

# 35 i-Construction 等

## 鋼橋架設工事における計測の省人化とMRの導入

日本橋梁建設土木施工管理技士会  
川田工業株式会社  
現場代理人  
高 桑 正 直

### 1. はじめに

本工事は、国道6号の牛久駅～荒川沖駅周辺で慢性的に生じている渋滞の緩和と圏央道へのアクセス向上を目的とした牛久土浦バイパスの起点付近の橋梁架設工事である。本稿では、本現場が「4週8休の試行現場」である事を踏まえ、現場職員の働き方改革（残業の低減）を推進すべく架設誤差を把握するために行う計測要員の省人化、および設計担当者や製作担当者の経験不足（作業効率向上を目指した設計プログラムの入力ミス等）を補うために現場施工時に発覚する恐れのある誤作を防ぐ目的で行った、工場製作時にMR（Mixed Reality：複合現実）を用いたチェックによる効果について報告する。

#### 工事概要

- (1) 工 事 名：H30牛久土浦BP根古屋川橋第1橋上部工事

- (2) 発注者：国土交通省関東地方整備局常総国道事務所  
(3) 工事場所：茨城県牛久市遠山町地先  
(4) 工 期：平成31年1月16日～令和2年7月20日  
(5) 橋梁形式：鋼5径間連続少数鉸桁橋

### 2. 現場における問題点

- (1) 平面曲線を有した少数鉸桁橋の架設精度管理  
本橋は、半径900mの平面曲線を有した少数鉸桁橋である。ねじれを伴ってたわみ変形する曲線2主桁の断面形状は、架設に際し主桁間隔や標高差に誤差が生じやすく、組立精度の低下を招く。  
また、南北方向に架かる橋梁であることから、朝夕で日照を受ける面が異なるため温度変形が複雑となり、平面位置に誤差が発生するリスクが高い。以上の問題点を解決するため、計測による設計値との誤差を把握する必要があった。

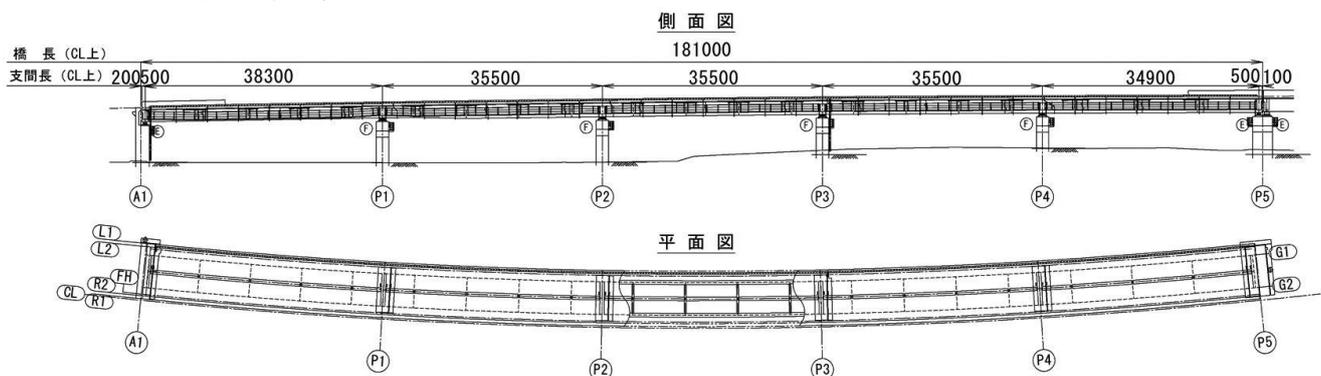


図-1 一般図

## (2) 付属物や足場金具の取付ミス等の防止

鋼橋上部工事において、検査路・排水装置等の付属物や足場等の仮設材は架設時に現場で取付けられるが、これらを固定する金具位置の誤り・設置漏れや計画経路の不備に伴う不具合・手戻りは、工事工程に多大な影響を及ぼす。

金具位置や経路の妥当性を検証する方法として従来は、工場での仮組立時に、作業員が付属物・足場の固定用金具（桁付き金具）を図面と実構造物を照らし合わせながら、1箇所ずつ2人一組で巻き尺により寸法を測定して確認する方法、(図-2) または、一部の付属物を仮組立の桁に実際に取付けて確認する方法が採られる。

本橋では、主桁および横桁に取り付く上部工検査路金具が25箇所、排水装置金具が90箇所、足場吊金具が888箇所の合計1003箇所の金具が設置される。上記のいずれの確認方法でも多大な労力を要することとなり、測定ミスや漏れが発生することが懸念される。

