

9 施工計画

3次元シミュレーションを活用した 送電線近接の鋼橋一括架設

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

計画担当

西 憲 一 郎[○]

現場代理人

宮 崎 丈 幸

工事担当

竹 内 聖 治

1. はじめに

工事概要

- (1) 工 事 名：R1横環南栄IC・JCT
Eランプ橋上部工事
- (2) 発 注 者：国土交通省 関東地方整備局
- (3) 工事場所：神奈川県横浜市栄区田谷町地先
- (4) 工 期：令和元年11月15日～
令和3年3月23日

圏央道の一部で横浜環状道路の南側区間でもある横浜環状南線は、大部分がトンネル区間であり数少ない地上部にある栄IC・JCT（仮称）は限られた用地内に本線と10本のランプが入り組んでいる。本工事は、その中のEランプ橋鋼上部工を施工するものである。

架設地点は北側に面する市道上に一部張出しており、その先には工場に電力を送る送電線が近接する（図-1）。

本工事は、建設生産プロセス全体でのCIMモデルの活用による課題解決および業務効率化を図ることを目的としたCIM活用工事（発注者指定型）であり、排水管や下部工検査路などの付属物も含めた詳細な3次元モデルを作成し、維持管理に必要な完成図や出来形・品質管理記録、点検ポイント一覧表と点検動線シミュレーション動画などを属性情報として付与して納品した。

工場製作時は、CIMモデルから工作機械を稼働させるための生産情報を取得したほか、3次元で

の付属物を含めた部材同士の干渉や整合確認をおこなった。また、溶接トーチやボルト締付機械が入るかなどの施工性も確認している。

本工事はこれらに加え、新たに架設計画時の3次元モデルの利点に注目し、送電線や周辺構造物などの点群データと合わせてCIMモデルの更なる活用を試みた。

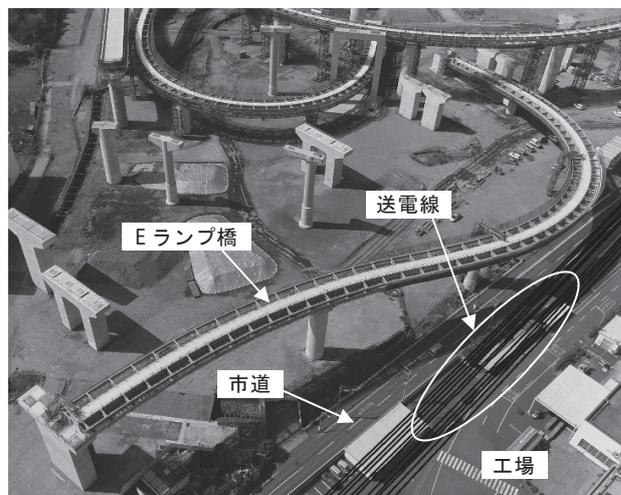


図-1 架設地点の状況

2. 現場における課題

本橋は、路線バスが通行する市道上に一部張出しており、用地使用および作業時間に制約があった。そのため、本工事を施工する上で以下の課題があった。

2-1 3次元モデル作成に関する課題

3次元モデルの内、地形モデルの作成方法として無人航空機（通称ドローン）を用いた測量がこ

の分野で先行している。位置精度も0.1m程度と架設計画をする上で十分ではあるが、工場が隣接し、送電線も近くにあることから安全性にも配慮した測量方法を選定する必要があった。

また、橋梁のモデル作成についても、工場製作時で使用する鋼橋製作情報システムでは、詳細度400（主構造の形状が正確で、付属物、接続構造等の細部構造も含むモデル）で作成されるが、そのまま架設計画で使用するとパソコンの動作が極端に遅くなるため、作業効率を上げるためにデータの軽量化が必要であった。

