

スパンバイスパン架設工法による橋梁上部工の施工 フィリピン・南北通勤鉄道事業 CP01 工区

内田 裕之・吉田 朋広・大嶋 雄

近年のフィリピンは高い経済成長率を維持しつつも、持続的経済成長のための基盤が脆弱であると言われている。最大の問題点の一つにインフラ不足が挙げられ、特に運輸交通インフラに関しては、先進ASEAN諸国の中で最も低い評価であり、マニラ首都圏はその交通渋滞により、毎日巨額の交通コストが発生している。

本稿では、大首都圏における道路ネットワークの拡充による一極集中緩和・物流円滑化を目的とする鉄道事業のうち、ルソン島北部からマニラ首都圏を結ぶ南北通勤鉄道事業 CP01 工区において、スパンバイスパン工法により大規模に展開する橋梁上部工工事に焦点をあて、使用する建設機械の選定、汎用性を高めた計画について述べる。

キーワード：橋梁上部工、スパンバイスパン工法、ストラドルキャリア、ロンチングガーダー

1. はじめに

マニラ首都圏は、全人口の13%、GDPの37%が一極集中するフィリピン最大の活動拠点となっている。一方で、急激な人口の増加に対して、十分なインフラ設備が整っていないのが現状である。フィリピン政府は、マニラ首都圏の運輸・交通網の整備を徐々に進めてきたが、いまだに深刻な交通渋滞の解消には至らず、今後マニラ首都圏が南北方向へ健全に発展していく上でのボトルネックとなっている。そこで、鉄道と高速道路からなる統合された都市大量輸送システムを導入し、南北交通軸を整備する必要がある。現在、計

画・着工されているフィリピンの鉄道事業の一覧を図-1に示す。

本稿では、マニラ首都圏を中心とした運輸・交通網の整備事業のうち、ルソン島北部からマニラ首都圏を結ぶ南北通勤鉄道事業 CP01 工区において、スパンバイスパン工法により大規模に展開する橋梁上部工工事に焦点をあてる。とりわけ、セグメント製作ヤードの場内運搬に使用するストラドルキャリアの選定経緯、スパンバイスパン工法の架設機であるロンチングガーダーの汎用性を高めた計画について述べる。

2. 工事概要

南北通勤鉄道事業（マロロス～ツツパン、路線長：37.9 km）のうち、当 CP01 工区は南端のソリスから本線 21.2 km の高架橋、補強盛土、6 駅舎および 1 車両基地を対象とする（図-2）。

- ① 工事名称：フィリピン・南北通勤鉄道事業 CP01 工区
- ② 発注者：フィリピン共和国政府・運輸省（DOTr）
- ③ 資金：日本のODA 有償資金
- ④ 設計：JDT（オリエンタルコンサルタンツ・片平エンジニアリング・トーニチコンサルタンツ・パシフィックコンサルタンツ・日本コンサルタンツ共同企業体）
- ⑤ 施工監理：NSTren（オリエンタルコンサルタンツ・

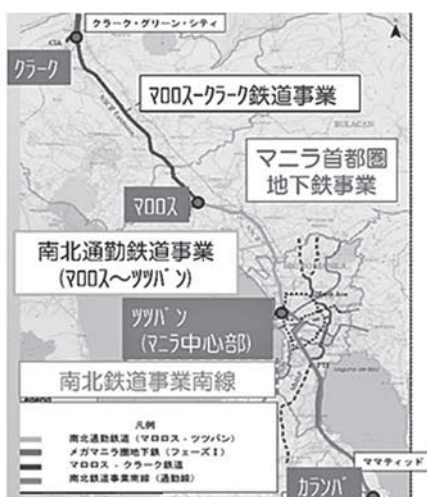


図-1 フィリピンの鉄道事業一覧



図-2 完成予想図

片平エンジニアリング・トーニチコンサル
 ルタント・パシフィックコンサルタンツ・
 日本工営共同企業体)

⑥施工：大成建設・DMCI 共同企業体

⑦工期：2019年12月～2023年6月（42ヶ月）

⑧工事数量：PC 箱桁橋梁工事

場所打ち杭	2,553 本
RC 橋脚	494 基
セグメント製作・運搬・架設	6,122 個
張出し架設	2 橋
場所打ち総支保工	43 支間
補強盛土工事	
RRR 盛土	69,600 m ³
駅舎工事（土木）	
場所打ち杭	1,017 本
躯体工	66,500 m ³
車両基地（土木）	
場所打ち杭	724 本

