

APLICACION DE LOS ISOTOPOS RADIATIVOS EN CARRETERAS DETERMINACION DE LA POSICION DE LOS MEDI- DORES DE TENSION ("VENTILGEBER") EN LOSAS DE HORMIGON. ENSAYOS DE LABORATORIO

Por ANTONIO PLATA BEDMAR
Junta de Energía Nuclear - Sección Isótopos.

y

ATILANO PEÑAFIEL MORENO
Laboratorio del Transporte y Mecánica del Suelo.

La aplicación de los isótopos radiactivos en las obras públicas presenta posibilidades insospechadas. El Laboratorio del Transporte y Mecánica del Suelo ha tenido desde hace años la preocupación de utilizarlas dentro de las ramas de su especialización; y así, fué el primero que en España empleó los isótopos radiactivos para la determinación de la humedad y densidad de los suelos; el empleo en gran escala de los aparatos comerciales con este fin, es hoy ya corriente. En colaboración con personal de la Junta de Energía Nuclear, se ha emprendido una serie de investigaciones para utilizar los isótopos radiactivos como medio de comprobación no destructiva de la correcta ejecución de las obras. El trabajo de los Sres. Plata y Peñafiel es el primero de una serie mediante los cuales iremos dando cuenta a la técnica española de posibilidades de gran interés. — EL DIRECTOR DEL LABORATORIO DEL TRANSPORTE Y MECÁNICA DEL SUELO.

Introducción.

Uno de los métodos de medida directa de las tensiones en cuerpos sólidos, desarrollado recientemente por Glötzl [1], consiste en equilibrar las tensiones originadas en el sólido mediante una presión de aceite, actuando ambas sobre una membrana.

En la figura 1.^a puede verse una fotografía de uno de estos medidores de tensión ("ventilgeber"), y en la figura 2.^a, un esquema de su funcionamiento. La tensión en el hormigón σ actúa sobre una cámara elástica estanca llena de aceite; esta tensión se transmite a una membrana que apoya sobre una base pulida, quedando entonces cerrada la válvula. Para hacer la medida se aumenta paulatinamente la presión de aceite p , que actúa sobre el otro lado de la membrana; en el momento que p es mayor que σ se produce una ligera separación de la membrana, permitiendo el retorno del aceite bombeado, e impidiendo el aumento de la presión de aceite. Utilizando una membrana suficientemente flexible y un caudal reducido de aceite, se puede lograr un estado de equilibrio entre p y σ .

Para las medidas de las tensiones en las losas de hormigón de pavimentos de carreteras, estos medidores de tensión van incluidos dentro de las losas, en una determinada dirección, generalmente en un plano vertical perpendicular al eje de la carretera. Sin embargo, durante el extendido y distribución del hormigón, se pueden producir desplazamientos de la po-

sición del medidor, por lo que es necesario determinarla exactamente después de construída la losa. Interesa medir, por tanto, las inclinaciones respecto al plano perpendicular al eje principal de las tensiones (eje de la carretera). La posición debe determinarse con una precisión de $\pm 5''$.

Para determinar esta inclinación de la cámara elástica se han empleado los dos métodos siguientes: 1.^o Gammagrafía o radiografía de dicha placa, empleando una fuente radiactiva de un isótopo emisor de rayos gamma. 2.^o Método de trazadores.

Método radiográfico.

Para simular las condiciones de la carretera se introdujeron dentro de dos bloques de hormigón de $41 \times 41 \times 15$ y $41 \times 41 \times 12$ cm., respectivamente, sendos "ventilgeber" en la misma posición con que se realizan las experiencias en aquélla. Las radiografías se llevaron a cabo con una fuente de 500 mC de ^{192}Ir , ya que este isótopo es el más adecuado para los espesores de estos bloques de hormigón (15 y 12 cm.), a través de los cuales tienen que incidir las radiaciones.

