

### ウォータージェットを活用したネガティブフリクション対策鋼管杭の施工

三井住友建設(株) 国際支店 正会員 ○近藤慎也  
三井住友建設(株) 国際支店 正会員 板花宏明  
三井住友建設(株) 国際支店 大保敬文

#### 1. はじめに

本工事は、ベトナム北部のハイフォン市に建設中のラックフェン国際港に接続する総延長約 15.6 kmの道路・橋梁工事であり、当社は海上橋梁部(延長約 5.4 km, 幅員 16.0m)の上下部工の施工を担当している(図-1, 図-2)。当該地域は、将来の工業団地造成のための埋立てが計画されており、軟弱地盤の圧密沈下が予想されることから、取付け橋のA1~P60およびP83~A2の基礎杭には、ベトナムで初めてのネガティブフリクション対策鋼管杭(以下、SL 鋼管杭)が採用された。

#### 2. 地盤条件および鋼管杭仕様

地層は上位から概ね、軟弱シルト(N=0~4)、粘性土(N=5~15)、砂礫(N=15~>50)、風化泥岩(N>50)であり(図-3)、風化泥岩の一軸強度は1.2~8.4MPa, RQDは0~45%である。鋼管杭はφ0.8~1.1m, t=12mm, L=36~49mであり、支持岩盤に3m以上根入れする設計である。

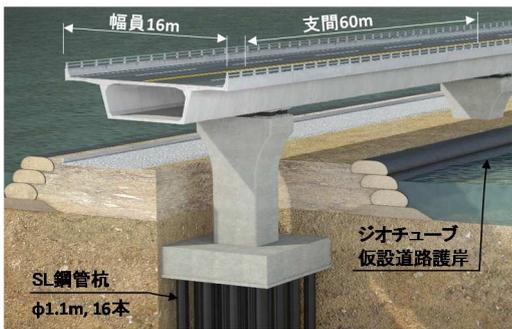


図-1 ハイアン側取付け橋完成予想図

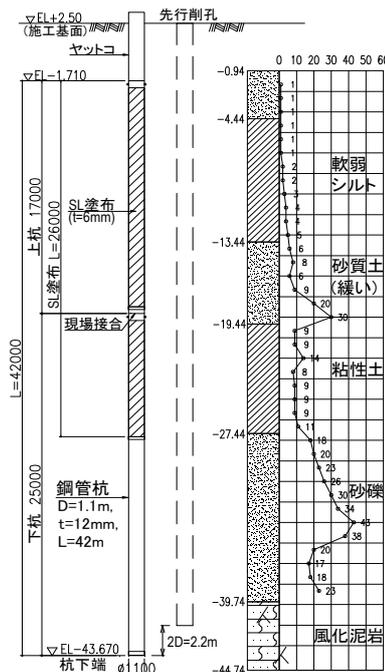


図-3 土質柱状図および鋼管杭一般図

#### 3. SL 鋼管杭の製造

SL コンパウンドは、ベトナムの高温下における鋼管の運搬や仮置き時の軟化やダレを防ぐため、現場内仮設用地に設けた設備で塗布し、鋼管杭・鋼矢板技術協会「SL ぐい製品仕様書」に従って品質管理した(写真-1)。

#### 4. 鋼管杭の打設

鋼管杭を砂礫層と風化泥岩に貫入させるため、同国のニャタン橋で実績のあるウォータージェット(WJ)パイプロ工法を用いた仮杭による先行削孔を実施し、ラム重量10~12.8tのディーゼルハンマで最終打撃を行った(図-4, 写真-2)。WJによる先行削孔深さは杭先端



写真-1 現場内仮施設でのSL塗布

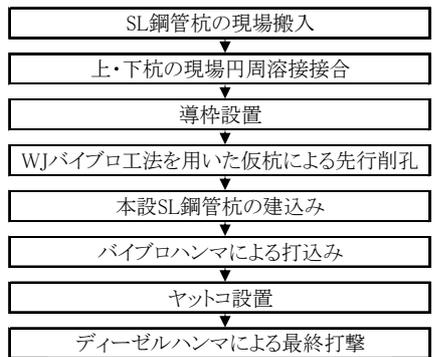


図-4 鋼管杭の打設フロー



図-2 橋梁全体図および鋼管杭施工範囲



写真-2 油圧パイプロハンマ(10E1412)による打込み(250t クレーン使用)

キーワード：鋼管杭, ネガティブフリクション, 泥岩, ウォータージェット, 打止め管理, 海外工事  
連絡先：〒104-0051 東京都中央区佃 2-1-6 TEL:03-4582-3175 FAX:03-4582-3250



写真-3 反力杭を用いた静的載荷試験 (P87) から2D(Dは鋼管径)以上を確保した。WJの活用により杭の貫入性が向上し、仕様書に規定する鉛直精度(杭芯ずれ100mm

以内、傾き1/100以内)を確保できた。全1,128本の杭を2班で打設し、要した期間は約11ヶ月であった。

5. 支持力確認試験および打止め管理

仕様書に基づき、本施工前に両岸で1本ずつ試験杭による支持力確認を行った。衝撃載荷試験(PDA)は23トンの重錘を使用し、地盤の支持力回復を確認するため、打設翌日とその4日後に実施した。その後、2サイクルの静的載荷試験(写真-3)で設計荷重の150%まで載荷した。PDA試験と静的載荷試験による荷重-変位関係(図-5)より、設計荷重の150%に対して降伏は見られず、施工方法が妥当であるものと判断し、本施工を開始した。

