

地方の建設会社における ICT導入の変革について

福留開発株式会社

当社におけるICT土工への取組みの流れ

平成28年4月 i-Construction推進チームの設置
(ソフトウェア・ハードウェアの購入)

平成28年9月 H28年度 西畑河床掘削工事にて、施工者希望 I 型によるICT活用による施工実施
(自社による3次元起工測量・データ解析・3次元設計データ納品の実施)

現在施工中*の3件の現場を含めこれまで**12件**のICT土工を実施 (※2020年1月現在)

河川土工 : 掘削工、法面整形工

道路土工 : 掘削工、路体盛土工、盛土材の敷均し・転圧

- ① 起工測量 (UAV・TLS測量) 【 Phantom4Pro、GLS-2000 】
- ② 3次元設計データ作成 【 SITECH3D、EX-TREND武蔵 】
- ③ ICT建設機械による施工 【 MG/MCバックホウ、MCブルドーザー等 】
- ④ 3次元出来形計測・管理 【 Phantom4Pro、TREND-POINT 】
- ⑤ 3次元データの納品 【 TREND-POINT、デキスパート 】

全面的ICT施工を自社で**内製化**を実現



ICT土工事例紹介（H28西畑河床掘削工事）

工事概要

工事名：平成28年度 西畑河床掘削工事

発注者：国土交通省 四国地方整備局 高知河川国道事務所 仁淀川出張所

工事場所：高知県 高知市 春野町 西畑地先

工期：平成28年9月3日～平成29年3月28日

請負金額：¥132,840,000（税込）

工事内容：河川土工

掘削工 $V=19,000\text{m}^3$ 、土砂等運搬 $V=17,900\text{m}^3$ （戸原・南国箇所）

粒度調整工 $V=12,000\text{m}^3$ （粒度調整 攪拌混合）

土砂等運搬（野市箇所、土佐市箇所）



ICT土工工事における課題

課題①：水面部における3次元測量の精度問題

課題②：自然現象に影響される施工完了後の出来形不足問題

課題①水面部における3次元測量の精度問題

対応：具体の工事内容及び対象範囲について協議

特記仕様書 第38条 4項「ICT活用工事について」

協議内容：ICT技術の全面的活用における、具体的な工事内容並びに施工範囲について

理由：当初、施工者希望I型による河川土工（掘削工）での全面的ICT活用工事にて受注していたが、概算発注であったため、後日指示された詳細設計を確認したところ、UAVによる3次元起工測量・出来形管理撮影において、掘削箇所の一部が水中部にかかってしまい、UAVによる3次元起工測量・出来形管理を活用する事ができず、発注者側とICT活用施工の範囲について協議・変更した。



ICT活用施工実施一覧表	○：実施可 x：活用不可			
	①工区	②工区	③工区	④工区
3次元起工測量	x	x	x	○
3次元設計データ作成	○	○	○	○
ICT建設機械による施工	○	○	○	○
3次元出来形管理等の施工管理	x	x	x	○
3次元データの納品	x	x	x	○

備考

④工区のみICTの全面的活用が可能である。
①～③工区においては地盤線の一部が水中部に有り、UAVでの空撮時に、水面の乱反射により正確な地形データが取れないため、従来での測量方法となる。出来形管理においても同様の理由で、ICT活用を行うことが不可能である。よって、3次元設計データ作成及びICT建機による施工のみ実施するものとする。

課題① 水面部における3次元測量の精度問題

対応： 具体の工事内容及び対象範囲について協議

特記仕様書 第38条 4項「ICT活用工事について」

協議内容： ICT技術の全面的活用における、具体的な工事内容並びに施工範囲について

陸上・水面部の地形データの状況

The screenshot displays a 3D terrain measurement software interface. The main window is divided into two panels: a 3D perspective view on the left and a top-down view on the right. The 3D view shows a terrain with a water body, with a red box highlighting a specific area labeled '地盤線標示箇所' (Ground line marking location). The top-down view shows the same terrain from above, with yellow and pink boxes highlighting different areas. A yellow box highlights a section labeled '水面無しの地形データ' (Terrain data without water surface), and a pink box highlights a section labeled '水面部の地形データ' (Terrain data of the water surface). Below the 3D view, a '任意断面' (Arbitrary section) dialog box is open, showing settings for '点群より抽出' (Extract from point cloud) and '三角網より抽出' (Extract from triangulation). The dialog box includes fields for '断面名' (Section name), '横断面の奥行き' (Cross-section depth) set to 0.200 m, 'フィルター半径' (Filter radius) set to 1.000 m, '断面線平滑化' (Section line smoothing) with '距離' (Distance) set to 0.010 m and '角度' (Angle) set to 1 degree. The bottom status bar shows '全点数: 46,294,521' and 'X: - Y: - Z: -'. Annotations with arrows point from the text boxes to the corresponding areas in the software interface.

