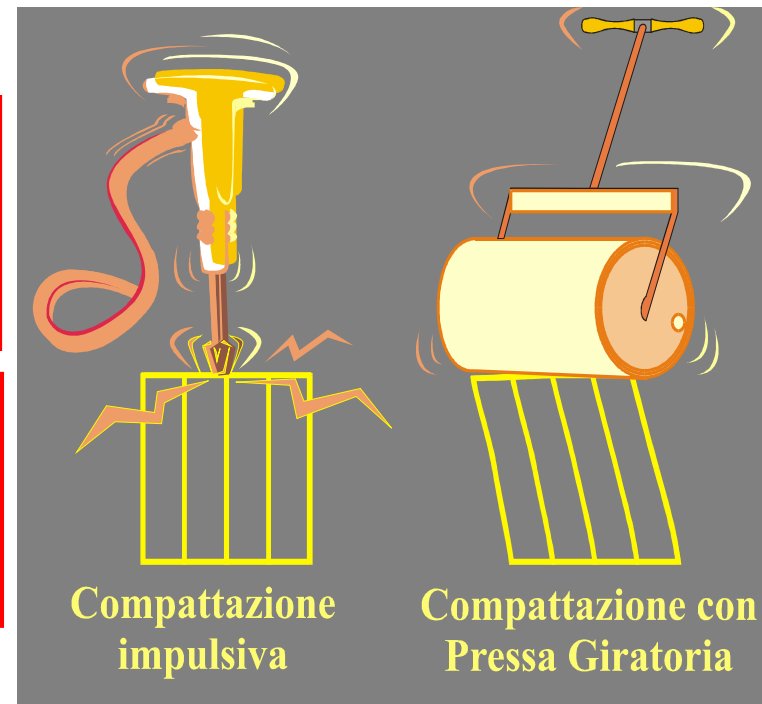
COMPATTATORE GIRATORIO

METODO TRADIZIONALE: prova Marshall

METODO INNOVATIVO: pressa giratoria

La compattazione impulsiva produce un'alta concentrazione degli sforzi, diversa da quella provocata dai mezzi di costipamento e dal traffico.

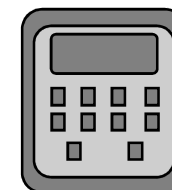
L'azione "impastante" prodotta dalla pressa giratoria determina provini con proprietà tenso - deformative più vicine al materiale compattato in sito.



