

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

九州共立大学大学院 学 田中順二

九州共立大学 正 荒巻真二 烏野 清

1. はじめに

最大載荷荷重を変えた急速載荷試験を模型杭に対して実施し、別途行った静的試験結果との比較より、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ている。本研究では、提案した推定手法の適用範囲を明確にする目的で、支持力特性の異なる模型杭に対して急速載荷試験を実施し、検討を行ったものである。

2. 模型地盤および試験方法

試料は乾燥した岡垣砂を使用し、模型地盤はアクリル製の土槽（300mm、高さ550mm）に空中落下法で、相対密度 $D_r=70\%$ になるように作成した。また、杭先端部には発砲スチロール（100mm、高さ30mm）を設置し、鉛直支持力の特徴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。

図-2に使用した2種類の模型杭を示す。模型杭は直径50mm、長さ350mmの鋼管杭で、杭先端部にロードセルを取り付け、先端支持力を直接測定できるようにしている。鋼管を杭Aとし、鋼管周面に砂を付着させて摩擦力を向上させたものを杭Bとして試験を行った。

試験ケースを表-1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-3に静的試験結果を示す。図中の周面摩擦力は測定した杭頭部と先端部の荷重の差より算出したものである。杭先端支持力はどちらの杭先端地盤も条件が同じであるため、ほぼ同程度の値となっている。一方、杭Aの周面摩擦力は先端支持力の1/2程度となっており、杭Bの周面摩擦力よりかなり小さい。このため、杭Aは周面支持力が極限值となった以降でも、杭先端部および杭頭部の支持力も増加し続け、支持杭の挙動を示している。杭Bでは周面摩擦力が極限值となった以降、杭先端支持力は増加しているが、周面摩擦力が支配的なため、杭頭部の支持力は大きな増加を見せず、摩擦杭の挙動を示している。

4. 急速載荷試験結果

図-4は各ケースの急速載荷試験における荷重と杭頭変位の関係および静的試験結果を杭Bを例として示したものである。弾性範囲内

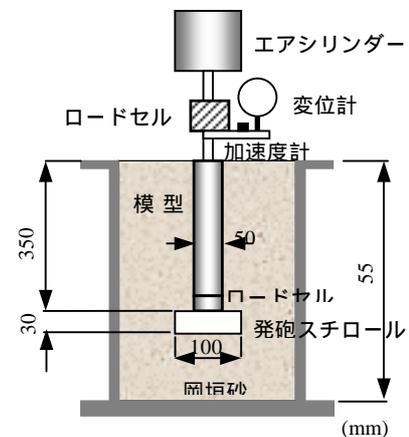


図-1 試験装置



杭A

杭B

図-2 使用した杭

表-1 試験ケース

ケース	杭A	杭B
	空気圧(制限変位)	空気圧(制限変位)
1	0.025MPa (1mm)	0.100MPa (1mm)
2	0.050MPa (1mm)	0.125MPa (1mm)
3	0.050MPa (2mm)	0.175MPa (1mm)
4	0.060MPa (2mm)	0.150MPa (2mm)
5	0.075MPa (2mm)	0.160MPa (2mm)

キーワード：急速載荷試験，模型杭，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 TEL093-693-3226, 093-693-3226

では急速荷重試験と静的荷重試験の違いは見られないが、第1限界抵抗力以降は動的な影響が見られる。

5. 支持力推定法

急速荷重試験では杭の挙動を一質点系の剛体振動として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。ここで、 m は杭質量(2.27kg)+付加質量(1.17kg)、 c は減衰係数(N・sec/m)、 y は杭頭変位(m)である。

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

今回の試験では乾燥砂を用いているので、復元力 $q(y)$ は荷重速度による強度増加は無視できるので次式とする。ここで、 P_u は極限支持力(N)、 y_r は降伏変位(m)、 K は除荷過程の勾配(N/m)、 y_r は荷重から除荷過程へ移行する変位(m)である。

