

39 i-Construction 等

鋼橋上部工事におけるCIM・ICT活用による業務の効率化

日本橋梁建設土木施工管理技士会

日本橋梁株式会社

監理技術者

末川 勝[○]

主任技術者

上原 正太郎

社内 ICT 担当

河村 健一

1. はじめに

本工事は、前橋安中富岡線西毛広域幹線道路整備の一環で、一級河川榛名白川に架かる鋼橋上部工の製作架設および、床版を施工する工事である。(仮称)榛名白川橋梁は前橋市、高崎市、安中市及び富岡市を結ぶ延長27.8kmの主要幹線道路の一部であり、周囲の渋滞緩和や物流の効率化、生活圏の拡大などの西毛地域の産業、経済、観光の発展を担うライフラインとなる。(図-1)



図-1 榛名白川橋梁全景

<工事概要>

- (1) 工事名：補助公共 社会資本総合整備（活力・重点）（仮称）榛名白川橋梁上部工製作架設工事 分割80号
- (2) 発注者：群馬県 高崎土木事務所
- (3) 工事場所：群馬県高崎市箕郷町下芝外地内
- (4) 工期：自）平成31年 3月26日
至）令和2年 9月30日

本稿では、非出水期間内施工を確実に遵守する

ための施策としてCIMやICTを活用した実績とその考察について述べる。

2. 現場における問題点

本工事は、架設作業エリアの殆どが河川区域内であり、非出水期間内の施工が必須条件となる。そこで、鋼桁架設方法の変更による架設回数の削減、ベント設備の省略及び、地組ブロックへの足場先行設置等の工夫により工程の効率化を図ることで、施工計画策定時は1ヶ月の余裕をもって河川内ヤード撤去までの河川内作業を完了する予定であった。ところが、高力ボルトが入手困難な状態となり、現場納入時期が当初の令和元年12月初旬から翌年4月中旬に遅延したことに伴い、地組工以降の河川内作業をわずか2ヶ月で施工しなければならない事態となった。(表-1) このため、さらなる施工の工夫と効率化が求められるとともに、付属物を含めた工場製作物の現地状況との整合性や、現場施工計画の妥当性を正確に検証し、不具合発生を未然に防止して工程遅延要因を徹底的に排除することが必要となった。

表-1 河川内工程の比較

11	12	1	2	3	4	5
ヤード造成	ベント設備組立			ヤード造成	ヤード撤去	ヤード撤去
	高力ボルト搬入				高力ボルト搬入	
	地組工				地組工	
	鋼桁架設工				鋼桁架設工	
		現場継手工			現場継手工	
		現場塗装工			現場塗装工	
			合成床版パネル架設		合成床版パネル架設	

そこで、本工事ではICTを活用して高精度な事前検証を実施することによる工程遅延リスクの排除を試みた。主な具体策は以下の4点である。

- ・3Dスキャナー測量による正確な土量把握
- ・3次元架設計画シミュレーション
- ・CIMによる主構造や付属物の干渉確認
- ・リモート検査の導入

3. 工夫・改善点と適用結果

3-1 3Dスキャナー測量による正確な土量把握

河川内ヤードは、ベント設備の省略や架設クレーンの大型化等、工程短縮のための架設計画変更により造成範囲が当初計画から拡大したため、現状地形を精度よく測量して施工量を求め、より正確な計画工程が必要となった。そこで、3Dスキャナーで現状地形の点群データを取得し、ヤード完成形状の3D-CADデータと合成して正確な土量を算出した。測量範囲が比較的限定された範囲（約2,800m²）であることと、見通しの良い開けた地形であることから、3Dスキャナーは地上設置型を選定した。点群データの処理と土量計算には福井コンピュータ株の3D点群処理システム「TREND-POINT」を用いた。（図-2）

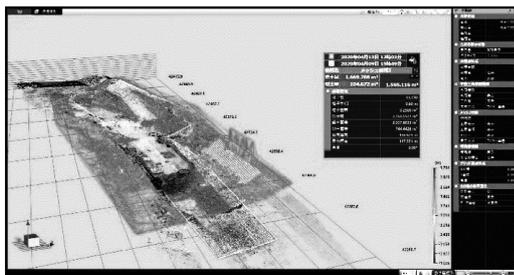


図-2 土量算出画面

造成工程はクリティカルとならないが、復旧工程は河川内作業期間の最終工種であり、ここでの遅延は致命的となる。そこで、正確な土量を把握することで搬出計画を重点的に見直すこととした。その結果、当初計画では隣接2現場への搬出であったが、約700m³増加した土量により4現場に分ける必要が生じた。また、当現場の搬出工程と必ずしも連動しないそれぞれの受け入れ現場の進捗状況に対応するため、河川区域外に別途仮置

