

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

九州工業大学大学院 学生会員 ○副島真一 高瀬麟太郎 正会員 廣岡明彦 永瀬英生
 北九州港湾・空港整備事務所 非会員 瀬賀康浩 南正治 末次広児 高嶋紀子
 (一財) 沿岸技術研究センター 正会員 春日井康夫 渡部耕平
 (株) 日建設計シビル 正会員 片桐雅明 南野佑貴

1. はじめに

近年、船舶の大型化や航路の水深維持に伴う浚渫工事により発生する大量の浚渫土の処理が問題となっている。その対策の一つとして、浚渫土の活用技術として転炉系製鋼スラグを成分管理・粒度調整したカルシア改質材を混合したカルシア改質土の研究が進められている¹⁾。昨年度の研究²⁾では、遠心加速度を増加させて盛土を崩壊させる遠心模型実験を行った結果、崩壊形状は円弧すべりにより表現できること、改質土の強度と盛土高さの関係はテイラーの安定図表により安定度の評価が可能であることが確認された。しかし、遠心加速度を増加させる手法は、盛土に対しての新たな載荷(覆土)ではなく、所定の厚さを有する盛土が安定するかどうかを調べたものである。そこで、本研究では、盛土を盛り立てていく際の安定性を検討する前に、改質土で構築した地盤における物性及び強度特性、支持力特性を把握するため、水平地盤における遠心模型実験を行う。

2. 実験方法

図-1 に実験システム図を示す。実験土槽内に改質土を用いた模型地盤を構築し、遠心模型実験装置内に土槽を設置した。練混ぜ完了から 24 時間放置した後、遠心加速度場 20G にて運転中に、載荷装置により 3mm/分 で鉛直方向に載荷し、その反力と載荷板の変位の関係から支持力を求めた。模型地盤の寸法は、全長 450mm、高さ 150mm、幅 150mm とし、実規模の寸法では高さ 3.0m に相当する。載荷部分には、幅 5.0cm、奥行き 15.0cm の載荷板を用いた。また、載荷は模型の中央部分で行い、ロードセルにより載荷荷重[kgf]、LVDT により載荷板の沈下量[mm]を測定した。また、地盤の変形挙動を確認するために、実験土槽前面ガラス側に乾麺を埋設し、模型地盤の上面にターゲット(まち針)を設置した。初期含水比、実験直前含水比、実験終了後の含水比を測定し、実験前後における排水(脱水)状態を確認した。実験終了後の含水比に関しては、天端からそれぞれガラス面側、中央、奥側の 3 点から採取し、採取した試料から鉛直方向に 5 等分し、計 15 点採取した。

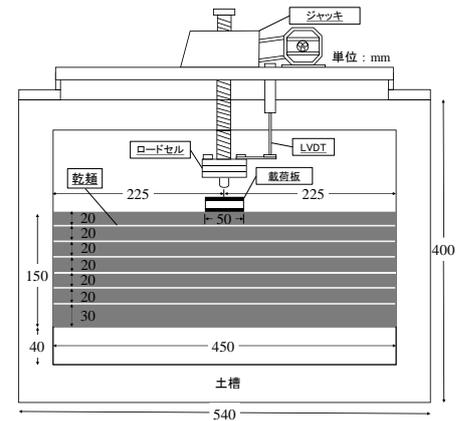


図-1 実験システム図

改質土は、人工海水を用いて加水調整し、初期含水比 200%としたスラリー状の浚渫土に、所定量の改質材を投入し、ミキサーで 2 分間、底部に堆積した改質材を混ぜ返した後、再び 3 分間、合計 5 分間攪拌することで作製した。また、その作製量は、模型のみならず、各種のせん断試験を様々なタイミングで実施できるように十分な量を確保した。模型地盤の作製方法は、一層目は 30mm、二層目以降は 20mm ずつ所定量の改質土を流し込み、各層ごとに密度調整を行う。これを既定の高さになるまで繰り返すことで作製した。

3. 実験結果及び考察

実験ケース及び実験時のベーンせん断強度を表-1 に示す。浚渫土の初期含水比は 200%とし、改質材の混合率を変えて合計 3 ケースで実験を行った。実験時のベーンせん断強度は改質材の混合率が高いほど大きくなる事が確認できる。

ケース 1 の実験後の写真を図-2 に示す。模型地盤の変形挙動について、載荷荷重の増加によって、載荷板直下の地盤は下方へ変形

表-1 実験ケース及びせん断強度

ケース	浚渫土 初期含水比	改質材混合率	24h後ベーン せん断強度
	(%)	(%)	(kN/m ²)
1	200	25	33.22
2		20	28.65
3		15	19.89

