

高速道路の建設における事例紹介

ICTをフル活用し受発注者が協調して 工事管理の効率化・高度化を目指す

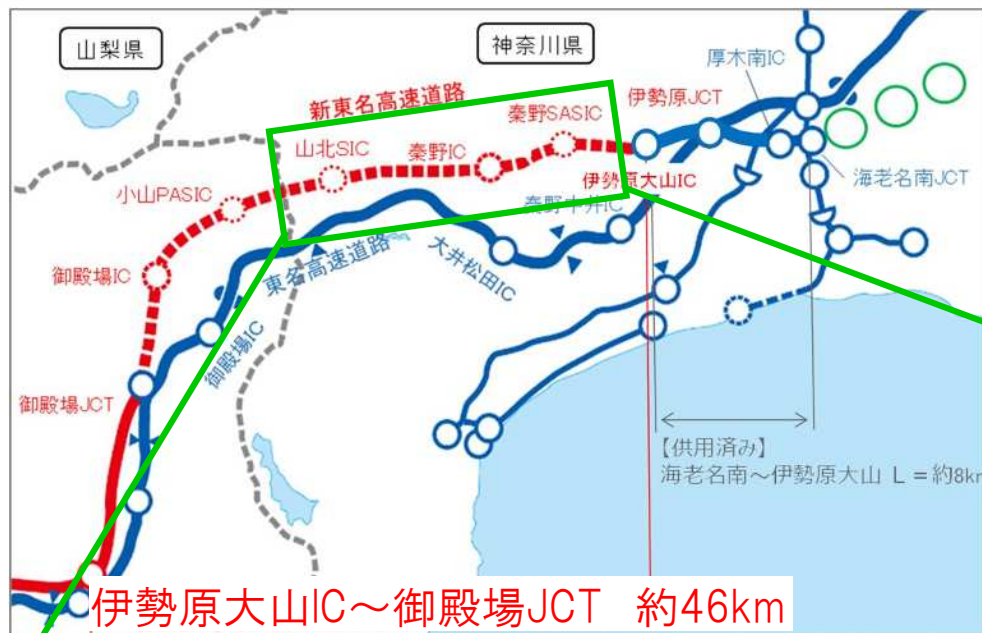
—新東名高速道路 川西工事—

令和3年3月24日

中日本高速道路(株)

中村 洋丈

新東名事業と秦野(工)所掌

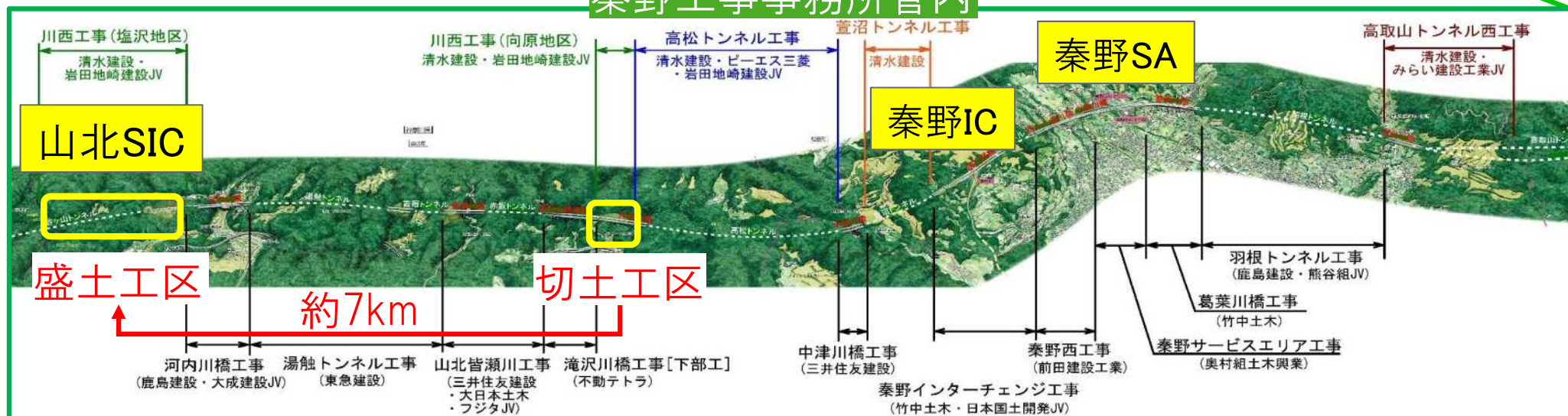


新東名高速道路
(伊勢原市境～静岡県境)
L=23.9km

- ・伊勢原大山IC～秦野IC
2021年度開通目標
- ・秦野IC～御殿場IC
2023年度開通目標

	新東名 秦野(工) 所掌区間	現東名 供用区間 (厚木～ 御殿場)
土工	24% 5.7km	80% 38.7km
橋梁	17% 4.0km	16% 7.9km
トンネル	59% 14.2km	4% 2.0km
計	100% 23.9km	100% 48.6km

秦野工事事務所管内





3次元設計データ



- [大規模盛土の課題]
- ✓ 広大な工事現場の可視化
 - ✓ 大規模施工における盛土施工の効率化
 - ✓ 盛土の土量管理
 - ✓ 盛土材料のトレサビリティ

本工事のICTを活用は、単に土工工事の出来形や施工管理であるICT 土工という枠組みのみならず
ICTをフル活用して工事管理や工事に関する受発注者間のやりとりを効率化・高度化することを目指す

ICTフル活用 『6つのチャレンジ』



ICT をフル活用して工事
管理の効率化・高度化を
目指す「6つのチャレンジ」



受発注者間のやりとりを効率化

- ① ICTフル活用のための実施体制
- ② 3次元データによる現場の可視化
- ③ 現場管理の効率化・高度化
- ④ コミュニケーションツールとしての活用
- ⑤ 受発注者間の情報共有と実施環境の構築
- ⑥ 建設から保全へ～維持管理における活用

『6つのチャレンジ』 取り組み項目

①ICTフル活用のための実施体制

- 1) NEXCO 実施体制: モデル工事: 事務所 ✕ 支社 ✕ 本社 (技術基準、情報システム)
- 2) 受注者実施体制: **DXチーム**: ICT専門(窓口) ✕ 本社 ✕ 協力会社 ✕ ベンダー

②3次元データによる現場の可視化

- 3) 3次元測量: 起工測量⇒**專業者(TLSとUAV測量を組合せ)**、**出来高・土量管理⇒内製化**
- 4) **3次元設計データ作成**: 受注者の本社専門部署の全面支援
- 5) 設計細部の検討: 土工と構造物の取合などの**工事細部**が明確⇒不具合に早期対応
- 6) 施工方法の検討: ベルコン架設・狹隘部の施工検討⇒**遠隔参加型VR施工検討**

③現場管理の効率化・高度化

- 7) ICT 建機、土量管理: **土運搬管理システム**を導入、協力業者が**自らUAV測量⇒webで共有**
- 8) 検査、納品: **遠隔立会、3次元数量計算、ヒートマップ**、BIM360クラウド納品

④コミュニケーションツールとしての活用

- 9) **協議や地元説明**: ARや動画作成⇒地元説明会、合流部に視認距離の検討⇒警察協議
- 10) **現場案内や研修**: AR案内、VR案内⇒現場案内・VRインターン ⇒本社土工研修

⑤受発注者間の情報共有と実施環境の構築

- 11) 情報共有: BIM360Docs受発注者の**クラウドスペース活用**⇒図面、通常業務のやりとり
- 12) 実施環境の構築: 詰所でテレワーク、事務所PC⇔受注者本社とテレビ会議

⑥建設から保全へ～維持管理における活用

- 13) **BIM/CIM構築**: 対象構造物の選定や、作りこみ精度、排水系統もモデル化
- 14) **施工履歴データ**: 盛土材料のトレーサビリティ⇒正立方体(VOXEL)に施工情報



- **NEXCO 実施体制** : 事務所、支社及び本社の**技術基準、技術管理、情報システム部署**と協同
 - ⇒ ICT活用を計画、実施、評価する体制を構築
 - ⇒ 本工事はICTやBIM/CIMを含めた生産性向上の取り組みを促進する**モデル工事**として位置づけ

