

III-22

各種試験法によるアンピン杭の支持力特性

東日本旅客鉄道(株) 東北工事事務所 正会員 ○古山 章一
 東日本旅客鉄道(株) 東北工事事務所 正会員 生田 雄康
 東日本旅客鉄道(株) 東北工事事務所 正会員 西澤 政晃

1. はじめに

現在、工事が進められているJR仙石線の仙台駅・苦竹駅間の延長約3.9kmの地下化ルートは、東北新幹線仙台駅部において、駅舎高架橋直下を横断する。横断部分の函体は、新幹線列車の走行を確保しての施工となることから、駅舎高架橋を基礎杭で受替えて構築するアンダーピング工法を採用している。

この受替杭（アンピン杭）として小判形深礎杭を採用した。本稿では掘削底面で行った平板載荷試験、コアの一軸圧縮試験、受替えのプレロード載荷時に実施した荷重と杭沈下量の測定結果から、支持力特性を調べたので報告する。

2. 地質条件

東北新幹線仙台駅部の地質柱状図を図1に示す。アンピン杭は、当初の地質調査で得られた $\sigma_c = 50 \text{ kgf/cm}^2$ 程度、 $\text{RQD} = 70 \sim 100\%$ の泥岩に岩着させている。

杭の断面は受替える荷重の大きさに応じて、2種類の小判形とし、合計8本施工している。なお、杭は仮受時だけでなく、将来も高架橋荷重を受ける本設杭として設計している。常時状態における深礎杭の許容鉛直支持力の計算結果を表1に示す。

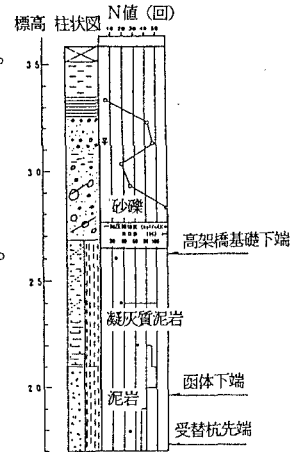


図1 地質柱状図

3. 平板載荷試験、プレロード載荷時の計測 表1 許容鉛直支持力の計算結果（常時状態）

平板載荷試験のうち、120tfまで載荷することができた試験の $\log P-S$ 曲線を図2に示す。この荷重を極限荷重とし、実大深礎での極限鉛直支持力 Q_u を推定すると、A、D杭では5,740tf、B、C杭では8,710tfとなり、表1の Q_u の値は十分確保できることが分かった。

杭番号	大判(B×H×L[m]) 断面積(A: m ²) 杭周長(U: m)	先端支持力 $Q_a = A(5.1 \cdot l_1 \cdot \alpha_c + c)$ tf	周囲支持力 $Q_s = U \cdot f_s \cdot \ell_s$ tf	有効上載圧 $\gamma \cdot D_r \cdot A$ tf	許容鉛直支持力 $Q_u = 1/F_s \cdot (Q_a + Q_s) + \gamma \cdot D_r \cdot A$
A, D	2.76×1.5×6.5m A=3.65m ² U=7.22m	$Q_a = 3.65 \times 5.1 \times 1.0 \times 1.1 \times 250 = 5,119 \text{ tf}$	$Q_s = 7.22 \times 15 \times 2.0 = 217 \text{ tf}$	$\gamma \cdot D_r \cdot A = 1.8 \times 2.0 \times 3.65 = 13.1 \text{ tf}$	$Q_u = 1/3 \times (5,119 + 217) + 13.1 = 1,792 \text{ tf}$ > 1,660 tf (20通りD)
B, C	4.01×1.5×6.5m A=5.54m ² U=9.74m	$Q_a = 5.54 \times 5.1 \times 1.0 \times 1.1 \times 250 = 7,770 \text{ tf}$	$Q_s = 9.74 \times 15 \times 2.0 = 292 \text{ tf}$	$\gamma \cdot D_r \cdot A = 1.8 \times 2.0 \times 5.54 = 19.9 \text{ tf}$	$Q_u = 1/3 \times (7,770 + 292) + 19.9 = 2,707 \text{ tf}$ > 2,423 tf (19通りC)

