

ラックフェン国際港アクセス道路・橋梁工事

ベトナム国内最大の海上橋

政 木 範 雄・永 井 雄太郎・小 柳 哲 夫

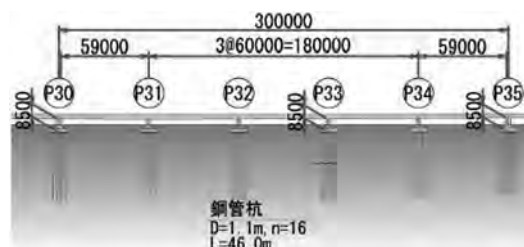
港湾都市として栄えるハイフォン市では、増え続ける貨物量により大規模な交通渋滞が慢性的に発生している。この問題を解決すべく日本の ODA、JICA の資金支援の下、大水深国際港と付帯するインフラの整備が進められている。ラックフェン国際港アクセス道路は、新国際港と首都ハノイ・ハイフォン間の高速道路（新 5 号線）を結ぶもので、海上に架かる橋梁区間が 5.4 km、軟弱地盤上の土工区間が 10.2 km、総延長 15.6 km の大工事である。本稿では、工期短縮を目的とした橋梁上部工にて採用されているプレキャストセグメント工法およびスパンバイスパン架設工法等の施工について報告する。

キーワード：海上橋、プレキャストセグメント、ショートラインマッチキャスト、スパンバイスパン架設工法、ベトナム

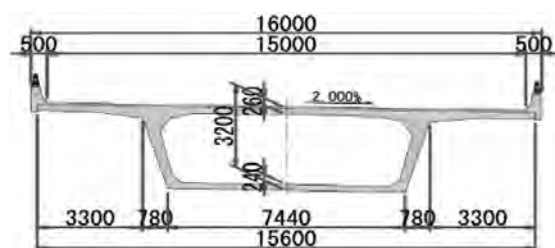
1. はじめに

本橋梁はベトナム北部ハイフォン市で建設中のラックフェン新国際港へのアクセス道路となる海上橋である。航路上となる主橋・ハイフォン側のハイアン取付橋 15 橋・新国際港側のカットハイ取付橋 2 橋の全 18 橋で構成される。最も橋長が長いハイアン取付橋にはプレキャストセグメントによるスパンバイスパン架設工法がベトナムで初めて採用された。また、同工法による支間 60 m への適用は世界的にも最大級であり、セグメント製作と架設に高い精度が要求されるとともに、契約工期 3 年で上下部工事を完成させるためには工程短縮が必須であった。

チューブと呼ばれるチューブ状の大型土のうを用いた工事用アクセス道路¹⁾（写真—1）を構築している。A1 橋台から P60 橋脚までは工事用アクセス道路からのセグメント架設が可能であるが、P60 橋脚から P75 橋脚までは海上での施工となる。



図—2 ハイアン取付橋（陸上部）の側面図



図—3 ハイアン取付橋の主桁断面図

2. 工事概要

本工事全橋梁区間を図—1、ハイアン取付橋 A1 橋台から P75 橋脚までの側面図を図—2、PC 箱桁断面図を図—3、橋梁諸元を表—1 に示す。ハイアン取付橋側は将来埋立てられるため、A1 橋台から P60 橋脚までの約 3,600 m において、橋梁両側沿いにジオ



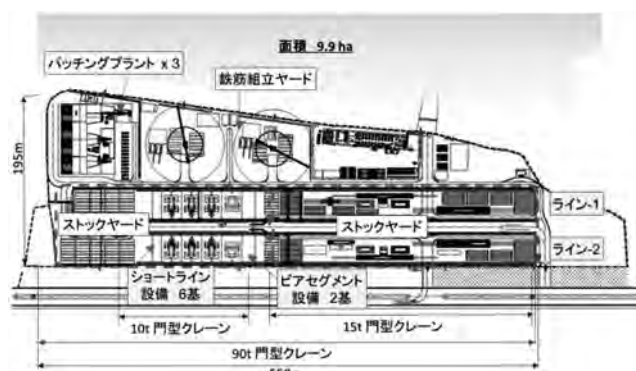
図—1 橋梁区間の全体側面図

表－1 橋梁諸元

構造形式	PC5 径間連続箱桁橋（全 75 径間）
支間構成	標準支間：59.0 m + 3@60.0 m + 59.0 m（19 セグメント／径間）
橋長，全幅	4,433.7 m（A1-P75），15.6 m
平面線形	R = ∞
横断勾配	2.000%
縦断勾配	0.300%～2.800%
セグメント数	径間部 1,405 個，支点部 90 個
セグメント形状	桁幅 15.6 m，桁長 2.0～3.0 m，桁高 3.2 m セグメント重量 径間部 78 t，支点部 80 t
コンクリート	設計基準強度 $\sigma_{ck} = 50 \text{ MPa}$
主方向 PC 鋼材	外ケーブル 19S15.2 mm（PE 被覆エポキシ塗装） 内ケーブル 12S15.2 mm（裸 PC 鋼より線）



