

# 3次元モデル（構造物）を導入した 施工事例

門脇 徹<sup>1</sup>

<sup>1</sup>株式会社フクダ 土木部

本稿は高規格幹線道路における橋台工に対して受注者希望型のBIM/CIM活用工事の適用を得て施工した事例を報告するものである。本稿内では、発注者との事前協議、施工までの3次元モデル作成、2次元図面に対する設計照査（数量・鉄筋の干渉等）への適用、施工時の効率性及び品質の向上、後工程での活用に向けた品質管理結果等の施工情報の付与等、そして納品までの事例を紹介している。また、筆者は構造物施工での3次元モデル活用に初めて従事したことから、その目線での工事全体の所感と今後の提言をまとめている。

キーワード：BIM/CIM, i-Construction, 3次元モデル, 橋台工, 施工の効率化, 見える化

## 1. はじめに

i-Constructionの取組が進み、例えば、UAVを使用した3次元測量、3次元設計データから算出する土量計算、GNSSを用いたICT機械施工及び出来形管理等は、筆者の周りでも土工事を中心に確実に標準化しつつあり、同時にその導入効果（施工の効率化・省人化、品質の向上）を実感しているところである。

今回は中国地方整備局発注の高規格幹線道路（山陰道）における橋台工に対して、受注者希望型のBIM/CIM活用工事の適用を得て施工した事例を紹介する。BIM/CIM活用を導入した当初の理由は、2次元図面ではイメージしにくい複雑な橋台の細部等を3次元モデルで理解しやすくすること、及び構造物施工への3次元モデル活用への挑戦であった。本稿では3次元モデル（構造物）の作成・施工・納品までの工事全体を通しての筆者の所感を含めながら事例紹介していく。

## 2. BIM/CIM活用までの流れ

BIM/CIM活用工事となるまでの発注者との協議等の流れ（特記仕様書に記載事項）は以下ようになる。

まず、施工するどの構造物がBIM/CIMモデルの対象なのかを確認し、3次元モデル作成の検討を行う。

その後、「BIM/CIM活用ガイドライン（案）」を参考に事前協議を行う。協議内容を（表-1）に、BIM/CIMモデルを活用して取組む「活用項目」を（表-2）に列挙する。なお、現在は（表-2）の活用項目のうち4項目以上を実施しなければならない。

そして「BIM/CIM実施計画書（案）」を参考に、協議結果を反映させたBIM/CIM実施計画書を作成する。施工時に設計変更等あった場合には、BIM/CIM実施（変更）

計画書も作成する。

最後に実施結果をBIM/CIM実施報告書としてBIM/CIMモデルとともに納品を行う。

表-1 事前協議内容

| 項目                 | 提案事項記載（例）  |
|--------------------|------------|
| ① 作成・更新するデータ       | 構造物モデル     |
| ② 3次元モデルの種類        | ソリッドモデル    |
| ③ CIMモデル作成・更新の対象範囲 | A2橋台       |
| ④ CIMモデルの詳細度       | 400        |
| ⑤ 付与する属性の情報        | シフト、品質管理情報 |
| ⑥ CIMモデルの活用項目      | 表-2 活用項目   |
| ⑦ ソフトウェア・リソースの種類   | 使用するソフト名   |

表-2 BIM/CIMモデルの活用項目

| 項目                                |
|-----------------------------------|
| ① 段階モデル確認書を活用したBIM/CIMモデルの品質確保    |
| ② 情報共有システムを活用した関係者間における情報連携       |
| ③ 後工程における活用を前提とする属性情報の付与          |
| ④ 工期設定支援システム等を連携した設計工期の検討         |
| ⑤ BIM/CIMモデルを活用した工事費等の算出          |
| ⑥ 契約図書としての機能を具備するBIM/CIMモデルの作成    |
| ⑦ 異なるソフトウェア間で互換性を有するBIM/CIMモデルの作成 |
| ⑧ BIM/CIMモデルを活用した効率的な照査           |
| ⑨ 施工段階におけるBIM/CIMモデルの効率的な活用方策の検討  |
| ⑩ BIM/CIMモデルを活用した効率的な監督・検査        |
| ⑪ その他                             |

本工事では、まず、対象として橋台工を選定した。次に、活用項目の選定のために3次元モデル活用の実現性・有効性を事前検証した。具体的には構造物本体・配筋の3次元モデル化が可能なのか、コンクリート・鉄筋等の設計照査に必要な数量が容易に確認できるのか等である。これらを踏まえてデータ作成に着手し、発注者との事前協議を経てBIM/CIM実施計画書を提出した。なお、本工事の発注年度時点では（表-2）の活用項目数について規定はなかったため、③属性情報の付与、⑧効率的な照査の2つを活用項目とした。

