

Ⅲ-468

珪藻泥岩に打設された鋼管杭スタナミック試験の一次元波動解析

金沢大学工学部 正会員 ○松本樹典 鋼管杭協会 正会員 西村真二
西松建設㈱ 正会員 武井正孝 ㈱地盤試験所 藤沢秀樹

1. はじめに

杭の新しい簡易載荷試験方法として、スタナミック(Statnamic: STN)試験法¹⁾が提案されている。

STN試験データの解釈法の一つとして、杭を集中質点を有する弾性体と仮定して、静的な荷重～沈下関係を推定する除荷点法(Unloading Point Method: UPM)²⁾が提案されている。

本報告では、砂地盤の場合³⁾に引き続き、珪藻泥岩に打設された鋼管杭のSTN試験の事例に対し、一次元波動理論解析による試験の再現を試み、その結果と除荷点法の結果を比較した。

2. スタナミック試験事例

今回、解析の対象としたSTN試験の事例は、珪藻泥岩に打込まれた鋼管杭⁴⁾に対して実施されたものである。図-1に地盤、杭設置状況を、表-1に試験杭の諸元を示す。試験地盤は、珪藻泥岩の均質な地盤であり、開端の鋼管杭をハンマーにより打設している。

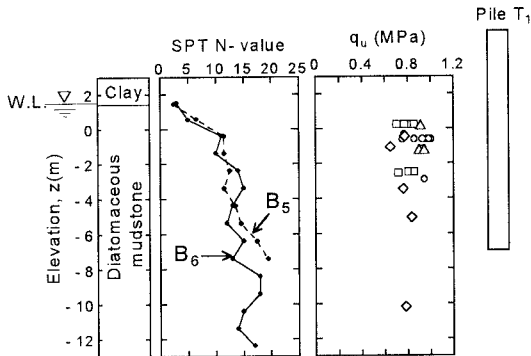


図-1 珪藻泥岩地盤におけるSTN試験の地盤概要と杭の設置状況

表-1 試験杭の諸元

長さ L (m)	11.0
外径 D (mm)	800.0
板厚 t_w (mm)	12.1
断面積 A (m ²)	0.41
ヤング率 E (MN/m ²)	2.06×10^5
密度 ρ (ton/m ³)	7.89
波速度 v_c (m/s)	5110
質量 m (ton)	3.47

3. 一次元波動解析

一次元波動理論による解析は、特性曲線法に基づくKWAVE⁵⁾を使用し、Smithの地盤抵抗モデル⁶⁾を杭中間節点および杭先端に作用させた。解析では、杭頭荷重 F_{stn} および杭頭速度 v から杭頭応力を下降応力波 σ_d と上昇応力波 σ_u に分離し、 σ_d を杭頭の境界条件として入力し、杭中の応力波伝播の解析を行った。杭頭変位 u の計算値と実測値がマッチするようにバネ値 k およびダンピング定数 c を同定した。

図-2および図-3に杭頭での時間 $t \sim u$ 関係および $F_{stn} \sim u$ 関係の測定値と計算値の比較を示す。計算における最終変位量が実測値よりかなり大きいことを除けば、時刻 $t=0.14$ msまでの計算結果は、ほぼ実測結果を再現している。計算に用いた地盤のパラメタを表-2に示す。単位面積当たりのダンピング定数 c に杭周面積を乗じてもとめたダンピング定数 C は $C=1521$ kNs/mとなる。この値は、実測STNデータから除荷点法によって求まる $C=1544$ kNs/mとほぼ等しい。

