

マグネシウム水溶液を通水したセメント処理土の劣化特性に関する考察

山口大学大学院 学生会員 ○藤江 佑大
山口大学大学院 正会員 原 弘行

1. はじめに

最近の研究によって、固化処理土は海水中のマグネシウム (Mg) の影響で劣化することが明らかになっている。すでに、感潮河川における堤体基礎部を構成する改良地盤の劣化現象が確認されている。固化処理土は一般的に難透水性土質材料とされているが、上記の劣化現象が生じることで、その透水性が変化し、改良土層や上部構造に問題を引き起こすことが懸念される。したがって、通水に伴う固化処理土の透水性の変化や劣化特性について詳細に検証する必要がある。以上の背景から本研究では、感潮河川における堤体基礎部を想定し、セメント処理土に対して、河川水の代用とした Mg 水溶液を通水させる透水試験を実施した。得られた結果から、通水によって生じるセメント処理土の透水性の変化や劣化特性について考察した。

2. 実験概要

実験に用いた木節粘土の物性を表-1 に示す。試料土は含水比を液性限界の 1.5 倍 (67.1%) となるように調整して使用した。固化材は普通ポルトランドセメント (OPC) を用いて、その添加量は 100, 120kg/m³ (以後 OPC100, OPC120 と呼ぶ。) とした。供試体は以下の手順で作製した。粘土に固化材を添加し攪拌機を用いて混合後、直径 100mm のプラスチックモールドに詰め、5 日間養生した。養生後、モールドから試料を取り出し、高さ 15mm に整形した後、供試体の飽和度を高めるため 2 日間水浸減圧脱気を行い、合計で 7 日間養生させた。通水させる水溶液には、河川水の代用として Mg 水溶液

表-1 試料土の物理的性質

土粒子密度	(g/cm ³)	2.618
液性限界	(%)	44.7
塑性限界	(%)	27.4
塑性指数	(%)	17.3
粒度組成	(%)	
礫		0.0
砂		20.1
シルト		19.3
粘土		60.6

(1,000mg/L) を用いた。透水試験は図-1 に示す柔壁型カラム試験機を用いて実施した。供試体の飽和状態を保ち、且つ試験機から脱気するため、水を張った大型水槽内でセッティングを行った。実験手順は以下のとおりである。まず、ポーラスストーンのみを透水試験機に設置し、Mg 水溶液を通水し試験機内を Mg 水溶液で満たした後、各添加量の供試体を設置した。動水勾配は 50 とした。通水時には、

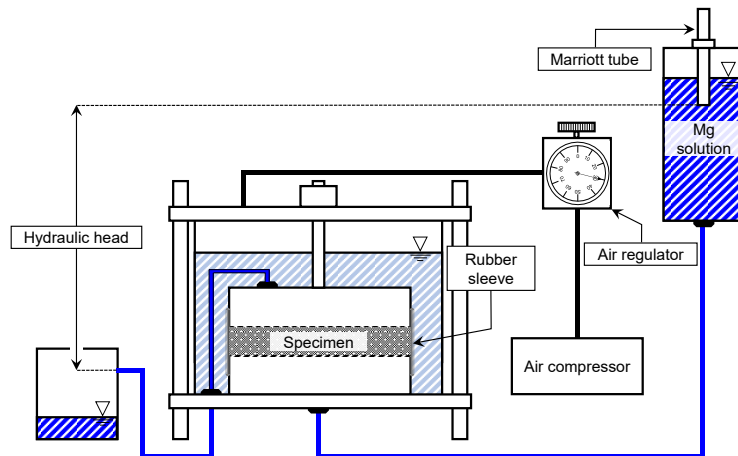


図-1 透水試験機の模式図

浸透圧によって側壁からの水漏れを防ぐため拘束圧を 30kPa 作用させた。加えて側壁漏れ対策として、供試体側面には高真空グリースを塗布している。試験開始後、2 日ごとに浸出水の流量およびカルシウムイオン濃度を測定した。試験開始から 56 日経過後、供試体を試験機から取り出し、深さ方向に 4 分割して土壌分析を行った。分析項目は、Ca および Mg の含有量である。

3. 実験結果と考察

図-2 に通水期間中の透水係数の変化を示す。同図には、同じ動水勾配でイオン交換水を通水したときの結果も示している。イオン交換水のときに比べて、Mg 水溶液を通水したときの透水係数が大幅に小さくなっていることがわかる。OPC100 と OPC120 の両ケースとも透水係数は徐々に減少する傾向を示し、添加量による

差異はほとんどみられなかった。透水性が低下した原因は、セメント処理土中の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ と通水した Mg 塩が反応して析出した $\text{Mg}(\text{OH})_2$ が供試体の間隙を充填し、総間隙量が減少したためだと考えられる¹⁾。

狩生ら²⁾を参考に、供試体作製時に添加したセメントに含まれる Ca 量に対して通水期間中に溶出した Ca 量の比率を Ca 溶出率 L_{Ca} と定義して、式(1)より求めた。

$$L_{\text{Ca}} = \frac{C_{\text{Ca}}}{\alpha \times C_{\text{CaO}} \times \frac{N_{\text{Ca}}}{N_{\text{Ca}} \times N_{\text{O}}}} \times 100 \quad (1)$$

