

COMPORTAMIENTO DE ROCAS BASÁLTICAS EN HORMIGÓN, FRENTE A LA REACCIÓN ALCALI-SÍLICE

Maiza, P. J.^{1,2}, S. A. Marfil^{1,3}

1. Universidad Nacional del Sur. San Juan 670. 8000 Bahía Blanca. Prov. de Bs. As. Argentina. TE. 054-091-500886. FAX. 54-91-556756.
2. Investigador Independiente CONICET.
3. Investigador Adjunto Comisión de Inv. Científicas de la Prov. de Bs. As.

RESUMEN

Se estudiaron rocas basálticas procedentes de diferentes provincias de la Argentina con el objeto de evaluar su comportamiento frente a la reacción álcali-sílice cuando son utilizados como agregados en hormigones de cemento portland.

Se trabajó con los métodos de ensayo químico, ensayos físicos acelerados y examen petrográfico. Se enfatiza en la importancia del estudio petrográfico para la evaluación preliminar de los agregados. En especial presencia de vidrio volcánico, sobre todo alterado a minerales arcillosos y desarrollo de procesos de silicificación.

ABSTRACT

Basaltic rocks from different locations in Argentina were studied with the aim of valuing its behaviour in concrete, in relation to the alkali – silica reaction.

Solubilized silica was determined by the chemical test method. An aliquot of the solution was analyzed by ICP. The expansion was measured on mortar bars by the accelerated method.

Its utmost importance is to carry out preliminary petrographic studies of the aggregates, especially to determine volcanic glass, montmorillonitic clays and silicification.

OBJETIVOS

El propósito del trabajo es evaluar las características de basaltos de diferentes zonas de la Argentina desde el punto de vista de su reactividad alcalina potencial, en especial su petrografía, minerales de alteración y respuesta a los métodos de ensayo convencionales.

INTRODUCCION

En Argentina existen áreas muy extensas con afloramientos de rocas basálticas. Se estudiaron muestras de zonas principales: patagonia, mesopotamia, zona centro (Córdoba y San Luis) y cordillera.

Es frecuente su utilización como piedra partida en hormigones en importantes obras de ingeniería de Sudamérica. Además se encuentra presente en la mayoría de las arenas y cantos rodados, utilizados como agregados finos y gruesos respectivamente.

Desde el punto de vista de sus características

físico – mecánicas, es un material aceptable para hormigón. En trabajos previos (Maiza et al. 1995, Marfil et al. 1996), se estudió el comportamiento de algunas rocas basálticas frente a la reacción álcali – sílice. Para ello se utilizaron los métodos de ensayo químico, barras de mortero, método acelerado y examen petrográfico. Se encontró un comportamiento diferencial en las rocas de las distintas zonas estudiadas, inclusive para rocas de diferentes sectores dentro de un mismo yacimiento. Desde entonces fueron numerosos los estudios tendientes, por un lado, a determinar las causas de ese comportamiento y por otro, a definir métodos alternativos rápidos para predecir el comportamiento que tendrán en el hormigón previo a su utilización en obra.

Es ampliamente conocido que la reacción álcali – sílice se produce entre los álcalis (Na y K) provenientes principalmente del cemento y la sílice reactiva de los agregados (aportada fundamentalmente por el vidrio volcánico, tridimita, cristobalita, ópalo, arcillas sobre todo del tipo montmorillonita y el cuarzo tensionado).

La mayoría de estos materiales se encuentran con frecuencia en las rocas basálticas. De allí la importancia de un estudio petrográfico de detalle, a fin de identificar especies deletéreas. Es fundamental definir el grado de alteración que presenta la roca. El vidrio debe ser analizado cuidadosamente para determinar si está fresco o alterado y los minerales de neoformación sobre todo la presencia de arcillas expansivas.

Existen antecedentes de problemas de reactividad en este tipo de rocas en otras partes del mundo. Shayan et al. 1988, mencionan un problema en Australia.

Para que el hormigón sufra deterioro, deben cumplirse además determinadas condiciones tales como humedad y temperatura elevadas y alto contenido de álcali en el cemento.

MATERIALES Y METODOS

Se trabajó con 17 muestras de basaltos: 13 procedentes de la Prov. de Río Negro, 1 de la Prov. de San Luis, 1 de Córdoba 1 de Misiones y 1 de Mendoza.