- **受注者実施体制** : 現場事務所に**ICT専門職員を3名配置**、関係者の多いICT体制の全体統括
 - ⇒ NEXCO工事区との窓口となり実際に利用する現場側の課題に即応
 - ⇒ **本社BIM/CIM専門部署**が3次元設計データの構築や、BIM/CIM活用法の提案や具現化
 - ⇒ 上記体制を核として本工事に関わるICTシステムの**ベンダーも含めたDXチーム**を構成
 - ⇒ 工事管理ワークフロー間の引き継ぎや抜け目ないシステム改善に対応

簡易・小型
↑
手間・大型

UAV+クラウド連動⇒JV



RTK-GNSS付 UAV⇒協力会社



TLS(レーザースキャナー)
⇒JV



大型UAV⇒協力会社
UAVレーザー⇒協力会社



固定翼UAV⇒専門業者



種類	精度	点群密度
出来形	5cm (TLS:2cm)	1点/1m ² (1m × 1m)
起工 測量	10cm	1点/0.25m ² (0.5m × 0.5m)
部分払 出来高	20cm	1点/0.25m ² (0.5m × 0.5m)

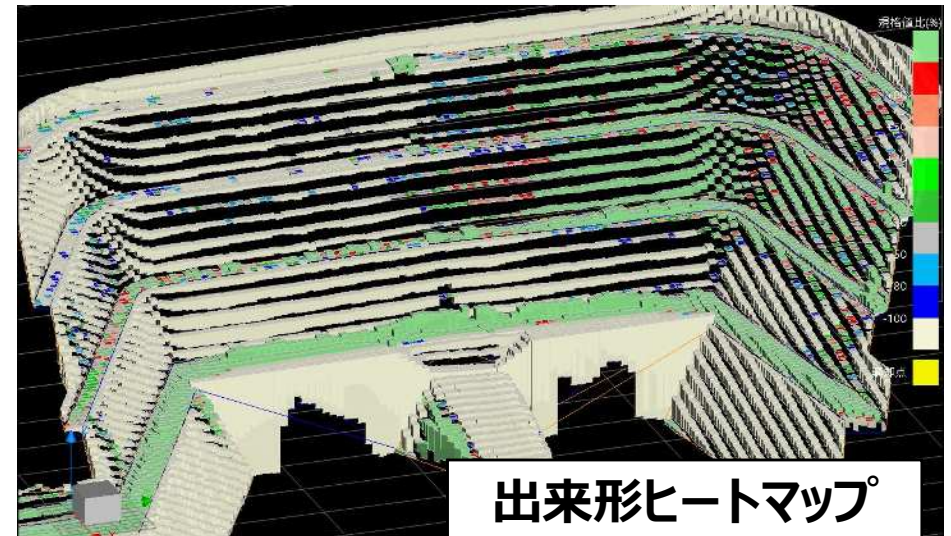
精度やや低い

精度高い

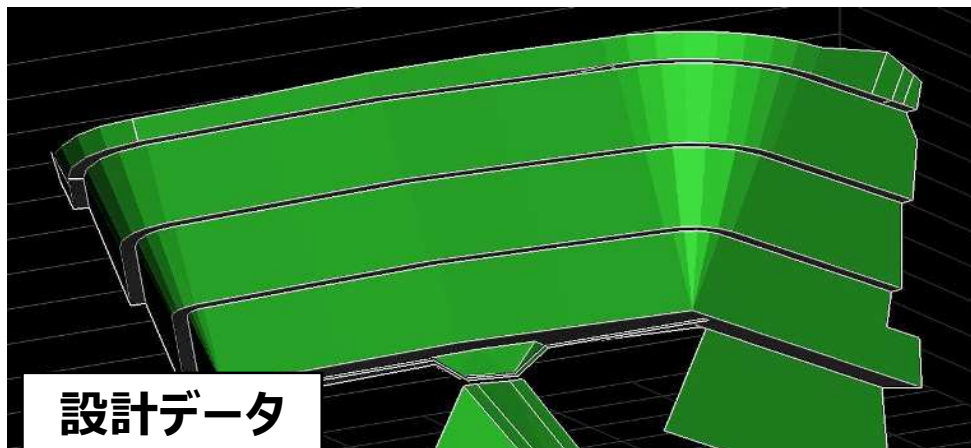
土工出来形はヒートマップ調書



出来形点群



出来形ヒートマップ
(参考)



設計データ



出来形帳票出力
(参考)

- ◆ 従来の施工管理員による法肩の基準高等の立会検査から3次元出来形調書の提出に変更(ただし、全ての3次元情報が表示される)

