

# デジタルツインによる没入型遠隔臨場の取り組み

山鳥坂ダム工事事務所 工務課  
山鳥坂ダム工事事務所 工務課長  
山鳥坂ダム工事事務所 建設監督官

文野 元登  
山崎 元司  
山内 貴人

近年、国土交通省では、BIM/CIM（3次元モデル）やICT（情報通信技術）など、最新の技術を用い、生産性を向上するための研究開発を促進する「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」を進めている。

今回、山鳥坂ダム建設事業の建設現場においてPRISM予算を活用し、生産性向上を図る技術の実証をした。本論文では、その技術の概要等について紹介する。

キーワード 生産性向上、トンネル工事、遠隔臨場、官民連携、コロナ対応

## 1. はじめに

近年、建設業は社会の少子高齢化が進む中で、深刻な労働者不足となっており、生産性の向上や、熟練者の退職によって失われるノウハウの補完は喫緊の課題である。これに対し、国土交通省では2012年よりBIM/CIMを推進しており、3次元モデルの活用を中心に、調査・設計から施工、維持管理までの建設生産プロセスの一連の流れを合理化することを目指している。また、2015年11月に発表されたi-Constructionにより、施工現場において3次元データの利活用による様々な取り組みが急速に拡大しつつあり、ICTを活用した生産性向上や、管理の高度化を実現するための新基準も次々と打ち出されているところである。

BIM/CIMやi-Constructionを通じ、BIM/CIMソフトウェア、測量機器、その他のICTツール等から作成されるデジタルデータを関係者間で共有、効果的に活用するケースが見られるようになってきている。

このような中、2018年度から始まった「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」では、稼働中の建設現場を対象として、IoT(Internet of things)やAI、クラウド技術、ロボット技術など、最新の技術を導入し、現場の生産性向上の効果を実証する取り組みを推進している。

ここでは、2021年度に「官民研究開発投資拡大プログラム」（通称PRISM）予算を活用して実証した「平成29-32年度 見の越トンネル工事」施工現場における労働生産性の向上を図る技術の取り組み概要について紹介する。

## 2. 見の越トンネル工事の概要

肱川は、愛媛県西南部に位置し、その源を愛媛県西予市の鳥坂峠（標高460m）に発し、途中、河辺川、小田川など数多くの支川を合わせながら、大洲盆地を貫流して、伊予灘に注ぐ一級河川である。

山鳥坂ダムは、この肱川の支川である河辺川に建

設する重力式コンクリートダムであり、洪水調節と流水の正常な機能の維持を目的としている。



図-1 山鳥坂ダム位置図

山鳥坂ダム建設事業では、ダム本体の建設のほか、河辺川沿いを走る県道が水没するため、県道の付替工事を行っている。本稿において紹介する見の越トンネルは、この付替県道の一部であり、起点（見の越地区）から終点（上鹿野川地区）の延長が2,128mのトンネルである。

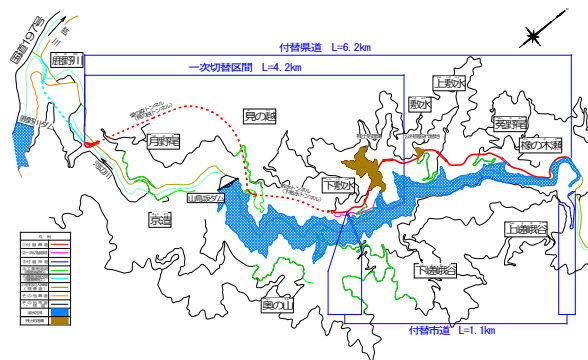


図-2 山鳥坂ダム建設事業平面図



写真-1 見の越トンネル施工状況

### 3. デジタルツインによる没入型遠隔臨場

デジタルツインとは、現実世界にあるものを、まるで双子であるかのようにデジタル上でリアルに再現する技術をいう。

今回、再現したデジタルツインは、BIM/CIM をクラウド化することに加え、現地の観測結果の IoT 化やインターネットを通じた最新状況への自動更新、現場職員が施工管理に利用しているタブレットの情報を容易に登録可能とすることにより、BIM/CIM を日常管理に使えるようにしたものである。(図-3)

