# (20) 3 次元配筋モデルを活用したフロントローディングによる生産性向上への取組み

新倉　里紗[1]・藤井　広志[2]・石黒　真聖[3]・山本　正人[4]

[1]正会員 鹿島建設株式会社 土木管理本部（〒107-8477 東京都港区元赤坂 1-3-8）
E-mail:aberi@kajima.com

[2]正会員 鹿島建設株式会社 日下川新規放水路（呑口側）工事事務所（〒780-0056 高知県高知市北本町 1-3-1）
E-mail: fujiihir@kajima.com

[3]正会員 鹿島建設株式会社 土木管理本部（〒107-8477 東京都港区元赤坂 1-3-8）
E-mail: ishigurm@kajima.com

[4]正会員 鹿島建設株式会社 日下川新規放水路（呑口側）工事事務所（〒780-0056 高知県高知市北本町 1-3-1）
E-mail: masatoya@kajima.com

施工段階での生産性阻害要因の一つとして，2 次元図面に基づいた情報伝達が挙げられる．これにより，図面の授受や確認作業による時間ロス，手作業転記によるヒューマンエラーが発生し，生産性を低下させる．また，熟練技能者不足による鉄筋の組み間違いが発生することもある．一方で，従来はマンパワーの問題から過密配筋部等の局所的な 3 次元モデル化が主体であったが，モデリングスキルの向上・ソフトウェアの機能強化等により，大規模な配筋のモデル化が容易となり，BIM/CIM によるメリットの享受範囲が拡大している．そこで本工事では配筋を全てモデル化し，デジタル空間で一元管理し，施工プロセスを効率化したので報告する．

***Key Words:*** *BIM/CIM model, visualization, augmented reality*

## 1.　はじめに

施工段階での生産性阻害要因の一つとして，3次元構造物を多数の2次元図面に基づいて情報伝達していることが挙げられる．鉄筋工事では，まず工事受注者が発注者から受領した2次元配筋図（発注図）を確認し，施工性等を考慮した2次元配筋図（施工図）に発注者と協議しながら修正し，2次元鉄筋加工図を作成する．そして，鉄筋組立業者が2次元鉄筋加工図を受け取り，鉄筋加工帳および鉄筋曲げ加工に必要な絵符を作成する．このように，実際に施工する鉄筋を現場に搬入するまでには複数の関係者が関与し，情報の受け渡しが行われる．これら一連の情報伝達が各フェーズで独立した形態であるが故に，図面の授受や理解，そして確認作業に時間を要し，時間ロスに繋がる．さらに，図面間の不整合，誤解や手作業転記・入力によるヒューマンエラーが発生する原因となり生産性を低下させる．また，近年では熟練技能者不足により，鉄筋の組み間違いや，鉄筋加工ミスが発生することもある．さらには配筋変更箇所を竣工図に反映する作業にも多くの時間を要し，現場職員の残業時間増加にも繋がっている．

一方で，従来は作成時間やコストの問題から過密配筋部等の局所的な3次元モデル化が主体であったが，モデリングスキルの向上・ソフトウェアの機能強化等により，大規模な配筋のモデル化が容易となり，BIM/CIMによるメリットの享受範囲がますます拡大している．

そこで，後述する工事では交差部配筋を含む3スパンの覆工・インバート・坑門部の配筋（38.93t）を全てモデル化した．本 BIM/CIM モデルを活用して配筋情報をデジタル空間で一元管理し，発注図受領から竣工図作成までのプロセスを効率化した施工管理を実現したので報告する．

## 2.　適用工事概要

日下川は仁淀川の河口より 14.3km の右岸に合流し，日高村の中央部を貫流する幹川延長 11.7km，流域面積 38km$^2$ の河川である（**図-1** 参照）．日下川沿いに形成さ

れた平野は，仁淀川から離れるほど地盤が低くなる低奥型地形を呈しており，支川日下川の洪水が捌けにくく浸水被害が頻発しているため放水路の整備が行われている．本工事は令和 3-4 年度 日下川新規放水路管理道整備工事として，国土交通省が整備する放水路（本坑）への作業坑を管理道として整備するために，覆工・インバート工等を構築する工事である．工事概要を**表-1** に示す．また今回受注した工事は受注者希望型の BIM/CIM 活用工事であり， 放水路トンネル本坑と管理道が直角に交差する交差部，DⅢ区間，坑門工にて BIM/CIM を活用したものである．




