

41 その他

上部工工事における ICT 技術の効果(省力化、高精度化)について

日本橋梁建設土木施工管理技士会

株式会社 IHI インフラシステム

監理技術者

植 村

肇○

現場代理人

池田 誠一郎

工事主任

山 田

勉

1. はじめに

本工事は、神奈川県横浜市栄区飯島町を起点とし、横浜市栄区田谷町に至る高速横浜環状南線のうち、6径間及び2径間連続非合成箱桁橋の製作及び架設工事であった。将来的に橋梁構造が5層に輻輳するジャンクションの一部工事であったため、ヤード内は既設橋梁が立体交差し狭隘であった。また、本工事範囲に道路交差部の架設があり、この架設は公共交通機関の通行時間帯を避けた6時間という短い規制時間内で行う必要があった。

これらの条件下で、後戻りなく工事を進めるためにICTを活用した。本稿では、このICT試行結果について概説する。

工事概要

- (1) 工 事 名：R3横環南栄IC・JCT Dランプ1号橋他上部工事
- (2) 発 注 者：国土交通省 関東地方整備局
- (3) 工事場所：自) 神奈川県横浜市栄区飯島町
至) 神奈川県横浜市栄区田谷町
- (4) 工 期：自) 令和3年9月3日
至) 令和6年6月28日

2. 現場における課題・問題点

2-1 輻輳する橋梁内での架設

本工事はトラッククレーンベント工法により、

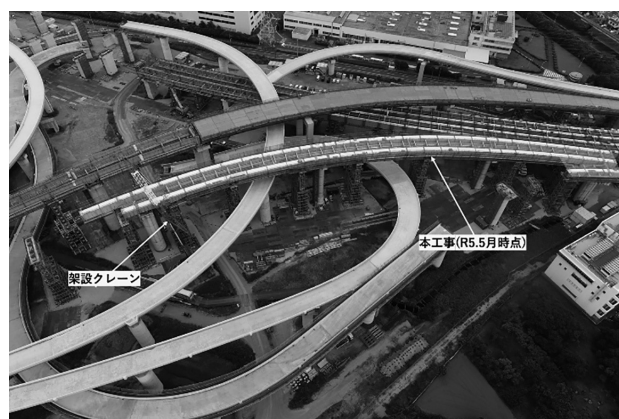


図-1 架設状況 (R5.5月時点)

ジャンクション内で立体交差する橋梁の中で架設を行った(図-1)。

通常、トラッククレーンを使用して架設を行う場合は、クレーンの分組移動日数を控えるために、1箇所からできるだけ多くのブロックを架設できるように検討しなければならない。しかし、前述に記載している通り、架設地点は既設橋梁で張り巡らされている。そのため、クレーンを既設橋梁や架設桁と干渉することから防ぎ、かつ、架設進捗に合わせて確実に施工を進められる位置に据付けることが課題であった。

2-2 アウトリガー梁を要する構造物の架設

本工事の範囲には、 $R=70\text{m}$ と曲率半径の小さい2径間連続の単ボックス橋(以下：Hランプ)がある。Hランプはこの特性から、中間支点及び端支点上の構造は転倒を防ぐためにアウトリガー構造となっている。また、中間支点上のアウトリ

ガー梁は全断面溶接となっており、これが一体となった構造物を1基30tある左右の支承に同時に落とし込む必要があった（図-2）。アウトリガー梁は溶接断面で固定され、支承もその重量及び大きさより架設中の微調整ができないことから、事前にアウトリガー梁の出来形と支承据付位置を詳細に計測できるかが課題であった。

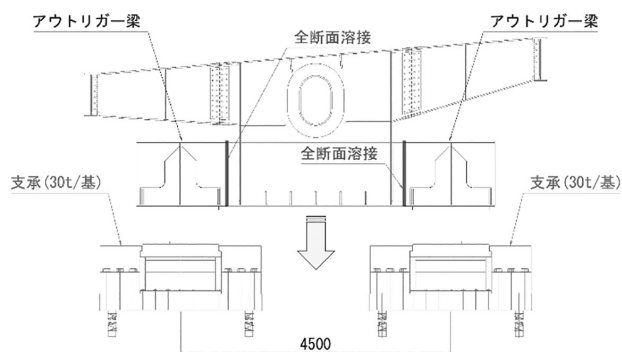


図-2 中間支点上Hランプ概略図

2-3 夜間落とし込み架設

道路交差部の架設は夜間通行止め規制を設置し、2台の架設クレーンを使用して3地組立ブロックと2地組立ブロックの同時落とし込み架設により閉合させるものであった（図-3）。尚、6時間という短い規制時間内で確実に閉合を遂行するために、落とし込み箇所の遊間や仕口角度の挙動を施工時に監視する必要があった。

