

ICT を活用した 現場罫書作業の省力化システムの開発

日本橋梁建設土木施工管理技士会

宮地エンジニアリング株式会社

現場代理人

製作担当者

設計担当者

田 辺 好 司[○]

木 村 光 宏

長 尾 知 佳

1. はじめに

本工事は福岡県粕屋郡篠栗町篠栗を起点とし、飯塚市弁分に至る八木山バイパスの4車線化に伴う鋼4径間連続非合成钣桁橋の製作および架設工事である。本工事のコンクリート製下部工には、アンカーボルトやアンカー筋を施工するための現場罫書作業が必要である。この作業の省力化を図るためICTを駆使したシステムを開発、建設現場において実証実験を行った。本稿ではシステムの概要および検証結果を概説する。

工事概要

- (1) 工 事 名：福岡201号新城戸橋上部工工事
- (2) 発 注 者：国土交通省 九州地方整備局
- (3) 工事場所：福岡県粕屋郡篠栗町内住
- (4) 工 期：令和3年9月14日～
令和4年10月31日

2. 現場作業の課題

近年の橋梁新設工事では、維持管理・点検に必要な下部工検査路を設置することが多く、また耐震上の観点から落橋防止システムの設置が必要であり、コンクリート製下部工への後施工アンカーの数が多くなってきている。この作業プロセスは、アンカー位置を設計図面から読み取り下部工に罫書きを行い、事前に準備したフィルム型を現地で位置合わせし、アンカー設置用の削孔を行っている。これらの作業はすべて人力での作業と

なっており多大な労力を要している。そこで、本工事ではこの一連の作業の省力化を目的として設計図面情報の読み取りを画像処理（AI）で行うことや罫書き作業をMRデバイスに置き換えるなどの新技術を活用したシステムを開発し、図-1の手順で従来方法との比較を行うことでその実用性について検証した。

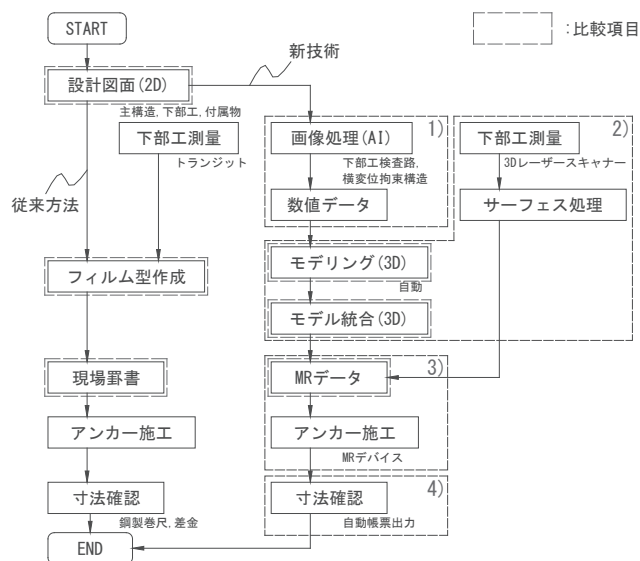


図-1 フローチャート

3. 工夫・改善点と検証結果

3-1 対象構造物

検証の対象は、下部工検査路と横変位拘束構造壁の双方が設置されるA1橋台部の下部工検査路支持ブラケットのアンカーボルトおよび横変位拘束構造コンクリート壁のアンカー筋とした（図-2）。

