687 - 19

esclerómetro rotativo automático

J. M. TOBÍO
Dr. en Química Industrial

RESUMEN: Se describe un aparato sencillo para la determinación de la dureza superficial de los aglomerantes hidráulicos y se da cuenta de algunas experiencias previas con probetas de mortero y pasta pura de cemento.

I.—INTRODUCCION

En un trabajo anterior⁽¹⁾ se discutían las posibilidades de algunos aparatos y dispositivos encaminados a determinar la resistencia del hormigón en obra. Entre los métodos basados en medidas superficiales (bola, rebote, perforación y otros), el esclerométrico parece ofrecer algunas ventajas por su sencillez y rapidez de ejecución.

En fechas recientes, D'Elia⁽²⁾, Sanpaulesi y Cartei⁽³⁾, Petersen y Stoll⁽⁴⁾ y otros, han llevado a cabo estudios comparativos entre las resistencias del hormigón y los resultados de los ensayos superficiales. (Véase bibliografía incluida en ⁽¹⁾).

Cualquier método de medida de tipo superficial adolece del defecto fundamental de tener que deducir las propiedades de una masa sólida, a partir de las características de su superficie. Esta deducción es válida sólo a medias, por razones que no es del caso explicar aquí.

En el interesante estudio de Sanpaulesi y Cartei⁽³⁾, que han trabajado con el esclerómetro suizo E. Schmidt, sobre cubos de hormigón, se muestra que el error cuadrático medio, cometido al tratar de relacionar las lecturas del esclerómetro con las cargas de rotura (a compresión) de las probetas, es de un 27 por 100 aproximadamente, cifra que parece algo excesiva.

En la presente Nota se hace una breve descripción de un nuevo modelo de esclerómetro eléctrico y se dan los resultados de los primeros ensayos, realizados sobre probetas de pasta pura de portland normal y de mortero de arena fina.

II.—DESCRIPCION DEL ESCLEROMETRO

El aparato, construido en los laboratorios del Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento, se basa en producir sobre la superficie de una probeta en ensayo, totalmente plana, tres huellas circulares suficientemente próximas, por medio de tres puntas de Vidia (carburo de wolframio), de dureza parecida a la del diamante, que giran impulsadas por un motor síncrono trifásico.

El aspecto exterior del aparato, cuyas dimensiones totales son 21 x 13 x 12,5 cm, puede verse en la fig. 1. Su peso total es de 4 kg.

Las puntas de Vidia son modelos comerciales E (Norma DIN E. 4966) de dureza H-1. Van montadas sobre un plato giratorio de latón de 43 mm de diámetro y 5 mm de grueso, con un ángulo de 36° con respecto a los radios del plato (fig. 2). Un detalle de las puntas de Vidia así como de la embocadura o anillo de apoyo del aparato, puede verse en la fig. 3.

Fig. 1.—Aspecto exterior del aparato.

Las distancias de las puntas al eje de giro del instrumento son respectivamente 9,0, 9,7 y 10,4 mm por lo que la huella trazada es la resultante de tres círculos concéntricos que se solapan. En la fig. 4 puede verse un primer plano de una de estas huellas.

Fig. 2.—Detalle del plato rotativo: (R) sentido de giro; (V,V,V) puntas de Vidia; (T,T,T) tornillos. Escala 1:1.

Fig. 3.—Embocadura del aparato y plato rotativo.

El plato con sus tres puntas rascadoras gira a 30 r. p. m. impulsado por un motor HUGHES

Fig. 4.—Aspecto de una huella o surco sobre una probeta.

M-25, Mk. 1, 3 fases, 3.000 r. p. m., a 220 voltios, provisto de un reductor de velocidad de relación 1:100. El eje principal va unido a un contador mecánico de vueltas con escala hasta 9.999.

Para que se produzca la huella sobre la superficie a la que se aplican las puntas, se necesita un potente resorte que mantiene una presión constante, aunque modificable a voluntad. La profundidad de la huella trazada puede oscilar entre 0,5 y 1,5 mm y debe fijarse de antemano.

Hay un dispositivo eléctrico, con un juego de contactos y un relé, que para automáticamente el aparato una vez que la huella trazada tiene la profundidad requerida, y que es constante para todos los ensayos.

También existen tres contactos eléctricos que se cierran solamente en el caso de que la superficie sobre la que se trabaja sea totalmente

plana, y que provocan el encendido de una luz piloto, que ha de mantenerse iluminada durante todo el tiempo que dure la medida (dispositivo de alarma). En la fig. 3 pueden apreciarse estos contactos.

