

杭の動的水平載荷試験システムの開発 （その3 地盤改良を施した実現場における試験結果および解析結果）

ジャパンパイル(株) 正会員 熊谷 裕道
 ジャパンパイル(株) 正会員 小嶋 英治
 寒地土木研究所 正会員 西本 聡
 寒地土木研究所 正会員 富澤 幸一
 金沢大学大学院 正会員 松本 樹典
 金沢大学大学院 正会員 Kitiyodom Pastsakorn

1. はじめに

筆者らは、試験方法、測定方法および解析方法を含めた杭の動的水平載荷試験システムを開発している。前報^{1)・2)}では、表層が比較的軟弱な粘土層で覆われている地盤において、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、動的水平載荷時の測定シグナルを用いた波動解析を行うことにより静的な水平荷重 - 変位関係を推定して、実測結果と比較した。

今回、杭の動的水平載荷試験システムを開発するにあたり、より多くの基礎データを収集することを目的として、筆者らは再度、地盤表層において改良（盛土による強制圧密脱水工法）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。本報では、前報^{1)・2)}と同様に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、実測結果と比較している。

2. 試験地盤および試験杭

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およびPS検層結果を示す。深度0.0～2.6mは、地盤改良（強制圧密脱水工法）を目的とした盛土層である。深度2.6～18.4mは、主にN値の小さなシルト層で構成されている。

表1に、試験杭の諸元を示す。試験杭は、外径800mm、全長44m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、載荷方向も共通）。双方の載荷試験に用いた杭の杭芯間距離は4.0mである。また、載荷試験時にはいずれも、杭体を地表面から約0.8m突出させた。

キーワード 杭、水平載荷、動的、静的、実験、解析

連絡先 〒104-0033 東京都中央区新川1-17-18（白鹿ビル） Tel 03-5543-4601

標尺 (m)	深度 (m)	地質名	平均N値	P波速度 (m/s)	S波速度 (m/s)	杭姿図
5	2.6	盛土	15.0	-	-	
	4.8	泥炭	0.6			
10		粘土質シルト	0.2	1,020	80	
	15					
20	18.4	砂	8.0	1,150	200	
	25					
25	25.6	シルト	6.4	1,150	200	
	28.2	砂	16.2			
30	31.7	シルト	6.4	1,800	400	
	35	シルト混じり砂礫	49.4			
40	39.3	シルト	17.2	1,800	400	
	41.7	砂	49.9			
	44.0					

図1 試験地盤の土質柱状図およびPS検層結果

表1 試験杭の諸元（動的・静的共通）

杭種	外径 (mm)	杭長 (m)	板厚 (mm)	ヤング率 (kPa)	密度 (ton/m ³)
上杭	800	5.5	12	2.06×10 ⁸	7.8
下杭		38.5	9		

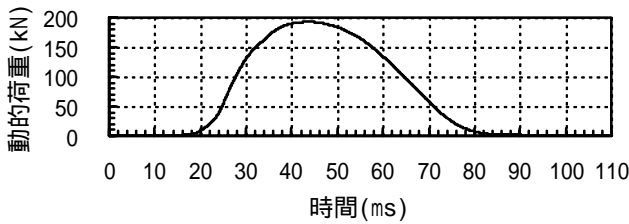
3. 試験装置、試験方法および試験手順

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」³⁾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。

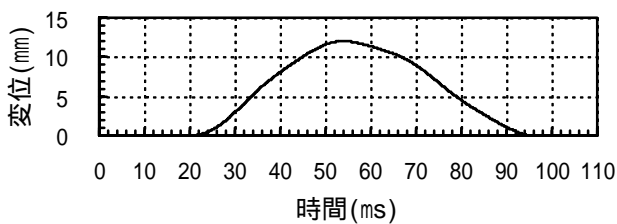
動的載荷試験については、質量2.0tonの鉄製ハンマーを杭頭から300mmの位置に衝突させて、杭体に載荷した。その際、ロードセルで水平載荷荷重を、インダクタンス式変位計で載荷位置の水平変位を、圧電型加速度計によって水平加速度を、それぞれ15μs間隔で測定した。

4. 測定結果

図2に、動的水平載荷試験における測定シグナルを示す。図2(a)より、水平荷重の載荷継続時間は約60ms、最大荷重は約193kNである。また、図2(b)より最大変位は約12.0mmである。

