

関門層群におけるスレーキング性と土質工学的性質の関係に関する一考察

山口大学大学院博士前期課程 学生会員 ○逢阪 勇輝
 山口大学大学院創成科学研究科 正会員 鈴木 素之
 山口大学大学院創成科学研究科 正会員 居石 和昭

1. はじめに

山陰道俵山豊田道路は山口県下関市豊田町八道から長門市俵山小原を結ぶ延長 13.9km の自動車専用道路であり、その建設が目下進められている。この一帯にはしばしば切土後に崩壊を起こす関門層群が分布している。その要因としてスレーキング特性¹⁾²⁾や光沢質黒色薄層土³⁾の存在があげられ、その特性を考慮した法面の設計・施工が課題になっている。また、道路建設に伴って発生した残土の有効利用も課題である。そこで、著者ら¹⁾³⁾は、本道路建設予定地区における土試料のスレーキング性とその地質学的背景について検討を進めてきた。本報では、別の道路建設予定地区における試験切土予定箇所⁴⁾の土試料に対して土の物理試験、スレーキング試験、繰り返しスレーキング試験、突固めによる土の締固め試験、圧密非排水三軸圧縮試験を実施し、関門層群に共通するスレーキング性が土質工学的性質へ及ぼす影響について考察した結果を述べる。

2. 試験切土現場の概況

試験切土現場の法肩、中腹および法尻の3箇所⁴⁾で簡易動的コーン貫入試験(JGS1433)を実施した。図1に簡易貫入抵抗 N_d と貫入深さ z の関係を示す。法肩から法尻に近づく⁴⁾と N_d 値が大きくなる傾向があることが確認できた。

3. 現場採取試料のスレーキング試験

試験切土箇所近傍で採取した塊状試料の浸水に対する抵抗性を調べるためにスレーキング試験⁴⁾を行った。以下に試験手順を説明する。① 試験容器の質量 m_0 (g)を0.01g以下まで測定する。② 作製した供試体を試験容器に入れ、全質量 m_1 (g)を0.01g以下まで測定する。③ 24時間以上風乾させた後、 $40 \pm 5^\circ\text{C}$ で48時間炉乾燥する。④ 乾燥後の供試体を含水比が変化しないように室温まで冷却した後、試験容器ごとに全質量 m_2 (g)を0.01g以下まで測定する。⑤ 水面が供試体の最上部より10mm程度上になるまで水を試験容器内に静かに注ぐ。⑥ 水浸によって生じる供試体の形状変化を水浸直後、30分、1、2、4、6および24時間経過した時点で目視観察するとともに写真撮影を行い、その形状からスレーキング区分⁴⁾にしたがってスレーキング区分を判定する。なお、供試体の水浸24時間経過後のスレーキング区分をスレーキング指数とする。⑦ 水浸24時間経過後、ピペットまたはスポイトを使って排水し、試験容器を傾斜させて水切りを行い、残留した水はろ紙などで吸い取る。その際、試験容器に振動・衝撃を与えないように留意し、試験容器に付着した水も十分に拭き取る。

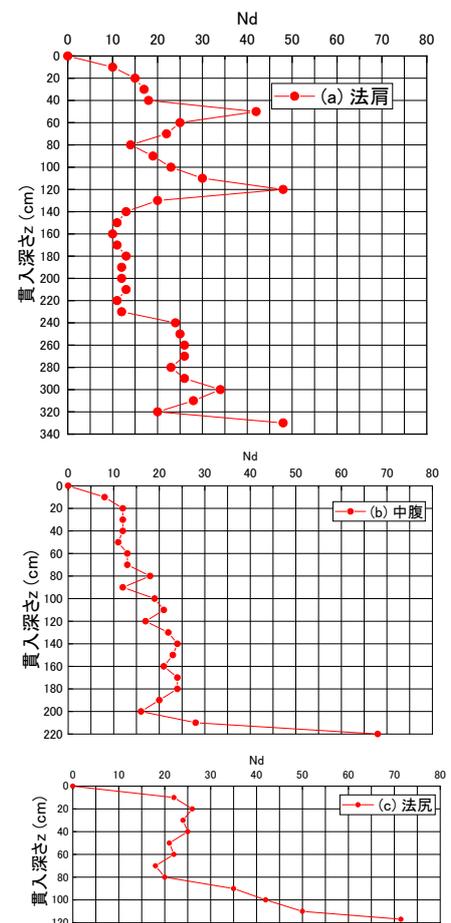


図1 試験切土現場の N_d の深度分布

キーワード スレーキング, 関門層群, 土質試験

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 鈴木素之研究室

TEL 0836-85-9303

表1 スレーキング区分

試料名	法肩 A	法肩 A(追加)	法肩 C	法肩 C(追加)
スレーキング指数	4	4	3	4
試料名	法尻 B	法尻 B(追加)	法尻 D	法尻 D(追加)
スレーキング指数	3	1	1	2

