

膨潤性を有する泥岩を使用した路床材料の開発

九州産業大学 学生会員 猿渡 拓海
 ワールド・リンク 非会員 藤 龍一
 りゅうせき商事 非会員 大城 康一
 九州産業大学 正会員 松尾 雄治

九州産業大学 正会員 林 泰弘
 りゅうせき商事 非会員 百瀬 裕元
 りゅうせき商事 非会員 松川 準

1. はじめに

沖縄県南部で建設工事の残土として発生する島尻層群泥岩(クチャ)は強い膨潤特性を有するため、スレーキングや膨潤による強度低下が懸念されている¹⁾。永秋ら²⁾は破碎したクチャを石灰系固化材やセメント系固化材で安定処理することで空港滑走路の路床材料として必要な設計 CBR が得られるものの、乾湿繰り返し作用を与えることで設計 CBR が大幅に低下したことを示した。片山ら³⁾は、土質安定処理前にスレーキングさせたクチャを改良すると破碎試料より設計 CBR が得られないことを示した。本研究では、クチャの強度低下の原因である膨潤特性に着目し、改良したクチャの膨潤を抑えて路床材料として活用する方法を検討した。

2. 土質安定処理の方法

対象試料は沖縄県中頭郡西原町の自然斜面から採取したクチャ(クチャ D)である。表-1 に示したように永秋ら²⁾の使用したクチャ A~C と比べると、クチャ D は設計 CBR が最も大きいものの、クチャ C と同様に膨張比が大きい値を示した。

表-1 対象試料の特性

	クチャA	クチャB	クチャC	クチャD
自然含水比(%)	21.4	15.1	26.6	16.3
液性限界(%)	41.6	56.3	63.2	63.5
塑性限界(%)	21.6	26.9	39.4	22.1
塑性指数	20.0	29.4	39.4	41.4
設計CBR(%)	0.62	4.15	2.00	5.94
膨張比(%)	0.146	2.410	4.474	3.344

膨潤を抑制する手段として、セメント系固化材(SSA)による固化や塩化カルシウム(CaCl_2)によるクチャに含まれるナトリウムイオンとカルシウムイオンの交換⁴⁾を期待して土質安定処理を行った。37.5mm ふるいを通過するように破碎したクチャ(破碎試料, Dc)とクチャに乾湿繰り返し作用²⁾を与えてスレーキングさせた試料(スレーキング試料, Ds)を用いた。液性限界の 2 倍の含水比に調整して 1 日水浸させたクチャに、 $\text{CaCl}_2=0.1\text{mol/L}(0.13\text{mol/kg})$, $0.2\text{mol/L}(0.26\text{mol/kg})$ 添加後に攪拌を行い、 $40\pm 3^\circ\text{C}$ の恒温庫で 7 日間養生を行った。その後、含水比=20%, 25%, 30%に調整し、セメント系固化材を添加し混合したのち、 $20\pm 3^\circ\text{C}$ の恒温庫で 7 日間密閉養生したものを試験試料とした。

3. 膨潤実験

潜在的な膨張量を把握するため、JIS A 1217 : 2009 に定められた圧密試験機を用い、以下の手順で膨潤実験²⁾を行った。圧密リングに E-a 法による設計 CBR 試験で得られた乾燥密度に合わせて試料を締固め、圧密容器にセットして荷重 $p=1.0(\text{kN/m}^2)$ を与えたのちに水浸し、水浸開始からの時間と膨潤量を測定した。図-1 に破碎試料における塩化カルシウム添加量と膨潤ひずみの関係を示す。膨潤ひずみ $\varepsilon_s(\%)$ は供試体の初期高さに対する供試体の膨潤量の割合を百分率で表したものである。 $\text{CaCl}_2=0$ の試料は、試験前含水比が高くなるにつれて膨潤ひずみが低下した。塩化カルシウムを添加した場合、試験前含水比 $w_0=20\%$, 30% に調整した試料は、膨潤ひずみを抑えることができたが、 $w_0=25\%$ に調整した試料は、膨潤ひずみの抑制効果が見られず、膨潤ひず

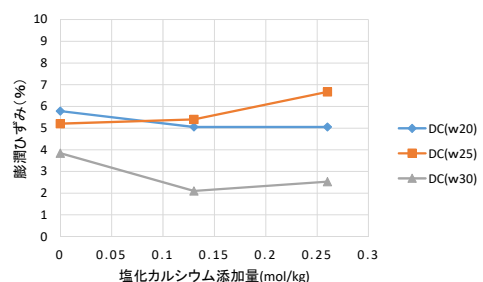


図-1 塩化カルシウム添加量と膨潤ひずみの関係(破碎試料)

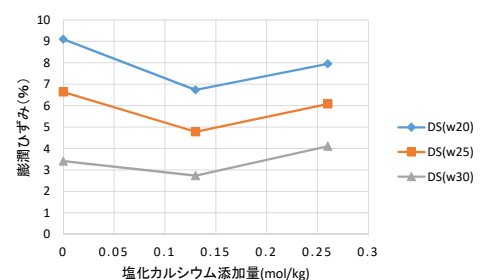


図-2 塩化カルシウム添加量と膨潤ひずみの関係(スレーキング試料)