一般的に BIM/CIM は、関係者に現場状況を 3 次元モデルやそれに関連付けた属性データなどを用いて可視化し、直感的に伝達することができるため、議論の円滑化や手戻りの防止などに大きな効果がある。

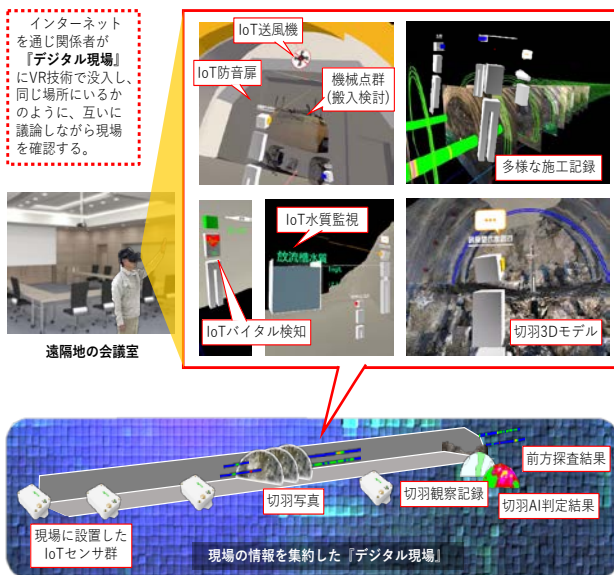


図-3 デジタルツイン没入型遠隔臨場

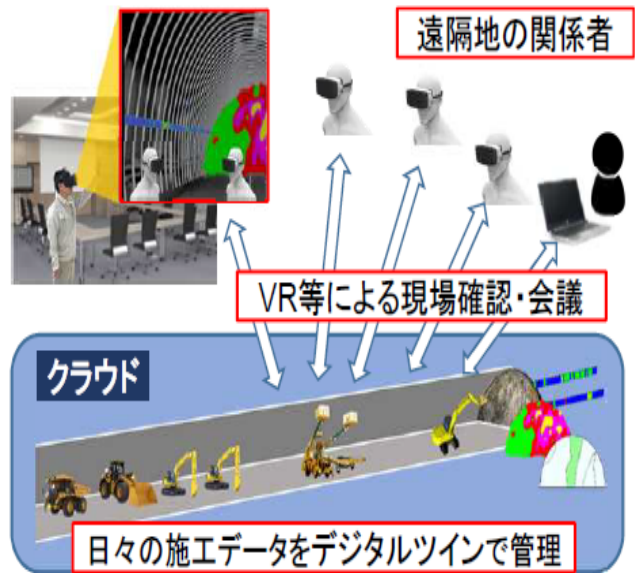


図-4 BIM/CIMのクラウド化

クラウド上の BIM/CIM を発注者側でもインターネットを通じて閲覧可能であることから、遠隔地からの現場確認を可能としている。(図-4)

また、パソコンのブラウザやタブレットの画面上で確認可能だけでなく、VR によって没入(デジタル空間に入り込むこと)し、現場を実物大で、かつ全周囲を見渡し、自由に動き回ることができる空間として確認することを可能としている。

使用した VR 機器は、ゲーム等で利用される一般的な、安価なものである。



写真-2 使用した VR 機器

従来の切羽観察簿の内容は、図-5 のようにデジタルデータのまま 3 次的に配置され、書類よりも直感的に把握できた。また、音や動画も登録、再生ができ、岩検ハンマーの音や叩いている様子をリアルタイムで確認することが可能である。

