

カルシア改質土地盤の強度推定方法を検討するための遠心模型実験

九州工業大学 学生会員 ○尾上 聡史 秋山 柊 下村 龍之介 戸田 陽斗
九州工業大学 正会員 廣岡 明彦 川尻 峻三

1. はじめに

近年、航路や泊地の増深のため大量の浚渫土が生じており、受け入れ容量の拡大が社会的課題となっている。また、鋼の生産過程で産出される転炉系製鋼スラグは副産物への転換が期待されており、この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（以下、改質材）と浚渫土を混合したカルシア改質土（以下、改質土）の活用のための研究が進められている。本研究は海中に作製した改質土地盤上に重量の異なる重錘を複数設置し、沈下量を測定することで地盤の強度が推定可能であるか確認することを目的とする。遠心場にて遠心加速度を段階的に上昇させることで重錘による載荷圧を変化させる重錘沈下実験を行い、載荷圧と沈下量の関係を得る。また、その妥当性を確認するため 20G の遠心場でジャッキを用いた支持力実験を行った。

2. 実験概要

各実験の実験条件を表 1 に示す。両実験とも実験土槽（内寸：幅 450mm×高さ 350mm×奥行 145mm）に改質土地盤（幅 450mm×高さ 150mm×奥行 145mm）を作製し、遠心模型実験装置内で 200-17、200-14、200-10 の 3 ケースは 24 時間、150-12.5、150-10、200-7.5(9) の 3 ケースは 48 時間養生後実験を開始した。ここで改質材混合率とは混合後の改質土の体積に対する混合した改質材の体積の割合のことである。改質土の強度はベーンせん断試験で測定した。

図 1 に重錘沈下実験のシステム図を示す。重錘は直径 50mm、高さ 70mm、質量はそれぞれ 756.9g（青）、493.8g（赤）とし、実験開始直前に模型地盤上へ設置した。実験開始後、2G または 5G ずつ 1 分間隔で所定の遠心加速度まで上昇させ、重錘直径の 30%が沈下した時点で終了した。重錘の沈下量は実験土槽に設置したレーザー変位計を用いて測定した。遠心加速度を上昇させることで載荷圧を段階的に変化させ、様々な載荷圧の重錘を再現する。実験終了後、重錘の載荷圧と沈下量の関係を調べる。

図 2 に支持力実験のシステム図を示す。フーチングは直径 50mm、高さ 37mm、質量 97.4g とし、実験開始直前に模型地盤上へ設置した。載荷圧はジャッキで制御し、載荷圧とフーチングの沈下量の関係を調べた。実験開始後、遠心加速度を 5G ずつ 1 分間隔で 20G まで上昇させ、20G 到達後、ジャッキを始動した。実験はフーチング高さの 50%が沈下した時点で終了した。載荷圧はロードセルで、フーチングの沈下量は LVDT で測定した。実験終了後、ジャッキの押し込みによる沈下量の増加とそれに伴う載荷圧の変化の関係を調べ、支持力値を求める。

3. 実験結果

表 1 に重錘沈下実験と支持力実験の実験条件を示す。想定強度を満足する配合条件決定のために実施した事前の配合試験より、各ケースの浚渫土含水比及び改質材混合率を決定した。ベーンせん断強度は土槽内の改質土地盤とは別の容器から実験直前に測定した値である。多くのケースで想定よりも強度が発現しなかったが、これは養生時の温度が低かったことが主な原因と考えられる。

表 1 両実験の実験条件

ケース	浚渫土含水比 (%)	改質材混合率 (%)	想定ベーンせん断強度 (kPa)	ベーンせん断強度 (kPa)	
				重錘沈下	支持力
200-17	200	17	25	19.8	20.6
200-14		14	17	3.5	13.6
200-10		10	10	4.9	3.5
150-12.5	150	12.5	15	19.7	13.2
150-10		10	10	10.9	9.8
200-7.5 (200-9)	200	7.5 (9)	5	4.4	(4.6)

キーワード 改質土 護岸 遠心力模型実験
連絡先 TEL 090-4892-7407

図 3 に両実験の載荷圧-沈下量曲線を無次元化したグラフを示す。載荷圧は実験前ベーンせん断強度で除し (p/τ)、沈下量は重錘またはフーチングの直径で除す (S/B) ことで無次元化した。ここで、想定強度よりかなり小さな強度がとなった地盤を対象に行った 200-14 の重錘沈下実験と 200-10 の支持力実験は他のケースとは異なるグラフ形状を示していたため除外した。図より、重錘沈下実験の無次元化グラフと支持力実験の無次元化グラフの形状がおおむね一致していることが確認できる。これより、支持力実験の載荷圧-沈下量曲線から改質土地盤の支持力値を求める方法と同様の方法を用いて重錘沈下実験の改質土地盤の支持力値が推定可能であると考えられる。