De las primeras radiografías obtenidas se dedujo que la mejor forma de determinar la inclinación de los "ventilgeber" era midiendo la anchura de la lista menos impresionada con que aparece la placa de éstos en la película revelada. Se realizaron una serie de

radiografías modificando las condiciones de las mismas, tales como distancias fuente-película, posición de la fuente, tiempo de exposición, inclinación del bloque de hormigón, etc. Los resultados obtenidos indicaron que, si bien el método era factible, pues la anchura de la línea en la película fotográfica variaba de acuerdo con la inclinación de la placa del "ventilgeber", aparecían graves inconvenientes de tipo práctico, debido a que, para pequeñas separaciones entre la fuente puntual de ^{132}I , y el bloque de hormigón,

dos aristas, superior e inferior, de la placa, localizando la desviación sobre un plano vertical de las mismas, por medio de un contador de centelleo con un colimador de una apertura muy estrecha.

Las experiencias se llevaron a cabo colocando la placa en un cajón con arena, simulando al hormigón, y con análogas dimensiones a las de éste en la carretera. El motivo de emplear arena fué debido a que, de esta forma se podía variar la inclinación de la placa a voluntad y obtener así las curvas correspon-

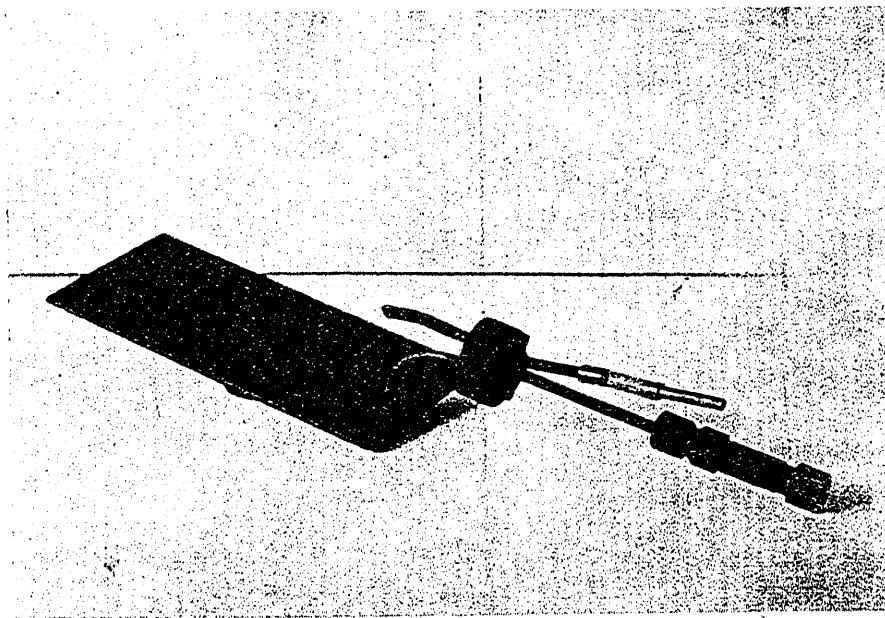


Fig. 1.^a — Fotografía de un medidor de tensiones "ventilgeber".

aquella tenía que ponerse perfectamente en línea con la placa, lo cual es imposible por desconocerse la posición exacta de ésta.

El método era, pues, únicamente factible situando la fuente sobre la carretera a bastante distancia de la superficie de la misma (más de 80 cm.), para que la posición de la placa no afectara a la anchura de la línea de la película impresionada. Pero entonces la película fotográfica había de colocarse debajo de la losa de hormigón de la carretera, para lo cual habría que colocar tubos metálicos antes del extendido del hormigón, por donde después se introduciría la película.

Método de trazadores radiactivos.

A la vista de los inconvenientes relatados para el método de localización por radiografías, se ensayó un método que consistía en colocar dos fuentes radiactivas puntuales de un emisor de rayos gamma, en las

dientes a cada inclinación, para luego, a partir de estas curvas, determinar la inclinación a que corresponden, que es lo que se pretende encontrar.