Se utilizaron los siguientes métodos: 1. ensayo químico (ASTM C-289), con modificaciones. Los análisis se realizaron por gravimetría para la determinación de sílice y espectrometría de emisión con plasma de argón (ICP), para el resto de los elementos, 2. barras de mortero (ASTM C-227), 3. método acelerado (ASTM C9-P-214) y 4. examen petrográfico. Este último se realizó sobre cortes delgados con un microscopio de polarización Olympus trinocular, modelo BH-2.

El estudio de los productos de alteración se realizó por difracción de rayos X, para lo que se utilizó un difractómetro Rigaku D-max III C, computarizado, con radiación de Cu y monocromador, operado con 35 Kv y 15 mA.

RESULTADOS

Método de Ensayo Químico

Se realizaron algunas modificaciones del método respecto a lo que especifica la norma ASTM C-289. No se tuvo en cuenta la reducción en alcalinidad, ya que este valor sufre modificaciones importantes en presencia de calcita. Este mineral es muy frecuente y relativamente abundante rellenando las vesículas del basalto y como venillas. Se trabajó con los valores de sílice disuelta debido a que en estudios previos (Marfil

et al. (en prensa)) se concluyó que la sílice está directamente vinculada con la expansión y se pueden establecer rangos que de manera rápida den una idea preliminar sobre el comportamiento que tendrá el material, los que luego serán confirmados con los ensayos físicos.

Por otra parte se analizó la solución de NaOH 1N luego de cumplido el ensayo. Además de sílice se determinó el contenido de Mg, Ca, Al, Fe, K, Mn y Ti, con el propósito de determinar las principales especies lixiviadas de la roca y su relación con la reactividad. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla I.

Ensayos físicos

Los ensayos realizados con el método ASTM C-227 no dieron resultados satisfactorios para este tipo de roca (Maiza et al. 1995). Por lo que en adelante se trabajó con ensayo acelerado (ASTM C9-P214). (Marfil et. al. (en prensa)). Este método consiste en sumergir las barras en una solución de NaOH 1N a 80 °C durante 28 días. Si la expansión es superior a 0.1 % se considera deletéreo. Los resultados se muestran en la Tabla I

Estudio petrográfico

San Luis

Es una roca constituida por abundantes fenocristales de olivino, en una pasta de clinopiroxenos y feldespatoides. Hay abundantes opacos. No se observa vidrio.

Córdoba

Está constituida por fenocristales de olivino en una pasta microcristalina de augita y feldespato. Los piroxenos se encuentran alterados y la biotita está cloritizada. Hay importante hematización. No se observa vidrio.

Mendoza

La roca está constituida por abundantes fenocristales de plagioclasa y olivino en una pasta de plagioclasa, olivinos piroxenos y opacos. No se observa vidrio.

Misiones

Está constituida por plagioclasa (sericitizada) que encierra olivino muy alterado y piroxenos. Es abundante la montmorillonita y el vidrio volcánico. Este último presenta marcados procesos de alteración.

La presencia de montmorillonita fue confirmada por difracción de rayos X. Para ello se concentró el material moliendo hasta pasar tamiz malla 200. Luego se dispersó en ultrasonido durante 10 minutos y a las dos horas se pipeteó el material suspendido. El polvo obtenido se analizó por DRX.

Río Negro

De las rocas estudiadas de la Prov. de Río Negro sólo tres se encuentran frescas, no contienen vidrio volcánico y se corresponden con las que no

dieron expansión deletérea en las barras de mortero (muestras 3, 5 y 6 tabla 1). Están constituidas por abundante olivino con menor proporción de piroxenos. No hay indicios de alteración. En una de las muestras se observa algo de carbonatación. Este material se separó para ser analizado por DRX. Se identificó calcita.

El resto de las muestras (4, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 y 17) todas de comportamiento deletéreo (tabla 1) presenta cantidades importantes de vidrio volcánico, tanto fresco como alterado a minerales tipo montmorillonita y/o silicificación.

