

Escuela: Escuela Técnica Obrero Argentino

Docentes: Ing. Ruth Murciano, Ing. Arturo Luna e Ing. Gustavo Lucero

Curso: 5º Año 1ª y 2ª División - Ciclo Orientado Hidráulica

Turno: Tarde

Área Curricular: Hormigón Armado

Título de la propuesta: RESISTENCIA MEDIA Y CARACTERÍSTICA DEL HORMIGÓN

GUÍA N° 10

Objetivos: Que los alumnos adquieran conocimientos sobre los parámetros de resistencia más importantes del Hormigón, y que definen su calidad.

Capacidad a desarrollar:

- Conocimiento técnico referido a la resistencia media del hormigón.
- Conocimientos técnicos sobre la resistencia característica del hormigón.
- Responsabilidad y compromiso.

RESISTENCIA MEDIA DEL HORMIGÓN

La **resistencia media** es un valor que representa mejor la calidad del hormigón que cualquiera de los resultados aislados de cada probeta, sin embargo, no da una idea precisa de la homogeneidad de la calidad del hormigón. Es el resultado que se obtiene al promediar los valores obtenidos al ensayar cada probeta, mediante la siguiente expresión:

$$f_{cm} = (\sum R_{ri}) / N^{\circ} \text{ de ensayos}$$

R_{ri} = Resistencia a la rotura de la probeta i .

Ejemplo 1:

Se ensayan a compresión seis probetas cilíndricas, cuyos valores de resistencia a la rotura son:

Rr1 = 212 kg/cm²

Rr2 = 218 kg/cm²

Rr3 = 221 kg/cm²

Rr4 = 232 kg/cm²

Rr5 = 243 kg/cm²

Rr6 = 209 kg/cm²

La Resistencia media será:

$$f_{cm} = (212+218+221+232+243+209) / 6 = 222,50 \text{ kg/cm}^2$$

RESISTENCIA CARACTERÍSTICA DEL HORMIGÓN

Los cálculos de estructuras de hormigón armado deben contar, como dato fundamental, con la resistencia unitaria del hormigón, la cual se prevé para alcanzar en la realidad de la obra, a la correspondiente al cálculo.

Esta resistencia unitaria se denomina "resistencia característica", y corresponde a todo el hormigón del mismo tipo que se emplea en la obra.

La resistencia a compresión simple es la Característica mecánica más importante de un hormigón. Su determinación se efectúa mediante el ensayo de probetas, según métodos operatorios normalizados. Ahora bien, los valores de ensayo que proporcionan las distintas probetas son más o menos dispersos, en forma variable de una obra a otra, según el cuidado y rigor con que se confeccione el hormigón; y esta circunstancia debe tenerse en cuenta al tratar de definir un cierto hormigón por su resistencia.

El problema puede plantearse así: dados n resultados obtenidos al ensayar a compresión simple n probetas cilíndricas 15 X 30 de un mismo hormigón, determinar un valor que sea representativo de la serie y, por consiguiente, del propio hormigón.

Tradicionalmente se ha seguido el criterio de adoptar, para dicho valor, la media aritmética (f_{cm}) de los n valores de roturas, llamada **resistencia media**. Pero este valor no refleja la verdadera calidad del hormigón en obra, al no tener en cuenta la **dispersión de la serie**.

Si tenemos dos hormigones con la misma resistencia media, no cabe duda de que es más **fiable** aquel que presenta menor dispersión. Por consiguiente, el coeficiente de seguridad que se adopte en el cálculo debe ser mayor para el hormigón más disperso. La conclusión que se extrae es que el adoptar la resistencia media como base de los cálculos conduce a coeficientes de seguridad variables según la calidad de la ejecución.

ETOA – 5to año 1º y 2º división – Ciclo Orientado – Hormigón Armado

Para eliminar este inconveniente y conseguir que se trabaje con un coeficiente de seguridad único, homogéneo en todos los casos, se ha adoptado el concepto de **resistencia característica del hormigón**, que es una medida estadística que tiene en cuenta no sólo el valor de la media aritmética de las roturas de las diversas probetas, sino también la desviación típica relativa o coeficiente de variación, δ de la serie de valores.