写真－1 ジオチューブによるアクセス道路



図－4 製作ヤード全体平面図

3. セグメント製作・架設

(1) プレキャストセグメント製作

プレキャストセグメントはショートラインマッチキャスト方式（写真－2）で製作し，鉄筋をプレファブ化することにより，製作サイクルは径間標準セグメントが 1 日／基，径間外ケーブル偏向部セグメントが 2 日／基となった。1 ライン約 550 m，2 ラインの製作ライン（図－4）を敷き，計 8 基の型枠設備により 1,459 個のセグメントを製作した。また，型枠設備には屋根を設け製作が天候に影響を受けないようにした。



写真－2 ショートラインマッチキャスト方式によるセグメント製作

セグメントの形状管理は，製作済みセグメント（OLD）と新規製作セグメント（NEW）における上床版の相対高差と製作長を対象とした。シミュレーションソフトを用いて OLD セグメントの製作誤差を NEW セグメントの補正形状に反映，妻型枠となる OLD セグメントのセット高をデジタルレベルを用いることにより 0.1 mm 単位で管理することを可能とした。仕様書における橋面高さの管理値は架設直後において $\pm 10 \text{ mm}$ であるため，上げ越し量を加味した設計上床版高と製作高の誤差を $\pm 3 \text{ mm}$ とした。

(2) 柱頭部プレキャストセグメント架設・構築

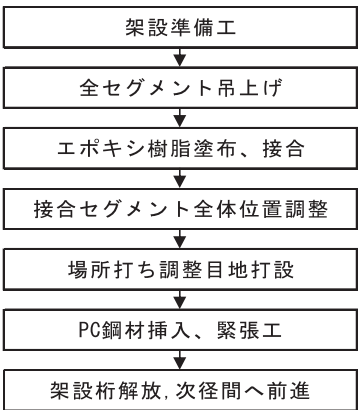
当初設計では，柱頭部は全て場所打ちで計画されていたが現地での工程短縮を図るため，横桁と上床版の一部を場所打ちとしたハーフプレキャストセグメント構造に変更した（表－2）。架設時の揚重機や台船の安定性確保のため，セグメント重量を陸上部では 80 t 以下，海上部では 65 t 以下となるよう計画し，ハーフプレキャスト部材の形状保持のため仮設鋼材で補強した。セグメントは製作ヤードから多軸トレーラーにより運搬され，250 t クローラークレーンにて架設（写真－3）後，沓座との一体化・横桁部のコンクリート

表ー2 3種類の柱頭部ハーフプレキャストセグメント構造

名称	陸上部 中間支点・端支点セグメント	海上部 中間支点セグメント	海上部 端支点セグメント
構造概略図			
特徴	横桁、上床版一部後打ち 重量 約80t	横桁、上床版後打ち 重量 55t H300、鋼棒φ26mmによる補強が必要	横桁、上床版一部後打ち 重量 62t H300による補強が必要



写真ー3 ハーフプレキャストセグメントの設置



図ー5 スパンバイスパン架設工法の手順

打設・PC ケーブルの緊張を行い、架設から構築完了までの所要日数は10日間と急速化施工に成功した。

(3) 径間セグメント架設

(a) 架設桁

スパンバイスパン架設工法に使用する架設桁は、最大断面高7.8m、全長134.8mの2列のトラス桁（写真ー4）で構成され、上部に吊上げ最大能力90tの移動式ウインチを有している。総重量は960t、最大吊荷重は径間セグメント19個で1,350tである。架設桁1列は11ブロックで構成され、1ブロックの長さはコンテナ輸送を考慮して11.8mとしている。標準施工サイクルは7日／径間（19セグメント）（図ー5）と

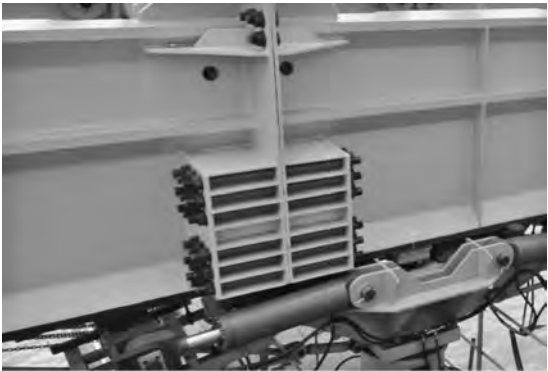


写真ー4 2列のトラス構造の架設桁

なり、2基の架設桁による計75径間の架設は約13ヶ月で終了した。

架設桁の部材は、ベトナム基準に基づく風荷重（風速59m/s）や地震荷重（ $k_h = 0.1$ ）に対する検討により安全性を確保している。また架設桁の実荷重載荷試験では、架設桁のたわみが設計値88.5mm、実測値78.0mm、設計値に対して-12%（管理値±15%）となり構造の妥当性を確認できた。

