

有機質系固化材を使用した固化処理土の海水による劣化

鹿児島工業高等専門学校 (学) ○笠師 楽多朗, (正) 安井 賢太郎
山口大学 (正) 原 弘行, 宮崎大学 (正) 末次 大輔

1. はじめに

セメントや石灰を現地盤の土と混合する固化処理工法は、主要な軟弱地盤対策として広く利用されている。近年、感潮河川の河口付近の堤防において石灰処理によって固化した浚渫土で構成された基礎部の軟化が確認されている。これは、海中のマグネシウム塩が固化処理土内の Ca の溶脱を促進することによりセメント固化処理土が劣化する現象である。これまでに、固化材に普通セメントや高炉セメントを用いた固化処理土についてはこの劣化現象が起こり得ることが報告されているが、高有機質土や粘性土に対して固化作用のある有機質系固化材を用いた固化処理土の劣化については未だ明らかになっていない。加えて、2000年に建設省から通達された「セメント及びセメント系固化材の地盤改良への使用及び改良土の再利用に関する当面の措置について」の運用²⁾において土壌内の六価クロム溶出量の規制が厳しくなったことにより、地盤条件によっては水和反応が阻害され、六価クロムが溶出するセメント系固化材の使用量が減少し、その一方で有機質系固化材を含む特殊土用固化材が増加³⁾している。このことから、有機質系固化材を用いた固化処理土の劣化現象について把握することは重要であると考えられる。

本研究では有機質系固化材を使用した固化処理土を海水に浸漬した際の力学的劣化、及び劣化速度について実験的に明らかにした。

2. 実験概要

表-1 に供試体の配合を示す。試料土にはカオリン粘土 (ASP-200) を用い、固化材には2種類の有機質系固化材 (OS1, OS2) と比較用に高炉セメント B 種材 (BB) を用いた。また、固化材添加量と劣化速度の関係を明らかにするため、固化材添加量が 50 kg/m^3 、 200 kg/m^3 となるように配合した。表-2 に固化材の化学成分組成を示す。OS1, OS2 共に SO_3 の割合が BB と比較して高いことから、セメントをベースに硫酸カルシウム (CaSO_4) が混合されているものと考えられる。

供試体の作製は、固化材と試料土が均一に混合するために含水比を液性限界の 1.5 倍に調整したカオリン粘土

表-1 供試体の配合 (固化処理土 1 L 当たり)

試料土 (g)	水 (g)	固化材 (g)	
		50 kg/m^3	200 kg/m^3
687.4	728.7	50	200

表-2 固化材の化学成分組成 (単位: Wt %)

化学成分	BB	OS1	OS2
CaO	54.4	53.4	56.5
SiO ₂	21.1	19.0	17.9
SO ₃	3.29	9.28	8.37
Al ₂ O ₃	7.73	7.21	5.81
CO ₂	6.88	5.47	6.23
MgO	3.42	3.00	2.03
Fe ₂ O ₃	1.68	1.39	1.84
その他	1.50	1.78	1.32

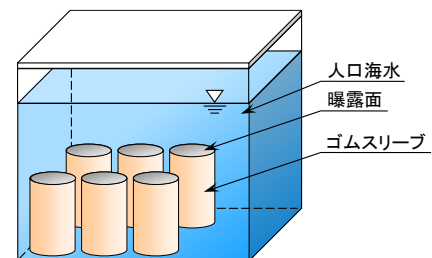


図-1 浸漬実験の概要図

に所定量の OS1, OS2, 及び BB をそれぞれ添加し、ミキサーで攪拌後、直径 50 mm、高さ 100 mm のモールドにタッピングによる脱気を行いながら充填した。その後フィルムを被せて温度 20°C、湿度 80% の条件下で 28 日間湿潤養生を行った。

養生後の供試体 3 本に対して、土の一軸圧縮試験 (JIS A 1216) を実施した。また、固化材の種類やその添加量が劣化速度に及ぼす影響について調べるために、人工海水を用いた浸漬実験を実施した (図-1)。浸漬実験では供試体の上面 (曝露面) のみが人工海水に接するようにゴムスリーブやフィルムで覆う加工を施した。浸漬開始から 4, 9, 16, 25, 36 日経過した供試体にコーン貫入試験を実施した。この際、直径 6.0 mm、先端角度 60° の小型コーンを速度 3 mm/min の速度で曝露面から貫入した。

3. 試験結果及び考察

図-3 に固化材添加量と一軸圧縮強さの関係を示す。BB, OS1, 及び OS2 を用いた供試体の一軸圧縮強さは、添加量 50 kg/m^3 配合において約 400 kPa、添加量 200 kg/m^3 配合においても約 1900 kPa と同等であった。これは、固化材の Ca 成分含有量が同等であったことに起因

するものと考えられる。

図-4 に添加量 50 kg/m³ 配合供試体のコーン貫入試験の結果を示す。浸漬 0 日の BB は、コーンの貫入直後から貫入抵抗値が緩やかに上昇し、貫入深さが 6 mm に達してから貫入抵抗が一定値を示した。その後、浸漬期間の経過に伴って貫入抵抗が上昇し一定値を示すまでの深度が大きくなることが確認された。即ち、浸漬期間の経過に伴って供試体の曝露面から劣化していることを示している。OS1, 及び OS2 を用いた供試体も同様に、浸漬期間の経過に伴い、貫入抵抗値が上昇するまでの深度が大きくなった。従って、有機質系固化材を用いた固化処理土も海水により力学的に劣化することが確認された。図-5 に添加量 200 kg/m³ 配合供試体のコーン貫入試験の結果を示す。添加量 50 kg/m³ 配合と比べ供試体の一軸圧縮強さが高いため貫入抵抗値は高いが、浸漬期間の経過に伴って劣化することが確認された。