COMPATTATORE GIRATORIO



Pannello di controllo e di
acquisizione dati

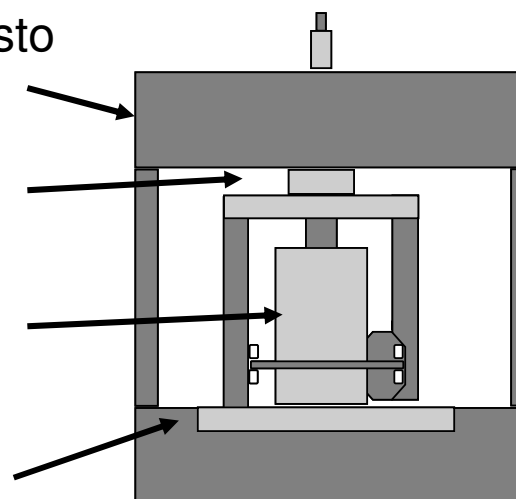


Telaio di contrasto

Pistone di carico

Fustella

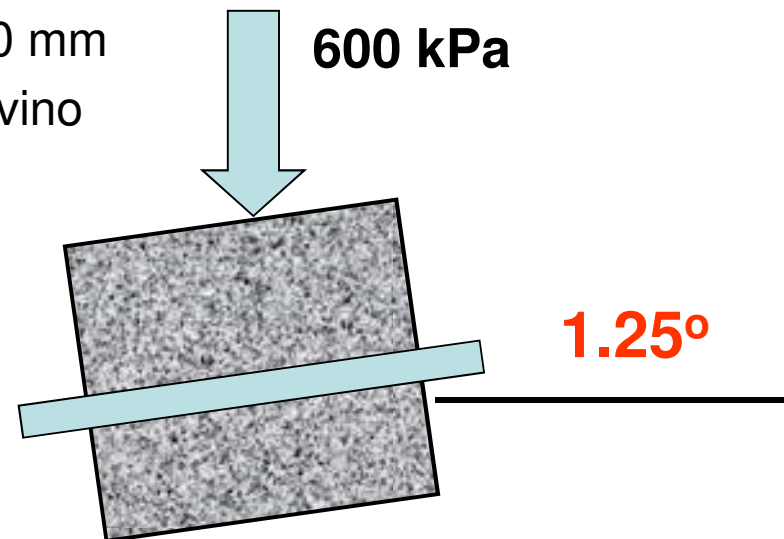
Piastra rotante



COMPATTATORE GIRATORIO

CARATTERISTICHE DELLA PRESSA GIRATORIA

- Azioni normali e tangenziali
- Diametro della fustella pari a 150 mm
- Misurazione dell'altezza del provino durante la compattazione

