

岩石におけるスメクタイト含有量と各種諸元の相関性について

北海道土質試験協同組合 ○國枝 拓司, 平 伸明, 大和田 明穂, 大関 太郎

1. はじめに

トンネル施工において、地山の評価は支保パターンやインバート構造の決定において非常に重要であり、地山評価のための岩石試験が実施されている。特に膨潤性地山は、施工中や供用後も水の供給がなされる条件下では膨潤を続ける特徴があり、構造物に悪影響を及ぼす¹⁾。

前回の報告では、膨潤性粘土鉱物であるスメクタイトの評価に用いられる浸水崩壊度試験を主として、その他試験結果と比較をした。結果として泥状化を伴う浸水崩壊度区分 3・4 に至る条件において、湿潤密度 2.4g/m^3 以下かつ一軸圧縮強度 25MN/m^2 未満と一定のしきい値を示すことができた。しかしながら、泥状化を伴わない浸水崩壊度区分 0~2 においてもスメクタイト含有量が最大で 54wt%と比較的高い割合で分布がみられた。総括として、浸水後崩壊区分とスメクタイトの含有量に明瞭な相関は見られなかった。

本報告では、前回の試験データをより細分化して検証する。

2. 試験方法

スメクタイト含有量の算出は、X 線回折装置 (Rigaku 製 MultiFlex) を使用した。スメクタイトの定量方法として、被検試料で他の含有鉱物とピークが重複しないと考えられる標準物質を一定量測定試料に混合し、スメクタイトの標準試料と標準物質の回折強度の比から検量線を作成して、同様に一定量の標準物質を混合した試料でのスメクタイトと標準物質の回折強度の比を検量線に当てはめてスメクタイトの含有量を求める内部標準法で実施した²⁾。

また、崩壊度区分を求めた浸水崩壊度試験およびその他の岩石試験は、(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構地質調査標準示方書 14 岩石試験、(公)地盤工学会 地盤材料試験の方法と解説に準拠した。

3. 結果報告

試験に用いた試料は地域ごとに採取された岩種の異なるもの (A~E) である。また、今回の報告対象とするスメクタイト含有量には検出量 1wt% 未満と緑泥石やカオリナイト等の混合層粘土鉱物として検出されたデータは含まれていない。

(1) スメクタイト含有量と湿潤密度

スメクタイト含有量と湿潤密度の関係を図-1 に示す。全体として試験試料の湿潤密度は $1.7\sim 2.7\text{g/m}^3$ の範囲に分布しており、スメクタイト含有量の分布は 2~73wt% である。

安山岩を主体とする E は $2.4\sim 2.7\text{g/m}^3$ の範囲で分布その他の A~D の数値は概ね同等の値を示しており、相対的にいずれの試料もスメクタイト含有量の減少とともに湿潤密度が増加する負の相関がみられる。

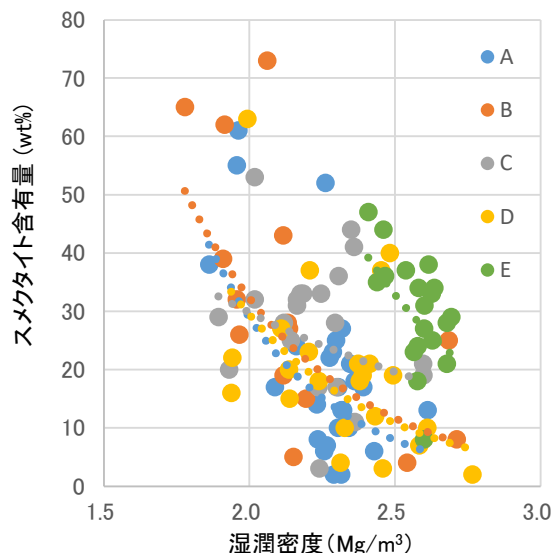


図-1 スメクタイト含有量と湿潤密度

(2) スメクタイト含有量と一軸圧縮強度

スメクタイト含有量と一軸圧縮強度の関係を図-2 に示す。試験試料の一軸圧縮強度は $0.1\sim 157\text{MN/m}^2$ の範囲に分布しており、軟岩硬岩の基準となる一軸圧縮強度 25MN/m^2 を境にスメクタイト含有量が概ね 45wt% 未満となるしきい値が見られた。

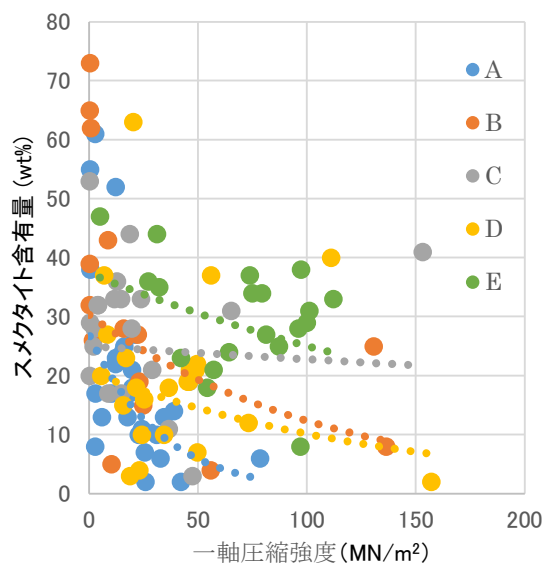


図-2 スメクタイト含有量と一軸圧縮強度

(3) スメクタイト含有量と浸水崩壊度区分

浸水崩壊度試験の結果として、スメクタイトを含む軟岩の簡易スレーキングの劣化形態において写真-1 に示すように、形を保ちながら徐々に膨潤する Na タイプと砂状～岩片状に分離・崩壊する Ca タイプ、両タイプの中間型が明らかにされている³⁾。なお本報告においては Ca 型と Na 型を判別するイオン交換処理は行っていないが、浸水崩壊度区分 4(完全に泥状化)を示す試料の特徴として膨潤型の Na タイプや膨潤の後崩壊する中間型が多く見られた。

