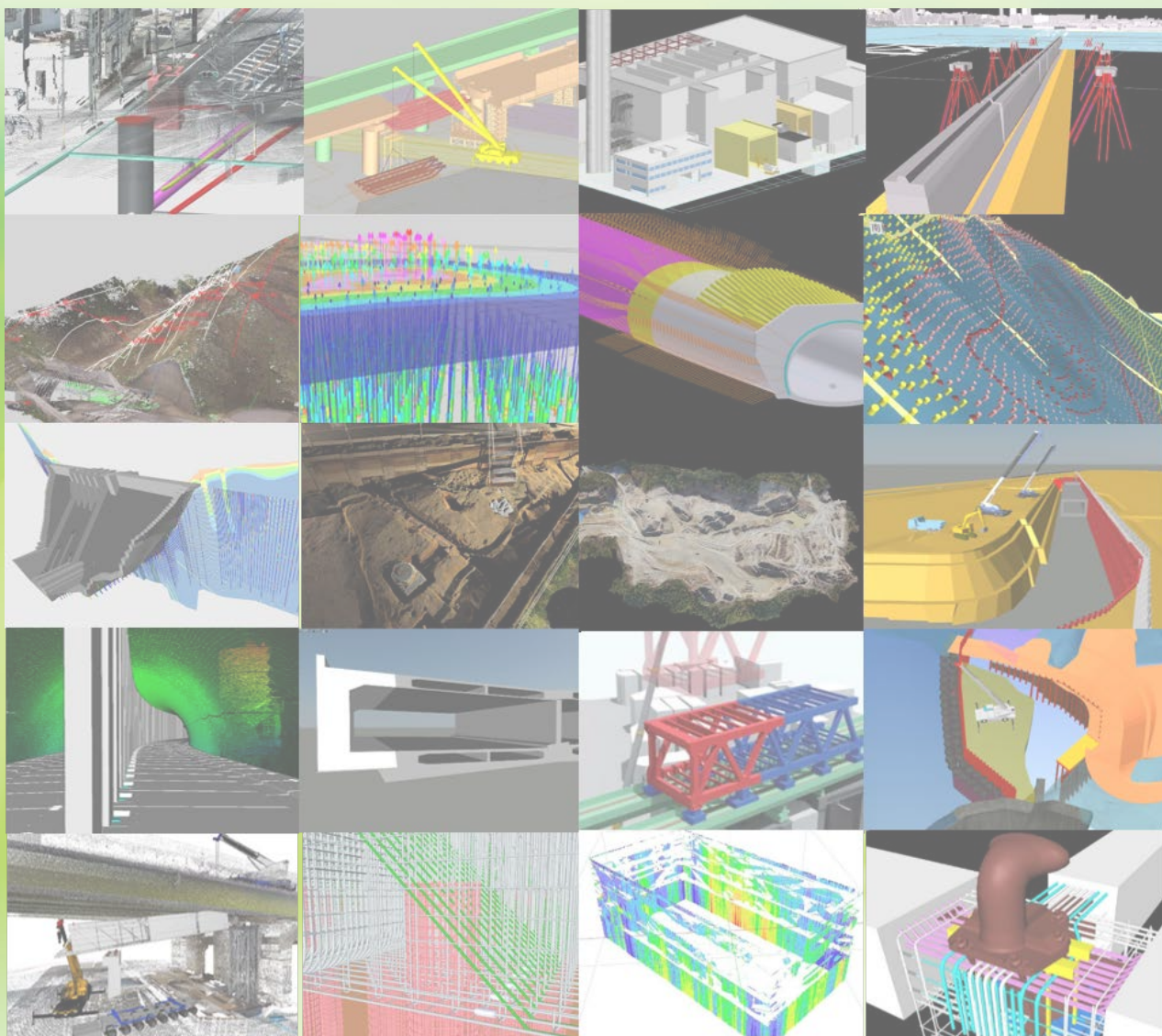


2019 施工 CIM 事例集



インフラ再生委員会

はじめに

インフラ再生委員会では、平成 25 年より技術部会が主体となり、近年、急速な普及が進んでいる ICT 活用工事や BIM/CIM の活用促進に向けた検討を国土交通省、日本建設情報総合情報センター（JACIC）をはじめとする関係機関と協働して行っております。

平成 26 年からは、上記の活動の一環として、会員企業が保有する施工 CIM の適用事例の収集を行っており、この度「施工 CIM 事例集 2019」を取りまとめました。今後の BIM/CIM 活用促進の一助となれば幸いです。

当委員会では、今後とも ICT、BIM/CIM 等を活用した建設生産性の向上に向けた活動を国や地方自治体、関係する機関・団体等とも幅広く連携を図りながら、ハード、ソフトの両面から積極的に推進して参ります。関係各位の引き続きのご指導・ご支援をお願いする次第です。

一般社団法人日本建設業連合会
インフラ再生委員会
委員長 山中庸彦

『2019 施工 CIM 事例集』の編集にあたって

インフラ再生委員会技術部会は、平成 28、29 年度に国土交通省が CIM 導入のために設置した「CIM 導入推進委員会」に参画し、「CIM 導入ガイドラインおよび要領基準類」の作成・改訂に関して施工者の立場からの意見・提言活動を積極的に実施してきました。「CIM 導入推進委員会」は平成 30 年度に“BIM”の国際的な進展状況を踏まえるとともに、CIM 導入後の 3 次元データの利活用による生産性向上を検討するため「BIM/CIM 推進委員会」と改称して体制が再構築されましたが、この新体制にも引き続き参画して基準類の作成・改訂に際して提言活動を実施しました。さらに、本技術部会は国土交通省の「i-Construction 委員会」の下部に設置された「ICT 導入協議会」を通じて、ICT 土工の展開上の課題に関する意見交換も行ってきました。

一方、インフラ再生委員会を構成する会員企業においても、自社建設現場における CIM 導入を着実に進め、効果と課題を抽出することで確実に実績を重ねています。本編では、2015～2018 年の各年度版に続き、会員企業の CIM 導入事例をこれまでと同じ項目（CIM 導入の目的、概要、効果、運用体制、今後の課題）についてまとめていますが、今回は内容を各事例 4 または 6 ページと充実させて、各社最大 2 事例に厳選して掲載しております。

令和元年度は、本格的に CIM が導入されて 3 年目となります。引き続き日建連としての「施工 CIM」のあるべき姿を、さらに具現化できるよう検討してまいりますので、関係各位のご意見・ご指導をお願いいたします。

一般社団法人日本建設業連合会
インフラ再生委員会 技術部会
部会長 弘末文紀

目次

ダム

- No1 ウォノギリ多目的ダム・貯水池堆砂対策計画事業（II）
2-1 工区締切堤・越流堤建設 …………… 1
- No2 ハッ場ダム本体建設工事 …………… 5

トンネル

- No3 大月バイパス大月第二トンネル工事……………11
- No4 鳥取西道路桂見高住トンネル工事……………15

シールド

- No5 吉野川下流域農業地防災事業
第十幹線水路（1工区その5）建設工事……………19
- No6 公共下水道尾津3号汚水幹線管きょ工事……………23
- No7 三ヶ峯幹線送水管布設替工事その2（県補）H29～H32……………27

地下構造物

- No8 王子第二ポンプ所建設その2工事……………31
- No9 平成30年302号緑地共同溝内部構築工事……………35

大規模土工

- No10 横浜環状南線 釜利谷ジャンクション工事……………39

- No11 平成 29・30 年度
新宿区若葉東公園地区埋蔵文化財発掘調査工事……………43
- No12 用地造成工事豊田・岡崎地区西工区整地工事……………47

道路

- No13 国道 45 号気仙沼道路工事 ……………51
- No14 東名高速道路 大和トンネル拡幅工事……………55
- No15 東京外かく環状道路本線トンネル（南行）大泉南工事……………59
- No16 那覇空港滑走路増設アンダーパス外 1 件工事……………65
- No17 中部横断不動沢地区改良工事……………69
- No18 平成 29 年度 東海環状高富北 IC 北地区道路建設工事……………73

橋梁

- No19 舞鶴若狭自動車道由良川橋他 3 橋（PC 上部工）工事 ……………77

河川

- No20 一関遊水地舞川水門新設工事……………81

港湾

- No21 神戸港第四防波堤等撤去工事……………85
- No22 大分空港滑走路地盤改良工事……………89
- No23 東京港臨港道路南北線
沈埋函（4号函・5号函・6号函）製作・築造等工事……………93

No24	舞鶴港第2ふ頭地区岸壁(-10m)改良等工事	97
No25	平成30年度 佐世保港(浦頭地区)岸壁(-10m)築造工事	101
No26	平成30年度 八戸港外港地区防波堤(第二中央)築造工事	105

一般土木構造物

No27	阿蘇大橋地区斜面对策工事	109
No28	上結東水力発電所新設工事	113
No29	福知山市段畑雨水ポンプ場建設工事	117
No30	北多摩二号水再生センターポンプ棟建設及び耐震補強工事	121

鉄道

No31	京都線・千里線淡路駅周辺連続立体交差工事(第4工区)	125
No32	相鉄・東急直通線新横浜駅地下鉄交差部土木工事	129

維持管理

No33	西名阪自動車道田尻トンネル(上り線) 他3トンネル背面空洞注入工事	131
------	--------------------------------------	-----

解体修復(新設)

No34	A 清掃工場解体工事	135
No35	東海道線支線南2地区路盤新設他工事	139

工事概要	<p>工事名称 ウォノギリ多目的ダム・貯水池堆砂対策計画事業 (II) 2-1 工区締切堤・越流堤建設</p> <p>発注者 インドネシア共和国 公共事業・国民住居省 水資源総局</p> <p>受注者 安藤ハザマ=WIKA JO</p> <p>工期 2016年10月～2020年2月</p> <p>工種 ダム(リニューアル)</p> <p>工事内容 1981年日本の技術協力により完成したウォノギリ多目的ダムにおける堆砂対策としてダム貯水池内に締切堤・越流堤を建設する工事である(図-1参照)。締切堤・越流堤の合計延長は2.1km、盛土高は6m～10m程度である。締切堤Aの基礎地盤は、軟らかい粘土・シルトであるため軟弱地盤対策工として深層混合処理(CDM工法)が採用された(図-2参照)。深層混合処理工の内容は下記の通りである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・改良径：1.0m×2軸 ・改良深度：4m～24m ・改良体数：5,048本 ・改良延長約59,100m
------	---

施工 CIM の活用方法による分類 (塗潰し部)

施工	施工管理	施工計画	施工手順周知	施工の高度化	施工数量算出
協議資料	三者協議	発注者協議	下請け協議	関係者協議	住民説明会等
設計	設計協議	設計照査	設計数量算出	その他	

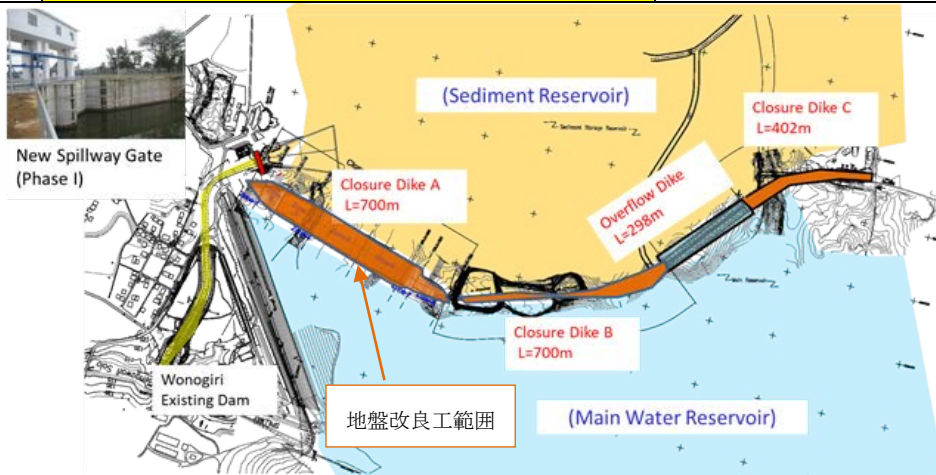


図-1 工事概要図

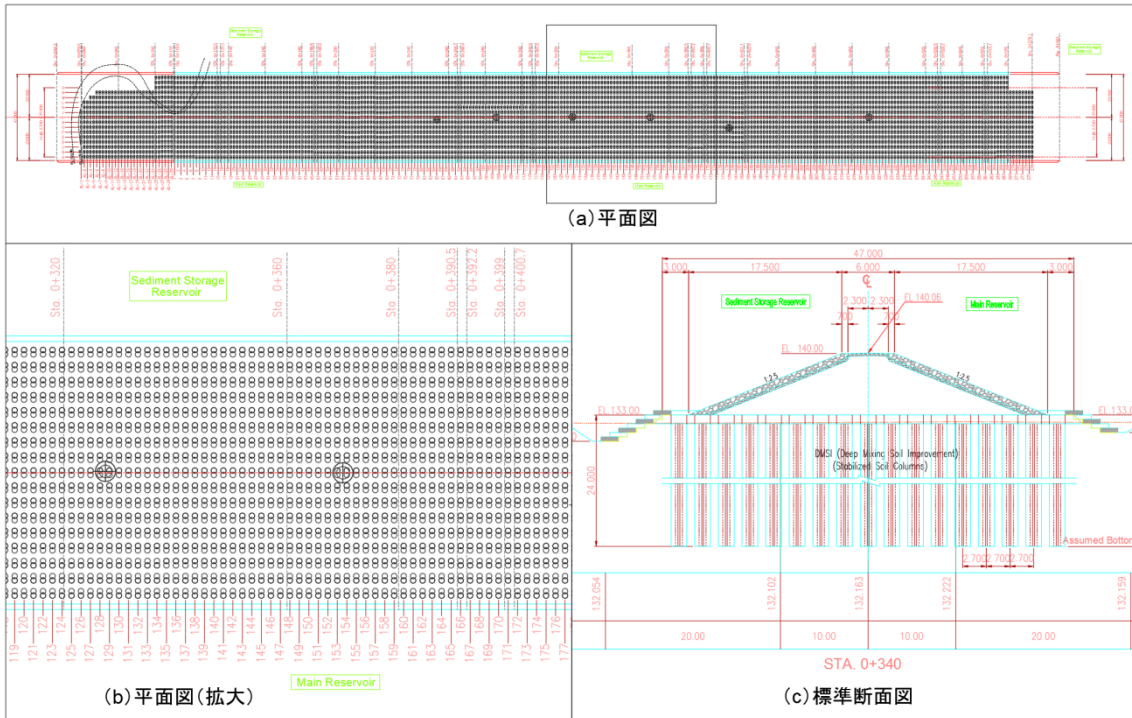


図-2 深層混合工概要平面図（締切堤A）

【取組み内容】

本工事におけるCIM活用として杭・地盤改良施工情報可視化システム（3Dパイルビューアー）を導入した。目的は下記の通りである。

- ① 地盤改良体の出来形や品質の管理にはクラウドを利用し、リアルタイムに評価しながら確実に実施する。
- ② 地盤改良施工時に地盤状況や支持層の変化をリアルタイムに認識・評価し、フィードバックすることによって手戻りを防止する。
- ③ 報告書・日報作成ために施工情報の膨大な数値データ中から、必要なデータを入出力する労力を軽減する。

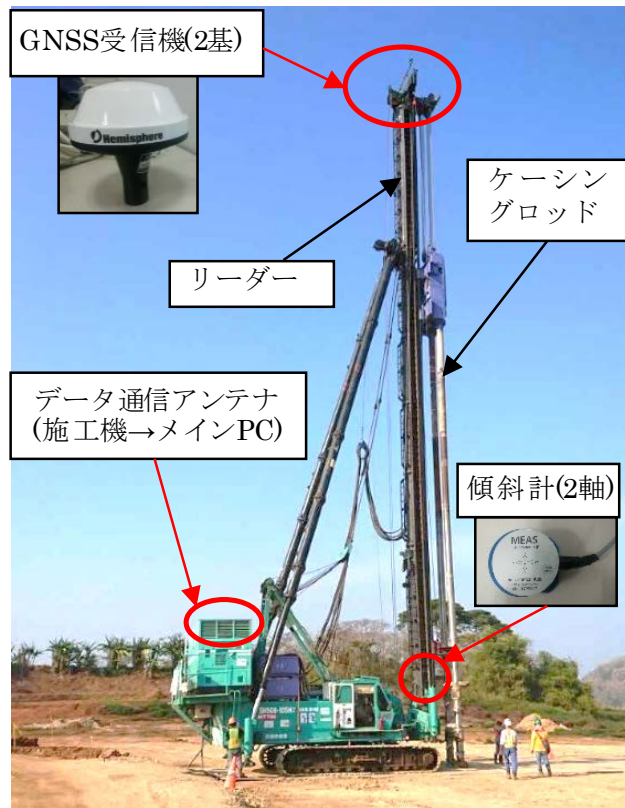


写真-1 施工機械状況

【具体的事例】

- 深層混合処理の施工機械に GNSS や傾斜計（2 軸）およびデータ通信アンテナを設置する（写真-1）。
- 予め設計で定められた地盤改良体の 3 次元位置情報をシステムに登録しておき、施工時には、施工機械のオペレーターが誘導管理システムのモニタ（図-3）に表示される GNSS と傾斜計等の計測データを利用して、地盤改良体の杭芯を設計位置にセットする。システムには、地盤改良体の番号、座標、長さ、材料、施工仕様が登録されており、施工情報をリアルタイムに可視化できる。設計と異なる位置に打設したり、施工計画と異なる仕様で施工したりといったヒューマンエラーが防止できる。

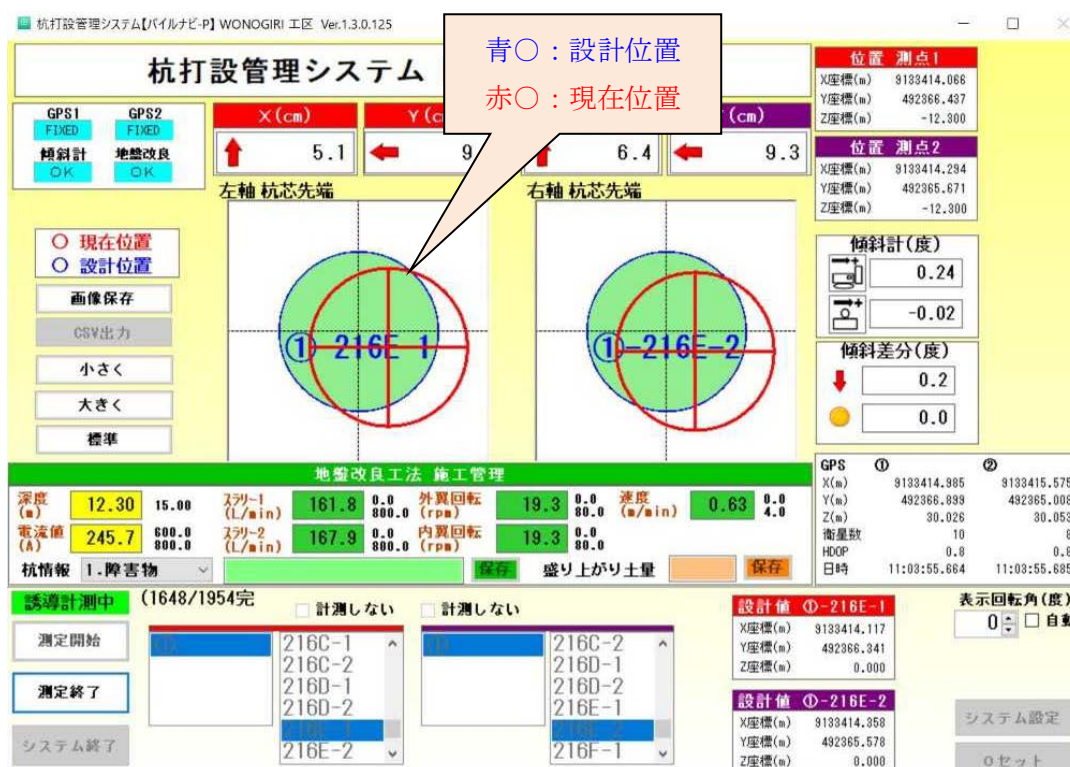


図-3 キャビン用モニタ（誘導管理システム）

- 様々な施工情報（位置、深度、電流値、積分電流値、回転数、スラリー量等）は、メイン PC を経由してクラウドに蓄積され、図-4 の 3 次元可視化画面とグラフにインターネットを利用して関係者に分かりやすくリアルタイムに共有される。
- 施工中の地盤性状や支持層の評価ができるように、電流値または積分電流値を用いて N 値を推定する機能を有している。地盤調査結果と試験施工データを分析して電流値と N 値との相関データをシステムに入力することで、リアルタイムに N 値を推定してグラフを示す。電流値と N 値の相関については、地盤種別、施工機械、施工速度等様々な条件に影響を受けることがわかっており、今後もデータを増やすことで効率的な評価方法の確立を目指している。

前記のことから、施工の進捗や支持層の変化など関係者間で施工情報の共有が迅速かつ確実に行われ、本システムの有効性を確認できた。

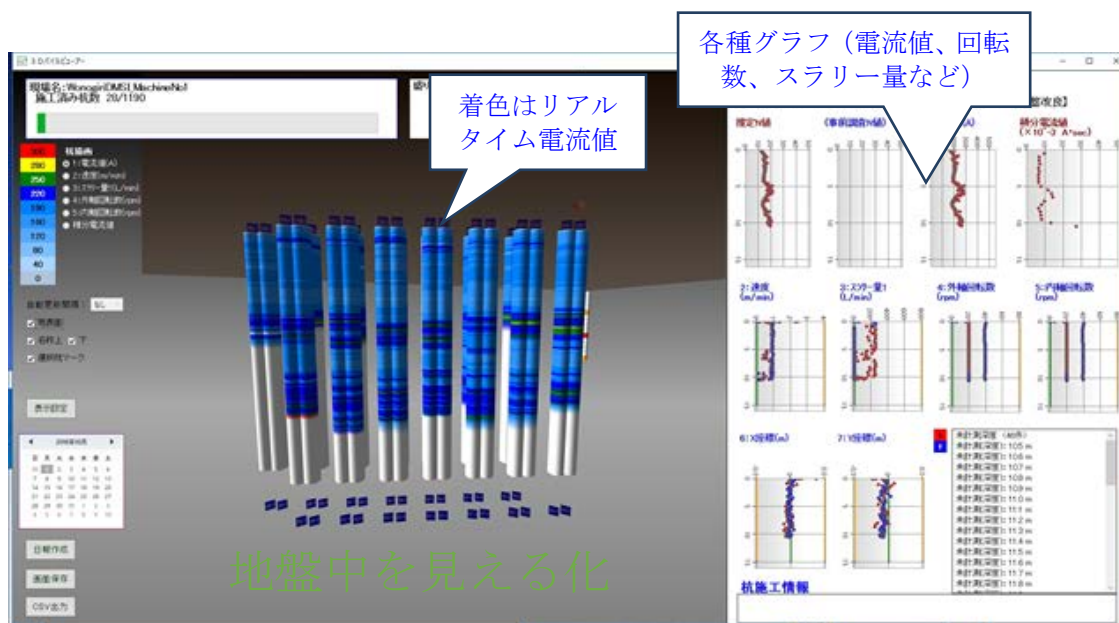


図-4 地盤改良可視化画面例


【運用体制】

- 初期設定：計測会社（計測ネットサービス(株)）と本社技術部門が現場を訪問し設定
- 計測システム：杭・地盤改良施工情報可視化システム（3D パイルビューアー）
- システム操作：現場のローカルスタッフが実施
- システム運用確認・トラブル対応：計測会社と本社技術部門が日本から遠隔支援
- 他の利用ソフト：TeamViewer（遠距離サポート）

【全体的な課題】

- 本工事は、設計の改良体数が多いことやインターネット環境が十分でなかったことなど、システムの運用やデータダウンロードに時間がかかった。現在、データ処理方法の工夫等によりシステムへの負荷を軽減できるように改良中である。
- 杭・地盤改良施工情報可視化システムは、様々な関係者が各自のパソコンにシステムをインストールしなければならず、煩雑である。Web 版及びスマートフォンのアプリ版の開発を進めている。
- 本工事では、システムを日常運用するのはローカルスタッフであり、日本語や英語が分からないため、誤操作の恐れがあった。海外現場へ展開・運用する場合には、現地語の表記により簡便な操作対応が必要となる。

ダム

No2	清水建設株式会社	
-----	----------	---

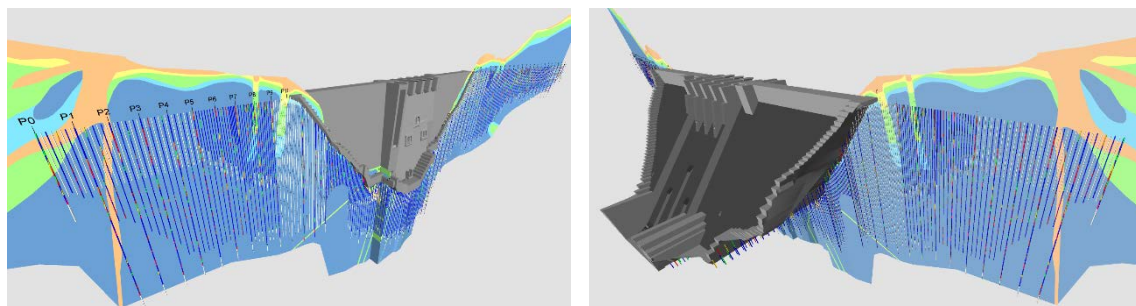
工事概要	工事名称	ハッ場ダム本体建設工事
	発注者	国土交通省関東地方整備局
	受注者	清水・鉄建・IHI 異工種建設工事共同企業体
	工期	2014年8月～2020年3月
	工種	ダム
	工事内容	群馬県長野原町の吾妻川中流において、洪水調節、流水の正常な機能維持、水道及び工業用水の供給ならびに発電を目的とする多目的ダムの建設工事である。 重力式コンクリートダム 堤高 116.0m 堤頂長 290.8m 堤体積 920,000m ³

施工 CIM の活用方法による分類（塗潰し部）

施工	施工管理	施工計画	施工手順周知	施工の高度化	施工数量算出
協議資料	三者協議	発注者協議	下請け協議	関係者協議	住民説明会等
設計	設計協議	設計照査	設計数量算出	その他	

【取組み内容】

ハッ場ダムでは、地形・地質・岩級・基礎掘削工・堤体工・基礎処理工を含むダム全体の3次元モデルを作成し（図-1）、施工情報を属性付与することで逐次情報の充実を図り、ダム施工の生産性向上を目指している。ハッ場ダムにおいて取り組んでいる CIM を表-1 に示す。



(a) 3次元モデル（左岸上流側より望む）

(b) 3次元モデル（左岸下流側より望む）

図-1 ハッ場ダム CIM モデル

表-1 CIM の取組み一覧

堤体工	打設前検査及び打設計画	岩盤・打継面・型枠・鉄筋・止水板・PCa 材等の打設前検査記録および打設計画の属性付与
	打設（締固め記録）	振動ローラおよびバイバックによるコンクリート締固め記録の取得および属性付与
	品質管理	コンクリート試験記録の属性付与
	埋設工	埋設計器（温度計、ひずみ計等）の設置および計測結果の属性付与
基礎処理工	カーテングラウチング	3次元モデルの作成および施工記録の属性付与 止水ラインでの地質、岩級データの反映
	コンソリデーショングラウチング	3次元モデルの作成および施工記録の属性付与 岩着部での地質、岩級、亀裂データの反映
施工シミュレーション	VR 機能を有した 3次元モデルの作成と施工空間を再現しての状況確認	

【具体的事例】

事例① 堤体工 分類：施工管理

堤体 3次元モデルを用いて、コンクリート打設箇所毎に打設前検査および打設計画・打設（締固め記録）・品質管理・埋設工の内容を属性付与した。各内容の詳細を以下に示す。

1. 打設前検査および打設計画

打設前に実施する岩盤・打設面・型枠・鉄筋等の検査結果やコンクリート打設計画を打設箇所毎に属性付与した。打設前検査として、各項目の写真がまとめられており、また、打設計画は当該箇所の配置毎の運搬数量・台数やレーン割等が記録されている。

2. 打設（締固め記録）

ハツ場ダムでは、RCD 工法を基本とするが、冬期は拡張レヤ工法（以下 ELCM）による打設を行っている。RCD 工法では、振動ローラによる RCD コンクリートの転圧が主な作業であり、振動ローラに GNSS を搭載して締固め位置や転圧回数を運転席モニタに表示するマシンガイダンスシステムを導入した。マシンガイダンスシステムにより得られる転圧記録を堤体 3次元モデル上で打設箇所毎に属性付与した（図-2）。

ELCM では、ダム用コンクリート締固め機械（以下バイバック）が使用される。コンクリート締固め完了は、バイバックオペレータが目視で判断し、打設担当技術者が確認しているが、個人の熟練度等による差が生じる。このため、個人差の出ない定量的な締固め指標を確立し、ICT 技術を活用した締固め判定を行う情報化バイバックを開発した（図-3）。締固め指標はコンクリート表面の平滑度（凹凸）をパラメータとし、バイバックに搭載した 3次元スキャナによる画像解析で締固め完了判定を行う。また、

位置情報はバイバックに搭載した GNSS および変位センサにより、バイブレータの 3 次元座標をリアルタイムに計測する。情報化バイバックにより得られる有スランプコンクリートの締固め記録を堤体モデル上で打設箇所毎に属性付与することで、任意の箇所での打設箇所で締固め記録を容易に確認できる。



図-2 GNSS 搭載振動ローラ・ブルドーザ

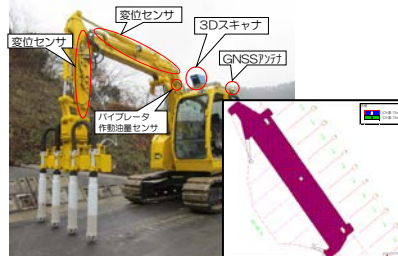


図-3 情報化バイバック

3. 品質管理

コンクリートの品質管理記録として、2 時間毎のスランプ・空気量・単位容積質量・温度・VC 値 (RCD コンクリート) および圧縮試験 (x-Rm-Rs 管理図を含む) 等の試験データを打設箇所毎に属性付与した (図-4)。

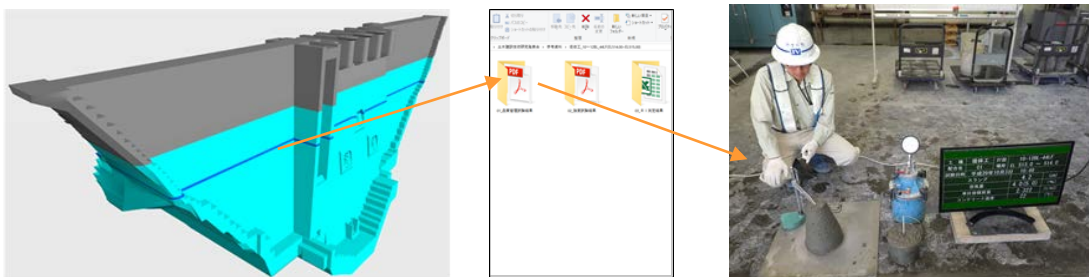


図-4 品質管理データの属性付与

4. 埋設工

温度計・ひずみ計・無応力計等の埋設計器を堤体モデル内に配置し (図-5)、各計器から得られる計測記録を属性付与した。埋計器毎のモデルをクリックすると当該箇所に設置された計器の計測記録を迅速に確認することが可能である (図-6)。

3 次元モデルに各種施工記録を属性付与することで、任意の施工箇所をクリックすることで迅速かつ容易に施工記録を抽出することができる。また、維持管理段階においても、任意の箇所での検査記録を迅速に抽出可能であることから、施工後の利活用も期待できる。

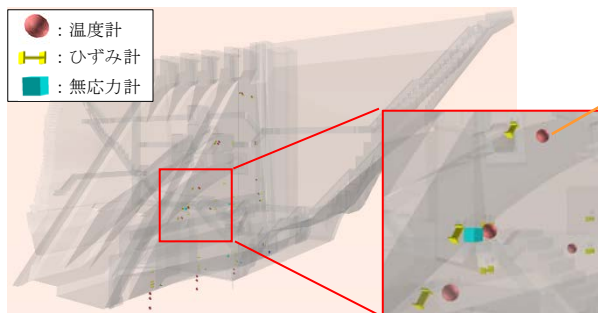


図-5 埋設工 3 次元モデル

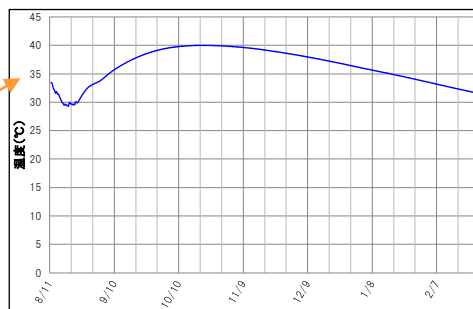


図-6 温度計計測記録

事例② 基礎処理工 分類：施工管理

基礎処理工においてもカーテングラウチングおよびコンソリデーショングラウチングの3次元モデルを作成し、それぞれに施工記録を属性付与した。属性付与の詳細を以下に示す。

1. カーテングラウチング (図-7)

カーテングラウチングでは、パイロット孔・1次孔・2次孔およびチェック孔の3次元モデルのステージ毎にルジオン値・単位セメント注入量・グラウト管理日報および注入ブロック毎の超過確率図を属性付与した。

属性付与されたルジオン値や単位セメント注入量は3次元モデルの中でその値の範囲毎に色分けし、分布状態を視覚化した。また、孔毎の表示を切り替えることで、次数が上がるにつれての改良状況の変化が確認可能である(図-8)。パイロット孔から1次孔、1次孔から2次孔と次数の増加に従い、透水性の高い孔が減少していることを視覚化することで、表示を切り替えるだけで改良の進行が容易に確認可能で、追加孔や延伸の検討を容易に行うことができる。

また、止水ラインでの地質と岩級の分布図を3次元モデルに反映した(図-9)(図-10)。カーテングラウチングと地質・岩級の分布図を重ね合わせることで、ルジオン値や単位セメント注入量と基礎岩盤の関係性を確認できる。

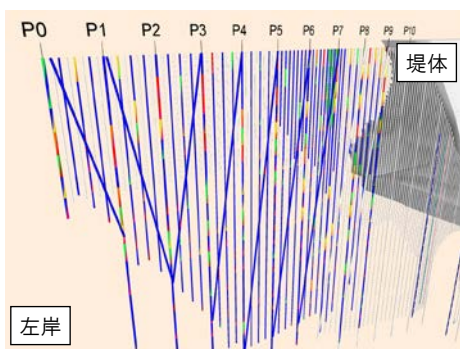


図-7 カーテングラウチング
(左岸リムカーテン)

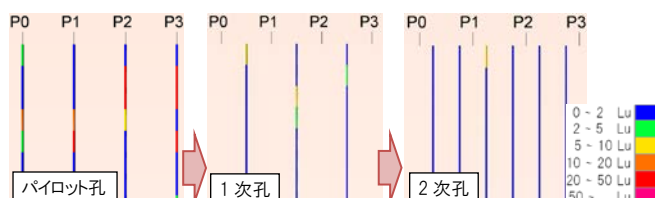


図-8 カーテングラウチング改良状況

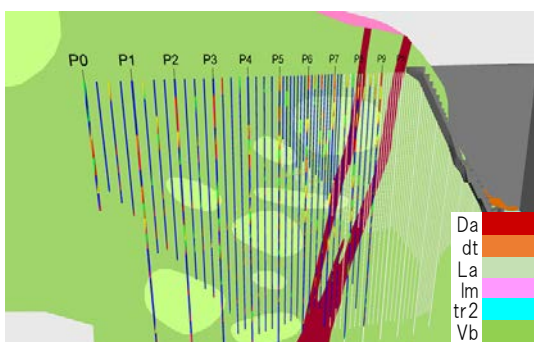


図-9 地質データと改良状況の比較

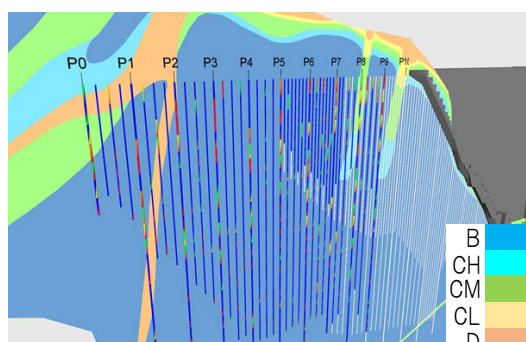


図-10 岩級データと改良状況の比較

2. コンソリデーショングラウチング (図-11)

コンソリデーショングラウチングにおいても、カーテングラウチングと同様に3次元モデルを作成し、ステージ毎にルジオン値・単位セメント注入量およびグラウト管理日報を属性付与した。属性付与されたルジオン値や単位セメント注入量は3次元モデルの中でその値の範囲毎に色分けし、分布状態を視覚化した。コンソリデーショングラウチングにおいても、次数毎に表示を切り替えることが可能であり、次数が上がるにつれての改良状況の変化を確認できる。特に弱部補強目的箇所のブロックでは、次数の増加に伴い、透水性の高い孔が減少していることがわかる。

また、掘削面に合わせた地質・岩級の3次元モデルを作成し(図-12)、コンソリデーショングラウチングと合わせて確認できるようにした。亀裂も同時に表示することで、詳細な基礎岩盤の状態に対する改良の効果を3次的に確認できる。

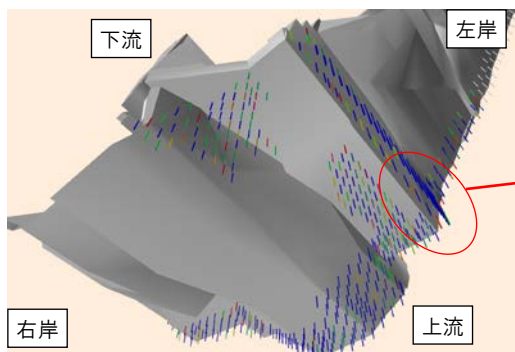


図-11 コンソリデーショングラウチング
(堤体岩盤側より望む)

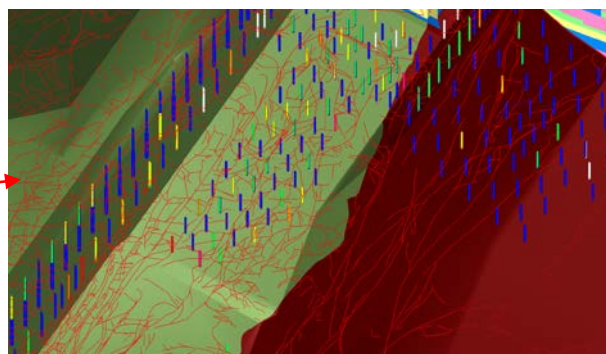


図-12 地質・亀裂と改良状況の比較

基礎処理の施工管理データは膨大なものとなるため、その整理、保管ならびに迅速な抽出が課題とされていたが、CIMとして管理することで任意の箇所での施工記録を迅速かつ容易に抽出可能である。これより、施工管理の段階だけでなく維持管理段階での利活用も期待できる。

事例③ 施工シミュレーション 分類：施工計画

ハツ場ダムにおいて、常用洪水吐、水位維持用放流設備等の大型堤内構造物があり、鉄筋、型枠、コンクリート打設作業との輻輳が懸念された。

そこで、VR (Virtual Reality) 機能を有した 3 次元モデルを構築するとともに、施工重機や資機材等を配置して、実際の施工状況を反映した (図-13)。さらに、VR ゴーグルや PC モニタ上で、3 次元モデルの世界に入り、様々な視線や角度から配筋状態やその取り扱い、施工機械との隔離および施工空間の大きさ等を仮想空間の中で事前に確認可能とした。

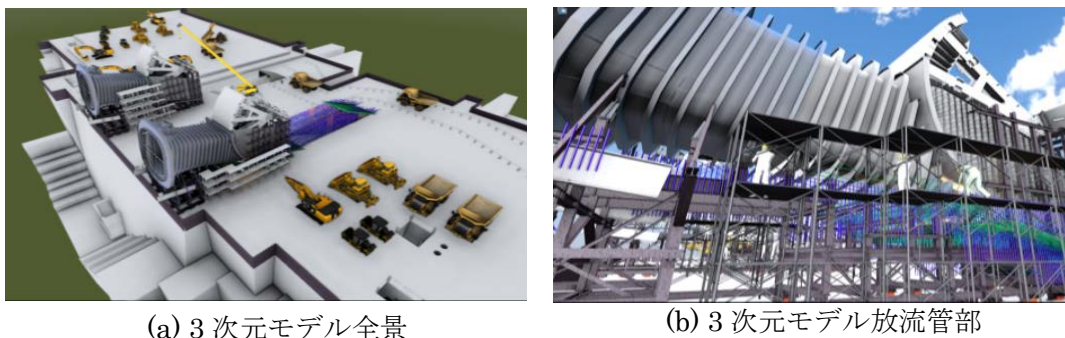


図-13 VR 機能を有した 3 次元モデル

【運用体制】


- ・ 本社：3次元モデルの作成・修正、CIM 導入における初期設定の検討
- ・ 現場：施工記録の属性付与および実務管理
- ・ 使用ソフト
 - ・ AutoCAD (Autodesk)
 - ・ Navis Works (Autodesk)
 - ・ Fuzor (Redstack)
 - ・ Microsoft Excel (Microsoft)

【全体的な課題】

ハツ場ダムにおける CIM の導入した際の課題を以下に挙げる。

1. 施工管理に用いた 3 次元モデルは自社で作成しているが、複雑なダムの形状を 2 次元の図面から 3 次元モデル化するために高度な技術が必要となるため、3 次元モデルを作成できる技術者が限られる。
2. CIM として 3 次元モデルを活用する際、CIM 用ソフトの専門的な知識や操作方法などの理解が必要となるため、CIM 導入時の初期設定や属性付与等の作業ができる技術者が限られる。
3. 3 次元モデルを扱うことから、操作するためのパソコンにも高い性能が必要となる。

トンネル

No3	西武建設株式会社	
-----	----------	---

工事概要	工事名称	大月バイパス大月第二トンネル工事
	発注者	国土交通省関東地方整備局
	受注者	西武建設株式会社
	工期	平成 27 年 10 月 16 日～平成 31 年 3 月 31 日
	工種	トンネル工事
	工事内容	トンネル工 NATM(機械掘削式)L=283m 内空断面積約 66m ² 掘削、支保工 L=277m、 覆工コンクリート・防水工 L=282m、インバート工 118m、 坑内付帯工 1 式、坑門工 2 箇所、石・ブロック積工 1 式、 排水構造物工 1 式、道路土工 1 式、仮設工 1 式 仮栈橋工 L=210m

施工 CIM の活用方法による分類（塗潰し部）

施工	施工管理	施工計画	施工手順周知	施工の高度化	施工数量算出
協議資料	三者協議	発注者協議	下請け協議	関係者協議	住民説明会等
設計	設計協議	設計照査	設計数量算出	その他	

【導入目的】

(1)3次元現況測量データの設計への転用

施工起点が測点起点側から終点側に変更になったことに伴い、搬入路に仮栈橋工が追加となった。現況は、設置箇所が急峻な地形で且つ伐採・除草が未着手であったため、ゴミ処理をすれば地表面を抽出することが可能な 3次元レーザースキャナーを用いた現況測量を実施した。この 3次元現況測量データを用いて、平面図・横断図を作成し、仮栈橋の設計に使用した。また、設計後の仮栈橋を 3次元モデル化し下請け協議に利用した。

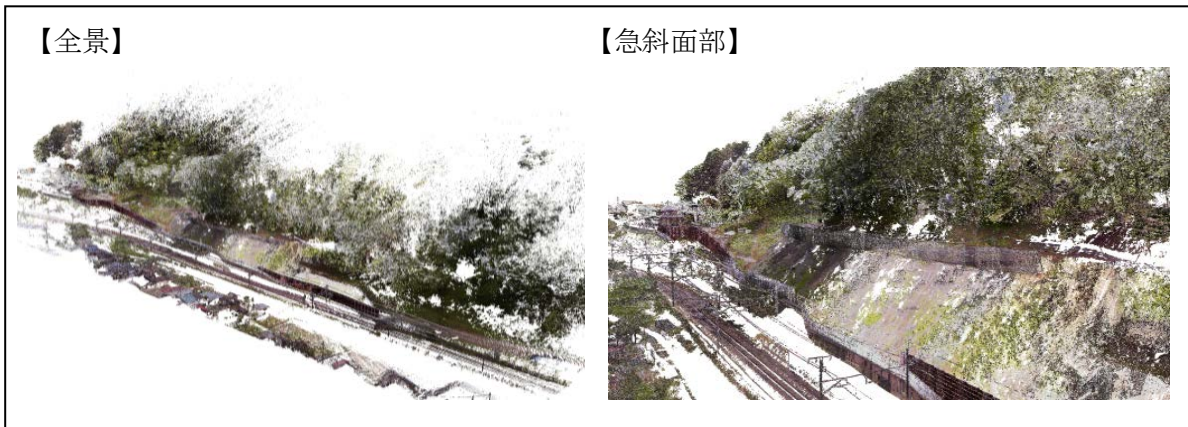


図 1 現況 3D 測量結果

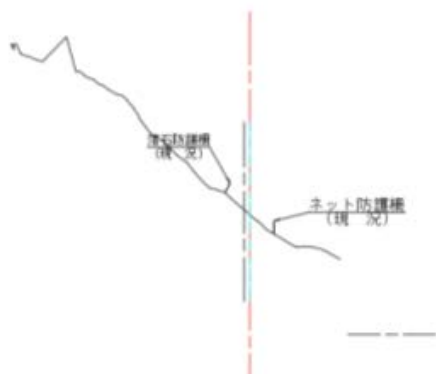


図 2 作成横断図

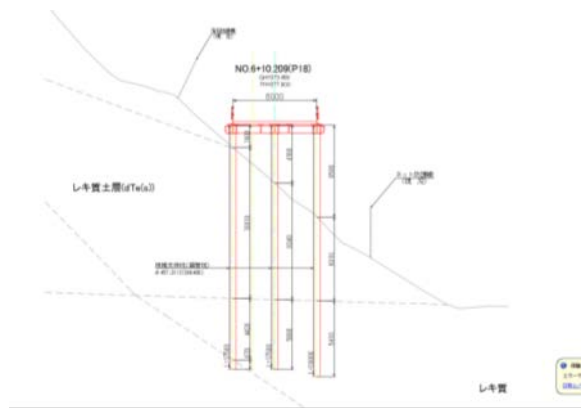


図 3 コンサルタント成果

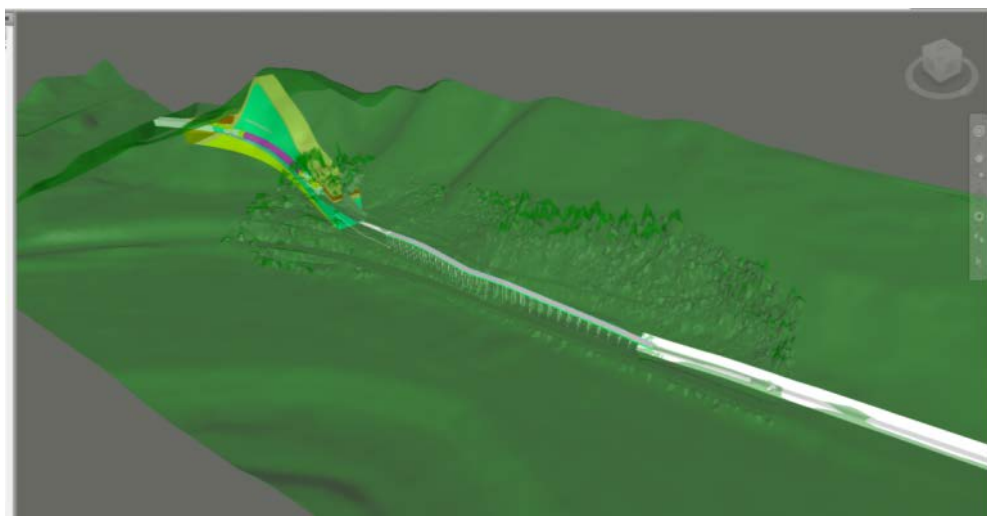


図 4 3次元モデル重ね図

通常の 3D 測量では現地に設置されているネット防護柵や落石防護柵等はデータ処理の際にゴミと認識され削除されるが、点群から形状や位置情報を抽出し、現況図面上に復元した 3D モデルを重ねることで、施工時に残置されるネット防護柵・落石防護柵を平面・横断図上に残し、施工上の支障についても併せて検討した。

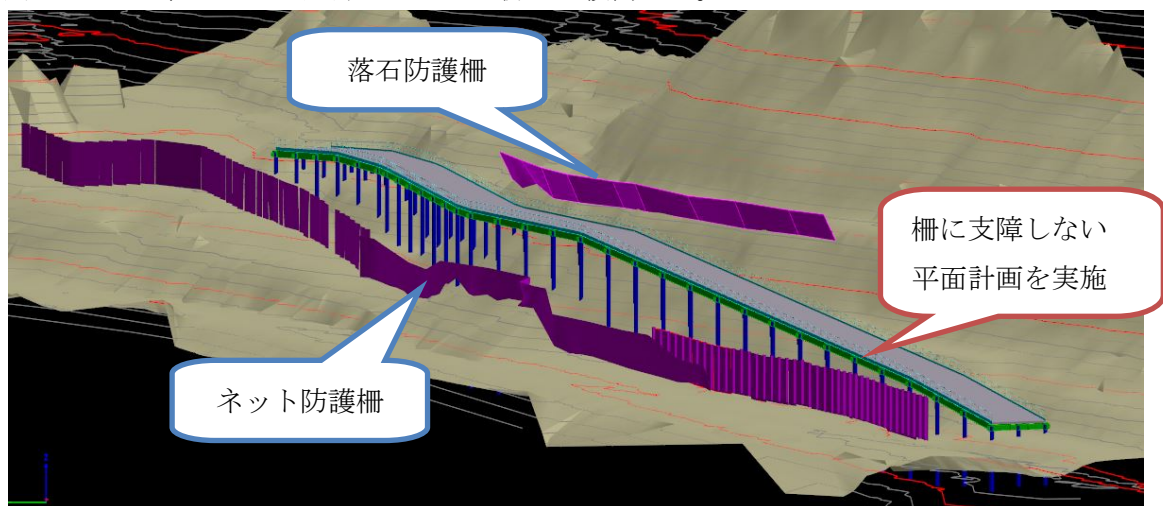


図 5 3次元計画モデルと現況モデルの重ね図

(2)トンネル施工断面出来形検証

施工途中段階において、吹付けコンクリート打設後のトンネル内部を 3 次元レーザースキャナーで計測し、実施掘削断面と計画断面との凸凹評価を実施した。

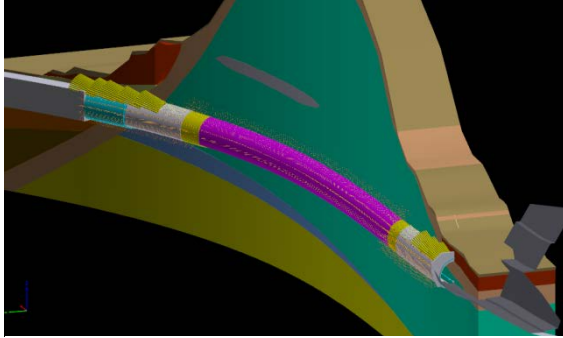


図 6 トンネルモデル(1)

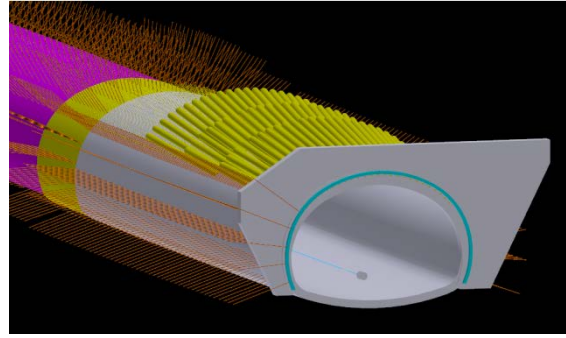


図 7 トンネルモデル(2)