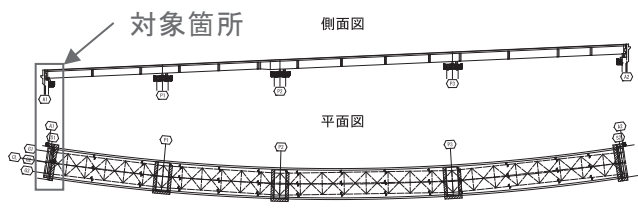


図-2 構造一般図

3-2 システム概要

1) 画像解析

アンカーボルトやアンカー筋の間隔は、従来、技術者が設計図面から必要な情報を読み取っているが、これを人工知能（AI）技術で画像解析を行い、数値情報を取得することとした（図-3）。具体的には下部工検査路と横変位拘束構造の2次元図面PDFデータを使用し、文字認識によって必要な寸法を数値データとして取得、3次元モデル作成のための情報をXML形式の中間ファイルとして出力する。

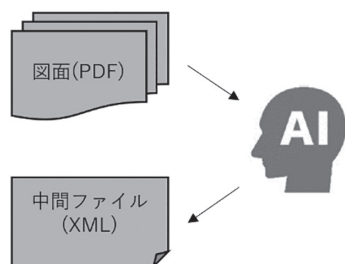


図-3 AI画像解析

2) 3次元モデリング

次に、前述の中間ファイルを自社開発した自動モデリングシステムに読み込み、下部工検査路および横変位拘束構造のCIMモデルを作成する（図-4）。

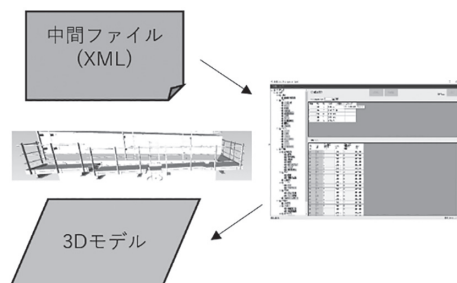


図-4 モデリング

また、現場にて3Dレーザースキャナー（GLS-2200）を使用して現地形状の点群データを取得

し、手動で作成した3次元モデルとデータを重ね合わせるにより、将来の維持管理に活用できるモデルを作成する。モデルの統合にはNavisworks Manageを使用する。また、得られた点群データから橋台のサーフェスを作成し、このモデルを後述するMR投影システムに活用する。この際、点群データの抽出にはGeomagic Design Xを使用し、サーフェスモデルはAutoCADデータとして出力する。

3) MR投影システム

現場作業による図面の読み取りや罫書き作業を省略するため、点群データから作成したサーフェスにAutoCAD上でアンカー位置を反映し、インフォマティクス社のGyroEyeコンバータによりMRデータに変換を行う。MRデバイスはMicrosoft社のHoloLens 2とし、MRデータはGyroEye Holoのシステムを介してビューワソフトにより現場で閲覧することとした。なお、MRシステムの誤差や問題点の確認を行うため、現場でのアンカーボルトの打設手順としては従来通りに罫書きを行っておき、その後MRデバイスを装着し表示されるアンカー位置と実際の罫書き位置を重ね合わせることで、誤差を定量的に把握する。

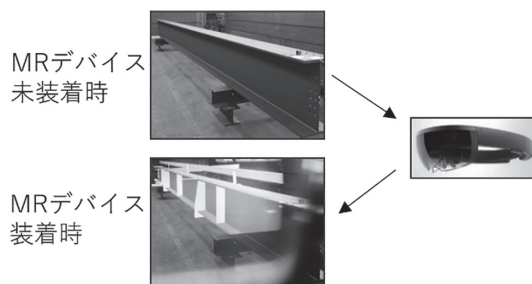


図-5 MRデバイス装着時イメージ

4) 施工管理帳票の作成

下部工検査路ブラケットのアンカーボルトや横変位拘束構造のアンカー筋位置の施工記録用の帳票を自動作成するシステムを開発した。本システムは、3次元モデルからアンカーの施工位置座標をxlsx形式で出力する。次に、現地の部材取り付け位置をトータルステーション（DX-105）で計測し、座標をcsv形式で出力する。出力された

xlsxデータおよびcsvデータ、そして帳票のひな形を自社開発の自動帳票作成システムに読み込むと、設計値座標と近似位置の現地座標のアンカーを自動でマッチングし、帳票ひな形の所定の箇所に入力し出力することが可能である（図-6）。

