

首都高速道路公団 ○正会員 和田克哉

" " 森河 久

(株) 建設技術研究所 " 松井謙二

1. まえがき

無振動杭は都市土木における環境問題への適用性から、最近急速に多種多様の工法が開発され実施されているが、打込み杭はもちろん場所打ち杭に比較してもその支持力特性に不明確な点が多い。特に無振動工法による大径PC杭は施工例に乏しく、したがってその荷重～沈下性状や杭周面および先端支持力特性については今後の調査研究に待つところが大きい。本稿は公団で実施した高速湾岸線BC267工区における中掘り先端拡大根固め処理工法による大径PC杭($\phi 1000$, $l=36m$)の鉛直載荷試験に基づく大径無振動杭の極限支持力と、そのときの周面・先端支持力の割合および杭周面の最大摩擦力度と周辺土質性状の相関関係等の支持力特性に関する解析結果とそれに伴う問題点について報告するものである。

2. 試験杭と先端根固め処理状況

公団では大径無振動杭の載荷試験を2工法計6本を実施しているが、ここでは先端を拡大削孔しセメントモルタルで根固め処理したP₅①杭(最大荷重1200t, 降伏荷重400t, 弾性係数 $E=3.8 \times 10^6 \text{ t/m}^2$)の解析結果を述べる。図-1にP₅①杭の歪計位置と土質柱状図を示す。先端処理はつぎの要領によっている。まず所定の根入れ深さより40cm上で中掘りを停止し、杭を保持した状態で拡大ビットにより先端から2.5mの深さまで先掘りを行なう。そのあとロッドの先端よりモルタルを先掘り部から杭先端上6m程度まで充填する。充填し終つたところで杭を所定の深さまで圧入沈設し、根固めモルタルの固結を待つて杭打設を完了するものである。

3. 解析上の問題点と結果の考察

公団では杭の極限支持力 R_u は杭周面の摩擦応力度が全域塑性化した段階の杭頭荷重で定義し、そのときの深さ方向の軸力分布から杭周面の軸力低減分 N_f を周面支持力、先端への伝達荷重 N_p を先端支持力としている(図-2)。しかしながら図-5に示すように無振動杭においては摩擦応力度の塑性化がみられず τ_{max} を生じない場合もみうけられ、上記の定義によることができないことが多い。図-3に本工区における無振動杭の杭頭荷重 N_0 ～沈下量 S_0 曲線を示す。このように無振動杭では一般に荷重の小さい段階からかなりの沈下を生ずる進行性破壊の状況を呈し、極限状態が観測されない。したがってここでは極限支持力を沈下量より規制することとし、杭頭の沈下量 S_0 が杭径の5%($S_0=5\text{cm}$)時の杭頭荷重を極限支持力 R_u と設定することとした。

また深さ方向軸力分布を測定ひずみから推定する場合、杭先端付近の根固め処理材を、杭体の一部と解釈するのか周辺地盤の補強として評価するのか判然としない。杭先端以深の孔底モルタル

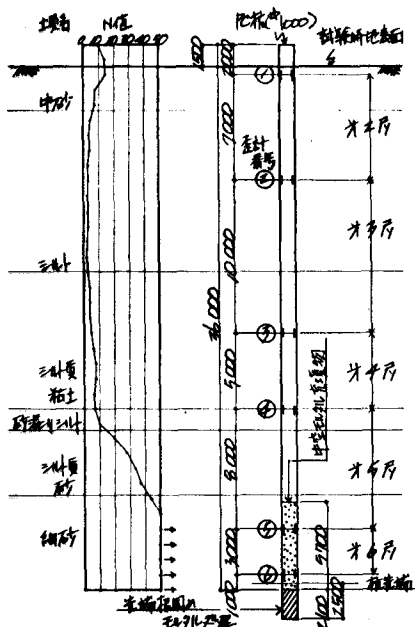
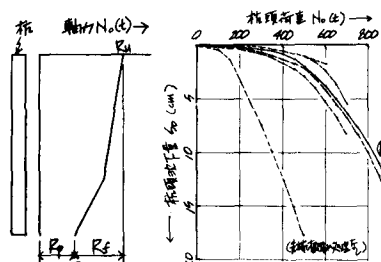
図-1 P₅①杭と土質柱状図

