

5 施工計画

鉄道近接施工下における東京モノレール羽田空港線 T型鋼製支柱の横梁取替え

日本橋梁建設土木施工管理技士会

株式会社横河ブリッジ

設計担当

長倉 康裕〇

施工計画担当

稲盛 貴光

現場代理人

池田 大介

1. はじめに

本工事は鉄道と近接して並行する東京モノレール羽田空港線のT型鋼製支柱横梁部を一夜間で取替えるものである(図-1)。

令和元年6月にJR並行部No.6支柱の横梁隅角部に疲労き裂が発見され、当て板による応急対策が実施されたが、既設耐力を修復し安全性を確保するための恒久対策が急務となっていた(図-2)。当て板や頼杖等による補強構造ではき裂進行を防ぎ、構造物としての耐力を回復させることが困難と判断され、横梁部分の新規部材への取替えが妥当との結論に至った。その後、横梁部取替えの施工計画を立て、令和4年2月にモノレール運行への影響を最小限とした一夜での施工を実施した。

本稿は鉄道近接等の厳しい条件下における施工計画・施工上の課題、それに対する工夫・改善点を述べるものである。

工事概要

- (1) 工事名：JR並行部No.6支柱恒久対策工事
- (2) 発注者：東京モノレール株式会社
- (3) 工事場所：東京都港区芝浦1丁目地先
- (4) 工期：令和3年3月16日～
令和4年7月31日
- (5) 諸元：上部工 3径間連続鋼箱桁橋
下部工 T型鋼製橋脚



図-1 位置図

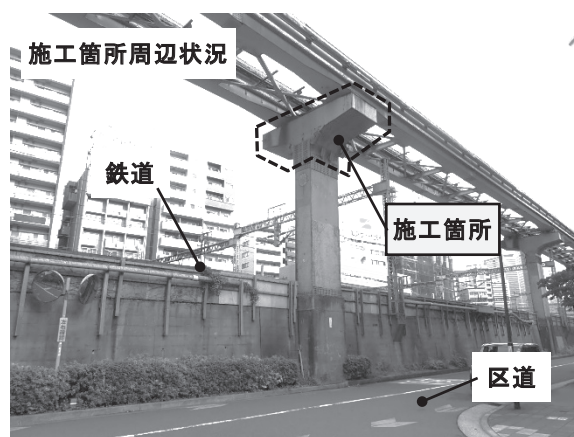


図-2 施工箇所周辺および応急復旧状況

2. 現場における問題点

本工事は厳しい立地条件や時間的制約があった。そのため、施工計画および取替え設備の設計、実施工に際し以下の課題があった。

2-1 取替え方法における問題点

支柱横梁部を取り替える際には軌道桁を仮受けする必要がある。今回のように橋脚天端で仮受けが出来ない場合、まずベント工による施工方法が検討されることになる。しかし、当該箇所はすぐ脇を東海道新幹線が並行し、反対側は区道となっているため（図-2）、ベントの設置は不可能と判断した。このような条件の中、安全かつ効率的に支柱横梁部を取り替える方法が求められた。

2-2 立地条件による問題点

現地は前述の通り片側に新幹線が近接しており、施工スペースが厳しいことから、もう一方の区道側からのアクセスで横梁取替えを行う必要があった。しかし、区道は道幅が狭いうえ、区道脇には建築物や照明柱などがあり非常に施工スペースが限られていた。このような立地条件の中、2次元CAD上では施工可能であることを確認していたが、一夜間での施工をより確実とするため、さらに詳細な事前確認が必要であった。

2-3 時間的制約による問題点

支柱横梁部取替えに際し、具体的な時間的制約を下記に示す。

- ・最終列車を繰り上げて線路閉鎖時間を通常0:20～4:25を23:00～4:00とし、線路閉鎖時間内に試験列車も含め作業を完了しなければならなかった。
- ・支柱横梁部取替え（既設撤去・新設架設）に伴う揚重機（80t吊ラフテレーンクレーン）の作業時間は、近接する新幹線の運行間合い（部外近接作業：0:00～5:30）で行わなければならなかった。

