

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE CEMENTO EN MORTEROS Y HORMIGONES ENDURECIDOS

Joaquín PORRERO*

RESUMEN

Se dan datos prácticos respecto a las posibilidades de esta determinación en las obras nacionales, basándose en los ensayos realizados en el IDIEM.

El procedimiento analítico empleado es el de la sílice soluble.

Se indica la influencia de las variables cemento y árido sobre la precisión, y se dan instrucciones para la toma de muestras.

INTRODUCCION

El poder averiguar la cantidad de cemento que se empleó en la ejecución de obras que ya están endurecidas, es de gran interés cuando se hacen cierto tipo de estudios y cuando se quiere establecer si se cumplieron los acuerdos o condiciones estipulados para su ejecución.

Esta determinación es bastante compleja y de una exactitud sólo relativa. Los procedimientos apropiados y más seguros que para ello existen, se basan en determinaciones químicas directas; pero los componentes del cemento, tal como los determina el análisis químico, son los mismos que aparecen en mayor o menor cantidad en los áridos usuales, de aquí las dificultades indicadas.

En el IDIEM se emplea provisionalmente** el método de la sílice soluble que es el procedimiento más generalmente usado y conocido. Este método se basa en determinar el contenido de sílice soluble de una muestra de la obra,

*Sección Investigación Química IDIEM.

**Actualmente está iniciado el estudio de otros procedimientos con los que se espera obtener mayor seguridad en los resultados.

sílice que en general proviene casi totalmente del cemento empleado, y con este valor se calcula la cantidad de cemento presente.

Este cálculo nos da el porcentaje de cemento en peso (kg de cemento por cada 100 kg de hormigón o mortero); para calcular los kg de cemento por cada m^3 de hormigón, es preciso además determinar la densidad de la muestra.

Por su naturaleza, estas determinaciones (sílice soluble y densidad) no pueden hacerse con gran precisión, lo que se traduce en un pequeño error que hace que la dosificación calculada pueda ser unos kg mayor o menor que la real.

Además de este error de ensayo, que en realidad es pequeño, pueden cometerse en el cálculo otros de magnitud mucho mayor debido a los siguientes hechos:

LOS ARIDOS

El contenido en sílice soluble de los agregados pétreos del hormigón o mortero, es variable y puede ser considerable. Para eliminar o aminorar este error, es necesario determinar la sílice soluble de los áridos empleados, para lo que hay que disponer de muestras de los mismos.

En el caso particular del IDIEM, se solicitan sistemáticamente muestras de los áridos empleados (ripió y arena) y se determina su sílice soluble.

Hasta el momento actual todas las muestras de áridos ensayadas en el IDIEM, dieron contenidos en sílice soluble muy próximos a 0,8 %. Este valor es el que empleamos cuando no es posible disponer de muestras de los áridos para hacer la determinación directa. Sin embargo, tal valor de 0,8 % no puede tomarse como seguro en todos los casos, ya que el número de muestras de áridos ensayados hasta ahora es pequeño y dista mucho de comprender a todos los empleados en el país.

EL CEMENTO

El contenido de sílice soluble del cemento es muy diferente para los distintos tipos y marcas.

En los cuatro cementos nacionales de más uso, que expresamos por letras, se encontraron los siguientes valores medios:

Cemento a)	21,96 %	de sílice soluble
" b)	19,20 "	" "
" c)	17,50 "	" "
" d)	16,34 "	" "

Los valores del contenido máximo y mínimo de sílice soluble encontrados en estos cuatro cementos, son 22,30 % y 14,73 % respectivamente. Si se hace el cálculo de la dosificación de cemento con estos dos valores, se encuentra una diferencia de 53 % (53 kg por cada 100 kg de cemento). El error, considerando un valor medio, es de ± 26 %.

Por lo tanto, si se desconoce el tipo de cemento empleado, la imprecisión en el resultado puede ser de tal magnitud que hace que éste no tenga valor práctico. Es pues necesario saber el tipo de cemento que se usó en la obra.

En el IDIEM se hacen sistemáticamente y cada cierto tiempo determinaciones de la sílice soluble de los cementos nacionales de más uso.

