

ダッカ都市高速鉄道6号線橋梁及び高架駅建設工事

好竹亮介・梶原勇二・宮原章人

バングラデシュ人民共和国の首都ダッカは、近年人口増に伴う交通需要が増大しており都市部で慢性的な交通渋滞を引き起こしている。このような交通渋滞は、多大な経済損失をもたらす当国の経済発展に支障をきたしていることから、交通渋滞解消に向け大量高速輸送システム(Mass Rapid Transit。以下「MRT」と称す。)が検討され、ダッカ都市高速鉄道6号線(MRT6号線)が優先整備路線として事業化された。MRT6号線は、首都ダッカの中心部を南北に縦貫する路線で、近年外国人居住者が増加している北部ウットラ地区から、ビジネスの中心街である南部モティジール地区を結ぶ全長19.8kmの路線である。本稿は、アガルガオン駅～カルワンバザール駅間(延長3.2km)の橋梁を主にスパンバイスパン工法で施工した概要について報告する。

キーワード：スパンバイスパン工法、ラウンチングガーダー、プレキャストセグメント、急曲線、工程短縮

1. はじめに

ダッカ都市高速鉄道6号線(MRT6号線)(図-1)は、既存道路用地を活用して、橋梁やラーメン高架構造で建設される。本稿で説明するアガルガオン駅～カルワンバザール駅間の施工延長3.2kmは、バングラデシュの首都ダッカの中心部で交通量が多くMRT6号線全体の中でも特に一般者に対する安全性確保や既存道路用地内の限られたヤードでの施工が求められ、施工難易度が高い工区となっている。本工区は、そのような環境下で、スパンバイスパン工法で架設するL

=25~45mの単純PC箱桁橋を94連(駅部6連×3駅=18連を含む)、カンチレバー工法で架設するL=160, 180mの3径間PCラーメン箱桁橋を2橋、および駅部単純PC箱桁橋の直下と両側面に近接して構築する高架駅部延長180mのラーメン高架橋を3駅施工する。なお、3径間PCラーメン箱桁橋は、長スパン化が必要となる道路交差部上空横断箇所で採用されている。

本稿は、スパンバイスパン工法の概要、道路線形に沿ったR=200m急曲線スパンでの架設時の工夫および工程短縮の取り組みについて述べる。



図-1 ダッカ都市高速鉄道6号線(MRT6号線)全体図

2. 工事概要

工 事 名：ダッカ都市鉄道6号線，橋梁および高架
橋建設工事（CP-5）
工事場所：バングラデシュ人民共和国 ダッカ
発 注 者：ダッカ都市交通公社
工 期：2018年8月26日～2023年2月20日
スパンバイスパン工法架設期間：2020年11月～
2021年12月（約13カ月）
施工延長：約3.2km
下部構造：単柱式RC橋脚 90基
門型ラーメンRC橋脚 6基
場所打ち杭（φ1.2～2.2m） 622本
上部構造：単純PC箱桁橋（L=25～45m） 94連
（駅部6連×3駅=18連含む）
3径間PCラーメン箱桁橋（L=160,180m）
2橋
駅部ラーメン高架橋（L=180m） 3駅

使用材料と各桁長の橋梁諸元を表—1，2に，各構造
寸法およびPC鋼材配置図を図—2，3に示す。

(b) スパンバイスパン架設工法

スパンバイスパン工法は，図—4に示すラウンチ
ングガーター（以下，LGと称す。）を使用して架設
を行う。別途ヤードで製作したセグメントをトレ
ーラーで架設位置に運搬し，運搬車両から直接LGで吊
り上げる。主桁全セグメントを吊り上げ，架設位置で
接合したのちPC鋼材で緊張し一体化する。その後，
各セグメントの吊り天秤金具を撤去し，LGを隣のス
パンに移動して完了となる。一般的な固定式支保工に

