

## 鋼管杭の動的水平載荷試験法 (その 3 - 実杭の試験検証その 2)

載荷試験, 杭, 試験方法

ジャパンパイル(株) 正 小嶋 英治 熊谷 裕道  
 金沢大学大学院 国際 松本 樹典 Kitiyodom Pastsakon  
 寒地土木研究所 国際 富澤 幸一

## 1. はじめに

杭基礎設計法の性能規定化に伴い、地盤性状を的確に把握し、杭の変形挙動をより正確に予測することが重要となってきた。設計時には杭変形・地盤反力を地盤調査データから解析するが、杭の実挙動を把握するには実杭の載荷試験に勝るものはない。このために静的載荷試験が行なわれているが、費用および時間を要し、簡便な載荷試験の開発が望まれる。そこで筆者らは、試験費用が安価となり試験時間を短くできる新たな手法として、杭の動的水平載荷試験の試験システム<sup>1)</sup>を開発した。開発した試験システムは、動的水平載荷装置システム、同計測システム、同マッチング解析システムで、これらのシステムの検証のために、実杭を用いて、動的および静的の水平載荷試験を実施し、これらの両載荷試験の対比から、開発した試験システムの妥当性を検討<sup>2-3)</sup>してきた。

システムの妥当性の検証には、より多くの検証例が必要で、今までに予備実験を含めると 4 箇所地盤で検証を行なってきた。本論文は、前報に続き、新たな地盤(地盤表層において改良を施している)で、開発した試験システムの妥当性を検討する機会を得たので、報告するものである。

## 2. 試験杭および試験地盤

載荷試験は、北海道石狩郡において実施した。図 1 に、試験地盤の土質柱状図を示す。地盤表層で改良を施す前の深度 0.0~34.8m は、主に  $N$  値の小さなシルト層で構成されている。また、深度 34.8m 以深は堅強な砂礫地盤で、杭の支持層である。表層地盤で改良(真空圧密工法)を施した後は、図 1 において○で示しているように、深度 4m 程度まで地盤改良の効果が現れている。

表 1 に、試験杭の仕様を示す。試験杭は、外径 800mm、全長 36.5m の鋼管杭で、実際に橋脚を支持する用途に供するものである。施工方法は打撃工法(ラム質量 10t の油圧ハンマーを使用)である。なお、動的水平載荷試験と静的水平載荷試験は、別々の試験杭で実施した(諸元値は表 1 に示すもので共通)。双方の載荷試験に用いた杭の杭芯間距離は 2.0m である。また、載荷試験時にはいずれも、地表面から約 0.8m 突出させた。

## 3. 試験装置, 試験方法および試験手順

静的載荷試験については、土質工学会基準「杭の水平載荷試験方法・同解説」<sup>4)</sup>に従い、正負交番多サイクル方式にて実施した。載荷点は、杭頭から 300mm の位置とした。荷重範囲は約 -600~+570kN で、変位応答範囲は約 -36~+38mm である。

動的載荷試験については、質量 2.14t の鉄製ハンマーを杭頭から 300mm の位置に衝突させて、杭体に載荷した。その際、ロードセルで水平載荷荷重を、インダクタンス式変位計で載荷位置の水平変位を、圧電型加速度計によって水平加速度を、それぞれ 15 $\mu$ s 間隔で測定した。

