

Aspectos Microtexturales que Condicionan la Durabilidad de las Rocas Arcillosas

/ JORDI AGELET (2), JOAN MARTINEZ-BOFILL (1,3,*), ALBERT SOLER (2), ESPERANÇA TAULER (2), JORDI COROMINAS (1), NEUS OTERO (2)

(1) Departament d'Enginyeria del Terreny. Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona. Universitat Politècnica de Catalunya. C. Jordi Girona, sn. Barcelona (España)

(2) Departament de Cristal·lografia, Mineralogia i Dipòsits Minerals. Facultat de Geologia. Universitat de Barcelona. C/Martí Franquès, sn. Barcelona (España)

(3) Geomar Enginyeria del Terreny, SLP. C. València, 1 subsòl local 12. 08015. Barcelona (España)

INTRODUCCIÓN

Los taludes excavados en las carreteras y vías que atraviesan rocas arcillosas o blandas experimentan procesos de degradación más o menos rápidos. Este hecho tiene una incidencia económica en el mantenimiento de la red viaria y también sobre su seguridad.

Las rocas arcillosas son una de las clases más comunes de rocas sedimentarias. Este tipo de rocas incluye litologías muy diversas como argilitas, limolitas y lutitas, que representan cerca de dos tercios de la columna estratigráfica (Blatt, 1982). Este trabajo surge a raíz de la observación de patologías en taludes de carretera excavados en rocas arcillosas o rocas blandas.

En nuestra geografía se presentan con frecuencia alternando con bancos de areniscas y calizas. Las argilitas y limolitas pueden tener contenidos variables de fracción arena y de carbonato de calcio y de magnesio. Por este motivo, existe una gradación con las areniscas (lutitas, wacas, y arenitas) y con las calizas (lutitas carbonatadas y calizas arcillosas).

Martínez-Bofill et al. (2011), estudiaron la durabilidad de las rocas arcillosas cuando están expuestas en taludes, proponiendo que las muestras menos durables son las que tienen una proporción mayor de fracción arcillosa. Estos mismos autores, también observaron que muestras con el mismo contenido en fracción arcillosa y cemento, presentaban durabilidades muy diferentes.

El objetivo del presente trabajo, es valorar si las características

microtexturales de la matriz arcillosa y del cemento pueden justificar la distinta durabilidad de estas rocas.

METODOLOGÍA

Se han estudiado un total de 6 muestras seleccionadas de un conjunto de 25 muestras que forman parte de varios taludes excavados en limolitas y argilitas del Cretácico de la provincia de Guipúzcoa.

La durabilidad de los materiales se ha caracterizado mediante el ensayo Slake Durability Test (SDT) (ISRM, 1981) el cual ha sido modificado de acuerdo con Martínez-Bofill et al., (2004). Consiste en medir el porcentaje de material que se pierde a través de un bomo cilíndrico, cuyas paredes laterales están formadas por una malla metálica con abertura normalizada de 2 mm. El tambor se sumerge en agua hasta la mitad de su eje, y se somete a rotación durante 10 minutos a una velocidad de 20 rpm. El porcentaje de material retenido corresponde al índice de durabilidad del material para cada ciclo de ensayo. En nuestro caso se han realizado cinco ciclos de durabilidad sobre cada muestra. Se han realizado ensayos SDT sobre tres grupos de muestras: a) muestra intacta, b) muestra envejecida en 15 ciclos de congelación, c) muestra

envejecida en 15 ciclos de humectación. El valor de durabilidad utilizado como referencia ha sido obtenido a partir del ensayo sobre muestra intacta, después de ser tamizado por el tamiz UNE 12,5 mm (tabla 1) de acuerdo con el procedimiento descrito en Martínez-Bofill (2011).

La textura y mineralogía de las muestras obtenidas se ha estudiado mediante microscopía electrónica de barrido con analizador de energías dispersivas (SEM-EDS). Previamente, las muestras han sido caracterizadas mineralógicamente y químicamente mediante microscopía óptica en lámina delgada, Fluorescencia de rayos X, Difracción de rayos X según el método de polvo (DRX) y de agregados orientados. Las fases minerales se han cuantificado mediante el ajuste del perfil según el método de Rietveld.

