

画像解析により定量化した関門層群特有のスレーキング特性

山口大学大学院 学生会員 ○小坂 駿斗

山口大学大学院 国際会員 鈴木 素之

復建調査設計(元山口大学) 正会員 逢阪 勇輝

1.はじめに 現在, 山口県長門市俵山小原から下関市豊田町八道を結ぶ俵山豊田道路の建設が進められている。道路建設予定地には, 切土後に崩壊がしばしば発生する関門層群が分布しており, その素因として強風化部でスレーキングが生じやすいこと等が挙げられる¹⁾。スレーキングは強度低下や圧縮沈下を起こすことに十分に注意が必要である。また, 関門層群は場所ごとに異なるスレーキング特性を示すことや, 水浸後に急激にスレーキングが進展することから, 連続的かつ定量的な評価判定手法が必要となる。そこで, 著者らは, 地盤工学会で規定されている岩石のスレーキング試験²⁾を参考に, 関門層群分布域の3地点のスレーキング特性の解明と画像解析による定量評価方法を開発³⁾した。以下, その結果と考察について記述する。

2. 試料の物理性質

本研究で使用した試料採取箇所は金道B, 八道, 稲見の3地区である。表1に各試料の物理特性を示す。関門層群分布域内においても場所によって異なる物理特性を示している。

3. スレーキング試験

(1) 試験手順 現場で採取した塊状試料の浸水に対す抵抗性を調べるためにスレーキング試験²⁾を行った。スレーキングの判定は学会基準に従って, 供試体の水浸24時間後のスレーキング区分をスレーキング指数とした。また, 乾湿繰返しによるスレーキングの進展状況の把握のため, 水浸→炉乾燥(110°C)のプロセスを6サイクル繰り返した。

(2) 結果と考察 金道B地区試料の試験結果を図1, 図2に, 八道地区試料の試験結果を図3, 図4に, 稲見地区試料の試験結果を図5に示す。また, 各地区のスレーキングの進展の状況を図6~図8に示す。金道B, 八道, 稲見の3地区のいずれの試料においても水浸直後にスレーキングが進展していることが確認された。また, 金道B, 稲見の両地区では30分後にスレーキングが一時停止した。地八道地区においては6時間以降にスレーキングが進展した供試体があることから, スレーキングが遅れて進行する試料があるといえる。

表1 試料の物理特性

指標 / 地区名	金道B	八道	稲見
土粒子密度(g/cm^3)	2.624	2.752	2.748
細粒分含有率(%)	75.9	44.6	88.8
液性限界(%)	52.7	57.0	92.5
塑性限界(%)	22.5	34.6	36.2
塑性指数	30.2	22.4	56.3
土壌硬度(mm)	26	30	21
土の工学的分類	MH		