表—1 単純PC箱桁橋使用材料

使用材料	仕 様	ASTM 規格
コンクリート	圧縮強度 $\sigma_{ck}=45$ Mpa	-
鉄 筋	降伏強度 $\sigma_{sy}=500$ Mpa 鉄筋径 D10～D32	A1022 Grade500
PC鋼より線	引張強度 $\sigma_{pt}=1,860$ Mpa より線径φ15.2mm	A416 Grade270

3. 施工報告

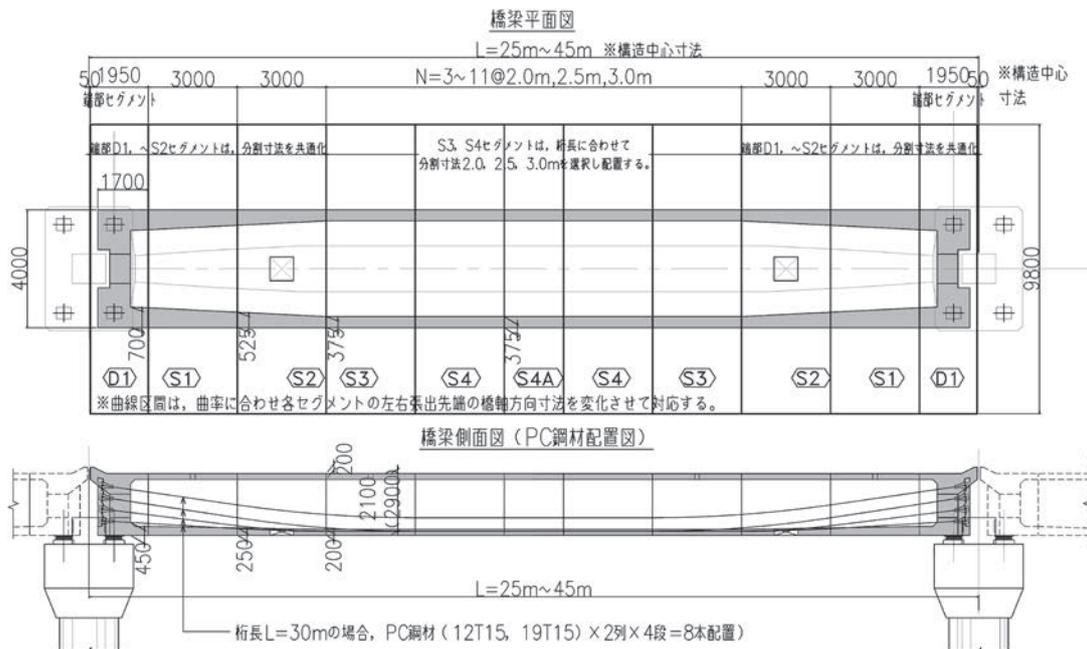
(1) スパンバイスパン工法

(a) 単純PC箱桁橋橋梁諸元

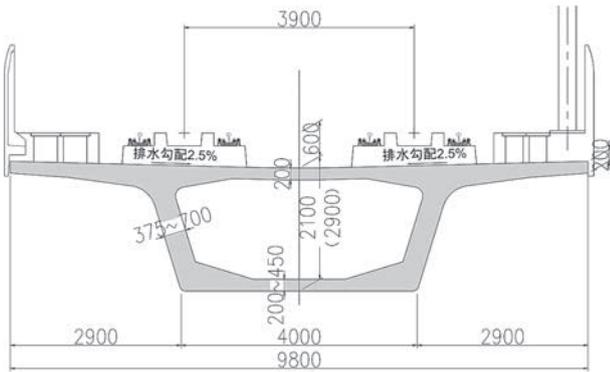
スパンバイスパン工法で架設する94連の単純PC
箱桁橋は，最大重量560kNのプレキャストセグメン
ト（以下セグメントと称す。）を9～17個連結する構
造で，桁長は25m（桁高2.1m）～45m（桁高2.9m），
平面線形は，直線R=∞～最小半径R=200mである。

