

Coeficiente de dilatación térmica de materiales tratados con conglomerantes hidráulicos

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACION

1.1 Esta norma describe un procedimiento para determinar el coeficiente de dilatación térmica lineal, α , en materiales tratados con conglomerantes hidráulicos, como hormigón hidráulico, gravacemento, mortero, etc., utilizados en construcción de carreteras.

1.2 La medida del coeficiente de dilatación térmica se realiza a una humedad relativa constante y dentro de un campo de temperaturas T_{\min} - T_{\max} .

1.3 Las muestras del material para ensayo son probetas o testigos cilíndricos o prismáticos que presenten una generatriz o cara recta, de longitud igual o mayor de 140 mm.

1.4 El coeficiente que se determina en este procedimiento se expresa como un parámetro que varía linealmente con la temperatura, en el rango de temperaturas analizado.

2 APARATOS Y MATERIAL NECESARIOS

2.1 **Cámara climática**, con control de temperatura y humedad, adecuada para intervalo de aquélla de 5 a 70 °C y grado de ésta igual o mayor del 95 %.

2.2 **Acondicionador electrónico de señal para galgas extensométricas**, con voltaje de excitación superestabilizado, V_e , y ganancia en la señal de salida, G_a .

2.3 **Galgas extensométricas**, cuatro (4), con factor de galga G_f , y longitud de al menos 120 mm, operativas dentro del rango de temperaturas de 5 a 70 °C.

2.4 **Barra estándar o patrón**, construida con material de coeficiente de dilatación nulo, en el rango de temperaturas de ensayo, y longitud mayor de 140 mm, ancho 25 mm y espesor de 7 mm, aproximadamente. El material puede ser silicato de titanio, Invar, o cualquier otro de nulo o muy bajo coeficiente de dilatación conocido.

2.5 **Sensor de temperatura**, adecuado para el campo de temperaturas establecido y con precisión de al menos 0,1 °C.

2.6 **Material diverso** como: pegamento para la adhesión de las galgas a la probeta y a la barra; conductores eléctricos para el montaje del circuito eléctrico que se muestra en la Figura 1, cinta adhesiva ancha, tipo cello o scotch, tetracloruro de carbono, papel de lija al agua, grano 360 aprox., papel absorbente, cuchilla, pinzas, terminales de conexión, soldador de baja potencia y estaño, cianoacrilato para pegamiento de terminales y galgas.

3 PROCEDIMIENTO

3.1 Pegamiento de las galgas

3.1.1 Se pegan dos (2) de las galgas en la barra patrón y las otras dos (2) en generatrices rectas de la probeta o testigo para ensayar. El pegamento que se utilice será el mismo para las cuatro galgas.

3.1.2 La operación de pegamiento de las galgas se hace con todo el cuidado posible y mucha limpieza, ya que el buen resultado de ensayo depende de una buena ejecución de esta operación. Se evita el contacto de las galgas con los dedos, para lo que se utilizan las pinzas en su manipulación (Nota 1).

Nota 1. La preparación del pegamento y su utilización se ajustarán a las instrucciones comerciales del mismo.

3.1.3 Se limpian las zonas de la probeta donde se van a pegar las galgas y se recubren tales zonas con una capa fina del pegamento, obteniendo así una superficie lisa y sin oquedades. Se deja secar durante 3 horas como mínimo.

3.1.4 La superficie con la capa del pegamento, se lija suavemente, lija al agua, y se limpia bien con un papel absorbente impregnado con tetracloruro de carbono.

3.1.5 Se sitúan las galgas en la cinta adhesiva, de tal suerte que las dos (2) galgas que se colocarán sobre la probeta queden adheridas paralelamente en

