

# i-Constructionの紹介

## Introduction of i-Construction



吉元 大介\*<sup>1</sup>  
Daisuke YOSHIMOTO



中垣内 龍二\*<sup>2</sup>  
Ryuji NAKAGAITO

### 要旨

i-Constructionは、調査・測量から設計、施工、検査、維持管理・更新までのあらゆる建設生産プロセスでICTを活用し、生産性を大幅に高める取り組みである。ここではi-Constructionの一環であり試行工事等で先行しているCIMを中心に、当社における取り組み状況と具体的な工事事例を交え紹介する。

キーワード：i-Construction, CIM, 3次元モデル, 生産性向上, システム開発

### 1. はじめに

国土交通省では平成28年を「生産性革命元年」と位置付け、人口減少に伴う労働力不足を上回る生産性の向上を目指しており、その取り組みの一つとしてi-Constructionがある。

i-Constructionは、調査・測量から設計、施工、検査、維持管理・更新までのあらゆる建設生産プロセスでICT技術を活用し、生産性を大幅に高める取り組みである。ここではi-Constructionの一環であり試行工事等で先行しているCIM (Construction Information Modeling / Management) を中心に、当社における取り組み状況と具体的な工事事例を交え紹介する。

### 2. 当社における取り組み

鋼橋における生産プロセスは工場製作と現場施工の大きく2つの段階に分かれる。

#### (1) 工場製作

工場製作では設計、原寸、部材製作、仮組立の順に行われ、当社では5年前から3次元モデルを活用したシステム開発を行い、業務の効率化や品質向上等を図ってきた。この間、新たに開発した主なシステムは以下のとおりである。

##### 1) 設計図面上に3次元モデルを作成

従来より主構造については原寸の製作情報システムを介して3次元モデルを作成しそのデータを用いて各種NC

機械にデータ連携することで工場製作の効率化を図ってきた。しかしながら、主構造単体の3次元モデルだけでは既設下部工との取り合いや下部工付きの付属物との干渉などの問題は解決できず、手戻りにより生産性を阻害することがあった。そこで最上流である設計照査段階で3次元モデルを作成することができれば更なる効率化が可能になると考え、「設計図面上に3次元モデルを自動作成するシステム（以下、Click3D（特許第5806423号、NETIS KT-140116-A）」を開発した（図-1）。

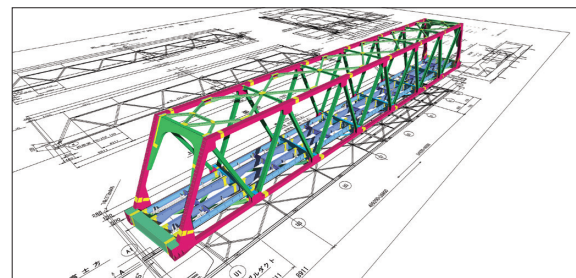


図-1 設計図面上に3次元モデルを作成

##### 2) 仮組立情報システム

製作情報システムで作成される3次元プロダクトモデルを基に、データベースを介して部材製作や仮組立で使用する管理帳票を自動出力する仮組立情報処理システム（以下、A-sys（NETIS KT-110055-VE））を開発した。詳しくは宮地技報28号を参照されたい。

\*<sup>1</sup> 千葉工場生産計画部生産情報グループグループリーダー

\*<sup>2</sup> 計画本部計画部橋梁計画グループサブリーダー

### 3) 出来形3D可視化システム

仮組立検査や完成検査では主桁毎に図表やグラフ（図-2）を用いて所定の出来形が確保されているかを確認しているが、全橋の出来形を直観的に把握したい場合がある。そこでA-sysの3次元モデルを計画値として、各種3次元計測機器と連携して得た実測値と比較し、誤差をコンター図として可視化するシステムを開発した。