RESULTADOS

Las muestras estudiadas (tabla 1) presentan contenidos de carbonato entre un 10 y 20%, representados por calcita y/o dolomita-ankerita, el cual está íntimamente mezclado con la matriz actuando como agente cementante de la roca. No obstante, se ha observado que muestras con el mismo contenido en cemento

MUESTRA	Durabilidad (SDT)	Σ Qz + Fsp	Σ filosilicatos	Σ carbonatos
		% en peso	% en peso	% en peso
OM-18	98,6	63,7	23,9	12,4
IM-6	92,2	35,9	47,4	16,8
IM-3	82,5	31,3	49,6	19,1
OM-10	72,7	34,4	51,5	16,9
OM-2	70,0	36,3	41,6	20,9
IM-13	15,9	33,8	49,9	16,4

Tabla 1. Durabilidad de las muestras en SDT, para el quinto ciclo (Id5) corregido de acuerdo con Martínez-Bofill, J. (2011), y análisis mineralógico.

palabras clave: Mineralogía, Durabilidad, Cementación, Rocas Blandas, Microtexture

key words: Mineralogy, Durability, Cementation, Weak Rocks, Microtexture

carbonatado presentan durabilidades distintas. Por ello, se ha realizado un estudio textural mediante microscopía electrónica de barrido con analizador de energías (SEM-EDS) para determinar cómo actúa el cemento y la matriz arcillosa.

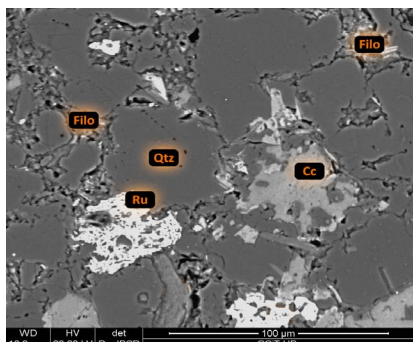


fig. 1. Arenisca donde se aprecian los granos de cuarzo (Qtz) cementados por calcita (Cc). Hay una baja proporción de matriz de filosilicatos (Filo).

Las muestras de mayor durabilidad ($Id_5 > 95\%$), corresponden a niveles de arenitas de grano muy fino, con un contenido en matriz fina arcillosa bajo, inferior al 25%. La ausencia de matriz arcillosa permite que el cemento de calcita, se desarrolle en el espacio intergranular, ocupando la porosidad primaria y cementando de forma eficiente mediante meniscos la fracción detrítica compuesta mayoritariamente por cuarzo (Fig. 1).

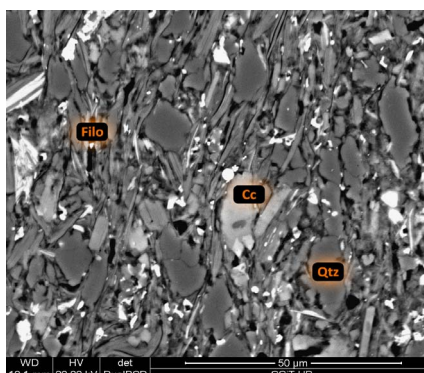


fig. 2. Muestra de argilita matrix-supported, con la matriz de filosilicatos (Filo) orientada, cemento de calcita (Cc) y granos detríticos de cuarzo (Qtz).

Las muestras de durabilidad media (Id_5 95 a 70) corresponden a rocas argilíticas y limolíticas, con un contenido medio de matriz arcillosa entre el 45 y 55%, que permite clasificarlas como wacas. Estas muestras presentan una textura interna donde la matriz soporta la estructura de la roca, dejando aislada la fracción detrítica. En estos materiales el cemento carbonatado está formado por pequeños cristales íntimamente mezclados con la matriz arcillosa, que no consiguen cementar eficientemente

la fracción detrítica (Fig. 2), ya que el cemento se desarrolla sobre la superficie planar de los cristales de filosilicatos que componen la matriz de la roca. Sin embargo, la tendencia de estos minerales a exfoliarse fácilmente, no permite que el cemento actúe de forma efectiva, excepto cuando el cemento sella perimetralmente todo el cristal. Por otra parte, la circulación de fluidos a través de los planos de exfoliación de los filosilicatos genera bandas de alteración (Fig. 3). Dicho proceso de transformación junto con la disposición orientada de los filosilicatos proporciona los planos de debilidad necesarios para la rotura en fragmentos prismáticos o lajas.