3. セグメント製作ヤードの計画

プレキャスト工法を代表するスパンバイスパン工法は、工場製作プレキャストセグメントを1支間ごとに一括して架設する。本工事では、3棟の製作ヤード、2箇所のストックヤードおよびバッチングプラントで構成される敷地面積が約10haのセグメント製作ヤードを現地に造成した（写真-1）。

総数6,122個のセグメント製作を22箇月間（最大310個/月）で完了する計画であるため、24セットの型枠設備を準備する。セグメント幅が10.3m、6.3m、5.1mと3種類あり、標準セグメントと端部セグメントで型枠設備が異なるため、それぞれの型枠設備のセット数と必要なセグメント数の比率がポイントとな



写真-1 セグメント製作ヤード

る。製作方法はショートラインマッチキャスト方式で、打設後10時間で所定の強度（15MPa）に達するコンクリートの配合、精度の高い計測・出来形管理および待ち時間を極力減らす場内運搬計画が品質・工程管理をする上で重要となる。

また、4台の架設機が計画されており、セグメントの製作スピードが架設スピードに遅れないようにするため、製作個数の3箇月分にあたる約1,000個をストックするヤードを確保する必要がある。このため、二段積みにした状態で、それぞれ560個、510個のセグメントがストック可能な2箇所のヤードを計画した。

さらに、90m³/hrの練り混ぜが可能な2台のバッチングプラントを計画した。これは、端部セグメントの1個あたりのコンクリート量が約25m³であるため、仮に1台のバッチングプラントを容量の70%で8時間稼働すると、一日で20個のセグメントが製作可能であることを意味する。一連のコンクリートに関する試験が可能なラボラトリーを併設し、3台のコンクリートポンプ車と30台のミキサー車を配備することで、24時間のコンクリート打設体制を確立した。

(1) ストラドルキャリアの選定

製作されたセグメントは、ストラドルキャリア（以下、SC）により場内運搬・仮置き・積み込みが行われ、トレーラーにより架設ポイントへ運搬される（写真-2）。

セグメント製作ヤードには、イタリア製の3台のSCが配備されている。SCは、メインガーダー、2つのトラス部材、4つのホイールと油圧システム、リフティングトレーラー、リフティングウィンチ、吊り治具、コントロールキャビンおよびプラットフォームで構成され、総重量68.5t、スパン15m、ホイール間隔8m、最大ストロークは10.4mとなる。セグメントの最大重量を80tと想定し、最大吊り荷重は120t、吊り治具は90tで計画されている。使用開始前には、



写真一2 ストラドルキャリアー

第三者機関による載荷試験証明書が必要となる。

セグメントを工場製作する際に、場内運搬の手段として選定される使用機械は、門型クレーンが主流である。そこで、本工事において、SCの選定に至った経緯を説明する。

以下に、門型クレーンおよびSCの特徴を列挙する。

①門型クレーン

- ・天井クレーンの両端に脚を設けた橋のような構造を持ち、床上のレールを走行する。
- ・自由な設置、高揚程、高容量および長スパンに対応可能である。
- ・レール上を一定方向にのみ移動可能であるため、資材ヤード・型枠設備・ストックヤードを直線状にレイアウトする必要がある。
- ・レール設置のための基礎工事が必要となる。

②ストラドルキャリアー

- ・油圧システムにより、車輪軸とタイヤを回転させることで、全方向に対して移動可能である。このため、資材ヤード・型枠設備・ストックヤードのレイアウトに制限が少ない。
- ・走行可能範囲が広いと、現地盤の整備により手間とコストが発生する。

次に、本工事特有の条件により、門型クレーンの場合に発生する課題を以下に説明する。

①広大な製作ヤード

全体の約8割を占める幅10.3mのセグメントを製作するには、大型の門型クレーン（最大吊り荷重：80t、スパン長：15m）が必要となり、6台の配備を想定すると、製作ヤードとして幅100m×延長80mの用地確保が必要となる。

②広大なストックヤード

約1,000個のセグメントをストックするヤードとし

て、幅100m×延長500mの用地確保が必要となる。

③借地の制約

本線近傍に確保できる用地は、湿地帯を埋戻す必要があり、最大で220m×280m×320m×500mといういびつな菱形形状の湿地帯であった。上記①②の他に、資材および鉄筋かご組立ヤードとして幅100m×延長20mの用地確保が必要であり、門型クレーンを有効活用するために、それぞれに必要な用地を直線的にレイアウトすることは難しい状況だった。

