

脆弱岩破碎土のスレーキングの発生要因に関する実験的検討

横浜国立大学 学生会員 ○ 澤田 唯依, 非会員 Putra, A. D.
 正会員 崔 瑛, 正会員 菊本 統

1. 背景と目的

盛土の建設には建設発生土がよく用いられるが, その中に泥岩や頁岩といった脆弱岩を破碎した土がしばしば含まれる. このような脆弱岩破碎土は, 乾湿繰返しによって風化が進行するスレーキングを生じやすく, 実際に日本各地でスレーキングが原因とみられる沈下や変状の事例が数多く報告されている. これに対して, 盛土材料のスレーキング特性を効果的に判断することができれば, 土構造物の設計や維持管理の合理化が進められる. 本研究では, スレーキングによる変状が確認された全国 11ヶ所の泥岩破碎土について, 堆積年代, 岩石密度および含有鉱物を調べるとともに, 乾湿繰返しに伴う細粒化の程度との関連を検証した.

2. 泥岩破碎土とスレーキング特性

試験には, 国内 11ヶ所(神戸, 掛川, 秋田, 沖縄, 高崎, 清水, 藤枝, 上越, 宮崎, 鈴鹿, 能生)で採取された脆弱岩破碎土を試料として用いた. ここでは試料のスレーキング性を表す指標として, 非拘束条件で 5 サイクルの乾湿繰返しを行う促進スレーキング試験¹⁾を実施し, 粒度変化を表すスカラー量として試験前後の粒度分布から Hardin²⁾が提案した破碎パラメータ B_r を求めた. B_r は試験前後の粒度変化を 0~1 で表す指標で値が大きいほど粒度変化は著しい. 清水泥岩および神戸泥岩を例として粒度変化と B_r の算出方法を図 1, 2 に示す. また, 全ての試料について各試料の採取地, 堆積年代, および乾湿 5 サイクル後の B_r を表 1 に示す.

3. 堆積年代とスレーキング性の関係

堆積年代が新しい泥岩は固結が進みきっておらず, スレーキングを生じやすいと考えられている. 本研究で用いた泥岩の堆積年代は, いずれも更新世初期から始新世後期と比較的新しい. その中で, より詳細な堆積年代と B_r の関係を示した図 3(a)において両者に明瞭な相関関係は見出せないことから, 堆積年代はスレーキングによる細粒化の程度を決定づける要因とは必ずしも言えない.

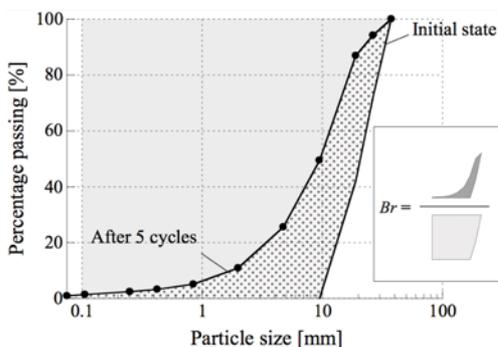


図 1 5 サイクルの乾湿繰返し前後の粒度分布 (清水泥岩) と破碎パラメータ B_r の算出方法

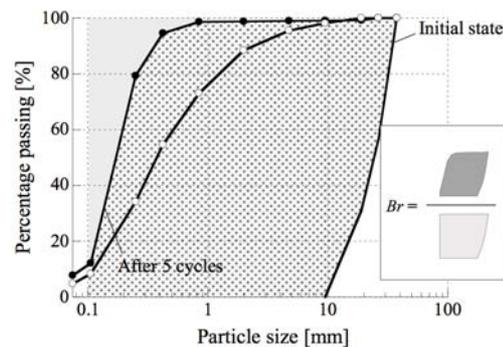


図 2 5 サイクルの乾湿繰返し前後の粒度分布 (神戸泥岩) と破碎パラメータ B_r の算出方法

表 1 土試料の名称, 採取地, 堆積年代および 5 サイクルの乾湿後の破碎パラメータ B_r

試料名	採取地	堆積年代	B_r	試料名	採取地	堆積年代	B_r
神戸	新東名高速	始新世後期~漸新世初期 ³⁾	0.84	藤枝	土方層	鮮新世	0.41
掛川	東名高速 菊川 IC~袋井 IC	鮮新世 ³⁾	0.47	上越	日本海東北自動車道付近	鮮新世初期~後期	0.70
秋田	東北自動車道付近	鮮新世~更新世初期 ³⁾	0.16	宮崎	東九州自動車道付近	鮮新世	0.48
沖縄	沖縄県豊見城市	中新世後期~鮮新世 ³⁾	0.53	鈴鹿	伊勢自動車道付近	鮮新世後期~更新世前期 ⁴⁾	0.36
高崎	上信越自動車道 藤岡 IC~吉井 IC	中新世 ³⁾	0.42	能生	日本海東北自動車道付近	鮮新世初期~後期	0.68
清水	中部横断自動車道	鮮新世	0.18				

キーワード 脆弱岩破碎土, スレーキング, 粒度分布, 膨潤性粘土鉱物, 岩石密度

連絡先 〒240-8501 神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5 横浜国立大学 TEL 045-339-4030

