

【CO117】

スメクタイトを含む岩石における浸水崩壊度と各種試験の相関について

北海道土質試験協同組合 ○國枝 拓司, 平 伸明, 八島 隆志

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多く実施されている。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⁾。このような膨潤性の評価には主に浸水崩壊度試験のほかX線回折による膨潤性粘土鉱物の定量が有効である^{2~3)}。

本報告では過去に実施した各試験結果をもとに浸水後の試料の崩壊度区分と代表的な膨潤性粘土鉱物であるスメクタイトの含有量や密度、強度との関係を整理した結果を報告する。

2. 試験方法

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 地質調査標準準方書 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。

X線回折は、X線回折装置 (Rigaku 製 MultiFlex) を使用した。試料は風乾後粉碎し、全岩微粉碎試料で不定方位回折、及び、水ひ処理により回収された 2 μ m 以下粒子での定方位回折を実施して構成鉱物の同定を行い、スメクタイトの有無を確認した。スメクタイトの定量方法として、標準試料の回折強度から直接検量線を作成して被検試料のスメクタイトの回折強度を検量線に当てはめてスメクタイトの含有量を求める直接法と、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被検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がよく実施されている⁴⁾。本報告においては、当組合で採用されている内部標準法にて試験を実施した。

3. 結果報告

崩壊度区分については泥状化を伴う区分3(細片化と部分的な泥状化)と区分4(完全に泥状化)に着目し報告する。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%未満と混合層鉱物として検出されたデータは含まれていない。

(1) 浸水崩壊度試験

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、両タイプの間中型が明らかにされている⁵⁾。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。

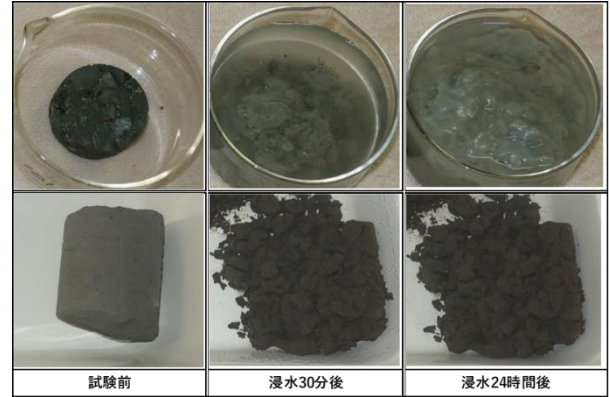


写真-1 崩壊度区分4例(上:Naタイプ, 下:Caタイプ)

(2) スメクタイト含有量と崩壊度区分

スメクタイト含有量と崩壊度区分の関係を図-1 に示す。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崩壊度区分 3・4 と評価された試料についても多く分布している。崩壊度区分 3・4 のスメクタイト含有量は 1～92wt%の間に分布しており、スメクタイト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。

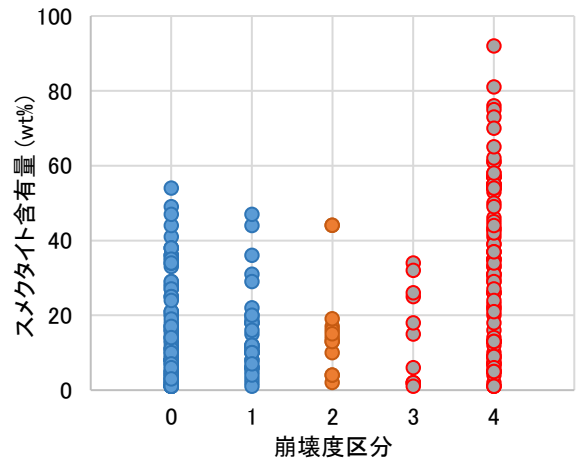


図-1 スメクタイト含有量と崩壊度区分

(3) 発密度と崩壊度区分

密度と崩壊度区分の関係を図-2 に示す。試験試料の密度は 1.4～2.7Mg/m³ の範囲に分布しており、崩壊度区分 3・4 の評価となった試料は全て密度 2.4Mg/m³ 以下であった。同範囲には崩壊度区分 0～2 の試料も多く分布しており、密度 2.4Mg/m³ 程度以下では 0～4 のどの崩壊度区

分にも分類される可能性があることが確認された。また、密度 $2.4\text{Mg}/\text{m}^3$ 以上では泥状化を伴う崩壊度区分 3・4 は確認されなかった。

