

i-Construction への取り組み事例

Report Cases of Productivity Improvement by Promoting i-Construction

藤原 祐一郎*1 若林 宏彰*2 秋田 満留*2
Yuichiro Fujiwara Hiroaki Wakabayashi Mitsuru Akita
大槻 文彦*3 牛嶋 浩一朗*4
Fumihiko Ohtsuki Koichiro Ushijima

要旨

国土交通省が掲げる i-Construction は「生産性革命元年」として 2018 年にスタートし、翌 2017 年は「前進の年」、2018 年は「深化の年」として取り組みが加速されてきた。これまでの 3 年間で踏まえ、4 年目の 2019 年は「貫徹の年」と名付けられ、取り組み内容の一層の高度化とさらなる充実が図られている。このような背景の中、本報告では、国土交通省東北地方整備局発注の一関遊水地舞川水門新設工事と国土交通省近畿地方整備局発注の名塩道路城山トンネル工事に係る技術協力業務 (ECI 方式) の 2 工事における i-Construction への取り組みを中心に報告する。また、最後にその他の工事での ICT の活用事例についても報告する。
キーワード : i-Construction BIM/CIM 3次元モデル

1. はじめに

国土交通省では、「ICT の全面的な活用 (ICT 土工)」等の施策を建設現場に導入することによって、建設生産システム全体の生産性向上を図る i-Construction を推進している。その中で、全ての建設生産プロセスにおいて ICT や 3 次元データ等を活用し、2025 年までに建設現場の生産性を 2 割向上させることを目指している。そのため、ICT 活用工事での実践を踏まえた課題への対応や、さらなる効率化をもたらす新技術に対応するため、基準類の新設・改訂と対応工種の拡大も進められている。

本報告では、国土交通省東北地方整備局発注の一関遊水地舞川水門新設工事と国土交通省近畿地方整備局発注の名塩道路城山トンネル工事に係る技術協力業務 (ECI 方式) の 2 工事における i-Construction への取り組みを中心に報告する。また、最後にその他の現場での ICT の活用事例についても報告する。

遊水地は市街地を洪水から守る周囲堤と中小洪水時に遊水地内への氾濫を防止する小堤からなり、第 1・第 2・第 3 の 3 つの遊水地で構成されている。

第 1 遊水地の大林水門本体は 2016 年、第 2 遊水地の長島水門本体は 2017 年に完成している。本工事は第 3 遊水地の舞川水門を構築するものである。

水門完成予想図を図 1 に、本工事の工事概要を表 1 に、水門縦断面図を図 2 に、水門正面図を図 3 にそれぞれ示す。

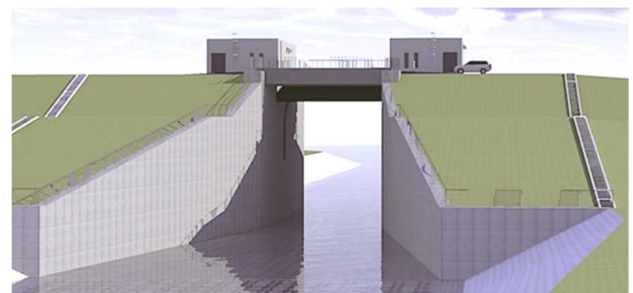


図 1 水門完成予想図

表 1 工事概要

工事名	一関遊水地舞川水門新設工事
発注者	国土交通省東北地方整備局
施工者	株式会社鴻池組
工事場所	岩手県一関市舞川地内
工期	2017 年 8 月 11 日～2020 年 3 月 12 日
工事内容	水門本体 : 幅 45～60m×長さ 109m×高さ 23m (コンクリート : 24,929m ³ 、鉄筋 : 2,617t) 場所打ち杭 : 205 本、遮水矢板 : 600 枚、 地盤改良 : 1,302m ³ 、掘削 : 32,200m ³ 、 築堤盛土 : 102,200m ³