La fig. 5 es el esquema mecánico-eléctrico completo del aparato y en él pueden verse el relé de arranque, contactos, etc. La fig. 6 muestra el aparato desprovisto de su caja. Pueden apreciarse algunos detalles de la construcción interior así como la embocadura de ataque (E).

III.—FUNCIONAMIENTO DEL APARATO

Una vez conectado el enchufe (RED) (fig. 5) a una toma de corriente alterna de 220 voltios, se aplica el aparato contra la superficie en

Fig. 5.—Esquema mecánico-eléctrico del esclerómetro: (P) plato giratorio; (V) puntas de Vidia; (S,S,S) superficie de la probeta; (R) resorte principal; (T) tornillo de ajuste de presión de las puntas; (E) engranaje; (M) motor HUGHES Mk-1; (H) contador de revoluciones; (I₁) interruptor de presión; (I₂) contactos del dispositivo de alarma (hay 3 iguales); (I₃) contactos de parada automática; (I₄) contactos del relé; (RL) relé de 2.000 ohmios; (L) lámpara piloto 220 V/3 W; (R₁) resistencia 10.000 ohmios/10W; (C₁) condensador TCC, Visconol, 0,75 MFD, 240 VAC; (C₂) condensador electrolítico 16 μ F/180 V; (D) diodo de selenio 125V/100 mA; (RED) enchufe de corriente; (E) embocadura del aparato; (X,Y,Z) conexiones del motor; (F) mando de los contactos I₃.

examen (S,S,S), apretando fuertemente y venciendo la presión del muelle principal (R). En este momento se cierran los contactos (I_2)

Fig. 6.—Vista interior del aparato.

e (I_3). El cierre de los contactos (I_2), de los cuales hay tres, distribuidos en la periferia de la embocadura (E) en ángulos de 120° , conectados eléctricamente en serie, provoca la iluminación de la lámpara (L), indicando que el aparato está dispuesto para funcionar.

Entonces se oprime un solo instante el botón (I_1), con lo cual la corriente que entra por (a) en (RED) pasa a la resistencia (R_1), al rectificador de selenio (D), al bobinado del relé (RL), contactos (I_3), interruptor (I_1) y conexión (b) en (RED). Al quedar excitado (RL) se cierran los contactos (I_4) y el motor (M) recibe corriente por los caminos (a)-(X), (b)-(I_4)-(I_3)-(Z) y (b)-(I_4)-(C_1)-(Y), poniéndose en marcha.

Cuando las puntas (V) van abriendo el surco en el material, el vástago (F) va descendiendo,

juntamente con el plato giratorio (P), y cuando se alcanza la profundidad de huella o surco prefijada, los contactos (I_3) se abren, el relé (RL) deja de excitarse, abriéndose (I_4) y parándose inmediatamente el motor (M). En este momento el motor no puede ponerse en marcha de nuevo aunque se vuelva a oprimir el botón (I_1).

El cuenta-vueltas (H) indica el número de revoluciones dadas por el plato principal (P). Este número de revoluciones es el «índice esclerométrico».

IV.—EXPERIENCIAS REALIZADAS

Como ya se indicó en I, una vez construido el aparato se llevaron a cabo dos series de experiencias en el laboratorio, para investigar la posible concordancia entre las lecturas del índice esclerométrico (I.E.) y las cargas de rotura (a compresión) para probetas de pasta pura y mortero.

Los ensayos se realizaron midiendo durezas superficiales en las cuatro caras laterales de probetas cúbicas de $7 \times 7 \times 7$ cm y tomando la media aritmética de las cuatro lecturas. Dichas probetas se rompieron, a continuación, en una prensa ICON de 25 ó 120 Tm según la edad de las probetas.

En todos los casos se utilizaron cementos portland ordinarios, amasados con el agua requerida para consistencia normal. Las probetas de mortero se confeccionaron con arena silícea pasada por tamiz de 1 mm de malla, y con relaciones cemento/arena entre 1:3 y 4:1. Todas las probetas se conservaron bajo agua y, antes de realizar el ensayo esclerométrico, se dejaron secar en el ambiente del laboratorio durante 6 horas.

Hasta el momento no nos ha sido posible realizar el gran número de ensayos que es necesario para la comprobación de un aparato de este género. En el apartado que sigue se muestran los primeros resultados obtenidos.

V.—RESULTADOS EXPERIMENTALES

El sistema de medida utilizado (cuatro medidas de I.E. sobre cada probeta) permite hallar valores medios, más convenientes que

el proporcionado por una sola determinación. La dispersión de lecturas suele ser bastante aceptable, como se muestra en la Tabla I que corresponde a una experiencia, tomada al azar, realizada con pasta pura, 30,8 por 100 de agua de amasado, a diferentes edades.

