

ノンタブリ橋建設工事

タイ初のエクストラードーズド橋プロジェクト

高橋 克行

2014年12月26日早朝、タイ王国プラチン運輸大臣の号令で、タイロイヤルポリスの白バイ隊が先導する工事関係者の車列が、初めてノンタブリ橋を渡った。この渡り初め式によってタイ初のPC箱桁エクストラードーズド橋の完成が宣言され、同日より一般の供用が開始されている。

本工事は、バンコク都中心部より北西30kmに位置し、チャオプラヤ川に架かる主橋工事を含んだ総延長4.3kmの道路建設工事である。本事業はJICAによるODA（政府開発援助）の一環として計画された一般円借款事業である。

本稿では橋長460m、最大支間長200m、幅員32.8mと場所打ち片持架設工法としてはアジア最大級のエクストラードーズド橋の施工について報告する。

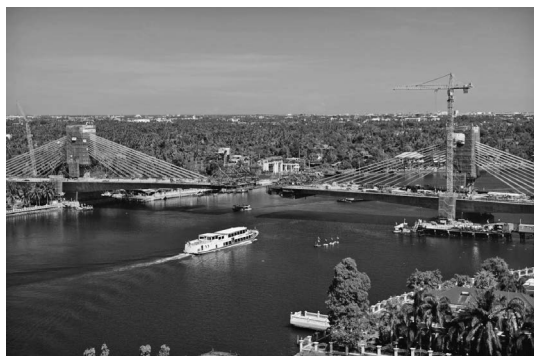
キーワード：アジア最大級のエクストラードーズド橋、プレキャスト部材の活用、配温式パイプクーリング、省力化、オリエンタル調の意匠

1. はじめに

ノンタブリ橋プロジェクト（CHAO PHRAYA RIVER CROSSING BRIDGE AT NONTHABURI 1 ROAD CONSTRUCTION PROJECT）は、バンコク近郊の衛星都市として発展目覚ましいノンタブリ県にチャオプラヤ川を跨ぐメイン橋を中心に6車線道路と2カ所のインターチェンジを新設する総延長4,300mのプロジェクトである。交通渋滞の緩和を図るとともに輸送ネットワークの効率性向上により、産業の振興および都市環境の改善に寄与することを目的としている。

