

LA SILICE DISUELTA COMO PARAMETRO PARA CALIFICAR AGREGADOS EN FORMA PRELIMINAR FRENTE A LA REACTIVIDAD ALCALINA POTENCIAL

Marfil S. A.^{1,3}; P. J. Maiza^{1,4}; J. D. Sota^{2,5} y O. R. Batic^{2,3}

1. Universidad Nacional del Sur. San Juan 670. 8000 Bahía Blanca.
2. LEMIT. Calle 52 entre 121 y 122. 1900 La Plata.
3. Investigador CIC.
4. Investigador CONICET
5. Profesional CIC.

RESUMEN

En este trabajo se evalúan los resultados obtenidos en el ensayo de barras de mortero, de agregados utilizados en hormigones (ASTM C-227), y la sílice liberada por ellos al estar en contacto con una solución de NaOH 1 N durante 24 horas a 80 °C, siguiendo las pautas de la Norma ASTM C-289. Con el valor de sílice disuelta, se pretende tener una estimación preliminar de la reactividad potencial de estos agregados en un lapso de dos días. Además, se utilizó el conocimiento mineralógico de los agregados y determinaciones de rayos X, para identificar la presencia de especies deletéreas.

ANTECEDENTES

Son numerosos los trabajos realizados que utilizan el método químico para evaluar la reactividad alcalina potencial de los agregados, complementándolo paralelamente con el método de las barras de mortero. Sin embargo, en los últimos años algunos investigadores lo han dejado de usar, ya que consideran que no da una idea real del comportamiento de los agregados en el hormigón. Por esa razón, han sido numerosos los estudios tendientes a modificarlo, buscando obtener un resultado más cercano al comportamiento real de los materiales, ya que el ASTM C-227, utilizado universalmente, requiere de al menos 6 meses para obtener un resultado confiable, mientras que con este ensayo se necesitan sólo dos días.

Se han propuesto varias alternativas para modificar al método. Se mencionarán algunas de ellas.

Thaulow et al. (1983), modificaron el método químico, teniendo en cuenta sólo la sílice disuelta y no la reducción en alcalinidad. Toman como criterio para delimitar agregados reactivos de inocuos entre 50 y 100 milimoles/litro de sílice disuelta.

Maiza et al. (1989), analizaron diferentes agregados por el método químico, variando la temperatura, el tiempo de ensayo y el contenido de materiales deletéreos, concluyendo que un incremento en cualquiera de los tres parámetros provoca un aumento de la sílice disuelta.

Sorrentino et al. (1992), tomaron como parámetro al tiempo y modificaron la granulometría. De esta manera tratan de cubrir la presencia de agregados de reacción lenta.

Barisone et al. (1992), encontraron buena correspondencia aplicando el método químico cuando eliminan previamente el carbonato por medio de ClH diluido.

Mullick et al. (1992) proponen modificar el tiempo de reacción de 24 horas a 7 días para agregados de reacción lenta, refiriéndose principalmente a la presencia de cuarzo tensionado.

INTRODUCCION

En trabajos anteriores se evaluaron agregados finos (Maiza et al. 1988) y gruesos (Marfil et al. 1993), de acuerdo a su reactividad alcalina potencial, por los métodos de ensayo ASTM C-227, C-289 y C-295. Teniendo en cuenta los valores de expansión medidos en barras de mortero se podría establecer entre 50 y 100 milimoles por litro de sílice disuelta (C1), como límite entre agregados reactivos e inocuos. Debe considerarse que en el rango 50 - 250, (C1) la pendiente de la curva hace que pequeñas variaciones en la medición de la reducción en alcalinidad califiquen a un agregado de reactivo a inocuo. En anterior oportunidad, se encontró una buena relación entre el incremento de expansión en barras de mortero y la sílice disuelta determinada por el método ASTM C-289, para agregados finos. En este trabajo se compara el comportamiento de diferentes materiales ensayados con el método de las barras de mortero, evaluados según su expansión, con el valor de sílice disuelta determinado según la norma ASTM C-289 sobre un grupo de agregados conocidos.

Se trata de establecer un rango de valores de sílice disuelta que permita calificar en forma preliminar la posibilidad de la RAS en agregados a ser utilizados en hormigón, basándolo en el estudio de un importante número de materiales de diverso origen.

METODOS DE ESTUDIO

1. Determinación de la expansión en barras de mortero: Se realizó según lo establecido en la norma ASTM C-227.
2. Para la determinación de sílice disuelta se utilizó el método gravimétrico, según lo descrito en la especificación ASTM C-289.
3. Difractometría de rayos X: Se utilizó un difractómetro Rigaku, D-max III-C, computarizado con radiación Cu y filtro de Ni. Con 35 Kv y 15 mA.