2-2 一括架設ブロックの形状確認

本橋は、市道を通行止めにして夜間一括架設をおこなう（図-2）。通行止めの開放条件として、一括架設ブロックの両端の高力ボルト継手を全数本締めする必要があった。路線バスの終始発時間と吊足場の作業時間を考慮すると2箇所の主桁連結部の形状合わせを短時間でおこなう必要があり、既に架設済みの橋桁と一括架設ブロックが問題なく取合うことを事前に確認することが求められた。

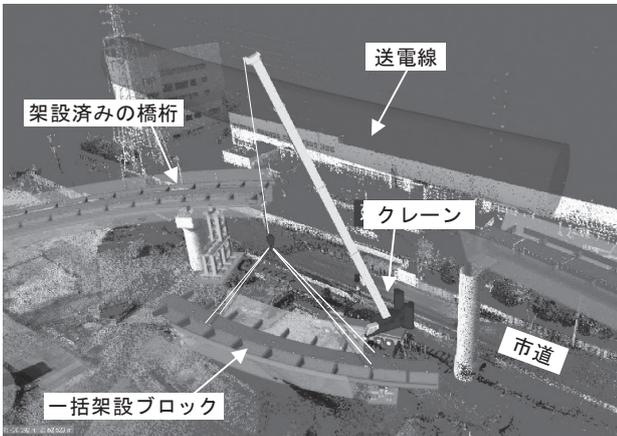


図-2 架設状況（本工事シミュレーション）

2-3 施工に対する各種合意形成

通行止めを伴う作業について地域住民、周辺企業へ説明することで、工事への理解を深め協力を促すこと、また、送電線の近接協議および送電線との離隔を確保する架設手順の作業員への周知のためにも、視覚的により分かりやすい説明が求められた。

3. 工夫・改善点と適用結果

3-1 地上レーザスキャナの利用と3次元モデルによる架設検討

ドローンによる測量は航空法による申請や専門的な知識・技能が必要である。本工事は、送電線が近く、操作に異常があれば墜落の危険性もあるため、より安全な地上レーザスキャナを利用した。操作も簡単で、架設計画のタイミングに合わせて測量することができた。

地上レーザスキャナは、本体から遠くなるほど観測点の間隔が広くなることや、構造物や植生で見えない部分は観測できないなどの特性があるが、空中にある送電線も計測可能である（図-3）。

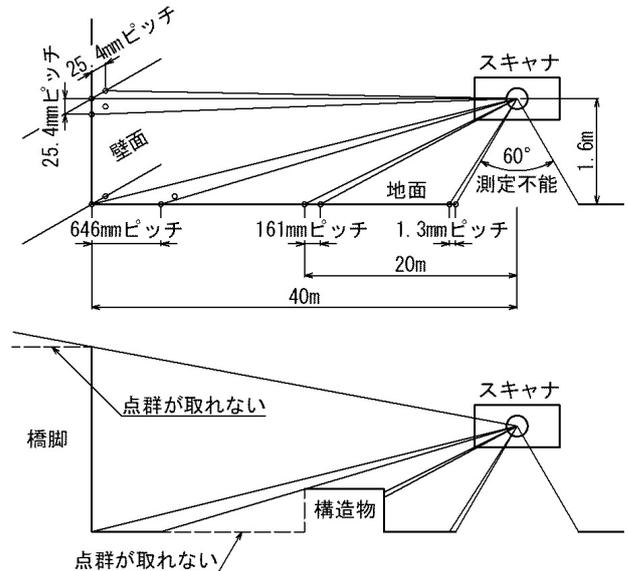


図-3 地上レーザスキャナの特性

本工事は、この特性を考慮した上で用地内の必要な範囲をカバーできる9箇所（約40m間隔）で測定した。移動および機械の据付けなどを含めた計測時間は合計2時間半程度である。

計測したデータは専用のソフトで加工・合成し、点群データとして架設計画で使用する一般的なCADソフト用に変換した。一連の点群データ処理はマニュアル化し、その後の複数工事での習熟により1日程度で処理可能となっている。

