

Ensayos de hormigón en estructuras. -

Extracción de testigos UNE-EN 12504-1.

Se trata de la extracción de testigos de hormigón endurecido utilizando una sonda, se refrentan y se ensayan a compresión.

Se deberán considerar los posibles perjuicios estructurales antes de sacar un testigo. Para ello utilizaremos un pachómetro y determinaremos el lugar por donde pasan las armaduras para no atravesarlas.

Procuraremos que las relaciones longitud/diámetro sea de 2. Es recomendable el empleo de testigos cuyo diámetro sea al menos tres veces el tamaño máximo del árido.

Tomaremos el diámetro medio y su longitud después del refrentado con una tolerancia del +/- 1%.

Se determinará la resistencia a compresión del testigo dividiendo la carga máxima por el área de la sección transversal.

Determinación del índice de rebote (Esclerómetro) UNE-EN 12504-2.

El índice de rebote determinado por este método puede usarse para la comprobación de la uniformidad del hormigón in situ, para delimitar zonas o áreas de pobre calidad u hormigón deteriorado en estructuras.

No debe ser entendido como una alternativa a la determinación de la resistencia a la compresión del hormigón, pero con una adecuada correlación se puede estimar la resistencia in situ.

El ensayo se trata de una masa proyectada, por un muelle, golpea a un vástago en contacto con la superficie del hormigón y el resultado del ensayo se expresa en términos de la medida de la distancia de rebote de la masa.

Método de ensayo: las superficies de hormigón endurecido se alisarán usando una piedra abrasiva.

El esclerómetro se sujetará firmemente en una posición que permita transmitir mediante el vástago un impacto perpendicular a la superficie del ensayo.

Después del impacto, se anota el valor del índice de rebote.

Se han de tomar al menos, nueve lecturas con una separación entre ellas no inferior a 25 mm ni a 25 mm del borde de la pieza.

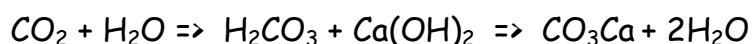
El resultado se tomará como la mediana de todas las lecturas corregidas, teniendo en cuenta la orientación del esclerómetro.

Si más del 20% de todas las lecturas difieren de la mediana en más de seis unidades, de descartarán la totalidad de las lecturas.

Deberemos tener en cuenta que las lecturas del esclerómetro aplicadas sobre una pieza de hormigón en estado húmedo, son más bajas que cuando ésta está en estado seco.

No debe usarse en hormigones de más de 90 días de edad debido al efecto que provoca la carbonatación, incrementando la resistencia superficial del hormigón.

La **carbonatación** se debe a la penetración de CO_2 del aire en la zona superficial del hormigón que con la humedad se transforma en ácido carbónico que reacciona con el hidróxido cálcico del cemento transformándose en carbonato cálcico más agua, disminuyendo por tanto el pH de 13 o 12 a 9.



Podemos conocer la profundidad de carbonatación con la extracción de testigos y realizar el ensayo brasileño. Sobre la superficie se le aplica una solución alcohólica de fenoftaleína. La parte violeta corresponde a hormigón no carbonatado y la parte que no cambia de color corresponde a la profundidad de carbonatación.

Determinación de la velocidad de los impulsos ultrasónicos UNE-EN 12504-4.

Método para la determinación de la velocidad de propagación de impulsos de ondas longitudinales de ultrasonidos en el hormigón endurecido.

El aparato consiste en un generador de impulsos eléctricos, un par de palpadores (emisor y receptor), un amplificador y un temporizador

electrónico para la medida del intervalo de tiempo transcurrido entre el comienzo de la onda del impulso generado en el palpador transmisor y el comienzo de la onda a su llegada al palpador receptor.

Una vez elegido el elemento a ensayar debe haber un adecuado acoplamiento acústico entre el hormigón y la cara de cada palpador. Se puede utilizar vaselina, jabón líquido o glicerina para asegurar un íntimo contacto.

Se toman tres lecturas como mínimo, anotando el tiempo de propagación de la onda en el hormigón y la distancia entre los transductores.

$$\text{Velocidad} = \text{Longitud trayectoria (mm)} / \text{Tiempo en } \mu\text{s.}$$

La transmisión puede ser directa, semidirecta o indirecta.

Mientras sea posible utilizaremos la transmisión directa, ya que proporciona la máxima sensibilidad y provee una longitud de trayectoria bien definida.

En el caso de utilizar la medida semidirecta tomaremos como distancia entre palpadores la diagonal, aplicando el teorema de Pitágoras.