図-3のコンター図は、その製作誤差を可視化したものである。白色は計画値と実測値が一致している（誤差がなかった）ことを示し、赤色は上側に、青色は下側に誤差が生じていることを表している。従来のグラフと比較して、桁間や全橋に亘る誤差の傾向を瞬時につかむことができることから異常値が発生した場合など、対策を早期に講じることができるものと考えている。

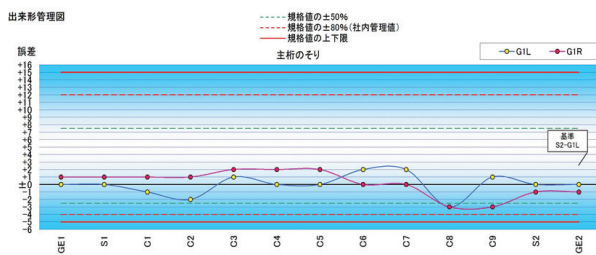


図-2 出来形管理グラフ（従来）

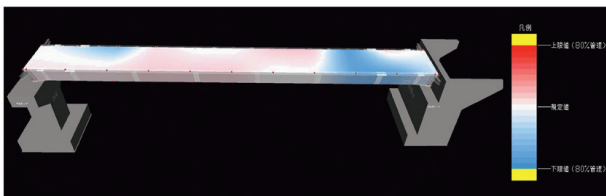


図-3 出来形3Dコンター

### (2) 現場施工

現場施工での取り組みとして、まずは施工計画部門にCIM関連ソフトを導入した。

現在、当社で保有している架設機材等をClick3Dなど使って3次元モデル化を進めており、3次元モデルの作成を通じて社内の技術者を育成しているところである。また導入したソフトを使って、CIMの試行工事ばかりでなく一般橋梁においても施工シミュレーション（図-4～図-7）を作成できるようにしていきたいと考えている。これは施工時の安全協議（図-8）や発注者や現地周辺住民との合意形成の場面で迅速な対応が求められるような際に、書類での説明より視覚的にとらえ

ることができるため、効果が期待できると考えているからである。



図-4 施工ステップ1（地形モデル）



図-5 施工ステップ2（ベント設置）

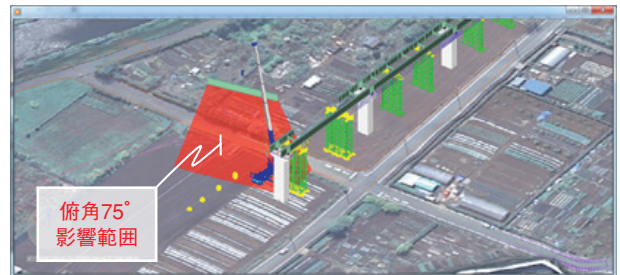


図-6 施工ステップ3（桁架設）



図-7 施工ステップ4（桁架設完了）

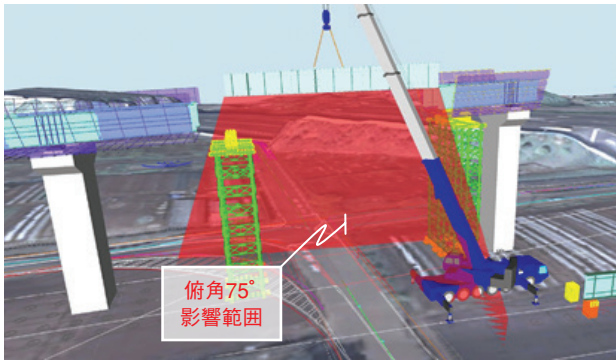


図-8 施工時の安全協議

### 3. 事例紹介

#### (1) 鋼単純開断面箱桁橋

##### 1) 3次元モデルの作成

本橋ではコンクリートエンジニアリングの手法を用いて、設計照査と原寸工程を同時並行で進め、部門間で情報を共有しながら最終的な3次元モデルを構築した。設計照査では発注図CADデータからClick3Dを用いて主構造や付属物、既設下部工を含めた全体モデル（図-9）を作成した。これは設計や施工上の大きな問題点を早い段階で発見し、発注者との合意形成を図り早期に問題解決を図るためである。原寸工程では製作情報システムを介して出力される詳細モデルを作成しておき、全体モデルの主構造部分を詳細モデルと入れ替えることで、発注図から変更した図面での干渉チェックや施工検討などをより精密に細部に亘って検討を行い、工程短縮や手戻り防止の効果を得た。

