

マイクロカプセルを添加した固化処理土の力学的特性

鹿児島工業高等専門学校 (学) ○ 福重 大樹, (正) 安井 賢太郎

山口大学 (正) 原 弘行, 宮崎大学 塩盛 弘一郎

1. はじめに

堤防基礎部は、セメントや石灰を混合した固化処理土によって築堤される場合がある。しかし、近年、感潮河川域において浚渫泥土を母材とした固化処理土の力学的劣化が確認されており、海水に含まれる Mg 塩が固化処理土中の Ca^{2+} の溶出を促進し、劣化が進行することが明らかになっている¹⁾。これまでに幾つかの固化処理土の劣化抑制方法が提案されている^{1), 2)}が、抑制方法について十分に検討したとは言い難く、新たな劣化抑制方法の開発が必要である。固化処理土の劣化抑制は、堤防の長期供用を目指して取り組むべき重要な課題であり、社会資本の維持管理の観点から非常に重要な意義を持つ。

以上の背景から、本研究では、 $Ca(OH)_2$ を内包したマイクロカプセル (MC) を用いた固化処理土の耐久性の向上を目指し、MC を添加した固化処理土の力学的特性について検討した。

2. 実験概要

図-1 に本実験で用いた MC の電子顕微鏡写真を、図-2 に MC の断面概略図をそれぞれ示す。MC は一般に壁材と芯物質によって構成されているが、本実験では、MC の添加率が固化処理土の強度に及ぼす影響を調べるために、壁材はポリスチレン (PS)、芯物質は $Ca(OH)_2$ を内包しない中空の MC を用いた。なお、MC は、 $CaCl_2$ 粉末 (S)/有機相 (O)/水相 (W) エマルジョンを出発状態とした液中乾燥法で調製し、粒径は約 160 μm であった。

固化処理土の作製は、含水比を調整したカオリン粘土 (ASP-200) に高炉セメント B 種を 50 kg/m^3 添加した後、MC をセメント添加量の 0~50 wt% を外割りで添加した。攪拌後、 $\phi=50$ mm, $H=100$ mm のモールドに充填し、温度 20°C、湿度 80% の条件下で、14、28 日間養生した。

まず、各条件における材齢 14 日の供試体 3 本に対して、土の一軸圧縮試験 (JISA1216) を実施し、MC 添加率の影響を調べた。次に、試験後の供試体の高さ方向に 3 分割した箇所から試料を採取し、平均含水比 w (JISA 1203) を求めた。さらに、供試体から 10 mm×10 mm×15 mm の直方体を取り出し、マイクロ X 線 CT スキャナ (SKYSCAN 1172, BRUKER Corp.) を用いて供試体内の