Definición:

Se define como resistencia característica, f_{ck} , del hormigón aquel valor que presenta un grado de confianza del 95 por 100, es decir, **que existe una probabilidad de 95%, de que se presenten valores individuales de resistencia de probetas más altos que f_{ck}** . De acuerdo con esta definición y admitiendo la hipótesis de distribución estadística normal (fig. 5.4), la resistencia característica viene dada por la expresión:

$$f_{ck} = f_{cm} (1 - K \delta)$$

dónde:

f_{ck} = resistencia característica del hormigón

f_{cm} = resistencia media

K = constante que depende del nº de ensayos (ver tabla)

	NÚMERO DE ENSAYOS MENOS UNO											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	≥ 30
K	0,31	2,92	2,35	2,13	2,02	1,94	1,90	1,86	1,83	1,81	1,80	1,64

δ = coeficiente de variación (tiene en cuenta la dispersión de los resultados - estadística)

$$\delta = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{cm} - R_{ri})^2}{n^{\circ} \text{ de ensayos} - 1}}}{f_{cm}}$$

Ejemplo 2:

Determinar la resistencia característica del hormigón de el mismo ejemplo que vimos anteriormente (ejemplo 1), cuyos valores de resistencia a la rotura de las seis probetas eran:

$R_{r1} = 212 \text{ kg/cm}^2$

$R_{r2} = 218 \text{ kg/cm}^2$

$R_{r3} = 221 \text{ kg/cm}^2$

$R_{r4} = 232 \text{ kg/cm}^2$

$R_{r5} = 243 \text{ kg/cm}^2$

$R_{r6} = 209 \text{ kg/cm}^2$

ETOA – 5to año 1º y 2º división – Ciclo Orientado – Hormigón Armado

Y la Resistencia media nos dio: $f_{cm} = 222,50 \text{ kg/cm}^2$

la resistencia característica del hormigón será:

$$f_{ck} = f_{cm} (1 - K \delta)$$

K lo determinamos por n° de ensayos menos uno ($6-1=5$), vamos a la tabla y obtenemos

$$K = 2,02$$

$$\text{siendo el coeficiente de variación } \delta = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{cm} - R_{ri})^2}{n^{\circ} \text{ de ensayos} - 1}}}{f_{cm}}$$

$$\sqrt{\frac{(222,5 - 212)^2 + (222,5 - 218)^2 + (222,5 - 221)^2 + (222,5 - 232)^2 + (222,5 - 243)^2 + (222,5 - 209)^2}{6 - 1}} \\ 222,50$$

$$\sqrt{\frac{(10,05)^2 + (4,5)^2 + (1,5)^2 + (-9,5)^2 + (-20,5)^2 + (13,5)^2}{6 - 1}} \\ 222,50$$

$$\sqrt{\frac{816,25}{6 - 1}} \\ 222,50$$

$$\delta = \frac{12,77}{222,50} = 0,058$$

ahora reemplazamos en la ecuación de $f_{ck} = f_{cm} (1 - K \delta)$ y nos queda:

$$f_{ck} = 222,50 \text{ kg/cm}^2 (1 - 2,02 * 0,058) = 196,43 \text{ kg/cm}^2$$

$$\mathbf{f_{ck} = 196,43 \text{ kg/cm}^2}$$

Conclusión: según el cálculo realizado observamos que el valor obtenido de f_{ck} es inferior al valor de f_{cm} , debido a que se tuvieron en cuenta al calcular la resistencia característica, los valores de dispersión de los resultados parciales. También vemos que se verifica la definición de resistencia característica, ya que decía que es un valor por encima del cual existía la probabilidad de que rompa el 95% de las probetas elaboradas. Y así ha sucedido,

porque f_{ck} (196,43 kg/cm²) es menor a cualquier valor de R_{ri} obtenido en los ensayos. Por lo tanto, es un valor muy confiable para trabajar.

Actividades: Lea atentamente la guía y resuelva el siguiente cuestionario:

1. Defina Resistencia Media del Hormigón.
2. Defina resistencia característica del hormigón.
3. Ejercicio 1: Determine la Resistencia Media (f_{cm}), con los siguientes datos de rotura de cuatro probetas:

$$R_{r1} = 320 \text{ kg/cm}^2$$

$$R_{r2} = 311 \text{ kg/cm}^2$$

$$R_{r3} = 360 \text{ kg/cm}^2$$

$$R_{r4} = 335 \text{ kg/cm}^2$$

4. Ejercicio 2: Determine la Resistencia Característica del Hormigón (f_{ck}), con los siguientes datos de rotura de cuatro probetas:

$$R_{r1} = 350 \text{ kg/cm}^2$$

$$R_{r2} = 328 \text{ kg/cm}^2$$

$$R_{r3} = 343 \text{ kg/cm}^2$$

$$R_{r4} = 335 \text{ kg/cm}^2$$

Metodología de trabajo

Los alumnos armarán un documento en Word, con el nombre completo, D.N.I., curso año y división y luego el cuestionario resuelto, (tipo de letra, Arial 11, entre líneas 1,5). Este documento lo enviarán vía correo electrónico al docente.

Aclaración: La guía completa (teoría y cuestionario resuelto) deberá ser agregada a la carpeta de la materia (impresa o copiada a mano), para luego ser controlada, cuando se reanuden las actividades en el aula.

Correos de contactos:

- ruthmurciano@live.com.ar
- inglunaadl@gmail.com
- gusdlucero@gmail.com

Director: Téc. Jorge Grosso