架設桁の接合面にはせん断ピンを有し、接合部はボックス型（写真ー5）になっており、M45×964Lのテンションボルトに所定のトルクを導入して接合される。架設桁底面両端部には三角形の段差があり接合



写真ー5 架設桁接合部のジョイントボックスとテンションボルト



写真一六 架設桁接合部底面のひし形プレート

後はひし形の段差となる。その段差にひし形のプレートを設置（写真一六）することで接合部の段差が除去され、架設桁移動時にチルトタンク上をスムーズに通過できる構造となっている。

(b) セグメント吊上げ

陸上部は架設箇所には1径間当り最大14個のセグメントを先行して仮置き（写真一七）、時間を要する製作ヤードからの運搬を架設時には5個とすることで架設工程を大幅に短縮した。また海上部では、架設済みの橋面上にトレーラーを走行させ、架設桁後方から運搬・吊上げ（写真一八）を行った。架設時には架設桁に78 mmのたわみが発生するため、接合に影響が出ないよう全セグメントの吊上げ完了後、接合を開始した。



写真一七 径間セグメントの先行設置



写真一八 海上部でのセグメントの吊上げ

(c) セグメント接合

接合面にはエポキシ樹脂系接着剤を塗布し、セグメント内のリブに配置した引寄せPC鋼棒で接合面全体に均一な圧縮応力度 0.3 N/mm^2 を作用させ一体化した。各セグメント接合の都度、橋面高を確認し、製作時のシミュレーションと比較して大きな差異がないか、また接合完了時の橋面形状予想図が管理値を満足しているかを接合良否の判断材料とした。

(d) 場所打ち調整目地コンクリート

柱頭部セグメントと径間セグメント間に設ける150 mmの場所打ち調整目地は、ひび割れ抑制の観点から有筋目地とした。膨張コンクリート打設前に柱頭部セグメントと径間セグメント間をPC鋼棒により仮連結することで、養生期間中の温度変化に伴う目地開きの対策とした。

(e) PC鋼材挿入・緊張工

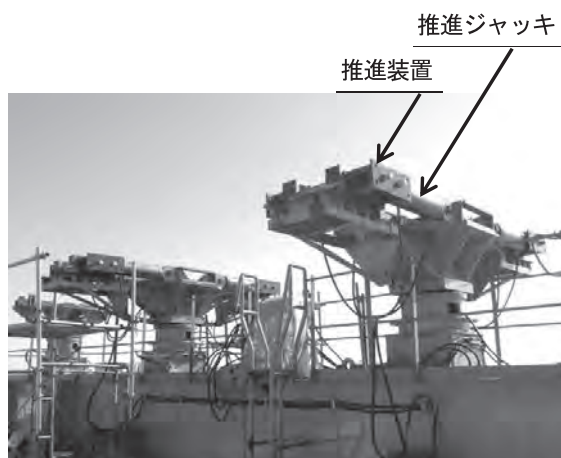
PC鋼材は外ケーブル（19S15.2）と内ケーブル（12S15.2）の併用方式である。最長120 mの日本製外ケーブルは木製ドラムに巻き取った状態で輸入し、現地で切断・結束・先端処理を行い、架設径間前方より一括挿入した（写真一九）。内ケーブルは挿入確認を行うために調整目地コンクリート打設前、外ケーブルは調整目地コンクリートの養生期間中に挿入した。緊張は架設桁の前進可能な本数に留め、残りは架設桁前進完了後に実施することで架設工程を短縮した。



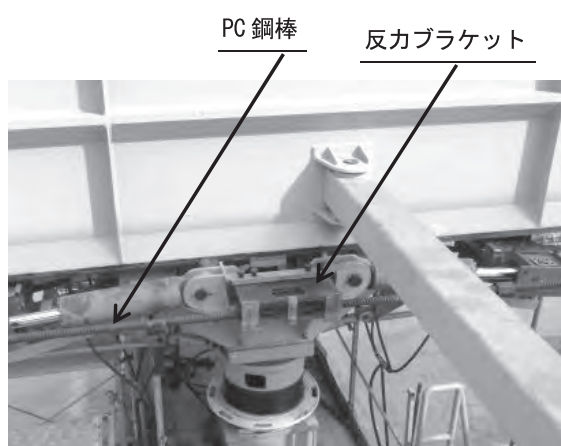
写真一九 前方より挿入される外ケーブル

(f) 架設桁移動

架設桁の次径間への移動は、架設桁支持台に設けられている推進ジャッキを用いて行う。ジャッキ先端には推進装置（写真一〇）を有しており、推進ジャッキ作動時に推進装置内部のウェッジ（くさび）が架設桁下部を掴み込むことで架設桁の前進作業を行う。推進ジャッキは支持台の前後に取り付けられており、ジャッキが伸びる際は前方のウェッジが架設桁を掴み込み後方のウェッジは開放され、縮む際は後方のウェ



