

各種泥岩のスレーキング特性把握にむけた新たな試験方法の提案

名古屋大学 学生会員 ○倭 大史 工藤 佳祐 福田 雄斗

名古屋大学 フェロー会員 中野 正樹

名古屋大学 正会員 酒井 崇之

1. はじめに

日本の道路盛土の建設現場では、トンネル掘削や切土のり面から発生した泥岩が、盛土材として用いられることがある。2009年に崩壊した東名高速道路牧之原 SA 付近における盛土も盛土材として泥岩が用いられていた。崩壊はその泥岩がスレーキングを起こし、泥濘化したことが原因とされている¹⁾。したがって、泥岩がスレーキングしやすい場合、時間経過とともに、安全性や耐震性が低下することが懸念される。本稿では、日本各地で採取した3種類の代表的な泥岩に対し、本稿で新たに提案する乾湿繰返し細粒化率試験により、各種泥岩のスレーキング進行過程の詳細を調べた。また、現在、泥岩のスレーキング特性を調べる上で広く一般的に行われているスレーキング率試験(JHS110-2006)および本稿で提案する新試験方法を比較することで、泥岩のスレーキングのしやすさの把握に関する新試験方法の有用性について考察を加える。

2. 日本全国で採取した3種の泥岩について

表1は代表的な3泥岩、それぞれ泥岩A、B、Cの物性を示す。泥岩Aと泥岩Bの土粒子密度は同程度であり、それと比較して、泥岩Cの土粒子密度はやや小さい値となっている。泥岩Cは液性限界、塑性限界ともに高く、そのため塑性指数も大きくなっている。さらに、工学的分類では粘土(高液性限界)CHに分類されている。このことから、3泥岩の中で最も圧縮性が高い材料であると推測できる。図1は脆弱岩区分図を示す²⁾。3泥岩すべてが(3)材、すなわち施行中は破碎しにくく供用後に細粒化し沈下を生じる材料に分類され、盛土材として用いる際に注意を要する材料であることがわかる。

3. 乾湿繰返し細粒化率試験の提案

スレーキング率試験(JHS110-2006)は、これまで泥岩のスレーキング特性を把握するために広く行われてきた。この試験の詳細を以下に示す。まず19~37.5mmに粒度調整した自然含水比の泥岩試料3kgを3体作製し、110±5℃で24時間炉乾燥させ、その後、常温の蒸留水に24時間水浸させる。この乾燥と水浸の過程を1サイクルとし、泥岩に対して5サイクルの乾湿を作用させる。そして5サイクル終了時に泥岩を9.5mmふるいで水洗いし、9.5mmふるい通過分の乾燥重量が全試料の乾燥重量に占める割合がスレーキング率となる。したがって得られるスレーキング率は乾湿作用による細粒化の進行過程ではなく、5サイクル後の細粒化率を表すことになる。ここで、3種の泥岩に対して実施したスレーキング率試験の各サイクルにおける供試体の様子を写真1に示す。このスレーキング率試験では、写真1からわかるように、

表1 各種泥岩の物性

	泥岩 A	泥岩 B	泥岩 C
自然含水比(%)	16.8	21.1	22.6
土粒子密度(g/cm ³)	2.70	2.70	2.62
液性限界(%)	30.2	44.2	52.1
塑性限界(%)	18.6	26.1	26.9
塑性指数	11.5	18.1	25.2
工学的分類	CL	CL	CH
スレーキング率(%)	44	47	82
破碎率(%)	49	43	44

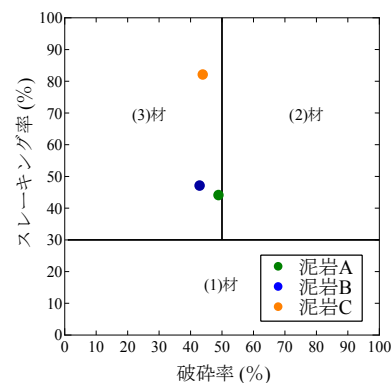


図1 脆弱岩区分図

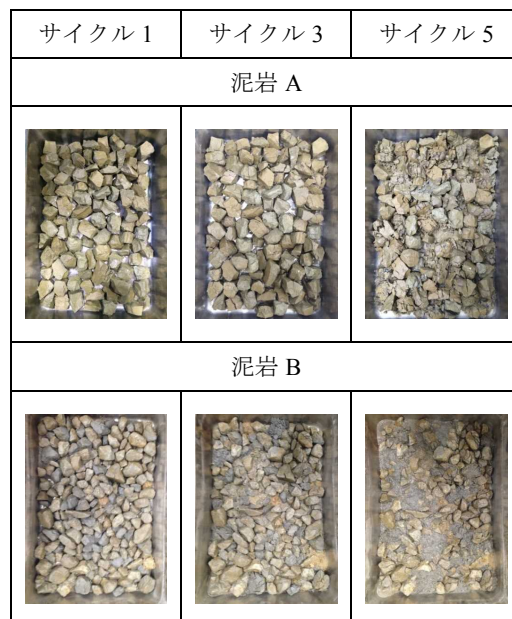


写真1 スレーキング率試験の様子

スレーキング率が同程度の泥岩であっても各サイクルでの細粒化の進行過程に違いが生じることがある。つまり、スレーキング率が同じであるからといって、細粒化の進行速さも同じであるとは限らない。

