

Luces y Sombras del Tratamiento de Arcillas Expansivas Mediante Cal – el Caso de las Margas

/ FERNANDO NIETO GARCÍA (1*)(3), KERSTIN ELERT (1), JOSE MIGUEL AZAÑÓN (2)(3)

(1) Universidad de Granada, Departamento de Mineralogía y Petrología, Fuentenueva S/N, 18002 Granada (España)

(2) Universidad de Granada, Departamento de Geodinámica, Fuentenueva S/N, 18002 Granada (España)

(3) IACT. Universidad de Granada-CSIC

INTRODUCCIÓN

Bajo el término “arcillas expansivas”, usado en geotecnia, se incluyen materiales geológicos de alto contenido arcilloso que producen problemas en la obra civil, normalmente motivados por su contenido en fases tipo esmectita. En los últimos años, se ha impuesto, de forma indiscriminada, para tales casos, el tratamiento mediante cal, sin valorar el origen del problema. Tal tratamiento ha producido resultados satisfactorios y perdurables en materiales de naturaleza clástica (ej. Obuzor et al., 2012), pero su utilización en margas, con frecuencia, revierte al estado inicial del problema pasados pocos meses (Sol-Sánchez et al. 2016, Ureña et al., 2015). En este trabajo analizamos la naturaleza física del tratamiento con cal sobre las arcillas y concluimos la razón para su fracaso en las margas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Una muestra margosa causante del deslizamiento de Diezma (Azañón et al., 2010), que provocó el cierre de la A-92, durante meses, se ha sometido a tratamientos mediante cal calcítica y cal dolomítica en proporciones del 5, 10 y 15% en periodos sucesivos desde 1 semana hasta 201 días. Se han determinado: la evolución del pH y del contenido en carbonatos, mediante análisis elemental, la modificación de las propiedades geotécnicas, el tamaño de partícula y el área superficial, los posibles cambios mineralógicos mediante difracción de rayos X (XRD), la proporción de esmectita, mediante análisis termogravimétrico (TG) de muestras glicoladas (Niето et al, 2008) y los cambios texturales y neoformación de fases, a dos escalas diferentes, mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) y transmisión (TEM). Para una descripción más detallada, se puede consultar (Elert et al., 2017).

RESULTADOS

El pH, con un valor inicial entre 12 y 13, desciende constantemente de forma progresiva y de acuerdo con la proporción y tipo de cal empleados. A excepción de la muestra tratada con cal calcítica al 5%, todas las muestras presentaron una mejora significativa de las propiedades geotécnicas al final del tratamiento. El resto de cambios en las características de las muestras, manifestados en incremento del tamaño de partícula y una ligera disminución de la proporción de esmectita, se produjeron de forma inmediata; no se detectó una evolución progresiva de tales características, después de la primera semana de tratamiento. El análisis por difracción de rayos X no reveló cambios cualitativos en la composición mineralógica de las muestras.

En cambio, el estudio mediante SEM y TEM puso de manifiesto notables cambios texturales y la aparición ubicua de silicoaluminatos cálcicos hidratados (C-(A)-S-H), que cementan las esmectitas, dispersas en la muestra inicial, para formar agregados de mayor tamaño (Fig. 1). Según las imágenes de alta resolución (HRTEM) y las difracciones de electrones, los C-(A)-S-H son amorfos, pero son inestables ante la radiación electrónica, transformándose en fases cristalinas. Según los microanálisis obtenidos en el TEM (AEM), tienen composiciones muy variables, con relaciones Ca/Si desde 0,3 hasta 1,3. Las esmectitas analizadas en las muestras tratadas conservan en general la composición de la muestra inicial, pero en la muestra tratada 201 días con cal rica en Mg al 15%, han aparecido un nuevo grupo de composiciones caracterizadas por mayor contenido en Mg (Fig. 2).

