

ベトナムでの人材の育成と技術貢献

山地 齊*

ベトナムの首都ハノイ市のニャットン橋と北部港湾都市ハイフォンでのラックフェン橋、二つのプロジェクトは日本の ODA、JICA 資金による本邦技術を活用した STEP 案件である。日本で開発された土木技術による社会基盤整備を通して本邦技術を伝承し、それを担う人材の育成もわたしたちの重要な役割である。ニャットン橋では技術者不足の環境のなか、若いベトナム人技術者やスタッフを採用して現場組織をつくり彼らを育成してきた。二つ目のプロジェクトであるラックフェン橋では、ニャットン橋の経験を活かして理想的な組織を作り上げることができたと自負する。これらの二つのプロジェクトを通してベトナムでの人材の育成と技術貢献を述べる。

キーワード：海外工事、人材の育成、OJT 教育、技術貢献、ベトナム、斜張橋、プレキャストセグメント

1. ベトナムでの二つのプロジェクトを通して

経済成長を続けるベトナム、首都ハノイや北部の港湾都市ハイフォン、南都のホーチミンの中央直轄三大都市では道路や港湾、都市交通、水環境等の社会基盤整備が着々と進んでいる。

ベトナムでの筆者の最初のプロジェクトは、首都ハノイでの日越友好ニャットン橋建設工事¹⁾である。ハノイ環状2号線に位置し紅河に架かる長大橋で、2015年1月に開通してからノイバイ空港と市内を結ぶ交通の利便性が著しく改善されたばかりか、ランドマークとしてハノイ市民に親しまれている。

ベトナム北部の港湾都市ハイフォンでは、増大する貨物量に対応するため大水深国際港の建設とアクセス道路整備が進められている。筆者にとって二つ目のプロジェクトがラックフェン新国際港アクセス道路橋梁工事^{2,3)}であり、ハノイとハイフォンを結ぶ新高速5号線と新国際港を結ぶ道路である。このうち海上部に架かるラックフェン橋の橋長は約5.4km、完成すればベトナムで最長の海上橋となる。二つのプロジェクトでの技術的な取組みと人材の育成過程を紹介する。

2. ニャットン橋（日越友好橋）の工事概要と特徴

日越友好橋と称されるニャットン橋は、橋長3080m、



* Hitoshi YAMAJI

三井住友建設(株)国際支店
執行役員ラックフェン橋
作業所長

幅員33.2mの主橋と取付橋からなり、ハノイの中心を流れる紅河に架かる長大橋である。主橋は、橋長1500m、高さ111mの5基のA型主塔に支えられた6径間連続合成2主1桁斜張橋であり、中央支間長300m、側径間長150mのシンボリックな斜張橋である。その主塔を支える基礎工にはベトナムで初めてとなる鋼管矢板基礎が採用されている(図-1)。取付橋は橋長1580m、ベトナム特有のプレテン桁と箱桁構造のPC橋である。

2.1 ベトナムで初めての鋼管矢板井筒基礎

日本では長大橋の基礎として多用される鋼管矢板井筒基礎は、継手を有する鋼管杭を井筒状に組み合わせて上部工からの大きな荷重を支える構造である。ここまで大規模な鋼

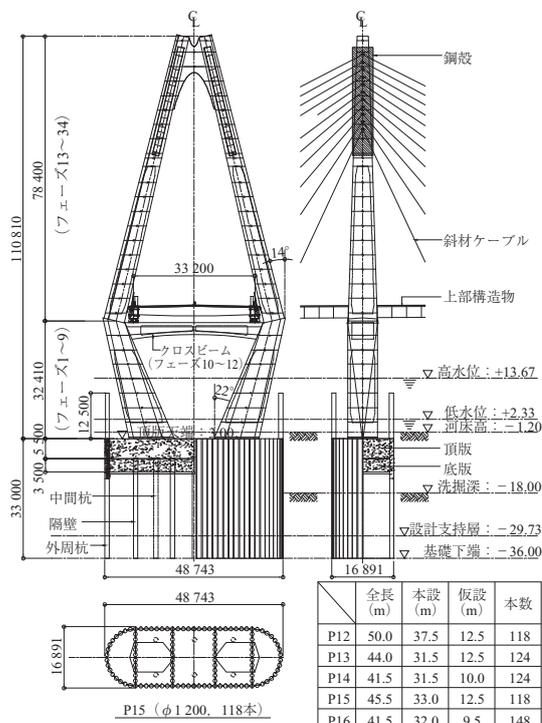


図-1 ベトナム初の鋼管矢板基礎に支えられる主塔構造 (ニャットン橋)



