

RC構造物の計画から施工管理までの一元管理

鉄筋組立検討と管理、コンクリート打設まで

鉄建建設(株)
土木本部 i-Con推進部
部長
石田 靖



はじめに

新型コロナウイルスの対応を契機として、建設業のi-Constructionの普及拡大は目覚ましく、しいては『建設DX』として益々勢いが増している。

各社、AIやICT等をはじめとする『デジタル技術』を開発し、取り入れて活用することで、他社との差別化に躍起になっている。

これらデジタル技術を用いた施工計画や施工管理など各段階で取り入れることで、建設業務の省人化や高度化に役立てるとともに、データ化された技術により経験が乏しい若年層への教育資料として活用することも可能である。

これは視覚的な理解と情報共有が可能となり、更なる業務改善が期待されるとともに効率化も加速するからである。

本稿では、RC構造物の一元管理として、当社で開発した『鉄筋組立ガイダンスシステム』『3Dスキャナを用いた配筋検査システム』『コンクリート打設管理システム』を紹介する。

鉄筋組立ガイダンスシステム

(1)開発経緯

PCラーメン橋では、上部工の主桁・横桁鉄筋、PC鋼材に加え、橋脚から定着する太径の主筋・帯鉄筋が配置される。これらの設計図面は、別々で作成されているため、鋼材同士が干渉し、配置できない箇所がないか、コンクリートを充填するための「あき」が確保できているか、を事前に確認することが必要であった。そのため、3次元CADモデル(以下3Dモデル)により、これらのチェックを行うことが行われている。しかし、3Dモデル上で、これらの課題について問題ないことが確認できた場合においても、実際に鉄筋を組み立てる段階においては、配筋手順を綿密にしなければ、後に挿入できない鉄筋が発生することが散見された。

(2)システム概要

上記のようなトラブルを解消するには、事前に検討・改善することが重要であるため、3Dモデルを構築するとともに、実際に現地で行う組立順序を鉄筋番号ごとに3Dシミュレーションで作成し、どの鉄筋をどの方向から挿入するかを確認し、動画によって、鉄筋工が視覚的に理解できるシステムとして構築した(図-1・2)。

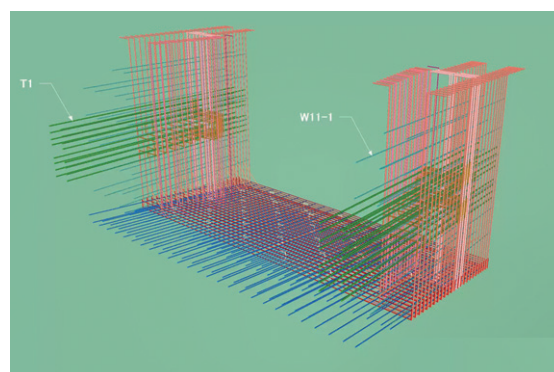


図-1 3Dシミュレーション(定着突起部)



図-2 PC鋼材及び鉄筋干渉チェック

3Dスキャナを用いた配筋検査システム

(1)開発の目的

当社の配筋検査システムは、従来の鉄筋検査業務の施工会社、監督員双方の業務の効率化を図るとともに、検査対象範囲の配筋の全量を記録し、これを構造物全体で行うことで、BIM/CIMモデルの鉄筋属性データとして保存し、メンテナンスに有効活用していくことを目的として開発に進めた。

(2)システムの特徴

3Dスキャナで得られた点群データから直接的に、鉄筋径や鉄筋間隔などの正確な数値化は行えない。そこで点群処理ソフト「Infipoints」の基本性能である点群から3次元CADモデルを生成する機能を改良し、点群データから鉄筋径を判別し、実際の配筋状況を再現した鉄筋のCADモデル化を行った。これにより鉄筋情報を取得し計測が可能となった。