DISCUSIÓN

Las muestras tratadas presentan una mejora significativa de sus propiedades geotécnicas, que no es justificable por una destrucción de la esmectita, que sigue presente en las muestras en cantidad cercana a la inicial. No obstante, la formación de los C-(A)-S-H ha producido agregados de mayor tamaño y encapsulamiento de las esmectitas. Tal proceso perdura, o no, en función de la estabilidad de los C-(A)-S-H, que actúan como material cementante. Hodgkinson and Hughes (1999), en su estudio sobre el Muro de Adriano, pusieron de manifiesto que los C-(A)-S-H de su mortero persistían después de mil novecientos años en las zonas compactas protegidas de la carbonatación, pero habían desaparecido completamente en las áreas expuestas al efecto del CO₂ atmosférico o aguas carbonatadas. Es decir, el efecto tampón de los carbonatos, que mantiene un pH en torno a 8-9, provoca la destrucción de los C-(A)-S-H, que son inestables a tales pHs.

En el caso de las margas, la destrucción de los C-(A)-S-H, debida al efecto tampón de los carbonatos, vuelve a dejar sueltos los granos de esmectita, retrotrayendo la muestra a su estado anterior al tratamiento. De hecho, para la muestra tratada 201 días, se ha detectado un incremento del área superficial, como consecuencia del principio de destrucción de los C-(A)-S-H y la génesis de nuevas esmectitas con composiciones no presentes en la muestra inicial (Fig. 2).

CONCLUSIÓN

La base física de la mejora en las propiedades geotécnicas de las arcillas hinchables tras el tratamiento con cal es el encapsulamiento por C-(A)-S-H y

palabras clave: Esmectita, C-(A)-S-H, TEM, AEM, pH.

key words: Smectite, C-(A)-S-H, TEM, AEM, pH.

formación de agregados de mayor tamaño de las esmectitas. Tal tratamiento es ineficaz a medio plazo para las margas, debido a la destrucción de los C-(A)-S-H, tras la bajada del pH motivada por el efecto tampón de los carbonatos.

REFERENCIAS

- Azañón, J.M., Azor, A., Yesares, J., Tsige, M., Mateos, R.M., Nieto, F., Delgado, J., López-Chicano, M., Martín, W., Rodríguez-Fernández, J. (2010): Regional-scale high-plasticity clay-bearing formation as controlling factor on landslides in Southeast Spain. *Geomorphology*, **120**, 26-37.
- Elert, K., Nieto, F., Azañón, J.M. (2017): Effects of lime treatments on marls. *Applied Clay Science*, **135**, 611-619.
- Hodgkinson, E.S., Hughes, C.R. (1999): The mineralogy and geochemistry of cement/rock reactions: high-resolution studies of experimental and analogue materials. in "Chemical Containment of Waste in the Geosphere", R. Metcalfe and C.A. Rochelle, eds. *Geol. Soc. Lond. Spec. Pub.* **157**, 195-211.
- Obuzor, G.N., Kínuthia, J.M., Robinson, R.B., (2012): Soil stabilisation with lime-activated-GGBS—a mitigation to flooding effects on road structural layers/embankments constructed on floodplains. *Engineering Geology*, **151**, 102-139.
- Sol-Sánchez, M., Castro, J., Ureña, C.G., Azañón, J.M. (2016): Stabilisation of clayey and marly soils using industrial wastes: pH and laser granulometry indicators. *Engineering Geology*, **200**, 10-17.
- Ureña, C., Azañón, J.M., Corpas, F.A., Salazar, L.M., Ramírez, A., Rivas, F., Mochón, I., Sierra, M.J. (2015): Construcción de un terraplén con suelo estabilizado mediante el uso de agentes alternativos en la Autovía del Olivar. *Carreteras*, **203**, 63-72.

