

浅層改良を併用した非着底型深層改良地盤の応力特性と地盤内挙動に関する研究

山口大学大学院 学生会員○井川 尚之 正会員 石藏 良平
学生会員 鹿島 浩司 正会員 松田 博

1. はじめに

浅層改良を併用した非着底型深層改良地盤は、従来の着底型改良地盤と比較して経済性や環境面において有効な技術として期待されている。しかしながら、沈下と安定性に対する評価方法は十分に確立されていない^{1),2)}。

本研究では、提案技術の実務への適用を目指し、改良地盤の沈下メカニズムを明らかにすることを目的に、平面ひずみ模型実験装置を作製して载荷試験を行った。地盤内の応力分布を計測するとともに、画像解析³⁾により、圧密中の改良地盤内の挙動について考察を行った。

2. 実験概要

作製した平面ひずみ载荷模型装置の概要を図 1 に示す。実験装置の特色として载荷板中央に設置した改良体の上端および先端に作用する荷重と先端付近の間隙水圧を計測できる。改良体には幅 3cm、長さ 20cm、奥行 10cm のアルミ製の板を使用した。载荷板全体に作用する荷重を制御することで、载荷面に作用する平均的な载荷応力 σ を調整した。载荷試験は、载荷板を介して模型地盤に荷重を载荷した。模型地盤の寸法は、载荷面の幅 25cm、奥行 10cm であり、試料としてはカオリン粘土を用い、含水比 $w=80\%$ とした後 $\sigma=20\text{kPa}$ で予圧密し、圧密終了時に模型地盤の高さが 27cm 程度となるようにした。土槽側面には、壁面摩擦を軽減させるため、メンブレンを貼りつけた。地盤内挙動を可視化するため、メンブレンには 0.5cm 四方の格子を描き、その変形を記録し、改良体周辺の地盤内挙動を画像解析により求めた。実験条件として、Case0(未改良)と Case1(1pile)および Case2(3piles)の 3 ケースを設定した。改良体設置後、 $\sigma=20\text{kPa}$ で予備载荷した後、 $\sigma=40, 80\text{kPa}$ で段階的に载荷を行った。

3. 実験結果と考察

図 2 は $\Delta\sigma=40\text{kPa}$ ($\sigma=40-80$)における圧密沈下量 S および改良体先端で測定した過剰間隙水圧 Δu の経時変化を示す。载荷直後に過剰間隙水圧 Δu は急激に増加し、圧密沈下が収束するのに伴って消散している。また、改良体本数が多い条件の方が、発生する過剰間隙水圧 Δu および圧密沈下量 S はいずれも小さくなる傾向を示した。

図 3 に $\Delta\sigma=40\text{kPa}$ ($\sigma=40-80$)における模型地盤のひずみ速度 $\dot{\epsilon}$ の経時変化を示す。ひずみ速度 $\dot{\epsilon}$ はひずみ ϵ を時間 T で微分したものと定義した。図に示されるように、改良本数が増加に伴い、ひずみ速度が速くなる傾向を示した。このことは、地盤を改良する方が、未改良の条件と比較して、沈下量が早期に一定値に収束することを意味する。また、圧密沈下量 S は改良体本数の増加に伴い軽減される。