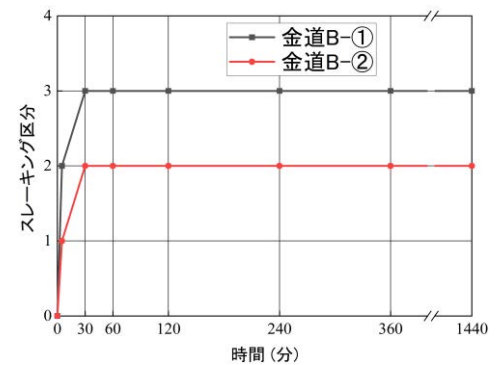


図1 金道B地区試料の1サイクル目の経過時間とスレーキング区分

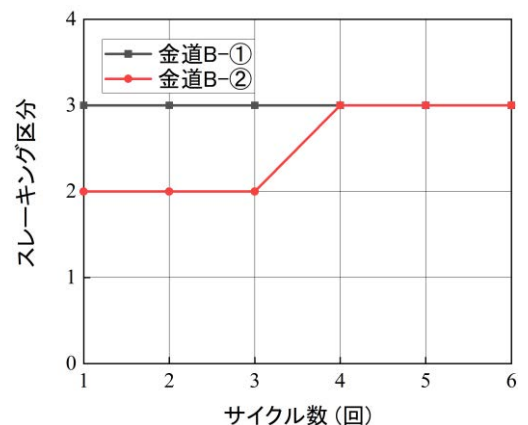


図2 金道B地区試料のサイクル数とスレーキング区分の関係

キーワード スレーキング, 画像解析, 切土

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 山口大学大学院創成科学研究科 鈴木素之

TEL 0836-85-9303

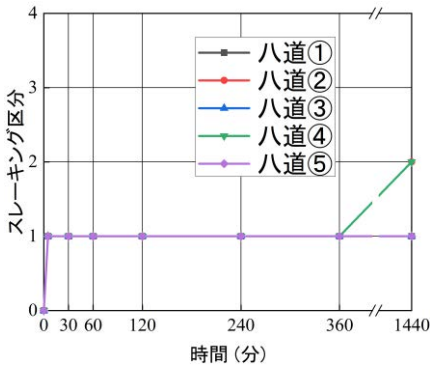


図3 八道地区試料の1サイクル目の経過時間とスレーキング区分

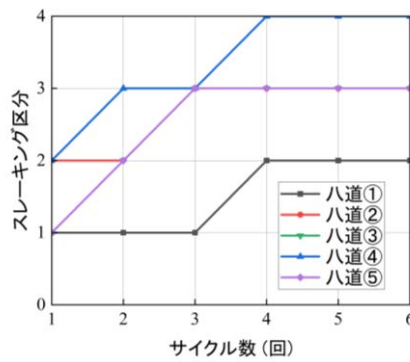


図4 八道地区試料のサイクル数とスレーキング区分の関係

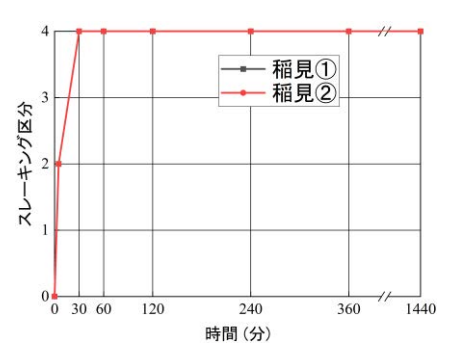


図5 稲見地区試料の1サイクル目の経過時間スレーキング区分

稲見地区では水浸直後にスレーキング区分が4になった。そのため、繰返しスレーキング試験の結果は示していない。各地区試料のサイクル数とそれに対応するスレーキング区分をみると、いずれの試料においても、繰返しスレーキング試験においてサイクル数が4に達するまでに1ないし2段階ほどスレーキング区分が上がることで、稲見、金道、八道の順にスレーキングしやすいことが判明した。これは採取地点の土壌硬度や元々の細粒分含有率によって異なるようである。

4. 画像解析

(1)解析手順 スレーキング区分を客観的に定量評価するために、ImageJ, MATLABを用いて画像解析を試みて、スレーキング区分が1もしくは2を示した供試体に対して表面クラックの面積の割合、スレーキング区分が3を示した供試体に対して断片化した破片に外接する円の最大径を求めた。

以下に解析手順を示す。①スレーキング中に供試体の真上から供試体を撮影する。②ビーカーに反射した供試体の像をトリミングし、供試体部分のみを残す。③MATLABを用いて、RGBで構成される画像を8-bitで表示することでグレースケール表示する。④グレースケール画像を二値化する。なお、二値化するときには、カラー画像である元の供試体の画像と見比べながらクラックが明瞭に表示される閾値に調整する(図9)。⑤④で表示したクラックのピクセル数を求める。⑥クラック面積の割合は真上からのクラックのピクセル数を真上からの供試体のピクセル数で除して百分率表示したものと定義した。⑦ImageJを用いて、供試体の直径を基準にして、1ピクセル当たりの長さを求めて、破片に外接する円の最大径を決定する。



図6 金道B地区試料②のスレーキングの進展



図7 八道地区試料④のスレーキングの進展



図8 稲見地区試料①のスレーキングの進展

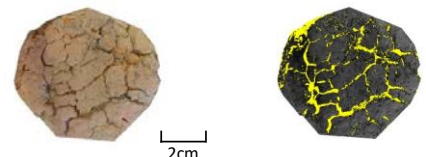


図9 画像解析の一例

(2)解析結果 図 10 に表面積に対するクラック面積の割合 R と繰返しスレーキングのサイクル数の関係を示す。八道地区の供試体の R はいずれも 1, 2 サイクルにおいて水浸直後から 24 時間後にかけて増加している。 R が一時的に減少しているデータ(八道④)がみられるが、これは乾燥収縮の影響によると考えられる。金道 B-②でも R が 1 サイクルの水浸直後から 24 時間後にかけてわずかに減少している。この原因としてはスレーキングの進行に伴って供試体が細片化していく時に、表面積だけでなくクラックとみなした面積も減少している点が指摘できる。サイクル数と破片の最大径の関係を図 11 に示す。八道地区の供試体ではサイクル数が増加するとともに破片の最大径が小さくなる。これより、この試料においてもスレーキングの進展に伴う試料の断片化が認められた。図 12 にスレーキング区分と R の関係を示す。各スレーキング区分において R の分布域があるゾーンに集中していることが分かる。図より R が 0~15%の範囲をスレーキング区分 1, 15~30%の範囲をスレーキング区分 2, R が 30%より大きい範囲をスレーキング区分 3 と判定できることが示唆された。

