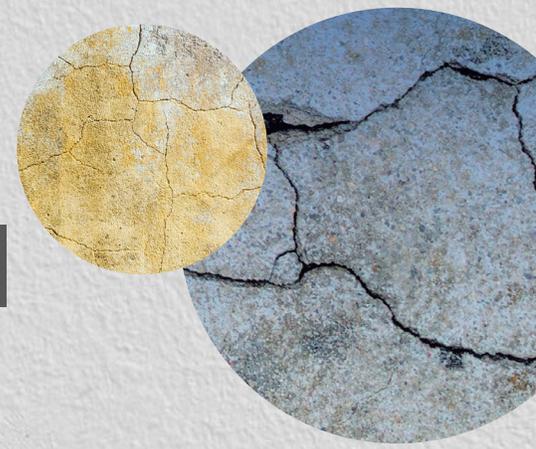


Potencial de reacción de los agregados y el álcali en estructuras de concreto



► M.I. José Elías Villa Herrera, Dr. Cornelio Álvarez Herrera, Dr. Humberto Silva Hidalgo y Dr. José Luis Herrera Aguilar

Universidad Autónoma de Chihuahua / Facultad de Ingeniería
FINGUACH Año 6, Núm. 19, marzo - mayo 2019

La reactividad álcali agregado (RAA) es un tipo de deterioro que ocurre cuando los constituyentes minerales activos de algunos agregados reaccionan con los hidróxidos de álcali en el cemento (Islam y Ghafoori, 2013) en un ambiente propicio, alcalino con agua o humedad (Lindgård *et al.*, 2012). En la Figura 1 se muestra el deterioro por fisuramiento en el concreto producido por la RAA.



Figura 1. Fisuramiento en el concreto producto de la RAA.

Álcali en el cemento

El problema de la RAA llevó a que se colocara un límite máximo de 0.6 % por masa en el contenido de álcali del cemento a utilizar y de esta manera disminuir el riesgo de fisuramiento (Stanton, 1940). El contenido de álcali del cemento se obtiene de la siguiente manera: $(Na_2O)_{equivalente} = \% Na_2O + 0.658 X \% k 2O$.

Agregado pétreo

El agregado pétreo representa al menos 75 % de la mezcla en el concreto, por lo que es indispensable que se tome atención a su selección y tamaño, debido a que influirá en la durabilidad (Ugur *et al.*, 2010). Los agregados reactivos utilizados para concreto podrían tener efectos desastrosos en combinación con un cemento con elevado contenido de álcali, pero al encontrarse finamente pulverizados y uniformemente repartidos adquieren la cualidad de puzolanas, es decir con un efecto contrario, que disminuye la reacción (Kuo y Shu, 2015) al desarrollarse en muchos puntos uniformemente distribuidos y por tanto haciéndola muy débil y el concreto puede absorber sin deterioro las tensiones provocadas (Li *et al.*, 2015).

Agregado	Origen de roca	Descripción
A1	Ígnea	Grava de río
A2	Ígnea	Grava de río
Cemento	Tipo	Características
C1	CPO R 30	Bajo en álcali

Tabla 1. Materiales utilizados para el experimento.

Experimento

Se utilizaron los siguientes materiales mostrados en la Tabla 1.

El agregado A1 y A2 se caracterizó a través de la petrografía. En la Figura 2 se muestra la imagen microscópica del agregado de origen ígneo.



Figura 2. Observación microscópica de agregado ígneo.

Los resultados de las petrografías fueron los siguientes:

- A1** - Cuarzo aproximadamente en un 75 % que consiste en tridimita, cristobalita y líticos como calcedonia y limonita conformando casi la totalidad de esta muestra. No hay presencia de vidrio.
- A2** - Contiene vidrio con alrededor del 35 % a 45 %. Cuarzo total aproximadamente en un 85 % que consiste en tridimita y cristobalita. No se muestra evidencia de calcedonia.





Figura 3. Equipo de absorción atómica de elementos.

El cemento se sometió a un estudio para conocer su contenido de álcali. En la Figura 3 se muestra un equipo de absorción atómica de elementos para obtener sodio y potasio en forma de óxido.

Los resultados de los óxidos fueron los siguientes, mostrados en la Tabla 2:

(Na₂O) equivalente: (Na₂O_{eq} = % Na₂O + 0.658 X % k₂O).