図 - 2 3次元的に変化するニャタン橋の主塔



写真 - 2 5基のA型主塔に支えられるニャタン橋



写真 - 1 ウォータージェットパイプロ工法を採用したニャタン橋の鋼管矢板基礎

鋼管矢板基礎は日本でも稀であり、施工の難易度が懸念された。

鋼管矢板基礎の形状は小判型 48.7 m × 16.9 m であり、杭径 1.2 m、部材厚は 14-22 mm、仮設部を含む最大長さは 50 m、中間杭を含む総本数は 632 本、総重量は約 14 200 t である。鋼管矢板は日本から輸入し、施工のための重機械はシンガポールからの調達となった。硬質な中間層に精度よく打設するために、補助工法として日本の技術であるウォータージェットパイプロ工法を併用したディーゼルハンマーでの最終打撃工法を採用した(写真 - 1)。

2.2 長大支間を支える傾斜のきつい主塔

断面が3次元的に変化する高さ 111 m の主塔は、主桁位置を基準に上下部脚とも傾斜を有する(図 - 2, 写真 - 2)。下部脚は内側稜線で鉛直に対し 22 度、上部脚は外側稜線で 14 度傾斜しているため、重力に逆らった構築となる。そのため自動昇降作業床とシステム型枠や鉄筋のプレファブ化(図 - 3)を立案して、直庸労務での施工体制を敷い

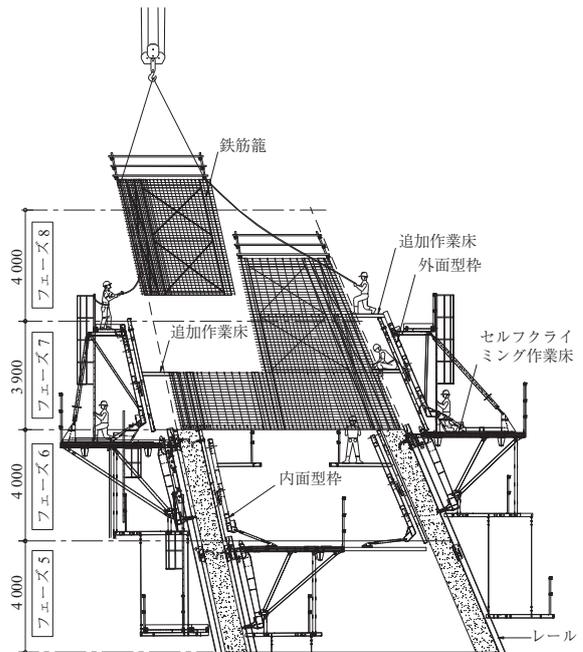


図 - 3 2分割の鉄筋籠の吊込みと組立て作業

た。主塔構築の計画から施工までのすべてを自分たちでやり遂げたため将来大きな自信に繋がることになる。

(1) 自動昇降作業床とシステム型枠

複雑な断面変化に追随する型枠と地上 100 m 以上まで昇りつめる高所作業床は、安全施工と作業効率を考慮して計画した。中空断面のため内枠と外枠からなる鋼製型枠は、断面形状の変更を許すため短冊状のパネルの組合せで対応、その部材はコンクリートの側圧に耐える構造である。

(2) 鉄筋のプレファブ化

主塔構築のクリティカルパスは鉄筋の組立てであり、できるかぎり架設位置での省力化を図り、かつタワークレー

ン作業効率を上げることを考えた。主筋と帯鉄筋を地上で鋼製フレームを使って鉄筋籠状に組立て、主塔まで運搬し架設する鉄筋のプレfab化を試みた。コンクリート打設フェーズ高さは4mに設定し主筋はカップラーで結ばれる機械継手を採用した。なお、主塔の中空断面部の主筋はD51で、単位鉄筋量は550 kg/m³である。

