

Ⅲ-434

中間層に打止めたP C杭の鉛直支持力特性

川崎製鉄(株)

正会員 小林 秀幸

同

正会員 上赤 正和

同

正会員 宮川 裕史

川鉄エンジニアリング(株)

清水 洋一

1. はじめに

台湾台南市において1993年4月より冷間圧延工場の建設工事が開始された。本工事では約12haの敷地内に、工場基礎として約8,500本のP C杭を打設した。現場は粘性土層と砂層が互層に堆積した沖積地に位置し、杭の設計にあたってはN値30程度の中間砂層（層厚5～10m）を支持層とする不完全支持杭を採用した。このような杭の支持機構は、摩擦杭と支持杭の中間的性状を示すことが予想され、しかも薄い中間支持層での先端支持力の評価が課題であった。そこで杭打ち工事に先立って杭の鉛直載荷試験を実施し、本工事における杭の支持力機構の考察を行ったのでその概要を報告する。

2. 土質条件と載荷試験概要

図-1に載荷試験位置における土質柱状図を示す。試験は杭長15m、杭径φ400, 500, 600mmの3種類の杭をディゼル・ラムマで打ち込み、「クイの鉛直載荷試験および引き抜き試験基準・同解説」に準じて多サイクルA方法による載荷を行った。図-2に試験杭打ち込み時の単位貫入量当たりの打撃回数を示す。試験位置での中間砂層厚は約5mであるのに対し、本層下端より上方約1mの深さまで試験杭が打ち込まれたと想定される。

3. 載荷試験結果

極限荷重の判定は、Log P-Log Sの方法を用いたが、いずれの杭においても沈下量は杭径の5%以下で極限荷重に達した。載荷試験より得られた極限荷重、および杭打ち止め時の貫入量・リフト量・ラム高を用いて杭打ち公式から求めた動的極限支持力を表-1に示す。これらの公式の中で、道示式とHILEY式は載荷試験結果より過大な値を示し、5Sの式が試験結果に最も近い値であった。

次に変位量Sおよび杭頭荷重Pを、それぞれ杭径D、極限荷重R_uで正規化したS/DとP/R_uとの関係を、図-3に

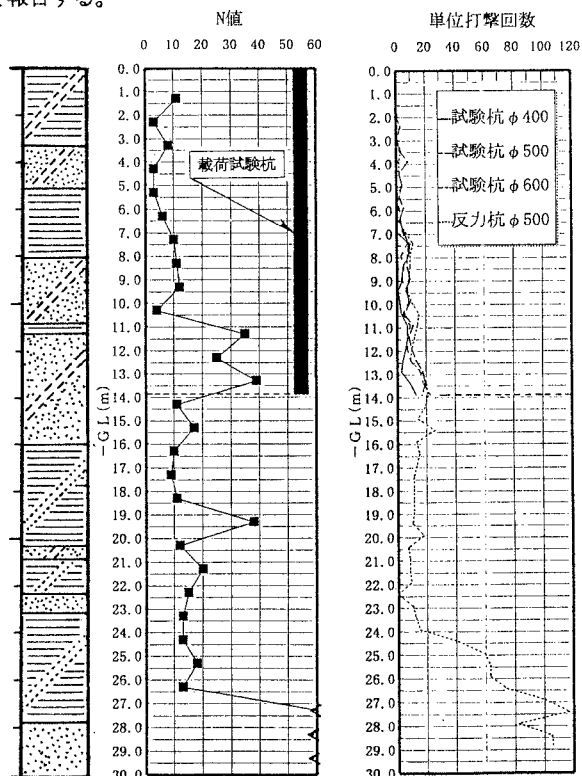


図-1 土質柱状図

図-2 試験杭打込記録

表-1 載荷試験結果および動的極限支持力

杭径 (mm)	杭長 (m)	載荷方法	ラム高 (m)	ラム重 (tf)	貫入量 (mm)	リフト量 (mm)	5Sの式 (tf)	Hiley式 (tf)	道示式 (tf)	載荷試験 (tf)
400	15	鉛直載荷	1.36	4.5	0.050	0.010	104.9	111.3	139.3	133.0
500	15	鉛直載荷	1.47	4.5	0.031	0.006	155.6	194.6	179.5	174.5
600	15	鉛直載荷	1.87	4.5	0.027	0.010	214.9	263.0	316.2	216.2
500	15	引抜載荷	1.47	4.5	0.031	0.006	N/A	N/A	N/A	110.3

