

Una mirada a la tomografía de hormigón armado

La capacidad de carga de una estructura de hormigón armado (viga, columna, losa, balcón, etc.) depende de la calidad del concreto y de la cantidad y ubicación de la armadura, es decir, de las varillas de acero en su interior. El concreto aporta a la estructura resistencia a la compresión mientras que el acero le da resistencia a la tracción. La Tomografía de Hormigón Armado o THA es la única técnica capaz de brindar información sobre la armadura con la precisión necesaria para poder verificar una estructura de cierta complejidad.

La THA es similar a la tomografía computada usada en medicina salvo que utiliza radiación gamma^{NE}, en lugar de X. La

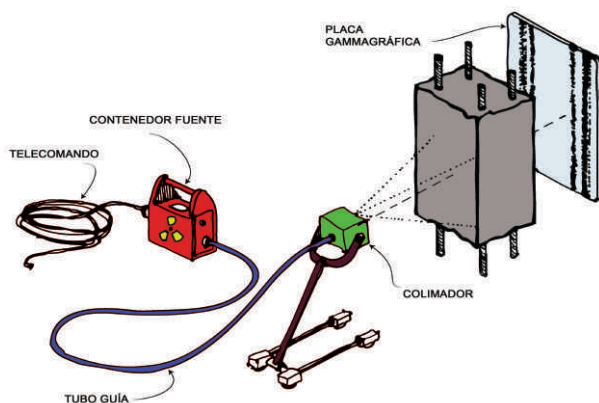


Fig. 1. Esquema de un equipo de gammagrafiado de hormigón. La fuente cuando no se usa está alojada en el contenedor y al realizarse la medición ésta es desplazada al colimador mediante un telecomando y un tubo guía.

radiación gamma es ventajosa para el trabajo en hormigón porque es más penetrante y el hormigón es unas 2,5 veces más denso que el cuerpo humano, y además porque las fuentes de radiación gamma -sustancias radioactivas- no requieren energía eléctrica y son más fáciles de transportar que un equipo de rayos X.

En ambos casos, tanto en medicina como con el hormigón, se trata de medir la intensidad de la radiación que atraviesa el objeto cuyo interior se desea estudiar. Por lo tanto estos métodos necesitan una fuente de radiación ubicada a un lado del objeto y un elemento de registro de la radiación del otro lado. Este elemento de registro en general es un film (radiografía) o un sistema radiométrico, es decir, que usa detectores de



Autor:
Mario A. J. Mariscotti

Doctor en Física (UBA)

Ex Director de I+D (CNEA)

Ex Presidente de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Nat.

Director-Fundador de la empresa Tomografía de Hormigón Armado S.A.

Recibió importantes premios (*)

radiación en lugar de un film.

Una radiografía es una imagen bidimensional de la proyección de los elementos en el interior del objeto de estudio que tienen una densidad diferente de éste (p.ej. huesos en el cuerpo humano o hierros en el hormigón). La radiografía indica la presencia de esos elementos y de su condición (p.ej. si el hueso está roto o el hierro corroído) pero no de su tamaño, forma y ubicación. Esta información la proporciona la "tomografía" que se obtiene a partir del análisis de un cierto número de mediciones radiográficas o radiométricas de un objeto.

Cuando no se conoce a priori la forma del elemento cuyo tamaño y ubicación se desea determinar, es necesario tener datos en mucho ángulos distintos y este es el caso en medicina. Cuando la forma del elemento es conocida (o puede suponerse conocida) como es el caso de las armaduras en el hormigón (que tienen forma cilíndrica), el problema de la reconstrucción tomográfica se simplifica y puede resolverse con sólo dos mediciones a distintos ángulos. En realidad, también es en principio posible resolverlo con un único ángulo midiendo no sólo la sombra proyectada por la varilla sino también la "penumbra"¹.

La Fig. 1 ilustra esquemáticamente un arreglo simple para obtener "gammagrafías" sobre las cuales, como fue mencionado, luego se trabaja para obtener la tomografía. El "sistema fuente" incluye la sustancia radioactiva que es una pequeña pastilla cilíndrica de 2 mm de diámetro; un contenedor con blindaje donde la fuente se

aloja cuando no se usa; un telecomando con tubos guías para desplazar la fuente desde el contenedor hasta el colimador y el colimador que blinda la radiación en todas las direcciones excepto la que apunta al objeto de estudio. La Fig. 2 muestra la gammagrafía real de una columna y su

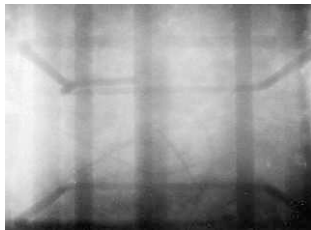
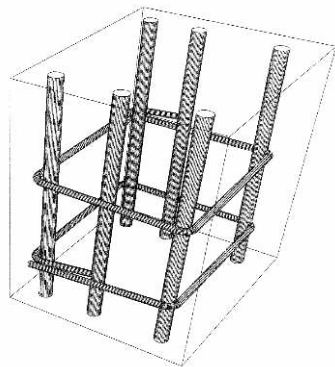


Fig. 2. Gammagrafía de una columna y su reconstrucción tridimensional. La gammagrafía proporciona una imagen bidimensional en donde los hierros más alejados de la placa proyectan una sombra mayor a mayor distancia del centro.



reconstrucción tridimensional.

