

橋梁詳細設計でのCIM活用事例

松山河川国道事務所 工務第二課技官
松山河川国道事務所 調査課長
松山河川国道事務所 調査課計画係長

吉川 豪
佐野 修
岡部 綾子

国土交通省では、建設産業全体の生産性向上を図り、魅力ある建設現場を目指す取り組みとしてi-Constructionを進めており、松山河川国道事務所でもICT施工などを実施しているところである。事業中の松山外環状道路空港線において、本線、ランプ等が近接し、施工時の干渉等が懸念される南吉田第一高架橋において実施した、CIMを活用した橋梁詳細設計の事例について報告する。

キーワード： CIM, PC橋, 3次元発注資料, 鉄筋干渉, 施工シミュレーション

1. はじめに

建設業では、現場技術労働者の高齢化等による離職や、若年層の就労離れにより、労働者不足が深刻化することが懸念されており、生産性向上が求められている。

CIM(Construction Information Modeling / Management)とは、調査設計段階から3次元モデルを導入し、施工・維持管理の各段階において連携・発展させることで、一連の建設生産システムの業務効率化や高度化を目指した取り組みである。

現場施工のコンクリート橋は、鉄筋や構造物の干渉、施工順序、重機と障害物との干渉等の照査不足により、

施工段階での手戻りが生じる事例が見受けられ、生産性を阻害する要因となっている。

そこで、CIMを用いた3次元データによる発注資料作成、鉄筋干渉照査や施工シミュレーションを実施した。

2. 対象橋梁

橋梁一般図を図-1に示す。その他の緒元は以下のとおりである。

路線名：一般国道56号松山外環状道路空港線

場所：愛媛県松山市南吉田町

橋梁名：南吉田第1高架橋（下り線）

橋梁形式：PC5径間連続中空床版ラーメン橋

橋長：142m

幅員：17.94m

床版：RC床版

鋼材：SD345

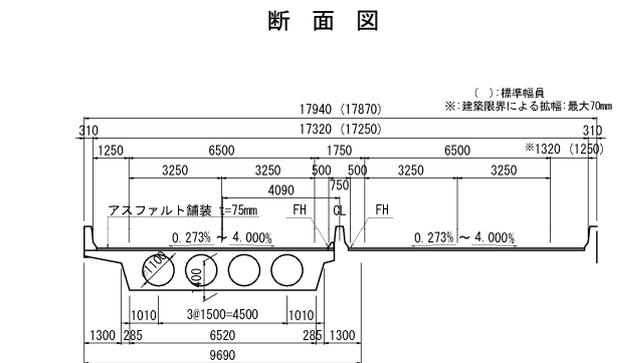
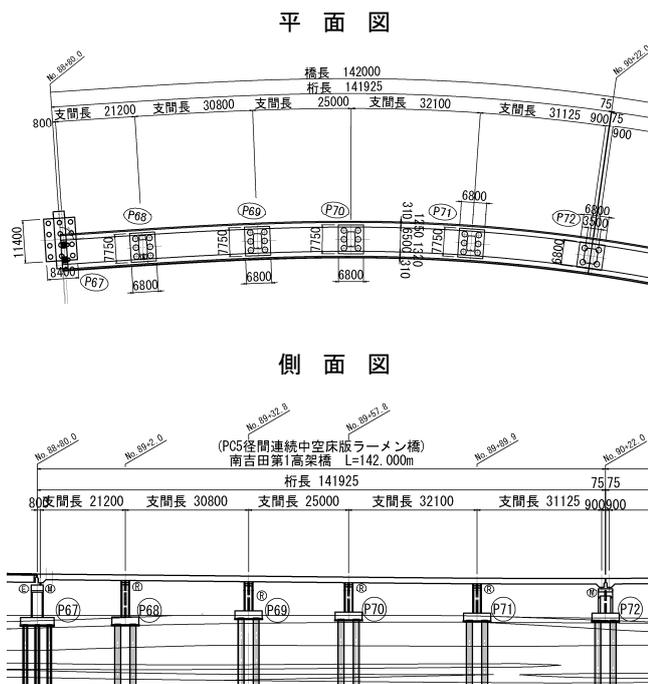


