

堆積軟岩盛土の長期安定性確保のための対策技術の検討（その 1）

—室内試験結果—

川崎地質(株) 正会員 ○橋本 保 菅野孝美

大成建設(株) 正会員 藤原斉郁 高橋幸久

オリックス・ゴルフ・マネジメント(株) 非会員 田中 充

1. はじめに

本研究は、島尻泥岩を盛土材料として用いる場合の基本試験を行い、その対策を想定して室内試験を実施した結果をまとめたもので、沖縄県中城村の OGM ゴルフ場敷地内の地すべり対策の一環として、本ゴルフ場に広範囲に分布する島尻泥岩の特性を明らかにするために、盛土材料としての基本試験を行った。さらに島尻泥岩について、精製水の他に KCl、CaCl₂、NaCl を用いて浸潤させた場合のスレーキング特性、吸水膨潤特性及び強度変化について室内試験を実施した。本発表はこれらの結果をとりまとめたものである。

2. 室内試験試の概要

ボーリングによって採取された乱さない試料と原位置から採取した乱した試料（泥岩塊試料）を用いて、泥岩の物理特性、力学特性を求めた。さらに、島尻泥岩の吸水膨潤特性を精製水と各種塩化物溶液を用いて比較を行い、盛土材料特性として破砕率試験、突固め試験、透水試験を行った。また、CBR、コーン指数試験において材料に塩化物溶液混合による条件で行った。これらの試験結果から、主として塩化物溶液によるスレーキングや吸水膨潤の抑制効果検証を行った。

3. 試験結果と考察

1) スレーキング試験結果

水浸 15 分頃から浸水浸透崩壊が始まり、1 時間後には岩塊の原型が 20%程度になり、4 時間でスレーキング区分 4 となり泥濘化した。KCl、CaCl₂、NaCl を用いて浸潤させた場合、精製水時とほぼ同様な浸透崩壊を示すが 4 時間～24 時間でスレーキング区分 3 であった。

2) 破砕率試験結果

島尻泥岩塊の破砕率は 37.1%で、一般的な軟質岩に相当し、掛川泥岩に類似する。（表-1 参照）

表-1 破砕率試験

自然含水比 W _n (%)	18.1
圧縮後の湿潤密度 ρ _t (g/cm ³)	1.703
圧縮後の乾燥密度 ρ _d (g/cm ³)	1.434
破 砕 率 (%)	37.1

3) 突固め試験、透水試験結果

突固め B 法（一般盛土基準）と突固め E 法（一般 CBR 基準）で求め透水係数は突固め B 法で求めた値を表-2 に示す。

表-2 突固め試験および透水試験

突固め方法	突固め回数	ランマー重量 (kg)	最大乾燥密度 ρ _{dmax} (g/cm ³)	最適含水比 w _{opt} (%)
B-c	55回3層	2.5	1.508	24.0
E-c	92回3層	4.5	1.630	19.4
突固め方法	含水比 (%)	乾燥密度 (g/cm ³)	締固め度 D _r (%)	透水係数 (m/s)
B-c	17.7	1.413	93.7	1.02E-07
B-c	22.0	1.472	97.6	8.16E-08
B-c	26.6	1.499	99.4	1.31E-10

4) 吸水膨張率と吸水膨張応力試験結果

試験条件：吸水膨張率及び吸水膨張応力とも供試体条件を自然含水比時と自然乾燥法で所定の含水比率になるように調整を行い、直径 6cm、高さ 2cm に成形した。そして、

表-3 吸水膨張試験の試験条件と数量

塩化物溶液の種類 溶液濃度 (mol/l)	精製水	NaCl 溶液				KCl 溶液				CaCl2 溶液			
		0	0.1	0.5	1	2	0.1	0.5	1	2	0.1	0.5	1
含水比率	0	0.1	0.5	1	2	0.1	0.5	1	2	0.1	0.5	1	2
0 (乾燥率100%)	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0.4 (乾燥率60%)	4		1	1				1				1	
0.6 (乾燥率40%)	4			1	1	1			1				1
0.8 (乾燥率20%)	4				1				1				1
1.0 (自然含水比)	4				1				1				1
試験合計個数	20	1	3	5	2	1	1	5	1	1	1	5	1

精製水と 3 種類の塩化物溶液を、各 4 種類の濃度 (mol / l) で調整された溶液を用いて試験を行った（表-3）。ここに、含水比率とは自然乾燥時の含水比 (W_α) ÷ 自然含水比 (W_n) で示されるものである。

含水比率と吸水膨張率の関係（図-1）より精製水では含水比率 1 (W_n) 時から含水比率 0 (乾燥土) では膨張率は 0.2%～1.6%を示している。また、含水比率 0.7%以下では塩化物溶液が精製水より膨張率が小さくなっていることがわかる。

キーワード 堆積軟岩, スレーキング, 吸水膨張, 室内試験, CBR, コーン指数試験

連絡先：〒143-0013 東京都大田区大森南 3-23-17 川崎地質(株) 首都圏事業本部地盤部 TEL03-3743-5114

一方、溶液濃度と膨張率の関係図(図-2)より、精製水の吸水膨張率が 1.55% に対し、塩化物溶液濃度 0.7mol/l 以上で精製水よりも膨張が抑えられる。また、膨張応力では精製水と比較すると、含水比率 0.9 以下では塩化物溶液が全般に精製水より、約 50 kN/m² ほど小さく膨潤抑制効果が認められ、中でも KCl 溶液の抑制効果が高い(図-4)。