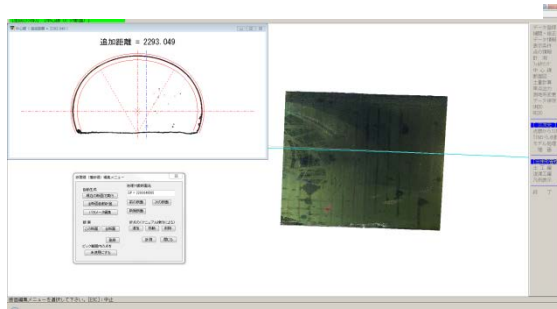


図 8 Pet's 解析画面

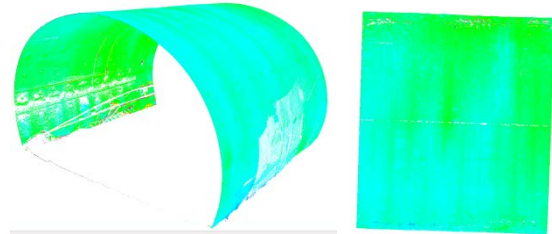


図 9 凸凹ヒートマップ

ヒートマップは、 $-50\text{mm} \sim +200\text{mm}$ を上限とし、掘削不足は赤色、掘削面 $+200\text{mm}$ は青色となる。緑はほぼ中間となるため、掘削が正常に実施されたことが判断できた。

(3)二次覆工コンクリートの実数量算出

二次覆工コンクリートを施工するにあたり、計画断面より食い込むことが予想されたため、事前に実質打設量と計画打設量を計画し、生コン配車計画を立案した。

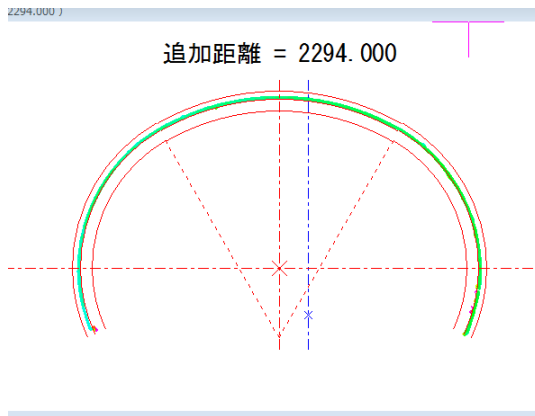


図 10 Pet's 解析画面

追加距離	全点群数	設計掘工面積	掘工面積	平均面積	距離	巻巻量
2292.6	204970	7.4	8.584	4.292	0.3	1.268
2293.1	210516	7.4	8.589	8.571	0.3	2.571
2293.4	222167	7.4	8.488	8.519	0.3	2.558
2293.7	228034	7.4	8.584	8.517	0.3	2.555
2294	228157	7.4	8.488	8.571	0.3	2.571
2294.3	238193	7.4	8.473	8.553	0.3	2.559
2294.6	248093	7.4	8.533	8.503	0.3	2.551
2294.9	271678	7.4	8.629	8.581	0.3	2.574
2295.2	283130	7.4	8.586	8.592	0.3	2.578
2295.5	292473	7.4	8.539	8.547	0.3	2.564
2295.8	293572	7.4	8.571	8.555	0.3	2.569
2296.1	287821	7.4	8.524	8.548	0.3	2.564
2296.4	293896	7.4	8.526	8.525	0.3	2.558
2296.7	311286	7.4	8.623	8.575	0.3	2.572
2297	314439	7.4	8.677	8.6	0.3	2.58
2297.3	328841	7.4	8.626	8.601	0.3	2.58
2297.6	340743	7.4	8.664	8.645	0.3	2.584
2297.9	334726	7.4	8.624	8.644	0.3	2.583
2298.2	312969	7.4	8.641	8.733	0.3	2.62
2298.5	305404	7.4	8.6	8.821	0.3	2.649
2298.8	308549	7.4	8.645	8.822	0.3	2.647
2299.1	301411	7.4	8.785	8.815	0.3	2.644
2299.4	301689	7.4	8.79	8.787	0.3	2.638
2299.7	303339	7.4	8.887	8.838	0.3	2.651
2300	304407	7.4	8.99	8.933	0.3	2.66
2300.3	305932	7.4	8.984	8.987	0.3	2.664
2300.6	337254	7.4	9.015	9.005	0.3	2.701
2300.9	342848	7.4	9.026	9.021	0.3	2.708
2301.2	358870	7.4	9.014	9.02	0.3	2.708
2301.5	374253	7.4	8.943	8.978	0.3	2.694
2301.8	384407	7.4	8.923	8.923	0.3	2.677
2302.1	382210	7.4	8.98	8.942	0.3	2.683
2302.4	344405	7.4	8.931	8.955	0.3	2.677
2302.7	332291	7.4	8.908	8.919	0.3	2.676
2303	319716	7.4	8.9	8.904	0.3	2.655
合計余巻量						90.395

合計余巻量 90.395

図 11 覆工コンクリートボリューム表

【効果】

- ▶ 急峻で断面変化に富む現地状況であっても、仮棧橋杭設置箇所のジャストポイント断面を作成できることから、手戻りのない設計が可能である。
- ▶ 掘削不足が解消する。
- ▶ 事前に実生コン量を把握できるため、コンクリートの過不足を抑制できる。

【運用体制】

- ▶ 3次元モデルデータ作成ならびに点群データ処理は、本社専属技術員による。
- ▶ 3次元レーザースキャナー測量は本社専属技術員が指導した後、現場技術員が自社機を用いて実施した。
- ▶ 生コン配車計画は現場技術員による。

▶ 使用ソフト

- 3次元モデル作成ソフト
 - AutoCAD、Civil 3D
- 3Dレーザースキャナー点群処理ソフト
 - MagnetCollage(TOPCON)
 - ScanSurveyZ(株式会社ビーシステム)
 - PET's トンネルオプション(株式会社岩崎)

【課題】

- ▶ 凸凹評価は、掘削中か直後に実施することが望ましいが、3Dレーザースキャナーを常駐させ、作業間合いで計測しなければいけないなど時間的な制約がある。リアルタイムに現場に結果を反映させるためには、計測～解析までを連動したシステムを導入しなければ困難である。
- ▶ 3Dレーザースキャナーを使った測量は現場従事者で対応が可能であるが、その後の解析や点群処理は専属技術員が実施する必要がある。
- ▶ 3次元関連ソフトを使いこなせる人材の育成・スキルアップが必要となる。

トンネル

No4	大豊建設株式会社	
-----	----------	---

工事概要	工事名称	鳥取西道路桂見高住トンネル工事
	発注者	国土交通省中国地方整備局鳥取河川国道事務所
	受注者	大豊建設株式会社
	工期	平成28年2月10日～平成29年10月31日
	工種	トンネル(NATM工法)
	工事内容	トンネル工(NATM工法) 629m 坑門工 2基 坑内付帯工 1式 道路土工 10,150m ³ 法面工 植生基材吹付 1,245m ² コンクリートブロック積 1式

施工 CIM の活用方法による分類（塗潰し部）

施工	施工管理	施工計画	施工手順周知	施工の高度化	施工数量算出
協議資料	三者協議	発注者協議	下請け協議	関係者協議	住民説明会等
設計	設計協議	設計照査	設計数量算出	その他	

【取組み内容】

当現場の CIM は、国土交通省での試行工事におけるものであり、航空写真より地形図を作成し、トンネル断面と接合させて 3D 化を行った。

トンネル計測機会社に依頼し、3D の地形図と切羽写真をリンクさせるとともにビューアを作成し（3DCAD ではなく）、測点・高さ・幅等の計測も出来るようにした。

【具体的事例】

事例① 起点部の補助工法設計変更 分類：発注者協議

起点坑口部での施工前に任意測点での断面図を細かく提示し、土被りが小さいことから補助工法が必要であることを強調し、設計変更へと協議を重ねる資料を作成した。

【具体的事例】

事例② 岩判定 分類：施工管理

岩判定毎に、その測点の断面を作成し、土被り等の確認、現地での目視・地山状況の確認を発注者と共に行った。

また、低土被り部や終点部の施工前には、打合せ等で断面図を使用して、作業員にも周知させた。

【具体的事例】

事例③ 近接の池への配水 分類：住民説明会等

近接した箇所に池があり、トンネル掘削が通過完了した後、池への流入がなくなったと地元住民から苦情があった。

池周辺の断面を確認し位置・高さを確認したところ、トンネル施工位置が地下水を分断しており、これを受けて発注者をまじえ地元との協議となった。

【運用体制】

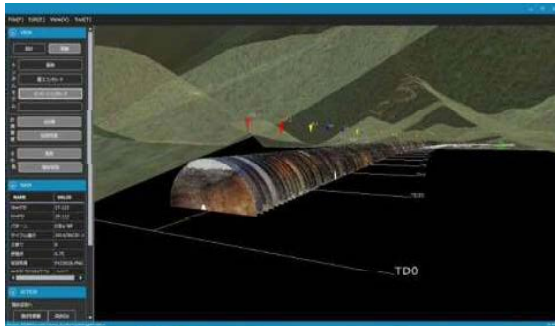
CIM の試行工事と言うことでもあり、3DCAD にて対応しようとしていたが、3DCAD を使用するに当り、ソフトと CAD オペの確保、使用する際の設定等を計画するとかなり費用が掛かってしまうことが判明した。

試行工事であるので、あまり費用を掛けないようにするため、3DCAD ではなく航空写真から変換した 3D のビューアソフトを使用し、CIM として活用することとした。

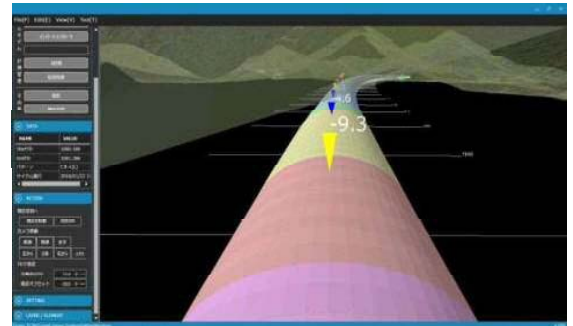
【全体的課題】

今回の試行工事での CIM については、3D 化により設計変更や岩判定時の任意断面図の作成などに有効ではあった。しかし、モデル化の範囲が限定的であったため、3D 化の効果も限定されおり、不可視部分や、鉄筋の混在する部位の配筋確認等までできれば、より有効活用出来るのではないかと考える。今回の活用事例であれば、土被り等確認のための断面図が作成出来れば、3D 化までの必要性はなかったと感じる。

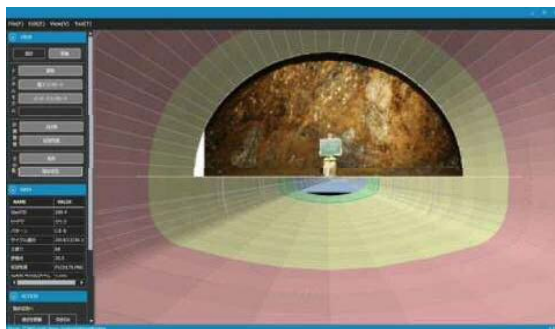
Enzan Graphic for NATMの多彩な機能を紹介します。



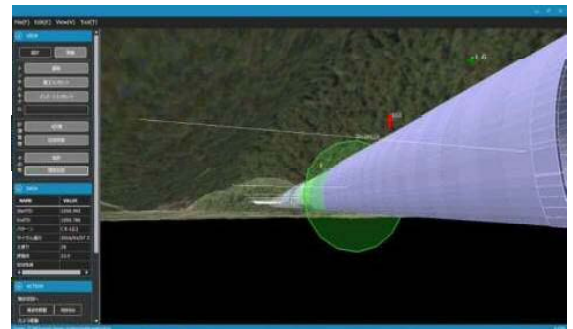
切羽観察結果を3D描写



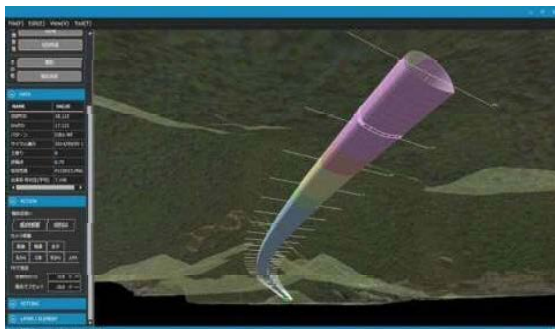
沈下量の管理値レベル別色分け表示



支保パターン毎の色分け表示



切羽の現在位置を確認



トンネル周辺の地形の表示



あらゆる角度で表示可能

工事概要	工事名称	吉野川下流域農業地防災事業 第十幹線水路（1工区その5）建設工事
	発注者	中国四国農政局
	受注者	前田建設工業株式会社
	工期	平成28年4月26日～平成30年12月1日
	工種	シールドトンネル
	工事内容	幹線水路工 水路延長 L=859m 1) シールド工 L=795m シールド機種：泥土圧シールド（シールド機外径 φ5,130mm） 覆工：内径φ4,500mm 内圧対応二次覆工一体型セグメント コンクリート中詰鋼製セグメント 2) 鉄筋コンクリート箱型暗渠工 L=58m 内空 B3.9m×H3.9m 3) 接続水槽 1箇所

施工 CIM の活用方法による分類（塗潰し部）

施工	施工管理	施工計画	施工手順周知	施工の高度化	施工数量算出
協議資料	三者協議	発注者協議	下請け協議	関係者協議	住民説明会等
設計	設計協議	設計照査	設計数量算出	その他	

【取組み内容】

本工事では、本設構造物や周辺地盤が刻々と変化するシールド工事において不具合の予兆を早期発見する仕組みを検討するため、掘進管理システムで抽出した様々な掘進管理データを3Dモデルにてリアルタイムに可視化するシステムを導入した。

- ① システムに取り込んだ平面・縦断図から、シールド機と周辺構造物や地層変化点との位置関係をリアルタイムに確認できた。
 - ・ シールド機の現在位置をモニター画面で表示し、近接する構造物との位置関係を確認した。
 - ・ 想定土質縦断データと実際の掘削データを比較し、今後の土質の予想材料にした。
- ② 各施工管理項目に管理値（一次管理値、制限値等）を設け、掘進状況の変化の傾向を可視化した。
 - ・ セグメントリング毎に掘進時の測定データや施工記録などを3Dモデルに紐付け、組み立て済みのセグメントの情報を一元管理した。
 - ・ 切羽土圧・カッタートルク・取り込み土量の変化傾向の可視化により、些細な異変を見落とすことがなかった。

【具体的事例】

シールドマシンと連携した掘進管理システムから抽出した施工管理データは、随時、更新・蓄積されていく。データは、中央管理室や現場事務所の PC から確認することができ、現場事務所では、進捗に合わせてリアルタイムで可視化される。

今回使用した掘削管理システムと 3D 可視化システムの主な機能と構成を下記に示す。

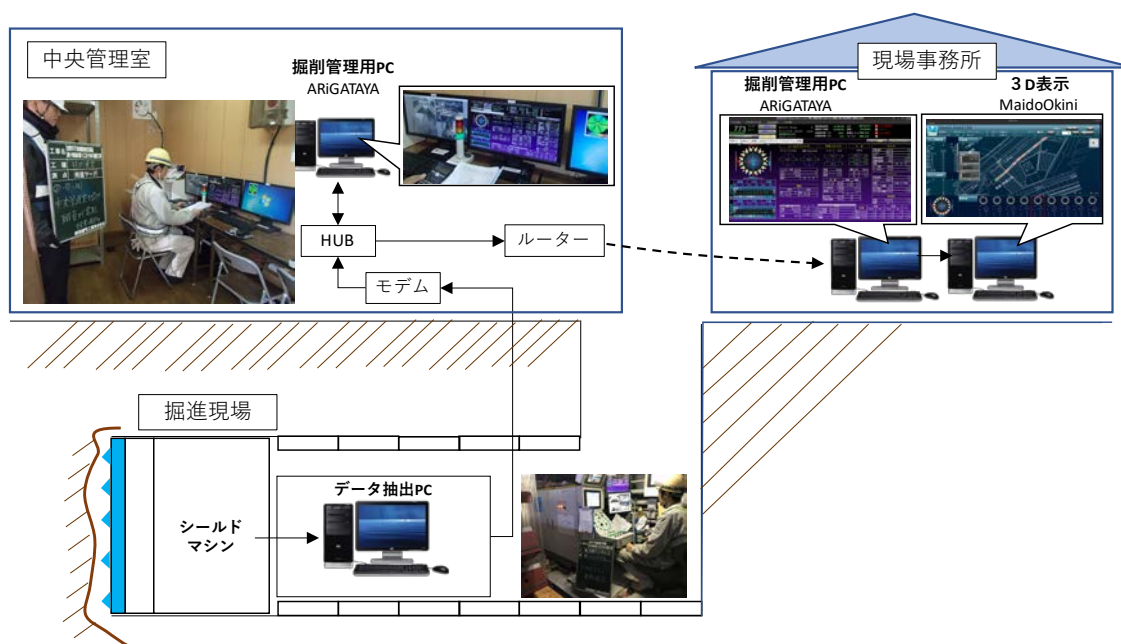


図-1 掘進管理システムと 3D 可視化システムの構成

<掘進管理システム：ARiGATAYA ((株)演算工房) >

- ・ 掘進管理情報のリアルタイム表示・記録 (リング毎に整理)
- ・ 掘進管理情報のグラフ化
- ・ 測量管理、測量計算、出来形管理
- ・ 日報自動作成
- ・

<可視化システム：MaidoOokini ((株)演算工房) >

- ・ シールド進捗箇所の実時間表示 (平面図・縦断面図・3D モデル)
- ・ モデルデータと掘進管理情報、出来形管理情報の紐付け (セグメントモデルをクリックすることにより該当箇所の掘進管理情報を表示)
- ・ 3D モデルにおける掘進管理情報、出来形管理情報、その他施工管理情報の色別表示

事例① 正確な切羽位置の把握 分類：施工管理

従来は、現場事務所や中央管理室に印刷した図面を掲示し、色鉛筆などで施工済み箇所に色を塗って進捗を表現していた。一方、今回導入したシステムは、進捗が自動表示されるため、正確に切羽の現在地が把握できる。これにより、周辺構造物との距離感がイメージし易くなり、安全な施工に寄与した。



図-2 縦断面図による施工位置の表示

事例② 掘進管理情報と 3D モデルデータの紐付け 分類：施工計画

従来から、掘進管理システムを使用したシールドトンネルの施工は行われていたが、過去の掘進管理や出来形管理記録を閲覧する際は、掘進管理システム内の膨大な記録データの中から検索しなければならなかった。今回導入した可視化システムは、セグメントのモデルをクリックすると、該当箇所の掘進管理等のデータが表示される。セグメントと周辺の地質情報を関連付けて確認できるため、情報取得の迅速化に繋がった。また、各施工管理項目に制限値などを設けておくことで、モデルを色別表示できるため、切羽土圧・カッタートルク・取り込み土量の変化傾向などのデータ分析の効率化が図れ、手戻りの少ない施工計画の立案に寄与した。



図-3 3D モデルデータと施工情報の紐付け

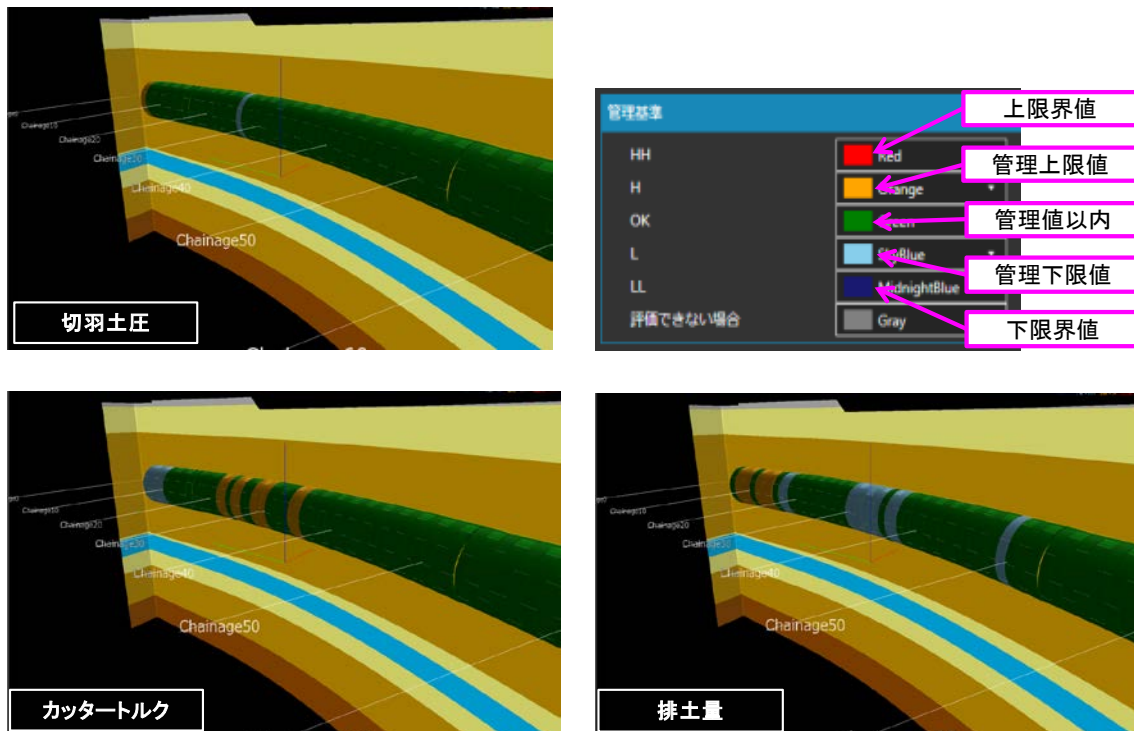


図-4 各種データの色別表示

【運用体制】

- ・ 現場職員 : 掘進管理・データ分析・施工計画立案
- ・ 本・支店技術部門 : 導入指導
- ・ システム協力 : 株式会社演算工房

【全体的な課題】

- ・ 可視化システム内（図面・3Dモデル空間上）で距離測定機能があれば、シールド機と周辺構造物や支障物・地層変化点等とのより正確な距離の把握が可能になったと思われる。
- ・ 地表面の沈下測量データを取り込めるようになれば、掘進記録と周辺地形・周辺構造物の変状などの関連分析も可能になり、掘進が周辺環境に与える影響を予測することが可能になると考えられる。
- ・ 施工管理情報の色別表示機能はメリットがあったが、3Dモデルでなく縦断図のみでも充分だという声もあった。しかし、都市部などの重要構造物や多くの埋設物が近接している場所での施工においては、周辺状況も併せて3Dモデルで表現すれば、安全な近接施工に寄与できると思われる。
- ・ 本工事は、土層条件や土被り条件が概ね一様であったため、周辺条件に起因される掘進管理上の大きな不具合（管理値の逸脱、地上陥没など）は発生しなかったが、複雑な施工条件下の工事では、有効に活用できると考えられる。

No6

佐藤工業株式会社

佐藤工業株式会社

工事概要	工事名称	公共下水道尾津3号汚水幹線管きよ工事
	発注者	岩国市
	受注者	佐藤工業・西山建設特定建設工事共同企業体
	工期	平成30年2月22日～平成32年3月31日
	工種	ミニシールド、中大口径推進
	工事内容	本工事は岩国市尾津町の国道188号下にミニシールド工法φ1000mmで612m、また同じ発進立坑より反対方面に泥濃式推進φ800mmで353mの計965mの汚水幹線を構築する。加えて、発進立坑、推進到達立坑、3箇所の中間立坑の計5箇所将来の流入用の組立式人孔を設置する工事である

施工 CIM の活用方法による分類（塗潰し部）

施工	施工管理	施工計画	施工手順周知	施工の高度化	施工数量算出
協議資料	三者協議	発注者協議	下請け協議	関係者協議	住民説明会等
設計	設計協議	設計照査	設計数量算出	その他	

【取組み内容】

既設の埋設物と新設する管きよを3次元モデル化し、情報の一元管理と共有化を行うことによる打合せの効率化や施工計画への活用を目的とし CIM を導入した。

CIM モデル図を防音パネルに掲示し、地元住民の工事に対する認識度を向上させるとともに、土木技術に対するイメージアップを図る。

また、竣工時には施工記録をモデルとリンクさせて納品する予定としており、維持管理への活用にも期待できる。

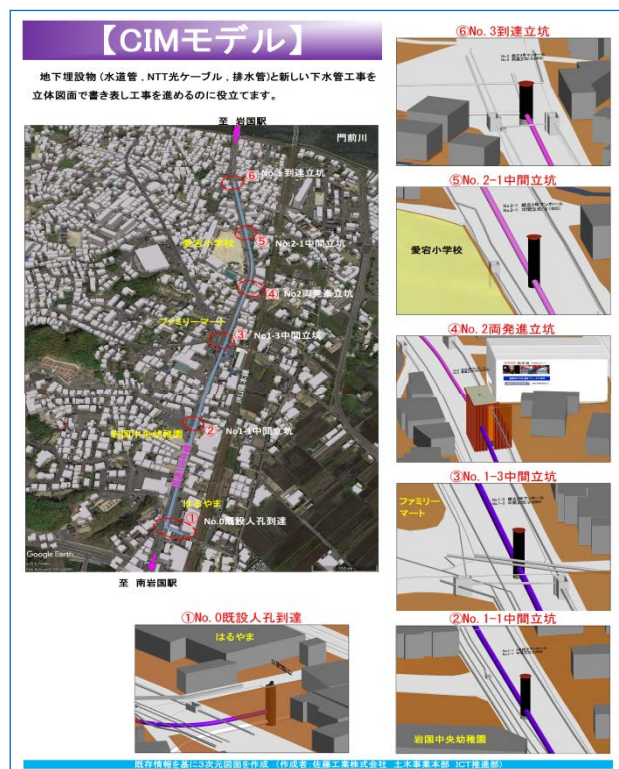


図-1 防音パネル掲示図

【具体的事例】

事例① 既設埋設物の可視化 分類：施工管理

既設の地下埋設物（水道管、情報BOX、NTT、水路）を可視化し、新設構造物（シールド、推進、立坑、建屋）モデルと重ね合わせることで、埋設物の位置関係を視覚的に把握し、施工計画に活用した。

立坑周りは現状地形との整合をとるため、地上型レーザースキャナーにて3次元測量を実施し、モデルとの重ね合わせを行った。

表-1 CIMモデル諸元

項目	詳細	名称
使用ソフト	地形モデル	Civil3D、InfraWorks
	設計モデル	Autocad、Revit
	合成モデル	Navisworks
地形データ	計画モデル	国土地理院データ
	実測点群データ	Leica P40
提出資料（ソフト）		Navisworks Freedom
3Dデータ作成の方法		自社

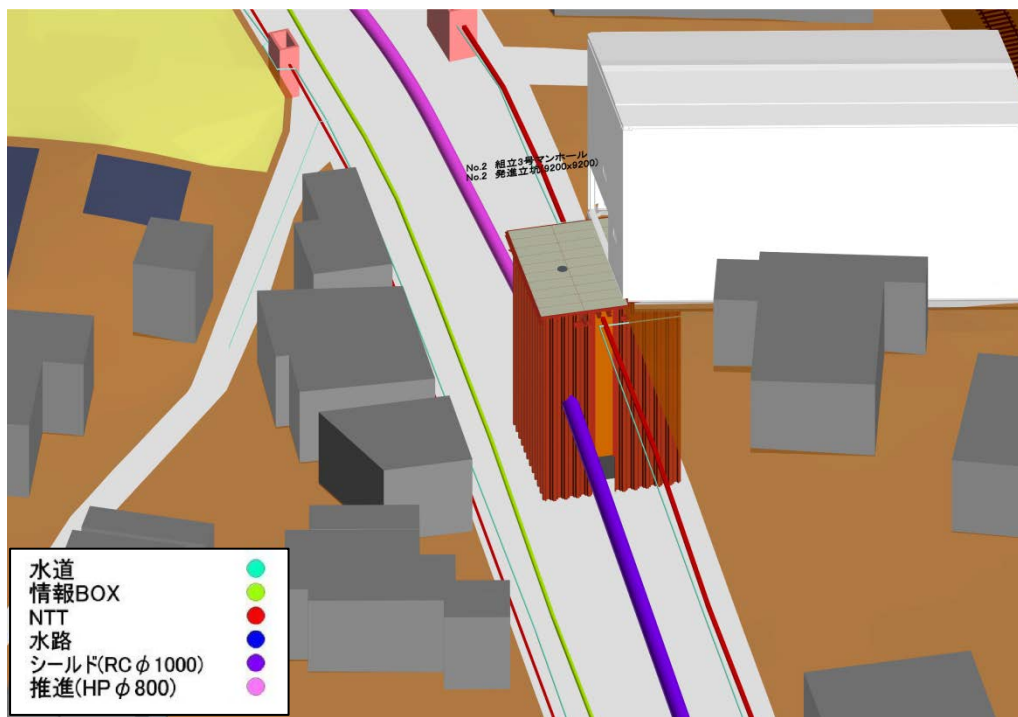


図-2 設計合成モデル

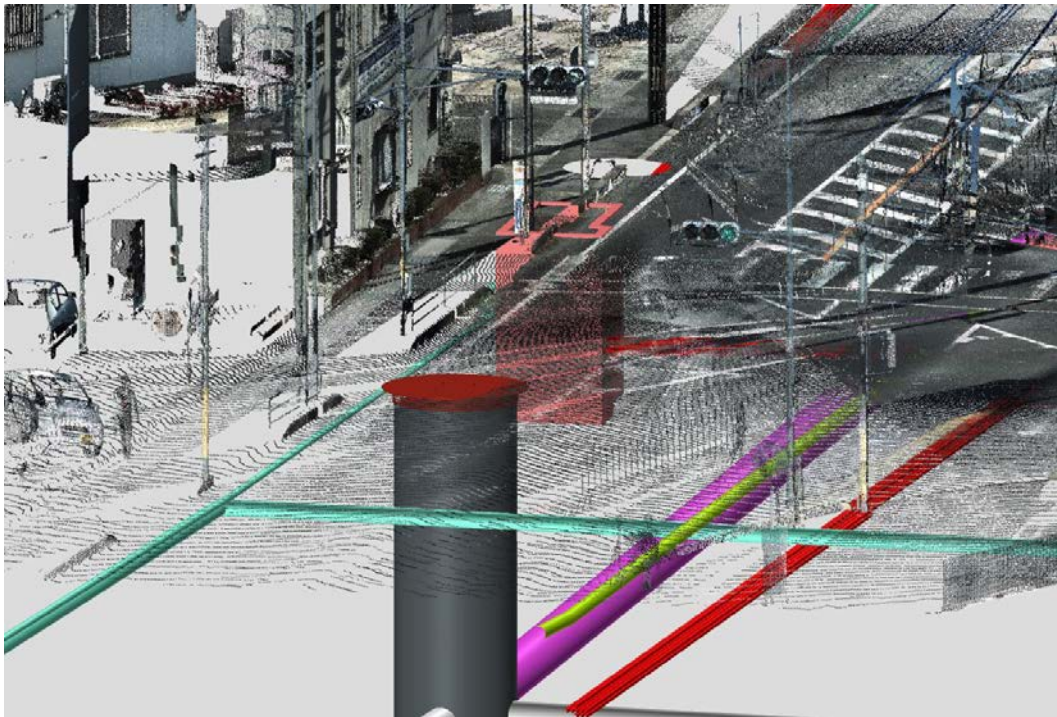


図-3 設計合成モデル+実測点群データ

事例② 薬液注入範囲の検討 分類：施工計画、発注者協議

薬液注入の施工範囲を、施工ステップごとに3次元モデル化し、施工範囲の妥当性と施工手順、施工方法の問題点の抽出を視覚的に判断した。

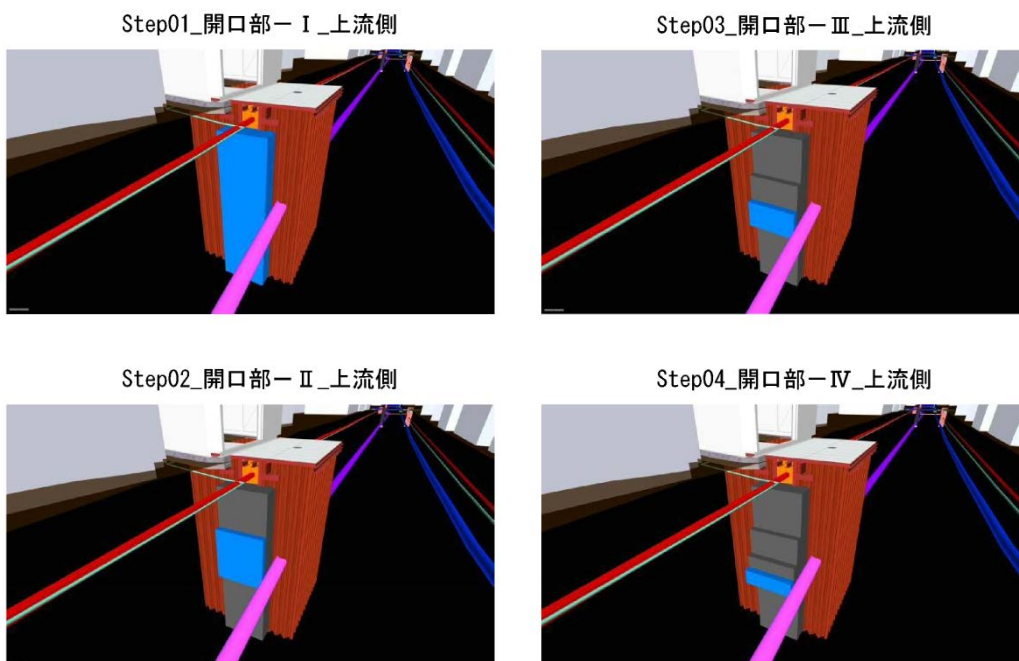


図-4 薬液注入施工ステップ図

【運用体制】

CIM モデル作成から 3 次元計測まで、全て自社で行っている。

現場のニーズを聞きながら本社で CIM モデルを作成する。作成後はビューアーモデルを現場に納品し、現場はビューアーを基に施工打合せや発注者協議に活用している。

本社と現場の打合せはネットワークによる TV 電話システムを使用し、共有の PC 画面と各々の顔を見ながら打合せが可能である。これにより認識違いによる手直しを少なくできるため、業務の効率化が見込める。



写真－1 3次元計測状況

【全体的な課題】

①ハード面

現場に配布している PC は 32bit であるため、ビューアー版の 3 次元ソフトでも使用することができない。また、スムーズに動かないと打合せに時間を要してしまうため、高性能 PC が必要になる。

②ソフト面

国土地理院の地形データを用いた場合、マンホールや覆工板の設計高と誤差が生じ、浮き上がったり、地下に潜る事がある。

既設埋設物の図面が古いなどの理由により、新設の図面と整合が取れない箇所がある。



写真－2 TV電話システムを用いた打合せ状況



写真－3 発注者への CIM 説明状況

工事概要	工事名称	三ヶ峯幹線送水管布設替工事その2（県補）H29～H32
	発注者	愛知中部水道企業団
	受注者	株式会社フジタ
	工期	2017年8月2日 ～ 2021年2月26日
	工種	シールド
	工事内容	重要給水施設に至る管路の耐震化を図るための新設工事。 シールド工：（掘削外径φ2,130mm，掘削延長2,829.4m） 立坑構築：（発進立坑：鋼矢板，到達立坑：ラゲ土留め）

施工 CIM の活用方法による分類（塗潰し部）

施工	施工管理	施工計画	施工手順周知	施工の高度化	施工数量算出
協議資料	三者協議	発注者協議	下請け協議	関係者協議	住民説明会等
設計	設計協議	設計照査	設計数量算出	その他	

【取組み内容】

シールド工事では、日々の掘進に関する施工データをセグメント毎に管理する。従来はまず掘進管理に必要なデータを探し出して数値を確認し、帳票を作成するには電卓で平均値を算出して記入していた。しかし従来の方法ではデータ確認や管理表の作成に時間がかかっており、データ分析に時間をかけたい職員にとって負担な作業となっていた。そこで、データを CIM により管理することで、各セグメントの施工データを一括で管理・表示できるだけでなく、周辺的环境や施設をモデル化することで施工範囲全体の状況が一目でわかるシステムの構築に取り組んだ。

【具体的事例】

事例① 3D モデルの作成 分類：＜施工＞施工管理

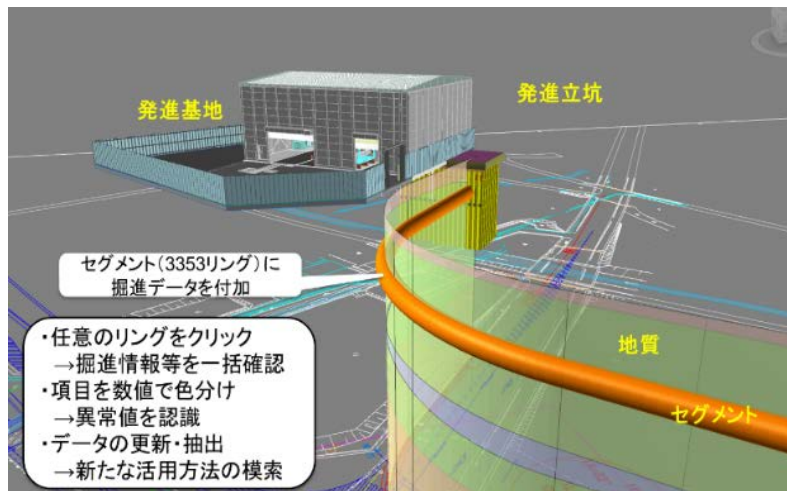
2D 図面及び写真から、立坑、セグメント、地形、地質、既設管、近接構造物をそれぞれ 3D モデル化した。様々なデータを一つに表示することのできる Navisworks にこれらのモデルを取り込み、位置関係が一目で分かるモデルが完成した。このモデルでは施工全体を把握することができ、注意すべき地質箇所、既設管、既設構造物が明白となり、施工時の危険箇所の確認に役立つ。



モデル全景

事例② 掘進データの取込 分類：＜施工＞施工管理

当作業所では、(株)ハイパーシールドの掘進管理システムを取り入れており、掘進管理システムより、各セグメントの掘進データ（ストローク、土圧、裏込め材などのデータ）を CSV 形式ファイルから確認できる。これらのデータをモデルに付加させて、任意のモデルをクリックするだけでそのセグメントの掘進データが表示されるようなシステムの構築を目的とした。CIM(Navisworks)に取り込むにはデータ整理と計算が必要になる。よって、自動で必要なデータを抽出し、モデルに取り込み可能なファイルに変換するプログラムを VisualBasic で作成した。セグメントをクリックするだけで施工情報が表示されるようになり、いつでもすばやくデータを確認できるようになった。また、データを数値分類、色分けすることで、値の高かったセグメントや異常値のセグメントの場所をすぐに確認することができる。データの更新、数値分類については職員が行っており、二次管理として役立っている。



掘進データの取り込み

例: R_000001.csv

		掘進開始										掘進終了	
2018/5/21	10	11:35:00	11:38:56	11:42:18	11:45:43	13:11:10	13:14:00	13:23:13	13:27:02	13:30:27	13:34:03		
-3) 傾斜	mm	113	214	316	417	913	619	711	813	914	1010		
5) ジャイロデータ1	deg	300	0	0.212	0.232	0.242	0.252	0.252	0.212	0.222	0.222		
9) 真傾斜角	m	6.36	-6.36	-0.728	-0.733	-0.738	-0.741	-0.739	-0.744	-0.732	-0.746		
20) 切羽傾斜率	%	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
31) 切羽メタリング濃度	NL/FL	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
53) 掘込A 掘進量	L/min	200	0	0.15	0.152941	0.211765	0.185294	0.2	0.226471	0.146875	0.185294		
54) 掘込B 掘進量	L/min	50	0	0.025	0.026147	0.032008	0.015441	0.001363	0.008088	0.00292	0.009599		

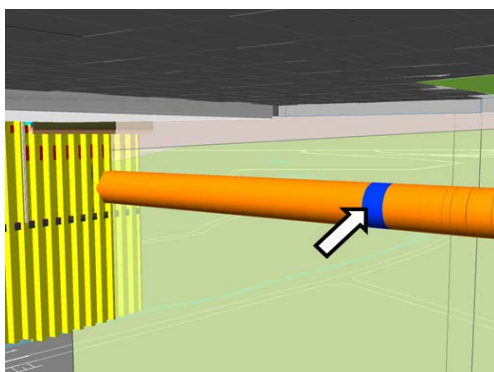
84項目

掘進データ (株)ハイパーシールド

掘進状況 output.csv

リン	日付	掘進開始日時	掘進終了日時	カッター-圧力Av	カッター-圧力Max
3	4	4	4	2	2
1	2018/6/21	11:35	13:34	10.834	12.418
2	2018/6/21	14:09	14:57	10.153	11.35
3	2018/6/22	9:34	10:24	10.43	13.574
4	2018/6/22	11:06	11:37	10.1	11.356
5	2018/6/22	13:19	13:46	9.98	11.041
6	2018/6/23	8:48	9:16	11.489	12.872
7	2018/6/23	9:48	10:36	11.377	12.867
8	2018/6/23	11:33	12:04	12.472	13.728
9	2018/6/23	13:47	14:13	13.194	14.559
10	2018/6/23	14:53	15:20	12.956	15.217
11	2018/6/25	9:02	9:28	12.932	15.018
12	2018/6/25	10:04	10:29	14.027	15.524
13	2018/6/25	11:19	12:06	12.863	14.394
14	2018/6/25	14:02	15:21	12.837	15.135
15	2018/6/25	16:12	16:35	14.313	16.253

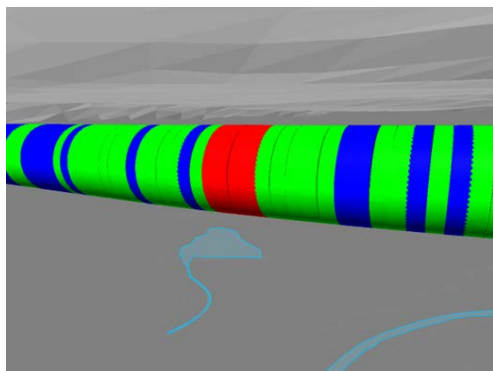
Navisworks 取込用データ(変換後)



掘進データの表示 (モデルをクリック)

プロパティ	値
リン番号	20
日付	6/26/2018
掘進開始日時	22:33
掘進終了日時	23:40
カッター-圧力Av(MPa)	12.242
カッター-圧力Max(MPa)	14.918
掘進速度左右A(mm/min)	27.939
掘進速度左右Max(mm/min)	40.111
ゲート閉度(%)	100
総推力 Ave(kN)	637.753
総推力 Max(kN)	762.471
スグュー-圧力(MPa)	13.076
土圧 右 Ave(MPa)	0.09
土圧 右 Max(MPa)	0.096
土圧 右 Min(MPa)	0.081
土圧 左 Ave(MPa)	0.078
土圧 左 Max(MPa)	0.091
土圧 左 Min(MPa)	0.06
コピ-カッター-ストローク(mm)	24.647
掘進実(掘進時間(分))	30.6
累計掘進距離(m)	25.118
ジャッキバターン(No.1/30)	248
ジャッキバターン(No.5/30)	248
ジャッキバターン(No.9/30)	248

データ表示例



データの数値分類

分類方法

事例③ 帳票の自動作成 分類: <施工>施工管理

事例②と同様の(株)ハイパーシールドの掘進データを用いての帳簿の自動作成に取り組んだ。セグメント番号を入力して実行するだけで自動的にファイルが開き、読み込み、計算、書き込みまで行い帳票が出来上がるプログラムを Visual Basic で作成した。現場職員の手計算によるミスをなくし単純作業である計算時間を短縮することで、本来の掘進状況の考察に時間をかけることができるようになった。

凡例テーブル [入力設定]

プロパティ名称	下限值	上限値	色	透明	表示
掘込圧力Av(Mpa)	0	0.1	Blue	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	0.1	0.2	Green	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	0.2	0.3	Red	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

範囲外 現在の表示状態を維持する

表示 [入力設定] [閉じる]

基動 OR 夜勤											
1. 出面 広井建設 名 (班)											
1 R ~ 7 R											
2. 出来高 掘進 R・組立 R											
セグメント	1	2	3	4	5	6	7				
掘・組	掘・組	掘・組	掘・組	掘・組	掘・組	掘・組	掘・組				
K位置	○	○	○	○	○	○	○				
セグメント種類	900S	900S	900S	900S	900S	900S	900S				
掘進時間	~	21:22	22:05	22:49	14:07	14:07	14:07				
		21:38	22:20	23:05	15:23	15:23	15:23				
組立時間	20:00	21:39	22:21	23:06	15:24	15:24	15:24				
	21:21	22:04	22:48	14:06	14:06	14:06	14:06				
3. 掘進状況											
セグメント	掘・組	±圧	ビットンブ	ジャイロ値	切削速度	排土量		取引量		加圧量	
		MPa	deg	°	mm/min	m ³	(%)	kg/t	(%)	kg/t	
1	1	0	-0.167	105.46	20.2	3.81	104	406 + 32	440	116	461
			掘力: 203.4 t	カット: 4.9 t・m							
2	2	0.043	-0.194	131.83	29.3	3.73	102	404 + 31	435	115	461
			掘力: 292.5 t	カット: 5.7 t・m							
3	3	0.022	-0.158	131.83	17.6	3.66	100	0 + 0	0	0	461
			掘力: 344.1 t	カット: 5.1 t・m							
4	4	0.031	-0.167	131.83	20.2	3.77	103	3 + 5	8	2	461
			掘力: 268.7 t	カット: 4.9 t・m							
5	5	0.051	-0.158	131.83	20.3	3.77	103	0 + 0	0	0	461
			掘力: 283.9 t	カット: 5.3 t・m							
6	6	0.051	-0.158	131.83	20.3	3.77	103	0 + 0	0	0	461
			掘力: 283.9 t	カット: 5.3 t・m							
7	7	0.031	-0.167	131.83	20.2	3.85	105	0 + 0	0	0	461
			掘力: 268.7 t	カット: 4.9 t・m							

自動帳簿の作成


【運用体制】

- ・現場職員 : データ更新, 数値分類
- ・本社設計部 : 3D モデル, データ付加プログラム, 自動帳簿プログラム
- ・使用ソフト : Navisworks (Autodesk)
: VisualBasic (Microsoft)

【課題】

- 1) 3次元 CAD を扱える人材の確保と育成
- 2) データ量の多い 3次元モデルをスムーズに動作する環境の整備 (PC 導入費用やソフトウェア開発)

地下構造物

No8	大豊建設株式会社	
-----	----------	---

工事概要	工事名称	王子第二ポンプ所建設その2工事
	発注者	東京都 下水道局
	受注者	大豊建設株式会社 東京土木支店
	工期	平成26年8月4日～平成31年3月22日
	工種	地下構造物
	工事内容	王子第二ポンプ所は、東京都北区東十条、王子及び豊島地区の 雨水量の増大に対応するため、既設の王子ポンプ所流域を補完す る施設として建設中であり、一部雨水を隅田川に放流し浸水対策 の軽減を図ると共に、合流式下水道改善を目的として、雨水貯留 池を併設し、初期汚濁負荷の削減を行う施設である。 主要工事は、沈砂池ポンプ棟（L49.7m×B32.3m×H34.3m） をニューマチックケーソン工法で施工するものである。

施工 CIM の活用方法による分類（塗潰し部）

施工	施工管理	施工計画	施工手順周知	施工の高度化	施工数量算出
協議資料	三者協議	発注者協議	下請け協議	関係者協議	住民説明会等
設計	設計協議	設計照査	設計数量算出	その他	

【取組み内容】

本工事の設計図は複数の2次元図面で示されているが、構造が複雑であるため、一部の隔壁や梁、柱等を築造する際にも複数枚の図面確認が必要となり、施工がイメージしにくい状況であった。そのため、施工計画の段階で CIM モデル (Construction Information Management) を導入し、複雑な築造手順や構造体接合部および梁などの取合いを3次元で立体的に示すことで、業務に携わる技術者と作業員に施工をイメージしやすくし、施工の合理化・効率化を図ることとした。

また、本工事の施工箇所は狭隘かつ、首都高橋脚に近接しているため、躯体築造作業におけるクレーン（タワークレーン2基）と近接構造物との接触事故防止、および施工中の災害事故に繋がる原因と事故発生防止について、事前教育時に CIM モデルにより VR 化して実施疑似体験ができる環境を整備することとした。

【具体的事例】

事例① 各ロットの施工分割図を CIM モデルで明確化 分類：施工管理、施工計画

本工事で築造する沈砂池ポンプ棟ケーソン（以下、ケーソンとする。）は、全体で7ロットに分割されているが、1ロット当たりの打設量が約 2,500m³～約 4,400m³と大容量であること、敷地面積が狭隘であること、地元自治会との取り決めで時間制約（8：00～18：00 厳守）があることから、1回当たりのコンクリート打設量に制限がある。このため、各ロットを更に 6～10 分割に細分化して打設する計画としていたことから、各ロットの施工分割図を CIM モデルで明確にした。本工事の全体平面図を図-1、A-A 断面図（長辺方向）を図-2、B-B 断面図（短辺方向）を図-3、第4ロット施工分割図を図-4 に示す。

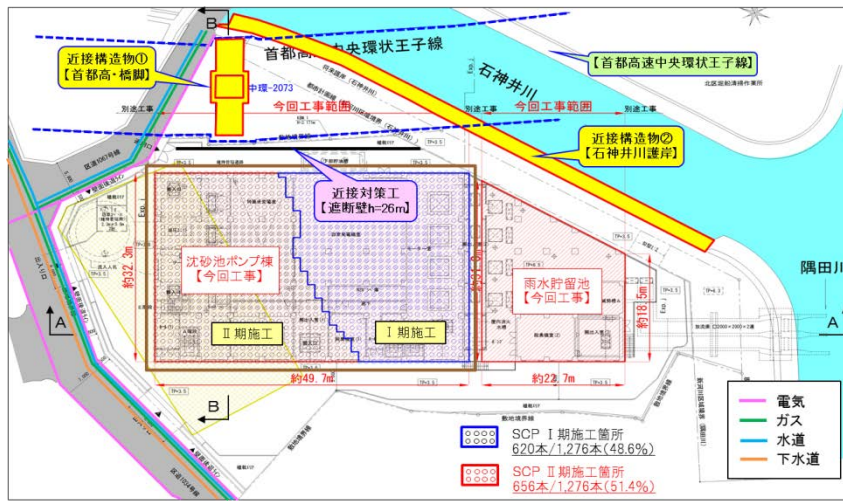


図-1 全体平面図

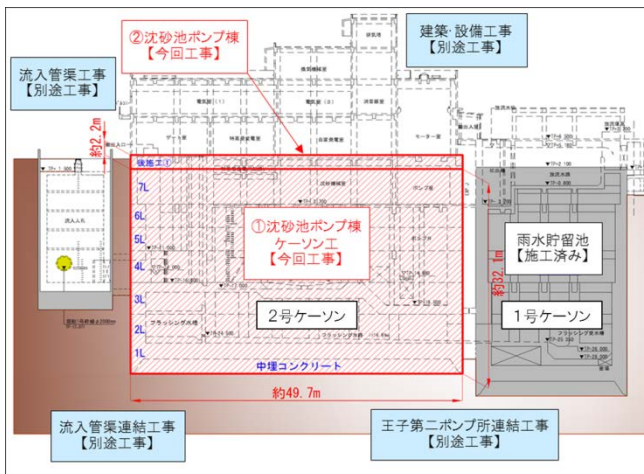


図-2 A-A断面図（長辺方向）

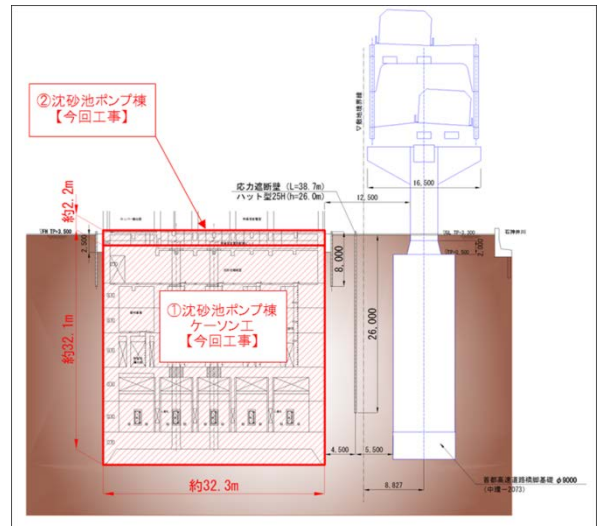
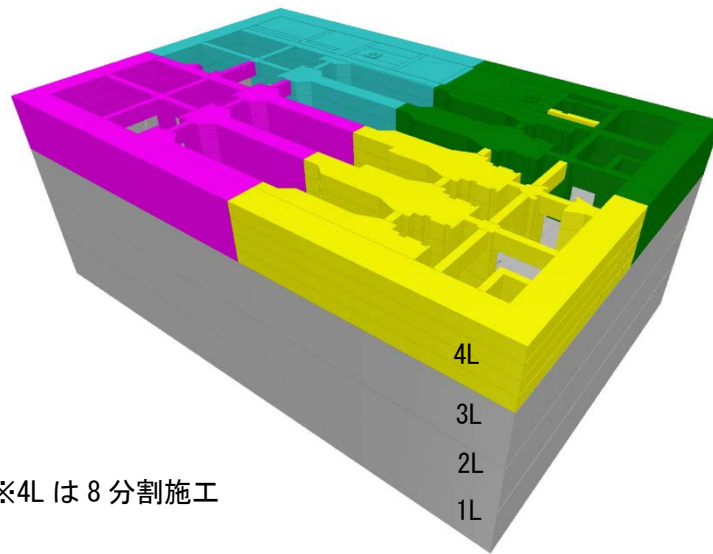


