

粘土地盤を対象とした十字型改良体の鉛直支持力特性に関する室内模型載荷実験

ハザマ 正会員 ○井村英樹, 山田淳夫, 足立有史, 浦野和彦, 三反畑勇

1. はじめに

堤防や上下水道施設, 旧法タンク等の既設構造物直下での地盤改良, 特に耐震補強を目的に行う構造物基礎の補強工事が求められている。既設構造物の基礎の強化および地盤改良は施工ヤードに制限がある。このような条件で採用される工法の一つに高圧噴射攪拌工法があげられるが, 特に排泥処理のコストが大きくなり採用が見送られる場合がある。

そのため、筆者ら¹⁾は砂地盤を対象とした高圧噴射攪拌工法による放射状断面の改良体造成時の支持力特性に着目し研究を行ってきたが, 本研究では粘土地盤を対象に, 十字型の薄板状改良体を造成した場合の鉛直支持特性を検討するため, 模型実験を行い検討した。

2. 試験の概要

模型地盤は軟弱な粘土地盤を模擬するため, ジョージアカオリンを含水比 130%のスラリー状に調整し, 土槽内に流し込み, 1~2 週間の自重圧密完了後, 錘またはスライドジャッキで段階載荷による圧密を行い作製した。最終圧密応力は 0.1MPa とした。作製後の模型地盤の平均含水比は $w=41.0\%$, ベーンせん断試験より推定した非排水せん断強度 c_u は 7.0kPa 程度である。

表-1 に示すように, 円形断面と十字型断面の計 2 断面の柱状模型に対して鉛直載荷試験を実施した。改良体模型は実際の施工を考慮して場所打ち杭方式で次のような方法で作製した。模型地盤の圧密後に円形または一字型のケーシング(円形またはコの字型, 肉厚 0.3mm, SUS 製)を粘土に 10mm~20mm 前後挿入し, ケーシングの中の粘土をスプーンや吸引でケーシングの先端部まで除去し, その後にまたケーシングを 10~20mm 前後挿入するという手順を繰り返し所定深度まで掘削した。十字型の場合は, 掘削した一字型の溝に対し, 互いの中点が一致する箇所まで直行するように, 同様の一字型の溝を掘削し十字型とした。円形の孔または十字型の溝の掘削後, ケーシングを静かに引き上げた。

この時, 粘土は自立するため孔や溝が崩れることはないが, 一旦応力開放してしまうため, 厳密な意味では実施工を完全にはモデル化できていない。掘削した孔または溝に, セメントミルク (CM)・石膏を流し込み模型地盤内で硬化させた。模型の寸法は高圧噴射攪拌工法の一般的な改良径を参考に設定した。噴射到達距離は噴射圧力や流量, ノズル径, 繰返し回数等によって決まるが, 一般的な円柱改良体直径が 4m 程度であることから, 直径 ϕ は 1/80 の 50mm, 羽厚 5mm とし, 根入れ長 $L_f=110\text{mm}$ を基本とした。

支持力改善を目的とした地盤改良では, 上載荷重が改良体に集中すると仮定して着底地盤の許容支持力を確認することが通例であることから, 載荷は模型の頭部のみに行った。載荷は模型地盤が繰返しにより軟化することも予想されたので, 杭の鉛直載荷試験で通常行われる載荷・除荷を繰り返す多サイクル載荷ではなく, 1mm/min のひずみ制御で行う単サイクルとした。図-1 に試験概要図を, 図-2 および図-3 に試験状況写真を示す。

キーワード 地盤改良, 鉛直支持力, 高圧噴射攪拌, 模型実験

連絡先 〒305-0822 茨城県つくば市荻間 515-1 ハザマ技術研究所 TEL:029-858-8813

表-1 試験ケース一覧

	ケース名	改良体材料	直径	羽厚
			(mm)	(mm)
小型	円柱 (CM)	セメントミルク	50	-
	十字 (CM)	"	50	5
	円柱 (石膏)	石膏	50	-
	十字 (石膏)	"	50	5
大型	円柱	セメントミルク	50	-
	十字	"	50	5

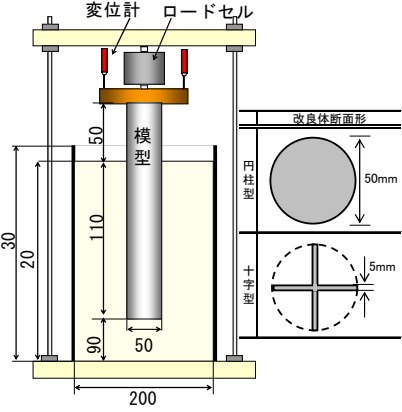


図-1 試験概要図
(小型土槽の場合)



図-2 小型土槽を用いた
鉛直載荷試験状況

3. 試験結果

試験に用いた小型土槽は内径 200mm, 高さ 300mm の円筒型のアクリル製容器を, 大型土槽は内径 570mm, 高さ 500mm の鋼製のものを用了. 粘土地盤は小型土槽の場合, 深さ 200mm, 大型土槽の場合, 深さ 400mm である.

