

ベトナムにおけるプレキャストセグメント工法を適用した大規模海上橋の施工

三井住友建設(株) 国際支店 土木部 正会員 工修 ○西村 一博
 三井住友建設(株) 国際支店 土木部 政木 範雄
 三井住友建設(株) 国際支店 土木部 工修 大保 敬文
 三井住友建設(株) 国際支店 土木部 工修 長谷川 隆志

キーワード：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

1. はじめに

本工事は、ベトナム北部のハイフォン市で進められているラックフェン国際港建設事業のうち総延長約15.6kmの道路・橋梁を建設するものである。当社は海上橋梁部（延長約5.4km，幅員16.0m）の上下部工の施工を担当している。海上橋梁部は航路上となる主橋・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橋で構成されおり、もっとも橋長が長いハイアン取付橋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60m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工程短縮が必須であった。

本稿では、セグメントの製作・架設概要と工程を短縮するために行った工夫について報告する。

2. 橋梁概要

本橋の橋梁区間の全体側面図を図-1、ハイアン取付橋の側面図および主桁断面図を図-2、図-3、橋梁諸元を表-1に示す。ハイアン取付橋側の将来埋立てされるA1橋台からP60橋脚までの約3,600mにおいて、橋梁沿いにジオチューブと呼ばれるチューブ型の袋詰め材料を用いた工事用アクセス道路¹⁾（次頁図-4）を構築している。工事用アクセス道路からのセグメント架設が可能なA1橋台からP60橋脚までは陸上部での施工，P60橋脚からP75橋脚までは海上部での施工に分けられる。

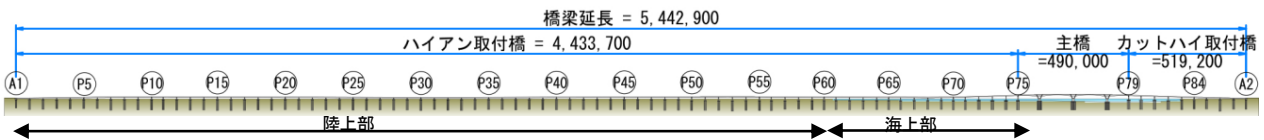


図-1 橋梁区間の全体側面図

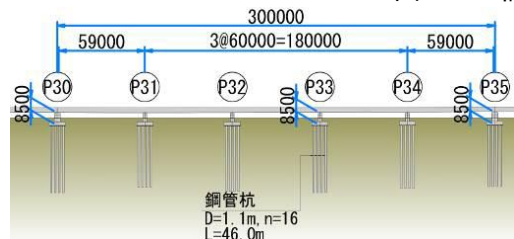


図-2 ハイアン取付橋（陸上部）の側面図

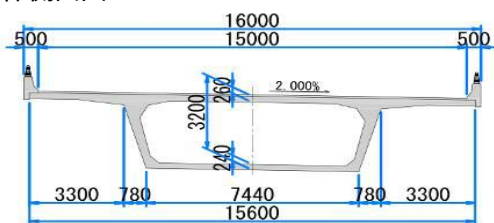


図-3 ハイアン取付橋の主桁断面図

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：59.0m+3@60.0m+59.0m（19 セグメント/径間）
橋長、全幅	4,433.7m（A1-P75），15.6m
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 1405 個，支点部 90 個
セグメント形状	桁幅15.6m，桁長2.0～3.0m，桁高3.2m セグメント重量 径間部78t，支点部80t
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 19S15.2mm（PE被覆エポキシ塗装） 内ケーブル 12S15.2mm（裸PC鋼より線）

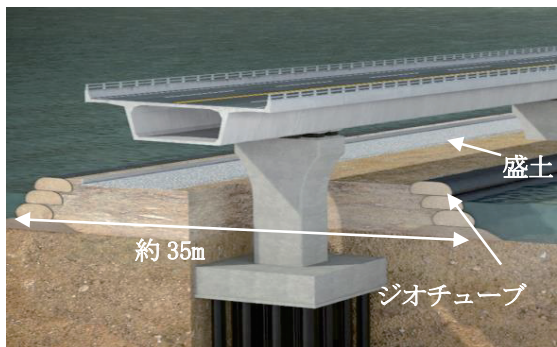


図-4 ジオチューブによる護岸 (陸上部)