3. ラックフェン国際港アクセス道路橋梁プロジェクトの特徴

ラックフェン新国際港アクセス道路橋梁工事は、海上部に架かる橋梁区間が5.4 km、軟弱地盤上の道路工事が10.2 km、総延長15.6 kmのプロジェクトである。本邦技術を活用したSTEP案件で、プレキャストセグメント工法やネガティブフリクション対策鋼管杭、ニヤットン橋に次いで二例目となる鋼管矢板基礎が採用されており、契約工期は3年でベトナム企業2社とのJVで取り組んでいる。

3.1 プレキャストセグメント工法

工期短縮を図るためにPC橋梁上部工にはプレキャストセグメント工法が採用されている。橋梁形式は5径間連続PC箱桁橋であり、最大支間長は60m、総径間数は75径間、全長は4484m、スパンバイスパン架設工法によるものである(写真-3、図-4)。ショートラインマッチキャスト方式で製作されたセグメントは、大型特殊トレーラーで現場に運搬し鋼製架設桁で吊り上げて架設後、内外PCケーブルで結合される(写真-4, 5, 6)。

(1) セグメントの製作

セグメント製作ヤードの広さは約10haで、そこに延長550mの2ラインの製作仮置きヤードとコンクリートバッチングプラント3基、鉄筋加工場が配置されている。径間

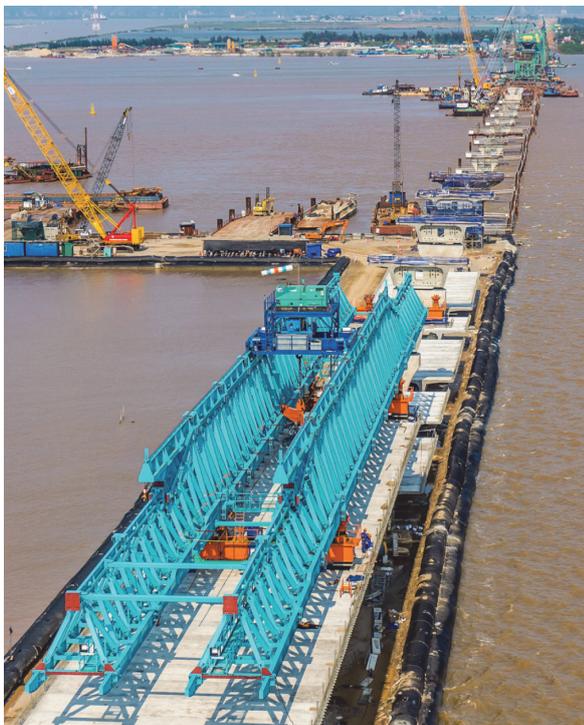


写真-3 特徴的なトラス構造の架設桁と先行架設が進む海上部の支点セグメント

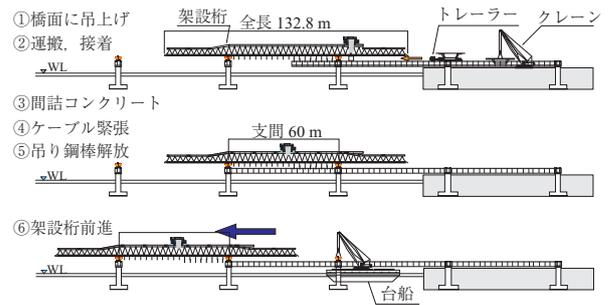


図-4 セグメントを橋面運搬して架設する海上部の架設要領



写真-4 ショートラインマッチキャスト方式で製作するラックフェン橋のセグメント



写真-5 セグメントを完成した主桁の橋面を利用して架設桁まで運搬する海上部施工



写真-6 約80tのプレキャストセグメントを19個吊下げ1径間を完成させるスパンバイスパン架設

セグメントモールドは6基、柱頭部セグメント用の型枠施設2基、門型クレーンは90t、15t、10tがそれぞれのラインに装備され、日よけあるいは保温シェッドがモールド上に配備されている。セグメントの製作サイクルは、標準部が1日、偏向部が2日、ハーフプレキャストタイプの柱頭部セグメントは7日である。セグメントの形状は桁幅15.6m、桁高3.2m、桁長は3mから2mと変化する。橋脚上に設置する柱頭部セグメントが90個、径間セグメントが1405個、総数1495個のセグメントを18ヵ月かけて製作する。