モデル化された鉄筋に対して、計測したい範囲を指示して計算を実行する。選択範囲に対する各鉄筋の本数、間隔(最大、最小、平均)と重ね継手長さが算出される(図-3)。

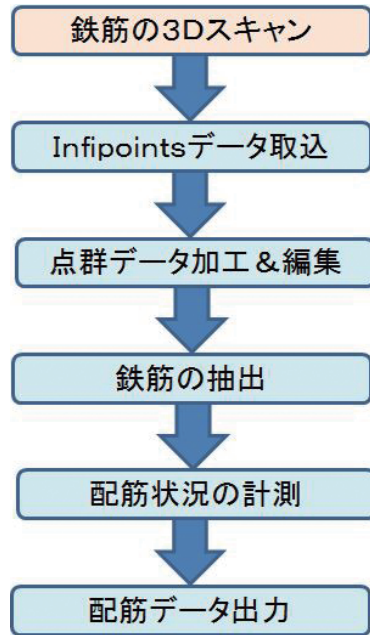


図-3 システム概要図

(3) システム概要

1か所からの計測では影となる部分が発生し、配筋状況全体の点群が取得できないため、複数の方向からスキャンを実施することで、配筋全体の点群データを取得する。この点群データを「Infipoints」へ取り込み、点群データの合成を行い、余分な点群の除去を行い、鉄筋だけの情報を残し、鉄筋検査範囲を指定し、抽出を行う(図-4)。

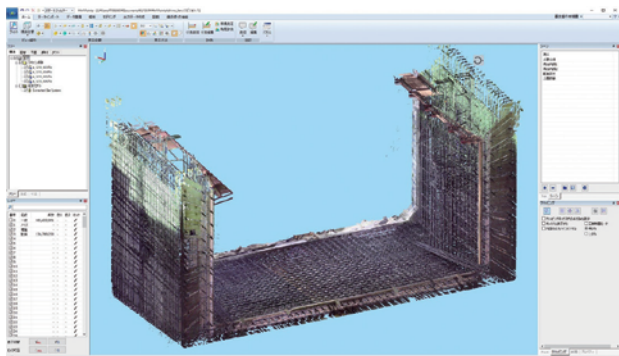


図-4 点群データ取得(PC箱内部)

データ取り込み後、鉄筋の抽出に必要な点群を切り出し、計測を行う配筋面毎に編集を行い、鉄筋のCADモデル化を実行する。この際、点群情報から、設定済みの各鉄筋径に合わせてモデル化される(図-5)。

モデル化された鉄筋に対して、計測したい範囲を指示して計算を実行する。選択範囲に対する各鉄筋の本数、間隔(最大、最小、平均)と重ね継手長さが算出される(図-6・7)。