**図-1**　工事現場位置

**表-1**　工事概要

| | |
|---|---|
| 工事名 | 令和 3-4 年度日下川新規放水路管理道整備工事 |
| 発注者 | 国土交通省四国地方整備局 |
| 施工者 | 鹿島建設株式会社 |
| 施工場所 | 高知県高岡郡日高村沖名 |
| 工期 | 2022 年 3 月 18 日～2023 年 3 月 31 日 |

## 3.　課題

本工事は，BIM/CIM を活用したフロントローディングによる手戻りの防止やスムーズな施工を実現するため，下記の課題を解決する必要があった．

### (1)　課題 1

本工事には，**図-2** のように三心円断面の放水路トンネル本坑と矩形断面の管理道が直角に交差する複雑な構造・配筋が含まれていた．このような箇所では，鉄筋の干渉を見落としやすく，施工段階で鉄筋の干渉に気づくと工程の遅れに繋がる可能性があった．

### (2)　課題 2

発注者への施工承諾に際し，配筋変更箇所を視覚的に分かりやすく説明する必要があった．

### (3)　課題 3

鉄筋工事の経験が浅い技能者が，組み立てミス無く鉄筋を組み立てられるように，配筋組み上がりイメージを視覚的に共有する必要があった．さらに，配筋ミスなく施工するため，配置鉄筋番号を簡便に確認できる環境を整備する必要があった．

### (4)　課題 4

維持管理段階で有効的に活用可能な竣工図を納品するため，正確な竣工図を効率的に作成する必要があった．

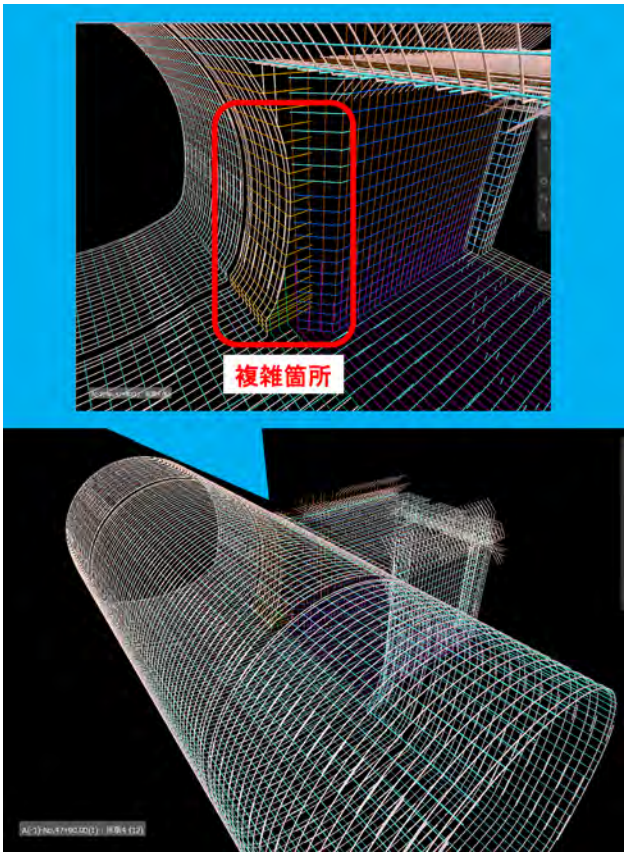



**図-2**　交差部の 3 次元配筋モデル

## 4.　実績と効果

本工事では前記の課題を解決するため，下記内容に取り組み後述する効果を得た．

### (1)　課題 1 への対応

#### a)　3 次元配筋モデルの作成

3 次元配筋モデルの作成は，設計スキルと現場の配筋作業の知識を有するモデル作成設計会社に依頼した．これにより，元請職員・協力会社は現場作業に専念することができた．モデル作成設計会社は，配筋図を基に施工性を考慮した 3 次元配筋モデルを Revit で作成し，クラ