工事概要を以下に示す（写真—1、図—1）。

工 事 名 ノンタブリ1道路チャオプラヤ川橋梁建設事業工事



写真—1 ノンタブリ橋施工状況（2014年6月）

所 在 地 タイ王国ノンタブリ県

事 業 主 タイ王国運輸省地方道路局（DRR）

設 計 者 Epsilon, Wishakorn, Panya, Wiecon JV

施 工 三井住友建設（株）

ITALIAN-THAI Development JV

工 期 平成24年5月2日～平成27年3月17日

構造形式 PC3径間連続箱桁エクストラードーズド橋

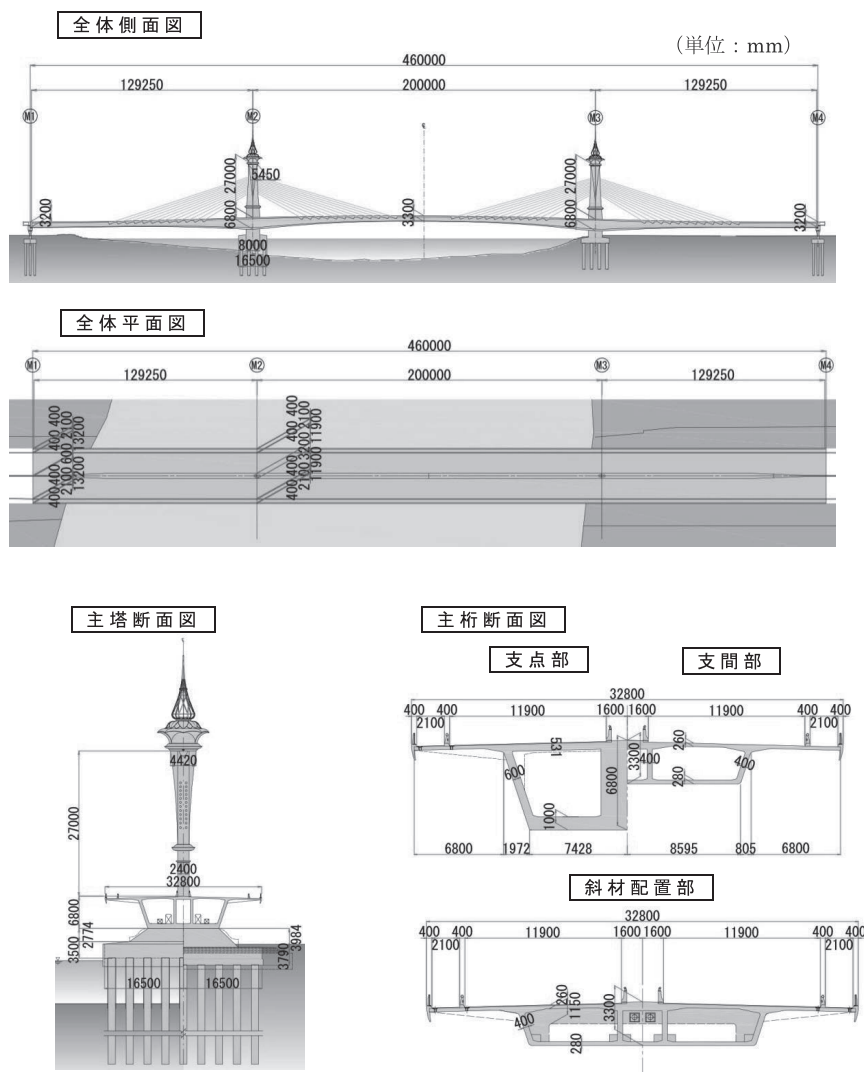
2. 下部工の施工

主塔を持つM2、M3橋脚は多柱式基礎と呼ばれる形式の下部工である。場所打ち杭（φ1.5m 杭長60m 36本）の施工では、河川上に位置するM2橋脚に栈橋および作業構台を設置して杭工事がおこなわれた。

杭打設地点の追加ボーリング調査で、過去の大規模な河川洪水時に洗掘された河床に新たに堆積した比較的新しい軟弱粘土層が観察された。この軟弱層で杭削孔中の孔壁崩壊が懸念されたため追加ボーリング調査を行い、鋼製ケーシングを6m延長して孔壁崩壊を防ぐ工法に変更した。

各橋脚の杭工事が完成した後、杭内に予め配置された鋼管（10cm）を利用して杭先端へのセメントグラウト注入が実施された。

杭長60mは、場所打ち杭をアースオーガーで施工



図ー1 ノンタブリ橋概要

する限界長と考えられたが、約1本/日の施工速度で施工を無事完了している。

本工事における杭の品質管理は厳しく、杭の鉛直度、孔壁の崩壊、超音波による杭コンクリートの健全性に加えて静的載荷試験と動的載荷試験と多岐に亘る試験が行われた(写真ー2)。

チャオプラヤ川は、感潮河川であり最大で3mの

潮位差の影響を受ける。幅33m×16.5m高さ3.5mの大規模なフーチングは、満潮時に1m近く水を被り低水位の時間帯でしか作業できない所謂『汐見仕事』であった。解決策としてフーチングの底板と側面をプレキャスト化して設置し、更にプレキャスト間にシーリング材を施して水密性を高めフーチング内部をドライにして、鉄筋工・PC工(フーチングに配置)・コ



写真ー2 河川内に設置した栈橋と作業構台上での下部工工事



写真ー3 フーチング底板部プレキャストパネルの設置



写真—4 内部をドライにした状況での作業

ンクリート打設を行った。潮位差に左右されずに施工する事で所定の工程を確保すると共に、濁水による鉄筋・PC材の品質への悪影響を未然に防ぐ事に成功している（写真—3、4）。

