

Mg 水溶液に曝露したセメント処理土の強度変化とその機構に関する考察

山口大学大学院創成科学研究科 正会員 ○原 弘行
山口大学大学院創成科学研究科 正会員 吉本 憲正

1. はじめに

固化処理土の劣化の主要因は海水に含まれるマグネシウム塩であることが示されている¹⁾。最近では、沿岸域の現場において固化処理土層の軟弱化が確認された事例もみられ、今後、沿岸域に施工された固化処理土を含む土構造物の長期的な安定性を評価するためには処理土の海水環境下での強度特性の変化を把握しておく必要がある。しかし、海水に曝された固化処理土の力学的性質に関する研究報告は少ないのが現状で、未解明な部分が多く残されている。以上の背景から、本研究では海水環境を想定し、Mg 水溶液に曝露した固化材量が異なる 2 種のセメント処理土に対して一軸圧縮試験を実施した。さらに、劣化前後の処理土に対して土壌分析を実施し、得られた結果から、海水環境下におけるセメント処理土の強度変化について考察した。

2. 実験概要

試料土には有明粘土を用いた。その物理特性は、表-1に示すとおりである。固化材には高炉セメントB種を用いた。試料土と固化材を均一に混合するため、試料土の含水比を液性限界の1.5倍である207%に調整した。固化材の添加量は50, 100kg/m³の2種類とした。試料土に固化材を添加後、電動ミキサーで10分間混合し、φ=50mm, H=100mmのプラスチック製の円筒形モールドに充填し、28日間養生を行った。養生後の供試体を以下の要領で劣化させた。まず、海水の代用として準備したMg水溶液に供試体を浸漬させる。時間経過とともに供試体に変形しないようにプラスチックモールドの片辺にのせて半円部分で自重を支えるようにした。また、処理土の劣化はMg水溶液との接触面から徐々に生じるため、プラスチックモールドには複数の穴を開けておき、供試体との間に不織布を敷設して供試体全面が水溶液と接触できるようにした。なお、劣化の促進を図るため、水溶液のMg²⁺濃度は有明海の海水の25倍の23.45g/Lに設定した。図-1は浸漬期間中、定期的に採水した浸漬水の水質分析結果から算出したCa²⁺累積溶出量の経時変化を示したものである。Ca溶出量の増加傾向は時間とともに徐々に鈍化してほとんど溶出量が変化しなくなる。したがって、それ以降は全層にわたって劣化しているものと判断し、本実験では50kg/m³の場合83日、100kg/m³の場合147日で浸漬を終了させた。浸漬前および浸漬終了後の供試体をそれぞれ健全供試体、劣化供試体と称して一軸圧縮試験を各状態で3本ずつ実施した。なお、セメント添加前の母材の粘性土はスラリー状で自立しないため、ベーンせん断試験を実施した。最後に力学試験後の試料に対して土壌分析を行い、Ca, Mg含有量を調べた。

表-1 試料土の物理的性質

Soil particle density (g/cm ³)	2.64
Liquid limit (%)	138.0
Plastic limit (%)	42.2
Grain size distribution (%)	
Gravel	0.0
Sand	3.0
Silt	58.8
Clay	38.2

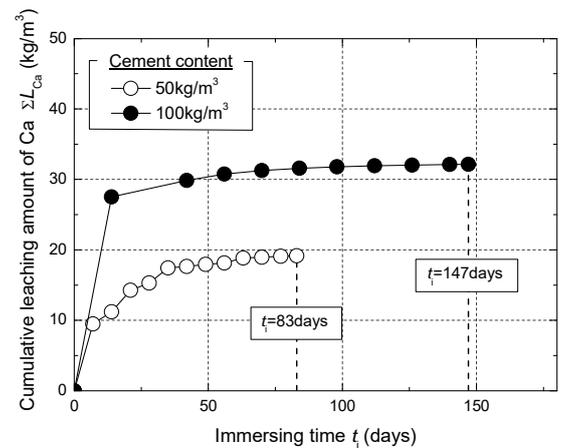


図-1 Ca 累積溶出量の経時変化

3. 実験結果と考察

健全供試体、劣化供試体の応力-ひずみ関係を図-2に示す。図中の表には一軸圧縮強さ、変形係数、破壊ひずみの平均値を示している。健全供試体の一軸圧縮強さは固化材添加量によって大きく異なり、50, 100kg/m³でそれぞれ平均値は98.3, 1176.6kN/m²であった。それに対して劣化供試体は著しく強度低下していることがわかる。さらに、その強度は50, 100kg/m³で16.4, 77.9kN/m²と初期に添加した固化材量が多い方が劣化後の強度も大きいことが明らかになる。

