

【ボルト管理システムの構築】

画像処理によるボルト締付け管理の省人化手法

キーワード 目視点検, 高力ボルト締付け管理, 機械学習, 画像処理

1. はじめに

近年、画像処理技術は進歩と共に目視点検に代わる技術として期待され、市場には製品化されたプロダクトの提供が始まっている。鋼橋の新設架設現場においては、規模によって数万本単位のボルト締付け作業・点検作業を行っており、点検作業は目視による確認が主流となっている。トルシア型高力ボルトの締付け管理の確認方法は、ボルトピンテールの破断とボルト・ナット・ワッシャーの供回りの有無を目視にて行っているが、国土交通省の推奨する i-Construction の取組を踏まえた作業効率化が要求されている中、本テーマにおいても目視点検に代わる技術の開発が必要である。そこで、目視点検に代わる技術として画像処理（機械学習）を用いたピンテールの破断・供回りを確認出来るシステムの構築による省人化手法について報告する。



図-1 ボルトの供回り

2. 検討概要

画像処理によるボルト締付け管理システムの構築は、数年前より検討・開発を進めてきた経緯があり、そのシステムは、動画にて撮影した画像で判定は可能であるものの、1つの画角内に写されたボルトのみしか判定は出来ないものであった。この場合、撮影角度によっては、ボルトに施されたマーキングが隠れてしまい、画像判定が出来ないボルトがあることから、再度撮影を行う必要があった。このため、全ボルトの締付けを確認するためには、多大な時間を要するシステムとなっていた。この知見を得て、現場での運用性を優先に考えたシステムの再構築を行い、また機械学習モデル作成における画像の収集方法についても再検討した。

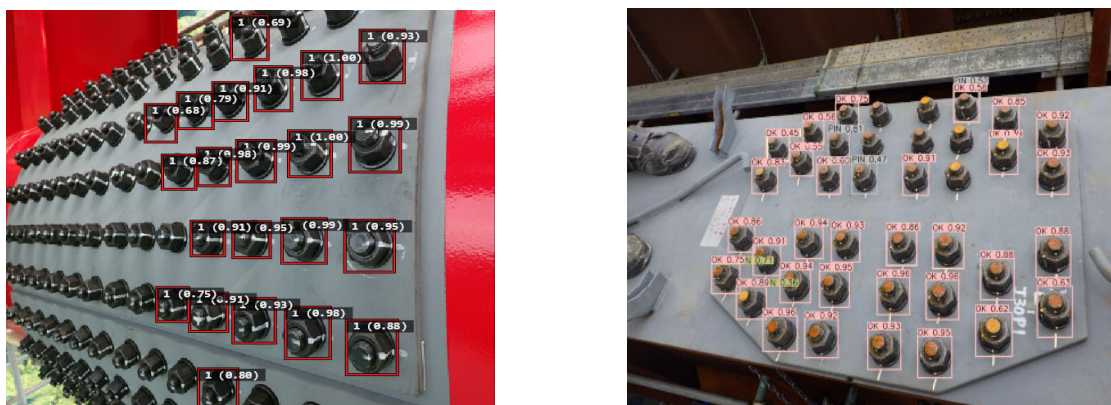


図-2 システム判定画面（過年度作成システム）

2. 1 シミュレータによる機械学習モデルの作成

機械学習とは、AIの1つの要素技術であり、「教師あり学習」・「教師なし学習」・「強化学習」の3つに分類される。本システムでは「教師あり学習」を用いた為、予め教師データを用意して学習させる必要がある。これは、ある程度期待する結果に近いものが得られることから、多くの場面で使用される要素技術であるが、

一定の精度を確保する為には、膨大な教師データが必要である。そこで、教師データの画像収集の時間・労力を削減するため、3D-CADによるシミュレータモデルを用いた。シミュレータモデルにより教師データ収集の時間短縮が図れ、一般的には発生確率の低い供回り画像の情報収集が容易となったため、AIによる機械学習が確実となった。

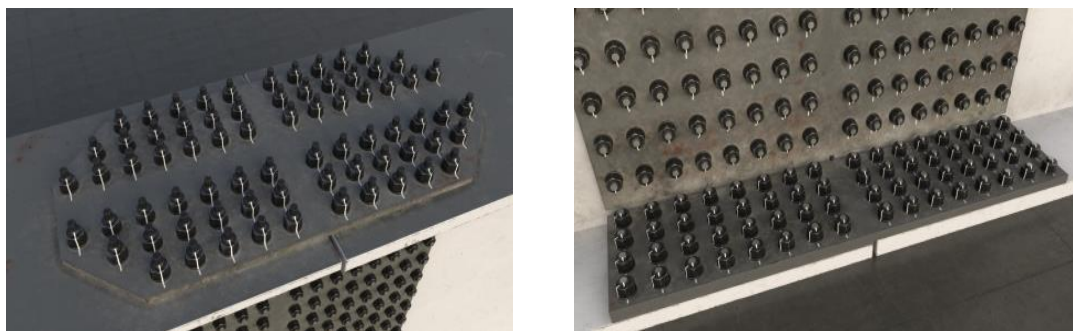


図-3 シミュレータモデル

2. 2 ボルト配置の認識方法

現場での運用性を優先に考えた場合、目視点検と同様の動きに近づける必要があると考え、移動の伴う動画撮影と平行して画像認識による判定を行う方法を採用した。ここでは、ボルト配置を認識する機能を追加することで、一度認識したボルトを重畳することなく判定が可能となる。具体的には、ARマーカを用いて座標系を作成することで、二次元座標（ x, y ）として把握するシステムとした。下図のように配置したARマーカを常時2枚写り込むよう動画撮影することで、ボルト位置情報の把握が可能となり、認識済みのボルトを重畳させることなく判定することが可能となる。なお、画像認識には、OpenCV（画像処理ライブラリ）を用いて処理することでタブレットでの画像の取り込みや解析を容易に行えるようにした。



3. まとめ

トルシア型高力ボルトの締付け管理の確認方法としてボルトピンテールの破断と供回りの有無を画像処理（機械学習）を用いるボルト管理システムを構築した。これは、タブレットでの動作を可能としており、予め添接情報をデータベース化し、現場にて貼り付けたQRコードを読み込むことで、本システムにて判定したボルト本数との整合性を把握でき、さらにARマーカを用いることで、広範囲の判定が可能なシステムとなっており、市場にある帳票システムとの連携も可能となる。本システムは、現場での運用性を優先に考えており、一度認識したボルトは再度判定しない等の処理を採用しており、効率的に点検作業が可能になると考える。今後は、実際の現地工事での適用が決定されていることから、それらの実証結果を踏まえて、i-Construction 2の取組である「建設現場のオートメーション化による生産性向上（省人化）」に繋げていきたい。

宮地エンジニアリング株式会社／エム・エムブリッジ株式会社 共同開発

参考文献

- [1]YOLOX : <https://github.com/Megvii-BaseDetection/YOLOX>
- [1]ArUco : コルドバ大学の拡張現実ライブラリ