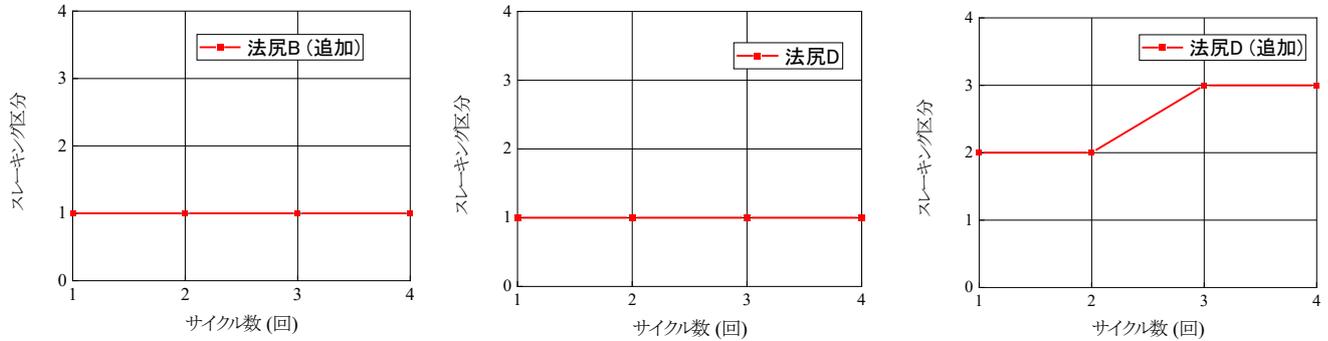


図2 繰り返しスレーキング試験結果

⑧ 水切りした供試体を試験容器に入れたまま全質量 m_3 (g)を 0.01g 以下まで測定する. また, その供試体を $110 \pm 5^\circ\text{C}$ で質量が一定になるまで炉乾燥し, 試験容器ごと全質量 m_4 (g)を 0.01g 以下まで測定する.

表 1 にスレーキング試験結果を示す. スレーキング指数は法尻の方が低く, 法肩の方が高いことがわかった. また, これは地山強度 (N_d 値) と関係するとみられる.

次に, 繰り返しスレーキング試験の方法を説明する. 上記のスレーキング試験の結果よりスレーキング指数が 2 以下を示した供試体を用いて, 試験手順として上記のスレーキング試験の④~⑧を繰り返した.

図 2 にサイクル数とスレーキング区分の関係を示す. いずれも N_d 値が高い法尻の試料であるが, 3 試料のうち 1 試料だけスレーキングが進展したものがみられた. しかし, 残り 2 試料ではスレーキングの進展は確認されなかった. ただし, このことを見極めるためには, より大きなサイクル数での繰り返しスレーキング特性を検討する必要がある.

4. 現場採取試料の土質工学的性質

土粒子の密度試験 (JIS-A-1202) を実施した結果を以下に示す. 土粒子の密度は法肩では $2.759\text{g}/\text{cm}^3$, 法尻では $2.748\text{g}/\text{cm}^3$, 既往研究のデータリでは $2.714\text{g}/\text{cm}^3$ であった. 土粒子の密度に関しては, 場所による大きな違いはみられなかった.

図 3 に土の粒度試験 (JIS-A-1204) から得られた土の粒径加積曲線を示す. 均等係数 U_c は法肩では 53, 法尻では 227, 既往研究のデータリでは 35 であった. 曲率係数 U_c' は法肩では 2.3, 法尻では 6.1, 既往研究データリでは 0.7 であった. スレーキング指数が高い土の方が細粒含有率は高くなり, U_c, U_c' がともに低くなる傾向がみられた.

表 2 に土試料の液・塑性限界試験 (JIS-A-1205) の結果とスレーキング指数をまとめている. 法肩と法尻で塑性指数に大きな差はみられないが, 流動指数には 9.6 の差がみられた. しかし, スレーキング指数が 4 を示した土試料の流動指数リと比較すると, 同様の傾向はみられ

