

重錘を用いたカルシア改質土地盤強度測定方法の妥当性を評価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 戸田陽斗
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としての利活用が期待されている。そこで、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）の研究が進められている。本研究は改質土で作製した地盤の強度を簡易に測定する方法を検討・提案することを目的とし、遠心場にて異なる載荷圧の重錘を沈下させる実験を行うことで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、遠心場にてジャッキを用いた支持力実験を行った。

2. 実験概要

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 48 時間養生後実験を開始した。改質土に使用する浚渫土の含水比を 200-7.5 は 200%、150-10、150-12.5 は 150%に調整し、改質材混合率はそれぞれ 7.5%、10%、12.5%とした（表 1）。ここで改質材混合率とは練り混ぜ後の改質土の体積に対する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。

2.1. 重錘沈下実験の概要

図 1 に重錘沈下実験の実験システム図を示す。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に設置した。実験では加速度上昇に伴う重錘の載荷圧と沈下量の関係を調べた。遠心模型実験装置稼働後、加速度を所定の数値まで上昇させ 1 分間維持し、その後、1 分間隔で加速度を上昇させた。実験は重錘直径の 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固定したレーザー変位計を用いて測定した。

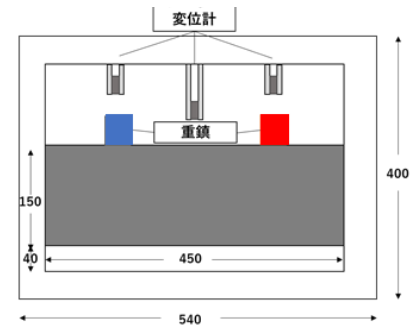


図 1 重錘沈下実験システム図

2.2. 支持力実験の概要

図 2 に支持力実験の実験システム図を示す。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、加速度を 5G まで上昇させ 1 分間維持し、その後、1 分間隔で 5G ずつ 20G まで上昇させ、20G 到達後、ジャッキによる載荷を開始した。実験終了はフーチングの高さである 37mm 沈下した時点とした。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、支持力を求めた。

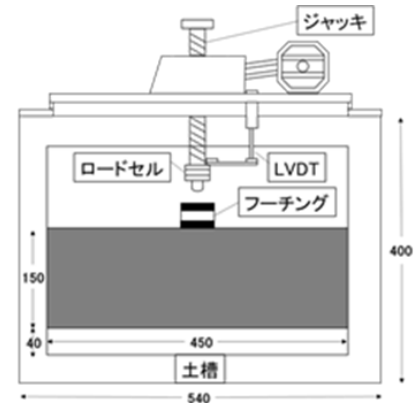


図 2 支持力実験システム図

3. 実験結果

ベーンせん断強度が 10kPa、15kPa の改質土を作ることを想定した浚渫土含水比 150%、改質材混合率 10%、12.5%の改質土に加え、軟弱な改質土でも実験を行うため浚渫土含水比 200%、改質材混合率 7.5%の改質土でも実験を行った。表 1 に重錘沈下実験と支持力実験の実験条件を示す。ここでベーンせん断強度は実験前に土槽とは別の容器から得た値を使用している。

表 1 各実験の実験条件

| 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 |
| 200-7.5 | 200 | 7.5 | 5 | 4.4 | 3.1 |
| 150-10 | 150 | 10 | 10 | 10.6 | 9.9 |
| 150-12.5 | | 12.5 | 15 | 19.1 | 13.6 |

3.1. 重錘沈下実験

200-7.5 では、加速度をはじめに 4G まで上昇させ、その後は 2G ずつ 14G まで加速度を上昇させていった。150-10、150-12.5 では加速度をはじめに 5G まで上昇させ、150-10 は 35G まで、150-12.5 は 55G まで上昇させた。

図 3 に各実験ケースの応力-沈下量曲線が無次元化したグラフの比較を示す。なお、応力は実験前に別容器で測定したベーンせん断強度で、沈下量は直径で除すことで無次元化した。以下、応力/ベーンせん断強度を p/t 、沈下量/直径を S/B とする。それぞれのケースのグラフを比較すると、全てのケースにおいて黒（重）と赤（軽）のグラフが同じような形状となっていることが見て取れる。これより、同一地盤においては重錘の重量に関わらず、沈下量を測定することでベーンせん断強度の値を推定することが可能であると考えられる。また、全てのケースにおいてグラフ形状が類似しており、特に $S/B=0.15$ 程度までは同様の形状となっていることがわかる。これより地盤の強度にかかわらず、重錘の重量が既知であれば沈下量を測定することで

地盤の支持力を推定することが可能であると考えられる。

3.2. 支持力実験

遠心実験装置稼働後、1分間隔で5Gずつ20Gまで上昇させた。20G到達の3分後、ジャッキを作動させ载荷を開始した。図4に応力-沈下量曲線が無次元化したグラフの比較を示す。無次元化の方法は重錘沈下実験と同じである。200-7.5は強度の増加が他のケースと比べて小さかったため除外して考えた。図より、同様のグラフ形状となることが確認できる。

