

埋込み杭の鉛直支持力について

九州産業大学 工学部 正員 松尾 雄 治  
 同 上 正員 石 堂 稔  
 (株) ジオトップ 正員 大 神 英 生

1. はじめに 低騒音・低振動既製杭工法として多用されている埋込み杭は、プレボーリングの影響で地盤に緩みが生じ、地盤の性状が調査時と施工後で異なる。支持力の算定には地盤の性状として一般にN値を用いるが、採用N値の適用など式の性質に関連したいくつかの問題点について報告をした。本報では、さらに収集した埋込み杭の現地載荷試験結果を資料に、算定式の適用性について統計的検討を行った。

2. 検討資料の概要 中・低層建造物の基礎杭として実績の多い埋込み杭(節杭セメントミルク工法)の現地載荷試験(S.56~H.2実施の一部)の結果報告書(収集数277件)を資料とした。載荷試験は通常、設計支持力における安全性の確認を目的に実施されているので、載荷荷重を設計荷重の3倍程度とする試験が多く、杭の降伏や極限荷重をほとんどの場合確認できない。降伏荷重の確認できた資料(58件)のみを検討に用い、さらに検討精度を高めるために、杭周面地盤の土質を砂質土と粘性土とに大別し、杭を砂質土中の杭と粘性土中の杭とに分類した。地盤の大別の目安はどちらかの土質の占有割合を7割以上、それ以下の場合互層中の杭として検討から外した。最終的に検討に用いたのは砂質土25件、粘性土27件である。

3. 支持力算定式と適用に関する提案

地盤のN値を用いた代表的な杭の支持力算定式を示す。

埋込み杭(杭先端部砂質土の場合)

$$P_{ac} = \frac{1}{3} \left\{ 20N_A A_p + \sum \left( \frac{N_s L_s}{5} + \frac{q_u}{2} L_c \right) \psi \right\} \dots (1)$$

ここで、 $P_{ac}$ : 許容支持力(tf)、 $N$ : 杭先端部N値、  
 $A_p$ : 先端部断面積(m<sup>2</sup>)、 $N_s$ : 砂層の平均N値、  
 $L_s$ : 砂層合計厚さ(m)、 $L_c$ : 粘土層合計厚さ(m)、  
 $q_u$ : 粘土層の一軸圧縮強さ(tf/m<sup>2</sup>)、  
 $\psi$ : 杭周長(m)

この式の適用に関していくつかの問題点を指摘する。

(1) 先端N値の採用範囲について

現行では杭先端部について、杭直下D(杭径)までの深さと杭先端から4D上方までの平均N値( $N_1 + N_2$ )/2を採用している。しかし、杭貫入による地盤塑性域の広がり4D上方にまで及んでいるとは考えにくく、このことは杭貫入による砂粒子の移動を観測撮影した実験からも確認されたので、杭直下のN値( $N_1$ )を採用することが合理的である。

(2) 地盤と杭とのせん断面の考え方

杭はせん断面において摩擦力が発現するので、せん断面の適用条件は算定の精度に大きく影響する。埋込み杭は掘削孔と既製杭との空隙をセメントミルクで充填する。節杭の場合、せん断面は次の3タイプが想定できる。

① 杭本体部(D<sub>1</sub>)とセメントミルク面でのせん断

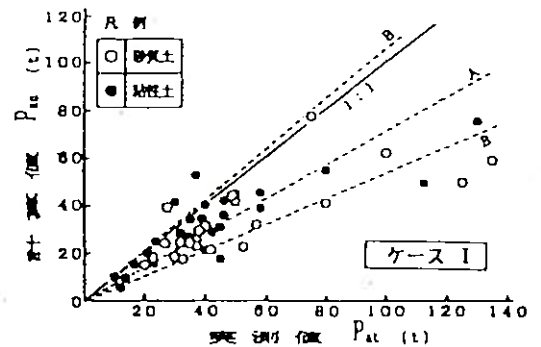


図-1 許容支持力の実測値と計算値の関係

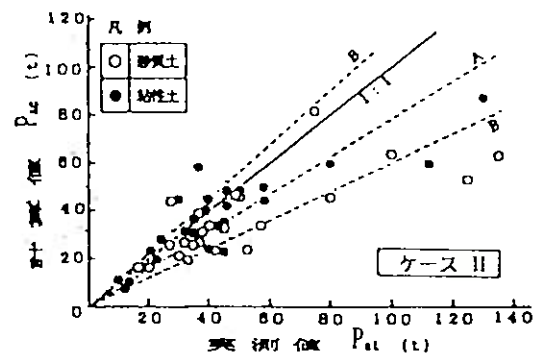


図-2 許容支持力の実測値と計算値の関係

② 節部 ( $D_2$ ) とセメントミルク面でのせん断

③ セメントミルク ( $D_3$ ) と地盤面でのせん断

節杭は異形鉄筋の働き同様に節部がセメントミルクの変位を抑制し、セメントミルクは節杭を包込むように掘削孔を均質に埋め固める。固結したセメントミルクの強度は地盤強度よりもかなり大きいことが予想される。これらのことからせん断面は③と考えるのが妥当であろう。