La sílice disuelta como parámetro para calificar agregados....
Marfil, S. A.; P. J. Maiza; J. D. Sota y O. R. Batic

RESULTADOS

Los resultados de expansión medidos en barras de mortero (ASTM C-227), se muestran en la tabla N° I y la sílice disuelta determinada con el método de ensayo químico (ASTM C-289) se puede observar en la tabla N° II.

Tabla N° I: Resultados del ensayo de agregados según el método de las barras de mortero (ASTM C-227)

Muestra de agregado	% de expansión a la edad (en meses)		
	3	6	12
Granito Villa Mónica	0.013	0.026	0.035
Gr. Cerros Colorados	0.012	0.033	0.034
Granito Pan de Azúcar	0.031	0.030	0.037
Gneiss Córdoba	0.027	0.045	0.048
Granito La Florida	0.030	0.047	0.044
Granito Agua Blanca	0.022	0.022	0.023
Granito Peregrino	0.051	0.074	0.081
Arena Mojo Toro	0.014	0.002	0.013
Grava Usuahia	-	-	0.038
Cuarcita M. del P.	0.027	0.025	0.038
Rodados Tucumán	0.015	0.023	-
Rodados de playa	0.023	0.021	0.041
Gr. C° Aguila	0.034	0.032	0.041
Rodados S. Gr. grueso	0.033	0.032	0.043
Cuarcita Pigué	0.027	0.035	0.040
Rodados S. Gr. fino	0.028	0.028	0.035
Obsidiana Lihuel Calel	0.233	0.350	0.366
Tridimita Mina Clar	0.070	0.080	0.103
Ar. de Chaco (100 %)	0.030	0.033	0.030
Ar. de Chaco (10 %)	0.652	0.771	0.870

TABLA N° II. Determinación de sílice disuelta de agregados según el método químico (ASTM C-289).

Mineral/Roca	SiO ₂ disuelta (mg)	Cl (milimol/l)
Gr. Villa Mónica	3.3	10.9989
Gr. C° Colorados	4.2	13.9999
Pan de Azúcar 190	4.3	14.3319
Gneiss Cba.	4.5	14.9985
Gr. La Florida	4.5	14.9985
Agua Blanca	4.8	15.9984
Gr. Peregrino	4.9	16.3317
Arena Mojo Toro	5.3	18.9981
Grava Usuahía	5.5	18.3315
Cuarcita M. del P.	6.0	19.9980
Rodados Tucumán	8.1	26.9973
Rodados de Playa	8.5	28.3305
Granito C° Aguila	9.2	30.6636
Rod. S. Gr. grueso	11.3	37.6629
Cuarcita Pigué	11.9	39.6627
Rodados S. Gr. fino	14.4	47.9952
Obsidiana Li. Calel	52.7	175.6491
Tridimita Mina Clar	75.0	249.9750
Arenisca de Chaco	191.1	449.9750

Referencias Tablas N° I y II:

Ar. = Arenisca C° = Cerro
 Gr. = Granito Cba. Córdoba
 Ag. = Aguada Az. = Azúcar
 Por. = Porosa S. Gr. = Sauce Grande
 Li = Lihuel M. del P. = Mar del Plata

3. Difractometría de rayos X:

Las muestras que liberaron mayor cantidad de sílice en el método de ensayo químico, fueron analizadas por DRX, a fin de determinar las especies minerales responsables de esos elevados valores. Los resultados obtenidos son los siguientes:

1. Lihuel Calel: El material está constituido por cuarzo, feldespato, biotita y minerales opacos. El difractograma muestra una elevada inflexión del fondo adjudicada a la presencia de material amorfo, correspondiente a vidrio volcánico. Esta determinación fue comprobada por microscopía.
2. Mina Clar: El material es tridimita.
3. Arenisca de Chaco: Está constituida por cuarzo, tridimita y ópalo.

De los resultados obtenidos por DRX puede decirse que las muestras más reactivas, que liberaron mayor cantidad de sílice por el método químico son las que contienen vidrio volcánico y tridimita.

DISCUSION DE LOS RESULTADOS

El valor de sílice disuelta en las rocas que tienen en su composición mineralógica componentes de comprobada reactividad, tales como ópalo, tridimita, vidrio volcánico, etc., es elevado (obsidiana Lihuel Calel, tridimita Mina Clar y arenisca del Chaco).

Sin embargo, dichos valores no se corresponden totalmente con la reactividad medida en el método de la barra (ASTM C-227) como se observa en la tabla N° I, pues mientras la obsidiana de Lihuel Calel es muy reactiva, superando en un 300 % el valor especificado para considerar a un agregado como reactivo a los tres meses, la tridimita de Mina Clar sólo está cerca del límite de la norma a los seis meses y la arenisca del Chaco no es reactiva según las pautas del método utilizado, debido a que su alta reactividad produce un comportamiento similar al de una puzolana, la máxima reacción (expansión), se produce para porcentajes mucho menores al 100 %, conocido como efecto "pessimun" (relación óptima del agregado reactivo total con los álcalis disponibles). Cuando se utilizó arenisca del Chaco en una mezcla de agregados en un porcentaje del 10 %, evidenció una gran reacción, explicable en la necesidad de un pessimun para el desarrollo óptimo de ésta.