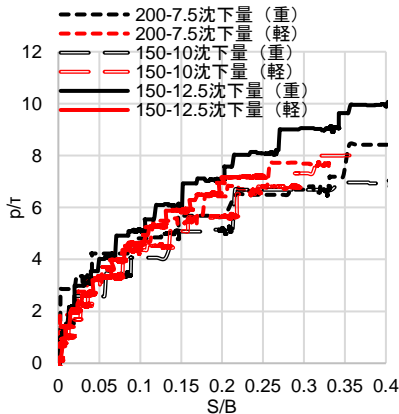


図3 重錘沈下実験無次元化比較

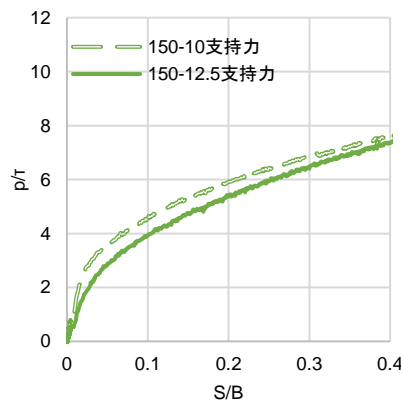


図4 支持力実験無次元化比較

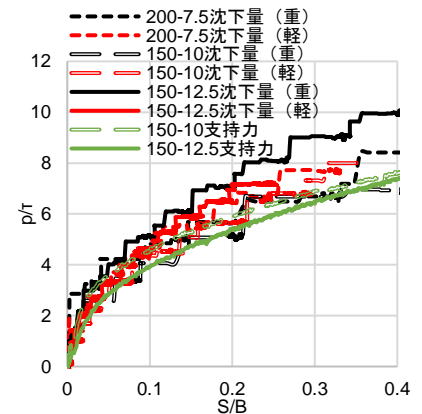


図5 重錘沈下と支持力の比較

3.3. 支持力の決定

図5に重錘沈下実験と支持力実験の無次元化グラフの比較を示す。重錘沈下実験のグラフと支持力実験のグラフが類似した挙動を示している。特にS/Bが0.1程度までは同様のグラフ形状となることが確認できる。これより、改質土地盤に対し、重錘の質量を変化させた沈下実験を行い、沈下量が直径の0.1程度までの载荷圧となる重錘の重さを支持力とすることで地盤の強度が測定可能であると考えられる。

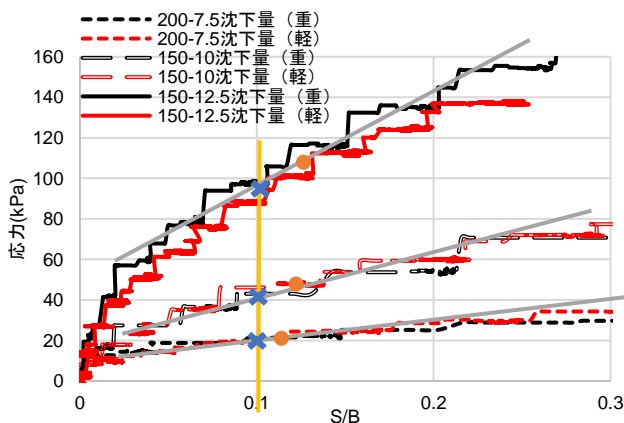
続いて支持力について検討する。各载荷実験より2つの方法から支持力値を求め、計算値との比較を行う。「荷重—沈下曲線において沈下の増加が大きくなり沈下が直線的に増加し始める荷重(手法A)」、「沈下量が直径の10%における荷重(手法B)」(図6参照)。支持力値は下に示す式より算出する。

$$qu = \alpha \cdot \left(\frac{2}{3}\right) \cdot \tau_v \cdot Nc \quad (\tau_v : \text{ベーンせん断強度}, \alpha = 1.3, Nc = 5.14) \dots (式1)$$

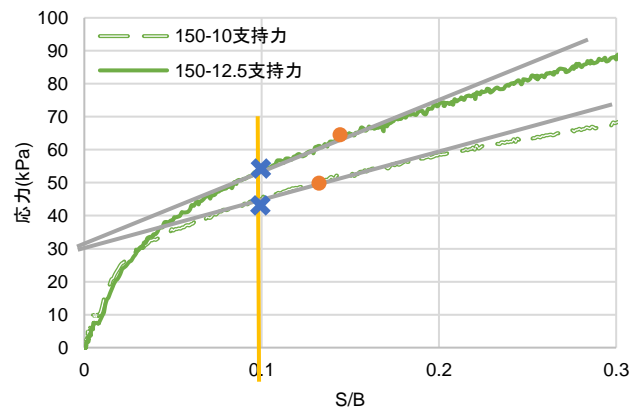
各ケースの手法A, B及び計算より求めた支持力を表2に示す。本研究では手法A, Bの結果に大きな差はなかったが、手法Bのほうがより計算結果と近い値が得られた。

表2 支持力値の検討

| ケース | | せん断強度 (kPa) | 支持力(kPa) | | |
|------|----------|-------------|----------|------|------|
| | | | A | B | 計算値 |
| 重錘沈下 | 200-7.5 | 4.4 | 20.5 | 20.5 | 19.8 |
| | 150-10 | 10.6 | 45 | 43 | 47.1 |
| | 150-12.5 | 19.1 | 118 | 87 | 85.1 |
| 支持力 | 150-10 | 9.9 | 49 | 45 | 43.7 |
| | 150-12.5 | 13.6 | 63 | 54 | 60.3 |



(a)重錘沈下実験



(b)支持力実験

図6 応力-S/B曲線

4. まとめ

- ・ 重錘沈下実験より、地盤強度に関わらず重錘の重量が既知であれば沈下量を測定することで改質土地盤の強度を推定することが可能であると考えられる
- ・ 重錘沈下実験と支持力実験の比較より、両実験の無次元化グラフが概ね一致することが確認できた
- ・ 沈下量が直径の10%となる重錘による载荷圧を支持力とすると計算値と近い値が得られる