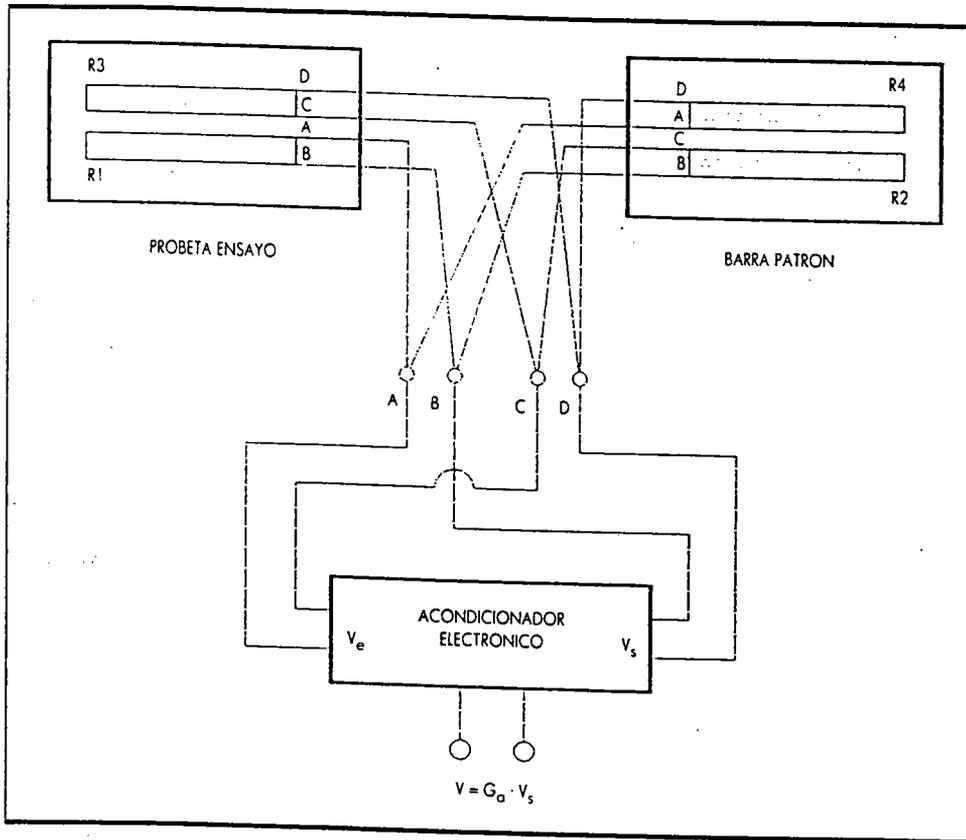


FIGURA 1. Esquema del montaje del circuito electrónico R1, R2, R3 y R4 galgas extensométricas.

un trozo de la cinta adhesiva y en otro trozo, y de la misma forma, las otras dos (2) galgas que se colocarán sobre la barra patrón. Al situar las galgas sobre la cinta adhesiva se hace de manera que las caras de las galgas que han de estar en contacto con la probeta y con la barra patrón queden al aire sobre la cinta adhesiva.

3.1.6 Se dispone el pegamento y se extiende una capa sobre la superficie previamente preparada de la probeta y sobre la superficie al aire de las correspondientes galgas en la cinta adhesiva.

3.1.7 Se efectúa la misma operación que en 3.1.6 para la superficie de la barra patrón y de la superficie al aire de las correspondientes galgas en la cinta adhesiva.

3.1.8 Se colocan los trozos de cinta adhesiva con las galgas sobre las zonas de pegamiento respectivas en la probeta y en la barra y se fijan los extremos libres de los trozos de la cinta adhesiva a la probeta y a la barra. Se presiona de dentro hacia fuera de forma que se expulse el pegamento sobrante y no queden burbujas de aire. Se deja reposar 3 horas como mínimo.

3.1.9 Se despegan los trozos de cinta adhesiva, tirando desde los extremos que no estén sobre los

hilos de las galgas, de forma horizontal y paralela a las mismas.

3.2 Realización de las conexiones eléctricas

3.2.1 Con la cuchilla se levantan los hilos de las galgas y se adhieren los terminales de éstas a la probeta y a la barra, con cianoacrilato u otro pegamento rápido.

3.2.2 Se extiende una nueva capa de pegamento, para protección, sobre las galgas. Se deja secar otras 3 horas al menos.

3.2.3 Se sueldan los cables eléctricos a los terminales de las galgas de manera que se satisfaga el esquema de montaje eléctrico que se muestra en la Figura 1 y que se describe a continuación.

3.2.4 Se realiza un montaje de las galgas en puente completo de manera que las dos (2) galgas adheridas a la probeta, cuyo coeficiente de dilatación se quiere determinar, formen parte de dos ramas opuestas del puente, R1 y R3, y las dos (2) galgas pegadas a la barra patrón, sean las otras dos ramas opuestas del puente R2 y R4.