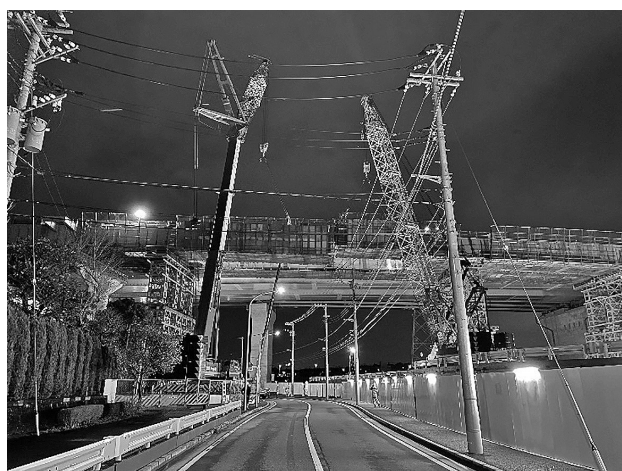


図-3 夜間落とし込み架設状況

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

3-1 デジタルツインの活用【2-1対策】

工事着手前の計画段階で、上部工の3Dモデルと時間軸（工程）を連動させた4Dシミュレーションにより、架設ステップの検討を行った。また、ヤード形状の点群データを3Dスキャナにより取得し、架設進捗に応じて変化する近接構造物、架設クレーン、ベント設備等の位置・形状を前述の4Dシミュレーションに複合した。その結果、計画段階で検討した架設ステップの一部で、架設クレーンと橋梁足場が干渉することが判明した。これは、図面上に記載されている地盤高と実際の地盤高に誤差が生じていたことから発生したものである。従来の起工測量と比較し、3Dスキャナによる測量は短時間でヤード形状を広範囲に計測することができ、取得した点群データを現地の測量基準点と結びつけることで、現実空間と同等の地形データを作ることができる。よって、点群データと4Dシミュレーションを複合することで、計画段階で検討した架設ステップにおける干渉等の不具合による手戻りの発生を施工前に排除でき、工程延伸の防止を図ることが可能となった。更に、現場施工時は、計画したクレーン据付位置をMRデバイスにより現地に可視化し、その整合性を確認しながら施工を進めた。このようなデジタルツインを活用したことにより、精度よく架設クレーンを据付けることができ、不具合なく施工を進めることができた（図-4）。

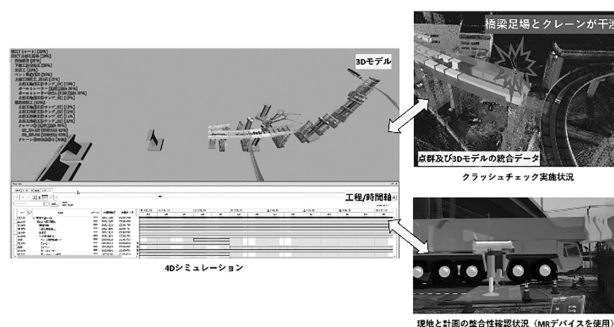


図-4 デジタルツインの実施

3-2 カメラ計測の活用【2-2対策】

Hランプアウトリガー梁の出来形及び支承の据付精度をPIXIXIS2（カメラ三次元計測）にて計測を行った（図-5）。

この測定方法は、測定する対象物に予め設置したターゲット（図-6）とソフト解析により複数の写真データを複合化・三次元化し、対象物の出来形精度を確認するために使用されている。



