

急速載荷試験における載荷荷重と静的支持力の推定精度について

九州共立大学 正〇荒巻 真二 九州共立大学 正 鳥野 清
九州大学大学院 F 落合 英俊 九州共立大学 学 武田 篤史

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。

急速載荷試験の最大荷重は確認すべき鉛直支持力の特性値に対して十分な大きさである必要があるとされているが、もし、十分でない場合、静的支持力の推定精度にどの程度影響するか不明である。

本研究では模型杭に対して、最大載荷荷重を変えた急速載荷試験を実施し、その測定値から推定した杭の静的支持力の推定精度について検討を行った。

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(φ300mm, 高さ550mm)に下層分の試料を投入後、振動台を利用して相対密度 $D_r=100\%$ になるようにした。その後、杭を設置し、試料を投入しながら振動を加え、杭周面地盤の相対密度も100%になるようにした。ただし、杭先端部には発砲スチロール(φ100mm, 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。シリンダー内への空気加圧、減圧のための電磁弁の開閉操作は手動によって行った。

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。

3. 静的試験結果

図-2は静的試験における杭頭載荷荷重、杭先端力および周面摩擦力を示したものである。試験は2回実施したが、荷重-変位の関係はほぼ同じ値となっており、模型地盤がほぼ同一条件で作成できていることを示している。第1限界抵抗力は0.32kN, 0.35kNであった。この荷重時に周面摩擦力がほぼ限界値になっていることが分かる。また、第2限界抵抗力は0.50kN, 0.48kNであった。

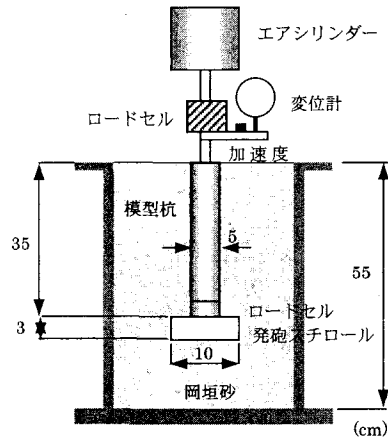


図-1 試験装置

表-1 砂の物性試験結果

試料名	岡垣砂
土粒子密度 ρ_s	2.640g/cm ³
最大密度 ρ_{max}	1.655g/cm ³
最小密度 ρ_{min}	1.423g/cm ³

表-2 試験ケース

	試験方法	載荷速度又は最大載荷荷重
1	静的載荷試験	0.5mm/min
2	急速載荷試験	0.25kN
3	急速載荷試験	0.35kN
4	急速載荷試験	0.50kN

4. 急速載荷試験結果

急速載荷試験の載荷荷重は第2限界抵抗力の50%(ケース2), 70%(ケース3), 100%(ケース4)として行った。

図-3に各ケースの急速載荷試験結果の荷重と杭頭変位の時刻歴を示す。この波形は30Hzのローパスフィルタ処理を行ったものである。

荷重が最大になるまでの時間はどのケースにおいてもほぼ0.15秒程度であった。これは、電磁弁の開閉スイッチの操作を手動で行ったためである。

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+付加質量、 c は減衰係数、 y は杭頭変位である。

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

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。

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

また、減衰係数 c は等価減衰定数 h_e から求める。

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

式(1)～式(3)における未知量は復元力に関わる Pu 、 δy 、 K である。そこで、未知量を順次値を変化させながら、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 、 δy 、 K の推定値とした。 Pu 、 δy 、 K が推定できれば、式(2)より容易に杭の支持力の推定が可能である。

図-4はケース4の試験結果と応答解析によって求めた応答値（推定曲線）を比較したものである。試験結果と応答値がよく一致しており、急速載荷試験結果から推定される未知量の値の組合せが最適であることが伺える。この時のパラメータはそれぞれ $Pu=0.57\text{kN}$ 、 $\delta y=1.56\text{mm}$ 、 $K=2.80\text{kN/mm}$ であった。

図-5にケース1の静的試験結果とケース3、4の結果から得た静的な支持力を比較したものを示す。ケース3の推定値は静的試験と大きく異なっているのに対し、ケース4の推定値は概ね静的試験結果と一致している。

5. まとめ

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を行い、その推定精度の検討を行った。その結果、急速載荷試験の載荷荷重は第2限界抵抗力程度あれば、静的支持力を推定することが可能であった。

<参考文献>

- 1) 荒巻真二，鳥野清，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.12231228, 2003.3
- 2) 地盤工学会：杭の鉛直載荷試験方法・同解説—第一回改訂版—，2003.5

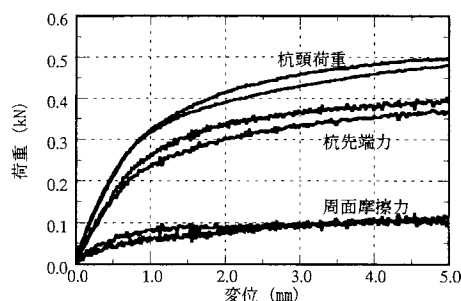


図-2 静的試験結果

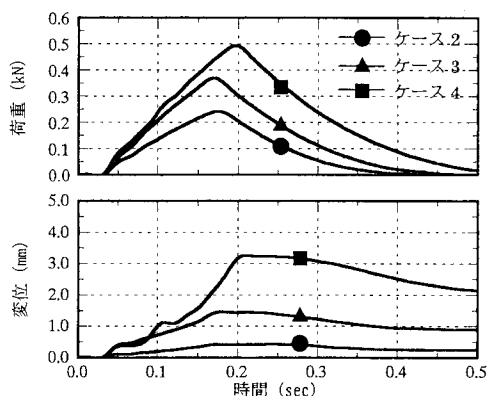


図-3 急速載荷試験時刻歴

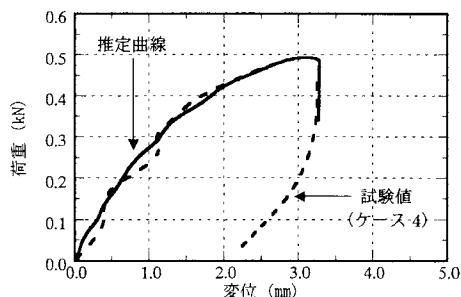


図-4 急速載荷試験結果と推定曲線

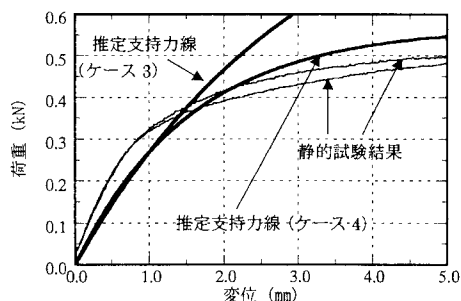


図-5 静的試験結果と推定支持力値