

埋込み杭の実物載荷試験による鉛直支持力の検討

福岡県 古賀進, 武智工務所 正 ○大神英生
九州産業大学 正 石堂稔, " 正 浜村信久

1. はじめに 埋込み杭は地盤掘削の際に地盤をゆるめるので、支持力や沈下を事前に推定するのはかなり困難を伴い、その都度実杭の載荷試験により判定することが多い。原則的にはその方が望ましいのであるが、必ずしも載荷試験が行われるとは限らない。一方支持力の推定式を用いても、高い精度で推定できる段階にあるとはいえず、おのずから過大設計につながることになる。ここでは実杭の試験結果をもとにセメントミルク工法による埋込み杭の鉛直支持機構について検討を行ったものを報告し、推定式の精度向上のための一助としたい。

2. 実験概要 福岡県内の埋立て地盤で、土層は図-1に示す通りであり、調査後表面整備のため覆土がなされ地表レベルが多少上げられた。この場所でGL-7.60~11.90mの中間砂層で支持する長さ10mの埋込み杭を設置した。使用した杭は、節杭(HC-TOPパイル, B種, φ400-500, 肉厚65mm)及び円筒杭(PHCパイル, A種, φ500, 肉厚80mm)の2種類を用い、削孔550mmに既製杭を挿入しセメントミルクで固結した。また両杭とも図-2に示す位置にゲージを設置し各荷重毎の軸力を測定した。試験は鉛直, 水平試験を行ったが、ここでは鉛直載荷の結果について述べる。試験は学会標準のA-多サイクル方式に準じた。

3. 実験結果 鉛直載荷試験の荷重-沈下曲線を図-3に示す。両試験杭の位置は3.60m離れており、図-1の調査位置とも数m離れており、埋立て地盤のため3者の土層構造に微妙な差異があったものと考えられることと、杭の突断面積の違いによる軸ひずみに差があるので、土と杭の相対的変位に差が生ずることもあって、杭頭変位と荷重の関係に幾分の差を生じている。結果的には円筒杭は最大荷重の195tにおいて21.23mm, 節杭では11.22mmの沈下の差となって現れている。また先端荷重は円筒杭では $P_y=155t$ で降伏しているのに対し、節杭は降伏していない。円筒杭の例から杭頭荷重の降伏は先端荷重の降伏点と同じ時点で生ずるとみられ、周面摩擦力はそれ以前にすでに降伏点を越えている。Van der Veenの方法によりそれぞれの極限荷重を推定すれば先端, 周面にかかわらず

$P_d(\text{極限}) \geq (3/2)P_y(\text{降伏})$
に近い関係がみれる。

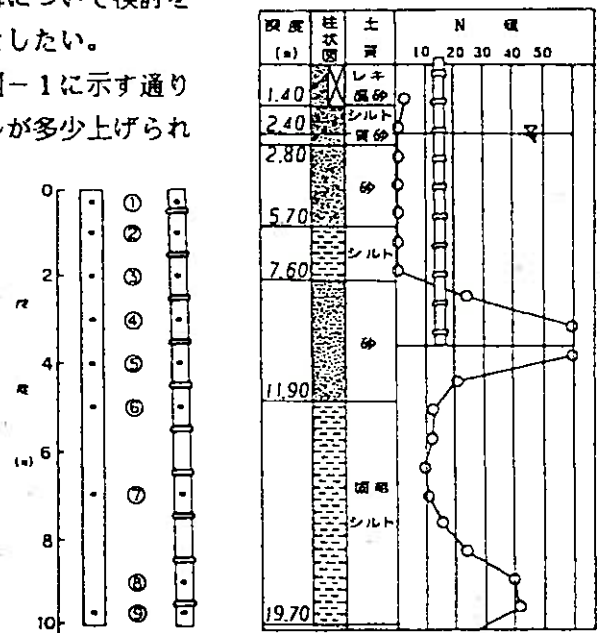


図-2 ひずみゲージ設置位置

図-1 土層図

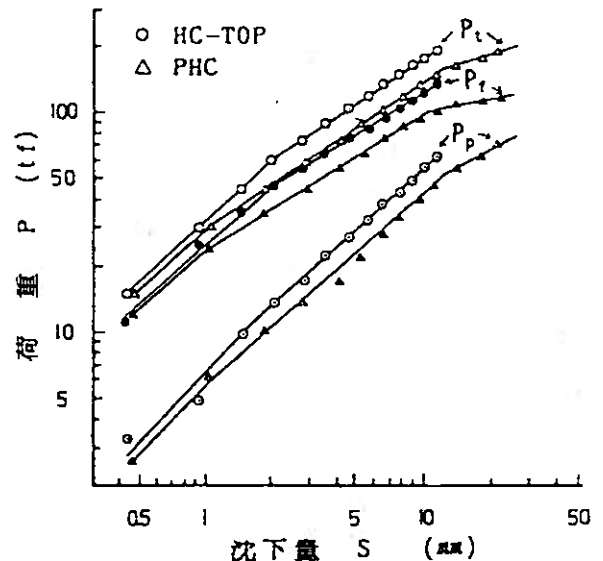


図-3 荷重-沈下曲線

4. 考察

図-4, 5は軸力測定で得られた各深さの杭断面変位に対する摩擦力 f_s (tf/m^2)である。円筒杭は節杭より断面変位が大きく f_s の発現率が高い。しかし両者の f_s ~変位関係は近似している。同一荷重レベルであっても杭の断面の違いにより軸ひずみに差を生じて、先端と周面の抵抗力の稼働率や反力分担比などに