図-3 B-B断面図（短辺方向）



※4L は 8 分割施工

図-4 第4ロット施工分割図

事例② 計画段階での CIM モデル導入で施工の合理化・効率化を図り工期短縮

分類：施工手順周知、下請け協議

本工事では、施工計画段階でポンプ所構造物（設計）の CIM モデルを作成し、ポンプ所特有の複雑な構造体接合部や梁、隔壁、階段などの取合いを 3 次元で立体的に示した。これにより、施工途中に何時でも業務に携わる技術者や作業員が確認できる環境を作ることによって作業の手戻りなどはほとんど発生せず、スムーズに施工が進み施工の合理化・効率化を図ることができ、最終的に工期短縮に寄与した。内部構造および構造物（設計内容）の可視化を図-5、図-6 に示す。

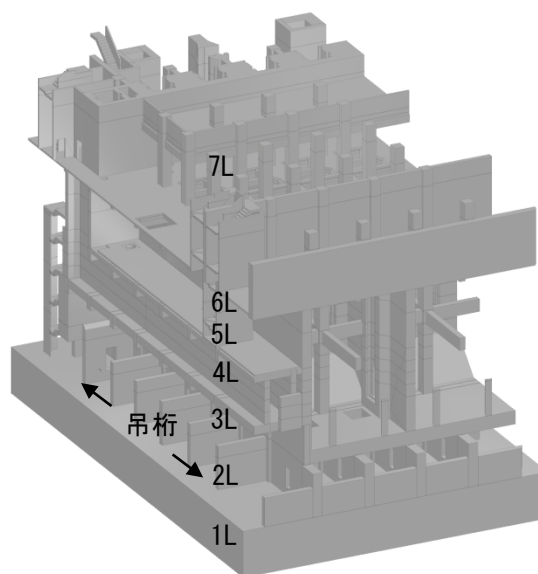


図-5 内部構造の見える化図

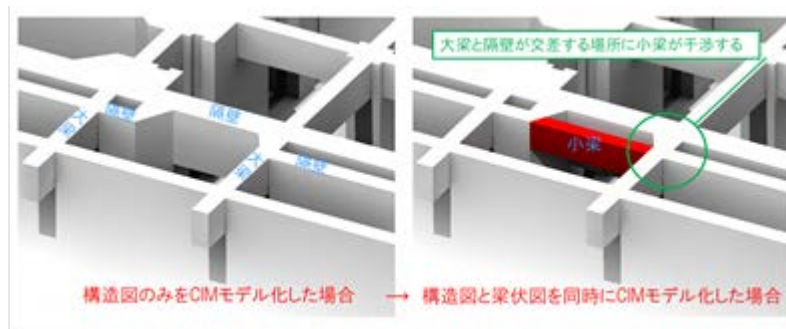


図-6 構造物（設計内容）の可視化図

事例③ CIMモデルのVR化による実施模擬体験により安全性向上を図る

分類：施工管理

本工事の施工箇所は狭隘かつ、首都高橋脚に近接しているため、躯体築造作業におけるクレーン揚重作業時に近接構造物との接触事故が懸念された。このため、CIMモデルでVR化させ、クレーンオペレータに近接した揚重作業の実施疑似体験を行った。これにより、接触防止システムの効果的な採用につながり、安全な施工が可能となった。

また、VR空間内で様々な災害事故の発生過程を疑似体験できるため、災害事故に繋がる原因や、事故発生防止の行動を学ぶことができ、現場で働く職員や協力業者作業員への安全教育の充実を図ることが出来た。首都高橋脚と近接した箇所での揚重作業イメージ図を図-7、VRによる疑似体験状況を写真-1に示す。

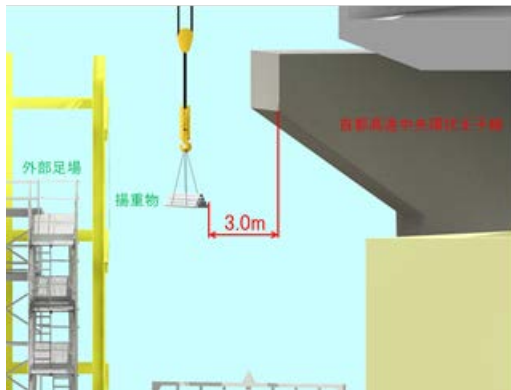


図-7 揚重作業イメージ図



写真-1 VRによる疑似体験状況

【運用体制】

- ・ CIMモデル作成業務は、専門のコンサルタント会社に外注した。なお、作成したCIMモデルの取り扱いや教育指導は作業所の専属技術者が実施した。
- ・ 使用ソフト：福井コンピューター(株)製「TREND-CORE」

【全体的な課題】

- ・ 作成したCIMモデルを現場技術者が修正できるような環境は整っていない。
- ・ CIM関連ソフトを使いこなせる人材の育成やスキルアップが必要であり、人員不足の状況ではあるが社内運用体制の整備が急務である。

工事概要	工事名称	平成30年302号緑地共同溝内部構築工事
	発注者	国土交通省中部地方整備局
	受注者	戸田建設株式会社
	工期	2018年7月4日～2020年6月30日
	工種	地下構造物
	工事内容	<p>国道302号沿いの大高立坑～殿山立坑間(L=1,470m)の共同溝内部構築工事及び殿山立坑・換気整備室の現場打構築工事となる。内部構築工事では、既設の鳴海Ⅲ共同溝内にプレキャスト製品の仕切り壁(下部壁、中床版、上部中壁)を設置する工事である。殿山立坑の現場打構築工事は、堅壁の途中まで完成しており、残りの堅壁、スラブ、頂版及び付属設備工を施工して殿山立坑が完成する。換気設備室は、殿山立坑に隣接して構築し内部に付属設備工を施工する。</p> <p>工事延長L=1,470m 大高立坑～殿山立坑：Φ6.7m(延長L=1,470m) 内部構築工 1式、現場打立坑構築工 1式、仮設工 1式</p>

施工 CIM の活用方法による分類 (塗潰し部)

施工	施工管理	施工計画	施工手順周知	施工の高度化	施工数量算出
協議資料	三者協議	発注者協議	下請け協議	関係者協議	住民説明会等
設計	設計協議	設計照査	設計数量算出	その他	

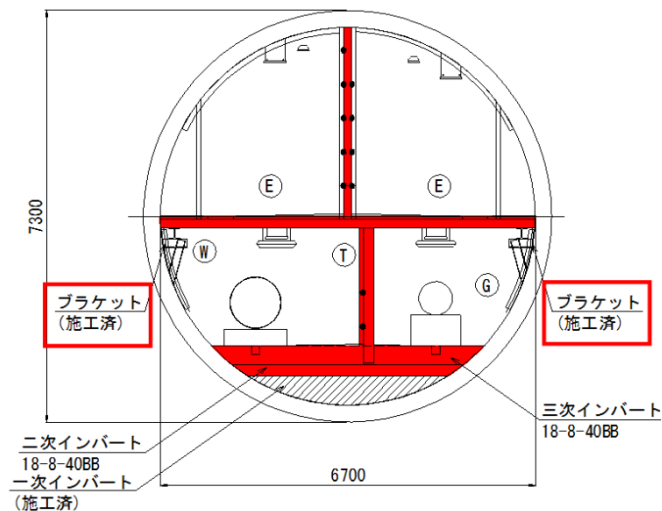


図1 工事内容 断面図 (赤部分)

【取組み内容】

- ①現況の把握のため、3Dレーザスキャナ（T L S）測量を行い、既設シールドトンネルの3D点群データ化した。なお、トータルステーションにてブラケット位置を測量し、データの補完している。
- ②プレキャスト版を3Dモデル化し、現況に合わせた割付パターンの計画を行った。
- ③3D点群データと施工3Dモデルを合わせた複合データを設備工事の各企業に引き継ぐ予定である。

【具体的事例】

事例 3D測量を活用したプレキャスト版割り付け検討

分類：施工計画、施工数量算出、設計照査

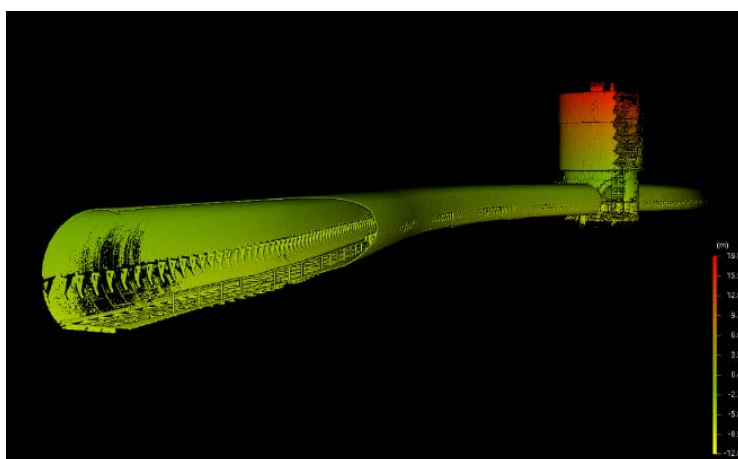


図2 3D点群データ



写真1 坑内T L S測量状況

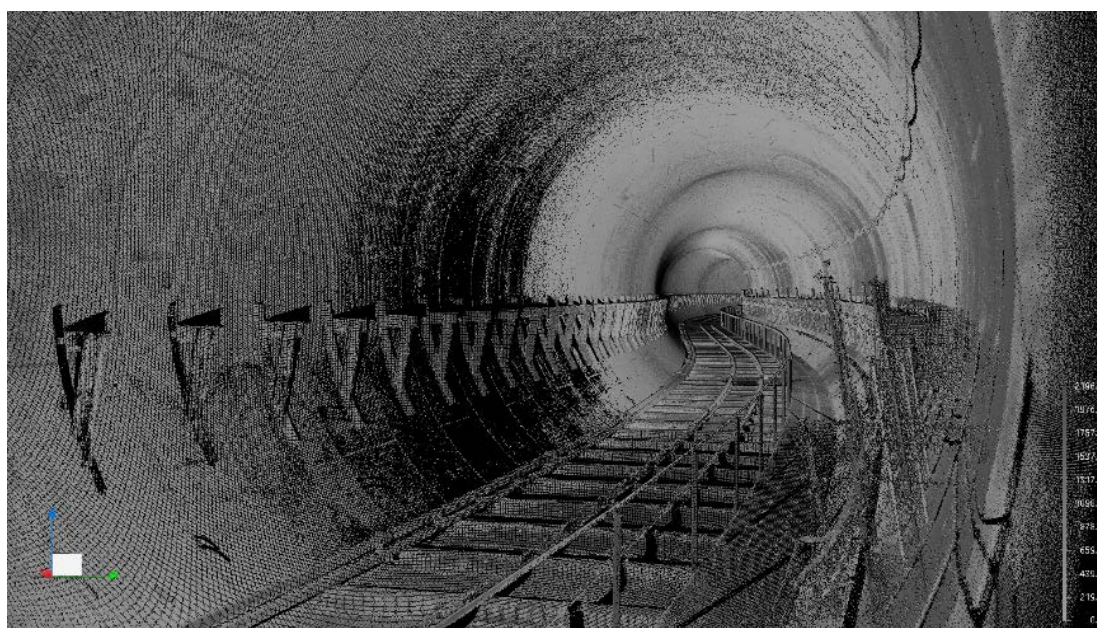


図3 3D点群データ（拡大）

工事延長がL = 1, 470 mと長いため、3Dレーザスキャナでの測量で現況を把握することは生産性向上に繋がり、効果的であった。

➤ 現地測量に要した期間	4日間
➤ 1計測距離（ラップ部分含む）	350m
➤ 1計測時間（機材盛替え時間込み）	30分
➤ 点群処理時間（全データ5億点）	10時間
➤ プレキャスト版割り付け検討と3D複合データ作成期間	1ヶ月 (従来の1/3)

設計照査をした結果、初期設計では直線部材のみであったものに対して、直線部材と1種類の異形部材のみで施工可能な結果が得られた。これにより、異形型枠製作によるコストアップを最小限に抑えることができた。

今後は、3D複合モデルを活用し、施工シミュレーションや施工情報の付与等を行い、現場内の「見える化」へ向けた運用をしていく。

さらに、弊社施工後に設備工事を行う企業にも3Dモデルを活用してもらい事業全体の効率化に寄与できるようにBIM/CIMデータとしての検討を行っていく。

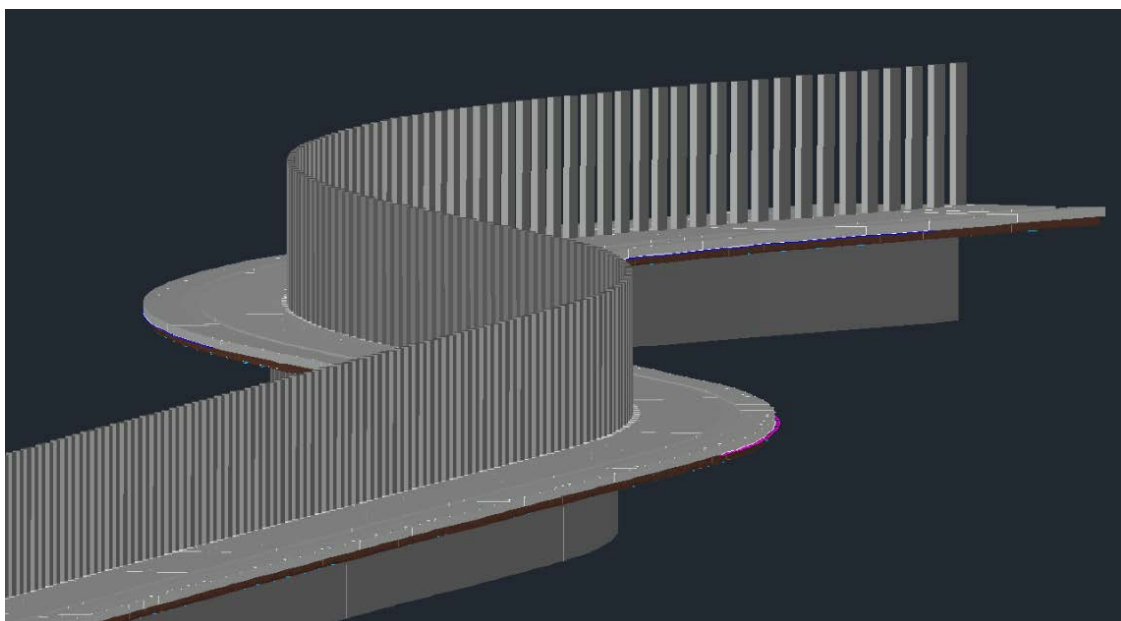


図4 プレキャスト版3Dモデル

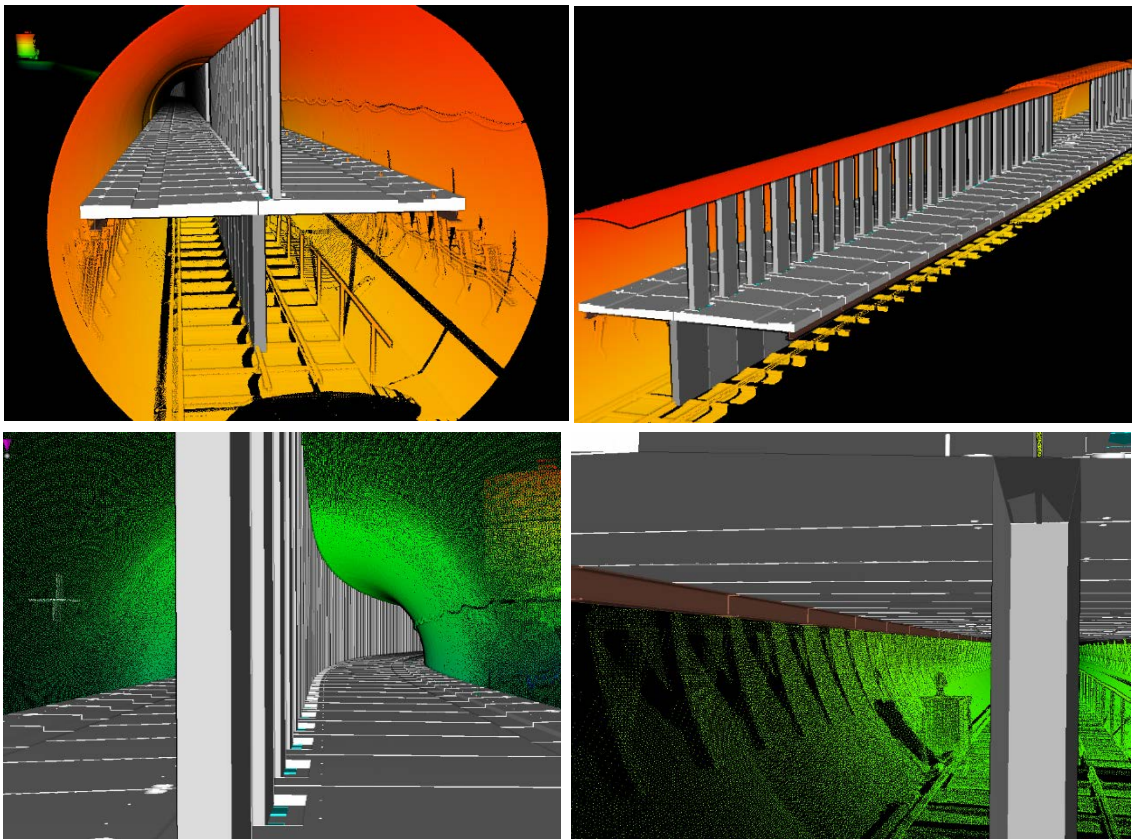


図5 3D複合モデル

【運用体制】

- ・現場：照査・検討
- ・本社：運用支援
- ・外注：測量、データ作成

・使用機器

3D レーザスキャナ：GLS-2000 (TOPCON)

点群処理ソフト：TREND-POINT (福井コンピュータ)

3D モデル作成ソフト：Auto CAD (Autodesk)、TREND-CORE (福井コンピュータ)

【全体的な課題】

- ① 3Dモデル、3D点群データを活用できるパソコンやソフトウェア環境整備
- ② 3Dモデル、3D点群データの取扱いに長けた人材育成・スキルアップ
- ③ 今回作成した3D複合モデルが弊社施工後の設備工事、最終的には維持管理まで使用できるか要検討である

工事概要	工事名称	横浜環状南線 釜利谷ジャンクション工事
	発注者	東日本高速道路株式会社
	受注者	株式会社熊谷組
	工期	平成 28 年 11 月 22 日～平成 31 年 11 月 6 日
	工種	土工
	工事内容	<ul style="list-style-type: none"> ・切盛土工 約 250,000m³ ・トンネル工 530m ・坑門工 2 箇所 ・安定処理工 3 箇所 ・基礎杭工（場所打ちコンクリート杭） 約 520m ・深礎工 13m 1 箇所 ・橋台・橋脚工 7 基 他

施工 CIM の活用方法による分類（塗潰し部）

施工	施工管理	施工計画	施工手順周知	施工の高度化	施工数量算出
協議資料	三者協議	発注者協議	下請け協議	関係者協議	住民説明会等
設計	設計協議	設計照査	設計数量算出	その他	

【取組み内容】

釜利谷ジャンクション工事は、横浜環状南線のうち、横浜横須賀道路釜利谷ジャンクションのエリアを担当する工事である。

主な工事内容は、切盛土量約 25 万 m³、トンネル延長 530m、橋梁下部工 7 基である。本工事は、東日本高速道路株式会社において i-Construction の施行工事に選定されており、現場にて様々な ICT 技術を活用した工事が進められている。その中で土工工事における I-Construction 導入状況について記載する。

【具体的事例】

事例① 起工測量および土量算出 分類：施工数量算出

《概要》地上型レーザースキャナー測量（以下、TLS 測量）より取得される地山の 3 次元点群データと別途外注で作成する 3 次元設計図より土量の自動算出を実施した（図.1）。

《効果》TLS 測量は、広範囲を面的に測量できるため、従来のトータルステーションによる測量と比べ、効率化が図られた。

《課題》山間部に位置する現場では、測量機器の盛替作業回数が多くなり、平坦地ほどの効率化は図られなかった。

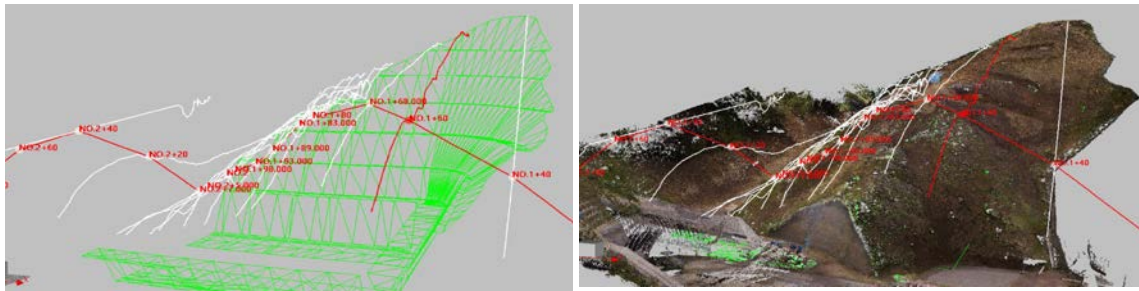


図.1 切土部 3次元設計図・点群データ

事例② ICT 機械での施工 分類：施工の高度化

②-1 使用機械：マシンガイダンスバックホウ

《概要》切土作業は、主にマシンガイダンスバックホウ（以下 MG バックホウ）を使用した（写真.1）。MG バックホウに 3次元データを取り込むことで、操縦席のガイダンスモニターに設計データ、現地盤データおよび得られた位置情報に基づいたバケットの位置が表示される。切土法面の掘削作業において、オペレータは設計データよりも高い位置まで粗仕上げをした後、ガイダンスモニターに従ってバケットの爪先位置と設計データの差分を確認しながら、最終的な面整形を行う。



写真.1 マシンガイダンスバックホウ

《効果》・ガイダンスモニターに表示される補助情報をもとに整形作業を行うため、丁張り設置作業がほとんど不要となった。

- ・傾斜地において、従来のようにオペレータが法肩まで上がり、丁張りとし上げ面の精度確認を行う必要がなくなり、確認作業の効率化が図られた。
- ・ワンマン作業が可能となり、重機周りの補助作業員が不要となり、安全性の向上につながった。

《課題》・丁張りが設置されておらず、仕上げ面である設計データの情報を確認するのは画面を見るオペレータに限られるため、オペレータ以外の者は適正な施工が行われていることを TLS 測量による出来形確認を行うまで判断できない。

- ・衛星の位置関係によって GNSS 精度が落ちる時間帯があり、その間施工が行えないといった問題が生じた。

②-2 使用機械：マシンコントロールブルドーザー

《概要》敷均し作業は、マシンコントロールブルドーザー（以下 MC ブルドーザー）を使用した（写真.2）。ブレードの高さと傾きが自動制御されることで、重機を移動させる

だけで設計通りの敷均し厚さとなるよう施工が可能である。

《効果》・従来の敷均し作業では、ブルドーザの移動操作とブレードの高さ、傾きを調整する操作を同時に行う必要があり、オペレータの熟練度によって仕上がり精度に大きな差異を生じていたが、MCブルドーザでは、オペレータが行う操作は移動操縦のみとなり、熟練度に左右されず均一な敷均しが可能となった。



・標尺や丁張りの設置やレベル等による敷均し厚さの確認が不要となることから作業効率化を図れることを確認した。

《課題》・搬入土砂の荷降ろし場所は、MCブルドーザのオペレータの指示により指定されるが、オペレータの熟練度により指示位置の良し悪しに差が出て、作業効率に差が出るがあった。

・標尺や丁張りの設置を行わないため、オペレータ以外の周囲の人間は盛土の完成形（形状、高さ）がイメージできず、施工途中に適切な施工が行われているか確認できないといった問題が挙げられた。

②-3 使用機械：GNSSによる締固め管理システム

《概要》GNSSによる締固め管理システムは、GNSSローラーの軌跡から転圧回数を計算し、盛土施工を管理するものである。車載PCの画面上には、転圧エリアが50cm×50cmの管理ブロックに区分されて表示され、転圧回数に応じてリアルタイムに色分けされる。これをエリア全体がモデル施工で決定した回数の色になるまで転圧する。



《効果》・当システムにより締固めエリアの転圧回数が視覚的に分かるため、踏み残しがなくなり、全面的な施工が可能となる。

・一層当りの締固め度の測定に20～30分程度を要し、その間は次層の施工は基本的にできなかったのに対し、転圧管理システムは、画面上の管理ブロック色で転圧が完了したことを確認できるため、直ちに次層の施工に移行することが可能である（写真.3）。



写真.3 GNSSローラー・転圧管理システム

《課題》・従来の「品質規定」による管理から転圧回数という「工法規定」管理となる。これは、盛土の品質として材料の土質や粒径、含水比の状態が適正であることが大前提であるため、日々の施工前に含水比を含めた材料の状態を、人の目により確認する必要がある。

ある。部分的に含水比が高い、細粒分が混入している等の場合、規定の転圧回数を確保しながら、転圧面の状態を確認し過転圧とならないよう配慮する必要がある。

事例③ TLS 測量による出来形管理 分類：施工管理

《概要》MG バックホウで仕上げた法面に対し、TLS 測量によるレーザースキャニングを実施し、点群処理及び解析を行うことによって、法面仕上げの出来形確認を行った。

《効果》・従来の出来形検査を大幅に簡略化することができた。

- ・ヒートマップにおいては、切土法面全体の平均で±70mm 以内、個々で 160mm 以内の規格値で出来形検査を行う。設計断面のみならず、法面全体の出来形を確認することが可能であるため、品質の向上が期待できる (図. 2)。

《課題》・ヒートマップの作成にあたっては、点群処理・解析等に日数を要するため、小段作業の場合、出来形確認が終わるまで下段の作業に着手できないといった問題が生じた。

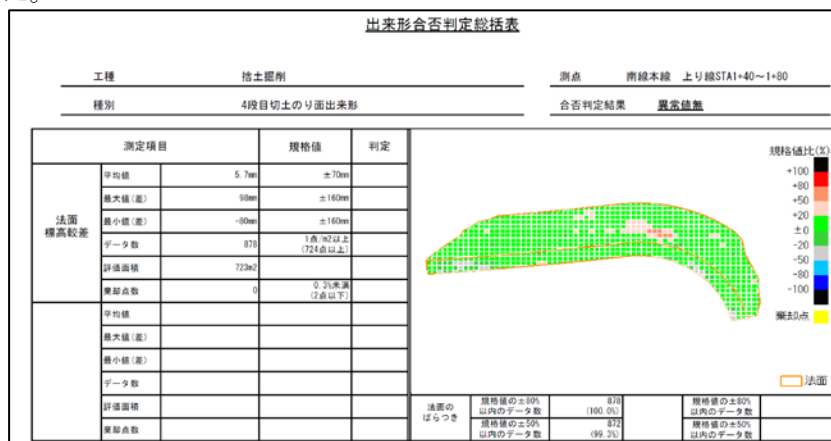


図. 2 ヒートマップによる出来形調書

【運用体制】

TLS 測量⇒3次元点群データ及び3次元設計データ (外注：測量会社)

3次元設計データ読み込み ⇒ ICT 機械施工 (外注：土工会社)

出来形測量 ⇒ ヒートマップ作成 (外注：測量会社)

各工程において、熊谷組がチェック

【全体的な課題】

- ・SfM ソフトや土量算出ソフトなどは、コストが高いうえ、操作に知識習得が必要なため、どうしても外注することになる。このため、長期的視野で3次元モデルや上記ソフトの操作取得の社員教育を行う必要がある。
- ・ICT 土工業者も以前と比べると増えてきているが、今後の需要を考えるとさらに計画的に教育、養成する必要がある。

大規模土工

No11	株式会社 浅沼組	
------	----------	---

工事概要	工事名称	平成 29・30 年度新宿区若葉東公園地区埋蔵文化財発掘調査工事
	発注者	公益財団法人東京都スポーツ文化事業団
	受注者	株式会社 浅沼組
	工期	平成 29 年 11 月 14 日 ～ 平成 31 年 1 月 31 日
	工種	大規模土工（埋蔵文化財調査）
	工事内容	発掘調査 1200 m ²

施工 CIM の活用方法による分類（塗潰し部）

施工	施工管理	施工計画	施工手順周知	施工の高度化	施工数量算出
協議資料	三者協議	発注者協議	下請け協議	関係者協議	住民説明会等
設計	設計協議	設計照査	設計数量算出	その他	文化財資料保存

【取組み内容】

- ・埋蔵文化財調査において、各施工段階の遺跡データを学術的な資料として保存することを目的に三次元レーザースキャナーによる計測を行った。
- ・取得した点群データにフィルター処理を施し、閲覧用のデータに変換した。またデータから掘削土量の推定資料や等高線図を作成し、遺跡資料として発注者に納めた。
- ・点群データと 3D モデルを組み合わせた資料を用いて協議の円滑化を図った。



図-1 点群計測状況

【具体的事例】

事例① 点群データ取得、資料作成 分類：文化財資料保存

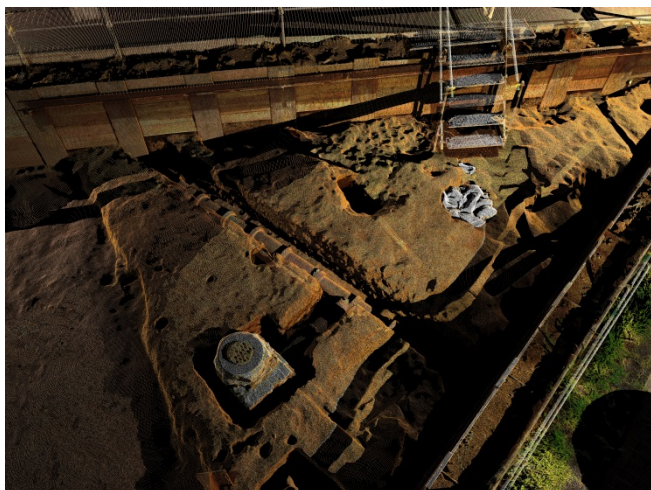


図-2 点群データ（フィルター処理後）



図-3 等高線図

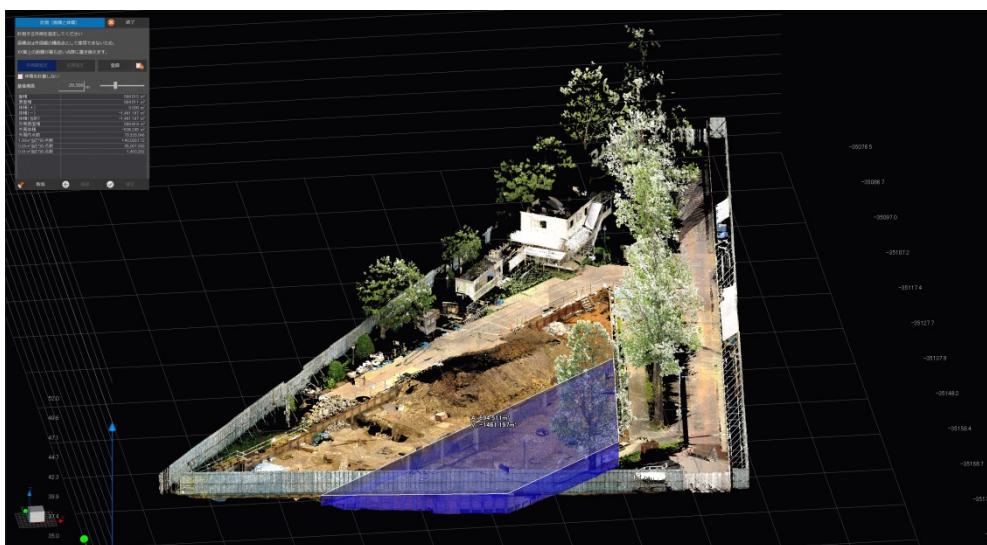


図-4 土量推定資料

埋蔵文化財工事において、遺物の状況は写真と光波測距機を用いた測量で記録を行っているが、3次元レーザースキャナー計測を行うことにより遺物の位置関係や形状が正確に多測点得ることができる。また取得したデータは等高線図の作成、土量推定、3Dモデルの作成等に活用することができ、遺跡情報をより詳細に保存することが可能となる。

事例② 点群データ、3Dモデルを協議資料に活用 分類：関係者協議



図-5 点群データ

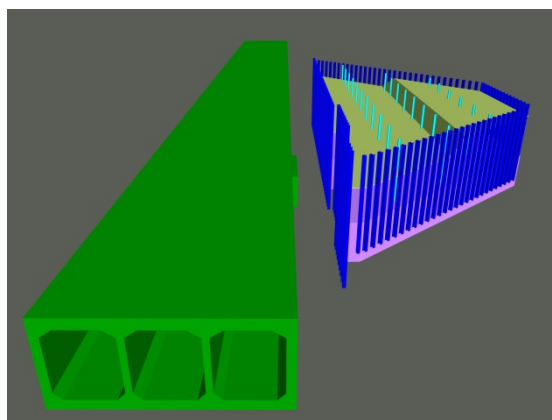


図-6 既設構造物と施工土留の3Dモデル

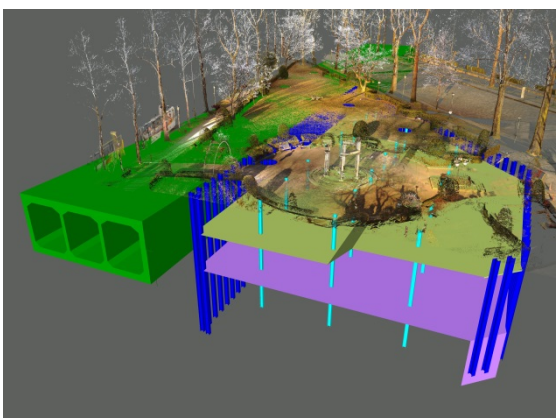


図-7 点群、3Dモデルの合成モデル

工事箇所は既設3連ボックスカルバートに5mの離隔で近接しており、施工を行うに当たり協議が必要となった。その際に、3Dモデルによる既設構造物や工事箇所の位置関係を示し、さらに点群データを合成することで現地の状況を立体的に把握しやすい資料を作成した。

【運用体制】

- ・ 本社 3Dレーザースキャナーによる現場計測、計測データのフィルター処理
 図面の3Dモデル化、閲覧用資料の作成

- ・ 使用ソフト 3Dモデル・等高線図の作成 AutocadCivil3D(Autodesk)
 モデルデータの合成・閲覧 Navisworks(Autodesk)
 点群データの変換 Recap (Autodesk)
 点群データの結合処理 SCENE(FARO)
 点群データのフィルター処理 TREND-POINT(福井コンピュータ)

【全体的な課題】

- ・ いくつものソフトを介してデータを作成するため、それぞれのソフトの操作を習得する必要がある。
- ・ 扱うデータが膨大となるため発注者や現場でデータを閲覧するのに相応の設備を導入しなければならない。
- ・ 点群データの精度の高いフィルター処理は、技術者の技量によるところが大きく、手動による細かい修正が必要なため時間がかかる。

工事概要	工事名称	用地造成工事豊田・岡崎地区西工区整地工事
	発注者	愛知県企業庁
	受注者	三井住友・日本国土・須藤特定建設工事共同企業体
	工期	2017年3月2日～2021年1月4日
	工種	大規模土工
	工事内容	切土工・盛土工：190万m ³ 法面整形工・法面保護工 10万m ² 防災工、調整池工、 道路工、排水工、 市道工、橋梁工、 構造物工、河川工

施工 CIM の活用方法による分類（塗潰し部）

施工	施工管理	施工計画	施工手順周知	施工の高度化	施工数量算出
協議資料	三者協議	発注者協議	下請け協議	関係者協議	住民説明会等
設計	設計協議	設計照査	設計数量算出	その他	

【取組み内容】

当工事は、愛知県の山間部において盛土量 190 万 m³を有する研究開発施設用地の開発を行う工事であり、コスト・時間等を考慮した効率的な盛土管理を確実にを行うため、各種システムを実施し施工を進めている。ここでは以下 2 項目について述べる。

- ① MC バックホウによる丁張レス施工
- ② 「Everyday Drone」による測量・3D モデル作成と土量管理

【具体的事例】

事例①MC バックホウによる丁張レス施工

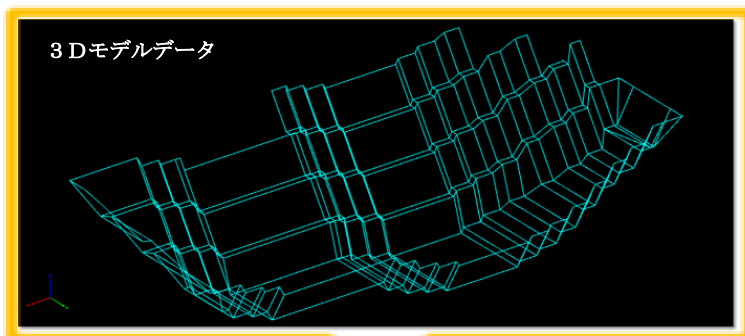
分類：施工管理、施工の高度化

使用ソフト：《データ作成》LandForms(ISP) / AutoCAD(AutoDesk)

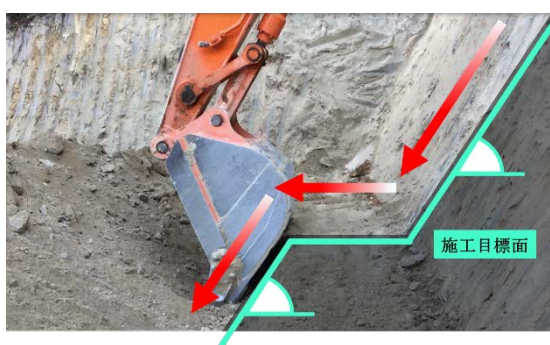
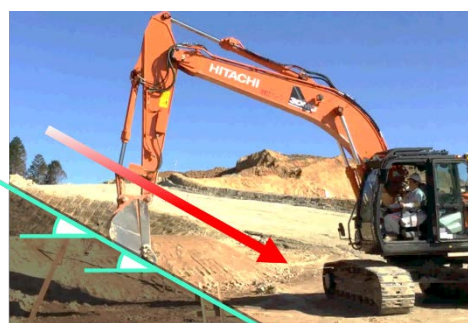
《データ変換》Business Center-HCE(Trimble)

- ・MC バックホウに 3D モデルデータを搭載して、丁張レス施工を実施。
- ・バックホウ搭載用 3D モデルは、現場事務所で作成し、施工を行う協力業者がデータ変換し搭載している。
- ・丁張設置作業の大幅な削減に加え、作業員、丁張設置業者と重機との接触危険性の削減も可能となる。

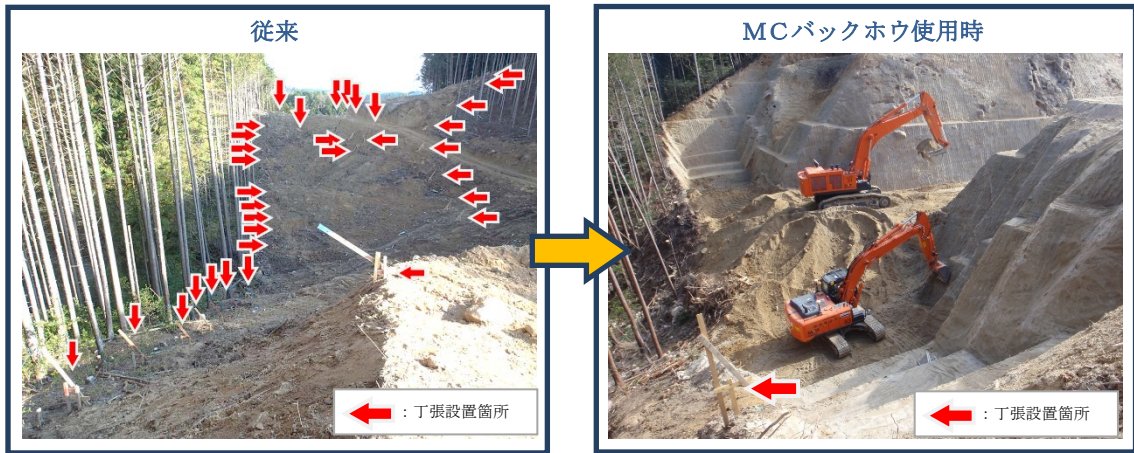
- 重機オペレーターが運転席を離れて丁張を確認することや、法尻確認測定の待ち時間がなくなることにより、法面整形作業を 20%程度短縮可能となっている。
- 熟練のオペレーターでなくても、精度の高い効率的な法面整形業が可能となる。
- 森林の近くや、狭隘な場所では衛星の補足状況が悪くなる。
- MC バックホウに搭載する事前データの作成には、3D モデリングのスキルが必要となる。



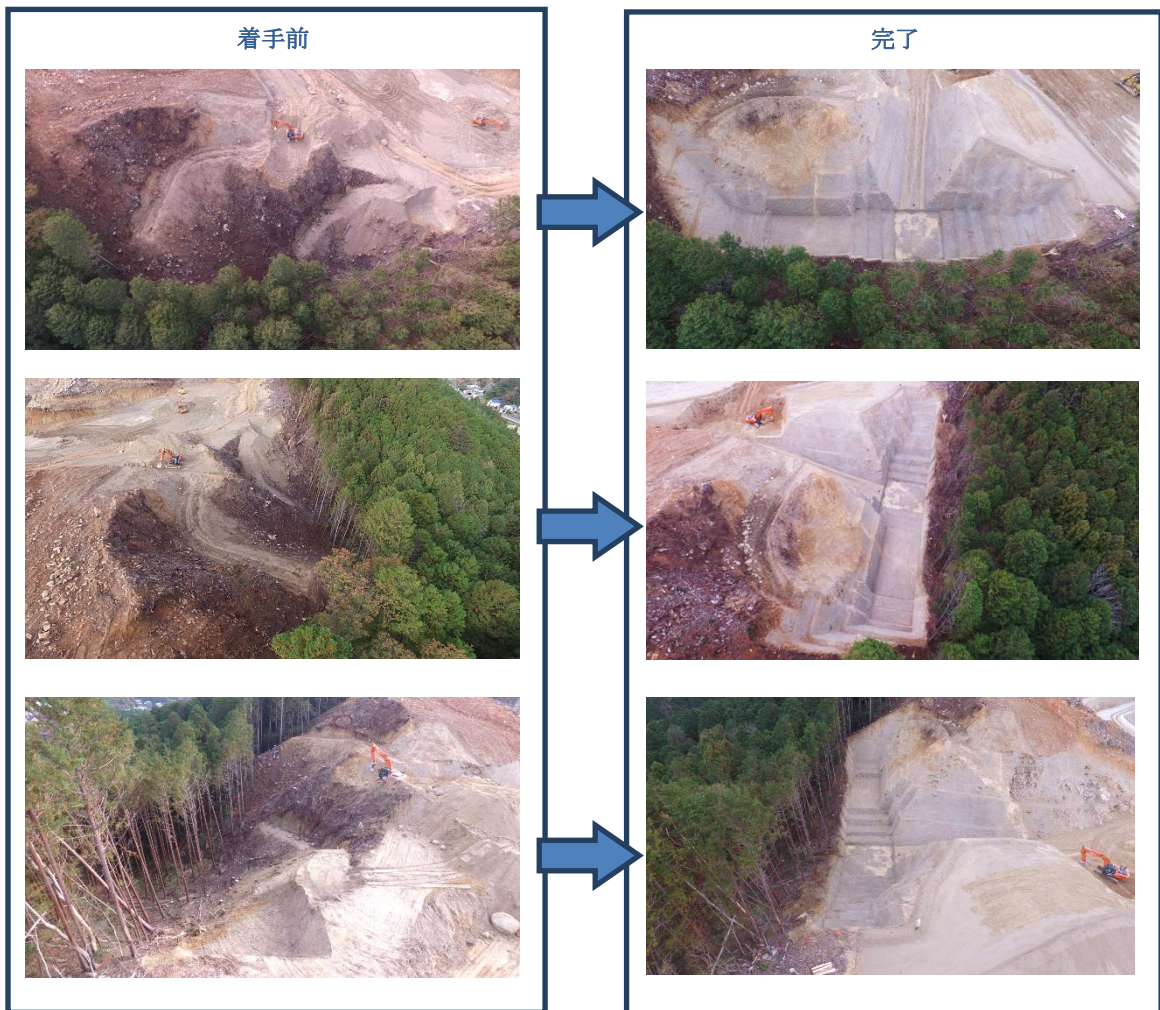
3Dデータにより指定された施工目標面以下は掘削できないよう油圧制御される



MCバックホウによる丁張レス施工 概念図



補強土壁工 掘削時の丁張設置状況比較



MCバックホウによる構造物掘削 着工前・完了写真

事例②「Everyday Drone」による測量・3Dモデル作成と土量管理

分類：施工管理、施工数量算出

使用ソフト：《データ収集 / データ解析》Everyday Drone(コマツ)

《土量差分計算等》SMART CONSTRUCTION [クラウド] (コマツ)

- ・「Everyday Drone」は、現場の進捗状況を 3D 点群データとして収集し、3D モデルを作成できる。このシステムを用いることにより、測量開始から現場の点群データ完成までを、短時間に現場で完了できる。
- ・当現場では工事区域を 4 エリアに分割し、各エリア(約 10ha)のデータ収集作業時間は 30 分程度で行っている。収集作業時間中、実撮影時間は 5~7 分となっている。取得した点群データの解析処理時間は、各エリアで 30 分~1 時間程度である。
- ・収集、解析処理したデータより、切盛り土量の残数量確認を都度行っている。



使用機材



データ収集作業状況



エブリデイドローン生成(点群)データ

【運用体制】

実務の主体は現場で行い、本支店でバックアップ・支援を行っている。

【全体的な課題】

3DCAD を操作できる人員がまだ少ないため、全社的に社員への教育が必要である。

工事概要	工事名称	国道 45 号気仙沼道路工事
	発注者	国土交通省東北地方整備局
	受注者	三井住友建設株式会社
	工期	2018 年 3 月 14 日～ 2020 年 3 月 13 日
	工種	道路土工
	工事内容	切土工：56 万 m ³ 、盛土工 52 万 m ³ トンネル工、法面工、 擁壁工、函渠工、排水構造物掘削工、 橋台工、橋脚工

施工 CIM の活用方法による分類（塗潰し部）

施工	施工管理	施工計画	施工手順周知	施工の高度化	施工数量算出
協議資料	三者協議	発注者協議	下請け協議	関係者協議	住民説明会等
設計	設計協議	設計照査	設計数量算出	その他	

【取組み内容】

当工事は三陸沿岸道路のうち、全延長 9km の「気仙沼道路（気仙沼～唐桑南）」改築事業のうち、工事延長約 2.5km の道路土工・トンネル工・橋梁下部工の複合工事である。当現場では道路土工に以下の 4 項目において施工 CIM を活用している。

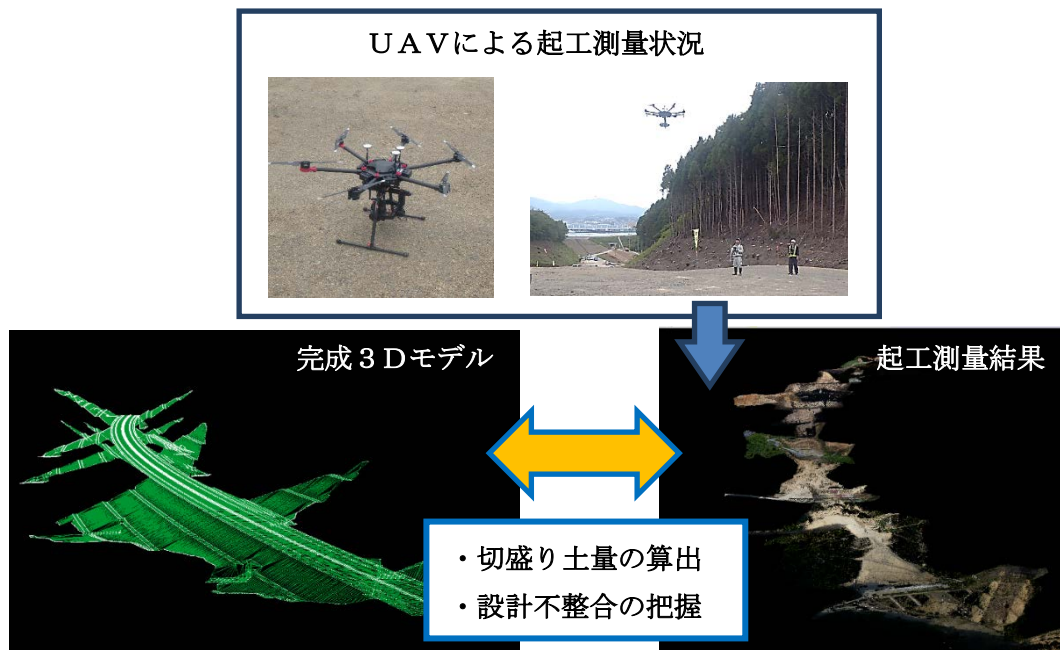
- ① 完成 3D モデル作成と、UAV による起工測量
- ② MG バックホウによる丁張レス施工
- ③ MG ブルドーザーによる敷均し管理・GNSS 搭載ローラーによる転圧回数管理
- ④ 当社開発システム「SMC-GeoCIM」による 3D モデルを用いた盛土情報の一元管理

【具体的事例】

事例①完成 3D モデル作成と UAV による起工測量

分類：設計照査、設計数量算出

- ・設計図をもとに完成 3D モデルを作成。モデル作成は外注にて行った。
- ・UAV による点群データ収集により起工測量を行い、現況の 3D モデルを作成。起工測量、3D モデル作成は外注にて行った。
- ・完成 3D モデルと比較し切盛り土量算出を実施。完成形と比較することで、設計不整合を事前に把握した。