2. 一関遊水地舞川水門新設工事

2.1 工事概要

北上川の中流部・岩手県南部に位置する一関・平泉地区は、その地理的特性から古来より水害に悩まされており、1947 (S22) 年のカスリン台風および 1948 (S23) 年のアイオン台風の洪水による大災害に見舞われ、この水害を契機に一関遊水地が計画され、1972 (S47) 年に事業着手された。

*1 技術本部 技術企画部 *2 技術本部 土木技術部 *3 大阪本店 土木部 *4 東北支店 土木部

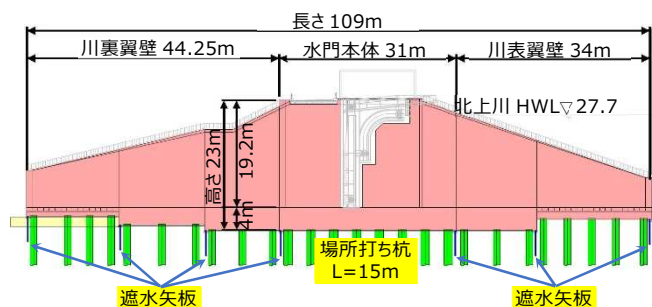


図2 水門縦断面図

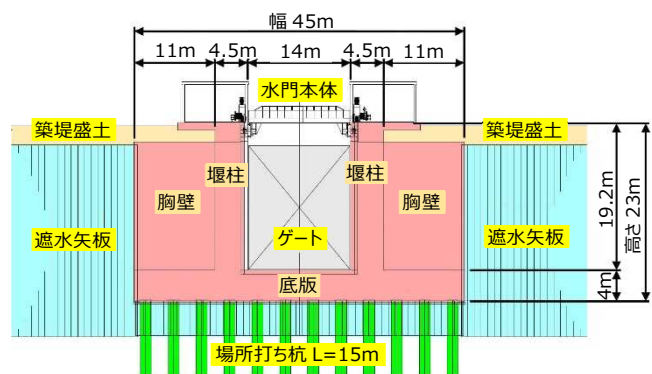


図3 水門正面図

杭頭モデルを作成した。場所打ち杭の施工誤差を考慮して杭頭モデルのサイズは設計寸法に半径+10 cm、高さ+20cmとした。ICT 建設機械用の3次元設計データはLandXML形式のSurfaceデータであるため、三角形の集合で表現されるTIN (Triangulated Irregular Network) を作成できるように杭の形状は円柱では無く八角柱とした。ICT 建設機械用の3次元設計データを図4に示す。

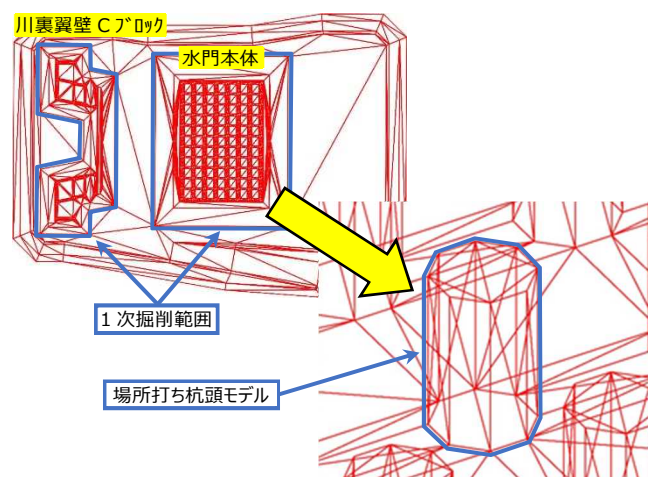


図4 ICT 建設機械用の3次元設計データ

2.2 ICT 土工

本工事は ICT 活用工事に指定されており、築堤盛土を対象とした ICT 土工を行う計画となっている。また、水門本体掘削においては掘削の効率化、杭頭鉄筋の損傷防止を目的に当社独自の提案で、ICT 建設機械を用いた掘削を採用した。本工事で適用した ICT の活用内容を以下に示す。