### 3. 3次元モデルの作成

今回の3次元モデルを作成するにあたり、橋台工本体モデルと鉄筋モデルに対して異なる3次元モデル編集ソフトを用いた。2つの編集ソフトを使用した理由は、橋台工本体モデルはフォーミング部、躯体部、翼壁部等各パーツに分けて作成することで容易に作成することができた（図-1）が、鉄筋モデルに関しては加工図にある各鉄筋を3次元化し、組み合わせる配置していく緻密な作業になったため、より作業に適したソフトを使用することとなった。鉄筋モデル作成には不慣れなこともあり、2～3週間程度の時間を要した。別のソフトで作成した鉄筋モデルだったが互換性があったため、橋台工本体モデルに合成させることができ、1つのデータとして使用することができた（図-2）。

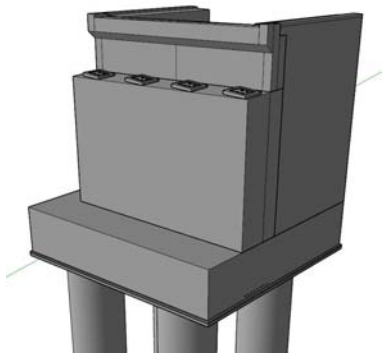


図-1 3次元モデル（橋台工本体）

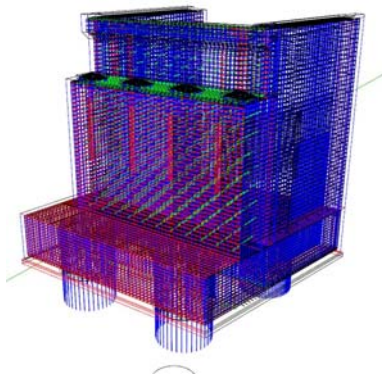


図-2 3次元モデル（鉄筋）

### 4. 3次元モデルの活用

作成した3次元モデルの活用事例について、（表-2）の活用項目に基づき紹介する。

#### (1) BIM/CIMモデルを活用した効率的な照査

まず、橋台工本体のコンクリート数量の照査から行った。これは前章でも述べた通り、各パーツ毎にモデルを作成していたため、その数量（体積）は編集ソフトの機能で容易に算出することができ、設計数量との差異もなく、効率的に照査ができた。

次に鉄筋の数量の照査を行った。ソフト上で加工図にある鉄筋名称毎に3次元モデルを作成しパーツ登録を行い、それを2次元図面の通りに配置する。そして作成した配筋データに登録した各パーツが何個あるかをソフト内の機能で集計し、数量の確認を行った。こちらも設計数量との差異はなかった。3次元モデルが完成している前提で判断すると、2次元図面を1つずつ確認する作業に比べ、断然効率的であった。

その後、完成した鉄筋モデルから、重なり合う鉄筋が無いのか干渉チェックを行った。本工事で確認された干渉箇所は、深礎杭のフープ鉄筋とフォーミングの下面鉄筋の干渉（図-3）と、支承アンカー箱抜と胸壁の鉄筋の干渉（図-4）の2点であった。この2点は以前から同様の工事で干渉することが多い箇所であり、2次元図面では同一の線でしか図示されないため事前の確認が困難であった。特に今回は支承アンカー箱抜と胸壁鉄筋が干渉しないように、2次元図面でも間隔を開けて図示されていたが、実際3次元モデルを作成してみると、フック状の鉄筋を掛ける位置や向きによって干渉することが確認できる等、3次元モデル活用の有効性を実感した。また、これらの干渉箇所に関して事前に発注者へ協議することで、作業に支障なく工事を進めることができた。

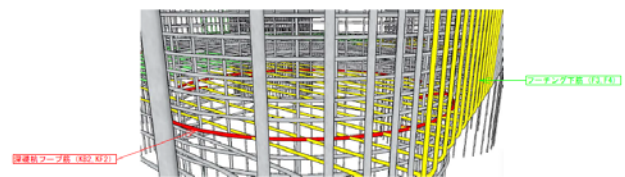


図-3 深礎杭とフォーミング部の干渉

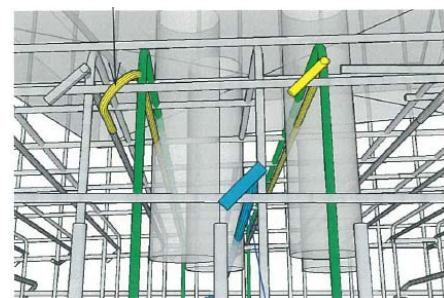


図-4 支承アンカーと胸壁部の干渉

## (2) 施工時の手戻り防止・安全管理教育への活用

鉄筋工での鉄筋組立では、3次元鉄筋モデルの活用により作業手順のイメージが湧き易く、作業前に管理職員と作業者との間で手順を確認する事により、組立ての手順間違いによる手戻りを防止することができた。