さらに、海外工事におけるリスクマネジメントの観点から、門型クレーンよりSCの方が優位であると判断した。これは、「門型クレーン1台が故障すると、1ラインの稼働が完全に中止する。一方で、SC1台が故障しても、生産性は落ちるが、残りの2台でカバーすることが可能である。」と評価したためである。

以上により、本工事では、セグメント製作ヤードの場内運搬に使用する建設機械として、SCを選定した。

(2) 安全への取組み

建設工事の安全衛生に関する法基準や安全文化は国によって様々である。しかしながら、いかなる国においても、労働安全衛生マネジメントシステムに基づく「計画－実施－点検－改善」(PDCA)のサイクルを適切に実施・運用することが大切である。また、朝礼／ツールボックスミーティングを通して、培ってきた安全管理のノウハウと作業所関係者全員の熱意を結集し、現地技術者と労務者に対する安全衛生教育に努めることで、安全な労働環境を作ることが責務である。

SCの運用にあたり、重機・機械との接触災害の防止対策として、ホイール部に巻き込み防止カバー、接触感知センサー、オペレーターが目視確認できるカメラを設置して、三重の安全対策を施した(写真一3)。



写真一3 SC安全設備

また、SCはオレンジのラインで示される所定のルートのみをマニュアルで走行し、ストックヤードにおける安全通路の確保および誘導員の配置を徹底した。

4. スパンバイスパン工法によるセグメントの架設

スパンバイスパン工法の架設機であるロンチングガーダー（以下、LG）は、全長90m、総重量387t、支間仮吊り最大荷重は659t（最大セグメント重量72t、12個）である。エレクションガーダー（以下、MT）、セグメント吊上げ装置（以下、UCB）、補助クレーン（以下、AUCB）、ガーダー移動装置（4個、以下、ULRS）、前方支持架台（以下、FSF）、後方支持架台（以下、RSF）、前方ベント（以下、FSL）、後方ベント（以下、RSL）、セグメント吊り金具（以下、SLB）、仮吊り装置（PC鋼棒φ32）および緊張作業台で構成され、スパン長：20m～40m、平面線形：R=652m、縦断勾配：±2.50%に対応可能である（図—3、写真—4）。

MTは、2つの平行する鋼トラス構造（高さ4m×幅2.25m×延長90m）で構成され、その中心間隔を4m（直線スパン）、5m（曲線スパン）、6.5m（リア・フィーディング）と変化させることで、セグメントとの必要なクリアランスを確保する。また、FSFおよびRSFの横梁上にある4個のULRSに配置されるジャッキにより、MTは1.5m/minで前進する。

LGが前進する施工ステップを以下に示す。

- ① LG組立後、最初のスパン架設完了（図—4_STEP-1）。
- ② RSLがRSFの右前方に移動し、UCBがRULRS上に移動後、MTが前進を開始（図—4_STEP-2）。
- ③ MTの前進終了後、RSFを解体し、RULRSが脚頭部からセグメント上に移動。RSLの反力をRULRS

に受け替え、FSLが次の脚頭部へ移動を開始（図—4_STEP-3）。

- ④ FSLの移動終了後、UCBとRULRSがFSFの位置に移動。FSFの反力をRULRSに受け替え、FSFが次の脚頭部へ移動（図—4_STEP-4）。
- ⑤ FSLの反力をFSFに受け替え、MT、FSL、RSLおよびUCBの位置を整えてから、次のスパンの架設を開始（図—4_STEP-5）。

