

実地盤に施工した杭に対する連続載荷試験と動的載荷試験の比較

杭, 動的載荷試験, 連続載荷試験

地盤試験所 正会員 ○高野 公作
亀井 秀一

1.はじめに

従来から、杭の支持力特性を評価する杭の鉛直載荷試験は、静的載荷試験と動的載荷試験に分類され、さらに、静的載荷試験は荷重保持時間の有無によって段階載荷方式と連続載荷方式（連続載荷試験）がある。一方、動的載荷試験は荷重の杭頭への作用時間に応じて急速載荷試験と衝撃載荷試験に分類される。これらの試験方法は実績も多く、文献²⁾や杭基礎設計便覧：日本道路協会等にも示されている。一方、これらの試験で得られる支持力特性については、十分に検討されていないのが現状である。

本文は、これらの試験のうち連続載荷試験と急速載荷試験に着目し、静的載荷試験の段階載荷方式と急速載荷試験を行った文献¹⁾の杭に対して連続載荷試験を行い、この両者によって得られる支持力特性を比較したものである。

2.連続載荷方式の試験概要

試験条件は、文献¹⁾に紹介されている地盤条件、試験杭、計測項目と同一である。試験は、文献¹⁾の段階載荷方式の試験が終了した直後に実施した。なお、試験杭には段階載荷が終了した時点で、杭頭で20.57mm（杭径の約2.5%）の残留変位量が生じていた。

試験方法は、文献²⁾に従って実施した。荷重速度は43kN/secで、図-1に示すように15,000kNまで載荷した。

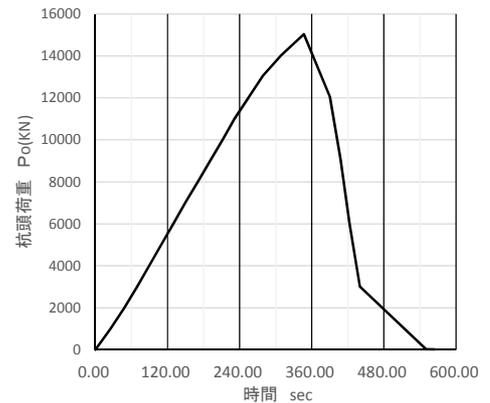


図-1 連続載荷試験の載荷荷重—時間の関係

3.試験結果

段階載荷方式の試験が終了した杭に対して実施した連続載荷試験と急速載荷試験の杭頭の荷重—変位量関係を図-2に示す。この図が示すように、当然のごとく文献¹⁾と同様連続載荷試験でも第二限界抵抗力が明確に出現しなかったため、同図にはワイブル曲線で近似した結果も併せて示している。また、表-1に、連続載荷試験結果と文献¹⁾の急速載荷試験結果のワイブル曲線で求めた第二限界抵抗力を比較したものを示す。この第二限界抵抗力は、杭頭の沈下量が杭径の10%に達した時の値である。

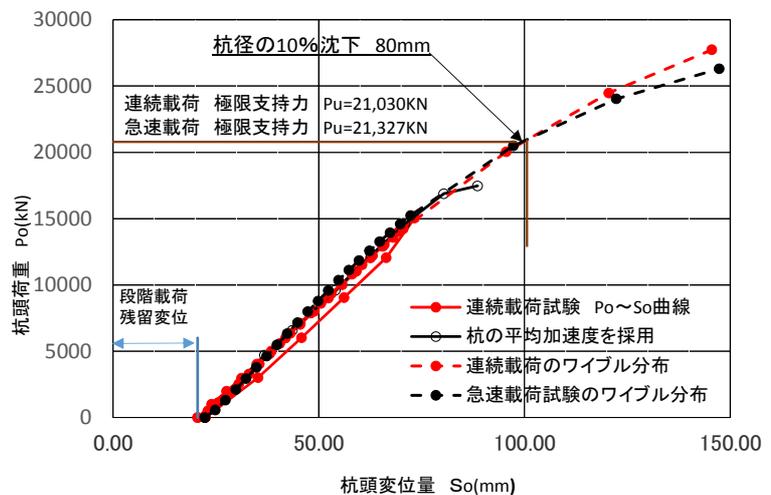


図-2 連続載荷と急速載荷の杭頭荷重—沈下量曲線

この表が示すように、連続載荷試験結果と急速載荷試験結果は良く一致している。

これは、文献²⁾の急速載荷試験の杭体を一質点と仮定し除荷点抵抗力で静的支持力を求める規定が、文献¹⁾に示されるように、杭頭変位量の70%が杭の弾性変形で杭先端変位がわずか30%となるような支持力機構を示す杭では、杭体を剛体と評価できず一質点とする仮定条件の成立は難しいことが判った。今回は、急速載荷試験の3深度に設置した加速度計の平均値を採用することで連続載荷試験結果との整合がとれることが判明した。

このように、急速載荷試験では杭の加速度を適切に評価する事で、連続載荷試験と急速載荷試験による試験方法の違いによらず、杭頭の支持力を正確に評価できる事が明らかとなった。

連続載荷試験	急速載荷試験	連続載荷試験／急速載荷試験
21,030(kN)	21,327(kN)	98.3%

次に、急速荷重試験と連続荷重試験で杭頭の荷重荷重がほぼ等しい時の深度方向の軸力及び周面摩擦力分布を比較したものを図-3及び図-4に示す。この図が示すように、摩擦低減材を塗布していない杭頭から10m区間の粘土質砂礫(N≒20)の盛土層は、周面摩擦力度は小さいが両杭ともよく一致する摩擦力度であった。

