

# スレーキング性材料の母岩の材料物性変化

日本道路公団試験研究所 加藤陽一  
 中央開発株式会社 ○似内 徹  
 中央開発株式会社 小林 一

## 1.はじめに

スレーキング性材料(主に、新第三紀の堆積軟岩)は、乾燥し水浸するとスレーキングにより細粒化する性質を有することは良く知られている。また、スレーキングによる細粒化現象は、岩が乾燥し岩の飽和度が70%程度以下になると水浸により細粒化が生じ、乾燥程度が大きい程細粒化する割合が多くなることや岩の飽和度が70%以上の状態での乾燥・水浸では細粒化しないことが報告されている<sup>1)</sup>。しかしながら、膨潤性の粘土鉱物を含んだ泥岩の飽和度と細粒化との関係については明らかにされていない。また、スレーキング性材料が水浸状態にある場合の長期的な強度変化やスレーキングに伴う強度変化についても明らかではない。

そこで、本研究では、膨潤性の粘土鉱物を含んだ泥岩を含むスレーキング性材料の乾燥や水浸における物性変化を確認する目的で水浸細粒化試験<sup>1)</sup>、破碎率試験<sup>2)</sup>、岩の一軸圧縮試験および三軸圧縮試験を行った。

以下、その結果について述べる。

## 2.試験方法

試料は、表-1に示す4試料を用いた。試料の内、「能生泥岩」は膨潤性の粘土鉱物である「モンモリロナイト」の含有が認められている。各試験方法を以下に示す。なお、水浸細粒化試験の試験方法は既報<sup>1)</sup>と同様であり、ここでは省略する。

### (1) 破碎率試験

日本道路公団試験方法 JHS 109-1992「岩の破碎率試験方法」に準じて、粒径19~37.5 mmの試料を対象とした。試料は、水浸した後、空气中あるいは乾燥炉により乾燥させて、岩の飽和度の異なるものを準備し試験を行った。また、乾湿繰返しによる劣化状況を調べるために、水浸と所定の飽和度とを5回繰返し後の試料を用いた試験も併せて行った。

### (2) 一軸圧縮試験

一軸圧縮試験は粒径300mm程度の岩塊から直径5cm、高さ10cmの供試体を整形し、JIS A 1216-1993に準じて行った。試料は、乾燥させずに岩の飽和度が高い状態で水浸させた。水浸時間は、0(非水浸)、4、28、60日、360日とした。なお、「能生泥岩」は供試体の状態が不良のため除外した。

表-1 試料の基本物性

試験項目		松葉泥岩	掛川泥岩	三浦泥岩	能生泥岩
土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )		2.665	2.731	2.633	2.691
自然含水比 $W_n$ (%)		2.5	20.3	19.8	48.3
コンシ テン シー	液性限界 $W_L$ (%)	26.0	56.3	50.3	60.1
	塑性限界 $W_P$ (%)	17.7	26.5	29.0	18.4
	塑性指数 $IP$ (%)	8.3	29.8	21.3	41.7
pH		6.13	6.77	6.89	8.46
強熱減量 $Li$ (%)		3.9	3.7	8.7	6.3
礫の積比重 $G_b$ (g/cm <sup>3</sup> )		2.33	1.68	1.69	1.97
礫の吸水率 $w_a$ (%)		5.0	23.0	20.4	14.1
破碎率 (%)		5.5	51.0	22.0	25.6
スレーキング率 (%)		7.4	100.0	71.5	100.0
一軸圧縮強さ (MN/m <sup>2</sup> )		45~75	5~10	15~35	12
モンモリロナイトの有無			無し		有り



### (3) 三軸圧縮試験

三軸圧縮試験は、「掛川泥岩」、「三浦泥岩」を対象に、(2)の一軸圧縮試験と同様の供試体を整形し、圧密非排水(CU)条件で行った。供試体は自然含水比のものと絶乾させたものの2種類とし、絶乾試料は、数日空気乾燥させた後110℃で炉乾燥させたものを用いた。試験は、供試体をセットした後、有効拘束圧49.1kN/m<sup>2</sup>を供試体に負荷したまま、下部から通水・飽和させた。また、絶乾試料については上記の方法と、有効拘束圧 19.6kN/m<sup>2</sup>で飽和させた後、有効拘束圧 49.1kN/m<sup>2</sup>で圧密させる通常の方法も併せて行った。飽和はB値によりB $\geq$ 0.95を確認した。