架設計画に必要な橋梁のモデルは、詳細度300（主構造の外形形状を正確に表現したモデル）で

あり鋼橋製作情報システムの序盤で途中出力することで適切なモデルが得られた。ただし、一括架設ブロックの重心位置算出や主桁連結部の形状などはシステム終盤のCIMモデルが必要となる。

地形モデルとして作成した点群データと橋梁のモデルを同じ座標系に配置することで、橋桁を仮受けするベントなど仮設構造物や架設用クレーンを実際に据付けたときの地形や支障物との位置関係がCAD画面上で確認できるようになる。

本工事でおこなった架設計画時の3次元モデルの活用は以下のとおりである。

- ・用水路法面部に設置するベント基礎形状や設備高さの検討
- ・用水路および下部工施工時の切り回し用水路に対する架設用クレーンのアウトリガー養生のための碎石置換検討（図-4）
- ・点群計測時に未完成だった橋脚のモデルの追加による施工状況のシミュレーション

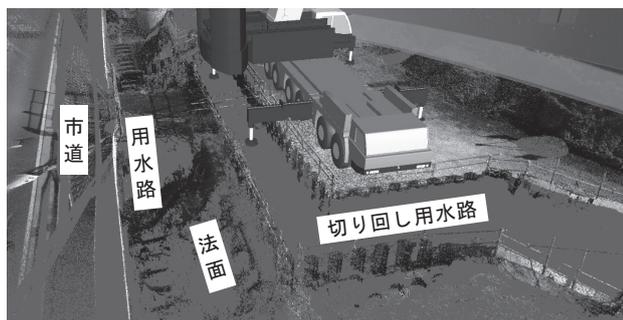


図-4 クレーンのアウトリガー養生

クレーン作業計画は、3次元建機シミュレータと呼ばれる専用ソフトを用いて、送電線との離隔を確保した架設ステップを検討した。このときクレーンと朝顔足場の干渉など図面では気づきにくい事象も視覚的に確認できた（図-5）。

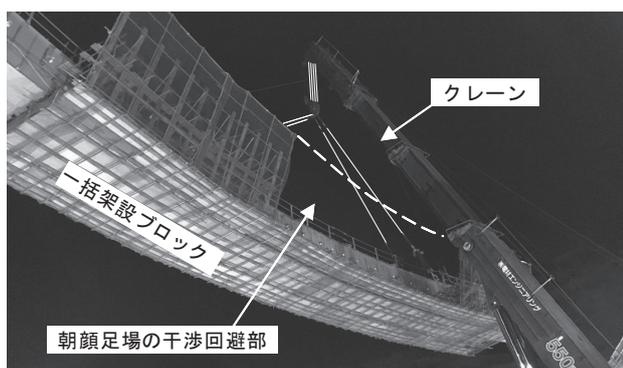


図-5 クレーンと朝顔足場の干渉回避

3-2 一括架設ブロックの実測による主桁連結シミュレーション

架設現場にて一括架設ブロックの地組立が完了した時点で、その形状を実測し、両側の既に架設済みの橋桁の間に落とし込んだ際の主桁の取合い状態をシミュレーションした。

計測はトータルステーションにておこない、箱断面の四隅の3次元座標値として取得した（図-6）。



図-6 計測状況

シミュレーションは、工場製作時のCIMモデルの座標を基準値として、まず架設済みの両側の橋桁の四隅の実測値をプロットし、その間に一括架設ブロックの実測値をプロットしておこなった。

このとき一括架設ブロックの実測値は両端の四隅の任意の3点を選んで座標・角度を決めて配置することができるが、すべての点の基準値との誤差の二乗の合計が最小となる組合せを選択した。

シミュレーションシステム自体は、一括架設ブロックの試験吊り状態での実測値もその場で判断できるようタブレット端末を使用して結果を確認できるように構築した。

実際は、一括架設ブロックが余裕をもって架設済みの橋桁間に入るように、50mm程度架設済みの橋桁間隔を拡げていた。この値を差し引いたシミュレーション結果は、連結部の隙間が設計値±5mm程度であり問題なく架設できることが確認できた。