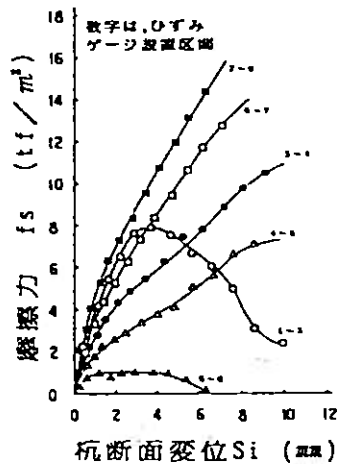


図-4 HC-TOPパイル

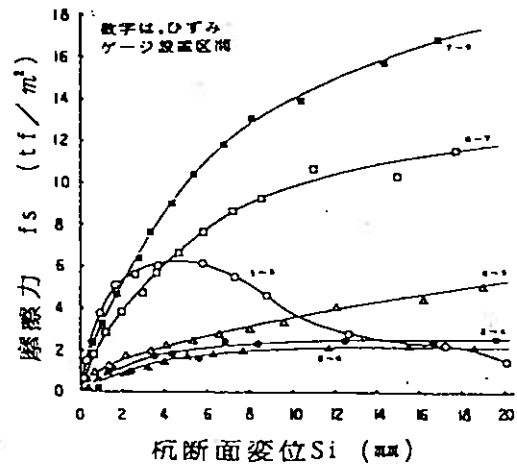


図-5 PHCパイル

杭断面変位と摩擦力の関係

変化をもたらすことになる。図-4, 5からVan der Veen法により f_s の極限值を求め、該当する深さの N 値との関係をそれぞれの範囲で示すと図-6のようになる。砂の場合、 $f_s=N/5(tf/m^2)$ が慣用されているが、実測値はむしろ $f_s=N/4+6(tf/m^2)$ に近い。石堂⁶⁾は、 $N \sim p \sim D_r$, $\phi \sim D_r$, $f_s \sim p \sim \phi$ の関係から $f_s=f(p, N)$ とし上載圧と N から f_s を推定する方法を提示した。その値を図-6に示しているが、実測による f_s の傾向は石堂の提案の傾向を示し、慣用されている方法を見直す必要があることがわかる。

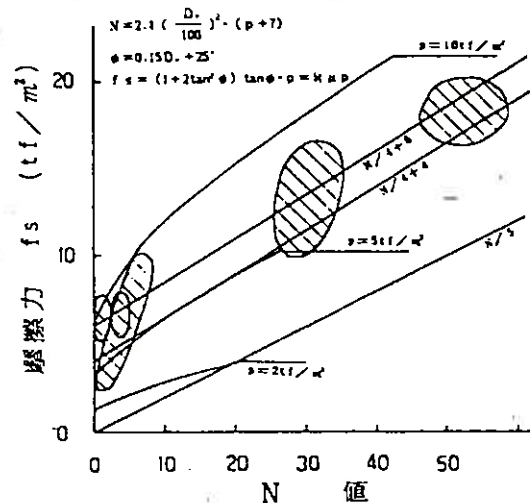


図-6 N値と摩擦力の関係

先端支持力は、Van der Veen法により極限值を求めると表-1のようになり、埋込み杭に適用されている $q_p=20N$ にくらべ実測値はかなり低い値を示す。 $q_p/20N=\alpha$ の値を求めると0.55~0.61となり、削孔によるゆるみの影響は予想以上に大きいといえる。

以上のように、実測による杭の抵抗値の分担は、計算による抵抗の構成と著しく異なっている。すなわち周面抵抗を過小評価し、

先端抵抗を過大に見積っている。それらの総合結果としては、周面抵抗の過小評価の影響が大きく、杭頭の極限抵抗の計算値は実測値の0.56~0.84程度である。実測値の極限値の1/3を許容支持力とした場合、先端抵抗と周面抵抗のそれぞれの安全率は異なり、 $R_a=R_d/3=Q_p/F_1+Q_r/F_2=Q_p/4.5+Q_r/2.5$ となって、先端抵抗に比べて周面抵抗の稼働率はかなり高いところで設計荷重を分担支持することになる。

5. まとめ 以上の要点を示すと次のようになる。(1)地盤の微妙な相違もあるが、杭断面の違いにより荷重~変位関係に差が生じ、荷重伝達度が異なる。(2) f_s の稼働率は浅部と深部で大きく異なり、許容荷重近くでは浅部はほぼピークに近く、安全率は $F_s=1.0$ といえるが、 Q_r 全体では $F_s=2.5$ となる。(3) f_s の実測値は $f_s=N/4+6(tf/m^2)$ に近似し、むしろ $f_s=f$ (有効上載圧、 N 値)として整理したほうがよい。(4)先端地盤のゆるみは大きく、 N 値からの先端支持力推定式は再検討の必要がある。少ない資料による検討ではあるが、埋込み杭の支持力を事前推定するにはさらに検討を進め、精度の高い式を求めるべきであることを示した。今後さらに多くのデータによる考察を進めたい。

参考文献 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

	計算値 q_{pc}	実測値 q_{pm}	q_{pm}/q_{pc}
円筒杭	163.3	100	0.61
節杭	163.3	90	0.55

表-1 先端支持力