

# ベトナムで初めての鋼管矢板基礎

## ハノイ・ニャットン橋（日越友好橋）の主塔基礎工

山 地 齊・黒 川 敏 広・安 達 剛

ニャットン橋（日越友好橋）は、ベトナムの首都ハノイ中心部を流れる紅河に架かる長大橋である。全橋長 3,080 m で主橋と取付橋からなり、主橋の主塔基礎にはベトナムで初めての鋼管矢板基礎工が採用された。主橋は幅員 33.2 m、橋長 1,500 m、中央径間 300 m の 6 径間連続合成 2 主 I 桁斜張橋であり、鋼管矢板基礎に支えられた高さ 111 m を誇る 5 基の主塔が特徴的である。鋼管矢板基礎の形状は幅 16.9 m 長さ 48.7 m の小判形、直径 1.2 m 矢板長 50 m 合計で 118 本の鋼管矢板が外周と隔壁を構成する。3 基は河川内での台船施工、中洲と北岸に位置する 2 基は陸上施工、硬質な砂とシルト地盤に沈設するため、ジェットパイプロ工法を併用した最終打撃工法を採用した。ニャットン橋の完成予定は、2014 年 10 月である。  
キーワード：鋼管矢板基礎、ODA、STEP、ベトナム、斜張橋、ウォータージェット、台船施工

### 1. 日本技術の活用

ニャットン橋は ODA の STEP 制度による援助であり、本邦技術活用条件が義務付けられている。これは日本の優れた技術やノウハウを活用し、途上国への技術移転を促進するため創設された制度であり、日本インフラ技術輸出戦略でもある。途上国は低利の優遇金利で円借款を享受でき、日本の技術を学べる利点がある。

当工区（Nhat Tan Package-1）は特殊橋梁を含む

ため、日本を原産とする資機材調達に本体契約額の 40% 以上であることが、原産地ルールにより定められている。斜張橋の主塔を支える基礎工の鋼管矢板（写真—1）も日本原産品として計上される。

### 2. ニャットン橋（日越友好橋）

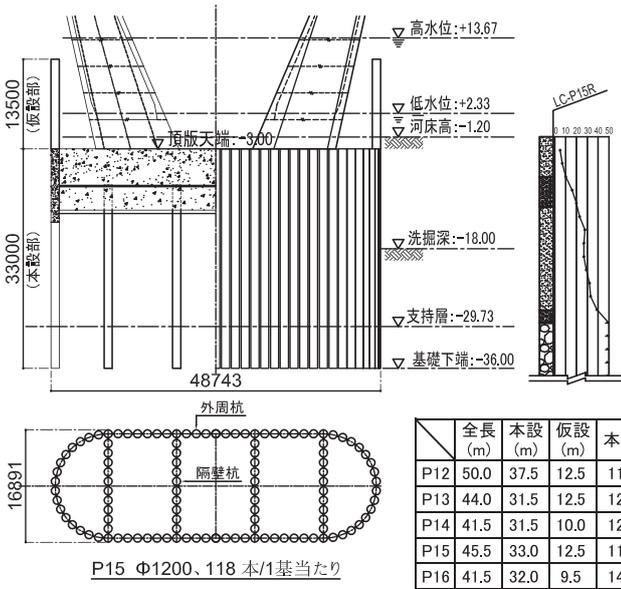
ニャットン橋は、ハノイの中心部を流れる紅河に架かる橋で、昨今の交通渋滞<sup>1)</sup>を緩和するため建設が進む第 2 環状線の主要橋梁である。工事名称は、Contract Package-1 : Main Bridge and North Approach Bridge under Nhat Tan Bridge (Vietnam - Japan Friendship Bridge) Construction Project であり、日越友好橋と称される。施主はベトナム交通運輸省 PMU85、設計が長大・大日本コンサルタント・TEDI の JV、請負者は IHI インフラシステム・三井住友建設の JV であり、当社は主橋の鋼管矢板基礎と主塔工、およびアプローチ橋の場所打ち杭基礎と橋脚工事を担当する。本稿では、主橋の鋼管矢板基礎の施工を紹介する。

### 3. ベトナムで初めての大規模鋼管矢板基礎

鋼管矢板基礎の形状は、小判形 48.7 m × 16.9 m、仮設部を含む最大長さは 50 m（下杭と上杭は現場溶接接合）、鋼管矢板および鋼管杭（中間杭）の総本数は 632 本、総重量は 14,200 t である。地盤は上層部が沖積シルトと砂、支持地盤は洪積砂礫層であり、長尺