するのに伴い、周辺地盤は外側へ押し出されていた。また、荷重部分以外の地盤表面が徐々に盛り上がる様子が確認され、最大で 5mm 程度の隆起が観察された (①)。更に荷重板直下の地盤内に底面に向かって放射状に複数のクラックが確認された。特に底面付近のクラックの一部は大きく成長していた (②)。また、深さ 5cm 周辺から地表面両端にかけて直線的にクラックが確認された (③)。地表面にも複数のクラックが発生しており、これは、荷重部分付近の地盤では、荷重部分の沈下及び周辺地盤の盛り上がりに伴うものだと考えられる。

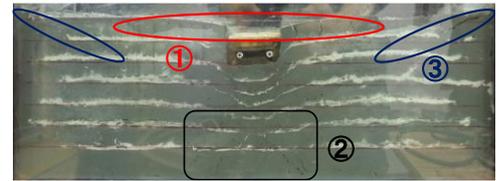


図-2 実験後の正面写真(ケース 1)



図-3 実験後の上面写真

また、全てのケースにおいて、荷重開始直後から、模型地盤の表面に水が染み出るように排水(脱水)されているのが確認された。荷重の進行に伴い、地表面での排水は継続的に観察され、実験終了時には荷重により押し込まれた部分に水が溜まるような状況となっていた (図-3)。これは、荷重板直下の改質土が圧縮され、間隙水が地盤上部に押し出されたためだと考えられる。

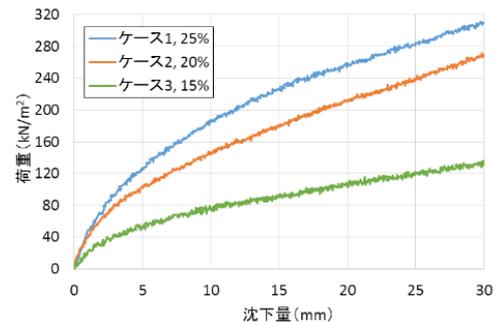


図-4 荷重と沈下量の関係

図-4 に各ケースの荷重荷重と沈下量の関係を示す。全てのケースで、初期接線勾配は大きいですが、荷重荷重が大きくなると、徐々に屈曲する。屈曲点以降は一定の勾配になり、変位の増加に伴って荷重が漸増していくことがわかる。荷重沈下曲線の勾配は、荷重の増加に伴い減少するものの、支持力を明確につかむのが困難である局所せん断破壊に近い挙動を示すと言える。また、ケース 1 とケース 2 における屈曲点以降の勾配はほぼ一致しており、ケース 3 のみ比較的緩い勾配となっている。これは、ケース 3 のみ、せん断強度が著しく小さいことに起因していると推察される。

表-2 支持力の実験値及び計算値

	実験値①	実験値②	計算値
	kN/m ²		
F-1	175	127	129
F-2	120	105	102
F-3	60	52	77

支持力の算出について、以下の 2 つの手法により検討する。①荷重—沈下関係の荷重初期の接線と、荷重後半において勾配が直線となる部分の交わる点を変曲点として支持力とする手法。②荷重幅の 10% である、沈下量 5mm における荷重を支持力とする手法。これらの手法により算出した支持力値及び、局所せん断破壊であることを考慮して、以下の式より求めた支持力値を表-2 に示す。

$$q'_d = \alpha \cdot \left(\frac{2}{3}\right) \cdot c \cdot N'_c \quad (\alpha = 1.1, c : \text{実験時のベーンせん断強度}[\text{kN/m}^2], N'_c : 5.3)$$

①で算出した場合は、全てのケースにおいて、支持力の実験値と計算値に大きく差が出でおり、相関性は見られなかった。一方、②による算出方法では、ケース 3 が計算値に比べて小さく出ているが、このケースのみせん断強度が著しく小さかったことを考慮すると、妥当な結果であり、②の算出方法を用いると、実験値と計算値がほぼ一致する。

4. まとめ

改質土で作製した地盤に対する遠心場での荷重実験を行った結果、荷重時の地盤の変形形状と荷重—沈下曲線から局所せん断破壊であることを確認し、水平地盤における支持力特性について把握することができた。

参考文献

- 1) カルシア改質土の基本特性；山越ら，新日鉄住金技報第 399 号(p.51~58), 2014 年
- 2) カルシア改質土を用いた土構造物の変形挙動及び安定性評価に関する遠心模型実験；副島ら，第 54 回地盤工学研究発表会, 2019 年 7 月