4. 検討結果 N値とせん断面の適用条件を変えて許容支持力の計算値を求め、実測値との比較検討を行う。実測値は載荷試験結果から降伏荷重の1/2とした。計算は(1)式を用いるが、表-1に示すように計算条件を変えた。

表-1 適用条件を変えた計算ケース

	$D_1$	$D_2$	$D_3$
$(N_1 + N_2) / 2$	ケース I	ケース II	ケース III
$N_1$	ケース IV	ケース V	ケース VI

各ケースの計算値と実測値の関係を図に示す。図中のA線はプロットの平均値を示し、プロットの範囲(B線)を標準偏差で表した。全計算ケースにおける計算値と実測値との関係について表-2を示す。

表-2 実測値と計算値の相関結果

	平均±標準偏差		平均±標準偏差
ケース I	1.404±0.441	ケース IV	1.271±0.434
ケース II	1.278±0.388	ケース V	1.152±0.346
ケース III	1.232±0.374	ケース VI	1.110±0.323

平均は1に、標準偏差は0に近いほど実測値と計算値の相関が良いことを示すのでケースVIが最も相関が良いと言える。このことから先端N値、掘削径の採用という提案の妥当性が確認された。

5. おわりに 基本的には支持力算定式の詳細な検討を行うべきであるが、統計的な検討から式の適用条件を見直すことで算定の精度を向上できることがわかった。今後さらに詳細な検討を進めたい。

参考文献 1) 浜村・石堂・大神「杭の鉛直支持力とN値の関係」土木学会西部支部研究発表会(1987.3)

2) 石堂「砂中の杭の鉛直支持力に関する基礎的研究」学位論文(1974)

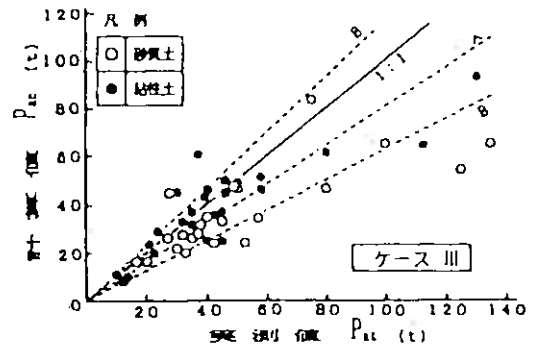


図-3 許容支持力の実測値と計算値の関係

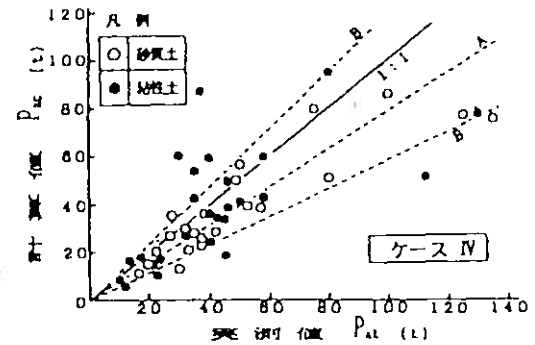


図-4 許容支持力の実測値と計算値の関係

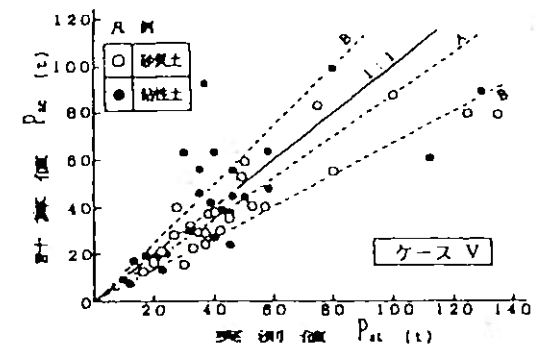


図-5 許容支持力の実測値と計算値の関係

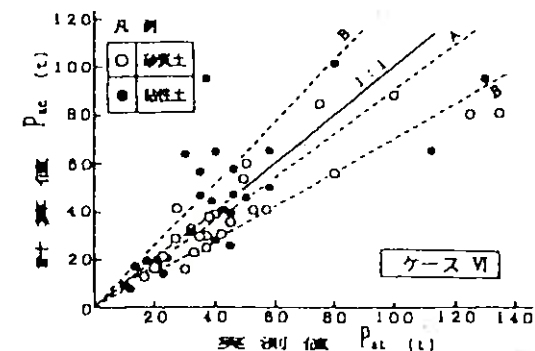


図-6 許容支持力の実測値と計算値の関係