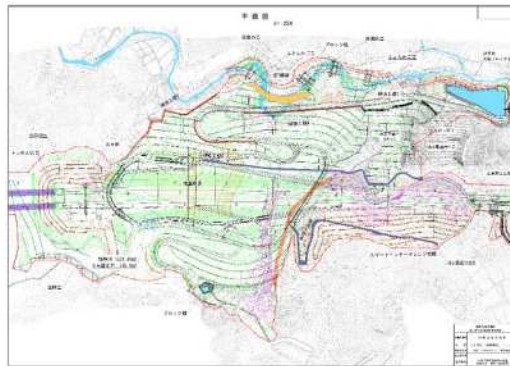
3次元設計データは2次元図面から作成

■当初契約時の2次元図面から3次元図面作成

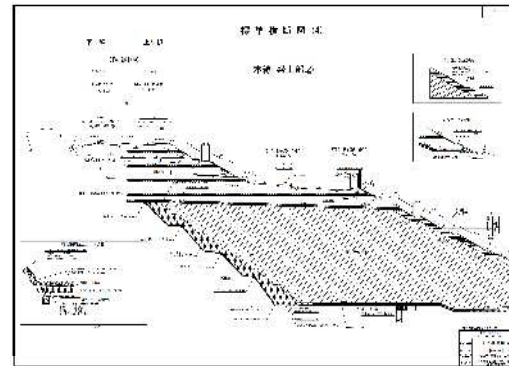
◆ 3次元化により事前に設計照査
・設計検討が可能となる

◆ 設計数量算出

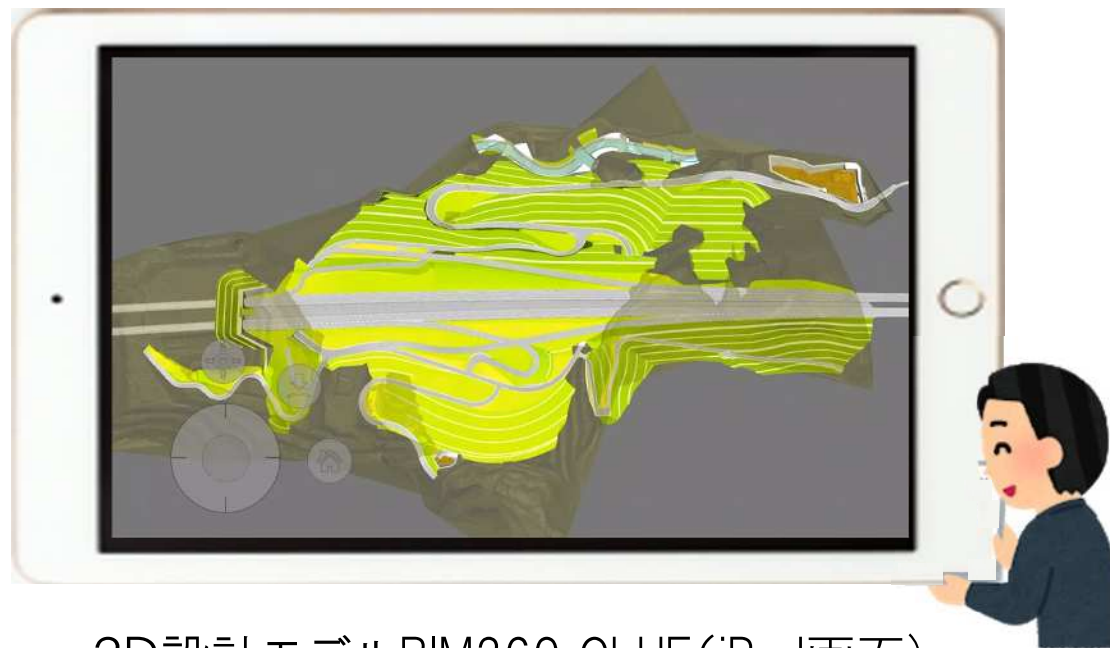
⇒ 詳細な3次元モデルの構築



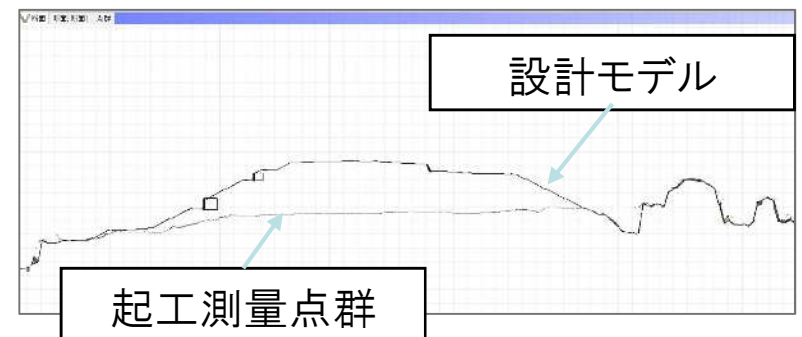
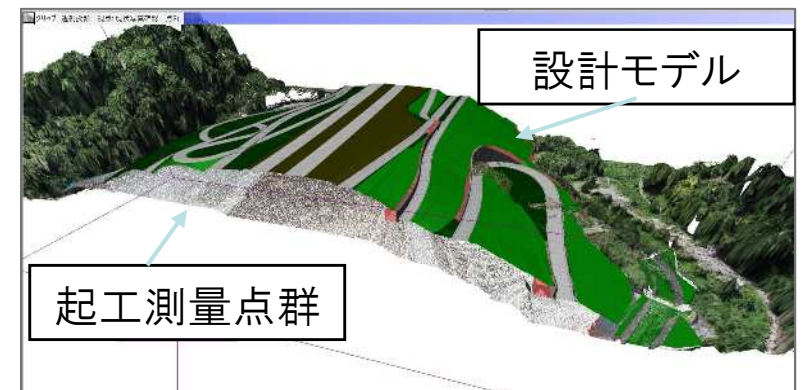
平面図



横断面図(本線20m毎)

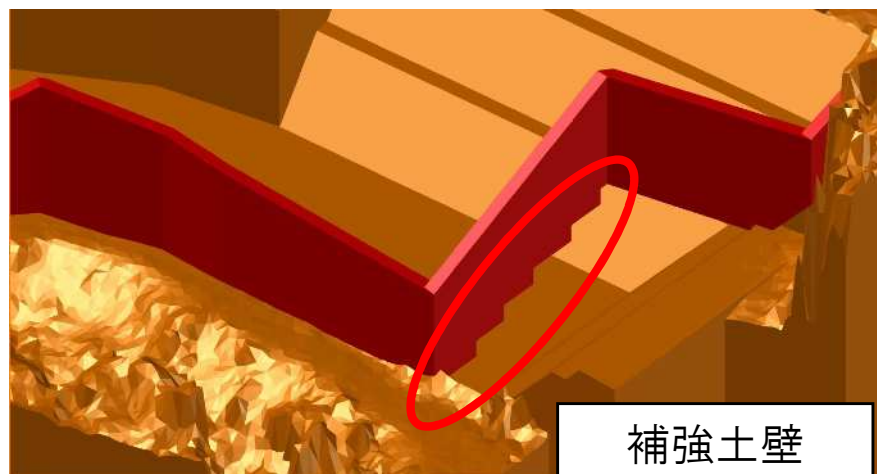


3D設計モデルBIM360 GLUE (iPad画面)

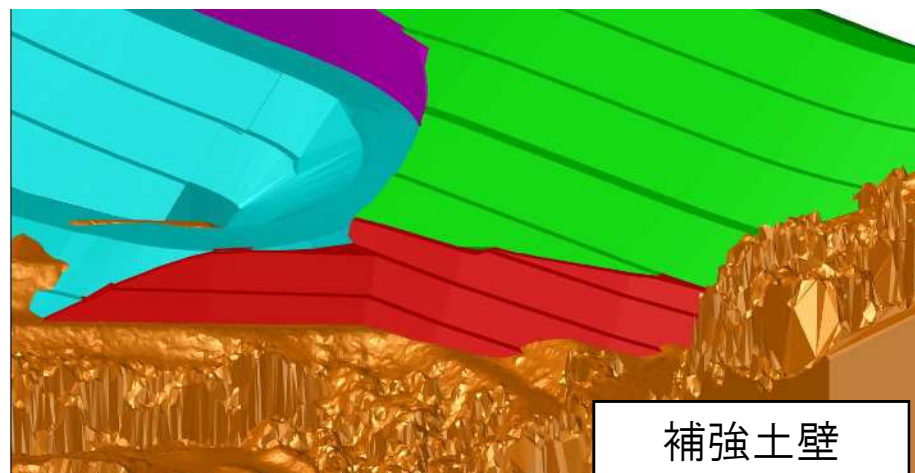


補強土壁と地山・境界の細部検討

- ◆ 用地条件や地形形状を考慮して、実施工に近い設計が可能となる
- ◆ 打合せでの受発注者間のイメージの共有が可能となる



当初図面を3DCADを用いて照査



3DCADを用いて構造物形状を設計

- 施工を考慮した設計照査をしたところ、地形形状と合わないことが分かった
→ 地形形状を考慮すると壁高20m級となり、設計要領の基準を満たさない



- 形状を一から変更。ドローンで取得した地形形状の点群を用いて、最適な形状を3DCADを用いて設計を行った

協力会社がパイロット道路の3次元計画検討

1次協力会社(重機土工:丸磯建設)自ら、UAVを保有、測量し、点群データ、3次元施工データから施工計画立案 ⇒ **これまで6日⇒1日で完了**

- 丸磯建設(1次:重機土工)が、UAVで現況点群を取得し、TREND製品(福井コンピュータ社製)で、最適なパイロット道路の3D検討を実施
- 3Dモデルで作成されたパイロット道路の施工数量は、3次元データで算出
- 3Dパイロット道路はLand-XMLデータに出力し、MGバックホウに取り込み、丁張りレスで施工を行う

全体平面図

- ①: 防炎沈砂池1号
- ②: 仮設道路①
- ③: 仮設道路②
- ④: 土側溝部北面整正
- ⑤: 防炎沈砂池2号
- ⑥: 仮設道路③
- ⑦: 土側溝



3. 仮設道路②

No.29 ~ No.60	使用機械	BH1 0.8㎡ MG仕様	が用日数: 12日
延長: 1,192m	道路掘削、掘削、整形、抑上、運搬	BH 0.8㎡ プレーカー	
切上量: 6,165㎡		AT 40t x 2台	
盛土量: 329㎡		BD 42t ロッパ	
		法面: 1,629㎡	



パイロット道路計画(丸磯建設)

東名まで約70cm、遠隔参加型VR施工検討

従来では、

- 2次元資料を用いて検討会⇒「施工イメージの乖離」・「リスク抽出の漏れ」の可能性
- 関係者が集まって、現地で検討会を実施⇒「詳細なスケジュール調整」が必要



3次元施工シミュレーション

+

VRネットワークシステム

- 受発注者・協力業者が、「施工イメージの共有」・「詳細なリスクの洗い出し」
- 遠隔地から「他現場の同工事の経験者」が検討会に参加可能

東名高速の上下線間の狭小ヤードでクレーン架設。東名から約70cmの離隔



現場状況（高速道路橋梁）



TLSで点群データ取得



3次元モデル（ベルコン架設作業のモデル化）



3次元施工シミュレーション

他現場の経験者がアバター参加で安全指導

- ▶ 遠隔地から複数のユーザーが、一つのVR空間に同時に没入する機能
- ▶ VRモデル内に図面や360°カメラのデータを格納でき、リアルな現場状況を確認することが可能

