

傾斜荷重を受けるカルシア改質土盛土の安定性に関する遠心模型実験

九州工業大学 学生会員 ○沖恭裕 尾上聡 正会員 廣岡明彦
 北九州港湾・空港整備事務所 非会員 瀬賀康浩 西野智之 高嶋紀子
 (一財) 沿岸技術研究センター 正会員 春日井康夫 重村洋平
 (株) 日建設シビル 正会員 片桐雅明 南野佑

1. はじめに

近年、海上輸送の発達による輸入コスト削減のための船舶の大型化に伴う増深工事や、船舶の航行に必要な水深の維持により大量の浚渫土が発生し、受け入れ容量の拡大が課題となっている。また、海域事業においてもスラグや浚渫土砂等のリサイクル材を積極的に活用しようという循環型社会の流れがある。そこで、浚渫土とカルシア改質材（以下、改質材）を混合することで出来るカルシア改質土（以下、改質土）の研究¹⁾²⁾が進められている。



図1 浚渫土(左)と改質材(右)

そこで、本研究では、法面勾配 1 : 2 で作製した種々の混合率の改質土に対し、遠心場において降砂装置を用いた傾斜荷重載荷実験を行うことで、改質土盛土の安定性評価手法を検討する目的で改質土盛土のベーンせん断強度と破壊時上載荷重強度の関係及び破壊形状を把握することを目的とした。

2. 実験概要

2.1 実験試料

本実験において模型盛土作製に使用した浚渫土、カルシア改質材及び降砂試料としてジルコン砂を用いた。

表1 浚渫土・改質材の物理特性

試料名称	土粒子密度 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$	液性限界 $w_L(\%)$	塑性限界 $w_P(\%)$	塑性指数 $I_P(\%)$	地盤材料の 工学的分類
浚渫土	2.677	97.7	32	65.7	砂混じり粘土 (CH-S)
改質材	3.614	—	—	—	細粒分混じり 礫質砂 (SG-F)

表3 ジルコン砂の物理特性

土粒子密度 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$	最大乾燥密度 ρ	最大乾燥密度 $\rho_{dmin}(\text{g/cm}^3)$
4.63	3.16	2.69

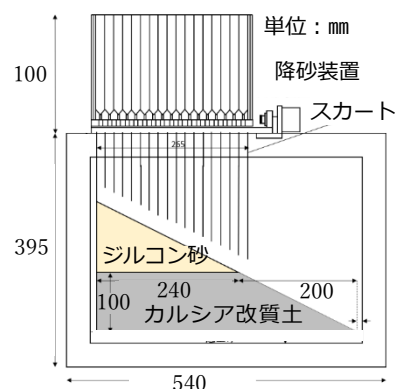


図2 実験システム図

2.2 室内配合試験

室内配合試験は、遠心模型実験に用いる強度となる配合を求めることを目的とした。練り混ぜ完了時を基準として、ベーンせん断試験（材令：3、6、24、48 時間）、一軸圧縮試験（材令：1、2、3 日）を実施した。

2.4 遠心模型実験

本研究では、浚渫土の初期含水比を 200%とし、混合率を変えて室内配合試験を計 4 ケース、遠心模型実験を計 3 ケースで実験を行った。実験条件を表 3,4 に示す。図 2 に実験システム図を示す。①実験土槽内に模型盛土を作製した。②遠心模型実験装置内に土槽を設置し、24 時間後に 40G で遠心模型実験を行った。③40G に達した後、降砂装置から模型天端にジルコン砂を 2cm ずつ降砂した。④盛土の変形挙動を確認するため、盛土側面に乾麺、天端及び法面にターゲットを設置し、実験前後の鉛直・水平変位を確認した。⑤載荷前後で別途作成した供試体及び実験終了後の模型盛土でベーンせん断試験、ベーンせん断強度測定後の

表3 室内配合試験条件

浚渫土含水比 (%)	改質材混合率 (%)	カルシア改質土 含水比(%)
200	25	55
	20	65
	15	75
	10	95

表4 遠心模型実験条件

遠心加速度 (G)	浚渫土含水比 (%)	改質材混合率 (%)	カルシア改質土 含水比(%)
40	200	11.5	90
		10	95
		9	98

模型盛土から採取した試料で含水比の測定を行った。

3. 実験結果及び考察

3.1 室内配合試験

図3にベーンせん断試験結果、一軸圧縮試験の結果を示す。各試験結果から、改質土の練り混ぜ完了からの経過時間とともに強度が増加することが確認できる。また、改質材混合率が低くなるほど強度増加割合が小さくなることを確認できるがこれは時間経過とともに水和反応が起こらなくなり強度発現がゆるやかになるためであると考えられる。