地盤線標示箇所

水面無しの地形データ

水面部の地形データ

※地盤線が正確に標示されている状態

※上下に点群がバラついている為
正確な地盤線を計測する事が出来ない

課題②自然現象による施工完了後の出来形不足問題

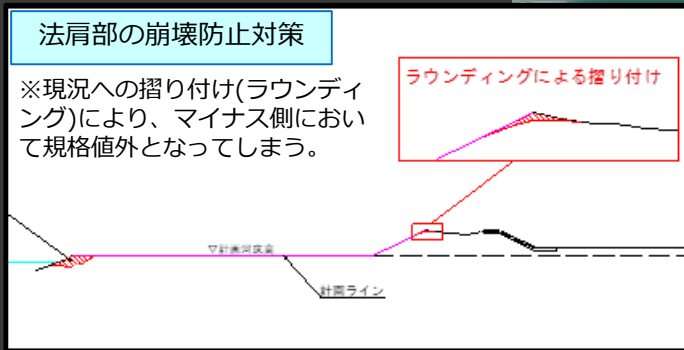
対応：3次元出来形管理における規格値の変更についての協議

特記仕様書 第38条 10項「ICT活用工事について」

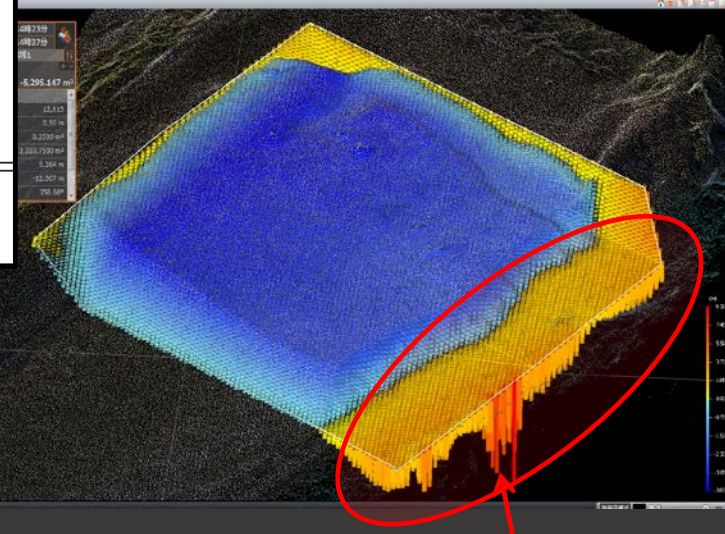
協議内容：3次元出来形管理における規格値の変更について

理由：全面的ICTの活用による施工（④工区）であるが、自然現象（河川の増水、干満による水位の変動）により施工中・施工後に地盤の一部が洗掘されてしまう。3次元出来形管理では設計データとの比較となり、洗掘部分においてはマイナス側の出来形が規格値外となる。また、掘削時においては法肩部の崩壊防止処置として、現況地盤への摺り付け（ラウンディング）が発生するため、ICTでの出来形計測基準（法肩・法尻から水平方向±5cmは評価対象外とする）では出来形不足となる。そのため、規格値の変更について協議し、河床掘削である事からマイナス側を外し、プラス側のみを出来形評価対象とした。

発注図(平面図・横断面)より作成した3次元設計データと3次元起工測量で得られた現況地形データとの対比



比較プロジェクトによる対比



※当初発注図より3次元設計データを作成し、3次元起工測量で得られた現況地形データと比較したところ、河川の増水等により現況地盤が洗掘された状態であった。



※施工時・完了後においては、河川の増水により 施工箇所が洗掘させられてしまい、マイナス側の規格値を設定した場合、施工完了後に洗掘箇所の盛土による再施工が発生する。

課題② 自然現象による施工完了後の出来形不足問題

対応：3次元出来形管理における規格値の変更についての協議

特記仕様書 第38条 10項「ICT活用工事について」

協議内容：3次元出来形管理における規格値の変更について

工種	河川・海岸・砂防土工	測点	
種別	掘削工	合否判定結果	異常値有

測定項目		規格値	判定	規格値比(%)				
平場 標高較差	平均値	-9.6mm	±50mm					
	最大値(差)	69mm	±150mm					
	最小値(差)	-550mm	±150mm		異常値有			
	データ数	2,055	1点/m2以上 (1,955点以上)					
	評価面積	1,954m2						
	棄却点数	6	0.3%未満 (6点以下)					
法面 標高較差	平均値	-17.2mm	±70mm					
	最大値(差)	71mm	±160mm					
	最小値(差)	-983mm	±160mm	異常値有				
	データ数	640	1点/m2以上 (527点以上)					
	評価面積	526m2						
	棄却点数	1	0.3%未満 (1点以下)					
		平場の ばらつき	規格値の± 80% 以内のデータ数	2,044 (99.5%)	法面の ばらつき	規格値の± 80% 以内のデータ数	606 (94.7%)	
			規格値の± 50% 以内のデータ数	2,042 (99.4%)		規格値の± 50% 以内のデータ数	599 (93.6%)	

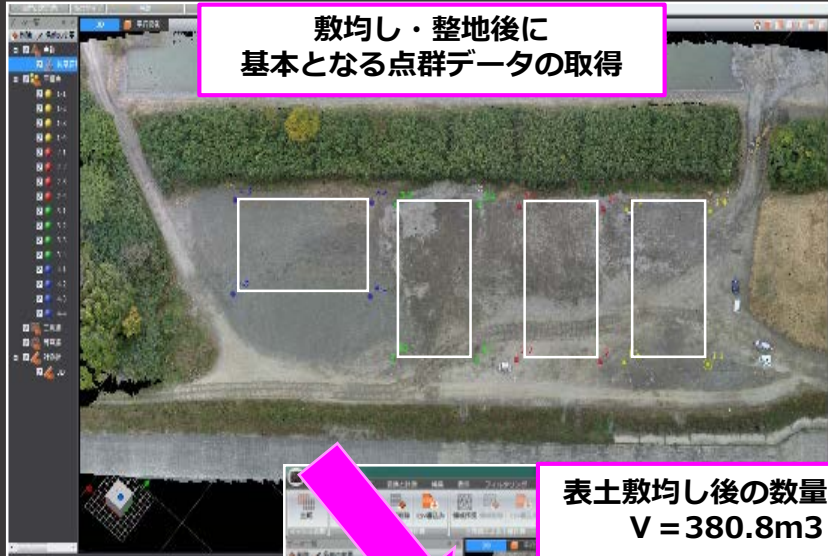
協議により
 (1) マイナス側の数値は出来形評価対象外
 (2) ヒートマップの色 黒→濃い青に変更