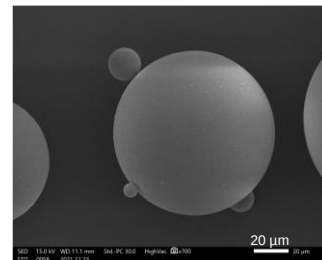


図-1 MC の電子顕微鏡写真

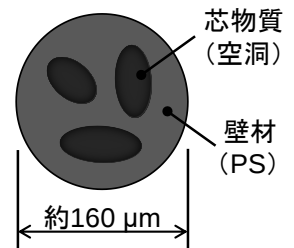


図-2 MC 断面概略図

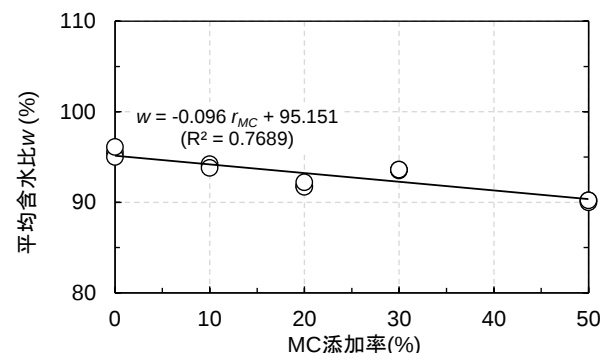


図-3 w と MC 添加率の関係

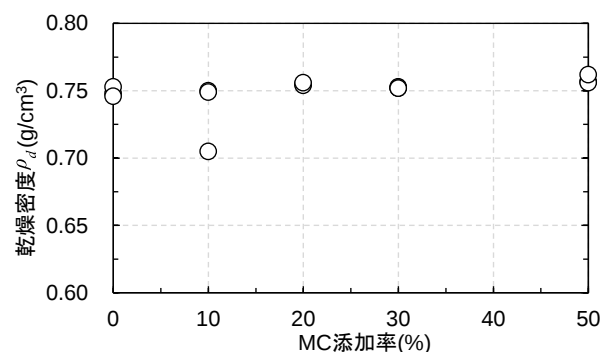


図-4 ρ_d と MC 添加率の関係

MC 混合状況を観察した。観察条件は、100 kV, 100 μA , ステップ 0.25 deg, 及びフレームアベレージ 3 回とした。

最後に、材齢 28 日の供試体に対して、人工海水を用いた浸漬実験を実施した後、浸漬 4、9、16、25、36 日目におけるコーン貫入試験を行い、浸漬時間と劣化深度の関係を調べた。

3. 試験結果及び考察

図-3 に一軸圧縮試験時の平均含水比 w と MC 添加率の関係を示す。MC 添加率の増加に伴って、 w 値は直線的に低下する負の相関を示した。また、図-4 に乾燥密度 ρ_d と MC 添加率の関係を示す。MC 添加によって、 ρ_d 値が僅かに増加した。これらの理由として、MC を外割りで

で添加したことで、供試体中の固相割合が増加し、相対的に含水比が低下したことが考えられる。

図-5 に応力ひずみ曲線と MC 添加率の関係を示す。MC を添加した供試体は、MC0%と比較して、応力値が軸ひずみ量の増加に伴って、大きな立ち上がりを示しており、変形係数 E_{50} が増大した。

図-6 に一軸圧縮強さ q_u と MC 添加率の関係を示す。MC を添加することで、添加率の違いによらず、 q_u 値が MC0%の q_u 値の 1.5 倍程度まで増加した。これは、先述した MC の外割り添加による、供試体中の含水比の低下と乾燥密度の増加に起因するものと考えられる。

図-7 に供試体から切り出した直方体内部の X 線 CT 画像を示す。CT 画像は一般に密度の低い物質が黒色を示し、密度の高い物質が白色を示す。MC0%の供試体には黒色の気泡が確認され、一方の MC50%の供試体には白色の MC が確認された。さらに、固化処理土は灰色であることから、MC の密度が高い、即ち MC の強度は固化処理土よりも高い可能性が示唆された。

図-8 に MC0%の供試体のコーン貫入試験結果を示す。浸漬時間の経過に伴い、供試体の貫入抵抗値が低下し、力学的劣化が進行していることが確認された。今後、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 内包 MC を添加した固化処理土と比較し、その劣化抑制効果について明らかにする。

4. まとめ

本研究では、MC を添加した固化処理土の力学的特性について検討した。得られた知見は以下の通りである。

- 1) MC を添加した固化処理土は、MC0%と比較して、変形係数および一軸圧縮強さが増加した。
- 2) 一軸圧縮強さの増加は、MC の外割り添加によって、供試体中の水セメント比が相対的に減少し、乾燥密度が増加したことに起因するものと考えられる。
- 3) MC を添加した固化処理土に対して、X 線を透過させたところ、MC の強度はセメントを 50 kg/m^3 添加した固化処理土よりも高いことが示唆された。
- 4) カオリン粘土を用いた固化処理土を人工海水に浸漬すると、その時間経過に伴い力学的劣化が進行した。

謝辞：

本研究の一部は、技学イノベーション機器共用ネットワーク (SHARE 事業) (JPMXS0430300121) 及び技学コアファシリティネットワーク (JPMXS0440900821) で共用された機器を利用した成果である。

参考文献：

- 1) 入口宗一郎, 原弘行, 深ヶ迫直人, 海水曝露したセメント処理土表面に現れる水酸化マグネシウム析出物の生成条件およびアルカリ助剤によるその生成促進効果, 土木学会論文集 B3(海洋開発), Vol.75, No.2, pp.881-886, 2019.
- 2) 生駒聖, 畠俊郎, 八木光晴, 千手智晴: MICP を利用したセメント改良土の劣化抑制技術の粘性土に対する適用性評価, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol.76, No.2, pp.618-623, 2020.

