

模型杭を用いた急速載荷試験による鉛直支持力推定法の適用範囲について

九州共立大学大学院 学 田中順二
 九州共立大学 金松喜義 河口直樹
 九州共立大学 正 烏野 清 荒巻真二

1. はじめに

筆者らはこれまで、急速載荷試験結果からの杭の鉛直支持力の推定手法を提案し、実地盤での試験結果を用いた検討を行い、十分適用できることを示した。¹⁾

最大載荷荷重を変えた急速載荷試験を模型杭で行い、その測定結果から提案した推定手法により杭の静的支持力を推定し、別途行った静的試験結果との比較した結果、急速載荷試験の載荷荷重は第1限界抵抗力と第2限界抵抗力の中間値以上(最大変位は杭径の約5%)であれば、静的支持力を推定することが可能であることを示した。しかし、検討に用いた急速載荷試験は3ケースでしかなかった。

本研究では、提案した推定手法の適用範囲をより明確にする目的で模型杭を用いた急速載荷試験による検討を行った。

2. 模型地盤および試験方法

使用した試料は乾燥した岡垣砂である。その物性値は表-1に示す。模型地盤の作成はアクリル製の土槽(300mm, 高さ550mm)に空中落下法により、相対密度 $D_r=70\%$ になるようにした。ただし、杭先端部には発砲スチロール(100mm, 高さ30mm)を設置し、鉛直支持力の特性値が明確になるようにした。

試験装置の概略を図-1に示す。載荷装置にエアシリンダー(最大載荷力10kN)を利用した試験機である。

杭頭部の変位、加速度、荷重と杭先端部の荷重を変位計、加速度計およびロードセルを用いて測定を行った。サンプリング間隔は0.5msecとし、デジタルレコーダー(DRA 110)を用いて計測した。

試験ケースを表-2に示す。荷重の載荷方法は、表に示す空気圧をエアシリンダー内に流入させ、杭頭の変位が制限変位まで変位したところで、シリンダー内部の空気を排出するようにした。また、静的支持力を把握する目的で静的試験(載荷速度0.5mm/min)も併せて行った。

3. 試験結果

図-2は静的試験における杭頭載荷荷重と変位の関係を示したものである。試験は3回実施し、第1限界抵抗力(logP-logS曲線に現れる明瞭な折点の荷重。ここでP:荷重, S:杭頭変位)の平均値は0.17kNであった。また、第2限界抵抗力(押し込み抵抗が最大となった時の荷重。ただし、杭先端変位が先端直径の10%以下の範囲)の平均値は0.37kNであった。

図-3は各ケースの急速載荷試験結果の荷重と杭頭変位の関係を示したものである。それぞれの測定値は10Hzのローパスフィルタ処理を行ったものである。また、静的試験結果も併せて示す。弾性範囲内では急速載荷試験と静的載荷試験の違いは見られない。しかし、第1限界抵抗力以降は動的な影響が見られる。ケース1~2では1mm, ケース3~5では

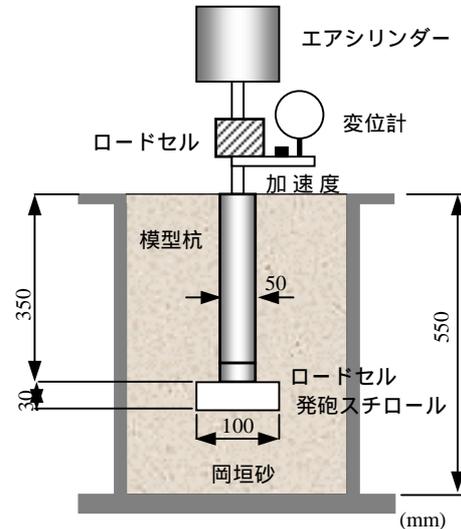


図-1 試験装置

表-1 砂の物性試験結果

試料名	岡垣砂
土粒子密度 s	2.640g/cm ³
最大密度 max	1.655g/cm ³
最小密度 max	1.423g/cm ³

表-2 試験ケース

試験方法	ケース	空気圧(制限変位)
急速載荷試験	1	0.025MPa (1mm)
	2	0.050MPa (1mm)
	3	0.050MPa (2mm)
	4	0.060MPa (2mm)
	5	0.075MPa (2mm)

2mmの変位でシリンダー内の空気圧による負荷しなくなるように制御したが、沈下が進んでいる。これは、杭体の加速度の影響より、シリンダーのピストンの加速度による影響が大きいと考えられる。

急速載荷試験では一質点系の剛体振動で杭の挙動をモデル化できるので、荷重 $P(t)$ が杭頭に作用した場合、運動方程式は式(1)となる。mは杭質量(2.27kg)+付加質量(1.17kg)、cは減衰係数、yは杭頭変位である。

$$m\ddot{y} + c\dot{y} + q(y) = P(t) \tag{1}$$

乾燥した砂を用いているので、復元力 $q(y)$ は載荷速度による強度増加は無視できるので次式とする。

$$\begin{aligned} \dot{y} > 0 \quad q(y) &= Pu [1 - e^{-(y/y_0)}] \\ \dot{y} \leq 0 \quad q(y) &= Pu [1 - e^{-(y/y_0)}] + K(y - y_r) \end{aligned} \tag{2}$$

