

- Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento -

684 - 29 HORMIGONES ARMADOS CON FIBRA DE VIDRIO

(Utilisation des fibres de verre pour armer le béton)

M. Kohl

De: "LA TECHNIQUE MODERNE - CONSTRUCTION", tomo VIII, nº 8,  
Agosto 1953, pág. 265.

- - -

La idea de emplear fibras de vidrio para armar el hormigón, en sustitución del acero, fué expuesta por primera vez por R. Freyssinet (Deutscher Betontag, 1949), y tratada posteriormente por B. Rubinsky, de la Universidad americana de Beirut. W. Gunschmann (Zeitschr. Glas, Email, Keramo Technik 8, 1951, 265), ha subrayado también la importancia del vidrio como material para armar el hormigón, pero sus ideas resultan insatisfactorias por partir de un falso concepto de resistencia.

La desventaja mecánica, que presenta el hormigón, de una resistencia a tracción muy baja, es compensada por la armadura de acero; ahora bien, el vidrio presenta también, en forma de fibra, excelentes propiedades mecánicas y químicas que le permiten sustituir a aquél.

A continuación, se indican algunas cifras para la resistencia a tracción. Es de tener en cuenta que las fibras de vidrio poseen, según el procedimiento de fabricación, distintos diámetros y resistencias.

- 1º Fibras estiradas a través de una hilera con aberturas de 5-7 micras de diámetro, resistencia de 100 a 120 Kg/mm<sup>2</sup>, máxima 140.
- 2º Fibras prensadas a través de una hilera con aberturas de 5-10 micras de diámetro, resistencia de 100 a 110 Kg/mm<sup>2</sup>, máxima 128.
- 3º Fibras estiradas a partir de varillas a través de una hilera de 7-10 micras de diámetro, resistencia de 150 a 160 Kg/mm<sup>2</sup>, máxima 200.

La resistencia depende del diámetro y disminuye al aumentar la sección. La fig. 20 representa estas relaciones para una fibra preparada por el primer procedimiento. Como las fibras sencillas resultan excesivamente finas, se forman hilos con ellas, que a continuación se trenzan en cordeles que ya son utilizables técnicamente.

Como los distintos hilos que constituyen cada uno de los mencionados cordeles no están estirados de un modo exactamente igual, la resistencia disminuye al aumentar el diámetro (fig. 21). Se ha objetado que la resistencia disminuye con la humedad, lo cual se explica del siguiente modo: en algunos puntos de la fibra permanecen residuos de gel de sílice en pequeñas cantidades, que se hinchan por la acción de la humedad (admiten del 0,10 al 0,15%) y dan lugar a un aumento de la tensión interna, provocando de este modo un descenso de la resistencia del 5 al 9%. Cuando la fibra se deseca de nuevo, se recupera la resistencia.

La fibra de vidrio, a temperatura normal, puede con

siderarse como material perfectamente elástico y posee un módulo de elasticidad  $E = 7.000 \text{ Kg/mm}^2$ . El alargamiento de rotura se eleva a alrededor del 1,5%.

Considerando el módulo de elasticidad,  $E$ , en función de la temperatura, se observa que no disminuye hasta que empieza el movimiento molecular. Al mismo tiempo, comienza a manifestarse la plasticidad, pero ésta sólo interviene a partir de la temperatura de transformación. El alargamiento en la zona elástica se eleva, según el método de fabricación y el tratamiento previo, a 1-1,5% para los hilos y al 3% para los cordones (fig. 22).

El coeficiente de dilatación térmica vale aproximadamente  $4,9 \cdot 10^{-6}$  y, como indica la fig. 23, aumenta muy lentamente hasta el punto de transformación, pero por encima de éste varía con gran rapidez. El reblandecimiento de la fibra de vidrio se produce hacia los  $676^\circ\text{C}$  y la fusión hacia los  $843^\circ\text{C}$ .

En cuanto a propiedades químicas, la fibra de vidrio resiste a la humedad, a los ácidos orgánicos, a los ácidos inorgánicos débiles y a las lejías alcalinas débiles, pero es susceptible a la acción de los álcalis y los ácidos fuertes. La fibra técnica destinada a la construcción está exenta de óxidos alcalinos y puede impregnarse para hacerla resistente a todos los ácidos, excepto al HF.

En cuanto al empleo de la fibra de vidrio para armar el hormigón, se supone que la superficie de la misma constituye el punto de partida para el fraguado del hormigón, de donde resulta una excelente adherencia entre ambos materiales. Contribuye a ésta la analogía de propiedades entre la fibra de

vidrio y el hormigón, como demuestra la siguiente tabla:

Módulo de elasticidad	Resistencia a tracción en Kg/mm <sup>2</sup>	Alargamiento %	Coefficiente de conductividad térmica	Coefficiente de dilatación térmica	
2.000 - 4.500	0,35 - 1	0,02	0,8 - 1,1	$9 - 11 \cdot 10^{-6}$	Hormigón
7000	100	1,50	0,6 - 0,9	$4,9 \cdot 10^{-6}$	Fibra de vidrio.
19.000 - 21.000	38 - 185	4 - 8	52	$1,4 \cdot 10^{-5}$	Aceros de armar.

También se recomienda el empleo de armaduras de fibra de vidrio para los elementos pretensados. El tesado y hormigonado tienen lugar de modo análogo al caso del acero.

