

Microfinos en el hormigón

El estudio busca demostrar que la incorporación de arena de grano fino no arcilloso permite incrementar la resistencia del hormigón. En ese caso, sería necesario modificar la normativa INN vigente que limita el contenido de este material.

Hernán Zabaleta,
Ingeniero Civil, Consultor

El estudio permite conocer la influencia de una arena fina sobre la resistencia del hormigón variando su porcentaje de incorporación en 0%, 50% y 100% de la arena utilizada en el hormigón. El sistema propuesto se desarrolla mediante una aplicación a la arena fina producida por Megáridos Ltda. También se utilizan los áridos complementarios de la misma empresa y el cemento Polpaico 400.

Finos en el hormigón

El plan de estudio consiste en verificar la influencia en la resistencia de un hormigón con una razón agua / cemento constante, la inclusión de granos finos aportados por una arena que mejora el ajuste granulométrico en la zona de la malla # 200 ASTM.

Si se obtiene una mejoría, o al menos una igualdad, en la resistencia, independientemente del porcentaje de granos finos aportados, significa que el uso de la arena fina es positivo. Esto modifica el concepto utilizado por la Norma Chilena NCh 163, que limita el contenido de granos finos de arena, independientemente de su influencia sobre la resistencia del hormigón.

El estudio se efectuó mediante la aplicación del Método de Dosificación de Hormigones de Faury, elegido por incluir el cemento en la curva granulométrica permitiendo conocer con mayor exactitud la influencia que alcanza un árido fino. Así, mientras mejor sea el ajuste en la zona de los finos, si éstos cuentan con una composición que influye favorablemente sobre la resistencia del hormigón, más positiva será su influencia.

El plan general considera la elaboración de hormigones que cumplan las siguientes condiciones generales:

Tamaños máximos

1 1/2" y 3/4"

Dosis de cemento

200 - 240 - 280 kg/m³ para 1 1/2"
240 y 280 kg/m³ para 3/4"

Porcentajes de arena gruesa/fina

100/0 50/50 0/100

Los hormigones utilizados en el estudio se han ajustado a una granulometría Faury con coeficiente M = 31, que corresponde a áridos mixtos, rodado y chancado, y a una trabajabilidad intermedia (8 centímetros de asentamiento de cono). La evaluación de la influencia sobre la resistencia se realizó a través del coeficiente K de Bolomey, que liga a ésta con la razón agua / cemento del hormigón: $R = K (C/A - 0,50)$, en la cual R = resistencia del hormigón, C = dosis de cemento del hormigón, y A = dosis de agua del hormigón.

Resultados obtenidos

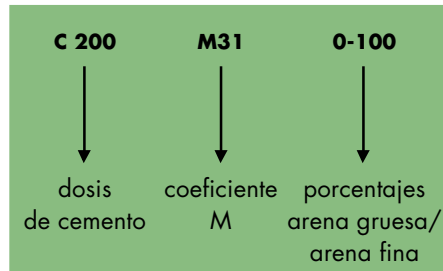
A. Ensayos

Los ensayos incluyen resultados de tres muestras proporcionadas por Megáridos, de las cuales se obtuvo el promedio para realizar los estudios de este informe. La arena señalada como B fue sometida a la determinación de la granulometría y a la abrasión manual para observar si se producía molienda por este hecho. Se observó una pequeña molienda, pues el porcentaje bajo la malla # 200 ASTM pasó de 19,8% a 21,5%. Esto incide en la variación del módulo de finura de la arena,

el cual se redujo de 2,29 a 2,15 en el ensayo debido a la molienda ocasionada por el amasado del hormigón.

B. Dosificaciones

Las dosificaciones se efectuaron con las granulometrías y pesos específicos medios señalados en el plan de estudio y empleando el Método de Faury con coeficientes M= 31 y K= 0.390, que corresponden a un hormigón de características medias y un asentamiento de cono de 8 a 10 centímetros. En las dosificaciones un hormigón determinado aparece denominado de la siguiente manera:



Los hormigones fueron dosificados sin considerar un plastificador, con el objeto de introducir la menor cantidad de variables en el estudio, siendo así comparable con futuras investigaciones.

