

Compacidad y resistencia de los hormigones

Era propósito de nuestro ilustre maestro D. Juan Manuel de Zafra, publicar un artículo sobre este asunto, interpretando y comentando con su claro juicio los experimentos realizados por inspiración suya en el Laboratorio de la Escuela de Caminos. Desgraciadamente, la muerte de tan notable ingeniero nos privó de sus enseñanzas, aumentando con ello el sentimiento producido por la pérdida del entrañable amigo.

Aunque los experimentos efectuados habrán de proseguirse, para examinar concretamente la influencia de los distintos elementos que el estudio de los hormigones ofrece, es de todos modos interesante ir conociendo lo que sobre cada una de estas cuestiones la experiencia dicta. Y en el presente artículo nos habremos de referir a la influencia del elemento árido en la resistencia y compacidad del hormigón, sobre la cual se hicieron los ensayos antes citados.

* * *

En la mayor parte de las condiciones facultativas que se redactan para la construcción de obras de hormigón en masa o armado, se define éste, casi exclusivamente, por su dosificación en cemento y calidad de él, quedando, por tanto, caracterizada su bondad, por decirlo así, en virtud de la riqueza que de cemento tiene. Y de ese modo, muchos constructores creen que por el solo hecho de que un hormigón tenga riqueza de 300 ó 350 kilogramos de buen cemento por cada metro cúbico resultante, el hormigón cumple con las condiciones de seguridad para los coeficientes de trabajo usuales.

El conocimiento de las condiciones de un hormigón es muy complejo, y sin que deje de comprenderse que la calidad y dosificación del cemento tiene gran importancia, no es, sin embargo, decisiva, pues el estudio del árido total (gravilla y arena) tiene, por lo menos, tanta influencia como el cemento mismo.

Aun suponiendo arenas y gravas limpias de impurezas nocivas y de composición petrográfica aceptable, sólo por las variaciones de su composición granulométrica pueden producirse oscilaciones de resistencia mecánica tan grandes o más que con las variaciones en dosificación de cemento, entre límites prudentes; y de nada sirve que se dirijan todos los esfuerzos en elegir cementos buenos y con dosificaciones convenientes, si, como en muchos casos ocurre, el elemento árido se mezcla de cualquier modo, despreciando su influencia.

Uno de los varios experimentos que podemos citar le obtuvimos en el Laboratorio, al hacer unos ensayos solicitados para investigar las causas posibles de ruina producida en una obra de hormigón armado.

Con las mismas arena, gravilla y cemento que utilizaron en obra se hicieron cubos de hormigón, empleando siempre la misma cantidad de cemento (300 kilogramos por m.³) y poniendo en un grupo de ensayos la misma gravilla; sólo por variación de cada una de las tres clases de arena remitida, se obtuvie-

ron las siguientes cifras medias de carga por compresión, a los quince días de moldeado:

1.^a, 121 kg. : cm.²; 2.^a, 137 kg. : cm.²; 3.^a, 126 kg. : cm.²

Pues bien: empleando mezcla de las tres clases de arena arbitrariamente y siempre con la proporción de 400 litros de arena total por 800 de gravilla, se tuvo la cifra media de 89 kg. : cm.², en tanto que con arenas y gravillas del Laboratorio, bien dosificadas, aun con el mismo cemento y agua que en los casos anteriores, llegamos a la cifra de 198 kg. : cm.².

Es decir: que sólo por la influencia de la composición de la arena, se obtiene en un caso *más del doble de la resistencia que en el otro*.

Sabido es, por los estudios realizados por Feret, Fuller, Hool y otros, que la buena compacidad y resistencia de los hormigones se obtienen empleando tamaños variables de arena y gravilla, marcándose como valores medios los siguientes:

Arena.—50 por 100, por lo menos, de granos gruesos; 15, de granos medios, y el resto de elementos finos.

Gravilla.—50 por 100 de granos gruesos; 10 por 100 todo lo más, de granos inferiores a 10 mm., y el resto de granos intermedios.

La gran influencia de esta dosificación de tamaños variables la vimos demostrada en otros ensayos realizados por nosotros.

Con cemento portland, en la proporción de 300 kilogramos por metro cúbico, y 150 litros de agua, se hicieron cubos de 6 litros de capacidad, moldeados en la misma fecha, con apisonado a maza e igual número de golpes.

Empleando arena y gravilla clasificada, se llegó, a los veintiocho días, a resistencias de 274 kilogramos por cm.², a compresión, en tanto que con la misma arena y gravilla, siempre en las proporciones de 400 × 800 litros, sin clasificar, respectivamente, sólo resistieron 178 kg. : cm.².

Dentro de las condiciones medias de cribado, anteriormente citadas, para las arenas y gravillas entre sí, la proporción de unas y otras en la composición de un hormigón tiene influencia muy apreciable.

Sobre esa cuestión se hicieron, en el Laboratorio Central de la Escuela, otra serie de ensayos para determinar la proporción más conveniente.

