

34 その他

鋼橋架設現場における MR デバイスの試行

日本橋梁建設土木施工管理技士会

高田機工株式会社

現場代理人・監理技術者

半田 和久[○] 壽系 亘平

1. はじめに

工事概要

- (1) 路線名：京奈和自動車道 大和御所道路
- (2) 工事名：大和御所道路曲川高架橋
(P29・P33) 上部工事
- (3) 発注者：国土交通省 近畿地方整備局
奈良国道事務所
- (4) 工事場所：奈良県橿原市新堂町～雲梯町地先
- (5) 工期：令和元年11月～令和4年3月
- (6) 諸元：(形式) 鋼4径間連続合成
少数钣桁橋 (6主钣桁)
(鋼重) 1061.9t (橋長) 190.0m
(幅員) 26.583m～31.388m
(施工内容) 製作、架設、床版
(架設工法) クレーンベント工法

本工事は、京奈和自動車道の和御所道路のうち、橿原北IC～橿原高田IC間に位置する鋼橋、曲川高架橋の製作・架設工事である。



図-1 大和御所道路 曲川高架橋

架設地点は、交通量が多い国道24号線と市道・民地に挟まれた現場条件である。そのため、架設ヤードは桁下スペースのみとなり、架設の進捗に伴い徐々にスペースが失われていくことから、架設終盤には逼迫状態に陥ることが危惧された。よって、円滑な現場管理を推進するためには、架設時の各段階における正確な状況把握と、先を見据えた架設計画の検討が必要であると考え、現場着手前に想定されるトラブル要因の洗い出しを行うこととなった。

その手法の1つとして、最先端技術であるMR (Mixed Reality) デバイスを活用することとした。MRとは、AR (拡張現実) とVR (仮想現実) を併せた最先端の映像技術であり、事前作成した3Dモデルを現地の形状特徴に一致させ投影することで、空間把握や部材干渉、課題抽出などへの適用が期待される技術である。



図-2 MRデバイス使用手順

本報告では、MRを用いて確認・抽出した具体的課題と解決方法を次項で説明し、最後に本技術の適用範囲や用途について考察を述べる。

2. 具体的課題と解決方法

1) 『作業俯角の見える化』

架設に先立ち、近接する国道24号線や、市道利用者への影響を事前に確認するため、以下手順で安全性の確認を行った。

- ①架設ステップ毎の3Dモデル作成
- ②3Dモデルによる俯角影響範囲の決定
- ③俯角影響範囲の現地MR投影による道路利用者への安全確認

国道24号線とはヤード全線において近接作業となるが、特に最終主桁架設時のクレーン誘導軌跡上で、俯角影響ラインを超えることが確認された。これにより、再検討が必要となった。

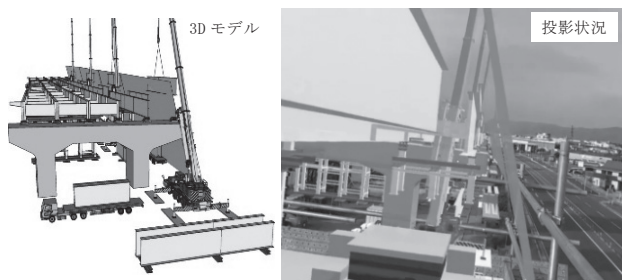


図-3 国道側の俯角侵入状況の確認

市道側については、当初より直近作業を予定していたため、想定される架設作業位置からの俯角影響範囲を投影し、規制範囲を明確化することで、道路利用者への安全性を確認した。

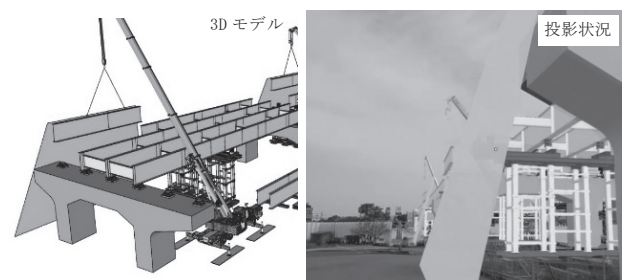


図-4 市道上の俯角影響範囲の確認

2) 『作業スペースの確保』

前述したとおり、本工事は架設進捗に伴い、ヤードが徐々に失われる現場条件であるため、終盤の架設ステップでは極めて狭隘なヤードとなる。さらに最終部材架設時には、クレーンをヤ-

ードの出入り口に配置する必要があるため、搬入車両が出入りできない状態となる。よってクレーン配置前に最終ステップで架設する主桁を事前に搬入する必要があった。

【通常架設作業時】			
架設完了	→重機移動・据付	→部材搬入×1セット	→架設
【最終径間作業時】			
架設完了	→部材搬入×5セット	→重機移動・据付	→架設

図-5 通常作業との作業順序の比較

搬入部材リスト(1径間=約44m)					
主要部材	主桁	: 10基	二次部材	横桁	: 10基
	合成床版	: 24基		検査路	: 5基
仮設部材	足場材	: 1径間分	仮設部材	ベント設備	: 22t

