

20. 都心部での多軸台車による鋼製桁の送出し架設

- 交通量の多い道路横断部での生産性向上の取り組み -

鹿島建設(株) ○早房 昭人

1. はじめに

東武伊勢崎線竹ノ塚駅付近連続立体化事業において、駅部 358m 区間を担当する工事で線路に近い道路直上で多軸式特殊台車を用いた桁架設を実施した。周辺環境の制約条件から架設箇所隣接する既設 RC 高架橋上に鋼橋を地組した後に、道路を横断する送出しを行い降下する計画で、道路規制の関係から作業時間は限られており、時間内で架設完了すること等が課題であった。採用した工法は発注者の東武鉄道では初めての試みであり、その実績について報告する(写真-1)。



写真-1 施工状況

2. 工事概要

東京都足立区において事業主体の足立区と東武鉄道株式会社が一体となり進めている「東武伊勢崎線(竹ノ塚駅付近)連続立体交差事業」のうち、東武伊勢崎線西新井～谷塚間の延長約 1.7km の区間

で連続立体交差工事を行うもので、竹ノ塚駅付近の上下急緩行線の本線 4 線に加え、引上線 2 線を高架化する工事である。

このうち当工区は、竹ノ塚駅部と 2 ヶ所の踏切(37 号踏切, 38 号踏切)を含む、延長 358m の区間であり、営業線近接、直上での駅部 4 線高架橋の構築が主要な工事である。2020 年 9 月末に下り急行線および上り急行線の高架化が完了し、2022 年 3 月に全線高架化した。本稿では、交通量の多い踏切近傍の道路直上で多軸式特殊台車(以下、多軸台車)を用いた桁(支間長 28m)架設を実施した事例である。

工事名：東武竹ノ塚駅付近高架化工事

発注者：東武鉄道株式会社

施工者：鹿島・東武谷内田・熊谷・東鉄建設 JV

工事場所：東京都足立区

工期：2012.8.28～2024.3.31(予定)

現場全体図を示す(図-1)。下り急行線は高架化が完成し、仮下り緩行線移設および仮上り緩行線移設を行った。上り急行線は、2019 年 7 月～2020 年 5 月の 11 ヶ月という限られた期間で、図-1 の太枠で示した範囲の構造物を構築した。施工箇所は、狭隘で多くの制約条件のある中、軌道撤去、RC 躯体築造、橋梁架設を限られた期間で実施する必要があった。このうち本稿で対象とする構造物は、合成桁 Gc101-4 である。



図-1 現場全体図

3. 基本計画

3.1 周辺環境と制約条件

赤山街道（区道）と東武伊勢崎線が交差しており、架設箇所の近傍に用地は無く、写真左側の地上部分には営業線の踏切があり、右側には交差点及び直上に架空線がある（写真-2）。

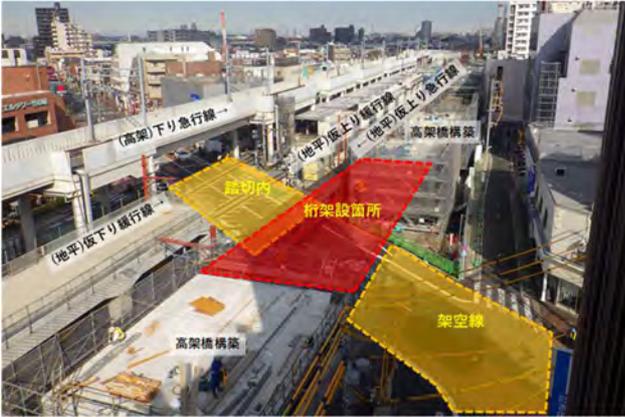


写真-2 施工ヤード

踏切と区道が交差しているため昼間の桁架設工は困難であり、夜間での片側交互通行も鉄道の線路閉鎖時間内（1：00～5：00の240分）での作業という制約がある。

赤山街道は地域の主要な道路で交通量が多いことから警察協議により、全面通行止めを伴う交通規制（0：00～6：00の360分）も厳しく制限されている。また発注者および自治体から全面通行止めの日数を抑えるよう要望があった。

