

PC橋梁の施工段階におけるCIMの適用～長老沢3号橋～

大成建設(株)	土木本部土木技術部	正会員	○ 中 隆司
大成建設(株)	土木本部土木技術部	正会員	工修 太田 誠
大成建設(株)	土木本部土木技術部		北原 剛
大成建設(株)	長老沢3号橋上部工工事作業所		吉田 朋広

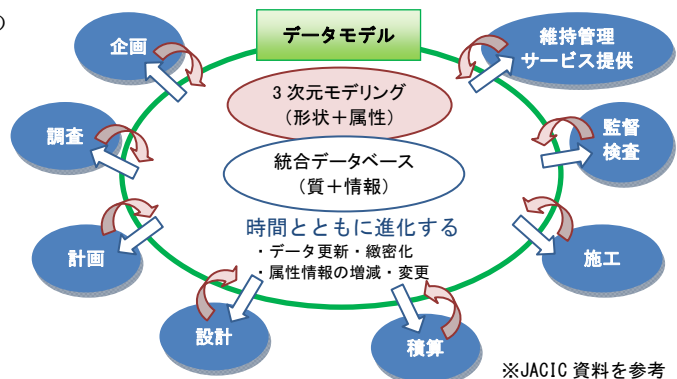
1. はじめに

2013年は、CIM元年と言われている。このCIM (Construction Information Modeling) とは、コンピュータ上の仮想3次元空間に対象の建設モデルを構築し、このモデルに建設事業の各段階(企画～維持管理)における種々の属性情報を付加し、建設事業の進捗とともに更新・成長する建設情報を一元的に管理・各機関で共有することにより、建設事業全体の生産性向上およびトータルコストの縮減を目的としたシステムである¹⁾。CIMの概念とその効果を図-1に示す。

国土交通省は2012年にCIMを土木事業に適用していくことを表明、「CIM制度検討会」を発足。同年下期に試行プロジェクトとして11件の設計業務を発注し、その効果を検証。さらに2013年度には施工段階におけるCIMの試行として、数件のプロジェクトの発注が予定されている。またJACIC(日本建設情報総合センター)が取りまとめる民間団体による「CIM技術検討会」もその実現に向けて検討を進めている²⁾。

筆者らは、CIM試行の対象モデルとして直線線形や等断面の構造物が選定されるケースが多い中、

曲線線形で断面変化を有するプレストレストコンクリート橋「東北中央自動車道長老沢3号橋PC上部工工事」を選定し、「施工段階におけるCIM」の可能性・適用性について試行調査を行った。ここでは、その調査結果を示すとともに今後の展望について考察する。



- 【期待される主な効果】
- ▶ 可視化 : 合意形成の迅速化や手戻り防止
 - ▶ 情報の高度利用 : ひとつのデータをさまざまな場所で活用可能
 - ▶ 設計の最適化 : 同時設計, データの一元化による不整合防止
 - ▶ 施工の効率化 : 情報化施工との連携, ミスロス防止
 - ▶ 維持管理の高度化 : 施工・維持管理記録の登録と検索

図-1 CIMの概念

2. 長老沢3号橋の概要とモデル

2.1 橋梁概要

本橋は、橋長201mの3径間連続PCラーメン箱桁橋である。本橋梁は、縦横断勾配、桁高変化(3~6m)を有するとともに、曲線橋で一部拡幅区間があるため、断面形状が1室箱桁から2室箱桁に変化している。架設工法は、移動作業車を用いた張出し工法である。橋梁一般図を図-2に示す。