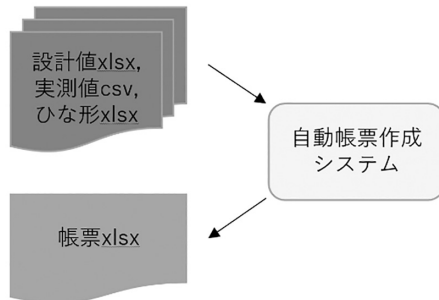


図-6 自動帳票作成システム

3-3 検証結果

1) 画像解析

画像解析（AI）による数値の読み取りについて実施したところ、全体の8割程度の数値を読み取ることができた。図-7のうち白抜き部が文字認識箇所であり、文字と認識されなかった箇所はグレー着色となっている。数値として認識されなかった要因としては、寸法の引き出し線と数値が近いことから、数値が図の一部であると誤認識されたことが考えられる。また、数値の読み取りはできたものの、図面上の隣接する寸法値が近い箇所は連続した一つの数値として認識されるという事象が生じた。実工事への導入にあたっては精度を向上させることが課題であり、作図段階で寸法線と寸法値の間隔を広げておくことや、PDFではなくCADデータを用いることで寸法線と数値を識別するシステムに改善する案が考えられる。

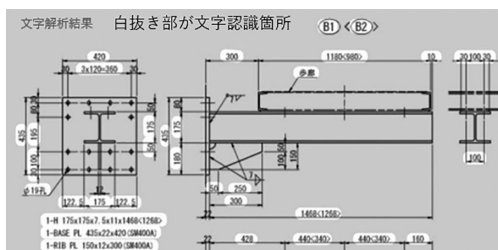


図-7 画像解析結果

2) 3次元モデリング

図面の画像解析で取得した中間ファイルから自社開発した自動モデリングシステムに連動することによるCIMモデルの作成は問題なく完了し、表示されている寸法からも設計図面と相違ないことを確認できた。

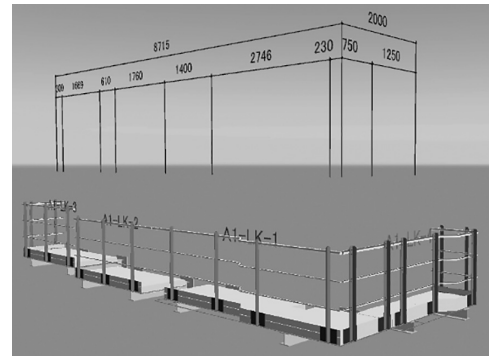


図-8 下部工検査路CIMモデル

自動モデリングした付属物モデルおよび主構造、点群データの統合モデルを図-9に示す。現地地形が明確に把握でき、維持管理時の現況把握に役立つと考えられる。



図-9 統合モデル

3) MR投影システム

現場にてあらかじめ行っておいた罫書位置についてMRデバイスを装着して確認したところ、MRデバイスと現地地形の位置合わせを行った直後はほとんど誤差がないことが確認できた。



図-10 MRデバイス装着者視点

しかし、作業者の移動や作業時間の経過に伴い誤差が生じていくという問題が判明し、実験中には数cmほどの誤差が確認された。この問題は、実験の対象とした構造物がコンクリート製の橋台であり、一様に特徴の少ない面が連続することや、日射条件によりコンクリートの色が白色や灰色に見える方が変わることによって下部工のどの面を見ているのかシステムが判定できなくなり補正ができなかったということが原因と考えられる。