図-6 に各固化材を用いて作製した供試体の劣化深度 d_n と浸漬期間の関係について示す。劣化深度は貫入抵抗が見られない範囲と急激に増加する範囲を直線で近似し、その 2 直線の交点を劣化深度と定義した¹⁾。添加量 50 kg/m³ 配合の劣化深さは、本実験で使用した固化材の全てにおいて浸漬期間の平方根に比例して拡大した。また、OS1, 及び OS2 の傾き (劣化速度) は BB と比べて若干小さいものの、劣化に対して抵抗性を有するとは言えない。一方、添加量 200 kg/m³ 配合についても、固化材の違いによる劣化速度の違いは確認できなかったが、固化材 (Ca 成分) 添加量の増大によって劣化の進行が遅くなった。

4. まとめ

本研究では、2 種類の有機質系固化材を使用した固化処理土の海水による劣化及び劣化速度について実験的に明らかにした。得られた知見を以下に示す。

- 1) カオリン粘土に BB, OS1, 及び OS2 をそれぞれ同量混合した固化処理土は同等の一軸圧縮強さを示した。
- 2) 有機質系固化材を用いた固化処理土は海水により力学的に劣化し、その劣化速度は、高炉セメントを用いた固化処理土と同等であった。
- 3) 固化材添加量を増大することによって劣化の進行が遅くなった。

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. 69, No. 4, pp. 469-479, 2013.
- 2) 建設省: 「セメント及びセメント系固化材を地盤改良への使用及

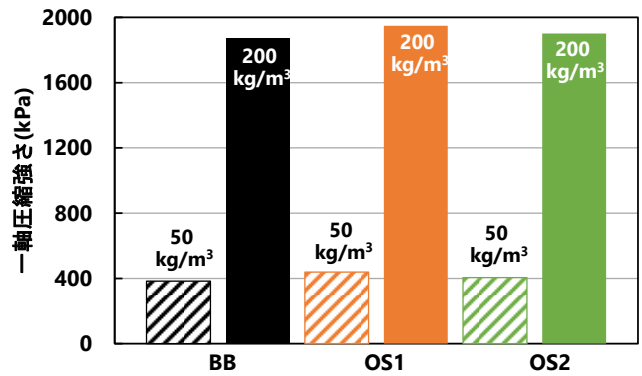


図-3 供試体の固化材添加量と一軸圧縮強さの関係

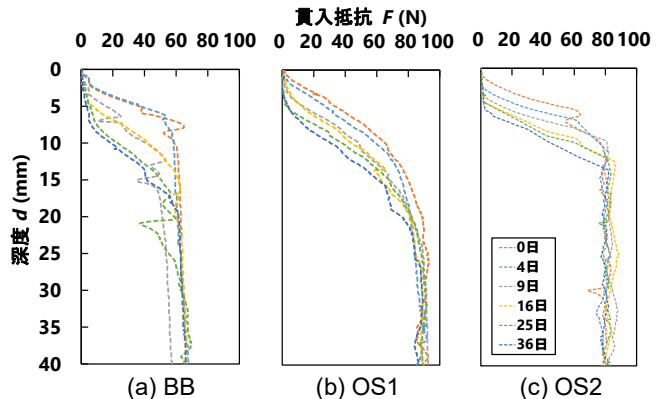


図-4 添加量 50 kg/m³ 供試体の浸漬期間と貫入抵抗の関係

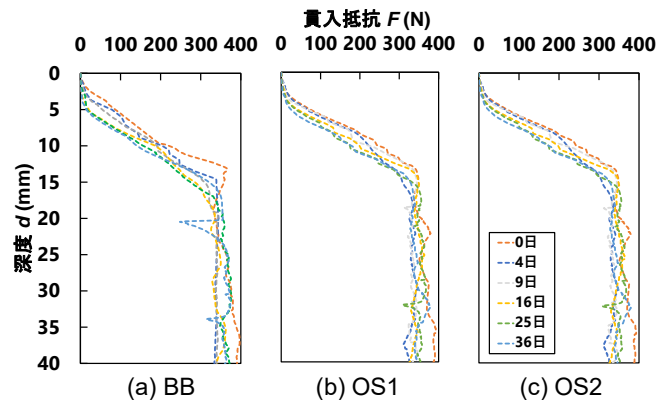


図-5 添加量 200 kg/m³ 供試体の浸漬期間と貫入抵抗の関係

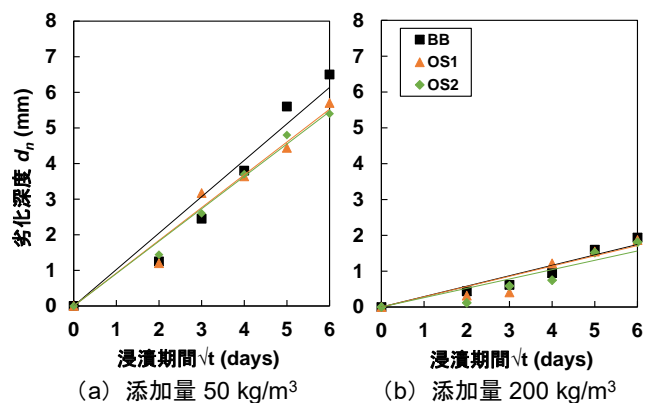


図-6 浸漬期間と劣化深度

- び改良土再利用に関する当面の措置について」の運用について, 2000. <https://www.mlit.go.jp/tec/kankyoku/kurom/pdf/2.pdf> (令和 5 年 1 月 1 日閲覧)
- 3) セメント協会: セメント系固化材販売実績, 2022. https://www.jcassoc.or.jp/cement/3pdf/jh6_0800.pdf (令和 5 年 1 月 1 日閲覧)