その他生産性向上に向けたICT活用

【 UAV測量による現場管理の効率化 】

掘削発生土（表土・砂利）を盛土材として流用するため、所定の比率（土量比率）にて攪拌混合するための土量管理において、

UAV測量にて取得した3次元点群データを活用することにより、従来に比べ時間・労力を大幅に削減することができ、且つ正確な数量を算出することで品質向上にも繋がった。



砂利数量
 $V = 1543.2 - 380.8 = 1162.4\text{m}^3$

土量比率(表土 : 砂利)
 $380.8\text{m}^3 : 1162.4\text{m}^3 = 1 : 3$



その他生産性向上に向けたICT活用

【 ICT活用（3次元起工測量）と通常業務との経済比較 】

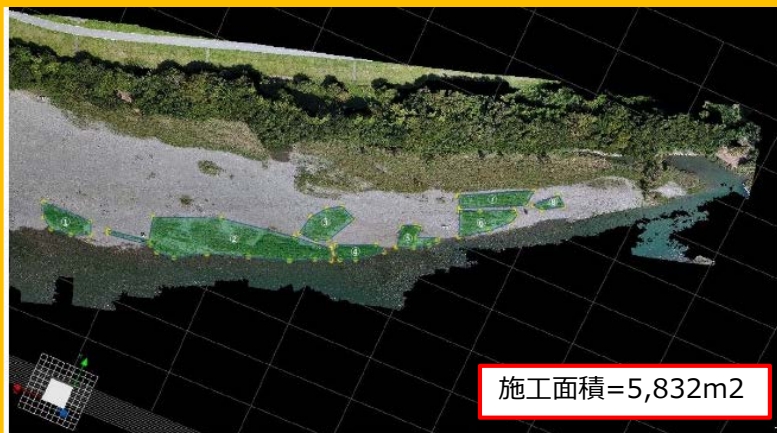
（※平成28-29年度 西畑河床掘削工事より）

現場条件：河床体積土砂・草の撤去に伴う計画測量



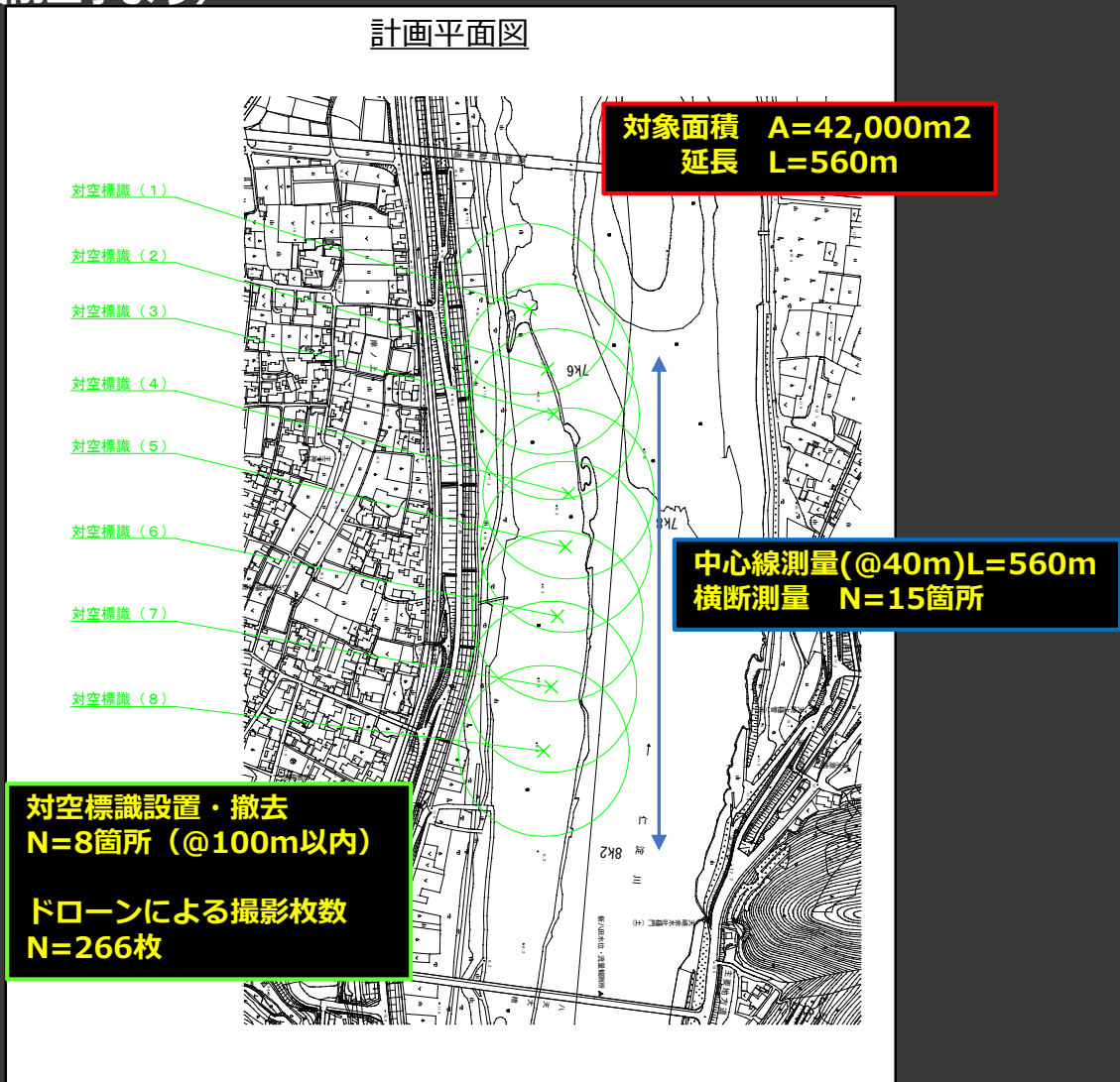
計画測量箇所

ドローン撮影による3次元データ・計画施工範囲の作成



施工面積=5,832m²

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	合計
面積	415m ²	3926m ²	565m ²	309m ²	294m ²	566m ²	472m ²	117m ²	6832m ²



