

高压喷射攪拌式の地盤改良による杭基礎の補強技術に関する研究開発 (その6：寸法効果が地盤改良体の一軸圧縮強さに与える影響)

一軸圧縮強さ 地盤改良 寸法効果

ベターリビング 正会員 ○山田宗範
ケミカルグラウト 正会員 田中博之
ケミカルグラウト 国際会員 島村 淳
ケミカルグラウト 国際会員 鎌田敏幸
ベターリビング 国際会員 二木幹夫
ベターリビング 正会員 久世直哉

1. はじめに

本研究開発は、高压喷射攪拌式の地盤改良による杭基礎の補強技術に関して、補強効果を評価・再現できる解析モデル（三次元有限要素法のモデル化）の構築を目標に掲げている。モデル化は、模型規模および実大規模の杭の水平載荷試験を実施し、模型規模の解析モデルを作成した後、模型規模の解析モデルから実大規模の解析モデルに置き換える計画である。模型規模から実大規模にモデルを置き換えるにあたり、地盤改良体の強度定数は寸法効果を考慮した値を設定する。寸法効果に関する既往の知見¹⁾では、試験体中に存在する欠陥の分布状態、大きさ、量などのランダム性に起因する確率論的な考察が行われている。地盤改良体における寸法効果についての報告²⁾もある一方で、一軸圧縮強さが高いケースなどの知見は少ない。本稿は、模型規模および実大規模で実施する水平載荷試験の要素実験の位置付けとして、対象土質を砂とした一軸圧縮強さが 6,000kN/m² 程度の地盤改良体を作製し、試験体寸法が一軸圧縮強さに与える影響を確認した。

表 1 地盤改良体の配合

| 単位容積あたりの 固化材質量 (kg/m ³) | 練上がり量 (L) | 計量値 (kg) | | | |
|-------------------------------------------|--------------|-------------|------------|-------|-------|
| | | 蛙目粘土 | 東北珪砂 6号 | 水 | 固化材 |
| 231 | 600 | 133.5 | 536.0 | 138.5 | 270.5 |

2. 実験概要

地盤改良体の配合を表 1、試験体の一覧を表 2 に示す。

実験のパラメータは、試験体の直径とし、4水準（直径が 600mm、125mm、100mm および 50mm）とした。試験体の高さは、直径の 2 倍とした。地盤改良体の練り混ぜは、2 軸強制式のミキサーにより 6 回行い、各回に練り混ぜた試料から作製した試験体の数量は表 2 に示す通りである。試験体の養生条件は、温度と湿度は試験棟内環境とし、試験材齢まで全試験体を同じ試験棟内で養生した。加力装置は、油圧ジャッキ（φ 600mm）、アムスラー型圧縮試験機（φ 125mm および φ 100mm）、電動式一軸圧縮試験機（φ 50mm）を用いた。加力は、変位制御とし、ひずみ速度は試験体の高さに対して毎分 0.1% 以下の圧縮ひずみが生じる速度とした。

表 2 試験体一覧

| 試料 番号 | 試験体数 | | | | 試験材齢 (日) |
|----------|---------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------|
| | φ 600mm ×H1200mm | φ 125mm ×H250mm | φ 100mm ×H200mm | φ 50mm ×H100mm | |
| 1 | 1 | 2 | 3 | 6 | 41 |
| 2 | 1 | 3 | 3 | 6 | 40 |
| 3 | 1 | 3 | 3 | 6 | 40 |
| 4 | 1 | 3 | 3 | 6 | 41 |
| 5 | 1 | 3 | 3 | 6 | 41 |
| 6 | 1 | 3 | 3 | 6 | 40 |

3. 試験結果

一軸圧縮強試験の結果一覧を表 3 に示す。表中の赤字は、直径が 50mm の試験体の一軸圧縮強さの平均値で各試験体の一軸圧縮強さの平均値を除ることにより算出した強度比（以下、「φ 50 に対する強度比」）を示す。また、試験体の直径と一軸圧縮強さの関係を図 1 に示す。φ 50 に対する強度比は、直径が大きいき小くなる傾向であり、直径が 600mm の試験体は 0.82 であった。既往研究²⁾における、実大コラム（直径が 600mm から 1000mm 程度）とコア供試体（直径が 67mm 程度）で比較した対象土質が砂のケースと同様の結果となった。既往研究²⁾における一軸圧縮強さの範囲が 2,500kN/m² から 4,500kN/m² 程度であるのに対し、今回の試験結果は 6,000kN/m² から 8,000 kN/m² 程度であり、一軸圧縮強さが比較的高い領域においても同様の寸法効果の傾向が現れることを確認した。また、一軸圧縮強さのばらつき

Research on pile foundation reinforcement technique
by jet grouting
Part6: Scale effect of unconfined compression

YAMADA Munenori, FUTAKI Mikio,
KUZE Naoya (Center for Better Living)
TANAKA Hiroyuki, SHIMAMURA Atsushi,
KAMATA Toshiyuki (Chemical Grouting Co., Ltd.)