さらに、詳細な点群データにより、切羽 3 次元モデルも表示可能であり、切羽の詳細な確認や施工機械の離隔確認も可能である。

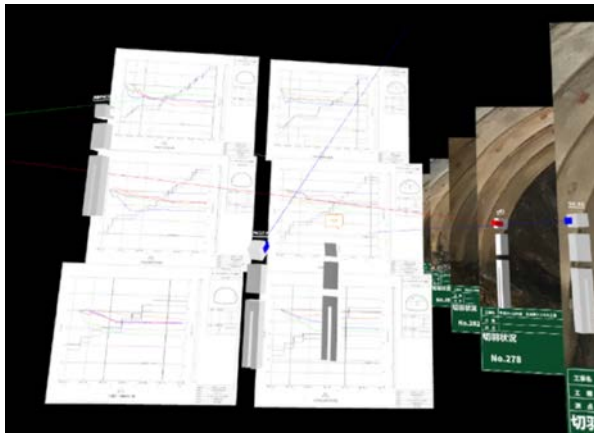


図-5 工事に関するデータ・グラフ

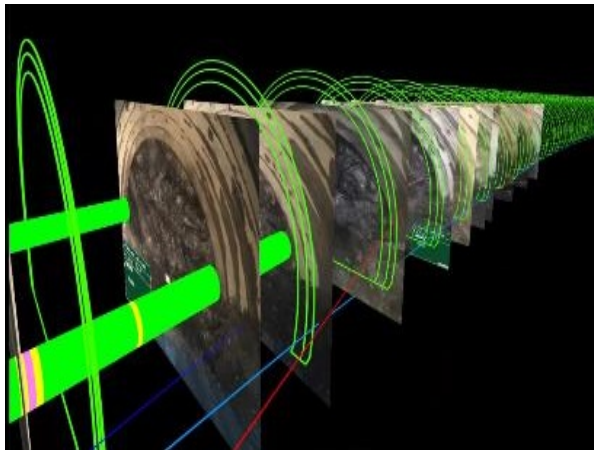


図-6 多数並んだ切羽写真

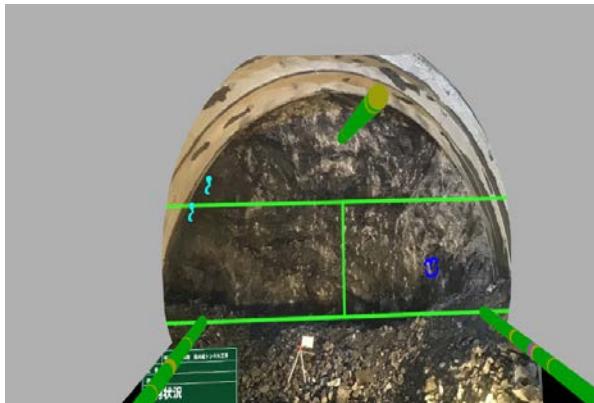


図-7 湧水等スケッチを書き込んだ切羽写真

加えて、温度や粉塵など、工事現場の環境を監視するセンサを設置し、LPWA(Low Power Wide Area)という省電力で広範囲をカバーできる通信方式の採用により、簡易に現場をIoT化した。センサの観測値を表現する3DモデルをVR空間に表現し、より直感的に状況を把握できるよう工夫した。(図-8)

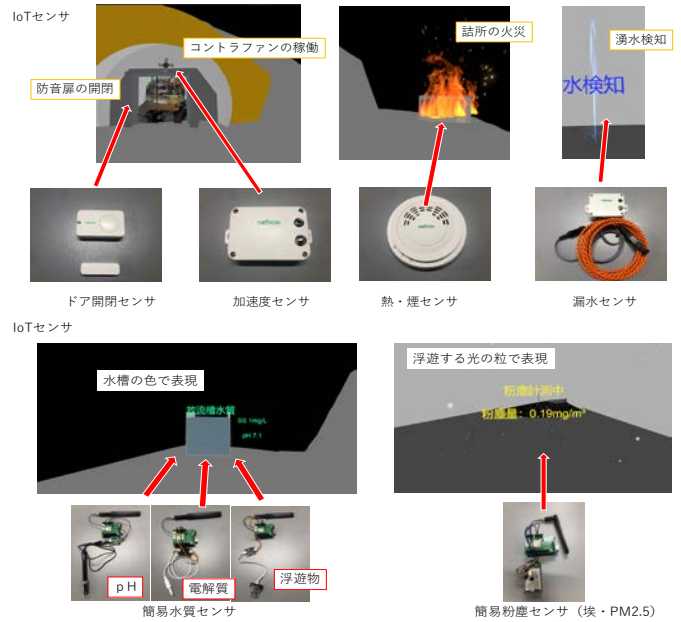


図-8 VR空間に表現されたセンサ

これらの仕組みを活用することで、施工者は日常管理をBIM/CIMに一元化することが可能となる。発注者側もこの集約されたデジタルデータを随時確認しながら工事を進めることができれば、従来の書類の作成や提出といった行為が簡素化出来る可能性があると考えられる。

