Musaat más cerca

octubre_2008
número_21

musaat
mutua de seguros a prima fija

Control de calidad del hormigón. Supuesto práctico

Antes de nada, es conveniente intentar aclarar un concepto que no siempre está suficientemente bien entendido, y es que el valor medio de rotura a 28 días de las probetas (f28), no es el valor final que se debe adjudicar a un elemento constructivo (f_{est}). Por esto, hay que diferenciar correctamente el concepto de serie y lote para entender la sistemática estadística y saber el valor estimado de cada porción de obra.

Según la norma, los distintos tipos de control son los siguientes: Control a Nivel Reducido, Control Estadístico y Control al 100 por 100. En esta ocasión hablaremos únicamente del segundo tipo por ser el más general y habitual en las obras. Como su propio nombre indica, está basado en criterios estadísticos que permiten extrapolar los cálculos hechos con los valores de una muestra relativamente pequeña a la totalidad del lote. La lotificación de las estructuras ha de hacerse dividiendo la obra en partes (lotes) según la tabla 88.4.a de la EHE.

Hay que tener en cuenta las siguientes limitaciones para este tipo de control:

- No se mezclarán en un mismo lote elementos de tipología estructural distinta.
- No se mezclarán en un mismo lote amasadas que no procedan del mismo suministrador, estén elaboradas con materias primas diferentes o no sean el resultado de la misma dosificación nominal.
- Cuando la estructura sea isostática los elementos comprimidos se separarán de los elementos a flexión.
- Cuando la central suministradora de hormigón preparado esté en posesión de un sello o marca de calidad, los límites de la tabla 88.4 de la norma se doblarán, siempre y cuando este criterio no proporcione menos de tres lotes.

Una vez dividida la obra en lotes será necesario establecer el tamaño de la muestra, es decir, determinar el número de series a realizar por lote. Según la Instrucción, tendríamos las siguientes horquillas:

$f_{ck} \leq 25$ N/mm^2	N ≥ 2
25 N/mm^2 < fck ≤ 35 N/mm^2	N ≥ 4
$f_{ck} > 35$ N/mm^2	N ≥ 6

A diferencia de lo que ocurría antes, con la actual legislación, para calcular las resistencias estimadas del hormigón además del primer estimador habitual ($f_{est} = x_1 * K_N$) existe otra variable a la que se le ha denominado recorrido. Como es sabido, K_N es un coeficiente estadístico que depende del hormigón elaborado del que procede la muestra (según las series y tipo de fabricación). La dificultad radica en establecer, con las escasas muestras tomadas en cada

obra en particular, un valor preciso de este indicador. Así pues, se ha establecido un método en el que se intenta introducir un segundo parámetro (recorrido relativo), definido por la fórmula:

$$r = \frac{X_{máx} - X_{mín}}{X_m}$$

Además, la Instrucción exige a las centrales productoras de hormigón que declaren su clasificación antes del inicio de obra (cosa que ocurre con muy poca frecuencia). Para ello, estas empresas debieran tener un proceso de autocontrol de la producción suficientemente representativo y continuado de todos los tipos y dosificaciones de hormigón producidos (teniendo en cuenta los cambios de origen de suministro de los materiales constituyentes, la cantidad de metros cúbicos producidos, etc.) y, además, efectuar un seguimiento estadístico del mismo al objeto de poder obtener datos que proporcionen el encuadre su dispersión (por cada una de las plantas que tengan), según los límites fijados en la norma. Los tres tipos de clasificación de una central productora de hormigón serían, en función de su dispersión en la fabricación, los que se detallan:

- A: para coeficientes de variación entre 0,08 y 0,13
- B: para coeficientes de variación entre 0,13 y 0,16
- C: para coeficientes de variación entre 0,16 y 0,20
- OC: para coeficientes de variación entre 0,20 y 0,25

Definida ésta como:

$$\nu = \frac{\sigma}{X_m}$$

Siendo:

ν = Coeficiente de variación
σ = Desviación estándar de la resistencia del hormigón
X_m = Resistencia media

Supuesto práctico

A continuación desarrollamos un supuesto práctico para que el lector visualice más fácilmente la metodología de cálculo que podrá aplicar en sus obras según exige la norma. El cálculo de las resistencias estimadas depende, en primer lugar, del número de series que componen cada lote. Dado que nuestro ámbito natural es la edificación, consideramos el caso de N=2 (el más habitual).