摩擦低減材を塗布している深度10mから杭先端付近の深度23mまでの深度方向の軸力分布をみると、連続荷重試験に比べて急速荷重試験の方が若干大きな摩擦力度を示している。

この原因は、試験の荷重速度の違いによるものなのか、摩擦低減材の影響なのかは、今回の試験だけでは明確に判断することは出来なかった。

次に、杭先端支持力について考察する。図-5に、杭先端荷重と杭先端変位量の関係を示す。

連続荷重試験の荷重と変位量は最大荷重まで弾性変形の性状を示している。これに対し急速荷重試験は初期からなだらかなカーブを示し弾塑性変形の性状を示している。この原因として連続荷重は先端変位量をダイヤルゲージで直接計測している。これに対し、急速荷重試験の先端変位は杭に設置した加速度計の2階積分で間接的に算出しており、この数学的な処理により誤差が生じた可能性が高いと考えている。

今回の杭は強固な支持地盤に固定されており、両試験の杭先端変位量の誤差は少ないと想定されるが、図-5に示すように両試験の杭頭荷重で15,000kN相当の誤差は5mm程度発生していたことから、この差がこの数学的な処理による誤差と考えている。

4.まとめ

原位置で施工された実杭に対して行った急速荷重試験と連続荷重試験の結果を比較し、両者の試験結果の支持力特性の違いを考察した。

その結果、杭頭における荷重-変位関係は、両者でよく一致した。一方、周面摩擦力度は急速荷重試験の方がやや大きな値が得られた。これは、荷重速度の影響か摩擦低減材を塗布したことによるものかは明確に判断出来なかった。また、先端変位量は急速荷重試験の方が連続荷重試験よりも大きな値となったが、これは計測方法の違いによるものと考えられる。現時点では、急速荷重試験において先端変位量を求めるためには加速度の2階積分によらざるを得ないが、今後は、より精度よく評価できる方法を検討していくことが必要であると考える。

今回、原位置で連続荷重試験と急速荷重試験の比較試験を実施した。今後も、引き続き検証をすすめていきたいと考えている。

謝辞

最後に、本試験にあたっては、株式会社横山基礎工事の代表取締役 横山弘介様はじめ関係各位に多大なご協力をいただいた。ここに感謝の意を表す。

【参考文献】

- 1) 河野哲也, 今広人, 七澤利明, 加藤篤史: 実地盤に施工した杭に対する段階荷重試験と動的荷重試験の比較, 第53回地盤工学研究発表会(投稿中)
- 2) 社団法人地盤工学会: 杭の鉛直荷重試験方法・同解説第一回改定版, 2002.5

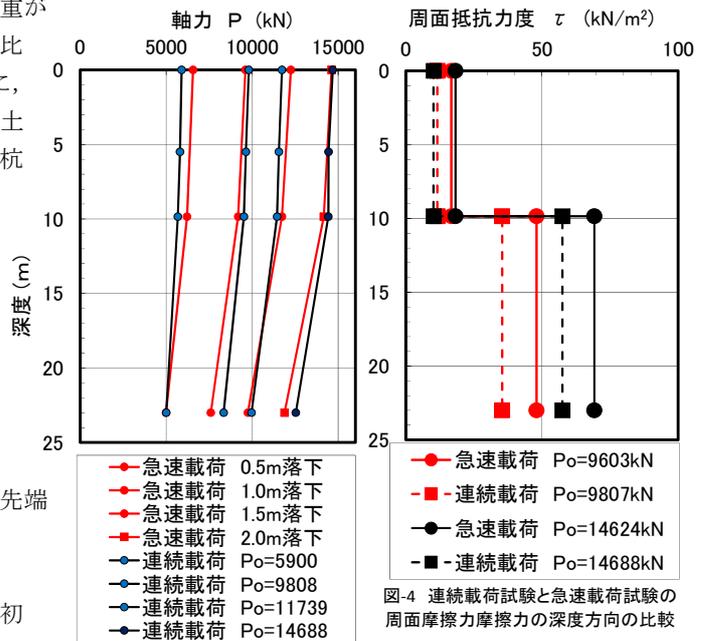


図-4 連続荷重試験と急速荷重試験の周面摩擦力の深度方向の比較

図-3 連続荷重試験と急速荷重試験の軸力の深度方向分布の比較

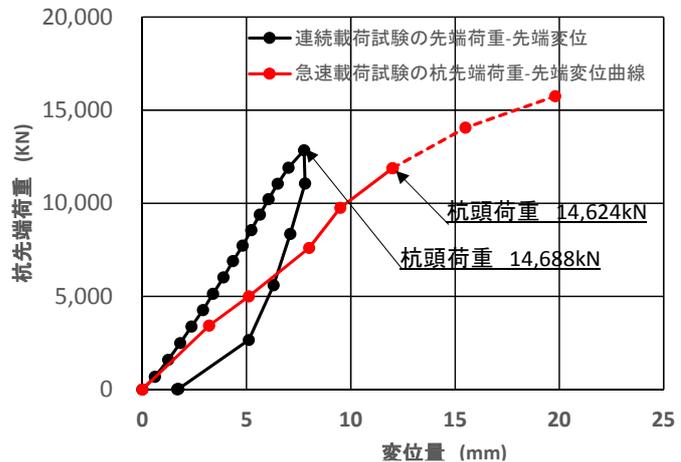


図-5 杭先端荷重-杭先端変位量の関係