遠隔臨場についても、現地を見たほうが早いケースや、デジタルデータでは表現できない様な現地の感覚が必要な場合を除き、多くの場合は、発注者側が最新のデジタルツインを確認することで、円滑に実施できる可能性がある。



写真-3 切羽情報に関する作成書類

本技術については、施工情報やセンサの種類を拡張することで、トンネル工事のみならず、他の工種でも活用可能である。

センサについても、新しいものが続々と開発されることでデジタルツインの再現度が高くなるため、デジタルツインの利用価値が多様化する事も考えられる。新しいセンサやデジタルツインの表現方法についても、導入工事の増加に伴い、更なる高度化も期待される。

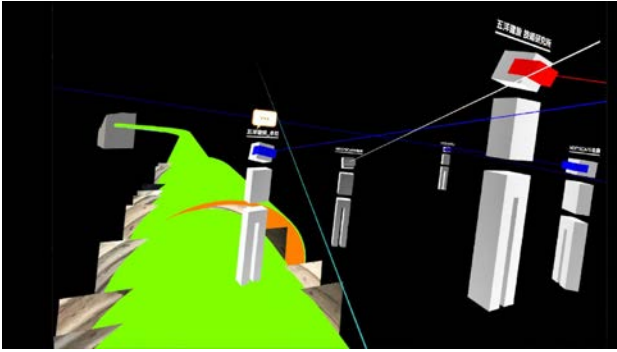


図-9 デジタルツインへの没入



図-10 現場臨場による切羽観察

#### 4. 没入型遠隔臨場の取り組み結果

没入型遠隔臨場の取り組みについて、切羽観察に関するデータをデジタルツインに登録し、没入型遠隔臨場によって確認したところ、参加者の多くが、現場の状況が直感的にわかりやすく、また空間的にオブジェクトが配置されていることで、データ同士の関係が把握しやすいとのことだった。

このように、デジタルツインが紙の資料よりも容易に判別可能であることが確認された。

なお、デジタルツインに日常の施工管理情報やセンサーデータを反映することにより、現場の状況が遠隔からもわかりやすく、現場確認のための訪問回数を削減できる効果もあり、コロナ禍において感染拡大予防にも有効であると考えられる。



写真-4 事務所での現場臨場の試行状況

#### 5. 今後の展開

現在、建設事業において、DXにより従来の仕事の仕方を積極的に変えて生産性向上を実現する取り組みが行われている。

各現場においても BIM/CIM 等のデータを円滑に活用するためのクラウドの構築や、現場の IoT 化、自動運転の普及が進められており、今回の取り組みの成果を今後の取り組みに活用することが可能と考える。

将来的には、デジタルツインに集約された最新情報をもとに、発注者側と施工者側、またその他関係者が遠隔地から具体的な議論を行い計画等に反映、その計画等に従って自動運転の施工機械が工事を進め、さらに IoT 化によって現場の状況が刻々とデジタルツインに反映されるという体制が構築されることも期待される。

施工状況を書類によって確認するのではなく、現場で自動生成されたデジタルデータの確認により、現場に行かずともいつでも最新の施工状況が確認出来ることから、管理を高度化すると同時に、現場における書類の作成負荷軽減やそれに伴うチェック作業なども軽減されることが期待される。

なお、図面や帳票は、2次元データが繰り返されることにより、コンピュータによる判別が難しいが、3次元のデータは連続的となっていることから、コンピュータによる判別が容易であるというメリットがある。3次元のデジタルツインに集約したデータを紙や PDF 帳票にすることなくそのまま活用して、コンピュータが自動的に可視化し、また、自動的に異常等も検知し、より分かりやすく人に伝達できると考えられ、生産性向上に大いに寄与できるものと考えられる。

#### 6. おわりに

ダム建設事業においては、急峻な地形であるなど現場条件の厳しいところが多く、施工上困難を伴う箇所が多くあるのが現状である。

今回は PRISM 予算を活用した実証により新たな技術を使用し、生産性向上に寄与する取り組みを行うことができた。今後も引き続き BIM/CIM や i-Construction に関する取り組みを学んでいきたい。また、国土交通省のみならず、建設業全体においても上記のような取り組みや AI、クラウド技術、IoT 化など、最新技術の導入により、更なる生産性の向上が図られることを期待している。