事例②MG バックホウによる丁張レス施工

分類：施工管理、施工の高度化

- ・MG バックホウに完成 3D モデルデータを搭載し、丁張レス施工を実施。
- ・丁張が不要となることで、丁張設置作業が省略され、生産性が向上した。
- ・オペレーターが運転席を離れて丁張を確認することや、法尻確認測定の待ち時間がなくなることにより、法面整形作業を 20%程度短縮可能となる。
- ・施工箇所の地形条件により、場所によっては位置情報の受信感度が悪くなるのが課題として挙げられる。MGバックホウによる丁張レス施工を行う際に、スムーズな受信が不可能だった箇所では、基地局の移設や増設は行わず、職員で法丁張を設置することで、作業が滞らないよう対応している。



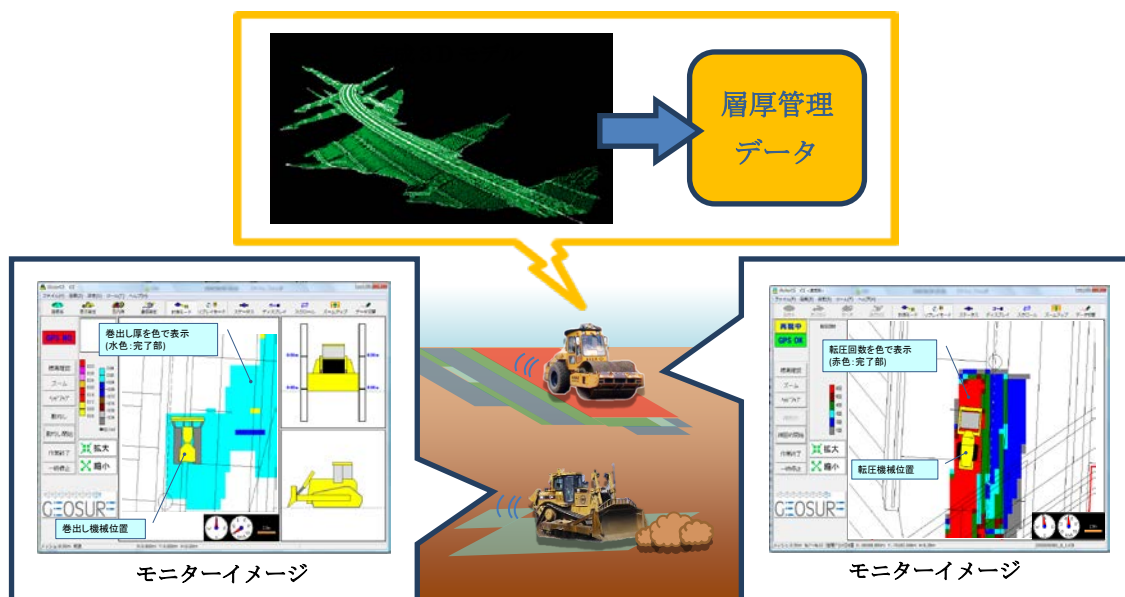
MGバックホウ施工状況

事例③MG ブルドーザーによる敷均し管理・GNSS 搭載ローラーによる転圧回数管理

分類：施工管理

- ・完成 3D モデルを基に作成した層厚管理データを MG ブルドーザーに搭載し、敷均しを行う。その後、GNSS 搭載ローラーによる転圧を実施。
- ・撒き出しのトンボが不要となる。
- ・ブルドーザーの軌跡管理を行うことにより、厚層盛土などの施工不良を防止している。
- ・ICT 盛土管理により、盛土材撒き出し厚・締固めの高精度な面的管理が可能となった。

- ・ 施工箇所の地形条件により、位置情報の受信感度が悪くなることがある。
- ・ 事前に作成する層厚管理データの作成に時間がかかることが課題である。



事例③ 概念図

ICT 建機使用時（事例②③）の課題点

- ・ 重機に設置したシステムに異常が生じた場合、現場職員で早急に対応が出来ないことが課題として挙げられる。当現場では、バックホウのガイダンスシステムと重機との接続に不具合が生じた際、専門の外部業者に原因究明・復旧を依頼した。
- ・ 基地局からの位置情報は、施工箇所の地形条件により、受信感度が左右される。平坦な造成現場であれば、問題なく位置情報を受信でき、スムーズな施工が可能である。しかし、構造物や周辺地形等で囲まれた場所では、受信できない場合があるため、人力で丁張を設置する、受信環境の良い場所へ移動し再受信する、などの対応が必要となる。
- ・ 重機オペレーターによっては、設置されたタッチパネルに抵抗がある、老眼で画面が見えにくい、という問題がある。熟練オペレーターは、電子機器の使用に不慣れなことや、今までの経験で培った感覚での施工と異なることから、導入当初は抵抗を示す傾向にある。タッチパネルの操作にも慣れが必要である。

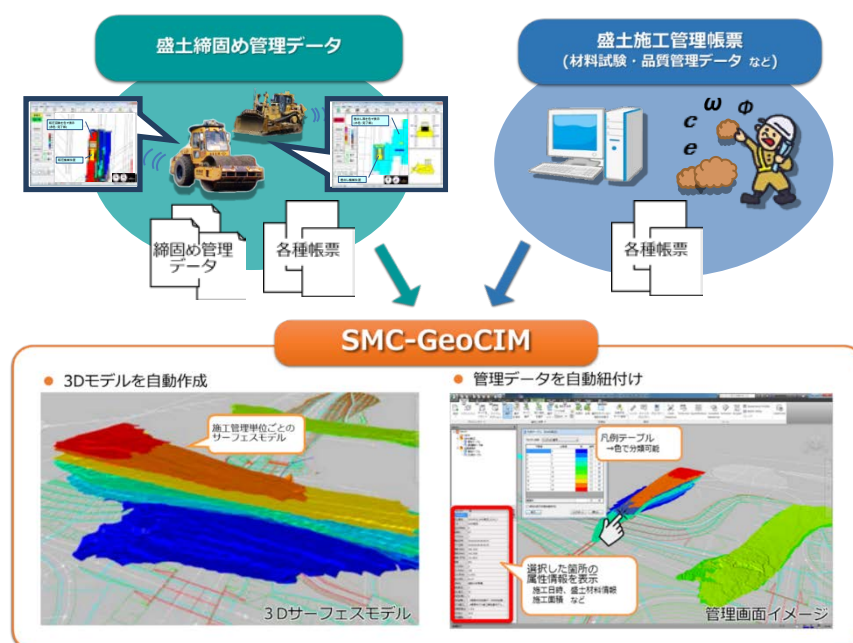


ICT 建機を用いた敷均・転圧状況

事例④当社開発システム「SMC-GeoCIM」による盛土の施工・品質情報の一元管理

分類：施工管理

- ・「SMC-GeoCIM」とは、当社独自の盛土用CIMシステムである。このシステムにより、ICT建機から得られる盛土締固めデータ、施工条件や日時、盛土材料の土質試験データ、といった各種情報を3Dモデル上で可視化し、盛土のトレーサビリティの一元管理が可能となる。
- ・起工測量の3次元データ(事例①)をベースとし、ICT建設機械による盛土施工データ(事例③)を読み込むことで、自動的に3Dサーフェスモデルが随時作成される。また、3Dモデルから盛土施工管理帳票を自動作成することができる。
- ・これにより、施工管理業務の省力化、維持管理業務の効率化が図れる。
- ・今後は現在の仕組みに加え、切土の施工管理情報を付加し、切盛土工のトータル管理が可能なシステムの構築を目指している。



SMC-GeoCIM 概要図

【運用体制】

実務の主体は現場で行い、本支店でバックアップ・支援を行っている。

【使用ソフト】

- ・《点群データ処理》トレンドポイント (福井コンピュータ)
- ・《SMC-GeoCIM》Civil 3D (AutoDesk) / C-土工 (伊藤忠テクノソリューションズ)

【全体的な課題】

3DCAD を操作できる人員がまだ少ないため、全社的に社員への教育が必要である。

工事概要	工事名称	東名高速道路 大和トンネル拡幅工事
	発注者	中日本高速道路(株) 東京支社
	受注者	西松建設株式会社 関東土木支社
	工期	2016年7月20日～2019年7月4日
	工種	道路
	工事内容	東名高速道路における大和トンネル（神奈川県大和市：延長L=280m 上下線）を拡幅する工事である。高速道路用地内に拡幅部構造物（幅 W=4.95m）を構築して既設トンネルに接合し、既設側壁を撤去する。 <ul style="list-style-type: none"> ・トンネル拡幅 上下線計 560m ・深層混合処理工 6,780m ・ヤード整備工（電気室）1 個所 ・付替道路 約 300m

施工 CIM の活用方法による分類（塗潰し部）

施工	施工管理	施工計画	施工手順周知	施工の高度化	施工数量算出
協議資料	三者協議	発注者協議	下請け協議	関係者協議	住民説明会等
設計	設計協議	設計照査	設計数量算出	その他	

【取組み内容】

本工事の大和トンネル拡幅工事は、重要な交通渋滞対策事業であり、近隣の方々や道路利用者、工事関係者の理解、合意が欠かせない。また交通規制を極力抑えた施工条件であることから、詳細な作業手順の検討や特段の安全への配慮が必要である。3D モデルの有効活用により、スムーズな工事運営、的確な施工および安全管理、そして業務の効率化を目指した。

- ①3D 施工ステップ図の利用、工程シミュレーションの実施
- ②詳細 3D モデルによる事前検討、施工シミュレーションの実施
- ③3D モデルによる仮設計画の可視化、詳細検討の実施
- ④関係者間の情報共有、一元管理の実施

【具体的事例】

事例① 施工ステップ/4D 工程シミュレーション

[内容]

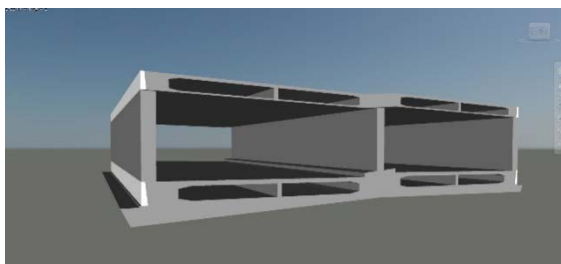
既設トンネルと新設する拡幅構造物を 3D モデル化し、時間軸であるタイムライナー機能を用いて施工ステップを動画にした。工事関係者への合意形成、施工理解など、様々なシーンで活用した。また、別途アニメーションを作成し、広報活動に利用した。

拡幅構造物の施工ステップは、地盤改良工を実施し即時沈下を考慮して決定している。適時、工程シミュレーションを行い、打合せ等に活用した。また施工順序が通常の下版・壁・上版の順ではなく、下版と上版の接続部が後施工であったため、施工ステップの可視化により作業手順の周知を図った。(図-1)

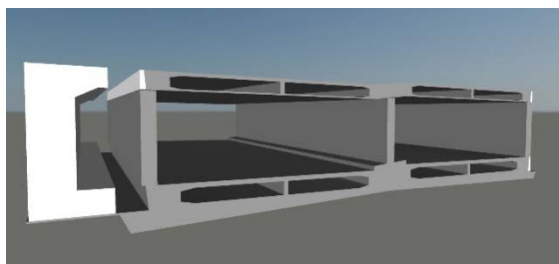
更に、3D レビューソフトとプロジェクト管理ソフトとの連携により、工程の検討を 3D モデルと連動して可視化し、最適な工程計画を立案するなど、4D 工程シミュレーションを深化させることにも取り組んでいる。

〈使用ソフト〉 Civil3D、Navisworks (Autodesk)

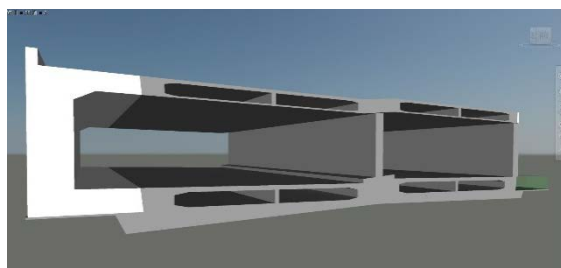
① 施工前



② 拡幅構造物築造 (即時沈下)



③ 拡幅構造物接続、既設側壁撤去



④ 施工完了 (上下線)

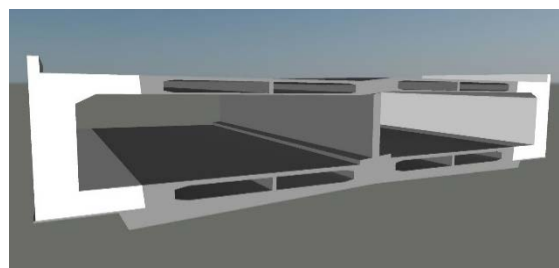


図-1 施工ステップ (抜粋)

[効果]

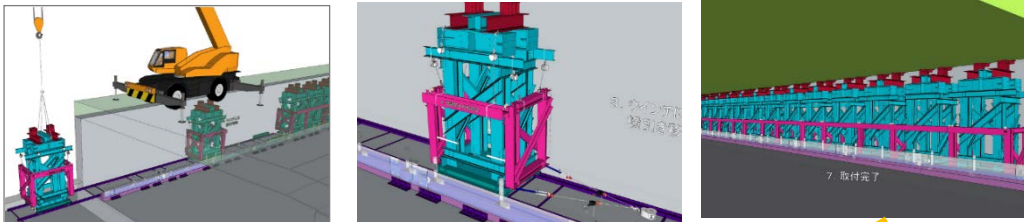
3D モデル化した施工ステップ図の活用により、受発注者間の協議において合意形成がスムーズに行われた。近隣説明会では、当方の説明および参加者の理解促進に効果があったと思われる。また、施工計画や工事関係者への説明、協力会社の作業手順周知などもスムーズに行われ、工程検討業務においても効率化が図れた。

事例② 事前検討 / 施工シミュレーション

[内容]

本工事では、拡幅構造物を接続する前に既設トンネル頂版を仮受支柱で支持する作業があり、高速道路本線と既設側壁の間の約 2m という狭隘な空間で、高度な安全作業が求められた。仮受支柱はラフタークレーンで荷下ろしを行い、チルトタンクおよびウインチを使用して坑内を運搬、所定の位置・高さに正確に据付ける。そのため、部材の詳細な形状まで表現した 3D モデルで、事前にしっかりと施工シミュレーションを行い、発注者との協議や社内の施工検討会、安全教育などに活用した(図-2)。 <使用ソフト>Sketchup (Trimble)

施工手順図



施工詳細図

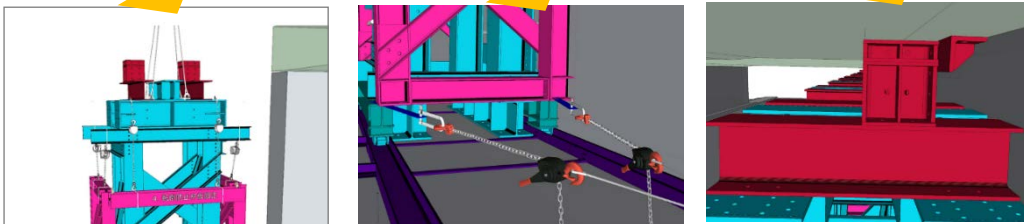


図-2 事前検討（抜粋）

[効果]

ひとつ手順を間違えると重大な公衆災害につながる危険性がある中、作業の見える化は作業手順を確認するうえで非常に有効であった。2次元の図面では把握しきれない作業の流れの検証、安全作業の妥当性を事前の施工シミュレーションで確認できたことは、様々なリスク回避に役立ったと言える。特に機材の取付けや資材の設置など詳細部の具体化（図-2下）によって、安全かつ迅速に作業することができた。また設計変更項目であったため、発注者との協議において合意形成がスムーズに実施できた。

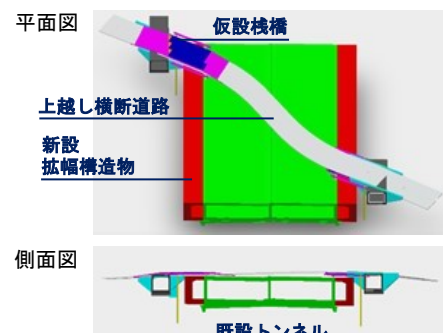
事例③ 仮設計画 / 詳細検討

[内容]

既設トンネルの上越し横断道路が新設の拡幅構造物と干渉しないよう、最小限の影響で仮設栈橋や地盤改良工を施工する必要があるがあった。これらの取合いを3Dモデル化して施工計画および施工管理に活用し、慎重に施工を行った（図-3）。

[効果]

2次元のモデル（図-3上）では把握しきれなかった全体イメージが立体的に可視化されたことで（図-3下）、設計変更に関する合意形成がスムーズにできた。また、作業計画における詳細寸法の確認や安全の妥当性確認、数量計算や資材管理にも利用し、業務の効率化が図れた。



3Dモデル

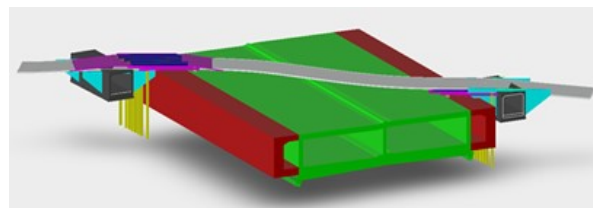


図-3 仮設計画

事例④ 情報共有 /一元管理

[内容]

現場技術者と支社 CAD/CIM オペレータとのデータのやり取りにセキュアなクラウドコンテンツプラットフォーム（BOX）を活用した。（図-4）

[効果]

図面などの大容量データの送受信や保管、現場とオペレータ、関係部署との情報共有・一元管理がなされ、効率的に業務を行うことができた。



図-4 情報共有イメージ

【運用体制】

本社：土木部 CIM 推進室・土木設計部、技術研究所

支社：土木部 CAD/CIM オペレータ

現場：現場職員、協力会社

【全体的な課題】

課題① CIM の活用

CIM 活用には事前準備が必要であり、時間を要する。そのため、モデル作成時間も考慮した実施計画を立てることが必要となる。

課題② CIM 実施体制

CIM の実施について、関連ソフトの習熟に時間と費用がかかる。社員の活用スキル向上とともに CIM オペレータの確保も課題であり、人材確保・教育が取組を推進していくうえでのボトルネックとなっている。また、協力業者の CIM への協力も必要である。

課題③ CIM ソフト使用環境

CIM 関連ソフトの使用環境について、ソフト導入とハイスペック PC の導入費用がかかる。各社、クラウドを利用するなど環境整備も進んでいるが、動作環境などの課題も懸念される。

[まとめ]

上述した課題により、現場サイドでは CIM 活用による効果と、労力・費用のバランス（費用対効果）が CIM を推進するうえでネックとなっている。また、設計から維持管理までを見据えた建設生産システム全体での仕組みの構築も待たれる状況である。

しかしながら、本工事の活用事例でも示したように、CIM は施工上の様々なリスクを回避でき、また生産性を向上させる重要なツールだということをしっかりと認識し、前向きに取り組んで行くことが必要である。

No15

清水建設株式会社



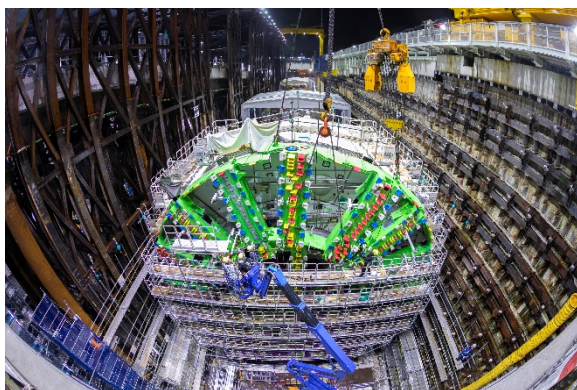
工事概要	工事名称	東京外かく環状道路 本線トンネル（南行）大泉南工事
	発注者	東日本高速道路株式会社 関東支社（NEXCO 東日本）
	受注者	清水・熊谷・東急・竹中土木・鴻池特定建設工事共同企業体
	工期	平成 26 年 4 月 9 日～平成 31 年 10 月 9 日
	工種	シールドトンネル本体工（泥土圧シールド工法）ほか
	工事内容	東京外かく環状道路（関越～東名）の約16km の区間のうち、大泉JCT から井の頭通りまでの総延長約7km の南行本線トンネルを国内最大級のφ16.1m のシールド機を用いてシールド工法により施工する。掘削土、約240 万m ³ を土砂仮置場（荒川右岸流域下水道終末処理場）まで高速道路本線上を含む約6km のベルトコンベヤ設備にて搬送する。

施工 CIM の活用方法による分類（塗潰し部）

施工	施工管理	施工計画	施工手順周知	施工の高度化	施工数量算出
協議資料	三者協議	発注者協議	下請け協議	関係者協議	住民説明会等
設計	設計協議	設計照査	設計数量算出	その他	

【取組み内容】

狭隘な立坑にて、国内最大径のシールド機を安全に発進させると共に、その掘削土はベルトコンベヤ設備にて搬送する。隣接する工区との施工ステップと施工形態の計画及び進捗を把握する必要がある。また、本工事は既設構造物や施設・設備が近接しており、各設備計画との取合における整合性や、立坑・坑内作業のイメージを確認する必要がある。上記を、工事関係者及び得意先が分かり易くイメージし、設計的な整合性や工種ごとの施工ステップを3次元的に確認できるようBIM/CIMを用いて計画・施工を進めた。



【具体的事例】

- ① ベルコン架設におけるCGアニメーションとBIM/CIMモデル・VR活用
(3Dモデル製作・CGアニメーション化→BIM/CIMモデル→VR変換)
- ② シールド仮掘進段取り替えアニメーション
(3Dモデリング→アニメーション化)
- ③ 発進立坑内VRにてアンリアルエンジンを利用
(②のデータをアンリアルエンジン版へ変換・空間再構築→VR化)

◇事例① ベルコン架設におけるCGアニメーションとCIMモデル・VR活用

交差点内ベルコン架設時の既設橋梁との干渉が懸念される区間において、クレーン架設状況の3Dモデル化を行い、クレーン運転士とクレーン配置、旋回角度、ブーム長の検討を3次元モデルにて実施。この検討結果をもって施工ステップのCGアニメーション化を行った。また、製作した3DモデルはBIM/CIMモデルへ変換し、納品への活用を検討した。工事関係者による個別工事検討会ではこのCGアニメーションによる工法の認知共有と、VRによる危険個所・クリアランスの確認と養生方法の検討・確認を行い、実際の施工に反映することができた。

<内容>

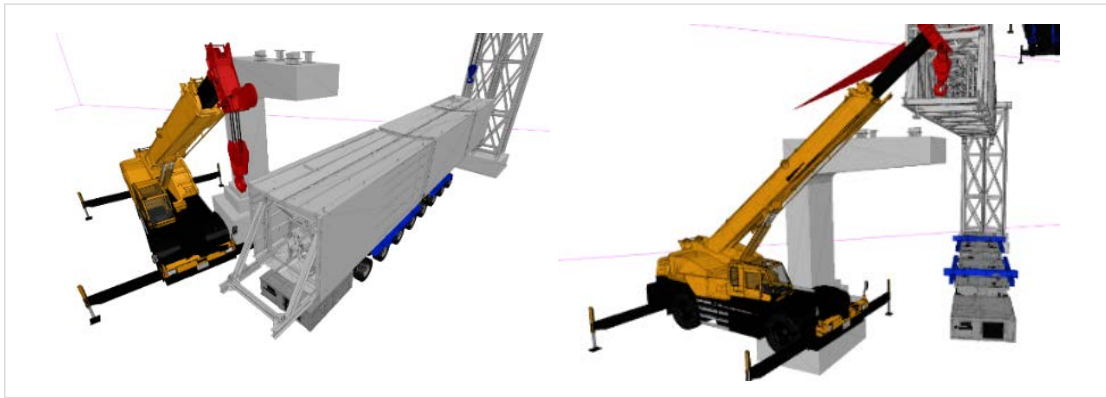
1. 各段階の施工の流れをCGアニメーション化

本設・仮設を施工図レベルの精度でモデリング、クレーンや多軸運搬台車においては当日持ち込む機種を決定後、実機寸法通りにモデリングし精度を上げている。クレーンの配置やブーム長、旋回角度などはクレーン運転士と3Dソフト上で協議して決定した。ただし、既設橋梁モデルは新設当時設計図書から製作したため、精度が課題となった。



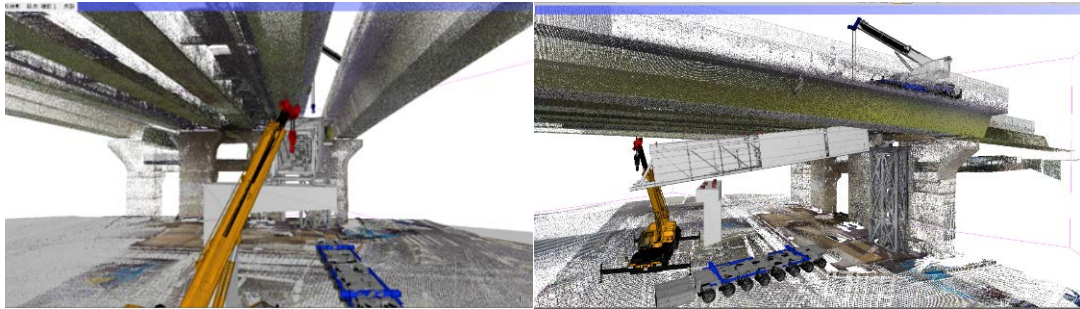
2. CGのモデルを利用し3Dモデルを作成

取り組み全体で使用する3DモデルはCGのモデルをBIM/CIMモデルに変換。効率的な3Dデータの活用を進めた。



3. 現況点群と3Dモデルにより施工上の課題を確認

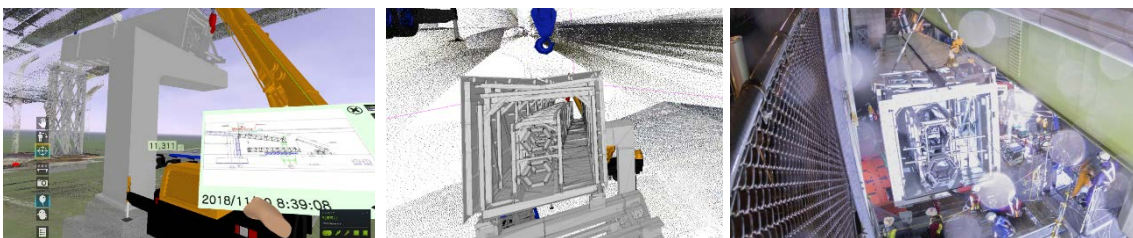
既設構造物と計画モデルの比較には現況点群とモデルを利用、モデル作成の間違いを防ぐだけでなく、現況をモデル化する必要がないため、作成の効率化が図られた。



4. 3DCADから出力したVRデータにて関係者が確認

各施工段階の3DモデルからVRデータを作成、工事関係者が事前に危険箇所を確認し適切な対策を実施することができた。

① VR内で図面を確認しながら施工の流れを確認



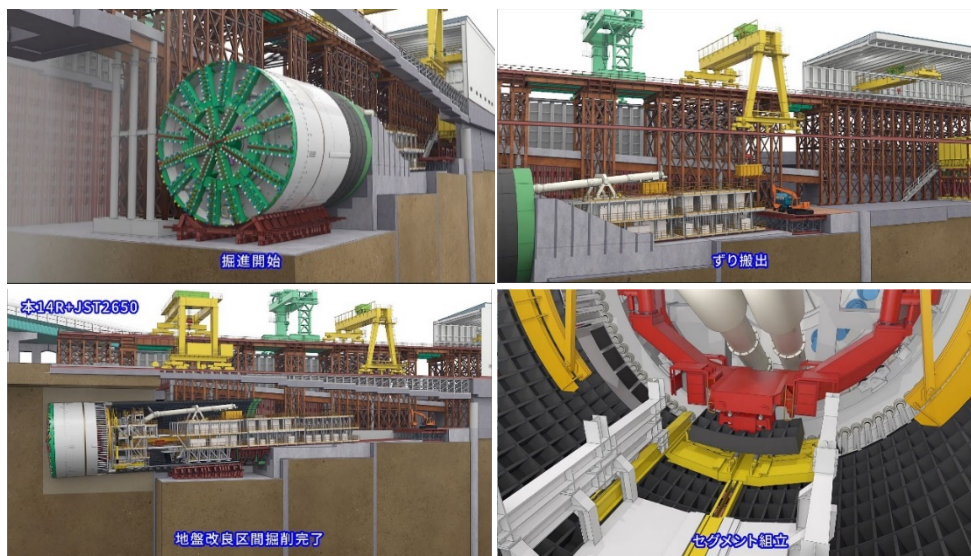
② VR内で狭隘な箇所を確認と距離計測 ③ 課題箇所をVR内で撮影し協議に活用



<効果>

実施工前に関係者が各段階の施工ステップをCGアニメーションやVRで確認することで、工事関係者及び得意先が分かり易くイメージすることができ、「気付き」を生む。

◇事例② シールド仮掘進段取り替えアニメーション



多工種に及ぶシールド仮掘進段取り替えステップをわかりやすくひとつの流れで可視化するために、図面から3Dモデル化し、施工ステップをアニメーションで表現した。

3Dモデルは設計変更・検討協議・VR化などを考慮し、施工図レベルの精度で製作した。通常、映像制作は製作者の判断によるデフォルメ（数値の丸め）が行われることが多く、実現場との整合性がとれない。設計変更でデフォルメが繰り返され、精度が落ちる事例が見受けられるが、3Dモデルが施工図レベルの精度を維持することで、設計変更による更新作業もスムーズに行われる。



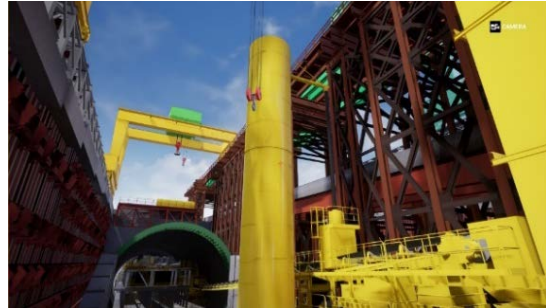
3DCGソフト「MODO」の作業画面

<効果>

現場見学会のイントロや工事担当者との検討会にて活用。高精度なイメージ共有ができる。

◇事例③ 発進立坑内 VR にてアンリアルエンジンを利用

事例②で作成した立坑 3DモデルをVR化、施工図レベルの精度と現実のようなリアリティによる安全協議や工事検討が可能となる。この事例においてはVRソフトとしてゲーム・建築分野で実績の多いアンリアルエンジン4を採用した。アンリアルエンジンのデータ互換性の高さからCGモデルからスムーズに製作ができた。アンリアルエンジンに搭載されているライトマップ機能により、映像CGレベルの素材感と光の陰影をリアルタイムで動かすことができ、臨場感のあるVR空間を構築できた。この事例におけるVRは確認機能のみとなっている。今後は計測ツールなど施工検討などで要求される機能が必要であり、属性を伴うBIM/CIMモデルなどを利用する場合の製作方法を検討が必要となる。



<効果>

VR内に実用的な機能を追加することで、現場検討の省力化・危険予知に有効である

【運用体制】

TREND-POINT (点群処理)

TREND-CORE (3Dモデル作成と点群の横断図作成およびVRデータ変換：事例①)

TREND-CORE VR (VRシステム：事例①)

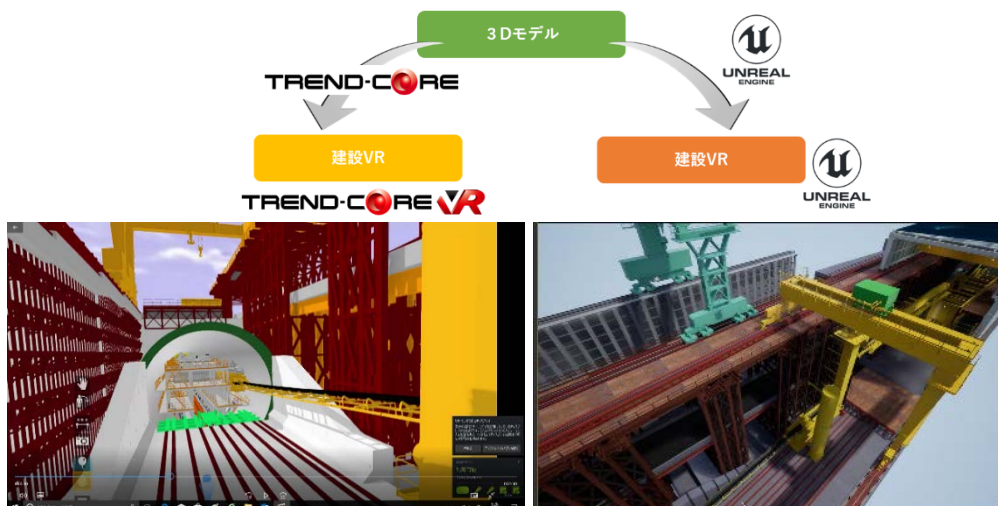
－福井コンピュータ(株)

MOD0 (3Dモデリング・アニメーション作成)

AfterEffects (映像編集)

アンリアルエンジン (VRデータ：事例③)

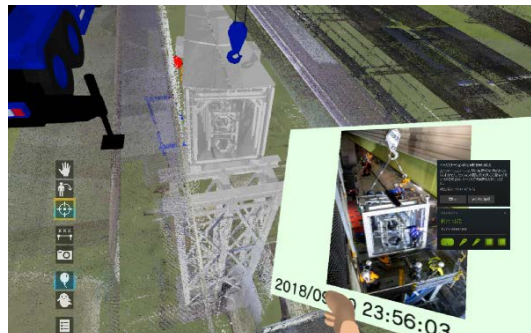
－(株)アクタ



【今後の取り組み】

VRを活用した生産性向上を進めていくには下記のような点を進めていく必要があると考えており、継続的に実現を模索していく。

- ・ VR内での複数人による検討作業
- ・ アンリアルのようなリアリティの高いVRにおける施工検討作業ツールの開発
- ・ BIM/CIM納品モデルをVRでいかに確認していくか手法の検討



モデルの属性を利用して実際の工事と計画を再検証

【課題】

- CGアニメーションの作成には時間と費用を要する。
製作会社によって製作レベルが異なる点も発注段階の課題となる。
- 3Dモデルなどシステムの利活用をマネジメントできる人材の育成と補強が必要。
- 3Dレーザースキャナによる現況観測は有効だが、費用対効果の検討が必要。
- 3次元空間上で検討するために、より分かり易いソフトウェアの提供が望まれる。

工事概要	工事名称	那覇空港滑走路増設アンダーパス外1件工事
	発注者	内閣府 沖縄総合事務局 開発建設部
	受注者	大日本土木・太名嘉組特定建設工事共同企業体
	工期	平成28年5月11日～平成31年3月29日
	工種	道路
	工事内容	空港土工 101,800 m ³ ユーティリティー管路整備 1式 逆T擁壁 190m U型擁壁 148.6m 函渠工 165m 逆L擁壁 36.8m

施工CIMの活用方法による分類（塗潰し部）

施工	施工管理	施工計画	施工手順周知	施工の高度化	施工数量算出
協議資料	三者協議	発注者協議	下請け協議	関係者協議	住民説明会等
設計	設計協議	設計照査	設計数量算出	その他	

【取組み内容】

本工事は、空港の限られた作業ヤード内で、多種にわたる構造物によりアンダーパス通路を構築する工事である。また、供用中の滑走路に隣接している。したがって、施工前に本体構造物及び仮設構造物を3次元モデル化（図-1）することにより、施工時の情報共有を容易にし、施工管理業務の効率化を図るとともに、滑走路に対する上空制限区域の可視化を行い、施工計画や作業周知等に活用することを目的にCIMを導入した。

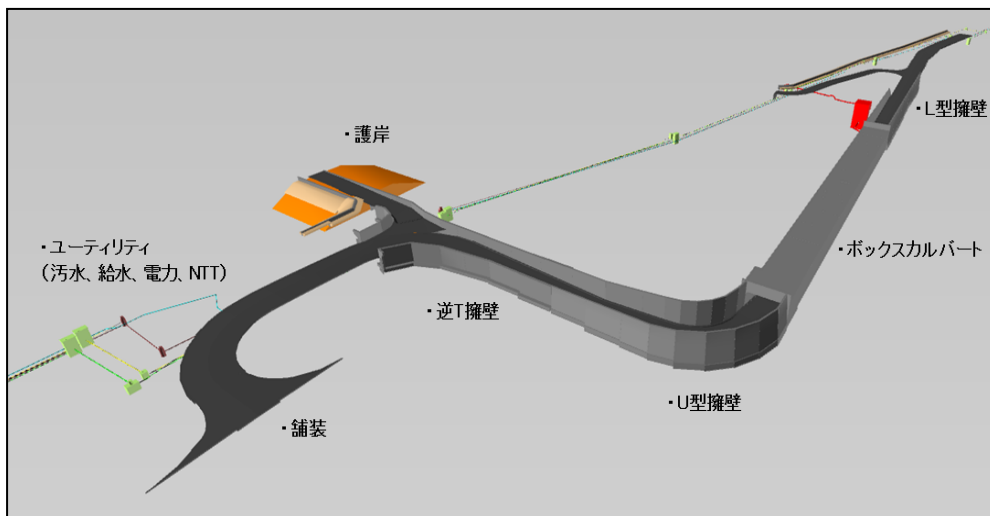


図-1 3次元モデル（本体構造物）

【具体的事例】

事例① 矢板の根入れ長や擁壁の岩着確認 分類：設計照査

3次元モデル上にボーリングデータを用いて地層境界面を追加し、地質データの面的な確認を容易に行えるようにした。仮設構造物である遮水矢板の根入れ長及び本体構造物である擁壁の岩着を、地層の傾斜を考慮し、施工前に面的に確認した（図-2,3）。

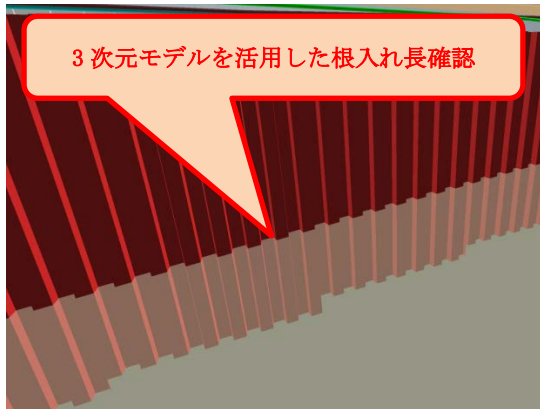


図-2 遮水矢板の根入れ長確認

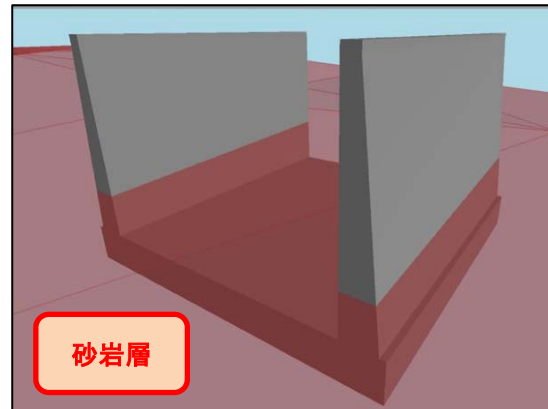


図-3 擁壁の岩着確認

事例② 各種構造物の干渉チェック 分類：設計照査

本工事の本体構造物であるユーティリティー管路は、3次元的な交錯箇所があり、各管路同士の干渉が懸念された。2次元図面のみでは確認が困難な箇所も、3次元モデル化したことにより干渉チェックを容易に行うことができた（図-4）。また、ユーティリティー管路以外の本体構造物及び仮設構造物に対しても、離隔確認に有効に活用した。

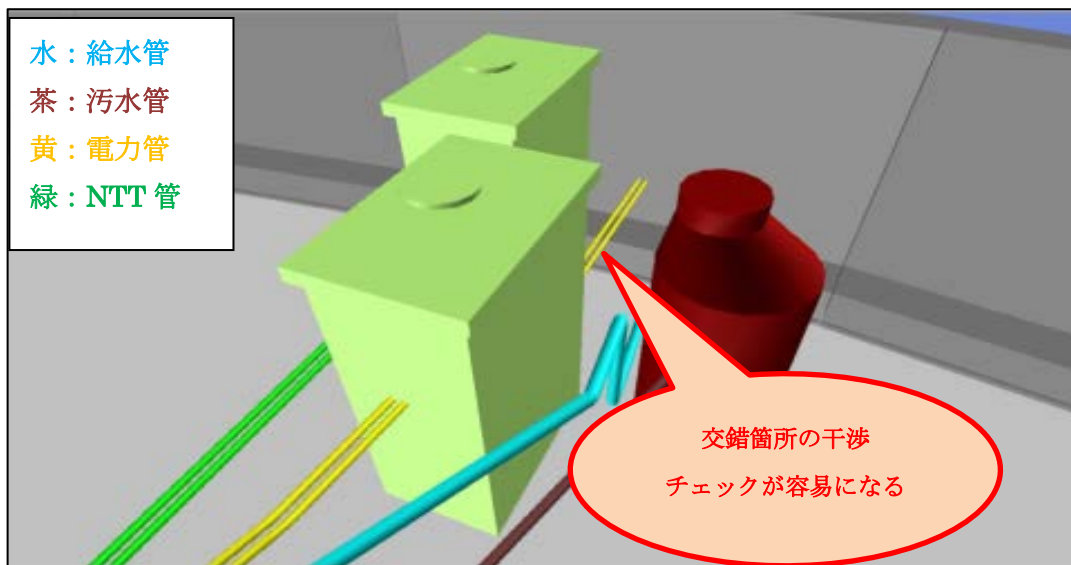


図-4 干渉チェック（ユーティリティー管路）

事例③ 重機配置シミュレーション 分類：施工計画

3次元モデル上に実際に重機を配置し、事前に施工状況を確認した。また、近接構造物や重機同士の位置関係を確認することで、施工状況の明確化及び適切な重機配置を計画することができ、重機施工の安全性が向上した（図-5）。

目には見えない上空制限区域を3次元モデル上に表示することにより、上空制限区域に配慮したクレーン等の適切な機械の選定、配置及び作業方法の検討を行うとともに、作業周知会等での説明に有効活用した（図-6）。

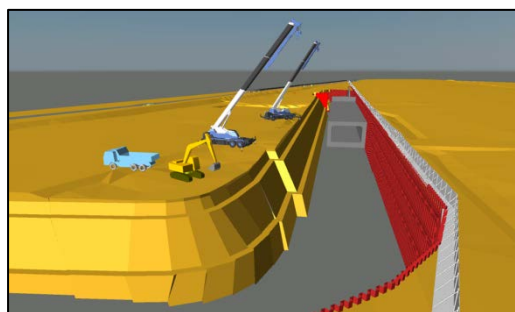


図-5 重機配置シミュレーション

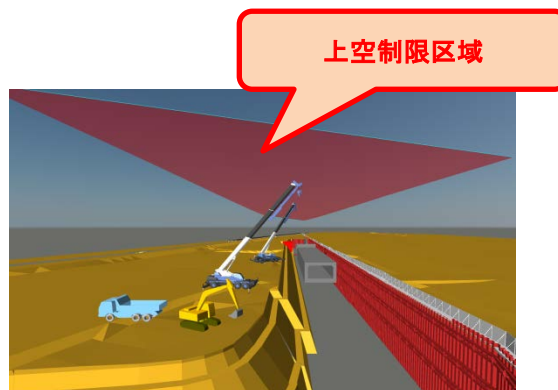


図-6 上空制限区域の確認

事例④ 設計値の確認 分類：施工管理、施工数量算出

3次元モデル上に本体構造物毎（コンクリート構造物については打設ブロック毎）の設計値、数量及び仕様を登録した。これらの値はタブレット端末を用いて現地で確認できるようにし、生コン発注等の間違いを防止した（写真-1）。また、仮設構造物の土留めとして施工するグラウンドアンカーについて、材料、削孔長及び緊張力等の値を現地で確認できるようにし、施工管理に活用した。



写真-1 タブレットを用いた施工数量等の確認

事例⑤ 品質・出来形記録管理 分類：施工管理

品質及び出来形記録を属性情報として 3 次元モデルにリンクすることにより、設計値から品質・出来形記録までの一連の工事記録を一元化した。これにより、必要な情報へのアクセスが容易になり、工事関係者間での情報共有を促進し、品質・出来形管理の効率化を図った（図-7）。

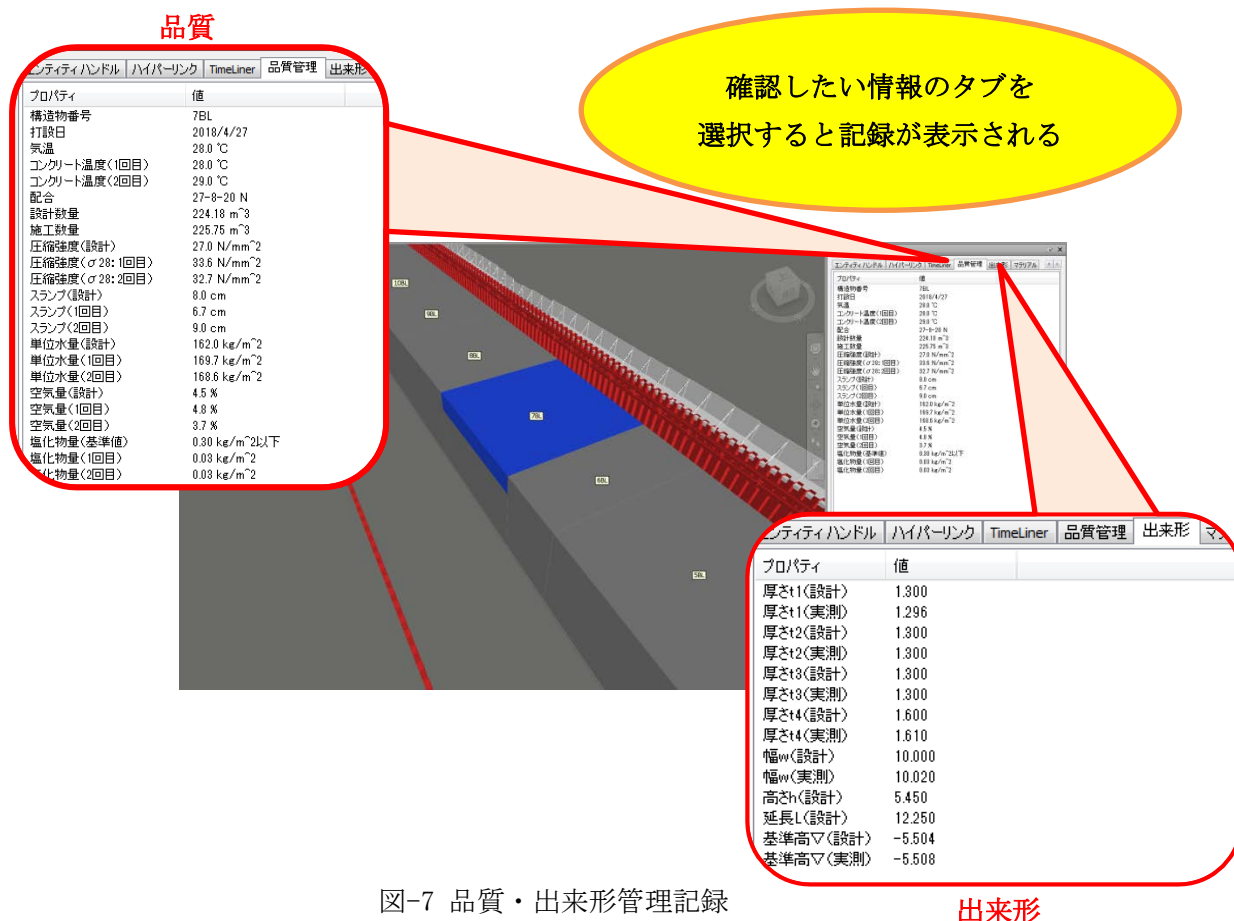


図-7 品質・出来形管理記録

【運用体制】

- 本社 : 3次元モデルの作成・更新、設計情報の入力、施工記録情報の入力
- 現場 : 施工記録情報の提供、システムの運用
- 使用ソフト : Civil3D (Autodesk)、Navisworks Manage (Autodesk)
A360 (Autodesk)、EXCEL (Microsoft)

【全体的な課題】

- ・CIM モデリング関連ソフトウェア及びハードウェアの導入費用
- ・3次元CADソフトのオペレーター育成、モデル作成時間と費用
- ・維持管理業務に活用できる付与する属性情報の選定
- ・クラウドシステムによる3次元データの効率的な活用及び運用の整備

工事概要	工事名称	中部横断不動沢地区改良工事
	発注者	国土交通省関東地方整備局
	受注者	西武建設株式会社
	工期	平成 27 年 4 月 30 日～平成 31 年 3 月 28 日
	工種	道路改良工事
	工事内容	工事延長 L=520m 道路改良 1 式 掘削工 267,000m ³ 、路体盛土工 15,000m ³ 、路床盛土工 1,300m ³ 、法面整形工 1,800m ³ 、植生工 1,800m ² 、法枠工 12,000m ² 、橋台工 2 基（深礎杭工 8 本、コンクリート 1,400m ³ 、鉄筋 106 t）、RC 橋脚工 4 基（場所打ち杭工 24 本、コンクリート 4,300m ³ 、鉄筋 830 t）、かご工 1 式、石・ブロック積工 1 式、排水構造物工 1 式、防護柵工 1 式、仮設工 1

施工 CIM の活用方法による分類（塗潰し部）

施工	施工管理	施工計画	施工手順周知	施工の高度化	施工数量算出
協議資料	三者協議	発注者協議	下請け協議	関係者協議	住民説明会等
設計	設計協議	設計照査	設計数量算出	その他	

【導入目的】

(1) UAV による現況測量・出来高測量の実施

当現場は、土工区間が広く、急斜面が多いため掘削土量の管理を従来の測量で実施するには時間がかかる。また、傾斜地からの転落災害等の危険が伴う。

よって、ドローンを利用した空中撮影にて連続写真を撮影し、SfM 処理を実施後、3 次元点群データを用いて土量管理を実施した。



写真-1 UAV 機材



写真-2 UAV 撮影状況

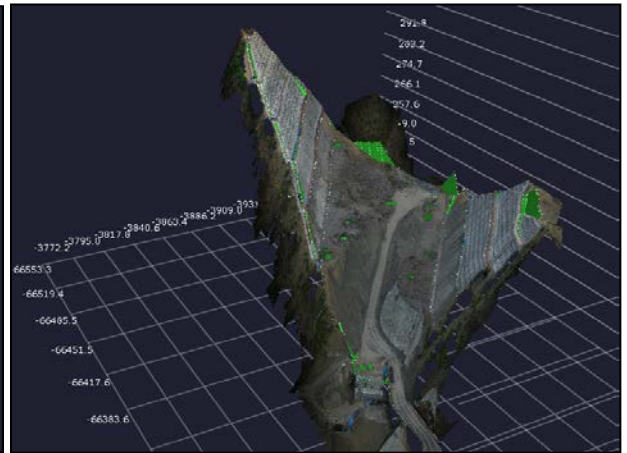
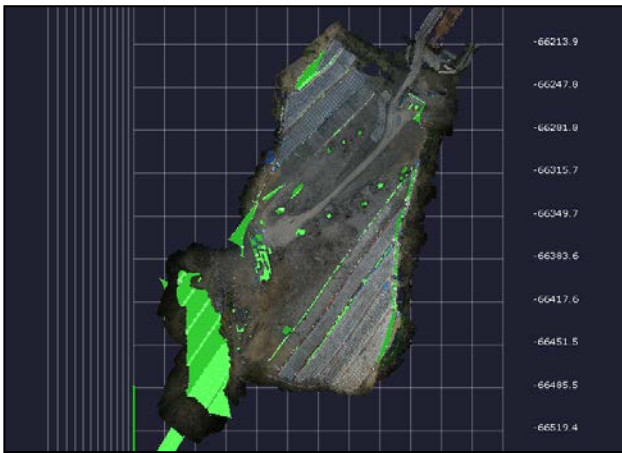
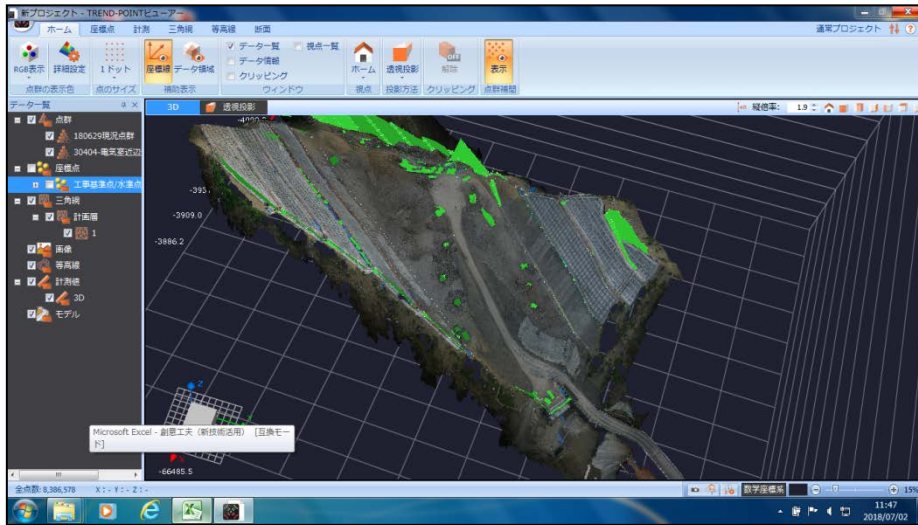


