

締固め時の粒径が泥岩砕石集合体の力学挙動に及ぼす影響

泥岩 スレーキング 締固め

名古屋大学 国際会員 ○酒井 崇之 中野 正樹
名古屋大学 学生会員 工藤 佳祐 早野 智彦

1. はじめに

泥岩で造成された盛土は、盛土内の泥岩が泥澤化・細粒化が進行する「スレーキング」によって脆弱化すると、盛土の安定性が低下するため、崩壊の危険性が高くなる。道路土工盛土工指針ではスレーキングしやすい材料を出来るだけ小粒径として施工することが望ましいとしている¹⁾。しかし泥岩材料を小粒径とすることで締固めた泥岩の力学挙動に及ぼす影響についての研究成果はあまりなされていない。

本稿では粒径 0.85~2mm, 粒径 9.5~19mm の乾湿(炉乾燥 24 時間+水浸 24 時間)を与えてない泥岩試料と、乾湿を 2 回与え細粒化を促進させた泥岩試料の計 4 種類を用意し、圧密非排水三軸圧縮試験を実施した。またせん断後供試体に対して粒度試験を行い、細粒化の様子についても把握し、粒径の違いが力学挙動に及ぼす影響について考察した。

表 1 対象とした泥岩の物性

	泥岩
自然含水比(%)	22.6
土粒子密度(g/cm ³)	2.62
液性限界(%)	52.1
塑性指数	26.9
スレーキング率(%)	82
破碎率(%)	44
最適含水比(%)	25.3
最大乾燥密度(g/cm ³)	1.47

2. 粒径の違いによる力学挙動及び細粒化の様子の比較

表 1 に本報告で用いる泥岩の物性およびスレーキング特性を示す。スレーキング率が高く、破碎率が 50% 以下であることから、施工中は破碎しにくく、供用後に細粒化を生じる可能性をもつ材料である。この泥岩材料の粒径を 0.85~2mm, 9.5~19mm の 2 種類に調整し、乾湿 0 回試料については最適含水比にて、乾湿 2 回については、2 回乾湿を与えた後、最適含水比にて供試体を作製した。なお、締固め度 Dc が 95% となるよう静的締固めを行っている。また、飽和過程には二重負圧法を採用し、B 値が 95% 以上とし、拘束圧は等方圧で 100kPa、せん断速度は 0.014%/min の圧密非排水三軸圧縮試験を実施した。

図 1 に三軸圧縮試験の試験結果を示す。応力-ひずみ関係より、粒径 0.85~2mm は粒径 9.5~19mm と比べて最大軸差応力が大きく、乾湿を与えた 0.85~2mm が乾湿を与えていない 9.5~19mm よりも高い値を示した。またどちらの粒径においても、乾湿履歴を与えることによって軸差応力の低下を示す。有効応力パスに着目すると、乾湿を受けることにより、限界状態線に応力パスが達した後の力学挙動が塑性膨張を伴う硬化から塑性圧縮を伴う軟化に変化している。表 2 は各供試体の強度低下率を示す。強度低下率は、乾湿 0 回と乾湿 2 回の最大軸差応力の差を乾湿 0 回の最大軸差応力で除し、百分率で示したものである。表 2 より、0.85~2mm 供試体のように、泥岩試料を予め小粒径とすることで、スレーキングによる強度低下を抑えられている。