図-1 橋梁一般図

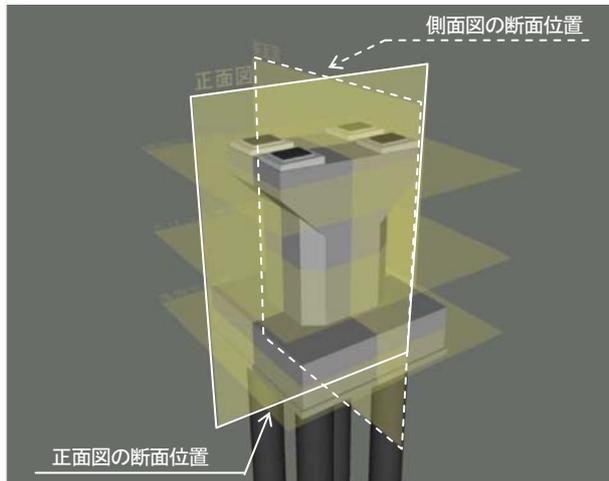
3. 3次元データによる構造図の作成

設計段階における3次元データは、従来の2次元図面を基に作成した。

工事発注資料には構造図が必須であり、主要断面の寸法情報等が必要となる。これらの仕様については「3次元モデル表記標準（案）H30.3国土交通省」に基づき3次元データの表記やビューポイントの設定を行った。

なお、3次元データにおける構造図は、現時点のソフトウェアにおいてビューポイント（断面）の設定は「直線」しか対応しておらず、上部工の様に平面線形で曲線やクロソイドを有する複雑な形状に対してはビューポイント（断面）を設定することができないため、橋脚で実施した。3次元構造図では、構造の主要断面をビューポイントに設定し、各断面を3次元で確認することが可能になる。（図-2）

【断面位置図】



【正面図】

【側面図】

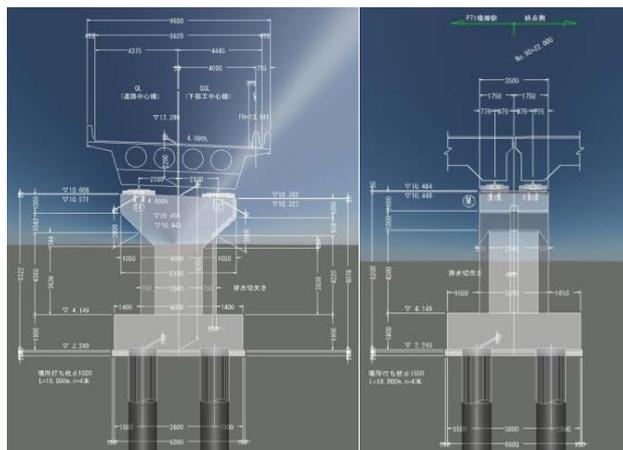


図-2 3次元構造図（P72の例）

4. 工事発注資料の作成

(1) 属性情報の付与

工事発注資料としては構造図の他に配筋図、材料の仕様及び数量が必要となる。今回配筋図も3次元データで作成を行っているが、配筋加工図においては図面作成要領が定まっていないため実施していない。材料の仕様においては属性情報に材料の仕様及び数量を持たせることとした。属性情報とは次元データに持たせる情報のことであり、その内容については決まったものは無く、検討により設定することとなっている。検討の結果、路線情報、材料毎の仕様、数量及び将来の維持管理を考慮して支承の反力の情報等を付与することとした。

なお属性情報は、データそのものを3次元データに直接付与する方法と、別に作成した属性情報一覧ファイルを開くためのリンクポイントを3次元モデルに付与する間接的な方法がある。P71橋脚において、配筋は直接付与のモデルを、その他の部材は間接付与のモデルを試行的に作成した。直接付与データのイメージは図-3、間接付与のリンクポイントイメージは図-4、間接付与の属性情報一覧表は表-1のとおりである。3次元モデルから、即座に材料の仕様や数量等の必要情報が確認できる。