上記に示す通り、LGは支持架台とベントで反力を受け替えながら前進する。脚頭部におけるPC鋼棒の仮固定計画および支承周りのジャッキによる仮受け計画が重要となる。

(1) ボトム・フィーディングによるセグメント架設
スパンバイスパン工法によるセグメントの架設手順を以下に示す（図—5）。

- ① LGの移動

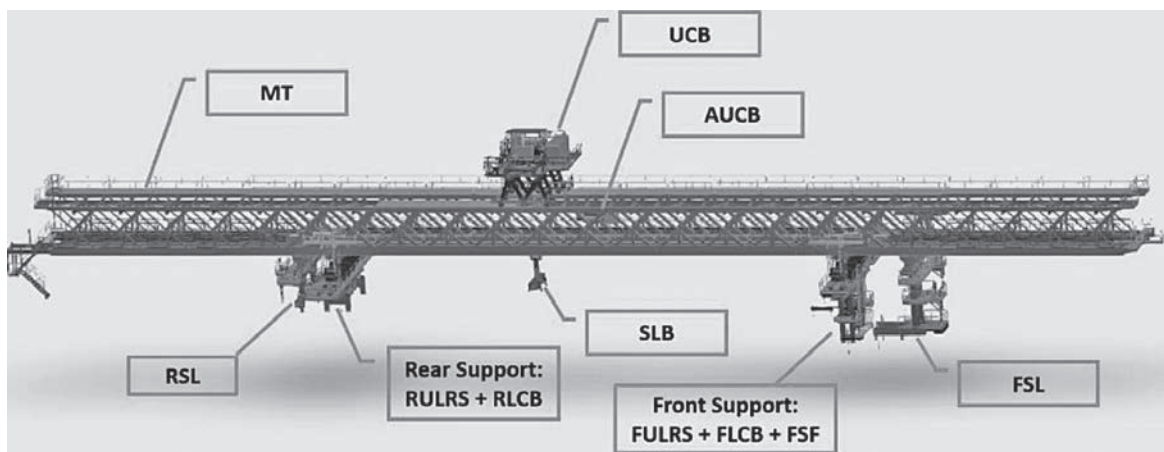
架設を行うスパンまでLGを移動する。

- ② セグメントの運搬

SCによりストックヤードのセグメントをトレーラーに積込み、当該スパンまで地上を運搬する。



写真—4 LG架設状況



図—3 ロンチングガーダー

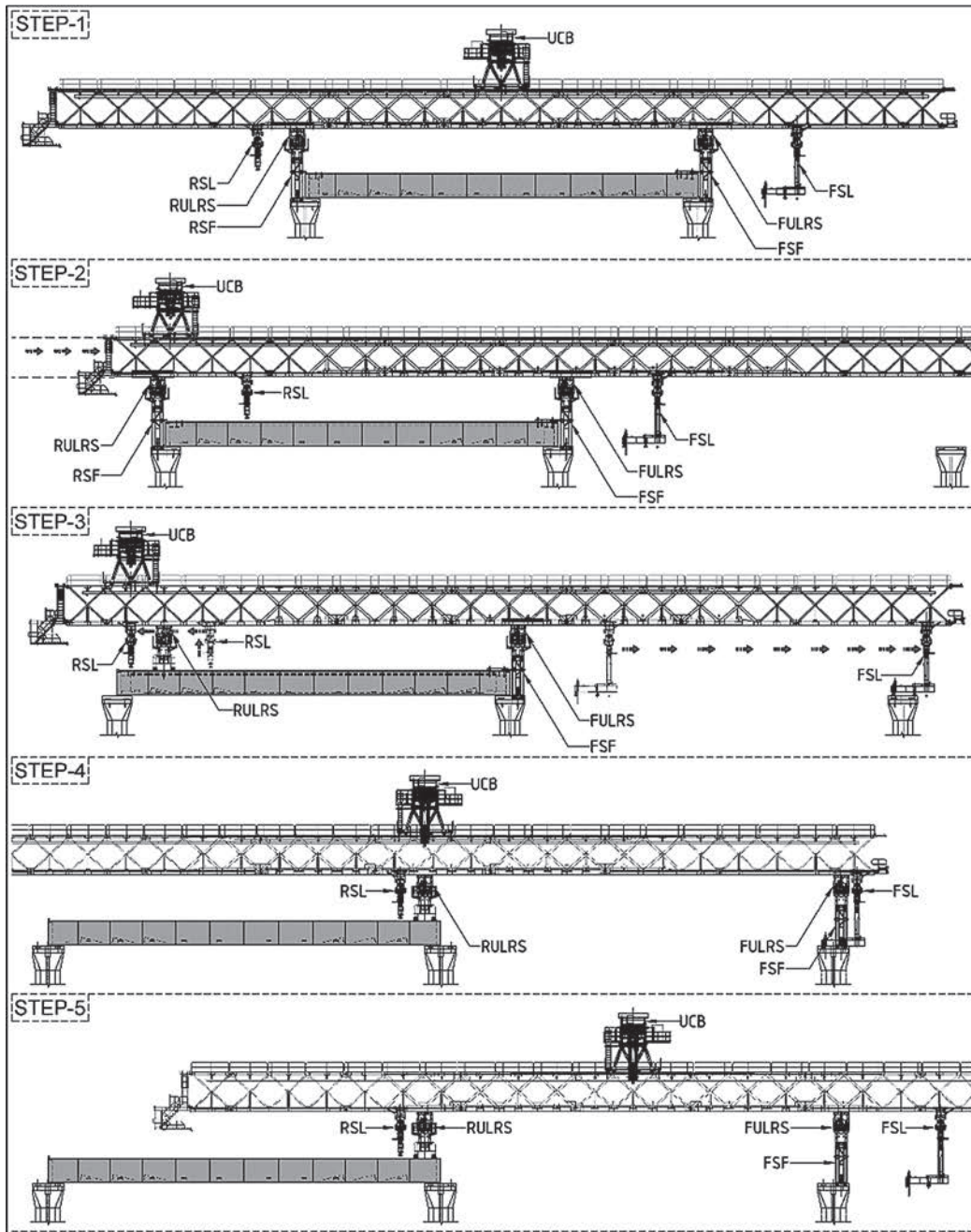


図-4 LG 前進状況

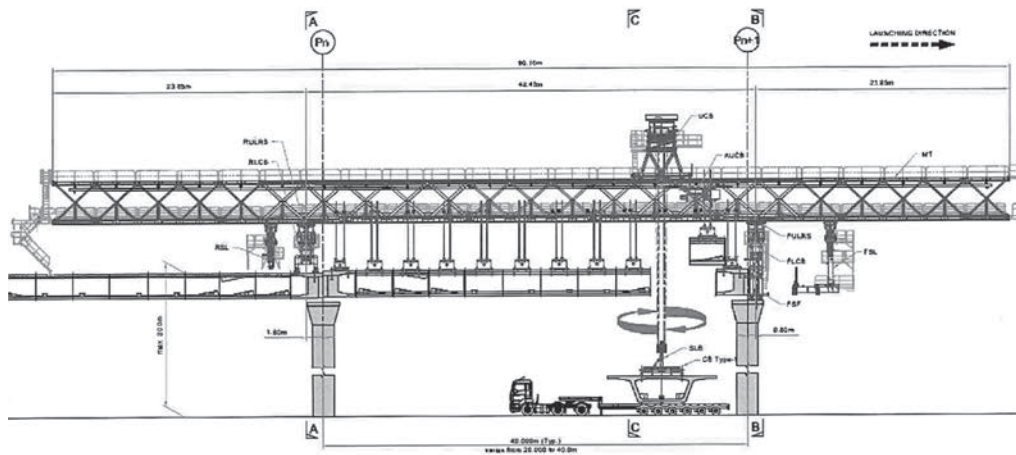


図-5 ボトム・フィーディングによるセグメント架設

③セグメントの吊下げ

運搬されたセグメントをLGのUCBにより所定の高さまで引き上げた後、吊り材に盛り替える。

④セグメントの引寄せ、接合