3. 超大型移動作業車による幅員 32.8 m の片持架設

桁高 6.8 m・ブロック長 15 m・幅員 32.8 m である巨大な柱頭部は、コンクリート量が 860 m^3 と多い事からマスコンクリートによる発熱を抑制するために3層に分割して施工した。橋脚と主塔を繋ぐ柱頭部のコンクリート充填部は、コンクリート打設後の硬化熱を軽減する為に簡易配温式パイプクーリングを行い外気温とコンクリート内部の温度差によるクラックの発現を抑止した。

簡易配温式パイプクーリングとは、部材中心から表面に向けて配置したクーリングパイプに冷水を通水し、クーリングパイプ内で吸熱された温水を躯体表面に向けて配管して内外温度差を抑制すると共に、コンクリート全体の温度を制御するマスコンクリート対策の1手法である。

柱頭部の充填部コンクリートは、パイプクーリングを採用しない場合には中心部で最大 98°C 、外縁部との温度差は 27°C となり温度ひび割れの発生が懸念されたが、その採用により中心部の最大温度 86°C 、外縁部との温度差 -15°C まで温度制御に成功しクラックも発生していない（写真—5）。

片持架設は、全体ブロック数を減らす目的から1ブロック長 5 m で計画されていた。このため1ブロック当たりの最大コンクリート体積が 189 m^3 に達する、国内では例のない非常に大規模な場所打ち片持架設となった。そこで容量 $11,000 \text{ kN} \cdot \text{m}$ の超大型移動作業車をタイ国外から調達した。鋼製型枠を使用して



写真—5 M3 柱頭部施工完了



写真—6 M3 移動作業車組立状況

いるにもかかわらず総重量 140 t と軽量に設計されているのが長所である。部材が全てコンテナに入るサイズで計画されている為に輸送に便利であった反面、部材が多く組立・組みばらしに多くの時間を要した（写真—6）。

橋梁工事に使用した揚重機は、移動作業車の組立時における最大部材の荷重が選定条件となった。加えて設置場所が陸上部であるか河川上であるかを考慮して M2 側（河川上）には、 $120 \text{ t} \cdot \text{m}$ のタワークレーン（タワー高さ 48 m、作業半径 45 m）を採用。M3 側（陸上部）には、70 t クローラクレーン（ブーム長 36 m + フライングジブ 20 m 付）を使用した。

コンクリートの打設には、作業半径 45 m のブーム長を持つ高圧圧送コンクリートポンプ車を使用した。張出先端付近のブロックでは橋面上に圧送管を配管して打設を行った（写真—7、8）。

移動作業車による張出架設施工での最大の課題は、斜ケーブルを有するブロックに 2.5 m 間隔で配置された3室の箱桁内部を貫通する横梁と横桁（リブ）の型枠をどのように施工するかであった。

全幅員 32.8 m で斜材が主桁中央部に配置される一面吊のエクストラードード橋では、斜材定着部の剛性を確保する設計的理由でリブは不可避ではあるが、施工者にとっては頭の痛い難問であった（図—2）。

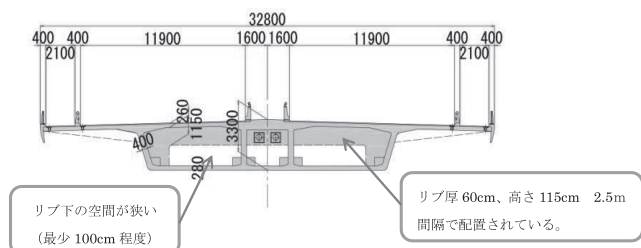
本来の張出架設施工では、10 cm 程度下げて脱型し



写真—7 M2-M3 径間 片持架設施工の様子



写真—8 M3 主塔上から橋面を望む



図—2 エクストラロードズ橋概要

た型枠は、移動作業車と共に次ブロックまで吊り下げた状態で移動、その後に型枠を元に引き上げるだけでそのセットがほぼ完了する。型枠工事に関しては省力化のお手本とも言うべき工法である。しかし、本プロジェクトではリブが障害となりその下を通過できる高さまで型枠を下げる空間が箱桁内に確保出来ない。