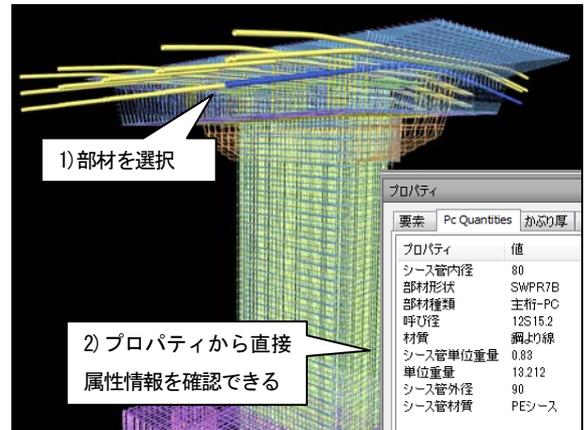


図-3 属性情報の直接付与

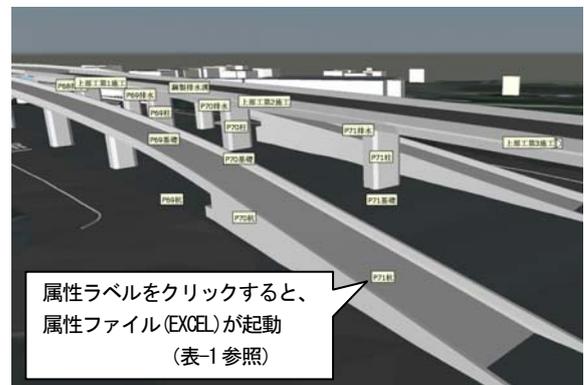


図-4 属性情報の間接付与とリンクポイント

ID	構造物名称	部材名称	鉄筋番号	規格(材質)	鉄筋径	単位質量 (kg/m)	一本当り質量 (kg/本)	質量 (kg)
P1	下部構造	P71	P1	SD345	D35	7.51	67.59	2163
P2	下部構造	P71	P2	SD345	D35	7.51	67.59	1081
P3	下部構造	P71	P3	SD345	D35	7.51	41.31	661
P4	下部構造	P71	P4	SD345	D25	3.98	19.90	318
P5	下部構造	P71	P5	SD345	D19	2.25	12.40	880
P6	下部構造	P71	P6	SD345	D19	2.25	12.31	135
P7	下部構造	P71	P7	SD345	D22	3.04	4.92	69
B 1	下部構造	P71	B 1	SD345	D25	3.98	26.90	108
B 2	下部構造	P71	B 2	SD345	D25	3.98	26.03	78
B 3	下部構造	P71	B 3	SD345	D25	3.98	25.11	201
B 4	下部構造	P71	B 4	SD345	D25	3.98	23.68	213
B 5	下部構造	P71	B 5	SD345	D25	3.98	8.97	108
B 6	下部構造	P71	B 6	SD345	D22	3.04	8.36	100
B 7	下部構造	P71	B 7	SD345	D22	3.04	5.59	22
B 8	下部構造	P71	B 8	SD345	D22	3.04	4.35	35
B 9	下部構造	P71	B 9	SD345	D22	3.04	9.76	59
B 10	下部構造	P71	B 10	SD345	D22	3.04	8.51	34
B 11	下部構造	P71	B 11	SD345	D16	1.56	9.67	58
B 12	下部構造	P71	B 12	SD345	D16	1.56	4.29	26
B 13	下部構造	P71	B 13	SD345	D16	1.56	2.67	21

表-1 間接付与の属性情報一覧表

(2) 数量の算出

3次元データにおける数量算出をP68橋脚で試行的に実施した。

3次元データはソリッドモデルとサーフェイスモデルがあり、ソリッドモデルは体積を算出できることから、コンクリート等の数量はソリッドモデルとする。3次元データによる数量算出は図-5のとおりである。ただし、ソリッドモデルは直接ソフト内で数量を算出するため、従来の様に計算式等による数量算出根拠が確認できない。今回は、従来方法における数量算出も行い、3次元データとの比較を実施した。比較の結果、3次元データによる算出数量と従来方法における数量は整合しており、妥当性を確認できた。