表—2 単純PC箱桁橋架設諸元

桁長	桁数 (連)	セグメント数	桁高 (m)	主桁1連当り 重量 (kN)
25m	6	9	2.1	3,712
30m	79	11		4,336
32m	2	12		4,584
35m	3	13		4,884
40m	3	15	2.9	6,700
45m	1	17		7,440
桁数94連，		セグメント1,048	-	-



図—2 橋梁平面，側面図（PC鋼材配置図）



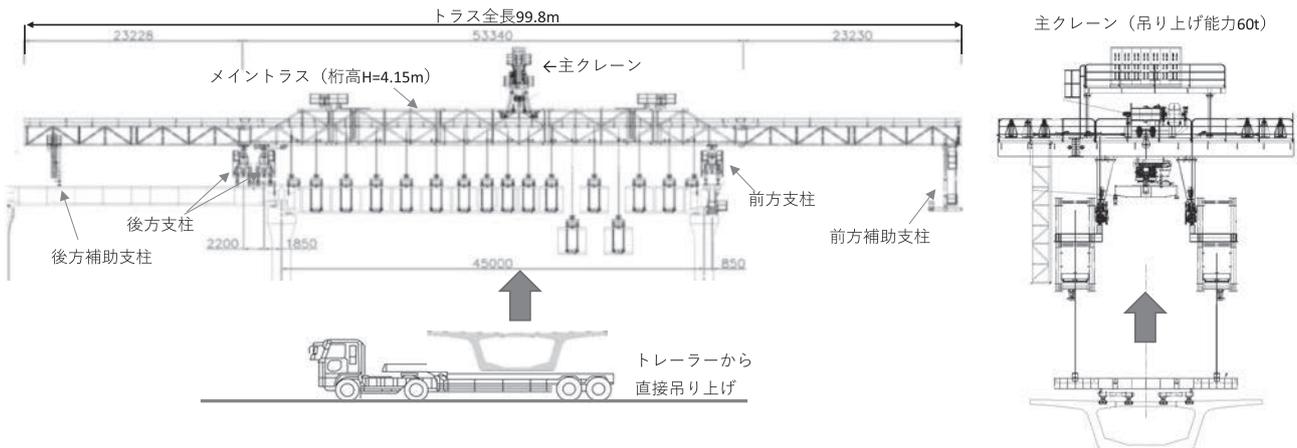
図一3 主桁断面詳細図



写真一1 スパンバイスパン架設完了状況

よる場所打ち施工では、クレーンやコンクリートポンプ車といった大型重機械の設置場所や型枠・鉄筋・仮設材など資機材の仮置きスペースのための施工ヤードが必要であるが、スパンバイスパン工法は、LGの組立解体作業以外では、セグメント運搬用トレーラーの進入路を確保すれば施工が可能で既存道路用地内の限られたヤードでの施工が可能となる。また、同規模の

場所打ち施工の工程は、約3か月を要するが、主桁部材をプレキャスト化し架設するスパンバイスパン工法は、現場作業の省力化や工程短縮が可能となり、本工事の標準スパン30mの場合、セグメントの運搬を交通渋滞の無い夜間とすることで運搬・架設のサイクルタイムを短縮し、表一3に示す通り、1スパンあたり4日で架設を行うことができた(写真一1)。



図一4 スパンバイスパン工法架設概要図

表一3 スパンバイスパン工法1スパンあたり作業工程 (L = 30m以下のスパン)

架設前作業	支承工 (沓座モルタル打設)	LG架設ステップ								架設後作業			
		昼	夜	1日目	2日目	3日目	4日目	昼	夜	昼	夜		
LG架設ステップ	ステップ1 LG次スパン移動, 固定			■	■								
	ステップ2 セグメント運搬, 揚重※				■	■							
	ステップ3 セグメント接合 (エポキシ樹脂接着剤使用)						■	■					
	ステップ4 PC鋼線挿入								■	■			
	ステップ5 PC緊張工									■	■		
	ステップ6 吊り天秤金具撤去										■	■	
架設後作業	PCグラウト工										■	■	
	セグメント接合後の桁位置の調整												■