は、直径が大きい方が小さくなる傾向を示した。全試験体における一軸圧縮強さの最大値および最小値は、いずれも直径が 50mm の試験体であった。

試料番号 5 の圧縮応力と圧縮ひずみの関係を図 2 に示す。図中の曲線は、初期勾配により補正した修正原点を用いて整理したものである。直径が 600mm の試験体が最大圧縮応力を示したときの圧縮ひずみ（以下、「破壊ひずみ」）は、0.3%程度であった。また、圧縮応力が 5,000kN/m² を超えたところに変曲点を確認でき、最大圧縮応力に到達した後、試験荷重は一瞬でほぼゼロまで低下し、試験体は脆性的に破壊した。一方、直径が 50mm の試験体の破壊ひずみは、0.5%から 0.8%の範囲でばらついており、最大圧縮応力に到達した後、試験荷重はひずみの進展に伴い緩やかに低下した。直径が 600mm の試験体と直径が 50mm の試験体の試験後の破壊状況を写真 1 に示す。直径が 600mm の試験体は局所に破壊が集中しており、試験体の損傷は激しかった。一方、直径が 50mm の試験体は局所的な破壊は確認されず、試験体はクラックが生じていたが損傷の程度は小さかった。

以上のような、寸法ごとの破壊ひずみと破壊性状の違いが、試験体中に存在する弱部の分布状態、大きさ、量などの違いによる影響と考えられる。試験体の直径あるいは容積が大きい場合、試験体中に含まれる弱部の量が多く、分布状態により局所的な破壊が生じ最大圧縮応力が比較的低い値となり、含まれる弱部の大きさや量の試験体ごとの差が小さくなるため一軸圧縮強さのばらつきは小さくなったと考えられる。また、コンクリート分野における既往研究¹⁾においても、材料（骨材）が一定の寸法より小さい場合、試験体の寸法が大きくなるほど一様に強度が低くなることが報告されており、本稿の結果も同様であることが確認できた。特に、粘土を含む地盤改良体においては、粘土塊など試験体中に含まれる弱部の分布状態による影響が卓越しやすく、試験体の直径が大きいほど一軸圧縮強さが低くなる傾向になりやすい条件と考えられる。

4. まとめ

対象土質を砂とした一軸圧縮強さが 6,000kN/m² の地盤改良体の一軸圧縮試験を実施し、直径が 600mm の試験体は、50mm の試験体に対し、一軸圧縮強さが 0.8 倍程度であることを確認した。また、試験体中に含まれる弱部の分布状態により試験体の寸法が一軸圧縮強さに与える影響について考察した。

謝辞

本研究は、国立研究開発法人建築研究所より委託を受けた革新的社会資本整備研究開発推進事業（略称：BRAIN）によって得られた成果の一部である。関係各位に謝意を表す。

参考文献

- 1) 谷川恭雄, 山田和夫: コンクリートの圧縮強度の寸法効果について, 日本建築学会論文報告集, vol.262, pp13-21, 昭和 52 年 12 月
- 2) 日本建築センター, バターリビング: 2018 年版建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針, 2018 年 11 月

表 3 一軸圧縮試験結果一覧

| 試験体寸法 | 一軸圧縮強さ (kN/m ²) 赤字: φ50に対する強度比 | | | | | | |
|----------------------|-----------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 平均 |
| φ 600mm × H1200mm | 6,190 | 6,035 | 6,304 | 5,361 | 5,748 | 6,061 | 5,950 |
| | 0.85 | 0.76 | 0.87 | 0.89 | 0.77 | 0.81 | 0.82 |
| φ 125mm × H250mm | 7,491 | 7,247 | 6,761 | 6,626 | 6,728 | 6,585 | 6,906 |
| | 1.03 | 0.92 | 0.93 | 1.10 | 0.91 | 0.88 | 0.96 |
| φ 100mm × H200mm | 7,493 | 7,684 | 7,493 | 6,970 | 7,111 | 7,452 | 7,367 |
| | 1.03 | 0.97 | 1.03 | 1.16 | 0.96 | 0.99 | 1.02 |
| φ 50mm × H100mm | 7,291 | 7,906 | 7,279 | 6,033 | 7,425 | 7,520 | 7,242 |

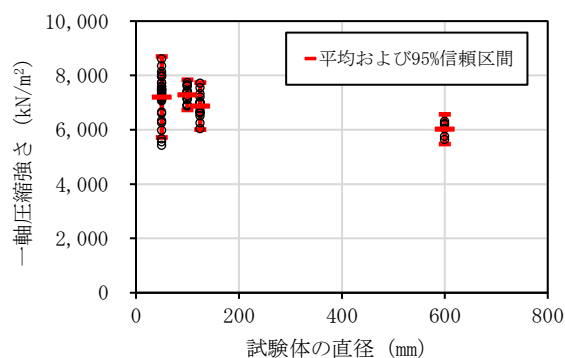


図 1 一軸圧縮強さと試験体直径の関係

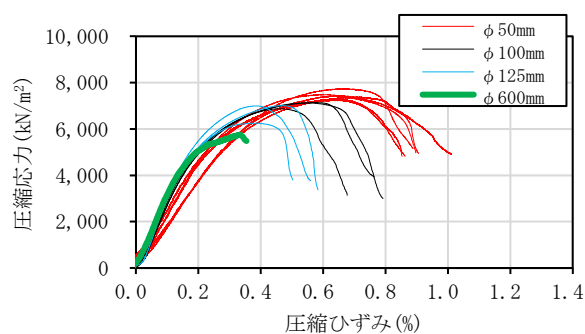


図 2 圧縮応力と圧縮ひずみの関係 (試料番号 5)



(1) φ 600mm × H1200mm
(試料番号 5)



(2) φ 50 × H100mm
(試料番号 5)

写真 1 試験体の破壊状況