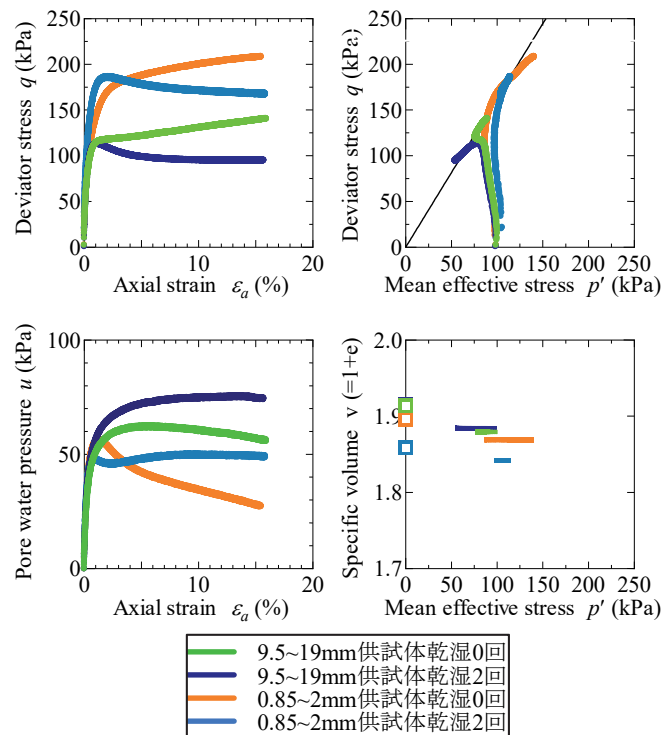


図 1 三軸圧縮試験結果

表 2 各供試体の強度低下率

	乾湿 0 回 最大軸差応力(kPa)	乾湿 2 回 最終軸差応力(kPa)	乾湿経験による 強度低下量(kPa)	強度低下率(%)
0.85~2mm 供試体	209	168	41	19.6
9.5~19mm 供試体	141	95	46	32.6

供試体の粒度の違いが力学挙動に及ぼす影響を調べるため、試験終了後の供試体を 6 つに輪切りし、供試体上端から 2

番目と4番目に対し、ふるい分けにより粒度を調べた。締め固めた供試体に対しふるい分けを行うため、供試体をほぐす必要があり、粒度試験の対象の試料を1日水浸させた。その後、30秒間の水洗いによって供試体をほぐしながら粒度試験を行った。水浸、水洗い過程で、さらに細粒化が進行しないよう、1日水浸の有無や水洗い時間を変えたふるい分け試験を飽和後の0.85~2mm供試体を実施し、粒度試験の実施方法の検討を行った。図2、図3に示す水浸および水洗いの検証実験結果から、1日水浸の有無や水洗い時間の条件の違いが泥岩の細粒化に影響を与えていないことが確認できた。これは三軸圧縮試験において、供試体を飽和させるため、すなわち、泥岩が十分に飽和しているために、水浸、水洗いで細粒化が進行しなかったと考えられる。試料のほぐしやすさ、実験の効率化を考慮し、1日水浸と30秒水洗いによるふるい分け試験方法を採用した。