き場所を確保し、搬出工程の遅延リスクを解消した。

上部工施工業者は、概ね土工事の実験不足で所要工程を正確にイメージする能力が乏しく、土量計算結果の妥当性判断についても不得手である。本工事において、前述した搬出作業を遅滞なく施工するための綿密な段取りが可能となったのは、迅速かつ正確な施工土量の事前把握にICTを活用したことが大きく寄与したものと考えられる。

3-2 3次元架設計画シミュレーション

発注時の計画では、両岸側から2台のトラッククレーンで架設する方法であったが、A2橋台背面の工事進捗が不明確であったため、全てA1橋台側に構築する河川内ヤードから架設する方法に変更した。また、さらなる工程短縮に対応するため、鋼桁架設と合成床版パネル架設を同位置から同じクレーンで施工することで、クレーンの分解組立や移動に要する日数を削減した。これにより、架設クレーンが大型化するとともに地組ブロックが長尺化し、限られたヤード範囲で安全かつ効率的な架設を行うためには、新たに策定した架設計画の現実性を詳細に検討する必要が生じた。通常は、2次元の架設計画面上で架設クレーンや地組ブロック、搬入車両や資機材等の配置を検証するが、今回は計画の精度を高めるため、3次元シミュレーションを採用した。先のヤード造成検討や土量計算で使用した3次元データを活用し、架設クレーンや地組ブロック等の3次元データを重ね合わせて干渉等の不具合がないか、様々な角度から細かく検証した。その結果、2次元の計画では困難なクレーン旋回時における長尺地組ブロックの介錯方法（風に煽られやすい吊り荷のクレーンブーム等への接触防止）や、地組ブロックに先行設置する足場形状見直しを事前に行い、実施工をスムーズに進捗させた。3次元での検証は、立体的で視覚的に確認しやすいため、問題点の見落としが生じにくい効果に加えて、経験の浅い若年技術者が施工計画の全容を理解しやすいという利点がある。今回は細かく分割したそれぞれ

のシーン（静止画）での検証に留まったが、今後はアニメーションによるシームレスな検証や、時間軸を加えてVR（仮想現実）によるタイムスケジュール確認や危険予知活動等への応用が望まれる。（図-3）



図-3 3次元架設計画シミュレーション

3-3 CIMによる主構造や付属物の干渉確認

河川区域内の作業においては、上下部工検査路等の付属物についても必然的に作業期間の制約対象となることから、既設構造物や主橋体との干渉等による不具合や再製作に起因する工程遅延を回避しなければならない。ところが付属物は、取り回しが複雑な場合や種別毎の設計図面が照合されていなかった場合に干渉等の問題が見逃されやすく、主橋体に比べて不具合発生事例が多い傾向にある。よって本工事では、設計照査時に作成済の主橋体と現地地形の3Dデータに付属物の3Dデータを加えることで、3次元での干渉確認を実施した。CIMの作成にあたっては、オフィスケイワン株の「Click3D」を使用した。

確認の結果、主橋体のトラブルは発見されなかったが、P1橋脚において下部工検査路手摺と上部工排水管流末部の干渉が確認された。（図-4）

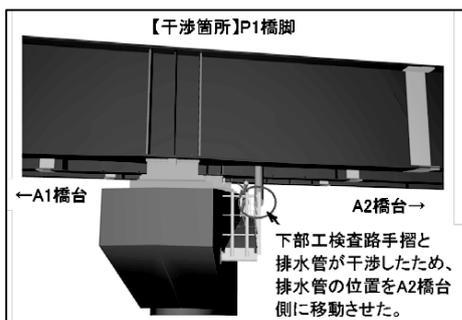


図-4 下部工検査路と上部工排水管の干渉

通常は、工場での仮組立時において下部工検査路と上部構造物の干渉確認ができず、排水管材料については現場手配することがあるため、これらの干渉不具合発見が現場施工時となることが多い。その場合は、部材の再製作や鋼桁側のコネクションプレート修正等が工程遅延に結びつく可能性が高い。また、上部に合成床版がある状態での是正作業となれば、その工程ロスはさらに増大する。今回は、3Dモデルによる不具合の早期発見と是正がCIMを活用することで実施できた。CIMの有益性が実証された一例と言える。