2.2.1 3次元起工測量

本工事の起工測量については、地上型レーザースキャナ(以下 TLS) を使用した。TLS 測量状況を写真1に示す。



写真1 TLS 測量状況

2.2.2 3次元設計データの作成

設計図書から3次元設計データを作成した。ICT 建設機械用3次元設計データには、掘削面に加えて場所打ち杭の

2.2.3 ICT 建設機械による掘削

ICT 建設機械のひとつである MC (マシンコントロール) バックホウにより基礎の床付け掘削を行った。MC バックホウとは、3次元設計データとマシンの位置情報を基に設計どおりの形状に掘削をコントロールするバックホウである。今回は直接目視出来ない場所打ち杭頭部周辺も MC バックホウによって掘削することで、杭頭部の損傷防止や作業の効率化を図った(写真2、3)。MC バックホウの導入により、安全で正確な管理が実施可能となった。さらに丁張り等の作業も削減でき、掘削に要する日数を2割短縮した。



写真2 MC バックホウによる杭頭周囲の掘削状況



写真3 MCバックホウ運転席モニタ

2.3 施工管理における ICT の活用

2.3.1 電子小黑板

本工事では、デジタル工事写真の小黑板情報電子化対応ソフトウェアであるルクレ社製の「蔵衛門 Pad」を利用して、デジタル工事写真の小黑板情報の電子化を行っている(写真4、5)。「蔵衛門 Pad」は防塵・防水対応の専用タブレットで、現場で撮影した後、事務所のパソコンに接続すれば写真は工事黒板ごとに自動で台帳に振り分けられる。さらに、工事黒板に記入された文字はそのまま台帳に反映されることから、「蔵衛門 Pad」の活用は写真管理の作業効率化に大きく寄与している。「蔵衛門 Pad」は現場で3台導入しており、iPad版のアプリも1台に導入している。



写真4 タブレット撮影状況



写真5 撮影イメージ

2.3.2 Webカメラ

本工事では現場事務所で現場状況を確認できるように、現場にWebカメラを7基設置している。その内、1台はネットワーク経由でズーム・パン・チルト機能を有している(写真6、図5)。現場事務所だけでなく発注者事務所や社内関係者が共有・確認できるようにしており、現場までの移動時間削減や負担軽減に繋がっている。



写真6 現場のWebカメラ設置状況



図5 現場事務所モニタ表示画面

2.4 検査対応における ICT の活用

現場では、ウェアラブル端末を用いた検査(段階確認、立会い)を試行中である。ウェアラブル端末は富士通社製のヘッドマウントディスプレイを使用している(図6)。本端末は防水・防塵対応であり、かつ、ヘルメットやメガネを同時に装着可能となっている。通信ソフトはジャパンメディアシステム社製のWeb会議システムLiveOn(ライブオン)を使用した。インターネットへの接続には、現場内のWi-Fiを経由して光ファイバー回線を利用した。

検査官は発注者事務所に設置した端末でカメラの画像を

確認し、ウェアラブル端末を着用した現場職員に音声や画面を通して検査箇所を指示し、送られて来た画像を拡大することにより検査を行っている(写真7、図7)。このシステムの利用により、発注者は現場臨場の手間と時間を削減でき、現場職員は待ち時間が削減されるなど、作業効率化による生産性向上につながっている。



図6 ウェアラブル端末



写真7 現場での検査状況



図7 事務所端末画面

2.5 BIM/CIMの活用

本工事はCIM活用工事(発注者指定型)であり、施工時の生産性向上を目的として、CIMモデルの活用を実施している。

2.5.1 属性情報の付与

水門本体の3次元モデル(図8)を作成し、コンクリート打設記録等の属性情報を付与している。3次元モデル内でコンクリート品質情報等を一元管理することによって、データの整理・閲覧が容易となり、品質管理の効率化に寄与している。また、これらのデータは維持管理の段階での活用が可能となる。