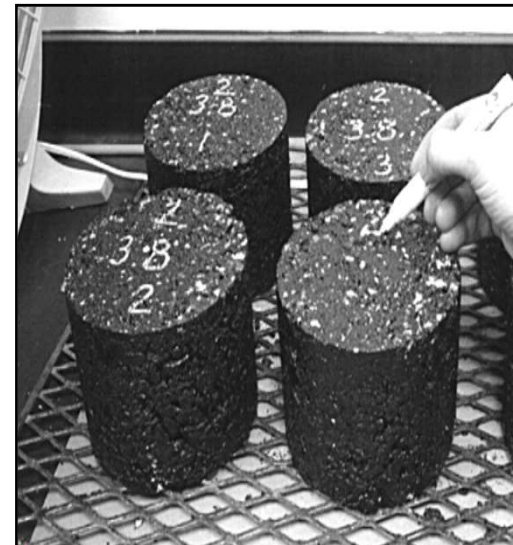


COMPATTATORE GIRATORIO

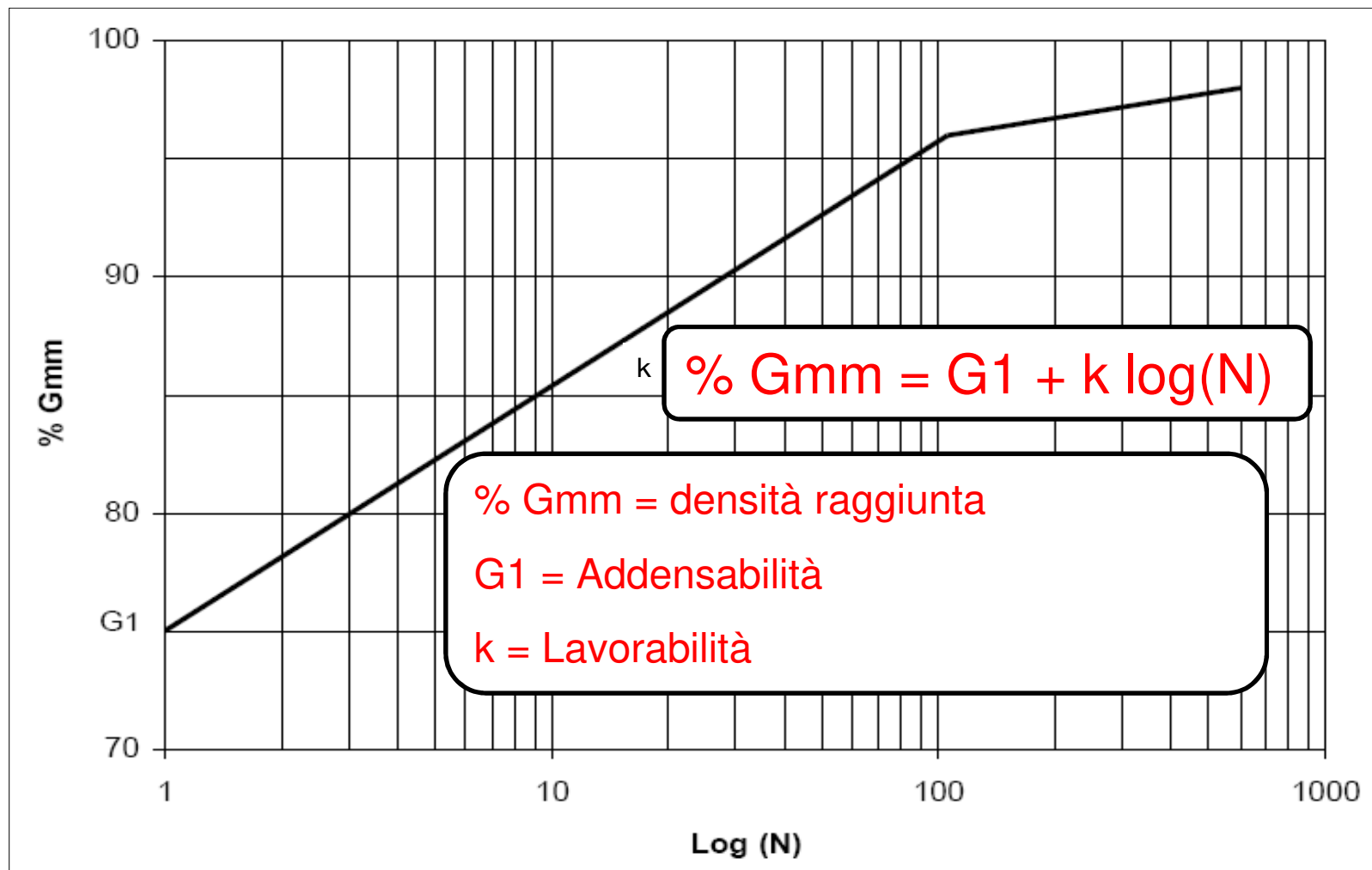


COMPATTATORE GIRATORIO

PREPARAZIONE DEI PROVINI:



COMPATTATORE GIRATORIO



COMPATTATORE GIRATORIO



COMPATTATORE GIRATORIO

Esempio: Autostrade
per l'Italia S.p.A.
2004

4.4.2. PROVE VOLUMETRICHE E MECCANICHE

I conglomerati bituminosi devono possedere elevata resistenza meccanica elastoviscoplastica, cioè capacità di sopportare senza deformazioni permanenti le sollecitazioni trasmesse dalle ruote dei veicoli ed elevatissima resistenza a fatica, intesa come capacità di sopportare il numero più alto possibile di ripetizioni di carico senza fessurarsi o disgregarsi.

La miscela di progetto deve essere analizzata mediante l'apparecchiatura "Pressa Giratoria" (Metodologia AASHTO TP4-93 EDITION 1B-93 EDITION 1B). Gli impianti di confezionamento dovranno dotarsi della apparecchiatura suddetta a sostituzione di quella Marshall.

