

汎用資機材を組み合わせた形状調整システムによる現場施工の効率化と省人化

酒 井 匡・富 田 隆 史

東北地方整備局 能代河川国道事務所では、北東北の大動脈となる高規格幹線道路「日本海沿岸東北自動車道」の整備事業の一環として、能代地区線形改良事業を進めている。

この事業は、急勾配・急カーブによる事故発生区間の道路線形を改良し、日本海沿岸東北自動車道と一体となって交通の安全性向上と円滑化を図るものである¹⁾。

本稿では、この事業の一環である国道7号 切石高架橋上部工工事において、現地での鋼橋組立（地組）作業で実施した、汎用資機材を組み合わせた形状調整システムの構築・運用による現場施工の効率化と省人化の取り組み事例について報告する。

キーワード：DX, i-Construction, CIM

1. はじめに

（仮称）切石高架橋は、秋田県能代市に位置し、県道西目屋二ツ井線とJR奥羽本線を跨ぐ橋長192mの鋼5径間連続合成鈑桁橋であり、受注者が担当した上部工工事の施工範囲は、上部工の製作・架設工事である。

5主鈑桁構造である同高架橋の架設は、現地条件などから1主桁毎に2から3ブロックの主桁部材を地上ヤードで橋梁延長方向に連結（以降、地組）し、地組した主桁をクレーンで所定位置に架設する、地組併用トラッククレーンベント工法で行った。

本工法での架設完了後の出来形精度を確保するためには、地組出来形の精度確認と調整を繰り返しながら工場製作段階における仮組立出来形値を地組段階で再現する必要がある、この作業には一般に多くの労力と時間が必要となる。

そこで、受注者が保有するレーザー三次元計測システム簡測くん（NETIS：KT-140030-VR）（以降、本システム）と、集中制御により地組（主桁の組立）形状を調整できる地組形状調整システムを連携させた独自システムを構築して本工事の地組に運用することで、地組形状の調整量の自動算出から調整作業までをシームレス化し、作業の効率化を図るとともに地組に係る作業人員の大幅な削減を図った。

表—1 工事概要と工事内容及び工事数量

工事名	国道7号 切石高架橋上部工工事	
発注者	東北地方整備局（能代河川国道事務所）	
受注者	日本ファブテック(株)	
工 期	2021年10月13日～2023年2月14日	
工事場所	秋田県能代市	
工事内容 及 び 工事数量	工場製作工	: 500 t
	工場塗装工	: 9,200 m ²
	工場製品輸送工	: 500 t
	鋼橋架設工	: 350 t
	現場塗装工	: 500 m ²
	床版工（I形鋼格子床版）	: 700 m ² , 他

2. 工事概要

本工事の工事概要と工事内容及び工事数量を表—1に示す。

本稿では、工場製作段階と現地施工段階での地組に係る内容について記す。

3. 工場製作段階での取り組み

現地での地組に際しては、高精度かつ効率的に工場製作段階の仮組立出来形値を再現することが求められる。

そのために必要となる、工場製作段階における橋梁全体の仮組立シミュレーションから得られる仮組立出来形値を、以下の手順により設定した。

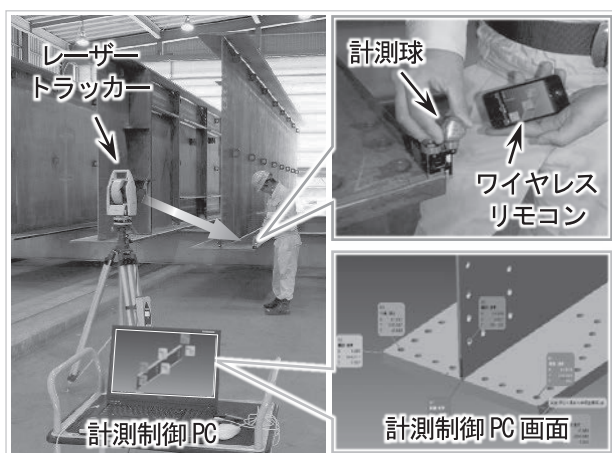
(1) 計測モデルの作成

工場で製作された部材は、部材毎に受注者の保有技術である本システムによる3次元部材計測を行い、その3次元部材計測から得られた出来形実測データを基にして計測モデルを生成した。