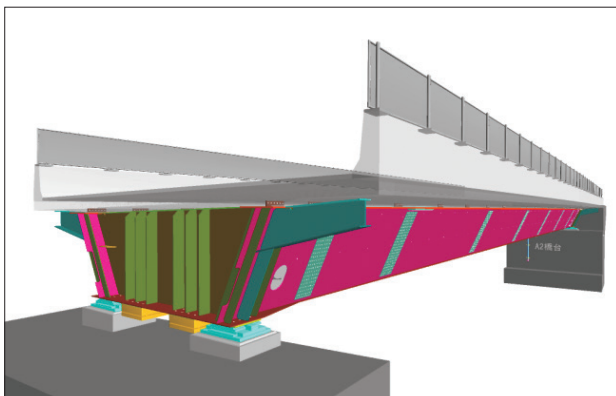


図-9 3次元モデル

##### 2) 3次元干渉チェック

設計照査・原寸段階で作成した3次元モデルを使って、排水系統・流末の整合性や干渉、マンホールの開閉確認（図-10）を行い問題の無いことを確認した。一方、工場製作段階（仮組立）では発見できない、現場施工の落橋防止ケーブルをモデル化したところ、干渉していること（図-11）が事前判明し、改良した。これにより再製作などの手戻りを予防することができた。

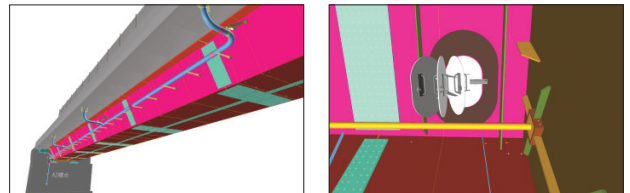


図-10 付属物等の干渉チェック

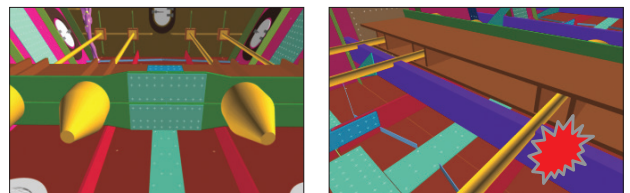


図-11 落橋防止ケーブルと横リブの干渉

##### 3) 維持管理・点検

将来の点検時シミュレーション（図-12）を行い維持管理・点検の導線、及び点検時の安全を確認した。その際、斜めウェブに設けられたマンホールについて、鋼製の蓋では重量が重く開閉に支障があると判断し、軽量のFRP製の蓋（図-13）に変更するとともに、斜めになっているマンホールに進入する際に不安定となる体を支えるための取っ手を追加で設置することで点検作業の安全性を向上させた。