3-4 リモート検査の導入

鋼橋上部工事における段階確認の一つとして、製作工場で実施する仮組立検査がある。実仮組立方式では勿論のこと、シミュレーション方式でも、通常は発注者の検査官が製作工場まで足を運んで立会する。本工事のように発注者が群馬県、受注者の工場が広島県である場合は二日がかりの行程となり、発注者に日程調整の負担を強いだけでなく、調整結果によっては工程ロスの原因ともなり得る。そこで今回は、中間技術検査の部材確認にリモート検査を導入し、発注者の移動負担を削減するとともに日程変更への柔軟な対応を可能として、工程遅延リスクの排除を期した。さらに、長距離移動と検査時の三密回避によるCOVID-19感染防止対策とした。

リモート検査は、現場事務所と対象物のある製作工場とをZoom Video Communications, Inc.の「Zoomミーティング」で接続し、Apple Inc.の「iPad」を用いて検査対象物を撮影して実施した。部材検査における出来形確認は、不都合なく順調に進めることができたが、同時に実施した溶接部の外観確認では、「モニタ越しの確認となるためもう少し鮮明な画質が好ましい」との要望を検査官より受けた。また、非破壊検査機器のモニタ画面を映す際の反射による視認性にも課題が残った。これらについては、通信環境の向上や、機材・ソフト等の選定により、改善が必要と思われる。



図-5 リモート検査状況

工事の進捗過程では、段階確認の他にも立会確認を要する大小様々な検査がある。現場と監督員詰所が地理的に離れている場合はその移動時間を要し、必要なタイミングで立会を受けられない場合は当該作業が滞る。例えば、高力ボルトの本締めを予定していた場合、一日の作業開始直後に現場予備試験を受けて速やかに本締め作業に着手したいと考えるが、立会者の移動所要時間がそのまま「待ち時間」となるうえに、移動途上での渋滞等の外的要因による遅延リスクが生じる。このように移動時間に比べて立会時間が短い本例のような場合や、日常的に繰り返す場合には極めて非効率的で、他工事と競合しやすい時間帯であれば、受発注者双方での調整等の負担が増大する。本工事では現場と監督員詰所が約15分程度と近いため、リモート検査を中間技術検査のみに適用したが、現場へのアクセス条件によっては、日常的な立会検査へのリモート方式の積極的導入が、さらなる効率向上につながるものと期待できる。これにより考えられる利点や効果を以下に列挙する。

- ・立会者の移動を含めた立会所要時間の短縮。
- ・作業開始直後等の立会時間設定がしやすい。
- ・記録(録画)が自主検査資料として活用できる。

- ・三密回避、ウイルス感染リスクの低減。
また導入にあたり、下記に留意が必要である。
- ・受発注者双方の機器や通信インフラに十分なスペックが必要。
- ・電波受信環境に依存する。
- ・通信が途絶えた場合のバックアップ手段確保。
- ・IT機器に関する一定の知識が必要。
- ・ウェアラブルカメラなど「手を塞がない」ツールの採用(専用カメラマンは無駄となる)。
- ・周囲の騒音が大きい場合の会話音声伝達。
- ・屋外の場合は悪天候時の対応。
- ・トータルステーションやレベル等、レンズを覗くタイプの測量機器類への適用。

現時点で解決が困難なものも含まれるが、多くは既存技術での対応が可能であり、日常検査へのリモート立会適用は現実的かつ、有益であると思われる。当然のことながら発注者の協力が必要不可欠であるが、この経験を活かして積極的に適用工事を増やしたいと考える。

4. おわりに

本工事を担当し、予期せぬ大幅な工程短縮を実現させるためにCIMやICTを活用する貴重な体験をした。取り組み当初は知識があまりに乏しく、3次元データの採取から変換、合成やその活用に至る膨大な作業の数々が、本当に工程短縮という目的達成に寄与するのが不安であった。しかし、実作業を進める過程で次第にその有益性を実感し、最終的にこの経験が大きな自信となった。今後はさらに造詣を深めることで、後続の工事への適用に貢献したいと考えている。また、本稿がi-Constructionにおける生産性向上等に寄与するCIMやICT活用の一事例として、広く今後の参考となれば幸いである。

最後に、本工事を無事に完成まで導いていただきました群馬県高崎土木事務所の皆様をはじめ、ご協力を賜りました全ての関係者に対し、深く感謝の意を表します。