

STATNAMIC試験による 杭の支持力推定法

九州共立大学 正 鳥野 清

大成建設(株) 正 加藤 一志

(株)フクロ・ライト・ジ・サインズ 正 西村 真二

1. はじめに

杭支持力の確認試験として、静的載荷試験(SLT)は信頼性が高く一般的な方法であるが、反力杭を必要とするため費用が多大となる欠点がある。近年、簡便にSLTに近い結果を得る新しい載荷試験法として、STAT-NAMIC載荷試験(STN)と呼ばれる急速載荷試験が提案され、SLTとの比較により支持力推定法の検討が行われている。しかし、現状では解析法の完全な確立までには至っていない。

本研究はSTN試験による杭の振動を剛体振動とみなし、弾塑性解析による支持力推定法を提案すると共に、実際のSLTの結果との比較により、本法の有効性を検討したものである。

2. STN試験装置と試験方法

試験方法としては、杭頭部に設計最大支持力の5~6%の反力重量(コンクリート)をセットし、次に、ガス室の推進剤(火薬)を燃焼させる。この時発生するガス圧により、反力重量が約20倍の加速度で上方に打ち上げられ、同時にガス圧によって、準静的に杭が地盤に押し込まれる現象を利用したものである。通常、載荷時間は約100ms程度あり、杭頭において載荷荷重と変位を計測する。

3. 解析方法

杭の剛体振動を一質点系と考えると振動方程式は次式となる。

$$M\ddot{y} + C\dot{y} + Ky = P(t) \quad n = \sqrt{K/M}$$

この式を解くには、実験より得られる外力 $P(t)$ の他に、質量(M)、減衰係数(C)、地盤ばね定数(K)が必要となる。ここで、弾性領域における K は、STN試験の荷重-変位曲線において、最大荷重に到達するまでの勾配から推定する。コンクリート杭の場合の M としては、杭本体の質量の他に杭周辺の地盤の質量(付加質量)を考慮するが、開断面鋼管杭については付加質量をゼロとする。 C は荷重-変位曲線より求めた等価粘性減衰定数 h_e から、 $C = 2h_e M n$ より算出する。これらの諸元を用いて、荷重 $P(t)$ を作用させた時の弾塑性解析を行い、実験で得られた荷重-変位曲線に、最も近似できる塑性荷重 P_s を極限支持力とする。

4. STN試験

本試験は鋼管杭に対して、大沈下を発生させるSTN試験結果と、SLT結果との比較により、本解析法の妥当性や荷重条件による影響についての検討を目的として実施された。試験杭付近の地盤概要を図-1に示す。試験杭としては外径 $\phi 400\text{mm}$ 、板厚 $t=9\text{mm}$ 、長さ $L=13.0\text{m}$ 、質量 $M=1.16\text{t}$ の開端鋼管杭を使用している。

載荷試験としては4週間の養生期間後、NO.1および最大荷重1.37MN(NO.2)、さらに、STN試験の2週間後に最大荷重1.6MN(NO.3)と1.18MN(NO.4)のSTN試験が実施された。この試験の2週間後にSLTが実施された。NO.1はデータ不良のため省略している。

図-2にSTN試験において、最も最大荷重の大きかったNO.3の等価減衰定数を示す。この試験では、最大荷

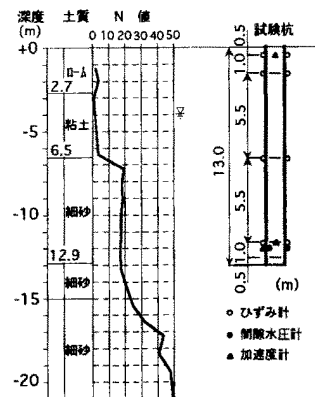


図-1 土質柱状図と試験杭

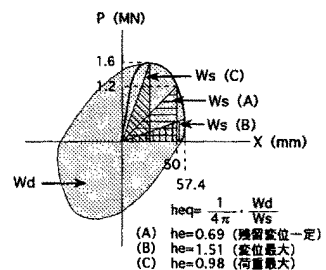


図-2 等価減衰定数 (NO.3)

重が杭の極限支持力 P_v よりはるかに大きく、残留変位も約50mmとなっている。したがって、荷重-変位曲線の最大変位から h_e を算出すると $h_e=1.51$ と過減衰となった。この算定法では試験で得られた半周期の振動を、1周期に仮定しているため、残留変位の大きい場合には、実際とはかなり異なっているものと考えられる。そこで、荷重最大、残留変位一定時の荷重を基準に h_e を算出して検討した。