写真-3 現場 3D 点群処理後の PC 画面

(2) UAV を利用しての進捗写真空撮

当現場は高低差があり、死角となる急斜面が多いことから、通常の写真撮影では全体形の把握が困難であった。

よって、UAV（ファントム）を現場に常設して空撮による進捗写真の撮影を行った。また、大雨等が発生した際の現況把握のために活用した。



写真-4 UAV 操作状況



写真-5 現地状況写真

【効果】

(1) UAV の利用について

- ・斜面からの転落等の危険が軽減され、安全性が向上した。
- ・測量作業効率が向上した。(ただし、解析に時間を要する。)
- ・測量精度を問わない現地状況写真撮影は非常に効果的であった。

(2) 自動追尾機能型測量機について

- ・斜面からの転落等の危険が軽減され、安全性が向上した。
- ・作業効率が大幅に向上した。

(3) マシンコントロールバックホウの利用について

- ・丁張を設置せずに掘削が可能となった。
- ・オペレータが斜面出来形をその都度確認するための乗降が極端に減るため、掘削作業効率が大幅に向上した。
- ・マシンガイダンスは、画面表示データにバケットを人力で合わせて掘削するが、マシンコントロールはバケットを法面に合わせる作業が半自動であるため、作業効率が向上した。

【運用体制】

- ・ UAV 測量は外注
- ・ 精度を伴わない UAV 現地写真撮影は本社技術者の指導後、現場職員が実施。
但し、UAV 運用安全ガイドライン（社内）の制定・遵守と賠償保険への加入が必要
- ・ 自動追尾測量作業は、現場職員が実施
- ・ MC バックホウはメーカー指導により、線形データ・平面図・横断図・縦断図データよりデータを本社専門職員が監修

▶ 使用ソフト

- 3次元モデル作成ソフト
 - AutoCAD、Civil 3D
- 3D レーザースキャナー点群処理ソフト
 - MagnetCollage(TOPCON)
 - TREND POINT(福井コンピューター株式会社)

【課題】

- ・ 精度が必要となる UAV 測量については、測量業者による外注作業が発生する。
- ・ データ処理は、専属技術員が実施する必要がある。
- ・ 3次元データを使いこなせる人材の育成・スキルアップが必要となる。

工事概要	工事名称	平成 29 年度 東海環状高富北 IC 北地区道路建設工事
	発注者	国土交通省 中部地方整備局
	受注者	株式会社 奥村組
	工期	平成 30 年 2 月 8 日～平成 31 年 4 月 26 日
	工種	道路
	工事内容	工事延長 L=500m 道路土工 盛土 200,000m ³ 地盤改良工 7,400m ³ 擁壁工 逆 T 擁壁 L=65m 補強土壁工 3,900m ² 排水構造物工 1 式

施工 CIM の活用方法による分類（塗潰し部）

施工	施工管理	施工計画	施工手順周知	施工の高度化	施工数量算出
協議資料	三者協議	発注者協議	下請け協議	関係者協議	住民説明会等
設計	設計協議	設計照査	設計数量算出	その他	

【取組み内容】

労働生産性の向上を目的として、デジタルツインの構築を行い、現場状況の見える化を行った。

デジタルツインの構築にあたり、建設機械車載センサー（以下、車載センサー）による重機位置情報等の取得、及びクラウドカメラの映像データを AI で分析することにより、作業員・資機材の位置や動きを割り出し、作業状況を判別した。さらに、3D モデル上に作業員・資機材の位置を表現することで、現場状況の見える化を行った。また、3D モデル作成には、UAV 写真計測や 3D スキャナによる点群計測結果等を組み合わせた。これらの見える化されたデータを基に停滞作業を抽出し、手待ちのムダ等の削減を作業計画に反映させた。（図-1）。

今回の取組みにおける 3D モデルの作成、及びデジタルツインの構築・活用方法についての事例紹介を行う。

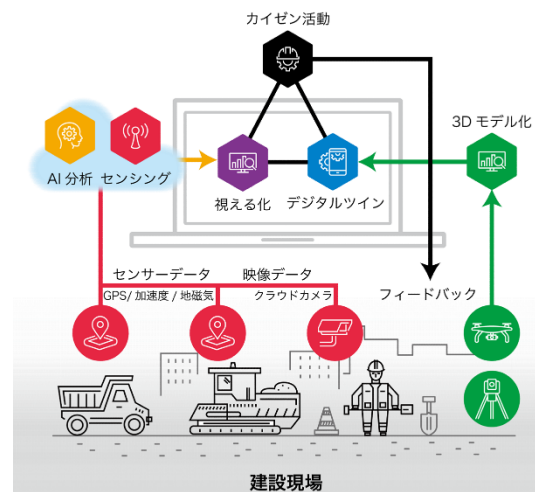


図-1 試行業務における全体構成

【具体的事例】

事例① 3Dモデル作成 分類：施工管理

工事の進捗をデジタル空間へ反映することを目的として3Dモデルを作成した。作成にあたり、ハンディスキャナによりその時点の地形を計測して得られた点群と設計図書を基に補強土壁・逆T型擁壁モデル、地表面の起伏モデルを施工段階ごとに作成した。各モデルの作成にあたり、補強土壁については、施工進捗を入力したExcel(図-2 施工進捗図)と平面図・展開図から施工段階別にモデルを自動生成するマクロをRhincerosのプラグインであるGrasshopperを用いて作成し、モデル作成の効率化を図った(図-2)。一方で、単純形状の逆T型擁壁モデルについては、全体の形状を平面図・横断面図から手動で作成後、施工段階ごとに分割した(図-3)。また、工区内の横断面図(102枚)を平面図上に配置し、各横断面図に記載の基準高を用いることによって3D配置を行ない、各3Dモデルの整合確認に利用した(図-4)。

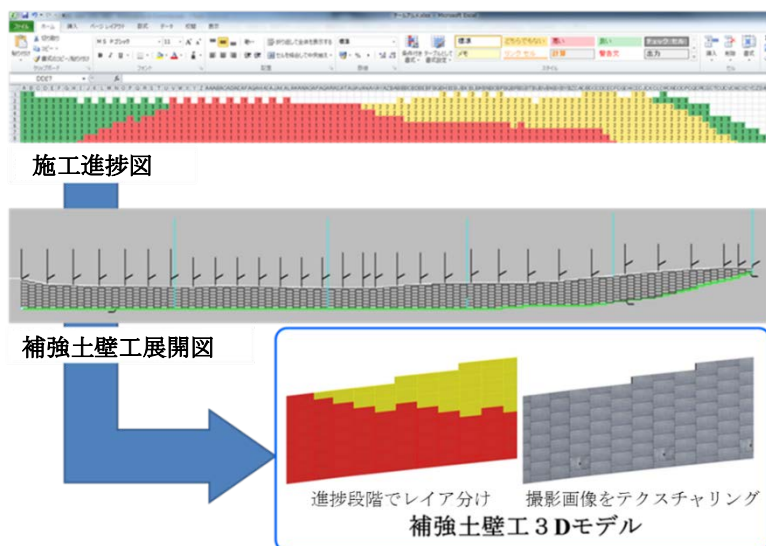


図-2 補強土壁モデル自動生成の流れ

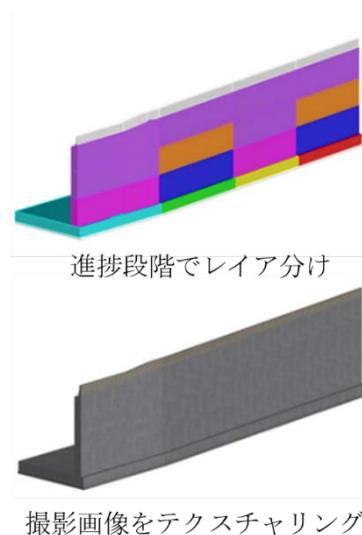


図-3 逆T型擁壁モデルの作成

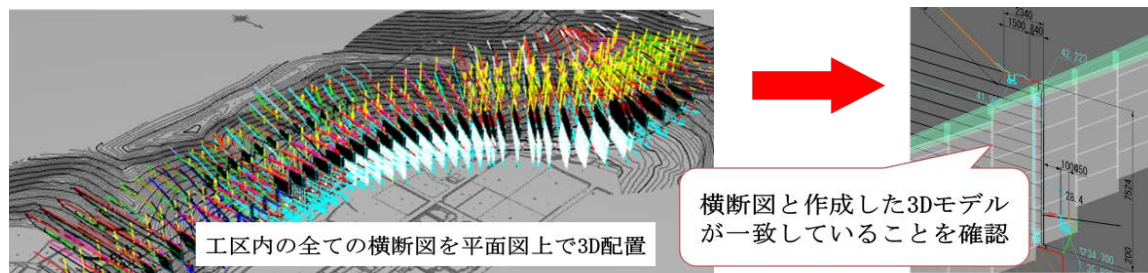


図-4 2D横断面図と3Dモデルの整合確認

事例② デジタルツイン 分類：施工計画

デジタルツインの構成を図-5に示す。図-6に示すように重機に設置した車載センサーから受信したセンサーデータ（位置情報等）及び映像認識AIデータ（人・資材・重機等）と、統合3Dモデル（地形データ+進捗3Dモデル）をクラウド上で重ね合わせることで、現場の進捗に応じたモデルをデジタル空間に再現するデジタルツインを構築した。

データ解析の基となる現場の映像データを常時取得するため、クラウド型カメラを現場に設置した（図-7）。映像データは、0.5秒ごとの静止画像として切り出し処理を行った後、AIを用いて画像に存在している人・資材・重機の種類、位置の認識を行う（図-8）。

取得したカメラ映像データ及び車載センサーデータは、携帯回線を通じてクラウドサーバーにアップロードされるシステムとし、認識結果を含む全てのデータについて、クラウド上のデータベースに蓄積されるものとした。

デジタルツインでは、現場の地形3Dモデル情報ならびに現時点の重機・人・資材などのオブジェクトの位置情報を地形3Dモデル上に投影できる。さらに、過去の日時を指定して現場状況を再現することのできる過去状況表示機能や、各種オブジェクトの位置を追加・編集し、現場状況の検討を行うことができ

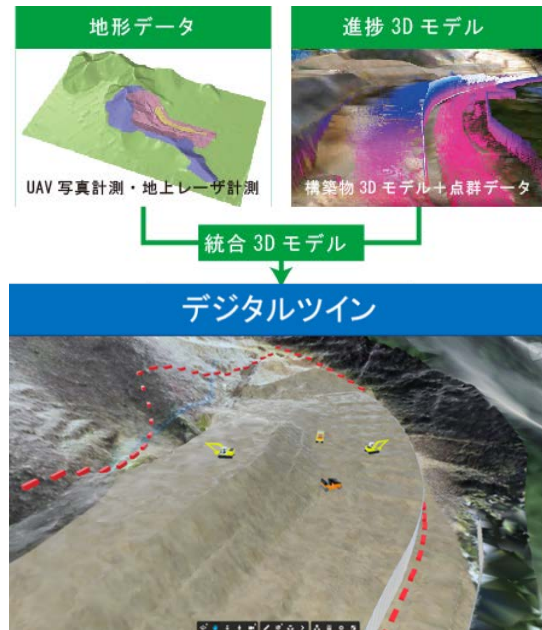


図-5 デジタルツインの構成

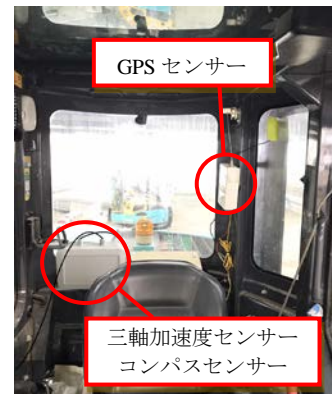


図-6 車載センサー



図-7 クラウド型カメラ設置状況



図-8 AIによるオブジェクトの認識イメージ

るシミュレーション表示機能も有する(図-9)。また、モデルを任意の視点から確認できると共に、モデル上で距離や角度を計測することも可能なため、実際の現場により近い形を再現可能である。これらの機能を活用することにより、停滞作業(ムダ・ムラの発生している作業、例えば資材の手待ち状態等)の洗い出しなどを通じて、作業計画の改善を図ることができることから、現場の生産性向上へと繋がる有用なツールとなった。



図-9 シミュレーション表示画面

【運用体制】

- ・現場職員 : ハンディスキャナ計測(点群データ)、センサー維持管理、カメラ画角設定
- ・本社 : 点群データ加工、サービス(アプリ)運用支援
- ・協力業者 : 3Dモデル作成、デジタルツイン構築
- ・使用機器、ソフト : 点群解析ソフトウェア(CloudCompare)
プロジェクトレビューソフトウェア(Navisworks)
ハンディスキャナ(ZEB-REVO)
3DCADソフトウェア(Rhinoceros、Grasshoper)他

【全体的な課題】

- ・人手を介さず自動的に地形データを取得・作成する手段の確立
ICT 土工の締固めデータや ICT 建機の刃先データを活用し、施工サイクルにデータ取得プロセスを組み込むことで、より忠実に現場を再現することができる可能性がある。また、日々の出来形数量の把握、月々の出来高算出の自動化、部分出来高払いへの活用等が期待できる。
- ・映像認識 AI モデル構築における教師データ作成の省力化と正確性の確保
今回教師データの作成は、人依存になっており非常にコストを要した。今回の取組みに限らず個々の企業だけで教師データを十分な量準備するのは困難であるため、産官学で連携して教師データの共有化を図ったり、自動化技術の利用環境を整備したりすることで、省力・省人化に繋がると共に認識精度の向上と、他工種への展開が期待できると考える。

なお、本取組みは、国土交通省「建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト」の助成を受け、中部地方整備局発注により試行を委託されたものである。

橋梁

No19

大成建設株式会社



工事概要	工事名称	舞鶴若狭自動車道由良川橋他3橋（PC 上部工）工事
	発注者	西日本高速道路株式会社関西支社
	受注者	大成建設株式会社
	工期	2017年10月21日～2020年9月4日
	工種	橋梁
	工事内容	本工事は、舞鶴若狭自動車道の4車線化事業に伴う、福知山ICから綾部IC間における以下4橋の橋梁上部工の新設工事である。 ①観音寺高架橋：PRC 27径間連続2主版桁橋 固定式支保工 755m ②由良川橋：PRC 8径間連続波形鋼板ウェブ橋 張出し架 618m ③馬場池橋：PRC 4径間連続2主版桁橋 固定式支保工 100m ④館橋：PC 単純合成桁橋 架設桁架設 31m

施工 CIM の活用方法による分類（塗潰し部）

施工	施工管理	施工計画	施工手順周知	施工の高度化	施工数量算出
協議資料	三者協議	発注者協議	下請け協議	関係者協議	住民説明会等
設計	設計協議	設計照査	設計数量算出	その他	

【取組み内容】

本工事は、暫定2車線区間の4車線化に伴う4橋梁の新設工事であり、供用中である舞鶴若狭自動車道のI期線に隣接する工事である。また、各橋梁はJR山陰本線、道路（府道、市道、広域農道）、および河川（由良川、複数の水路）を横断しており、その交差部は斜角を有している（図-1）



図-1 工事範囲平面図

特に観音寺高架橋では、これらの条件からクレーンの配置計画に多くの制約があり、橋梁線形に対して斜め方向から仮設材等を揚重する必要がある。この斜め方向から資材を揚重する場合、2次元図面では詳細な施工検討を行うことができない。そこで、現地形、既設橋梁、新設橋梁、仮設の3次元モデルを作成し、仮設桁、型枠支保工材の架設計画や施工ステップに応じたクレーンの選定で活用している。また、カンチレバー工法により張出し架設する由良川橋では、移動作業車の3次元モデルを作成し、移動セットの詳細手順を動画にすることで、作業手順周知会で活用する。

【具体的事例】

事例① 狹隘箇所でのクレーン配置計画 分類：施工計画、施工手順周知、関係者協議

本工事の観音寺高架橋（図-2、3）は、既に下部工工事が完了しており、上部工を固定支保工で施工する計画である。隣接した位置には供用中のI期線があり、P6橋脚とP7橋脚の間には京都府道福知山綾部線が、また、P7橋脚とP8橋脚の間にはJR山陰本線が、観音寺高架橋と斜角を持って交差している。これにより、特にP6橋脚からP8橋脚の範囲では作業ヤードが非常に狭くクレーンの設置位置が限られた（図-4）。さらに、クレーンの容量や設置位置によっては、京都府道の通行止めが必要になる場合もあるため、大型クレーンの使用は必要最小限にしなければならなかった。そこで、各クレーンの作業半径や斜め吊り時のブームと橋梁躯体、仮設との干渉チェックなどを正確に行うため、現場の職員自ら上記の3次元モデルを作成し、周辺地形を取り込んだ3次元空間でクレーンの配置検討を行った。

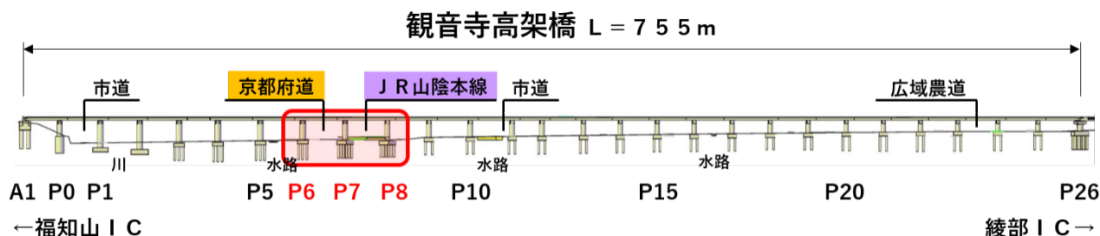


図-2 観音寺高架橋全体図

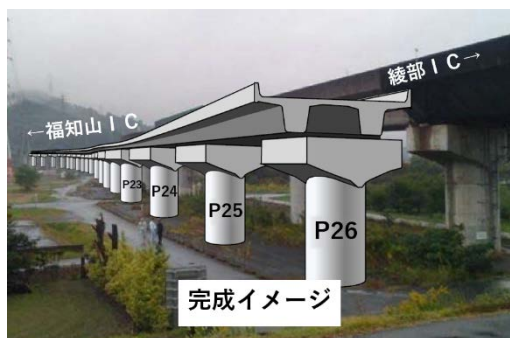


図-3 観音寺高架橋完成イメージ

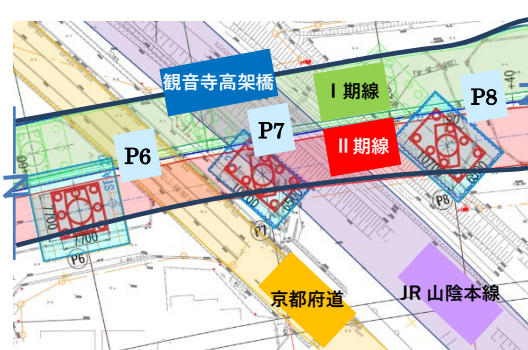


図-4 P6～P8橋脚間平面詳細図

図-5 は、3次元モデルを活用しクレーンの配置計画をしているところである。地組ヤードにて組立てた仮設トラス桁（約 5.5 トン）を 100 t クレーンで一枚ずつ架設する。京都府道の左側（JR 山陰本線の反対側）は、民地でありクレーンヤードとして使用できない。そこで 100 t クレーンは、京都府道上にⅡ期線と斜角をもって据えることになり、斜め吊りによる仮設トラス桁の一括架設となった（図-5）。上記条件を 3次元空間に構築した 3次元モデルでシミュレーションした結果、100 t クレーンの旋回範囲が作業半径内に収まることや、100 t クレーンと橋梁躯体、仮設などと干渉しないで施工できることが確認できた。現在、西日本高速道路、京都府、警察などの関係者間でこの 3次元モデルを活用して協議している最中である。

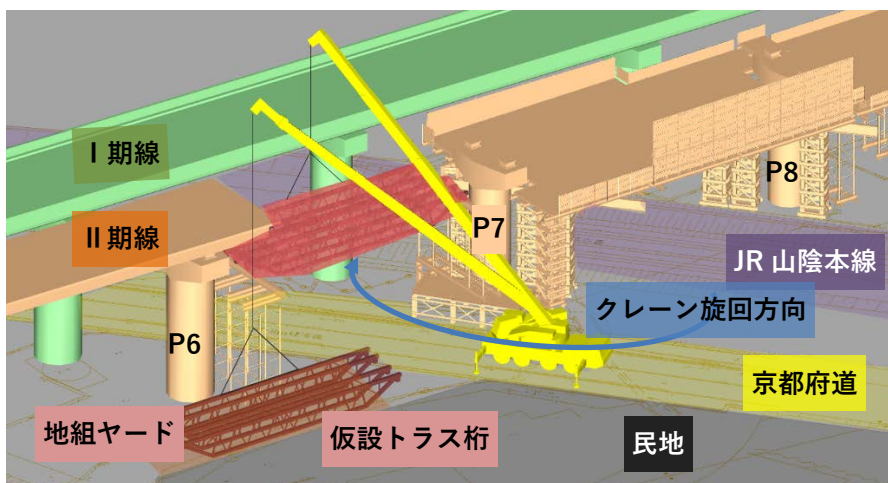


図-5 P6～P7 橋脚間のクレーン配置検討図

事例② 移動作業車の移動手順周知での活用 分類：施工手順周知

由良川を渡河する由良川橋は、カンチレバー工法により張出し架設される（図-6）。この張出し架設では、橋脚から左右両側の桁先端に載せた移動作業車（図-8）により張出し先端ブロックのコンクリートを打設し、PC 鋼材を緊張した後に、次のブロックまで移動作業車を前進移動させる。この時、移動作業車固定用のアンカーを撤去するため、移動作業車が一番不安定な状態になる。そのため、移動作業車を間違えると、移動作業車逸走などのトラブルが発生するリスクがある。そこで、移動作業車の 3次元モデルを細部まで詳細に作成し、作業手順（時間軸）を付与することで動画（図-9）にし、作業員への作業手順周知会で活用する。

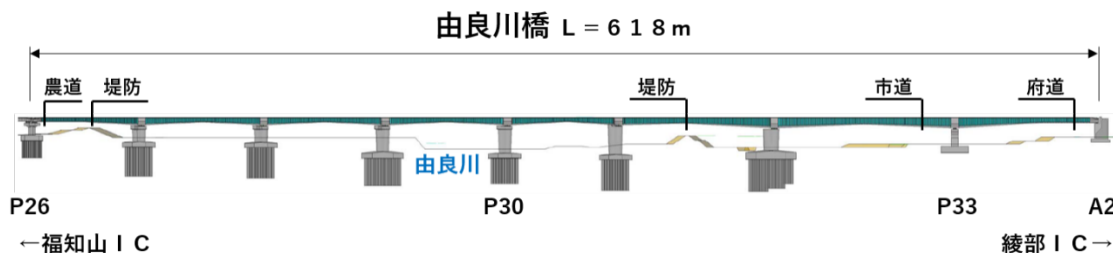


図-6 由良川橋全体図



図-7 由良川橋完成イメージ

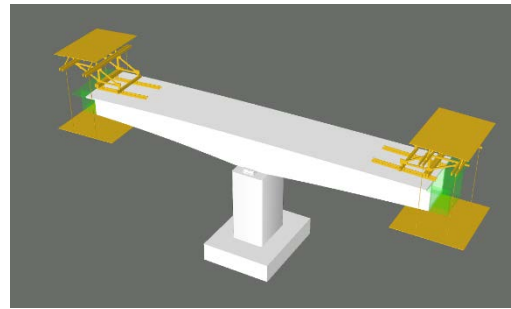


図-8 移動作業車を使った施工イメージ

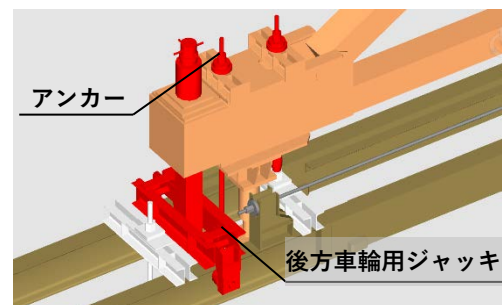
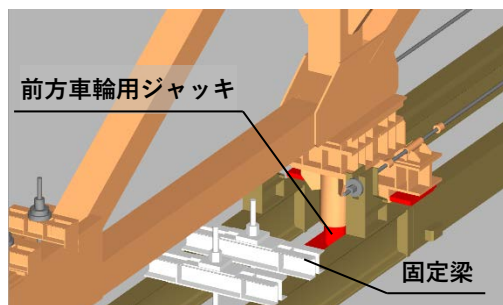
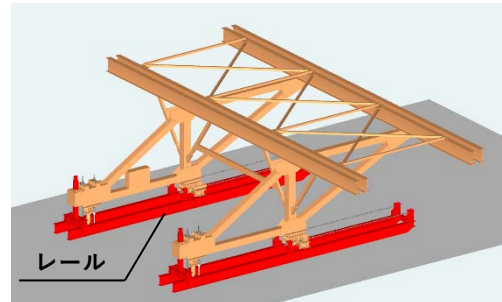
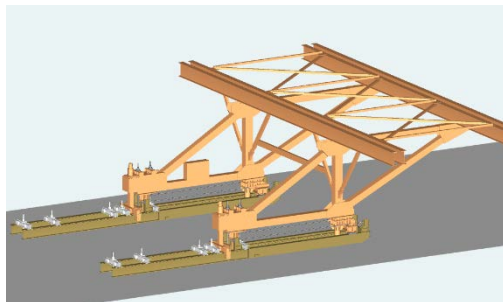


図-9 移動作業車の移動手順動画のキャプチャー

この動画では、手順の細部を理解するために、移動作業車を移動セットするためのレール、各油圧ジャッキ、固定梁やアンカー等を詳細にモデル化し、操作する手順を再現した。

【効果】

- ・安全性および施工性に十分配慮した合理的な施工計画を行うことができた。
- ・当初の3次元モデル作成の目的は、職員たちによる施工検討であったが、作成した資料は、発注者説明や協力会社への説明でも活用することができた。

【運用体制】

- ・現場：3次元モデルの作成・活用（シミュレーション）
- ・使用ソフト：AutoCAD、Navisworks

【全体的な課題】

クレーンの干渉チェックでは、ブームを3次元空間上で手動により旋回させ検討したが、パラメトリック的に判定できるとなお良いと感じた。

工事概要	工事名称	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
	受注者	株式会社 鴻池組
	工期	平成 29 年 8 月 11 日～平成 32 年 3 月 12 日
	工種	河川
	工事内容	<ul style="list-style-type: none"> ・ 水門本体 : 幅 45～60m×長さ 109m×高さ 23m (コンクリート : 24,929m³、鉄筋 : 2,617t) ・ 場所打ち杭 : 205 本 ・ 遮水矢板 : 600 枚 ・ 地盤改良 : 1,302m³ ・ 掘削 : 32,200m³ ・ 築堤盛土 : 102,200m³

施工 CIM の活用方法による分類 (塗潰し部)

施工	施工管理	施工計画	施工手順周知	施工の高度化	施工数量算出
協議資料	三者協議	発注者協議	下請け協議	関係者協議	住民説明会等
設計	設計協議	設計照査	設計数量算出	その他	

【取組み内容】

本工事は発注者指定型の CIM 活用工事である。属性情報付与を始めとする複数の項目で施工 CIM の活用に取り組み中で、以下の 2 事例について紹介する。

①施工段階を見据えた CIM モデル構築

水門本体の CIM モデルで施工シミュレーションを実施し、施工計画の妥当性確認や関係者との協議・打合せ等に活用中である。

②3次元地形データを活用した ICT 建設機械による水門本体掘削 (鴻池組独自の取組み)

水門本体掘削において、掘削の効率化と杭頭鉄筋の損傷防止を目的に、ICT 建設機械 (MC バックホウ) を用いて施工を行った。

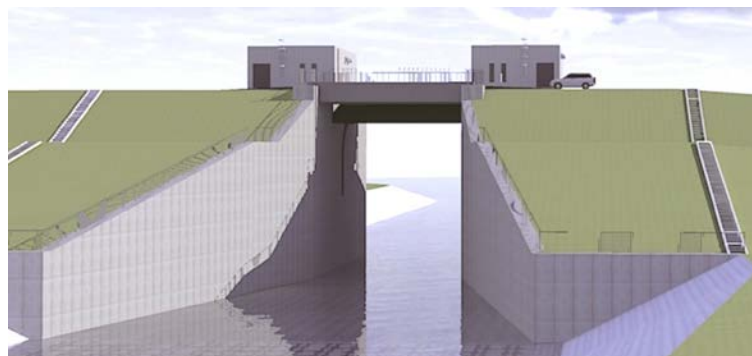


図-1 水門完成予想図

【具体的事例】

事例① 施工段階を見据えた CIM モデル構築

分類：施工管理、施工計画、施工手順周知、発注者協議、設計照査

- ・ 施工シミュレーションによる工事の全体計画や進捗状況の見える化により、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、現場見学会等で活用し、理解度が向上した（図-4）。
- ・ 複雑で密な配筋になる水門本体底版と堰柱との接合部の鉄筋をモデル化し、鉄筋干渉チェックや組立て方法の打合せに活用して手戻り防止と品質確保ができた（図-5）。

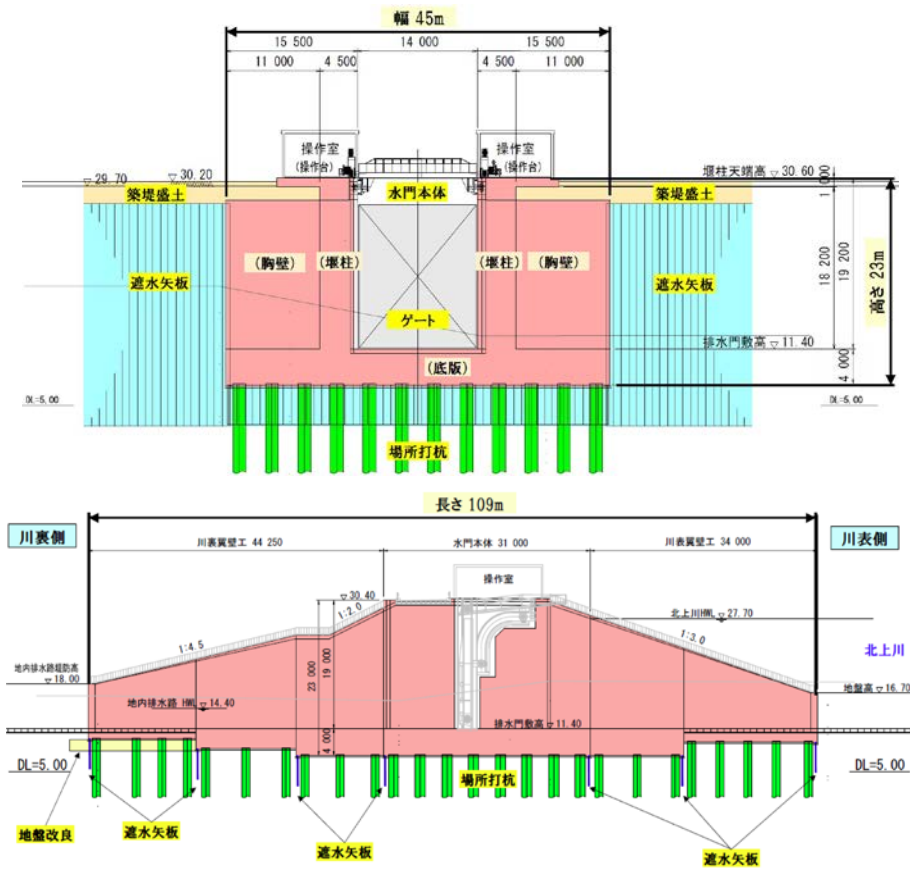


図-2 水門構造図

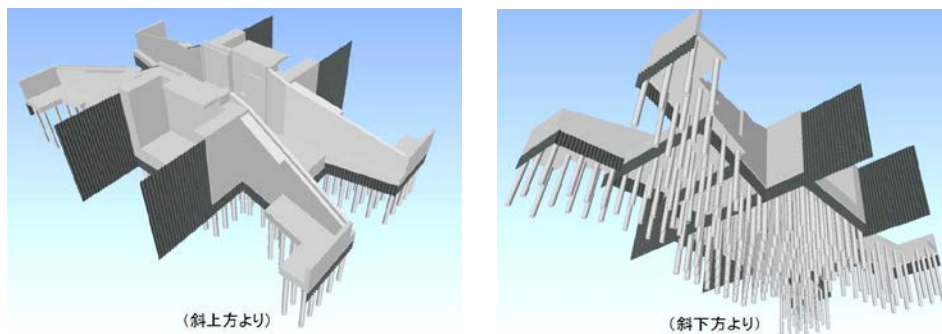


図-3 設計図書から CIM モデル化（水門本体+場所打ち杭+遮水矢板）

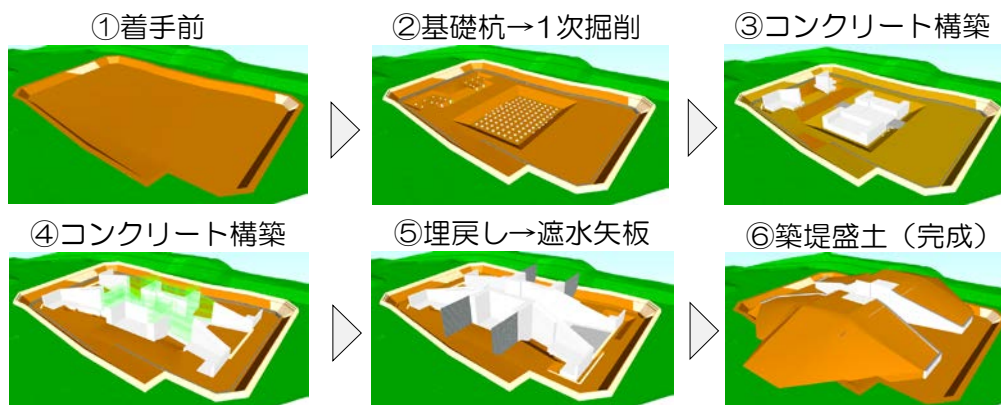


図-4 施工シミュレーション

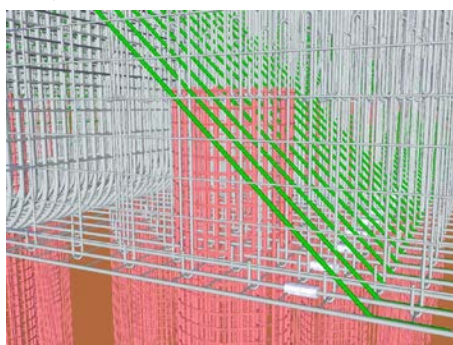


図-5 水門本体底版と堰柱との接合部における鉄筋干渉チェック

事例② 3次元地形データを活用した ICT 建設機械による水門本体掘削

分類：施工管理、施工の高度化

- ・水門本体掘削において、掘削の効率化と杭頭鉄筋の損傷防止を目的に、ICT 建設機械（MC バックホウ）を用いて施工を行った。
- ・CIM モデル用現況地形点群データ（地上型レーザースキャナ（TLS）で計測）から、掘削面での場所打ち杭の設計位置・杭径に対し半径+10 cm、高さ+20cm の大きさで杭頭周囲の掘削用データを追加した ICT 建設機械用データを作成した（図-6、図-7）。
- ・安全で正確な管理が行え、掘削効率が約 2 割向上し丁張り等の作業も削減できた（図-8）。

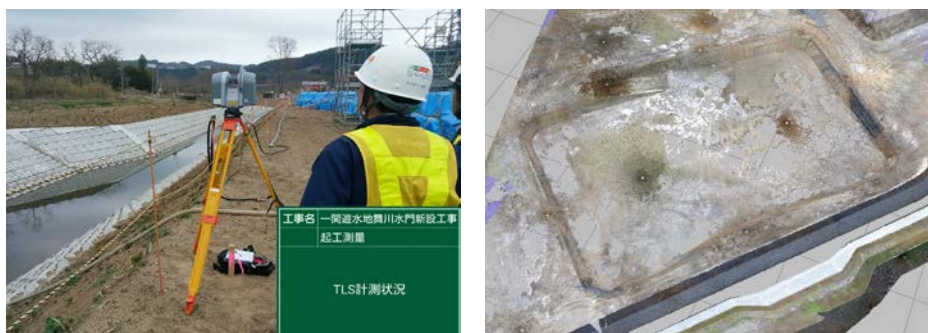


図-6 TLS 計測と現況地形の点群データ

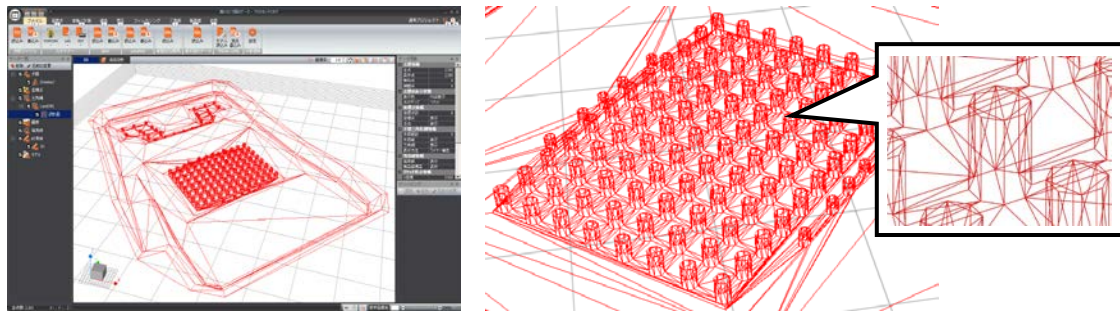


図-7 杭頭周囲の掘削用モデルを追加した ICT 建設機械用データ



図-8 ICT 建設機械（MC バックホウ）による杭頭周囲の掘削状況

【運用体制】

- ・ 現場 : 図面等資料提供、CIM モデルの協議等活用、ICT 建設機械の運用
- ・ 本社土木技術部 : CIM モデルのチェック、コンクリート打込みリフトの修正・更新
- ・ 協力会社 : CIM モデル作成（水門本体、場所打ち杭、築堤盛土・周辺地形ほか）
- ・ 使用ソフト : 水門本体、鉄筋=Revit2018 (Autodesk 社)
 築堤盛土および周辺地形=Civil3D2018 (Autodesk 社)
 各モデル統合と施工シミュレーション=Navisworks2018 (Autodesk 社)
 ビューワ=Navisworks Freedom (Autodesk 社)

【全体的な課題】

- ・ CIM モデルの作成や修正・更新には相当の時間を要するため、日常的な施工管理や打合せでタイムリーに活用できないケースも考えられる。
- ・ CIM モデル作成～円滑な運用には、専門性の高いソフトウェア操作をある程度理解し使える職員が現場単位で必要となる。

工事概要	工事名称 神戸港第四防波堤等撤去工事 発注者 国土交通省 近畿地方整備局 受注者 五洋・りんかい日産・あおみ特定建設工事共同企業体 工期 2018/11/05 ～ 2019/10/31 工種 ドルフィン撤去工，ケーソン式防波堤撤去工，係留施設築造工 工事内容 本工事は神戸港第四防波堤、網取ドルフィン、接岸ドルフィンの撤去工に加え、新規係留施設を築造する工事である。 ドルフィン撤去工（接岸部：4基，網取部：4基） （上部工撤去8基，鋼管杭撤去80本） ケーソン式防波堤撤去工 9函 （根固ブロック109個，上部工撤去315m，ケーソン撤去9函） 新規係留ドルフィン築造 11基 （鋼管杭打設44本，上部工11基）
------	--

施工 CIM の活用方法による分類（塗潰し部）

施工	施工管理	施工計画	施工手順周知	施工の高度化	施工数量算出
協議資料	三者協議	発注者協議	下請け協議	関係者協議	住民説明会等
設計	設計協議	設計照査	設計数量算出	その他	

【取組み内容】

本工事ではドルフィン撤去，ケーソン撤去の施工エリアと，新規係留ドルフィン施工エリアが離れていることもあり，それぞれをモデル化して CIM を用いた検討を行った。



接岸ドルフィン撤去工 8基
 （上部工撤去8基，鋼管杭撤去80本）
 ケーソン式防波堤撤去工 9函
 （根固ブロック109個，上部工撤去315m，ケーソン撤去9函）
 シンガポール BIM/CIMGr 担当

新規係留ドルフィン築造 11基
 （鋼管杭打設44本，上部工11基）
 ICT チーム担当

【具体的事例】

事例① 撤去工事の3次元把握 分類：施工計画

撤去工事は接岸ドルフィンとケーソン式防波堤が対象となるが、接岸ドルフィンは斜杭が多く、水面下の不可視部分における近接するケーソン式防波堤や隣接ドルフィンとの位置関係についての共有を図る目的で2Dの図面から自社内の担当部署で3Dモデルを作成した。この撤去工事に関しては、CIMを統括するICTチームがマネジメントする形で、自社が保有するシンガポールBIM/CIM統括Grが作図を担当した。

広域3Dモデルを取り組むことで工区周辺の状況把握ができ、現場においてはモデルを活用しながら施工方法の検討や危険個所の事前チェックを実施した。

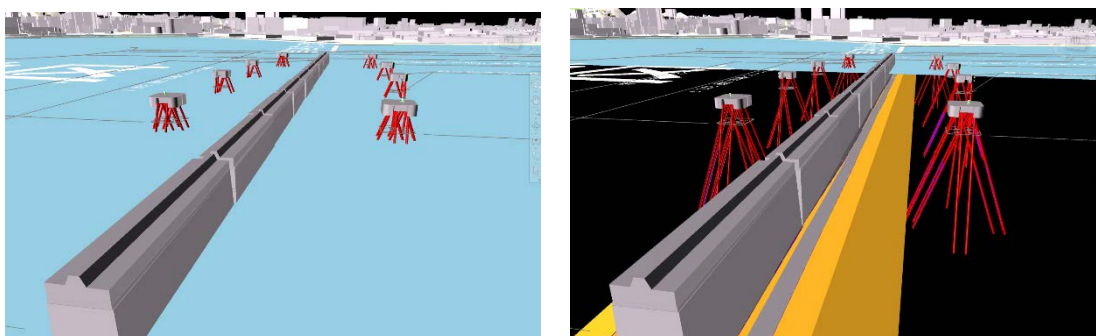


図 ドルフィン撤去工，ケーソン式防波堤撤去工

事例② 新規係留ドルフィン築造 分類：施工計画

新規係留ドルフィン築造工事は直杭の鋼管を打設後、プレキャスト製作した上部工を据付ける施工となる。水面下の不可視部分や鋼管杭と上部工のクリアランス、鉄筋と杭頭プレートとの整合、付属構造物との干渉を確認する目的で2Dの図面から自社内の担当部署で3Dモデルを作成した。新規係留ドルフィン築造工事に関しては、自社内の担当部署でCIMを統括するICTチームで作図した。

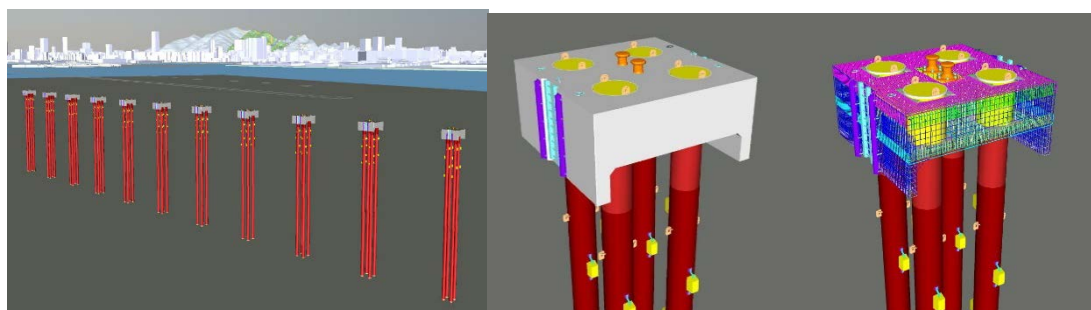


図 新規係留ドルフィン築造工事のイメージ図

プレキャスト製作する上部工の鞘管周辺は、鞘管、鉄筋、プレートが存在する複雑な箇所である。特に、位置によってプレートの高さが異なることや、縦筋とプレートとの干渉などが課題になることが多いため、3Dモデルを用いて施工上の課題が無いことを関係者間で確認をした。3Dモデルを用いた施工打合せは、これまで同種工種の経験が無い作業員が打合せにおいて作業イメージがしやすくなり、施工手順の検討が容易になる効果が期待できた。

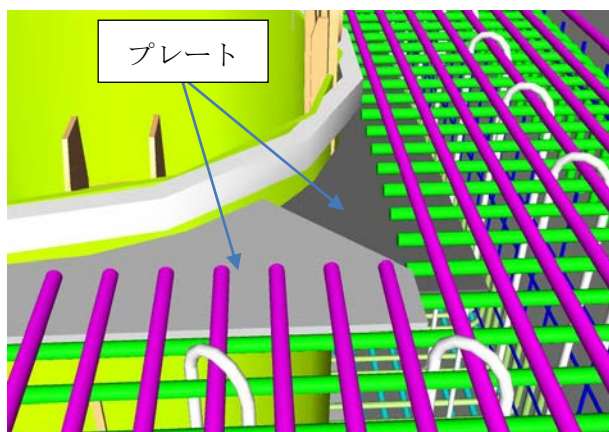


図 鞘管周辺の3Dモデル

設計段階ではプレキャスト製作の上部工の構造、配筋などは図面化されるものの、係船柱や防舷材などの付属物はメーカーが決まっていないため、設計時に付属物のアンカーと配筋の干渉確認をすることができない。そのため、工事受注後に付属物を確定させ、アンカーなどが干渉しないことを確認するために、3Dモデルを活用することで干渉の有無を確認し、施工時に想定されるケースを事前に検討することができた。

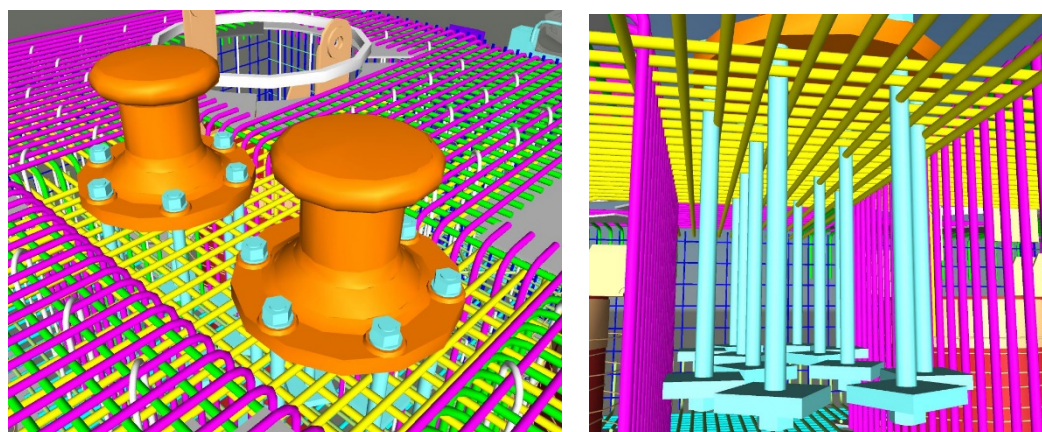


図 係船柱アンカーと鉄筋干渉確認

【運用体制】

社内においては ICT チームが CIM を統括する立場となっている。CIM マネージャーは全体方針の決定、他部署との窓口、モデラーへの業務指示、CIM コーディネーターはモデラー業務管理、業務指示、依頼元との調整を担当し、CIM モデラーの管理を行っている。本社土木本部を含めた関係部署と情報共有をしながら現場の CIM 担当者と CIM コーディネーターが連絡を取りながら進めている。

なお、本現場ではシンガポールの BIM/CIM 統括 Gr も作図を担当し、ICT チームでデータを統合して現場に提供している。BIM/CIM 統括 Gr は日本国内の建築案件も担当することから、国内建築土木と BIM/CIM 統括 Gr が連携をしながら業務遂行している。

現場では基本的にモデルの閲覧、利用を主体とし、修正がある場合は ICT チームで一括して対応する体制としている。

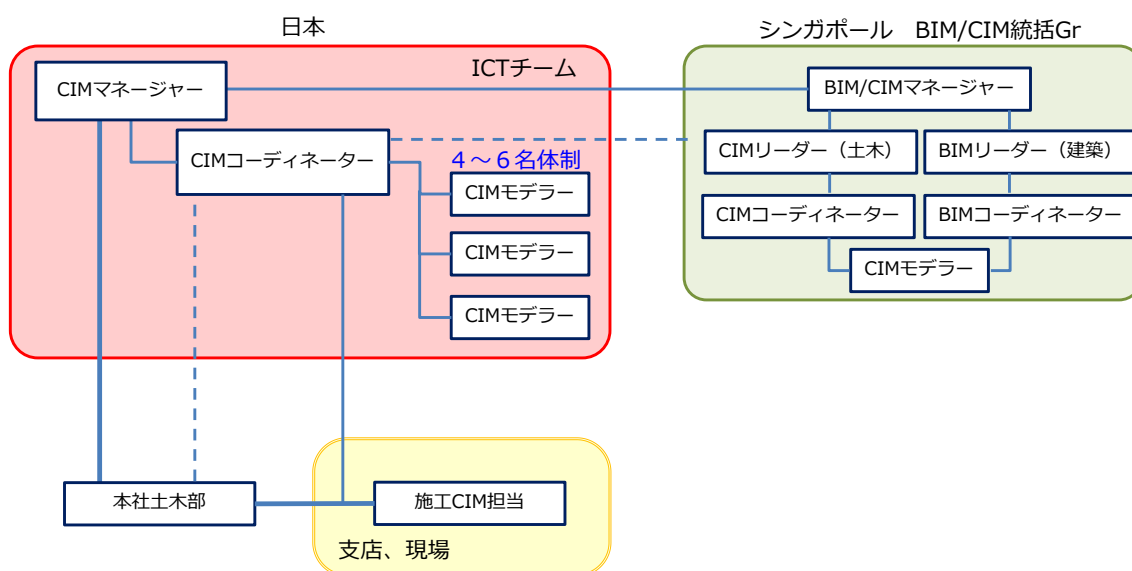


図 社内における CIM の体制

【全体的な課題】

- CIM の全体的な統括を行う ICT チームで作図、修正を担当しているが、現場が自主的に修正を行うためのハード、ソフトの整備と、3D モデルモデリングスキルの習得のためのコストが必要である。
- 事務所、現場、発注者間におけるデータ共有の枠組みが必要である。