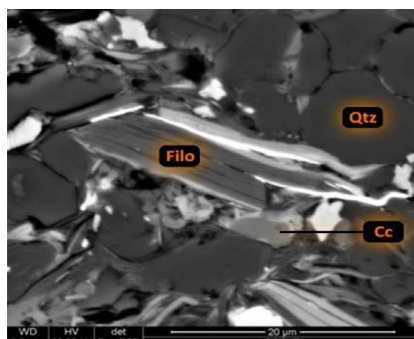


fig. 3. Cristales de filosilicatos (Filo) parcialmente abiertos por sus planos de exfoliación. Los niveles blancos más reflectantes corresponden a bandas de alteración producidas por la circulación de fluidos.

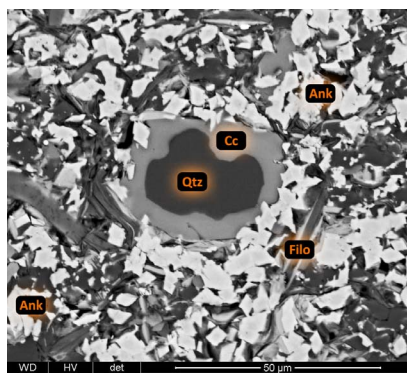


fig. 4. Grano de cuarzo (Qtz) envuelto en cemento de calcita (Cc). Alrededor, matriz de filosilicatos (Filo) y romboedros de dolomita-ankerita (Ank).

Finalmente, las muestras de durabilidad baja ($Id_5 < 70$) a muy baja están formadas mayoritariamente por una matriz de filosilicatos, con un bajo contenido en fracción detrítica. En estos materiales, se observa (Fig. 4) que el cemento de calcita, ha sido transformado y reemplazado en una importante proporción por cristales de ankerita y dolomita-ankerita, hipidiomórficos, de grano muy fino (del orden de 5 μ m). Esta transformación genera una porosidad intergranular secundaria, y la cementación de estos minerales se desarrolla mediante contactos planares y

principalmente puntuales, que actúan de forma poco eficiente. Así, esta fracción de carbonato de grano fino debería ser considerada como parte de la matriz fina en lugar de cemento. Esta microtextura da lugar a que estos materiales se disgreguen en un residuo terroso de grano fino, a pesar de presentar un contenido en carbonato similar a los materiales de alta durabilidad.

CONCLUSIONES

La durabilidad de las rocas arcillosas estudiadas está fuertemente influenciada tanto por la composición como por las características texturales. El contenido total en cemento carbonatado por sí solo no explica directamente la durabilidad.

Las muestras más durables se caracterizan por tener una alta proporción de fracción detrítica, junto con una baja proporción de fracción arcillosa que permite que el cemento de calcita actúe de forma efectiva mediante contactos tipo menisco. Las muestras de baja durabilidad se caracterizan por a) una proporción importante de moscovita e illita en la matriz que impide la efectividad del cemento formado por calcita, b) el reemplazo del cemento de calcita por ankerita/dolomita genera cambios texturales y volumétricos en los que el carbonato pasa a actuar como matriz fina en lugar de cemento efectivo.

REFERENCIAS

- Blatt, H (1982): *Sedimentary petrology*: WH Freeman & Co. San Francisco, 564 p.
- ISRM (1981): *ISRM Suggested Methods-Rock characterization testing and monitoring*. Brown ET, ed., Pergamon Press, Oxford, 211 p
- Martínez-Bofill, J, Corominas, J, Soler, A. (2004): Behaviour of the weak rock cut-slopes and their characterization using the results of the Slake Durability Test. In: "Engineering Geology for Infrastructure Planning in Europe", R. Hack, ed. Springer, 405-413
- Martínez-Bofill, J. (2011): *Criterios para determinar la degradabilidad y durabilidad de las rocas arcillosas y su aplicación en excavaciones y desmontes*. Tesis doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya, Departament d'Enginyeria del Terreny, Cartogràfica i Geofísica, 427 p.
- Martínez-Bofill, J, Soler-Gil, A., Tauler E., Corominas, J.; Otero, N., Agelet J. (2011): Influencia de la Mineralogía en la Durabilidad de las Rocas Blandas: Aplicación a Taludes en Gipuzkoa. *Macla*, 15, 125-126