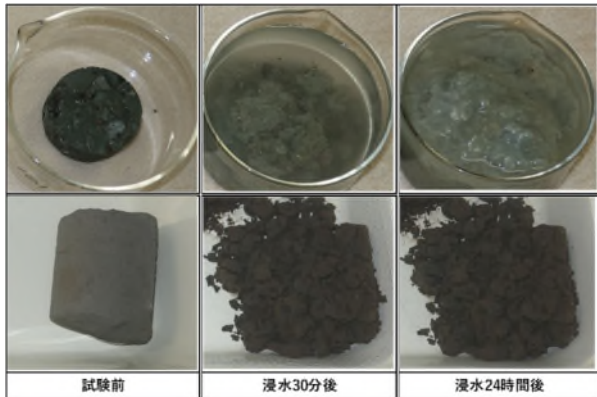


写真-1 浸水崩壊度区分4例(上:Na タイプ, 下:Ca タイプ)

(3) スメクタイト含有量と浸水崩壊度区分

スメクタイト含有量と浸水崩壊度(24 時間後) 区分の関係を図-3 に示す。浸水崩壊度区分 0(変化なし)～2(細片化するが泥状化しない)と評価された試料のスメクタイト含有量は概ね 50wt%以下であるが、含有量 50wt%以下には泥状化を伴う浸水崩壊度区分 3(細片化と部分的な泥状化)と区分 4(完全に泥状化)に評価された試料についても多く分布している。浸水崩壊度区分 3・4 のスメクタイト含有量は 1～73wt%の間に全体的に幅広く分布しており、含有量の多少に関わらず泥状化する可能性があることが確認された。

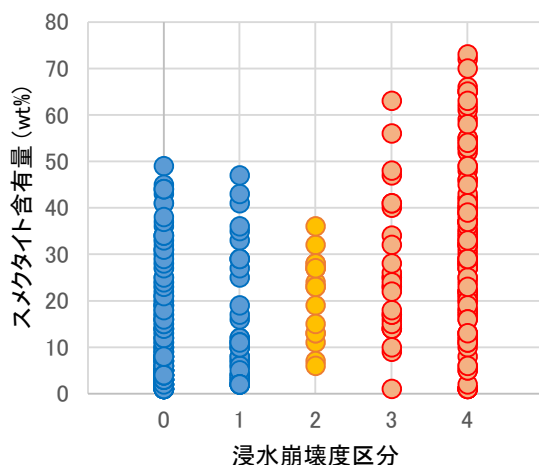


図-3 スメクタイト含有量と浸水崩壊度区分

また、図-3 の結果を参考にスメクタイト含有量と浸水

崩壊度区分の分布を図-4 に示した。浸水崩壊度区分の増加に伴い四分位数の値も増加するものの、最小値の差異はあまり見られない。

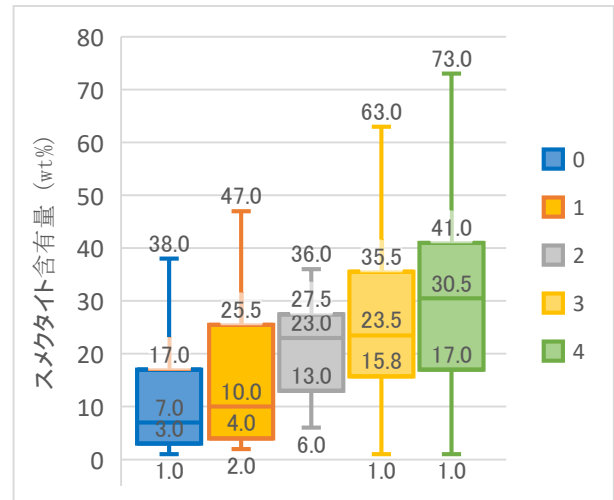


図-4 スメクタイト含有量分布

4. まとめ

今報告として、スメクタイトの含有量を主体にその他の試験値との相関性を求めた。得られた結果から、スメクタイトの含有量の減少に伴い、湿潤密度や一軸圧縮強度が増加する相関が見られた。また、一軸圧縮強度 25MN/m²を境にスメクタイト含有量が概ね45wt%未満となるしきい値が見られた。しかしながら、今報告においてもスメクタイト含有量と浸水後崩壊区分に明瞭な相関は見出せなかった。

一般的に、乾燥、吸水を繰り返すスレーキングに対して、浸水崩壊度試験は乾燥、吸水を1サイクル行うのみである。急速スレーキングを確認するには簡便、かつ効率的な試験ではあるが、前回からの結果を含めて必ずしもスメクタイト含有量の結果と合致するとは言えない。さらにスメクタイトを多く含有していても岩石自体の強度で膨張せず、浸水崩壊度区分が低く見積もられることも考えられる。

今後の展望として、浸水度崩壊試験以外のスレーキング試験結果の適用を含めた他の膨潤性評価試験、構成鉱物分類等々、さらに上記の諸問題も含めた上で引き続き検討していきたい。

《引用・参考文献》

- 1) 大塚康範：膨潤性地山，技術手帳 地盤工学会誌 2016. 1
- 2) 八島隆志：粉末 X 線回折による軟岩中のスメクタイトの定量方法について，全地連技術フォーラム2006 論文集，論文 No. 79，2006.
- 3) 石田良二・西川総明 (1992)：スメクタイトを含む軟岩の諸性質 (1) —交換性陽イオンと吸水特性—，粘土科学, Vol. 32, pp. 97-107.