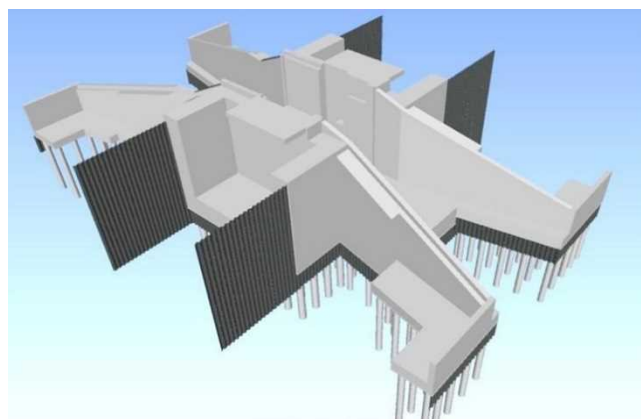


図8 水門本体の3次元モデル

2.5.2 施工段階を見据えたCIMモデル構築

複雑で密な配筋になる場所打ち杭を含む水門本体底版と堰柱との接合部の鉄筋をモデル化し、鉄筋干渉チェック(図9)や組立て方法の打合せに活用した。3次元モデルで事前に複雑な配筋の状態が確認できるため、組立て作業の品質の確保と手戻り防止に寄与できた。

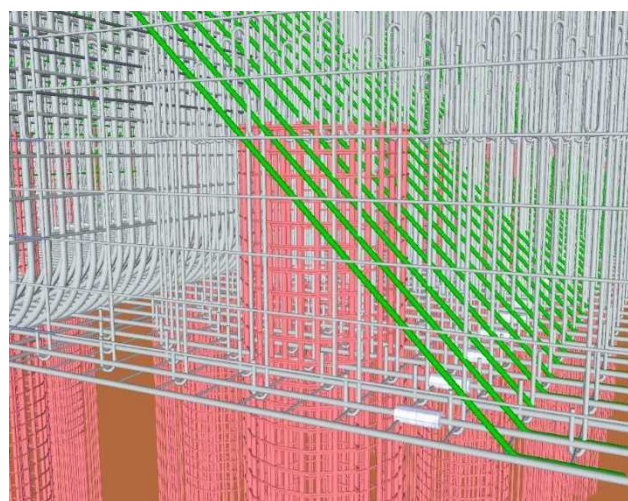


図9 鉄筋干渉チェック

また、工事の全体計画や進捗状況の見える化を目的として、3次元モデルによる施工シミュレーションを作成した(図10~13)。施工シミュレーションの活用により施工計画の妥当性照査、関係者協議の円滑化、安全教育の理解度向上等が図れた。現場見学会等にも活用し、見学者の工事の細部についてまでの理解度の向上に寄与できた。

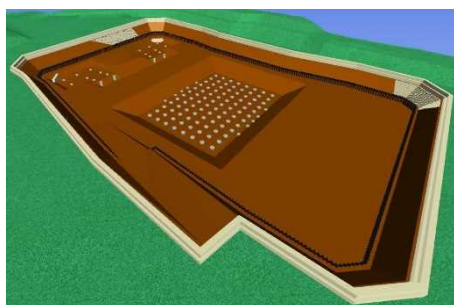


図10 基礎杭→1次掘削



図11 コンクリート構築



図12 埋戻し→遮水矢板

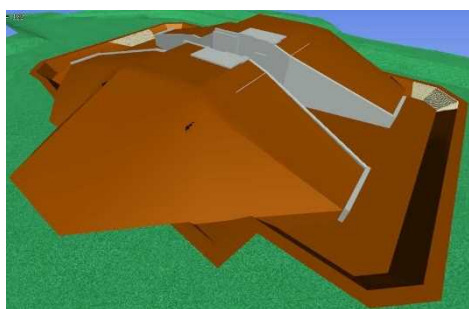


図13 築堤盛土

3. 名塩道路城山トンネル工事に係る技術協力業務 (ECI方式)

3.1 業務概要

一般国道176号名塩道路は、地域の交通混雑の緩和、異常気象時の通行規制区間の解消、交通安全の確保を目的とした兵庫県西宮市山口町から兵庫県宝塚市栄町に至る延長10.6kmの4車線化工事である。本業務は、西宮市名塩木之元から生瀬町間にある延長311mの道路トンネル工事に対する技術協力業務である。本業務の業務概要を表2に示す。