4.4.2.1. PRESSA GIRATORIA - CONDIZIONI DI PROVA

Angolo di rotazione : $1.25^\circ \pm 0.02^\circ$
 Velocità di rotazione : 30 rotazioni al minuto
 Pressione verticale ,KPa : 600
 Dimensioni provino , mm : 150 per strato di base
 Dimensioni provino , mm : 100 per strato di collegamento ed usura

4.4.3. REQUISITI DI IDONEITÀ

4.4.3.1. PRESSA GIRATORIA - VUOTI

BASE NORMALE	BASE MEDIUM	BASE HARD
a 10 rotazioni: % vuoti 12+15	a 10 rotazioni: % vuoti 12+15	a 10 rotazioni: % vuoti 12+15
a 100 rotazioni: % vuoti 3 + 5 ◊	a 100 rotazioni: % vuoti 3 + 5 ◊	a 120 rotazioni: % vuoti 3 + 5 ◊
a 180 rotazioni: % vuoti ≥ 2	a 180 rotazioni: % vuoti ≥ 2	a 200 rotazioni: % vuoti ≥ 2
COLLEGAMENTO NORMALE	COLLEGAMENTO MEDIUM	COLLEGAMENTO HARD
a 10 rotazioni: % vuoti 12+15	a 10 rotazioni: % vuoti 12+15	a 10 rotazioni: % vuoti 12+15
a 100 rotazioni: % vuoti 3 + 5 ◊	a 100 rotazioni: % vuoti 3 + 5 ◊	a 120 rotazioni: % vuoti 3 + 5 ◊
a 180 rotazioni: % vuoti ≥ 2	a 180 rotazioni: % vuoti ≥ 2	a 200 rotazioni: % vuoti ≥ 2
USURA NORMALE	USURA MEDIUM	USURA HARD
a 10 rotazioni: % vuoti 12+15	a 10 rotazioni: % vuoti 12+15	a 10 rotazioni: % vuoti 12+15
a 130 rotazioni: % vuoti 3 + 5 ◊	a 130 rotazioni: % vuoti 3 + 5 ◊	a 150 rotazioni: % vuoti 3 + 5 ◊
a 220 rotazioni: % vuoti ≥ 2	a 230 rotazioni: % vuoti ≥ 2	a 240 rotazioni: % vuoti ≥ 2

(*) D_g = Densità giratoria di progetto (da impiegare per il calcolo del grado di addensamento della pavimentazione in opera).

