

31 その他

鋼橋上部工の ICT 技術を用いた 検査路干渉チェック省力化技術の開発

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

監理技術者

設計担当

製作担当

田 村

茂[○]

飯 野

元

矢 部

泰 彦

1. はじめに

本橋は、明豊道路の一部として計画される蒲郡バイパス範囲に位置する鋼7径間連続非合成少数鉸桁橋である。本橋の点検導線として、上部工検査路は上下線各1本ずつ桁間に配置され、下部工検査路は橋脚高さが5m以上であることから橋脚毎に下部工検査路が配置されており、掛け違い橋脚となるP12橋脚とP19橋脚は調整池内となるため、橋面上から下部工検査路への昇降梯子が計画されている（図-1）。近年、維持管理の観点から検査導線に配慮した検査路配置を行うなど計画段階から配慮されてきているが、その反面、主橋体との取合いや付属物同士の取合い構造が複雑になってくる傾向にある。本工事では鋼橋上部と検査路との取合いについて、設計段階で不具合を防ぐことを目的とし3Dモデルでの設計照査を実施した。

本稿では、そのモデル作成から干渉チェックま

でのシステムを画像処理（AI）等の技術を用いて省力化する手法について検証を行った内容を報告する。

工事概要

- (1) 工 事 名：令和2年度23号蒲郡BP為当
第1橋鋼上部工事
- (2) 発 注 者：国土交通省 中部地方整備局
- (3) 工事場所：愛知県豊川市為当町
- (4) 工 期：令和2年9月30日～
令和5年2月24日

2. 現場における問題点

鋼橋上部工では、検査路等の付属物の製作・設置にあたっては、鋼橋本体とは別の設計図面・モデルを用いて、かつベテラン技術者の経験値に頼って、構造全体の取り合い確保・調整（橋梁本体と付属物の干渉チェック等の作業）を行っており、更なる省人化・省力化が求められている。このような現状に対して、画像解析、モデリングな

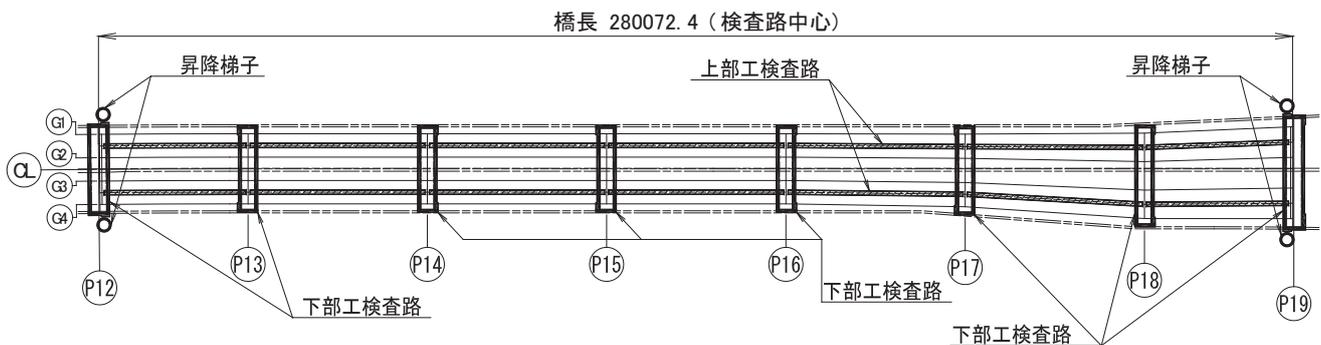


図-1 検査路配置図

どICT等の情報処理技術を用いることにより効率化することで作業が省略されることを目的としてシステムを構築し、従来方法との比較を行うことでその実用性を検証することとし、**図-2**に示す手順により作業を行った。