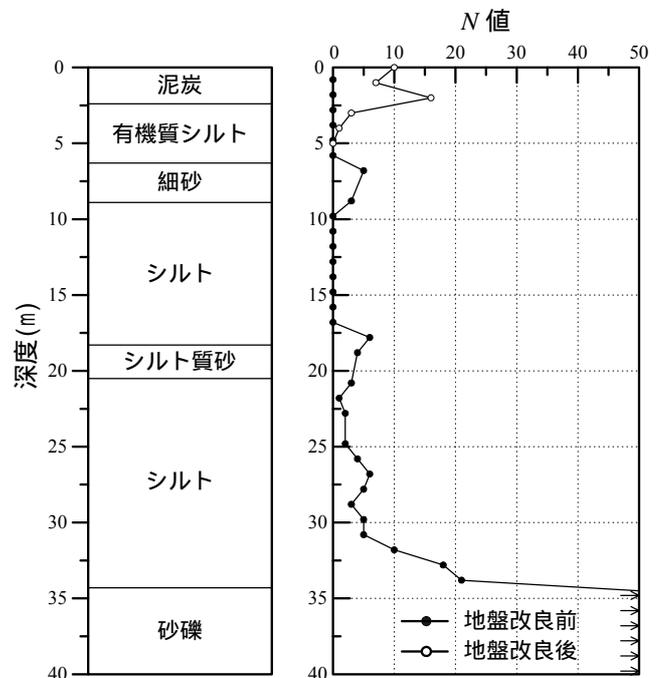


図 1 試験地盤の土質柱状図

表 1 試験杭の仕様

杭種	外径 (mm)	杭長 (m)	板厚 (mm)
上杭	800	6,000	12
下杭		30,500	9

Method for dynamic horizontal load test of steel-pipe-piles(part3-Verification for actual piles part2)

E.Kojima, H.Kumagai (Japan Pile Corp.), T. Matsumoto, P.Kitiyodom (Kanazawa University)

K.Tomisawa(Civil Engineering Research Institute for Cold Region)

#### 4. 測定結果および解析結果

図2に、動的水平載荷試験における水平載荷荷重を示す。これより、水平荷重の載荷継続時間は約55ms、最大荷重は約330kNである。

図3～5に、動的載荷試験結果と波形マッチング解析結果を示す。波形マッチング解析は、解析プログラムKwaveHybrid<sup>1)</sup>を用いて、図2に示す測定水平載荷荷重を入力条件として行った。図3～5は、それぞれ、時間-水平変位、水平荷重-変位関係、杭曲げモーメント深度分布の測定結果と、最終の波形マッチング解析結果である。解析による水平変位は、立ち上がり部分および最大変位量に関して、実測結果とよく一致した。また、解析による水平荷重-変位関係および杭曲げモーメント深度分布は、実測結果をよく表現している。表2に、以上のマッチング解析で同定された地盤パラメータを示す。

図6に、表2の地盤パラメータを用いて計算した静的な水平荷重-変位関係を、実測と比較したものを示す。計算による水平荷重-変位関係は、実測結果を比較的良好に表現している。

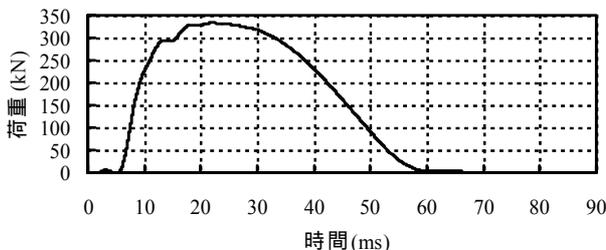


図2 水平載荷荷重

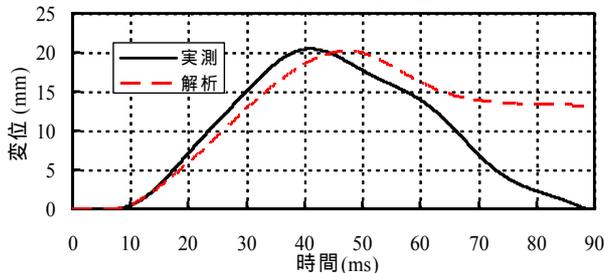


図3 水平変位 (試験結果と解析結果)