3.2 架設方法の選定

周辺環境と制約条件から大型クレーンを配置する場所がなくトラッククレーン架設は困難であることから道路に隣接する既設 RC 高架橋上に桁を地組し送出しする計画とした。

一般的な送出し工法として手延べ機を用いた方法があるが、一般的に手延べ機の長さは単純桁の最大支間長の60～80%程度が目安である。このため、桁の地組ヤードとして29m、手延べ機延長として約23m、合計52m以上の延長が必要となり、高架上に確保できない（図-2）。

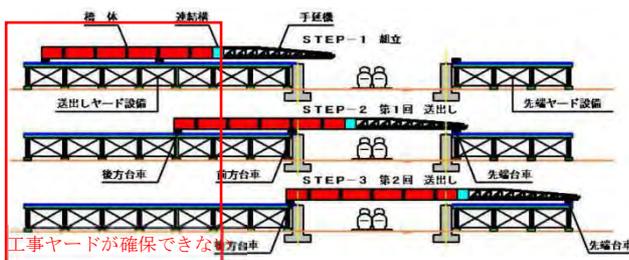


図-2 従来の手延べ式送出し架設

そこで、軌条と多軸台車を用いた送出し工法を選定した。降下工で用いる設備は、多軸台車と組み合わせることができるテーブルリフトを選定した。

3.3 多軸台車送出し工の設備概要

設備は、桁受け架台、架台固定設備、テーブルリフト、多軸台車、ユニットポンプ、ユニットポンプ受梁から構成される。通常ユニットポンプはパワーパックの反対側（図面左側）に設置されるが、現場が狭隘であるため、ユニットポンプ受梁を製作し載荷した（図-3、4）。

台車上設備は、テーブルリフトを1基とした。本工事の降下量は約4mで、テーブルリフト1基あたり2.2mのストロークを有するため、桁下の空間に余裕があれば、テーブルリフトを2基積み重ねることで所定の降下量を得ることが出来たが、今回は、桁下の空頭が十分でなくテーブルリフトを1基とした。そのため、降下工が2日必要となった。

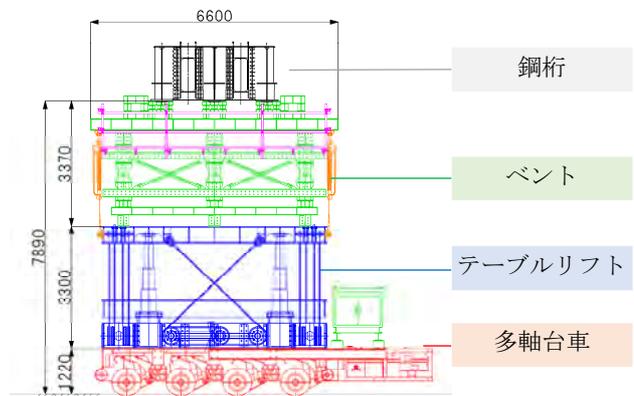
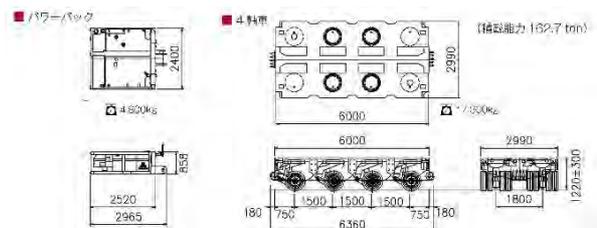


図-3 多軸台車・台車上設備



車種	スーパーキャリア (S.C) Type-VI 10P	
台車構成	4軸車	
保有台数 (台)	2	
荷台	長さ (mm)	6,000
	幅 (mm)	2,990
	高さ (mm)	1,220
サスペンションストローク (mm)	±300	
自重 (kg)	17,300	
駆動軸数	2	
けん引力 (ton)	13.5	
タイヤ数 (本)	32	
最大積載量 (ton)	162.7	
タイヤサイズ	215/75 R17.5TL 135/133J	
組合最大積載能力 (ton)	320.6	
保有台数 (台)	2	
パワーパック	長さ (mm)	2,820
	幅 (mm)	2,400
	高さ (mm)	858
	自重 (kg) (整備重量)	4,800 (5,600)
エンジン出力 (HP)	210	