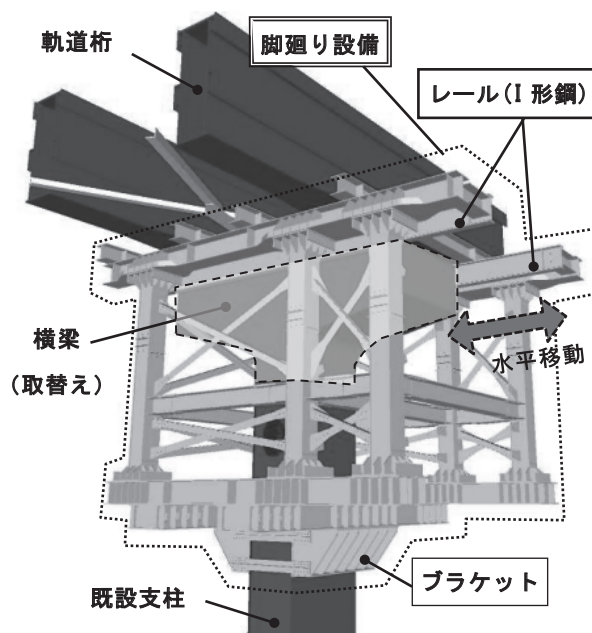


図-3 脚廻り設備

- ・支柱横梁部取替え（既設撤去・新設架設）に伴い、区道の全面通行止め規制を行わなければならなかった。全面通行止めは、路線バスの最終便（21:06）運行後の開始を求められた（道路使用時間20:00～5:30）。

3. 工夫・改善点と適用結果

3-1 脚廻り設備による横梁部の取替え

軌道桁の仮受け方法としては、橋脚柱部分にブラケットを設置し、そこから脚廻りに梁部材・柱部材を組み上げる設備を構築することとした。これにより厳しい立地条件の影響を受けにくくなる。その一方で、横梁取替え空間の確保と仮受設備としての機能を両立させるための構造詳細、その構造成立性を詳細に検討する必要があった。

図-3に脚廻り設備の3Dモデルを示す。既設橋脚柱部に設置したブラケット上には梁材を井桁に組み、その上には背の高い支柱を立ち上げることで軌道桁仮受けを可能にしつつ、横梁取替え時の空間を確保した。設備上方には軌道桁直角方向にレール（I形鋼）を設置し、そこにプレントローリを吊下げて横梁の横取り設備とした。また、立体格子解析により構造成立性を詳細に検討し