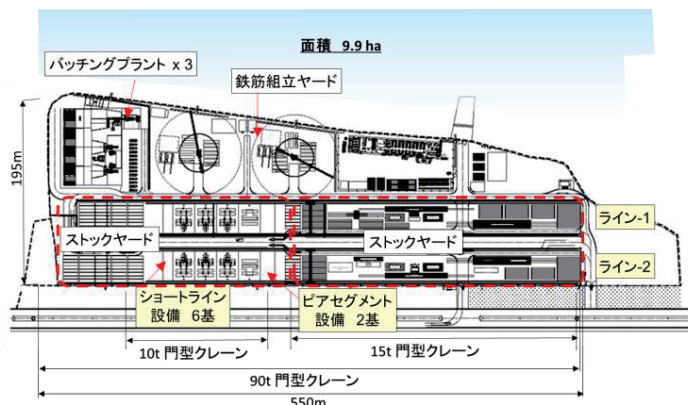


図-5 製作ヤード全体平面図

3. セグメントの製作

3. 1 製作ヤードおよびセグメント製作

架橋地点から約 2km 離れたセグメント製作ヤードにて径間セグメントをショートラインマッチキャスト方式で製作した。図-5 に製作ヤード平面図、写真-1 に製作ヤード全景を示す。敷地面積はコンクリートバッチングプラントなどを含めて 10ha を有し、550m 長のセグメント製作ラインを 2 ライン並べている。セグメントの最大重量は 80t で、径間セグメントと支点セグメントの合計で 1495 個を作製する。型枠設備にはテントを設けることで製作工程が天候に影響を受けない全天候型設備とした。径間セグメントは 6 基の型枠設備を使用し、鉄筋はプレファブ化することで、製作サイクルは型枠 1 基当たり径間標準セグメントが 1 日、径間偏向部セグメントが 2 日である。セグメントは公道を走行するため特殊車両により運搬 (写真-2) した。



写真-1 製作ヤード全景

3. 2 製作管理

標準支間が 60m と長いことからセグメントの製作管理は重要となる。セグメントの製作形状は、製作済みセグメント (OLD) と新規製作セグメント (NEW) の上床版橋面線形上の相対高差と上床版製作長を対象に自社開発のシミュレーションソフトを使用し、デジタルレベルにより 0.1 mm 単位で計測し上げ越し計算との誤差は 3mm 以下となるように厳密に管理した。また、この製作形状管理が妥当かを確認するため、最初の架設径間においてドライジョイントを実施し、PC 鋼材緊張前のセグメント接合時点における橋面高さの管理値 $\pm 10\text{mm}$ 以内に入ることを確認してから、実施工を行った。実施工においても PC 鋼材緊張前のセグメント接合時点で橋面高さの管理値 $\pm 10\text{mm}$ 以内とすることができた。



写真-2 多軸トレーラによるセグメント運搬

製作誤差のほかに、セグメント接合に支障となる変形対策として、①打設時の硬化熱による OLD セグメントのそり変形に対し 3 次元温度応力解析を実施、そり変形は微小で接合に影響ないことを確認した。②仮置き時のねじれ変形対策は、ウェブ直下の堅固な地盤上に RC スラブと厚さ 5cm の高密度ウレタン板を設置し二線支承支持を適用、有害な変形や過大な応力の発生を防止した。③床版横締めの際の緊張に伴う弾性変形やクリープ変形に対しては、変形が接合の障害とならないよう、緊張作業は 50MPa 以上のコンクリート強度発現後に実施した。

表-2 3種類の支点セグメントハーフプレキャスト構造

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

4. セグメントの架設

4. 1 支点セグメントのハーフプレキャスト化

支点セグメントは場所打ちとして計画されていたが、架設場所での工程短縮を目的とした3種類のハーフプレキャスト構造に変更した(表-2)。陸上部では施工ヤードと揚重機の制約からセグメント重量を80t以下に、海上部では中間支点セグメントおよび端支点セグメントの架設時における台船の安定性を確保するために重量が65t以下となるように構造を変更した。先行して構築する支点セグメントを写真-3、海上部のセグメント架設状況を写真-4に示す。