(2) スパンバイスパン工法によるセグメントの架設

重量約80tのプレキャストセグメントを支間長60mのスパンバイスパン工法で架設するのは、ベトナムの道路橋では初めての試みである。2基の大型のトラス構造の鋼製架設桁は、コンテナ輸送を可能にするため部材長を11.8mに抑えており、精度の高いピン結合により11個のモジュールに組立てられ高強度の長ボルトで結合して全長132.8mとなる。架設桁の設計製作はマレーシアの鉄鋼ファブとの協働であり、総重量は1基あたり約960tである。径間あたりに架設するセグメントは19個で最大吊荷重は約1350t、風荷重や地震力による外力を考慮して架設作業の安全性を検証している。セグメントは下方もしくは後方の橋面上から供給可能である。本施工に先立ち実荷重載荷試験とドライマッチによる仮組試験を試み良好な結果を得ている。PCストランドの仕様は、外ケーブルがポリエチレン被覆エポキシ塗装19S15.2で、単径間用の60mと2径間用の120mを組み合わせて単支間あたり12本配置され、内ケーブルは単支間に12S15.2が12本配置された。定着体はドイツ製の海外製品を使用した。

3.2 ラックフェン橋の基礎工

海上橋の基礎工⁴⁾として設定条件に合せて三種類の基礎工法が設計されている。将来埋立てが予定されている工業団地範囲には経年の地盤沈下によって生じる負の周面摩擦を遮断するネガティブフリクション対策鋼管杭、中央径間150mの航路となる主橋は鋼管矢板基礎(写真-7)、海上部アプローチ橋の基礎は場所打ちコンクリート杭である。橋梁区間の約4kmは浅瀬のため、ジオチューブと呼ばれる大型土嚢を両岸に積んだアクセス道路上からの施工となる。



写真-7 2組の台船上大型クレーンで打ち込まれる鋼管矢板

4. 現場の運営方針と組織づくり

入札を成功させて契約交渉がまとまると組織づくりに取り組むことになる。核となる海外工事や同種工事経験者である日本人技術者、それを補佐する実力のある第三国外国人技術者、さらに信頼できる当該国のナショナルスタッフの確保が決め手となる。立上げ時の組織づくりは非常に悩みの多いものである。ニャットン橋では、筆者のほか工務担当副所長と事務長の日本人3人、フィリピン人技術者5人、ベトナム人技術者3人の少数しか集まらず苦労の連続であった。ラックフェン橋では、ニャットン橋から登用しているベトナム人スタッフの協力を得て上手く組織づくりが実現した(図-5)。

4.1 現場の運営方針

現場の運営方針は、以下の4項目を掲げた。①設計施工知識に基づいて構造的な健全性を重視すること。②仮設構造物の不具合は大きな事故や損失を引き起こすので、本社設計技術部門と連携すること。③円滑なコミュニケーションを忘れず、みんなの和を上げていくこと。④均整の取れた組織を構築して働きやすい環境を作っていくこと。

4.2 組織体制とチーム分け

直庸労務の施工体制で品質と安全を優先した施工管理を成し遂げていくためには、現場の変化に柔軟に対応できるチームづくりが肝要である。日本人リーダーのもと第三国外国人技術者とベトナム人技術者を組み合わせて配置しコミュニケーションを円滑にする。ベトナム人技術者は、特殊技能工や機械オペ、労務を指揮する仕組みを整えた。

(1) 計画・設計チーム

計画・設計チームは土木設計経験者がリーダーを務め、仮設計画と計算、適用部材の仕様決定、施工図作成を行う。ニャットン橋での主塔の計画は、自動昇降施設とシステム型枠、フェーズ割りや鉄筋のプレファブ化も含めて施工班との協働であった。仮設備は構造的な安全確保が重要であり、部材の応力計算を慎重に行い、3次元CADを駆使して鉄筋や型枠の干渉の有無を照査した。ラックフェン橋では、上下部工を担当する二人の日本人技術者の計画にしたがってフィリピン人技術者を中心としたCAD班が施工図を分担した。プレキャストセグメント工法の外ケーブルと構造部材との干渉の有無の確認や適正配置にも3次元CADが活用されている(図-6)。