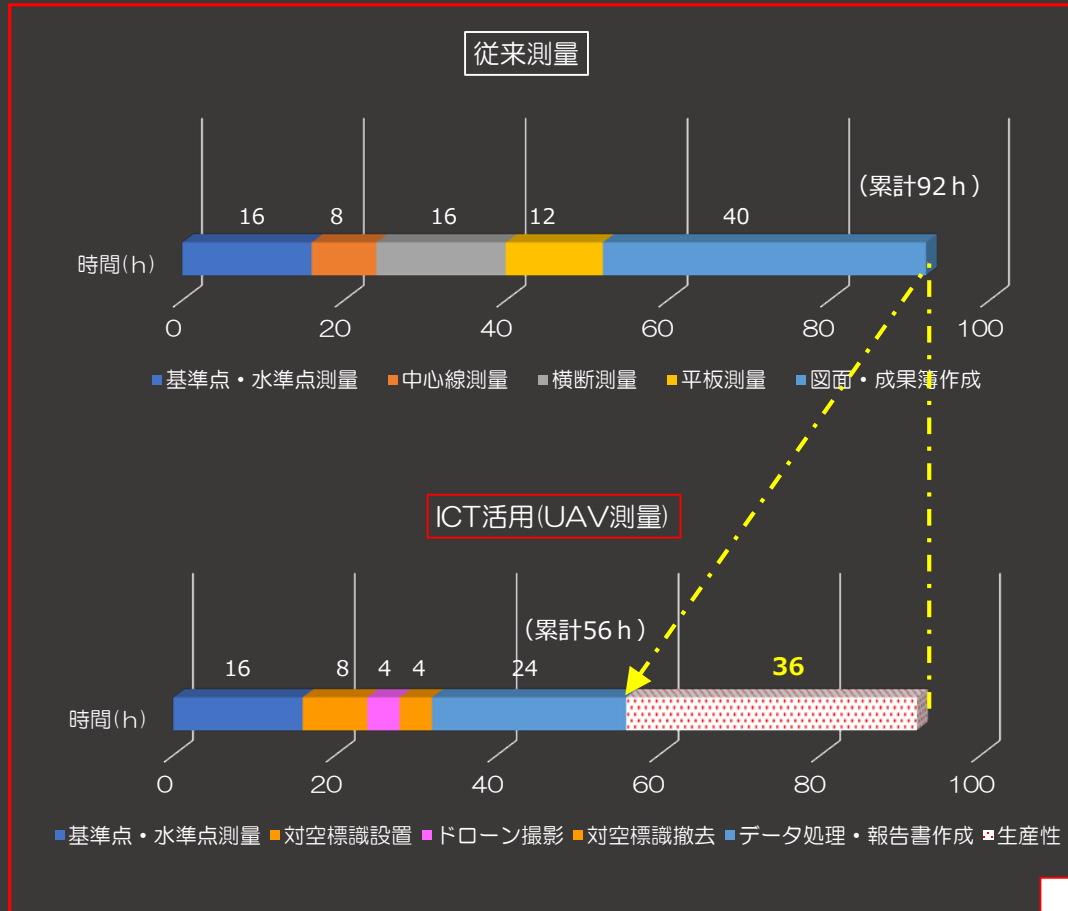
その他生産性向上に向けたICT活用

【 ICT活用（3次元起工測量）と通常業務との経済比較 】

(※平成28-29年度 西畑河床掘削工事より)

