

圧密沈下時における非着底型杭状改良地盤の応力分担機構

山口大学大学院 学生会員○鹿島 浩司 正会員 松田 博
正会員 石蔵 良平

1. はじめに

近年の土構造物に求められる要求性能の多様化により、盛土構造物等の基礎地盤において軟弱地盤を低置換で改良し、所定の沈下や安定性を確保することが求められている。強度や剛性がばらつく地盤改良材においては、改良体の強度を超えるような大きな荷重が作用すると図 1(a)に示すような座屈破壊やせん断破壊などが発生し、改良地盤全体としてのすべり破壊につながる。一方、非着底型地盤改良技術は、従来の地盤改良技術と比較して、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。また、図 1(b)に示すような改良体直下に未改良土が残存する改良形式であるため、従来の着底型改良と比較して、改良体への応力分担率を小さくできる可能性がある。本研究では、非着底型改良体に作用する鉛直荷重等を計測可能な载荷装置を作製し、非着底型杭状改良地盤の応力分担機構について検討を行った。

2. 実験装置の概要・実験方法および条件

作製した载荷装置の概要を図 2 に示す。载荷装置は一次元圧縮条件とし、载荷板を介して荷重を载荷し、载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を個別に計測できるようにになっている。改良体には、直径 3cm、長さ 11cm、15cm のアルミ製の金属を使用し、载荷板に作用する荷重を調節することで、载荷面に作用する平均的な载荷応力 σ を調整した。模型地盤のサイズは、载荷面 15cm×15cm であり、含水比 $w=80\%$ で練り返した市販のカオリン粘土を $\sigma=20(\text{kPa})$ で予備圧密し、圧密終了時に模型地盤の高さ H が 20cm となるように調節した。アクリル容器内面には、メンブレンを貼り、壁面の摩擦を軽減した。実験ケースは、図 3 に示す 2 つの配置で実施し、改良体長 H_1 は 2 種類とした。この時の実験条件を表 1 に示す。载荷は改良体挿入後、载荷応力 $\sigma=20, 40, 80(\text{kPa})$ と段階的に载荷を行い、各载荷段階において、一次圧密の終了を待った。

3. 実験結果と考察

図 4 に Case1 における模型地盤の沈下量 S と周面摩擦抵抗 $\bar{\tau}$ の経時変化を示す。周面摩擦抵抗 $\bar{\tau}$ は、载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改良体の周面積で除した平均的な値を意味する。周面摩擦抵抗 $\bar{\tau}$ は改良体と未改良土間に相対変位が生じることで発現すると考えられ、模型地盤の沈下量の増加に伴い増加し沈下量が収束すると同時に一定値に収束する傾向を示した。

図 5 に圧密沈下終了後の杭頭応力 $\sigma_{s(U)}$ と周面摩擦抵抗 $\bar{\tau}$ の収束値の一例を示す。いずれの結果も原点を通る良い直線関係を示し改良体間隔が狭い Case2 の方が杭 1 本あたりに発生する周面摩擦抵抗 $\bar{\tau}$ が減少する傾向を示した。