(2) 調達購買(QS)チーム

QSチームは現場組織の要であり、入札当初から数量照査や資機材調達を検討し競争力のあるサプライヤーやサブコンを見つけ出す。現場では原価管理を担い計画チームからの要請を受けて調達購買計画を立てる。ニャットン橋では、鋼管矢板の輸入、鋼管矢板施工業者の選定、主塔の自動昇降施設とシステム型枠の調達、タワークレーンや重機を海外から調達した。ラックフェン橋でも、国内外のサプライヤーやサブコンとの契約交渉を担当し売買契約を結んでいる。フィリピン人技術者をリーダーとして13人のベトナム人QSが担当しており、中間出来高請求や月間報告書の作成も彼らの役割である。QSチームは契約書の作成

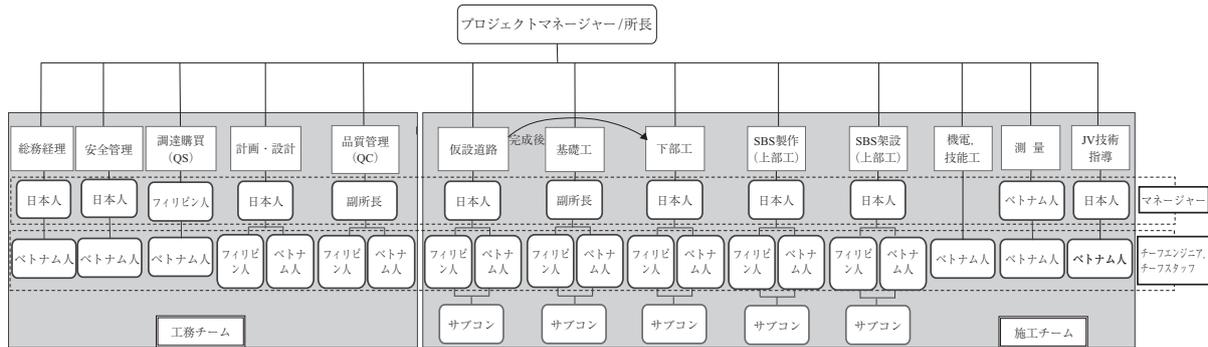


図 - 5 外国人を多数登用したラックフェン橋の現場組織表

や契約交渉にも参加し実践的に英語が学習できるため、ベトナム人スタッフのなかでも英語の上達が早い。

(3) 施工チーム

施工チームはそれぞれの工種や作業内容に合わせて班制を敷いている。ニャットン橋では、アプローチ橋と主橋の鋼管矢板基礎工、主塔工のそれぞれの班に分かれた。ラックフェン橋では、仮設道路工、基礎工、下部工、上部工の製作と架設班からなる。全工種共通に関与する機電と測量、技能工班が控えている。主要工種は日本人のマネージャーが指揮し、フィリピン人技術者とベトナム人技術者が役割を分担する。施工チームも計画段階から関与して施工図や資機材調達計画、労務機材管理を担当する。プレキャストセグメント製作チームは、1人の日本人リーダーのもとフィリピン人技術者3人、ベトナム人技術者5人、測量6人で昼夜間の作業を乗りきっている。

(4) 品質管理 (QC) チーム

QCチームの主要な役割は、コンクリートの製造とその品質管理である。海外の大型工事ではコンクリートパッチングプラントを設立してセメントや砂、骨材を調達し製造するように規定されている。ニャットン橋では約15万m³、ラックフェン橋では約12万m³のコンクリートを製造してきた。マテリアルエンジニアとしての資格をもつ経験豊かなフィリピン人技術者を中心に技能工が昼夜2交代で製造を担当し、フレッシュコンクリートの特性や強度試験等の品質管理を実施する。コンクリートの打設温度は32℃を超えてはならないとの厳しい規定があり、打設時にはエンジニアからの検査員が常駐してスランプや温度を厳しくチェックする。規定に満足しないものは、廃棄処分となり大きな損失が発生する。

(5) 安全管理チーム

ニャットン橋の着工当初、サブコンや直庸労務全般において安全第一の施工の意識が希薄であった。ベトナム人安全スタッフによる安全指示が、労務やサブコンに十分に行き届かない。日本人の安全専任者を置き安全チームの強化を図ろうとするが長続きしない。そのため施工班のリーダーに安全に対する責任と義務をもたせ、安全チームが補佐する仕組みを強化することとした。8年が経過したラックフェン橋では、施工班による安全施工が浸透し安全意識の改善は目を見張るものがある。月間安全大会、週間安全パトロール、毎日の安全巡視により、安全最優先の目的意識