5.まとめ 本研究で得られた知見を以下に要約する。

- ① 関門層群のスレーキングの特異性として、水浸直後にスレーキングが進展することが確認できた。
- ② すべての試料においてスレーキングのサイクル数の増加に伴い、スレーキングの進展がみられた。特に、1 から 4 回目のサイクルにおいてスレーキング区分が増加する傾向がみられた。
- ③ 細粒分含有率が高く土壌硬度が小さい地点の試料ほどスレーキングしやすい傾向がみられた。
- ④ 画像解析を行うことで、肉眼による判断よりも微細なクラックを捉えることができるため、スレーキングの進展度合いを連続的かつ定量的に把握することができる。
- ⑤ スレーキング区分 1 ではクラック面積の割合が 0~15%、スレーキング区分 2 ではクラック面積の割合が 15~30%、スレーキング区分 3 ではクラック面積の割合が 30%より大きい範囲に相当するといえる。

謝辞：本研究は国土交通省山陰西部国道事務所の受託研究として実施したものである。ここに記して関係者各位に謝意を表す次第である。

[参考文献]

- 1) 神谷知佳, 鈴木素之, 太田岳洋, 河内義文：関門層群における強風化安山岩のスレーキング特性と切土斜面表層の脆弱化に関する検討, 地盤と建設, Vol.37, No.1, pp.99-106, 2019.
- 2) (公社)地盤工学会：岩石のスレーキング試験 (JGS2124), 地盤材料試験の方法と解説, 2020.
- 3) 小坂駿斗, 鈴木素之, 逢阪勇輝：画像解析による関門層群特有のスレーキング特性の定量評価, 第 58 回地盤工学研究発表会, 2023 (投稿中)。

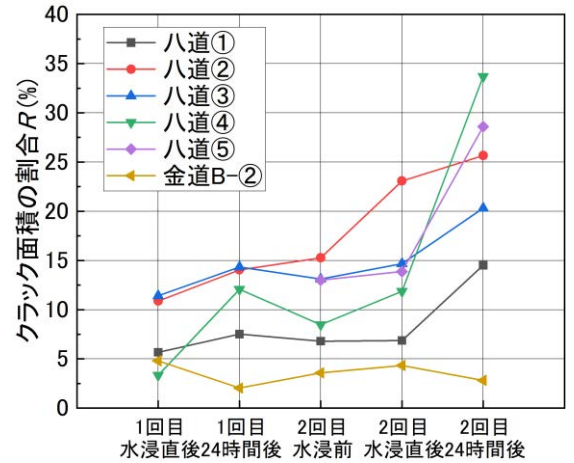


図 10 クラック面積割合とサイクル数の関係

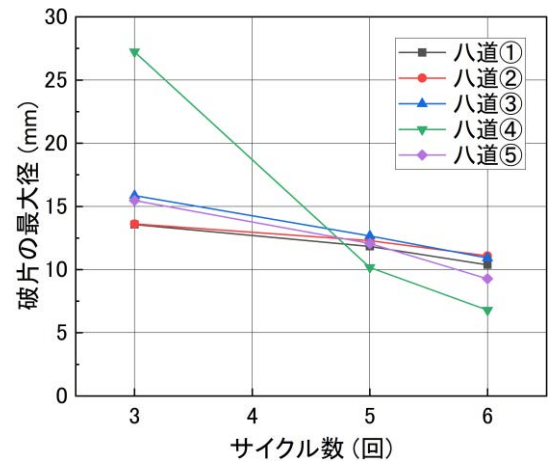


図 11 サイクル数と破片最大径の関係

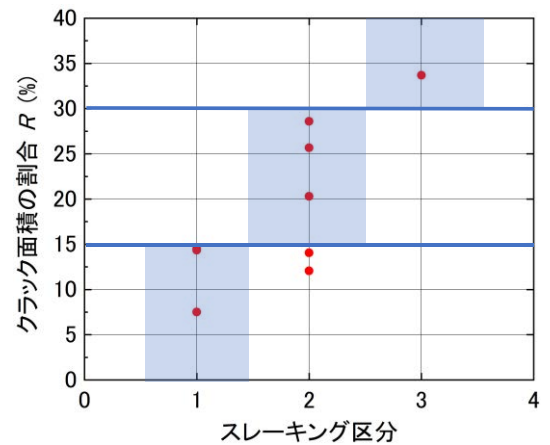


図 12 スレーキング区分とクラック面積割合の関係