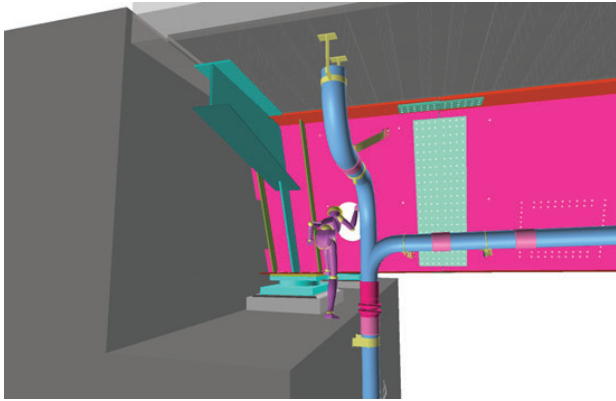
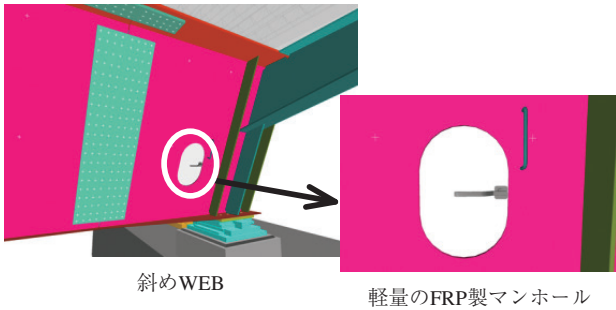


図-12 点検時シミュレーション



斜めWEB  
軽量のFRP製マンホール

図-13 点検時の構造改善

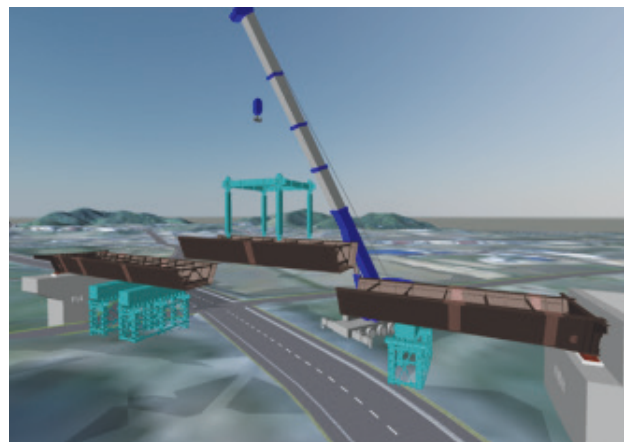
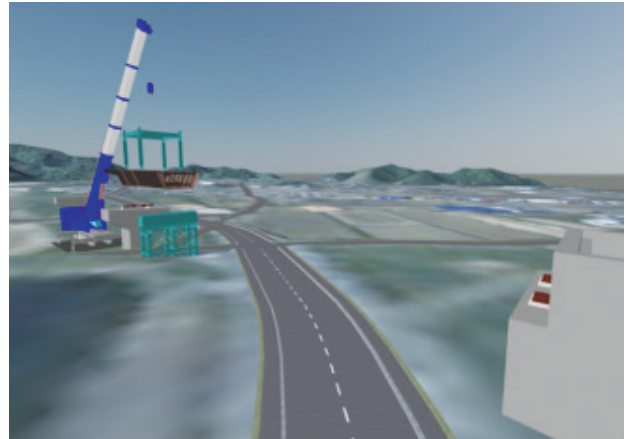


図-15 施工シミュレーション

#### 4) 施工シミュレーション

架設計画図（図-14）だけでは立体的な架設イメージが掴みづらいことがある。そこで橋体の3次元モデルに地形データを追加し、交差道路との位置関係を把握することで、発注者との協議等の時間短縮や施工ステップ毎の安全確認（図-15）を行った。