表2 業務概要

業務名称	名塩道路城山トンネル工事に係る技術協力業務
発注者	国土交通省近畿地方整備局
設計者	株式会社オリエンタルコンサルタンツ
優先交渉権者	株式会社鴻池組
工事場所	兵庫県西宮市塩瀬町城山地先
工期	2018年9月4日～2019年2月28日
工事内容	トンネル延長311m、NATM、機械掘削方式 掘削補助工法(長尺鋼管先受け工法、注入式フォアポーリング) 坑門工2基、隧道補強工1式

3.2 ECI方式について

城山トンネルは北側に武庫川、南側にJR福知山線、計画トンネル上部に旧JR隧道や関西電力鉄塔を有する急傾斜地に位置し、供用中の国道176号に近接して施工する。トンネルの高度な設計・施工技術が必要になることから、設計段階から施工者が参画し施工の実施を前提として設計に対する技術協力を行うECI方式が採用された。当社は優先交渉権者として技術協力業務を行った。城山トンネルの計画断面図を図14に、計画平面図を図15に示す。

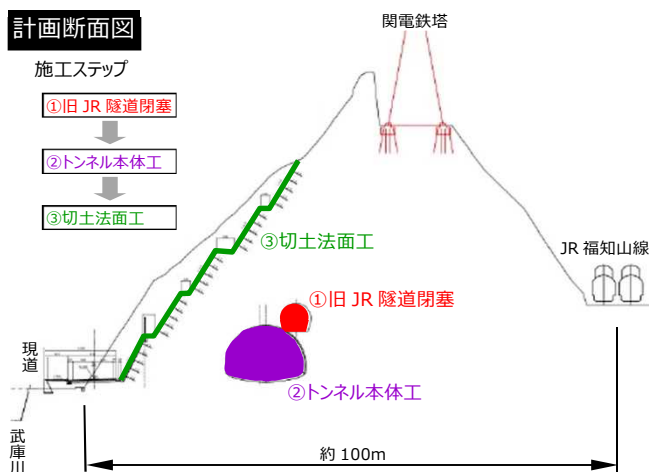


図14 計画断面図

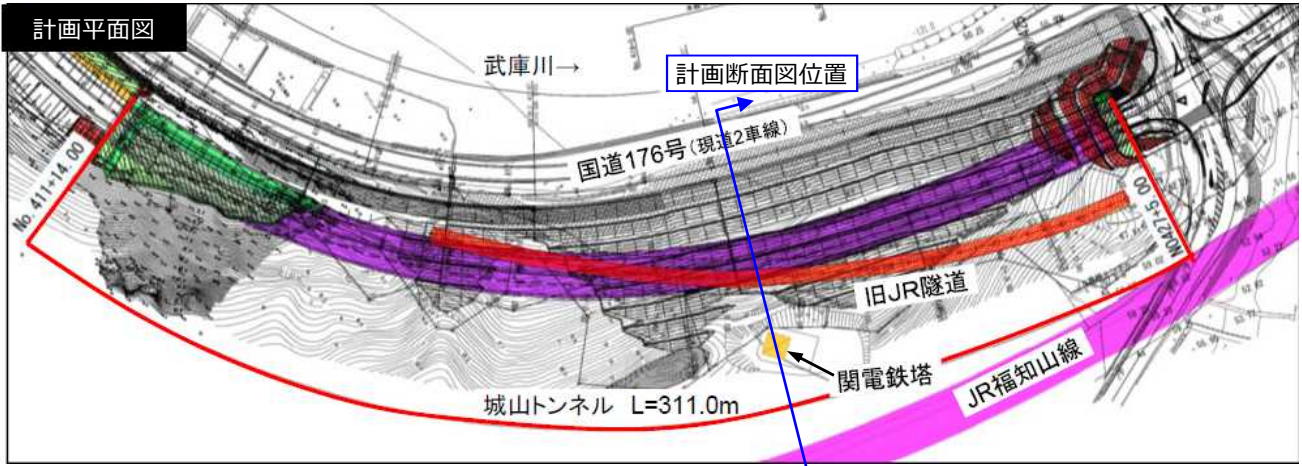


図 15 計画平面図

3.3 BIM/CIMの活用

3.3.1 旧 JR 隧道の補強工の設計

城山トンネル工事では、トンネル上部に旧 JR 福知山線の廃線隧道（高さ 4.5m、幅 4.6m）が起点側坑口部から 115m の範囲で交差していたため、トンネル掘削時に隧道側壁部を一部撤去する必要がある。このため、事前に旧 JR 隧道をロックボルトで補強し、隧道内をエアミルクで閉塞することでトンネル掘削時における天端の安定性を確保する計画となっていた（図 16）。