ハーフプレキャスト構造は、横桁および上床版の一部を後からコンクリート打設する段階施工となるため、立体FEM逐次解析と後打ち施工されるコンクリートの打設時の温度応力解析を実施し、部材形状、仮設鋼材による補強を決定した。

支点セグメントの架設は径間セグメントの架設前に先行して行っている。陸上部における最大80tの支点セグメントは、製作ヤードから多軸トレーラーにより運搬し250tクローラークレーンで架設した後、沓座との一体化、横桁部コンクリート打設、PC鋼材の緊張を行い構築した。セグメント架設から構築完了までの所要日数は10日間であり、急速施工が可能となった。

4. 2 径間セグメントの架設

(1) トラス構造の架設桁

スパンバイスパン架設工法による架設手順を図-6に示す。架設桁の構造は、重量を低減するためにトラス構造を採用した。架設桁は最大断面高7.8m、全長132.8mのトラス桁を2列配置し、桁上部に吊上げ能力90tの移動式ウィンチを設置した構造で、総重量960t、最大吊荷重1350tの能力を有している。架設桁は陸上部では架設



写真-3 先行して構築する支点セグメント



写真-4 海上部の中間支点セグメント架設

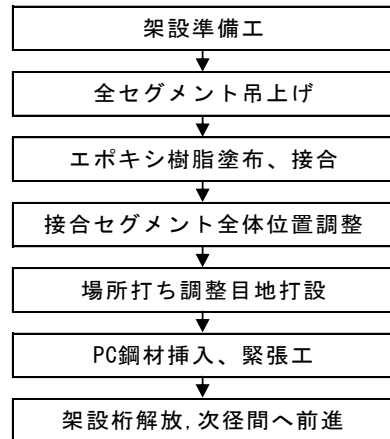


図-6 スパンバイスパン架設工法による架設手順

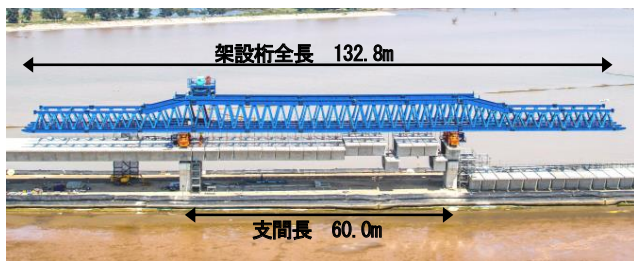


写真-5 トラス構造の架設桁によるセグメント架設

桁の直下からセグメントを架設(写真-5)する構造を、海上部ではセグメントを橋面運搬して架設する構造を選定し、2台の架設桁を使用している。

架設桁の部材は、ベトナム基準に規定される風荷重(風速 59m/s)や地震力(kh=0.1)による外力を考慮して架設作業の安全性を検討して決定している。また、架設桁の構造照査のための実荷重載荷試験を行い架設桁のたわみが設計値の 88.5mm に対し実測値 78.0mm(設計値に対して-12%, 管理値±15%)であったことから架設桁構造が妥当であると判断した。

(2) 径間セグメントの架設

セグメント運搬回数を減らし工程を短縮するため、陸上部のセグメント架設は1径間あたり最大14個のセグメントを工事用道路に仮置きした(写真-6)。

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。外ケーブルは、木製ドラムに巻かれた状態で日本から輸入し、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-7)。緊張は架設桁の前進に必要な最小本数に留め(写真-8)、残りは架設桁の前進後に実施することで架設工程を短縮した。

2台の架設桁はA1橋台とP40橋脚から架設を開始し、終点側に向けて架設を行っている。1径間の架設サイクルは7日であり、架設予定工期は約13カ月を予定している。1ヵ月後には、海上部でのセグメント架設を開始する予定である。

5. まとめ

長大支間橋へのスパンバイスパン架設工法を適用するにあたり、支点セグメントの急速施工、セグメント製作形状の厳密な管理と桁下空間の有効的な利用により、急速化施工の能力を最大限発揮し大幅な架設工程の短縮を確認できた。本工事は引続きより難易度の高い海上部のセグメント架設を残しており、品質管理、安全管理に細心の注意を払い、平成29年5月の竣工に向けて努力する所存である。

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, 2016



写真-6 先行して仮置きした径間セグメント



写真-7 PE被覆エポキシ外ケーブル(19S15.2)挿入状況



写真-8 桁内外ケーブル配置