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

また、減衰係数 c は急速荷重試験における荷重 - 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。

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

式(1)~式(3)における未知量は復元力に関わる P_u 、 y_r 、 K である。そこで、未知量の初期値を全て0とし、順次、値を増加させながら剛体振動の応答計算を繰返し行い、応答変位と測定された杭頭変位の差の二乗和が最小となるような値の組合せを P_u 、 y_r 、 K の推定値とした。 P_u 、 y_r が推定できれば、式(2)より静的荷重試験と同等な杭の静的な荷重 - 変位関係を求めることが可能である。

6. 支持力推定結果と適用範囲

図-5に杭Bにおける静的荷重試験結果と各ケースの静的支持力の推定値を比較したものを示す。全ケースとも静的荷重試験と荷重 - 変位曲線がほぼ一致していることがわかる。

図-6に急速荷重試験の最大変位を杭径で除したものと、推定した P_u を静的荷重試験の第2限界抵抗力で除してもとの関係を示す。杭Aでは最大変位が増加するにしたがって推定精度が悪くなっている。一方杭Bはケース1で推定した P_u が第2限界抵抗力に対して10%を多少越えるが、それ以外では10%以内の誤差となっている。また、最大変位が増加するにつれて誤差が減少し、推定精度は向上していることがわかる。

7. まとめ

杭の急速荷重試験に対して支持力推定法を適用する場合には、最大変位が杭径の5%以上の観測データがなければ、静的試験の第2限界抵抗力相当の支持力推定は困難である。

<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荷重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

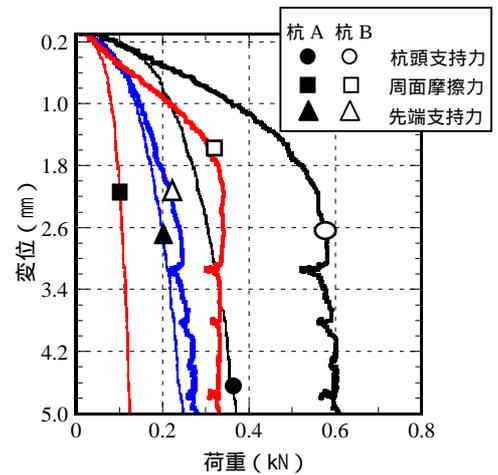


図-3 静的試験結果

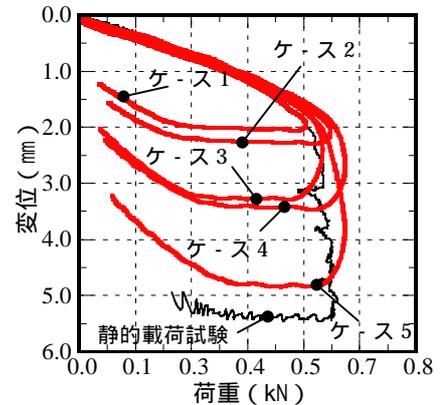


図-4 静的荷重試験と推定値

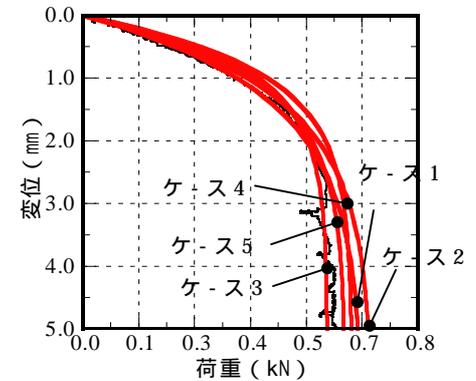


図-5 静的荷重試験と推定値

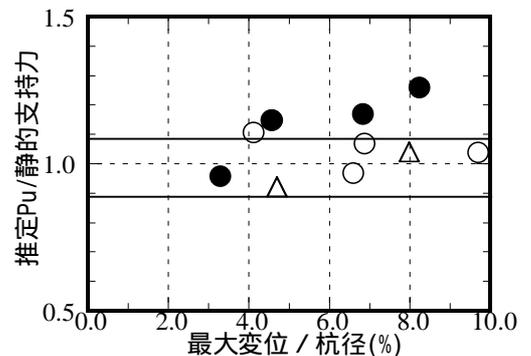


図-6 推定精度と適用範囲