

急速載荷試験の載荷荷重と静的支持力の推定精度

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 田中 順二

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⁾

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²⁾とされているが、もし、大きさが十分でない場合、提案した手法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 $Dr=100\%$ 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、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。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. 静的試験結果

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2回実施し、それぞれの第1限界抵抗（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）は0.32kN、0.35kNであった。また、第2限界抵抗（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）は0.50kN、0.48kNであった。

4. 急速載荷試験結果

急速載荷試験の載荷荷重はケース1では第1限界抵抗、ケー

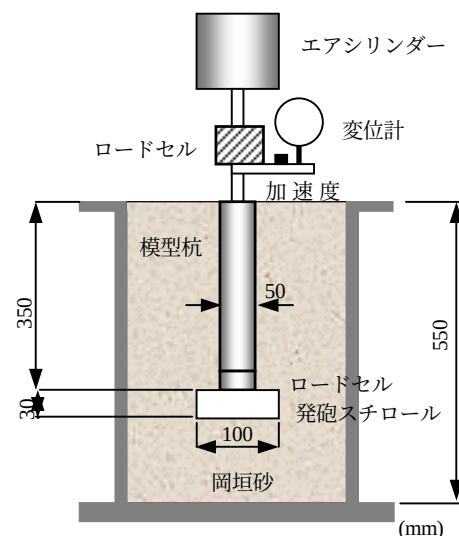


図-1 試験装置

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

ケース	試験方法	最大載荷荷重
1	急速載荷試験	0.35kN
2	急速載荷試験	0.43kN
3	急速載荷試験	0.50kN

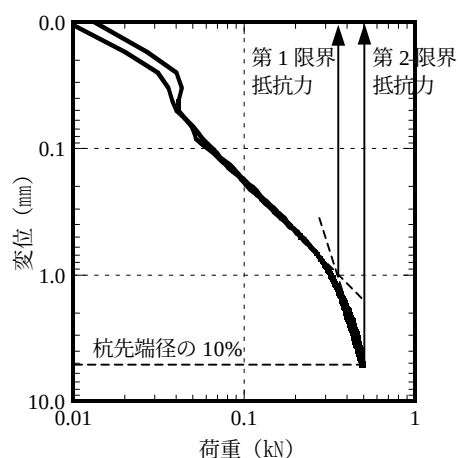


図-2 静的試験結果

キーワード：急速載荷試験、支持力、模型実験、剛体振動

連絡先：〒807-8585 北九州市八幡西区自由ヶ丘1-8 九州共立大学工学部土木工学科 TEL 093-693-3039

ス3は第2限界抵抗力、ケース2はケース1と3の中間程度の値を目標とした。

図-3に各ケースの急速载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。この時刻歴波形より静的支持力の推定を行う。

急速载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。

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

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

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

また、減衰係数 c は急速载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 h_e から求める。

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

式(1)～式(3)における未知量は復元力に関わる P_u 、 δy 、 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 P_u 、 δy 、 K の推定値とした。 P_u 、 δy 、 K が推定できれば、式(2)より容易に杭の静的支持力の推定が可能である。

表-3は推定したパラメータの値を示したものである。1例として、図-4にケース3の試験結果と応答解析によって求めた応答値（推定曲線）を比較したものを示す。試験結果と応答値がよく一致しており、急速载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と考えられる。

図-5に静的試験結果と表-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の推定値は静的試験と大きく異なっているのに対し、ケース2、3の推定値は概ね静的試験結果と一致している。

5. まとめ

最大载荷荷重を変えた急速载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、急速载荷試験の载荷荷重は第1限界抵抗力と第2限界抵抗力の中間値以上であれば、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, 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载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: 杭の鉛直载荷試験方法・同解説一第一回改訂版一, 2003.5

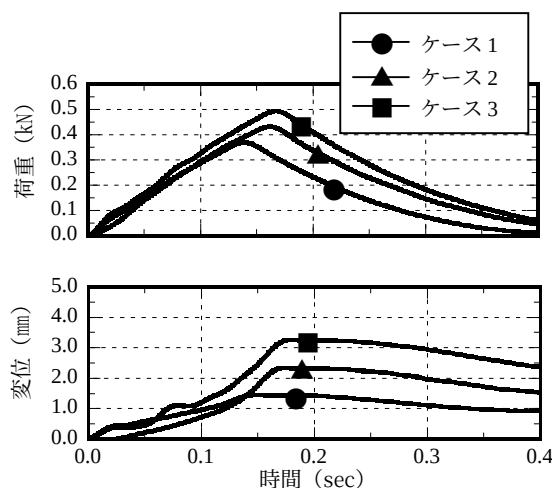


図-3 急速载荷試験時刻歴

表-3 パラメータの推定値

ケース	P_u (kN)	δy (mm)	K (kN/mm)
1	1.17	3.87	2.18
2	0.46	0.78	1.75
3	0.57	1.56	2.80

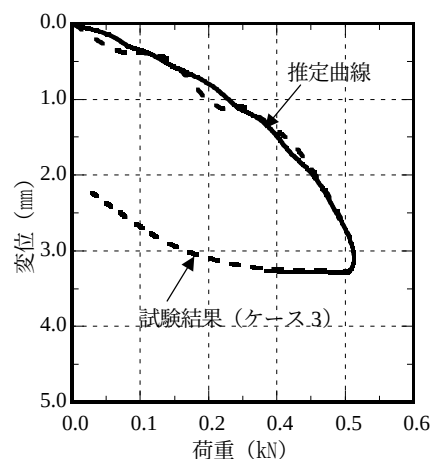


図-4 急速载荷試験と推定曲線

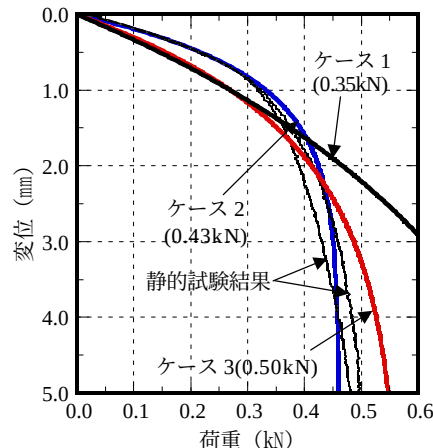


図-5 静的試験結果と推定支持力