

III-343

場所打ち杭の鉛直載荷試験結果と設計支持力

阪神高速道路公団 正員 ○ 古池正宏
建設技術研究所 正員 松井謙二

1. まえがき

阪神公団では場所打ち杭の鉛直支持力の推定は原則として道示式に準拠している。しかし阪神地域では超軟弱地盤が厚く推積し杭の先端支持力に大きく依存しなければならない地盤から、全層洪積層の砂・粘土の互層より構成される地盤まで著しく変化に富んでいる。したがって全国レベルでの平均的な支持力を推定することを目的とした道示式では必ずしも最適といえない面がある。ここでは阪神公団がこれまでに実施した載荷試験の概要を整理するとともに、その結果を実際の高架橋基礎の設計に適用した事例について報告するものである。

2. 載荷試験結果と支持力・沈下特性

表-1に載荷試験の諸元と結果を、図-1にA杭とE杭の杭根入れ図を示す。A杭とF杭は安治川の河口付近のはば同じ地点に位置し、B杭は極軟弱な鋭敏粘土の分布する旧大和川の氾濫地域にある。C杭は位置的にも地質的にもA杭に近似する。D杭は上町台地の西端にあり全層洪積層よりなる。またE杭は泉北臨海工業地域の一面にあり、粘土～砂～砂礫の互層より構成される。A杭（リバース工法）以外、全てベント工法で施工され、杭先端はいずれも洪積世以前の砂層または砂礫に根入れされている。表中の極限支持力 R_u は宇都らの提唱するワイブル分布曲線による支持力判定法（ただし、変位指数 $m \neq 1$ ）によった。

図-2に杭頭の荷重～沈下曲線（極限 R_u および杭径 D で正規化、実測値）を示す。B杭を除き各杭ともほぼ同様の傾向を示し、従来から指摘されているように杭頭の沈下量が杭径の10%程度で極限支持力を発揮するようである。

図-3には杭周面全層の平均摩擦応力度 τ ～沈下量 S 曲線を示す。周面全体でみると、沈下量 S の増加に伴う τ の大き

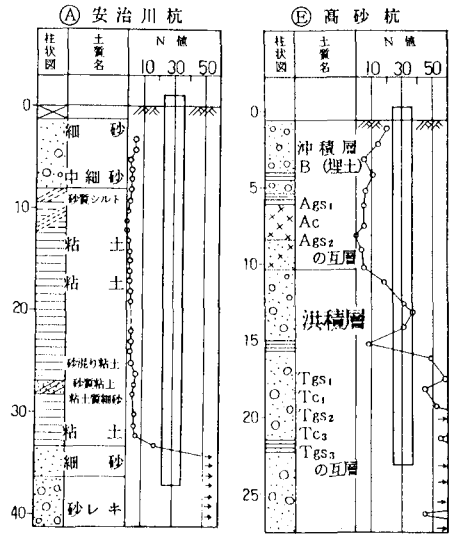


図-1 試験杭根入れ図

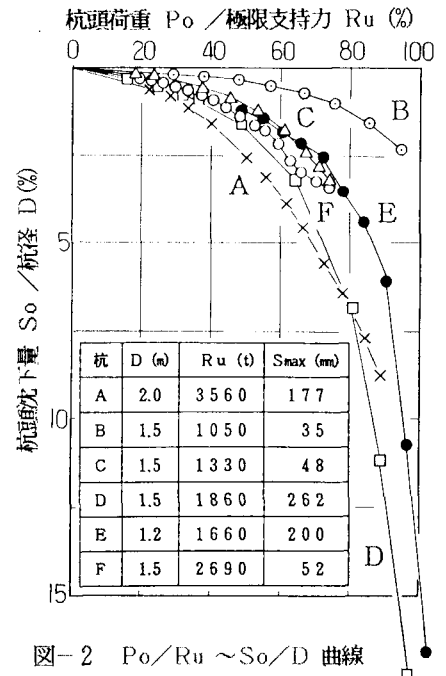


図-2 $P_o/R_u \sim S_o/D$ 曲線

表-1 鉛直載荷試験 諸元と結果

試験杭		④杭 (安治川線Ⅲ期)	⑤杭 (長田線)	⑥杭 (九条線)	⑦杭 (杉本線)	⑧杭 (高砂線南岸部)	⑨杭 (篠島線Ⅳ期)
項目							
杭径 (m) × 杭長 (m)		φ2.0 × 37.0	φ1.5 × 25.5	φ1.5 × 20.9	φ1.5 × 18.0	φ1.2 × 22.5	φ1.5 × 43.9
周面地盤 特性	沖積 ／ 洪積 (%)	92 ／ 8	60 ／ 40	82 ／ 18	0 ／ 100	47 ／ 53	81 ／ 19
	砂系 ／ 粘土系 (%)	28 ／ 72	26 ／ 74	43 ／ 57	79 ／ 21	82 ／ 18	34 ／ 66
先端地盤 特性	土 質	砂 レキ (D g)	レキ混り粗砂 ～中砂 (Ds)	中 砂 (Ds)	レキ混り砂 (Os)	砂 レキ (D g)	砂 レキ (D g)
	N 値	5.0以上	5.0以上	5.0以上	6.0以上	6.0以上	6.0以上
支持力と 沈下量 (t, cm)	降伏値 R_y / 沈下量	2 250 ／ 8.2	670 ／ 0.9	840 ／ 3.0	1 170 ／ 4.5	1 050 ／ 2.4	1 780 ／ 3.9
	最大 P_{max} / 沈下量	3 200 ／ 17.7	1 000 ／ 3.5	1 000 ／ 4.8	1 800 ／ 34.2	1 700 ／ 20.0	1 990 ／ 5.2
	極限 R_u	3 560	1 050	1 330	1 860	1 660	2 690