工事概要	工事名称	大分空港滑走路地盤改良工事
	発注者	国土交通省九州地方整備局別府港湾・空港整備事務所
	受注者	若築建設株式会社
	工期	平成 29 年 3 月 21 日 ～ 平成 30 年 1 月 31 日
	工種	港湾
	工事内容	大分空港の滑走路上での地盤改良工（コンパクショングラウチング工法）、付帯工（舗装復旧等）及び仮設工（防護キャップ設置撤去整備）を行うものである。 ボーリンググラウト工 注入対象土量：9,647m ³ 施工深度（最大）：11.5m 施工総本数：658 本

施工 CIM の活用方法による分類（塗潰し部）

施工	施工管理	施工計画	施工手順周知	施工の高度化	施工数量算出
協議資料	三者協議	発注者協議	下請け協議	関係者協議	住民説明会等
設計	設計協議	設計照査	設計数量算出	その他	モデル作成効率化

【取組み内容】

地盤改良工事においては、周辺地盤の変位が発生することが多い。弊社では地盤改良工における CIM 適用において、3次元モデル作成、属性情報の付与による施工進捗の可視化と合わせて周辺地盤変状の可視化に取り組んでおり、本稿では取組の一部を紹介する。その他、施工進捗の可視化と比較して、変状の可視化は3次元モデル作成作業の量、頻度が増大するため、作業を簡素化するツールを開発して適用した。

【具体的事例】

事例①：3次元モデルによる改良体造成順序の確認 [分類：施工手順の周知]

■内容

本工事は滑走路下の地盤改良であるため、施工中の変位（隆起）低減の必要があった。工種の性質上変位をゼロとすることは困難であるため、局所的な変位を避け全体的に変位を分散させるようローテーション施工を行った。片押しで順番に施工するのではなく、全体的な変位の傾向を把握しながら次施工位置を検討するため、施工順序を関係者全員で確実に共有することが必要であった。そこで、施工に先立ち改良体設計3次元モデルを作成し、施工手順の確認のため4Dシミュレーションを使用した。

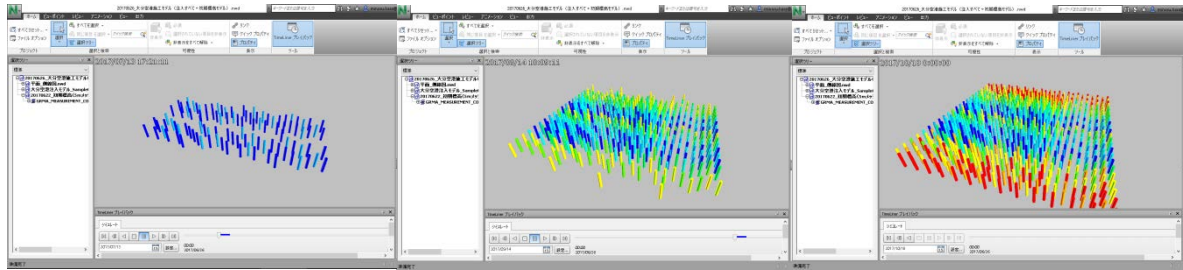


図-1 4D シミュレーション

■効果

- ・4D シミュレーションを使用することで進捗計画が視覚的に確認でき、ローテーション施工の順序や全体的な方針を元請け職員、協力会社作業員で簡単に理解、共有することができた。

事例②：CIMモデルによる施工情報の可視化、管理 [分類：施工計画]

■内容

施工中は、改良体造成の施工管理記録を基に改良体出来形3次元モデルを作成した。出来形には改良体径を反映させた。3次元モデルには属性情報として、孔番、ステップ番号、注入点位置(x座標、y座標)、区間上面・下面標高、直径、モルタル吐出量、最大・最小圧力、削孔日、注入日等を入力した。さらに入力した属性情報を基に改良体出来形3次元モデルヒートマップ表示を行った。また、注入時改良体モデルの直径は、モルタル注入量に応じて変化させた。

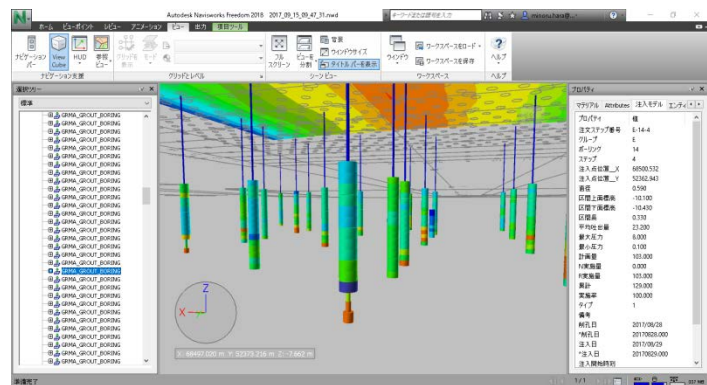


図-2 出来形3次元モデル

■効果

- ・地盤改良は通常地中に施工するものであり、出来形等を直接視認することはできないが、3次元モデルで可視化することで、全体の進捗状況を簡単に俯瞰して確認可能である。
- ・3次元モデルのヒートマップ表示や、改良体直径（理論値）の可視化により、地中の改良体全体の出来形品質情報を視覚的に把握することができる。

マテリアル	Attributes	注入モデル	エンティティ
プロパティ	値		
注文ステップ番号	E-14-4		
グループ	E		
ホーリング	14		
ステップ	4		
注入点位置_X	68500.532		
注入点位置_Y	52362.943		
直径	0.590		
区間上面標高	-10.100		
区間下面標高	-10.430		
区間長	0.330		
平均吐出量	23.200		
最大圧力	8.000		
最小圧力	0.100		
計画量	103.000		
N実施量	0.000		
R実施量	103.000		
累計	129.000		
実施率	100.000		
タイプ	1		
備考			
削孔日	2017/08/28		
*削孔日	20170828.000		
注入日	2017/08/29		
*注入日	20170829.000		

図-3 属性情報

事例③：周辺地盤変状の可視化 [分類：施工管理]

■内容

施工中は舗装面の変位が懸念されたため、自動追尾式トータルステーションで舗装面の変位を計測していた。変位計測結果を利用して、施工進捗と施工中の変位傾向を広範囲に把握する目的で、改良体出来形3次元モデルによる進捗状況の可視化と合わせて、滑走路面の変位量をコンター表示、矢印表示で可視化した。

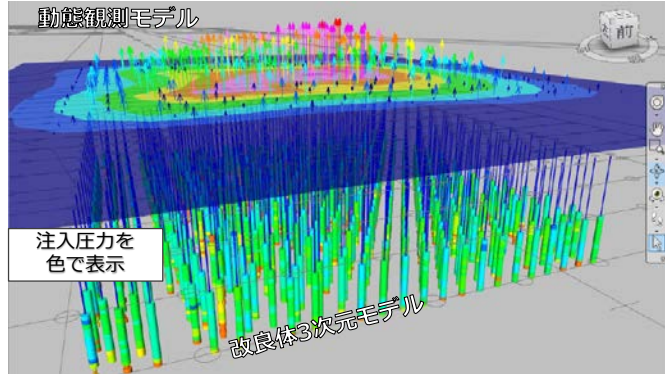


図-4 改良体と変位の可視化

■効果

- ・改良体の3次元モデル化により、地中不可視部の地盤改良の進捗を視覚的に確認できた。
- ・矢印のモデル及びコンターで変位をモデル化し、施工進捗と合わせて可視化することで、進捗と変位の傾向を容易に把握することができた。

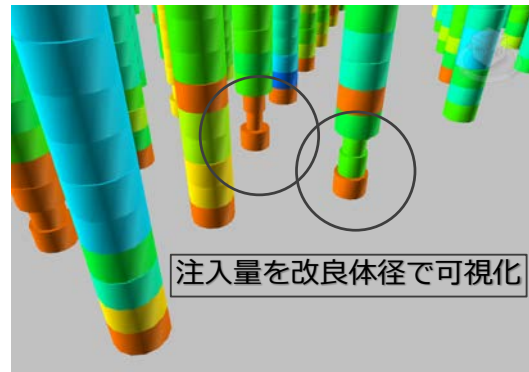


図-5 注入量の可視化

事例④：CIMモデル作成の効率化 [分類：その他]

■内容

本工事で採用のCPG工法は、流動性の小さいモルタル等の注入材をCPGポンプで地盤に圧入し、地盤を圧縮強化する締固め工法である。CPG工法では深度方向33cmを標準ステップとして造成を行う。CPG工法の注入管理表には、各ステップの改良体各々についてステップ数、深度(GL-m)、平均吐出量(L/min)、注入圧力(最大・最小)(Mpa)、注入量(計画・実施・累積)(L)、実施率(%)が記録される。注入圧力は現地盤によって変化し、

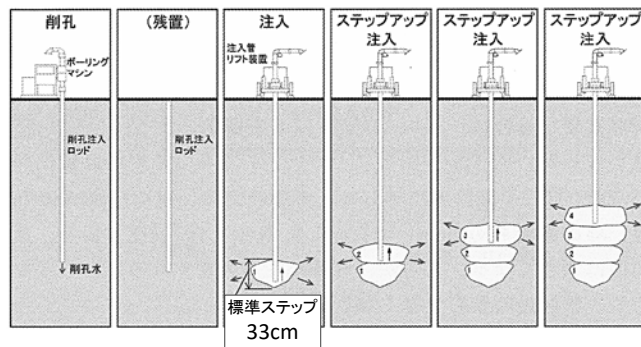


図-6 注入量の可視化

(一財) 沿岸技術研究センター，液状化対策としての静的圧入締固め工法技術マニュアルより

注入量は周辺地盤の変状等を考慮し、計画量と異なる場合も想定される。よって、CPG工法においてはステップ毎に3次元モデルを作成し、それぞれのモデルに属性情報を読み込むこととしたが、3次元モデル数が多くなり作業が非効率となるため、改良体3次元モデル作成、属性情報入力を自動化するツールを導入した。

■効果

- ・ 3次元モデル作成作業と属性情報入力作業が大幅に効率化された。

改良体・動態観測結果の可視化

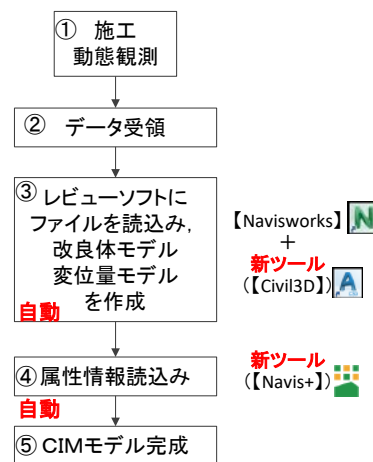


図-7 モデル作成効率化

【運用体制】

現場：施工管理、施工データ、動態観測データ整理、モデルの活用。

本社：施工初期における導入支援。

【使用ソフト】 ・ Autodesk：Civil3D、Navisworks Manage

・ 伊藤忠テクノソリューションズ(株)：Navis+、C-Grout

【全体的な課題】

- ・ 3次元モデル作成効率化、属性情報入力作業は、コンパクトシグナリング工法について効率化したが、他の工法についても同様に作業効率化の必要がある。

工事概要	工事名称 東京港臨港道路南北線 沈埋函(4号函・5号函・6号函)製作・築造等工事 発注者 国土交通省 関東地方整備局 東京港湾事務所 受注者 五洋・東洋・新日鉄住金エンジ特定建設工事共同企業体 工期 平成 29 年 4 月 13 日 ～ 平成 32 年 4 月 3 日 工種 沈埋トンネル 工事内容 東京港臨港道路南北線沈埋函（4号函・5号函・6号函）の製作・築造。 ドックにて沈埋函鋼殻製作、艀装箇所へ曳航し準備完了後沈設場所まで再曳航，沈設。 施工範囲：402m（134.00m×3函）
------	---

施工 CIM の活用方法による分類（塗潰し部）

施工	施工管理	施工計画	施工手順周知	施工の高度化	施工数量算出
協議資料	三者協議	発注者協議	下請け協議	関係者協議	住民説明会等
設計	設計協議	設計照査	設計数量算出	その他	

【取組み内容】

本工事を含む東京港臨港道路南北線事業では，海上部の沈埋函7函，陸上との接続部のニューマチックケーソン2基を4JVにて施工している．本工事はその中で4～6号函の沈埋函製作築造工事であり，5，6号函は曲函であること，6号函は更にキーエレメントとして最終沈設函であることが特徴である．

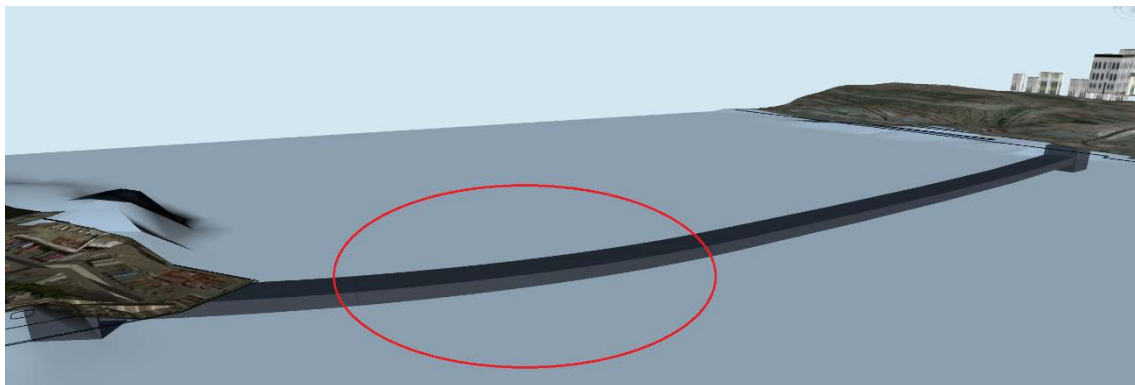


図1 東京港臨港道路南北線全体モデル（赤囲み部分が本工事部分）

工事を行うにあたり、以下の問題が懸念された。

- ① 沈設の基準となるトンネル線形を各函体の出来形を反映させ確認しなければならないが、縦断勾配に加え曲函となる部分は、2次元の検証は困難である。
- ② 6号函にはトンネル全体の変位に備えた可とう継手部分（以下クラウンシール部）があり、止水構造やせん断変位抑制構造など、設置部材が輻輳しており、2次元図面では干涉等の確認が難しい。
- ③ 構造が複雑なため、設計に関する協議を行う際に、発注者、設計者との情報共有が難しい。

以上の問題を解決するため、施工 CIM として取り組んだ。

【具体的事例】

事例① 出来形を反映した 3D モデルによる沈埋トンネル全体の線形把握、沈設位置確認
分類：施工計画、関係者協議

この取組は南北線工事各 JV が函体製作出来形値を提供し、本工事で 3D モデル化した。出来形測定値および測定位置情報を基に簡易函体モデルを作成し、3D モデルを作成、沈設位置のシミュレーションを行う際は、この簡易函体情報を主に用いた。

南北線工事全体の出来形を反映させた 3D モデルを作成したことで、縦断勾配のついた曲線部でも設計との比較が容易になり、適切な沈設位置を決定することができた。平成 31 年 3 月時点で全 7 函のうち 4 函の沈設が完了しており、平成 31 年 7 月に全函据付予定である。

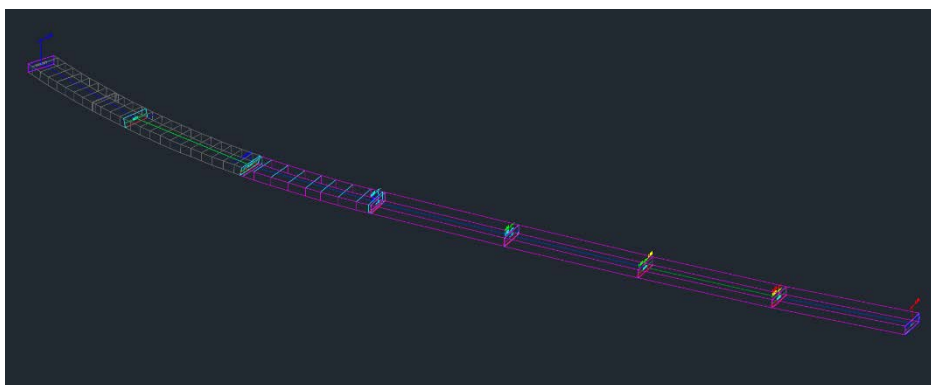


図 2 線形、沈設位置確認に用いた 3D 函体簡易モデル

事例② 部材の干涉確認、設備の設置位置確認 分類：施工計画、施工管理

クラウンシール部では、止水シールを保護する耐火ブランケット、耐火版等の構造、水平せん断キーと函体鋼殻構造に干涉が無いか 3D モデルにて確認した。今後、干涉部の対応について協議の予定である。

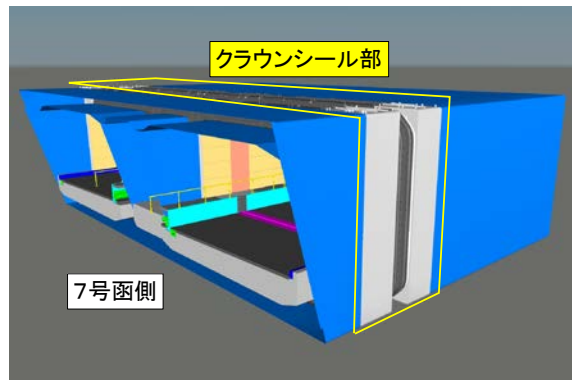


図3 6号函とクラウンシール位置図

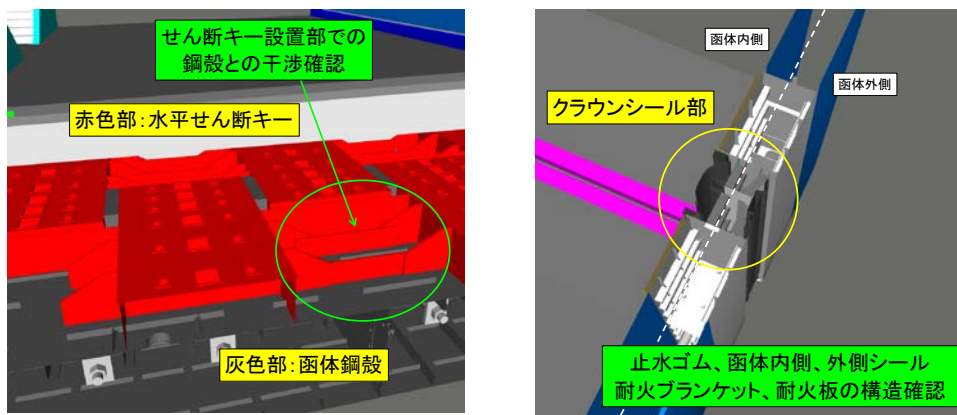


図4 クラウンシール部での干渉確認

事例③ 詳細部可視化による設計協議の円滑化 分類：設計協議

沈設後に施工する函内設備の図面精査を行った際、発注者を通じて設計者へ照会を行っていたが、クラウンシール継ぎ手部の構造が非常に複雑であるため、2次元図面のやり取りでは確認事項の共有が困難だった。

3Dモデルを作成し照会を行ったところ情報共有をスムーズに行えるようになった。引き続き問題解決に向け協議していく予定である。

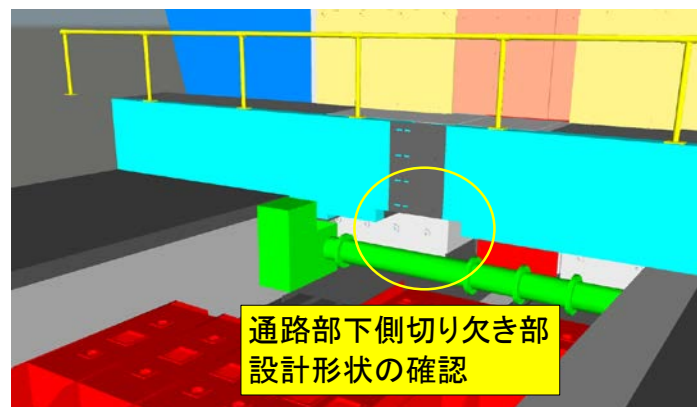


図5 設計者への照会部分の明確化

【運用体制】

社内では、モデル作成を技術研究所 ICT チームが担当した。CIM マネージャーは全体方針の決定、他部署との窓口、モデラーへの業務指示、CIM コーディネーターはモデラー業務管理、業務指示、依頼元との調整を担当し、CIM モデラーの管理を行っている。

今回は依頼元である現場の施工 CIM 担当者と連絡を取り、業務を進めた。

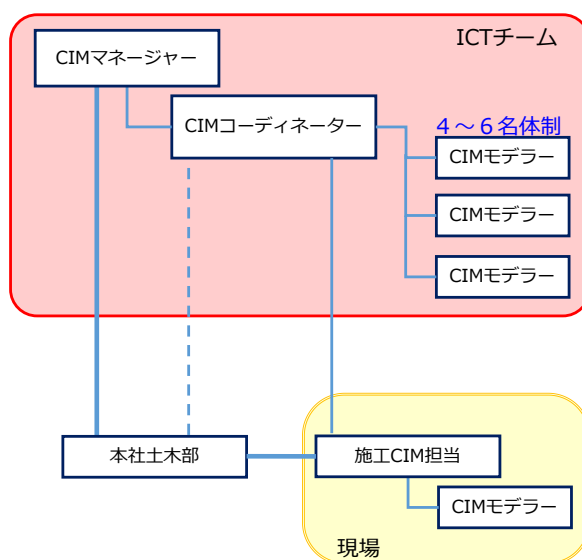


図 6 CIM 運用体制

使用ソフト： Autodesk Civil3D, Navisworks, Infracore

現場へのモデル提供は、基本的に Navisworks 形式 (.nwd) で行った。

【全体的な課題】

南北線事業全体の配置から函体細部構造まで 3D モデルに情報を集約することができ、非常に効果があった反面、多様な情報の中から必要な情報を取り出し使用するのに手間取り、一部情報を抜粋したモデルを別に作り運用することがあった。情報利用時の取捨選択を考慮する必要があると考える。

また、nwd 形式での現場へのモデル提供は、現場に高価なソフトウェア、ハードウェアも職員の 3D モデル作成スキルも必要なく、モデルの活用につながったが、現場での微調整や新たな属性付与などが適時に行えなかった。3D モデル作成をバックアップ体制で補うか、現場での作成環境を整備するか、どちらかで改善する必要があると考える。

工事概要	工事名称	舞鶴港第2ふ頭地区岸壁(-10m)改良等工事	
	発注者	国土交通省近畿地方整備局	
	受注者	東洋建設株式会社	
	工期	平成30年8月16日～平成31年3月22日	
	工種	栈橋	
	工事内容	老朽化したコンクリートウェル式の既存栈橋を撤去し、鋼管杭式の栈橋に改良するものである。 水深・10m、栈橋延長L=50m 構造物撤去工 1式 本體工 鋼矢板Ⅱ型打設 66枚 鋼管杭打設φ800～900 12本 上部工 上部ブロック製作据付 35個 付屬工 1式	

施工 CIM の活用方法による分類（塗潰し部）

施工	施工管理	施工計画	施工手順周知	施工の高度化	施工数量算出
協議資料	三者協議	発注者協議	下請け協議	関係者協議	住民説明会等
設計	設計協議	設計照査	設計数量算出	その他	

【取組み内容】

本工事は港湾構造物では初となる発注者指定型の CIM 活用工事である。プレキャスト式栈橋を築造するうえでの諸課題を明確にし、事前に対策を講じることにより施工の円滑化を図った。

【具体的事例】

事例① 事前準備（周辺情報の追加） 分類：施工計画

施工検討での活用を前提に、作業機械等の支障となりうる周辺構造物や電柱・電線等の最新情報を取得するため現地の航空写真および3次元点群データを収集し、CIMモデルに統合した。



図1 航空写真，点群データの計測

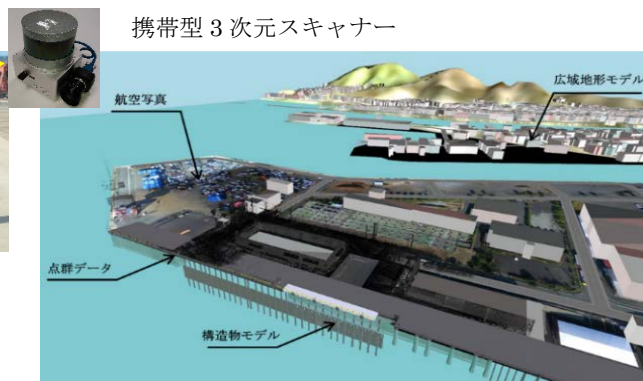


図2 統合モデル

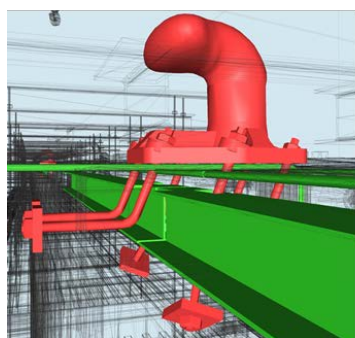
事例② 係船柱と梁鉄筋の干渉検討 分類：施工計画

プレキャスト梁が3本集中している杭頭部での配筋組立検討を行い、対策を行った。

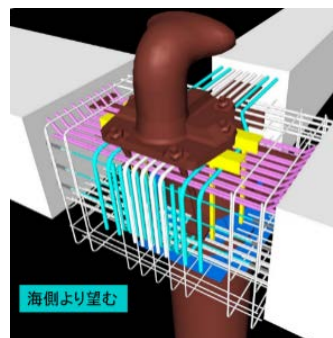
<効果>・従来の図面では鉄筋は線で表現されるため、特に大径鉄筋では重なりによるあき不足を防止できる。

・本体工と別図面で描画される係船柱等の付属工の干渉を防止できる。

<課題>・干渉を解消した鉄筋ピッチはmm単位になる場合が多く現場管理が煩雑となる。



干渉箇所（赤色）



対策（水色、桃色部分）

図3 係船柱と鉄筋の干渉および対策

事例③ 係船柱アンカーボルトの設置検討 分類：施工計画

14kg/本の係船柱アンカーボルト設置空間は、PCa 梁の鉄筋や杭頭接続プレートが密集しており作業スペースが狭い。ここで作業員がアンカーボルトを手で支えて配置できるかを検討し、その作業状況モデルで作業員と打合せを行った。

<効果>・実際に作業を行う作業員の作業イメージの向上および共有手段として有効。

・実際に作業員が3DモデルをPC上で様々な方向から確認することにより施工の可否、作業性を検討し、事前に小柄な体型の作業員を指名しておくなどの対策を立案できる。

<課題>・現場で確認する場合、耐久性を有したタブレットPCが必要となる。



図4 事前検討を行ったCIM画像

図5 作業員自身のPC操作による作業状態のチェック

事例④ 上部工現場打ち部施工手順の周知 分類：施工手順周知

上部工杭頭現場打ち部の複雑な施工手順の動画を作成し、現場作業所に設置した大型ディスプレイにより説明を行った。

- <効果>・複雑な配筋手順など現地での仮組確認の必要がなくなる
- ・作業内容の確実な周知により現地での手戻りがなくなる。
- <課題>・現地に大型ディスプレイを設置する必要がある。
- ・現場での作業手順の再確認が難しい。

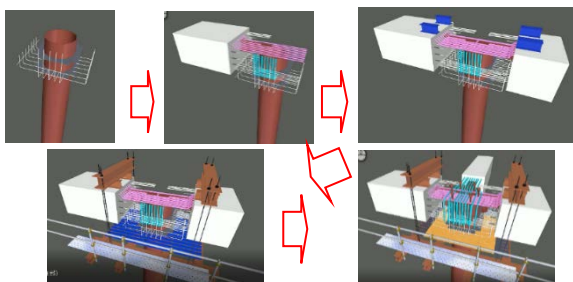


図6 作業手順の概念図



図7 大型ディスプレイによる作業手順の説明状況

事例⑤ 関係者への説明 分類：関係者協議

施工範囲では地元企業が日常的に荷役作業を行っていることから、工事内容と工事による影響についてCIMモデルを用いた説明を行った。

- <効果>・2次元図面と比較してわかりやすいため、荷役相手の外国船乗組員への説明では言葉が不要で理解が得やすいとの意見を得た。

<課題>

- ・プロジェクターやスクリーン等の機器や電源の確保が必要。
- ・後日再確認するための配布物も必要であるため、その代替としてWEBページへの動画埋込等も考慮する必要がある。



図8 地元企業(工事関係者以外)への説明状況

事例⑥ 属性情報の付与 分類：施工管理

杭打設後の杭頭位置や高さなどの出来形、鋼管杭のミルシートなどの品質管理記録等の属性情報をCIMへ付与するにあたりソフトを開発し、現地ではタブレット等を利用して入力した(図9)。

- <効果>・事務所に帰ることなく現場で完結するため、移動に伴う作業量が減少した。
- ・タブレットにより現場で確認するため計測忘れや登録ミス等を防止できた。
- ・クラウドを使用する事により、現場事務所や支店での多重チェックが可能。
- <課題>・モデルがグループ分けできていない場合、各部材ごとに属性情報を付与する作業は煩雑となる。3次元モデルの作成段階でグループ分け等のルールが必要。

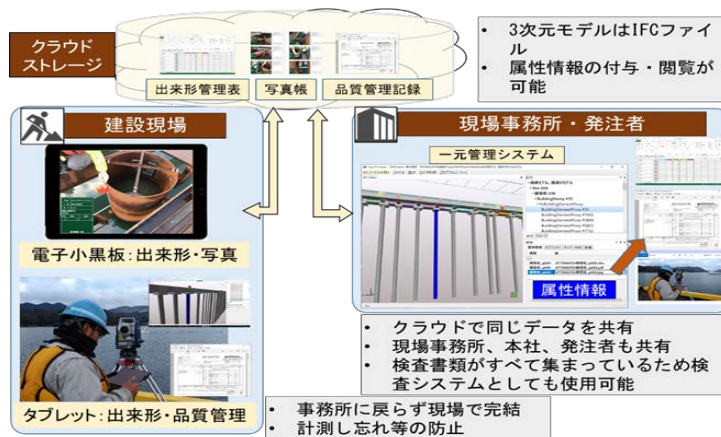


図9 属性情報のCIMへの反映概念図

事例⑦ 出来形検査への応用 分類：施工管理

据置型 3次元スキャナーにより点群データを取得し、岸壁法線、上部工表層コンクリートの天端高について出来形検査を行った。

<天端高>規格値範囲内部分が明確に解る事から、出来形検査には対応可能である。ただし従来までの粗な計測ポイントに比べ細かな起伏が計測されるため、施工管理精度を上げる必要がある。

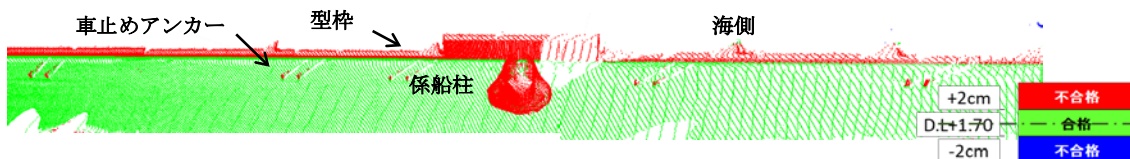


図10 岸壁天端高のヒートマップ(段彩)図

<岸壁法線>以下の事由により、出来形検査には使用不可である。

- ・ 車止めや係船柱で岸壁法線部分が影になる(対岸からは距離と点密度が課題)。
- ・ 縁金物形状により、斜めに入射されたレーザーは実際の法線より陸側を計測する。

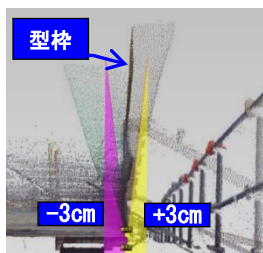


図11 法線計測状況

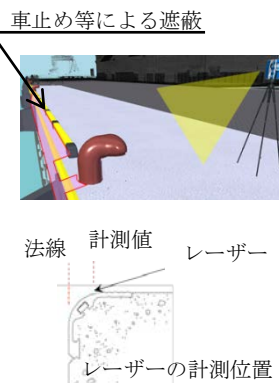


図12 課題事項

【運用体制】

- ・ 本社：CIMモデルの構築，施工検討運用支援
- ・ 現場担当者による施工検討運用
- ・ Autodesk AECコレクション，SketchUp，ToyoIFCViewer（CIM属性付与ソフト）

【全体的な課題】

- ・ CIMモデルを活用するためのソフトの知識・スキルが多岐に渡り習熟に時間を要するため、施工管理要員への教育や人材の確保が難しい。
- ・ CIMモデルを作成するためのデータ量・種類が多くPCへの負荷が大きいため高性能なものを手配する必要がある。
- ・ CIMモデルを扱うハード，ソフト共に高額であるため費用負担が大きい。

工事概要	工事名称	平成 30 年度 佐世保港(浦頭地区)岸壁(-10m)築造工事
	発注者	国土交通省 九州地方整備局
	受注者	若築・吉田 JV
	工期	平成 30 年 5 月 11 日 ～ 平成 31 年 6 月 28 日
	工種	港湾
	工事内容	佐世保港 (浦頭地区) に、クルーズ船 (14 万トン級) 対応の棧橋 (ジャケット構造) を設置する工事である。 本体工 鋼管杭打設 : 32 本 ジャケット製作・運搬・据付 : 2 基

施工 CIM の活用方法による分類 (塗潰し部)

施工	施工管理	施工計画	施工手順周知	施工の高度化	施工数量算出
協議資料	三者協議	発注者協議	下請け協議	関係者協議	住民説明会等
設計	設計協議	設計照査	設計数量算出	その他	

【取組み内容】

直轄港湾の棧橋工事において CIM 試行工事が進められる中、施工中、完成時のフェーズにおける 3 次元モデルの有効活用法を検証するため、弊社の自主取組として当工事に CIM を導入し、3 次元モデルを作成、活用している。その他、VR 等新しい機器の活用にも取り組むこととした。

【具体的事例】

事例①：3次元モデルによる施工手順の検討、進捗の可視化、情報共有 [分類：施工計画、施工手順の周知]

■内容

施工に先立ち鋼管杭及びジャケットの 3 次元設計モデルを作成し、完成イメージを元請け内、元請け協力会社者間で共有した。作成した 3 次元モデルはタブレットによる AR モデルに展開し、現場での打合せ等に活用した。

施工中は施工日等の出来形情報を属性としてモデルに入力し、

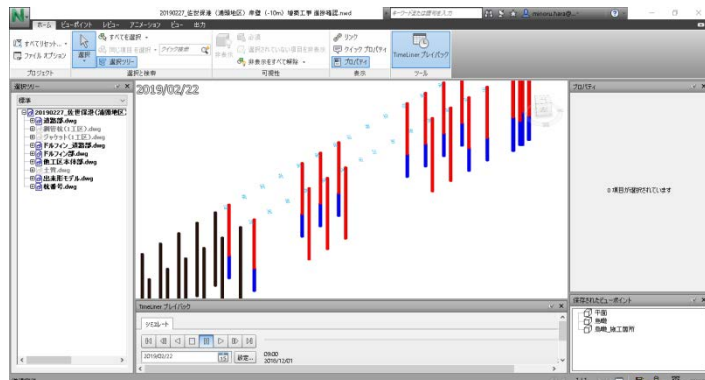


図-1 施工手順検討 (Navisworks)

4Dシミュレーションで進捗状況を可視化して、クラウドサービスを利用して発注者様等関係者間で情報を共有している。

その他施工位置は隣接工区に挟まれた位置にあるため別件工事との並行作業もある他、厳しい工程を遵守するため複数の作業船を同時に使用することとなっており、安全な配船計画が必要であった。そのため2次元平面図での配船計画の他、3次元モデル内の作業船配置を行い、実際に配船した場合の作業船各作業船からの視野等を基にして事前に現場状況を確認した。

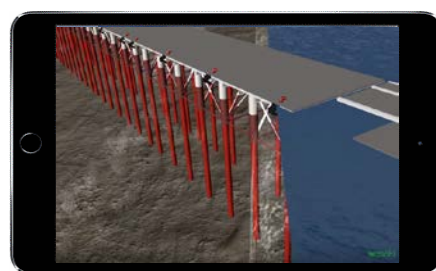


図-2 ARへの展開(画面ははめこみ合成)

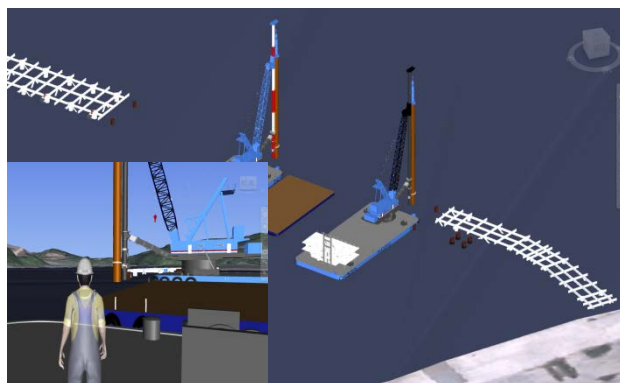


図-3 3次元モデル内の配船計画

■効果

工事の特徴として、弊社受注の1-1工区、1-2工区は鋼管杭、ジャケットとも全く同じ配列であるが鋼管杭の規格が異なるため、材料の取り違い等に配慮する必要があった。また、施工は鋼管杭打設後に周面にセメントミルクを充填する手順であるが、隣接工区、別件工事との取り合い等の都合で連続施工不可な場合があり、

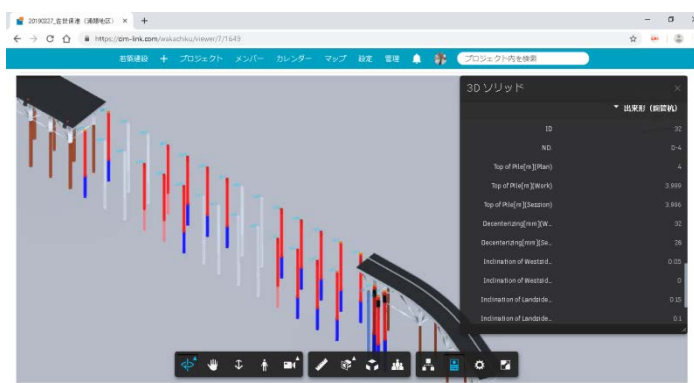


図-4 クラウドでのCIMモデル共有

口頭伝達時の杭番号言い間違いによる施工漏れ防止等、確実な進捗の確認が必要であった。

- ・ 3次元モデルにより進捗等現場状況が可視化されたため、元請け職員間、協力業者との現場状況の認識を正確に共有することができ、曖昧な伝達によるミスを防ぎ確実な施工を行っている。
- ・ 3次元モデル内の事前の配船計画により、妥当性の高い配船計画を行った。
- ・ 3次元モデル表示可能なクラウドを利用することで、専門的なソフトウェアを操作することなく一般的なブラウザよりモデル確認可能となり、CIMモデルを容易に共有することができている。

事例②：3次元モデルによる測量計画の効率化 [分類：施工計画]

■内容

当工区は、両側の先行工区ジャケットを据え付けた状態で鋼管杭を打設する工程であり、杭頭が隣接工区ジャケットの死角に入る可能性があった。施工位置は海上であるため測量可能な足場は限られており対岸等様々な位置からの計測を検討する必要があったため、出来形計測測量計画立案時



図-5 CIMモデルを活用した測量計画

に CIM モデルを活用した。

■効果

- ・ CIM モデル内で事前に測量者の視野を確認することで、測量可能な範囲を限定することができたため、実際にトランシットを設置、確認するケースを減じることができ、測量計画立案を効率化した。

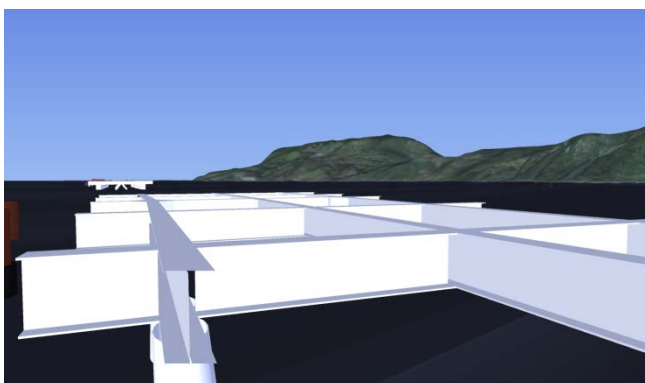


図-6 CIMモデル内の測量者の視野

事例③：3次元モデルを利用したVR安全教育の実施 [分類：施工計画]

■内容

実際に使用する作業船を事前に調査ヒアリングし、作業船固有の危険箇所や想定される災害を洗い出した。その上で、作業船上のウインチ、ローラー、安全通路、旋回体、タラップ等のレイアウト、規格を3次元モデルで再現し、VR安全教育のツールとした。



図-7 CIMモデルを活用したVR安全教育①

■効果

- ・ 3次元モデルを活用したVRによる安全教育により、危険箇所、状況、行動をより正確に体感することができた。

- ・VRに使用した3次元モデルは実際に使用する作業船であったため、実際に発生しうる災害をリアルに想定してVRで体験可能となり、一般的な災害事例によるVR教育よりも作業員の強い関心を得ることができ、効果的な教育ができた。



図-8 CIMモデルを活用したVR安全教育②

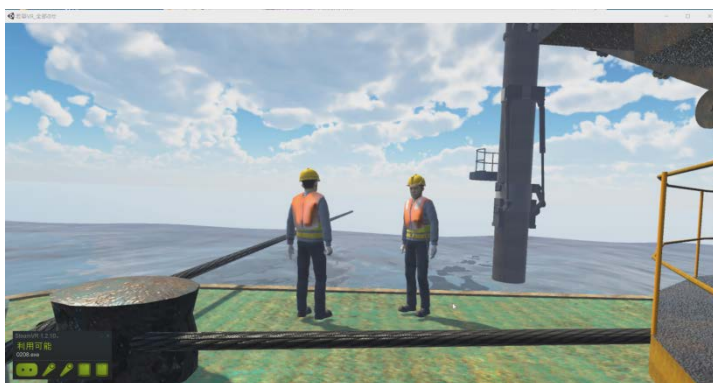


図-9 CIMモデルを活用したVR安全教育③



図-10 VR安全教育状況

【運用体制】

現場：施工管理、データ整理、モデルの活用。

本社：CIMモデル作成作業。現場に適宜成果を報告。(一部外注)

- 〔使用ソフト〕
- ・Autodesk：Civil3D、Navisworks Manage
 - ・伊藤忠テクノソリューションズ(株)：Navis+、CIM-LINK(クラウド)
 - ・(株)岩崎：Pet's
 - ・Trimble：Skech Up

【全体的な課題】

- ・設計施工での運用ではなく受注後3次元モデルを作成する必要があったため、短期間で3次元モデルを作成する必要があり、相当の労力が必要であった。3次元モデル作成を効率化するツールが必要である。
- ・施工中は進捗モデルを適宜更新しているが、毎日のことであるためCIMモデル作成編集可能な人材の育成が必要。

工事概要	工事名称	平成 30 年度 八戸港外港地区防波堤（第二中央）築造工事
	発注者	国土交通省 東北地方整備局
	受注者	東亜・不動テトラ特定建設工事共同企業体
	工期	平成 30 年 4 月 25 日～平成 31 年 3 月 29 日
	工種	構造物撤去工、基礎工、本体工、被覆・根固工、上部工、消波工、雑工及び付帯工
	工事内容	構造物撤去工 : 消波ブロック 296 個、被覆ブロック 220 個、 根固ブロック 19 個 基礎工 : 基礎捨石 7,133m ³ 、本均し、荒均し 本体工 : ケーソン据付 3 函 (1,847t/函) 被覆、根固工 : 被覆石 4,112m ³ 、被覆ブロック据付 261 個、根 固ブロック据付 58 個 上部工 : 上部コンクリート 684m ³ 消波工 : 消波ブロック据付 50t 重量型 462 個

施工 CIM の活用方法による分類（塗潰し部）

施工	施工管理	施工計画	施工手順周知	施工の高度化	施工数量算出
協議資料	三者協議	発注者協議	下請け協議	関係者協議	住民説明会等
設計	設計協議	設計照査	設計数量算出	その他	

【取組み内容】

本工事は、防波堤築造における ICT ブロック据付工のモデル工事である。ブロック据付工のうち、消波・被覆・根固ブロック据付数量は、設計図書や測量結果を基に作成した CIM モデルを活用し、自動算出を行った。

また、ブロック据付は、水中ソナーの映像中に、この CIM モデルや設計ライン等を重畳表示した映像を確認しながら行った。

【具体的事例】

- 3次元起工測量方法（写真 1～3、図 1 参照）
 - 水中部：ナローマルチビーム（NMB）
 - 水上部：ドローン（UAV）
- 3次元起工測量準拠基準
 - 水中部：「マルチビームを用いた深浅測量マニュアル（浚渫工編）（平成 30 年 4 月改訂版）」

- 水上部：「空中写真測量（無人航空機）を用いた出来形管理要領（土工編）（案）平成 30 年 3 月」



写真 1 測量状況（NMB）

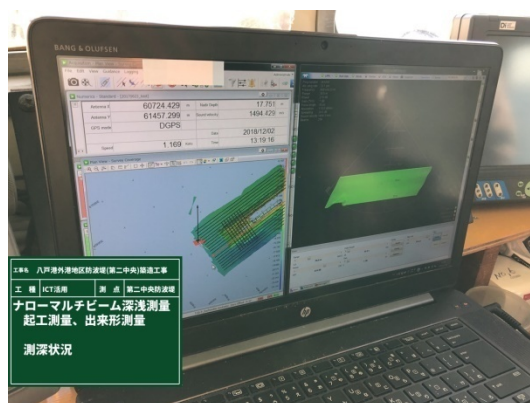


写真 2 測量データ収録状況



写真 3 測量状況（UAV）

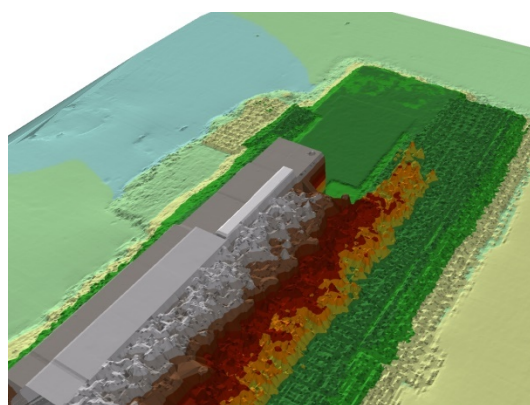


図 1 測量結果（NMB+UAV）

- 構造物のモデル化手法

- ① 構造物の設計図（平面図・断面図）を基に、計画線を作成。
- ② 計画線を基に、現況地盤サーフェスモデルをターゲットとしてグレーディングオブジェクト※1を作成。
- ③ グレーディングオブジェクトからサーフェスモデルを作成。
- ④ サーフェスモデルを利用して 3次元統合モデルを作成。

※ 1：標高を持った計画線からサーフェスに向かって法面を 3D で作成したもの。

- 被覆・根固ブロックの数量算出方法

- ① 出来形測量（NMB）により得られた処理済データについて、GIS ソフトを用いて TIN モデルを構築。
- ② 設置延長及び幅を評価する断面データを抽出し、CAD ソフトで出来形形状を作成。

- ③ 断面図から据付ブロックの位置を視認し、設置延長や幅を計測して数量を算出。
- 消波ブロックの数量計算方法
 - ① 構造図に基づき、サーフェスモデルを構築。
 - ② 測量データから 50cm メッシュデータを作成し、地形のサーフェスモデルを構築。
 - ③ これらのサーフェスモデルから、3DCAD の機能を用いて数量算出。
- 出来形測量回数：ブロック据付完了後 1 回
- 出来形管理：「港湾設計・測量・調査等業務共通仕様書」に準拠
- 帳票及び電子データ納品（図 2 参照）
 - 3次元データ（測量データ・設計データ）：DWG ファイル
 - 出来形帳票、数量計算結果：Excel ファイル

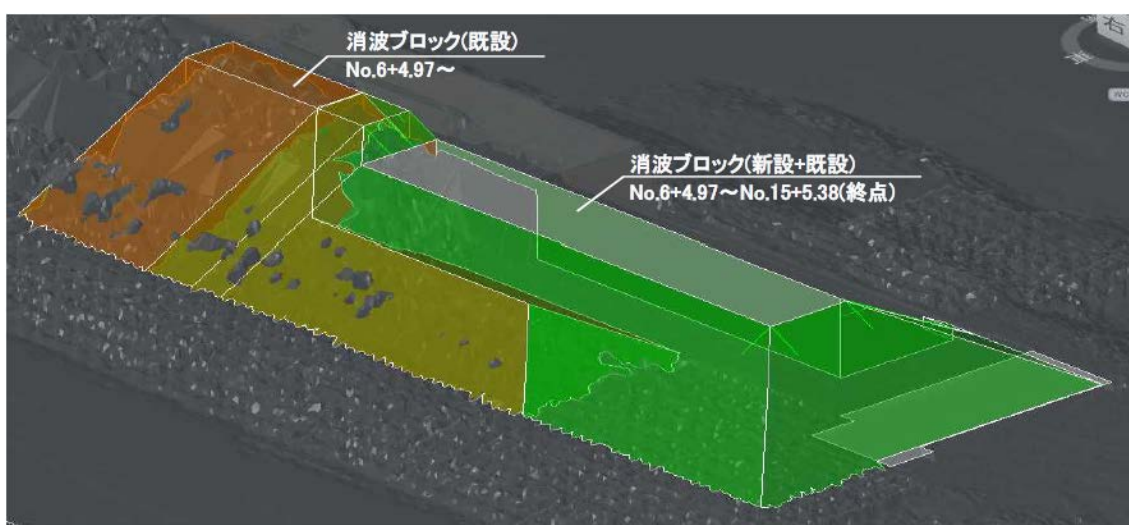


図 2 消波ブロック数量計算用 3次元モデル

- 不可視部分への対応：ブロック据付は、水中ソナーと 3次元設計データの映像を重畳表示できる「ベルーガ AR」を用いて、水中におけるブロックをリアルタイムに可視化しながら行った（写真 4～5、図 3 参照）。