ここに、 C_{Ca} は浸出水中の Ca 濃度 (g/m^3)、 α は固化材添加量 (kg/m^3)、 C_{CaO} はセメントの CaO 含有量、 N_{Ca} 、 N_{O} は Ca 、 O のモル質量 (g/mol) を表す。図-3 に累積 Ca 溶出率の時間変化を示す。 Ca 溶出率は通水期間とともに徐々に増加し、56 日後における Ca 溶出率は OPC100 で約 2.4%、OPC120 で約 3.6% であった。図-4 に供試体の Ca 、 Mg 分布を示す。 Ca 含有量はセメント添加量によって異なっている。両試料とも、通水面に近い箇所を通水前よりも低い値を示し、僅かな Ca の溶出が確認された。 Mg 含有量は OPC100 では Ca の溶出が確認された通水側で、OPC120 では通水側と排水側の両面で僅かに増加していた。したがって、通水面のごく近傍でのみ Mg による劣化現象が生じたものと考えられる。また、河川堤防は動水勾配が原則 0.5 未満になるよう設計されている³⁾。本実験の条件では、実際の堤防の約 100 倍の促進効果を持つ。しかしながら、供試体からの Ca の溶出量は小さく、 Mg の影響が確認された範囲も限定的であったことから、本実験のような低含水比の粘性土を改良したセメント処理土の場合、通水による劣化は生じにくいと考えられる。

4. まとめ

1) セメント処理土に Mg 水溶液を通水すると、イオン交換水のとときと比べて透水性が著しく減少した。また、添加量にかかわらず通水時間経過とともに透水係数は減少した。これは供試体内に $\text{Mg}(\text{OH})_2$ が生成され間隙を充填したためだと考えられる。

2) 本実験の通水期間では、 Ca の溶出量は 5% 未満と少なく著しい劣化は確認されなかった。

【参考文献】

1) Buenfeld, N. R. and Newman, J. B. : The permeability of concrete in a marine environment, *Magazine of Concrete Research*, Vol. 36, No. 127, pp. 67-80, 1984. 2) 狩生卓玲, 原弘行, 吉本憲正 : 海水中のマグネシウムによって劣化したセメント処理土の強度特性, 第 13 回地盤改良シンポジウム論文集, pp.149-154, 2018. 3) 国土交通省河川局治水課 : 河川堤防設計指針, 2007.

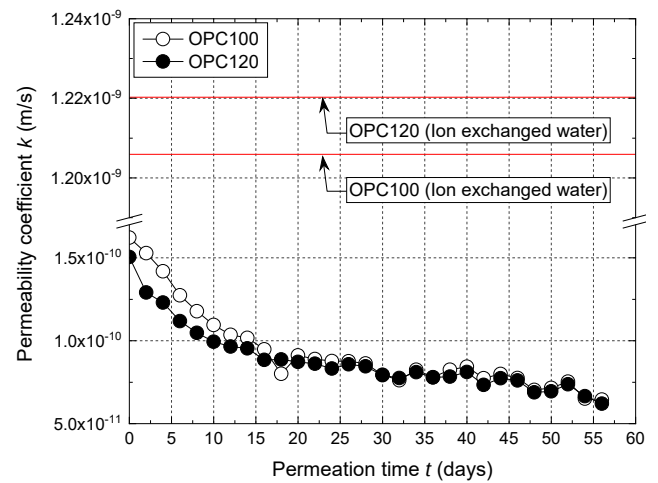


図-2 透水係数の経時変化

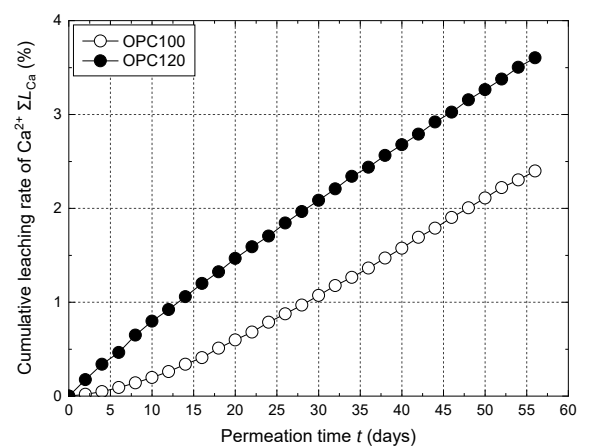


図-3 累積 Ca 溶出率の時間変化

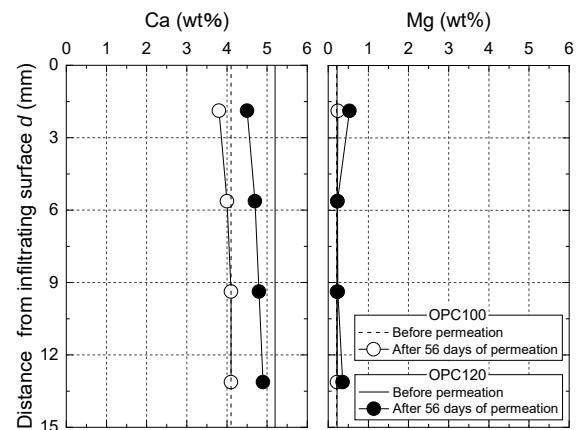


図-4 通水後の供試体の Ca 、 Mg 分布