示す。これより杭径が大きくなるに従って荷重と沈下量の関係は引き抜き試験結果、すなわち摩擦杭の傾向に近づくことがわかる。この原因としては、杭径が大きくなるほど杭の有効層厚比¹⁾が相対的に小さくなり、結果的に周面摩擦力に対する先端支持力の割合が小さくなったことが考えられる。

4. 不完全支持杭の支持力に関する考察

φ500の杭に対する鉛直載荷と引き抜き試験結果、およびわが国の諸基準で適用されている静的支持力公式より求められる周面摩擦力及び先端支持力を、表一2に示す。

本工事への適用を考えている建築学会規準は、周面摩擦力に関しては試験結果に最も近似しているのに対して先端支持力は過大な値を与えている。これは杭先端地盤の状態に関わらず、建築学会規準では先端支持力を一律30N_{ap}（N:杭先端地盤のN値、A_p:杭の先端面積）と規定していることによる。

φ500の杭の周面摩擦力の評価において最も近似性の良かった建築学会規準式を用いてφ400, 600の杭の周面摩擦力を推定し、載荷試験より得られた極限支持力との差より先端支持力を算定した結果を表一3に示す。また、本結果より得られる先端支持力度（先端支持力/杭先端面積）と杭の有効層厚比との関係を図一4に示す。道示や国鉄規準では先端支持力度の最低値を10Nとしているが、本結果においてもこれに近い値であり、しかも有効層厚比が小さくなるに従って支持層より下層の地盤強度の影響を受けることがわかる。

5. おわりに

今回の検討結果から、中間支持層に打ち止めた杭の鉛直支持力においては中間支持層の有効層厚比の与える影響が大きいことを考慮し、建築規準式における先端支持力を以下のように低減して杭の設計を行った。

$$Q_d = \alpha \cdot 10 \cdot N' \cdot A_p$$

$$N' = N_1 + N_2$$

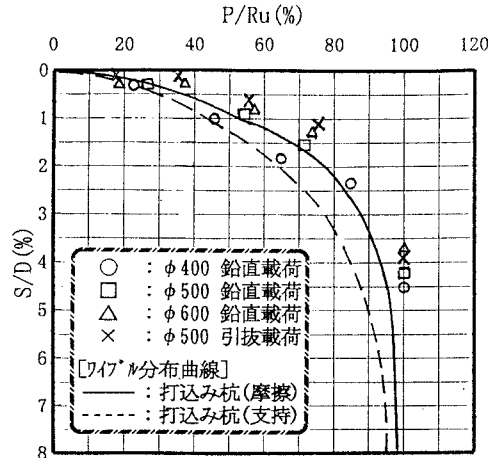
$$\alpha = H/2D : \text{ただし } H \geq 2D \text{ の場合 } \alpha = 1 \text{ とする}$$

$$Q_d: \text{先端支持力 (tf)}, A_p: \text{杭の先端面積 (m}^2\text{)}, H: \text{支持層残厚 (m)}, D: \text{杭径 (m)}$$

$$N_1: \text{杭先端位置のN値}, N_2: \text{杭先端より上方4Dの平均N値}$$

なお実施設計時には静的貫入試験による密な土質調査を実施し、中間支持層の強度・層厚・深度を詳細に把握して杭長を決定した。

1) 日本道路協会：杭基礎設計便覧，平成4年10月



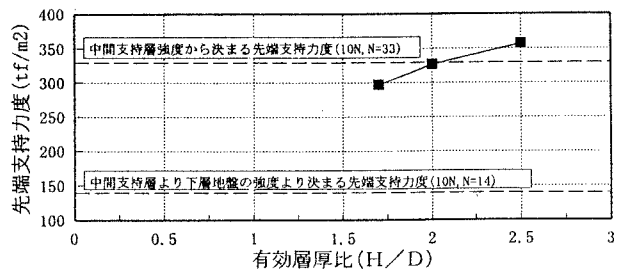
図一3 P/Ru - S/D 曲線

表一2 静的支持力公式による計算結果

	建築学会 (tf)	道示 (tf)	国鉄 (tf)	載荷試験 (tf)
周面摩擦力	105.3	70.8	136.8	110.3
先端支持力	194.3	64.8	41.0	64.2
合 計	299.6	135.6	177.8	174.5

表一3 先端支持力の算定結果

	φ400	φ500	φ600
極限支持力 (tf)	133.0	174.5	216.2
周面摩擦力 (tf)	88.2	110.3	132.2
算定先端支持力 (tf)	44.8	64.2	84.0
算定先端支持力度 (tf/m ²)	356.5	327.0	297.1



図一4 先端支持力度と有効層厚比の関係