図-5 カメラ計測実施状況

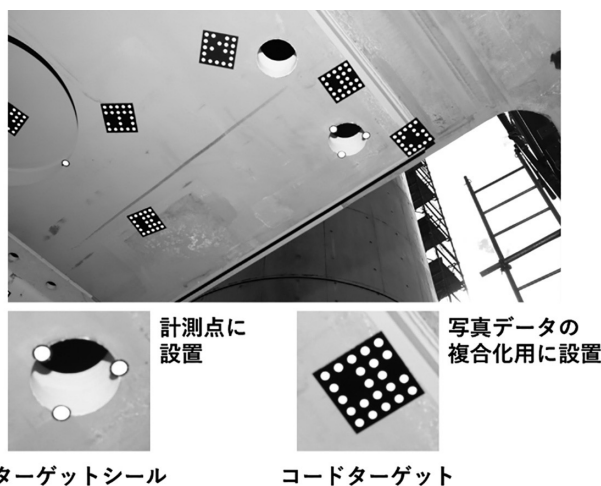


図-6 測量ターゲット設置状況

PIXXIS2により、計算処理された三次元座標値から、Hランプアウトリガー梁及び支承の据付精度を事前に確認することができた（図-7）。

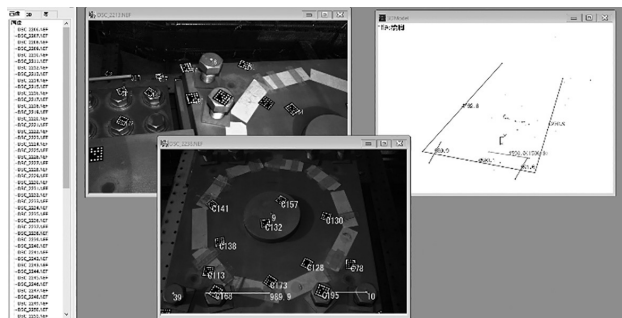


図-7 PIXXIS2により得られた出来形精度

PIXXIS2より得られたHランプアウトリガー梁

の出来形精度に合わせ、架設クレーンにて支承位置を事前に微調整できたことで、中間支点上のHランプの架設をスムーズに行うことができた。

従来の光波測距儀による測量に比べ、PIXXIS2の手法ではターゲットの設置、測量を1人で行うことができ、複雑なデータ処理もPCソフトにより瞬時に行えるため、今後の省力化・省人化が期待できると考える。

3-3 Bridge Monitorによる精度管理【2-3対策】

計画段階で事前に、面内解析により閉合時の主桁の挙動を解析した。閉合時の主桁の仕口は鉛直になるように設計をしているが、実際の架設時に仕口が平行にならなかった場合の調整方法を4ケース検討した（図-8）。

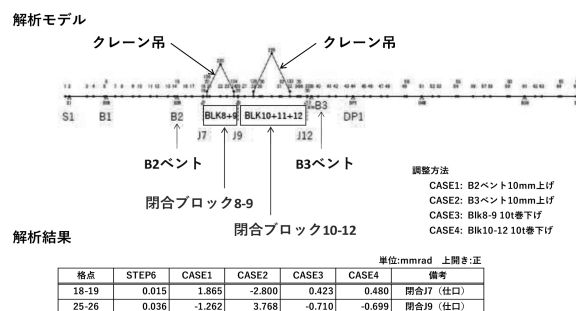


図-8 閉合時の面内解析結果

面内解析結果より、閉合時の仕口調整への応答はCASE2のB3ベントによる高さ調整が良いことが分かった。次に、面内解析結果をもとにBridge Monitorのモニタリング準備に移行する。