な変化は見られず概ね $S=30\sim 50\text{mm}$ 程度でピークを有している。図-4には極限 R_u 時の杭先端への伝達率とそのときの先端支持力度の関係を図化した。同図には道示式の基礎となったデータ（ほぼ最大荷重時、一部極限 R_u 時）も併記してある。公団データでは極限 R_u 時の先端支持力度は、そのときの周面摩擦力が降伏 R_y 時と同じと仮定して求めている。伝達率と支持力度はほぼ比例しており、公団データは先端支持力度（および伝達率）が道示データに比較してかなり大きいこと、および先端土質の支持力度に及ぼす影響が大きいことがわかる。ただし、大きな支持力度を確保するにはそれに応じた沈下量を必要とすることに留意すべきである。

3. 試験結果の実設計への適用

1本の杭の載荷試験結果を設計区間内の基礎の設計にどう反映させるかは、その工区的地層構成が変化に富んでいる場合は特に難しい。今回ケース・スタディとした高砂工区は図-5に示す複雑な地盤で、かつ $P_{62}\sim P_{78}$ は良質な支持層を得るため長尺支持杭を採用している。長尺杭の場合、計算上の支持力度は大きいが地盤物性や施工性のばらつきが大きくなることが推察されるため杭1本あたりの合理的な上限値の推定が望まれる。

このような観点から、ここではE杭の試験結果を利用して計算上の支持力度のばらつきを適当に仮定し、上限値設定の1つの目安にした。支持力度のばらつきはE杭の実際の支持力度と、E杭および他地点の試験結果に基づいて設定した支持力度推定式（ここでは「修正公団式」と称する）の比のばらつきをあてた。図-6に代表的な橋脚位置（ボーリング地点）の支持力度を示す。ここで $R(-X\cdot\sigma)$ は、その位置の修正公団式をベースに得られる平均の極限支持力度 R_u から標準偏差 σ の X 倍を引いたときの支持力度を表わす。修正公団式による許容支持力度の大きさも考慮して、最終的には各橋脚の $R(-2.5\sigma)$ のほぼ平均値に相当する 400t を支持力度の上限値と設定し、高砂工区の基礎の設計を行った。

4. あとがき

合理的な杭設計のために載荷試験を実施してきているが、載荷試験結果による支持力度の評価検討とともに、この結果をより有効に実設計にとりこむ手法について今後検討してゆきたい。

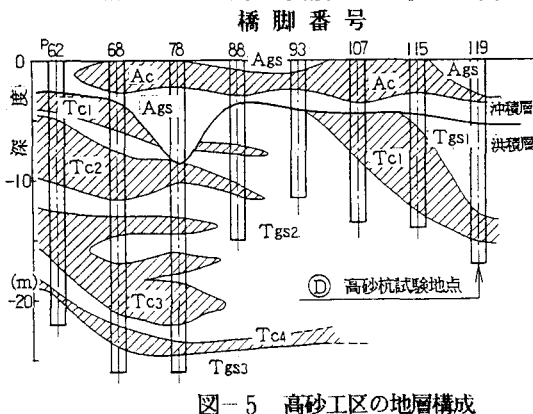


図-5 高砂工区的地層構成

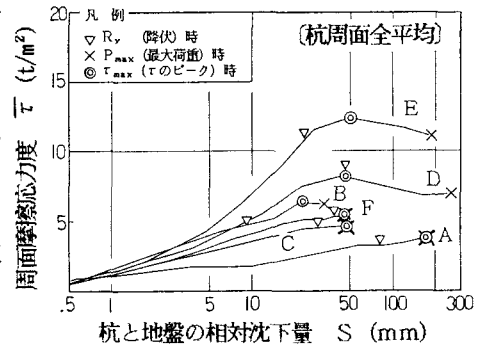


図-3 周面摩擦応力度 $\bar{\tau}$ ~ 相対沈下量 S 曲線

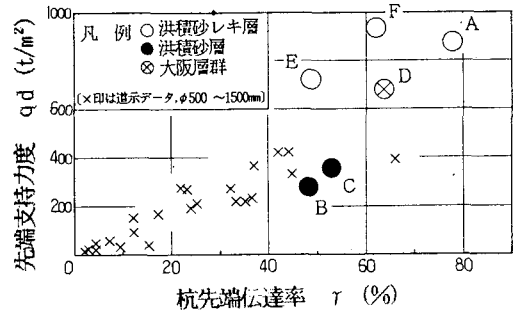


図-4 先端支持力度 q_d ~ 伝達率 γ の関係

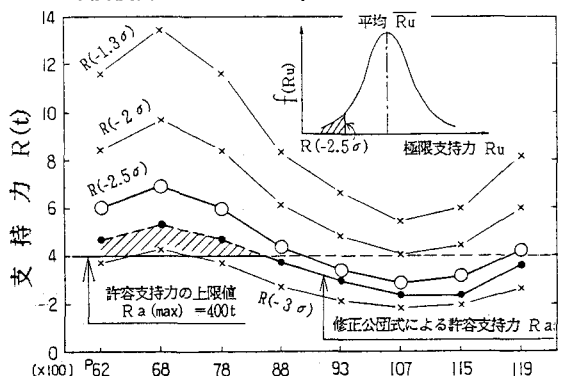


図-6 高砂工区の支持力度上限値の設定法