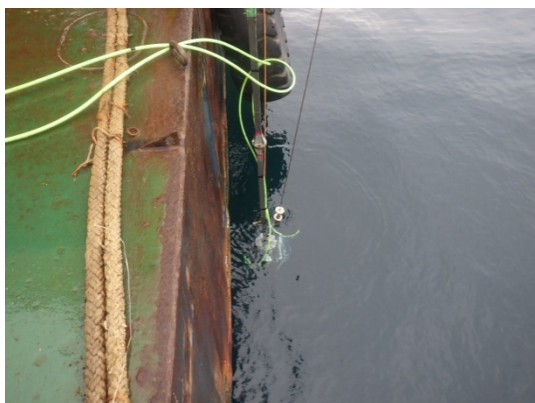


写真 4 ベルーガ AR 設置状況



写真 5 ベルーガ AR による計測状況

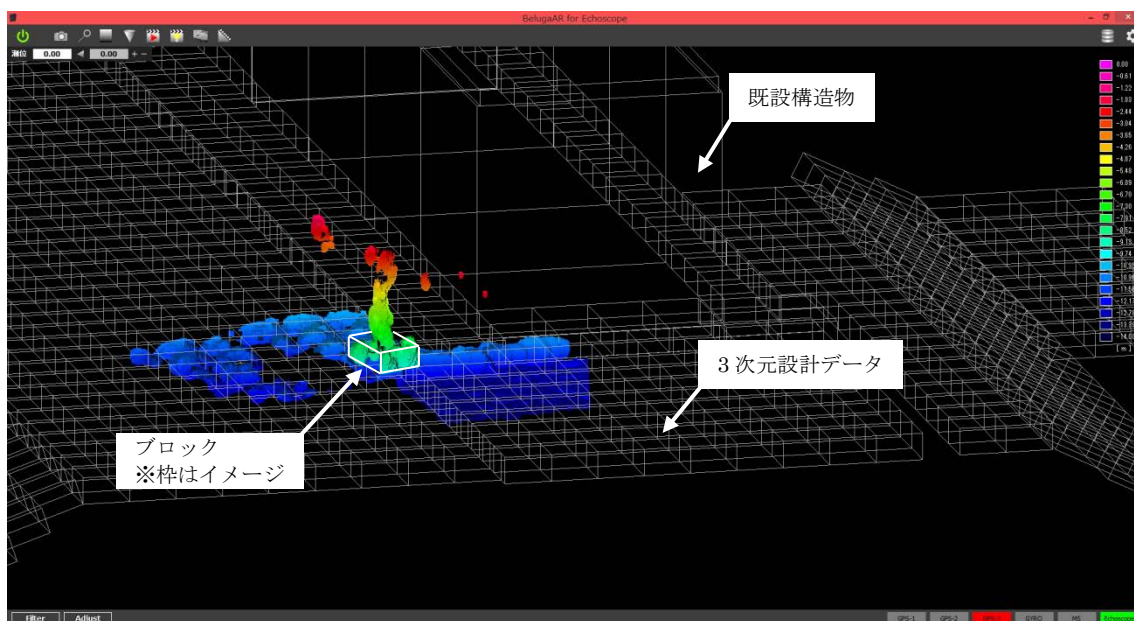


図3 ブロック据付状況（ベルーガ AR）

- 効果
 - 従来は手作業で行った数量計算を、CIM モデルを活用して行うことにより、施工数量算出を容易かつ正確に行うことが可能となり、作業時間の大幅な短縮に繋げることができた。
 - 「ベルーガ AR」を用いて、水中のブロックの状況をリアルタイムに把握しながら据付を行うことにより、クレーンオペレータと潜水士の連携が円滑になり、クレーン操作や作業船の移動・配置における作業効率が向上した。

【運用体制】

- 現場職員 : 3次元モデルの運用、数量計算
- 支店技術者 : 発注者との協議、設計モデル作成支援
- 外注業者 : 3次元起工・出来形測量、データ解析、3次元モデル作成
- ソフトウェア : HYPACK、QuickStitch、Pix4Dmapper Pro、Autodesk Civil 3D、Arc GIS、PADMS-Viewer V4、AutoCAD Map 3D

【課題】

- NMB による測量データの解析時間短縮
- NMB 測量の積算単価改善（施工面積小の場合）
- 3次元データを扱える技術者の育成
- 3次元データの膨大なデータ容量を圧縮する技術の向上

No26

株式会社熊谷組



工事概要	工事名称	阿蘇大橋地区斜面对策工事	
	発注者	九州地方整備局	
	受注者	株式会社熊谷組	
	工期	平成 29 年 9 月 7 日～平成 31 年 3 月 29 日	
	工種	のり面工	
	工事内容	・植生マット工	約 71,300m ²
		・密着型安定ネット工	約 51,100m ²
		・高強度ネット工	約 17,200m ²
		・鉄筋挿入工	約 8,300 本

施工 CIM の活用方法による分類（塗潰し部）

施工	施工管理	施工計画	施工手順周知	施工の高度化	施工数量算出
協議資料	三者協議	発注者協議	下請け協議	関係者協議	住民説明会等
設計	設計協議	設計照査	設計数量算出	その他	

【取組み内容】

本工事は、平成 28 年度熊本地震により発生した阿蘇大橋地区における大規模崩壊斜面に対し（図. 1）、恒久的な安定化対策としてネット工を実施する工事である。

密着型安定ネットにおけるアンカー工の確実な施工のためには、土岩境界等の地山状況を確実に把握し、地山に応じた適切なアンカータイプの選定、適切な施工（削孔～注入～アンカー挿入）が重要である。特に本工事のような大規模崩落を起こした斜面においては、地山状況が正確には把握されておらず、崩落地であることからボーリング調査等の実施が困難であるため、のり面工事に CIM を導入し、施工を実施した。

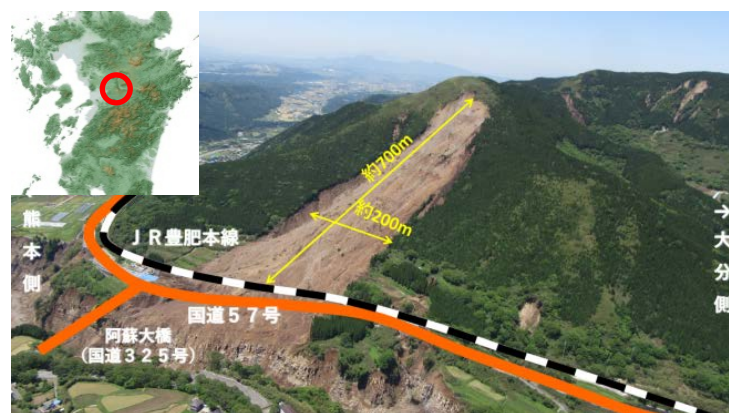


図. 1 阿蘇大橋地区の被災状況

のり面 CIM の対象は、密着型安定ネット工とした。具体的内容は、図. 2 に示す。

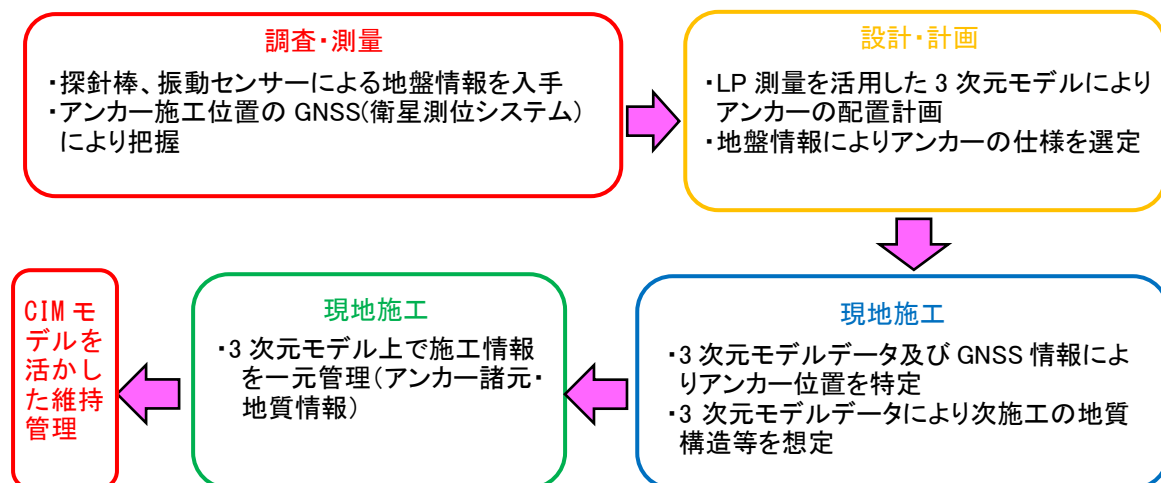


図. 2 のり面 CIM 取組み概要図

【具体的事例】

事例① 岩判定から3次元モデルの作成 分類：施工数量算出、設計数量算出

密着型安定ネット工のアンカー施工位置は、GNSS（衛星測位システム）で測量し、探針機器及び振動センサーを使用して土砂層の厚さを全て確認した（写真. 1、写真. 2）。さらに、確認した土砂層の厚さから土砂と岩の境界を3次元モデル化し、アンカー諸元（種別、アンカー長）とアンカー配置を決定した。



写真. 1 探針棒による調査



写真. 2 加速度計による調査

3次元モデルは、2次元設計図から市販のソフトウェアを使用して作成した。本ソフトウェアはボーリング結果を入力できる機能を有しており、今回はボーリングをアンカーに見立てて使用した。アンカーに地質情報を入力すれば、地質の3次元表示が可能となる。地質は土砂と岩盤の区分のみで想定で入力した。施工前の段階では、崩落地内の地質情報が無かったため、写真から確実に岩盤と判断できる箇所だけを岩盤と評価した（図. 3）。

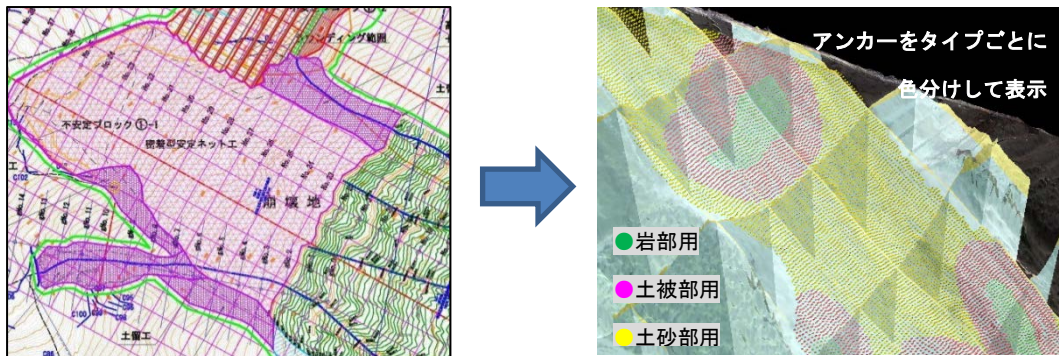


図.3 2次元設計図から3次元モデル化

事例② 施工データの入力から一元管理 分類：施工管理

計画で決定したアンカー諸元とアンカー配置に基づき、施工を実施した(写真.2、写真.3)。



写真.2 アンカー削孔状況



写真.3 ネット設置状況

施工情報の管理として、のり面 CIM を活用した。のり面 CIM の運用にあたっては、専用ソフトウェアを開発した。本ソフトは、施工実績データを Excel に入力・管理し、ソフトウェア上でデータを読み取って自動的に 3 次元空間上に配置する。開発したソフトウェアは、Excel 中の読み込んだ実績データを基に地質境界(土岩境界)を自動生成できる。また、アンカーの属性(諸元)を一本ごとに表示する機能を有しており、状況写真や帳票などもリンクさせることが可能である(図.4、図.5)。

専用ソフトでの読み込み

岩深度	アンカータイプ	アンカー長
1.40	土被部用	1.50
1.40	土被部用	1.50
0.90	岩部用	1.00
0.90	岩部用	1.00
0.90	岩部用	1.00
0.90	岩部用	1.00
0.90	岩部用	1.00
0.90	岩部用	1.00
0.90	岩部用	1.00
0.90	岩部用	1.00
0.90	岩部用	1.00
0.90	岩部用	1.00
0.90	岩部用	1.00
0.90	岩部用	1.00
0.90	岩部用	1.00
0.90	岩部用	1.00
0.90	岩部用	1.00

属性(アンカー)

項目	メモ(補)
1 No	R1-1
2 X座標	-1256.3548
3 Y座標	-12457.6524
4 Z座標	683.457
5 調査日	2017/12/01
6 土砂厚	0.10 (m)
7 岩深度	0.90 (m)
8 アンカータイプ	岩部用
9 アンカー長	1.00 (m)
10 施工日	2017/12/13
11 試験日	2017/12/17
12 判定	OK
13	
14	
15	
16	
17	
18	

各アンカー諸元の表示

図.4 データ整理からアンカー諸元表示までの流れ

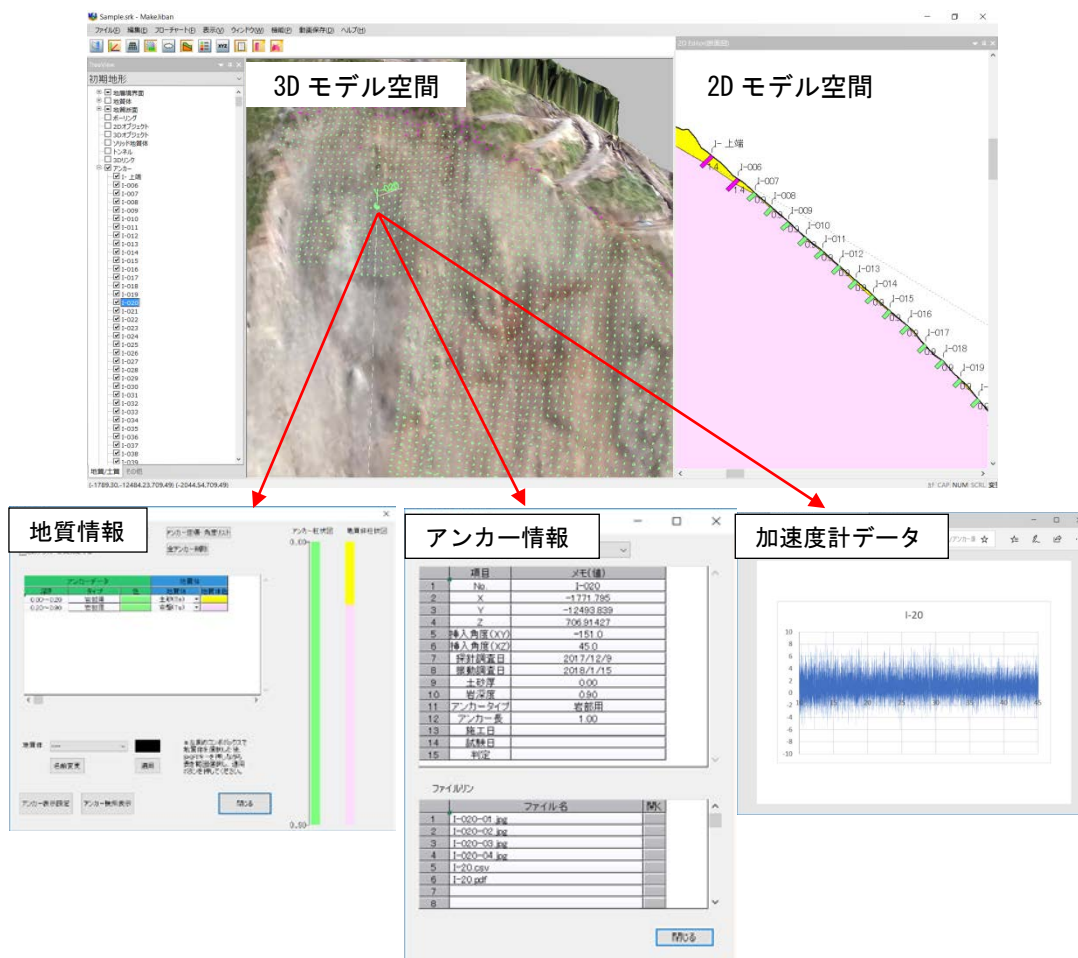


図.5 のり面 CIM 画面表示例 (一元管理)

効果として、

- ・3次元地質モデルを作成し土質情報の正確な把握により、現地地質条件に最も適したタイプのアンカー施工が確実に実施できる。
- ・調査・施工モデルを集約・モデル化し、一元管理した情報を次ブロックの施工ヘフィードバックすることで、施工の効率化を図ることができる。

【運用体制】

2次元設計図 ⇒ 3次元モデル化 (外注：設計コンサルタント)

のり面 CIM 用ソフトウェア ⇒ (ソフトウェア会社と自社による共同開発)

施工データの入力 ⇒ (施工会社と自社による共同作業)

【全体的な課題】

- ・本工事に特化したのり面 CIM であるため、対象となる工種が限られている。今後は、グラウンドアンカー工や法枠工等の本工事で実施していない工種にも対応できるように改良し、汎用性のあるソフトウェアにする必要がある。

工事概要	工事名称	上結東水力発電所新設工事
	発注者	株式会社 関電工
	受注者	前田建設工業株式会社
	工期	平成 28 年 4 月 13 日～平成 31 年 11 月 30 日
	工種	水力発電所
	工事内容	<ul style="list-style-type: none"> ■ 発電所管理道路工（切土・親杭横矢板）・河床進入路工 1 式 （切土・盛土補強土壁） ■ 仮締切・施工基盤造成工 1 式（鋼矢板 V 型・袋型根固め工） ■ 水槽・発電所躯体工 1 式 <ul style="list-style-type: none"> ▪ 立坑掘削（小判型 7,500×12,367） H=22.0m（幌型 7,500×8,617） H=7.0m ▪ ドラフト部・新規放水路（トンネル部 L=13.5m） ■ 排砂立坑躯体工 1 式 <ul style="list-style-type: none"> ▪ 立坑掘削（円形 φ 6,000 H=28.0m） ■ 排水・放水路 <ul style="list-style-type: none"> ▪ 排水路トンネル工 躯体・覆工 L=69.5m ■ 護岸躯体工事

施工 CIM の活用方法による分類（塗潰し部）

施工	施工管理	施工計画	施工手順周知	施工の高度化	施工数量算出
協議資料	三者協議	発注者協議	下請け協議	関係者協議	住民説明会等
設計	設計協議	設計照査	設計数量算出	その他	

【取組み内容】

本工事は、高さ 33m のアーチ式砂防堰堤に近接し、かつ河川と山に挟まれた狭隘な場所に、複雑な形状の水力発電所躯体を構築する。また日本有数の豪雪地域で冬期休工期間が 5 ヶ月間にもおよぶため、施工の効率化による工期短縮、既設構造物への影響低減が課題となった。周辺環境を含む現場全体の 3D モデルの作成による、見える化を実施して、施工計画立案の効率化・最適化を図った。今回、3D モデルを作成した項目は下記に記す。



図-1 3D モデル全体像

- ・ 周辺地形
- ・ 既設構造物（アーチ式砂防堰堤）
- ・ 仮設構造物（作業構台・仮締切）
- ・ 本設構造物（発電所・水槽、排水・放水路、排砂管・排水管）

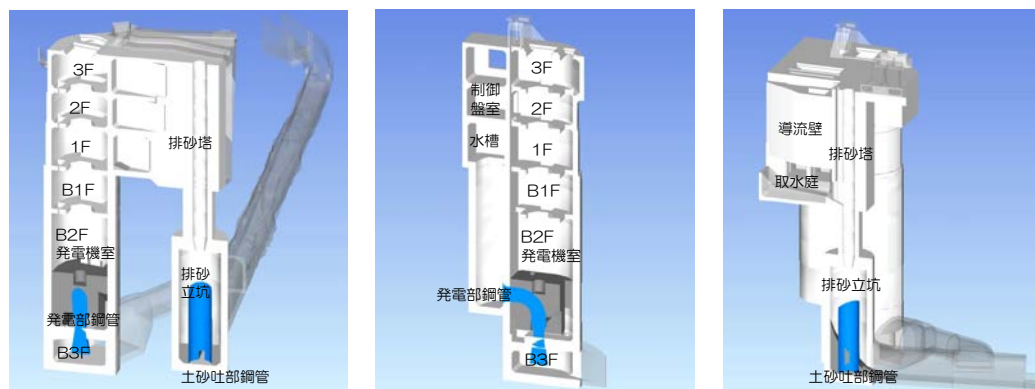


図-2 本設構造物

【具体的事例】

事例① 排砂立坑発破掘削時の既設構造物に及ぼす影響の検討 分類：施工計画

排砂立坑は砂防堰堤に非常に近接した環境下で、堅固な岩盤を発破工法により掘削する必要があり、砂防堰堤への影響検討と高度な制御発破管理が課題となった。発破振動は、起爆箇所からの距離の2乗に反比例するため、起爆箇所と堰堤の位置関係を正確に把握することが極めて重要となる。アーチ式堰堤は複雑な形状で、2次元での検討は困難であった。そこで、砂防堰堤の正確な形状を3Dモデルで再現することにより、任意の断面における立坑と堰堤の位置関係を正確に把握できるようにした。

3Dモデルでの検討により、計画及び計測値の評価・管理を正確かつ円滑に行え、無事に掘削を完了することが出来た。

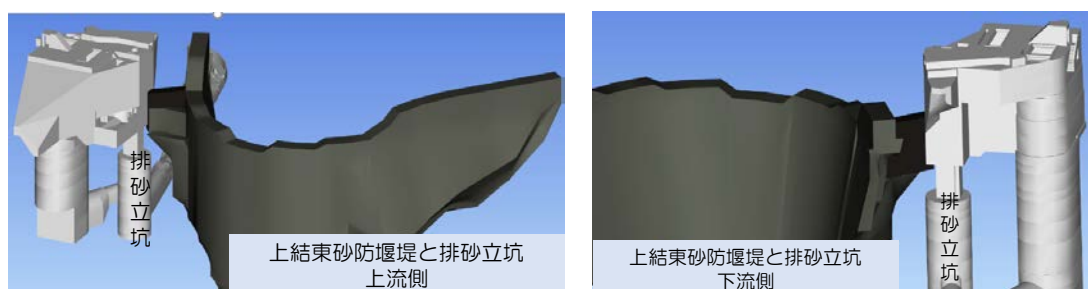


図-3 上結東砂防堰堤と発電所の位置関係

断面カットライン

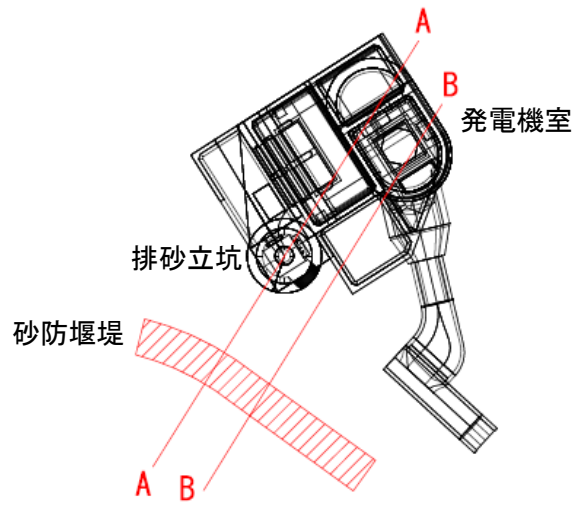


図-4 発破振動検討断面図

事例② 仮締切工の検討 分類：施工計画

本工事は河川内工事であるため、仮締切を設けて施工を行う。しかし、砂防堰堤と渓谷に囲まれた狭隘な地形に加え、周辺の地質が砂層という特殊な条件下にあるため、仮締切の止水ラインの検討が難しかった。そこで、周辺地形と砂防堰堤の3Dモデルを作成し、水理計算のための横断面の設定と仮締切取付け部の設計に活用した。



図-5 施工現場の周辺環境

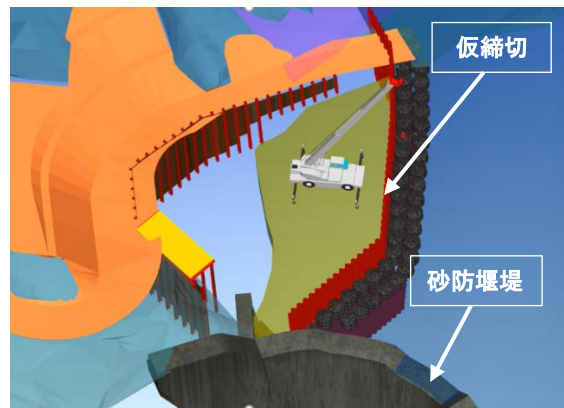


図-6 仮締切設置イメージ

事例③ 排砂設備ルートの新設計 分類：施工計画

発電所と放水路までは、延長13mの中に断面変化点4箇所、断面同士の摺り付け部を有する複雑な構造の新設トンネルとなっている。形状の複雑さだけでなく、排砂管・排水管など様々な設備を併せて施工しなければならない。そこで、あらかじめ作成した3Dモデルによって、発電所と放水路を繋ぐ排砂管の適切な位置の検討が可能になった。これにより、施工途中の手戻りを防止することができた。

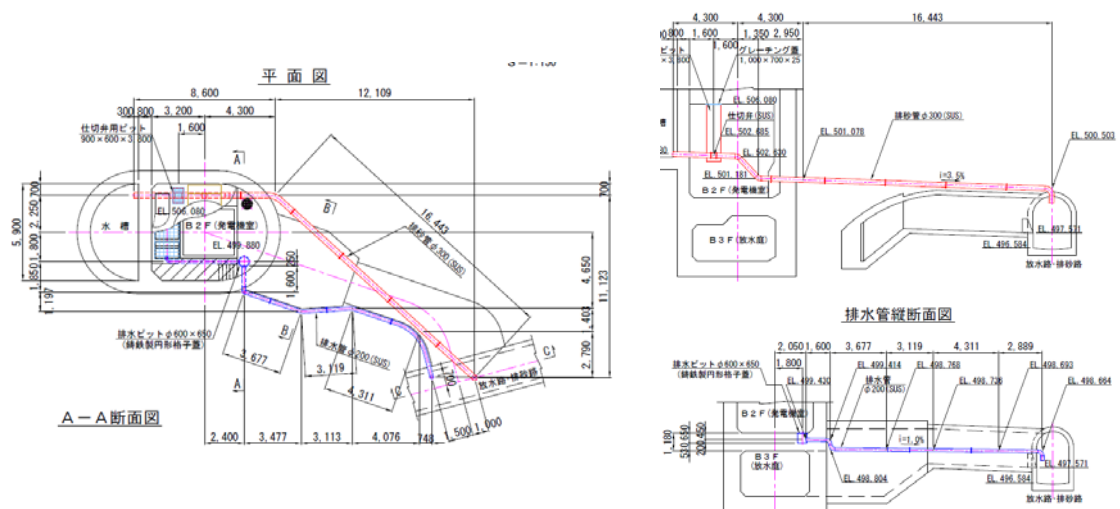


図-7 複雑で込み入った排水・排砂設備

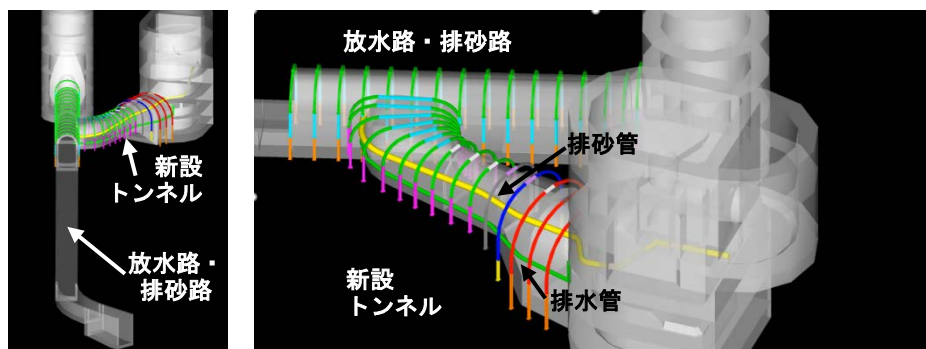


図-8 排水管・排砂管ルート変更 (案)

【運用体制】

現場職員 : 3Dモデル作成、施工計画立案

使用ソフトウェア : AutoCAD Civil 3D Navisworks simulate

【全体的な課題】

- ・ 複雑な形状の構造物の3Dモデルは、容量が大きくなりがちである。データ容量に対応できるPCを用意する必要があった。
- ・ 発注者から受領する図面は2Dなので、3Dモデルを現場職員が一から作成した。構築物同士の干渉が懸念される込み入った形状の箇所など、部分的でも、あらかじめ3Dモデルがあると施工における効率化を図れ、時間短縮になると思われる。

工事概要	工事名称 福知山市段畑雨水ポンプ場建設工事 発注者 地方共同法人日本下水道事業団 受注者 鴻池・高見特定建設共同企業体 工期 平成 29 年 11 月 3 日～平成 32 年 3 月 18 日 工種 ポンプ場 工事内容 【土木工事】 <ul style="list-style-type: none"> ・流入渠 RC 造 □3.0m×3.0m L=138m ・雨水調整池工 ブロック積 1,600m² ・サージタンク工 5.9m×6.9m h=11.3m ・ポンプ棟築造工(地下 1 階・地上 1 階) 掘削 4,750m³Co3,857m³鉄筋 462t 型枠 6,826m²・土留・薬液注入 ・敷地造成工 残土処分 26,700m³ ・場内整備工 汚水・外周道路・門扉・里道・排水設備 【建築工事】 <ul style="list-style-type: none"> ・ポンプ棟(地上 2 階・3 階) Co1,028m³ 【建築機械・電気設備工事】 <ul style="list-style-type: none"> ・ポンプ棟建築換気・衛生及び建築電気
------	---

施工 CIM の活用方法による分類（塗潰し部）

施工	施工管理	施工計画	施工手順周知	施工の高度化	施工数量算出
協議資料	三者協議	発注者協議	下請け協議	関係者協議	住民説明会等
設計	設計協議	設計照査	設計数量算出	その他	研修や広報活動



図 1 工事位置図

【取組み内容】

国土交通省水管理・国土保全局下水道部では、ICT を活用して下水道事業の質・効率性の向上や情報の見える化を行い、下水道事業の「持続」と「進化」を実践する新たな取り組み「i-Gesuido」を推進している。i-Gesuido の一環として、下水道施設の建設工事における下水道 BIM/CIM 導入モデル事業を平成 29 年度から開始しており、本工事は「下水道分野の建設工事（新增設）における下水道 BIM/CIM 導入モデル事業実施業務」の対象施設の 1 つとなっており、BIM/CIM に積極的に取り組んでいる。

【具体的事例】

事例① 平成 29 年度の取り組み 分類：施工計画、発注者協議、下請け協議、関係者協議

現地踏査工程および施工計画策定工程における 3 次元モデルの導入有無による人員数、時間等の比較を行い、下水道 BIM/CIM の効果を定量的に把握した。

[効果]

- ・ 現地踏査工程にかかる時間は変わらなかったが、3 次元モデルには 2 次元図面にはない設備や関連施設のモデルも含まれており、パソコン上であらゆる角度・視点から確認することで開口部の位置や落差への理解度が高まり、安全管理の向上につながった。
- ・ 施工計画策定工程では、3 次元モデルにより工事目的物の構造が可視化され、詳細な工程が早い段階で立てやすくなった。また仮設計画を「見える化」することで施工業者との認識を統一でき、打ち合わせ時間等が短縮され効率化が図れた。

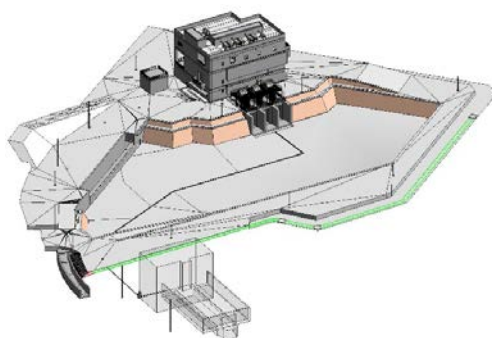


図 2 受領した 3 次元モデル



図 3 構造物断面

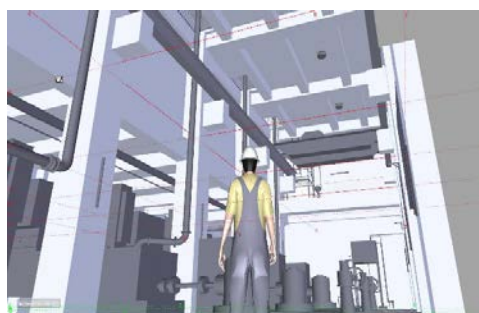


図 4 構造物内部構造

事例② 平成30年度の取り組み 分類：施工管理、施工計画、施工手順周知、下請け協議

下水道施設は、土木・建築・機械・電気設備が複合して施工手順が複雑なため、3次元モデルに工事工程（時間軸）を付与して施工計画を4次元で可視化し、施工の効率化・手戻り防止・安全確認に活用した。

[効果]

- ・ 掘削、土留め設置・撤去、足場工の施工手順（重機の配置含む）を可視化し、関係者間で協議・調整することにより、予定通り・手戻りのない作業に寄与した。
- ・ 日々状況が変化する現場において、当日の作業内容・範囲、足場の作業性や構造物との離隔、開口位置を事前に確認できることから、技能労働者への安全確認に有効であった。
- ・ 手戻りなく予定通りの作業を行うことにより供用開始時期の厳守（工期延期の削減）につながった。

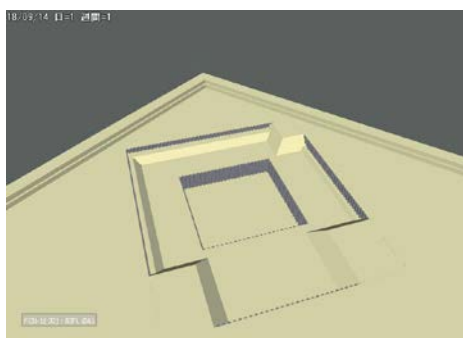


図5 土留め、掘削完了

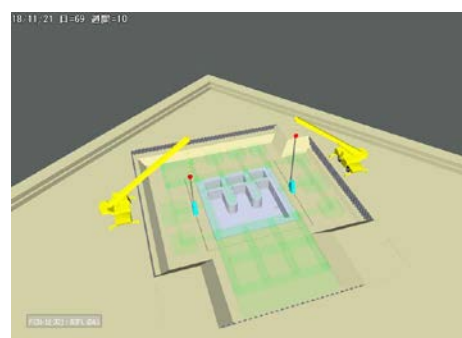


図6 ポンプ棟地下部コンクリート打設

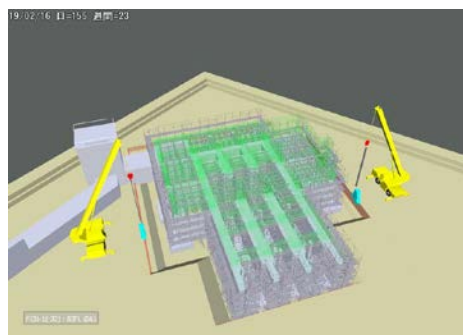


図7 ポンプ棟水路部コンクリート打設

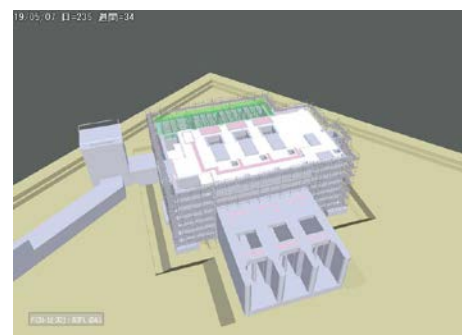


図8 建築工事開始

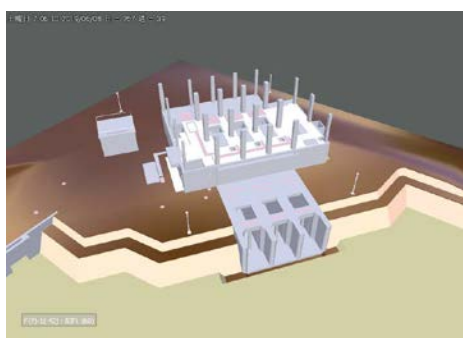


図9 盛土施工

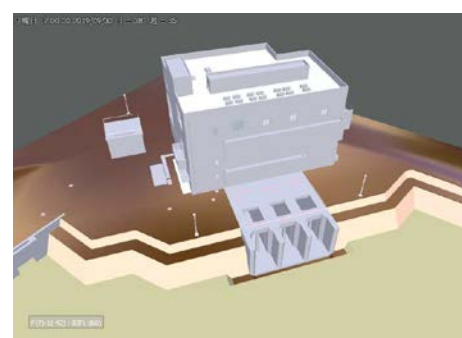


図10 完成

事例③ 平成 30 年度の取り組み 分類：施工管理

下水道施設の工事では、高所作業、開口周辺の転落の危険性がある作業がある。今回は足場設置時や配筋作業中における安全性・作業性を確認するため、構造物と仮設足場を 3 次元モデルにより可視化し、安全確認を実施した。

【効果】

- ・ 構造物や仮設足場を立体的に可視化することにより、従来では事前に気づきにくかった整流壁端部における転落危険箇所や足場の作業性・安全性を事前に確認することができ、迅速な検討・対策が可能となり、現場の安全性が向上した。
- ・ 技能労働者間で事前に足場配置の変更や作業性を共有できたことにより、予定通り・手戻りのない作業に寄与した。

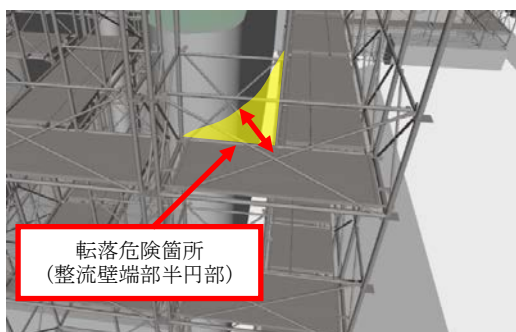


図 11 構造物と足場の離隔確認

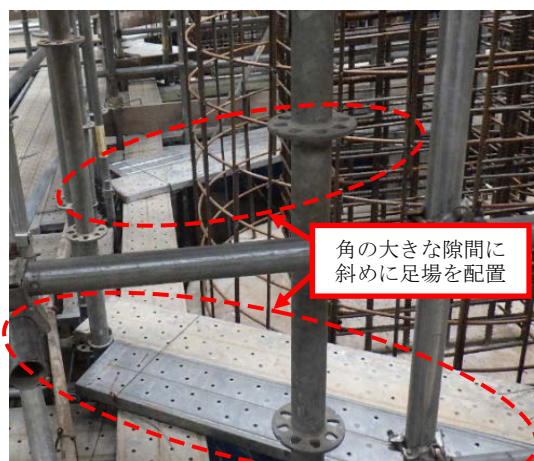



図 12 現場の安全対策（足場配置変更）

【運用体制】

- ・ 発注者 : モデルの作成
- ・ 現場 : 施工ステップの作成、施工記録の整理
- ・ 協力会社 : 仮設材モデルの作成、施工シミュレーションの作成
- ・ 本社技術企画部 : 属性情報の付与
- ・ 使用ソフト : Revit (Autodesk)、Navisworks (Autodesk)、Navis+ (CTC)

【全体的な課題】

- ・ 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ため、対応した事例を社内で水平展開するなどして BIM/CIM をマネジメントできる技術者を育成していく必要がある。
- ・ 今回属性情報の付与も行ったが、当初 Navisworks で付与しようとしたが、部品数が多く手入力で行うのは作業時間が膨大となるため、別途 3 次元属性管理ツール「Navis+」を用いて csv ファイルの属性データをインポートして属性情報を付与した。今後単一のソフトで簡単に属性情報が付与・閲覧できるようになれば作業効率の向上が期待できる。

No30	安藤ハザマ	
------	-------	---

工事概要	工事名称	北多摩二号水再生センターポンプ棟建設及び耐震補強工事
	発注者	東京都 下水道局
	受注者	安藤ハザマ
	工期	平成 29 年 10 月 23 日~平成 33 年 3 月 8 日
	工種	一般土木構造物
	工事内容	ポンプ棟の築造工事など
		ポンプ棟 RC 造・地上 2 階・地下 3 階
		・コンクリート 3,511m ³
		・ソイルセメント柱列壁 (EWC 工法) 2180 m ²
		・掘削工 8,239m ³
		・土留め支保工 539 t

施工 CIM の活用方法による分類 (塗潰し部)

施工	施工管理	施工計画	施工手順周知	施工の高度化	施工数量算出
協議資料	三者協議	発注者協議	下請け協議	関係者協議	住民説明会等
設計	設計協議	設計照査	設計数量算出	その他	

【取組み内容】

問題点の事前予知、関係者との迅速な合意形成等により施工の効率化を図るため、以下の事項に取組んだ。

- ・施工段階の 3D モデル化
- ・3D プリンターによる模型作成
- ・3D スキャナによる計測
- ・VR ゴーグルの活用

【具体的事例】

事例① 3D モデルおよび 3D プリンターを利用した施工計画

(分類：施工計画、施工手順周知、関係者協議)

(目的)

掘削時の切梁段数が 6 段、躯体の構築は 7 リフトで計画され、躯体の構築ごとに切梁・腹起しの盛替えが必要となる。型枠・支保工 (足場工) との取合いも煩雑となる。そこで問題点の事前予知、干渉チェック、企業者と作業員との合意形成の迅速化を目的として、設計図面の 3D 化 (図-1 参照)、3D プリンターによる模型作成 (図-2 参照) を実施した。

(効果)

- ・設計図における部材の取合い、寸法の不整合、または、資機材の配置や開口部からの搬入・搬出における問題点を早期に把握し、対策を取ることができる。
- ・発注者との合意形成だけでなく、同種の工事経験がない作業員との完成イメージの共有に役立つ。
- ・型枠・支保工（足場工）等の作業手順の確認や周知に役立つ（図-3 参照）。

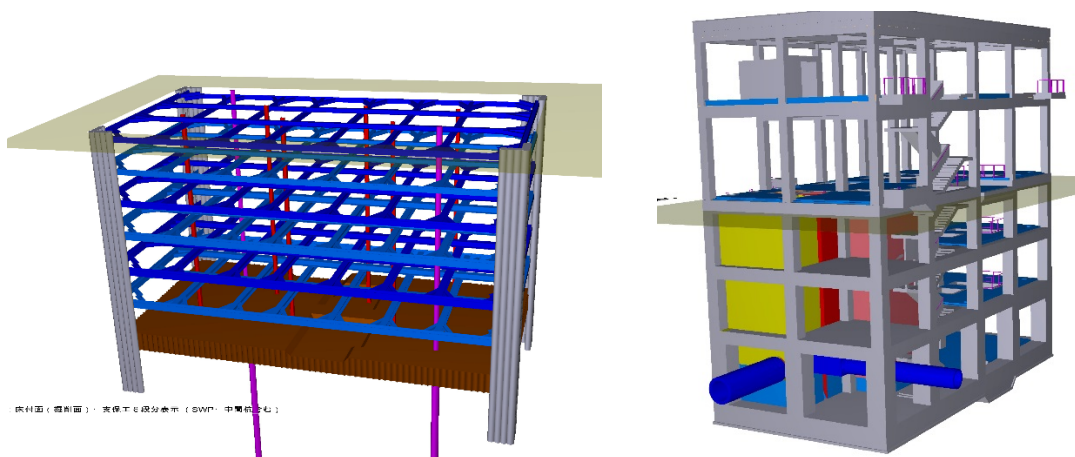


図-1：施工時及び完成時の3Dモデル

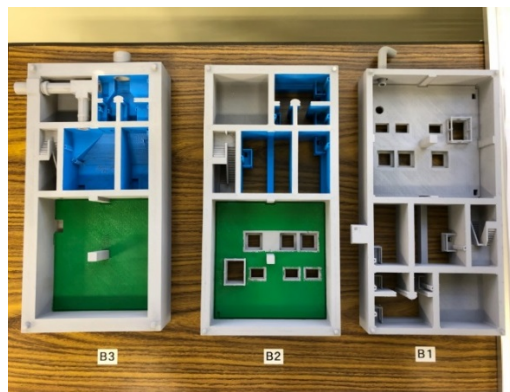


図-2：ポンプ棟の模型

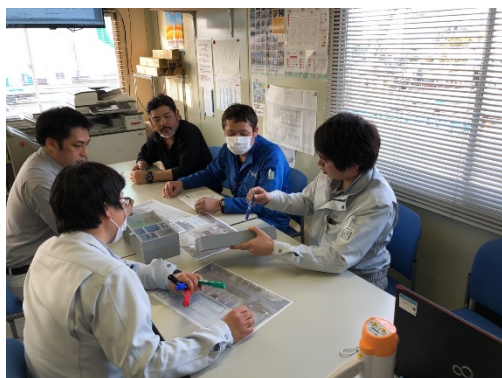


図-3：模型を使用した会議
（作業手順の確認、周知）の様子

事例② レーザースキャナーを利用した施工管理 (分類：施工管理)

(目的)

ソイルセメント連壁と新たに構築するRC躯体とのクリアランスが100mmと少ないため、連壁の施工誤差を把握する必要がある。そのため、掘削・盤下げを行いながら最終掘削に至るまで段階的にレーザースキャナーによる連壁の計測を行い、**図-5**に示すように、その実測データと躯体の設計図面から作成した3Dモデルを重ね合わせて比較することで、連壁の施工誤差が所定の範囲に入っているかどうかを確認した。

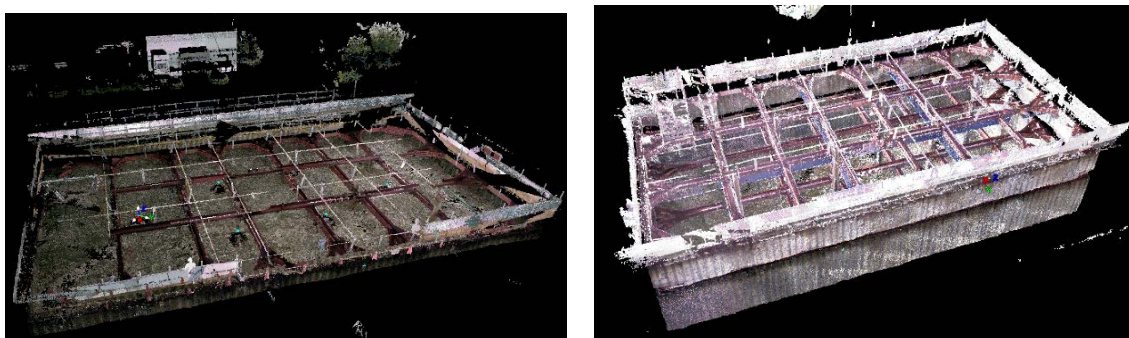


図-4：レーザースキャナー計測結果

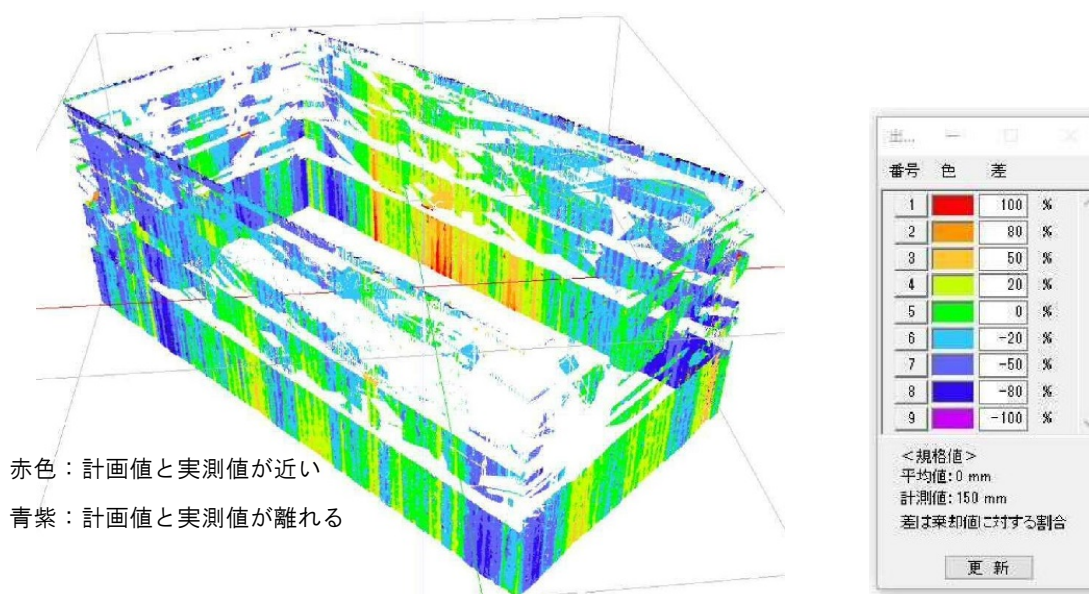


図-5：設計3Dモデルと実測点群データの重ね合わせによる比較

(効果)

- ・最終掘削に至る途中段階で、壁面全体の施工誤差を確認し、壁面全体の傾きやずれ等を視覚的に捉えることができ、原因や対策を考える上で活用できる。
- ・段階的にレーザースキャナー計測を行うことで、工事の記録として活用できる。

事例③ VRゴーグルの活用

(分類：施工手順周知、関係者協議)

(目的)

VRゴーグルに映し出される図-6に示すようなポンプ棟内部の3Dモデルを利用し、施工状況の説明や確認を行う。



VRゴーグル

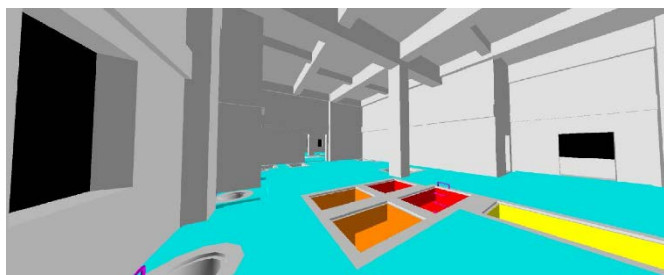
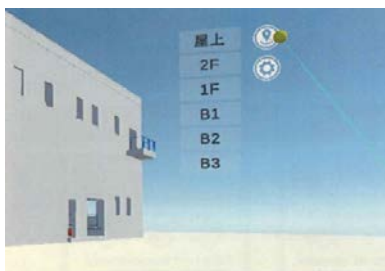


図-6：VRゴーグルに映し出される映像

(効果)

- ・立ち入れない箇所や視認し難い場所にある構造を確認できる。
- ・図面では把握できない問題点の事前予知や危険予知活動に役立つ。

【運用体制】

- ・現場 3Dモデルや模型を使用した施工計画の見直しと改善
本社 3Dモデル（施工ステップ、完成形）作成、3Dプリンターによる模型作成
- ・使用機器 LEICAScanStation P40
LEICA BLK360
VRゴーグル Mirage (Lenovo)
- ・使用ソフト AutoCad2018、NavisworksManee2018 (Autodesk 製)
PET's (株式会社岩崎)

【全体的な課題】

- ・3DCADや点群データなど多様なソフトを扱う必要があり、CIMに対応できる人材育成、継続的な教育が必要である。
- ・支保工が多段に設置されるような状況でレーザースキャナーを行うと、レーザー照射への障害が多くなり、地上部と掘削底部で同じターゲットを認識させるのが難しくなる。
- ・計測の手間や精度は、レーザースキャナーの機器精度に依存する。
- ・レーザースキャナー計測による構造物の出来形管理規準がないため、TSによる計測と併用し、レーザースキャナーの計測精度を確認しながら施工した。構造物の出来形管理規準等が整備されれば、構造物計測における大幅な省力化が期待できる。

工事概要	工事名称	京都線・千里線淡路駅周辺連続立体交差工事（第4工区）
	発注者	阪急電鉄株式会社
	受注者	鹿島・戸田建設共同企業体
	工期	2008年8月～（施工中）
	工種	鉄道
	工事内容	市街地の踏切解消等の、道路環境整備を目的とした、阪急電鉄京都線・千里線連続立体交差事業のうち、京都線淡路駅～上新庄駅及び千里線淡路駅～下新庄駅間で、JR 城東貨物線交差部を含む全長約 960m の区間を高架化する工事である。

施工 CIM の活用方法による分類（塗潰し部）

施工	施工管理	施工計画	施工手順周知	施工の高度化	施工数量算出
協議資料	三者協議	発注者協議	下請け協議	関係者協議	住民説明会等
設計	設計協議	設計照査	設計数量算出	その他	

【取組み内容】

工事範囲の周辺は住宅、商業施設が密集する市街地で、工事ヤードは限られており、営業中の鉄道線路に近接した狭隘なスペースの中で、全ての作業を行う必要がある。そのため、鉄道施設、周辺の建物、道路施設、電柱、架線、埋設物等の現場状況を十分に考慮した設計、施工が求められる。

このような課題に対する対策として、事前に 3D スキャナ計測により現場周辺の状況を一括して 3D データ化して、施工検討に活用することに取り組んだ。現況を 3D 化したデータ（点群データ）に、新設構造物の 3D モデルを重ねることにより、設計、施工上の問題点を抽出することを試みた。結果、構造物の一部と既存鉄道施設の干渉が明らかになり、計画の見直し、変更を行った。このように、3D モデル上の検討により、事前に問題点を解決したことで、フロントローディングによる円滑な施工が可能になった。さらに、過密配筋、クレーンの配置計画、コンクリート打設管理、施工シミュレーション等、多様なアプローチで、3D データを活用し、施工計画、施工管理の効率、質の向上が図られた。また、複雑な施工プロセスを 3 次元で可視化することが、工事関係者間の情報共有促進、施工に対する理解度の向上にもつながり、工事の安全、品質の確保に大きく寄与した。