また、一括架設当夜は予定どおりの作業時間で主桁連結部の形状合わせを終えることができた。なお、架設完了後の橋桁のそりも規格値の50%以内に収まった。

3-3 VRコンテンツによる説明・周知

架設計画時は、送電線との離隔を確保した施工ステップの検討に、使用したソフトのアニメーション機能を利用した。その際、送電線の安全離隔距離を赤くエリア表示し可視化する工夫をしている（図-7）。それでも画面上に表示される映像を見ながら技術者が検討を進めるためには、ソフトに対する習熟を必要とした。

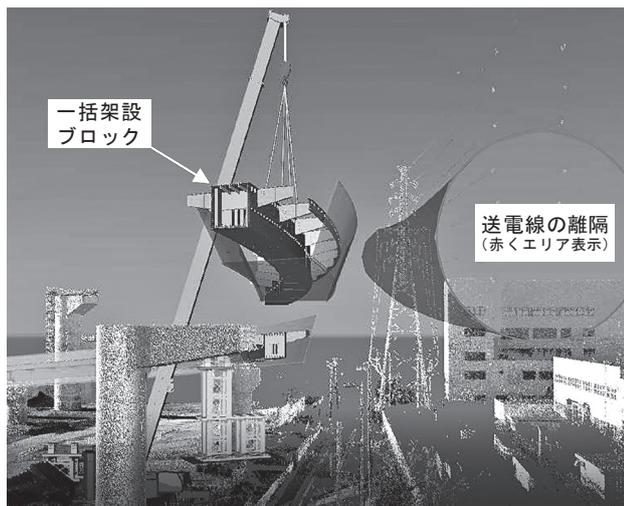


図-7 送電線との離隔確認

本工事は、架設計画時のアニメーションデータから新たに一般の人にも操作可能なVRコンテンツを外部に委託して作成した。クレーン運転席や既に架設済みの橋桁上、実際には不可能なクレーンに吊上げられた架設するブロック上からの視点で立体視が可能なVRゴーグルを用いている。

VRコンテンツは、各種協議や説明会において概ね好評であったが、特に作業員に作業手順を説明する周知会において大きな効果が得られた（図-8）。



図-8 作業員のVR体験

周知会での作業員へのVRコンテンツに関するヒアリング結果を以下に示す。

- ・クレーンオペレータの死角を理解でき、無線図で注意するポイントがイメージできた。
- ・周辺の架空線、送電線や工事用地、市道との位置関係が視覚的に理解でき、どの場所でどの作業をするかのイメージができた。

4. 終わりに

架設計画段階で3次元モデルを使用することで図面（2次元）では見落とす可能性のある架設時の干渉などの事象も視覚的に、あるいはCAD内で計測することで数値的に確認することができた。

法面部のベント基礎形状や、クレーンアウトリガー養生などは往々にして現場稼働後に実際に現地で位置出ししてからの検討となるが、本工事は事前にCAD内で検討することができ、手戻りや待ち時間を防ぐと共に、より安全な基礎形式を選択できた。

地形モデルの作成方法として地上レーザスキャナが有効であり、データの作成手順を確立した。

CIMモデルを基準に落とし込み架設時の主桁の取合い状態を実測値からシミュレーションするシステムを構築し、通行止め時間の遵守と出来形向上に繋がった。

本工事は、クレーン旋回中に架設ブロックが送電線に近接する道路上の鋼橋一括架設において、3次元シミュレーションを活用することで架設計画をより安全で精度の高いものにできることを確認した。また、シミュレーションから生成される3次元アニメーション、更にそれを発展させたVRコンテンツは、各種協議や説明会、作業員への周知会において大きな効果が得られたため、今後も積極的に取り組むべき事項と考えている。

最後に、ご指導頂いた関東地方整備局横浜国道事務所の方々、並びに、ご協力頂いた工事関係者にこの場を借りて厚く御礼申し上げます。