通常の場合打ち施工を想定すると多くの労務者を集中的に投入して毎回リブの型枠を人力で組立・解体する必要が生じ施工サイクルの遅れが懸念された。

そこで、リブをプレキャスト化する事で施工サイクルを改善する手法を用いた。プレキャストリブは橋面上で事前に製作し、移動作業車に新たに装備した架設梁を使用して設置した。リブのプレキャスト化によって本工事の難門が大きく軽減され実施工程サイクルは当初予定サイクルの14日を達成した(写真—9～11)。



写真—9 橋面上でのプレキャストリブの製作



写真—10 プレキャストリブの設置



写真—11 桁内部の状況

4. 今後のタイでのインフラ工事への取組

工事開始 2012 年 5 月に最低賃金法の改定が履行された。首都圏と地方に差が無い全国一律の最低賃金(THB300/日)に統一されたことで、都市部の建設労務者が地方に戻る U ターン現象が発生した。加えて活況な建設需要の為に深刻な労務者不足と労務費の高騰を招く結果となった。その結果、タイ政府が発注している多くの公共工事で工程の遅延が発生する事となり、政府は 2013 年 11 月に建設中の全ての公共工事に対して 150 日の工期延伸を付与する閣議決定を行った。



写真—12 スパンバイスパン架設工法によるインターチェンジの施工状況



写真—13 スパンバイスパン架設で施工されたアプローチ橋

当プロジェクトでも同様に深刻な労務不足が発生した。特に箱桁内の複雑な構造に対応する熟練した型枠工と鉄筋工が圧倒的に不足した。その対応策として日本および第三国から作業指導者を増員して普通労働者を指導すると共に、フィリピンからの型枠大工を数十名採用し、海外で働くタイの熟練工も逆輸入した。10ヶ国を超える国からの技術者と労務者の協力を得て予定工期より2.5ヶ月早く工事は無事に完了している。

タイは2013年の1人当たりのGDPが既に5,600ドルを超える堂々たる中進国である。そのため日本が辿った道と同様に労働者の建設業離れが進んでいるように感じられる。また他の東南アジアに比べて建設労務費も割高である事から既に省力化工法が一般的になりつつある。バンコク都周辺で開発される高速道路や鉄道は、省力化を優先したスパンバイスパン架設工法で建設されており本プロジェクトのインターチェンジやアプローチ橋もJVパートナーであるITD社が同工法で施工している(写真—12, 13)。

ノンタブリ橋は大規模かつ主桁構造の複雑なエクストラードズド橋である。こうした新しい形式の橋梁を日本からのODAを通じてその技術を習得しようとす

る東南アジアの国で建設する事は日本企業の得意とする事であり、我が国のプレゼンス向上にも繋がったと自負している。

今後タイのように途上国を卒業している国々のインフラ工事への取組として、日本の省力化、高品質・高耐久化、CO₂削減や自然環境への影響を極小化する橋梁の施工方法などを提案・実現していく事で引き続き貢献していきたい。

5. おわりに

本橋は、近い将来タイ国王3世の名を授かりMaha Jassadabordin Bridgeと命名され王室が出席される正式な開通式が執り行われる予定である。

高さ27mになる主塔上には、現地の文化を色濃く反映したハスの花と王冠を模したピナクルと呼ばれる尖塔が配置されており、総高さ46mの壮観な姿を呈している。また、橋面上の歩道へアクセスするための階段棟や橋梁下の公園整備もタイの意匠デザイナーが



写真—14 ハスの花と王冠を冠する主塔



写真—15 オリエンタル調の歩行者階段



写真—16 メイン橋完成 2014年12月の撮影

手掛けている。さらにLEDによる夜間照明も設置されており、これらによって全体的に華かなオリエンタル調で統一した外観を有している(写真—14～16)。

本橋が地元の人達にランドマークとして長く愛され、交通渋滞の緩和と産業発展へ貢献する使命を果たす事を切に望んでいる。更にタイ初のエクストラード橋であるノンタブリ橋が先駆けとなり、同形式の橋梁建設がタイ全土に広がっていけば幸甚である。

J C M A

【筆者紹介】

高橋 克行 (たかはし かつゆき)
三井住友建設(株) 国際支店
ノンタブリ橋作業所
所長