図-3に弾塑性解析結果とSLT結果を併せて示す。これらの図より、STN試験の最大荷重が P_v よりかなり大きい場合の等価減衰定数として、残留変位一定となる荷重を用いて算出すれば、ほぼ妥当な値が得られるものと思われる。図に示す P_v の変化に対する荷重-変位曲線より $h_e=0.69$ とすると、極限支持力 P_v は0.83MN程度と推定される。

図-4は3回実施したSTN試験とSLTの荷重-変位曲線を示したものである。STN試験結果では、弾塑性解析から得られた最適極限支持力 P_v に対応する値も実験値と併せて示す。STN試験の最大荷重の大きさ、試験実施順序に関係なく、初期剛性がほぼ同じとなっている。粘土層でしかも鋼管杭である本試験では、STN試験による地盤剛性の変化が小さいものと考えられる。

最大荷重の大きい順である NO. 3、NO. 2、NO. 4と荷重-変位曲線の囲む面積が小さくなっており、最大荷重が等価減衰定数に大きく影響していることがわかる。

5. まとめ

試験結果をまとめて表-1に示す。STN試験では NO. 2およびNO. 4から求めた P_v がSLT結果と良く一致している。しかし、このSLTから得られた $\overline{P_v}$ より、STN試験の最大荷重が大きいNO. 3では、弾塑性解析による P_v が $\overline{P_v}$ よりかなり小さくなっている。NO. 3のSTN試験はNO. 2の2週間後であること、また、初期地盤剛性 K_1 が同じであることから判断して、 $P_v > \overline{P_v}$ の場合、載荷速度による影響が強く現れたものと思われる。つまり、載荷速度が大きい場合、杭周面の摩擦力が P_v 付近で急激に減少するため、STN試験から得られた極限支持力 P_v はSLTの $\overline{P_v}$ より、小さく評価されるものと思われる。また、最大変位および残留変位の大きさと等価減衰定数の値にはかなりの相関がみられる。杭の支持力が弾塑性系に近く $P_v < P_{max}$ の場合、STN試験より極限支持力を推定できる。しかし、 $P_v > P_{max}$ ではこの最大荷重まで地盤は弾性領域であることから、 P_v の推定はできない。これらのことから、設計支持力よりかなり大きな載荷荷重でSTN試験を実施すれば多少小さく評価するものの、極限支持力を求めることが可能である。

今後、STN試験における長尺杭の伸縮量、地盤による影響などが重要な課題となろう。

本研究は急速載荷試験研究会（委員長：広島大学工学部、日下部 治教授）で実施された試験データを解析したものである。

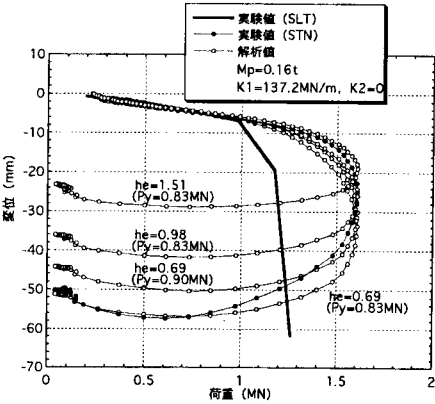


図-3 荷重-変位曲線 (NO.3)

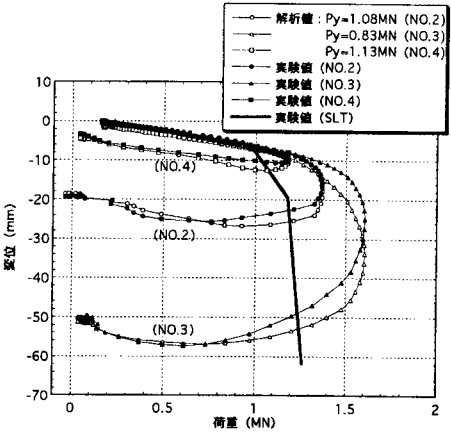


図-4 荷重-変位曲線 (STN試験とSLT結果の比較)

表-1 STN試験とSLT結果の比較

杭 名	STN試験 (弾塑性解析)				SLT $\overline{P_y}$ (MN)	最大 変位 γ_{max} (mm)	残留 変位 δ_{max} (mm)
	初期地盤 ばね定数 K_1 (MN/m)	等価減 衰定数 h_e (%)	最大 荷重 P_{max} (MN)	P_y (MN)			
沼南 No2	137.2	49	1.37	1.08	1.10	25.6	19.1
No3		69	1.61	0.83		57.4	50.2
No4		21	1.18	1.13		10.4	3.4