現場条件：河床体積土砂・草の撤去に伴う計画測量
面積A=42,000m²、延長L=560m

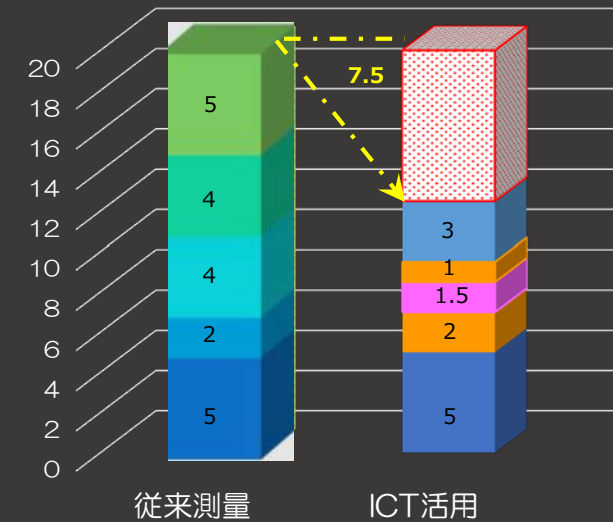
作業時間比較表



作業フロー図



作業人員比較表



作業時間 -36 h (約39%)、作業人員 -7.5人 (約38%) 削減

他工事でのICT（土工）活用事例

初めてICT活用工事に取り組んだ平成28年度工事におけるノウハウを踏まえ、翌年度以降も引き続き『ICT施工での工夫』をテーマに新たな挑戦を行った。



一般的なICTの活用としては・・・

法面整形をはじめとするG N S Sを用いた河川土工・道路土工の半自動化がメイン

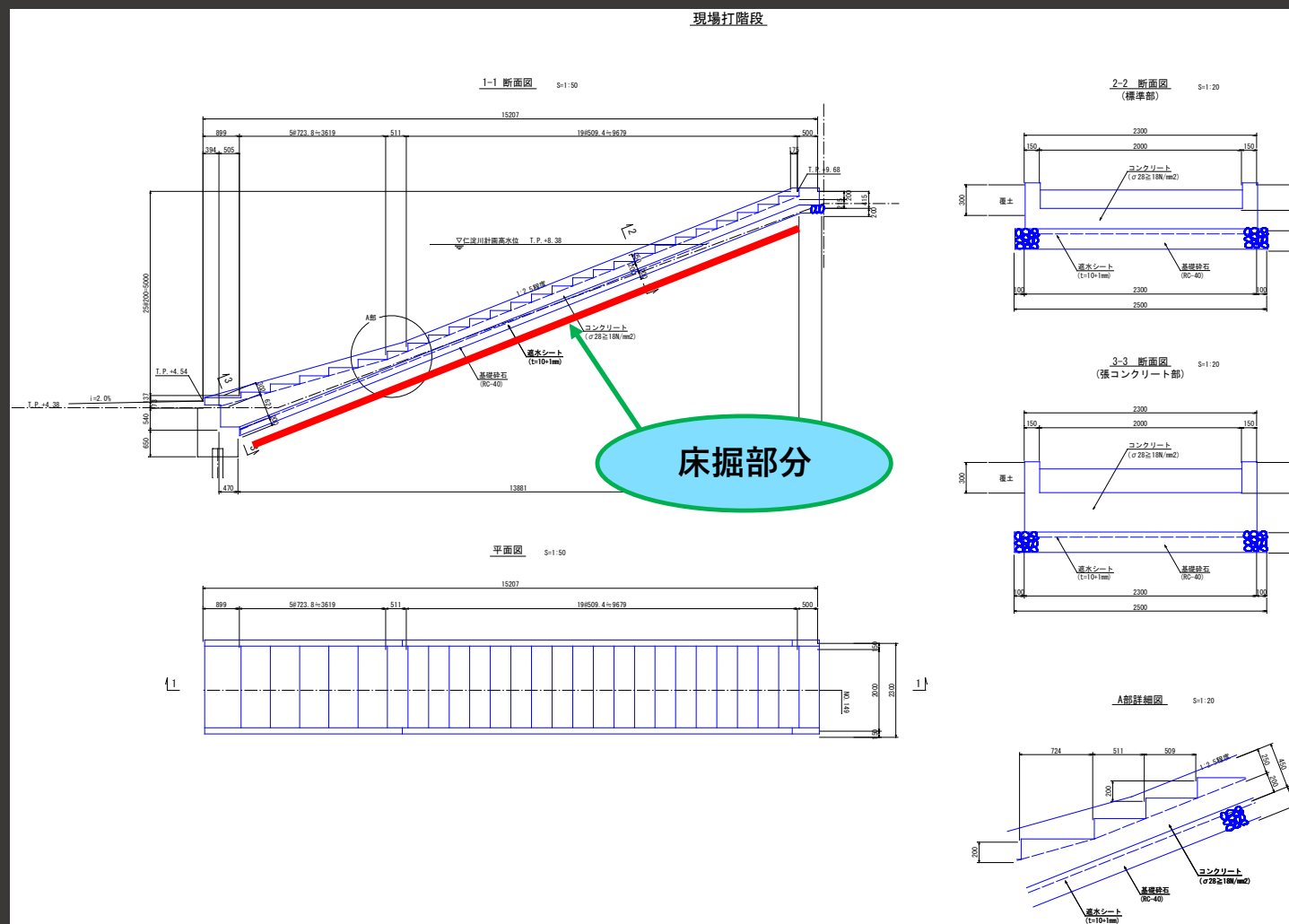


どうせ現場でG N S Sを使うなら、もっとICTの幅を広げて“楽”をしよう。



作業土工(床掘)にもICTを！ 《活用事例》

河川工事では、築堤盛土に対して、現場打階段を施工勾配のきつい床掘作業ほど煩わしいものはない……。

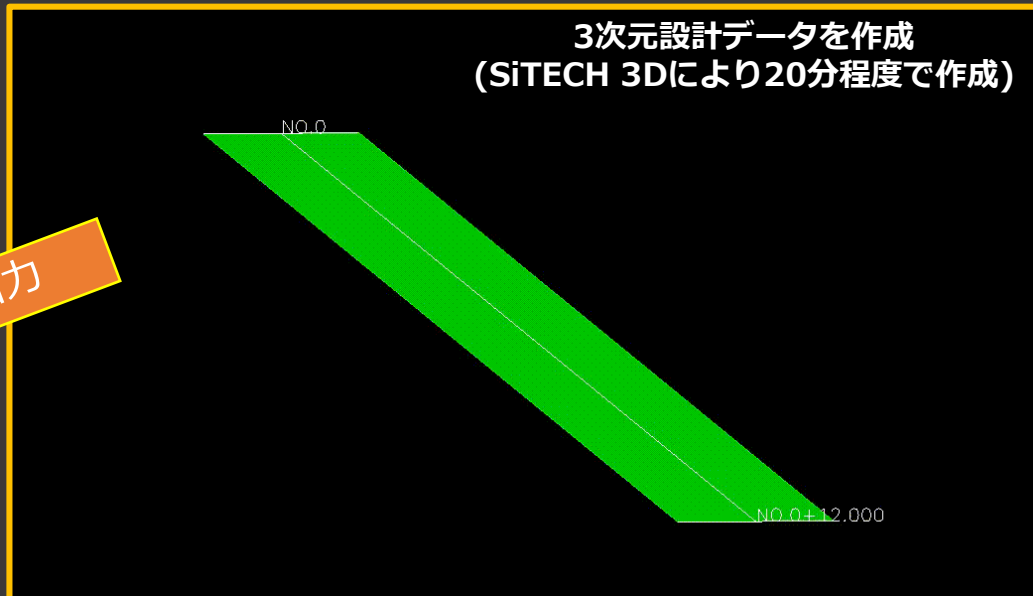


作業土工の設計データでICTを日常的に活用

構造物の作業土工を3次元設計データ化し、MGバックホウにより床掘作業を実施。