Las fuentes empleadas fueron de ^{132}I , que emite rayos gamma de 0,36 MeV de energía. En estas condiciones se hicieron experiencias con inclinaciones de la placa respecto a la vertical de 0, 3, 5, 10, 15, 20, 25, 30 y 35°, estando ésta a una profundidad, dentro de la caja de arena, incluso mayor que la que tiene generalmente en la losa de hormigón de la carretera. Las medidas se llevaron a cabo desplazando al contador de centelleo junto con el colimador de plomo sobre la superficie de la caja de arena, de la forma indicada en la figura 3.^a, con saltos de 5 mm. Los resultados obtenidos están representados en los gráficos de la figura 4.^a, en los que las abscisas indican los desplazamientos relativos del contador de centelleo a escala natural, y las ordenadas, la velocidad de conteo en cuentas por segundo, leída en el integrador.

Si se analizan estas curvas se observa que, cuan-

do la placa del "ventilgeber" se encuentra en un plano vertical, la curva obtenida tiene una forma simétrica, presentando un máximo cuando la rendija de colimación se encuentra precisamente en ese mismo plano. A medida que se va inclinando dicha placa,

radiativas. La separación de estos dos máximos debe coincidir perfectamente con la de los planos verticales donde se encuentran las fuentes radiactivas.

Por tanto, conociendo dicha separación y la distancia a que se encuentran las dos fuentes radiactivas

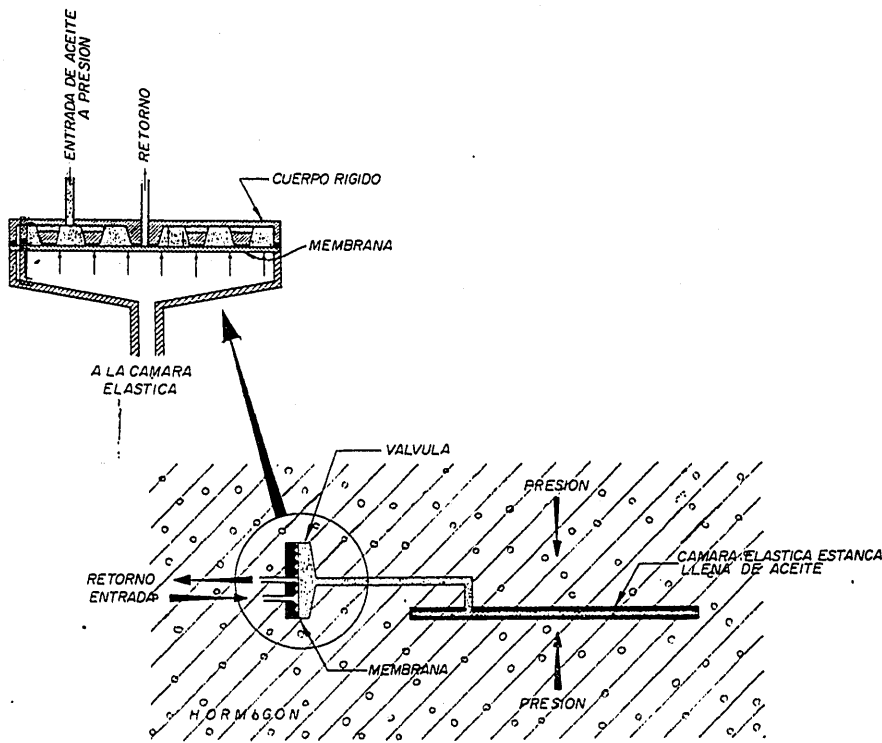


Fig. 2.ª — Esquema del funcionamiento de un medidor de tensiones.

la curva se va haciendo cada vez más asimétrica y para una inclinación mayor de 10° aparecen ya dos máximos, correspondientes a cada una de las fuentes

(en nuestro caso 7 cm.), puede determinarse fácilmente la tangente trigonométrica del ángulo de inclinación de la placa del "ventilgeber" y, con ello, dicho án-