ここに、 l_1 ：傾斜荷重に対する補正係数、 α_c ：基礎底面の形状係数、 c ：基礎底面地盤の粘着力 (tf/m^2) ($\sigma_c = 50 \text{ kgf/cm}^2$ と仮定)、 f_s ：最大周囲支持力 (tf/m^2) 、 ℓ_s ：根固め部分の長さ(m)、 γ ： D_r 区間の土の平均有効単位体積重量 (tf/m^3) 、 D_r ：有効杭入れ深さ(m)、 F_s ：安全率 $(=3)$

プレロード載荷時の計測のうち、杭先端地盤に設けたロッド式沈下計による沈下計測結果を図3に示す。

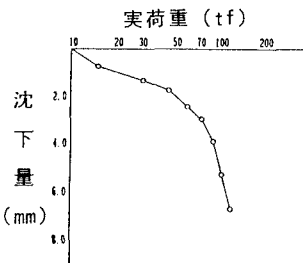


図2 $\log P-S$ 曲線

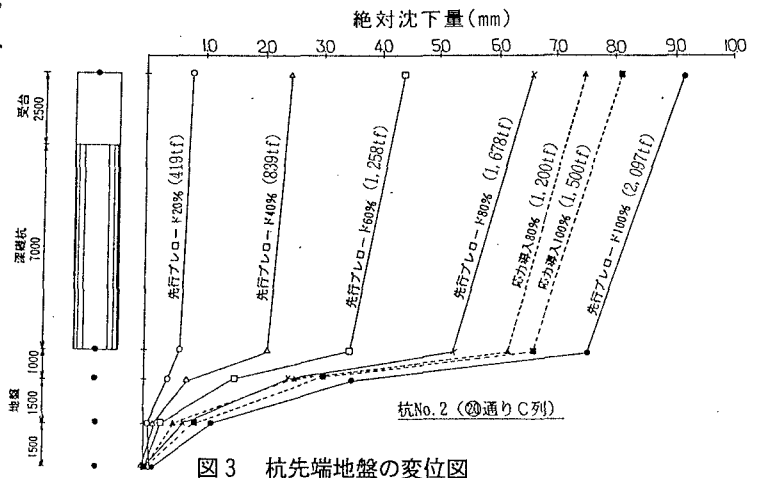


図3 杭先端地盤の変位図

これから、小判形深礎杭の換算直径D (2.66m) の約1.5 倍である4mの深さまでで沈下がほぼ収束していることが分かった。

4. 変形係数の比較

各杭で実施した各種試験から求めた変形係数の比較を表2に示す。これから、平板載荷試験から求まる変形係数 E_2 は、一軸圧縮試験から求まる変形係数 E_1 の約7割となっていることが分かる。また、プレロード時のバネ値から逆算して求めた変形係数 E_3 は、一軸圧縮試験から求まる変形係数 E_1 の0.10~0.26程度の値となっており、この値は杭底面付近のコア採取率 RQDとの相関がみられた。この関係を調べた既研究¹⁾に今回のデータを加えて表したものが図4である。縦軸の E_D は平板載荷試験、弾性波速度試験等による変形係数であり、今回はプレロード時のものとした。 E_{LAB} はコアの圧縮試験から求まる変形係数である。図からRQDが大きくなると、 E_D/E_{LAB} の値も大きくなる傾向にあること、今回のデータも既研究の範囲内には入っていることが分かる。