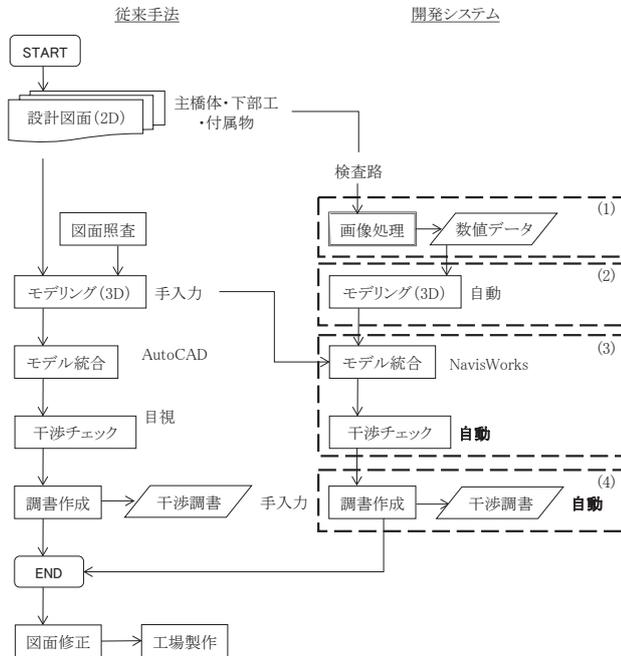


図-2 実施内容フローチャート

3. 工夫・改善点と適用結果

3-1 画像解析

通常、検査路3Dデータを作成するための入力作業は人間が必要な数値を読み取って行っているが、今回は新たな技術として人工知能（AI）技術を用いた画像処理によって、検査路の2次元PDF図面を自動で読み取り、文字認識によって必要な部材寸法を数値データとして取得し、3次元設計モデル作成のためのファイル（中間ファイル）として出力する（**図-3**）。

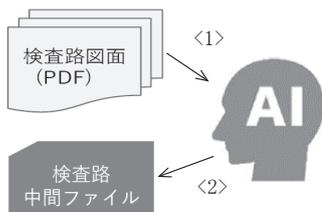


図-3 画像解析 (AI)

AIが必要な情報を得るための学習として、図内の必要情報を指定して教示させる。分析精度を向上させるため、今回は本橋の上・下部工検査路に加えて、同発注者にて近隣で施工された工事の検査路図面を用いて2橋分の検査路図面を学習させた。AI分析の図面例を**図-4**に示す。検査路の各図面から入力に必要な情報を分析し、必要に応じて情報取得要領を図示する。その内容をエクセルに整理することでAI学習を行った。

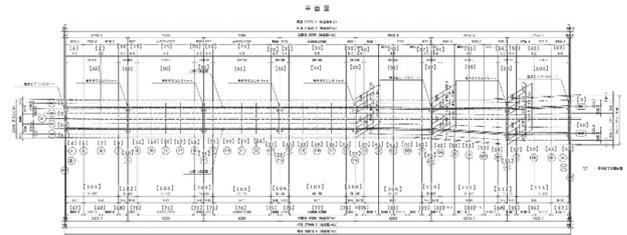


図-4 図面分析例

3-2 モデリング

AIによる画像解析により得られた検査路中間ファイルから、検査路の3次元設計モデルを作成する（**図-5**）。3次元設計モデルの作成は、オフィスケイワン株式会社の橋梁CIMシステム（CIM-GIRDER）および自社開発の自動作成システムを使用した。