JV事務所



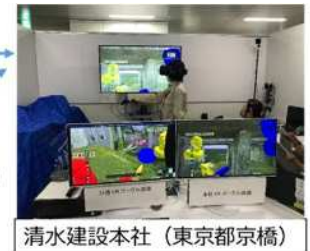
距離約90km

距離約90km

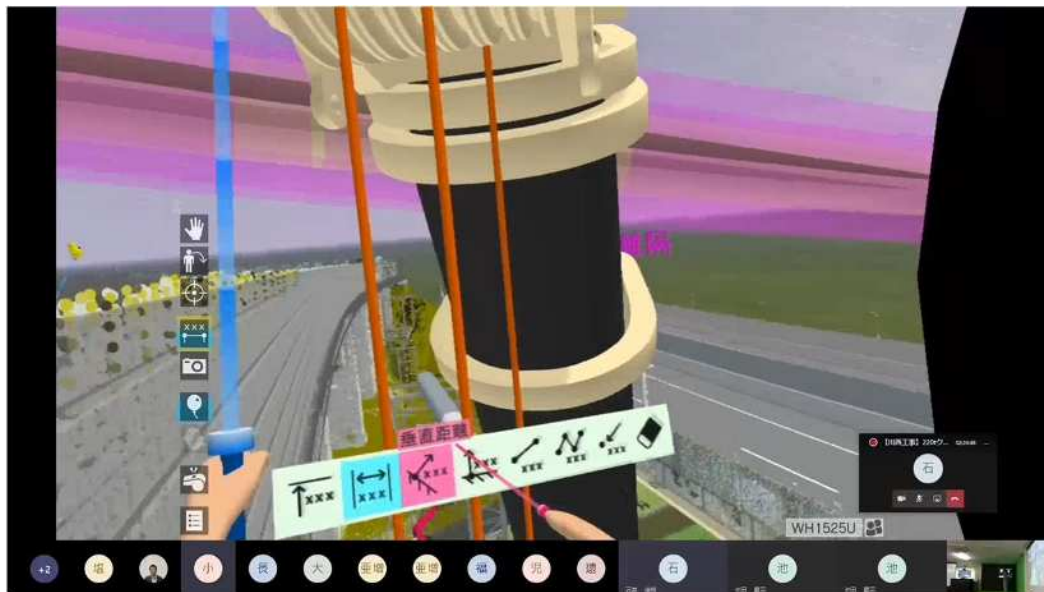


距離約25km

本社



経験者のいる他現場



VR空間で経験者が現場指導



実際の施工状況



現場事務所・詰所のパソコンで
盛土エリアの設定・重機にデータ転送



MG・MCブルドーザ
(4台・1台)

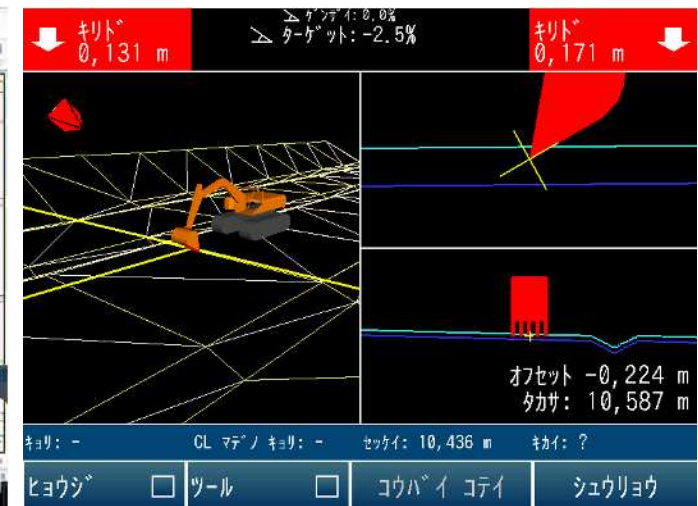
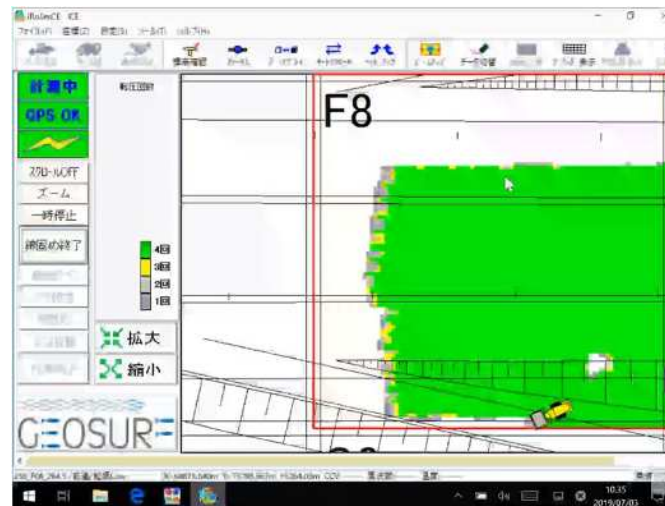
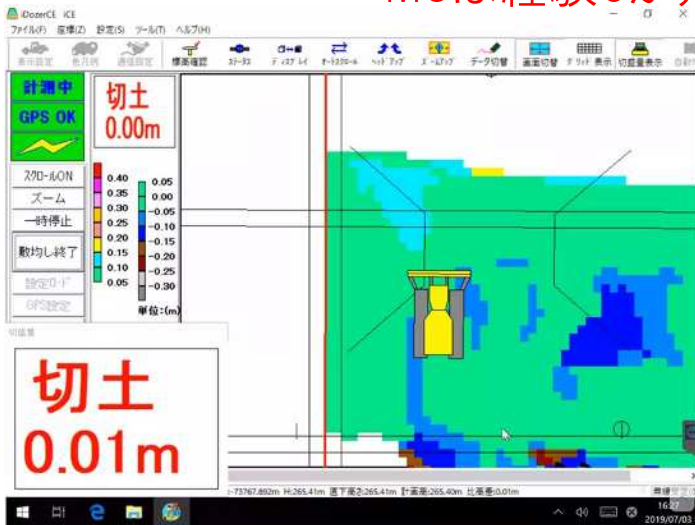


MG振動ローラ
(2台)



MGバックホウ

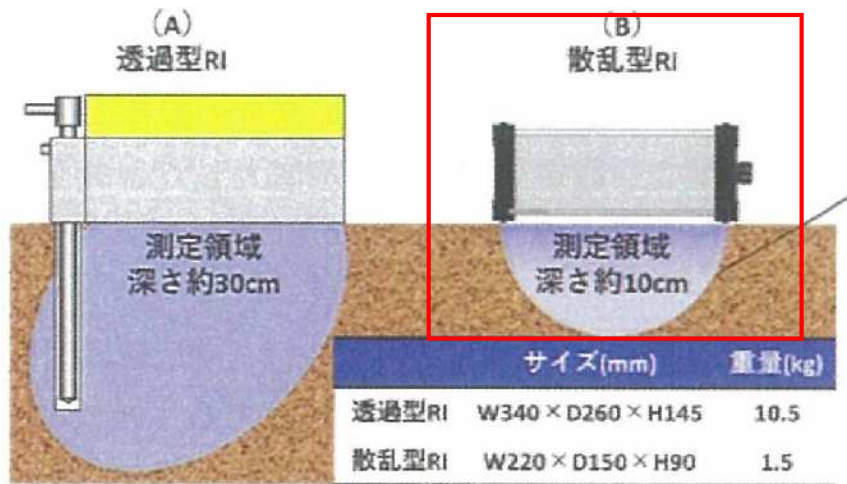
MCは経験6か月オペ



丁張レスによる省人化・測量作業員なしによる安全対策

材料の違いを簡易RI水分計で即時に把握

- GNSS転圧管理では、土質性状や変化有無を確認するため含水比を測定
 ⇒ 含水比のみを簡易的に確認できる方法 ※普通のRIのように密度を測定する必要はない
 ※含水比は基準値ではないので、性状確認できる精度があればよい。
 ⇒ 簡易散乱型RI水分計の利用 ※即時測定可能、1点45秒、重さ2kg



JV直営ドローン週1回、工事状況のWeb共有

- 受注者側（JV直営、1週間に1回程度）で飛ばしたドローン測量のデータがリアルタイムにクラウド上にアップロードされる
- 受発注者間の点群データをWEB上で共有できるツール
 - ※点群やオルソ画像作成は自動作成のため、受注者はUAVを飛ばすのみ（塩沢工区であれば約1時間程度、処理時間は5時間程度かかるが自動）
 - ※点群作成のための処理が点群の専用ソフトがいないため、だれでも利用可能