3.2.5 Se introducen en la cámara climática la probeta, la barra patrón y el sensor de temperatura. La

cámara estará regulada a la temperatura inicial de ensayo. Se toma nota del grado de humedad del recinto.

3.2.6 El sensor de temperatura se sitúa sobre la probeta de ensayo y en zona próxima a donde se encuentran pegadas las galgas. Se deja transcurrir el tiempo suficiente para que la probeta y la barra patrón alcancen el equilibrio con las condiciones de temperatura y humedad de la cámara (Nota 2).

Nota 2. Las condiciones de equilibrio de temperatura y humedad dentro del recinto y en la probeta se ponen de manifiesto por la estabilidad en el valor del voltaje $V = V_s \cdot G_a$ que indique el acondicionador electrónico.

3.2.7 Una vez conseguida la estabilidad térmica en el recinto climático, y en los elementos de ensayo en él confinados, se procede a la realización del ensayo.

3.3 Realización del ensayo

3.3.1 Se empieza, normalmente, por la temperatura mínima de las previstas y cuando ésta se haya estabilizado dentro de la cámara climática se efectúa la primera lectura del voltaje de salida, amplificado por el acondicionador electrónico, V_1 , y de la temperatura registrada por el sensor de temperatura, T_1 .

3.3.2 Una vez tomada la primera lectura, según se refiere en el apartado anterior, se eleva la temperatura del recinto climático en $2,0 \text{ }^\circ\text{C} \pm 0,1 \text{ }^\circ\text{C}$ (Nota 2), y se espera lo suficiente para que la barra y la probeta alcance en toda su masa la nueva temperatura. Llegado este punto, se efectúa una nueva lectura de los valores de voltaje de salida a esta temperatura (Nota 3).

Nota 3. Se pueden adoptar otros incrementos si se desea mayor o menor colección de datos, dentro del campo de temperaturas previsto.

3.3.3 Se repiten las acciones descritas anteriormente, obteniendo sucesivas parejas de valores V_i , T_i , hasta terminar con la correspondiente a la temperatura máxima de las consideradas, $T_{\text{máx}}$.

3.3.4 El proceso descrito en los párrafos precedentes se pueden realizar en sentido descendente de las temperaturas, empezando por $T_{\text{máx}}$, y bajando, es-

calonadamente, hasta $T_{\text{mín}}$, según la secuencia prevista u otra cualquiera. Este proceso puede repetirse cuantas veces se desee o requiera, pudiendo servir como confirmación de lecturas previas.

4 CALCULOS Y RESULTADO

4.1 Se calculan los valores ΔV_i con la expresión:

$$\Delta V_i = V_i - V_1 \quad \text{para } i = 1, \dots, (n)$$

siendo n = número de lecturas efectuadas.

4.2 Se calculan las deformaciones D_i con la expresión:

$$D_i = K \cdot \Delta V_i \quad \text{para } i = 1, \dots, (n)$$

siendo $K = 2/(V_e \cdot G_a \cdot G_f)$

V_e = Voltaje de excitación del acondicionador.

G_a = Ganancia en la señal de salida del amplificador.

G_f = Factor de galga.

4.3 Se ajusta por mínimos cuadrados un polinomio de segundo grado, $D = a + b \cdot T + cT^2$, a los valores D_i - T_i , determinando los parámetros, a , b y c .

4.4 El coeficiente de dilatación térmica para el material ensayado a humedad H y temperatura T , comprendida en el rango de temperaturas ensayado, $T_{\text{mín}}$ - $T_{\text{máx}}$, se determina derivando el polinomio de segundo grado ajustado:

$$(D'), \alpha = b + 2cT$$

en donde α = coeficiente de dilatación, mm/m $^\circ\text{C}$.

b y c = constantes

T = temperatura absoluta (= $^\circ\text{C} + 273$)

4.5 Todavía no se ha determinado la precisión del ensayo.

5 CORRESPONDENCIA CON OTRAS NORMAS

Esta norma de ensayo se ha redactado de acuerdo con los estudios y experiencias ideados y desarrollados en el Centro de Estudios de Técnicas Aplicadas y en el Centro de Estudios de Carreteras, ambos del CEDEX.