バックホウへ出力



床掘完了



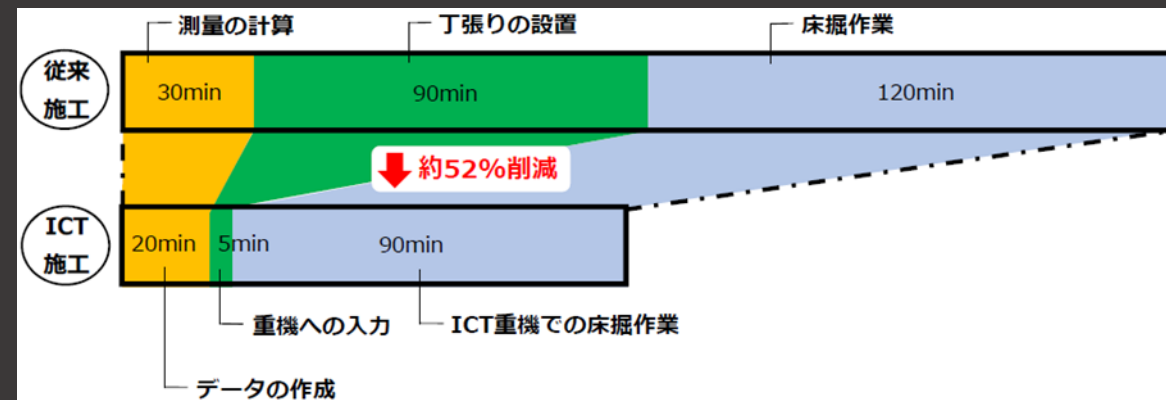
従来のICT土工と同じく、
モニターに映し出される電子丁張にて床掘を実施

強みは測量作業の短縮

『たかが床掘、されど床掘。』
作業土工は目的構造物ではないが、地味に時間の掛かる測量作業は必要不可欠である。

どんなに簡単な場合でも、測量の準備計算～丁張りの設置までには最低でも2時間程度の時間を要する。

ICT建設機械の利用を視野に入れば、3次元設計データの作成のみ(最短25分程度)の準備で作業土工の実施が可能に！



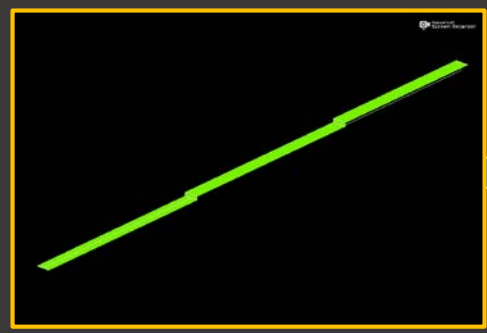
サイテック
SiTECH 3D

『SiTECH 3D』
により
3次元設計データ
を作成

鋼矢板圧入部の床掘



重力式擁壁の床掘



3次元設計データを土工以外でも

3次元設計データ作成ソフトを使用し構造物の測量も容易に！
道路改良工事では様々な構造物に対して、測量作業の飛躍的なスピードUPを図ることができた。



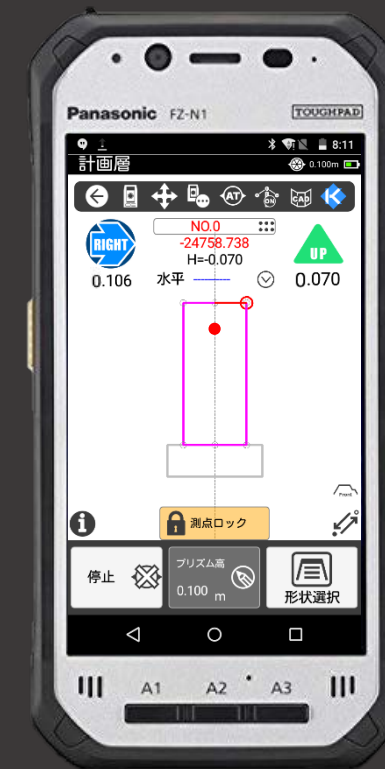
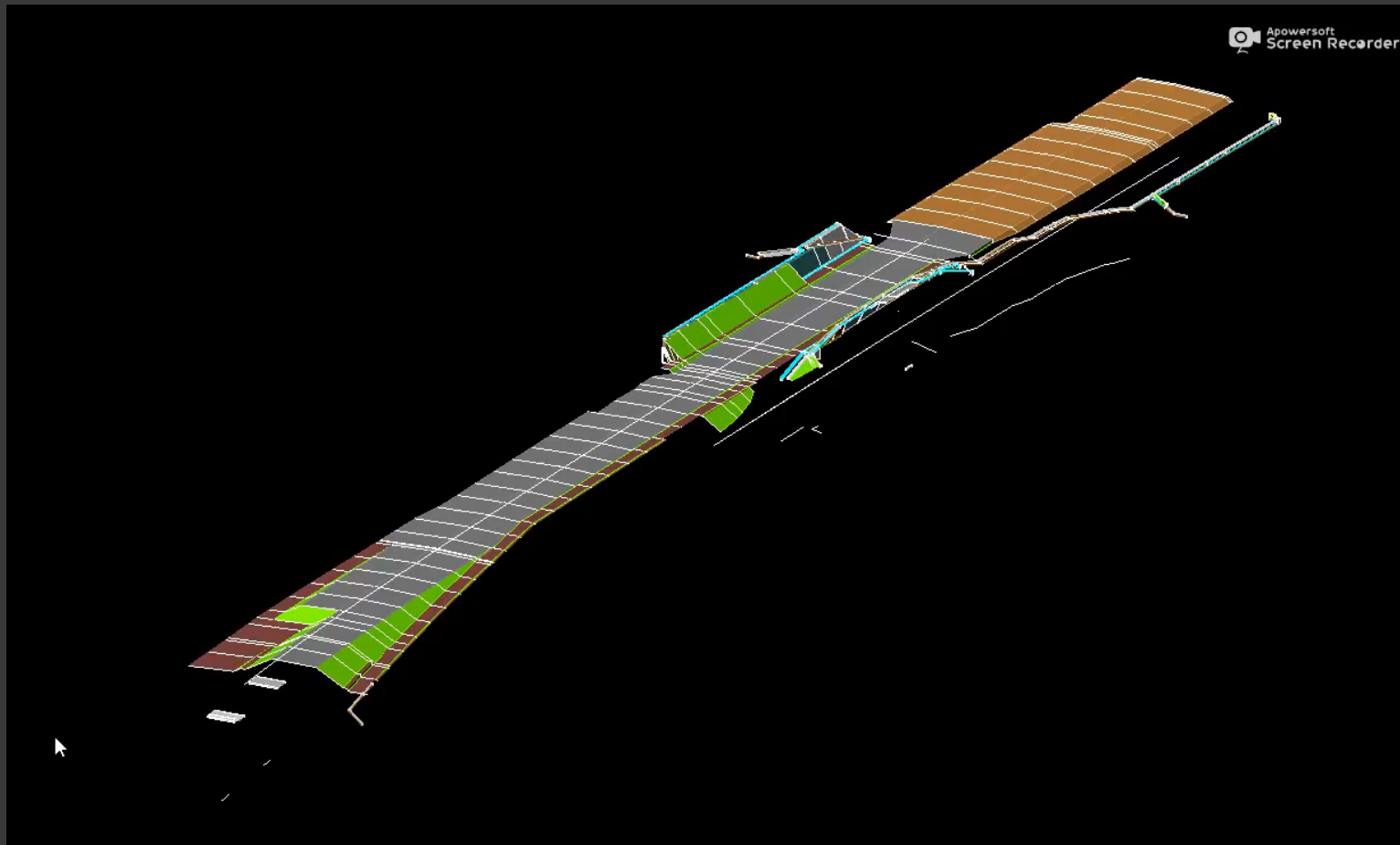
自動追尾型光波