INDIRECT TENSILE TEST

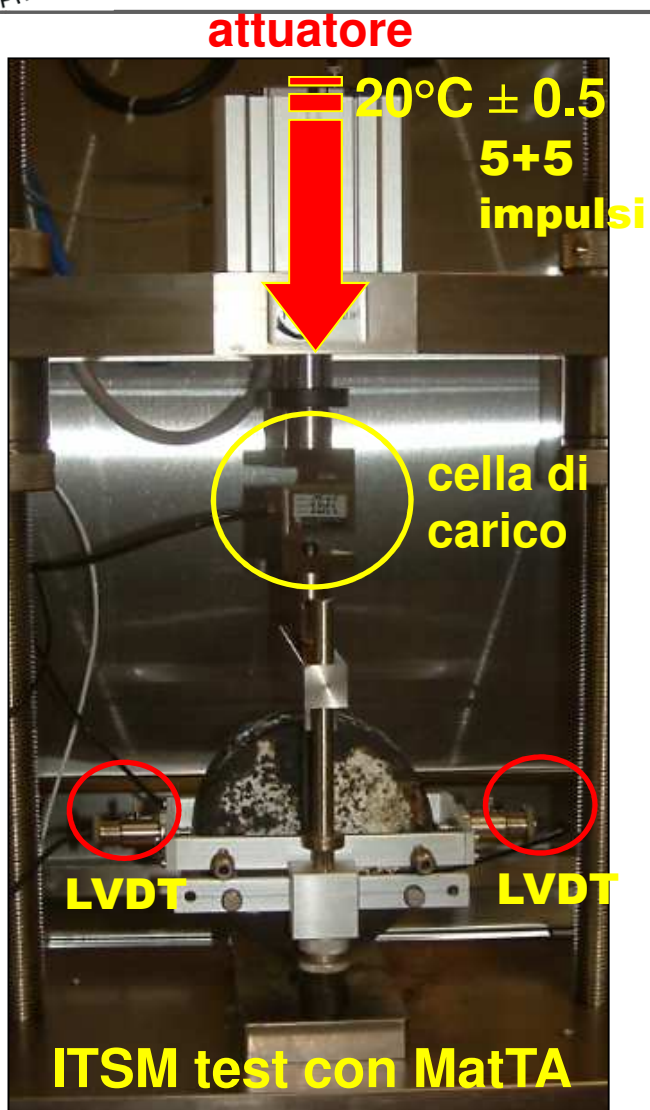
UNI EN 12697- 26

Questa norma descrive il metodo per valutare le prove aventi lo scopo di caratterizzare le **proprietà di rigidità di miscele bituminose**. Tali prove sono condotte sul materiale bituminoso compattato sottoponendolo ad un carico sinusoidale o ad altro carico controllato.

La procedura può essere impiegata per classificare le miscele bituminose sulla base della rigidità, come guida per la prestazione relativa nella pavimentazione, per ottenere dati per stimare il comportamento deformativo su strada e per giudicare i dati di prova in accordo alle specifiche per le miscele.



INDIRECT TENSILE TEST



Carico di picco in N

Poisson ratio

$$|E^*| = ITSM = \frac{F(\nu+0.27)}{z h} \quad (\text{MPa})$$

Deformazione
orizzont. (mm)

Spessore
provino (mm)



INDIRECT TENSILE FATIGUE TEST

UNI EN 12697- 24

Questa norma specifica i metodi per caratterizzare la **resistenza a fatica** delle miscele bituminose mediante prove alternative, comprese prove di flessione e prove di trazione diretta e indiretta.

Il procedimento è utilizzato per classificare le miscele bituminose sulla base della resistenza alla fatica, come una guida alle prestazioni relative nella pavimentazione, al fine di ottenere dati per stimare il comportamento strutturale in strada e per giudicare i dati di prova in conformità alle specifiche delle miscele.