また、旧 JR 隧道の起点側坑口部では、現況地表面に近接して土被りが小さかったため、ロックボルト先端が現況地表面から施工時もしくは将来的な法面切土時に露出する可能性がある。そこで、図 17 に示すように起点側坑口部において、旧 JR 隧道、現況地表面や将来的な切土法面を 3次元モデル化し、それぞれの施工段階におけるロックボルトの露出範囲を 3次元モデル上で確認した。この結果、ロックボルトが現況地表面から露出する範囲においては、ボルト長を 3m から 2m に計画変更（図 18）するとともに、将来的に切土法面から露出する範囲においては、ボルトの材質を切断しやすい GFRP ボルトに計画変更することとした（図 19）。

ロックボルトを 3次元モデルで作成して現況地表面および設計切土面と合成することで、最適なロックボルト配置とすることができた。

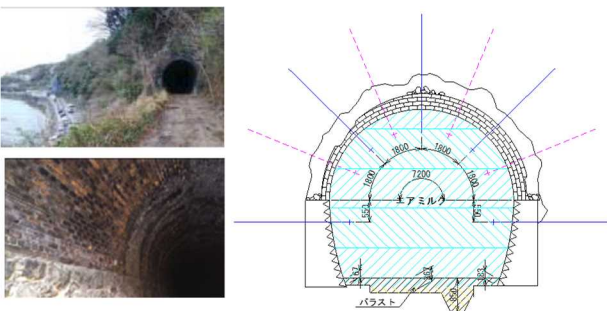


図 16 旧 JR 隧道とロックボルト補強工の概要図

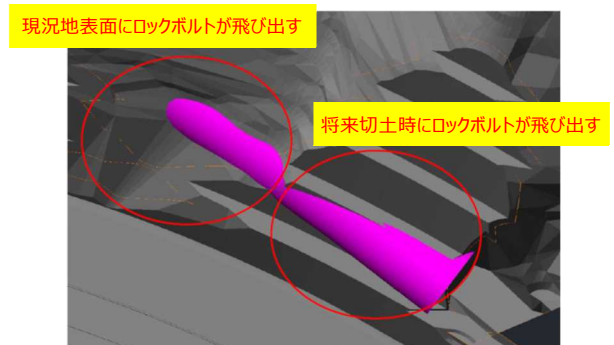


図 17 ロックボルト長 3m の先端範囲

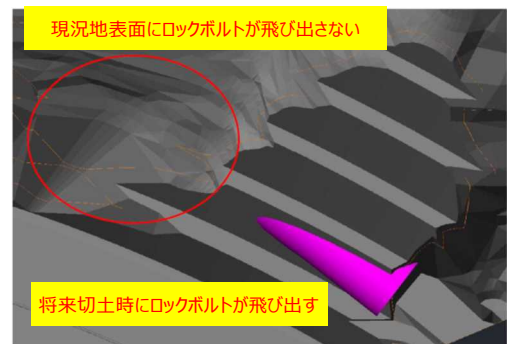


図 18 ロックボルト長 2m の先端範囲

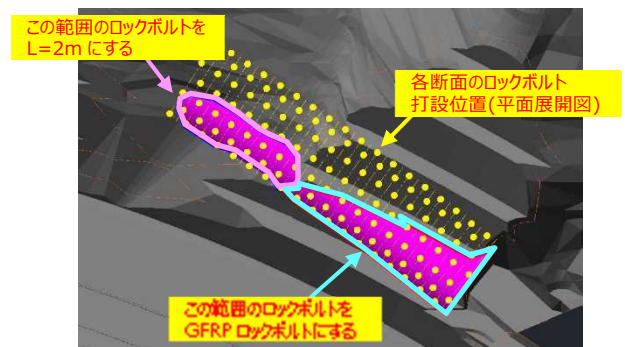


図 19 ロックボルト補強工 検討結果

3.3.2 トンネル本土工における補助工法の設計

隧道交差区間 115m 間では、3次元モデルによりトンネルと旧 JR 隧道との交差状況を詳細に把握した。これにより、トンネル上部で交差する旧 JR 隧道との位置関係に合わせて、長尺鋼管先受け工法（ $\phi 114.3\text{mm}$ 、 $L=12.5\text{m}@0.45\text{m}$ 、9m シフト）をトンネル上半 $90^\circ \cdot 105^\circ \cdot 120^\circ$ と3段階で変化させて経済性に配慮しつつ、旧 JR 隧道の荷重によるトンネルへの影響を合理的に低減する計画とした（図 20~22）。