打止め管理式は、載荷試験結果に基づき、Hileyの式を補正した以下の式とした。

$$R_s = e \times \frac{Eh}{S+K/2} \times S_r \times C_f \times S_t = 0.67 \times \frac{Eh}{S+K/2}$$

ここに、 $R_s$ :静的抵抗力(支持力),  
 $e$ :ハンマ効率(=0.50),  $S_r$ :静的抵抗比(=0.66),  
 $C_f$ :換算係数(=0.53),  $S_t$ :支持力回復率(=3.81),  
 $Eh$ :ハンマエネルギー,  $S$ :貫入量,  $K$ :リバウンド量  
 本施工の結果、全体の約3割の杭で支持岩盤への貫入が困難となる高止まりが生じたが、上記の管理式を用いて十分な支持力が得られていることを確認した。

6. 本杭でのPDA試験結果および考察

全杭の2%以上の本数に対して実施したPDA試験の結果と支持力推定式による値を比較した。なお、本杭での試験には最終打撃と同じディーゼルハンマを用いた。

(1) 周面摩擦力(図-6)

1回目の試験値と比べ2回目の試験値が大きい傾向にあり、WJによる先行削孔を実施した場合でも周面地盤の支持力が回復することを確認できた。道路橋示方書IVの式( $f_i=2N$ またはC)にWJの影響( $\beta=0.5, H11$

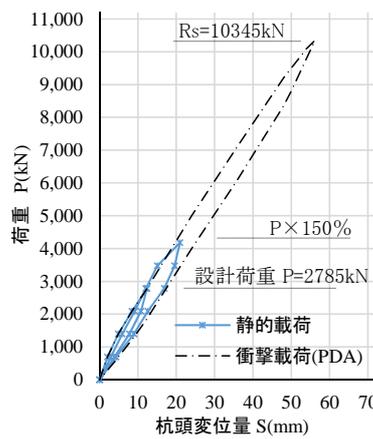


図-5 載荷試験結果 (P87)

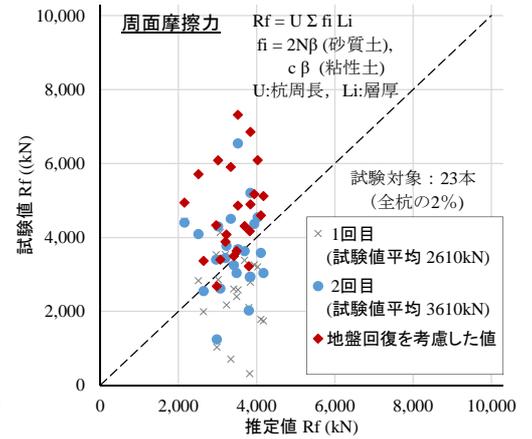


図-6 試験値と推定値の比較(周面摩擦力)

表-1 試験値と推定値の比較(先端支持力)

項目		$\phi 1.1m, t=12mm$	備考
杭先端面積	$A_p$ (m <sup>2</sup> )	0.950	
泥岩の一軸強度	$q_u$ (MPa)	1.2	室内試験最小値
先端支持力	道示参考式	$P_u$ (kN)	$=440q_u^{1/2} A_t^{2/5} A_i^{1/3}$
	港湾推定式	$R_{pk}$ (kN)	$=5x(1/3) q_u A_p$
	PDA試験	$R_b$ (kN)	1,570 ~ 5,491 (平均:2970) 試験杭:23本

At:先端純断面積(=0.041m<sup>2</sup>), Ai:先端閉塞面積(=Ap-At=0.909m<sup>2</sup>)

年仮設構造物工指針より)を考慮した推定値に対し、支持力回復を考慮した試験値(100日後で回復率100%とする<sup>2)</sup>)は概ね同等以上であった。

(2) 先端支持力(表-1)

道路橋示方書IVの参考式、および港湾の施設上の基準の式による推定値とPDA試験結果を比較した。ここで、泥岩の一軸強度は室内試験の最小値1.2MPaとした。PDA試験結果のバラつきは、橋脚毎に泥岩の風化度が異なることが原因と考えられる。この結果より、今回の泥岩の風化度は道示式の適用対象(殆ど未風化～全体にやや風化)より進行しており、道示式の適用はやや危険側となる可能性が推察された。ただし、ディーゼルハンマの打撃エネルギー不足のため、試験値は実際の先端支持力を過小評価している可能性が考えられる。

7. おわりに

本設鋼管杭にWJを活用した施工法を採用した結果、杭の貫入性が向上し、また支持力に関しても問題のないことを確認できた。本稿が日本および海外での類似工事の参考となれば幸いである。

参考文献

- 1) 山地齊, 青木孝典: 日越友好橋の鋼管矢板基礎, 基礎工, pp.90~93, 2010.1
- 2) 藤田圭一, 上田勝基: クイ打ち込み後の経過日数と支持力について, クイの鉛直載荷試験法の諸問題に関するシンポジウム, 土質工学会, 1970.2