Tomando una misma cantidad de gravilla (800 litros) y operando siempre con un mismo cemento (300 kg.) y agua en la cantidad de 150 litros, se hizo variar la proporción de arena entre 366 y 440 litros.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Arena	Peso específico	Resistencia (28 días)
366	2,365	270
383	2,382	284
400	2,400	237
417	2,390	214
440	2,370	220

Permaneciendo constantemente la suma de los

elementos arena y gravilla, para dar entre los dos el volumen aparente de 1.200 litros, que por compresión se reduce sensiblemente a un metro cúbico, se efectuaron otras series de ensayos, aumentando gradualmente la proporción de gravilla y disminuyendo la de arena, oscilando entre límites próximos, pues ya es sabido que alrededor de la proporción tipo: 800 : 400 es la de mayor compacidad.

Del mismo modo que en los otros ensayos, por lo que respecta al cemento y agua, los resultados obtenidos por compresión fueron los siguientes:

Gravilla	Arena	Peso específico	Resistencia (28 días)
800	400	2,35	254
833	367	2,39	274
850	350	2,36	256
866	334	2,37	257
883	317	2,33	236
900	300	2,36	219

* * *

El examen de las cifras indicadas anteriormente hace ver la influencia que el árido tiene en los hormigones y la necesidad de atender con gran cuidado a su dosificación para llegar a obtener hormigones de buena resistencia.

Claro está que las consecuencias que de ellas se obtienen no presentan valor absoluto, pues en cada

caso concreto hay causas que pueden hacerlas variar, como son: el grado de humedad, la forma de los granos, etc.; pero conocida su influencia y los más convenientes valores medios, la experimentación en cada caso particular es siempre necesaria.

Además del estudio de los áridos, hay otra porción de cuestiones muy interesantes en el estudio de los hormigones: sustancias inertes o activas incorporadas a las arenas y gravillas, efectos de la temperatura y agua de amasado, dosificación y composición del cemento...; pero la experimentación ha de hacerse con método y gran cantidad de probetas de ensayo, a fin de eliminar influencias accidentales y poder interpretar los resultados. De todos modos, los experimentos citados hacen concluir: 1.º Que a igualdad de dosificación de cemento y agua, con el mismo volumen total aparente de arenas y de gravas, sólo por variación de composición granulométrica se pueden obtener variaciones en compacidad y resistencia entre límites muy extensos.

2.º Cribada la arena y grava en las proporciones que dan el máximo de compacidad, la relación entre unas y otras acusan el máximo de resistencia cuando se fuerza a 833 litros por metro cúbico la cantidad de gravilla, rebajando a 367 la arena, valores próximos a la relación tipo 800 : 400.

Alfonso PEÑA

Las obras del Metropolitano Alfonso XIII

Descripción general de la red

La línea núm. 1, Norte-Sur, del ferrocarril Metropolitano, enlaza las populosas barriadas de Cuatro Caminos, al Norte, y Puente de Vallecas, al Sur, a través de la Puerta del Sol, y tiene 7 703 metros de longitud. Se ha construido en tres trozos a saber:

Primer trozo: De Cuatro Caminos a Sol, de 3 598 metros de longitud, inaugurado en octubre de 1919, y cuyos trabajos se describieron en la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS (núm. 2 225, mayo 1918).

Segundo trozo: De Sol a Atocha, de 1 808 metros, con sus tres estaciones de Progreso, Antón Martín y Atocha, abiertas a la explotación en diciembre de 1921.

Tercer trozo: De Atocha a Puente de Vallecas, de 2 297 metros, con sus tres estaciones de Menéndez Pelayo, Pacífico y Puente de Vallecas, y vía de maniobra final, de 115 metros de longitud, cuyas obras se han terminado estos días.

Simultáneamente está construyendo la Compañía la línea núm. 2, Este-Oeste, trozo Sol-Ventas, de 3 816 metros de longitud, a lo largo de la calle de Alcalá, que se espera inaugurar en la primavera del próximo año 1924, y ha acordado comenzar en breve las obras del trozo Sol-Quevedo, de 2 239 metros de longitud, por la calle del Arenal, plaza de Isabel II, cuesta de Santo Domingo y calle Ancha de San Ber-

nardo, que constituirá, con la antes citada, la línea núm. 2, Este-Oeste.

Más adelante se construirán las líneas de los Bulevares, de la Gran Vía a Argüelles, con ramal a la estación del Norte, y la del barrio de Salamanca, bifurcándola de la calle de Alcalá, a cuyo efecto la estación Independencia-Velázquez, en dicha calle de Alcalá, se está ejecutando con las disposiciones necesarias para efectuar dicha bifurcación, sin ningún cruce de vías a nivel. Al terminarse estas líneas, la red madrileña tendrá 22,5 kilómetros de longitud.

Describiremos hoy las obras del trozo Atocha-Puente de Vallecas, que, por haberse terminado precisamente en estos días, constituyen la nota de actualidad del Metropolitano.

Organización de los trabajos

Las secciones del túnel y estaciones y los procedimientos de construcción empleados han sido los ya descritos en la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, con motivo de las obras del primer trozo Cuatro Caminos-Sol; pero, así como éstas se hicieron por contrata, tanto las del segundo trozo, Sol-Atocha, como las del tercero, Atocha-Puente de Vallecas, las ha llevado a cabo la Compañía por administración, por entender era más conveniente a sus intereses.