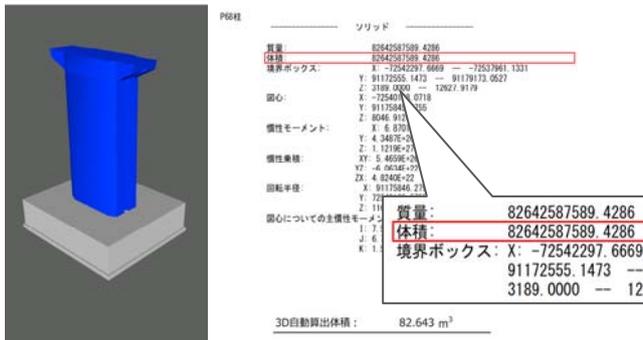


図-5 3次元データにおける数量算出

5. CIMモデルによる鉄筋干渉

施工段階における手戻り防止、生産性向上のため設計段階のフロントローディングの一環として、3次元データによる配筋干渉照査を行った。従来は部材毎の図面を見比べたり、重ね合わせたりして照査を行っていたため、照査の効率が悪く、確実性も低かった。今回は3D-CADで作成した3次元データを自動照査する機能を有したソフトを用いて各部材の鉄筋干渉照査を実施した。その結果、主に上部工の張出床版とPC鋼材の干渉や杭とフーチングの鉄筋干渉が確認された。上部工においては、張出床版の鉄筋を加工することで干渉を回避し、杭とフーチング

は干渉を避ける配置を見直した。以上の様な改善を設計段階で実施することで、施工段階における手戻り回避に役立てると考えられる。上部工における鉄筋干渉の照査結果と改善結果は、図-6、図-7のとおりである。

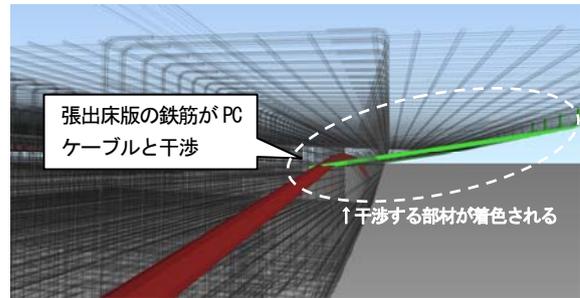


図-6 上部工の配筋干渉照査結果

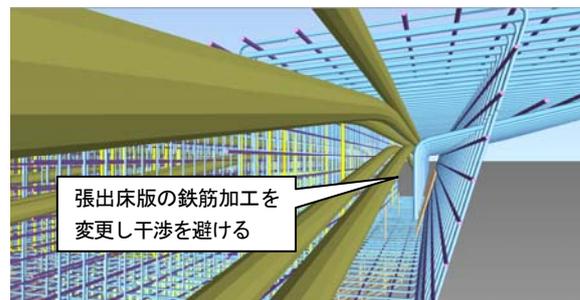


図-7 上部工配筋干渉改善状況

6. CIMモデルによる施工シミュレーション

(1) 施工シミュレーションモデル

南吉田第1高架橋は連続高架橋であり、起点側の本線橋やON・OFFランプに挟まれているため、施工ヤードが狭隘になることが懸念されるため、施工シミュレーションを用いて検討を行った。

施工シミュレーションは施工ステップと工程表を入力することにより、計画した重機や構造物施工状況を工程表どおりにアニメーションで表示する機能を有したソフトを使用した。これにより重機や仮設構造物の設置におけるヤード確認に加えて、複数の施工が行われるような施工現場において、時間の推移を考慮したヤードの確保状況や重機の錯綜等が、視覚的に確認可能になった。

(1) 施工シミュレーション確認結果

狭隘な施工ヤードになると懸念されたP68の重機配置や輸送車等の動きを施工シミュレーションで確認したところ、ONランプ上部工施工前に施工する必要があることが分かった。また、P69～P72についてもOFFランプと近接するが、上り線側をヤードとして活用することによって施工できること、また、そのために必要な土留矢板の打設が可能であることが確認できた。施工シミュレーションの状況は図-8～図-11のとおりである。

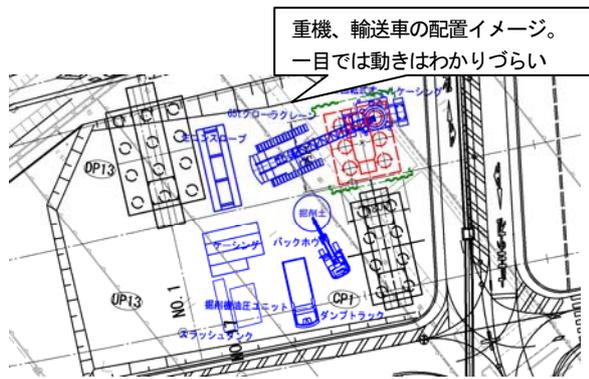


図-8 P68施工時の平面図 (2D)