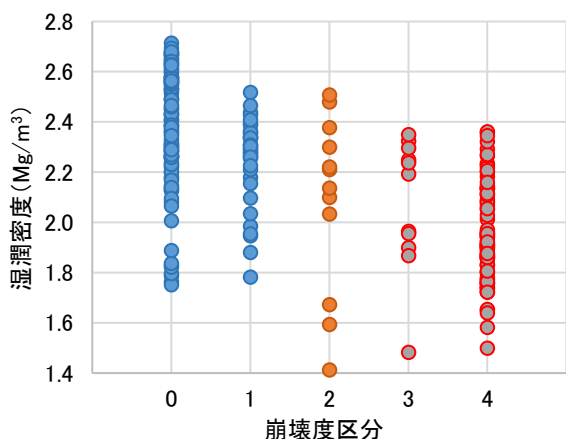


図-2 湿潤密度と崩壊度区分

(4) 発圧縮強さと浸水後崩壊度区分

圧縮強さと浸水後崩壊度区分の関係を図-3 に示す。試験試料の圧縮強さは $0.01\sim 162\text{MN}/\text{m}^2$ の範囲に分布しており、圧縮強さ $25\text{MN}/\text{m}^2$ 以上の範囲には崩壊度区分 3・4 と評価された試料は確認されなかった。崩壊度区分 3・4 が確認された $25\text{MN}/\text{m}^2$ 未満の軟岩に分類される範囲には崩壊度区分 0~2 も多く分布しており、圧縮強さ $25\text{MN}/\text{m}^2$ 程度以下ではどの崩壊度区分にも分類される可能性があることが確認された。

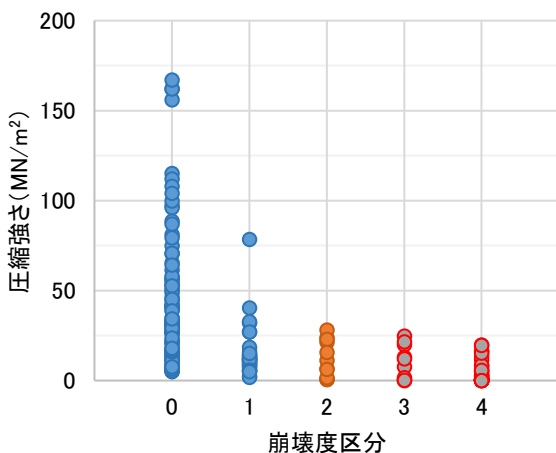


図-3 圧縮強さと崩壊度区分

4. まとめ

圧縮強さとスメクタイト含有量の関係を崩壊度区分ごとに識別し図-4に示す。崩壊度区分0(変化なし)~2(細片化するが泥状化しない)は、スメクタイト含有量が54wt%を最大に広範囲に分布しているものの、含有量の減少に伴い、圧縮強さが大きくなる傾向がみられた。泥状化を伴う崩壊度区分3・4においては、崩壊度区分0~2と同様に圧縮強さとスメクタイト含有量で負の相関を持つものの、 $25\text{MN}/\text{m}^2$ 以上の分布がみられなかった。

今回得られた結果から、力学的性質として泥状化を伴う崩壊度区分3・4に至る条件において、湿潤密度 $2.4\text{g}/\text{m}^3$ 以下かつ圧縮強さ $25\text{MN}/\text{m}^2$ 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。結果として、浸水後崩壊区分とスメクタイトの含有量に、明瞭な相関はみられなかった。

今後は浸水度崩壊試験を含めた他の膨潤性評価試験(促進スレーキング試験や乾湿繰返しによる岩石の吸水率試験等)、岩石の成因にも着目した岩石種や構成鉱物分類等、より多角的にデータを収集し検証していきたい。

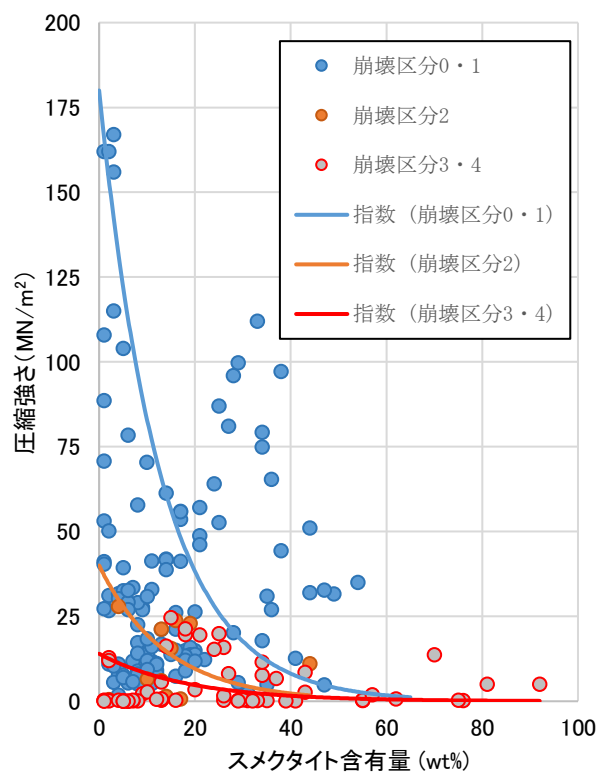


図-4 圧縮強さとスメクタイト含有量

《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) 吉川恵也・桜井孝・立松英信（1983）：軟岩の劣化特性に関する簡易試験法及びのトンネルへの適用，応用地質，24巻2号，1983.
- 3) 岩の調査と試験（1989）：土質工学会，p. 423.
- 4) 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.
- 5) 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.