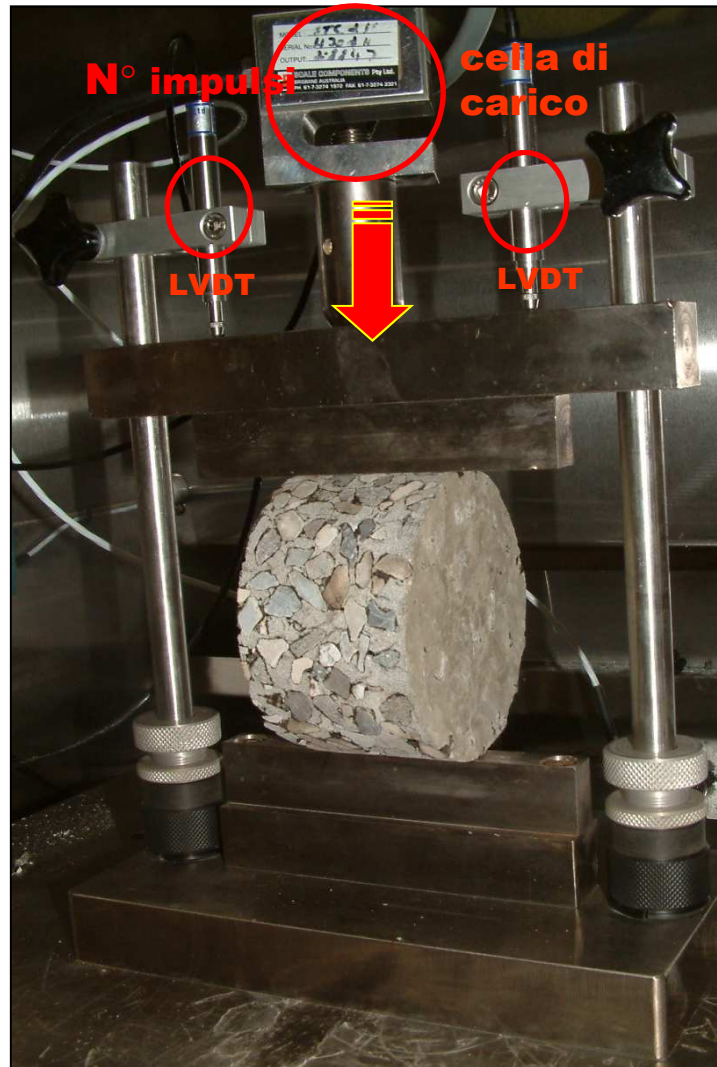
INDIRECT TENSILE FATIGUE TEST

Definizioni della fatica:

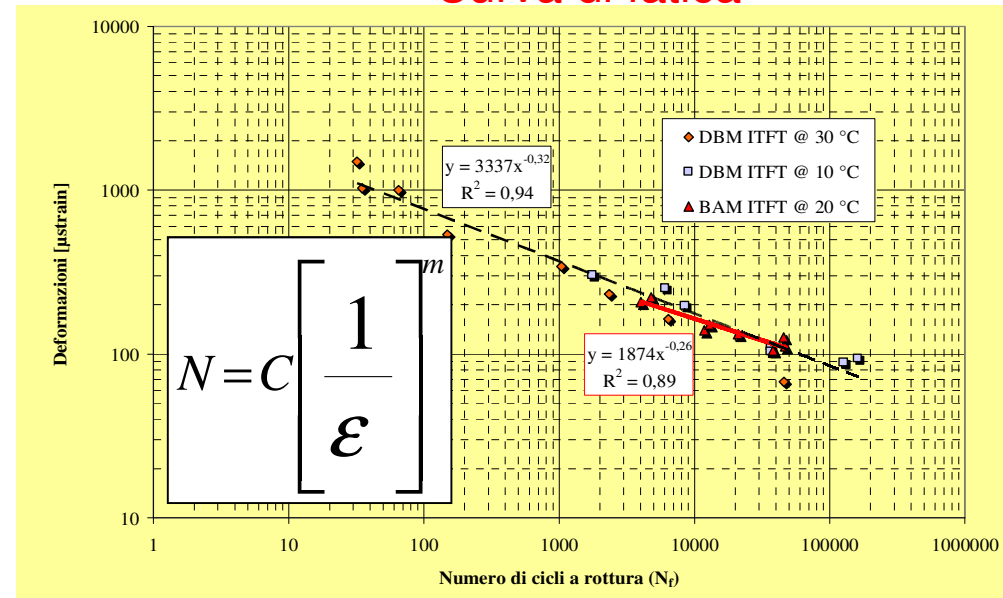
Gli strati bituminosi costituenti una pavimentazione stradale sono soggetti all'applicazione di un carico di breve durata ogni qualvolta sul piano viabile transita un veicolo. Nel tempo il susseguirsi e l'entità dei carichi da traffico è variabile in funzione delle frequenze di transito e delle tipologie di mezzi transitanti. Si ritiene che ad ogni passaggio corrisponda uno scadimento delle proprietà meccaniche del materiale di strato associato alla formazione di micro-lesioni nel volume dello stesso, fino alla comparsa di fessure visibili anche ad occhio nudo. L'accumulo del danno porta, nel tempo, al degrado della sovrastruttura ed alla sua perdita di funzionalità. Tale tipo di danneggiamento si manifesta usualmente sotto forma di fessurazioni degli strati bituminosi e prende il nome di “**fessurazione per fatica**” (fatigue cracking).

Fatica: riduzione della resistenza a trazione di un materiale sottoposto a un carico ripetuto rispetto alla resistenza sotto un carico singolo.

INDIRECT TENSILE FATIGUE TEST



Curva di fatica



N : n° di applicazioni

ε : def a trazione iniziale al centro, $\mu\varepsilon$

C, m : cost. del materiale

