小口径群杭基礎の鉛直支持力特性に関する実験的検討

東日本旅客鉄道株式会社 正会員〇和田 旭弘 正会員 野本 将太 正会員 滝沢 聡 正会員 竹谷 勉

1. 目的

鉄道構造物では,近年駅内空間の利用拡大に向けて,梁のス パン長大化に伴い杭径が大型化している. 杭の大型化に伴い, 施工費・工期の増大が問題となるほか,施工機械の大型化によ り狭隘箇所での施工が課題となっている.本研究では,小型な 施工機械で施工可能な小口径の杭を集約し,全体系として1本 の杭として抵抗させる工法の検討を行った.本稿では,単杭及 び4×4の小口径16本群杭での鉛直載荷試験を行ったので,そ の結果を報告する.

2. 実験方法

提案工法は、①狭隘箇所(空頭 3.5m 程度以下)でも施工可 能,②支障物の出現を考慮し、岩盤などの硬質地盤にも対応可 能であることを条件に、マイクロパイルのような小口径杭を想 定して検討を行った.小径杭を、極力間隔を小さくした場合に、 群杭効果により一つの大きな杭体として抵抗することを期待 したものである.

提案工法の支持力メカニズムを検討するため,1/20の模型実験を行った.模型実験の概要を図-1に示す.長さ2.5m×幅1.0m ×深さ1.5mの剛土槽内に,東北珪砂6号を用いて相対密度が 80%となるように模型地盤を構築し,アルミ製の先端閉塞杭模型を設置した.

模型の試験ケースを表-1 に示す. Case1 の対象とした杭は, ϕ = 2800mm, L = 17.0m の場所打ち杭を想定し, Case2 は, ϕ = 300 mm, L= 17.0m の杭を想定した. 杭模型は, 曲げ剛性 EI を 再現するために, 表-2 の相似則により再現した. 括弧内の数値 は,理論的な相似則比を示している.

実験における載荷条件および使用したジャッキの仕様を,表 -3に示す.門型の反力フレームを剛土槽上に構築し,油圧ジャ ッキにより鉛直力を作用させた.載荷方法は,緩速の静的単調 載荷とした.載荷試験は,極限支持力を計測できるよう,鉛直 変位が杭径の 0.1D 以上となるまで実施した.

3. 実験結果

載荷試験結果を図−2 に示す.図−2 中の載荷荷重は,載荷点 であるフーチング中央に設置したロードセルの値で,杭頭沈下 量はフーチング天端四隅の変位の平均値を示す. Casel におけ

キーワード 群杭,鉛直載荷,小口径杭

連絡先 〒163-0231 東京都新宿区西新宿 2-6-1 新宿住友ビル 31 階・03-6851-0086



図-1 模型実験概要

	表-1 試験	シース一覧	
	杭径	町 罟	面積比
	(mm)	印度	(%)
Case1	140		100

 4×4

18.4

表-2 模型諸元(相似則)

15

Case2

	実物	模型	実物/模型		
Case1					
$D(\mathbf{m})$	2.8	0.14	20 (20)		
$EI(kN \cdot m^2)$	72,412,454	143	506,130		
			(715,542)		
Case2					
$D(\mathbf{m})$	0.3	0.015	20 (20)		
$EI(kN \cdot m^2)$	22,889	0.075056	304,952		
· · · ·			(715,542)		

表-3 載荷条件およびジャッキの仕様

試験条件	仕様
載荷方法	静的単調載荷
載荷速度	緩速載荷
最大荷重	29.4 kN
最大ストローク	150mm

る 0.1D 変位時の支持力を, 図中に示した.

表-4 に, 0.1D 変位時の支持力と杭面積の比率を示す. Case2 の小口径群杭においては, Case1 と比較して面積比以上に支持 力を発揮した. 杭の支持力は杭の面積に依存するが, 小口径群 杭においては, 杭間の地盤を拘束し支持力として発揮したと考 えられる.

図-3 に、小口径群杭が拘束している地盤の推定範囲を示す. これは、杭及び四隅の杭中心を結んだ範囲を示しているが、投 影面積は表-4 の支持力比率である 62.4%に概ね一致している. この範囲を見ると、小口径杭に囲まれた範囲が拘束されている と想定されるが、実際に支持力として発揮しているかは、土中 の応力を計測するか、解析的検討を行う必要がある.

図-4 に、今回推定した地盤拘束範囲を加味して正規化した 荷重変位曲線を示す. 杭頭沈下量についても、下式によって求 まる換算杭径 D'によって正規化した.

$$D' = \sqrt{\frac{A}{(\pi/4)}}$$

ここで, D':換算杭径(m), A:地盤拘束範囲を含む投影面積 (m²)である.正規化した荷重変位曲線では, Case1 と Case2 は 同様の結果を示した.荷重変位曲線の傾きは,模型地盤の杭先 端付近における *E*₅₀に相当する結果となった.

図-5 に、Case2 における小口径杭ごとの発生軸力と杭頭沈下 量の関係を示す.発生軸力は杭先端から 50 mm上部に設置した ひずみゲージの値から算出したものである.これを見ると、杭 中央部に配置された A2, A3 ほど軸力の負担割合が大きく、隅 角部に位置する A5 が最も軸力負担割合が小さくなる結果とな っている.この結果は、中央部ほど杭間の地盤が拘束されてい ることが影響していると考えられ、過去の研究¹¹と同様の結果 となっている.また、A2 の軸力負担割合が小さいのは、杭が 小径であったことから曲げの影響等によるものと考えられる.

4. まとめ

本研究では、単杭と小口径群杭による鉛直載荷試験を実施 し、支持力特性の比較を行った.その結果、以下の点が明らか となった.

・小口径群杭は単杭との杭面積比に対して、支持力を発揮した
・支持力比率と同程度の面積で荷重変位曲線を正規化したところ、傾きは模型地盤の杭先端付近の E₅₀程度に相当した
・小口径群杭の中央部の杭ほど、軸力負担割合は大きかった

参考文献

・青山ら:土槽実験における群杭模型の鉛直支持機構に及ぼす杭間距離の影響,第47回地盤工学研究発表会,2012

・片山ら:鉛直載荷模型実験と地盤の変形解析に基づく杭基礎の支持力特性と設計基準に関する検討,第 59 回地盤工学シンポ ジウム, 2014



図-2 実験結果

表−4 0.1D 変位時の支持力と杭面積の比率

	杭面積(cm ²)	支持力(kN)
Case1	153.9	27.1
Case2	28.3	16.9
比率	18.4%	62.4%



図-3 小口径群杭の地盤拘束範囲の推定



図-4 正規化した荷重変位曲線

