

III-147 模型複合地盤の載荷試験

間 組 技術研究所 正会員 加藤俊昭
建設省 土木研究所 正会員 塚田幸広
同 正会員 岩瀬真二
同 正会員 嶋津晃臣

1. まえがき

陸上での深層混合処理工法による地盤改良は、強度や工費などを考慮して、最近では杭状に改良する方式が多用されている。この方式は施工が容易な反面、改良地盤全体の安定性、変形特性を考えた場合、改良土の強度のバラツキ、処理土と未処理土の強度の大きな差からその相互作用などの問題が残されており、設計法もいまだ確立していない。そこで本実験では、これらの問題点に着目し、改良率をできるだけ低く抑えた杭状の改良方式で、載荷による極限状態を再現することにより、その変形挙動、原地盤と改良杭体の応力分担など基本的なメカニズムを解明する一資料を提供することを目的とした。

2. 実験概要

実験で用いた土槽は、内のりが $1800(W) \times 600(B) \times 1200mm(H)$ であり、正面の亚克力板を通して内部の挙動を観察できる構造となっている(写真-1参照)。

地盤材料はクレイサンドと呼ばれる乾燥した粉末状のもので、水を加えてモルタルミキサーで攪拌混合した。実験にあたっては、載荷による地盤の変形をできるだけ極限状態とし、かつその再現性を良くするため、材料試験・予備試験結果をふまえて、含水比を液性限界を越える40%に調整し地盤を作成した。また改良柱体は、配合試験より地盤材料の湿潤密度に対し4%のセメントを添加し、ソイルミキサーで30分間混合後型枠に詰めて7日間湿潤養生した。材料特性を表-1、図-1に示す。

載荷は、長さ60cm、幅20cm、高さ40cmの木製の載荷箱中に鋼球をバラで15kg($4g = 0.125kgf/cm^2$)ずつ投入し、各荷重段階で荷重を加えた瞬間から沈下がほぼ止まったと認められるまでその荷重を保持した。なお、沈下の停止の目安としては、その段階の荷重増分で生じた沈下量の1%以下とした。また、改良柱体が破壊するか、もしくは沈下が著しく増大し、ほぼ極限支持状態となった時点を最大荷重とした。

実験ケースは、支持形式、層厚、改良率をかえて、表-2に示すような8ケースで行った。改良率ごとの柱体の配置を図-2に示す。

表-2 実験ケース

No.	支持形式	軟弱層厚cm	改良率%	改良柱体長cm	記号
1	無処理	50	0	0	○
2		25	0	0	□
3	着底	50	8	25	△
4			8	50	▲
5	フローティング	25	15	25	●
6			8	25	⊙
7			15	12.5	■
8			8	12.5	▣

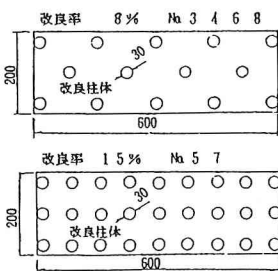


図-2 柱体の設置位置

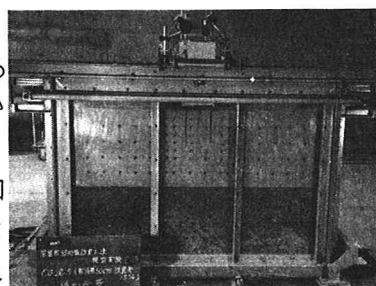


写真-1 実験土槽

表-1 地盤材料の特性

土質名称	CL
液性限界 w_L %	33
塑性限界 w_p %	16
塑性指数 I_p	17
湿潤密度 ρ_t g/cm ³	1.80
含水比 w %	40
間隙比 e	1.1
飽和度 S_r %	96
せん断強度 τ kgf/cm ²	0.015

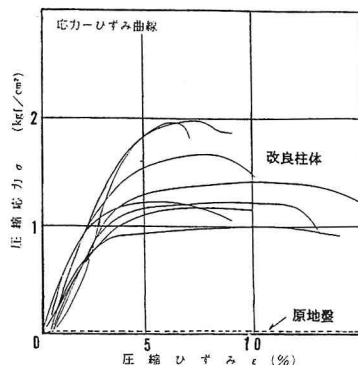


図-1 柱体と原地盤の一軸圧縮強度

3. 実験結果

沈下量は、層厚25, 50cm いずれの場合も改良ランクが上がるにつれて確実に減少し、載荷可能な最大荷重も増大している。この減少の程度を無処理地盤の沈下量(S_1)と比較して、沈下低減率(S_N/S_1)として図-3に示す。この図より、初期の荷重段階では荷重の増加に伴い沈下低減率は減少し、その後ある荷重段階で増加に転じていることがわかる。今回の無処理地盤では、沈下がダラダラと進行していることから、この変曲点は改良地盤の降伏点に相当するものと考えられる。

