

PC 中空床版橋における MR デバイスを用いた配筋作業の効率化に向けた取組み

清水建設株式会社 正会員 ○石井 佳枝 川勝 雄介 小西 隆宏 吉浦 伸明

1. はじめに

本取組みは、国土交通省 関東地方整備局 長野国道事務所発注、R3 国道18号上田B P 神川橋上部工事を対象としている。本工事は、既に施工された下部工上に、PC7 径間連続中空床版橋（延長178m、幅員 13.85m）を構築する工事（図-1）である。平面曲線半径 440m、最大縦断勾配 2.5%、最大横断勾配 7%を有する曲線橋であり、床版を3分割して施工を行う。

平面曲線を有する PC 中空床版橋の配筋は、軸方向鉄筋・横断方向鉄筋共に鉄筋径が延長方向に変化し、単純な等間隔の配置ではないため、複数の図面を確認しながらの墨出しや配筋作業に多くの時間を要している。

本取組みでは、配筋作業の効率化を図ることを目的とし、図面の代わりに MR デバイス上に投影した配筋の 3D モデルと鉄筋径等の属性情報を用い、MR デバイスを装着した作業指揮者が指示を出す方法で配筋作業を行った。

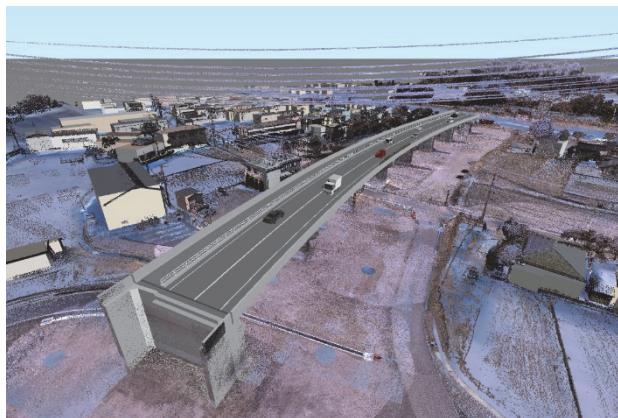


図-1 対象工事完成形イメージ図

2. 取組内容

2-1. 使用機材とシステム

MR のシステムは、「GyroEye Holo をベースとした専用システム」（株式会社インフォマティクス）、機材は-google・ヘルメット一体型の「Trimble

XR10with HoloLens2」（株式会社ニコン・トリンプル）を利用した。

新たな試みとして、トータルステーションではなく QZSS（みちびき）CLAS 信号と受信機を利用して現地と MR データの位置合わせを行った。QZSS のキャリブレーションにより発生した誤差は、MR デバイスの位置補正機能により補正した。

2-2. 作成モデル

従来の型枠上への墨出し作業の代わりに MR デバイスを用いて配筋の位置出し作業の効率化を図ることを目的の 1 つとしているため、試行対象は型枠上面に最初に配置する主桁下側鉄筋とした。対象範囲は、MR デバイスに表示できるデータ容量に制限があることを考慮し、P3～P4 橋脚の支間中央部約 8m の区間とした。（図-2、図-3）

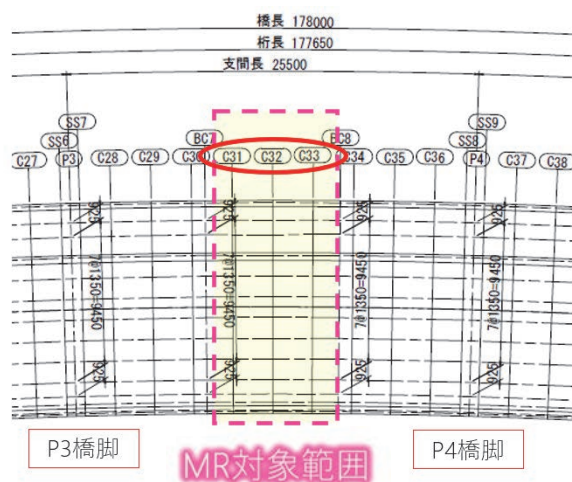


図-2 対象範囲平面図

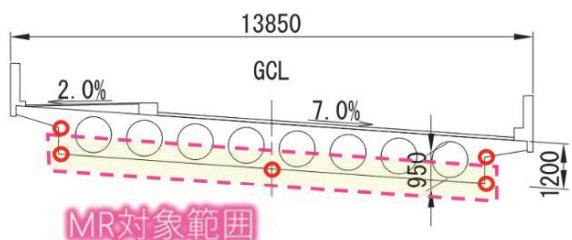


図-3 対象範囲断面図

キーワード MR, 3D モデル, 属性, 配筋作業の効率化, BIM/CIM モデル

連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋 2-16-1 清水建設(株) 土木技術本部イノベーション推進部 Tel:03-3561-1111