すべてのセグメントの吊下げが完了したらセグメントの端面（小口面）にエポキシ系の接着剤を塗布し、上下床版に配置されたPC鋼棒を用いてセグメントの引寄せ、接着を行う。材料の飛散防止や雨天時に作業を可能にするための仮設備が必要である。

⑤PC鋼材の緊張

作業台を用いてPC鋼材を挿入し、緊張ジャッキで所定の緊張力を与える。この緊張力により、1支間分のセグメントが一体化し、単純桁構造となる。

⑥線形調整作業

PC鋼材緊張時に桁形状が上反りとなり、脚頭部上の仮受けジャッキに荷重を盛替えることで、吊り材は順番に緩んでいく。最終的に全ての荷重が受け替わった後、ジャッキを用いて最終の線形調整作業を行う。

⑦ジャッキダウン

あらかじめ、脚頭部上に設置しておいた本設ゴム支承と主桁間に無収縮モルタルを打設する。沓座モルタルの強度発現を確認した後に仮受けジャッキをダウンし、本支承に荷重を受け替える。

架設スパンの直下までセグメントを運搬し、下側から吊上げる方法をボトム・フィーディングと呼び、最も一般的な架設方法である。

(2) リア・フィーディングによるセグメント架設

都市部においてスパンバイスパン架設を行う場合、非常に多くの一般道が交差している状況であることから、ボトム・フィーディングによる架設は一般車両や第三者および他工事関係車両との交通災害リスクが高くなる。