Pongamos el caso de que el laboratorio de control de materiales nos dice que el lote de cimentación del hormigón de nuestra vivienda unifamiliar tiene los siguientes resultados de rotura de probetas a 28 días:

- Serie-A= ax1, ax2 y ax3, resultando la media aritmética de los tres valores anteriores, por ejemplo: 25,36 N/mm^2.
- Serie-B= bx1, bx2 y bx3, resultando la media aritmética de los tres valores anteriores, por ejemplo: 27,35 N/mm^2.
- Cogemos el menor valor de estos dos datos; esto es 25,36 N/mm^2.

- En caso de que se siguiera todavía el antiguo método de la EH-91, bastaría con multiplicar 25,36 por el KN que correspondiera en su caso: habitualmente era 0,88 (para N=2 y central de hormigón sin sello de calidad); con lo que se obtendría una resistencia estimada f_{est} = 22,32 N/mm^2.

- Con el método de la EHE para conocer que K_N hay que saber qué clasificación dice tener la planta de hormigones (con el procedimiento de control de la dispersión antes descrito). Es importante aquí tener en cuenta que la clasificación es la de una ubicación en concreto, no de una empresa en general (la cual puede tener centrales de hormigón en una o varias localidades). Así pues, supongamos que se nos documenta que se trata de una instalación tipo A (coeficiente de variación entre 0,08 y 0,13) y que no está en posesión de un sello de calidad.

- Consideramos que el número de series por lote es N=2 (tal como hemos dicho antes); este extremo habría que confirmarlo, en su caso, con el laboratorio de control de calidad que nos ha hecho el plan de control de hormigones de nuestra obra.

- Con estos datos nos vamos a la tabla 88.4.b de la norma y obtenemos un K_N de 0,90.

- La resistencia estimada de nuestro lote (en principio) sería 0,90 multiplicado por el menor valor de las dos medias aritméticas de las roturas a 28 días (25,36 y 27,35), por tanto fest=22,8 N/mm^2 (0,90x25,36).

- Para darlo por válido debemos confirmar antes que el recorrido relativo del lote es inferior al de la clase A (entre 0,00 y 0,29). Según hemos expuesto anteriormente este dato se calcularía así:

{(27,35-25,36)/[(27,35+25,36) /2]}=0,08

- Dado que 0,08 es menor que 0,29 la resistencia f_{est}=22,8 N/mm^2 es correcta y definitiva.

- Para saber si el valor obtenido se puede considerar aceptable por la norma, hay que remitirse al artículo 88.5 de la EHE donde se dice que fest (en nuestro caso: 22,8 N/mm^2) deberá ser mayor o igual a f_{ck} (25N/mm^2, pues nuestro hormigón de obra es HA-25). Por tanto este lote no sería aceptable automáticamente.

- En este caso, la norma distingue dos situaciones: Que nuestra estimada aun siendo menor de 25N/mm^2 sea mayor o igual que el 90% de este valor (0,9x25 es 22,5N/mm^2) o que la estimada sea inferior a 22,5 N/mm^2, en cuyo último caso no sería aceptable el lote de ningún modo.

- Como nuestra situación es el primer caso tenemos que ver si nuestro proyecto de ejecución tiene un pliego de prescripciones técnicas particulares que defina la aceptabilidad de los lotes de hormigón. Si es así y éste fuera más exigente que la norma (dijera que necesariamente, para ser aceptados, los valores de estimadas deben de ser mayor que la resistencia de proyecto (HA-25) nuestro valor de resistencia estimada (22,8 N/mm^2) tampoco sería aceptable. Si no existiera este pliego, o existiendo no fuera más exigente que la norma, nuestro lote de cimentación con un resultado de 22,8 N/mm^2 sería aceptable.

- Debemos tener en cuenta otra cosa, que es posible que el contrato entre la propiedad y la constructora tenga una cláusula en la que aun aceptándose el hormigón de un lote como elemento estructural según indique el articulado de la norma en cada caso, se haya incumplido la relación contractual entre ambos al haberse contratado un hormigón de resistencia mínima de 25 N/mm^2 y no de 22,8 N/mm^2; por lo que quizá esté previsto alguna sanción económica.

Con todo esto, puede observarse que el camino para ver si los resultados de las probetas de hormigón -que nos llegan del laboratorio de control de calidad- son totalmente admitidos o no, es bastante más largo y complejo de lo que pudiera parecer en primera instancia. ■

Manuel Jesús Carretero Ayuso
Arquitecto Técnico