

堆積岩を支持層とする杭の先端載荷試験事例

基礎地盤コンサルタンツ株式会社	正会員	○白井 康夫
基礎地盤コンサルタンツ株式会社	非会員	金丸 功希
基礎地盤コンサルタンツ株式会社	非会員	遠藤 正悟
基礎地盤コンサルタンツ株式会社	非会員	田中 淳
基礎地盤コンサルタンツ株式会社	非会員	栃尾 健

1. はじめに

九州北部のバイパスで計画されている橋梁の杭基礎に対して実施した載荷試験の事例報告である。当地区の杭基礎の支持層は堆積岩である。ここで、道路橋示方書¹⁾では良質な砂礫層を支持層とする場合、杭先端の極限支持力度を $q_d=5,000\text{kN/m}^2$ としている(表-1)。しかし、岩盤を支持層とする場合は、規定がない。

杭設計時の杭先端の極限支持力度 $q_d=5,000\text{kN/m}^2$ と設定していることから、この値の妥当性確認のため、杭の先端載荷試験を実施した。試験の結果、設計目標値 $q_d=5,000\text{kN/m}^2$ を十分満足する結果が得られた。

表-1 杭先端の極限支持力度 q_d ¹⁾

地盤種別	杭先端の極限支持力度
砂れき層及び砂層 ($N \geq 30$)	$3,000(\text{kN/m}^2)$
良質な砂れき層($N \geq 50$)	$5,000(\text{kN/m}^2)$
粘性土層 ($N \geq 20, q_u \geq 0.4\text{N/mm}^2$)	$3q_u(\text{kN/m}^2)$

2. 対象とする支持層

当該地の地層は図-1 に示すように軟弱層が 35m 程度分布し、その下位に支持層となる堆積岩が分布しており、極端な地層の傾斜はみられない。支持層である堆積岩は基本的には短柱～棒状コアで採取され、砂岩・頁岩・礫岩等から成る。設計では、一軸圧縮強さ $q_u \geq 1,670\text{kN/m}^2$ 以上 (q_u と N 値の相関をとって $N=50/10\text{cm}$ 以上を支持層と設定) を支持層としている。

当該地では各地点での一軸圧縮試験値から支持層を設定しているが、一般的に室内試験に用いる供試体は亀裂が少ないものが多い。このため、堆積岩の亀裂の程度を考慮した支持層の評価を行った。事前調査としてはボーリング孔を用いた PS 検層、採取コアの岩の一軸圧縮試験・超音波速度試験を実施して、図-2 より亀裂を考慮して一軸圧縮強度を評価した。その結果、

キーワード 堆積岩, 杭の載荷試験, 先端載荷試験, 支持力度, 一軸圧縮強度, 荷重沈下曲線

連絡先 〒814-0022 福岡県福岡市早良区原 2-16-7 基礎地盤コンサルタンツ(株) TEL 092-831-2512

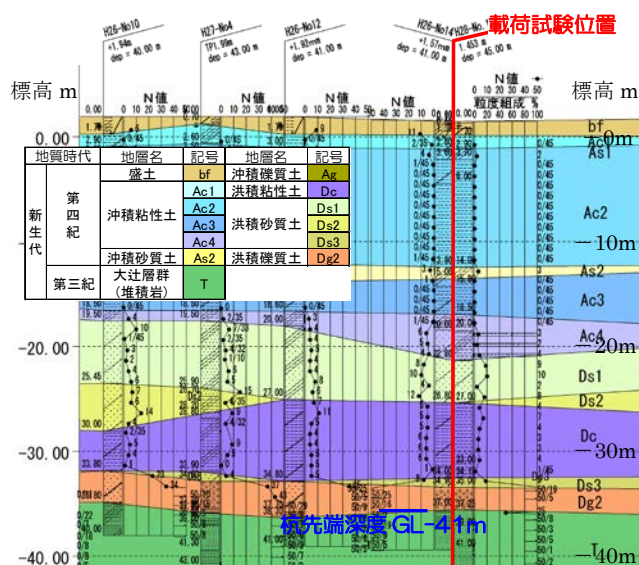


図-1 地質想定縦断面図



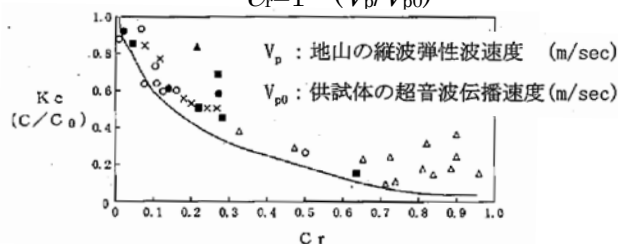
写真-1 堆積岩のコア写真

表-2 補正後の圧縮強度

中心深度	圧縮強度	超音波電波速度	PS検層	補正に用いる定数	補正後の圧縮強度	補正後の支持力度
GL-m	q_u kN/m ²	V_{p0} km/sec	V_p km/sec	C_r K_c	q_u' kN/m ²	$3 \times q_u'$ kN/m ²
38.35	13,300	2.28	2.14	0.12 0.56	7,448	22,344
38.95	3,920	1.25	2.14	0.00 1	3,920	11,760
40.35	48,700	3.74	2.38	0.60 0.15	7,062	21,185
40.58	19,400	2.23	2.38	0.00 1	19,400	58,200
40.88	3,180	0.93	2.38	0.00 1	3,180	9,540
41.35	19,800	3.84	2.38	0.62 0.14	2,673	8,019