ウド（BIM360）上にアップロードすることで，元請会社・協力会社を含む3者間で共有した．

b)　3次元配筋モデルの確認

同じモデルを元請職員・協力会社で共有し，鉄筋が干渉している箇所，組み立て困難な状態の配筋箇所が無いかなどを3次元配筋モデルを使用し，全方向から事前に確認した．問題点や改善点を発見した場合は，モデル上にコメントを入力して関係者間で情報を共有した．顕在化した問題点等は，発注者を通じて設計コンサルタント会社に修正を依頼したことで，施工着手前に設計へのフィードバックができ，施工中の手戻りを防止できた．

### (2)　課題 2 への対応

従来は，複数枚の2次元図面を駆使して，お互いの頭の中で3次元をイメージしながら鉄筋の干渉を説明・理解していたため，お互いの理解に齟齬が発生することもあり，認識を共有するまでに時間を要していた．一方で，3 次元配筋モデルを拡大・回転させて様々な角度から同じ映像を受発注者間で共有しながら説明することで，合意形成に掛ける労力をお互いに小さくできた． **図-3** のように，発注者協議の際には BIM360 上の 3 次元配筋モデルを使用し，鉄筋干渉箇所を示した．これは協議資料の添付図としても活用した．




**図-3**　鉄筋干渉箇所を示す協議資料

### (3)　課題 3 への対応

a)　AR を活用した配筋イメージの共有

施工前の協力会社への配筋説明は，従来2次元図面だけを見ながらの説明であったが，**図-4** のようにタブレット型 AR（Augmented Reality；拡張現実）を使用し，現場の現実空間に3次元配筋モデルを重ねながら説明した．これにより認識の齟齬なく，配筋イメージを共有することができ，組み立て間違いは1件も発生しなかった．

b)　AR を活用した配筋の把握

AR を使用することで，鉄筋同志の位置関係やフックの向き等を視覚的に確認でき，協力会社からも「分かりやすい」と評価された．



**図-4**　協力会社と AR を確認する様子

c)　3次元配筋モデルを活用した配筋間違いの防止

鉄筋を配置する際に，モデル上の鉄筋番号と絵符を照合し確認することで，配置間違いの発生を防止するとともに効率的な作業を実現した．

d)　AR を活用した配筋チェック

施工後の鉄筋組み間違いのチェックにも AR を使用した．

### (4)　課題 4 への対応

a)　2次元竣工図の作成

Revit で作成した鉄筋の属性情報を有する3次元配筋モデルから2次元の竣工配筋図や鉄筋集計表を簡便に作成した．

b)　電子納品基準に則したデータ修正と変換

Revit で作成した3次元配筋モデルから2次元の竣工配筋図を作成できる一方で，Revit では「CAD 製図基準」に合致した図面データや電子納品基準に則したファイル形式のデータを出力できない．そのため，図面の修正やデータ形式の変換作業が必要になり，多くの時間を要し

た．納品要領に合致させるアドオン開発，あるいは要領自体の見直しが望まれるところである．

## 5.　まとめ

本工事では，工事計画段階から十分な検討を実施したため，作業着手後に手戻りは発生せず，工期内に施工を進めることができた．また，鉄筋組立時には AR を活用することで，協力会社に分かりやすく配筋手順を説明したため，鉄筋の組み間違い件数はゼロ件であった．

3 次元配筋モデルを作成したことによる効果は，施工段階における手戻り防止だけではない．従来の竣工図は，承諾図および協議図を基に発注図（契約図面）を修正したものであったが，本工事では施工性等を考慮して修正した配筋が 3 次元モデルに反映されている．そのため，BIM/CIM 活用工事の納品物となる 3 次元配筋モデルは，施工した鉄筋の 1 本 1 本の位置が正確に表現されており，これは完成後の維持管理において，非常に有益な情報であると言える．

また，作成した 3 次元配筋モデルから 2 次元の竣工図や鉄筋集計表を簡便に作成できる点も省力化に大きく貢献している．以上から，3 次元配筋モデルは計画・施工・維持管理の多様な建設生産プロセスにおいて生産性向上に寄与するものと考える．