WEBブラウザで点群やオルソ画像を共有 土量計算や計測も可能

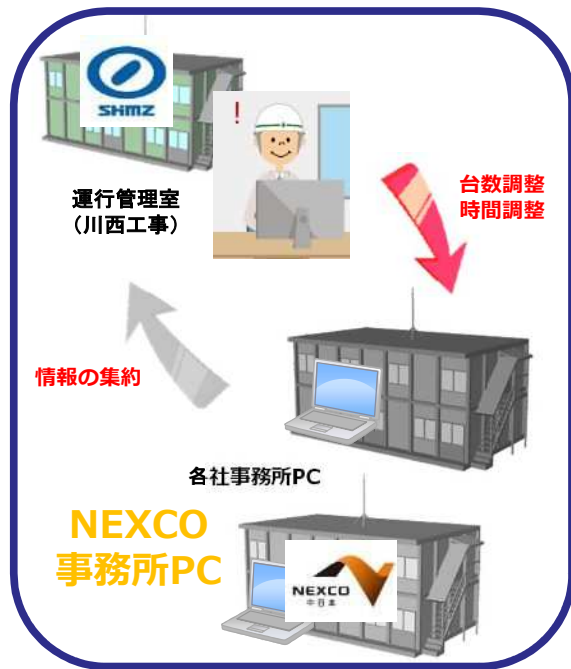
JV自らUAVを飛ばす



エッジボックスで自動的に点群形成

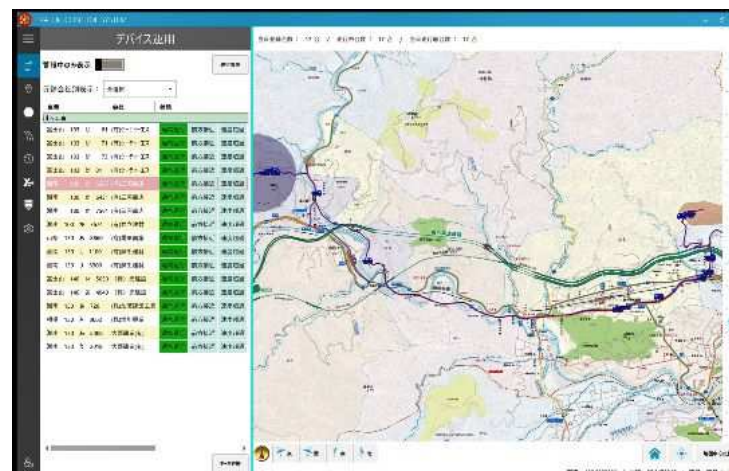


他5工事、約700台/日超のダンプ運行管理



- 他5工事からの土運搬の運行状況把握
- ダンプ1台1台にスマホを搭載し、GNSS位置情報によってダンプの位置や走行状態をリアルタイムで取得する。
- ダンプ位置により、走行状況の把握による安全管理を目的

土運搬管理システム 管理側PC画面



走行状態の把握

注意

- ・前車接近情報
- ・積込場満車状況

帳票

運行回数、警報回数などの出力

警報

- ・速度超過
- ・急加速
- ・急発進
- ・急ブレーキ
- ・ルート逸脱

トンネル遠隔立会検査 500件超の実施

発注者:現場までの移動時間の削減(往復2.0h)

受注者:データ管理・写真整理の簡略化、立会待ち時間の縮減



遠隔立会

坑内wifi

連絡には
Wow Talkも活用



【発注者画面】



【受注者画面】



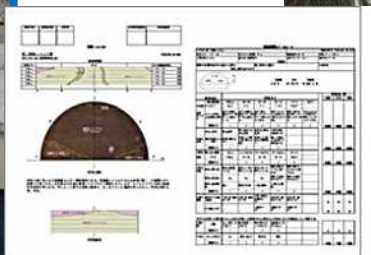
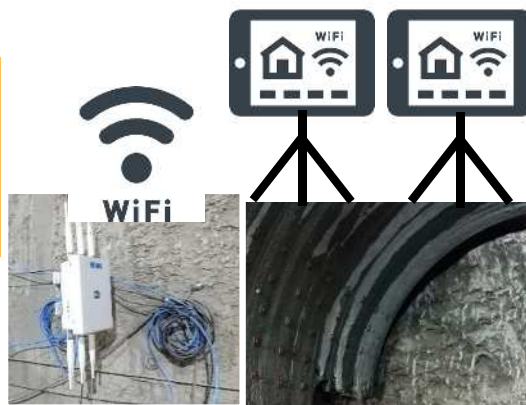
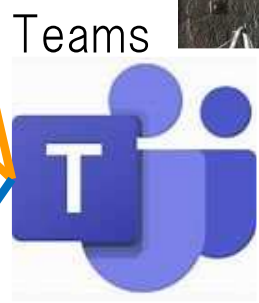
クラウド上にアップロード、帳票出力、写真閲覧
帳票はまとめて月1回、kcubeで提出

遠隔トンネル岩判定も試行導入



タブレット端末+Teams を利用した遠隔岩判

「近接用」と「全景用」の2台使用
※三脚で画面ぶれを防ぐ



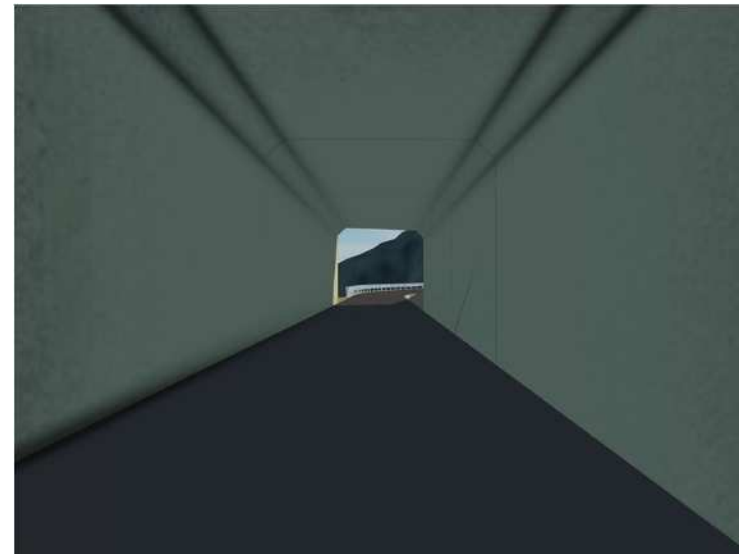
切羽観察はJV事務所から



ベルコンの本線から視点(高速隊・バス会社)



ベルコンの沿道状況(地元)



スマートICの複雑な形状⇒取り付けランプ合流部視距・ボックスからの視点(高速隊・県警協議)

「ICTを活用することによる安全性向上の取り組み」発注者と29件の工事関係者が参加
⇒本工事メンバーが講師となって3次元設計データ作成, UAV測量, 前述のVR施工
検討などの取り組みを説明





【やり取りするツール】

- ・メール ・電話
- ・大容量ファイル便
- ・Kcube ・紙資料
- ・CD・DVD

新たなツール
『BIM360docs』を
利用して効率化



※品質管理書類は
Kcubeでやり取りする

【やり取りするデータ・ファイル】

■ 工事予定

- ・工事立会検査
- ・工事予定表

■ 契約書類

- ・図面、契約図書

■ 3次元データ

- ・3次元設計データ
- ・点群データ
- ・出来形検査

■ 工事管理資料

- ・工法変更・新単価
- ・出来形部分検査(既済)

■ 情報共有

- ・現場視察予定
- ・地元説明会

NEXCOで工事PTを立上げ、利用者ID提供

C-NEXCO
BIM360

川西工事
プロジェクトファイル

川西工事、高松TN工事の
2工事で試行開始。松田工
事区は職員3名、施工管理
員9名が利用

01_契約図書

02_打合せ資料

03_3次元モデル

04_施工計画

05_工事記録写真

09_受注者用

001_契約書

002_特記仕様書

003_契約図面
dwg、pdfファイル

001_全体(統合)

002_土工

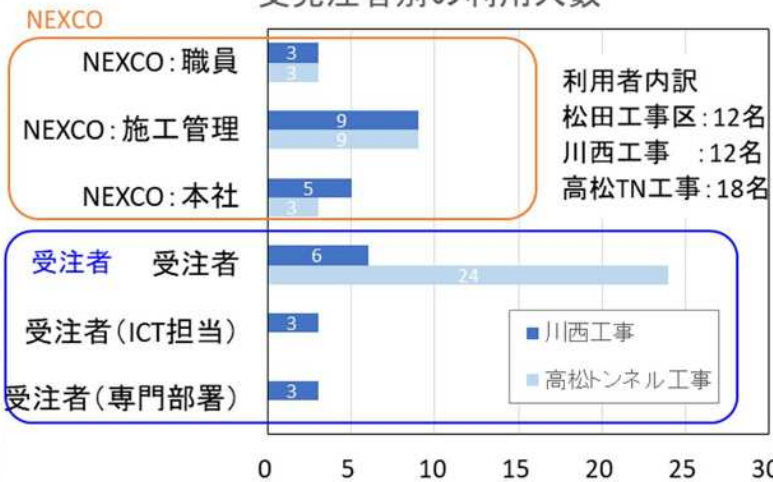
003_トンネル

004_擁壁

005_その他

※受注者のみアクセス可能
(監督員側は参照出来ない)
利用方法は自由

受発注者別の利用人数



高松トンネル工事
プロジェクトファイル

3次元設計データに対する課題を3つに絞り、**支社・本社の専門部署（技術基準、技術管理、情報システム）**ならびに受注者と協調しながら進めていく

①3次元設計図書（契約図書）

- 1) 現状、2次元図面（当初発注図）→**3次元図面**（ICT土工モデル）を作成済み
- 2) 構造物のモデル化の工程間を把握し、発注者側のニーズをもとに**詳細度の設定**
- 3) 契約図書として必要な**3次元図面の仕様**を明確にする

