

Coloquio

Sr. Joisel

En Francia hay un Reglamento que exige para las obras marítimas una finura máxima para el cemento; ha de tener un residuo del 40 % en tamiz de 4.900 mallas. Es decir, se impone al cemento una finura máxima de 1.000 cm²/g, aproximadamente.

Actualmente, los cementos poseen finuras que van, a grosso modo, con una relación de 1 a 2, es decir, desde 2.500 como mínimo hasta 5.000 como máximo. ¿Qué opinión tiene usted acerca de la vinculación entre la finura y la penetrabilidad?

Sr. Río

La finura es importante sobre todo si se piensa en la penetrabilidad del agua, con la consecuencia de la penetración de iones y, por consiguiente, de sales agresivas. No obstante hay otras causas que pueden jugar un papel más importante en relación con la finura, y es la compacidad elevada que se puede obtener en un hormigón.

En definitiva, si la cuestión más importante es la compacidad de un hormigón, y ello se puede tener con un cemento de gran finura, naturalmente este parámetro es de gran interés.

Otra intervención

Según ha dicho el Prof. Río, la difusión de los iones es un fenómeno de interacción entre los poros. Si se cambiara la naturaleza de los áridos, ¿cambiarían los resultados?

Sr. Río

De una manera general pienso que si se cambian los áridos, no varía la resistencia intrínseca de un hormigón. Es posible que se pueda alterar la cohesión existente entre los áridos y el cemento, efecto que ya he mencionado cuando me referí a los hormigones con áridos calcáreos. Hay una interacción fuerte entre la pasta del cemento y los áridos, llegando, incluso, a formar uniones de naturaleza química. Como consecuencia de ello, los capilares disminuyen, sobre todo los formados en la interfase árido-pasta.

Sr. Calleja

Me voy a permitir hacer una observación sobre este tema.

Pienso que en relación con lo que acaba de decir el Profesor Río, efectivamente, la naturaleza del árido juega un papel de menor importancia que el desarrollado por la propia pasta del cemento.

Es, en general, a través de la pasta de cemento —de su capilaridad, de su porosidad— por donde penetran los agresivos, sean iones o agua pura. Y no tanto a través de la interfase que se establece entre esta pasta en su ligadura con el árido.

Por consiguiente, la penetración de los iones —de aquí esa interacción entre iones y la superficie de los poros capilares— depende fundamentalmente de la naturaleza de la estructura de la pasta, y ésta es, a su vez, función del tipo de cemento: puzolánico, portland o siderúrgico.

Intervención

¿Nos podría indicar cuál es el máximo valor aceptable de porosidad para un hormigón que tenga que proteger, bien a unos aceros de pretensado o bien a unas tuberías de conducción de agua?

Sr. Río

La respuesta no es fácil, ni única. Hay muchos factores que influyen en la durabilidad de las tuberías.

En el caso de penetración de agua, la porosidad del hormigón y la relación A/C son muy importantes.

En el caso de penetrabilidad de sales agresivas, la porosidad juega, asimismo, un importante papel, pero, cuantitativamente hablando, no el más decisivo.

Por otra parte, hay que tener presente que la porosidad es una característica física de difícil precisión: puede haber una porosidad total idéntica en dos cuerpos que poseen, uno de ellos tan sólo microporos y el otro macroporos. Lo importante es la distribución de los poros.

Sr. Calleja

Quisiera exponer una cuestión: Nosotros hemos tenido ocasión de comprobar la diferente penetración del agua que experimentan los hormigones en función de un secado previo.

¿Se podría decir, como conclusión de esta diferencia de penetración, que un mismo hormigón, a lo largo del tiempo se vuelve más penetrable en un clima seco, como el de Andalucía, que en uno húmedo, como por ejemplo el de Normandía?

Sr. Río

Efectivamente es una cuestión importante. En la conservación de las probetas de hormigón durante el ensayo para poder utilizar todos los resultados, creo que la cuestión fundamental reside en el agua que penetra del exterior y que interesa algunos milímetros del hormigón, en los fenómenos de helada y deshielo.

Sr. Ruiz de Gauna

La formación de carboaluminatos ¿es favorable o desfavorable a la penetrabilidad y a la corrosión?

Sr. Río

Favorable. Influyen en la interacción, en la superficie de los poros y los iones que penetran.

Intervención

El Sr. Joisel ha preguntado la influencia que podría tener la finura de un cemento en la penetrabilidad.

Y yo ahora pregunto, ¿Y en los áridos? ¿Son o no deseables los filler?, y particularizando más, ¿en el caso de un árido calizo?

Sr. Río

Pienso que la dimensión de la adición no es de mucha importancia, pues aun siendo o pudiendo ser de un tamaño muy pequeño no son comparables con el de los capilares a través de los cuales pasa el agua con los iones agresivos.

Sr. Calleja

Encajando mi respuesta con la del Sr. Río, diré que en la estructura fina —por llamarla de alguna manera— de la pasta de cemento, con independencia del tamaño del árido y de su naturaleza, incluso química, no es que carezca de importancia, pero, en términos relativos, es mínima en comparación con la del otro factor: estructura fina y estructura porosa capilar de gel de la pasta de cemento.

Sr. Presidente

¿Alguna pregunta más?

Intervención

La penetrabilidad del agua en una masa de hormigón también depende de la edad del hormigón, de la hidratación que hubiera sufrido su cemento. Hemos hecho unos ensayos muy rudimentarios y hemos comprobado que la penetrabilidad del agua en el hormigón depende del tiempo de duración del ensayo, y de la edad del hormigón.

Por consiguiente, veo la dificultad de que si queremos hablar de un valor de la penetrabilidad tendríamos que definir también una edad. Si se le hace el ensayo a un hormigón de un año, por ejemplo, tendría una penetrabilidad limitada. Si la edad fuera de dos años, la penetrabilidad sería mucho menor. Entonces, ¿Cómo podríamos comparar valores de penetrabilidad, con edad del hormigón, o bien reducción de esa penetrabilidad con la duración del ensayo?

Sr. Río

Sí. Entre los diferentes parámetros del fenómeno está la edad del hormigón. Creo que para un hormigón de más edad la penetrabilidad es menor; naturalmente, para la misma cantidad de agua en el hormigón. Pues si hay agua en el hormigón, el agua exterior no puede penetrar.

En los ensayos de absorción que nosotros hemos realizado, el agua total no es más que un valor, es el agua que penetra posteriormente en el hormigón, ya que si se hicieran ensayos secando el hormigón antes de la inmersión se llegaría a la conclusión de que todos son permeables.

Se observaría que el hormigón ha absorbido por completo el agua, en el caso de haber realizado un presecado.

Sr. Calleja

Creo interpretar la respuesta del Profesor Río en el sentido de que a igualdad de todo lo demás, incluido, por supuesto, la cantidad de agua que ya tiene de por sí el hormigón, la penetración es tanto menor cuanto mayor es la edad del hormigón.

Ahora bien, cuando esta igualdad no se da, particularmente en lo que concierne al agua que ya contiene el hormigón, entonces es más importante esa cantidad de agua que tiene o deja de tener a efectos de penetración de una nueva agua, que la edad del hormigón.

Intervención

Se supone que si el agua ha tenido acceso al interior del hormigón, parte del cemento que haya sin hidratar se hidratará, cerrándose poros, con la consiguiente reducción en la penetrabilidad. La edad, en mi opinión, desarrolla ese papel, especialmente en hormigones de alto contenido en cemento, o con una baja relación agua/cemento.

Sr. Presidente

Si no hay ninguna pregunta más, se levanta la sesión reiterando las gracias al Profesor Río.