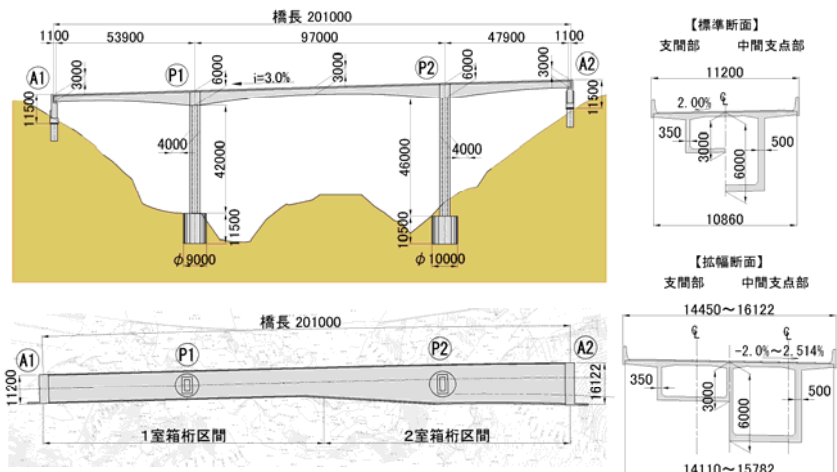


図-2 橋梁一般図

2.2 橋梁のモデリング

実際に行ったモデリングの手順を図-3に、完成後のモデルを図-4に示す。本橋は、前述した構造特性によりほとんどの部位が変化する構造である。このような構造のモデリングでは、直接3次元で行うことは難しく「2次元の図面」から「3次元モデル」を組み立てていかなければならない。多くの建築物のように柱・梁・スラブ・壁の部材から構成されており、それらの部材が幾何学的に垂直・水平・直角・グリッド配置されている構造であれば、それらを組み立てることで直接3次元モデルを作成することが比較的容易にできる。建築のBIM (Building Information Modeling) が、2009年頃から数年で定着してきたのは、このことも一因であると考えられる。一方、土木構造物は、対象が橋梁・トンネル・ダム・土構造などさまざま、その用途も道路、港湾、鉄道ほか多様である。また、土木構造物の特性としては、ほとんどの部位で勾配をもっている。したがって、今後CIMを定着させていくためには、これらの構造特性に対応したモデリング機能の開発が必要条件となる。

- 1) 橋面サーフェイスを作成 2) 2次元の断面図を挿入 3) ソリッドモデルを作成 4) 空隙部を定義

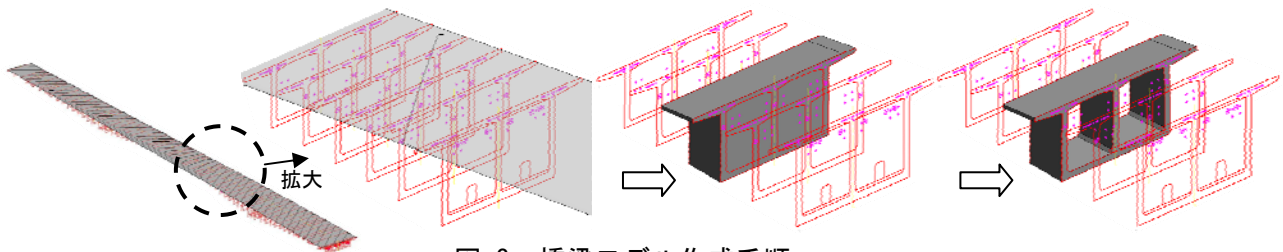


図-3 橋梁モデル作成手順

3. 使用したソフトウェア

米国でBIMのソフトウェアとして発展してきたAutodesk社製のRevit Structureを基本に表-1に示すソフトウェアを使用し、試行調査を行った。

4. 施工段階で実施した項目とその結果

試行調査を行った主な項目を表-2に示す。実施した項目のうち以下の3点について詳述する。

4.1 鋼材・付属物などの干渉チェック

(1) 配筋モデルの特性

作成した配筋モデルを図-5に示す。変断面の配筋の3次元モデリングでは、鉄筋の加工形状が変化するため1本1本鉄筋モデルを作成し、重ね継手のずれなども考慮しながら正確に配置していく必要があった。重量が軽いということを除けば、その手間は実物の配筋と同等もしくはそれ以上に時間を要した。また、実際の配筋作業において、現段階では2次元の図面を使用することが実用的であるが、現時点におけるソフトウェアの機能では、変断面を有する3次元土木構造モデルから2次元図面への出力は難しく、配筋をモデリング化することによる費用対効果は低いと考えられる。

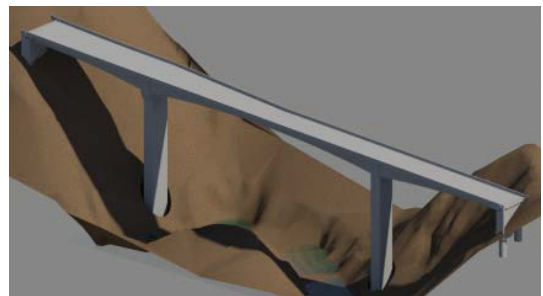


図-4 完成モデル

表-1 使用したソフトウェア

ソフト名	用途
Revit Structure	橋梁モデリング (躯体, 鉄筋, PC鋼材, 付属物), 属性情報付加, 可視化
Navisworks Manage	干渉チェック, 可視化
AutoCAD Civil 3D	地形のモデリング

※: いずれも Autodesk 社製品

表-2 試行調査項目

試行調査項目	
1	過密配筋となる端支点横桁における鉄筋, PC鋼材, 付属物 (支承ほか) の干渉チェック
2	施工段階におけるシミュレーション (移動作業車の組立て・解体時の検討, 移動作業車と地山の干渉検討)
3	柱頭部分割施工時のリフト計画およびそのコンクリート数量算出
4	維持管理を想定した施工管理記録の橋梁モデルへの登録
5	橋梁モデリングの検証など