3次元モデルでトンネルと旧 JR 隧道との交差状況を正確に確認することで経済的な補助工法の設計ができた。



図 23 トンネル工事完了イメージ（終点側坑口）



図 24 切土工事完了イメージ（終点側坑口）



図 25 切土工事完了イメージ（始点側坑口）



図 26 走行シミュレーション

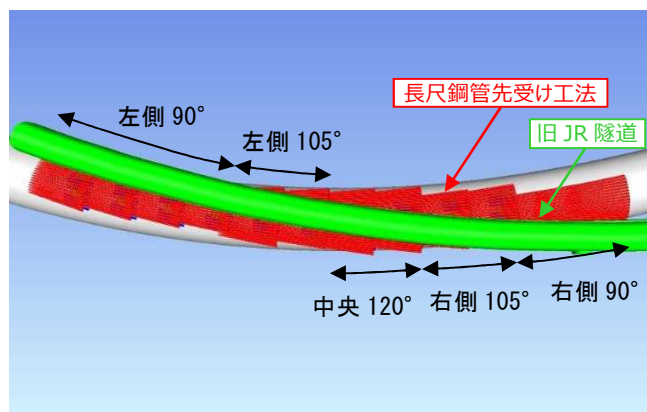


図 20 隧道交差区間における補助工法 3次元モデル

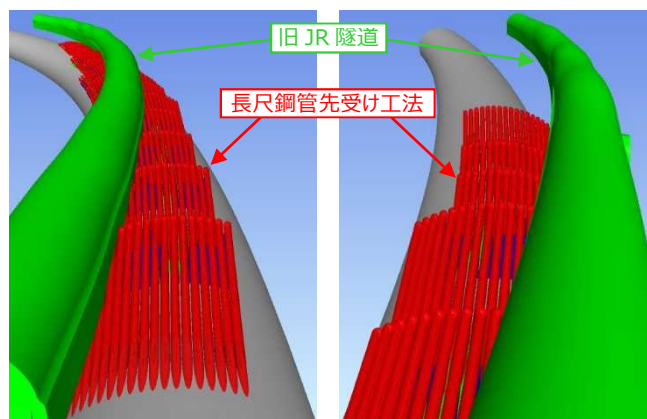


図 21 左側 90° 部分

図 22 右側 90° 部分

3.3.3 VR モデルの活用

城山トンネル工事は、現況の国道 176 号、JR 福知山線や関電鉄塔、住宅街に近接することから、各施工段階での現場状況、維持管理や景観に配慮した坑口や切土形状、緑化方法の検討（吹付法枠から全面緑化に変更）、さらに、走行シミュレーションに利用するため、図 23~26 に示す VR モデルを作成した。作成した VR モデルは、JR や関西電力、地元住民などの関係機関との協議などにも活用した。

4. その他工事での ICT の活用事例

一関遊水地舞川水門新設工事と名塩道路城山トンネル工事以外の ICT を活用した工事事例について報告する。

4.1 情報共有システム

国土交通省中国地方整備局発注の「国道 2 号大樋橋西高架橋工事にかかる技術協力業務 (ECI 方式)」において、関係者間での効率的な CIM モデルの確認・共有および利活用環境を構築するため、CTC 社製の情報共有 Cloud サービス「CIM-LINK」を導入した。