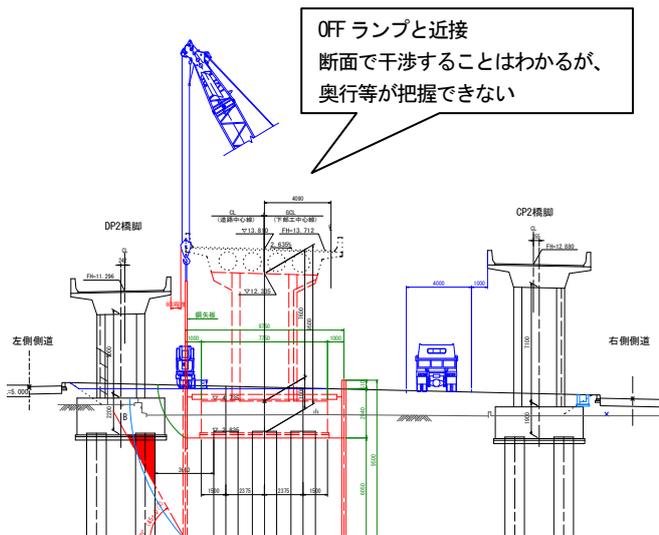


図-9 P69～P72下部工施工時の断面図 (2D)

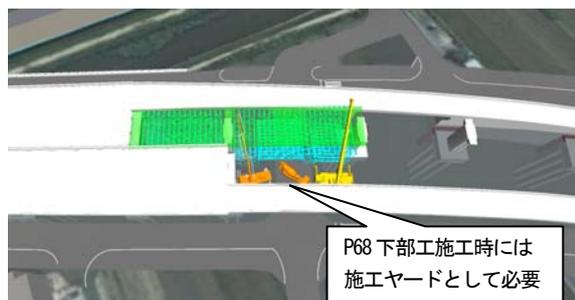


図-10 上部工施工のシミュレーション

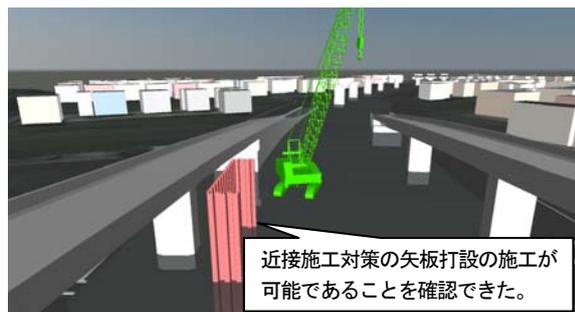


図-11 東垣生ランプ近接施工シミュレーション

7. まとめ

今回、設計段階におけるCIMを活用した3次元モデルの作成を行い、工事発注資料の作成、鉄筋干渉照査及び施工シミュレーションを実施した。

まず、工事発注資料において3次元モデル構造図と属性情報を組み合わせることで工事発注に必要な情報を準備でき、3次元モデルに属性情報をリンクさせることで構造物の形状、材料、仕様、数量を一元管理できた。

鉄筋干渉照査については、ソフトで自動的にもれなく照査できるため、設計段階の照査の効率化と照査の精度の向上が可能となる。

施工シミュレーションについては工程計画を踏まえた重機配置、施工ヤードの確認、近接施工の状況等を様々な視点場より確認でき、効率的かつ確認精度の向上が可能となる。

8. 今後の課題

工事発注資料作成について、上部工のような線形構造物に対し、3Dモデルから側面図を自動生成し構造図の作成は現段階では困難である。今後、複雑な線形構造に対応したシステム開発が求められる。

鉄筋干渉照査については、2D図面から3D図面を作成している。作成後の鉄筋干渉照査は非常に効率的であるが、2D図面から3D図面作成までの作業が発生しているため、設計計算ソフトから直接作成できるシステムとなることが望まれる。

施工シミュレーションについて、搬入路や重機配置、施工ヤードを確認するためには、重機の3Dモデルの精度向上が必要である。課題抽出には効果があるが、正確な機種決定などには、これらのパーツに対する技術開発が必要と考える。

全体としては、設計そのものの品質向上は図られるが、施工に関しては課題の事前抽出にとどまる。今後、施工や施工管理の合理化に繋がる他の技術と組み合わせた開発等が望まれる。

参考文献

- 1) 国土交通省：国土交通省における i-Construction と BIM/CIM の取り組みについて