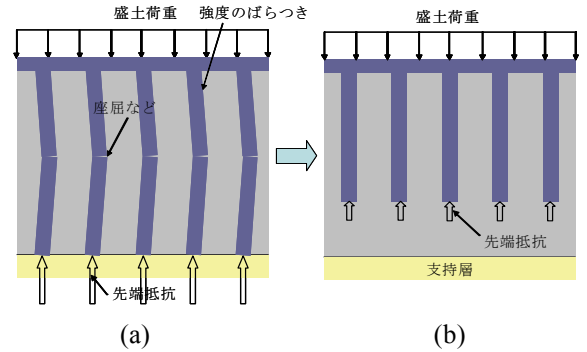


図 1 着底型改良の課題と非着底型改良の利点

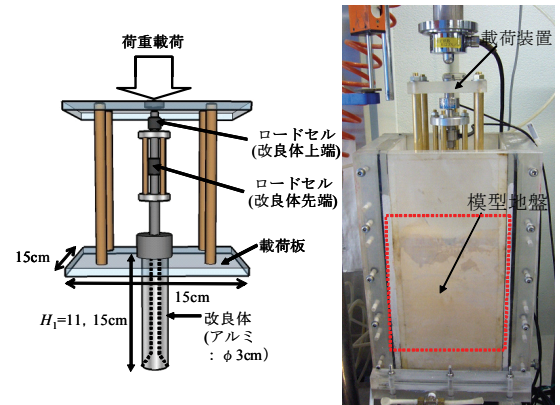


図 2 载荷装置の概要

表 1 実験条件

	H_1/H	改良率 $a_p(\%)$	杭本数
Case0	0	0	0
Case1	0.55	3.14	1
Case2	0.55	15.7	5
Case3	0.75	3.14	1
Case4	0.75	15.7	5

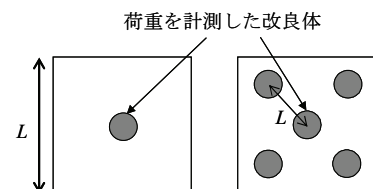


図 3 改良体の配置

次に、各載荷段階における圧密沈下終了後の改良体および未改良土に作用する鉛直応力について考察する。

$$n_{(U)} = \frac{\sigma_{s(U)}}{\sigma_{(U)}^*} \quad (1)$$

改良体 1 本あたりの改良体杭頭応力を $\sigma_{s(U)}$ 、載荷板直下の未改良土に作用する応力を $\sigma_{(U)}^*$ として、載荷板直下の改良体と未改良土に作用する鉛直応力の比(応力分担比)を以上の式で定義した。

応力分担比 $n_{(U)}$ の経時変化の傾向から、 $n_{(U)}$ は載荷初期段階から徐々に上昇し一定値に収束する傾向を示すことが明らかである。圧密沈下の発生に伴い改良体に作用する周面摩擦抵抗 $\bar{\tau}$ が徐々に増加し、改良体に分担される応力が增大したためと考えられる。

図 6 に各載荷段階における圧密沈下終了後の応力分担比 $n_{(U)}$ の収束値を示す。ばらつきは見られるものの、全ケースにおいて載荷応力 σ が応力分担比 $n_{(U)}$ に与える影響は小さいことがわかる。

次に、図 7 に示される周面摩擦抵抗を考慮したバネモデルを用いて、非着底型改良体の杭頭応力 $\sigma_{s(U)}$ の推定を試みた。改良体に作用する周面摩擦抵抗 $\bar{\tau}$ は、改良体長 H_1 と改良体間隔 L 、粘土の強度増加率 c_u / p_0 を用いて、以下の近似式により概ね評価できる¹⁾。

$$\frac{\bar{\tau}}{p_0} = \frac{c_u}{p_0} \cdot \frac{1}{H_1/L} \quad (2)$$

式(2)を用いて、非着底型改良体に作用する杭頭応力 $\sigma_{s(U)}$ を計算することができる¹⁾。図 8 は改良率と正規化杭頭応力 $\sigma_{s(U)} / \sigma$ との関係について、実験結果と計算結果とを比較したものである。着底型 ($H_1 / H = 1.0$) の計算結果は、図 7(a) に示す定ひずみ条件でのバネモデルを用いて計算を行っている。実験結果との比較から、非着底型改良体に作用する杭頭応力は、着底型改良体に作用する杭頭応力と比較して、小さくなる傾向を示している。

4. まとめ

非着底型杭状改良地盤の応力分担機構を明らかにするため、模型実験を行った。その結果、圧密沈下の発生とともに改良体周面に摩擦抵抗が発現するため、圧密沈下終了時に改良体に最も応力が分担されることが明らかになった。また、実験結果と計算結果との比較から、従来の着底型改良と比較して、非着底型改良の方が、改良体への荷重分担率を小さくできる可能性が示された。