※L=30m (セグメント11個) 以下は、1夜間 (23:00~6:00) で運搬・架設を完了

○支承工は、架設前作業なので1日目とカウントしない。

○同様に、PCグラウト工と桁位置の調整は、架設後作業なので日数にカウントしない。

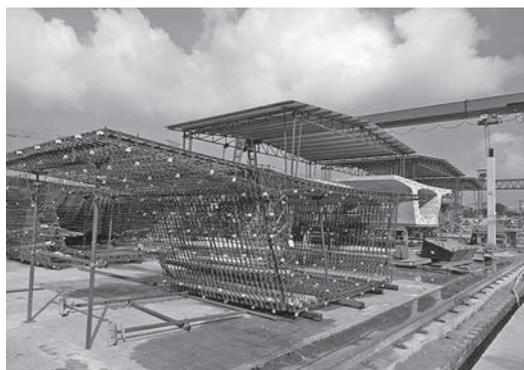
(c) セグメントの製作、運搬

セグメントの製作は、架設箇所から約 10 km、運搬時間約 30 分となるダッカ西部のガブトリ地区に設置された製作ヤードで行った。セグメントは、架設順序に応じて計画した製作スケジュールに従い、全 1,048 個のセグメントを約 90 人の現地製作スタッフにより 473 日（祝休日含む）で製作した。製作ヤードは、約 31,000 m²、258 個のセグメントを保管できる広さがあり、製作ヤード内に、セグメント打設専用の生コンプラント、桁高や端部セグメントの違いに応じた鋼製型枠を 6 セットおよび 6 箇所の製作ベッドを設置した。セグメントは、上記設備を使用し、マッチキャスト方式で製作した。さらに、限られた工期内で多数のセグメントを効率的かつ高品質に製作するための工夫として、以下の対策を行った。

- ①主桁鉄筋のプレハブ化およびクレーンによる一括設置
- ②セグメント製作ベッド上空をカバーする可動式の屋根の設置
- ③測量、計測タワーの設置

①については、鉄筋組立作業を製作ベッド外で行うことで、他作業と並行作業が可能で作業の効率化につながった。②については、製作ベッド上に屋根を設置することで天候不順による工程遅延を防ぐことができた（写真—2）。③については、型枠のセット位置や高さ、幅などの各寸法などを速やかに測量、計測できるように計測器械を常時使用が可能な計測タワーを設置した。

最大重量 560 kN、セグメント長 1.95~3.0 m、高さ 2.1~2.9 m、幅員 9.8 m のセグメントの運搬は、4 台の大型トレーラーで行った。大型トレーラーの運行は、ダッカ市内では一般交通への影響が少ない夜間の時間帯 23:00~6:00 に指定されたため、23:00 から製作ヤードを 4 台続けて出発し、1 台目を架設している間の残り 3 台は交通規制により待機できるスペースを確保し