Tabla 1: Resultados de los análisis químicos y expansión según la norma ASTM C9-P-214

Muestra	Nº	SiO ₂ (mg)	K ₂ O (mg)	Al ₂ O ₃ (mg)	Fe ₂ O ₃ (mg)	CaO (mg)	Expansión (%)
San Luis	1	3.03	2.60	1.65	0.018	0.015	0.073
Córdoba	2	3.95	3.79	1.90	0.015	0.014	0.063
Río Negro	3	7.27	9.78	1.80	0.029	0.015	0.070
Río Negro	4	13.33	0.52	3.10	0.008	0.018	0.111
Río Negro	5	18.00	1.04	0.74	0.006	<0.001	0.044
Río Negro	6	18.17	6.79	2.31	0.008	0.014	0.070
Misiones	7	19.77	1.21	0.51	0.013	0.007	0.343
Mendoza	8	20.78	4.16	0.86	0.012	0.002	0.111
Río Negro	9	32.09	3.30	1.89	0.007	0.014	0.439
Río Negro	10	34.90	1.29	1.02	0.009	<0.001	0.407
Río Negro	11	38.10	1.22	1.18	0.018	<0.001	0.407
Río Negro	12	38.40	0.36	1.63	0.040	<0.001	1.075
Río Negro	13	43.40	2.38	1.50	0.020	<0.001	0.965
Río Negro	14	45.09	0.32	1.03	0.015	0.018	0.538
Río Negro	15	46.80	1.72	1.26	0.027	<0.001	0.470
Río Negro	16	67.40	0.25	0.61	0.004	0.013	0.603
Río Negro	17	78.40	1.29	0.38	0.018	0.016	0.651

Tabla 1: Resultados de los análisis químicos y expansión según la norma ASTM C9-P-214

CONCLUSIONES

Existe una relación directa entre la sílice disuelta, determinada por el método químico y la expansión en las barras de mortero según el ensayo acelerado.

La reactividad está directamente vinculada con: 1. El contenido de vidrio en el basalto, en especial si se encuentra alterado, sobre todo a minerales arcillosos del tipo montmorillonita y 2. con la sílice pobremente cristalizada principalmente tridimita. Esta está relacionada a procesos exógenos por lo común depositada en la superficie de las amígdalas del basalto.

La determinación de los cationes lixiviados en NaH nos da una pauta para identificar los minerales responsables de la reactividad.

Las muestras que dieron valores elevados de sílice, con cantidades subordinadas de alúmina, potasio y calcio, indicarían que la fase alterada es vidrio volcánico y además que la roca habría sufrido procesos de desvitrificación y/o silicificación.

Los contenidos de Mg, Ti y Mn fueron menores de la centésima del miligramo por lo que no se tuvieron en cuenta para el análisis.

Es de fundamental importancia el estudio petrográfico en rocas basálticas previo a su utilización como agregados para hormigón, para tener una idea preliminar. Estos estudios se deberán completar con los ensayos físicos.

AGREDECIMIENTOS

A la CIC de la Prov. de Bs. As., al CONICET y a la UNS por el apoyo brindado y a la Dra. Graciela Mas por su colaboración.

REFERENCIAS

ASTM C9-P214. (1990). Book of Standards. 04.02, 739.
ASTM C 1260/94. (1995) Book of Standards. 04.02, 652.
ASTM C 289/94. (1995). Book of Standards. 04.02, 159.
ASTM C 227/89 . Book of Standards. 04.02.

Batic. O.R., P. J. Maiza y J. D. Sota (1995). Estudio de la reacción álcali-sílice de rocas basálticas aplicando el método NBRL Hormigón. N° 28. pp. 11-20.
Maiza, P. J., S.A. Marfil, J.D. Sota y O.R. Batic. (1995). Estudio comparativo de rocas basálticas frente a la RAS. XII Reunión Técnica de la AATH. Memorias. pp. 127-140. Junio 1995. La Plata.

Marfil, S. A. y P. J. Maiza. (1996), Características petrográfico – mineralógicas de la alteración de basaltos de la meseta de Somuncurá, Prov. de Río Negro. III Reunión de Mineralogía y Metalogénesis. Pub. Del INREMI. UNLP. N° 5. Pp. 287-293. Actas. La Plata.

Marfil S. A., P. J. Maiza, A. L. Bengochea, J. D. Sota and O. R. Batic. Relationships between SiO₂, Al₂O₃, CaO, K₂O and expansion in the determination of the alkali reactivity of basaltic rocks. Cement and Concrete Research. USA. (En prensa).

Shayan A. and W. Quick. (1988) An alkali – reactive balt from Queensland, Australia. The international Journal of Cement Composites and Lightweight Concrete 10.4 pp. 209-214.