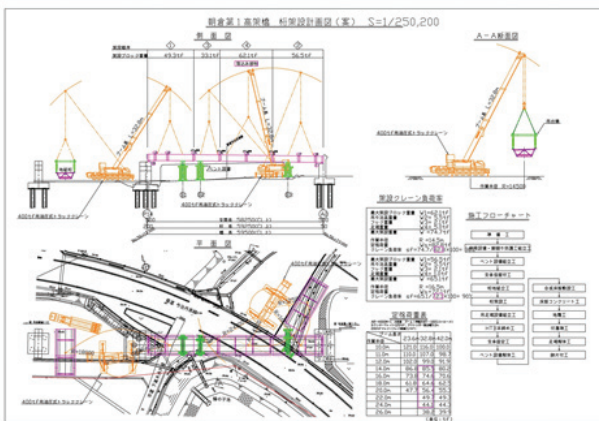


図-14 架設計画図

#### 5) 施工記録と維持管理の効率化

3次元モデルの部材に名称、材質、板厚などの属性を付加するとともに、施工記録として製作図面、仮組状況や架設状況など初期値の写真、不可視部の写真などの情報が関連付けてあり、簡単な操作でこれらの属性や施工記録を呼び出すことを可能にした（図-16）。この3次元モデルと属性情報を組み合わせたもの（以下、CIMモデル）を維持管理の点検作業時に携帯できる端末（パット型PC、モバイルPC等）に入れて現地に持ち込むことで、現場で初期値と現状との差異を確認することが可能となり、将来の維持管理の効率化に寄与できると考えている。

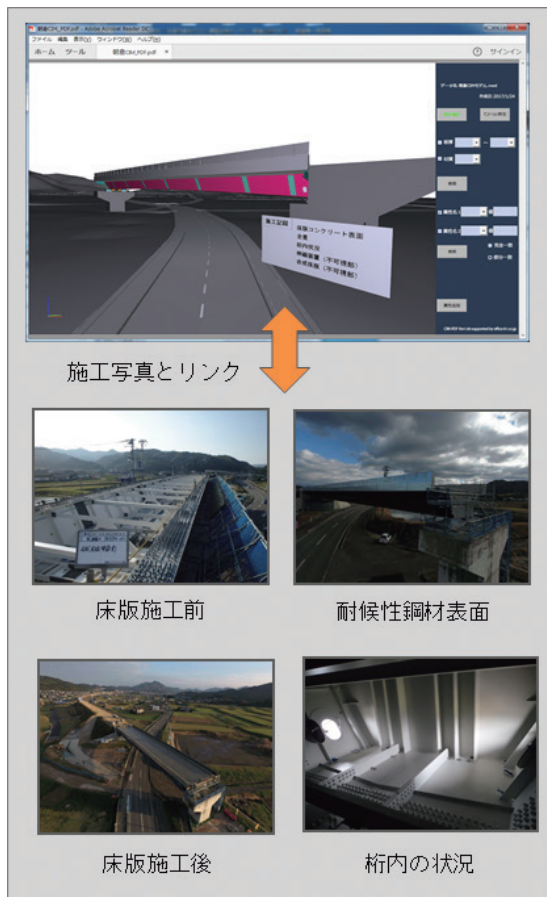


図-16 CIM-PDF

## (2) 鋼4径間連続単弦中路アーチ橋

本橋は工場製作段階であるが、現時点での取り組み状況と今後の予定を含めてその一部を紹介する。

### 1) 設計CIMモデルの利活用

本橋はCIMの試行工事であり、設計コンサルタントで作成した3次元モデル（以下、設計時CIMモデル）に追加・修正を行うことで工事施工中の利活用を図っていく予定である（図-17）。

具体的には設計時CIMモデルをもとに橋梁部材の肉付け等をおこない目的別に全体モデルと詳細モデルに分け施工時CIMモデルを完成させた。全体モデルは現場架設の施工計画や景観検討などに、詳細モデルは干渉チェックや製作段階の検討に用いている。