これらの誤作を未然に防ぎ、手戻りなく現場施工をスムーズに進めることが重要である。



図-2 工場での金具取付間隔の測定状況

## 3. 工夫・改善点と適用結果

### (1) 新技術を活用した計測

従来の組立精度の計測方法は、従来であれば、トランシットによる平面位置の計測、レベルによる標高の計測、下げ振りによる桁の鉛直度の確

認、スチールテープによる主桁間隔の確認が挙げられ、計測要員として最低2名は必要であると共に、計測箇所も点在しており計測作業に時間がかかる。また上記に加え、鋼橋における温度変形の影響を考え、部材温度にムラの少ない夜間の計測を実施する必要があるが、照明等の準備手間、安全性の確保を考慮すると無人で計測できるほうが良い。

生産性向上を求められている社会的な背景も鑑み、効率化、省人化を図るため、新技術を活用した計測を行った。

#### ・橋梁桁変位自動計測システムの活用

桁の平面位置を計測するため、「橋梁桁変位自動計測システム」を用いた。橋梁桁変位自動計測システムは、トータルステーション、プリズム、計測用パソコン、無線LAN、TS制御ユニットにより構成されており、任意の時間に自動で計測し、設計値と実測値との差分を自動で計算表示するシステムである。(図-3) トータルステーションの据付及び不動点の設定を行えば、計測したい位置にプリズムをセットするだけでトータルステーションが自動追尾し、無人で計測することが可能である。(図-4)

橋梁桁変位自動計測システムを用いたことによって、従来2名で計測するところを無人で計測できることが実証され、省人化を図ることができた。また、危険が伴う夜間作業を行うことなく計測結果を得ることができた。その他クラウド上で結果を見ることができ、現場に赴くことなくリアルタイムで結果を確認することができ、且つ職員間での情報共有もスムーズに行うことが可能となった。

#### ・デジタルカメラ三次元計測システムの活用

桁の断面形状を把握するため、「デジタルカメラ三次元計測システム」を用いた計測を行った。

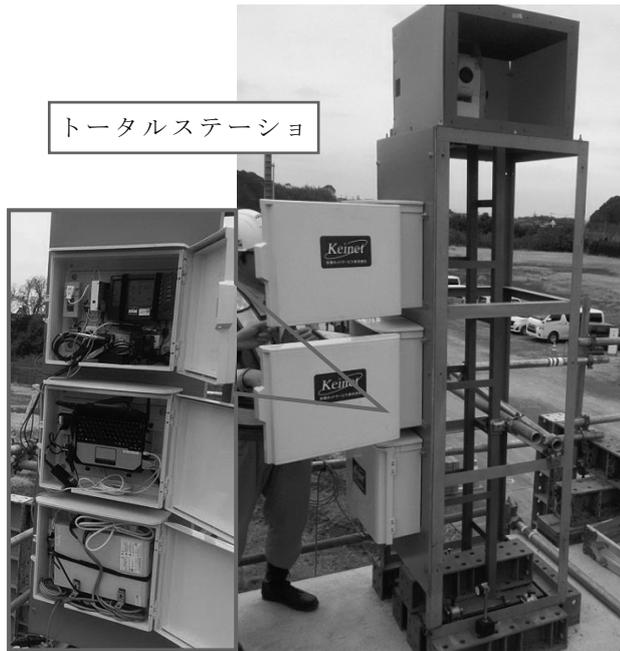


図-3 橋梁桁変位自動計測システム



図-4 計測状況

計測手順としては、シールターゲットを計測したい箇所に設置し、コードターゲット及び基準バーを任意の場所に設置する。(図-5) ターゲット類の設置が完了した後、デジタルカメラにて複数の角度から撮影を行い、パソコン上に画像を取り込み、三次元座標値の計算処理を行う。コードターゲットは写真同士を繋ぎ合わせる役割を持ち、複数の写真から同一のコードターゲットを見つけ、立体形状を再現する。基準バーは、写真上の長さを認識するために設置する。

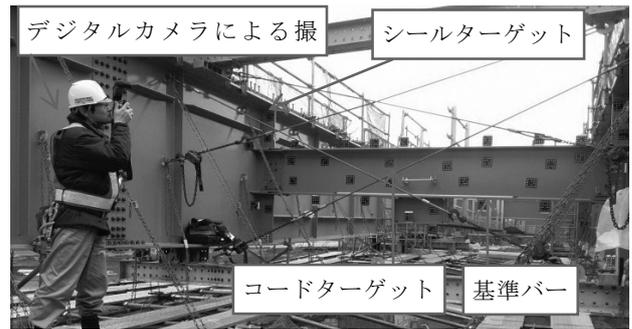


図-5 計測状況

従来断面形状を把握するためには、スチールテープでの主桁間隔の計測、および下げ振りによる鉛直度の計測、両方の結果を合わせて確認する必要があり、計測項目が2つある状況であった。しかし、デジタルカメラ三次元計測システムを用いることで、計測により算出した三次元座標値と設計座標とを比較することで架設誤差がどの程度あるか一目で把握することができるため、計測項目としては1つで済むことになる。現場での実作業はターゲット等の設置及び写真撮影のみとなり、簡易に計測が可能となった。計測要員の点からみると、従来は2名必要になる作業であるが、写真撮影等1名で対応可能な作業となるため省人化を図ることができた。