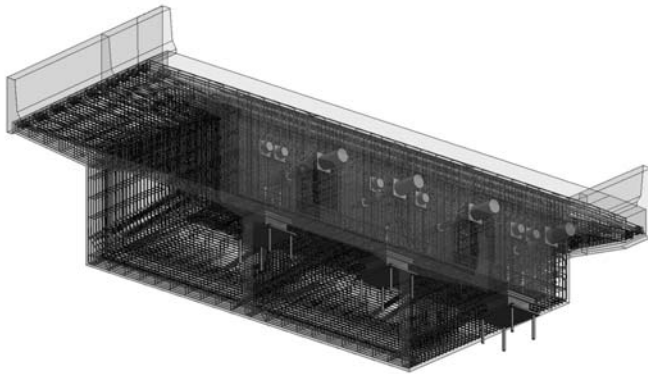


図-5 配筋モデル

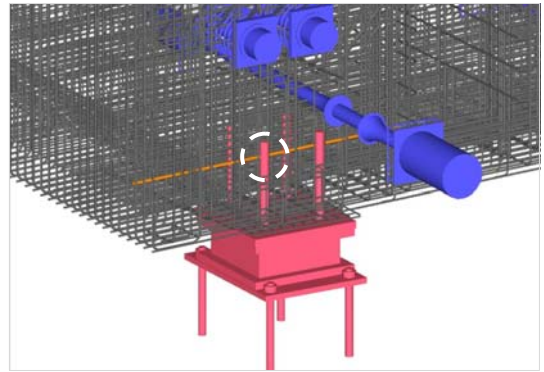


図-6 干渉チェック

(2) 端支点横桁の干渉チェック

現在行われている2次元設計では、主桁・横桁構造図と配筋図、PC鋼材配置図、支承・落橋防止装置配置図などが別々に作成されているため、着工前にこれらの図面を重ね合わせ、干渉チェックを行わなければならない。一方、3次元モデルでは上記の配筋モデルを作成すれば、Navisworksを使用することにより、システムが干渉している箇所をチェックし表示してくれる(図-6)。しかしながら、複数の干渉箇所をすべて満足する改善方法は幾通りもあり、どのように修正するのが最善策かは、技術者の判断に頼らざるを得ないのが現状である。よって、先に述べた配筋モデルの労力を鑑みると、この干渉チェックのためだけに膨大な時間を要して3次元配筋モデルを作成し、干渉チェックを行う効果は低いと言える。現状では、経験技術者が干渉しそうな箇所を限定しチェックするのが妥当と考える。遠い将来、構造細目を満足し、最適解で改善するような人工知能的な機能の開発が望まれる。

4.2 施工段階におけるシミュレーション

(1) 移動作業車組立て・解体時の検討

2次元の図面(正面図, 側面図, 平面図)でクレーン計画を行う場合、対象に対し斜めに配置されたクレーンを正確に計画することは難しい。そこで、3次元空間の橋梁モデルに対し、クレーンのブームの起伏・旋回などパラメトリック動作を定義し、シミュレーションすることにより移動作業車の組立て・解体時の作業半径でクレーンと橋体に干渉がないことを確認した(図-7)。

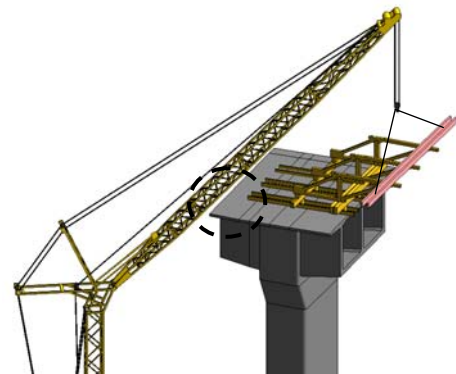


図-7 クレーンと橋体の位置関係

(2) 移動作業車と地山の干渉検討

本橋の橋台付近は急峻な斜面を有することから、移動作業車の下段作業台と地山との干渉が懸念されていた。そこで3次元モデルにより干渉範囲の特定を行い、下段作業台のリフトアップ量を決定するとともに干渉範囲の地山掘削量を最小限にした(図-8)。