そこで本稿では、細粒化が進行する速さを把握するために、乾湿サイクルごとに細粒化率を求める「乾湿繰返し細粒化率試験」を新たに提案する。乾湿繰返し細粒化率試験では、9.5～19mm の自然含水比の泥岩試料を 400g 調整する。その試料に対してスレーキング率試験と同様の乾湿を作用させ（24 時間炉乾燥後、常温蒸留水に 24 時間水浸）、各サイクルの炉乾燥後に 4.75mm ふるいの通過率を細粒化率として算出する。ふるいに残留した試料に対し引き続き乾湿のサイクルを作用させて、サイクル数に応じた細粒化率の推移が把握できるまで行う。なお、この試験に用いる試料の粒径は、力学試験で用いる試料の最大粒径に揃えている。このため、細粒化率の異なる試料を作製する際、提案する試験の結果を参考にすることができる。表 2 に 2 つの試験方法の違いをまとめた。

表 2 2つの試験方法の違い

	スレーキング率試験	乾湿繰返し細粒化率試験
試料の粒径(mm)	19～37.5	9.5～19
試料の全湿潤質量(g)	3000×3	400
ふるうタイミング	5 サイクル終了時	各サイクルの炉乾燥後
ふるい目の開き(mm)	9.5	4.75

4. 乾湿繰返し細粒化率試験の結果とスレーキング率試験の比較

各種泥岩に対して実施した乾湿繰返し細粒化率試験の結果を図 2 に示す。泥岩 A、B のようにスレーキング率が同程度であっても、細粒化進行の仕方が異なっている。泥岩 A はサイクル数が 1～5 回ではあまり細粒化が進行せず、6 回目以降で細粒化が大きく進行する。全体で見ると、グラフは S 字カーブを描く。泥岩 B はサイクル数が 1、2 回の時にある程度細粒化が生じ、その後はほぼ一定の割合で細粒化が進行していく。

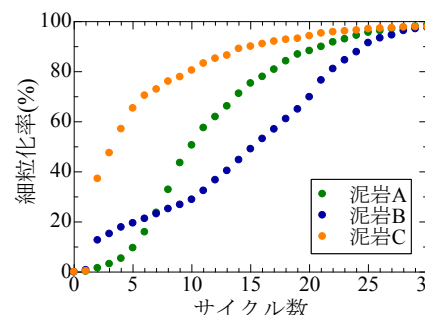


図 2 乾湿繰返し細粒化率試験結果

盛土材としてこれらの泥岩を用いる際、早期にスレーキングを生じる泥岩 B を用いた盛土は初期に沈下を生じるものと考えられる。泥岩 C は、サイクル数 1～5 回で急激に細粒化が進行し、サイクル数が 6 回目以降はなだらかに細粒化が進行する。泥岩 C のように、わずかな乾湿によって急激に細粒化が生じる泥岩を盛土材に使用した場合、盛土の施工後、早期に大沈下を生じる恐れがある。以上のように、泥岩によって細粒化進行の速さが異なり、泥岩盛土施工においては、スレーキング率に加え、細粒化の進行速さに応じた対策を講じることが重要である。

なお細粒化率とスレーキング率の違い調べるために以下の試験を行った。今回特に準備する試料の粒径の違いに着目し比較を行った。用いた試料は泥岩 C で、粒径をスレーキング率と同じ 19～37.5mm、ふるい目を 9.5mm として、乾湿繰返し細粒化率試験と同様に各サイクルの炉乾燥後にふるうことにした。試験の結果を図 3 に示す。2 サイクル以降、全てのサイクルにおいて 19～37.5mm の試料で試験したものの方が、乾湿繰返し細粒化率試験の結果を上回っている。同じ乾湿経験回数だと、スレーキング率は細粒化率をやや上回り、スレーキング率と細粒化率を同じものと評価することに注意が必要である。

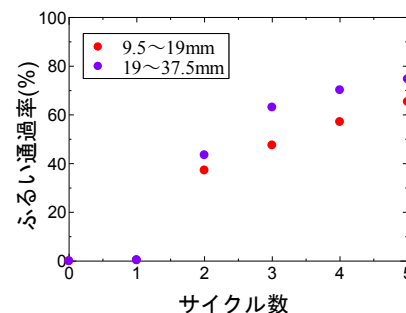


図 3 粒径による比較

5. まとめ

別報において³⁾、同じ密度のもと細粒化進行の違いと一軸圧縮強さ q_u の関係から、進行速さと q_u の減少程度との関係を示した。また X 線回折による鉱物組成にも注目したが、3 種の泥岩において著しい違いは見られなかった。今後、細粒化のしやすさは何が主要因であるのか、様々な観点から検討してゆく。

【参考文献】

1) 齊藤康博, 鳥本康弘(2011): NEXCO 中日本における防災への取り組み, 地盤工学会中部支部, 第 20 回調査・設計・施工技術報告会, pp.1-2. 2) NEXCO 東日本・中日本・西日本設計要領第 1 集 3) 工藤佳祐他(2015) 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 回地盤工学研究発表会, 投稿中