MR 上で表示する属性情報は、鉄筋番号、鉄筋径、橋軸方向の配置間隔、鉄筋加工形状とし、属性情報としての表現が難しい横断方向の配置間隔は寸法線のモデルで表示した。

MR デバイスの位置補正機能を利用するにあたり、基準として橋軸方向は橋梁中心線および側枠上下端のラインを、橋軸直角方向はカットライン 3 本分 (C31~C33、図-2) を線分でモデル化し、現地に配置した標識と位置を合わせる仕様とした。

作成した 3D モデルを MR データに変換するにあたり、鉄筋の 3D モデルと属性情報を ID で関連させて情報を受け渡す必要があったため、配筋モデル (図-4) は Revit (Autodesk 社) を用いて作成して IFC データを中間ファイルとした。配筋以外の寸法線等のデータは AutoCAD (Autodesk 社) を用いて作成して dwg データを中間ファイルとした。

MR データは、MR デバイス上で直感的に鉄筋径の違いを判別できるように鉄筋径毎に色を変えるなど、モデルの見え方も工夫した。

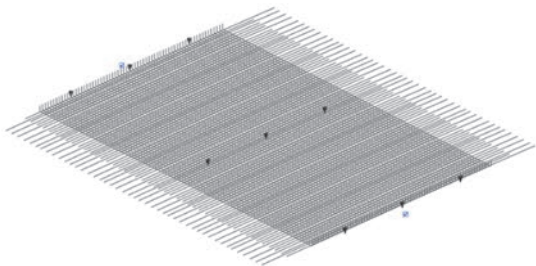


図-4 配筋モデル

3. 実施結果

MR デバイスを用いた配筋作業の試行は、2022 年 8 月 4 日 (9:00~16:00、天候曇り、最高気温 29℃) に、鉄筋組立作業者の職長が MR デバイスを装着して配筋を指示し、作業員が配筋作業を行う体制で実施した。

MR デバイスに作成した配筋モデル、鉄筋の属性情報、現地における誤差確認用の基準線、その他配筋作業に必要な情報が投影されることを確認した。

(図-5) また、熱による機器トラブルや太陽光の影響によりモデルが見えにくいという事象を防ぐために、独自の水冷装置やサンバイザーを使用したことで、順調に配筋作業を進めることができた。QZSS CLAS 信号と MR デバイスの位置補正機能を用

いてモデルと現地の位置合わせの精度も確保できた。組立完了後の配筋検査 (3 か所) では、すべての箇所ですべての国土交通省の施工管理基準値の許容誤差以下を満足しており、全体でも必要な精度を確保して組立が完了していることを確認した。

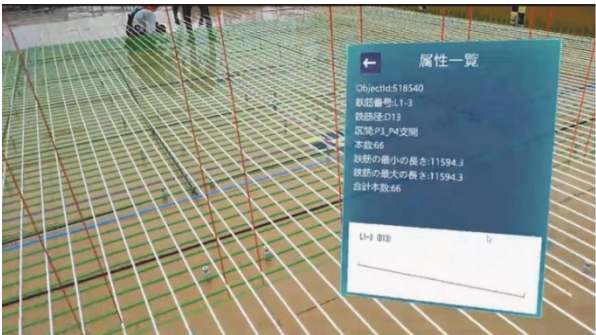


図-5 鉄筋属性情報の表示状況

試行の結果、従来の配筋作業 (過去実績) と比較して作業時間を約 10%削減できた。従来の作業に掛かる時間は、作業員熟練度や配置人数、全体施工数量により変化するため、過去実績とした。(表-1) なお、この想定時間は MR デバイス用のモデル作成工数を含んでいない。

表-1 鉄筋組立の作業効率化率

① MR デバイスによる鉄筋組立作業 (実績値)	180 分
② 従来工法による鉄筋組立作業 (過去実績による計算値)	202 分
③ 差 ①-②	22 分
④ 鉄筋組立の作業効率化率 ((①-②) / ②)	10.9%

4. おわりに

本取組では、MR デバイスに配筋の 3D モデルと属性情報を投影して配筋作業に用いることで作業時間を効率化できたが、今後これらの技術を現場で容易に活用するには、デバイスの小型軽量化やバッテリー大容量化、MR データの表示容量や見え方、QZSS 自体の精度向上等の機器類の性能向上に加え、平面曲線を有する橋梁の配筋モデルなどの複雑な BIM/CIM モデル作成の時間削減を図る必要がある。

今後、パラメトリックな 3D モデリング技術の確立や、あらゆるシステムに適合する汎用的なデータフォーマットの整備により、BIM/CIM モデルを用いた DX 技術が進化・進展されるように本取組での知見を生かしたい。