

酸化マグネシウムと高炉スラグ微粉末による改良土の海水環境下における劣化特性

山口大学大学院 正会員 ○原 弘行
 宮崎大学 正会員 末次 大輔
 鹿児島工業高等専門学校 正会員 安井賢太郎

1. 目的

セメントや石灰を用いた固化処理土は海水環境下において、その性質が劣化することが指摘されている。すでに感潮河川の堤防基礎部に用いられた石灰処理土の劣化が発覚した事例も報告されており、沿岸域における固化処理土の耐久性が懸念される。劣化の主な原因物質は海水に含まれるマグネシウム (Mg) 塩であり、これがセメント処理土内に拡散浸透することで、pH の低下およびセメント水和物の崩壊を招き、強度低下や圧縮性の増大が引き起こされる。本研究では、耐海水性を付与する固化材の開発を目的として酸化マグネシウム (MgO) と高炉スラグ微粉末 (BFS) の混合固化材による改良土の海水環境下における劣化特性を調べた。

2. 実験概要

MgO と BFS の混合固化材 (以下 MB と称する) は高い強度発現性を示すことが報告されている¹⁾。Mg 系の水和物によるセメンテーション作用で硬化すると考えられ、Mg 塩による劣化に対して耐性を示すことを期待して採用した。供試体作製は以下のようにして実施した。まず、液性限界の 1.5 倍 (122.4%) に含水比調整したカオリン粘土 (ASP-200) に MB を 100kg/m^3 の割合で添加・混合する。このとき、添加量は一定のまま MB に占める MgO の比率を乾燥質量で 0, 10, 30, 50, 100% に変化させた。また、比較として同じ添加量の高炉セメント B 種 (BB) を混合した試料も準備した。それぞれの混合試料をプラスチックモールドに充填し、実験室内で 28 日間養生した。養生後の供試体に対して一軸圧縮試験を行った。試験結果は後述するが、MgO 混合率 0% では固化しなかったため MgO 混合率 10, 30, 50, 100% および BB の計 5 ケースに対して Mg 水溶液への浸漬試験を実施した。供試体の上面以外をゴムスリーブとパラフィルムで覆い、一面曝露の状態で Mg 水溶液 (Mg^{2+} 濃度 $1,500\text{ mg/L}$) に浸漬させた。浸漬から 56, 84, 112 日経過後に直径 6.0 mm の小型のコーンを使用した貫入試験を実施した。また、浸漬水の Ca^{2+} 濃度を測定した。

3. 実験結果

図-1 に MgO 混合率と一軸圧縮強さの関係を示す。BFS 単体 (混合率 0%) や MgO 単体 (混合率 100%) ではほとんど強度発現がみられないのに対して、MgO を添加すると高い強度を発揮した。一軸圧縮強さは混合率 10% でピークを示し、その強度は同添加量の BB (図中の赤破線) を使用したときの 1.7 倍以上であった。

図-2 に貫入抵抗の深度分布を示す。浸漬前の場合、いずれの条件でも深度 10 mm 程度まで徐々に貫入抵抗が増大し、その後一定値を示す傾向がある。BB および MgO 混合率 10~50% の場合、Mg 水溶液に浸漬した後の供試体は曝露面近傍で貫入抵抗の低下が確認でき、劣化していると推定できる。MgO 単体では得られる貫入抵抗値は非常に小さいが、Mg 水溶液に浸漬しても劣化の進行は確認できなかった。劣化が生じた供試体は浸漬時間によって異なるが、深度 $10\sim 20\text{ mm}$ から徐々に貫入抵抗が増加し、その後一定値を示した。同じ浸漬時間の場合、貫入抵抗が一定値を示すときの深度は固化材によらず大きな差異は認められなかった。なお、MgO 混合率 50% における浸漬 112 日では、浸漬前と同