写真一10 架設桁支持台上の推進ジャッキと推進装置



写真一11 逸走防止 PC 鋼棒と反力ブラケット

ジャッキが架設桁を掴み込み前方のウェッジは開放される。これにより架設桁は絶えず前進作業を行うことができる。また架設桁両側に $\phi 49\text{ mm}$ の PC 鋼棒を4本、支持台に反力ブラケット（写真一11）を配置することで、架設桁が逸走した場合には鋼棒に設置したナットが反力ブラケットに干渉し逸走を防止する構造とした。

移動前に柱頭部セグメントの転倒防止と補強のため、柱頭部セグメントと橋脚間には600tくさび式ジャッキ（写真一12）を配置した。ジャッキ側面のPC鋼棒を緊張することで内部のくさびを締付け滑らない構造としている。

(g) 架設桁組立・解体

最初に地上で上部梁に斜材を取付けた後に下部梁と組合せ1ブロックを形成する。1つ目のブロックは250tクローラークレーンで架設桁支持台上と仮支柱上に設置し、2つ目以降は既設置の架設桁と接合して組み立てた（写真一13）。組立所要期間は1ヶ月である。

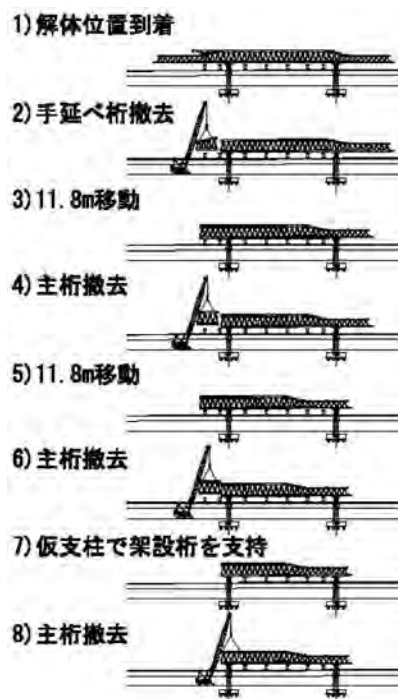
解体は前後の手延べ桁を撤去して残りの主桁を橋面上の仮支柱上に仮置きし、1ブロックずつ撤去する予



写真一12 600tくさび式ジャッキ



写真一13 架設桁組立



図一6 架設桁解体手順

定であったが、上床版への作用荷重低減のため、主桁のみの構成で仮置きせず、軽い手延べ桁を含む構成で仮置きする手順に変更した（図一6）。解体所要期間は1ヶ月である。

4. 技術指導と安全管理

ベトナムでは初めての工法を採用しているため、最初の径間では一つ一つの作業効率が悪く14日間を費やした。またベトナム人の多くは安全に対する意識が低く、日本国内での安全の常識も通用しないことが多々あった。しかし前現場から継続雇用するローカルスタッフの他、経験豊富なフィリピン人・バングラディッシュ人技術者を配置した組織を構築し、安全管理体制を確立した。繰り返しの作業指導や手順会、安全対策およびその重要性の教育を徹底することで、作業員一人一人にサイクル内容を理解・把握させ安全意識の向上を図った。それにより大幅な工程短縮と日本国内と同等の品質・安全目標を達成することができた。

5. おわりに

2017年2月現在、架設桁の解体作業が完了し橋面工のみを残すところとなっている。長大支間橋へのスパンバイスパン架設工法の適用にあたり数多くの難題に悩まされてきたが、本工事でも本年5月をもって終わりを迎えようとしている。柱頭部セグメントの急速施工、セグメント製作の厳密な管理、本工法による架設工期の短縮、技術指導によるローカル作業員の意識改

革により最終的な工程の短縮を確認できた。

今後、本経験を生かし国内外問わず難工事に寄与していきたい。

JCMA

《参考文献》

- 1) 大井、高橋、グエン：長大海上橋梁工事におけるジオチューブの適用
土木学会第71回年次学術講演会講演概要集 IV -166, 2016.8

【筆者紹介】

政木 範雄（まさき のりお）
三井住友建設㈱
国際支店 土木部



永井 雄太郎（ながい ゆうたろう）
三井住友建設㈱
国際支店 土木部



小柳 哲夫（こやなぎ てつお）
SMC テック㈱
工事部