写真—2 製作ベッド屋根設置状況、プレハブ鉄筋組立状況

て対応した。架設を完了したトレーラーから順次製作ヤードに折り返し、セグメントを積み込んだ後、再度架設位置に運搬するサイクル（3~4 往復/台・日）で対応した。

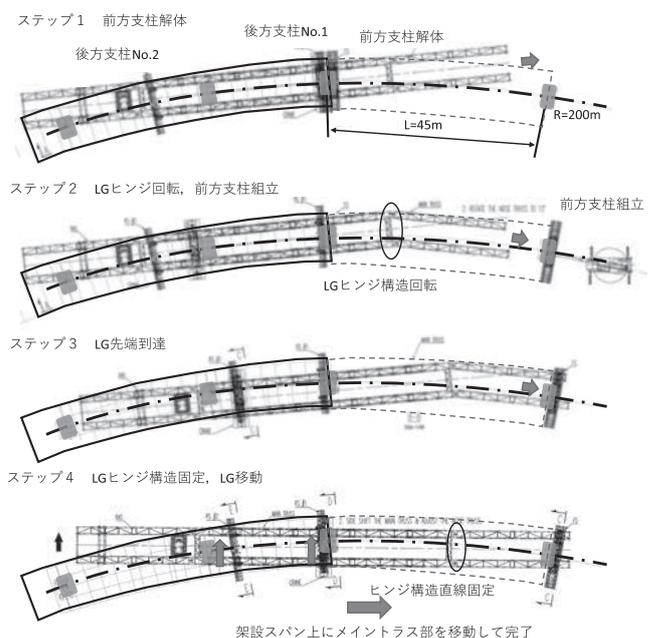
(2) LG の急曲線区間の対応

当工区で使用する LG は、延長約 100 m（重量約 450 ton）のトラス構造であり、曲線区間においては LG の回転を伴った移動手順が必要となる。

一般的なスパン $L=30$ m、曲線半径 $R=200$ m の急曲線区間においては、前方支柱および後方支柱 No.1, 2 の 3 箇所の横梁上でメイントラスをスライド・回転させながら次スパンに移動することで、曲線部の施工を可能とした。

ただし、ファームゲート交差点上空を横断する 2 スパンについては、スパン長が $L=40$ m および 45 m となっており、同様の方法ではメイントラスを次施工スパンの橋脚上に到達させることができないため、以下の方法を採用した（図—5 参照）。

- ステップ 1 前方支柱を地上に設置したクレーンにて解体、次施工スパンの橋脚上に設置する。
- ステップ 2 メイントラス前方部分をヒンジ構造とし、曲線方向に回転、折り曲げる（図—6）。
- ステップ 3 メイントラスを折り曲げた状態で次スパンの橋脚上まで移動させる（写真—3）。
- ステップ 4 メイントラスを前方支柱および後方支柱 No.1, 2 の 3 箇所の横梁上でスライド・回転させながらメイントラスを直線に戻し、ヒンジ部分を固定して移動完了。



図—5 急曲線 (L = 45 m) LG 移動手順

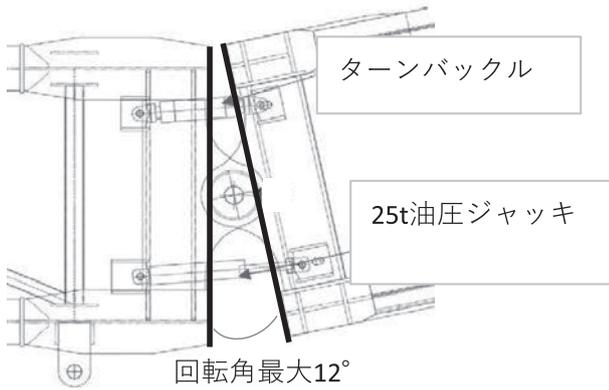


図-6 LGヒンジ構造詳細図



写真-3 急曲線L = 40m 区間 LG 移動状況

上記のような施工方法を採用し、急曲線区間のスパンの長い（最大45m）桁をLGの解体・再組立無しに施工することができた。また、LGの解体・組立を行った場合、通常1日で完了するLGの移動作業に約2か月かかることとなるため、ヒンジ構造の採用によって大幅な工程短縮を図ることができた。

(3) 駅部ラーメン高架橋の工程短縮に対する取り組み

駅部は、軌道を支持する単純PC箱桁橋と、ホーム等の駅施設を支持するラーメン高架橋から構成されている（図-7）。そのため、駅部ラーメン高架橋の施工を先行した場合、スパンバイスパン工法では単純PC箱桁橋の施工が出来ないため、当初計画では全ての駅においてスパンバイスパン工法で駅部単純PC箱桁橋を架設してから駅部ラーメン高架橋を施工する計画であったが、全体工程のクリティカルパスとなるカルワンバザール駅については、工程短縮を目的に駅部ラーメン高架橋の着手を早めても施工可能な手順を以下のように検討した（図-8参照）。

