

04.84.09

-490-
CONTROL DE CALIDAD EN PAREDES DE HORMIGÓN
DE GRAN ESPESOR DESTINADAS A BLINDAJE

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA.
* DEPARTAMENTO FUENTES INTENSAS DE RADIACION
** DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE PLANTAS QUIMICAS
NECESIDADES DE ENSAYOS.

ARACAMA, Julio A. **
CANNISTRACCI, Carlos A.
SAN PEDRO, Marcelo **

C. N. E. A. Biblioteca	ARCHIVO PUBLICACIONES	ANO	1984
		NO	1

Debido a que la complejidad del montaje interior de las zonas de proceso no permitiría la reparación de las paredes en caso de aparecer oquedades que disminuyeran la capacidad blindante, se debió analizar las posibilidades de ensayos en obra antes de comenzar con el montaje.

El problema de los tiempos muertos de construcción y montaje por ensayo, motivó la búsqueda de un sistema con el cual se pudiera realizar gran cantidad de puntos de ensayos en corto tiempo.

Por lo tanto quedaban cuatro alternativas:

- a) Esclerometría.
- b) Métodos radioactivos (radiometría y gammagrafía)
- c) Ultrasonido.
- d) Métodos no experimentados (disipación de calor).

Asimismo se planteó la necesidad de dar una correcta evaluación estadística a los resultados de los métodos empleados por lo cual se realizó un programa de computadora con dicho propósito.

De un análisis de factibilidad en relación tiempo-factibilidad se decidió utilizar el método de ultrasonido en primer término por rapidez y validar sus resultados a través de la gammagrafía y radiometría.

ENSAYOS DE ULTRASONIDO.

Características de la obra y de los ensayos realizados.

Los hormigones blindantes fueron realizados con áridos silíceos convencionales y cemento Portland normales argentinos.

Las densidades obtenidas oscilan alrededor de los 2.35 Kg/dm³. y las armaduras de acero natural llegaron a los 210Kg/m³. de hormigón en las zonas de nudos, empalmes o encuentro de elementos estructurales.

Los muros varían en espesor desde 50 cm. hasta 100 cm. con doble armadura en ambos caras con hierros de 16mm. de diámetro cada 11 cm. de separación vertical y horizontal (Ver Fig. 1).

Por otra parte los pasamuros de proceso y los insertos de acero inoxidable que sirven de anclaje para los equipos de planta llegan a abarcar un 30% de la superficie total de las paredes de hormigones blindantes (ver Fig.2 - Corte-).

Siendo la zona que se encuentra vinculada con la de operación de 3,20m. de altura y 40 m. de largo, esta zona es la que se debió analizar para cuantificar su capacidad blindante frente a la radiación gamma producida por el proceso.

La cuadrícula trazada no obedecía en tamaño a una relación de dosis en la pared, sino a una distribución de armaduras. Se decidió que la separación de 11 cm. en vertical y horizontal sería la más conveniente dado que se podrían evitar las influencias de las armaduras de ambas caras de la pared.

Para determinar la fiabilidad del método ultrasónico se realizaron ensayos previos en los modelos escala 1:1 que fueron realizados con el fin de capacitar al personal y poner a punto los procedimientos constructivos dado que los colados no se realizaron en las condiciones consideradas convencionales, ya que además de las grandes cantidades de armadura se debió hormigonar las paredes de 1 m. de espesor y 8 m. de altura en una sola etapa para evitar juntas de hormigonado las cuales podrían presentar faltas de compacidad o presencia de planos de solución de continuidad.

En dichos modelos se realizaron las mismas cuadrículas ya mencionadas y luego de determinar las velocidades de propagación y analizar sus parámetros estadísticos se extrajeron testigos de 10 cm. de diámetro y 1 m. de largo (todo el ancho de la pared) para determinar las propiedades físicas y mecánicas del hormigón del modelo.

Los ensayos se dividieron en:

I- Tareas de obra

- a) Determinación de la ubicación de armaduras.
- b) Trazado de cuadrículas en correspondencia con el punto anterior.
- c) Determinación del tiempo de propagación.
- d) Extracción de testigos.

II- Tareas de gabinete y laboratorio

- a) Determinación de la velocidad de propagación.
- b) Determinación de propiedades físicas:
 - 1) Densidad lineal (sobre 4 partes del testigo).
 - 2) Absorción de agua.
- c) Determinación de propiedades mecánicas:
 - 1) Tensión de rotura modificada por esbeltez.
 - 2) Módulo elástico secante.

De lo anterior, surgieron las siguientes conclusiones sobre las características de los modelos:

- 1) La uniformidad de la densidad lineal es apreciable con valor medio $2,39 \text{ Kg/dm}^3$. σ y δ
- 2) El módulo elástico medio es de 300.000 Kg/cm^2 .
- 3) La dispersión de las velocidades de propagación es muy baja, en el orden del 2%.
- 4) La absorción fue del orden del 4% en peso, lo cual confirma el dato del punto 1) referente a la relación de compacidad/densidad.