閉合箇所の遊間距離は、主桁上にレーザー変位計を設置して管理する（図-9）。

レーザー変位計のキャリブレーションは、光波測距儀により仕口の端部座標を計測し、その時の変位の計測値を補正した。

次に、閉合箇所の仕口角度を管理するために、高精度傾斜計を仕口付近にマグネットで設置する（図-10）。

傾斜計のキャリブレーションは、仕口面にデジタル水平器を当て、仕口面の角度を計測し、そのときの傾斜計の計測値を補正した。

閉合架設時は、ここまで準備してきた変位計

及び傾斜計から得られる計測データをPCに集約し、閉合が完了するまで常時監視することにした(図-11)。

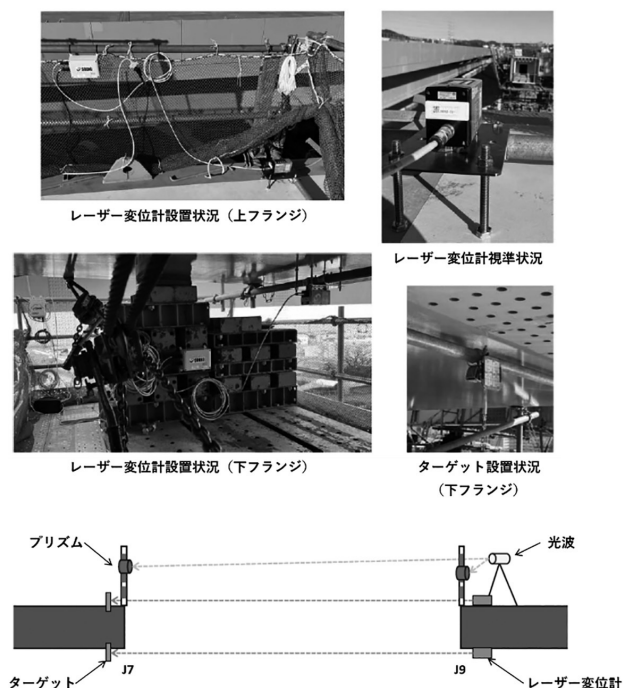


図-9 レーザー変位計設置状況

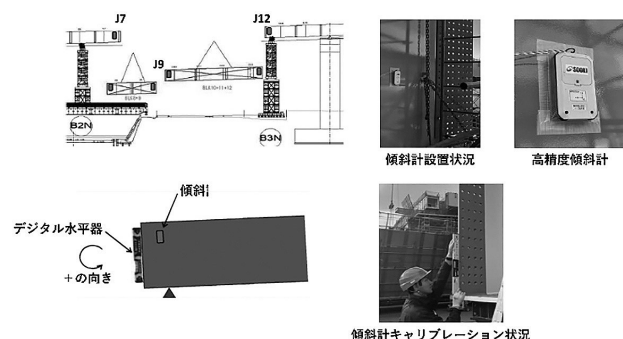
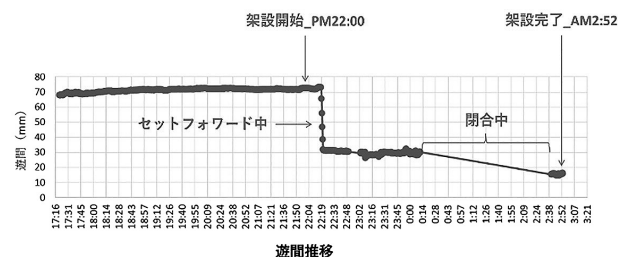


図-10 高精度傾斜計設置状況

Bridge Monitorを本工事で初めて試行したが、図-11に示す通り、閉合時の遊間変位はセットフォワードの動きや、閉合完了後の仕口遊間を精度よく計測できたと考える。また、仕口角度の方も図-11に示す推移の通り、イベント毎で仕口角度が変化していることを精度よく確認することができた。



時刻	センサ1 J7起点側	センサ2 J7終点側	センサ3 J9起点側	センサ1 J9終点側	センサ2 J12起点側	センサ3 J12終点側	イベント
① 22:00	0.005	-2.173	-2.272	-2.488	-2.484	-0.132	規制開始
② 22:17	-0.007	-2.183	-2.282	-0.007	0.054	-0.133	BLK10+11+12地切り完了
③ 22:19	-0.006	-2.183	-2.279	0.565	0.578	-0.132	BLK10+11+12巻上げ
④ 22:26	-0.005	-2.184	-2.285	0.744	0.690	-0.134	S1側40mmセットフォワード
⑤ 22:43	-0.007	-2.185	-2.285	0.735	0.679	-0.132	BLK10+11+12足場完了、巻上げ中
⑥ 22:48	-0.005	-2.184	-2.284	0.694	0.666	-0.134	J12仕口タッチ前
⑦ 23:01	-0.009	-2.186	-2.286	0.665	0.606	-0.115	J12添接作業中
⑧ 23:04	-0.004	-2.184	-2.286	0.344	0.276	-0.069	BLK10+11+12クレーン巻上
⑨ 23:26	-0.005	0.562	0.463	0.337	0.149	-0.133	BLK8+9吊上げ
⑩ 23:40	-0.011	0.656	0.588	0.344	0.138	-0.135	BLK8+9落とし込み前
⑪ 0:03	-0.012	-0.162	-0.287	0.348	0.141	-0.131	BLK8+9チェンプロ調整後
⑫ 0:08	-0.011	-0.296	-0.384	0.352	0.144	-0.128	J7、J9添接作業中
⑬ 0:34	-0.104	0.225	0.118	0.295	0.103	-0.165	B3ジャッキアップ後
⑭ 1:00	-0.108	0.278	0.165	0.282	0.100	-0.163	J7、J9添接作業中
⑮ 2:10	-0.109	0.296	0.176	-0.030	0.102	-0.162	本締中
⑯ 2:41	-0.160	0.284	0.131	-0.033	0.179	-0.091	クレーン巻下げ
⑰ 2:51	-0.162	0.269	0.129	-0.036	0.179	-0.090	玉バラシ完了

※1% = 上下差29mm回転≒10mmrad

仕口角度水位

図-11 閉合時の主桁変位及び仕口角度の推移

今回、仕口角度の変位が大きく影響する工事であったが、Bridge Monitorを導入したことにより、監視者の指示（遠隔からの指示）により、現地配置技術者の計測手間を省くことができ、その上、設計通りの出来形で施工を遂行できたことから、このシステムの効果は高いと考える。

6時間という短い規制時間内での閉合架設であったが、Bridge Monitorを導入したことで、不具合なくスムーズに主桁を閉合することができた。

4. おわりに

今回の工事では従来手法だけに囚われることなく、建設ICTの活用・試行を実施した。結果、今回のようなICTを活用したことで、現地技術者の労働量を減らしつつも、従来と同等以上の出来形・品質を確保し、工事を無事に終えることができたと考える。今後も進化していくICT技術の活用積極的に取り組んでいきたいと考える。

本工事の施工を進めるにあたり、ご指導及びご協力を賜りました関係者の皆様に深甚なる感謝を申し上げます。