図-4 に鉛直荷重～杭頭変位量関係を示す. 小型土槽のケースで特に明確であるが, 載荷後の変位量が 0.5mm～2.8mm 程度になると変曲点が現われた. これは改良体先端部における支持よりも改良体周囲の粘土の摩擦力による抵抗が卓越している挙動と考えられ, いわゆる第一限界抵抗²⁾とみなせる. 変曲点における荷重を第一限界抵抗とし, その荷重と変位量を表-2 にまとめた. 同表では, 小型円柱 (CM) に対する荷重比を示した. 変曲点での荷重比は円柱:十字が 1:0.8 程度とみなすことができ, 粘土地盤において, 十字型改良体は円形断面の通常の改良体と同等の支持力を発揮する可能性があることが示唆された. 既報 1) において砂地盤における円柱型の形状効果は緩い地盤の方が高いことを報告しているが, 本研究では既報 (相対密度 $D_r=30\%$ の砂で 50% 程度の支持力比) で得られた以上の効果を確認することができた.

大型土槽では土層底面まで 250mm の距離を確保し, 浮き基礎を模擬している. 小型土槽の結果と比較すると大型土層での支持力の値が全体的に小さいが, 小型土槽では底部からの反力等の影響を受けていたことが予想される. 大型土槽で模擬した浮き基礎のような状況での支持力特性として, 円形の場合は変位に伴い支持力を発揮し, 十字型の場合は初動から変位量が小さい範囲で支持力を発揮していた. これは, 小型土槽の場合とは正反対の傾向であったが, 既報でも報告した十字型特有の, 周辺地盤を拘束することによって発揮する形状効果が, 粘土地盤でも発揮される可能性を示唆する結果となった.

4. まとめ

本研究より得られた主な成果は以下の通りである.

①比較的軟弱な粘土地盤において十字型改良体は下方地盤の影響 (土層底面の反力など) に関わらず荷重－沈下曲線の変曲点での支持力 (第一限界抵抗) で, 円柱型改良体の 80% 程度の支持力を発揮した.

②ただし, 改良体先端よりも下方の地盤の土層底面の影響が小さい大型土槽では, 同じ荷重に対する変位量は載荷初期の段階で十字型の方が円柱型よりも小さい.

参考文献

1) 木村誠, 三反畑勇, 足立有史, 浦野和彦: 高圧噴射工法による放射状改良体の鉛直支持力特性に関する基礎的検討, 第 42 回地盤工学研究発表会講演集, E-04, 455, pp. 909–pp. 910, 2007. 7.

2) (社) 地盤工学会: 地盤工学会基準 杭の鉛直載荷試験方法・同解説 ― 第一回改訂版 ―, 2002.



図-3 十字型溝掘削状況

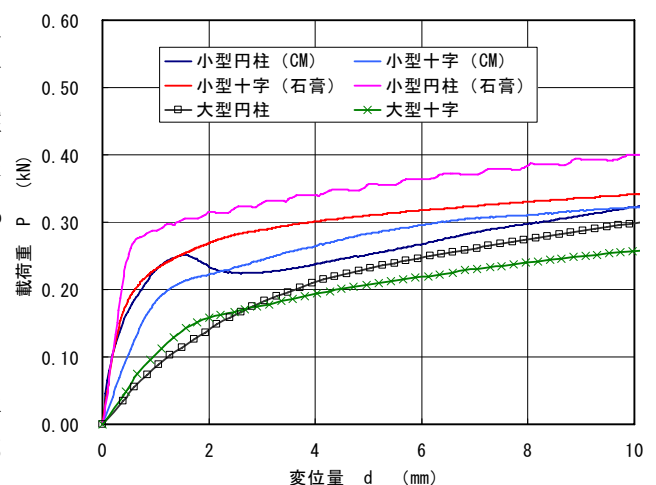


図-4 鉛直荷重～変位量関係

表-2 第一限界抵抗と変位量

ケース名	第一限界抵抗 力	第一限界時 変位量 (mm)	底面積比	荷重比
小型円柱 (CM)	0.251	1.50	1	1
小型十字 (CM)	0.207	0.93	0.24	0.82
小型円柱 (石膏)	0.253	0.50	1	1.01
小型十字 (石膏)	0.187	0.51	0.24	0.75
大型円柱	0.232	2.82	1	0.93
大型十字	0.207	1.56	0.24	0.83