

埋込み杭の先端極限支持力の推定法に関する検討

名城大学大学院

○福田智子

名城大学理工学部

正会員 堀内孝英

日本コンクリート工業（株）

正会員 可児幸彦

東海コンクリート工業（株）

植田博昭

1. まえがき

埋込み杭の評定申請のための載荷試験は、杭先端極限支持力度係数の検討を主目的としており、杭先端部への荷重伝達をよくするため、フリクションカット杭を用いた試験が多く実施されている。

ここに、本報告は、既製コンクリート杭による埋込み杭の載荷試験資料の杭先端荷重と沈下量をもとに、宇都法¹⁾により杭の先端極限支持力を推定し、現行の支持力式の工学的有用性を、杭先端極限支持力度係数(α_p)および杭先端断面径(A_p)を確定値とし、杭先端支持地盤のN値の取り方との関係で検討を行った。

2. 対象とした載荷試験資料

対象とした資料は、杭先端がN値50以上の地盤に支持されているもの、最大荷重時の杭先端沈下量 S_p が杭先端径 D_p の0.1以上のものを原則とし、 $S_p/D_p < 0.1$ の資料については、推定精度を考慮して $S_p/D_p > 0.05$ の資料を用いた。さらに、地盤や杭の施工に関する基礎的資料が十分整っているもの杭頭最大載荷荷重の80%程度以上の荷重が先端へ到達しているものを用いた。

3. 杭先端荷重度～沈下量杭径比の関係

図-1は、宇都法による杭先端荷重度(R_p/A_p)～沈下量杭径比(S_p/D_p)の関係を示したものである。また、図中の実線(A, B, D)はプレボーリング工法、破線(C)は中掘り工法によるものである。この図より、比較的杭先端沈下量の大きいデータを用いた場合、宇都法は荷重～沈下量関係をよく追跡している。図は省略するが、杭先端荷重度～残留沈下量の場合も同様の傾向を示し、両者の推定先端極限支持力に差はない。また、 $R_p/A_p \sim S_p/D_p$ 曲線は、杭先端地盤の相対密度によって影響され、杭先端地盤のN値が大きくなるほど同一荷重度での S_p/D_p はかなり小さくなる傾向が認められる。

4. 載荷試験結果による先端極限支持力と現行支持力式の適用性の検討

杭の極限荷重の定め方には、種々の提案^{1, 2)}があるが、ここでは、山肩ら²⁾の提案に準拠し、杭先端沈下量 S_p が杭先端直径 D_p の10%に達したときの先端荷重 R_p を杭先端極限支持力と定義する。

図-2は、 S_p/D_p が10%のときの S_p/D_p および R_p/A_p を1.0として、宇都法によりA～D杭の R_p/A_p の減少過程における R_p/A_p と S_p/D_p の関係を示したものである。この図から、杭先端極限支持力度(R_p/A_p) u は S_p/D_p が同じ場合でも、データにより大きな差が生じることがわかる。表-1にA～D杭の杭先端極限支持力度(R_p/A_p) u と杭先端地盤の平均N値($\bar{N}$: 上方4 D_p 下方1 D_p , N_1 : 上方1 D_p 下方1 D_p , N_2 : 下方1 D_p , 但し、換算N値上限を100とする。)に関する回帰係数(α_p)、標準偏差(σ)、変動係数(V)を示した。ここに、 α_p は

$\{(R_p/A_p)u / \text{杭先端平均N値}\}$ として求めた。なお、この表には山肩ら²⁾の既製コンクリート杭によるプレボーリング工法の結果も併記した。

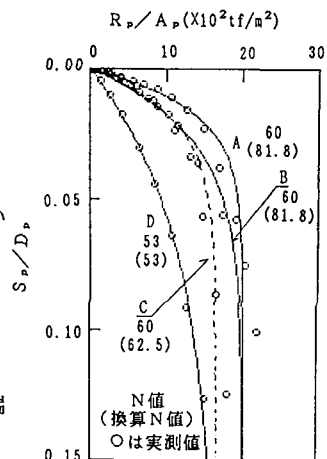


図-1 $R_p/A_p \sim S_p/D_p$
(宇都法による曲線)