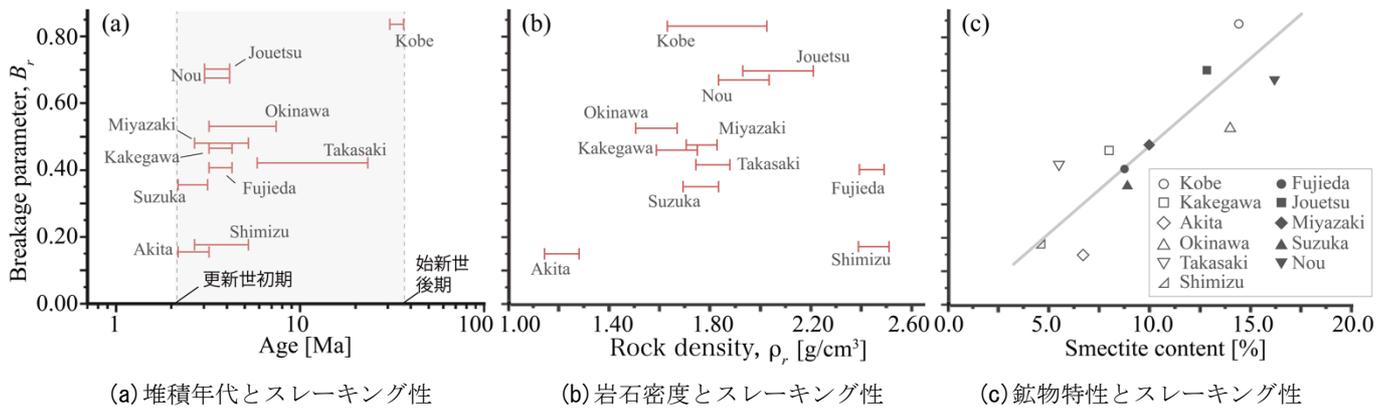


図3 スレーキング性と諸要因との関係

4. 岩石密度とスレーキング性の関係

岩石密度は固結度合いの一つの尺度と言える。この値は乾燥質量と体積から求まるが、泥岩は水に接触すると容易にスレーキングが進むため、液体を用いたアルキメデス法では体積を測定できない。そこで、液体の代わりにガラスビーズを充填材料として用いて泥岩の体積を測定した。まず、モールドに10層に分けて各層15回ずつの打撃を加えながらガラスビーズを充填し、ガラスビーズの最大密度 ρ_{dmax} を測定した。その上で、同じ容器に同様の手順でガラスビーズを3層充填し、その上に泥岩試料を置き、残りの7層を充填することで泥岩とガラスビーズの合計の質量を測定し、岩石密度 ρ_r を算出した。岩石密度と B_r の関係を図3(b)に示すが、両者に明確な相関関係はなく、岩石密度もスレーキングによる細粒化の程度を決定づける要因とは言えない。

5. 鉱物特性とスレーキング性の関係

XRDを用いた結晶構造解析により、泥岩試料が含有する粘土鉱物を調べた。XRDでは、試料に角度を変えながらX線を照射して回折線を観測し、結果パターンをライブラリと照合することで含有化合物を特定する。分析の結果、いずれの試料も膨潤性粘土鉱物であるスメクタイト(モンモリロナイト、ノントリナイト)を含むことが確認された。スメクタイト含有率と5サイクルの乾湿履歴後の B_r の関係を図3(c)に示す。図より、スメクタイト含有率と B_r には明瞭な正の相関関係が確認された。よって、脆弱岩破砕土のスレーキングの程度には膨潤性のスメクタイトの含有率が大きく関わることを示唆された。また、スレーキングのメカニズムとしては、脆弱岩破砕土が吸水する際に、粒子の表面付近は水を含むことで膨潤する一方、粒子内部は未だ乾燥状態にあるため膨張せず、粒子内部の体積膨張率にギャップを生じることで亀裂を生じていることが予想される。

6. 結論

脆弱岩破砕土として11種類の泥岩破砕土の堆積年代、岩石密度および含有鉱物を調べ、乾湿繰返しによる細粒化の程度を表す B_r との関係を検証した結果、堆積年代は岩石密度にはスレーキングの程度との明確な相関は認められなかったものの、スメクタイト含有率とスレーキング性には正の相関関係が確認された。また、スレーキングの発現には含有鉱物の膨潤性が強く影響を与えていることを考慮して、乾湿繰返しに伴う脆弱岩破砕土の細粒化のメカニズムに考察を加えた。

参考文献

- 1) Kikumoto et al. (2016) Slaking and deformation behavior, *Geotechnique* 66(9), 771-785.
- 2) Hardin, B.O. (1985) Crushing of soil particles, *Journal of Geotechnical Engineering* 111(10), 1177-1192.
- 3) Morento et al. (2016) Geological evolution of Japan: an overview, *The Geology of Japan*, Geological Society, London, 1-24.
- 4) 近畿・東海地方新生代研究グループ (1973) 近畿・東海地方における鮮新世・最新世の構造運動, *地球科学* 27(2-3), 66-80.