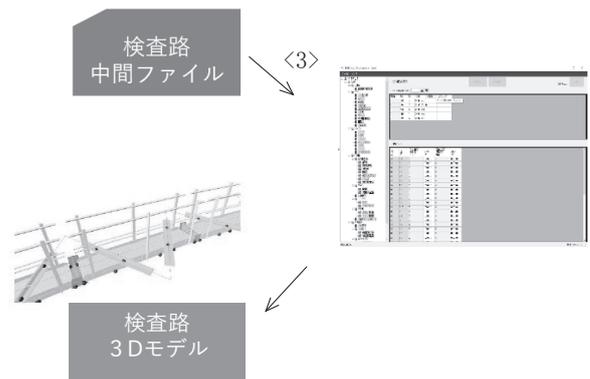


図-5 モデリング

3-3 干渉チェック

別途作成した鋼橋上部工本体・付属物（排水装置等）および下部工躯体の3次元設計モデルと、自動作成した検査路の3次元設計モデルをAutodesk社のNavisWorks上で統合・可視化し、部材の干渉チェックを行う（**図-6**）。干渉

チェックはNavisWorksの基本機能であるClash Detective機能を用いて干渉および近接チェックを行った。

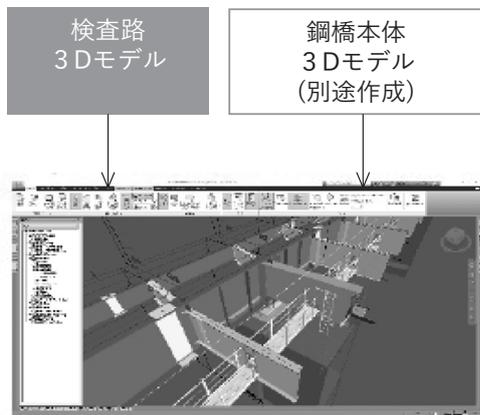


図-6 干渉チェック

干渉チェックの結果得られた干渉箇所の例を図-7に示す。下部工排水装置と下部工検査路が干渉していたため、検査路側の排水装置の切り欠き位置を排水中心位置にずらすことで事前に不具合を解消することができた。このように本来別の図面に作図されている付属物同士の干渉を比較的容易に確認することができる。

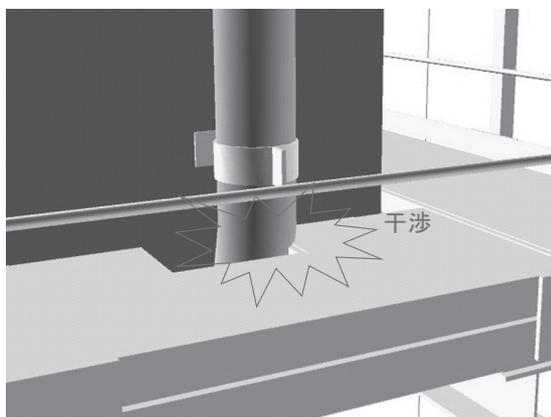
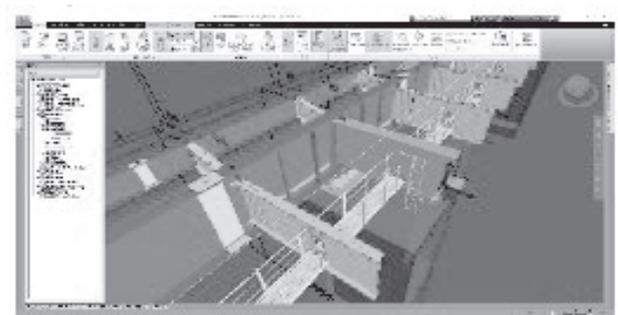


図-7 干渉事例

3-4 調書作成

干渉チェック機能を用いて検出した干渉箇所を特定・抽出し、NavisWorksの機能を用いて調書を自動作成する(図-8)。これにより、従来技術者が手作業で行っている干渉箇所の調書作成の時間を大幅に短縮することができる。



クラッシュレポート

Report バッチ

名前	クラッシュ1
距離	-0.000m
状態	エラー
ステータス	新規
クラッシュ ポイント	50.8017m, 8.1811m, 18.9920m
作成日	2020/1/4 01:56
項目 1	
エンティティハンドル	12FF
図層	64_111_主材_梁橋桁
項目名前	64_111_主材_梁橋桁
項目タイプ	3D ソリッド
項目 2	
エンティティハンドル	8284
図層	上部工排水装置_支持会員_本体付
項目名前	上部工排水装置_支持会員_本体付
項目タイプ	3D ソリッド

