

九州産業大学 ○浜村 信久, 石堂 稔
住宅・都市整備公団 田中 幹夫
武智工務所 大神 英生

1. はじめに 杭の支持力を推定する段階では、種々の不確定要素が残されており、特に場所打ち杭や埋込み杭では、施工上避けられない地盤の変状による土質常数の評価に困難を伴い、その結果として先端支持力や周面摩擦力の推定値精度が低くなっていく。実物杭を用いて載荷試験を行い、支持力の確認をしている報告も多くあり、それらの解析結果は砂質土に常用されている $f_s = N / 5 (tf/m^2)$ の推定値が決して満足のいくものではないことを示している。ここではセメントミルク工法による埋込み杭の実物載荷試験報告を整理し、事前調査によるN値と杭周面摩擦力の関係を調べた。また理論的にN値と摩擦力の関係を導き、実測値との対比を行った。

2. 載荷試験データ

表-1 試験杭

杭種	杭径(mm)	杭長(m)
HC-TOP	300-440	12
HC-TOP	400-500	10, 11
PHC	400	15
PHC	500	10
ST	400-500	6.5, 9.5
ST	400-500	19.5

砂層が主体の地盤におけるデータのうち、軸力分布が測定されたものを選び、各深さにおける摩擦力と変位の関係から、極限

摩擦力を決定した。なお周面摩擦力は各区間の摩擦力 $P_i(tf)$ を既製杭周面積で除した値を $f_s(tf/m^2)$ として示している。

3. 実測から求まる $f_s \sim N$ の関係

図-1には表-1に示す試験杭の各深さ(区間)における平均N値と f_s の極限値の関係を示した。なお参考資料として場所打ち杭の f_s も示しているが、埋込み杭の傾向と全く変わらないことがわかる。ただし埋込み杭の場合、場所打ち杭と同様に実際のすべり面がセメントミルク外周面で生じていると考えられるので、場所打ち杭の値と比較するには既製杭径/削孔径 = 0.73~0.90の割合で埋込み杭の f_s を低減して考える方が妥当である。いずれにしても $f_s = N / 5 (tf/m^2)$ よりはるかに大きく平均的には $f_s = aN + b$ のように $N = 0$ のときでも $f_s \geq 0$ となることを示している。またN値が等しければ深いところほど f_s は大きくなる傾向がみられる。

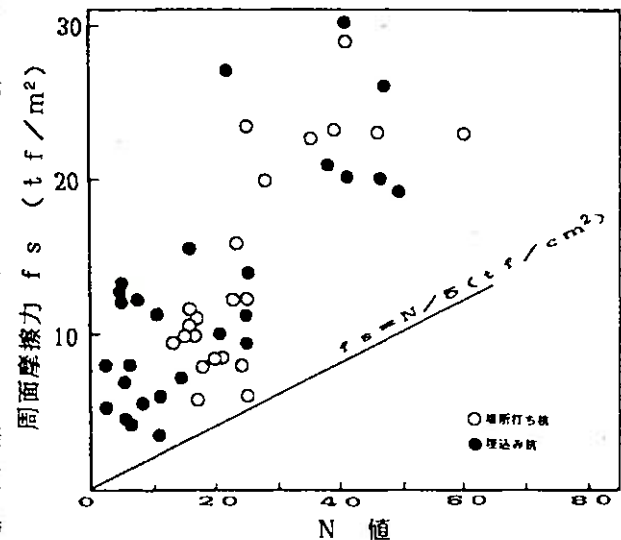


図-1 N値と摩擦力の関係

4. $f_s \sim N$ の関係の誘導

$f_s = p k \mu \dots (1)$ (p :有効上載圧, k :土圧係数, μ :摩擦係数)で表される。 $k \mu$ とN値の関係が得られればN値から f_s を推定することができる。 $k \mu$ は内部摩擦角 ϕ のみの関数であるので $N \sim \phi$ 関係を確定することが先決である。N値は砂の相対密度 D_r と有効上載圧 p の関数であることは周知の通りであり、多くの研究者によって $N \sim D_r \sim p$ の関係が示されており、粒径、粒度、粒子形状その他により相関関係に差がある¹⁾。 $p = 28tf/m^2$ の範囲では $N = 2.4(p+7)(D_r/100)^2 \dots (2)$ の式は各 p, D_r に対して提示されている実測N値の中位~上限値を与えるといえる。したがって(2)式に N, p を代入して求まる D_r は安全側になる。

Meyerhofは $\phi = 0.15D_r + 25^\circ \dots (3)$ を示したが、諸提案を諸戸²⁾が整理した結果では、実測値はほぼ(3)式を

Relationship Between N-value and Skin Friction of Bored Piles ; N.Hamamura, M.Ishido(Kyusyu Sangyo University) M.Tanaka(Housing and Urban Development Corporation) H.Ogami(Takechi Engineering Co., LTD)