図 4 は Case1(1pile)と Case2(3piles)における改良体と未改良土に作用する応力の収束値を示す。各収束値は改良

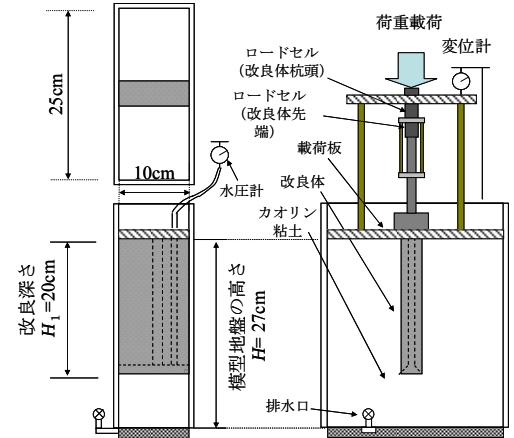


図 1. 平面ひずみ载荷模型装置の概要

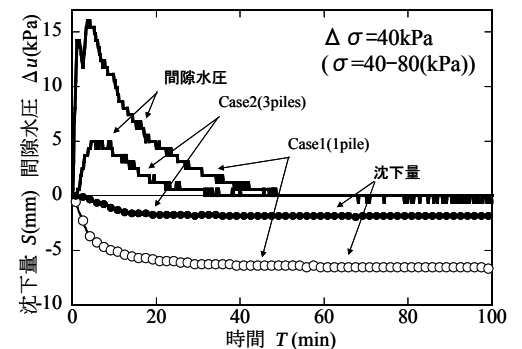


図 2. 過剰間隙水圧と圧密沈下量の経時変化

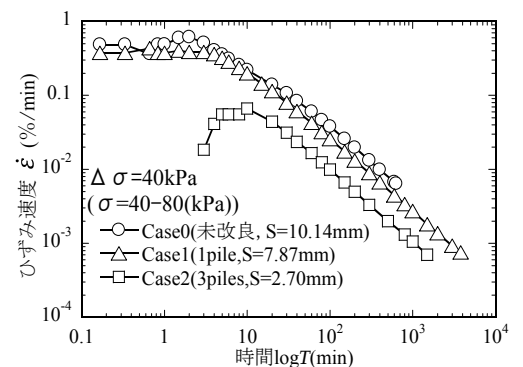


図 3. ひずみ速度の経時変化

体 1 本あたりに作用する応力値を意味する. 改良体本数が多い Case2の方が杭頭, 杭先端, 未改良土に作用する応力はいずれも小さくなる傾向を示した. このことから, 改良率が増加すると, 未改良土に作用する応力は軽減され, 改良体 1 本あたりに作用する応力も小さくなることが明らかになった.

図 5 に $\Delta\sigma=40\text{kPa}$ ($\sigma=40\text{--}80$) についての Case1(1pile)の正規圧密沈下量 S/D と改良体に作用する荷重の関係を示す. 正規圧密沈下量は, 沈下量 S を改良体幅 D で除した値となっている. また周面摩擦抵抗は, 載荷板中心に設置した改良体の上端および先端に作用する荷重の差を意味する. 周面摩擦抵抗は改良体と未改良土間に相対変位が生じることで発現されると考えられる. 周面摩擦抵抗は相対変位の増加に伴いピーク値に達し, 未改良土の沈下ひずみ速度の減少とともに相対変位が小さくなり, 周面摩擦抵抗は一定値に収束している.

図 6 は Case1(1pile)において, $\sigma=20\text{kPa}$ で予圧密の終了時点から $\sigma=80\text{kPa}$ で載荷し, 圧密が終了した時点の変位ベクトル図を示す. 変位ベクトルは実際の 3 倍の大きさで表示している. 深層改良体周辺の未改良土は, 改良体と一体となって鉛直方向に変位が卓越する傾向を示している. 改良体の先端直下では, 鉛直方向に大きく変位し, 先端周辺では徐々に外向きに水平変位が増加する傾向を示した.

図 7 は, Case1(1pile)について, 図 6 の変位量から求めた模型地盤内の鉛直ひずみ分布を示す. 改良体先端付近で最も鉛直ひずみが卓越している. また, 載荷板直下の未改良土の鉛直ひずみは小さくなっており, 圧密沈下が軽減されている. これは, 浅層改良を併用することによって, 上載荷重が直下の未改良土に直接作用することなく深層改良体に伝達され, 改良体先端の未改良土に応力が集中したためと考えられる.