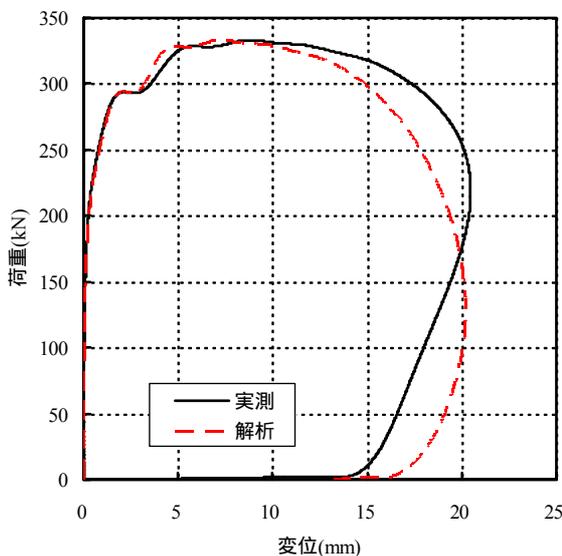


図4 荷重-変位関係 (試験結果と解析結果)

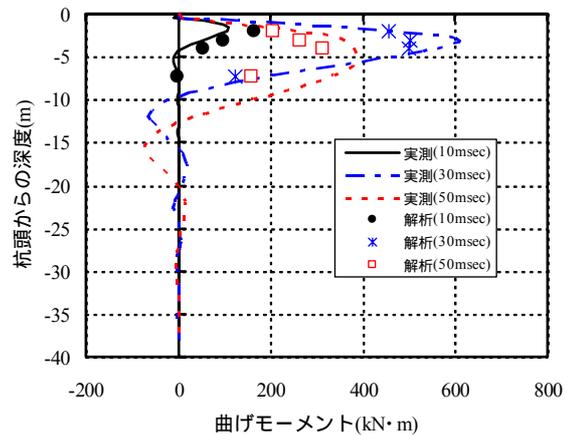


図5 杭曲げモーメント深度分布 (試験結果と解析結果)

表2 波形マッチング解析で同定された地盤パラメータ

深さ (m)	せん断剛性 (kPa)	最大水平抵抗 (kPa)
0.0 ~ 2.7	9,615	116
2.7 ~ 18.4	836	弾性範囲
18.4 ~ 31.8	1,607	弾性範囲
31.8 ~ 37.0	11,587	弾性範囲

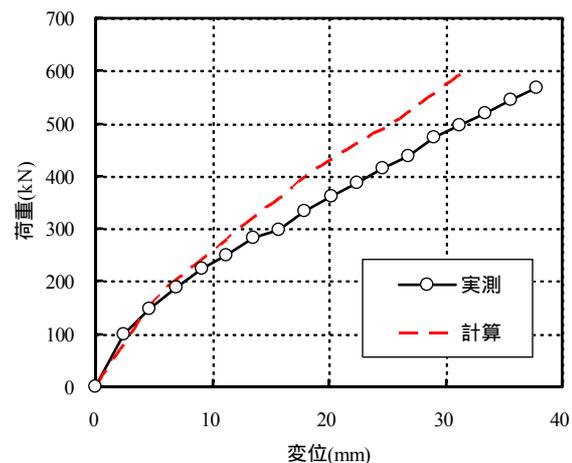


図6 静的載荷試験結果と計算結果 (荷重-変位関係)

#### 5. まとめ

地盤表層において改良(真空圧密工法)を施した実現場において、実大鋼管杭を用いた動的および静的水平載荷試験を実施した。動的水平載荷時の測定シグナルを用いた波動解析に基づいて静的な水平荷重-変位関係を推定したところ、実測結果と良い対応を示した。

【参考文献】 1)Kitiyodom, P., Matsumoto, T., Kojima, E., Kumagai, H. and Tomisawa, K. (2006): Analysis of static and dynamic horizontal load tests on steel pipe piles. Proceedings of 10<sup>th</sup> International Conference on Piling and Deep Foundations, 690-699. 2)富澤幸一, 三浦清一, 小嶋英治, 松本樹典: 鋼管杭の動的水平載荷試験法(その1-システム開発), 第41回地盤工学研究発表会, pp.1563-1564, 2006. 3)小嶋英治, 松本樹典, 富澤幸一, 三浦清一: 鋼管杭の動的水平載荷試験法(その2-実杭の試験検証), 第41回地盤工学研究発表会, pp.1565-1566, 2006. 4)(社)土質工学会: 土質工学会基準 杭の水平載荷試験方法・同解説, 1983.10