図 4 に重錘沈下実験の載荷圧- S/B 曲線を示す。各ケースで 2 つの方法から支持力値を求め、計算値との比較を行う。「載荷圧- S/B 曲線において沈下の増加が大きくなり沈下が直線的に増加し始める荷重 (黄色の点)」を手法 A、「沈下量が直径の 10%における荷重 (深緑の点)」を手法 B とする。また、地盤の破壊形状を局所せん断破壊とみなし、下記の式(1)より支持力値を算出する。

$$q_u = \alpha \cdot \left(\frac{2}{3}\right) \cdot \tau_v \cdot Nc(\tau_v : \text{ベーン強度}, \alpha = 1.3, Nc = 5.14) \cdots \text{式}(1)$$

表 2 に各ケースの手法 A, B 及び計算より求めた支持力値と各手法の計算値との差を示す。手法 A, B より求めた支持力値に大きな差はなかったが手法 A より求めた値のほうが計算値との差が小さかった。

図 5 に手法 A, B 及び計算より求めた支持力値と実験前ベーンせん断強度の関係を示す。両手法とも点が直線状に分布していることが確認できる。近似直線は手法 A, B とも似た形状となったが、手法 B の近似式のほうが計算値と近い値が得られた。

実験から求めた支持力値と計算値の比較では手法 A、支持力値と実験前ベーンせん断強度の関係より得られる近似直線の式では手法 B のほうが計算値に近い値となり、どちらの手法を用いても支持力値が求められることが示唆される。しかし、手法 A は支持力値を求める際、載荷圧- S/B 曲線の直線部をどこまでとみなすかの判断に個人差が生じるため、支持力値決定の定義が明確な手法 B が支持力値の推定方法として適切であると考ええる。手法 B から得られた支持力値と実験前ベーンせん断強度の間には $\tau=0.22q$ の関係があることが分かった。これより、重量が既知である円柱状の重錘を改質土地盤上に複数設置し、沈下量が直径の 10%となる重錘による載荷圧を支持力値と定め、0.22 で除すことでカルシア改質土の原位置地盤強度が推定可能であると考えられる。

4. まとめ

- ・ 支持力実験と重錘沈下実験の結果から得られる載荷圧-沈下量曲線の無次元化グラフは類似した形状となる
- ・ 重錘沈下実験の結果より沈下量が直径の 10%となる載荷圧を地盤の支持力値として、ベーンせん断強度をある程度の精度で推定できる
- ・ 改質土地盤の原位置強度を推定する方法として、地盤上に重錘を複数設置し沈下量を測定することから推定する方法を提案する

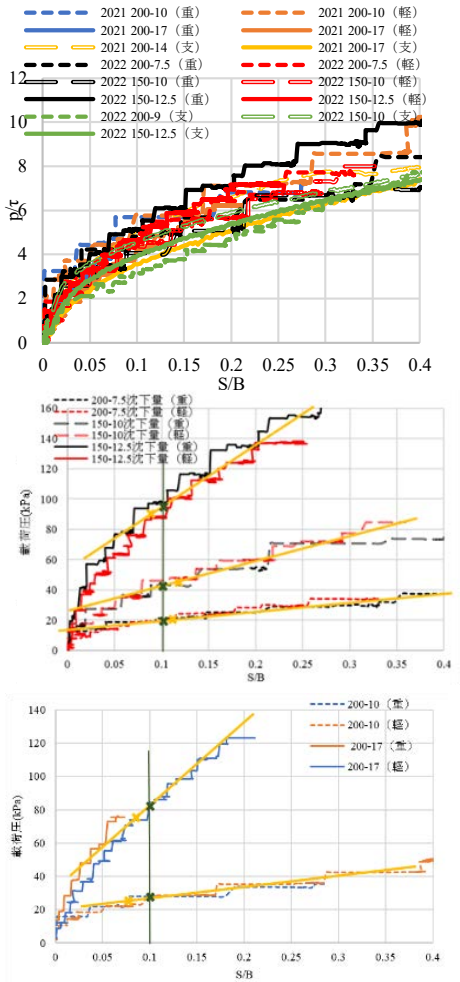


図 4 載荷圧- S/B 曲線

表 2 支持力値と計算値

ケース	せん断強度 (kPa)	支持力 (kPa)			計算値との差 (%)	
		A	B	計算値	A	B
200-17	19.8	77	82	88.2	-12.7	-7.0
200-10	4.9	24	26	21.8	10.1	19.3
150-12.5	19.7	90	95	87.8	2.5	8.2
150-10	10.9	47	45	48.6	-3.3	-7.4
200-7.5	4.4	21	20	20	5.0	0.0

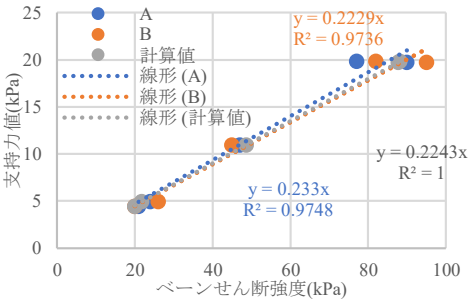


図 5 支持力値とベーンせん断強度