写真—1 主塔構築の仮締切も兼ねる鋼管矢板基礎



図一 P15 鋼管矢板基礎の形状と地盤

な鋼管矢板を精度良く打設・閉合することが肝要となる(図一)。そのため、ウォータージェット工法を併用したパイロハンマで沈設、ディーゼルハンマで最終打撃する工法を採用した。河川内の水上施工が3基、陸上施工が中洲と北岸で2基である。

#### 4. 計画と調達

材料発注に先立ち施工図および施工計画の承認が不可欠であり、着工後7ヶ月目の試験杭打設を目標に掲げ全員で邁進したのが記憶に新しい。当時、鋼管矢板は日本のみで製造されており、かつ日本原産品であるため輸送にかかる期間を考えると計画の成否が重要なウェイトを占めた。承認された施工図に基づく鋼管矢板は、日本港を船出した後ハイフォン港で通関、そこから200kmの河川を現場まで水上輸送された<sup>2), 3)</sup>。

鋼管矢板基礎の施工機械は、表一に示すように大型のクレーンバージが不可欠であり、シンガポール

表一 鋼管矢板施工用クレーンとバージの一覧表

施工場所	使用機械
水上施工 (P12, 13, 15)	鋼管矢板施工 ・4,000tバージ+350tクローラークレーン ・3,000tバージ+275tクローラークレーン ・1,500tバージ2隻+150tクローラークレーン2台 ・タグボート2隻
	材料運搬 ・500tバージ3隻+タグボート2隻
陸上施工 (P14, 16)	鋼管矢板施工 ・200tクローラークレーン ・150tクローラークレーン

から調達し水上と陸上施工の2班体制とした。鋼管矢板仮置きヤードには、ウォータージェット管の取付けと場内運搬用に2台の150tクローラークレーンとロングボディのトレーラを配置した。準備工から鋼管矢板打設完了までに要した時間は、水上施工(2セット機材)で2ヶ月/1基、陸上施工(1セット)は3ヶ月/1基であった。

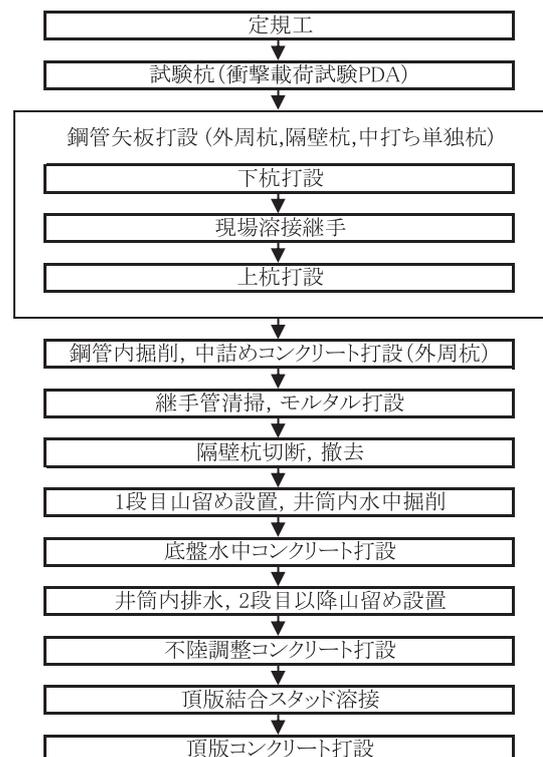
#### 5. 鋼管矢板基礎の施工

##### (1) 鋼管矢板の打設と衝撃載荷試験

ウォータージェット併用パイロハンマ工法は、ウォータージェットで地盤を切削しながら油圧パイロハンマにより鋼管を沈設するため、硬質な砂地盤における杭打設精度の向上に威力を発揮する。

鋼管矢板の打設手順(図二)は、ウォータージェットを併用し外周下杭を沈設(写真二)、先行閉合させて上杭を現場溶接継手、同様の手順で所定の位置まで沈設を行った。ウォータージェットによる支持層の乱れを防止するために、ウォータージェットの使用範囲は矢板下端から上方6D(Dは鋼管矢板径で6D=7.2m)までとし、ディーゼルハンマを用いて所定の位置まで最終打撃した(写真三)。外周杭が閉合した後、40本の隔壁杭も同様に打設した。

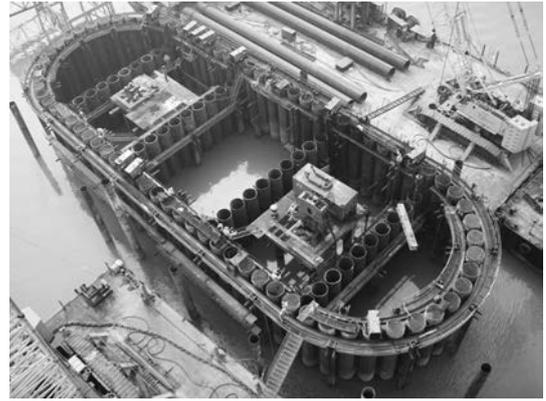
各基礎には試験杭による支持力確認が義務付けられており、衝撃載荷試験(PDA)により支持力を確認