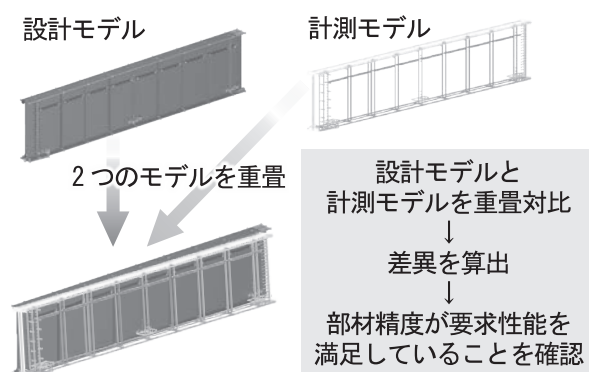
本システムは、レーザートラッカー（計測機本体から出ているレーザービームを計測球（リフレクター）に当てることで計測球の中心座標を精密に算出可能な3次元測定機）を利用した鋼構造物の出来形計測システムである。

また、一般的なトータルステーションなどで必要となる計測ターゲットの設置・撤去が不要で、計測球を測りたい任意の点に接触（設置）させるだけで3次元計測が行えるうに、計測した点と設計モデルとのダイレクトな比較により、その場で出来形の良否判定が可能となる（図—1）。

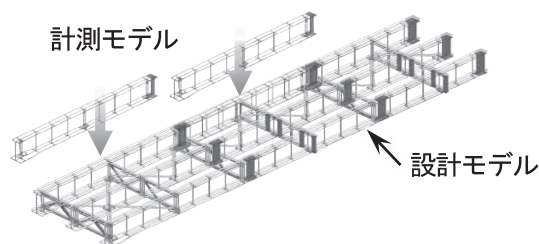
製作部材毎の計測時は、この本システムを用いて計測モデルを生成し、計測モデルと設計モデルをコンピューター（以降、PC）上で重畳対比し、それらモデルの差異を求めることで、製作部材毎の出来形精度（部材精度）が要求性能を満足していることを確認した（図—2）。



図—1 本システムの概要



図—2 設計モデルと計測モデルの重畳対比の概念



設計モデルに対して、計測モデルを誤差最小となるように配置して全体形状を調整
↓
仮組立出来形値を設定

図—3 橋梁全体の仮組立シミュレーションの概念

(2) 仮組立シミュレーションによる仮組立出来形値の設定

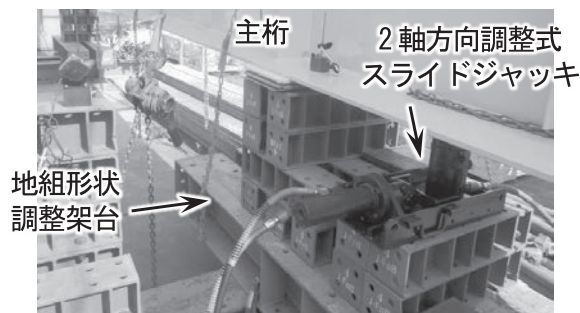
設計モデルで作成された橋梁全体のモデルに対して、部材毎の計測モデルを設計値との誤差が最小となるようにPC上で配置することで、橋梁全体の仮組立シミュレーションを行い、その結果を基に仮組立出来形値を設定した（図—3）。

4. 現地施工段階での取り組み

(1) 地組形状調整システムの概要

本工事に用いた地組形状調整システムは、受注者保有のリブ付きH形鋼（高さ：300 mm／部材）を井桁状に2段積み上げ、その上部にサンドル材（高さ：100 mm～150 mm／部材）をさらに2段から4段積み上げた地組形状調整架台と、同架台の頂部に地組桁の据付高さや平面位置を調整できる2軸方向調整式スライドジャッキ（能力：1000 kN）（以降、調整ジャッキ）を配置した構造として、主桁毎の各支持点に配置した（図—4）。