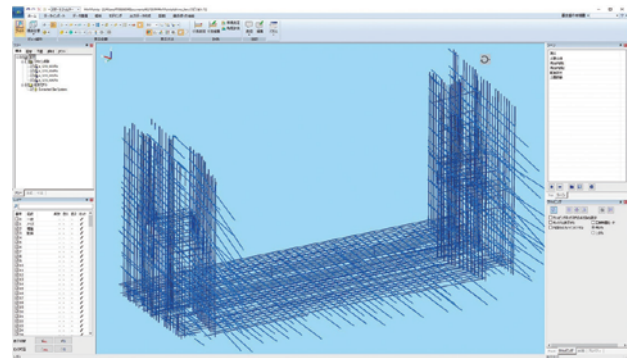


図-5 点群データから鉄筋モデル化

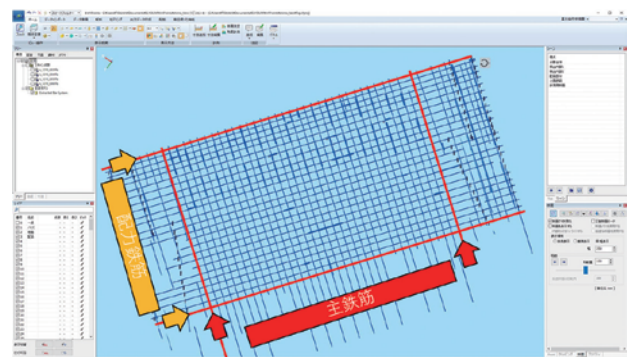


図-6 配筋計測範囲の選択

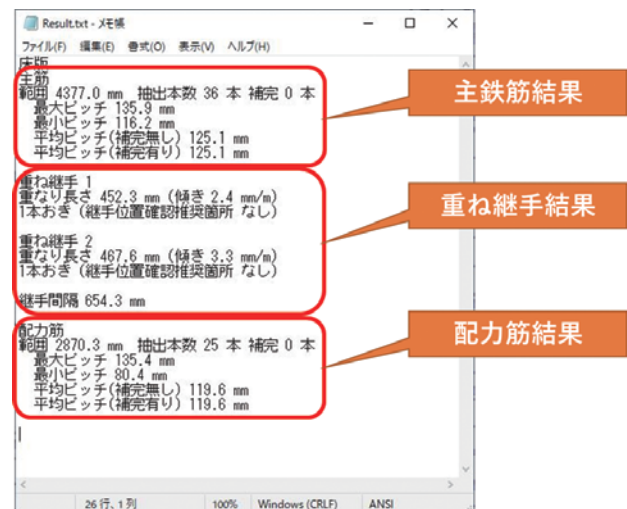


図-7 計算結果

コンクリート打設管理システム

(1) 開発の目的

従来、コンクリート打設に関する作業の定量的な評価は困難であり、基準を満たした施工が行われたかを十分に確認できず、それ故に作業員に十分なフィードバックがなされていなかった。そのためシステム化においては、コンクリー

トの品質に影響を及ぼす可能性が高い要素の推定及び評価を行う仕組みを検討した。特に、品質低下が懸念される場合は施工関係者にリアルタイムで通知することで、品質低下を未然に防止する方針とした。これにより、指示伝達の遅延による手戻りの防止のほか、施工関係者の技術継承の教育資料としての蓄積が可能となった。

定点カメラで撮影されているコンクリート打設状況の動画及び作業員に装着したウェアブルセンサから得られるデータを、AI解析によりリアルタイムに数値化や図化を行い、視覚的かつ警告メッセージなどの情報を発信することで社員の判断、指示、対応を支援するものである。これによりトラブル時の対応遅れや指示ミスなどによる品質低下を防止する(図-8)。システムの具体的な機能を以下に示す。