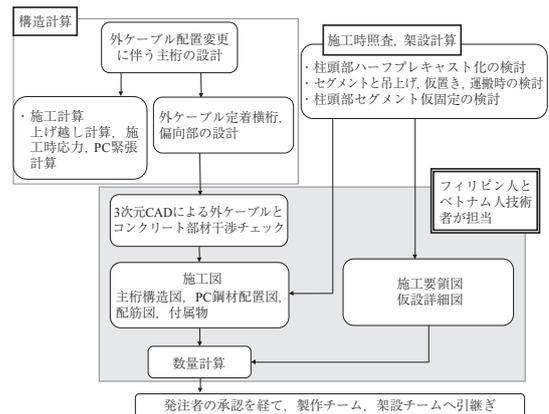


図 - 6 ラックフェン橋でのプレキャストセグメント工法設計照査設計フローと担当技術者

が大きく育ってきている。サブコンや労務の挨拶の励行、安全管理チームのベトナム人スタッフによる安全指示や記録・報告がルーティン化されている。

(6) 総務経理チーム

海外生活のなかでの基本は衣食住であり、安全な住居と食べ慣れた自国の食事の提供は重要である。ラックフェン橋では、日本人と第三国外国人に自国の昼食と夕食を提供し、ベトナム人スタッフには食堂で人気のある地元メニューを用意している。お揃いの作業着を着るのも一体感を高める有効な手段であり、総務チームは生活環境を少しでも改善しようと気配りを怠らない。リーダーと若手、二人の日本人職員がハイフオン雇用のベトナム人スタッフと一緒に頑張っていている。工事保険の契約や税務、資機材の輸出入手続きも重要な実務であり、実践的に取り組んでいる。チームワークとモチベーションを高めるために、安全Tシャツの配布、年に一度の厚生旅行、チーム対抗フットサルリーグ戦やクリスマスパーティの開催は大好評である。

5. OJT 教育の成果と課題

これまでの8年間の二つのプロジェクトを通して、チームワークの大切さを教えOJT教育により技術と知識を伝承³⁾してきた。人材を育てるにはプロジェクトの中で切磋琢磨して経験を積み一緒に考えていくことが重要であると確信するとともに、ベトナム人スタッフのみならず、日本人や第三国外国人の期待を上回る成長が感じられる。