図二 鋼管矢板基礎の施工フロー



写真一 2 下杭の沈設に威力を発揮するウォータージェット



写真一 5 見事に閉合された鋼管矢板基礎 (P13)



写真一 3 4基のクレーンバージによる上杭の水上新工

## (2) 鋼管内中詰めコンクリートと継手管処理

鋼管矢板の閉合後、外周杭内の中詰コンクリート工および継手管処理を実施した。中詰コンクリートは、鋼管内の土砂をエアリフトにより排土した後、トレミー管により打設した(写真一 6)。継手管グラウト処理は、継手管内をウォータージェットで清掃、グラウトミキサーで練られたグラウトをポンプ注入することとし、河床面より上の水中部(仮締切り部)はモルタルジャケットを併用した。地盤が砂とシルトであったため、管内洗浄後の土砂の戻りが早く、数回の再洗浄が必要となり時間を要したのが反省点である。隔壁



写真一 4 衝撃載荷試験 (PDA) による支持力確認と 23t 重錘



写真一 6 トレミー管による外周杭の中詰コンクリート打設

した(写真一 4)。PDA 試験は 23t の重錘を 3.0 m の高さから落下させ杭体に生じる加速度とひずみを計測・解析するものであり、単杭の極限支持力を非破壊で確認できた。

ウォータージェットの効果は大きく、井筒閉合直後の出来形寸法および鉛直精度は、それぞれ  $\pm 100$  mm, 1/500 の要求に対して満足いく数値を維持し、井筒内掘削後の鋼管矢板の変形も予測値以内となり、鋼管矢板基礎としての品質を確保することができた(写真一 5)。



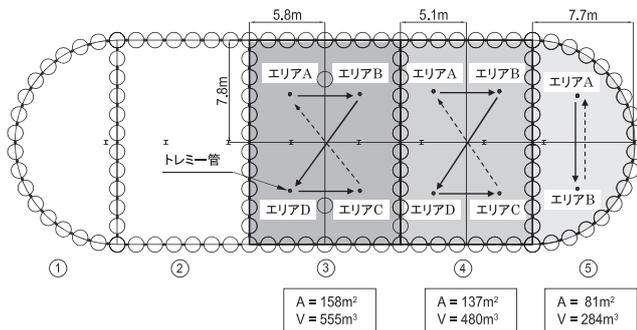
写真一 7 役目を終えた外周部仮締切り部鋼管矢板の撤去

部の仮設部は継手処理後直ちに切断したが、外周部は主塔の構築が進み山留め工の役目を終えてからディスクカッターにより地中切断・撤去した（写真一7）。

**(3) 井筒内掘削山留め工と底盤コンクリート**

井筒内の水中掘削土量は約 8,000 m<sup>3</sup> / 基であり、ウォータージェットで地盤を乱しサンドポンプで排土する工法を採用して工程短縮を図った。

水中掘削完了後、排水後の耐水版となる厚さ 3.5 m、2,100 m<sup>3</sup> の底盤コンクリートをトレミー管で水中打設した。外周杭と隔壁杭により 5 室に分かれるため、最大打設量は 555 m<sup>3</sup> / 室で打設には約 28 時間を要した。コールドジョイントによる水みちの発生を防止するために、4 本のトレミー管を固定しエリア A → B → D → C の打設サイクルとし、層毎の打ち重ね時間を 2.5 時間以内に管理した（図一3）。水中不分離材を用いない通常のコンクリート水中打設にもかかわらず、排水後の漏水はわずかで許容できるものであった。井筒内排水に並行して山留め工を架設した（写真一8）。



図一3 底盤コンクリートの打設手順



写真一8 山留掘削・底盤コンクリート打設後、排水準備完了

**(4) 鉄筋スタッドと頂版工**

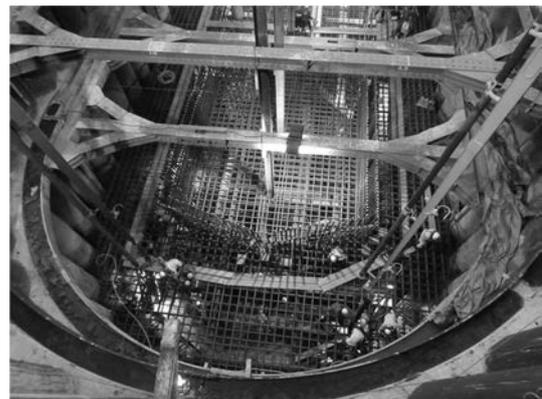
上部工の荷重を鋼管矢板に伝達する役目が鉄筋スタッドである。鉄筋スタッドは、直径 22 mm、長さ 700 mm ~ 1000 mm を多連自動溶接機により施工し