### 3. 試験結果

#### (1) 含水比の変化による物性変化

図-1に岩の飽和度と細粒化率との関係を、図-2に岩の飽和度と破砕率との関係を示す。なお、試験に用いた自然含水比試料の岩の飽和度は90%以上である。この図から、次のことがわかる。

- ①「能生泥岩」は飽和度90%程度以下で細粒化する傾向が見られ、それ以外の試料は、概ね70%程度以下の飽和度で水浸すると細粒化する。このことは、「能生泥岩」は自然含水比から含水比がわずかに変化しただけで細粒化することを示しており、膨潤性の粘土鉱物であるモンモリロナイトを多量に含み、膨張しやすい性質を有することが影響していると考えられる。
- ②破砕率は岩の飽和度が低い(乾燥する)ほど小さくなり(割れ難くなり)、自然含水比状態での破砕率の大きいものほど変化する割合が大きい。また、①の細粒化率と同様、「能生泥岩」以外の材料は飽和度70%程度付近で大きく変化する傾向が見られる。

これらのことから、岩の飽和度の変化がスレーキング性材料の物理的・力学的な性質を変えることがわかった。また、乾湿繰返し5サイクル後の細粒化率および破砕率は、飽和度70%程度以下で増加する傾向があり、乾湿繰返し回数が多いほど細粒化し、劣化する割合も大きいことがわかった。

#### (2) 長期水浸における強度変化

図-3に長期水浸における一軸圧縮強さの経時変化を示す。図から、いずれの試料も、4日水浸で強度低下はあるものの4日以降360日までは顕著な強度低下は認められない。このこと