図-8 システム概要図

①打設済み区画の表示

高精細カメラによる画像解析から、打設完了エリアや打設ホースの位置を判断し、完了エリアを区画(2m×2mのマスを標準)で表示し着色する(図-9)。

区画の大きさは、施工規模に合わせて変更可能である。

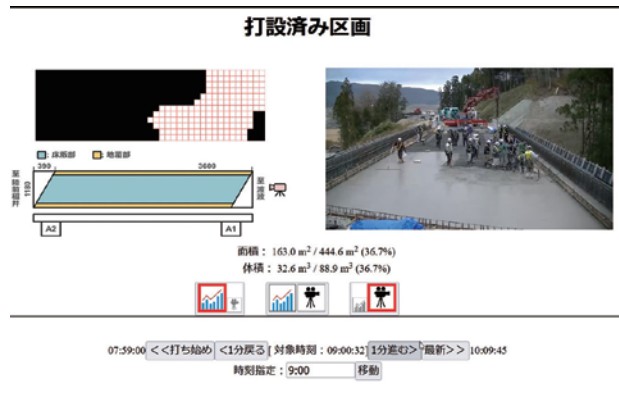


図-9 打設済み区画

②打設順序の表示

打設順序を数字(青文字)で表示し、直近の打込位置を橙色の塗りつぶしで表示する(図-10)。

③締固め時間の表示

バイブレータ担当者が装着している加速度センサから締固めの動きを判断し、時間を色で表示する。

色が濃いほど締固め時間が長いと判断されるため、色が薄い箇所については、締固め不足と判断し、このエリアに対して追加締固め指示を行うこととなる(図-11)。

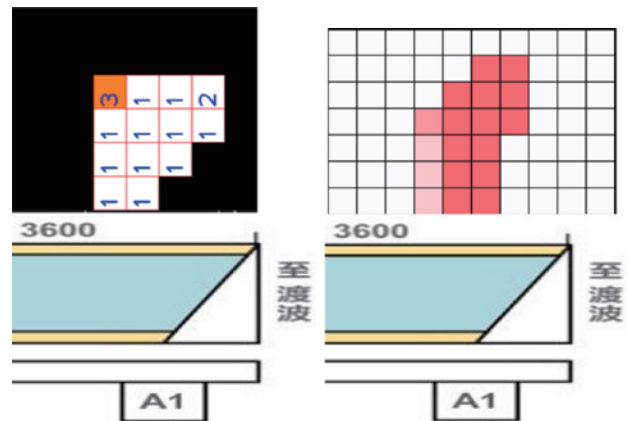


図-10 打設順序

図-11 締固め時間

④コールドジョイント警告

打設完了エリアにて、コールドジョイントが発生する恐れのある箇所を青線で表示すると同時に警告の表示を行う(図-12)。

⑤バイブレータ担当者の軌跡記録

バイブレータ担当者が装着している加速度センサから滞在時間を表示する。滞在時間が長いほど濃い色で表示する(図-13)。

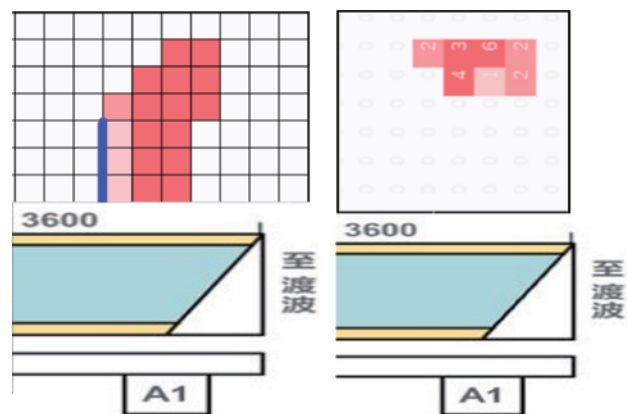


図-12 コールドジョイント警告

図-13 バイブレータ軌跡

⑥打設完了見込み時間の計算

現場で作成した打設計画から完了予定時刻を入力し、打設済完了エリア等から計算される実績との比較をグラフで表示する(図-14)。

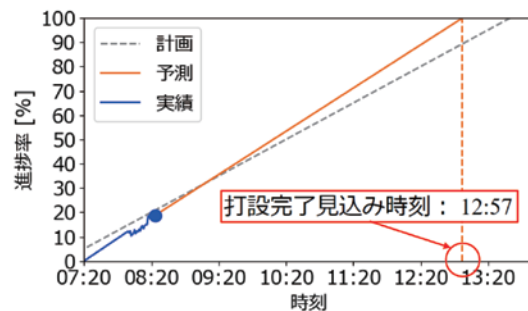


図-14 打設完了見込み時間

⑦打設ペースの異常警告

打設完了予定時刻に対して、ペースの遅れを警告メッセージとして表示する(図-15)。

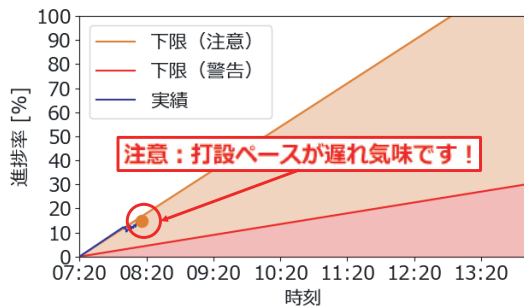


図-15 打設ペース異常警告

RC構造物の一元管理

当社では、鉄筋組立ガイダンスシステム、配筋検査システム、コンクリート打設管理システムを通じて、RC構造物の計画から施工管理までの一元管理を目指している。具体的には、鉄筋組立ガイダンスシステムによって鉄筋干渉チェックを行い、そこで修正された配筋モデルと配筋検査システムで作成された鉄筋モデルとの比較を行うものである(図-16)。