4.まとめ

浅層改良を併用した非着底型深層改良地盤の圧密沈下のメカニズムを明らかにするために, 模型実験を行った. 今回の実験では, 改良体を設置することにより, 沈下ひずみ速度が速くなり, 早期に沈下が収束する傾向を示した. また, 載荷板に作用する載荷応力が直下の未改良土に直接作用することなく, 地盤深部に伝達され, 改良体間の未改良土に作用する鉛直応力が軽減される傾向を示した. 結果として, 改良体間の未改良土の沈下が抑制されることが考えられる.

【参考文献】

1) 鹿島浩司, 藤田龍麻, 石蔵良平, 松田博: 軟弱粘土中における浅層・非着底型深層組み合わせ改良地盤の挙動に関する研究, 第 46 回地盤工学研究発表会公演集, pp.903-904, 2011. 2) 鹿島浩司, 石蔵良平: 浅層改良を併用した非着底型深層改良地盤の周面摩擦抵抗と支持力問題への適応, 第 9 回地盤改良シンポジウム論文集, 日本材料学会, pp.293-298, 2010. 3) 吉川直孝, 中田幸男他: 遠心場の支持力実験における画像処理技術を用いた局所変位計測, 土木学会第 60 回年次学術講演会概要集, pp.501-502, 2005.

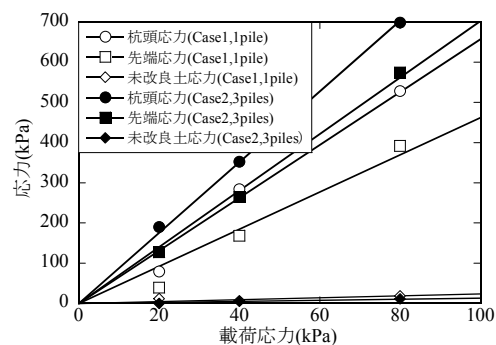


図 4. 改良体と未改良土に作用する
応力の収束値

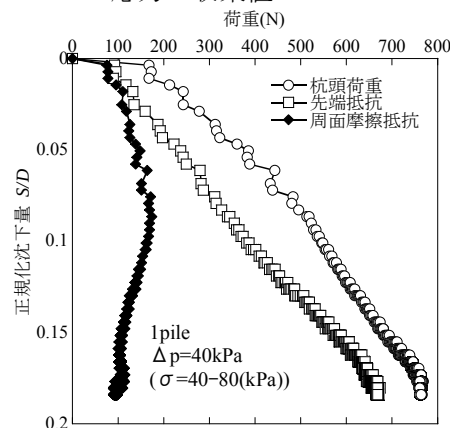


図 5. 沈下量と改良体に作用する
荷重の関係

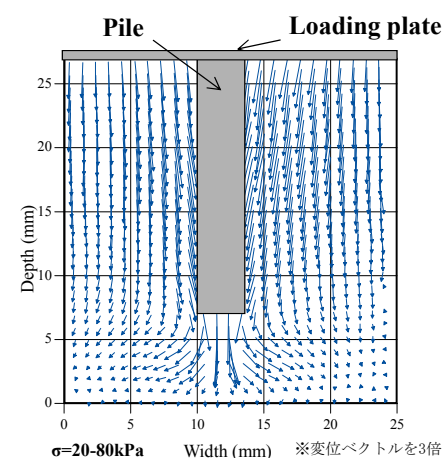


図 6. 模型地盤内の変位ベクトル

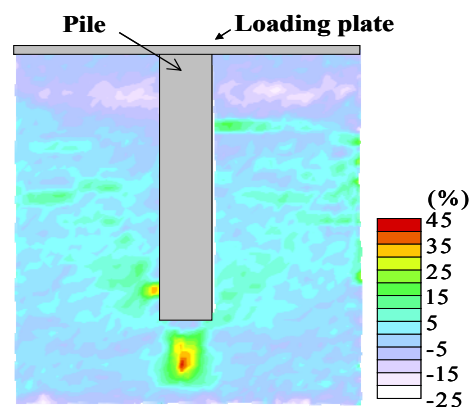


図 7. 模型地盤内の鉛直ひずみ