TABLA I

Edad días	Número de vueltas en cada cara	I. E.	Resistencia kg/cm ²
1	3+ 3+ 3+ 3	3	131
2	8+14+13+19	13,5	310
3	16+23+20+20	19,75	341
4	25+23+33+24	26,25	443
5	30+58+42+24	38,5	547
6	70+86+66+59	70,25	570
7	85+73+56+71	71,25	590
8	128+76+91+96	97,75	640

En muchos casos, las diferencias anómalas en las lecturas fueron debidas a la presencia de oquedades en las probetas (no visibles superficialmente) o a defectos de fabricación de las mismas. Este aparato, como todos los que se basan en medidas superficiales, requiere una cierta práctica para juzgar sobre la veracidad de las lecturas obtenidas. En ocasiones, un defecto de la superficie, la presencia de un árido muy superficial, una grieta, etc., obligan al operador a desechar algunas medidas que falsearían considerablemente el resultado.

Las gráficas de la fig. 7 constituyen un resumen de los resultados encontrados y muestran la dispersión de los mismos. Puede observarse que las gráficas representativas no son rectas (como sería deseable) sino más bien curvas asintóticas.

En la fig. 7 se han representado los valores obtenidos tanto con probetas de pasta pura como de mortero. Suponiendo que las gráficas A y B representasen la correlación entre índices esclerométricos y resistencias a compresión, se han dibujado, a ambos lados de

Fig. 7.—Relación I.E.-resistencia, para pastas puras y morteros.

Ay B otras curvas que corresponden a los valores $A + 15\% A$; $A - 15\% A$; $B + 15\% B$ y $B - 15\% B$, es decir, abarcando un campo de valores comprendidos entre un margen de error de $\pm 15\%$. Dentro de este margen habrán de hallarse, con cierta probabilidad, los valores verdaderos de resistencia a compresión correspondientes a un I. E. dado.

En el caso de probetas de pasta pura —gráfica A— las indicaciones del aparato parecen válidas en un amplio margen, incluso hasta resistencias de $500 - 600 \text{ kg/cm}^2$. No puede decirse lo mismo de los morteros. La curva B muestra que la validez del esclerómetro resulta muy dudosa para valores del I. E. superiores a 70, que corresponden a unos 400 kg/cm^2 . Las variaciones del I. E. son demasiado grandes para pequeños cambios en la resistencia.

Ciertamente que el número de ensayos llevados a cabo hasta la fecha es muy escaso y no permite sacar conclusiones que presenten una cierta validez. Por otra parte, el calibrado del aparato depende en grado sumo de la presión ejercida por el muelle (R) (fig. 5) y controlada por el tornillo (T). Para diferentes posiciones de éste corresponderían distintos campos de medida «óptimos», por ejemplo $100 - 300 \text{ kg/cm}^2$, $300 - 500 \text{ kg/cm}^2$, etc.

Este ajuste de (T) permite modificar el aparato, adaptándolo al margen de resistencias preferido.

VI.—OBSERVACIONES FINALES

En esta Nota se describe con algún detalle un nuevo tipo de esclerómetro rotativo automático, susceptible de ser utilizado para la

determinación de la dureza superficial de algunos materiales de construcción: cemento, morteros, yeso, etc.

El aparato es sólido, de funcionamiento seguro, manejo muy sencillo y permite realizar ensayos no destructivos tanto en el laboratorio como en obra.

Aunque los trabajos para el calibrado y comprobación del esclerómetro no han sido todavía concluidos, puede anticiparse ya que, al menos para algunos campos de medida, sus indicaciones servirán de orientación para juzgar sobre la resistencia probable de morteros y hormigones, en los cuales las caras superficiales sean planas, relativamente homogéneas y exentas de áridos gruesos, fisuras, grietas y coqueas.

BIBLIOGRAFIA

- (1) TOBIO, J. M. *Resistencia del hormigón en obra*. Informes de la Construcción, 682-10, Octubre, 1956.
- (2) D'ELIA, P. *Industria Italiana del Cemento*, Marzo, 1955.
- (3) SANPAOLESI, L. y CARTEI, B. *Empleo del esclerómetro en el examen de los hormigones*. Atti Ist. Sci. Costruzioni, (Pisa), núm. 54, 1956.
- (4) PETERSEN, P. H. y STOLL, U.W. *Relaciones entre el ensayo al martillo y el sónico*. J. A. C. I., 904, Abril, 1956.