国土交通省本省、国土技術政策総合研究所、中国地方整備局、岡山国道事務所、設計者、施工者 (日本ファブテック・鴻池組 JV) の様々なメンバーが「CIM-LINK」を利用した。プラグインソフトをインストールすることにより Web ブラウザ上で 3 次元モデルの閲覧が可能となり、PC 性能や環境に影響されずに 3 次元モデルの確認 (図 27) ができることから、設計段階における情報共有に役立った。

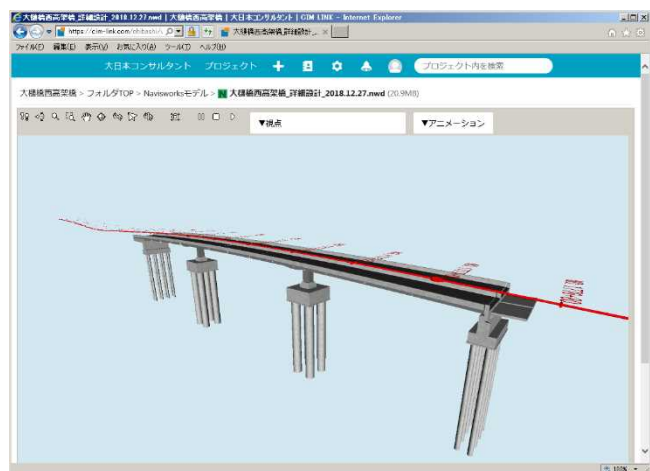


図 27 Web ブラウザ上で 3 次元モデルを確認

4.2 MMS による 3 次元測量

近年、当社においても MMS (Mobile Mapping System) を使った 3 次元測量を行う事例が増えてきている。MMS は道路を走行しながら車両に搭載したレーザースキャナで精度の高い周辺情報を



写真 8 MMS

計測するものである (写真 8)。

4.2.1 3 次元測量の図面化

中日本高速道路株式会社発注の東名高速道路 (特定更新等) 庄内川橋他 1 橋床版取替工事において、現状の床版および桁等の形状・寸法を橋梁上面は MMS、橋梁下面是 TLS で計測し、計測結果である点群データを基に平面図・断面図を作成し、設計に利用している (図 28)。

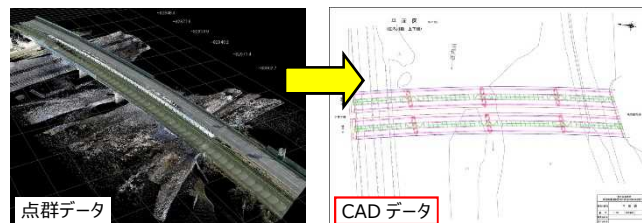


図 28 3 次元測量の図面化

4.2.2 3 次元測量による現況確認

阪神高速道路株式会社発注の湊町・難波地区鋼製基礎大規模更新工事 (設計業務) において、現況の位置関係 (通気口や階段、自転車置場、バス停など) がわかる図面が無い場合、MMS による 3 次元測量を実施し、現況の把握と施工計画に活用している (図 29)。



図 29 3 次元測量データの施工計画への活用

5. おわりに

本報告では、一関遊水地舞川水門新設工事と名塩道路城山トンネル工事に係る技術協力業務、さらに、当社の土木の現場において展開している i-Construction への取り組み事例を示した。

今後、CIM/ICT 活用工事の工種・分野の拡大およびガイドライン・要領基準等のカイゼン、IoT 技術等の全面活用による監督検査の合理化、3 次元データの流通・利活用に向けた環境整備等が急激に進むと予想される。これらに対応していくには、人材の育成が重要と考えられる。

現在は、BIM/CIM 対応に必要な基礎知識やソフトの使い方に精通した土木技術者が少ない。そのため、今後は対応した事例を社内で水平展開して BIM/CIM をマネージメントできる技術者を育成していくことが必要である。