光波操作携帯端末
及びアプリ



3次元設計データ
作成ソフト



ICT勉強会の実施

社外での講習会参加に加え、社内での勉強会を積極的に実施。
また、現場が中心となったICT勉強会開催や外部の講習会へ講師として登壇。



3次元設計データ作成講習会（社内）



i-Conセミナーに講師として登壇（高知県主催）



自動追尾型光波活用講習会（社内）



ICT勉強会の開催

3Dモデル・VRを活用した現場施工への取組み



※ 3Dモデル+3次元点群データ：平成29-30年度 高須高架橋下部第1工事

国土交通省では【CIM】導入・推進にあたり、平成29年度からガイドラインが整備され、今後においては本格的に2Dから3Dへ展開されていくと思われる。

当社においても、これまでのICT施工と併せ3Dモデルをいち早く取入れ、生産性向上に向けた取組を行っている。

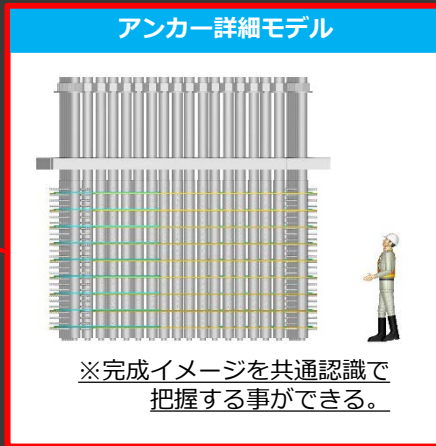
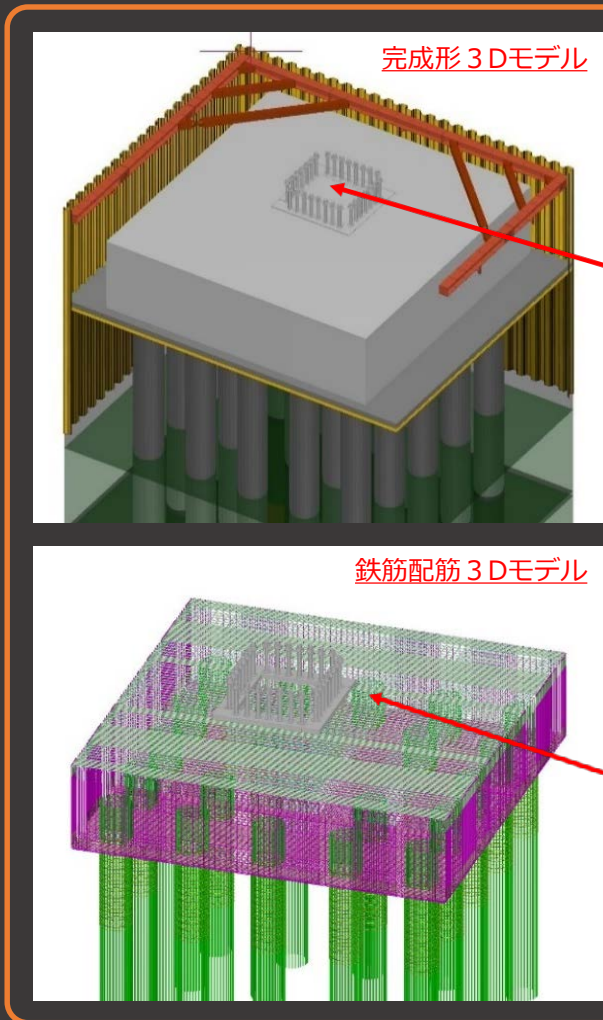
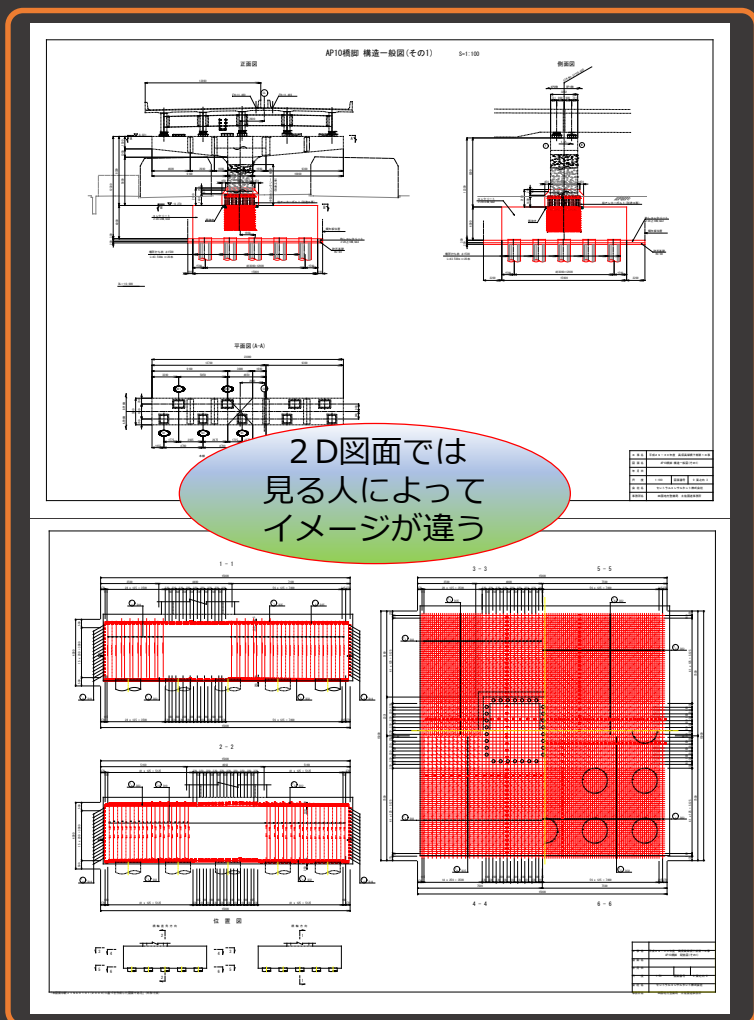
CIM導入により期待される効果

- ①情報の利活用(設計の可視化)
- ②設計の最適化(整合性の確保)
- ③施工の高度化(情報化施工)、判断の迅速化
- ④維持管理の効率化、高度化
- ⑤構造物情報の一元化、統合化
- ⑥環境性能評価、構造解析等

① 3Dモデルの効果活用

従来の2D図面では確認しづらい詳細箇所など、3Dモデルを活用する事により事前に**問題点**を把握し検討・対策を行うことができるため、**効率的**に現場作業を進める事ができる。

また若手技術者では2D図面から完成形をイメージする事が非常に難しく、工事途中での認識違いによるトラブル等があったが、3Dモデルでは**若手・ベテラン共通認識**で施工を進める事ができる。



②若手技術者・学生などへのVRの活用

当社が導入している「TREND-CORE VR」では、作成した3Dモデルから閲覧可能なVRへと変換することができ、現場の進捗状況に合わせた施工イメージを疑似体験することが可能。
実際、現場未経験の新入社員に対する安全教育や、学生や一般の方々への現場見学会など様々な場所で活用している。



VRを使った新入社員・若手技能への安全教育



現場見学時でのVR活用状況



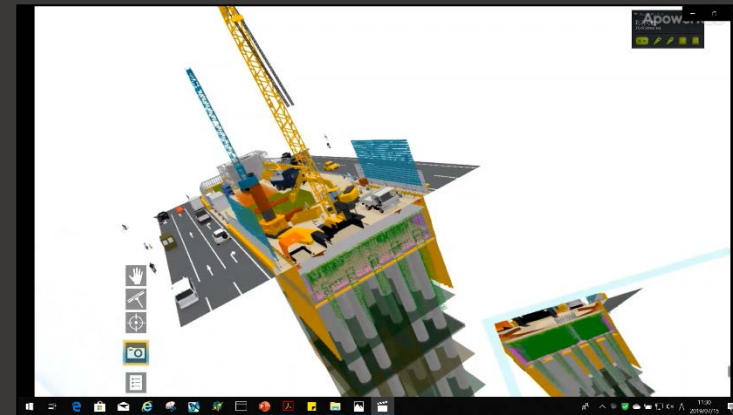
③検査時におけるVRの活用

完成検査時に3Dモデル・VRを活用して現場条件や各構造について具体的にイメージしてもらうことで、その後の書類検査においてより効率的に現場情報を把握することが可能となり、特に遠隔地や点在した施工箇所の状況把握には十分活用効果がある。