改良柱体の挙動は、フローティングタイプの支持形式では荷重を増すにつれ、地盤の側方移動とともに傾斜しはじめ、層厚25cmでは最大で30°の傾斜を示し、層厚50cmの改良率が8%と低いものでは、最大荷重以前に曲げにより柱体が切断した。写真-2,3に最大荷重時における変形状況を示す。

載荷面における応力は、改良柱体に著しい集中がみられ、載荷応力と土圧計による値の比(応力集中比)は3~30倍とばらついている。しかし、応力集中比は荷重の増加につれて収束する傾向にあり、3~12倍とやや落ちついてくる。

4. FEM弾性解析による検討

地盤内の変形状態と応力の変化を理論的に裏付けるために、FEM汎用プログラムMARCにより弾性解析を行った。入力条件は材料試験結果などから、弾性係数; $E_E = 0.15 \text{ kgf/cm}^2$, $E_P = 220 \text{ kgf/cm}^2$, ポアソン比; $\nu_E = 0.45$, $\nu_P = 0.3$ (サフィックス E:原地盤, P:改良柱体)とし、荷重120 kgf ($g = 0.1 \text{ kgf/cm}^2$)とした。

この結果、沈下量、沈下状況については観測結果とよく対応しているが、水平方向の変位は、 $1/2 \sim 1/10$ とあまりよい相関は得られなかった。変形状況を図-5に示す。

また応力は、図-6に示すように改良柱体に集中し、載荷重のほとんどは改良柱体を通じて下層の地盤に伝えられている。この時の応力集中比は5~14倍と実測とかなり近い値となっている。

5. あとがき

今回の実験では、フローティングタイプの支持形式でも十分改良効果があることが確認された。またFEM解析でも、比較的良好な整合性が得られた。今後さらに検討を加え、改良率が低い場合に改良柱体に作用する曲げについて検討し、より経済的で確実な設計法を確立していきたいと考えている。

参考文献 最上ほか:複合地盤に関する模型実験, 土と基礎, Vol.16, No.8, 1968, 寺師, 田中:深層混合処理工法による杭状地盤の支持力および圧密特性, 港湾技術報告, 1983

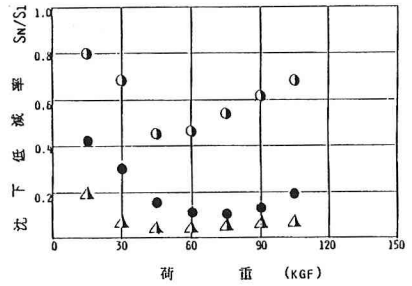


図-3 沈下低減率 (層厚 50 cm)

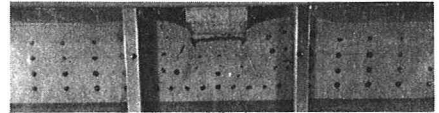


写真-1 変形状況① 層厚25cm, フローティング



写真-2 変形状況② 層厚50cm, フローティング

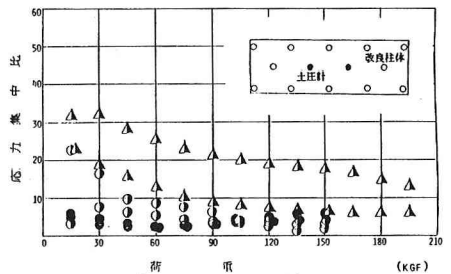


図-4 改良柱体の応力集中比 (層厚 50 cm)

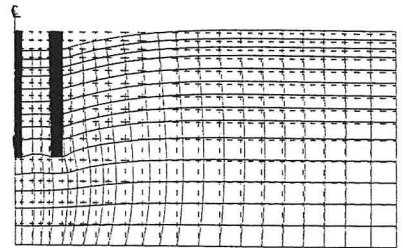


図-5 変形状況 (P=120kgf)

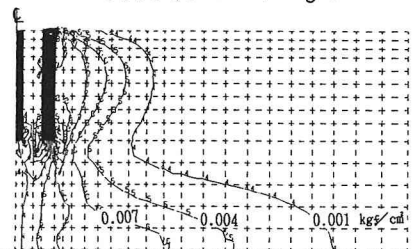


図-6 せん断力の分布状況