図-4 多軸台車の諸元

3.4 多軸台車送り出し工の桁架設計画

step1 は地組した桁を軌条のみで 10.5m 送出す。
step2 は桁の前方を多軸台車 1 台で支持、後方を軌条で支持し送出す。桁が軌条で支持できない位置に到達したところで桁の後方に 2 台目の多軸台車を配置し、多軸台車 2 台で桁を支持し送出す。
step3,4 で約 2m ずつ桁を降下する。なお、設備の都合上 1 日の降下量は最大 2m 程度である (図-5)。

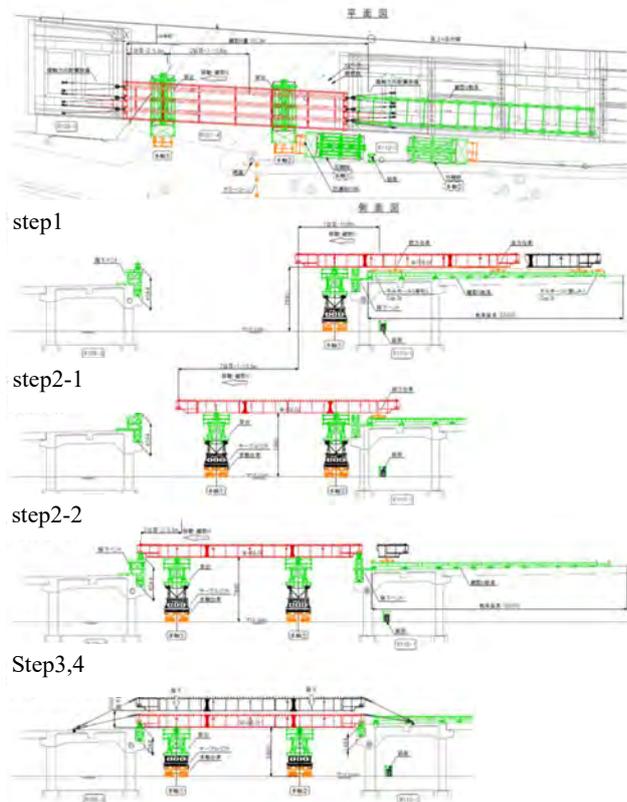


図-5 多軸台車送り出し工全体図

構築済みの RC 高架橋上で軌条を組み、ラフタークレーン架設にて桁を地組し、ボルト本締め、塗装、デッキプレート敷設まで実施する。その後、台車上設備を組立て、桁の送り出し工、降下工を行う (図-6)。

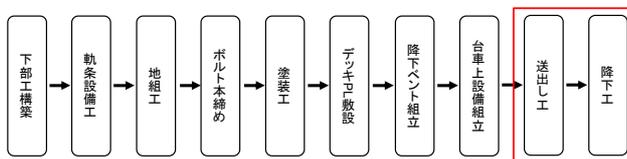


図-6 桁架設施工フロー

4. 施工上の問題点と解決策

4.1 問題点と要因分析

(1) 全面通行止め作業の低減

地元要望もあり発注者から全面通行止め作業の低減が求められていた。

(2) 夜間道路規制作業の工程管理

全面通行止め日程が限られており、当夜の失敗

が許されない状況の中、多軸台車を使用した桁架設工の経験者がおらず、実際に桁を載荷した多軸台車の動作を確認する必要があった。また、全面通行止めの作業時間が限られている中、いかに時間内で安全に架設できるかが課題であった。

(3) 発注者、事業主体、関係各署との合意形成

多軸台車を用いた架設工法が発注者の工事で初めてであること、全面通行止めに関係する事業主体、道路管理者、警察署や消防署などの関係各署にわかりやすく工事内容を説明し早期に合意を得ることが課題であった。