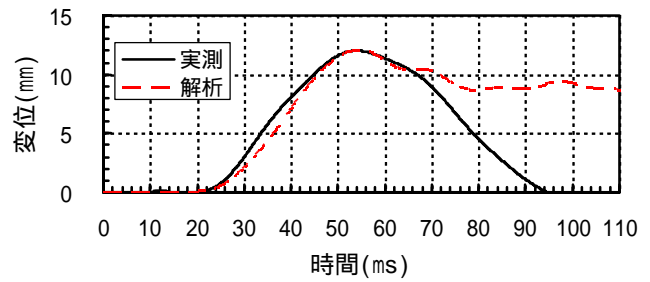


(a) 水平載荷荷重

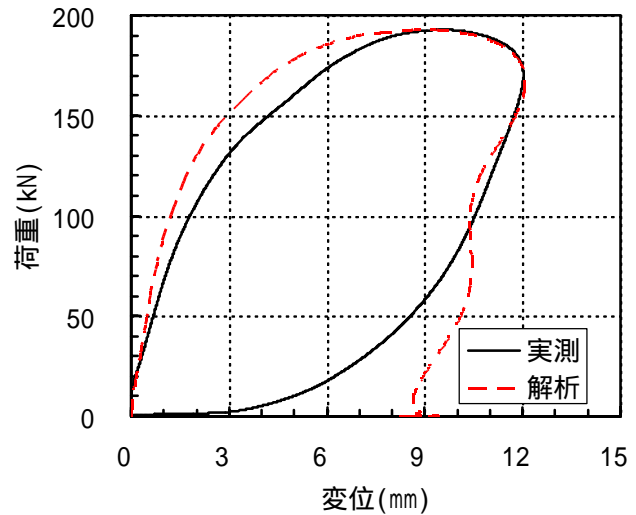


(b) 水平変位

図2 動的水平載荷試験の測定シグナル



(a) 水平変位



(b) 水平荷重 - 変位関係

図3 動的載荷試験結果と波形マッチング解析結果

5. 解析結果

図3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KwaveHybrid⁴⁾を用いて、図2(a)に示す測定水平載荷荷重を入力条件として行った。図3(a)と(b)は、それぞれ、時間 - 水平変位および水平荷重 - 変位関係の測定結果と、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。

表2 波形マッチング解析で用いた地盤パラメータ

深さ (m)	せん断剛性 (kPa)	ポアソン比	最大水平抵抗 (kPa)
0.0 ~ 2.6	8,846	0.300	36
2.6 ~ 18.4	255	0.497	20
18.4 ~ 50.0	5,506	0.481	弾性範囲

図4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。これより、計算による水平荷重 - 変位関係は、実測結果をよく表現している。

6. まとめ

地盤表層において改良（盛土による強制圧密脱水工法）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、実測結果と良好な対応を示した。

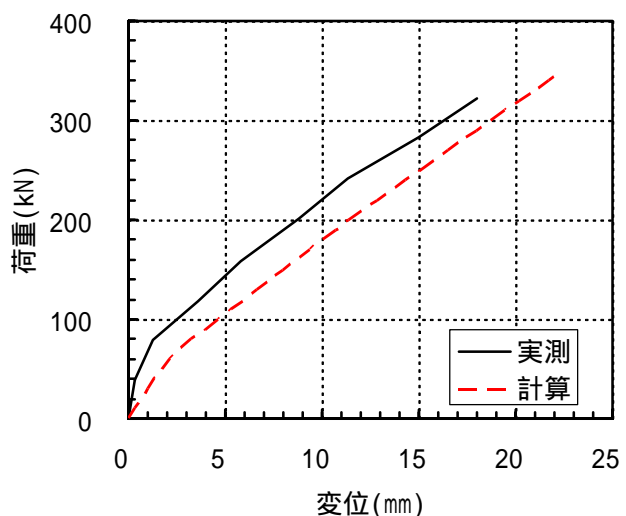


図4 静的載荷試験結果と計算結果（荷重 - 変位関係）

【参考文献】 1) 小嶋英治、他：杭の動的水平載荷試験システムの開発(その1)、土木学会第60回年次学術講演会、pp545-546、2005.9 2) 熊谷裕道、他：杭の動的水平載荷試験システムの開発(その2)、土木学会第60回年次学術講演会、pp547-548、2005.9 3) (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 4) 松本樹典、他：鉛直および水平方向の動的・静的杭載荷試験解析プログラムの開発、2005年度日本建築学会大会学術講演梗概集、2005.9