#### (2) MRを活用した事前チェック

今回、工場製作時において、MR (Mixed Reality: 複合現実) 技術(図-6)を活用し、本橋の上部工検査路、排水装置及び足場に関わる桁付き金具の設置位置及びそれら付属物の経路の妥当性を、正確かつ効率的に検証した。

MRは現実の映像と実寸大のCIMモデルを重ねて可視化できる技術であり、MRを実現するデバイスとして、マイクロソフト社製のホロレンズを使用する。ホロレンズは本機のディスプレイが透明であるため、ディスプレイ越しに周囲の現実の風景が見える。このディスプレイに、設計・原寸作業時に作成した3次元CIMモデルを実物大で映し出し、ホロレンズ越しに見える現実の仮組立の桁と重ね合わせて可視化することができる。

CIMモデルを重ね合わせた時の見え方を図-7に示す。実物の鋼桁に対し、MR装着者には、設計上の金具類の配置が重なって見える。部材は用途毎に色分けし、図面を携行しなくても一目で種類が判るようにしたほか、仮組立時には取り付かない配管も表示させ、完成時の配管経路がイメージできるようになっている。

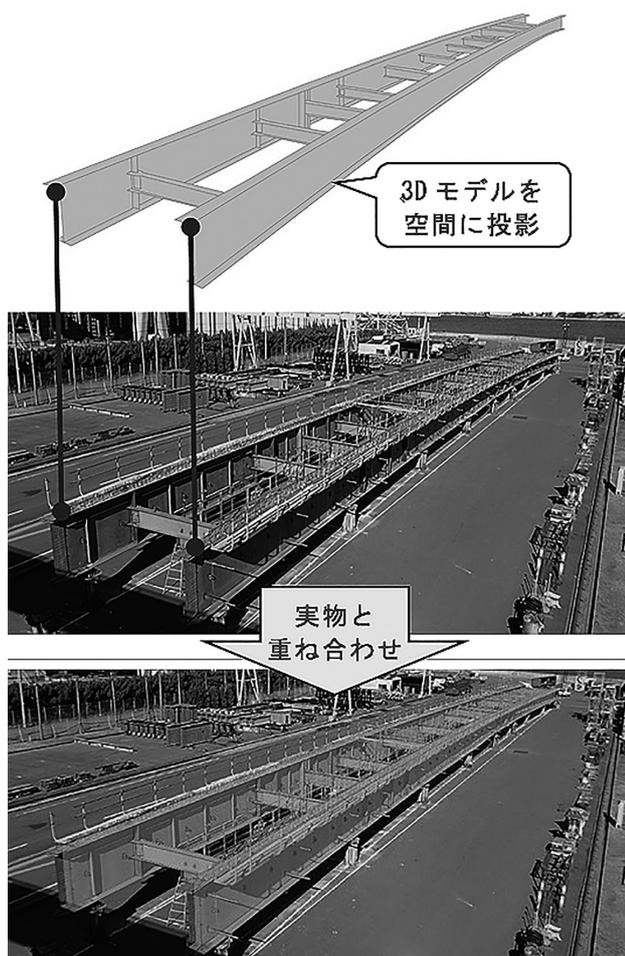


図-6 MR技術の活用イメージ

今回の検証結果では、主桁・横桁に取り付く上部工検査路、排水装置及び足場吊金具を対象に、MRを用いて、(a) 金具の設置数の確認、(b) 金具の設置ミス の判定、(c) 検査路・排水装置の位置ずれの3項目を確認した結果、いずれの管理項目も問題ないことが確認でき、現場施工においても手戻りなく作業を進めることができた。



(a) 実物の鋼桁



(b) 装着者からの見え方

図-7 完成時の排水管を投影した例

#### 4. おわりに

本稿では新技術を用いた省人化により、2024年4月から、建設業で実施される労働時間の上限規制に対し、部分的ではあるが有効である事が確認できた。また、MRを活用した付属物のチェックにより、桁製作における設計・製作段階での技術の伝承が行き届かない部分を目で見える形で確認できるツールを活用し、誤作を防止し、スムーズに施工することができた。今後も「新技術の活用」を積極的に取り入れ、次世代施工に向け推進する。

最後に、国土交通省関東地方整備局常総国道事務所及び牛久監督官詰所の発注者の皆様、および工事関係者の皆様のご協力のおかげで、無事故無災害で竣工を迎えることができましたことをこの場をお借りして厚くお礼申し上げます。