写真一9 日本式多連自動溶接機による鉄筋スタッド溶接

た（写真一9）。この日本の特殊技術である溶接機は、同時に 4 本の鉄筋スタッドを溶接することが可能であり、1 基当たり 14,040 本、重量約 33 t のスタッドを 2 週間で仕上げる。溶接時には、リアルタイムに溶接電圧・電流値、鉄筋の引上げ・押し込み量をモニターで管理できるシステムを備え、溶接部の欠陥が検出された場合は即時補修することで品質を確保した。

頂版のコンクリート量は 3,560 m<sup>3</sup>、鉄筋量 380 t であり、マスコンクリートによる温度ひび割れを避けるため、鉄筋は一気に組み立てるもののコンクリートは 3 層（打設高さ 1.7 ~ 2.1 m）に分けて施工した（写真一10）。温度応力解析結果に従って各層の打設間隔を 2 ~ 3 日と短くして打継部の外部拘束ひび割れを制御した。



写真一10 最上層の頂版コンクリートの打設

1 層のコンクリート打設量は最大約 1,400 m<sup>3</sup> であり、陸上部とバarge上に設置した合計 3 基のコンクリート batching plant から供給した。陸上部プラントからのミキサー車はバargeで運搬されるため、運搬時におけるスランプロス、空気量の増大、コンクリート温度の上昇を避けるために、事前の試験運搬を積み重ねて円滑な供給を実現した<sup>4)</sup>。



図-4 紅河上流から見た主橋の完成予想。中央径間は 300m。左側が P16，右側が P12。

## 6. ハノイ社会基盤整備の夜明け

筆者の赴任直後の5年前に比べてハノイの社会基盤整備は確実に進みつつある。渋滞緩和のための交差点の立体化や準幹線道路の新設工事も現地企業によりなされている。しかしながら、下水道の排水能力不足により度々おこる洪水、バス頼みの公共交通手段等その脆弱性は各所に見られる。バイクでの人の移動や貨物輸送の便益性を考えると、下水道や鉄道等さらなるODAの援助が不可欠であり、JICAの推進する計画的な施策は非常に有効である。

ベトナムを代表する国営大手建設企業においても重層下請構造を解消し技術を学ぼうとする意識改革が芽生えつつある。経験に裏付けられた優れた労務管理を誇る民間企業も台頭して来ている。これらの会社に我々の日本技術ノウハウ、優れた機械化施工を伝承できれば、人口8,900万人を有する発展途上の大国、ベトナムが生まれ変わるものと信じて止まない。

ニャットン橋の鋼管矢板基礎は仮設部が取り除かれ見ることにはできないが、建設が進む上部工の大きな力を支えている。われわれの技術がベトナムの発展を支



写真-12 主塔完成後、上部工の鋼桁架設が急ピッチで進む

えているかのように（図-4、写真-11、12）。



### 《参考文献》

- 1) 藤原紀香：瀬戸大橋の技術をベトナムに，地球VOCE 第113回，2012年7月6日放送，<http://www.tv-tokyo.co.jp/chikyu-v/back113.html> (2013年9月24日現在)
- 2) 山地 斉，青木孝典：ハノイ日越友好橋の鋼管矢板基礎，基礎工 Vol.38 No.12，pp.90-93，2010.12
- 3) 山地 斉，澤田修，柳瀬進，北山民彦，長谷川隆志，三村光太郎：ハノイ紅河に架けるニャットン橋：下部工の施工，橋梁と基礎 Vol.47，pp.2-10，2013.5
- 4) 山地 斉：紅河に架ける日越友好橋—ハノイ・ニャットン橋建設工事パッケージ1の下部工事—，土木施工 Vol.53 No.12，pp.0-2，22-24，2012.12



写真-11 タイムシェアによる主塔と上部工の並行作業 (P15)

### 【筆者紹介】



山地 斉（やまじ ひとし）  
三井住友建設㈱  
国際支店土木部  
ニャットン橋（PK-1）作業所 所長



黒川 敏広（くろかわ としひろ）  
三井住友建設㈱  
国際支店土木部  
ニャットン橋（PK-1）作業所 工事課長



安達 剛（あだち ごう）  
三井住友建設㈱  
国際支店土木部  
ニャットン橋（PK-2）作業所 工事課長