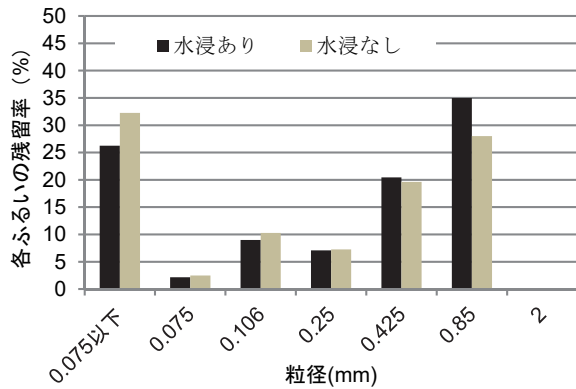


図2 0.85~2mm 供試体 各ふるい残留率

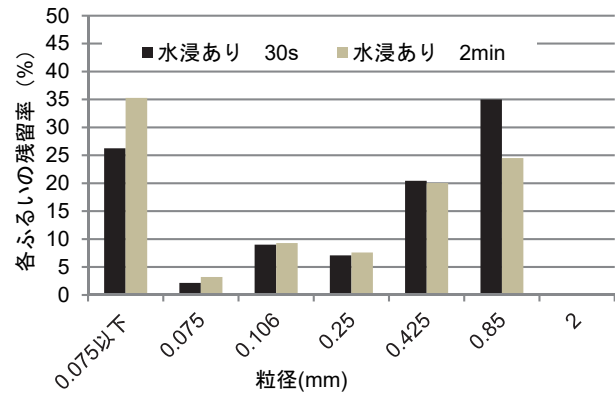


図3 9.5~19mm 供試体 各ふるい残留率

図4、図5に0.85~2mm供試体と9.5~19mm供試体に対して行った粒度試験結果を示す。0.85~2mm供試体では乾湿0回と乾湿2回の各ふるい残留率にほぼ差がない。一方、9.5~19mm供試体では粒径4.75~9.5mmなど比較的粒径の大きい泥岩粒が乾湿経験によって減少し、粒径0.85~2mmの泥岩粒の割合が増加している。また0.425mm以下の粒径では両供試体ともに乾湿経験による変化がほとんどみられなかった。小さな粒径では細粒化が進行しないために、予め小粒径とした試料では細粒化の進行が抑制されたと言える。また9.5~19mm供試体では、乾湿経験による細粒化が軸差応力の低下など力学挙動の相違を生んでいると予想される。一方、粒度分布にほぼ変化がない0.85~2mm供試体においても同様に力学挙動に変化が生じている。これはスレーキング進行によって粒の軟化が生じ、これが力学挙動に影響を与える要因になったと予想される。

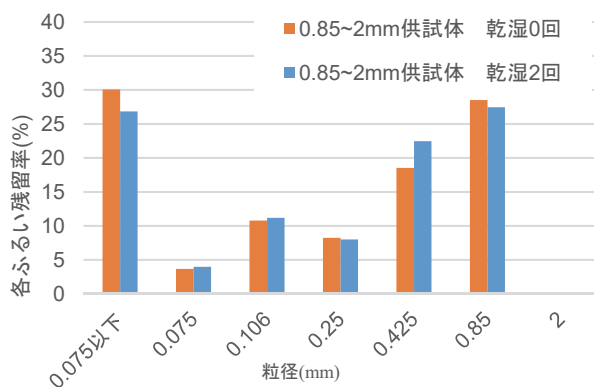


図4 0.85~2mm 供試体 各ふるい残留率

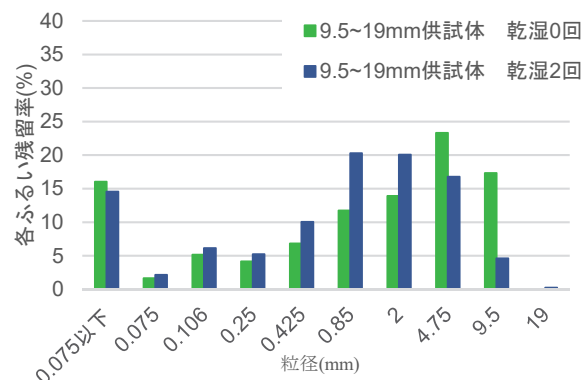


図5 9.5~19mm 供試体 各ふるい残留率

3. 結論

スレーキングしやすい材料を用いる場合、泥岩材料を予め小粒径とすることで、最大軸差応力の増加や乾湿経験による強度低下の抑制効果が確認できた。また供試体の粒度から、0.85~2mm供試体で細粒化の抑制効果がみられた。また三軸圧縮試験より軸差応力低下や有効応力パスの変化が見られ、乾湿経験が力学挙動に影響を与えることがわかった。これは乾湿経験によって細粒化や泥岩粒の軟化が生じたことが原因として挙げられる。

参考文献) 1) 日本道路協会, 道路土工—盛土工指針, pp.66-67, pp.136-137, 2010. 2) 工藤佳祐他, スレーキング特性の異なる泥岩のせん断特性に及ぼす乾湿経験回数の影響, 第50回地盤工学会研究発表会, pp.1121-1122, 2015. 3) 工藤佳祐他, 締固め度・スレーキング程度の異なる泥岩砕石集合体のせん断挙動の比較, 第51回地盤工学会研究発表会, pp.519-520, 2016.