Aunque no es frecuente, las fábricas pueden cambiar el tipo de cemento que producen, y además, aun dentro del mismo tipo, el contenido de sílice soluble puede sufrir algunos cambios debido a razones que no es del caso analizar.

Así, el cemento d), nacional, analizado en cuatro fechas distintas dio los siguientes valores:

Octubre	1957	17,30 % de sílice soluble
Noviembre	1958	16,95 " "
Septiembre	1960	16,34 " "
Enero	1961	14,73 " "

Es pues conveniente saber, además del tipo y marca del cemento empleado, la fecha aproximada de su fabricación. El error que se puede cometer en el cálculo, si no se dispone de este dato, no se puede dar como una cifra general ya que cada caso requiere una interpretación especial. A título de ejemplo, diremos que para el cemento d), antes citado, que es un caso extremo, el error que se puede cometer es de ± 9 %, si se hace el cálculo con un valor medio de su contenido en sílice soluble.

En el IDIEM hay datos del contenido en sílice soluble de los cementos nacionales solamente desde hace cuatro años; para obras anteriores a esta fecha no se sabe con exactitud el error que se puede cometer al considerar para cada tipo de cemento un contenido de sílice soluble que se supone medio.

De los datos de algunos análisis de cemento, se deduce que los cambios en el contenido de sílice soluble en fechas anteriores a estos cuatro últimos años, fueron pequeños y de ahí suponemos que el error que se cometa no sobrepasará el 10 %; sin embargo, para algún tipo de cemento que se considera que permaneció más estable, la precisión puede ser bastante mayor.

LA MUESTRA

La dosificación de cemento, determinada con mayor o menor precisión, se refiere exclusivamente a la muestra recibida en el laboratorio; si no fue tomada en las condiciones adecuadas, el valor que se obtenga con ella puede carecer de significado.

En la muestra deben considerarse: el tamaño de cada testigo, el número de éstos y el lugar de donde se toman.

Si suponemos la obra totalmente homogénea, quedará representada por un solo testigo o trozo de ella suficientemente grande. Si es muy pequeño, la proporción entre la parte pétreo y el cemento puede ser muy distinta de la real, ya que en su composición puede influir el que los granos de árido más gruesos queden adheridos a la obra o al testigo; un caso extremo sería tomar como testigo una sola piedra en la que en ningún caso se podría encontrar cemento.

Es pues necesario que el trozo de obra que constituye el testigo sea de un tamaño suficientemente grande.

Para el tipo de hormigón usual en el país (tamaño máximo del árido 5 cm), el testigo no debe ser inferior a los 6 kg; si el tamaño máximo del árido es mayor que el usual, la cantidad deberá ser mayor. Para los morteros corrientes bastan testigos de unos 2 kg.

Este testigo de por lo menos 6 kg, debe provenir de un solo bloque, bien que durante la extracción pudo haber sido partido, en cuyo caso hay que evitar que haya pérdida alguna del material que constituyó el bloque primitivo.

Tampoco los trozos del testigo pueden quedar muy reducidos ya que con ellos hay que determinar además la densidad del material, cuyo volumen se mide por el agua que desplaza. En ningún caso dichos trozos deben ser menores de 5x5x10 cm y siempre deben ir acompañados del polvo o esquirlas que se hayan desprendido en la extracción.

En los hormigones que se llevan ensayados en el IDIEM, la densidad media es 2,34 kg/dm³ y la densidad más frecuente es próxima a esta cifra, pero también se han encontrado valores tan extremos como 2,02 kg/dm³ y 2,52 kg/dm³. Esto significa que el error que se podría cometer por no saber la densidad del hormigón podría llegar a $\pm 14\%$ tomando la media de los valores extremos, y a $+ 18\%$ tomando la densidad más frecuente. Un error de una décima en la determinación de la densidad, se traduce en $\pm 4\%$ en la dosificación calculada.

En una misma obra pueden ser empleadas varias clases de hormigón o de mortero, por ejemplo los que constituyen cada una de las partes como pilares, losas, estucos, etc. La muestra tomada debe referirse, lógicamente, a una sola

de estas clases de material, ya que una muestra media que las comprenda a todas no tiene significado.