みが最大となった。図-2 にスレーキング試料における塩化カルシウム添加量と膨潤ひずみの関係を示す。CaCl₂=0 場合、破碎試料と同様に試験前含水比が高くなるにつれて膨潤ひずみが低下した。塩化カルシウムを添加した場合、試験前含水比に影響を受けず、膨潤ひずみを抑えることができた。その中でも、CaCl₂=0.13mol/kg 処理土が最も膨潤ひずみを抑えることができた。膨潤抑制効果が見られたものを表-2 に示す。

4. 設計 CBR 試験

設計 CBR $\geq$ 20%, 膨張比 $\leq$ 3%を改良の目標値とし、JIS A 1211:2009 に基づき設計 CBR 試験を実施した。破碎試料の含水比を 20%, スレーキング試料の含水比を 25%とし、セメント系固化材を 40kg/m³ 添加したものを試験試料とした。図-3 に改良土の塩化カルシウム添加量と設計 CBR の関係を示す。破碎試料を改良した場合、塩化カルシウムを添加することで設計 CBR が約 1/4~1/2 程度まで低下し、CaCl₂=0.26mol/kg 処理土では設計 CBR $\leq$ 20%となった。土質安定処理の際に、破碎試料を 1 日水浸させたことで、膨潤による細粒化を引き起こし、強度低下をしていたことが原因と考えられる。スレーキング試料を改良した場合は、塩化カルシウムの添加によって設計 CBR が約 1.3~1.4 倍程度に増加した。図-4 に改良土の塩化カルシウム添加量と膨張比の関係を示す。全ての配合で膨張比 $\leq$ 3%を達成した。破碎試料においては、膨潤実験同様に CaCl₂=0.26mol/kg 処理土の膨張比が最も低かった。スレーキング試料においても、膨潤実験同様に CaCl₂=0.13mol/kg 処理土の膨張比が最も低かった。

図-5 に設計 CBR 試験時に使用したスレーキング試料の CBR 試験の軸付き有孔板に相当する $p=2.78(\text{kN/m}^2)$ における膨潤ひずみと膨張比の関係を示す。この膨潤ひずみは $p=1.0$, $10.8(\text{kN/m}^2)$ の載荷応力と膨潤ひずみの関係から対数近似で求めた。永秋ら²⁾ が求めた膨潤ひずみと膨張比の関係の範囲を赤線で示す。今回の実験では、膨潤ひずみは膨張比の約 2~5 倍を示した。

5. まとめ

クチャを改良する際に、スレーキング試料を用いた場合は、塩化カルシウムを添加することで破碎試料同様の固化材添加量で膨張比を抑え、設計 CBR が増加し、路床材料として活用できることが分かった。破碎試料を用いた場合は、土質安定処理中に強度が低下した影響で設計 CBR と膨張比に関係性が見られなかった。今後は、目標値を満足した改良土に対して乾湿繰り返し作用による影響を検討していく。

参考文献：1) 山内豊聡監修・土質工学会九州支部編：九州・沖縄の特殊土，九州大学出版会，1983. 7. (島尻層泥岩) 2) 永秋ら：土質安定処理した島尻層群泥岩のスレーキングによる設計 CBR への影響，土木学会 72 回年次学術講演会講演概要集，pp.115-116、2017. 9. 3) 片山ら：改良した島尻層群泥岩の設計 CBR に及ぼすスレーキングの影響，卒業論文，pp.24, 2017. 4) 勝見ら：ジオシンセティッククレイランナーの遮水性能に及ぼす一価および二価カチオン混合溶液の影響，ジオシンセティック論文集第 17 巻，pp.49 - 54, 2002. 12.

表-2 膨潤抑制効果が見られた配合一覧

	試験前含水比 (%)	CaCl ₂ 添加量 (mol/kg)
Dc	20	0.13, 0.26
	25	—
	30	0.13, 0.26
Ds	20	0.13, 0.26
	25	0.13, 0.26
	30	0.13

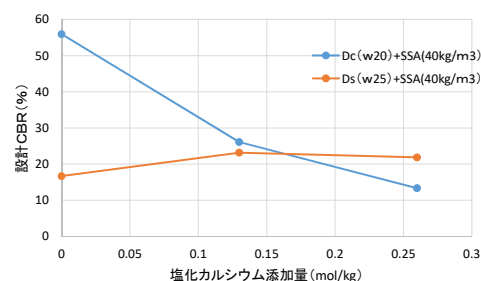


図-3 改良土の塩化カルシウム添加量と設計 CBR の関係

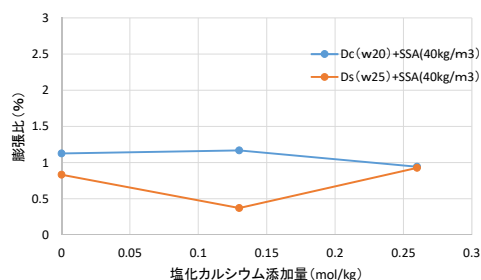


図-4 改良土の塩化カルシウム添加量と膨張比の関係

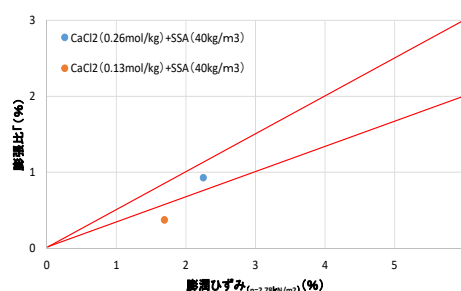


図-5 膨潤ひずみと膨張比の関係