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 山口大学工学部 TEL 0836-85-9321

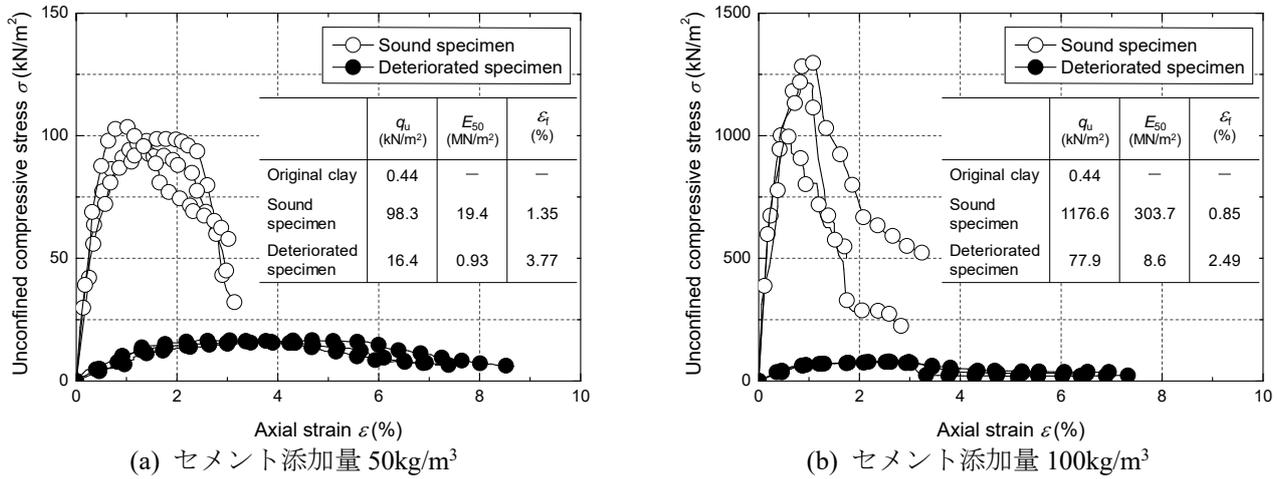


図-2 応力-ひずみ関係

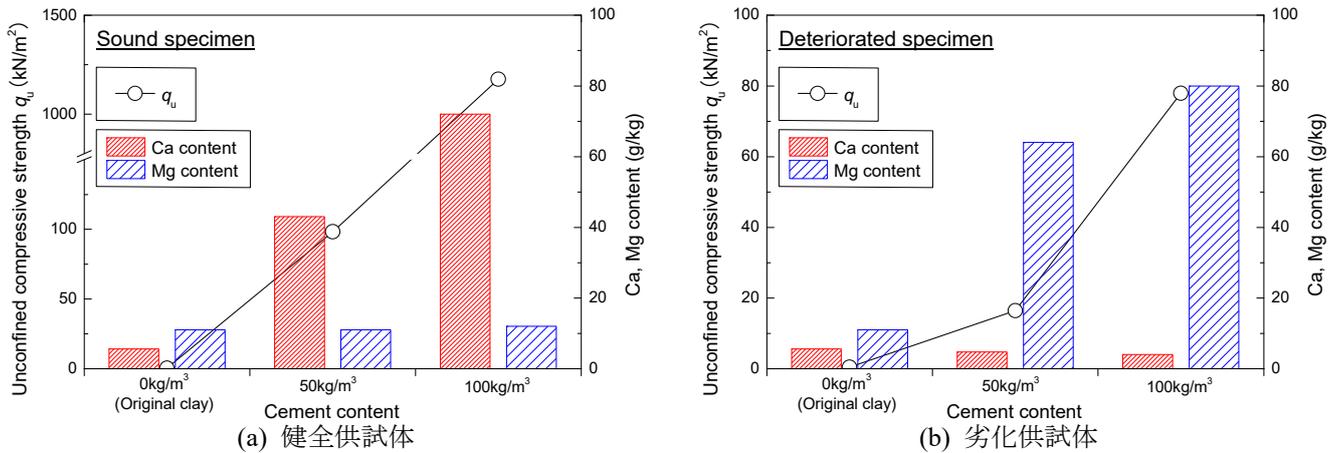


図-3 一軸圧縮強さ, Ca, Mg含有量

った。また、劣化供試体は健全供試体に比べて破壊ひずみが大きく、変形係数も健全供試体のそれに比べて非常に小さくなっており、剛性が大きく低下していることも示された。

健全供試体、劣化供試体の一軸圧縮強さおよびCa, Mg含有量を図-3に示す。健全供試体の場合、セメントを添加すると大きく強度発現し、その量が多い場合ほど強度も大きい。また、一軸圧縮強さはCa含有量と相関があり、C-S-Hなどのセメント水和物とその強度を担っていると考えられる。Mg含有量は添加量による変化はほとんどなく母材と同程度の値であり、海成粘土である有明粘土由来のものと推定できる。他方、劣化供試体は健全供試体に含まれていたCa成分が著しく溶出し、固化材量によらず母材と同程度となっている。劣化供試体のMg含有量は母材に比べて非常に高くなっており、一軸圧縮強さとの相関がみられる。すなわち、セメント処理土の劣化後に残存する強度はセメント水和物ではなく、処理土中のCa(OH)₂とMg塩の化学反応時に生成される水酸化マグネシウム(Mg(OH)₂)によるセメンテーション効果が支配的と考えられる。ただし、Mg(OH)₂によるセメンテーション効果はセメント水和物に比べて低いようであり、健全供試体が当初有していた強度とは大きく異っている。また、初期の固化材量が多い場合ほど劣化時に生成されるMg(OH)₂が多いため劣化後の強度も大きくなったものと推察される。

4. まとめ

本研究では、Mg水溶液に曝露したセメント処理土に対して一軸圧縮試験と土壌分析を実施し、劣化に伴う強度変化とその機構について考察した。得られた知見は以下のとおりである。

- 1) セメント処理土はMg水溶液に曝露して劣化すると、一軸圧縮強さや変形係数が大きく低下する。
- 2) 健全な状態の強度はセメントの主成分であるCa含有量と相関がある。それに対して劣化後の強度はMg含有量と相関がみられ、水酸化マグネシウムによるセメンテーション効果によって強度発現していると推察される。

参考文献 1) 原弘行, 末次大輔, 林重徳, 松田博: 海水に曝露したセメント処理土の劣化機構に関する基礎的研究, 土木学会論文集C (地圏工学), Vol.64, No.4, pp.469-479, 2013.