Elementos	SiO %	CaO %	MgO %	K ₂ O %	Na ₂ O %	Álcali %
C1	19.8	64.5	2.29	0.49	0.07	0.39

Tabla 2. Obtención de óxidos del cemento para determinar su porcentaje de álcali.

El cemento cumple con la norma ASTM C 150 al estar por debajo de 0.6 % en álcali.

Se emplea el método ASTM C 1260 – AMBT (*Acelerated Mortar Bar Test*) para conocer el potencial de expansión por reacción de los materiales que consiste en lo siguiente:

- Barras de 25mm x 25mm x 285mm.
- Curadas en cuarto húmedo por un día.
- Sumergidas en agua por un día a 80° C.
- Sesumergeren en una solución de NaOH a 80° C por un periodo de 14 días.
- Los resultados se obtienen a los 16 días.
- Expansiones de las barras <0.10 % = reacción inocua.
- Expansiones entre 0.10 % - 0.20 % = moderadamente reactivo.
- Expansiones >0.20 % = agregado reactivo.

Se realizaron las combinaciones C1A1, C1A2, C1A1 + 30 % de puzolana del peso del cemento y C1A1 al 2 % de álcali en el cemento agregando NaOH según ASTM C 1293. En la Figura 4 se muestran barras de prueba ASTM C 1260.

Los resultados de las expansiones fueron los siguientes:



Figura 4. Barras de prueba ASTM CRGO

- La combinación A1C1 dio una expansión cercana a 0.14 % por lo que se considera moderadamente reactiva.
- La combinación A1C2 dio una expansión cercana a 0.27 % por lo que se considera reactiva.
- La combinación A1C1 + 30 % de puzolana del peso del cemento dio una expansión cercana a 0.090 % por lo que se considera inocua.
- La combinación A1C1- 2 % de álcali en el cemento dio una expansión cercana a 0.24 % por lo que se considera reactiva.

Conclusiones

Es evidente que, aunque se cuente con cementos bajos en álcali, el potencial de los agregados puede hacer que no sea suficiente para disminuir la RAA como se muestra en la combinación A1C2, aunque de igual forma, cementos altos en álcali darán reacciones suficientemente altas (C1A1-2 % álcali en el cemento).

Efectivamente, si se utiliza un cemento alto en álcali en combinación con un agregado reactivo en un ambiente propicio para la RAA, corresponde a un mal diseño de la mezcla de materiales para concreto con consecuencias desastrosas, por lo que la prevención a través de la caracterización apropiada es primordial. En caso de no contar con materiales inocuos, la adición de puzolanas puede ser una opción para atenuar la RAA.

Otros aspectos a considerar para trabajos posteriores relacionados a la RAA serían: influencia del tamaño del agregado y de diversos contenidos de álcali en el cemento, permeabilidad en el concreto, cementos adicionados, la importancia de la caracterización de materiales y la evaluación de la reacción por métodos diversos.

Referencias:

- Islam, M. S., and N. Ghafoori, 2013, Evaluation of alkali-silica reactivity using ASR kinetic model: *Construction and Building Materials*, v. 45, p. 270-274.
- Kuo, W.-T., and C.-Y. Shu, 2015, Effect of particle size and curing temperature on expansion reaction in electric arc furnace oxidizing slag aggregate concrete: *Construction and Building Materials*, V. 94, p. 488-493
- Li, Y., Z. He, and S. Hu, 2015, Mechanism of Suppressing ASR Using Ground Reactive Sandstone Powders instead of Cement: *Journal of Wuhan University of Technology-Materials Science Edition*, V. 30, p. 344-351.
- Lindgård, J., Ö. Andiç-Çakır, I. Fernandes, T. F. Rønning, and M. D. A. Thomas, 2012, Alkali-silica reactions (ASR): Literature review on parameters influencing laboratory performance testing: *Cement and Concrete Research*, v. 42, p. 223-243.
- Stanton, T. E., 1940, Expansion of Concrete through Reaction between Cement and Aggregate, *Proceedings of the American Society of Civil Engineers*, 107, 1781-1811.
- Ugur, I., S. Demirdag, and H. Yavuz, 2010, Effect of rock properties on the Los Angeles abrasion and impact test characteristics of the aggregates: *Materials Characterization*, V. 61, p. 90-96.