図-2 支持力の概念図

図-3 無振動杭の荷重～沈下曲線

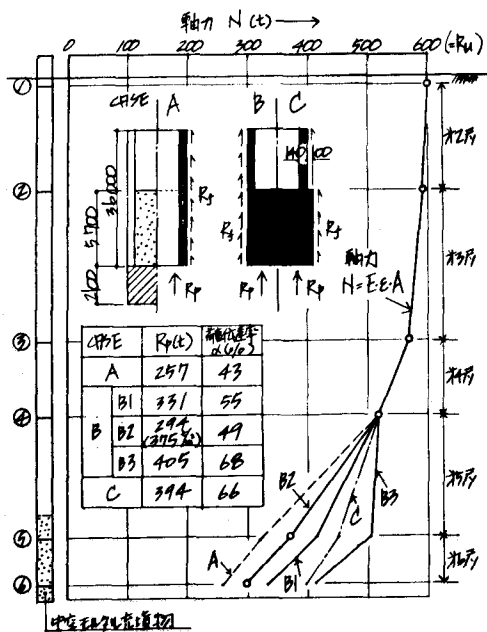


図-4 極限支持力時の深さ方向軸力分布

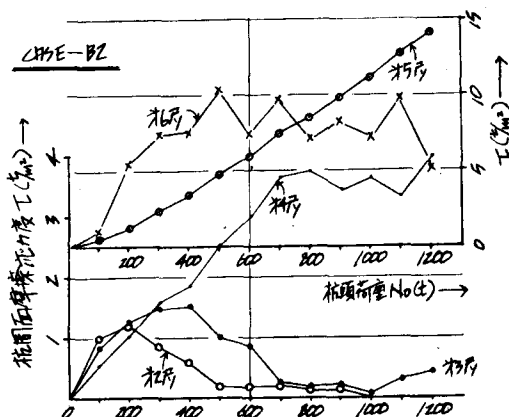


図-5 極限面摩擦応力度～荷重曲線

表-1 最大面摩擦応力とN値の相関

層区分	土質特性	最大面摩擦応力 (t/m)	N値 (t/m)	f/N値	備考
1層	砂質土	1.20	2	0.28	0.24
2層	粘土層	1.54	4	0.77	0.31
3層	・	3.09	6	2.75	0.38
4層	砂土	6.00	6	2.55	0.24
5層	・	10.5	5	1.19	0.21

充填物は中掘りに伴う杭先端地盤のゆるみの補強と考え先端支持力の一部とみなして良いと思われるが、先端以浅の杭体中空部の充填物を周辺地盤と考えるか杭体の一部と考えるかによつて周面と先端支持力が異なってくる。図-4に極限支持力 ($R_u=600\text{ t}$) 時の深さ方向軸力分布の変化を図示してある。ここにCASE-Aは根固め処理材を地盤の一部と想定した場合で、軸力算定上の杭体断面積 $A (=0.3863\text{ cm}^2)$ は全断面一定値としている。CASE-B1は杭体の一部と考え、そのコアの弾性係数 $E_c (=1.04 \times 10^6\text{ t/m}^2)$ から杭体断面積を換算したものであり、同じくB2、B3はコア弾性係数のバラツキの結果に及ぼす影響度を把握するために各々B1のコア弾性係数の1/2倍、2倍と仮定している。さらにCASE-Cは根固め処理材によつて外径が20cm拡大した場合を想定したものである。図からわかるように根固め処理材の考え方によつて周面と先端支持力の大きさが異なり、かつ処理材Bcのバラツキの結果に及ぼす影響も無視し得ないことがわかる。つぎにCASE-B1における各荷重段階ごとの各層の周面摩擦応力度 f の変化を図-5に示す。ここで第5層は最大杭頭荷重 $No=1200\text{ t}$ 段階に至るまで摩擦応力度 f は増加する一方であり、杭と地盤の相対変位 δ が25cm程度に至つても低減しないということは一般の概念からは理解し難い。この第5層は中空充填物の天端が存在すると予測される範囲であることから、この充填物の影響によつてこのような結果になったものと思われる。このように無振動杭では先端部の根固め処理材の支持力特性に及ぼす影響は大きいので、この処理材の効果をどう評価した方が妥当であるのか設計上の取扱いを明確にし、その線に沿つて施工性に左右されない品質管理のゆきとどいた杭の施工が望まれる。表-1には各層ごとの最大周面摩擦応力度 $f (=f_{\text{max}})$ とN値の相関を整理したが、本杭では粘土系地盤では $f (\text{t/m}) = 1/3N$ 、砂系地盤では $f = 1/5N$ の概略の相関関係が得られている。

4. あとがき

本稿では大径無振動杭の支持力特性を把握するうえで根固め処理の評価が隘路になつてゐることを指摘した。このほか先端根固め部の形状・大きさが極限支持力に及ぼす効果や中空充填物と杭壁面との付着力等、設計施工上、解決を要する種々の問題が多く残されている。公団では今後も載荷試験によるデータの蓄積を待つて、これらの問題に関する調査研究を進める予定である。