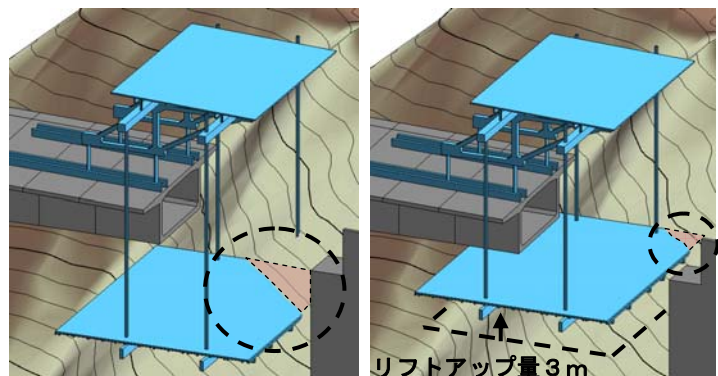


図-8 移動作業車と地山の干渉

4.3 維持管理を想定した施工管理記録の登録

完成時の竣工検査をCIMにより行うことを想定し、3次元橋梁モデルの部材や鋼材などにコンクリートの打設記録やPC鋼材の緊張管理記録、PC定着具の試験成績書などの電子データをリンクとして張ることで登録した(図-9)。CIMに登録されるデータ量は建設段階の進捗に伴って累積され、

維持管理段階でデータ量は最大になる。この累積されたデータを利用すれば、維持管理に必要な施工管理記録などを検索し閲覧するという「ポータルとしての利用方法」が有効で、昨今問題になっている土木構造物の老朽化に対する解決のひとつの有効な手段になると思われる。さらに、この3次元モデルに周辺環境の情報（気象情報、地盤条件、沈下情報、地下水位情報など）も加味することで、劣化の外的要因や経年変化について分析可能となり、補修方針を計画する際に役立つものと考えられる。

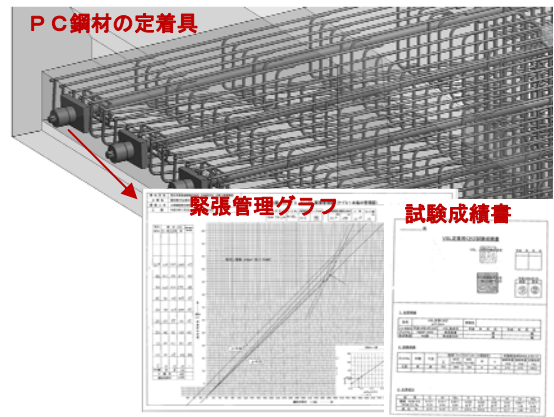


図-9 施工管理記録の登録

5. 調査結果のまとめ

上述した試行調査の結果を表-3にまとめる。

表-3 試行調査のまとめ

	試行調査項目		効果が認められた	効果が認められず、改良などが必要
1	過密配筋となる端支点横桁における鉄筋、PC鋼材、付属物の干渉チェック		・2次元図面と異なり、各部材が同一モデル上に存在するため、干渉を瞬時にチェックすることが可能。	・干渉チェックを行うための配筋のモデリングに要する作業量が膨大であるため、範囲を限定して行う必要がある。
2	施工段階におけるシミュレーション	移動作業車組立て・解体時の検討、移動作業車と地山の干渉検討	・3次元モデルでは、正面・側面・平面が連動しているため、相互の取合いを同時に確認することが可能。 ・3次元モデルによる可視化で、相互理解の促進とミスロスの防止が図れる。	とくになし
3	柱頭部分割施工時のリフト計画およびそのコンクリート数量算出		・等断面の部材など単純な形状であれば数量算出は容易である。	・部材を斜めに切断することが不可能であるため、任意の切断面を設定する機能が必要。
4	維持管理を想定した施工管理記録の橋梁モデルへの登録		・維持管理段階で、施工管理記録や過去の維持管理記録の検索、可視化を伴った閲覧が可能となる。	とくになし
5	橋梁モデリングの検証など		・直線線形や等断面などの比較的単純な構造物のモデリングは容易である。 ・モデルに属性情報を付加することにより、対象部材をクリックすれば材料情報などが得られる。	・断面変化を有する構造物および多様な土木構造物の特性に合った3次元モデリング機能が必要。 ・3次元モデルから2次元図面への出力やリンク機能が必要。 ・寸法線などの作図補助機能の充実。

6. 今後の展望

今回の試行調査により「CIMの潜在的な可能性」は見えてきた。しかし、現在のCIMソフトウェアが即戦力として施工現場ですぐに役に立つツールかという改良すべき項目もあると感じた。これらの課題の解決に向けて、例えば土木事業の各段階での実務を知った土木技術者による「CIMユーザーグループ」を結成し、改善事項をベンダーに要求していくことが重要であると思われる。

今後は、工程・コストまで拡張した試行を継続するとともに同時設計（コンカレントエンジニアリング）の試行と土木構造物別のCIMの適用について試行調査を行っていく予定である。

参考文献

- 1) 国土交通省 情報化施工推進会議 第10回会議 (平成24年8月7日) 資料3-2
- 2) JACIC (日本建設情報総合センター) CIM技術検討会 平成24年度報告 (平成25年5月)