

III- 366

波動理論による動的支持力測定と波形マッチング

清水建設(株) ○正会員 宮川 昌宏 正会員 嶋田 穰
正会員 大西 雄二 正会員 脇 登志夫

1. はじめに

近年、杭の動的支持力の測定報告は、各方面で数多く発表されているが、その実際の適用については研究途上にある。本稿は鋼管杭打設現場にて行った波動理論による動的支持力測定実験の結果報告である。測定は打設中の杭と打設2日後の杭を再打撃したものについてそれぞれ行い、波形マッチングによる動的支持力算定を行い、これと既存の各動的支持力公式による支持力の比較を行った。なお、打撃波形の計測及び支持力の解析はTNO製のPDA(Pile Drivig Analysis)装置及びTNOWAVE法を使用した。

2. 実験概要

測定を行った鋼管杭及び使用ハンマの仕様を表—1に示す。図—1の計測システム概要に示すように、杭頭から2D (1.4m)の位置にセンサーを取り付け、杭打撃中の加速度及びひずみ波形を記録した。

杭Ⅰは打設中継続して波形を測定し、打止め付近での打撃を選んで解析を行い、杭Ⅱは打設2日後に再打撃を行い解析した。これら2本の杭は近接しており、地盤条件はほぼ等しいと考えられる。図—2に土質柱状図を示す。

3. 波形マッチングと土質定数

動的支持力の解析（TNOWAVE法）は、波形マッチングという手法を用いて行う。

波形マッチングは地盤・杭をモデル化し、計測デー

タから得られた力信号を境界条件として、特性法を用いて解析を行う。計算から得られた速度波、後退波、進行波を計測値と比較し、双方が一致するまでモデルの定数を修正しながら解析を行い動的支持力を求める。

地盤は、弾塑性バネと線形ダンバを使用してモデル化した。解析上の土層区分は土質柱状図及び打撃中の計測データをもとに推定した。波形マッチング時に使用した土質定数を表—2に、マッチング完了波形を図—3～6に示す。

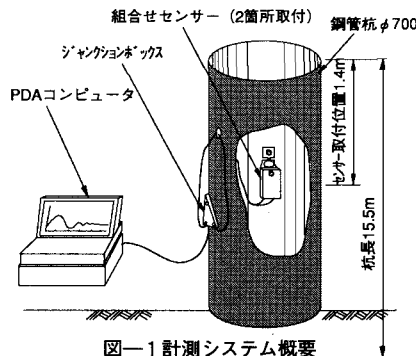
波形マッチングでは、土の剛性（降伏応力と弾性限界変位量の比）が一定の場合に、その値が異なっても同じマッチング結果を示すことがある。従って仮定した弾性限界変位量または降伏応力を大きくとりすぎている場合には、支持力を過大評価してしまいう。このため土の剛性を一定にしたまま弾性限界変位量と降伏応力を減少させてゆき、同じマッチング結果が得られる最小の値を求めた。

4. 結果および考察

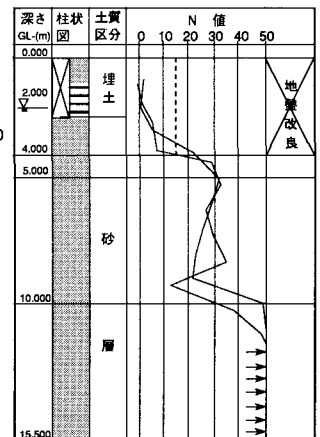
表—2の土質定数を比較すると、打設中に測定した杭Ⅰでは杭Ⅱに比べて先端・周面両方での降伏応力及び先端のダンパー定数が小さくなり、また周面のダンパー定数には大きな変化はなかった。

表—1 鋼管杭・ハンマ仕様

鋼管杭	杭 径	φ 700 (mm)
	肉 厚	t = 11 (mm)
	ヤング係数	2.1E+11 (N/m ²)
	鋼材の密度	7.85E+03 (kg/m ³)
	応力波の速度	5.172E+03 (m/S)
	杭 長	15.5 (m)
ディージェルハンマ	先端補強	杭先端から20cm t=9mm
	形 式	特鋼製 K-45
	ラム重量	4.5 (t)
	全重量	10.5 (t)
	ストローク	2.40 (m)



図—1 計測システム概要



図—2 土質柱状図

算出された動的支持力と各規準の動的支持力公式から求めた結果を表一3に示す。打設中に計測した杭Ⅰの動的支持力は316 tで杭Ⅱの64%となった。これは、杭Ⅱにおいて地盤強度回復の影響が現われたためと考えられる。また、今回算出された値はリバウンド量、貫入量から支持力公式で求めたもののうち道示式での結果に近い値となった。