図-6 搬入部材一覧表

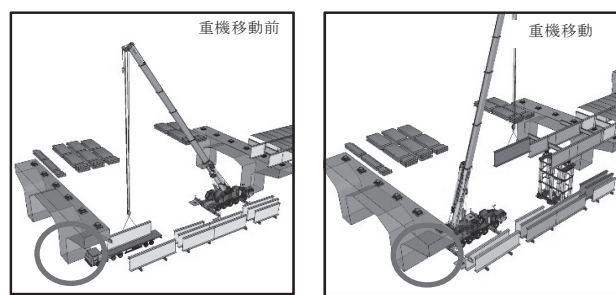


図-7 施工ヤード状況の3Dモデル

上記課題を解決するため、以下の手順により資機材や重機等の配置や地組及び架設作業スペースの検討を行った。

- ①3Dモデルによる配置位置の決定（架設クレーン、ベント設備、桁荷取り、仮置き、桁地組等）
- ②MR投影による実ヤードと3Dモデルの整合性確認

これにより、作業スペースの確保が著しく困難であることが確認されたため、詳細計画の再検討が必要となった。

3) 『桁架設の精度確保と干渉回避』

幅員26mを超える本橋の架設順序は、先行して4主桁（G3～G6）を架設し、その後2主桁（G1～G2）を架設する計画であった。通常であれば、先行する4主桁の架設順序は、ブーム干渉の懸念から、架設クレーンから最も離れたG6桁からG3桁に向かって架設するが、本橋は幅員が徐々に拡

幅する平面線形であり、離れた側のG5、G6桁が折れ桁構造となっていたため、上記手法では精度管理の難易度が高まることが予想された。よって干渉回避と架設精度確保を両立するため、以下手順で詳細架設順序の検討を行った。

- ①干渉想定箇所の整理と平面図による簡易的確認
- ②上記懸念箇所のG6桁架設状況を3Dモデル化
- ③モデルでの干渉懸念箇所を現場でMR投影確認

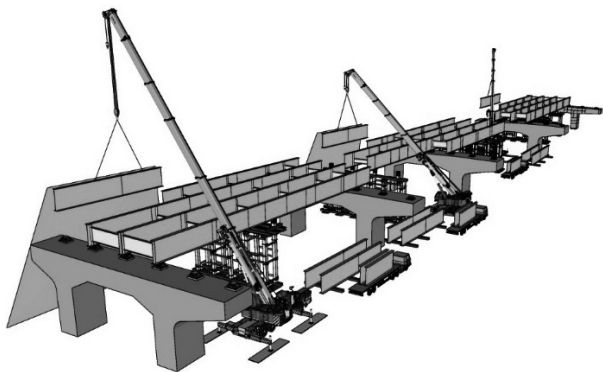


図-8 干渉想定箇所の3Dモデル

3. 工夫・改善点と適用結果（考察）

それぞれの検討内容をMRデバイスにて現地投影し、施工時の工夫や事前対策を実施した。

1) 『作業俯角の見える化』について

国道側の最終架設時は、上空4mからの桁降下時に俯角への侵入が確認された（3Dモデルで確認）。これにより、対策として以下を提案した。

- ①既設桁側（ヤード側）で一次巻下げを実施
- ②横スライド（旋回）して架設位置上空へ移動
- ③上空から巻下げを行い、桁を杓座に収める

しかし施工時の現実的な問題として、既設桁や足場等との干渉が考えられたため、関係者全員で現地投影による具体的な架設状況の確認・意見交換を行うこととした。

市道側の直近作業時の規制範囲（俯角影響部）を、MRを用いて確認を行った。デバイス本体の精度確認を兼ねて、従来の方法で位置を算出した後にMRデバイスで現地投影し、ずれを確認した。（実精度は、10～20mm程度）

また、地元住民に投影動画を活用して工事説明を行った。「見える化」による周辺状況の把握と

危険箇所の理解が一目瞭然であることに定評をいただき、スムーズに協力を仰ぐことができた。

これにより、施工内容の理解度の向上と危険ポイントの視認による第三者への配慮の再認識が生まれたことにより、結果MRの使用が安全施工に繋がったと言える。



図-9 MRを用いた意見交換会実施状況

2) 『作業スペースの確保』について

先行搬入した全部材をヤードに仮置きすることは、不可能であったため、比較的軽量の二次部材等を架設済みの桁上に仮置きし、ヤードには主桁のみを仮置きするものとして、平面計画の検討を行った。これを3Dモデル化し、部材の地組や足場組立等の作業スペースを確認した後に、現地にてMR投影確認を実施した。

