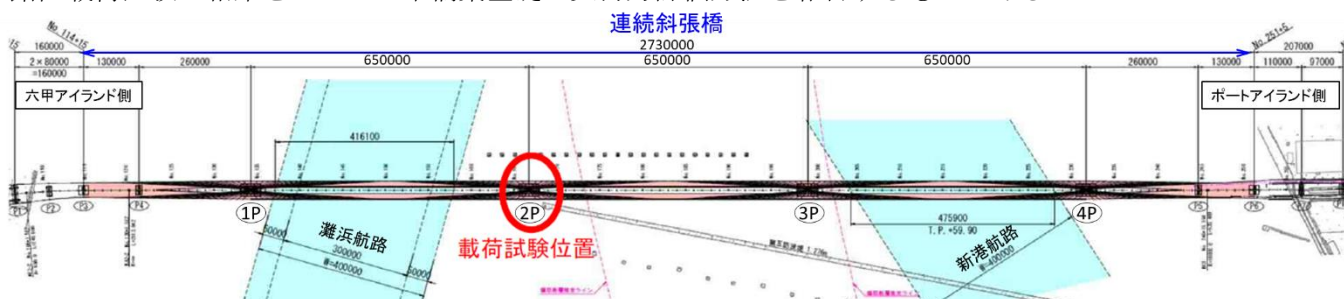


鉛直載荷試験をふまえた大口径鋼管杭の支持力評価方法

阪神高速道路 正会員 ○服部 駿佑 正会員 杉山 裕樹 正会員 佐藤 彰紀
 神戸港湾事務所 藤倉 永大 矢幡 圭司
 神戸港湾空港技術調査事務所 佐藤 文郎 岩原 克仁
 大日本コンサルタント 豊島 孝之 正会員 後閑 勇

1. はじめに

大阪湾岸道路西伸部の六甲アイランドーポートアイランド間の海上部に計画している多径間連続斜張橋は、基礎形式として鋼管矢板基礎を選定している。大阪湾岸道路西伸部の地盤は、砂および粘土の互層からなる沖積層が、その下位に砂礫層に富み粘土を挟在する洪積砂層が分布し、本橋梁基礎はこの洪積砂層を支持層と設定している。海上橋梁基礎設計にあたっては、このような複雑な互層状態となる地盤の支持力を適切に評価する必要がある。本稿は、基礎設計に先立って実施した新港・灘浜航路部における大口径（1,500mm）鋼管杭の鉛直載荷試験の結果をふまえた本橋梁基礎の支持力評価方法を報告するものである。



2. 試験計画

図-1 載荷試験位置

試験場所は、連続斜張橋の主塔位置で計画した（図-1）。試験方法は、押し込み試験、急速載荷試験（重錘落下方式）および衝撃載荷試験の3種類を実施した。本稿では、押し込み試験と急速載荷試験の結果について報告する（図-2）。杭下端位置はTP-55.0m、試験杭の杭長は59.5m（押し込み）、60m（急速）であり、このうち下杭（杭長40m）の施工はパイプロハンマ（320 II MR×2 連：480kW）を用いて行い、上杭の施工は油圧ハンマ（IHC-S280）を用いて行った。

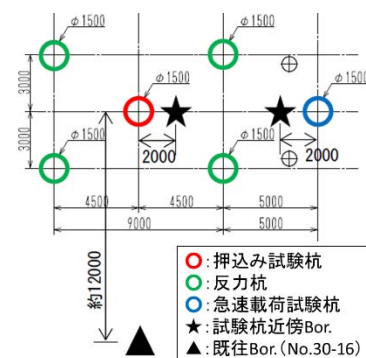


図-2 試験杭配置

3. 試験結果

図-3より、押し込み試験の試験杭の抵抗力（荷重）の最大値は11,018kNであり、これを先端抵抗力と周面摩擦力を合わせた極限支持力と判断し、極限支持力が得られた載荷段階における先端支持力を3,685kNと確認した。急速載荷試験の試験結果についても同様に、杭の抵抗力の最大値26,834kNを極限支持力と判断し、極限支持力が得られた載荷段階における先端支持力を7,150kNと確認した。

4. 追加土質調査

両試験で極限支持力が倍以上異なり、当初想定的设计支持力（極限支持力：21,907kN）とも異なる結果となったため、両試験杭の近傍で追加土質調査を実施した結果（図-4）、杭先端付近におけるN値20未満の粘性土層の狭在状況が試験杭ごとに異なっており、道示¹⁾の支持

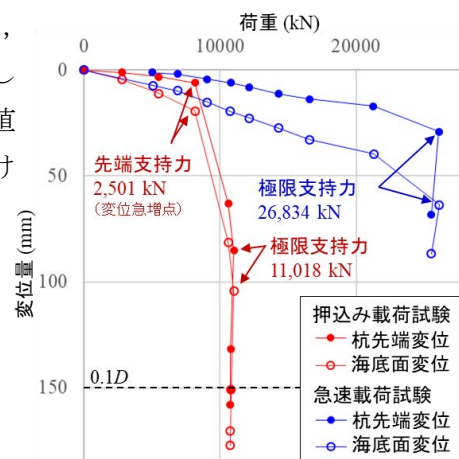


図-3 載荷試験荷重-変位関係

キーワード 大坂湾岸道路西伸部、鋼管矢板基礎、鋼管杭、鉛直載荷試験、薄層支持力式

連絡先 〒650-0023 神戸市中央区栄町通1-2-10 読売神戸ビル
 阪神高速道路(株) 神戸建設部 TEL 078-331-9820 (代表)