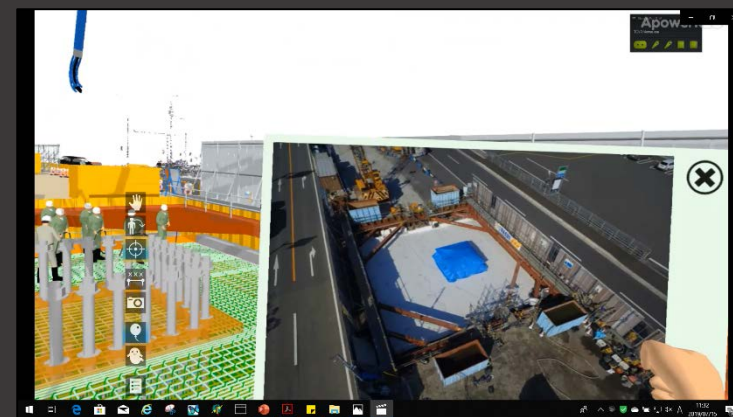
VRを活用した技術検査実施状況



模型モデルによる確認状況（隣接工事との状況把握、構造断面の確認など）



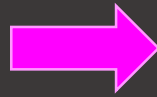
各工種での施工状況把握（現場打ち杭施工時、コンクリート打設時）



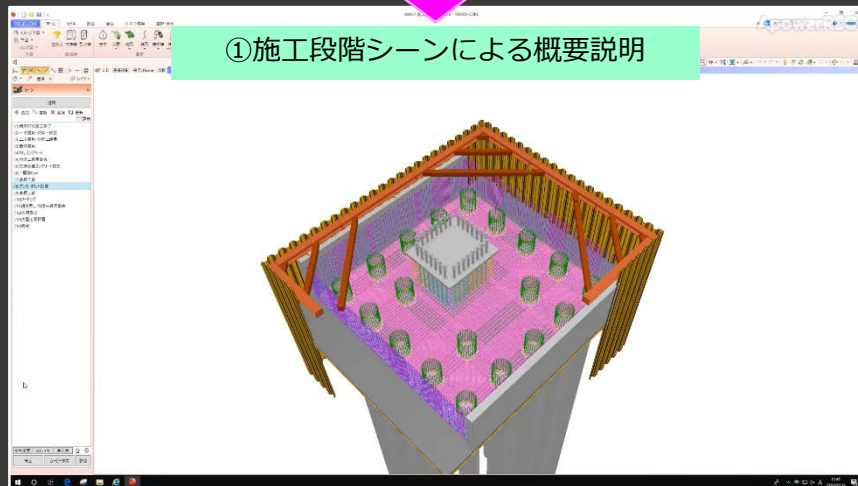
④ 検査時における 3 Dモデルの活用

作成した 3 Dモデルに出来形・品質・工程などの属性を付与することにより、これまでの検査に比べ各種情報を一元化して確認することができ、検査時間の短縮とスムーズな検査進行が図れる。

3 Dモデルを活用した技術検査実施状況



① 施工段階シーンによる概要説明



② 現場施工時の安全対策実施状況（動画）



③ リンク付けにより各構造の出来形・品質等の確認



i-Construction大賞 受賞!

令和元年度 i-Construction大賞を受賞致しました!
今後ともICTの普及に積極的に取り組んで参ります。

9.平成29-30年度 もちいし 用石堤防漏水対策(その2)工事 国土交通省

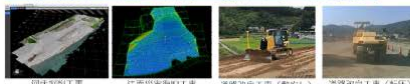
推薦者	四国地方整備局
発注者	四国地方整備局 高知河川国道事務所
業者名	福留開発 株式会社
工期	2018年03月27日～2019年03月29日
施工場所	高知県土佐市、高知県吾川郡いの町
請負金額	199,972,800円

【工事・業務概要】

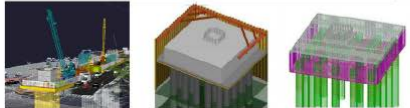
本工事は1級河川仁淀川の用石地先において、既存堤防の漏水対策工事を実施したものである。

- ・河川土工1式 (盛土工2,200m³、法面整形工1,410m³)
- ・矢板護岸工1式 ・法覆護岸工1式 (平ブロック張1,247m²、張コンクリート589m²)

積極的にICT施工に挑戦 → 技術・ノウハウの蓄積



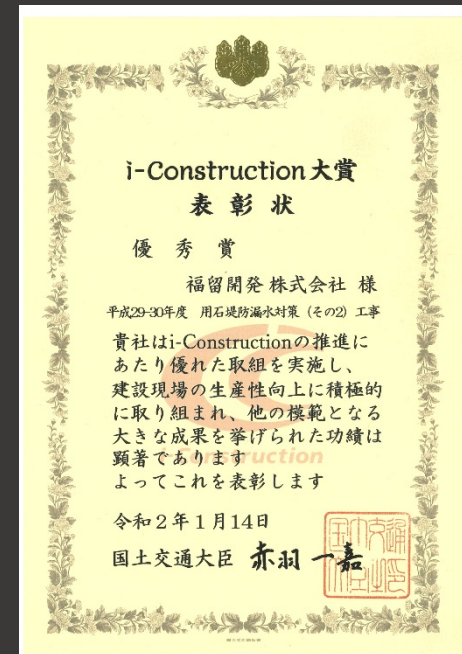
直轄工事11件、県工事1件のICT活用工事を実施
【現場を3Dモデル化】



【VRを用いた技術継承・現場内でのイメージ共有】



- 全面的ICT施工を完全内製化、大幅な生産性向上(30%超)を実現。全面的ICT活用工事以外でも部分的にICT活用を取り入れ、従来工法との融合で生産性向上を実現。県下に先駆けて女性を含む若手技術者を中心にi-Con推進チームを結成。社内で独自のICT施工マニュアルを作成し、チームがICT工事の各現場をサポートする体制を確立。リーダーの若手女性技術者は仕事と家庭の両立を実現。
- ドローンやレーザースキャナ、3次元ソフト等、得意とする自由な組み合わせで最善のICT施工を実現。
- 土佐国道事務所や高知河川国道事務所、高知県土木部技術管理課、高知県建設業協会が主催する各種i-Con講習会、セミナーに講師として複数回登壇。自社の幅広いICT活用の実績について、取組事例(課題や克服事例含む)を広く紹介。またYDN(やんちゃな土木ネットワーク)会員として地元高知で全国のメンバーを招集し勉強会を開催。



i-Con大賞授賞式 (令和2年1月14日)