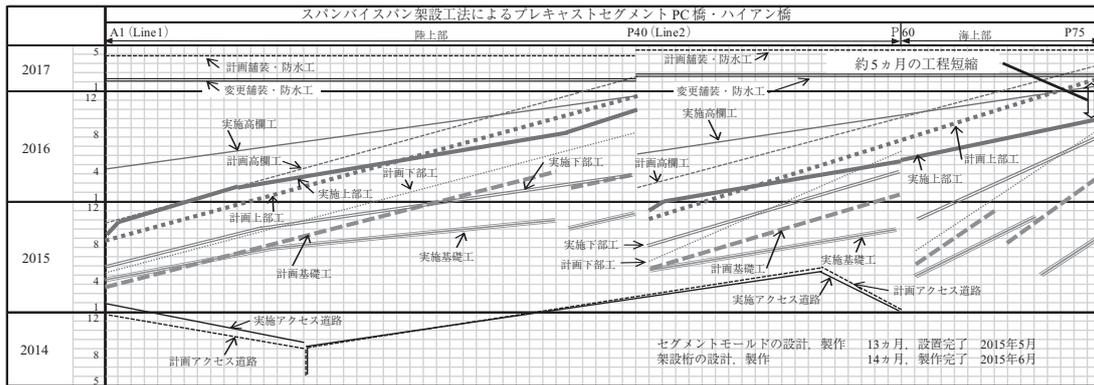


図 - 7 組織力で工程を約5ヵ月短縮したラックフェン橋の工事工程

5.1 OJT 教育の成果

ベトナム人技術者の成長を見てみると、場所打ち杭や下部工の施工図作成からサブコンへの指示、現場施工、工程管理まで担当できる実力をつけている。プレキャストの製作技術は海外の型枠製作鉄鋼ファブとの協働で取り組んでおり、モールドの特性などセグメント製作ノウハウを吸収している。外ケーブル PC 技術はベトナムで初めての試みであるため、緊張ジャッキ設備をレンタルして取り組むとともに、施工計算やケーブル緊張管理手法等を伝承している。鋼管矢板基礎や鋼管杭の特殊な基礎の施工においても、二つのプロジェクトを通して理解し実施できるまで成長している。コンクリートの製造と品質管理においても順調にノウハウをつけてきており品質不良は発生していない。QS チーム主導の中間出来高の取下げについて、施工完了から中間払いの請求と審査を経て入金されるまでの期間を3ヵ月に圧縮できたのは努力の賜物である。ラックフェン橋では、OJT 教育により工期の短縮、原価管理の徹底、全員で考える安全意識の浸透によって工事は順調に進捗している (図 - 7、写真 - 8)。

5.2 筆者の果たすべき役割と課題

バランスの取れた現場組織を確立することが筆者のもっとも重要な役割である。日本人、第三国外国人、当該国のナショナルスタッフによる組織は、できるかぎりフラットなものにしてコミュニケーションを円滑にし、OJT を基本として人材を育成できる環境を作り出す。海外工事経験者と設計知識を備える人材を登用して、本社設計技術部門の支援を得ながら、施工計画と購買調達を組立てる。安全を最優先した施工を心がけ、適切な工期の設定、厳格な原価管理を実践する。そして、優秀なスタッフと協力会社の確保と育成のため、次期案件獲得に組み組み持続可能な営業活動を展開することが筆者の役割である。さらに、海外工事では設計や施工の技術を基礎から外国人に教えるべく、コミュニケーション力は重要な要素である。日本人職員に対する基礎的な英語教育は先決であり、早期から海外工事に親しめることや、語学学習を目的とした海外留学も組織的に取り組む必要があると強く感じる。ラックフェン橋では、今年も大学からのインターンシップと当社の新入社員実習を受け入れており、若い世代に海外工事の魅力を知ってもらうよう取り組んでいる。



写真 - 8 海上部を突き進むセグメント設桁、架設終了は10月初旬

6. ベトナムでの持続的な技術貢献と人材育成

プロジェクトが人を育て技術貢献が進むことをご理解していただいたと思う。ベトナムの土木事情から大型の社会基盤整備事業は各国からの ODA に頼っており、政府はさらなる経済効果を期待できる社会基盤整備を進める方針を掲げている。JICA もベトナムに年間 2000 億円程度の借款供与の方針を固めている。これまでの ODA による社会基盤整備事業により、ベトナム企業の保有する橋梁施工技術は多岐にわたっている。場所打ち杭や既成杭等の基礎工は勿論のこと、プレテン桁や箱桁 PC 橋梁、交差点の立体交差化のための鋼橋やトンネルまで技術力を高めている。近い将来、彼ら自身で社会基盤を整備することが可能であると確信する。しかしながら、斜張橋のような高度な技術による橋梁や都市鉄道交通システムの構築、水環境改善整備等においては本邦技術を活用する場面は残されている。今後もベトナムでの社会基盤整備に関わり、本邦技術を伝承し人材の育成に尽力できれば幸せである。

参考文献

- 1) 山地齊ら他：ハノイ紅河に架けるニャットン橋：主橋下部工の施工、橋梁と基礎 Vol.47, pp.2～10, 2013.5
- 2) 山地齊：ベトナム最長の海上橋に挑戦－ラックフェン国際港アクセス道路・橋梁工事、土木施工 Vol.56, pp.62～65, 2015.12
- 3) 山地齊：ベトナム土木事情－ラックフェン新国際港への海上アクセス、土木学会誌, Vol.101, No.10, pp.42～43, 2016
- 4) 山地齊, 黒川敏広, 安達剛, 近藤慎也：ラックフェン新国際港アクセス道路橋の基礎、基礎工, pp.38～42, 2016.9
- 5) 加藤浩徳, 山地齊ら他：座談会－世界には土木が貢献できる場面があふれている、土木学会誌, Vol.101, No.2, pp.34～39, 2016

【2016年9月12日受付】