この問題の解決方法として、特徴の少ない構造物に適用する場合はトータルステーション等の位置を正確に把握できるシステムを併用することなどが挙げられる。

4) 施工管理帳票の作成

自動帳票の出力については、設計値と実測値のマッチングシステムは問題なく稼働した。出力された結果は、水平方向の誤差は小さいものの、全体的に鉛直方向に数十ミリの誤差が生じていた。これにより、マッチングシステムではなくトータルステーションを用いた現地データの取得が正確ではなかったものと考えられ、機材使用時の対象物との距離や足場の確保など、計測環境の確保が課題となる。

点	経度	緯度	標高	設計値	実測値	誤差
A-1	X	-1740	-1719	3.9		
	Y	1815	1817	503		
	X	-1800	-187	1.7		
	Y	1115	118.8	11.2		
A-2	X	-1800	-175.6	4.4		
	Y	-171	-66.6	50.0		
	X	-1800	-174.9	1.1		
	Y	-171.5	-101.1	39.4		
A-3	X	-1800	-181.5	1.5		
	Y	1815	1241	38.8		
	X	0	0	0		
	Y	0	0	0		
B-1	X	-1800	-181.5	1.5		
	Y	1815	1241	38.8		
	X	0	0	0		
	Y	0	0	0		
B-2	X	-1800	-181.5	1.5		
	Y	1815	1241	38.8		
	X	0	0	0		
	Y	0	0	0		
C-1	X	-1800	-181.5	1.5		
	Y	1815	1241	38.8		
	X	0	0	0		
	Y	0	0	0		
C-2	X	-1800	-181.5	1.5		
	Y	1815	1241	38.8		
	X	0	0	0		
	Y	0	0	0		
D-1	X	-1800	-181.5	1.5		
	Y	1815	1241	38.8		
	X	0	0	0		
	Y	0	0	0		
D-2	X	-1800	-181.5	1.5		
	Y	1815	1241	38.8		
	X	0	0	0		
	Y	0	0	0		
D-3	X	-1800	-181.5	1.5		
	Y	1815	1241	38.8		
	X	0	0	0		
	Y	0	0	0		
D-4	X	-1800	-181.5	1.5		
	Y	1815	1241	38.8		
	X	0	0	0		
	Y	0	0	0		

図-11 下部工検査路の施工管理帳票

4. おわりに

従来の人力での作業に代わり、画像解析や3D自動モデリング、MR投影システム、自動帳票作成システムといった新技術の要素を組み合わせ、作業プロセス全体を網羅するシステム開発を提案

し検証を行った。比較検証の結果を図-12に示す。

実証実験では、それぞれ要素技術にはそれぞれ課題があり、数値等の修正時間やモデルの統合、MRデータの作成は人力で行うことを考慮すると、従来よりも時間がかかる結果となった。

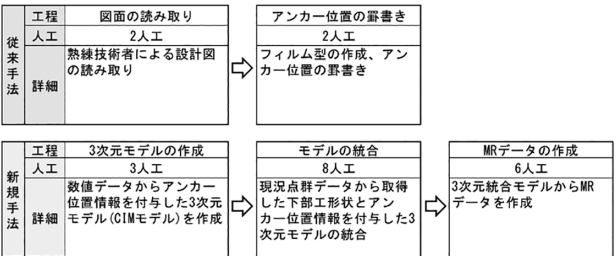


図-12 従来方法と新技術方法の比較

しかしながら、BIM/CIM活用が原則となっている現在では、自動モデルリング機能などの提案の方法は単独でも十分使えるものと考えられる。

また、比較検証では新技術について3章で記載したとおり明確な課題を確認することができたため、今後も開発および検証を進め課題の解決に向け取り組む予定である。また、実証実験においてはコンクリート構造物への部材の取り付けに着目したが、床版や壁高欄の配筋作業など、別の構造へ適用することも視野に入れ、作業の省力化に限らず、建設DX推進に資する開発を進めていきたいと考えている。

最後に、現場検証を実施するにあたりご指導およびご協力いただきました国土交通省 九州地方整備局 福岡国道事務所をはじめとする関係者の方々に厚く御礼申し上げます。



図-13 現地の設置状況