PROGRAMA DE EVALUACION DE RESULTADOS

Cargando en la computadora los resultados de los ensayos, ya sea ultrasonido o fuente radioactiva se realizaron las siguientes determinaciones:

- a) Valor medio.
- b) Desviación media.
- c) Desviación típica.
- d) Momentos estadísticos de 1º, 2º, 3º y 4º orden.
- e) Estimador de sesgo.
- f) Estimador de curtosis.
- g) Histograma (graficación).
- h) Ojiva de frecuencias relativas (graficación).
- i) Fiabilidad del valor M_i (considerado valor límite).
- j) Evaluación de la correlación de resultados con diferentes tiempos de Fittings:
 - Exponencial
 - Polinómico
 - Logarítmico

Estas determinaciones se pueden realizar, ya sea para la totalidad de las estructuras o en forma comparativa sobre las zonas parciales que se deseen para realizar el estudio de confrontación según las dificultades de colocación, espesores o diferentes tipos de granulometrías.

ENSAYOS POR METODOS RADIOACTIVOS

Radiometría.

De acuerdo con la necesidad de verificar el poder blindante expresado en el comienzo de este trabajo, se introdujo la variante de contrastar las respuestas del ultrasonido a través de radiometría primero y gammagrafía después. La radiometría fue utilizada en los dos recintos con paredes de hormigón del orden de lm. de espesor. La elección del método estuvo basado en: 1º) la mayor velocidad de respuesta respecto de los métodos radiactivos considerados; 2º) implica menor interferencia con las tareas de construcción y montaje; 3º) menor costo operativo.

El método, basado en la medición de radiación directa a través del espesor considerado, tiene como elementos fundamen-

tales la fuente radiactiva (Co 60 con A 34Ci); el colimador (Pb-W) y el detector tipo sonda de centelleo con cristal de INa. La ubicación relativa se muestra en la figura

La calibración relativa se efectuó tomando como elemento a medir, el modelo a escala 1:1 de la estructura a verificar donde se utilizaron los mismos materiales constructivos. Esta determinación permitió fijar el criterio de aceptación tomando como base el valor medio de las lecturas efectuadas. El umbral fijado como criterio es igual al doble del valor medio.

Las mediciones en obra se efectuaron tomando en consideración la información básica dada por el ensayo de ultrasonido, y se verificaron principalmente aquellos puntos que resultaron dudosos con respecto a la velocidad nominal de propagación; además se utilizó la misma cuadrícula y se amplió el espectro de lecturas con un 15% de los puntos ya aceptados por ultrasonido.

Como conclusión de este método podemos decir que de las lecturas efectuadas surge la evidencia de que algunos puntos efectivamente denotarían las existencias de pequeñas faltas de compacidad, pero cuyo valor porcentual lo ubicaría dentro de los límites de sobredimensionamiento de blindaje fijados por diseño.

Gammagrafía.

Esta técnica fue utilizada en los muros de 50 cm. de espesor por lo siguiente: 1º) en los muros considerados, la mayor abundancia de pasamuros e insertos introducía una mayor dispersión de lecturas por el método anterior y hacía mucho más difícil la fijación de un criterio de aceptación; 2º) la evaluación de resultados por placa gammagráfica se puede ajustar en base a obtener placas de referencia mediante un modelo a escala 1:1 con fallas-tipo prefabricadas y elementos de comparación. Este sistema es el utilizado en este caso y significa una eventual calibración del mismo.

En las tomas gammagráficas se utilizó la misma fuente radiactiva (Co-60) y un colimador de W tipo ángulo sólido direccional. Las características de la placa utilizada corresponden a una de alta velocidad y alto contraste usando además pantallas reforzadoras. La técnica radiográfica utilizada implica considerar un semi-espesor del muro como blindaje y el otro como elemento a analizar. Esto último significa tratar de disminuir al máximo posible los tiempos muertos de operación de tal forma de provocar la menor interferencia con las tareas de obra en el lugar.

La interpretación y análisis se basó en la comparación de imágenes y densidades ópticas con la placa de referencia.

La inspección gammagráfica se efectuó en aquellos puntos ya observados por ultrasonido en base a una menor velocidad de propagación.

En ambos métodos (radiometría y gammagrafía) las normas básicas de seguridad radiológica fueron cumplidas con estrictez ya que en ningún caso se trabajó en campos de radiación con valores superiores a los permisibles para este tipo de labor. Cabe acotar que en el caso de los operadores: del equipo de detección utilizado en radiometría se controlaba en cada punto la no existencias de haces colimadores que afectaran a dicho operador.

Como conclusión final se puede expresar que el ultrasonido permite una evaluación rápida y total de las condiciones de homogeneidad de paredes blindantes de altos espesores y la radiometría y gammagrafía ayuden a validar esos resultados analizando más a fondo aquellos puntos que escapan al valor de dispersión fijado en ultrasonido.