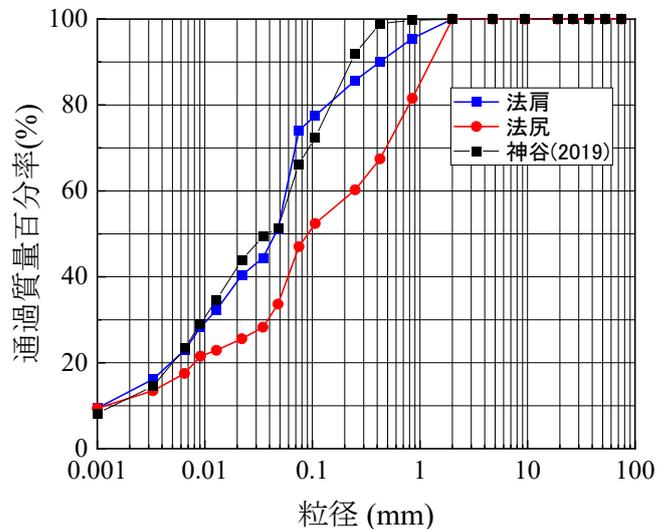


図3 土の粒径加積曲線

なかった。このことから、地点ごとによる差が大きいと考えられる。ただし、先行調査した地区においてスレーキング指数が低い試料の試験は実施していないので¹⁾、スレーキング性が流動指数に影響を及ぼす可能性についてはさらなる検討を要する。

次に、突固めによる締固め試験（JIS-A-1210）の結果を示す。用いた試料は自然含水比が高い土試料であり、乾燥による性質の変化の恐れがあるため、A-c法を採用した。法肩において最大乾燥密度 ρ_{dmax} が1.164 g/cm³、最適含水比 w_{opt} が44.5%であった。法尻において ρ_{dmax} が1.360 g/cm³、 w_{opt} が32.5%であった。スレーキング指数が低い法尻の方が、最大乾燥密度が大きく最適含水比が低いので、締固め施工時には自然含水比からの含水比調整が容易、かつ、締固めやすい地盤材料であるといえる。

最後に、圧密非排水三軸試験（JGS-0523）の結果を示す。本試験は、試験時間の都合上、強度が低いと予想される法肩の試料のみに実施した。最大乾燥密度を基準に締固め度が95%以上の供試体を作製した。本試験では供試体の飽和化を促進するために供試体側面にろ紙を巻き付けた。試験の結果、有効応力に関する粘着力 c' は28.7 kPa、内部摩擦角 ϕ' は30.0°となった。最大乾燥密度が低い法肩の試料の強度定数がそれほど低い値にならなかったため、最大乾燥密度が法肩よりも高い法尻の試料はより高い強度を発現する可能性がある。

5. まとめ

本研究から得られた知見を以下に要約する。

- (1) 試験切土現場の法肩と法尻の塊状試料に対してスレーキング試験を実施した結果、法肩の試料はスレーキングしやすく、法尻の試料はスレーキングしにくいことが判明した。このスレーキング性の違いは地山の N_d 値に関係するとみられる。
- (2) スレーキング指数が低い試料に対しても繰り返しスレーキング試験を実施した結果、スレーキングが進展したものと進展しなかったものがみられた。
- (3) スレーキング指数が高い試料の細粒分含有率は高くなり、均等係数、曲率係数が低い値を示す傾向があった。
- (4) スレーキング性の違いが最大乾燥密度に影響を及ぼす可能性がある。
- (5) 締固め度95%以上の法肩の土試料の粘着力は28.7 kPa、内部摩擦角は30.0°となった。

謝辞：本研究は国土交通省中国地方整備局山陰西部国道事務所の受託研究の一環として実施したものである。関係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, 松下英次: 関門層群強風化土層における斜面崩壊リスクの検討, 第55回地盤工学研究発表会発表講演集, pp.1342-1344, 2020.
- 2) 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の脆弱化に関する検討, 地盤と建設, Vol.37, Np.1, pp.99-106, 2019.
- 3) 山本哲朗, 鈴木素之, 吉原和彦, 宮内俊彦: 不連続面土の光沢質黒色薄層土に起因した斜面崩壊と設計強度定数, 地すべり, 第37巻, 第4号, pp.49-57, 2001.
- 4) 地盤工学会: 岩石のスレーキング試験方法(案), https://www.jiban.or.jp/organi/bu/kijyunbu/kouji/jgs_slaking.pdf, 2020年11月25日取得.

表2 土試料のコンシステンシー特性とスレーキング指数

工学的指標	法肩	法尻	神谷他 ¹⁾
液性限界 w_L (%)	64	56	56.8
塑性限界 w_P (%)	35.8	24.8	40.2
塑性指数 I_P	28.2	31.2	6.6
液性指数 I_L	0.12	0.05	-
コンシステンシー指数 I_c	0.88	0.95	-
流動指数 I_f	6.6	16.2	18.2
土質分類	MH	CH	MH
スレーキング指数	4	2	4