Un párrafo aparte merecen los agregados con cuarzo tensionado (granito Peregrino, granito Cerro Aguila, rodados Sauce Grande, cuarcita Pigué y cuarcita Mar del Plata), pues éstos, que en la determinación de la sílice disuelta evidencian valores bajos, son reactivos, aunque en tiempos mayores a los límites de la norma. Estos agregados son considerados de reacción lenta o diferida. Debido a que las reacciones iniciales son pequeñas o lentas durante un tiempo prolongado, que en muchos casos supera al establecido por las especificaciones tradicionales (6 meses), pueden ser considerados, erróneamente como no reactivos.

CONCLUSIONES

1. La cantidad de muestras analizadas en este trabajo y la heterogeneidad las mismas, hace difícil establecer un rango de sílice disuelta que permita definir su reactividad. Sin embargo, este ensayo, puede ser considerado como orientativo, teniendo la ventaja de que su ejecución es rápida, no más de dos días.
2. Los agregados calificados como no reactivos en el método de las barras de mortero dan valores de sílice disuelta muy bajos (menores de 30 milimoles/litro), mientras que los que son de conocida reactividad superan los 100 milimoles por litro.
3. Las determinaciones de sílice disuelta en agregados que tengan en su composición altas proporciones de minerales deletéreos, vidrio volcánico, tridimita, ópalo, etc., deberán ser consideradas especialmente, ya que éstos, en algunos casos sólo presentan reactividad en un porcentaje pessimun.
4. En agregados con cuarzo tensionado, el valor de sílice disuelta, obtenido según la norma ASTM C-289, no determina la reactividad de los mismos y en la mayoría de los casos, el método de la barra de mortero (ASTM C-227), no da evidencias de reactividad a la edad de 6 meses.
5. El análisis petrográfico constituyó un método apropiado para el estudio de los estos agregados.
6. Se considera imprescindible profundizar este estudio con otros agregados, agrupándolos por sus características petrográficas y mineralógicas, a fin de poder interpretar valores de sílice disuelta, orientadores de su reactividad frente a la reacción álcali-sílice.

REFERENCIAS

1. ASTM C-227 (1981). Standard test method for potential alkali reactivity of cement - aggregate combination (Mortar bar method). 148-153.
2. ASTM C-289 (1981). Standard test for potential reactivity of aggregates (Chemical Method). 193-197.

**La sílice disuelta como parámetro para calificar agregados....
Marfil, S. A.; P. J. Maiza; J. D. Sota y O. R. Batic**

3. Barisone G. and G. Restivo (1992). Alkali-silica reactivity of alluvial deposits evaluated using chemical and psamographic method. The 9th International Conference on alkali-aggregate reaction in Concrete. London. 1, 46-51.
4. Maiza P. J.; S. A. Marfil; J. D. Sota y O. R. Batic (1988). Comparación de los resultados obtenidos en los ensayos de reactividad potencial alcalina en agregados finos utilizados en Bahía Blanca y Punta Alta, Prov. de Bs. As. Segundas Jornadas Geológicas Bonaerenses. Actas. Bahía Blanca. 697-707.
5. Maiza P. J. y S. A. Marfil (1989). Influencia de la temperatura, tiempo y contenido de materiales deletéreos en el comportamiento de los agregados frente a la reactividad alcalina potencial. 9 Reunión Técnica de la AATH. Buenos Aires. II, 269-276.
6. Marfil S. A. y P. J. Maiza (1993). Los agregados gruesos utilizados en la zona de Bahía Blanca (Prov. de Bs. As.) en relación con la reacción álcali-agregado. Congreso Internacional de Ingeniería Estructural y Tecnología del Hormigón. Córdoba. Memorias. I, 1-10.
7. Mullick A. K.; R. C. Wason and S. K. Sinha (1992). Potential reactivity of quartzite aggregates containing strained quartz. The 9th International Conference on alkali-aggregate reaction in Concrete. London. 2, 673-682.
8. Thaulow N. and H. Olafsson (1983). Alkali - silica reactivity of sands, comparison of various test methods. 6th International Conference. Alkalies in Concrete. Copenhagen. 353-364.
9. Sorrentino D.; J. Y. Clement and J. M. Golberg (1992). A new approach to characterize the chemical reactivity of the aggregates. The 9th International Conference on alkali-aggregate reaction in Concrete. London. 2, 1009-1016.