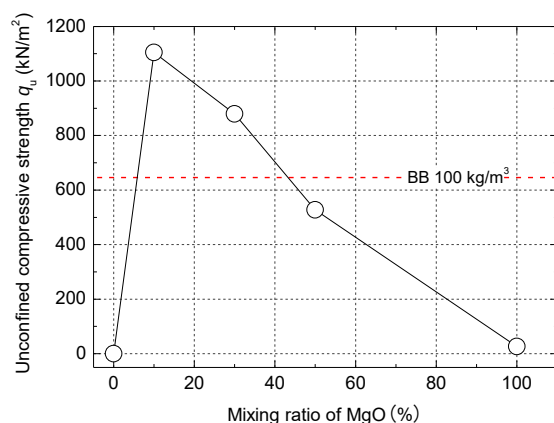


図-1 MgO 混合率と一軸圧縮強さの関係

キーワード 酸化マグネシウム, 高炉スラグ微粉末, 海水, 劣化

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 山口大学工学部 TEL0836-85-9321

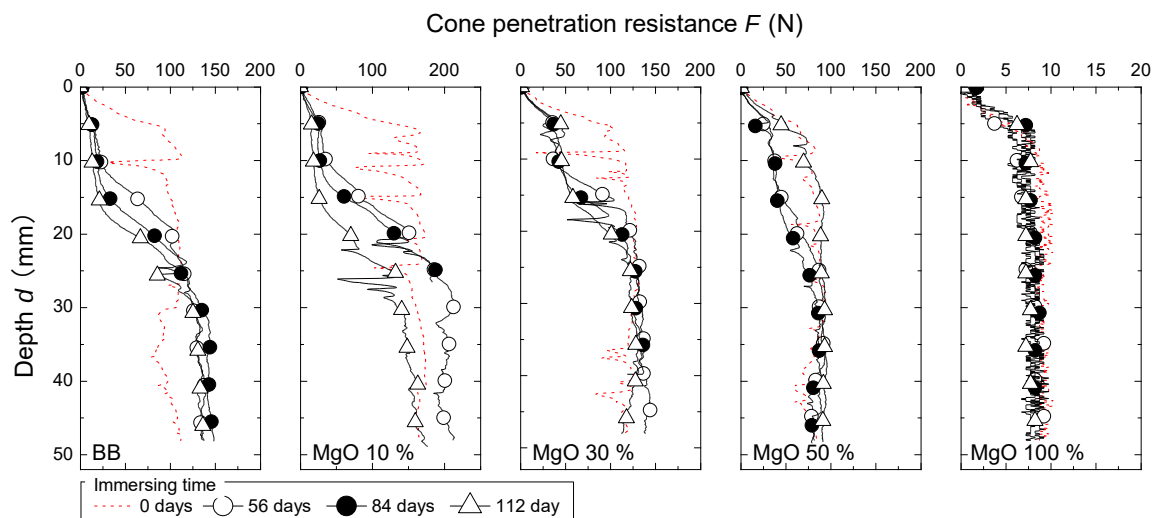


図-2 貫入抵抗の深度分布

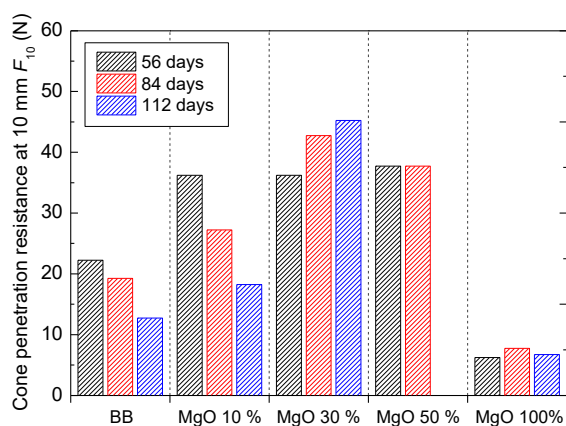
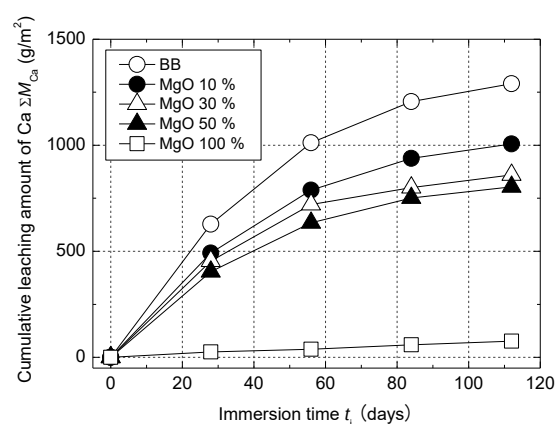
図-3 深度 10 mm の貫入抵抗値 F_{10} 

図-4 累積カルシウム溶出量の時間変化

様な貫入抵抗分布を示しており、力学的な劣化は確認できなかったが、この原因は不明である。図-3 は Mg 水溶液に浸漬した供試体の深度 10 mm 時点での貫入抵抗値 F_{10} を抽出した結果である。深度 10 mm は、MgO 単体を除いたすべての条件で貫入抵抗の低下が確認できた箇所である（混合率 50%、浸漬 112 日は劣化が確認できなかったため除外）。MB（混合率 10～50%）は BB よりも F_{10} が大きい傾向がある。図-1 に示したとおり、一軸圧縮強さは混合率 10% で最も大きくなったが、 F_{10} は 30～50% でピークを示した。また、BB や MgO 混合率 10% では浸漬時間とともに F_{10} の値も小さくなるが、混合率 30、50% ではそのような傾向は確認されなかった。MB は劣化しても BB に比べて高い貫入抵抗値を示した。これは、Mg 系の水和物が崩壊しなかったことなどが原因と考えられる。詳細については今後検討する必要があるが、MB を使用すると海水環境下で劣化しても比較的高い強度が残存する可能性が示唆された。図-4 は累積カルシウム溶出量の時間変化を示したものである。Ca 溶出量は BB が最も高く、MB は MgO 添加率が高い条件ほど溶出量が小さい傾向がみられた。

4. まとめ

本研究では、MgO と BFS の混合固化材（MB）の海水環境下における劣化特性を実験的に検討した。得られた知見は以下のとおりである。

- 1) カオリン粘土に MB を添加すると、MgO 混合率 10% で一軸圧縮強さが最大値を示した。
- 2) MB を使用した場合も高炉セメント B 種（BB）と同様な劣化の進行挙動を示した。しかし、劣化したときの抵抗値は MB の方が高いことが確認された。

謝辞：本研究成果は鹿島学術振興財団一般研究助成金の支援を受けて実施された。ここに記して謝意を表する。

【参考文献】1) 山田哲司，西形達明：酸化マグネシウムと高炉スラグ微粉末からなる混合固化材を用いた改良土の強度特性，地盤工学ジャーナル，10(1)，57-65，2015。