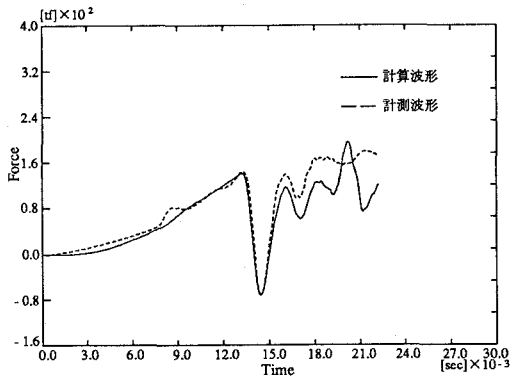
5. まとめ

表一2 土質定数

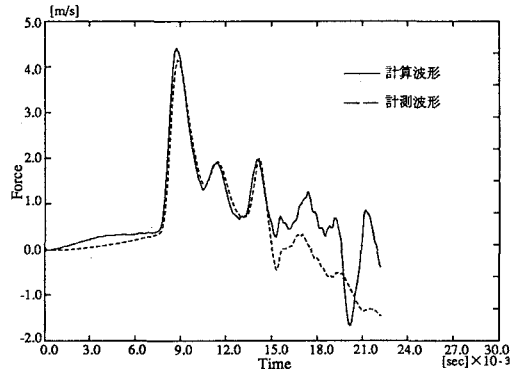
杭Ⅰ					杭Ⅱ				
周面抵抗土質データ					周面抵抗土質データ				
層区分	層厚 (m)	ばね定数 降伏応力 (tf/m ²)	弾性限界 変位量 U _g (mm)	ダンパー 定数 (tf·S/m ³)	層区分	層厚 (m)	ばね定数 降伏応力 (tf/m ²)	弾性限界 変位量 U _g (mm)	ダンパー 定数 (tf·S/m ³)
1	4.0	3.0	1.5	0.5	1	4.0	3.0	1.5	0.0
2	4.0	4.0	1.5	0.5	2	4.0	5.0	1.5	0.5
3	4.0	5.5	1.5	0.5	3	4.0	10.0	1.5	0.8
4	3.5	6.0	1.5	0.5	4	3.5	13.0	1.7	1.0
先端抵抗土質データ					先端抵抗土質データ				
ばね定数 降伏応力 (tf/m ²)	弾性限界 変位量 U _g (mm)	ダンパー 定数 (tf·S/m ³)	先端の状況		ばね定数 降伏応力 (tf/m ²)	弾性限界 変位量 U _g (mm)	ダンパー 定数 (tf·S/m ³)	先端の状況	
9.0	3.3	1.0	閉端		12.0	16.0	5.0	閉端	

表一3 支持力の比較

波形マッチング 動的支持力(tf)		動的支持力公式 (tf)			
杭Ⅰ	杭Ⅱ	建設省告示式	道示式	簡略Hiley式	吉成の式
316.0	492.0	434.9	535.6	683.5	371.6



図一3 杭Ⅰ後退波



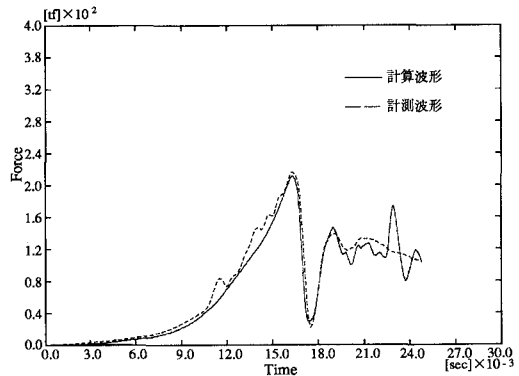
図一4 杭Ⅰ速度波

波形マッチングによる解析によって打設中と再打撃による土質定数の変化を見ることができた。また本実験では静的載荷試験を行っていないため、静的極限支持力と動的支持力の比較はできなかったが、打設中は地盤強度が低減する現象が支持力算定結果に現われ、動的支持力測定ではある期間を経た後の再打撃による測定が適していると考えられる。動的支持力の測定法は今後さらに多く利用されていくことが考えられるが、土質定数の合理的な算出法、再打撃までの期間や静的載荷試験結果との関連などを体系化してゆく必要があると考える。

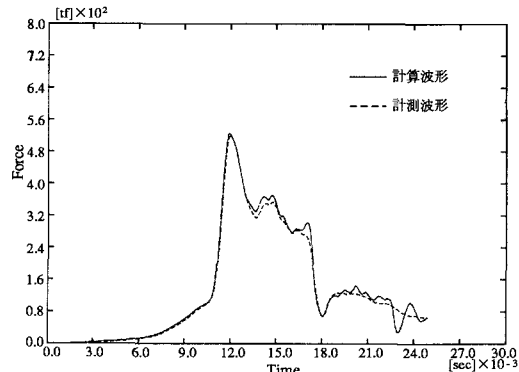
最後に今回の測定実施に協力していただいた㈱フロ・マクレランド・ジャパンの続・政宗両氏に謝意を表します。

参考文献

- 1) Trochanis, A.M., Bielak J., Christiano P.P.
:"Hysteretic Dissipation of Piles under Cyclic Axial Load"
Journal of Geotechnical Engineering, Vol.113, No.4, 1987



図一5 杭Ⅱ後退波



図一6 杭Ⅱ速度波