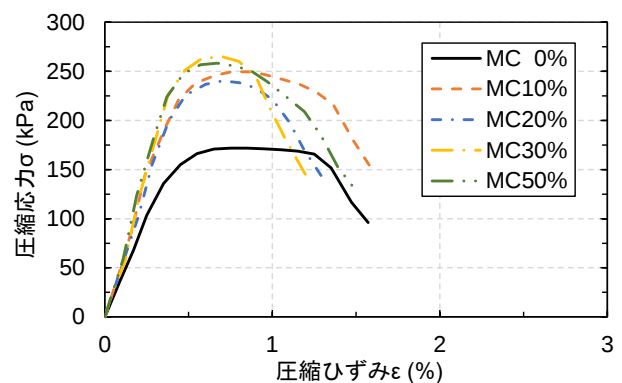


図-5 応力ひずみ曲線と MC 添加率の関係

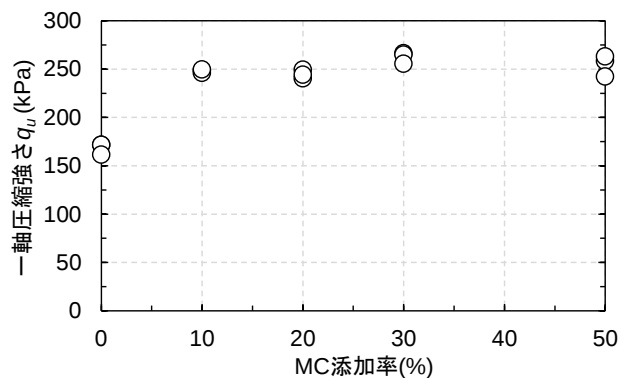
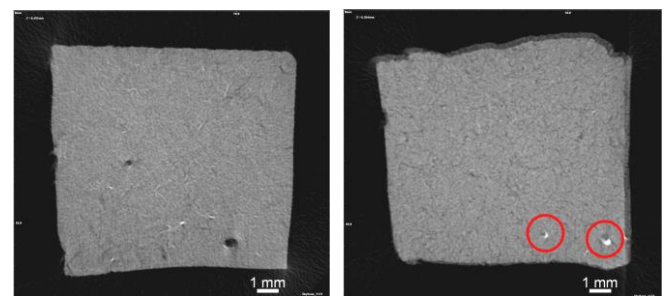


図-6 q_u と MC 添加率の関係



(a) MC0% (b) MC50%
図-7 供試体内部の X 線 CT 画像 (断面の一部)

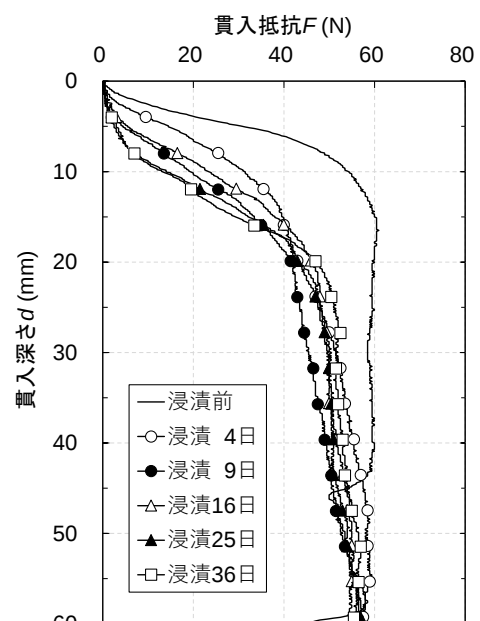


図-8 コーン貫入試験結果 (MC0%)