4.2 解決策

(1) 事前施工 (リハーサル) による施工体制の強化

発注者の要望である全面通行止め作業を低減すべく、step2~4を3日で実施する原案に対して、2日で実施する改善案を検討した (図-7)。改善案は、当夜作業量が増えることから時間内に実施可能か確認する必要があった。そこでstep1の軌条による送り出し工後に、軌条と多軸台車を併用した送り出し工の事前施工 (リハーサル) を実施する事とした。



図-7 3日から2日への改善案

(2) 事前施工 (リハーサル) の実施

リハーサルでは台車設備の動作確認と人員配置を確認した。

桁を載荷した状態での台車設備の動作確認で、多軸台車の車軸高さ調整 ($\pm 300\text{mm}$) の上昇機能が動作しない状況があることがわかった。原因としては、パワーパック側にユニットポンプと発電機を配置したことにより多軸台車の車軸に不均一な荷重がかかり、安全装置が働いたためである。対策として、多軸台車のパワーパック側に支保材を設置し荷重を分散させることで、台車設備の機能に支障が生じないように調整した (写真-3)。

(3) 事前施工 (リハーサル) の結果

リハーサルの結果を元に、全面通行止め日数を3日から2日に低減した改善案を採用した。

また、各自の役割や留意点の把握、不測の事態への対応を強化することで、時間内で安全に施工することができた。



写真-3 リハーサル時

また、CIMモデルと現地の写真を比較するような資料を作成し、架設完了時のイメージを共有した（図-10, 11）。関係各署への説明資料は、CIMモデルと現場360度写真管理プラットフォーム「HoloBuilder」を連携することにより作成し、工事計画・詳細検討に活用した。



図-10 CIMモデル

4.3 ICTツールの活用

(1) CIMモデルと現場360度写真管理プラットフォーム「HoloBuilder」の連携

関係各署との協議で、施工前に本工事の説明にあたり、トータルステーションで取得した点群データと3DCADで作成したCIMモデルを活用し、桁架設前の設備との干渉確認や多軸台車の配置イメージの共有に利用した（図-8, 9）。

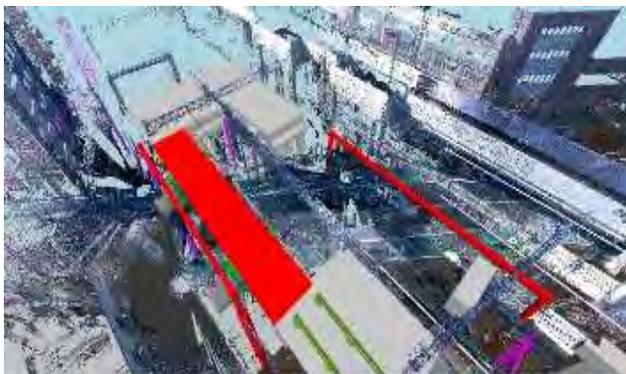


図-8 平面からの視点（設備干渉確認）

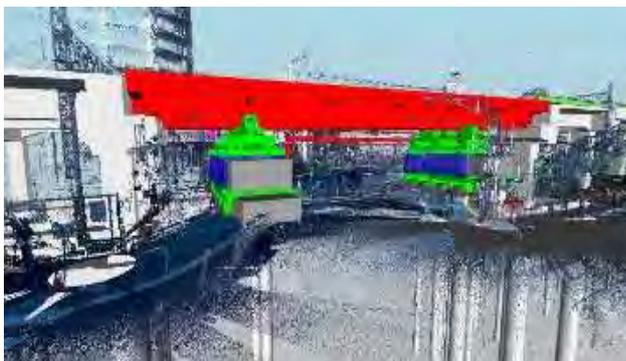


図-9 側面からの視点（多軸台車配置）



図-11 HoloBuilder (360度)画像

(2) ICTツールを活用した早期の合意

発注者である東武鉄道では初めての工法であり、また事業主体である足立区や諸官庁に工事概要が紙面では伝わりづらかったため、前述したCIMモデルと工程表を組み合わせたICTツールを活用し、早期の合意の獲得に貢献した（図-12）。