また、本工事では、橋梁上部工工事と並行して、駅舎工事が進捗する。駅舎工事の施工範囲でこの作業手順にならうと、LGが通過するまで、掘削・土留め・

構築工事を開始することができない。駅舎工事にも他工区に引渡すための中間工期が定められており、全体の工程を逼迫する恐れがあった。

そこで、本工事では、工程短縮案の一つとして、リア・フィーディングによるセグメント架設方法を検討した。リア・フィーディングとは、架設済みスパンの橋面上をトレーラーで運搬し、進行方向の逆側からMTの中心間隔を4mから6.5mに広げることでLG内にセグメントを抱えこみ、所定の位置にセットする方法である（図-6、7）。

架設済み桁の設計照査や、LGの安定性確認等、施工時検討が必要となる上、桁架設のサイクルタイムも若干落ちるが、全体の工事工程にメリットがあると判断し、この方法を採用した。

このように、事前に施工条件を確認し、綿密な施工計画を立案することで、LGの汎用性を高めることができた。

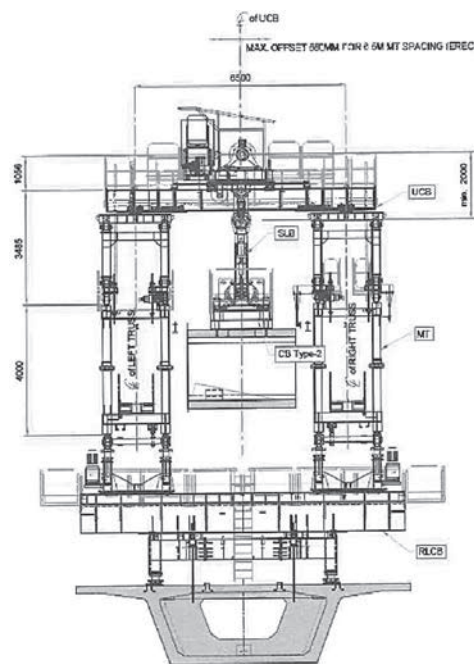


図-7 LG断面図 (MT中心間隔: 6.5m)

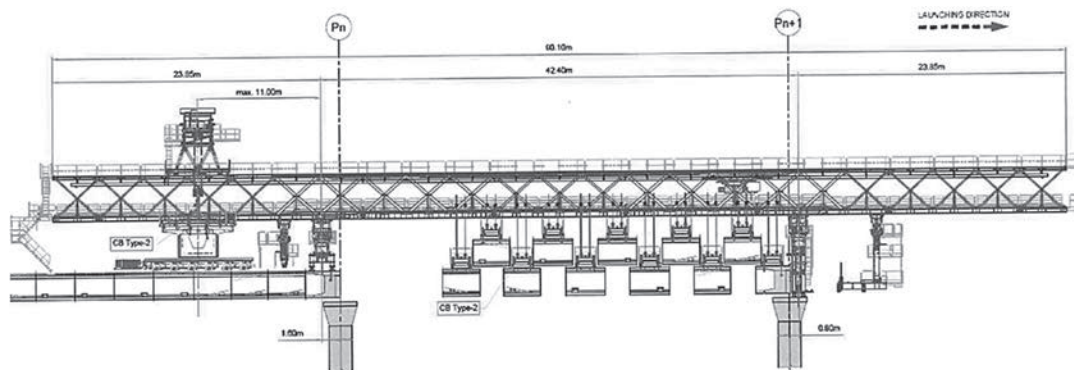


図-6 リア・フィーディングによるセグメント架設

5. おわりに

発注者である DOTr をはじめ関係各省庁、JICA、日本大使館のご支援を受けながら、現在、鋭意工事を進めている。フィリピンと日本との友好の一端を担うべく、今後も安全第一で、より良いものをフィリピンの地図に残すよう努力していきたい。



《参考文献》

- ・外務省，対フィリピン共和国事業展開計画，2018年4月
- ・フィリピン独立行政法人国際協力機構，フィリピン国南北通勤線事業補足準備調査，2015年11月

【筆者紹介】



内田 裕之（うちだ ひろゆき）
大成建設㈱
国際支店土木
作業所長



吉田 朋広（よしだ ともひろ）
大成建設㈱
国際支店土木
次長



大嶋 雄（おおしま ゆう）
大成建設㈱
国際支店土木
課長