②3次元による数量算出

- 1) ICT土工以外で、擁壁や補強土壁などの構造物や用排水工などの数量算出について、**数量算出要領**に記載がない
- 2) 数量算出のモデル化の範囲は、**費用体効果や積算区分など考慮し決めていく**
例) 鉄筋やロックボルトなどの不可視部分はモデル化しない など…

③BIM/CIMの維持管理への活用

- 1) 維持管理のニーズを考慮して、**モデル化対象構造物の選定**を行う
- 2) 対象構造物の**詳細度の設定**
- 3) **属性情報**の内容や付与方法、**モデルの仕様・納品方法**など決める

3次元設計図書(契約図書)で契約する

構造物の詳細度の設定

- 1) 詳細度100~500まであり。すべてをフルスペックで作成するにはかなりの人員と期間を要するため、**構造物毎に詳細度を設定する必要がある**

詳細度	共通定義	工種別の定義	
		土工部(道路)のモデル化	サンプル
100	対象を記号や線、 単純な形状 でその位置を示したモデル。	対象位置や範囲を表現するモデル (道路) 線形路線を含まない概略の土工部のモデルのみ。道路地目も含まない。	
200	対象の 構造形式 が分かる程度のモデル。 標準横断で切土・盛土を表現、または各構造物一般図に示される標準横断面を対象範囲でスワイプさせて作成する程度の表現。	対象による概略の影響範囲が確認できる程度のモデル (道路) 計画道路の中心線から標準横断面でモデル化。地形情報に応じて盛土・切土もモデル化する。	
300	附帯工等の細部構造、接続部構造を除き、対象の 外形形状を正確に表現 したモデル。	一般部の土工部の影響範囲が確認できる程度のモデル (道路) 詳細度200に加えて、 <u>防護柵や常設排水口等といった細部部を含む十二部断面を設定し、地形情報に基づいた盛土・切土をモデル化する。</u> また、 <u>管渠構造のモデル化も行う。</u> <u>掘削面掘土といった大きな構造物に対しては、その形状を正確に表現し、土質を含めてモデル化。</u> <u>完成品に対しては正確な影響範囲が現況の地形と一致するようモデル化する。</u>	
400	詳細度300に加えて、 附帯工、接続構造 などの細部構造および配筋も含めて、 正確にモデル化 する。	詳細度300に加えて小構造物も含む全てをモデル化 (道路) 排水構造、安全施設、積荷固定システムなど各種構造物等の形状、配筋も含めて正確にモデル化する。	
500	対象の 現実の形状を正確に表現 したモデル	-	-

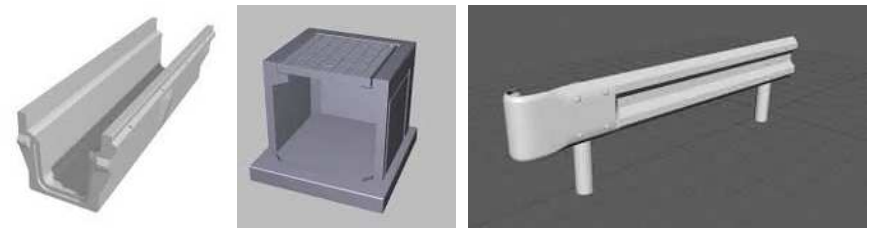
契約図書としての仕様

- 1) 3次元設計図書を**契約図書**として、扱うために必要な仕様を明確にする
- ・モデルに**契約項目ごとに属性を付与、契約項目ごとに数量算出、3次元モデルにするもの**としないもの(従来)との選別、**BIM/CIMに継承**できるモデル、**納品の仕方**

BIM/CIMを維持管理への引継ぎ活用する

モデル化対象構造物の選定

- 1) 維持管理に**必要となる構造物を選定**する
例) 用排水工やガードレールなど
 - ・見えなくなる**埋設物**(地下排水など)の可視化
 - ・土工から**舗装・施設に引き継げる**作りこみ※土工工事ではすべてを作れない・・・



対象構造物の詳細度の設定

- 1) 保全と協議を行い、**各対象構造物の詳細度を設定**する
- 2) 一律設定ではなく、**ニーズに応じて設定し、過度の作りこみを防止**する
 - ・どこに何があるのがわかればよく、ものの詳細な形は、2次元図面に飛ばす？



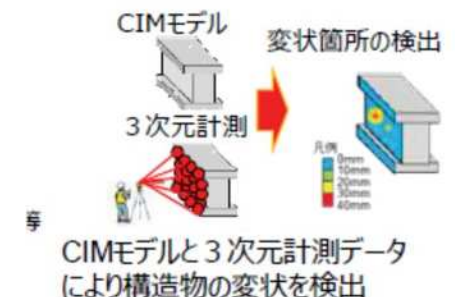
属性情報・納品モデルの仕様、方法

- 1) 属性情報として**付与する情報**を決める
- 2) 属性情報の**付与方法**
- 3) **納品モデルの仕様**
- 4) モデルの**納品方法**
 - ・品質管理の**情報をどこまで入れるか？**
 - ・将来は**点検データを入れられる**ような仕組み

●属性情報等の付与の方法



●維持管理の効率化



モデル作成

- 大規模かつ修正設計などがある工事なので、**モデル化のタイミング**が難しい
 - ⇒ある時期の確定資料を基にモデル化を行う
 - ⇒モデル化中に**修正・変更が発生すると、作成中モデルは不要**になってしまう
- モデル化**対象物の選定、詳細度の設定**が難しい
 - ⇒何までモデル化するか、どこまでモデル化するか、どれくらい細かく作るか
- **ファイルフォーマット**の選定が難しい
 - ⇒汎用性を持ったIFCやLandXML形式、モデリングしたアプリ形式(dwg、nwdなど)

属性情報

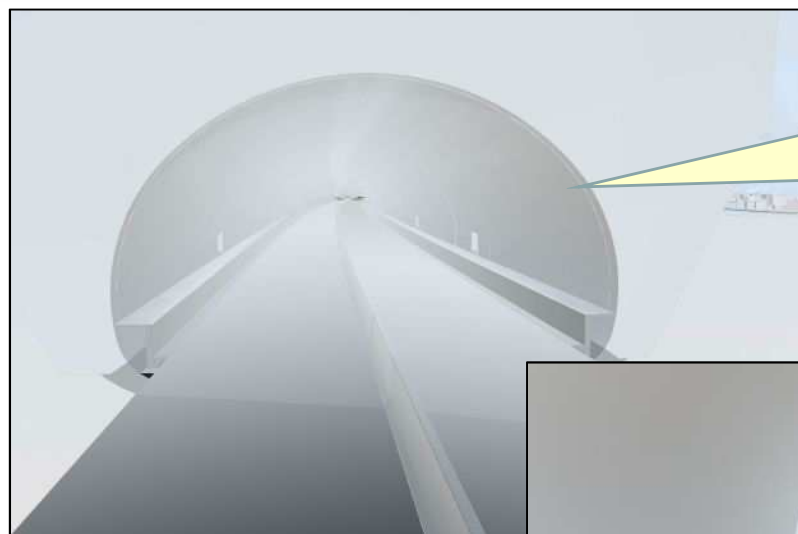
- **施工段階で付与する属性情報の選定**が難しい
- 全ての**施工情報を付与すると膨大な量**になる

