

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN.

El estudio llevado a cabo en esta tesina ha permitido analizar los efectos causados por cambios de succión y tensión en una argilita desde dos vertientes distintas. En primer lugar, se ha estudiado su degradación con la profundidad en estado natural a partir de los testigos extraídos de un sondeo. Posteriormente, se ha analizado los cambios sufridos en una muestra natural al ser sometida a diversas trayectorias tensionales y de succión, con el fin de degradar a la muestra reproduciendo los procesos que se dan en estado natural.

En el análisis del material natural se ha podido observar una degradación importante en los primeros metros de profundidad. En este sentido, se han determinado variaciones en el comportamiento del material con respecto a densidad, humedad y límites de consistencia. El material más superficial presenta una humedad mayor, así como densidades menores, lo que es un indicio de fisuración y degradación en el material. Esta alteración en las propiedades características del material es un factor clave en la determinación de la degradación observada. Asimismo, la rigidez del material también se ve afectada por la degradación sufrida in situ, dando lugar a materiales más flexibles en las zonas más superficiales y, por tanto, más expuestas a los procesos de meteorización.

Todos estos factores son indicativos de un cambio en la microestructura del material con la profundidad. El material más degradado y, consecuentemente, el más superficial, presenta diámetros de poro mayores. Por tanto, la degradación provoca en el material una disgregación de sus partículas.

La degradación sufrida por el material natural se ha reproducido en cierta medida mediante ensayos de laboratorio a partir de las trayectorias de degradación establecidas. En todas las trayectorias realizadas, ya sean de aplicación de tensión o de cambios en la succión, se ha conseguido alcanzar un material más degradado. Este aspecto ha sido determinado mediante la observación de cambios en la microestructura y en la rigidez. En todos los casos, se han alcanzado estados finales con diámetros de poro mayores que los correspondientes a la muestra intacta, así como cambios sustanciales en la rigidez de la muestra. Sin embargo, por otro lado, las trayectorias aplicadas no han causado cambios en la mineralogía característica del material.

El comportamiento del material frente a las trayectorias de inducción de degradación ha sido diferente según si se aplicaban ciclos hidráulicos (de humedecimiento-secado) o ciclos mecánicos (carga-descarga). Los procesos hidráulicos provocaron variaciones pequeñas en las deformaciones mientras que causaban fisuras importantes que hacían reducir considerablemente la rigidez de las muestras finales. Además, los procesos hidráulicos dieron paso a una mayor activación de microestructura que los procesos mecánicos, más influenciados por la macroestructura. Por otro lado, los procesos mecánicos tenían mucha influencia en la deformación de la muestra, pero no eran capaces de provocar un comportamiento más flexible (o incluso expansivo) de la muestra con el número de ciclos.

El protocolo de seguimiento de la degradación establecido al inicio de la tesina ha permitido obtener parámetros capaces de caracterizar en cierta medida la degradación del material. La información más sustancial ha sido la proporcionada por el ensayo de porosimetría con intrusión de mercurio, ya que proporciona una medida de los cambios en la microestructura del material: diámetro de poro, índice de poros y superficie específica. Estos tres parámetros permiten obtener una caracterización de la microestructura de la muestra adecuada para establecer la degradación sufrida por la muestra. El análisis de la muestra mediante ESEM es una herramienta complementaria y de gran utilidad para comparar y corroborar los resultados obtenidos en la porosimetría. Asimismo, los cambios en la rigidez también proporcionan una información adecuada, obteniendo grandes alteraciones en su valor tanto para procesos mecánicos como hidráulicos.

El seguimiento de la permeabilidad durante los ensayos permite obtener información no únicamente de los estados inicial y final, como sucede con los ensayos comentados anteriormente. Sin embargo, aunque la permeabilidad está muy sujeta a las variaciones en la deformación, no es capaz de representar adecuadamente los cambios asociados a pequeñas deformaciones como las causadas por procesos hidráulicos. Por otro lado, el análisis de la mineralogía no ha permitido obtener información sobre la degradación sufrida por las muestras. No obstante, en materiales en los que se espere tener un comportamiento expansivo o una alteración en la mineralogía, este estudio puede ser de vital importancia.

En conclusión, a partir de los resultados obtenidos en esta tesina, se puede extraer que la degradación inducida en laboratorio puede llegar a representar adecuadamente los procesos naturales de cambios tensionales y de succión. Esta degradación puede ser valorada mediante diferentes parámetros, que aportan información complementaria sobre los diferentes aspectos que caracterizan los efectos derivados de la meteorización. El conocimiento del comportamiento del material frente a estos procesos permite tener en cuenta la variación en las propiedades del material con el tiempo, con el fin de incorporar esta variable en los estudios geotécnicos de las obras civiles cuando el material presente sea una roca blanda.