また、主桁の高さと平面位置を調整する際の調整ジャッキの動作は、ポンプユニットを介した1つの制御装置で全ての調整ジャッキの動作ができるよう集中制御方式を採用した。



図—4 地組形状調整架台

現地作業では、地組ヤードとして使用可能な範囲や地盤勾配などの現地条件がPC上の仮組立シミュレーションとは異なることや、地組箇所移動ごとに繰り返される設備の横持ち運搬や組立解体の有無といった現地特有の要素のために作業効率が大きく変動する。

本工事と同様の条件や要素を有していたため、地組形状調整システムは、前述のように必要最小限の汎用資材を組み合わせた構造とするとともに、トラック等で運搬可能なコンパクトサイズのユニットとして構築した。

これにより地組箇所の移動ごとに生じる組立解体を最小限に抑えることで、地組形状調整システムの構築に係る作業の効率化を図った。

(2) 地組桁の形状計測と形状調整

現地での地組桁の形状計測と形状調整は、以下の手順で実施した（図－5）。

製作工場から輸送された鋼桁は、現地の施工ヤード上で組み立てられた地組形状調整架台の上で、橋梁方向に2～3部材を1ブロックの地組桁として連結していった。

この際、地組に用いたクレーンには架設用クレーンを兼用し、最大400t吊オールテレーンクレーンを用いた。次に、地組桁の組立形状を確認するため、計測点（地組桁の格点位置とその両端部）の3次元座標値を本システムのレーザートラッカーで計測し、そこで得られた計測値（以降、地組実測値）と地組計画値（＝仮組立シミュレーションの仮組立出来形値）とを比較して組立形状の調整量を自動算出した（図－6）。

この計測では、計測点への計測ターゲットの設置を

不要とする本システムの計測球（リフレクター）の自動追尾機能を活用することで、計測に係る人員の削減を実現している。

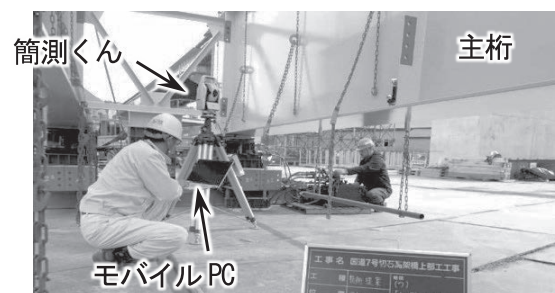
計測から求まる各計測点の調整量は、現場技術者の手元のモバイルPCの画面上に設計モデルと計測モデルとの差分として表示され、地組形状の調整は、地組形状調整システムに備わる調整ジャッキとの連携操作によって行った（図－7）。

すなわち、この調整作業には前述した集中制御方式を採用したことで、各支持点での調整作業に必要な作業従事者が不要となり、調整作業に係る作業人員の大幅な削減が実現した（図－8）。