【具体的事例】

事例① 3Dスキャナによる計測 分類：発注者協議

現場周辺の3D化にあたり、詳細な施工検討に活用するためには数mm程度の精度が必要と判断し、表-1に示す据付型スキャナによる計測を行った。

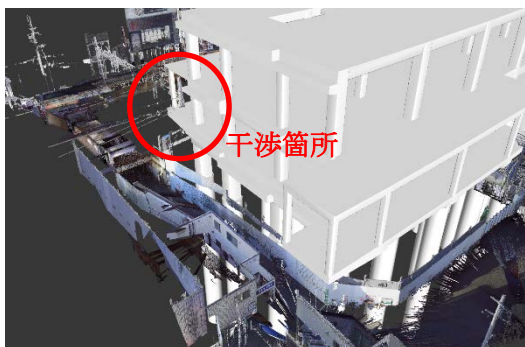


機種名	Faro Focus3D X330
測定範囲	0.6m～330m
精度	±2mm
レーザー	レーザークラス1
その他	GPS受信機

軌道の位置を中心に、正確に位置関係を把握するため、線路両側の側道と跨線橋上の数十箇所で据え付けた三脚上に3Dスキャナを設置して昼間に計測を行った。

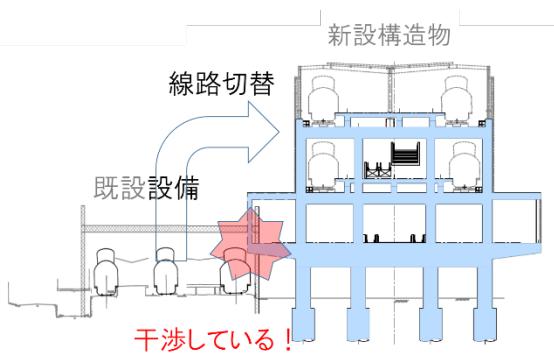
計測したデータは、統合ソフト(Autodesk Navisworks)に読み込み、新設する構造物

の3Dモデルを重ねて、既存の構造物や、鉄道施設との干渉を確認した。さらに、点群処理ソフト(Trimble Realworks)を用いて3Dモデル上での距離計測を行い、離隔寸法などを計測した。その結果、既設軌道の架線柱と新設構造物の一部が干渉していることが明らかになった。



当該箇所は、別線方式による施工箇所であり、当初の施工手順は以下の通りだった。

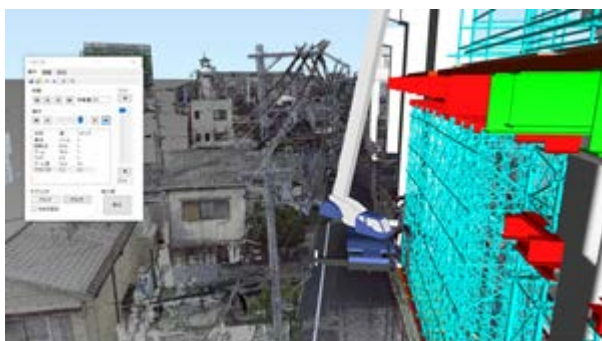
- ① 既設軌道に隣接する敷地に新設構造物を構築
- ② 軌道を敷設して新しい線路が完成
- ③ 既設線路から新設線路への切替を行う
- ④ 不要になった既設施設を撤去する



ところが、線路切替後に撤去する予定の既設架線柱が新設構造物と干渉していることから、このような施工手順が成立しないことが明らかになった。そこで、計画の変更を検討し、新設構造物のうち、既設架線柱と干渉している箇所を除いた部分を先行して構築、供用した後に干渉部を施工する計画とした。

古い施設の図面は、座標系の違いなどにより位置や寸法が不正確な場合があり、2次元の図面を使った机上の検討では、細部の問題点抽出や詳細な検討を精度良く行うことは、困難を伴う。3D スキャナーによる計測により精度の良い現況データを、一括で取得できたことが、本格的なフロントローディングを可能とした。細部の問題点が大幅な工程遅延につながることは珍しくなく、今回のように、事前に計画の不整合を発見して、施工計画の最適化を行い、事業工程遅延を回避できた事実は、3D データを活用した BIM/CIM の価値を実感させる結果となった。

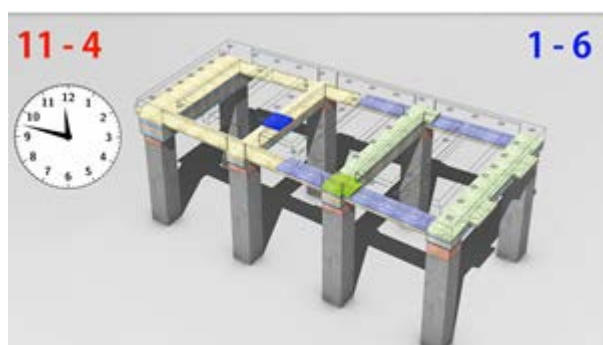
事例② クレーン配置計画 分類：施工計画・施工手順周知



クレーンの配置、旋回方向などを周辺の状態に応じて最適化するためには、3次元的な取り合いの検討が不可欠だが、今回は、現況と計画を統合した3D モデル上で、事前に施工手順に応じた仮設、クレーンの配置を検討しておくことにより、日々の細かい工程変更や作業調整に応じた検討作業及び関係者との情報共有を効率よく行うことができた。例えば、クレーンの配置を変更する場合でも、モデル上の配置を調整するだけで問題点の確認、安全性のチェックを素早く行うことができ、その内容を関係者に伝える際も、3D データを見せることで、格段にわかりやすくなり、効率、精度が大幅に向上した。



事例③ コンクリート打設計画 分類：施工管理・施工手順周知



3D データを使って打設予定ブロックの数量を部材毎、打設箇所毎に把握し、数量に応じた打設所要時間を算定することで、複雑な形状の箇所でも簡単に数量を算出することができるうえ、計画の妥当性を3次元空間で視覚的に確認できる。実際の打設作業では、打設順序や、打ち重ね時間を管理するために、打設方

法を関係者に確実に周知して、管理ポイントや品質リスクに対する認識を共有することが課題となることから、打設検討に使った3D データを時間軸に沿って動画化したものを作成して、作業前の周知に活用した。これにより、関係者全員の打設計画に対する理解度が高

まり、計画に沿って円滑に作業を進めることができた。

事例④ デジタル作業手順書 分類：施工手順周知



施工検討に用いたデータを使って、デジタル手順書を作成した。PCやタブレット端末の画面で、作業手順と、品質、安全上の留意点の記述に合わせて3Dデータが表示される仕組みとなっている。難易度の高い作業を実施するうえで、複雑な手順や多岐にわたる注意事項、留意点を網羅して、それぞれの意味、関連性を直感的に理解させるツールとして作成した。

【運用体制】

- ・測量会社による3Dスキャナ測量（測量工2名）
- ・使用ソフト：Navisworks、Revit、Recap（Autodesk）、TrendPoint（福井コンピュータ）
- ・モデリング：外注CAD会社、現場職員、本社社員

【全体的な課題】

点群による現況測量の場合、詳細部を検討するときに寸法等が判読しにくい状況があったので、点群からモデリングできるソフトの必要性を感じた。

今回の事例では、詳細検討が必要な個所において、点群から地形・地物・線形構造物に分けて、それぞれモデリングを行った。地形はサーフェス化するプログラムを組んで作成。レール等の線形構造物は標準断面を作成してソリッド化、電柱やコンクリート構造物等は点群から端点を拾い出しモデリングを行った。

工事概要	工事名称	相鉄・東急直通線新横浜駅地下鉄交差部土木工事
	発注者	横浜市交通局
	受注者	鹿島・鉄建・不動テトラ・NB 建設共同企業体
	工期	2013年4月19日～（施工中）
	工種	鉄道
	工事内容	相鉄・東急直通線において新設する新横浜駅（仮称）は、相鉄本線と東急東横線との直通線新設に伴う新横浜駅（仮称）築造工事（駅全長 325.5m）のうち市営地下鉄新横浜駅交差部の延長 76.5m の開削、躯体構築工事である。工事概要は、新駅の躯体工（長辺約 76.5m、短辺約 26.8m、深さ約 33m）、横浜市営地下鉄新横浜駅部本受け工、地下鉄第 5 出入口の躯体工と仮設撤去工である。施工場所は横浜市営地下鉄新横浜駅直上の、環状 2 号線と菊名 5 号線の交差点部である

施工 CIM の活用方法による分類（塗潰し部）

施工	施工管理	施工計画	施工手順周知	施工の高度化	施工数量算出
協議資料	三者協議	発注者協議	下請け協議	関係者協議	住民説明会等
設計	設計協議	設計照査	設計数量算出	その他	

【取組み内容】

新設する新横浜駅（仮称）は、横浜市営地下鉄新横浜駅の直下をアンダーピニングによって仮受けして新駅を構築する工事である。地下鉄の列車走行安全性および躯体の健全性を確保するため、「変位・荷重自動制御システム」を用いて制御するとともに、CIM を用いてアンダーピニングの見える化を図ったものである。

これにより、列車走行安全性の確保のみならず、地下鉄躯体の健全性確保のために、より精度の高い制御が可能となった。

【具体的事例】

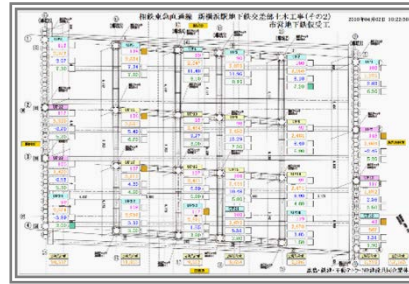
事例① CIMによるアンダーピニングの見える化 分類：施工管理

アンダーピニングを制御するためには、仮受けジャッキの荷重とストロークに加え、別途地下鉄躯体に設置した変位計の計測値を取り込み、数値と制御管理の各状態を識別し、適切なジャッキ操作を行う必要があった。しかし、複数のジャッキ状態、構造物の変位状況を視覚的にとらえることが困難であることから、CIM を用いてアンダーピニングの見える化を図った。

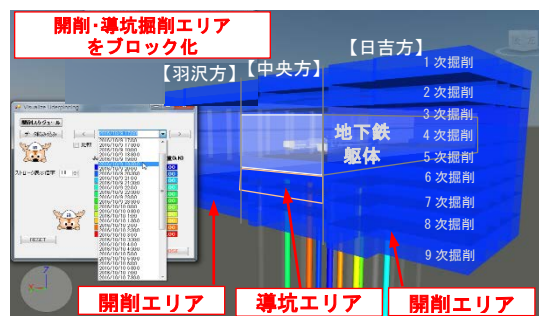
計測位置図

計測情報

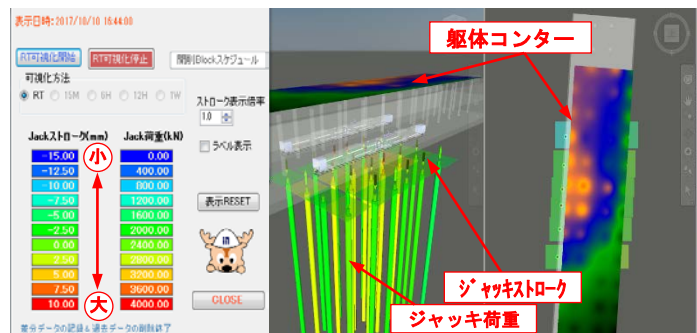
取得データ	計測方法	精度	計測頻度	取得頻度
地下鉄躯体変位	開水路式鉛直変位計	0.1mm	30秒に1回計測	1分毎
ジャッキストローク	デジタルダイヤルゲージ	±0.03mm	リアルタイム	1分毎
ジャッキ荷重	圧力変換器	0.08%RO(非直線性) 0.06%RO(ヒステリシス)	リアルタイム	1分毎
掘削高さ・位置	レベル・スケール	(目視)	掘削完了日を記録	1週毎



開削土工と導坑掘削の進捗状況をエリア空間の3次元要素に時間情報を付加し、4次元的に表現することで、掘削による躯体の隆起や沈下との相関性の見える化を図った。



リアルタイムに変化するジャッキストローク量や荷重、地下鉄躯体変状コンターを色と矢印で表示し、見える化を図った。また、過去のデータをPCにストックし現在と過去の差分表示を行い、仮受け状況の推移傾向を、迅速かつ的確に把握できるようにして、ジャッキ操作を行う際の判断材料とした。



また、過去のデータをPCにストックし現在と過去の差分表示を行い、仮受け状況の推移傾向を、迅速かつ的確に把握できるようにして、ジャッキ操作を行う際の判断材料とした。

【運用体制】

- ・使用ソフト：Navisworks (Autodesk)、SketchUp (Trimble)
- ・モデリング：外注 CAD 会社、現場職員、本社社員
- ・ソフト開発：本社社員

【全体的な課題】

CAD 上に各種センサー情報を入力して見える化するためには、データの I/O 部分や表示設定などのソフト開発が必要であり、CAD ソフトのバージョンアップや他工事への流用時にカスタマイズが必要になる等、汎用性に問題がある。CAD ソフト側でオプション化されることを期待する。

No33

株式会社浅沼組



工事概要	工事名称	西名阪自動車道田尻トンネル(上り線)他3トンネル背面空洞注入工事
	発注者	西日本高速道路株式会社
	受注者	株式会社浅沼組
	工期	2017年10月4日～2018年11月12日
	工種	維持管理
	工事内容	矢板工法で施工されたトンネル(4本、延長約150～300m)の保全性を向上する工事 背面空洞注入工: 502m ³ はく落導水対策工: 1,970m 連続繊維FRP格子筋工: 2,054m ² トンネル内装塗装工: 2,702m ²

施工 CIM の活用方法による分類(塗潰し部)

施工	施工管理	施工計画	施工手順周知	施工の高度化	施工数量算出
協議資料	三者協議	発注者協議	下請け協議	関係者協議	住民説明会等
設計	設計協議	設計照査	設計数量算出	その他	

【取組み内容】

建設後から数十年以上経過したトンネル坑内には、照明、誘導灯および電気通信ケーブル等の坑内設備だけでなく、覆工コンクリートのはく落防止対策等の補強・補修工事が既に実施されているケースが多くあり、本工事のようなトンネル修繕工事では、現地調査を実施して、トンネル坑内の支障物だけでなく、既存の修繕箇所の数量および劣化程度の詳細な把握が必要となる。

しかし、交通量の非常に多い高速道路では、現地調査を実施するためには、夜間片側規制を実施する必要があり、規制実施のための協議にも長期間を要する。また、人間による目視調査では、調査が長時間となるだけでなく、調査の情報漏れおよび調査時の安全性等も懸念される。

以上の点をふまえ、現地調査の生産性および安全性向上の観点から、現地調査として、トンネル全線の3次元データの取得が可能な3次元レーザースキャナによる計測を採用した。



写真-1 3次元レーザースキャナー計測

【具体的事例】

当該区間での他工事による夜間交通規制を利用して、3次元レーザースキャナによる計測を実施し、トンネル全線の3次元データを取得した。

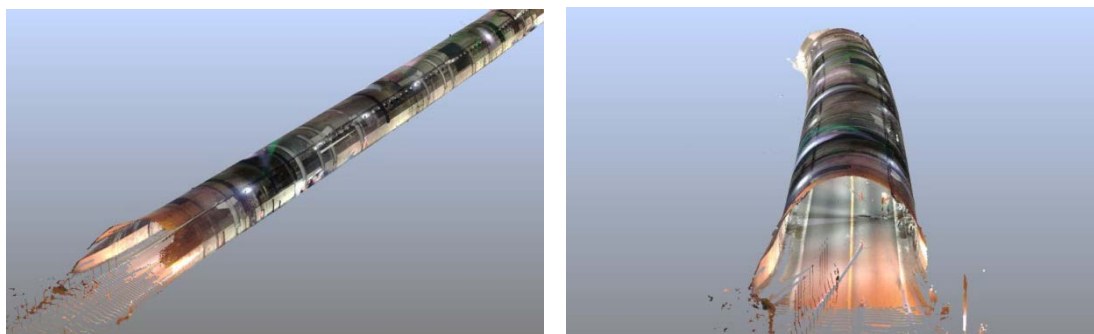
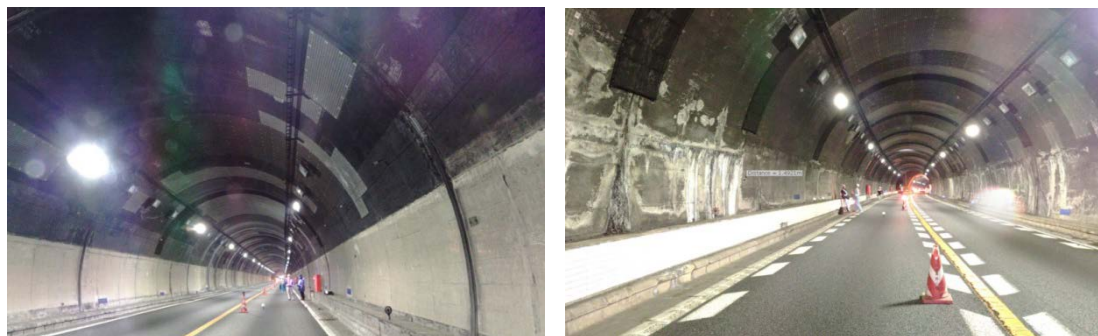


写真-2 3次元レーザースキャナ計測結果
(上段：現況、下段：3次元スキャナデータ)

また、取得した3次元スキャナデータより、トンネルの損傷状態および既設対策工（はく落・漏水・クラック等）の状況確認を机上にて実施し、その結果に基づいて施工計画の立案および修繕工事を実施した。

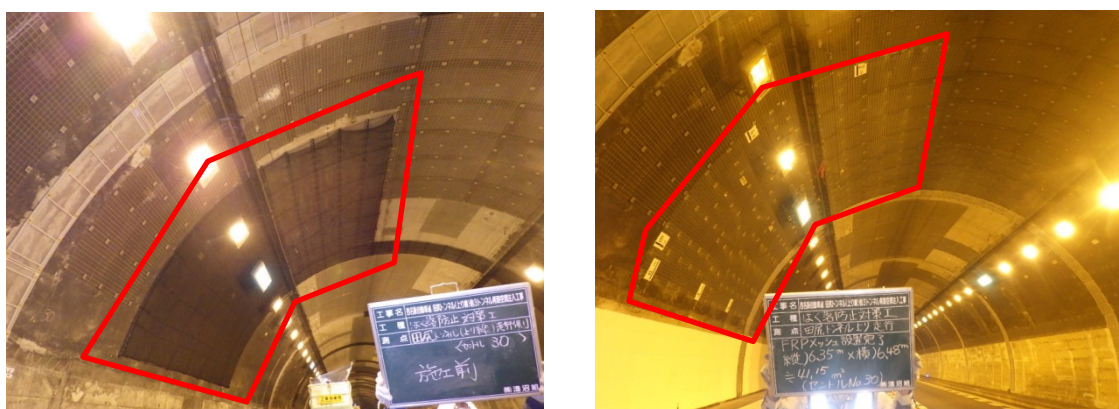


写真-3 既設はく落導水対策工
(左側：既設、右側：既設撤去後に新設)

さらに、取得した3次元スキャナデータより、机上にてトンネル各箇所寸法の計測を実施し、施工数量の算出を実施した。

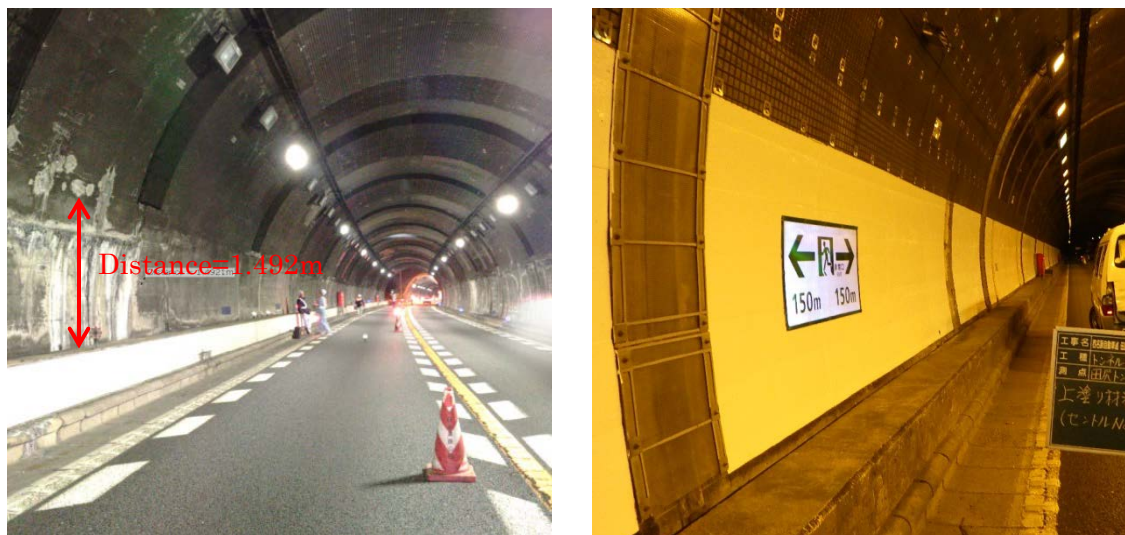


写真-4 内装塗装工
(左側：現況、右側：実施後)

3次元レーザースキャナ計測による現地調査の効果を以下に述べる。

- ・トンネル4本で覆工面積が16,000m²であったが、計測に要した時間は約4時間（道路規制の設置撤去時間を除く）と非常に短時間であり、当該区間での他工事による夜間交通規制を利用した計測が可能となった。交通規制回数が削減できたことは、高速道路利用者へのサービス向上にもつながったと考えられる。
- ・3次元スキャナデータの取得後は、机上での詳細な現況確認が可能となり、さらに、施工箇所での障害物等の情報漏れが無くなることから、施工計画の精度向上につながった。
- ・3次元スキャナデータの取得後の再調査が不要となることから、本工事のように規制内で立入制限のある工事では非常に有効であり、現地調査の生産性の大幅な向上につながった。
- ・新規入場者教育時の現況説明および協力会社との施工打合せ等において、3次元スキャナデータを活用することで、現地の情報を共有できることから、より適切な教育および打合せが可能となった。

【運用体制】

- ・ 作業所 : 3次元レーザースキャナ計測
3次元スキャナデータに基づく現況確認、施工計画立案および施工
- ・ 本社 : 3次元レーザースキャナ計測指導、3次元スキャナデータ作成
- ・ 使用機器 : 3次元レーザースキャナ Focus3D-X330(FARO 社製)
- ・ 使用アプリ : SCENE(FARO 社製)、TREND-POINT(福井コンピュータ社製)


【全体的な課題】

3次元スキャナデータを活用するためには、64bitのパソコンが必要となることから、作業所においてデータを利活用するパソコンが限定された。

また、データ処理量が多くなると、データの動きや速度が快適とは言えない状況であり、ストレスを感じるがあった。

本工事のように計測対象がトンネル覆工コンクリートの場合には、3次元スキャナデータ上での寸法計測時に、垂直精度が判らない場合があった。今後は、汎用性が高いアプリケーションの開発とともに、3次元スキャナデータ上での測定寸法の精密性向上が課題になると考える。

解体修復（新設）

No34	株式会社 奥村組	
------	----------	---

工事概要	工事名称	A 清掃工場解体工事	
	発注者		
	受注者		
	工期		
	工種	解体修復（新設）	
	工事内容	工場解体 1 式	300t 炉解体：2 基

施工 CIM の活用方法による分類（塗潰し部）

施工	施工管理	施工計画	施工手順周知	施工の高度化	施工数量算出
協議資料	三者協議	発注者協議	下請け協議	関係者協議	住民説明会等
設計	設計協議	設計照査	設計数量算出	その他	

【取組み内容】

一般的に焼却施設解体工事においては、施設内の複雑な設備の安全かつ効率的な撤去が重要である。3次元モデルを用いて施工計画を立案することで、事前に解体手順のシミュレーションを実施することができ、効率的で精度の高い解体計画の作成と作業の安全性が向上できる。

施設内の3次元モデルを作成するためには、配管や内部器機のモデリング作業が必要であるが、当工事の場合、古い構造物のため配管や内部器機を網羅した詳細な図面は存在しなかった。そのため、モデリング作業を行う前に施設の内部調査が必要となったが、焼却施設内部はダイオキシン類などの有害物質が存在するため、調査に労力がかかるという課題があった。このような課題がある中、解体工事における解体計画の効率化、作業安全性の向上を目的に、3次元モデル作成を簡略化し、モデル活用の取組みを行った。

【具体的事例】

事例① 360° 画像の属性情報化 分類：施工管理

CIM モデルを構築するにあたり、内部器機や配管の情報を表現するために、360° 画像を属性情報として関連付けた。図面がない工場等の配管や設備のモデリングを行う場合、レーザースキャナによる計測を行い図-1 のような3次元点群データを取得し、3次元モデルと重ね合わせて利用することが一般的であ



図-1 3次元点群

る。ただし、工場内部等の死角が多い場所をレーザースキャナを用いて計測する場合、計測回数が増加するため、時間と労力がかかる

問題がある。そこで、簡便に内部情報を取得する手法として 360° 画像に着目した。

360° カメラは図-2 のように表裏の両面に超広角の魚眼レンズを備えており、それぞれのカメラで撮影した半球画像をつなぎ合わせることで、全天球を一枚の画像に収めることができる(図-3)。一度の撮影範囲が広く、施設内部を比較的短時間で撮影しながら回ることができる。ただし、魚眼レンズで撮影するため通常のビューワでは図-4 左のような画像となってしまう、視覚的に判別できない。そこで、専用のアプリやクラウドサービスを使用して、補正処理を行うことで、図-4 右のような画像に変換して利用した。

360° 画像を CIM モデルの属性情報として関連付けするために、モデル内にリンクオブジェクトを配置し、リンクオブジェクトをクリックするとクラウドサービスを介して、その地点の 360° 画像を表示するように設定した。クラウド上にアップロードされた画像は図-5 に示すように、撮影したものが判別できるように補正処理された状態で一元管理されており、閲覧権限や画像の注釈を付けるといった設定も可能となっている。



図-2 360° カメラ



図-3 全天体画像

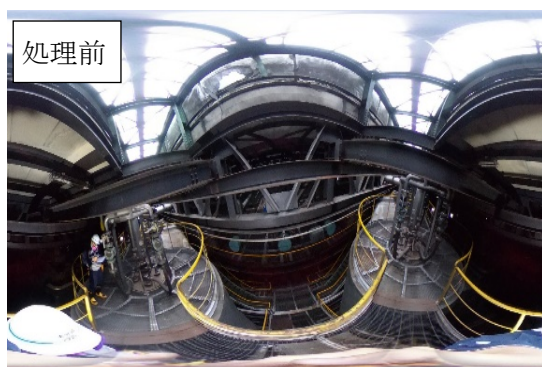


図-4 画像管理クラウドサービス (左：処理前、右：処理後)

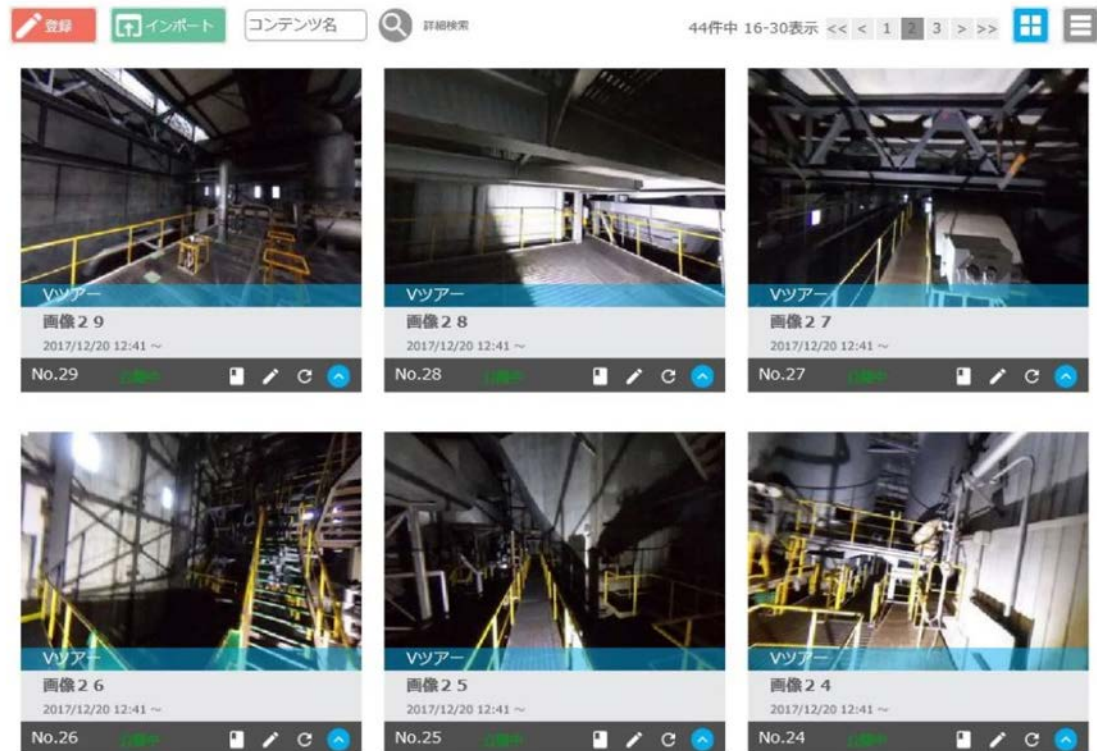


図-5 画像管理クラウドサービス

事例② 解体工事シミュレーション 分類：施工計画

図-6 に示すような CIM モデルを活用し、解体手順の検討・確認を行った。シミュレーションを行う際は、CIM モデルに建設機械モデルを組み込み、施工の検討を行う。内部の解体工事の検討では、重機の作業スペースの確保が重要であるため、実際の寸法で検討を行える CIM モデルを用いた検討は有効である。また、検

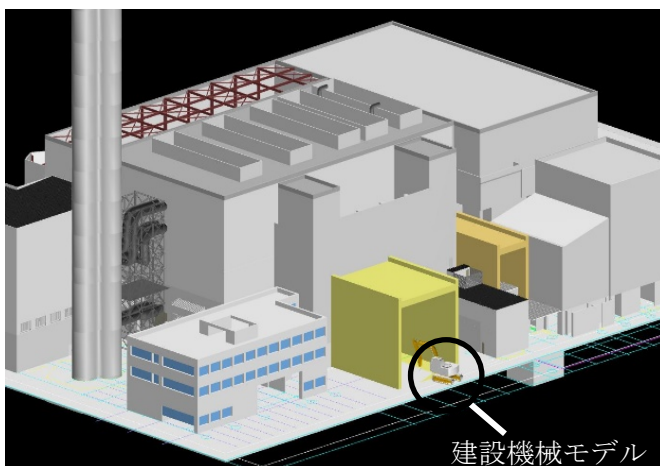


図-6 CIM モデル

討に使用する重機モデルは、作業半径等のパラメータを持っているため、モデル上で重機を動かして、検討を行うことができる。重量物の高所での取り扱いが多い煙突解体工事のように詳細な検討が必要な場合は、モデルの一部のみを詳細に作成してシミュレーションを行った（図-7）。また、関係者に作業手順を周知・確認するため、CIM モデル上の作業場所からその位置の 360° 画像を表示させ、打合せを行った。360° 画像はワンボタンで VR に出力可能なため、VR ゴーグルに作業箇所の 360° 画像を出力し、イメージの確認を行った（図-8）。

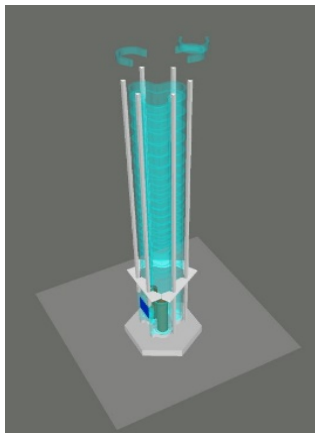
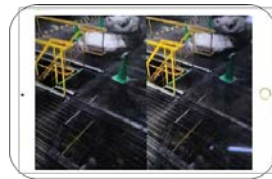


図-7 煙突解体モデル

出力画面
(スマートデバイス)



VR ゴーグル

図-8 VR利用状況

事例③ 施工情報のデータベース化 分類：施工手順の周知

CIMモデルにシミュレーションで使用した工程情報を加えることで、施工手順を記録した。同様の工事を行う際に、記録したシミュレーションを確認することで、施工手順を確認できる。

杭の撤去工事に関しては、撤去完了証明のため、杭の3次元モデルと撤去完了帳票を関連付け、対

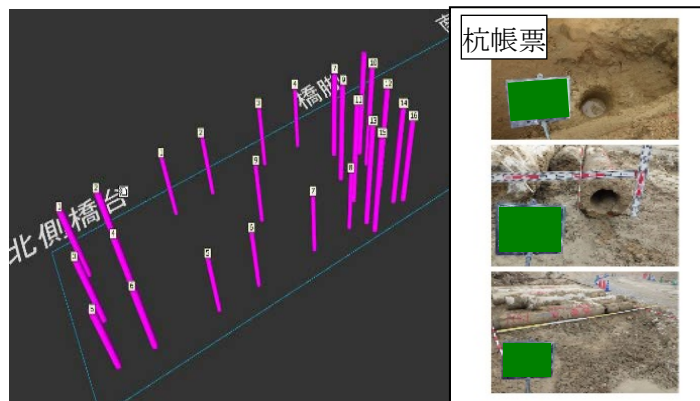


図-9 杭モデル

象の杭モデルをクリックすると帳票が表示されるよう設定した(図-9)。帳票と関連付けたCIMモデルをビューとともに納品することで、竣工後も工事の状況を確認することができる。


【運用体制】

- ・現場 : 写真撮影、CIMモデルを使用した施工検討
- ・本社 : 運用支援、クラウド管理、3次元モデル作成
- ・使用ソフト : AutoCAD、Revit、Navisworks、Smart360 (360° 画像クラウドサービス)

【全体的な課題】

・施設内部や内部機器の3次元モデル作成には多大な労力を要するが、3次元モデルを施設管理等に流用することで労力に見合う価値を見出せる。しかし、本工事は解体工事であることから、当該構造物は工事完了後なくなるため、施設管理への転用ができない。一方で、修復・新設の場合では、3次元モデルの施設管理への転用が可能となり、費用対効果が大きい期待できるものとなる。

解体修復（新設）

No35	大成建設株式会社	
------	----------	---

工事概要	工事名称	東海道線支線 南2地区路盤新設他工事
	発注者	西日本旅客鉄道株式会社
	受注者	大成建設株式会社（70%）、大鉄工業株式会社（30%）
	工期	2016年3月31日～2024年2月29日
	工種	鉄道
	工事内容	本工事は、大阪駅（梅田）北側に位置する、うめきた地区のまちづくりの一環として、うめきた地区西端を走行している JR 東海道線支線（以下支線と呼ぶ）による踏切事故や渋滞解消のために、支線をうめきた地区の中央部に移設し地下化する工事のうち、南端の工区を対象とした工事である(図-1)。

施工 CIM の活用方法による分類（塗潰し部）

施工	施工管理	施工計画	施工手順周知	施工の高度化	施工数量算出
協議資料	三者協議	発注者協議	下請け協議	関係者協議	住民説明会等
設計	設計協議	設計照査	設計数量算出	その他	

【取組み内容】

本工事の施工範囲である南2工区は、東海道本線（以下本線と呼ぶ）、大阪環状線、一般道路等（なにわ筋・筑前橋筋）に挟まれた狭隘な環境であった（図-2）。また、本線と支線は斜めに交差しており、互いの営業に影響を及ぼすことなく工事を進める必要があった。これ

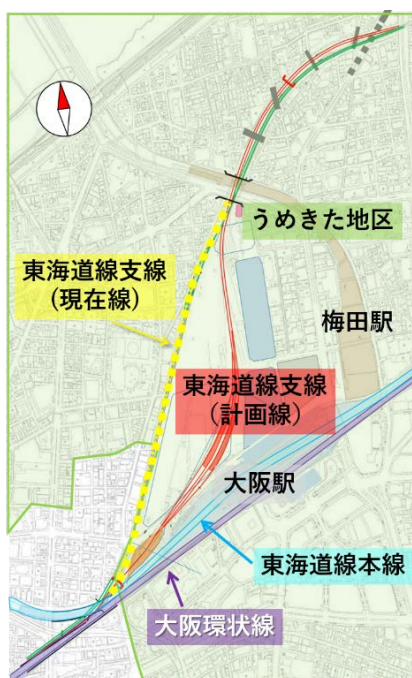


図-1 全体平面図

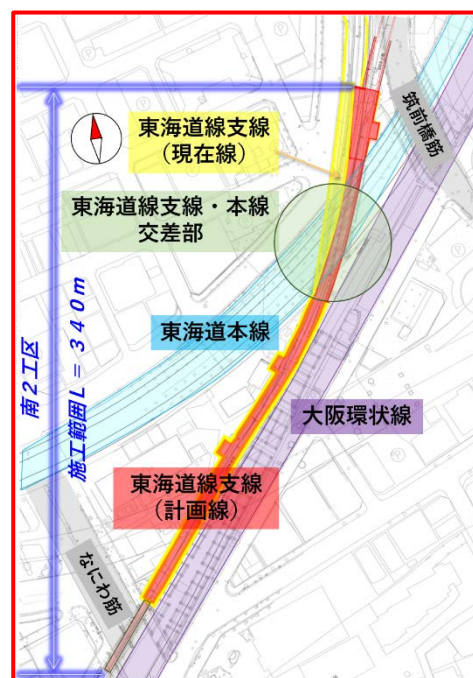


図-2 南2工区 平面図

らの施工条件を考慮した検討は、本線交差部の桁を受替、支線の現在線を一旦水平方向に移設し仮線に切替した後、地下の計画線に再度切替を行うという施工手順が採用された(図-3)。この施工手順では、水平方向(仮線切替)と垂直方向(計画線切替:地下化)の移設を伴うため、施工ステップの数は多く、各作業内容も3次元的に複雑なものであった。さらに、施工ステップの1つで

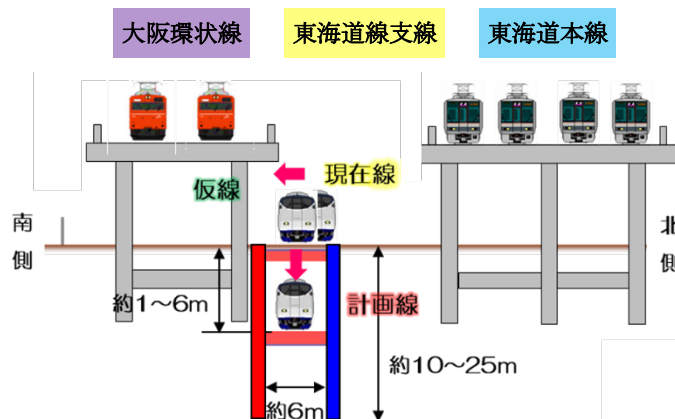


図-3 東海道線支線移設の施工手順

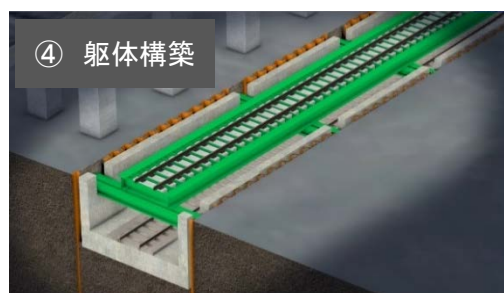
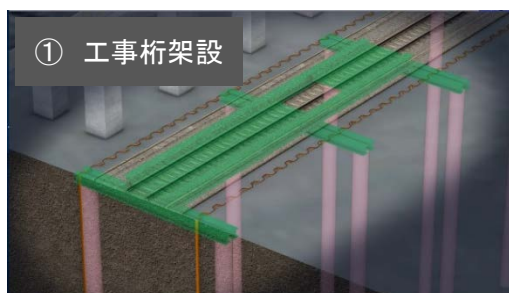
ある本線交差部の桁受替作業は、線路閉鎖時の約3~4時間の間に1日2本ずつ受替を進めていく必要があり、その限られた時間の中で遅滞なく作業を完了させるために、時間軸を加味した綿密な施工計画を立案する必要があった。

また、この作業を手戻りなく完遂するために、施工手順と作業内容を全作業員を含む関係者に周知し各自が完全に理解する必要があった。そこで、本工事では3次元モデルを活用することにした。

【具体的事例】

事例① 東海道線支線移設の施工手順検討 分類：施工計画、施工手順周知、関係者協議

支線の移設手順検討は、先に述べた通り精度の高い切替計画が求められたため、3次元モデルを作成し、3次元空間でシミュレーションを行い、干渉チェック等の確認を行った。また、最終的な移設手順は動画により、関係者間(発注者、専門工事業者)に周知する際に使用された。以下は、計画線切換動画のキャプチャーである。



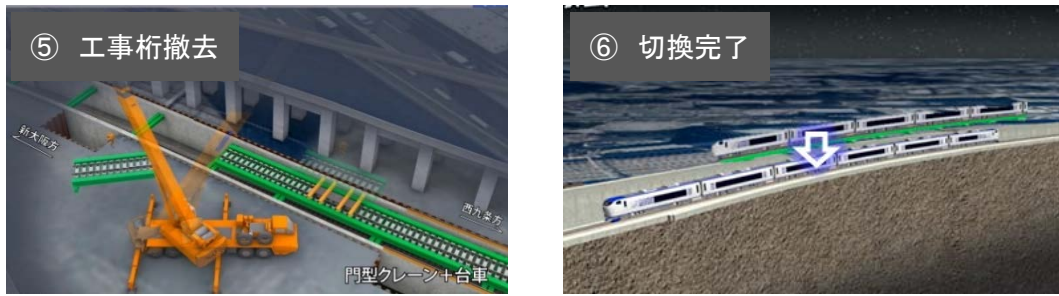


図-4 東海道線支線 計画線切換動画キャプチャー

事例② 東海道本線桁の受替手順の検討 分類：施工計画、施工手順周知、関係者協議

本線と支線の交差部において、支線の移設予定位置には、本線桁を支えている既設支柱があり障害になっていたため、支柱を撤去し本線桁を受替梁へ受替る必要があった。この本線と支線の交差部には斜角があったため、2次元の図面だけでは、詳細な施工検討が行うことができなかった。そこで、3次元モデルを作成し、施工検討や施工手順の周知に活用した。

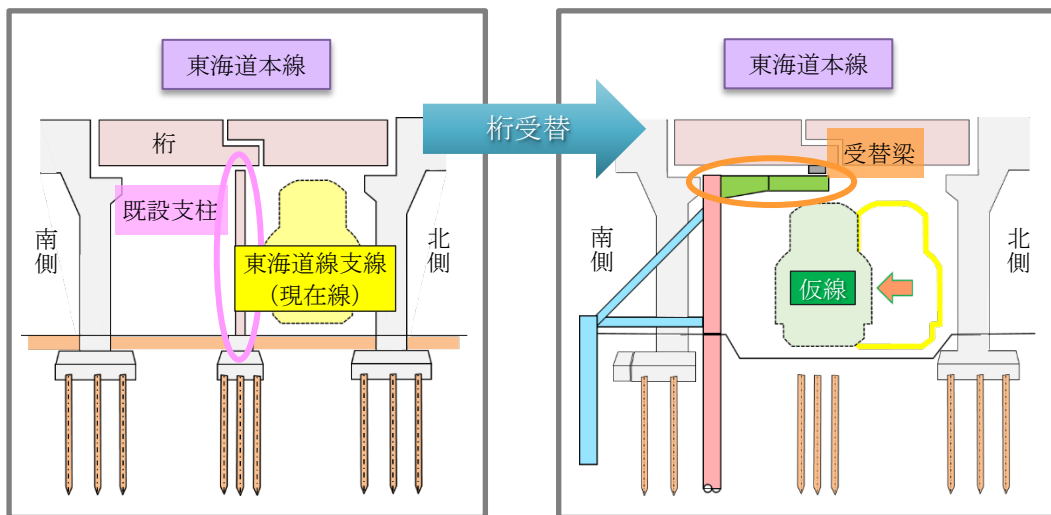
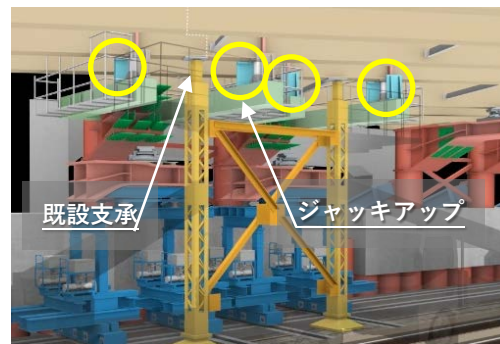


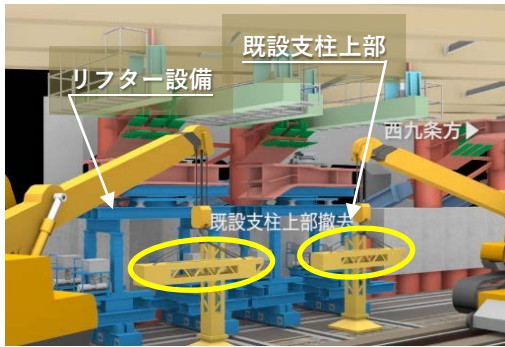
図-5 東海道本線桁の受替工事での活用



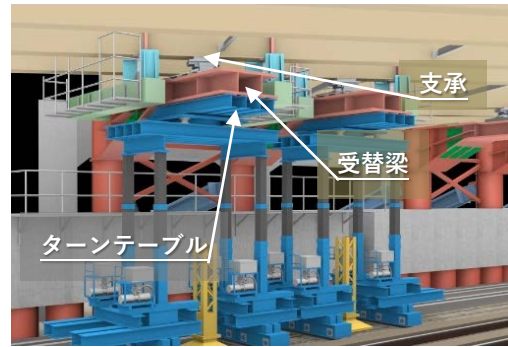
① 支線き電停止・当該線線閉完了後、作業開始



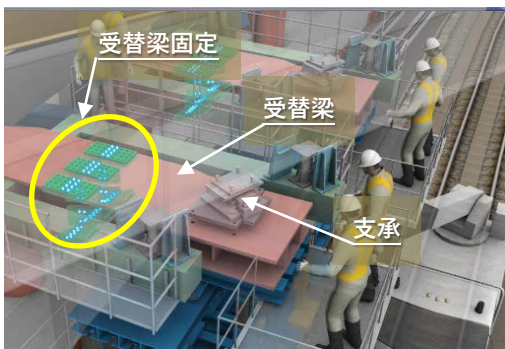
② ジャッキアップ後、既設支承撤去



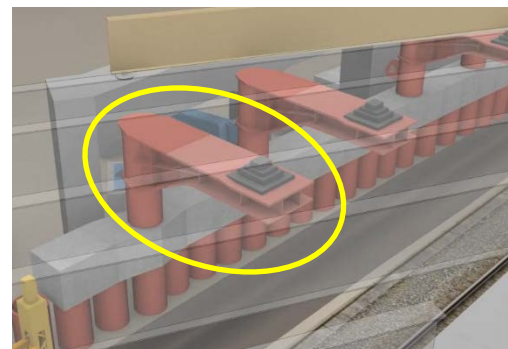
③ 既設支柱上部を撤去



④ 受替梁リフティング後、支承固定



⑤ 受替梁・支承固定



⑥ 受替完了

図-6 東海道本線桁受替動画のキャプチャー

【効果】

- ・断面図ではわかりにくい3次元的な作業も、3次元モデルで表現することで正確に把握・判断することができた。
- ・動画化により全作業員が作業手順を確認できる環境が整った。
- ・事前に作業軌道を把握することができたため、干渉チェックができた。
- ・斜めの交差部がある場合の計画には3次元が効果的であることがわかった。
- ・3次元で行ったシミュレーション通り、時間内に安全に完遂することができた。

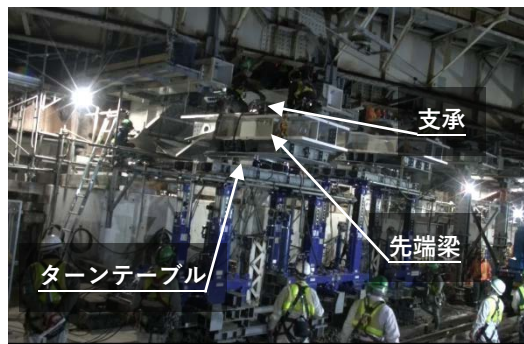


写真-1 実際の施工状況

【運用体制】

現場：外注業者に3次元モデルや動画の作成依頼・指示

本社：3次元モデルの表示方法に関する指導

使用したソフト：3次元モデリング 3dsMax (Autodesk) 編集 AfterEffects (Adobe)

【全体的な課題】

- ・3次元モデルを作成し、動画編集できる会社が少ない。
- ・専門性の高いソフトを使用したため、現場での3次元モデルの修正が困難であった。

インフラ再生委員会 技術部会 委員名簿

(一社) 日本建設業連合会

令和元年6月28日現在

No.	役 職	氏 名	会 社 名	会 社 役 職
1	部会長	弘 末 文 紀	安 藤 ・ 間	執行役員建設本部技術研究所長
2	幹事長	杉 山 律	安 藤 ・ 間	建設本部土木技術統括部土木設計部長
3	委員	黒 台 昌 弘	安 藤 ・ 間	建設本部技術研究所先端・環境研究部長
4	委員	杉 浦 伸 哉	大 林 組	グループ経営戦略室経営基盤イノベーション推進部課長
5	委員	宮 田 岩 往	奥 村 組	土木本部土木部i-Construction推進グループ長
6	委員	後 閑 淳 司	鹿 島 建 設	土木管理本部生産推進部ICT・CIM推進室長
7	委員	神 崎 恵 三	熊 谷 組	土木事業本部プロジェクト技術部担当部長
8	委員	益 子 篤 史	五 洋 建 設	土木部門土木本部土木部陸上グループ長
9	委員	鈴 木 正 憲	清 水 建 設	土木総本部土木技術本部開発機械部グループ長
10	委員	蛭 原 巖	西 武 建 設	土木事業部エンジニアリング部長
11	委員	北 原 剛	大 成 建 設	土木本部土木技術部技術・品質推進室専任次長 (CIM担当TL)
12	委員	内 藤 陽	竹 中 工 務 店	生産本部生産企画部副部長
13	委員	川 島 仁	東 亜 建 設 工 業	土木事業本部i-Con推進部長
14	委員	小 島 文 寛	東 急 建 設	土木事業本部事業統括部ICT推進グループリーダー
15	委員	加 藤 直 幸	東 洋 建 設	土木事業本部土木技術部課長
16	委員	北 原 淳 史	戸 田 建 設	土木工事統轄部土木工事部部長兼ICT推進課長
17	委員	松 元 和 伸	飛 島 建 設	技術研究所研究開発G第一研究室室長
18	委員	佐 藤 靖 彦	西 松 建 設	技術研究所主席研究員
19	委員	渋谷 光 男	フ ジ タ	土木本部土木エンジニアリングセンター機械部長
20	委員	工 藤 敏 邦	前 田 建 設 工 業	土木事業本部土木技術部ICT推進グループ長
21	委員	水 田 武 利	三 井 住 友 建 設	土木本部土木工事管理部ICT・CIM推進グループ長
22	オブザーバー	舘 岡 潤 仁	安 藤 ・ 間	建設本部本部長付
23	オブザーバー	土 師 康 一	戸 田 建 設	土木工事技術部技術5課長



確かなものを 地球と未来に

一般社団法人 **日本建設業連合会**

JAPAN FEDERATION OF CONSTRUCTION CONTRACTORS

〒104-0032 東京都中央区八丁堀2-5-1 東京建設会館内
Tel 03-3552-3201 / Fax 03-3552-3206

www.nikkenren.com/