Dentro de una misma clase de hormigón o de mortero el material no es homogéneo: Al hormigonar se establecen diferencias tanto dentro de una misma cachada como entre las distintas cachadas, diferencias cuya magnitud depende del cuidado con que se realiza el trabajo.

Las diferencias entre cachadas pueden ser notables. Debido al poco cuidado en la dosificación, al cambio del grupo de obreros, al uso de una nueva partida de áridos, a la heterogeneidad de éstos, etc., entre partes de hormigón o mortero de una misma clase, alejadas entre si, es frecuente encontrar apreciables diferencias en el contenido de cemento.

Debido a esto, un testigo sólo da seguridad respecto al material de que está constituido él mismo. Para una mayor probabilidad de que la cifra del ensayo coincida aproximadamente con la real de la dosificación empleada, la muestra debe constar de más de un testigo. Como valor final se toma la media de todos ellos.

El número de testigos que se deben tomar depende del tamaño de la obra, de la clase de ésta (estructuras delgadas, hormigón en masa, etc.) y del cuidado que se tuvo en la ejecución. Una regla aproximada y general para los casos normales, es tomar un testigo por cada m^3 en obras de hormigón armado relativamente delgadas, en estructuras finas (como paredes de tubos, etc.), en morteros y en elementos prefabricados. Dos testigos por cada tres m^3 en el caso de obras gruesas de hormigón armado y pequeñas obras de hormigón en masa y un testigo por cada tres m^3 en el caso de grandes obras de hormigón en masa (diques, represas, etc.); en todo caso deben tomarse como mínimo dos testigos cualesquiera que sean el tipo y tamaño de la obra.

En el caso de obras que se sabe que están ejecutadas con muy poco cuidado o de las que se sospecha falta de homogeneidad (por defectos o fallas), el número de testigos debe ser mayor que el establecido antes, debiendo tomarse en los casos extremos hasta el doble del número indicado. También a veces es conveniente tomar testigos aislados de alguna parte de la estructura que sea especialmente sospechosa: estos testigos no se utilizarán para obtener el valor medio de la dosificación.

Las partes de donde se deben extraer los testigos, en rigor debieran ser elegidas según las leyes del azar, pero esto pocas veces es posible; en todo caso se procurará que por lo menos correspondan a partes de la estructura que se supongan hormigonadas en diferentes fechas.

Los testigos tomados deben llegar al laboratorio separados entre sí y debidamente identificados. Allí se procederá a mezclarlos en forma conveniente y se extraerá una muestra media, que es la que se ensaya; o bien se pro-

cederá, si es necesario o si así se pide, a ensayar cada uno de los testigos por separados calculándose después la media de los valores obtenidos. Este último procedimiento da información adicional, muchas veces muy valiosa, respecto a la homogeneidad de la obra y al cuidado con que se ejecutó, así como respecto a si el número de muestras que se tomó es suficiente para asegurar con cierta probabilidad que el valor medio encontrado corresponde al real.

COMENTARIOS

Vemos pues, que un testigo único, aislado, como es irrecuente que se tome en la obra, puede dar un valor informativo aproximado, pero en ningún caso (sobre todo si la cantidad de material a que representa es grande) se puede considerar como representativo de la dosificación media empleada.

En cada caso, es necesario estudiar previamente la información que se puede obtener de esta determinación, que es larga y costosa tanto respecto a la toma de muestra como a su preparación, ensayo y cálculo. Este estudio permite a veces descartar el ensayo por inútil, si la precisión posible está por debajo de la requerida.

Como se desprende de los errores detallados en cada caso, a veces éstos se suman; en todo caso al error máximo posible total hay que añadir siempre $\pm 3\%$ debido al error propio del ensayo.

DETERMINATION OF CEMENT CONTENT OF HARDENED MORTAR AND CONCRETE SAMPLES

SUMMARY:

Values are given derived from tests made at IDIEM, for the determination of cement content from samples of hardened mortar or concrete.

The influences of Chilean cement and aggregates qualities on the precision of the results are briefly discussed and some recommendations are given for taking the samples.