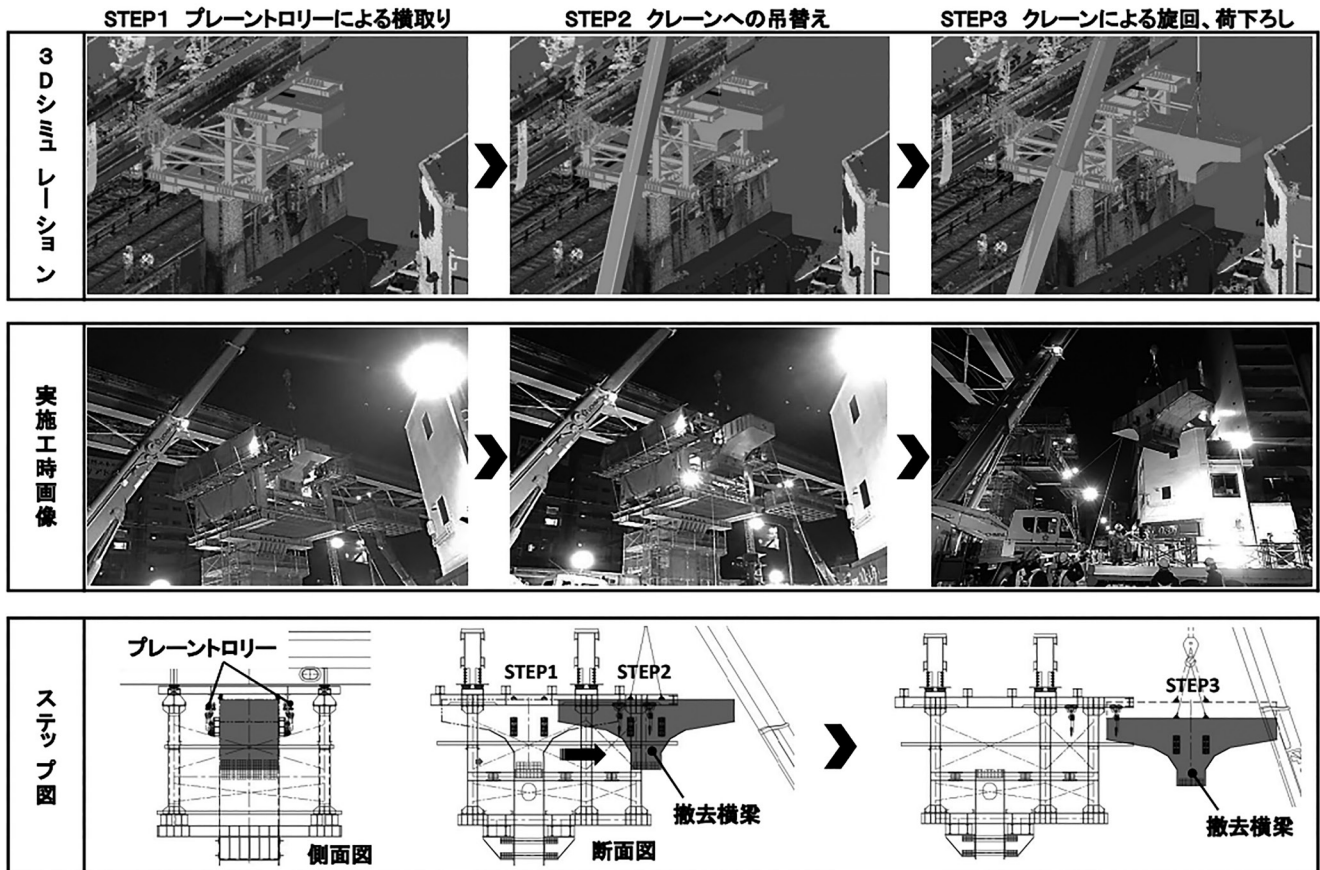


図-4 3Dシミュレーション（横梁撤去時）

た。当初、軌道桁仮受け時に時間的制約を出来るだけ受けたくないよう、脚廻り設備の設計計算にはモノレール列車荷重を見込むことが求められたが、過大な断面が必要となり構造成立性を欠くと判断した。そのため軌道桁死荷重および地震荷重のみに耐えうる構造とし、軌道桁仮受けは線路閉鎖時のみとした。

軌道桁のジャッキアップ量としては、既設支承のせん断キー高さを考慮して25mmとした。その際、ジャッキアップ反力には軌道桁の不均等荷重を考慮した。また、脚廻り設備自身のたわみ量を確認し、横梁取替え施工への影響を検討した。自重の大きい新規横梁の横取り時、レール先端のたわみは6mm程度であり問題無いと判断した。

3-2 3Dシミュレーションおよび試験施工

(1) 3Dシミュレーション

3Dレーザースキャナーで取得した点群データを用いて作成した現地の立体モデルと横梁や脚廻

り設備、ラフテレーンクレーンなどのモデルを重ね合わせ、一連の施工を再現した3Dシミュレーション動画を作成した。図-4に既設横梁撤去時の施工ステップ毎の3Dシミュレーション画像を実施工時の写真およびステップ図と併せて示す。なお、新規横梁設置時はこれと逆の手順を踏む。3Dシミュレーションを用いることにより、現地スペース内で施工が可能であることを確認するとともに、取替作業時の周囲の干渉物との遊間量を確認することができた。