「何のために使用するか」「誰が使用するか」の定義が重要

⇒前段の議論や方針の策定が必須。手戻りをなくすためにも

工事としてはここまで必要ないが、次の工事や将来維持管理のための作りこみが必要

トンネルを例にとっても、品質・出来形様々有

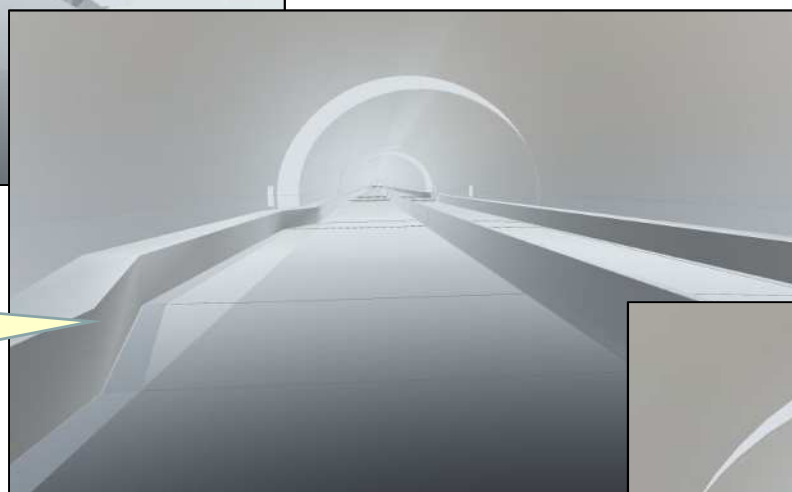


断面の形状・寸法
測点No
精度

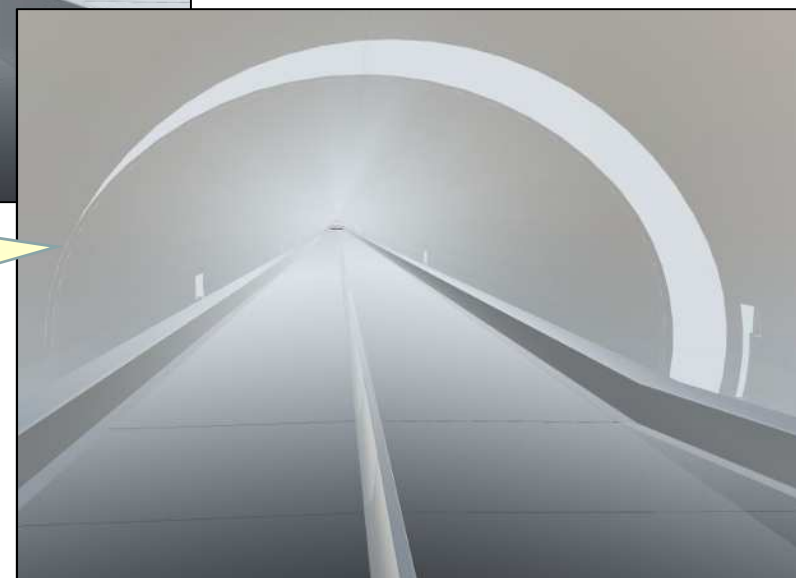
箱抜き仕様
形状・寸法



拡幅部の形状・寸法
使用材料情報



覆工割り
コンクリートの品質情報



「建設段階に必要なモデル・情報」とは？
「維持管理に必要なモデル・情報」とは？
「トンネル施設の情報とは？」

LCCを最小化した100年使える高速道路のためのBIM/CIM技術の活用とは？

各フェーズのモデリングと属性情報の選択

属性		測量、調査、計画・設計	→ 施工（着手前）	→ 施工（完成時）	→ 維持管理
地形データ（3次元）		●	●	●	●
詳細設計		●	●	●	●
部材情報	ID	●	●	●	●
	構造物名称	●	●	●	●
	打設名称	●	●	●	●
品質管理基準情報	設計基準強度	●	●	●	●
	コンクリート体積	●	●	●	●
基準点情報	計測日	●	●	●	●
	xyz座標	●	●	●	●
起工測量			●	●	●
細部の設計	配筋の詳細図		●	●	●
	現地取り付け		●	●	●
施工情報	位置			●	●
	規格			●	●
	数量			●	●
施工管理記録 （品質・出来形）	施工日			●	●
	コンクリート打設数量			●	●
	出来形検測			●	●
初期損傷の情報	記録日			●	●
	損傷内容			●	●
	対応内容			●	●
工事記録情報				●	●
点検・補修情報	記録日				●
	点検・補修内容				●