①セグメント運搬用トレーラーが進入し、クローラークレーンでセグメントを吊り上げるスペースを確保して駅部の施工を開始する。

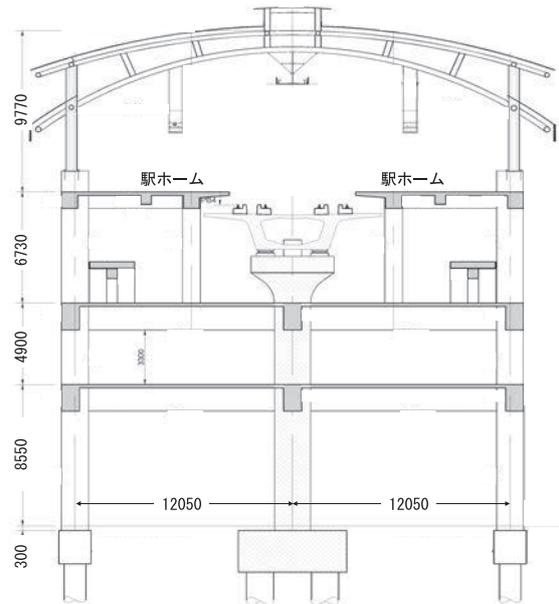


図-7 駅部ラーメン高架橋断面図

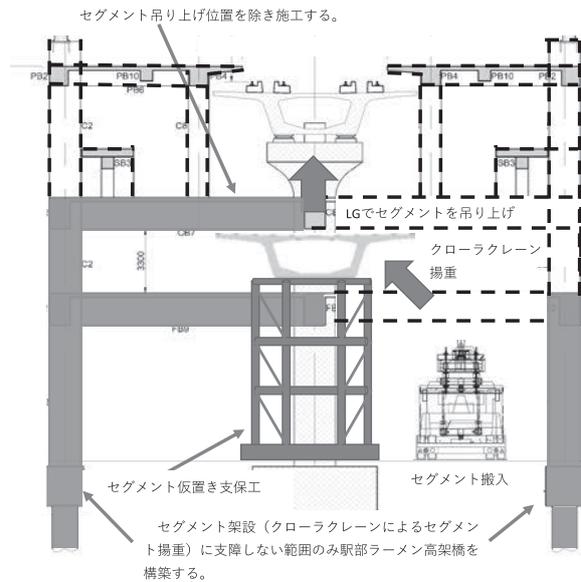


図-8 駅部セグメント架設断面図

- ② LGによるセグメント吊り上げ位置に支保工を設置して仮置きスペースを確保する。
- ③ トレーラーから、上記仮置きスペースにクローラークレーンを使用してセグメントを揚重する。
- ④ 仮置きスペースに揚重したセグメントをLGのクレーンで吊り上げ順次架設する。

①～④の手順により、駅部ラーメン高架橋の先行着手が可能となり、カルワンバザール駅の施工工程は、スパンバイスパン工法の架設完了まで着手しない場合と比較して約4か月短縮できた（写真-4, 5）。



写真—4 カルワンバザール駅セグメント搬入状況



写真—6 橋梁架設完了全景（急曲線区間）



写真—5 カルワンバザール駅部セグメント施工状況

4. おわりに

スパンバイスパン工法の架設は、2021年12月に完了し、現在は、2023年2月20日の竣工に向けて橋梁上のダクトや壁高欄などの橋面工や駅施設の施工を行っている（写真—6）。本工事では、バングラデシュにおいてセグメント製作における省力化や高品質化および駅部ラーメン高架橋の工程短縮に取り組み予定通り完了することができた。

本稿執筆にあたり、ご協力いただいた関係各位に感

謝を述べるとともに、本稿が今後の海外における同種工事の参考になれば幸いである。

JCMA

[筆者紹介]



好竹 亮介（よしただけ りょうすけ）
鉄建建設㈱
土木本部 橋梁技術部
課長



梶原 勇二（かじわら ゆうじ）
鉄建建設㈱
土木本部 海外事業推進室土木部
ダッカ MRT 作業所
副所長



宮原 章人（みやはら あきと）
㈱安部日鋼工業
海外事業部
工事長