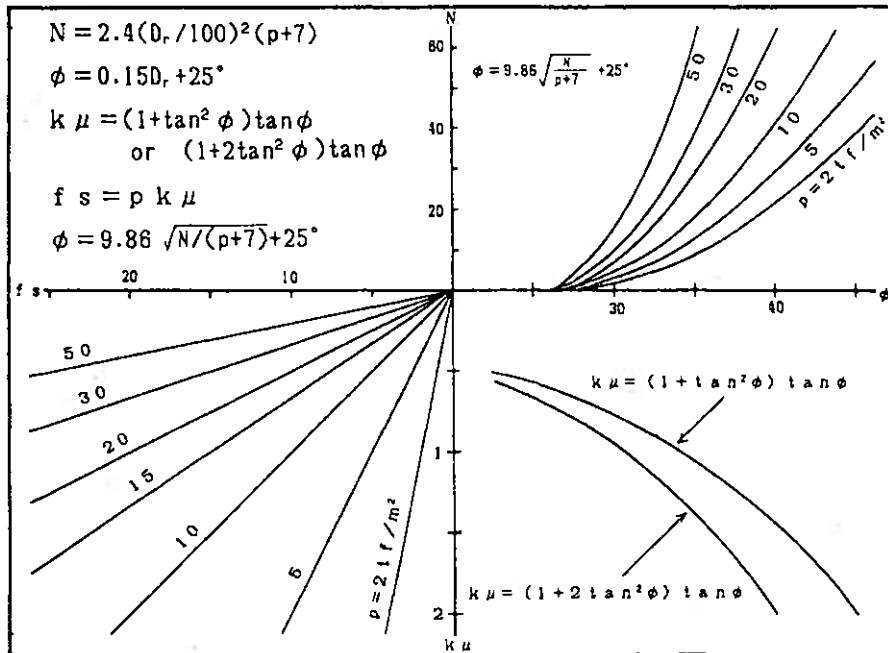


図-2 N値から fs を求める方法

下限としてその3割増の範囲にばらついている。したがって(3)式は安全側の値といえる。

セメントミルク周面の土の内部でせん断が起る場合 $\mu = \tan \phi \dots (4)$ とおける。また周面に働く水平圧力は主応力とはならず、鉛直応力と共役関係にあるとすれば $k = (1+2\tan^2 \phi) \dots (5)$ となる。一方既往の式の中で $Dorr$ の式 $k = (1+\tan^2 \phi) \dots (6)$ は実測の傾向をよく表すといわれている。これらの諸式から fs の値を導けば、 $fs = f(p, N)$ の形式となり、 N 値に加えて有効上載圧を考慮する必要のあることがわかる。すなわち上記の諸式を図式的に表せば図-2 のようになり、その結果として図-3 のような曲線で表される $fs \sim N \sim p$ 関係が得られる。図-3 の曲線は理論上の $D_r = 100\%$ までの値を示しているが、実測値の分布範囲は $k = (1+\tan^2 \phi)$ としたときの $D_r = 100\%$ ラインをほぼ下限値としており、 $fs = N/5$ (tf/m^2) よりも大きな値となる。また推定値は $N = 0$ でも p の大きさに応じた fs を有し、 N 値が一定のときは p が大きいほど fs は大きくなるが、実測値の傾向はばらつきはあるものの推定値の傾向と合致している。

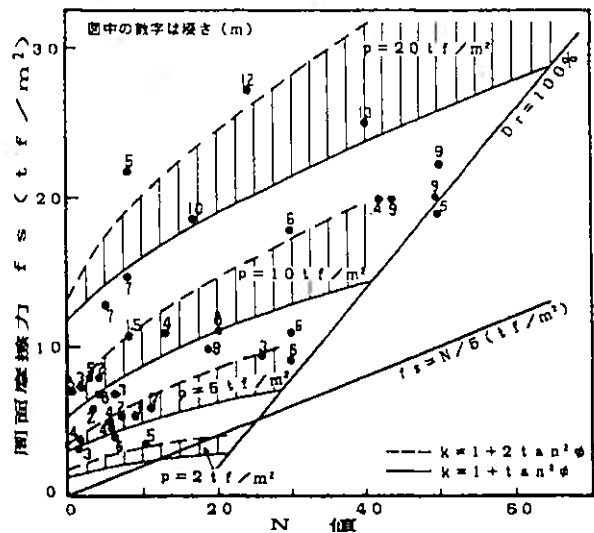


図-3 $fs \sim N \sim p$ の関係

5. まとめ 実測値による埋込み杭の抵抗値は、慣用されている計算値の構成と著しく異なっており、周面抵抗を過小評価し、先端抵抗を過大評価する傾向にある。特に周面抵抗の評価には N 値の他に有効上載圧をパラメータとして加える方が合理的であり、より実測値の傾向に近づくことが可能となる。またあえて N 値のみの関数と考える場合でも $fs = N/4 + 4 \sim fs = N/3 + 5$ (tf/m^2) などのように考える方がよい。

参考文献

- 1) 土質工学会「土質調査試験結果の解釈と適用例、第一回改訂版」1979
- 2) 諸戸靖史「砂やレキの内部摩擦角」土と基礎、1983, vol.31, No.8