型枠工での型枠加工・組立作業では、従来の2次元図面では何枚もの図面を照らし合わせて、各箇所座標・標高・傾斜等を計算・確認し加工・測量を行う必要があった。また、2次元図面からの計算が困難な箇所は、実際に加工した型枠を組立てから現地で干渉部分を修正する作業を行っていた。しかし3次元モデルを活用することにより、任意の箇所座標・型枠形状等の情報が容易に取得でき、測量計算間違いの防止、型枠加工の精度向上と現地での加工手間の削減につながり、結果として精度の高い構造物を造ることができた。

安全管理の面では、橋台工本体モデルに現地の状況を組み合わせて作業形態図を作成し、足場の設置場所や資材ヤードの検討を行うと共に、近接する架空線が作業に支障にならないか等の「見える化」をすることで危険箇所の明確化を行った。また、現地の状況がわからない新規入場者への教育にも2次元図面ではイメージしづらい箇所の説明をすることで効果的な教育ができた(図-3)。

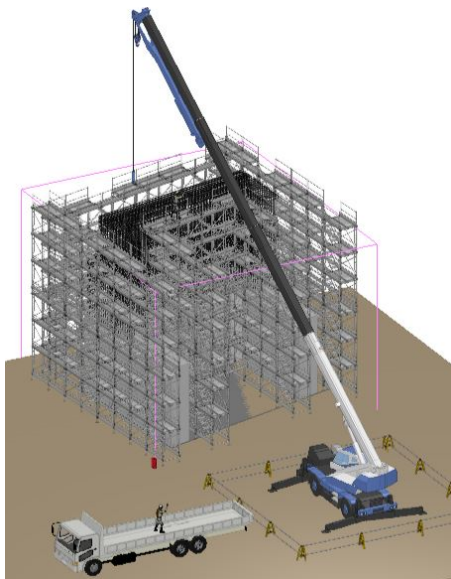


図-3 作業形態図

他にも3次元モデルのデータを3Dプリンターで読み込むことで、橋台本体工の石膏模型を作成した(写真-1,2)。パソコン等を使用せずに誰でも手に持って完成形を見られる模型は予想以上に評判も良く、特に現場見学会の際に建設分野の知識がない学生や地元の方への説明に、説得力と具体性が格段に増して非常に役に立った。やはり「見える化」というのは、言葉で説明するより何倍も理解しやすいと実感した。



写真-1



写真-2

3Dプリンターで作成した1/75模型

## (3) 後工程における活用を前提とした属性情報の付与

施工が完了し工事情報を納品する際、3次元モデルデータも一緒に納品する。その3次元モデルに施工者が施工時の記録を属性情報として付与することで、後工程の従事者でも施工情報を確認することができるようになる。付与する属性情報は最初の協議時に決定したものであり、今回は、①コンクリート打設手順図、②コンクリート品質管理資料、③鉄筋組立ての施工手順図、④鉄筋の超音波深傷試験結果、⑤鉄筋のミルシートとした。

これらの属性情報は、3次元ソフト内の属性情報の機能を用いれば、モデルデータに関連化して付与した別ファイルが開くようになっている。今回は打設箇所毎(フーチング1次, 2次, 堅壁・翼壁1次, 2次, 胸壁・翼壁, 台座)に区切って選択できるようにしたので、それぞれの箇所をピンポイントで確認することができ、多くの品質管理資料の中から探し出す手間は大きく省かれるものと思われる。(図-4)