5) CBR 試験結果 (表-4 参照)

スレーキング試験、吸水膨張試験の結果から膨潤膨張抑制の効果が認められた KCl 溶液を用いて、CBR 試験とコーン指数試験を試験ケース 6 条件で行った。

試料は泥岩塊 38.1mm 通過もので強制加水、自然乾燥によるスレーキングさせた試料で供試体作成を行い、試験過程を試料の観察と試験数値変化等を記録した。

KCl 溶液濃度は、これまでの試験結果から膨潤抑制効果が期待でき、経済的濃度の目安として 1mol/l とした。

いずれも塩化カリウムを用いた CBR 値、および qc 値が精製水を用いた場合より高い値を示し、スレーキン抑制効果を期待できる結果が得られた。

4. まとめ

- 1) 島尻泥岩試料は、密度、強度、破碎性に関しては、一般的な日本新第三紀泥岩と類似する。
- 2) スレーキング試験の結果から、水浸に伴い数時間で泥濘化するが、特に KCl や CaCl₂ 溶液に浸潤させた場合において泥濘化が抑制される傾向が確認された。またその傾向は、溶液の濃度が高いほど顕著であり、これまでの既往の研究成果と同じ結果が得られた。
- 3) 水浸に伴う吸水膨張率は最大で 1.6%、膨張応力については最大で約 570kN/m² であったのに対し、KCl や CaCl₂ 溶液に浸潤させた場合、含水比率 0.8 で精製水より 40% ほど抑制効果が膨張応力で見られた、膨張率では効果小さい、含水比率 0.6 では精製水より 35% ほどの抑制効果が膨張率、膨張応力とも確認できた。
- 4) 島尻泥岩の盛土材としての適応性確認するための予備試験として、KCl 溶液による加水調整を行って確認試験を行った。その結果精製水による調整に対して、KCl 溶液では吸水膨張性が抑制され、CBR、コーン指数など強度増加の傾向が見られた。また、宅地造成などを対象とした盛土材の品質基準(コーン指数=400 kN/m² 以上)を満たしていることが確認できた。
- 5) 今後は、現地施工を考慮した加水調整法や最適な溶液濃度などについても検討する必要があるが、最終的には現地施施工(試験盛土)で確認を行い、KCl 溶液による処理で島尻泥岩の改良効果を確認したい。

参考文献

- 1) 地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説 H21 年 11 月発行。
- 2) 菅野孝美：沖縄県島尻泥岩を事例とした堆積性軟岩の土木的問題解決に関する研究・開発、川崎地質(株)2012 年 10 月。
- 3) 藤原他：堆積軟岩盛土の長期安定性確保のための対策技術の検討(その 2) - 試験盛土、第 71 回年次学術講演会(投稿中)。

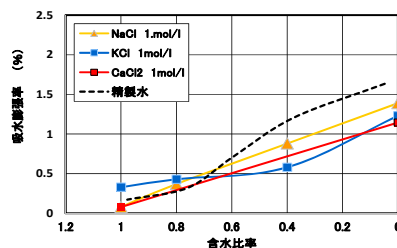


図-1 含水比率と吸水膨張率

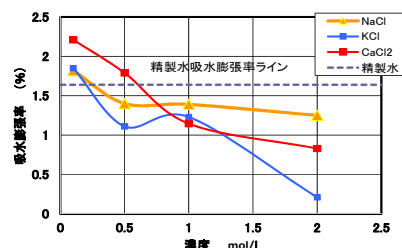


図-2 溶液濃度と吸水膨張率

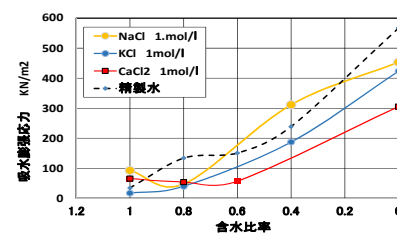


図-3 含水比率と吸水膨張応力

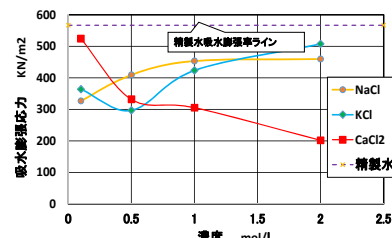


図-4 溶液濃度と吸水膨張率

表-4 CBR 試験条件と試験結果表

試験ケース	試料の初期含水比	KClの有無	スレーキング作用	4日水道水に水浸	4日水浸 CBR(%)	非水浸 CBR(%)	コーン指数 qc(kN/m ²)
1	自然含水比	なし	なし	○	3.9	-	710
2	自然含水比	なし	なし	KCl溶液に4日水浸	5.1	-	1232
3	最適含水比	水 添加	自然→最適	○	7.5	-	1047
4	最適含水比	KCl 添加	自然→最適	○	10.2	-	1843
4.2	最適含水比	KCl 添加	自然→最適	-	-	24.2	3917
5.2	最適含水比	KCl 添加	自然→最適+α→自然乾	-	-	20.6	4169
6.2	最適含水比	KCl 添加	自然→24時間KCl水浸→自然乾	-	-	21.2	4577
4	最適含水比	KCl 添加	自然→最適	○	10.2	-	1843
5	最適含水比	KCl 添加	自然→最適+α→自然乾	○	7	-	1311
6	最適含水比	KCl 添加	自然→24時間KCl水浸→自然乾	○	13.4	-	2923