層の目安「N 値 20 程度以上の粘性土層または N 値 30 程度以上の砂層，砂れき層」と異なる条件と判明した．

5. 試験結果に基づく支持力評価手法の検討

(1) 先端支持力度の評価 道示における打込み杭先端の極限支持力度 q_d の評価式は，粘性土の場合 $90N(\leq 4,500)$ ，砂の場合 $130N(\leq 6,500)$ (N 値は杭先端から $3D$ 範囲の平均値) である．しかし，両載荷試験杭の先端付近の地盤は，道示の支持層の目安の条件を満たす層厚 (有効層厚) が $3D$ 以下となるため，先端支持力度に対して過大な評価値を与えることとなる．このため，今回の地盤状況を踏まえ，有効層厚 H が 3 以下の場合，薄層支持杭に対する先端支持力度評価式²⁾ (以下，薄層支持力式とする) を適用する．薄層支持力式は， $1 \leq H/D \leq 3$ のとき $q_d' = \alpha \cdot q_d$; $\alpha = 1/2(H/D-1) \cdot 3q_u/2q_d(H/D-3)$, $H/D < 1$ のとき $q_d' = 3q_u$ で表す．ここに， H : 有効層厚 (m) (図-3)， D : 杭径 (m)， q_d' : 先端支持力度 (kN/m²)， q_d : 支持層の極限支持力度 (kN/m²)， q_u : 下位粘性土の一軸圧縮強度 (kN/m²)， α : 薄層を考慮した支持力度の補正係数である．薄層支持力式による載荷試験結果の再現性の確認結果を表-1 に示す．今回， H/D が 1 未満となる押込み試験における破壊モードは，下位粘土層の影響を大きく受けることによる支持層のパンチング破壊であったと想定し，再現性の確認対象とする押込み試験結果の値は 3 で述べた 3,685kN でなく，図-3 において変位の急増が認められる 2,501kN とした．薄層支持の杭先端支持力度と載荷試験結果との比率は押込み試験が 0.76，急速載荷試験が 0.89 となり，載荷試験結果と概ね整合していることが確認できた．

(2) 周面摩擦力度の評価 載荷試験における周面摩擦力度は，試験杭の各ひずみ計位置での各載荷重時の軸力を用いて，隣接ひずみ計間の軸力差を当該区間の杭周面積で除して求めた．得られた周面摩擦力度は，油圧ハンマによる打込み杭工法とバイブロハンマ工法の施工区間で分けて整理し，それぞれ評価式を検討した．打込み杭工法は，道示式 (粘性土は $c (\leq 70)$ ，砂質土は $5N (\leq 100)$ で評価)，バイブロハンマ工法はバイブロハンマ工法技術研究会の提案式³⁾ (粘性土は $c (\leq 30)$ ，砂質土は $2N (\leq 50)$ で評価) を用いることとした．

(3) 周面摩擦力度と先端支持力度の合計値の評価 押込み試験結果に対する再現率は高い一方，急速載荷試験結果は，半分程度の再現率となった．この原因は，バイブロハンマ施工区間の一部にて，異常値とも考えられる高い周面摩擦力度が捉えられた影響が大きいと考察した．

6. 結論

今回の地盤条件では，杭先端の極限支持力度は，杭先端付近の互層の状況に敏感に左右されること，またその状況が場所ごとに大きくバラつくことが判明し，慎重な設計が必要ながことが分かった．そのため，本検討後に実施した更なる追加土質調査から洪積砂層の詳細な情報を整理し，確実な基礎設計を実施する予定である．また，他の主塔位置を含め再度載荷試験を実施し，今回設定した評価式の妥当性について検証予定である．

参考文献

1) (公社) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説IV下部構造編，2017.11，2) (公社) 日本道路協会：杭基礎設計便覧，2015.3，
3) バイブロハンマ工法技術研究会、鋼管杭・鋼矢板技術協会：バイブロハンマ工法を用いた杭の支持力特性の評価，
http://www.jaspp.com/shiryoutomorrow/pdf/tec_no88.pdf

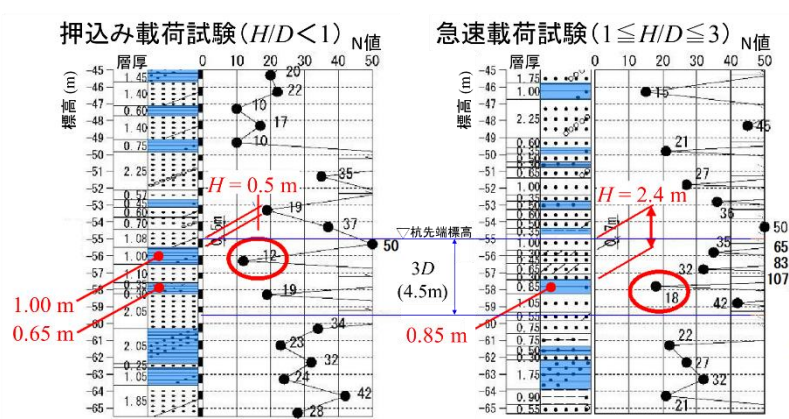


図-4 試験杭近傍ボーリング柱状図

表-1 載荷試験結果の再現性

		試験結果	評価式
押込み 載荷試験	周面摩擦力 (kN/本)	7,333 [1.00]	8,740 [1.19]
	先端支持力 (kN/本)	3,685 [1.00] 2,501 [1.00]	1,909 [0.52] [0.76]
	合計 (kN/本)	11,018 [1.00]	10,648 [0.97]
急速載荷 試験	周面摩擦力 (kN/本)	19,684 [1.00]	8,724 [0.44]
	先端支持力 (kN/本)	7,150 [1.00]	6,362 [0.89]
	合計 (kN/本)	26,834 [1.00]	15,086 [0.56]

※[]内は比率