## 6.　おわりに

鉄筋工事のより一層の省力化に向けて，3 次元配筋モデルから出力された鉄筋加工情報を加工機に引き継ぐことで，ヒューマンエラーが介在しない鉄筋の切断・曲げ加工の実現にも取り組んでいる．この取り組みにより，鉄筋工事における発注図の受領から，施工図の作成，鉄筋加工，現場施工までの一連のプロセスを変えていく．

**図-5** に示す従来フローでは，各プロセスで人が入力作業を実施する場面が多く，ヒューマンエラーが発生する可能性がある．ヒューマンエラーにより，図面間の不整合が生まれることもあり，この修正にも多くの時間を要していた．一方で，**図-6** に示す新たなフローでは，3 次元配筋モデルを作成した後は，必要な鉄筋加工図や竣工図は，3 次元配筋モデルから直接出力できるため，ヒューマンエラーの介在余地を無くすことができる．

現在，鉄道現場の躯体工事の一部で，新たなフローの試行を実施している．新たなフローを導入すると，元請会社だけでなく，設計コンサルタント会社や鉄筋組立業者，鉄筋加工業者を巻き込んだ鉄筋工事の流れの変革が必要となる．試行を通して，新たなフローを円滑に進めるために，取り組むべき課題を洗い出し，次の試行に繋げていく予定である．

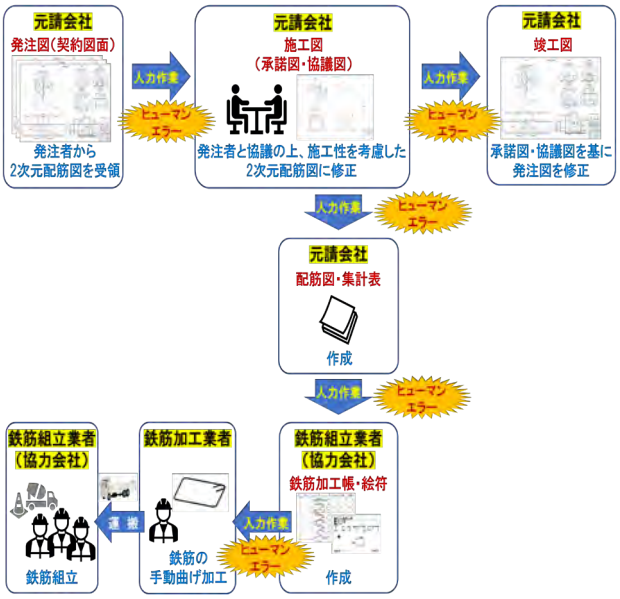



**図-5**　従来フロー（鉄筋工事）

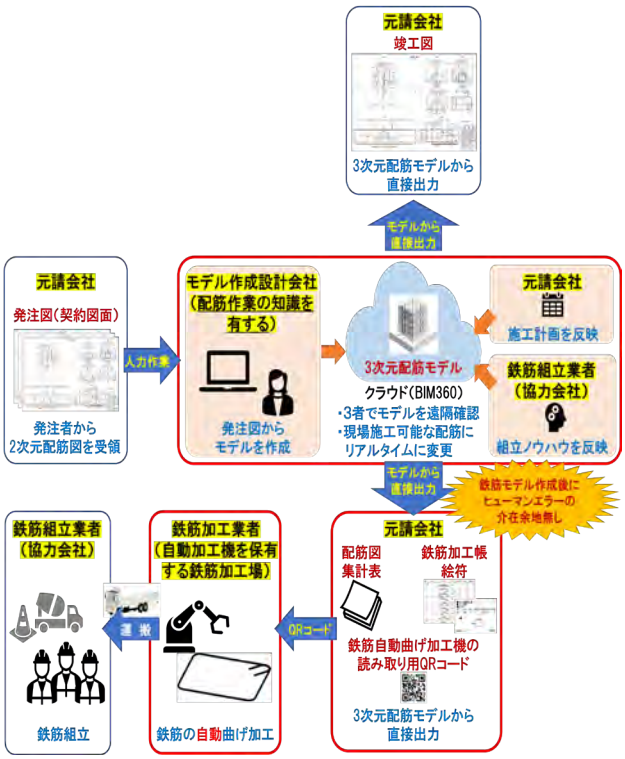



**図-6**　新たなフロー（鉄筋工事）