【参考文献】1) 石蔵良平，落合英俊，大嶺聖，安福規之他：浅層固化処理を併用した非着底型深層混合処理地盤の沈下量推定方法，土木学会論文集 C，Vol.63, No.4, pp.1101-1112, 2007。

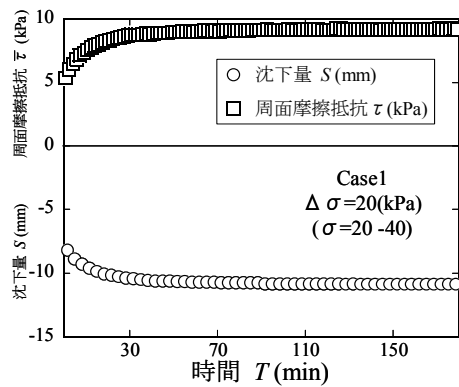


図 4 沈下量と周面摩擦の経時変化

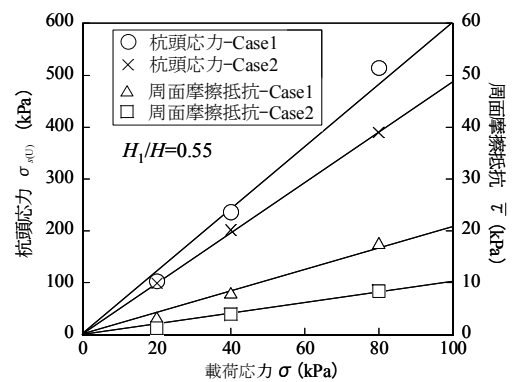


図 5 周面摩擦抵抗と杭頭応力の収束値

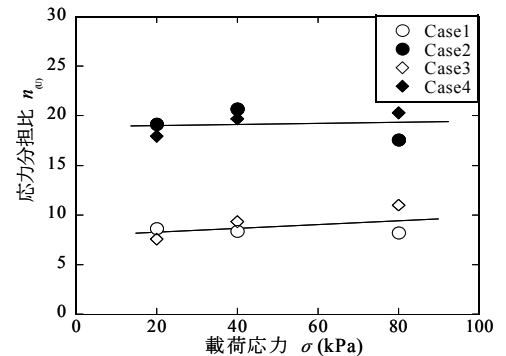


図 6 応力分担比と載荷応力の関係

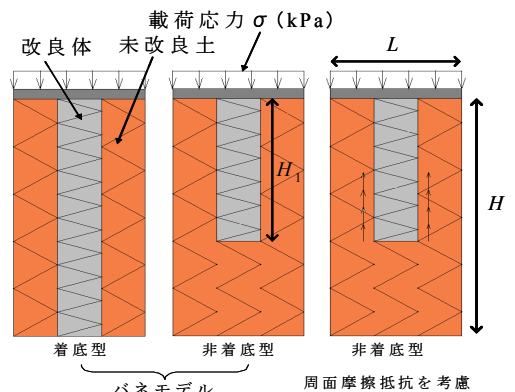


図 7 非着底型改良地盤のモデル化

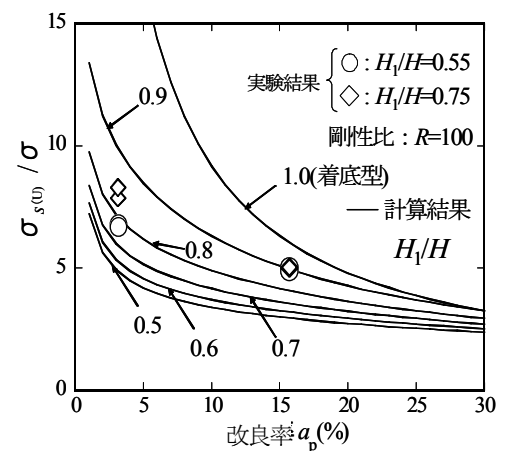


図 8 杭頭応力の実験結果と計算結果