El uso de radiación gamma para inspeccionar piezas de hormigón armado y obtener información 3D (tomografía) de las armaduras se conoce desde mediados del siglo pasado². Sin embargo el desarrollo de una metodología práctica para ser usada en estructuras reales fue realizado en la Argentina, en la década pasada, y la misma ha sido aplicada a miles de elementos estructurales desde entonces³.

La historia de este desarrollo comenzó con la aplicación de radiación gamma para averiguar si se había cometido un fraude en el hormigonado de un túnel realizado para colocar cables telefónicos bajo vías del ferrocarril. Las normas exigen que los caños subterráneos dentro de los cuales se tienden los cables telefónicos, sean protegidos con una capa de unos 20 cm de concreto. En el caso del túnel hubo algunos indicios de que el contratista había sólo hormigonado las puntas del mismo. Para confirmarlo se desplazó una pastilla radioactiva en forma secuencial cada 50 cm dentro de uno de los caños subterráneos a 2,50 m de profundidad y a cada paso se registró la intensidad de la radiación gamma sobre la superficie. La existencia de una capa de hormigón debía reflejarse en una disminución de la intensidad de la radiación medida sobre la superficie y esto se observó sólo en los primeros 3 m del túnel.

Los trabajos realizados por estas técnicas incluyen el estudio de puentes, establecimientos industriales, tesoros bancarios, pilotes submarinos, silos, estadios deportivos, edificios públicos y

privados y monumentos. En general el uso de la THA responde al pedido de ingenieros civiles que desean conocer el estado de la estructura en el caso de edificios a reciclar, o con patologías debidas a vicios en su construcción o simplemente a problemas derivados del uso o envejecimiento natural de las estructuras (por ejemplo corrosión de la armadura).

Algunos casos ilustrativos³ son por ejemplo la verificación de las armaduras en la columnas del edificio del diario La Nación en Tucumán y Bouchard de la ciudad de Buenos Aires, cuando se encaró el proyecto de construir 10 pisos adicionales por encima de los 6 existentes, o la determinación de 96 lugares en 4 vigas de un puente sobre Río Solís en Uruguay en donde realizar perforaciones para colocar tensores transversales a las vigas de modo de

hacerlo sin dañar las armaduras y con la condición de que cada conjunto de cuatro debía estar alineado. En la Basílica de Luján se estudiaron varios elementos ornamentales, en particular los dragones colgantes para verificar el estado de los elementos metálicos internos. Una aplicación de mucha actualidad en el hemisferio norte es la determinación de vacíos en las vainas de grandes vigas "postensadas"⁴. Este tipo de estudio se realizó por primera vez en el complejo de Zarate Brazo Largo, detectándose algunos lugares con defectos severos y más recientemente en un puente en Portugal.

- (*) Entre otros premios recibidos por el autor figuran:
- Konex en Física Nuclear (Argentina -1983)
 - 1er. Premio MERCOCIDADES (MERCOSUR-2001)
 - Tech Museum Awards Laureate 2002 (USA-2002)
 - Konex en Desarrollo Tecnológico (Argentina 2003)

Referencias

- ¹ US Patent 5,828,723, Mariscotti M.A.J. "Process for determining the internal three-dimensional structure of a body opaque to visible light by means of radiations from a single source, specially suitable for reinforced concrete parts".
- ² L. Mullins and H.M. Pearson (1949), "The X-Ray Examination of Concrete", *Civil Engineering and Public Works Review*, London, Vol. 44, No. 515, pp. 256-258.
- ³ Más datos pueden verse en la página web de la empresa Tomografía de Hormigón Armado S.A.: www.thasa.com.
- ⁴ Mariscotti, M. A.J. et al. "Gamma-Ray Imaging for Void and Corrosion Assessment" em *Concrete International*, 2009, Vol. 31, No. 11, p. 48-53 and on line appendix.

Nota de la Editorial: Radiación Gamma: es un tipo de radiación electromagnética que emiten ciertas sustancias radiactivas. Es ionizante porque al interactuar con la materia origina en la misma partículas con carga o iones. Constituye un tipo de radiación capaz de penetrar la materia más profundamente que la radiación alfa o beta, y lo hace de forma similar a los Rayos X que se utilizan en las radiografías médicas y odontológicas.



Instituto de Energía y Desarrollo Sustentable
Comisión Nacional de Energía Atómica

Tel: 011-4704-1485 www.cnea.gov.ar/ieds

Av. del Libertador 8250 - (C1429BNP) C. A. de Buenos Aires - República Argentina

Año de edición: 2010 ISBN: 978-987-1323-12-8