Interpretación de los resultados

Dado que los resultados obtenidos corresponden a dosis de cemento y granulometrías distintas, para su comparación se han uniformado los valores obtenidos mediante el empleo del coeficiente K, de la fórmula de Bolomey, que liga la resistencia con la razón agua / cemento.

La mencionada fórmula tiene la expresión $R = K (C / A - 0,50)$, con la siguiente especificación: R = resistencia del hormigón, K = coeficiente que depende de la edad del hormigón y

de las características del cemento y los áridos, C= dosis de cemento y A= dosis de agua.

Esta fórmula tiene una estructura sencilla y a través de ella se ha podido establecer que, para un cemento determinado, si el esqueleto formado por los áridos tiene una buena calidad el valor del coeficiente K se mantiene para una misma edad. Por el contrario, si los áridos de la curva analizada no son satisfactorios por calidad intrínseca, el valor del coeficiente K debe disminuir. Igualmente, si existe una diferencia en el hormigón, el valor de K debe ser distinto.

Conclusión

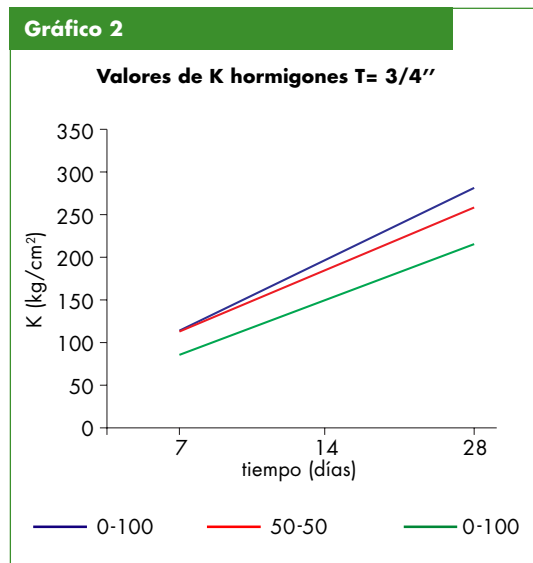
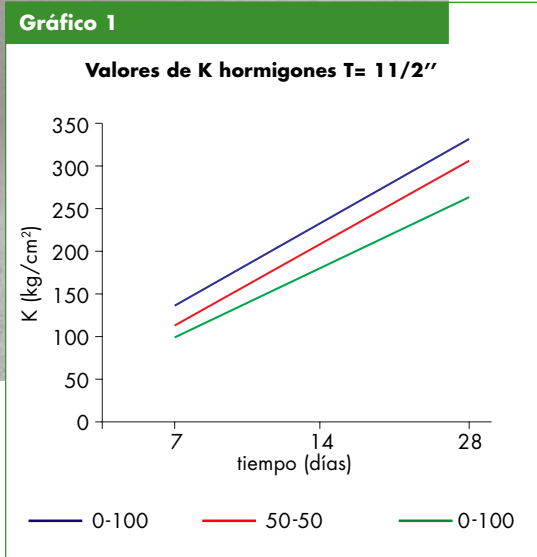
Basándose en el criterio anterior, se han calculado los valores de los coeficientes K para las distintas dosificaciones ensayadas, agrupándolas, para cada tamaño máximo empleado, por la mezcla de las arenas utilizadas para cada serie de hormigón de distinta dosis de cemento.

Esta agrupación permite observar que los valores de los coeficientes K se ordenan de acuerdo al uso de la mezcla de arenas, siendo el más alto el correspondiente al empleo exclusivo de arena fina para dosificar el hormigón (arena gruesa/arena fina 0/100).

A continuación siguen los coeficientes K correspondientes a las mezclas arena gruesa/arena fina 50/50 y 100/0.

Para una mejor visualización, estos valores han sido graficados para cada tamaño máximo. Esto significa que el empleo de la arena fina en mayor proporción introduce una mejora en las resistencias obtenidas.