補正後の強度 $q_u' = K_c \times q_u$

$$C_r = 1 - (V_p / V_{p0})^2$$

図-2 亀裂を考慮した岩の一軸圧縮強度²⁾

杭先端位置のコアの圧縮強度が最も小さくなるものの、補正後の圧縮強度でも、設計目標値 $q_u \geq 1,670 \text{ kN/m}^2$ を満足していることが確認でき、当該地に分布する支持層(堆積岩)は、設計目標値を十分満足する支持層であることが分かった。この結果と中間の地層の分布状況・杭長が同程度であることから、今回行った杭の載荷試験結果を他地点へ適用することが可能と判断した。

3. 載荷試験計画

載荷試験の計画にあたっては、対象範囲の地層構成、杭長など、他地点の橋梁へ試験結果が適用可能な箇所を選定して、載荷試験を実施した。なお、場所打ち杭は施工時にボイリングが生じると、杭先端地盤を乱して支持力が低下する。このため、試験杭打設時には、スライム処理やボイリングの発生を抑えるために注水して掘削するなど施工時の杭先端深度付近での地盤の乱れの影響をできるだけ低減させた。

杭先端の極限支持力度 $q_d=5,000 \text{ kN/m}^2$ の妥当性確認のための試験であったことから、図-3 に示す先端載荷試験を採用し、載荷試験方法の詳細は杭の鉛直載荷試験基準・同解説³⁾に準拠した。なお、試験杭の仕様は表-3 に示す通りである。

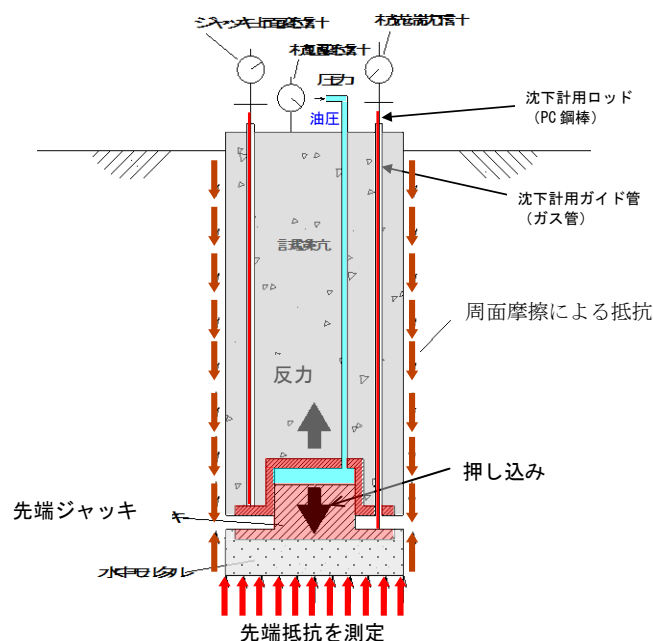


図-3 先端載荷試験の概要

表-3 試験杭の仕様

支持層	支持層の評価	杭径φ	杭長
堆積岩	$q_u=1,670 \text{ kN/m}^2$ ($N=50/10$ 以上)	1.2m	41.0m

4. 載荷試験結果

載荷試験の結果として荷重～沈下曲線を図-4 に示す。この結果から、荷重増加時の沈下曲線は、ある時点で急激に沈下が生じているといった現象は認められず、また荷重保持期間中も徐々に沈下が継続していることから、杭先端位置にスライムが残っているといった施工時の影響はないものと考えられる。また、荷重除荷時の戻り量（勾配）に着目してみると、各荷重段階共にほぼ同じ勾配で戻り量が生じており、地盤は弾性域にあったことが伺え、このことから施工時の乱れの影響はなかったものといえ、試験結果は妥当と判断した。試験結果からジャッキの先端荷重最大時に杭径の3%程度の沈下(4.5cm 沈下)、先端支持力度 $6,000 \text{ kN/m}^2$ 程度が確認され、Weibull 分布曲線から杭径の10%の極限支持力度を推定すると $15,600 \text{ kN/m}^2$ 程度と予測される。

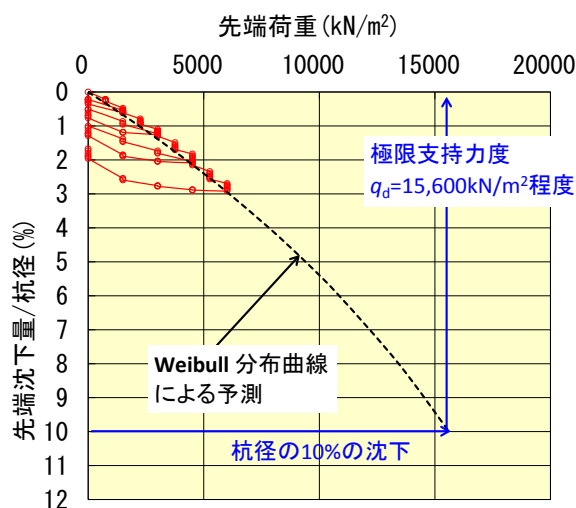


図-4 荷重～沈下曲線の比較
(縦軸の先端沈下量は杭径で正規化している)

5. おわりに

支持層付近は採取コアでは亀裂が多いものの、PS 検層、超音波速度試験、一軸圧縮試験結果からは良好な支持層と判断され、他地点への適用性、設計時の杭の先端支持力度の妥当性を確認することができた。これは、スライム処理やボイリングの発生に十分留意して、試験杭の施工を実施された結果である。ここに、施工者、発注者、関係各位に感謝の意を申し上げる。

《 参考文献 》

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 IV 下部構造成編, H24.3 p.389
- 2) NEXCO：設計要領 第二集 橋梁建設編, H27.7 p.4-8
- 3) 地盤工学会：杭の鉛直載荷試験方法・同解説・第1回改訂版, H14.5