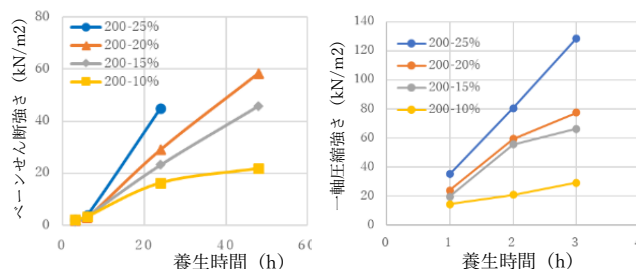


図3 室内配合試験結果

3.3 遠心模型実験

9.0%は4cm、10%は6cmのジルコン砂を降砂したときに盛土上端から円弧状のすべりが生じた。11.5%はすべてのジルコン砂を降砂させたが天端中央が沈下するもののすべり破壊には至らず、60Gまで上昇させたが崩壊には至らなかったため実験を終了した。(図4, 5, 6参照)実験後、模型盛土のベーンせん断強度は24h強度である16.3kN/m²の2倍以上の36.9kN/m²であった。これは降砂によって圧密されたためであると考えられる。



図4 実験後正面写真(9.0%)



図5 実験後正面写真(10%)



図6 実験後正面写真(11.5%)

図7に各ケースの実験終了時の天端中央の上載圧と24hのベーンせん断強度の関係を示す。9.0%、10%の上載荷重とベーンせん断強度の関係から外挿される関係より11.5%のベーンせん断強度が大きかったため破壊に至らなかったと推測できる。

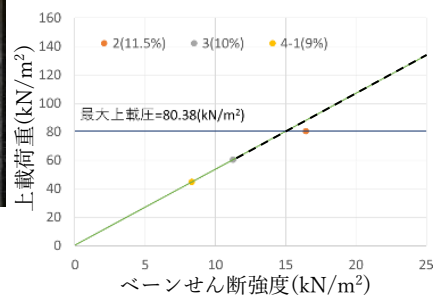


図7 上載荷重と

ベーンせん断強度の関係

3.4 破壊時の上載荷重強度とせん断強度の関係

図7に各ケースの実験終了時の天端中央の上載圧と24hのベーンせん断強度の関係を示す。9.0%、10%の上載荷重とベーンせん断強度の関係から外挿される関係より11.5%のベーンせん断強度が大きかったため破壊に至らなかったと推測できる。

3.5 修正フェレニウス法を用いた円弧すべり解析

本節では実験で得られた模型への荷重や物性値を用いて円弧すべり解析を行い、実験結果の模型変形挙動と比較し検討する。上段が、盛土荷重がない時の臨界円の安全率であり、中段が、盛土荷重があった場合の臨界円と安全率である。9.0%、10%ともに解析結果と比較して盛土上端法面側に浅いどちらかという盛土荷重のない時の円弧に近い滑りが発生している。

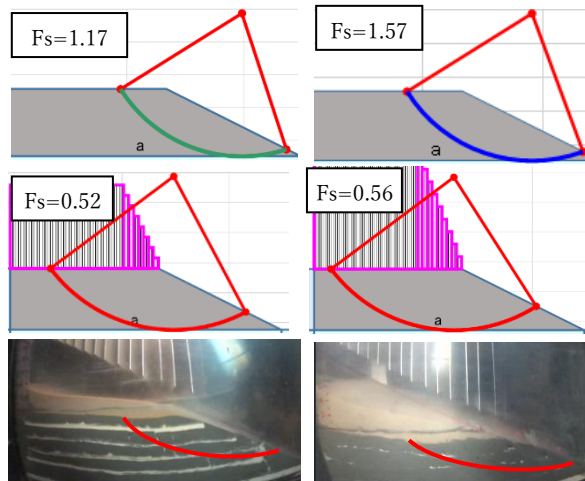


図8 円弧すべり解析と実験結果

(左: 9.0% 右: 10%)

4. まとめ

- ・各種室内配合試験の結果から、改質度の材料特性及び強度特性について把握できた。
- ・混合率の異なる改質土盛土に対する遠心場での降砂実験を行い、降砂载荷における盛土の変形形状を確認できた。

5. 参考文献

- 1) 副島ら：カルシア改質土で構築した土構造物の破壊メカニズムに関する遠心模型実験，九州工業大学，2019年
- 2) 副島ら：カルシア改質土で作製した水平地盤の支持力特性に関する遠心模型実験，九州工業大学，2020年