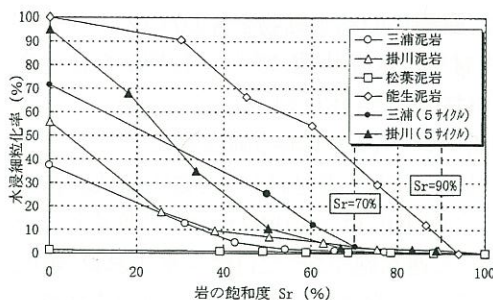


図-1 飽和度と細粒化率との関係

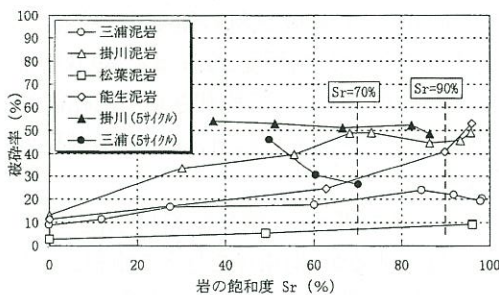


図-2 飽和度と破砕率との関係

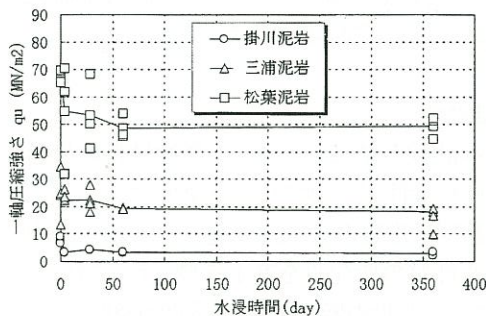


図-3 水浸時間と一軸圧縮強さとの関係

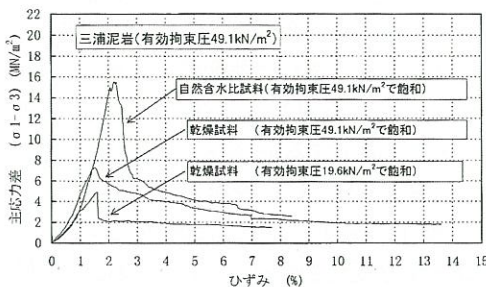


図-4 三軸圧縮試験結果



は、膨潤性の粘土鉱物を含まないスレーキング性材料は水浸状態にあれば長期的な強度変化はないことを示している。

### (3) スレーキングに伴う強度変化

図-4に「三浦泥岩」の三軸圧縮試験結果を示す。図には、 $49.1\text{kN/m}^2$ の有効拘束性を負荷して通水飽和させた自然含水比および絶乾試料と、通常に $19.6\text{kN/m}^2$ の有効拘束圧を負荷して飽和させた絶乾試料の3種類を併せて示した。この図から、次のことがわかる。①いずれの試料もひずみ硬化からひずみ軟化する傾向を示し、軸ひずみが1.5~2.0%の範囲で最大強度となる。②通常に $19.6\text{kN/m}^2$ の有効拘束圧で飽和させた絶乾試料の強度は、自然含水比試料に比べて3割程度となる。また、 $49.1\text{kN/m}^2$ の有効拘束圧を与えて飽和させた絶乾試料の強度は、自然含水比試料に比べて5割程度となる。

これらの結果から、絶乾試料は水浸すると強度低下するが、拘束圧を与えて飽和させたものは通常に飽和させたものよりも低下率が小さく、拘束圧があればある程度強度低下の抑制が可能であることがわかった。なお、前川ら<sup>3)</sup>は有効拘束圧下で泥岩材料の絶乾試料を飽和させて三軸圧縮試験を行い、スレーキングにより強度低下する結果を報告しており、本研究もこれと同様な傾向を示した。

### 4. まとめ

本試験の結果、スレーキング性材料の母岩の材料特性として次のことが分かった。①岩の飽和度は母岩の含水比変化に伴う物理的・力学的性質の変化点を表す指標と考えられる。つまり、膨張性の岩では岩の飽和度が90%程度、それ以外の試料は飽和度70%程度を境に、細粒化や硬さに変化が見られる。②一軸圧縮試験において、モンモリロナイトを含まない試料は水浸における長期強度(4日以降360日水浸まで)の変化が見られなかった。③母岩を乾燥し水浸すると、著しく強度低下するが、水浸時にある程度拘束圧があれば強度低下は小さい。

スレーキング性材料は、乾燥し水浸すると細粒化・強度低下するが、飽和度が高い状態であれば強度変化はなく安定している。このことから、盛土の施工においては既報<sup>1)</sup>と同様、含水比を極力変化させない施工方法および工程管理の検討が重要と考えられる。

なお、本研究は日本道路公団試験研究所に

おいて、スレーキング性材料を用いた高盛土の設計・施工方法を検討する目的で実施した研究の1つであり、この他に締固めた材料の長期強度低下抑制<sup>4),5)</sup>に関する研究および圧縮沈下抑制に関する研究<sup>6),7)</sup>も実施した。

現在、これらの成果は、第二東名高速道路の高盛土の設計・施工に活かされている。本研究の実施およびとりまとめに対してご指導頂きました日本道路公団試験研究所土工研究室の室長並びに関係各位、中央開発株式会社東京支社地盤技術部並びに地盤物性研究室の方々には紙面を借りて謝意を表します。

### 【参考引用文献】

- 1) 加藤陽一・殿垣内正人・川井洋二:含水比を変化させた泥岩材料の細粒化特性、第33回地盤工学研究発表会、pp.981~982、1998.7
- 2) 日本道路公団:日本道路公団試験方法、1992.4
- 3) 前川晴義:三軸圧縮試験装置を利用した軟岩材料の劣化試験とその評価、岩の力学的性質に関するシンポジウム、pp.141~144、1998.
- 4) 加藤陽一・似内 徹:締固めたスレーキング性材料の強度低下について、第34回地盤工学研究発表会、pp.671~672、1999.7
- 5) 加藤陽一・三島信雄・緒方健治・川井洋二:締固めたスレーキング性材料の強度特性—スレーキングによる強度低下の抑制について—、第34回地盤工学研究発表会、pp.673~674、1999.7
- 6) 加藤陽一・三島信雄・緒方健治・川井洋二:礫の積比重を考慮したスレーキング性材料の品質管理、第54回土木学会年次学術講演会、pp.668~669、1999.9
- 7) 川井洋二・三島信雄・緒方健治・加藤陽一:スレーキング性材料を用いた高盛土の品質管理基準、第54回土木学会年次学術講演会、pp.672~673、1999.9