### 2) 3次元干渉チェック

アーチ橋のスプリング近傍は構造が複雑で狭隘部も多いため、「詳細モデル」を用いて付属物との干渉チェックや作業性の確認等を行っている（図-18）。

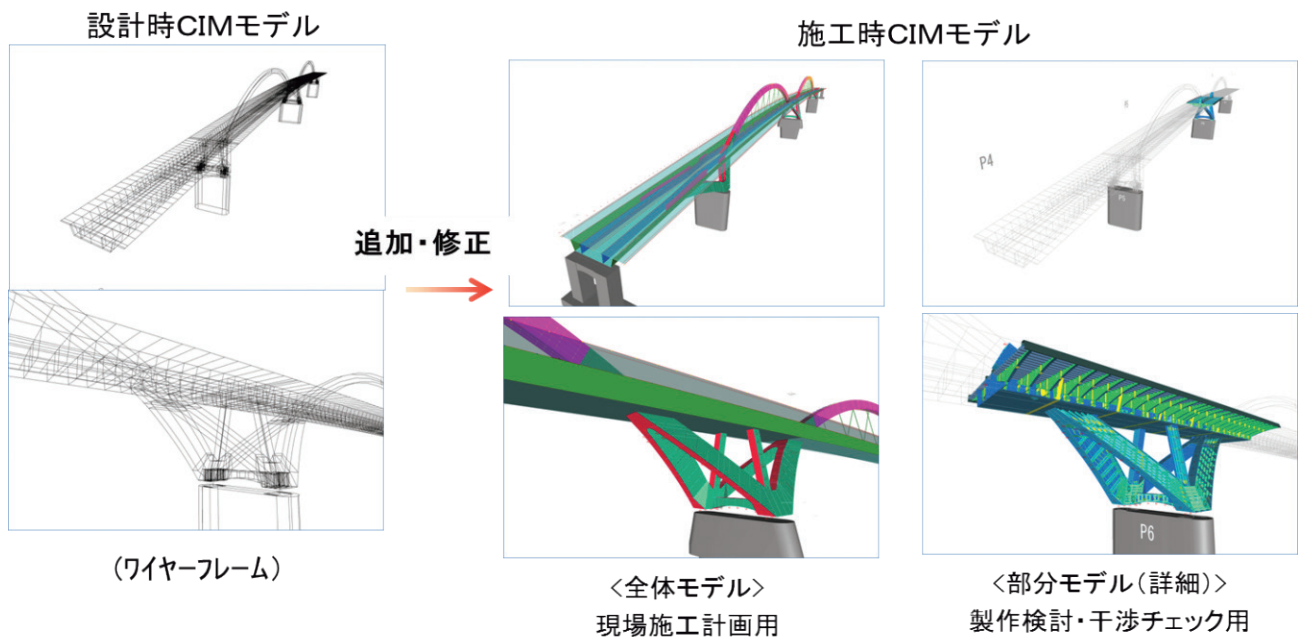


図-17 設計時CIMモデルの利活用

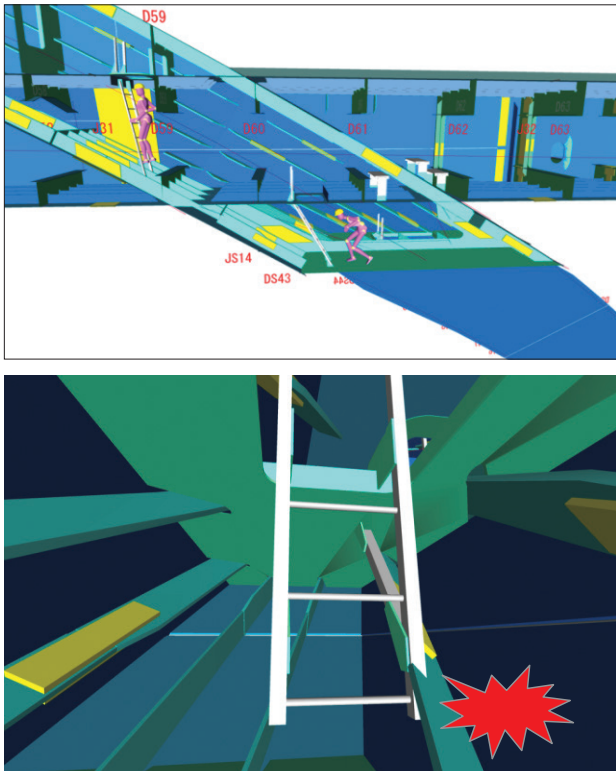


図-18 付属物等の干渉チェック

組みが複雑であるため、2次元図面に加え干渉チェックと同じく「詳細モデル」を用いて、製作着手前に施工困難を抽出して発注者との合意形成を図っている。