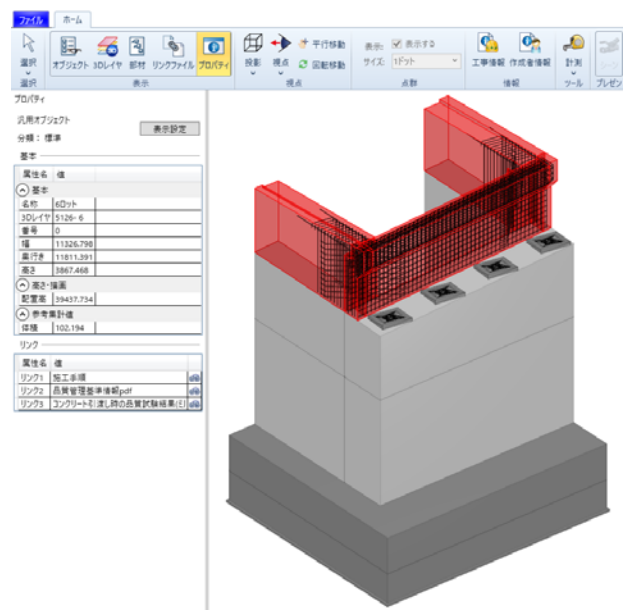


図-4 属性情報の付与



## 5. 実際に3次元モデルを活用し感じたこと

BIM/CIMの概念として、計画・調査・設計段階から3次元モデルを導入し、その後の施工・維持管理の各段階においても、情報を充実させながらこれを活用し、あわせて事業全体にわたる関係者間で情報を共有することにより、一連の建設生産システムにおける受発注者双方の業務効率化・高度化を図るものとある(図-5)。今回はBIM/CIM活用工事として3次元モデルを作成から活用・納品まで行ったが、施工者にとって3次元モデルの存在は、作業効率を非常に向上させるものとなった。

やはり、現場での施工はいかに完成形のイメージを正確に把握できるかが施工速度・施工精度につながる大きなポイントであり、逆にそのイメージが不十分だと施工途中に起こりえるトラブル(現地と設計寸法の違いや鉄筋の干渉等)への対応が遅くなったり、手戻りを起こしてしまうことになる。これは同じ内容の工事を何度も経験している者なら自然と身につくスキルであると思うが、そうでない者にとってはなかなか難しいものである。

3次元モデルにより「見える化」することで、経験が浅い技術者でも精度の高い構造物を造る事ができると思う。

一方で大変だった点としては、3次元モデルを作成するところである。初めてで不慣れさもあった為か、鉄筋モデル作成には想像以上に時間がかかってしまった。現在は3次元鉄筋モデルを作成するのに特化したソフトも出ていていると聞くので、モデル作成には筆者ほど手間はかからないと思われるが、BIM/CIMの概念で本来想定されているように、工事発注図として3次元モデルが渡されるようになると施工者の負担は大きく軽減されると思う。

また、今回の工事では付与する属性情報についてを発注者に対して提案及び協議して決定したが、実際に使用することが想定される維持管理において有益となる情報は施工者側では把握しきれない部分がある。今回は施工者の目線で付与できる情報を手探りで検討したところだが、一方で管理者の目線で付与すると効率化が図れる情報があれば、両方で事前に共有することで、BIM/CIMの概念にある建設生産システム一連の業務効率化・高度化を図ることができるようになると思う。

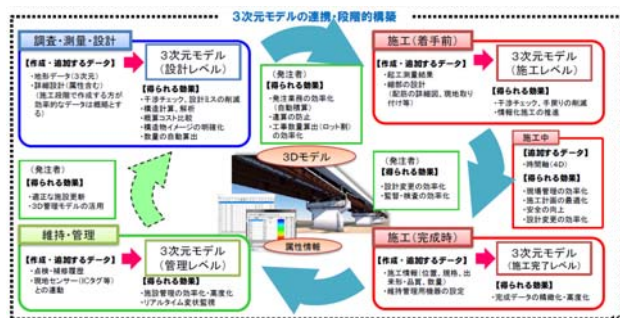


図-5 3次元モデルの連携・段階的構築

## 6. おわりに

3次元モデル(構造物)を導入した工事を始める前は、非常に難しく手間がかかるイメージを持っていたが、実際に活用してみると、作業の効率化・簡素化が図れ、結果的に精度の高い構造物を造ることができた。(写真-3, 4)

今回は紹介できなかったが、本工事内では盛土工に対してもUAV測量による点群データから作成した3次元モデル(土工)を使用し、土工量を算出する取組を行っていた。また、施工にもGNSSを用いたICT建設機械(MGバックホウ・MGブルドーザ・転圧管理システム搭載振動ローラ)を活用し、施工の効率化・省人化を図りながら作業を行うことができた。

このように3次元モデルを用いた施工を有効的に導入すれば、現在懸念されている技術者不足を補えたり、熟練でない経験の浅い技術者・オペレータが十分作業をしていける環境を作ることができると思われる。

最後に、今後益々BIM/CIMや3次元モデルの活用工事がより一層普及する事を切に願う。



写真-3 橋台完成(前面)



写真-4 橋台完成(背面)

謝辞: BIM/CIM活用による3次元モデル導入による施工にあたり、ご指導を賜った発注者及び3次元モデル作成にご協力くださった皆様にこの場を借りてお礼を申し上げます。