また、減衰係数cは急速載荷試験における荷重 - 変位の履歴曲線から算出できる等価減衰定数 he から求める。

$$c = 2he\sqrt{\partial q(y) / \partial y \cdot m} \tag{3}$$

式(1)~式(3)における未知量は復元力に関わる Pu 、 y_0 、 K である。そこで、未知量を順次変化させながら、剛体振動の応答計算を繰り返し行い、応答変位と測定された杭頭変位がフィットする値の組合せを Pu 、 y_0 、 K の推定値とした。 Pu 、 y_0 が推定できれば、式(2)より静的載荷試験と同等な杭の静的な荷重 - 変位関係を推定することが可能である。

表-3に解析に用いた等価減衰定数 he と推定した Pu 、 y_0 を示す。また、図-4に静的載荷試験結果と表-3のパラメータから得られる各ケースの静的な支持力の推定値を比較したものを示す。ケース1の推定値は静的載荷試験とよく一致している。このケースの載荷荷重は第2限界抵抗力程度で、最大変位は杭径の約3.3%程度の急速載荷試験結果である。

一方、ケース2~5では、推定値が静的試験結果とは異なり、荷重 - 変位曲線は急速載荷試験結果(図-3)とほぼ同じになっている。これは、等価減衰定数 he が全ケースともほぼ同程度になっていることが影響しているものと考えられる。

5.まとめ

急速載荷試験から静的載荷試験と相当の荷重 - 変位関係を求める推定手法の適用範囲を模型杭を用いた試験によって検討を行った。その結果、最大変位が杭径の約3.3%程度の急速載荷試験結果でも推定が可能であることが確認できた。

<参考文献>

- 1) 荒巻真二, 烏野清, 麻生稔彦, 落合英俊: 杭周面摩擦力の速度依存性を考慮した剛体振動理論による急速載荷試験の支持力推定に関する検討, 構造工学論文集 Vol.49A, pp.1223-1228, 2003.3

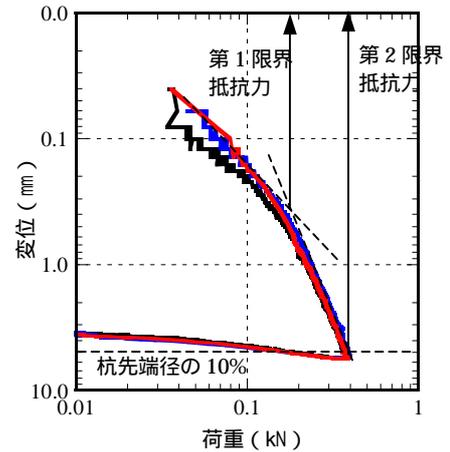


図-2 静的試験結果

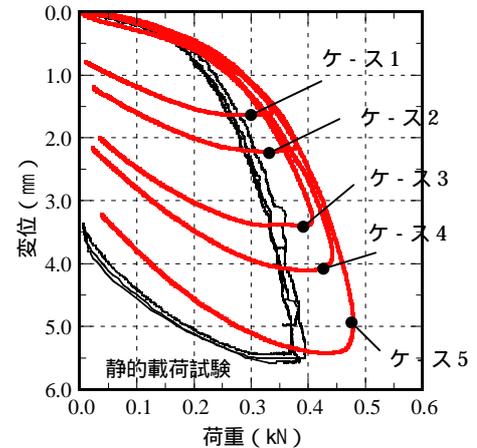


図-3 急速載荷試験と静的載荷試験

表-3 等価減衰定数と復元力の推定値

ケース	he	Pu (kN)	y_0 (mm)
1	0.24	0.36	1.20
2	0.26	0.41	1.12
3	0.24	0.43	1.17
4	0.25	0.45	1.17
5	0.28	0.49	1.44

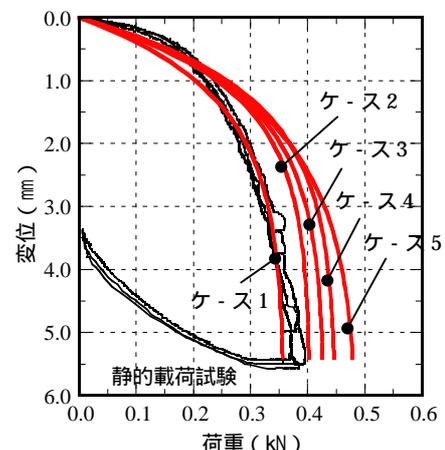


図-4 静的載荷試験と推定値