干渉_主桁SPx上部工排水会員_クラッシュ

図-8 調書作成

3-5 適用結果

(1) AIによる図面情報の見落とし、誤認識の処理数について

従来方法であるベテラン技術者が図面を正確に読み取り3次元モデルによる干渉チェックを行ったケースを正解とした場合、提案方法での図面情報の見落とし件数と誤認識件数は上・下検査路合計で、見落とし36件、誤認識78件、計114/9079(正答率99%)であった。今回は類似する2工事の図面であることから高い正答率で図面情報を読み取ることができたものの、件数では特殊部(巻き立てコンクリート付近)における寸法値の見落としや文字や縦断勾配の方向の誤認識などがあった。

(2) 提案方法の課題

図面情報を読み取りにおける見落としや誤認識する要因として以下のことが考えられる。

① AIの教示データ数の不足

今回使用したAIエンジンは、建築分野の図面分析としては実績豊富だが、橋梁の検査路図面の分析は初めて試みであり、見落としや誤認識の件数を減じるためには教示データ数が不足している。

② 図面表現の違いが影響

特に数の多い誤認識の主な要因として、検査路勾配が逆向きとなっていることが挙げられる。この原因は勾配を示す図面表現にある。つまり勾配の度合いを示す値は絶対値で表現、方向は図（矢視の方向で右下がり、右上がり）を表現）されており、AIは絶対値である値だけを読み取っているため、勾配が異なる検査路であっても全て同じ方向に傾いたものになることが判明した。

③ 図面PDFの画質や書体の影響を受ける

誤認識のうち、数値の読み違い（例えば、1と7の読み間違い）が判明した。この原因は図面PDFの画質あるいはAIが得意とする書体か否かであると考えられる。

(3) 今後の改善点

① AIの教示データ数を増やす

AIによる分析精度を向上させるためには、教示データの量と質（偏らないデータ）が必要なことが知られているため、今後は様々な橋の検査路図面での活用と検証が必要である。

② 図面表現をルール化する

勾配を示す図面表現（数値と矢視の方向セットで勾配を表現）などによる誤認識については、図面段階でルール化しておくか、AI教示ルールを新たに作成する。

③ CAD図を活用する

図面PDFの画像精度の影響による誤認識を解消するため、文字や数値をデータとして使えるCAD図面を活用する。

(4) 施工段階での後戻りの軽減などの生産性向上への貢献度

今回は、結果的に干渉箇所は1件（為当第一橋の下部工検査路）であり、後戻りの軽減に伴う生産性向上はわずかであった。しかしながら、作業工数の削減率は従来方法に対して約25%になっており、少子高齢化の時代、提案方法によりベテラン技術者に限らず、3次元モデルを用いた自動干渉チェックを実施することができれば、施工前の早い段階で若手技術者による干渉チェックを行う

ことができ、今後、技術者の技量に頼らない生産性向上への貢献度が高くなることが期待できる。

4. おわりに

今回、設計照査の一環としての検査路干渉チェックに用いるモデル作成において画像解析・モデリングなど情報処理技術を用いて作業を効率化するシステムを構築し、システムの有用性を現地工事にて検証した。新規システムを使用して干渉チェックを行った上・下部工検査路は大きな問題無く現地にて設置を行うことができた（図-9）。AIを用いた画像処理技術については一定の有用性を見いだせたが課題も見つかった。今後、データを積み重ねることで改善していける内容であるため、開発・検証を進めていき、作業の効率化を図っていく。

最後に、本工事を施工するにあたり、ご指導とご協力頂きました関係者の方々に厚く御礼申し上げます。



図-9 現地の設置状況