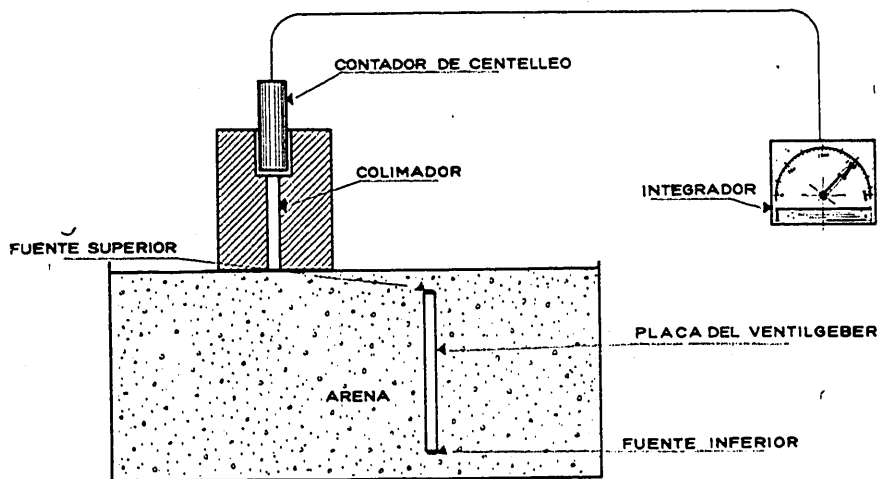


Fig. 3.ª — Esquema del método de medida con trazadores radiactivos.

gulo. En las gráficas adjuntas se indican los valores de dichos ángulos, obtenidos experimentalmente, observándose que concuerdan bastante con los ángulos reales, con un error generalmente inferior a 1° , que después trataremos de justificar.

Puesto que la sensibilidad del método aumenta con la separación entre las dos fuentes radiactivas, las experiencias se repitieron colocando dichas fuentes en los extremos de una pletina de 11 cm. de longitud, soldada a la placa del "ventilgeber". La fuente radiactiva inferior se hizo entonces unas quince veces mayor que la superior, para compensar la mayor absorción en la arena y distancia de aquélla. Los resultados obtenidos (fig. 5.^a) indican que en estas condiciones es posible determinar con bastante exactitud, inclinaciones de la placa desde 3° en adelante y que, incluso, una inclinación de 1° puede ya adivinarse observando la asimetría de la curva obtenida.

Los errores cometidos en la determinación de la inclinación de la placa de los "ventilgeber" pueden reducirse considerablemente, mejorando las condiciones experimentales, especialmente en lo que se refiere a los siguientes puntos:

1.º La superficie sobre la cual se desplaza el contador de centelleo colimado debe ser perfectamente horizontal, lo cual puede controlarse por medio de un nivel.

2.º La dirección del desplazamiento del contador de centelleo debe ser completamente perpendicular al eje longitudinal del "ventilgeber". Para ello es nece-

sario conocer la posición de dicho eje; esto puede solucionarse sin la menor dificultad, fijando al "ventilgeber" una tercera fuente radiactiva en el extremo del mismo opuesto a la placa, y localizando la posición de esta fuente con respecto a las de dicha placa. Esta inclinación del eje longitudinal del "ventilgeber", respecto al eje de tensiones, también nos interesa conocerlo para la corrección de los valores observados.

3.º Las fuentes radiactivas pueden hacerse aún más puntuales que las utilizadas en las experiencias del laboratorio, lo cual haría mejorar la resolución del método.

4.º El colimador improvisado para las experiencias del laboratorio puede mejorarse mucho en el sentido de darle más espesor de plomo, rendija de colimación de forma angular, protección con plomo del cristal de centelleo para eliminar mejor el fondo y frenar las radiaciones que inciden lateralmente, etc.

5.º Por último, cabe la posibilidad de construir un soporte metálico sobre el cual se desplace el contador de centelleo, de forma continua, accionado por un motor, conectándose entonces la salida del integrador a un registro gráfico, donde quedarían dibujadas con mayor fidelidad las curvas de los dos máximos que indican la separación de las fuentes.

Bibliografía.

- F. Glöt 1: "Unmittelbare Spannungsmessung in Beton und Baugrund". *Der Bauingenieur*, 33, 190-195, 1958.