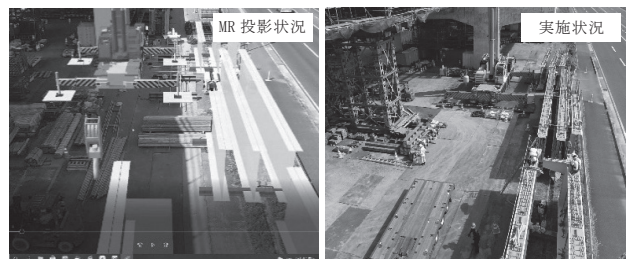


図-10 MR投影状況と実施状況比較

MR投影の結果、一部計画線形と現地線形の異なる箇所が発覚したため、配置位置の微調整を行い、ヤード内に収めることができた。また、本工事では、高所作業を低減するため、主体足場を地上で設置して架設を行っていたが、主体足場が主桁仮置きスペースの上空を塞ぎ、吊上げすることができなくなることが確認されたため、やむを得ず足場の地上設置を行わずに架設し、架設完了後に高所作業車を使用して組立を行うこととし、事前に仮置きスペースの上空を開放しておくことで、架設時の干渉を回避した。

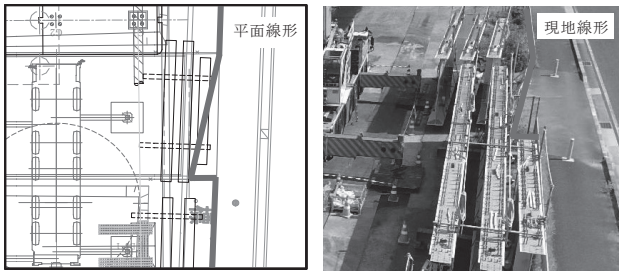


図-10 平面線形と現地線形のずれ

3) 『桁架設の精度確保と干渉回避』について

G3桁とクレーンブームの干渉が予想される箇所の特定のため、架設ステップ毎に平面図を見直し、状況整理を行った。これにより、2および5ブロック目の桁架設時に、干渉警戒が必要であるとわかり、該当箇所の3Dモデル作成を行った。

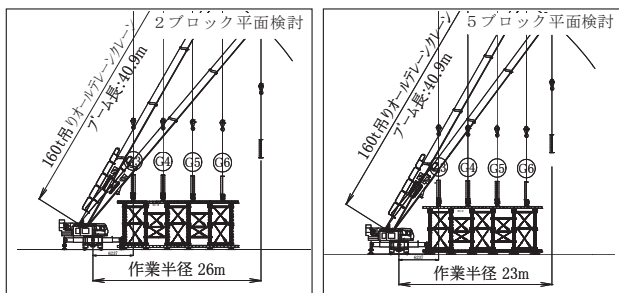


図-11 平面簡易確認

3Dモデルでの確認の結果、主桁との干渉箇所は確認されなかったが、近接する作業であるため、現地投影により詳細状況を確認し、さらなる課題抽出を目指した。

投影の結果、G3桁上の安全通路とブームが干渉する恐れがあることが確認された。これを受けて架設順序を変更し、G4桁を先行で架設したのち、G6に向かって架設を進捗し、干渉が懸念されるG3桁を最後に架設することとした。

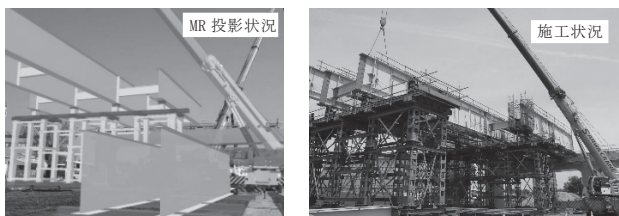


図-12 MR投影状況と施工状況の対比

これにより、比較的拡幅変化量の小さいG4を他主桁の基準として架設を進捗することにより、架設精度と干渉回避の課題を解消した。

4. おわりに

本工事で使用したMRデバイスの現場導入は、今回が初めてであったが、施工に関する理解度の向上や危険ポイントの視認、部材干渉の確認など、現場管理の円滑化を目指す上での合意形成を確保できる有効な手段の一つであった。また、交通規制などを伴う地元への説明や若手技術者の育成、土木業界のアピール（学生向けの見学会）等においても、今後ますます効果が期待できる。



図-13 地元学生の見学会とテレビ放送での紹介

今後の課題としては、投影時の課題抽出はあくまで視認者に委ねられているため、経験の浅い技術者と熟練技術者とは、検討内容の差が顕著に出ることには注意が必要である。また、機械操作の特殊性や投影精度問題（20m以内で $\pm 10 \sim 20$ mm程度）、投影モデルの容量の問題など、現状技術におけるデバイス面での改善点はいくつかあると考える。特に投影精度については、基点との距離が離れるにつれ、精度低下が比例するため、比較的精度を必要としない仮設備や重機の位置出し等であれば適用できるが、本体構造物の出来形確認等への適用は難しいと考える。今後の精度向上により、本体構造物の出来形確認等への適用も期待する。

今回の試行により、近年深刻化している技術者不足により、ICT・インフラDXの促進は必要であるが、従来技術の伝承・習得との両立が不可欠であると、再認識することとなった。

最後に、本試行の実施に当たり、ご指導・ご協力頂いた、近畿地方整備局奈良国道事務所の皆様に深く感謝の意を示します。