

PNE 41210

Métodos de ensayo para mezclas bituminosas. Resistencia estructural y a la fisuración por fatiga UGR-FACT

Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente

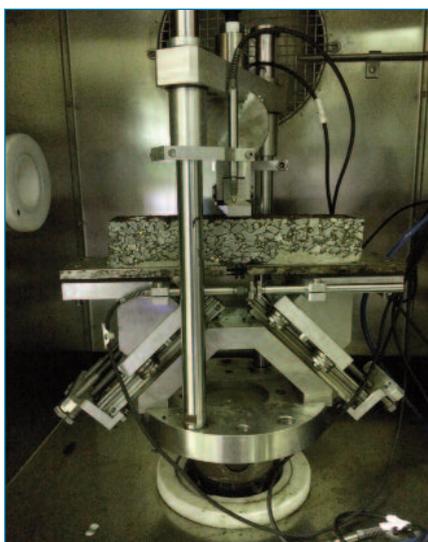
Javier Loma, javierloma@padecasa.com

Padecasa

1. OBJETO Y PRINCIPIO DEL ENSAYO

Metodología para la caracterización a la respuesta estructural y a la fisuración por fatiga de mezclas bituminosas y capas de firmes mediante la aplicación de una carga seno-verso u otra carga controlada, utilizando diferentes tipos de probetas y configuración del ensayo. Se utiliza un equipo de ensayo UGR-FACT empleándose probetas (preferentemente prismáticas) adheridas a dos apoyos con distancia de separación entre ellos.

La probeta se somete a esfuerzos combinados de flexión, cortante y tracción, realizados por la aplicación de una carga en sentido vertical y perpendicularmente al eje longitudinal de la probeta, midiendo las cargas necesarias para aplicar los esfuerzos combinados y los desplazamientos horizontales y verticales provocados por estos, en función del tiempo.



2. MÉTODO OPERATIVO

Las condiciones de configuración del ensayo dependen del equipo y de las posibilidades y/o necesidades. La norma permite realizar los ensayos para 3 modalidades diferentes:

- o A.- Diferentes niveles de carga.
- o B.- Diferentes niveles de temperatura.
- o C.- Diferentes espesores de probeta.

Se debe repetir el ensayo con varias probetas variando el nivel de modalidad elegida: carga, temperatura o espesor. La vida hasta fisuración por fatiga se debe determinar de acuerdo al criterio de fallo por propagación de una fisura/grieta a través de la totalidad del espesor de la probeta.

Probetas.

Se utilizan probetas prismáticas con una longitud l entre 220 y 90 mm.

La diferencia de anchura B y del espesor e no debe ser superior a 1 mm y los valores máxima y mínima de longitud l no deben ser superiores a 2 mm.

La anchura b y el espesor e serán $> 3,5$ veces D máxima del árido del material sometido a ensayo (puede reducirse a 2,5 veces en caso de áridos grandes). Pueden utilizarse probetas cilíndricas de 100 y 150 mm de diámetro cumpliendo los requisitos anteriormente expuestos.

Las probetas deben ser aserradas de placas preparadas en laboratorio o tomadas de la carretera. Las probetas se secan al aire hasta masa constante cuando dos

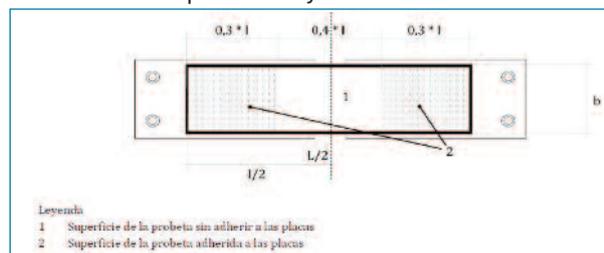
PNE 41210 Métodos de ensayo para mezclas bituminosas. Resistencia estructural y a la fisuración por fatiga UGR-FACT

pesadas consecutivas realizadas en un intervalo de 24 horas difieren en menos del 0,25 %. Se almacenan hasta el ensayo en un local seco a una temperatura entre 0 y 20°C, siendo entre 0 y 5°C si se almacenan por un periodo superior a 1 mes. Las probetas se ensayan transcurrido un tiempo entre 2 y 8 semanas después del corte.

Las probetas se fijan a las placas de ensayo de forma simétrica respecto a su centro y se colocan en el dispositivo, permitiendo la libertad de movimiento de uno de los lados.

Preparación del ensayo.

Las probetas se fijan a las placas metálicas utilizando una resina epoxi, con una superficie de fijación por encima del 60% de la superficie de la probeta, dejando una superficie central sin fijar de un 40 %. Tras un tiempo mínimo de 24 horas para permitir su endurecimiento, se acondiciona a la temperatura de ensayo elegida durante un tiempo entre 2 y 6 horas.



Ensayo.

Se fijan con tornillos al dispositivo de ensayo y se aplica una precarga de baja intensidad liberando después los apoyos. Se fija la resistencia del muelle y se colocan los transductores de medida. La fuerza y el desplazamiento del bastidor y los desplazamientos de los 4 transductores se deben registrar después de 100 ciclos de carga y luego de forma regular.