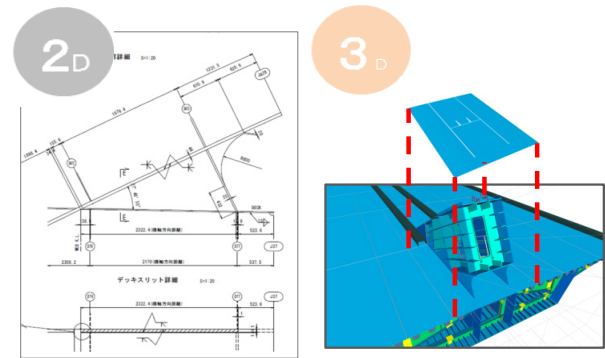


図-19 施工検討（工場製作）

### 3) 施工計画①（工場製作）

アーチリブと補剛桁との交差部（図-19）は特に板

### 4) 施工計画②（現場架設）

橋体の3次元モデルに地形や下部工、架設設備を加えた全体モデルを作成した。これに施工ステップ毎の工程を紐付けた4D施工シミュレーション（図-20）により施工の流れを可視化することで架設中の課題や安全性に関する検討を進めている。

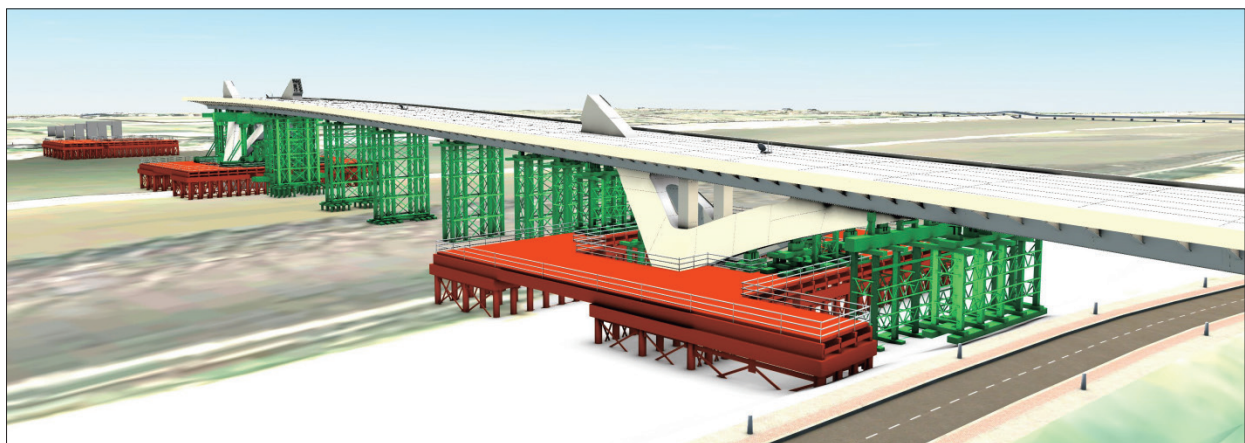
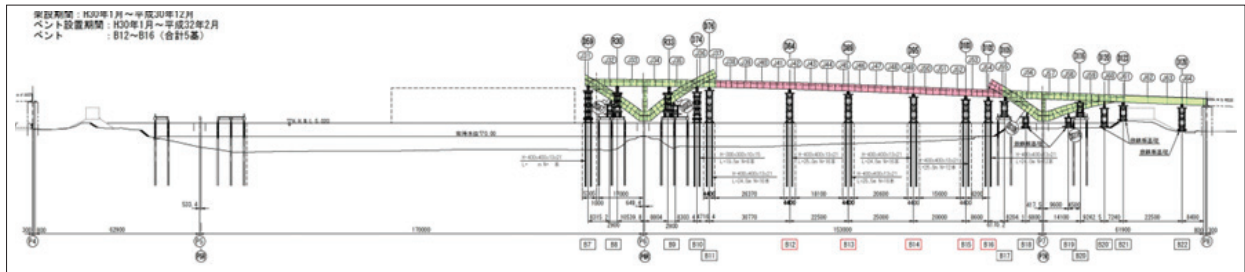