Cuando no sea posible el método directo, un valor aproximado para obtener la velocidad mediante el método indirecto será:

$$\text{Velocidad (método directo)} = 1'05 * \text{Velocidad (método indirecto)}$$

- **Factores que influyen en las medidas de velocidad del impulso ultrasónico:**
 - Contenido de humedad: tiene dos efectos sobre la velocidad del impulso, uno químico y otro físico. La velocidad se incrementará a medida que aumenta la humedad.
 - Longitud de trayectoria: longitud mínima de trayectoria de 100 mm para un hormigón con tamaño máximo de 20 mm o menor.
 - Efecto de las barras de armado: la influencia es significativa si las barras están en la dirección del impulso (en el acero es hasta dos veces mayor que en el hormigón).
 - Grietas y coqueas: cuando un impulso encuentra en el hormigón una interfase hormigón-aire, se produce una obstrucción del haz ultrasónico siendo mayor el tiempo de tránsito.

- **Correlación de la velocidad del impulso y la resistencia:**

Las propiedades físicas que influyen en la velocidad del impulso son el módulo elástico y la densidad. En el hormigón estas propiedades dependen del tipo de árido, su dosificación, relación agua/cemento y madurez del hormigón. Por tanto la velocidad del impulso dependerá de la mezcla específica del hormigón.

Cuando se calcula la correlación a partir del ensayo de testigos extraídos de una estructura, utilizaremos la velocidad de impulso para localizar áreas de calidad diferente. La velocidad del impulso a través del hormigón en las zonas de extracción de testigos debería emplearse para el establecimiento de una correlación.

Clasificación de la calidad del hormigón por medio de la velocidad de onda según Leslie y Cheesman.	
Velocidad de la onda longitudinal m/seg	Condición del hormigón
Más de 4570	Excelente
De 3050 a 4570	Buena
De 3050 a 3650	Regular a dudosa
De 2130 a 3050	Pobre
Menos de 2130	Muy pobre

Evaluación la calidad mediante la velocidad de pulso según Agraval y otros.	
Velocidad de pulso m/seg	Condición del hormigón
Más de 3000	Buena
De 2500 a 3000	Regular
Menos de 2130	Pobre

Velocidad mínima de pulso en estructuras típicas.	
Tipo de obra	Velocidad mínima de pulso para su aceptación m/seg
Selecciones T de hormigón reforzado	4570
Unidades de anclaje de hormigón reforzado	4360
Marcos de edificios de hormigón reforzado	4110
Losas de entre piso	4720

Patología del hormigón. -

Con estos ensayos podemos comenzar a realizar un diagnóstico de la patología que sufre una estructura de hormigón armado, en función de los síntomas registrados:

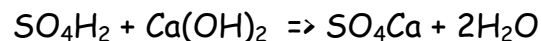
- a) El ancho de fisuras (regla de fisuras)
- b) Resistencia del hormigón
- c) Espesor del recubrimiento de las armaduras
- d) Contenido de humedad
- e) Proceso patológico ya sea físico como químico.

Procesos patológicos en el hormigón debido al agua. -

Excepto las heladas los procesos patológicos que produce el agua son de tipo químico al ponerse en contacto con agentes agresivos como por ejemplo:

- a) CO_2 . La Carbonatación (transformación del hidróxido en carbonato) provocando una disminución del pH y aumentando de volumen (de ahí que aumente la resistencia superficial del hormigón y disminuya la porosidad).
- b) SO_2 , el dióxido de azufre existente en el aire se oxida transformándose en SO_3 que al reaccionar con el agua se convierte en ácido sulfúrico. $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{SO}_4\text{H}_2$

En forma de lluvia ácida ataca al hormigón, donde el hidróxido cálcico del cemento se transforma en sulfato y el hormigón endurecido en yeso.



- c) NO_2 , los iones NO_2 reaccionan con el agua transformándose en ácido nítrico. $\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{NO}_3\text{H}_2$.

En forma de lluvia ácida transforma los compuestos cálcicos en nitratos siendo estos solubles.

- d) Aguas que contienen sulfatos procedentes del terreno, reaccionan con los aluminatos tricálcicos del cemento dando lugar a sulfoaluminatos (ettringita o sal de Candlot). Al cristalizar producen un aumento de volumen llegando a desintegrarse la masa de hormigón.
- e) Ambientes marinos, cargados de cloruros y sulfatos que al cristalizar las sales en el interior del hormigón producen:

-criptoflorescencias

-corrosión electroquímica de la armadura (zonas anódicas y catódicas).

f) Álcalis, los iones sodio y potasio penetran junto al agua (sobre todo en los deshielos) en el interior del hormigón reaccionando con la sílice de los áridos. Se produce el gel de sílice provocando un aumento de volumen y por tanto la desintegración del hormigón.