表2 各杭の各種試験から求めた変形係数の比較

通り	杭番号	大判(B×H×L[m]) 断面積(A:㎡) 杭周長(U:m)	設計荷重(P:tf) 荷重強度(p:tf/㎡) (常時状態)	杭底面付近(供試体数) 一軸圧縮強度(kgf/cm²) 変形係数(kgf/cm²) E_1	杭底面付近 の77採取率 RQD	平板載荷試験の鉛直地盤 反力係数(kgf/cm²) 変形係数(kgf/cm²) E_2	アンビンプレロードの バネ値(tf/m) 変形係数(kgf/cm²) E_3	E_2/E_1	E_3/E_1
19	A	2.76×1.5×6.5 A=3.65 U=7.22	P=1,538 p=421	供試体数 3 q _u =79.0 E ₁ =14,900	—	最大荷重 90tf k _s =461 E ₂ =9,942	K _s =6.38×10³ E ₃ =3,849	0.667	0.261
	B	4.01×1.5×6.5 A=5.54 U=9.74	P=2,397 p=433	供試体数 3 q _u =66.5 E ₁ =11,450	—	最大荷重 120tf k _s =372 E ₂ =8,022	K _s =5.56×10³ E ₃ =2,359	0.701	0.206
	C	4.01×1.5×1.0 A=5.54 U=9.74	P=2,423 p=437	供試体数 6 q _u =73.3 E ₁ =12,122	—	—	K _s =4.19×10³ E ₃ =1,656	—	0.136
	D	2.76×1.5×11.0 A=3.65 U=7.22	P=1,647 p=451	供試体数 6 q _u =81.8 E ₁ =11,753	西側 南側 66 100 下は100	—	K _s =4.49×10³ E ₃ =2,091	—	0.177
20	A	2.76×1.5×6.5 A=3.65 U=7.22	P=1,536 p=421	供試体数 3 q _u =78.8 E ₁ =11,266	54 下は51~63	—	K _s =3.21×10³ E ₃ =1,633	—	0.145
	B	4.01×1.5×6.5 A=5.54 U=9.74	P=2,387 p=431	供試体数 3 q _u =83.8 E ₁ =10,753	48 下は56~80	—	K _s =4.91×10³ E ₃ =2,036	—	0.189
	C	4.01×1.5×1.0 A=5.54 U=9.74	P=2,410 p=435	供試体数 3 q _u =68.4 E ₁ =6,865	30 下は39~54	—	K _s =1.89×10³ E ₃ =688	—	0.100
	D	2.76×1.5×8.5 A=3.65 U=7.22	P=1,660 p=455	供試体数 3 q _u =82.3 E ₁ =10,620	49 下は82~93	—	K _s =3.65×10³ E ₃ =1,743	—	0.164
注) 杭底Eは支持地盤の状態により、良好な支持層に岩着させているため各杭に差がある								平均	0.68
								()は変動係数	19通り 0.19(0.23) 20通り 0.15(0.22) 全体 0.17(0.26)

岩盤の変形係数の評価に当たっては、風化の程度、亀裂の程度、基礎の大きさ等を総合的に勘案しなければならない。

今回の試験、検討からもRQDにより室内試験(圧縮試験)結果を低減して用いることが有効であること、また、その評価すべき範囲としては杭先端地盤以下、杭径の1.5倍以上は必要であることが分かった。

【参考文献】

- 1) 土質工学会: 岩の工学的性質と設計・施工への応用, p340, 昭和49年 4月
- 2) 瀧内, 古山, 縄田, 佐藤: 新幹線駅舎下における軟岩地盤上の平板載荷試験, 平成5 年度土質工学会東北支部研究討論会講演集

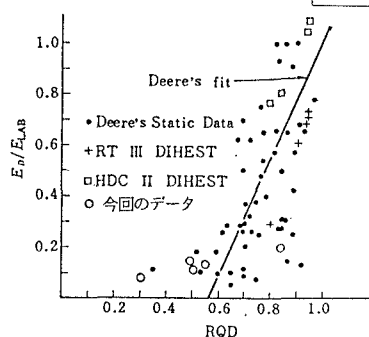


図4 RQDと変形係数の低減率の相関図