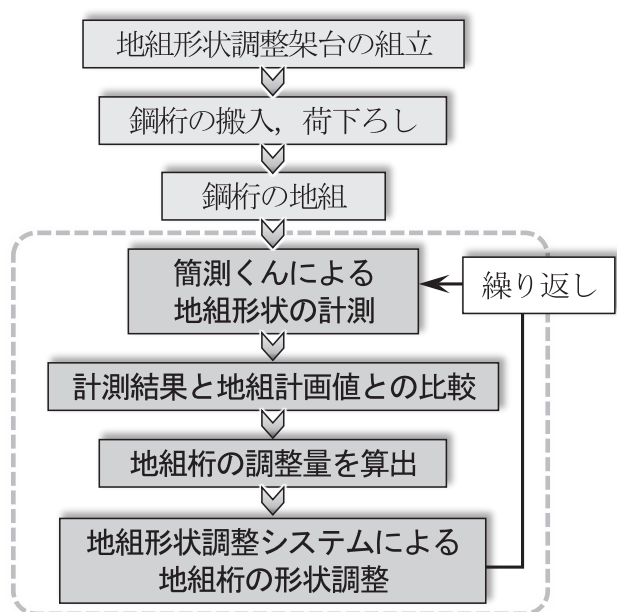
5. 本工事における取り組みの成果と今後の展望

(1) 省人化に対する有効性

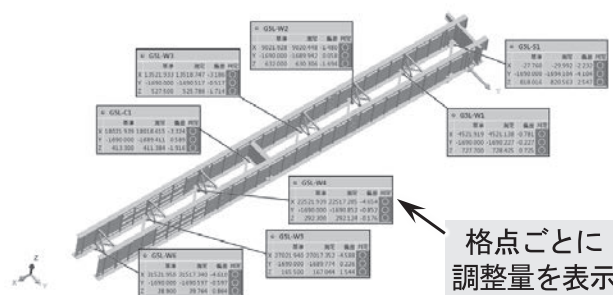
4.(2)で示したように、本工事では地組作業のうち



図－6 本システムによる地組形状の計測状況



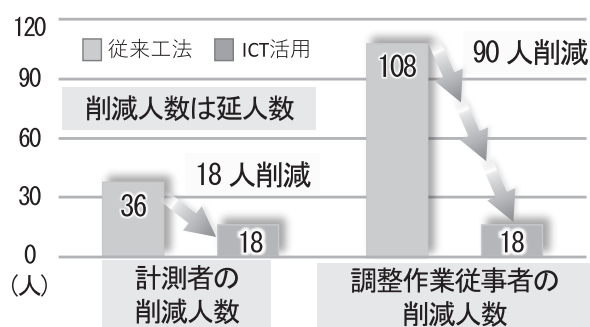
図－5 形状計測と形状調整の施工手順
(内が形状計測と形状調整に係る作業)



図－7 モバイルPCの画面表示例



図－8 地組形状の調整状況



図—9 地組形状調整システムによる省人化の効果

地組桁の形状計測と形状調整において、大幅な省人化が図られた。

具体的には、地組作業に際して、従来技術と比較して1日あたりでは、計測者の50% (2人⇒1人)と調整作業従事者の83% (6人⇒1人)をそれぞれ削減し、合わせて75% (8人⇒2人)削減した。

地組作業の全期間では、延べで18人の計測者と90人の調整作業従事者を削減し、合わせて108人の削減を達成しており、大幅な省人化を実現できた(図—9)。

(2) 地組の精度向上に対する有効性

ヒューマンエラーを排除した地組桁の調整量の自動算出から、集中制御による地組形状の調整作業までのシームレス化による迅速かつ効率的な調整作業の実現により、工場仮組立と同等な組立精度を現場で再現できており、地組の出来形精度は仮組立出来形の規格値を準用した管理値に対して概ね80%以内に収められている。

そして、この地組の高い出来形精度の実施によって、架設完了後の出来形精度も規格値に対して50%以内に収まっており、橋梁全体の出来形精度の大幅な向上に大きく寄与した。

なお、本工事完了後の状況を写真—1に示す。



写真—1 本工事完了後の(仮称)切石高架橋

(3) 今後の展望

本工事で取り組んだ地組形状調整システムは、市場で入手可能な計測機器と汎用資材を組み合わせ、それらを独自の工夫で連携させることで構築し、運用することができ、大幅な省人化を実現できるシステムであることを確認できた。

また、出来形帳票の自動作成も併せて採用することで、帳票作成に係る効率化と省人化も実現できる技術である。

さらに、地上での組立(地組)作業のみならず上空での架設作業における所定位置への据付時にも応用が可能であることから、従来技術に対して高い優位性と先進性を有しており、今後の波及が大いに期待できる技術である。

謝 辞

本稿で紹介した取り組みの実施にあたり、ご指導・ご協力いただいた国土交通省東北地方整備局の皆様、ご協力いただいた(株)佐藤組およびオックスジャッキ(株)の皆様をはじめ全ての関係者の皆様に心より感謝の意を表します。

J C M A

《参考文献》

- 1) 国土交通省 東北地方整備局 能代河川国道事務所：事業概要 2023

【筆者紹介】

酒井 匡 (さかい まさし)
日本ファブテック(株)
橋梁事業本部 工事統括
橋梁工事部
副部長



富田 隆史 (とみた たかし)
日本ファブテック(株)
橋梁事業本部 営業統括
技術推進部
部長