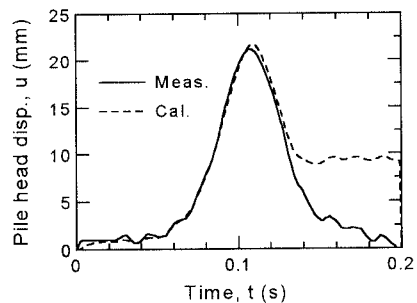


図-2 杭頭での時間 $t \sim$ 変位 u 関係の計算値と実測値

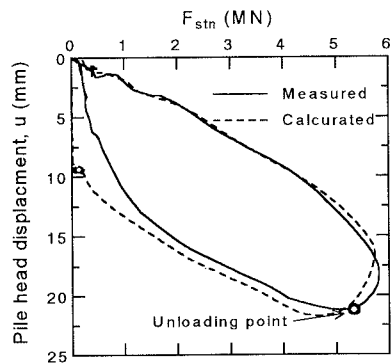


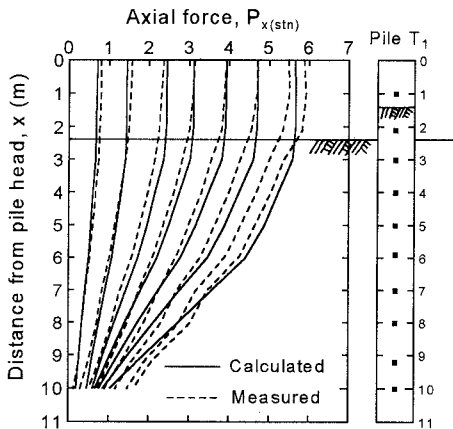
図-3 荷重 $F_{stn} \sim$ 変位 u 関係の計算値と実測値

表－2 波動解析に用いた地盤パラメータ

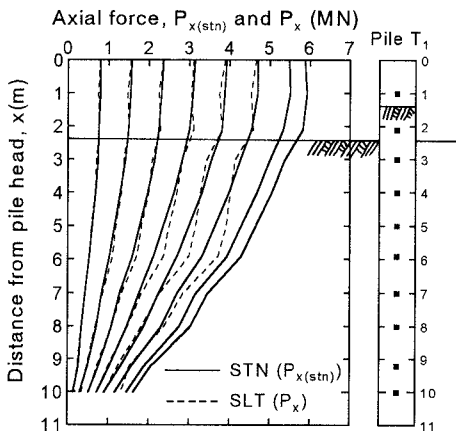
Depth from G. L. z (m)	τ_{max} (kN/m ²)	k (MN/m ³)	c (kNs/m ³)
0.0 to 3.0	98	15.1	75.5
3.0 to 8.5	294	29.4	75.5

図－4にスタナミック試験時に測定した杭体軸力分布と波動解析による計算軸力分布を示す。計算結果と実測結果はよく一致している。

図－5にスタナミック試験および静的載荷試験(SLT)時の実測軸力分布を示す。静的試験の結果とスタナック試験の結果はよい一致を示しており、波動現象の影響はほぼ無視し得ることがわかる。



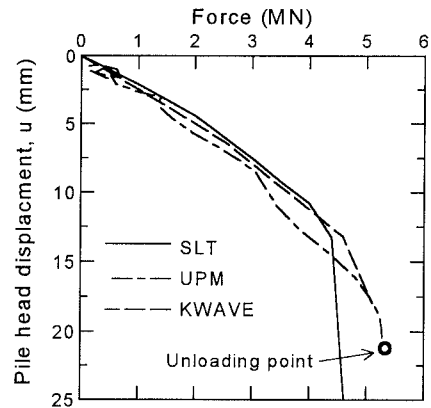
図－4 STN試験時の杭軸力分布の計算結果と実測結果



図－5 STNおよびSLT時の杭軸力分布の測定結果

4. 荷重～変位関係

波動解析によって同定した地盤パラメータ(τ_{max} と k)を用いて、荷重伝達法³⁾によって静的な杭頭荷重～変位曲線(F_u (KWAVE)～ u)を計算した。これと除荷点法による荷重～変位曲線(F_u (UPM)～ u) および静的載荷試験結果(F_u (SLT)～ u)を図－6に示す。三者の曲線は、ほぼ同様である。


図－6 荷重 F_u ～変位 u 関係の比較

5. 結論

今回の解析結果より、長さ10数m程度の鋼管杭に対するスタナミック試験の適用性に関して、砂地盤の場合の結果³⁾とあわせて以下のことが言える。

- 1) スタナミック試験の載荷状態は、静的載荷試験とほぼ等しく、杭中の波動伝播現象を無視し得る。
- 2) 除荷点法解析による静的な杭頭の荷重～変位関係は、静的載荷試験結果とほぼ一致しており、除荷点法の実用性は高い。

参考文献

- 1) Bermingham, P and Janes, M. (1989) : An innovative approach to load testing of high capacity piles, Proc. Int. Conf. Piling and Deep Foundations, London, pp.409-413.
- 2) Middendorp, P., Bermingham, P. and Kuiper, B. (1992) : Statnamic load testing of foundation piles, Proc. 4th Int. Conf. Appl. Stress-Wave Theory to Piles, The Hague, pp.585-588.
- 3) 西村真二・松本樹典(1995) : スタナミック試験における波動現象の影響, 第30回土質工学研究発表会
- 4) 松本樹典・道勇治・平野忠夫・続誠(1993) : 珪藻泥岩に打設された鋼管杭の急速載荷試験－スタナミック試験の適用, 第28回土質工学研究発表会, pp.1675-1678.
- 5) Matsumoto, T. and Takei, M. (1991) : Effects of soil plug on behaviour of driven pipe piles, Soils and Foundations, Vol.31, No.2, pp.14-34.
- 6) Smith, E.A.L. (1969) : Pile driving analysis by the wave equation, J. Soil Mech. Found. Div., ASCE, Vol.85, No.SM4, pp.35-61.