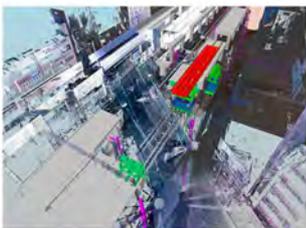
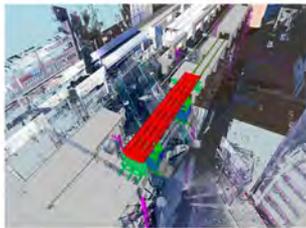
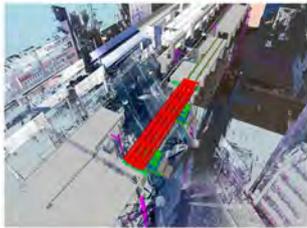
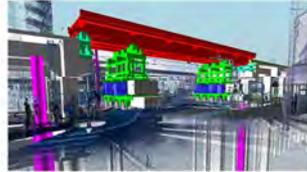
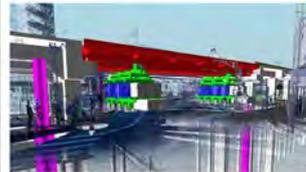
			
			
step1	step2	step3	step4
片側交互通行	全面通行止め	全面通行止め	全面通行止め
送出し工 10.5m(軌条) 兼 リハーサル実施	送出し工 20.8m (軌条+多軸台車 / 多軸台車 2台)	降下工 2.0m	降下工 1.8m
原案	1日目	2日目	3日目
改善案	1日目		2日目

図-12 関係各署説明資料 (CIMモデルと360度画像)

4. 工事実績

4.1 実施時間工程

全面通行止め1日目(送出し工15.5m+降下工2.0m)の実績は、駅利用客が少なくなる1:00~4:30の間での時間計画に対し、おおむね順調に進み本作業は4:09に完了し、計画より約20分前に作業を終えることができた(表-1)。

表-1 全面通行止め1日目



2台目の多軸台車を挿入しジャッキアップする作業で計画よりも時間を要した。軌条設備から多軸台車2台に桁を受け替えた後、桁の水平を保持する作業にあたり各々の多軸台車オペの相互確認に時間を要したためである。

4.2 送出し工の実績

送出し前と送出し状況を示す(写真-4,5)。



写真-4 送出し前



写真-5 送出し工状況

step1の多軸台車と軌条での送出し工の桁位置の変位量としては10~30mm程度であり、管理値として設定した50mmを満足した。Step2の2台の多軸台車での送出し工では舗装上にあらかじめマーキングを行い、多軸台車からの下げ振りで管理した。直線移動用に引いたラインをガイドにして走行し、最終位置は多軸台車の四つ角を明示してターゲットにした。位置確認者を十分に配置したためオペとの連携もスムーズで細かな微調整も問題なく行え、最終位置を10mm以内に収めた。順調に施工を進めることが出来た要因としては、次項で詳述するリハーサルを実施し、①各所の人員配置を確認したこと、②桁を載荷した状態での台車設備の動作確認をしたことが挙げられる。

5. まとめ

東武鉄道では多軸台車を使用した架設は初めての試みであり、架設イメージを3Dモデルで作成したことで、複雑な工事の説明ツールとして東武鉄道、警察署や消防署の関係者も含め、部署内での情報展開の際に有用であった。

今回の施工で、各設備の変状や載荷状況をモニターで確認しながら、送出しから降下までの一連のオペレーティングを安全に実施できた。

今後は、一連のシステムを自動化することで、更なる安全性の向上も期待できる。

多軸台車を使用した一括架設事例の中でも都市部の鉄道に近接する狭隘な施工箇所では軌条と多軸台車を併用した送出し工の事例は希少である。本施工実績が、今後の都市部の一括架設施工の一助となれば幸いである。

出典・参考文献

- 1) 東武鉄道(株)：東武竹ノ塚駅付近高架化工事
- 2) (株)宇徳：多軸式特殊台車