図-20 4D施工シミュレーション



#### 4. 現状の課題と今後

具体的な業務を進めていく中でいくつか課題が明らかになってきた。主なものは以下のとおりである。

##### (1) 技術者の育成

3次元モデルはより身近なものになっているが、3次元モデルを作成し効果的に利用できる技術者はまだ少ない。CIMを普及させ発展させるためには社内の人材育成はもとより、社外も含めた裾野の拡大が求められる。

##### (2) 費用対効果

CIM試行工事では、ミスや手戻りの減少や設計照査の省力化、単純作業の軽減など所定の効果は得られるものの、受注後に3次元モデルを新たに作成することによる時間増、新技術導入に伴うハードやソフトの追加費用や業務途中における試行錯誤による手戻り等、現時点での費用対効果は決して高くはない。

今後はフロントローディングが進み、事例2のようなコンサルタント設計段階で作成した3次元モデルの利活用が進むこと、また発注段階で情報連携に関する仕様がさらに整備されることを期待している。

##### (3) 維持管理

社会インフラの維持管理・更新におけるCIMの大きな

役割は、調査・計画から維持管理までの情報の連携であろう。設計・施工段階で蓄えた膨大な情報を如何に整理して、将来の維持管理・点検に現場のニーズに合ったCIMモデルとして引き継げるかが課題である。

#### 5. おわりに

国土交通省は昨年に続き平成29年を生産性革命「前進の年」と位置付け、CIM導入ガイドラインの策定など、i-Construction関連プロジェクトの具体化を進めている。

鋼橋業界では既に機械化された工場製作ラインがあり、課題で挙げた設計コンサルタントから施工者への3次元データの連携・ルール化が進めば、システム開発も容易になり大幅な生産性向上が期待できる。また、直接的な製作や施工の効率化だけでなく、現地の品質検査や立会い検査などに携帯端末を導入し、施工管理の省力化を図るなど間接部門における生産性向上についても社内ワーキンググループで検討しているところである。

以上のように課題や検討すべきことは多いが、これまでの常識にとらわれず、他業種で使われているICT技術を積極的に取り込むなどして技術の統合・融合を図り、施工の安全性や生産性向上、将来の維持管理の効率化に向け、さらに取り組んでいきたいと考えている。

2017.1.10 受付

#### グラビア写真説明

##### 横浜港臨港道路南本牧ふ頭本牧線（1・2工区）高架橋上部工事

横浜港、阪神港が、改正港湾法の施行により国際コンテナ戦略港湾となり、南本牧ふ頭では大規模コンテナターミナルの整備を行っています。南本牧ふ頭地区への陸上からのアクセスは現在1ルートのみであり、本工事が該当する横浜港臨港道路南本牧ふ頭本牧線が完成する事で、効率的な物流機能の確保、代替道路としての機能、沿道環境改善としての効果が期待されます。本工事の現場架設はトラッククレーンベント工法であるが、現場で確保できるヤードが非常に限られており、桁の一部は隣接する三菱重工業横浜作業所のヤード内で地組を行い、夜間自走多軸台車を用い現場に運搬し架設を行いました。架設場所の下を通る市道52号線は、日交通量約9,000台の重交通路線であり、また沿道には、大型トレーラーが多数出入りする物流企業が多く立地する事から全面通行止め、片側交互通行と規制タイプを細かく変更し、桁架設の全てを夜間の限られた時間帯に行いました。

(伊藤 浩之)