Suponiendo cordones de fibra de vidrio de una sección de 3,2 mm de diámetro, la carga de ruptura de 1 Kg de fibra de longitud 1 m sería 34.000 Kg. Por el contrario, 1 Kg de alambre de acero (St 185) de 1 m de longitud soportaría únicamente 23.500 Kg.

En cuanto al aspecto económico, se debe tener en cuenta que la producción de fibras de vidrio se encuentra en sus comienzos y que, probablemente, mejorará de un modo continuo. Dado el bajo coste de las materias primas y de la fabricación, la producción de cordones de fibra de vidrio puede llegar a ser tan rentable que resulte posible su empleo para armadura de hormigones. L. S. C.

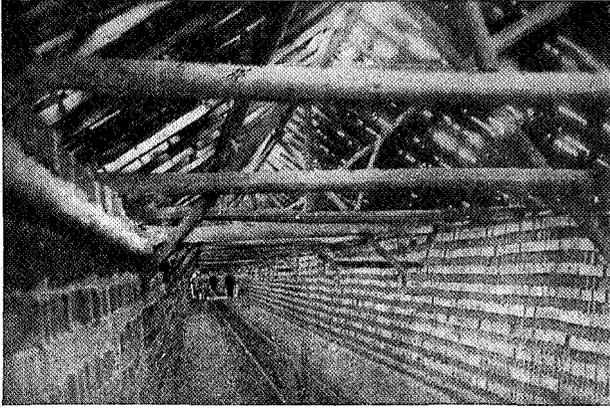


Fig. 17.

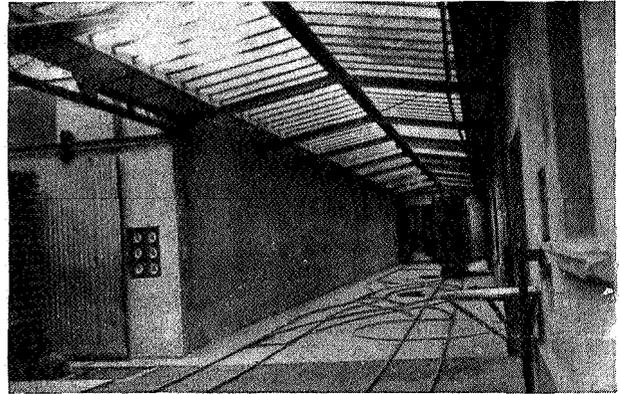


Fig. 18.

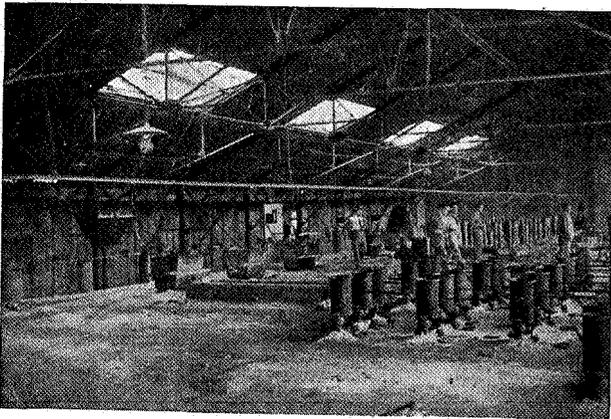


Fig. 19.

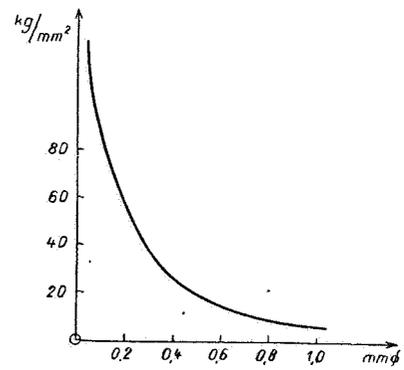


Fig. 20.—Curva de resistencia de la fibra de vidrio.

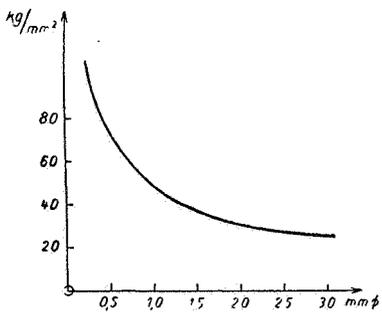


Fig. 21.—Resistencias de la fibra de vidrio trenzada en cordones (fibras de 5-7 micras de diámetro).

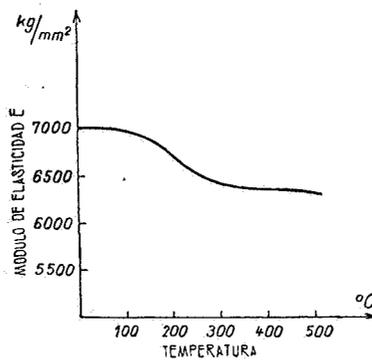


Fig. 22.—Dependencia del módulo de elasticidad con la temperatura.

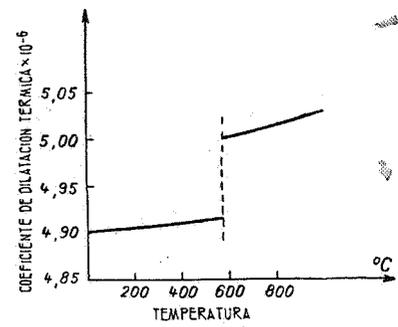


Fig. 23.—Coeficiente de dilatación térmica en función de la temperatura.