Para la *modalidad A* para una frecuencia, temperatura, espesor de probeta y distancia entre apoyos dados, el ensayo se realiza como mínimo a 3 niveles de carga diferentes, con un mínimo de 4 repeticiones por nivel, seleccionado los niveles de carga para que las vidas hasta fatiga estén dentro de la gama de 10⁴ a 2x10⁶ ciclos.

Para la *modalidad B* para un nivel de carga, frecuencia, espesor de probeta y distancia entre apoyos dados, el ensayo se realiza como mínimo a 3 temperaturas dife-

rentes, con un mínimo de 4 repeticiones por nivel, seleccionado los niveles de temperatura y nivel de carga elegidos para que las vidas hasta fatiga estén dentro de la gama de 10⁴ a 2x10⁶ ciclos.

Para la *modalidad C* para un nivel de carga, frecuencia, temperatura y distancia entre apoyos dados, el ensayo se realiza como mínimo a 3 espesores de probeta diferentes, con un mínimo de 4 repeticiones por nivel, seleccionado los niveles de espesor y nivel de carga elegidos para que las vidas hasta fatiga estén dentro de la gama de 10⁴ a 2x10⁶ ciclos.

Se registran todos los resultados de fuerza y desplazamiento calculando a partir de ellos los valores de energía disipada en sentido vertical y horizontal en J, la tasa de variación de la geometría de la probeta en sentido vertical y horizontal al inicio y final de cada ciclo, los valores de ductilidad y susceptibilidad a la deformación plástica entre los ciclos x e y considerados.



Resultados.

La resistencia a fatiga bajo las condiciones de ensayo (carga para la A, temperatura para la B y espesor para la C) se debe calcular como la resistencia a fisuración por fatiga P-10⁶ de la condición de ensayo correspondiente a 10⁶ ciclos para la vida hasta fisuración por fatiga, de acuerdo con el criterio de fallo.

La ley de fatiga se determina en base a las amplitudes de desplazamiento horizontal inicial $\Delta\delta h_{100} \cdot 10^6$ de la condición de ensayo correspondiente a 10⁶ ciclos,

para la vida hasta fisuración por fatiga de acuerdo con el criterio de fallo.

Para todas las modalidades debe calcularse la vida de fisuración por fatiga del material para las condiciones de ensayo utilizadas haciendo una regresión entre los ciclos hasta fallo y las amplitudes de desplazamiento horizontal inicial (numero 100) con la siguiente formula:

$$N_{fi} = a \cdot \Delta\delta h_{100i}^b$$

Donde i es el número de la probeta, N_f es el número de ciclos hasta fallo y $\Delta\delta h_{100}$ es la amplitud de desplazamiento horizontal inicial (el valor inicial de la amplitud de desplazamiento horizontal debe corresponder al medido en el ciclo de carga 100).

Para la *modalidad A* se representa la ley de resistencia bajo carga haciendo una regresión entre los ciclos hasta fallo y las amplitudes de carga utilizadas según la fórmula:

$$N_{fi} = a \cdot P_i^b$$

Donde i es el número de la probeta, N_f es el número de ciclos hasta fallo y P es la amplitud de carga.

Para la *modalidad B* se representa la ley de resistencia bajo temperatura haciendo una regresión entre los ciclos hasta fallo y temperatura de ensayo según la fórmula:

$$N_{fi} = a \cdot T_i^b$$

Donde i es el número de la probeta, N_f es el número de ciclos hasta fallo y T es la temperatura.

Para la *modalidad C* se representan las leyes estructurales haciendo dos regresiones: una entre los ciclos hasta fallo y las amplitudes de desplazamiento horizontal inicial (num100) y otra entre los ciclos hasta fallo y los espesores de probeta utilizados, con las siguientes fórmulas:

$$N_{fi} = a \cdot e_i^b$$

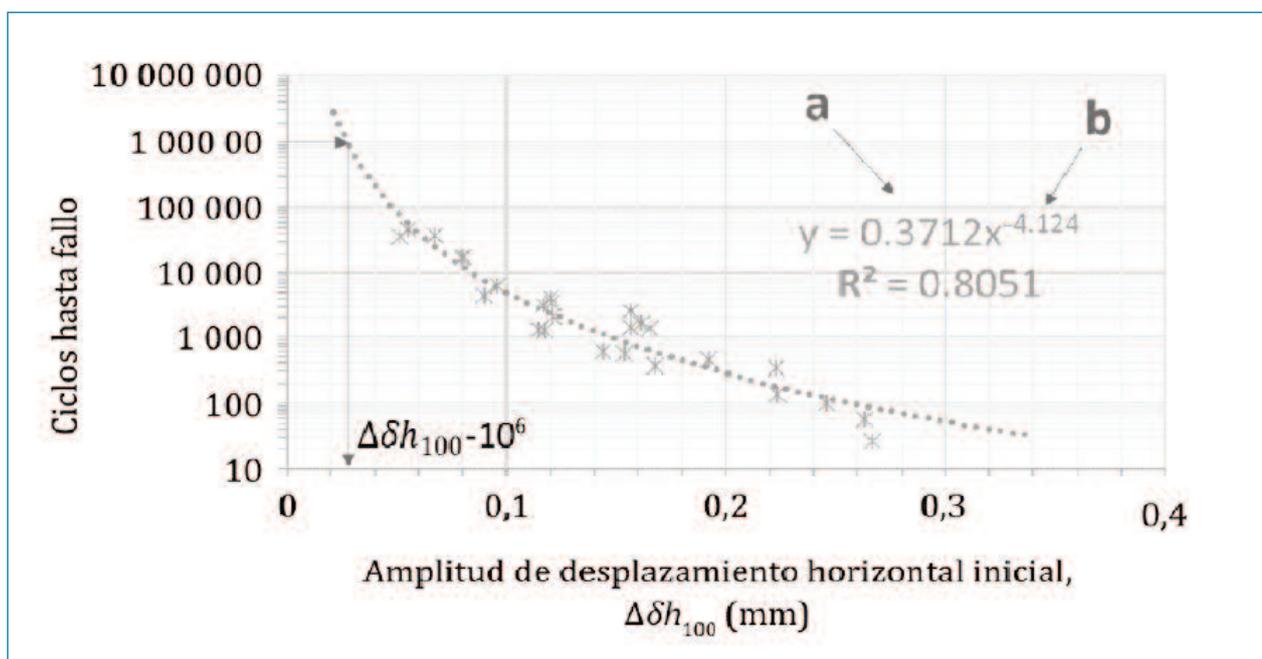
$$\Delta\delta h_{100i} = c \cdot e_i^d$$

Donde i es el número de la probeta, N_f es el número de ciclos hasta fallo, $\Delta\delta h_{100i}$ es la amplitud de desplazamiento horizontal inicial y e es la amplitud de carga utilizada en el ensayo.

3. EQUIPAMIENTO

Los principales equipos son los siguientes:

- Máquina de ensayo. Capaz de aplicar carga senoso sobre un cabezal de carga. La frecuencia debe estar entre 0Hz a 60Hz con precisión de 0,1 Hz. Debe estar dotada de un sistema de control del modo de aplicación de la carga sobre la probeta. La cé-



PNE 41210 Métodos de ensayo para mezclas bituminosas. Resistencia estructural y a la fisuración por fatiga UGR-FACT)



lula de carga debe tener tolerancia de ± 2000 N y transductores de desplazamiento clase de precisión 0,2 (rango de medición al menos $\pm 2,5$ mm). Las fuerzas se deben medir en la zona central sobre el cabezal de carga y los desplazamientos horizontales en el centro de separación de los apoyos en la zona inferior la probeta y los verticales en el centro en la zona superior de la probeta.

- Dispositivo de ensayo. Base con plataforma compuesta por dos planos inclinados con dos railes que permiten deslizamiento vertical en la zona superior de la probeta. También lleva dos apoyos formados por un carro que se adapta a la forma de rail sobre los que se acoplan las probetas y las placas introduciendo también almohadillas elásticas entre los dos elementos. También dispone de un cabezal para la aplicación de la carga. Bajo uno de los carros se sitúa un muelle de las dimensiones y características señaladas en el documento de proyecto de norma.
- Cámara termostática, ventilada para fijar la temperatura durante todo el ensayo y con una tolerancia de $\pm 1^\circ\text{C}$ y resolución de $0,5^\circ\text{C}$.
- Equipo y sistema de registro de los resultados.

4. PUNTOS CRÍTICOS

Es poca la experiencia todavía con estos ensayos, solamente la universidad que ha desarrollado este método UGR dispone de suficiente experiencia, pero todavía no es utilizado en el resto del sector.

Aunque este método de ensayo está siendo utilizado en numerosas obras de carreteras y autovías en Andalucía para el control de diseño, puesta en obra y evolución de las mezclas bituminosas en la actualidad no se cuenta con unas especificaciones o recomendaciones para la valoración de los resultados obtenidos.

5. COMENTARIOS

Los ensayos prestacionales pueden medir propiedades de las mezclas más importantes que los que se vienen midiendo hasta la fecha.

Este ensayo, permite evaluar de forma combinada la respuesta estructural y a fisuración por fatiga de mezclas bituminosas, así como su rigidez ductilidad, bajo sistemas de esfuerzos similares a los producidos en el firme durante su vida en servicio. De esta forma, resulta muy útil no solo para diseñar mezclas bituminosas más duraderas ante las cargas mecánicas del tráfico, sino también como criterio de dimensionamiento de las capas en función de las propiedades del material.

6. ESPECIFICACIONES.

No se dispone todavía de especificaciones.

7. BIBLIOGRAFÍA

- UNE-EN 12697-8. Determinación del contenido de huecos en probetas de mezclas bituminosas.

El ensayo UGR FACT permite evaluar los parámetros importantes asociados a un material o la combinación de varios materiales, a partir de probetas que son sometidas a diferentes niveles de carga, temperatura o espesor, hasta llegar hasta la determinación del final de la vida por fatiga.