(2) 試験施工

実際の取替設備と仮設H鋼などにより再現した模擬横梁を使用して、現地状況を再現しての横梁取替試験施工を実施した（図-5）。この際、実施工時に配置予定のクレーン、オペレーターおよび作業員により実施した。施工可否の最終確認ができたことはもとより、実際の取替設備の組立要領、適切なクレーン配置や旋回範囲等を確認し、作業員も実施工のイメージを持つことが出来た。

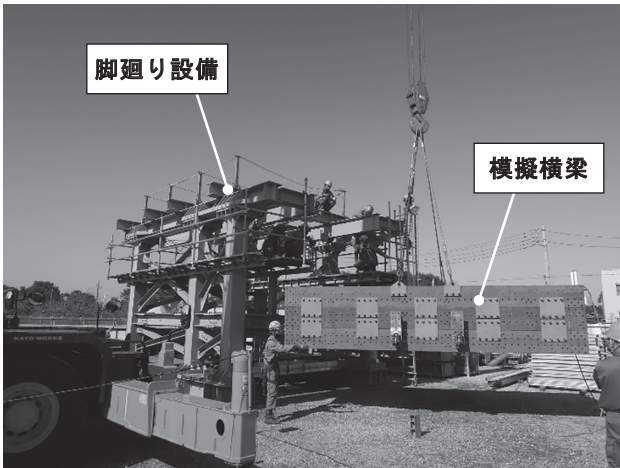


図-5 試験施工状況

3Dシミュレーションおよび試験施工により、作業員をはじめとする関係者が施工手順への理解を深め、より実効性のある危険予知を行えたことにより、施工時間短縮および安全施工に寄与したと考える。

3-3 綿密な時間工程管理とリスクの洗い出し

厳しい時間的制約に対し支柱横梁部取替え当夜の綿密なタイムスケジュールの作成およびリスクの洗い出しを行い、考えうる事前準備、対策を徹底して実施した。その一例を述べる。

(1) タイムスケジュールの作成

支柱横梁取替え作業を細分化したタイムスケジュールを作成した。作成に際しての工夫点は、予定通り施工する場合のプランに加え、不測の事態も考慮した数パターンのタイムスケジュールを用意し、その場合の対策を講じた点である。

不測の事態が起り、当夜での横梁取替え施工を中断する場合に備えて、既設支柱横梁を元に戻すための添接部高力ボルトを取替え用とは別に準備しておいた。更に、撤去した横梁部は新規横梁の添接部高力ボルト孔が合う事が確認されるまで搬出をしない計画とした。なお、実施工はほぼ予定通りに実施することができた。

(2) 高力ボルト締付時間の短縮

前述のタイムスケジュール検討時に各工程の洗い出しを行った結果、高力ボルト締付作業が最も

時間が掛かり、遅延リスクが潜在している工程であると考えた。そこで当作業に着目して効率化が図れないか検討した。具体的な工夫・改善点を以下に示す。

- ・既設高力ボルトは経年劣化による固着等で撤去作業に時間が掛かることが想定された。そこで事前作業にて新規高力ボルトに取り替えておき、当夜の高力ボルト撤去作業の時間短縮を図った。
- ・狭い足場内でのハンドリングを考慮して、新規添接板を分割して1枚当たりの重量、大きさの低減を図った。
- ・疲労き裂の応急対策のために設置されていた補強部材の内、横梁撤去時に干渉するものについて、事前撤去を行った。

これらにより実施工時には想定より短い時間で高力ボルト締付作業を行うことができた。

4. おわりに

本工事はモノレール軌道桁を仮受した状態で、T型鋼製支柱横梁部を一夜にして取り替えるという前例の無い工事であった。厳しい立地条件や時間的制約があった中で、軌道桁仮受のための脚廻り設備の構造的工夫、3Dシミュレーションおよび試験施工による入念な事前検討、綿密なタイムスケジュールとリスクの洗い出しによる様々な対策を講じることにより、計画通りトラブル無く時間内で施工完了することができた。

最後に、ご指導頂いた東京モノレール株式会社およびモノレールエンジニアリング株式会社の技術部の方々、並びにご協力頂いた工事関係者にはこの場を借りて深く御礼申し上げます。