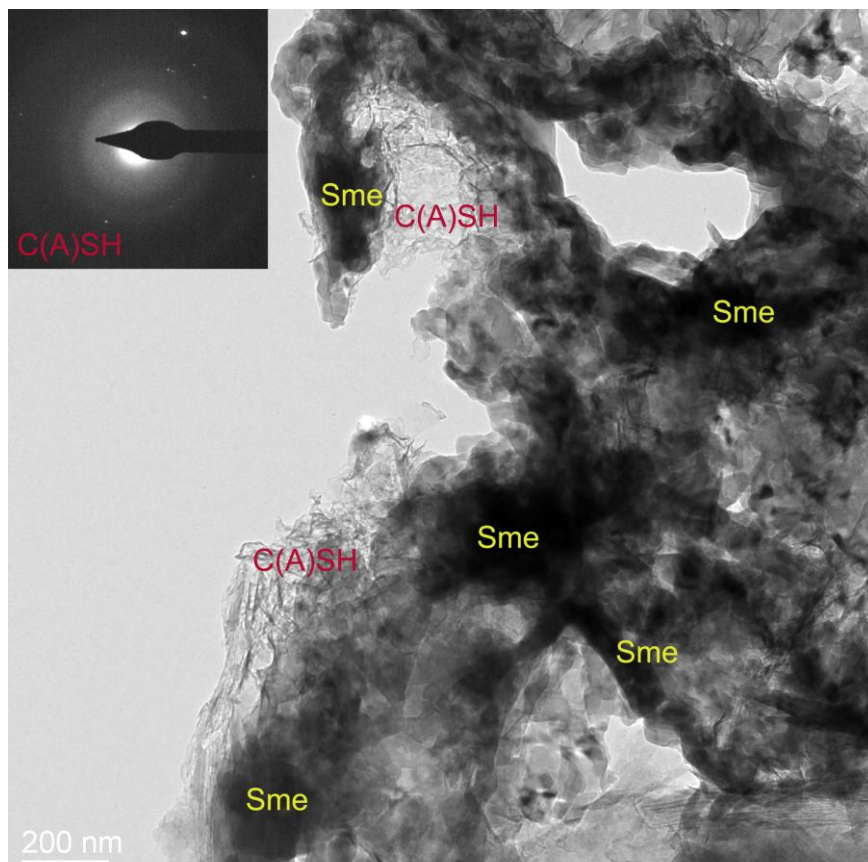


fig 1. Imagen de TEM representativa de los agregados de partículas individuales de esmectita aglomeradas por C-(A)-S-H, que son amorfos hasta la escala de alta resolución y difracción de electrones (recuadro).

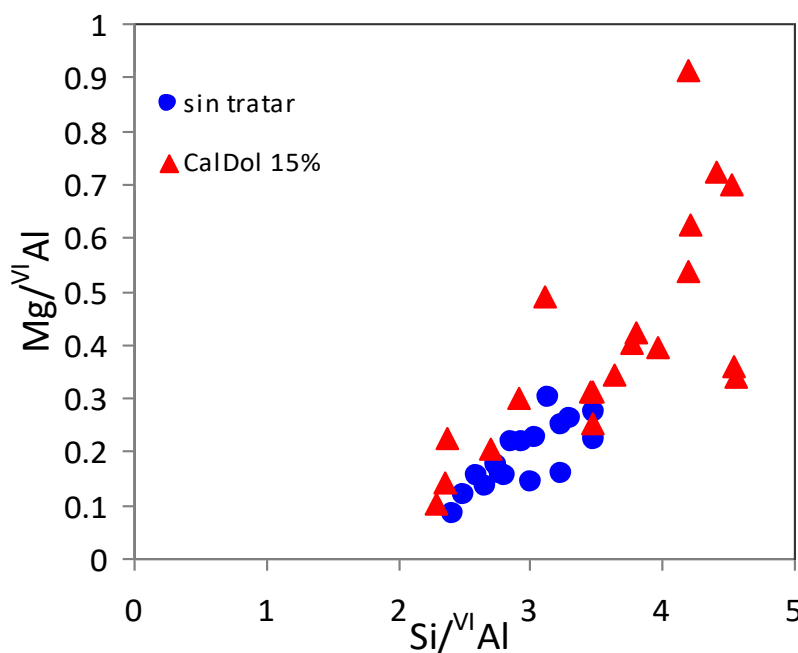


fig 2. Comparación entre las composiciones de las esmectitas de las muestras tratadas y originales. Junto a una población que mantiene la composición de las esmectitas originales, se neoforman nuevas esmectitas con un campo de composición claramente diferenciado.