施工のためのモデル

・測量
・設計細部

・施工情報
・品質管理
・工事記録

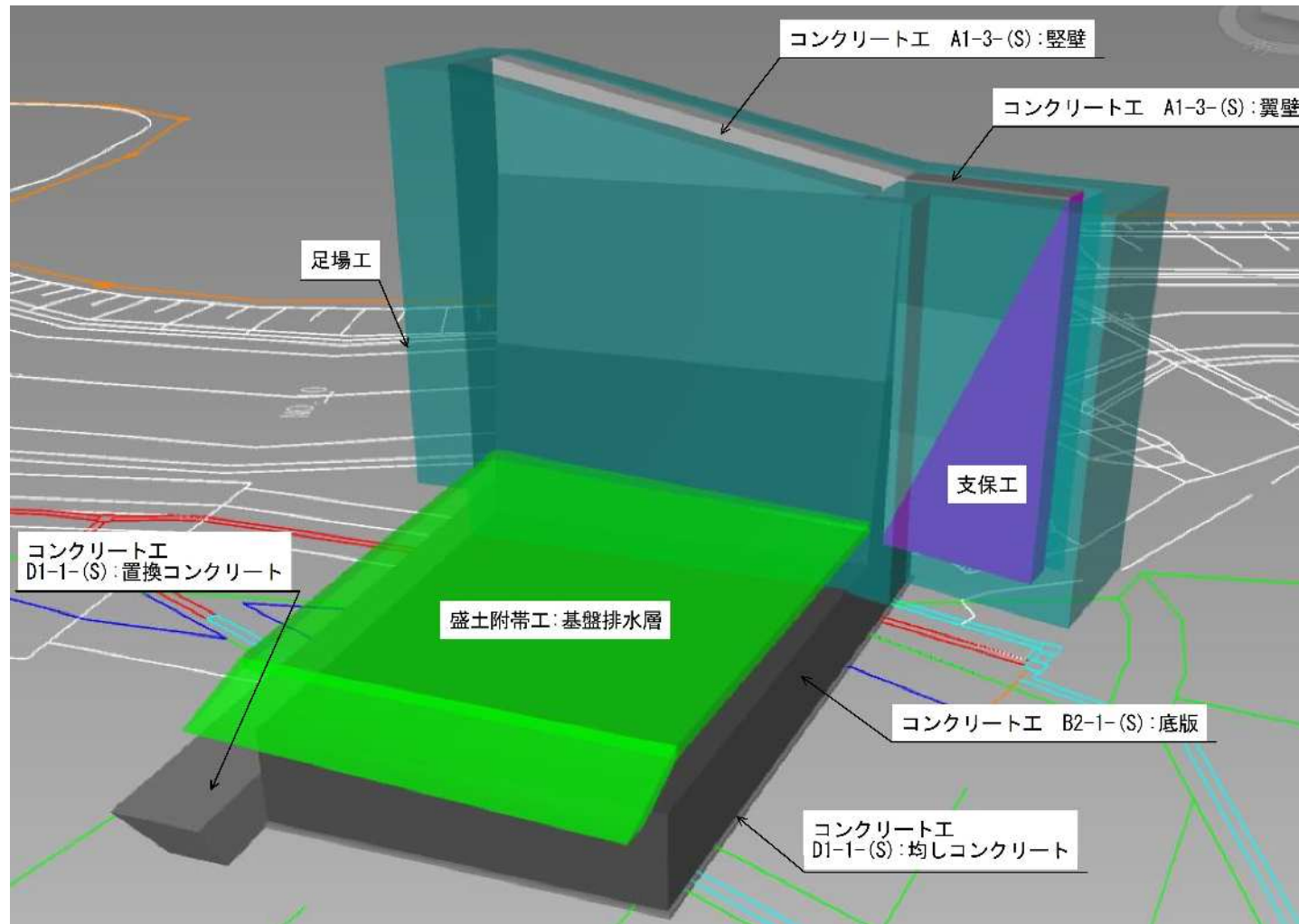
点検

維持管理でどこまで必要？

フェーズが進むと情報量も付加されていくが、維持管理段階で必要なものを選別

積算対応のモデルを実際に形にして議論

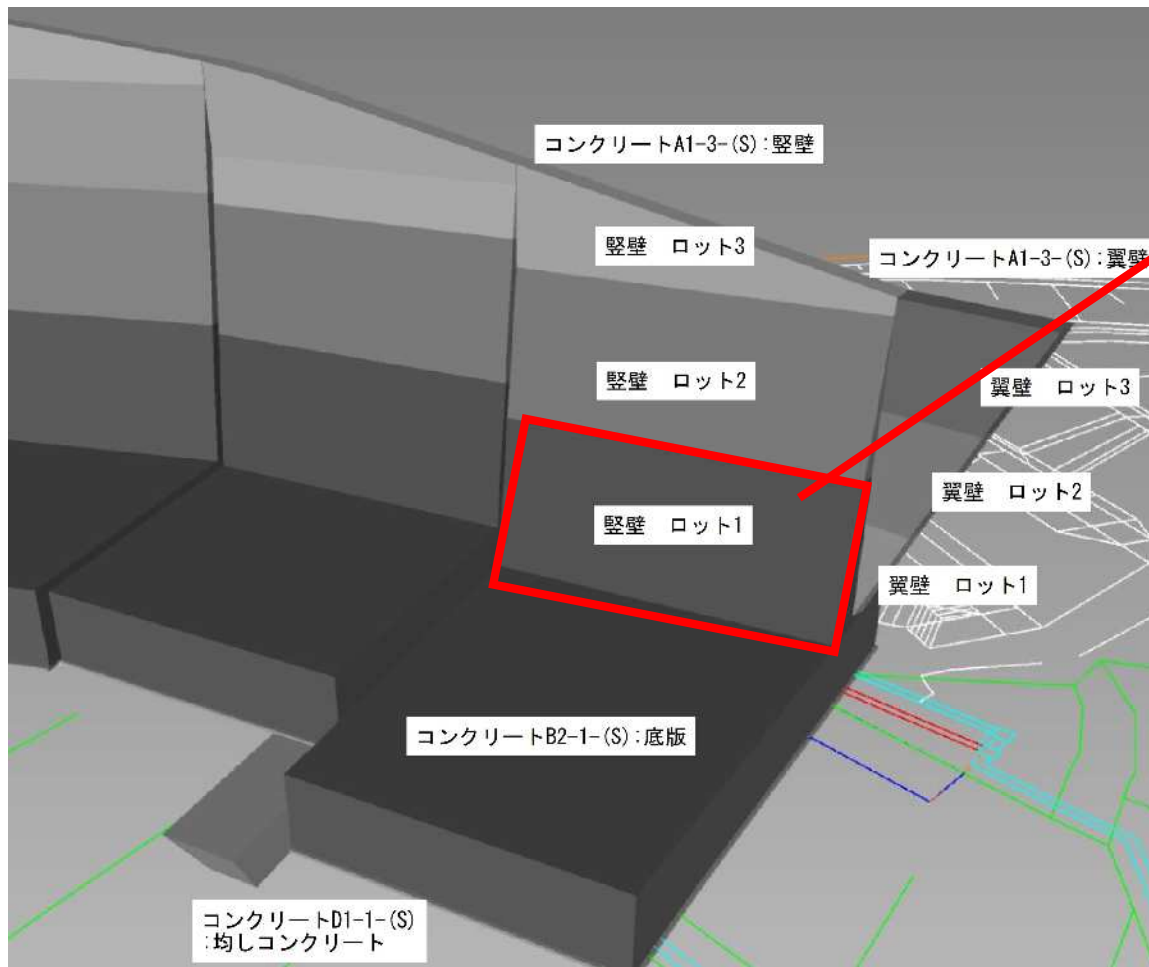
- 逆T擁壁を例に積算体系に沿った数量算出できるモデル作成
 - ・工種ごと・コンクリート種別ごと
(コンクリート工・型わく工・盛土附帯工・足場工・支保工)



施工対応のモデルを実際に形にして議論

➤ 積算体系に沿った数量算出できるモデル作成

・打設ロット割



属性付与(Navisworks・Navis+):
契約・積算項目に関する属性

プロパティ	値
IDA	2
工種	コンクリート工
単価項目	A1-3-(S)
ブロック名	1BL
打設部位	縦壁ロット1
打設機械	コンクリートポンプ車
1回当りの打設量の規模	中規模(80m ³ < V ≦ 250m ³)
打設位置の高さによる区分	20m未満
生コンクリートの規格	σck=30N/mm ²
構造物の種別	鉄筋構造物 (1)
体積(m ³)	119.14

- ・単価項目
- ・積算パラメータ
- ・数量

盛土の施工情報を3次元モデルに記録

ブルドーザやローラから取得した**施工履歴情報**

施工実績(材料種別・層厚・規定転圧回数・実際の転圧回数・含水比)をVOXELに格納。

維持管理:例えば、盛土全体の各盛土材料の位置・施工記録等を3次元で確認

転圧管理システム



蓄積

施工履歴情報



200110101_102.mcs	2018/02/26 13:06	MIS 27-G
200110375_184.mcs	2018/02/26 13:40	MIS 27-G
200110096_82.mcs	2018/02/26 11:19	MIS 27-G
200110187_168.mcs	2018/02/26 15:43	MIS 27-G
200110340_148.mcs	2018/02/26 11:03	MIS 27-G
200110247_138.mcs	2018/02/26 13:57	MIS 27-G
200110244_136.mcs	2018/02/26 13:44	MIS 27-G
200110242_132.mcs	2018/02/26 13:34	MIS 27-G
200110240_130.mcs	2018/02/26 13:23	MIS 27-G
200110238_128.mcs	2018/02/26 13:17	MIS 27-G
200110236_126.mcs	2018/02/26 13:10	MIS 27-G
200110234_124.mcs	2018/02/26 13:07	MIS 27-G
200110232_122.mcs	2018/02/26 13:06	MIS 27-G
200110230_120.mcs	2018/02/26 13:06	MIS 27-G
200110228_118.mcs	2018/02/26 13:06	MIS 27-G
200110226_116.mcs	2018/02/26 13:06	MIS 27-G
200110224_114.mcs	2018/02/26 13:06	MIS 27-G
200110222_112.mcs	2018/02/26 13:06	MIS 27-G
200110220_110.mcs	2018/02/26 13:06	MIS 27-G
200110218_108.mcs	2018/02/26 13:06	MIS 27-G
200110216_106.mcs	2018/02/26 13:06	MIS 27-G
200110214_104.mcs	2018/02/26 13:06	MIS 27-G
200110212_102.mcs	2018/02/26 13:06	MIS 27-G
200110210_100.mcs	2018/02/26 13:06	MIS 27-G

プロパティ確認

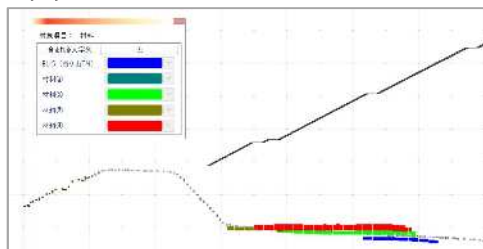
項目名	値
層厚	0.5
層No	87
X	-68998.75
Y	-73708.75
H	243.8255
規定回数	8
転圧回数	11
エリア情報	2000130083
温度	
含水比	2.1
密度試験	
CCV値	
天候	晴れ
機種	1
材料	EL-5 (谷ヶ山TN)

3次元モデル化

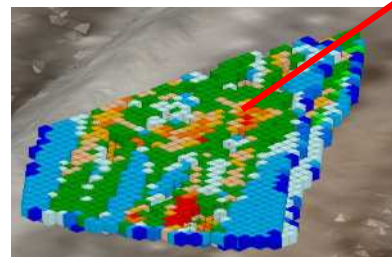
3次元データ

施工状況の「見える化」のため、
施工履歴データを各モデル
への属性付与

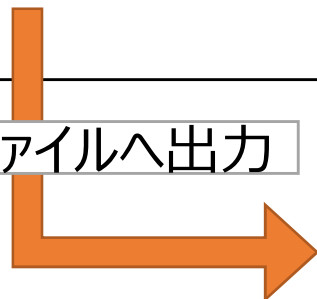
層ごとの施工履歴
点群データとの重ね



50cmのキューブ (VOXEL)
に施工情報を付加できる



IFCファイルへ出力



維持管理システム

成果をIFCファイル (属性付き) 化して出
力することで、システムを限定することなく、維
持管理データとして活用可能