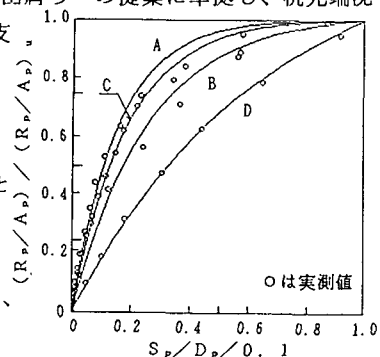


図-2 $(R_p/A_p)u \sim S_p/D_p / 0.1$

この表より、認定工法による埋込み杭の現行の支持力度係数 $\alpha_p=25$ に近い値を示す N 値の取り方は、 N_1 の場合で変動係数も小さい。

図-3 および図-4 は、A~D 杭について $(R_p/A_p)u$ と $\bar{N}$ および N_1 との関係を示したものである。同図中には、現行支持力式の $\alpha_p=25$ および表-1 の $\alpha_p \pm \sigma$ を併記した。これらの図より、 $Sp/Dp=10\%$ のときの載荷荷重を極限支持力度とした場合と現行式³⁾ による先端極限支持力度を比較すると、 $\bar{N}$ を採用すると現行式は小さい値を、一方、 N_1 を採用すると10%以内の範囲で精度良く先端極限支持力度を推定できることがわかる。しかし、 Sp/Dp が0.06以下の場合、現行式に N_1 を採用すると、先端極限支持力は、かなり安全側となる。さらに、これらの杭は杭先端部を支持層に1D~2D根入れされていることから、 $\bar{N}$ の上方4Dの範囲には支持層以浅の N 値を含み、換算 N 値を採用しても60以下となる。一方、 N_1 においては支持層中の N 値を採用するので、杭先端部の根入れ長さの確認とその管理方法が重要となる。また、これらの図より、現行の先端極限支持力式の平均値周りにばらつく支持力度となる載荷試験結果の Sp/Dp は、 $\bar{N}$ に対しては、0.04~0.06の範囲内であるの対し N_1 では Sp/Dp は、0.06~0.08であることがわかる。

5. まとめ

本報告は、極限支持力と現行式の適用性について杭先端 $Sp/Dp=10\%$ のときの載荷荷重を杭先端極限支持力と定義し、現行式の適用性について検討を行った。その結果、現行式の適用範囲を杭先端支持層中の根入れ部の地盤の平均 N 値の取り方と載荷試験結果の Sp/Dp との関係が明らかとなった。また、今回の検討結果から $\bar{N}$ および N_1 により支持力を算定するときには、杭先端が確実に支持層に根入れされていることが重要である。杭先端を確実に支持層に根入れするためには、支持層の確認が非常に重要となり、支持層の確認手法としては、現在種々の方法が提案^{4)~9)} されているので参考となる。

今後の課題としては、フリクションカットされていない杭と現行式、さらに、本報告は先端支持力についてのみ検討し、周面摩擦力を考慮していないことから、杭頭の載荷試験結果と支持力式の適応性の検討などがある。

参考文献

- 1) 山岸博明、伊藤清志、田中健、倉本良之：埋込み杭の極限先端荷重および先端荷重-先端沈下量特性に関する統計的研究、日本建築学会構造系論文報告集、第436号、1992年6月、pp. 81~pp. 88、
- 2) 宇都一馬、冬木衛、櫻井孝：杭の載荷試験結果の整理方法、基礎工、pp. 21~30、1982、Vol. 10、No. 9、
- 3) コンクリートハイル技術講演会、平成3年、(社)コンクリートハイル建設技術協会、
- 4) 堀内孝英、早水 尚、植田博昭、可見幸彦：埋込み杭工法における支持層確認のための施工管理方法の提案、土と基礎、1991、Vol. 39、No. 7、Ser. No. 402、pp. 13~18、
- 5) 堀内孝英、早水 尚、可見幸彦、福田智子：第3回、地盤工学シンポジウム、土質工学会中部支部、pp. 7~10、平成3年、
- 6) 堀内孝英、可見幸彦、植田博昭、福田智子：埋込み杭における臨終時の変位形状と地盤との関係、平成2年度研究発表会講演要集、土木学会中部支部、pp. 344~345、
- 7) 阿部 功：既製杭回転設置工法の施工管理に関する一考察、日本建築学会大会学術講演要集(北陸)、pp. 375~376、1983、
- 8) 芳賀孝成：埋込み杭、基礎工、Vol. 14、No. 7、pp. 25~30、1986、
- 9) 船中清治、岡田一仁、妹尾博明：埋込み杭工法における支持層確認手法の提案、第22回土質工学研究発表会、昭和62年発表講演集(新潟)、pp. 1239~1340、1987

表-1 杭先端平均 N 値の回帰直線式一覧

	山肩文献 ²⁾			使用資料		
	$\bar{N}$	N_1	N_2	$\bar{N}$	N_1	N_2
回帰係数 (α_p)	31.7	26.2	26.2	32.5	25.2	25.3
標準偏差 (σ)	9.60	6.98	7.93	2.84	1.38	2.02
変動係数 (V)	0.3030	0.2670	0.3030	0.0870	0.0540	0.080

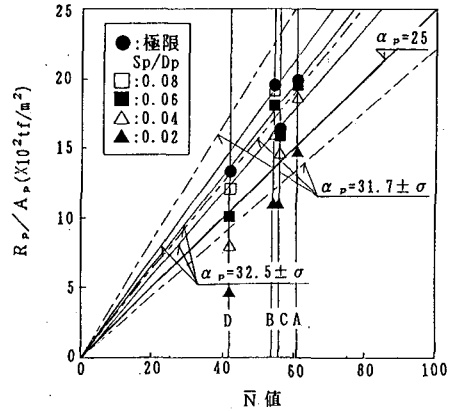


図-3 R_p/A_p と $\bar{N}$ との相関図

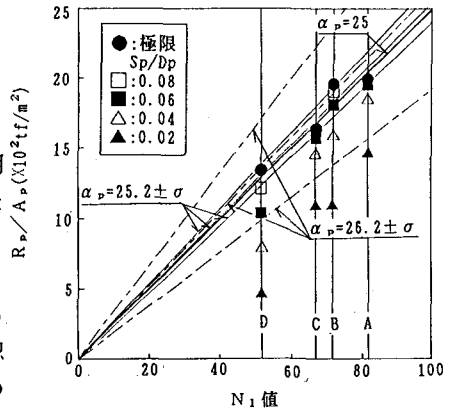


図-4 R_p/A_p と N_1 との相関図