Si se considera que la arena fina ensayada contiene un 16% de partículas bajo la malla # 200 ASTM, superior a lo que acepta NCH 163, incluso



para áridos tratados por trituración (7%), ello indica que ese porcentaje no significa una limitación en la calidad del árido al incorporarlo en el hormigón.

Basándose en este resultado, se propone efectuar el ensayo tal como se describe a continuación, para definir si un árido que supera los porcentajes normalizados de fino bajo # 200 de la Norma puede ser empleado en el hormigón.

Este uso será posible si el ensayo indica que el hormigón permite obtener resistencias por lo menos iguales al mismo árido cumpliendo los límites de la Norma.

Dado que el ensayo ha sido empleado sólo para una muestra de un árido, no parece conveniente normalizarlo aún, pero en todo caso puede plantearse que se revise el criterio de la Norma NCh 163 para el contenido de material bajo la malla 200 ASTM.

Metodología de ensayo

Se describe a continuación el método que se propone para la ejecución

del estudio determinado. Para ello se indican las etapas que deberán seguirse y se describe lo que deberá hacerse en cada una de ellas.

1 Materiales de base para el estudio:

Los áridos empleados para el estudio incluidos en el presente informe: grava, gravilla y arena gruesa de Megáridos. Arena fina a ensayar.

Alternativamente, áridos de calidad reconocida y de la misma procedencia que la arena fina que se desea ensayar.

2 Ensayo de los áridos:

a. Si los áridos son conocidos, se efectuará los ensayos de clasificación normales:

Granulometría, densidad real seca y saturada seca, materia orgánica de las arenas y material menor que malla #200 ASTM.

Ensayos alternativos:

Cubicidad de partículas gruesas.

b. Si el árido fino no es conocido, deberá, además, efectuarse los siguientes ensayos: Reacción álcali-árido y Desgaste Los Ángeles.

Además de todos aquellos que sean necesarios por la naturaleza particular de un árido fino determinado.

3 Dosificación de los hormigones:

Los hormigones que se emplearán en el estudio se dosificarán utilizando el Método de Faury, con los siguientes valores de las constantes de dosificación:

M	=	31
K	=	0,390
T/R	=	0

Las dosis de cemento serán las siguientes:

a. Para T = 38 mm
C = 200 kg/m ³
C = 240 kg/m ³
C = 280 kg/m ³
b. Para T = 19 mm
C = 240 kg/m ³
C = 280 kg/m ³
C = 320 kg/m ³

Las dosificaciones se efectuarán ajustándose a la curva granulométrica con el valor de M indicado y con los siguientes porcentajes absolutos de las arenas gruesa y fina:

Arena Gruesa	Arena Fina
100 %	0 %
50 %	50 %
0 %	100 %

Los porcentajes relativos de arena gruesa y fina se obtendrán como complemento de los porcentajes correspondientes a los restantes áridos y el ce-


Nota: Este documento constituye el Informe Final del Estudio de Microfinos, encargado por el Grupo Técnico de la Corporación de Desarrollo Tecnológico de la Cámara Chilena de la Construcción.

mento de la dosificación.

4 Ensayo de los hormigones:

Los hormigones de ensayo se prepararán de acuerdo a NCh 1018 en una cantidad mínima de seis probetas de 15 x 15 centímetros. Las probetas se ensayarán en parejas a compresión a 7, 14 y 28 días.

5 Interpretación de los resultados:

Si la curva de las resistencias con 100% de la arena fina resulta igual o superior a las dos curvas adicionales, con 50% y 0% de arena fina, esta se considerará aceptable. En caso contrario, la arena no podrá utilizarse en hormigones estructurales. 

en síntesis

Este estudio investiga los efectos de la incorporación de arena de grano fino no arcilloso en la resistencia del hormigón. Las conclusiones obtenidas permiten analizar la eventual modificación de la normativa que limita el contenido de este material. En el estudio se aplicó el Método de Dosificación de Hormigones de Faury, que se eligió porque incluye el cemento en la curva granulométrica.

www.cdt.cl