比較は、重ね合わせによる目視と単純であるが、鉄筋径分外れば簡単に視認でき、現場での修正指示も容易になる。

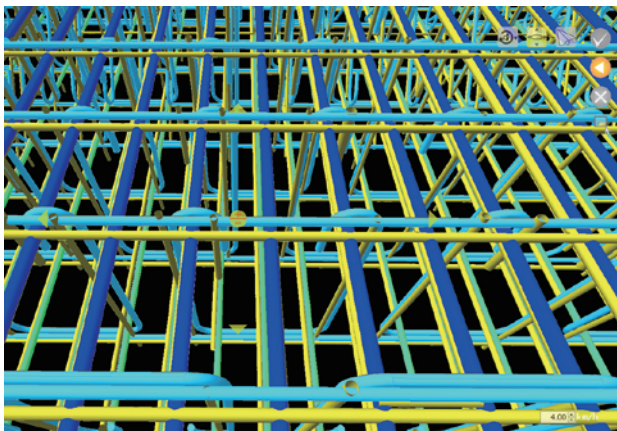


図-15 配筋モデル(黄色)と鉄筋モデル(水色、青色)比較

また、これらの配筋モデルは、コンクリート打設計画の際に、コンクリートの充填及びバイブレーター等が挿入可能な「あき」があるかなど事前確認が行える(図-17)。バイブレーターに関しては十分な「あき」が確保されないと判断した場合は、事前に鉄筋間隔を広げるなど対応を行う(写真-1)。当

然広げた鉄筋は、コンクリートが充填される前に正規の間隔に戻す必要がある。

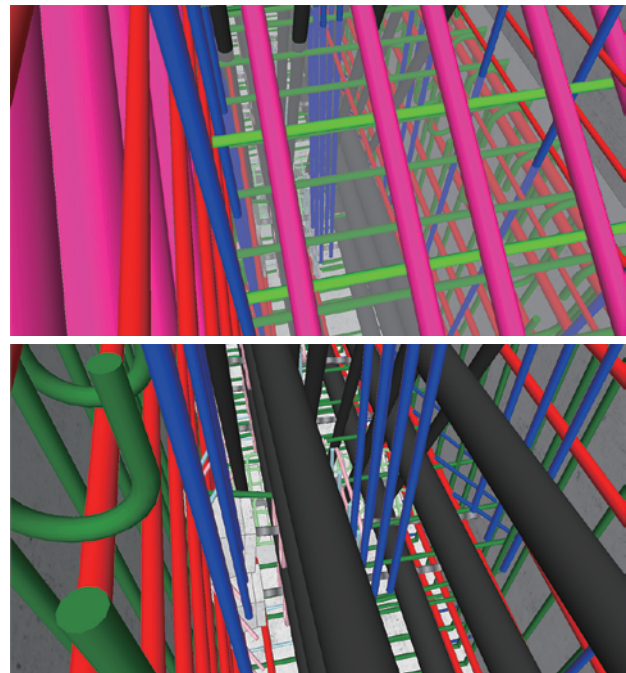


図-16 過密配筋、PC部のあき確認



写真-1 バイブレーター挿入スペース確保(例)

おわりに

今回、RC構造物における鉄筋組立作業の計画からコンクリート打設に関わるICT技術の活用例について、インフラメンテナンスにも資する技術としてBIM/CIMモデルと高精度のセンサー等を利用したシステムを紹介した。課題で述べた『デジタル技術』の開発は、ICT関連機器やシステム、通信ネットワーク等、日々進歩していくことが予想される。われわれ、建設業に従事するものも、これらICT技術の進歩に遅れをとることなく、先を見据えて、それらの積極的な活用による生産性向上を目指していくことが求められている。