

創意工夫に富む最先端の現場の取組みを追う!!

## デジタルツインを駆使して 「トンネル自動化施工」実現へ 熊本57号笹原トンネル新設工事

**工事概要**  
 工事名 熊本57号笹原トンネル新設工事  
 工事場所 熊本県宇土市笹原町～網津町  
 発注者 国土交通省 九州地方整備局 八代河川国道事務所  
 施工者 五洋建設株式会社 九州支店  
 工期 2021年2月23日～2023年7月31日  
 工事内容 国道57号宇土道路新設における道路トンネル および付随する明かり工事の施工実施  
 (主なもの) ・トンネル L=679.0m  
 トンネル工(機械掘削工法)  
 インバート工  
 坑門工  
 仮設工



完成予想パース(画像提供:五洋建設株)



終点側から起点側に向かって掘り進めた「笹原トンネル」内部。防水シートを展張している状況。

担い手の高齢化や労働力不足が叫ばれる昨今、ロボットや、機械の自動制御による生産性向上の試みは建設業界でも盛んに行われている。そのなかで、GPSや電波が通じないトンネルの施工は自動化が困難という見方が強かった。今回は、トンネルの現場でBIM/CIMによる管理を進化させ、将来の完全自動化に向けて先鞭をつけた事例を紹介する。

### 熊本市と観光地を結ぶ 高規格道路のトンネル

熊本県が掲げる「九〇分構想」は、県内各地域から熊本市までを九〇分で結ぶために自動車の道路網を整備するというもの。その一環として、熊本市から、県内有数の観光地である天草地域までのアクセスを向上させるため、延長約七〇キロの自動車専用道路「熊本天草幹線道路」の建設が進められている。その一部が今回取材した「熊本五七号笹原トンネル新設工事」である。

笹原トンネルは延長六七九メートル、掘削断面が一〇〇平方メートルを超える大断面トンネル。二〇二二年二月に始まったNATM工法による掘削が今年の一月で終わり、今はインバートコンクリートや覆工防水



五洋建設株式会社 九州支店  
 笹原トンネル工事事務所  
 工事所長・監理技術者  
 渡邊 伸弘 Nobuhiro Watanabe

工、坑口周辺の工事を行っている。施工を担当した五洋建設(株)でキャリアのほとんどをトンネル工事の現場で積み重ねてきたという監理技術者の渡邊伸弘所長に、この現場での取組みをお聞きした。

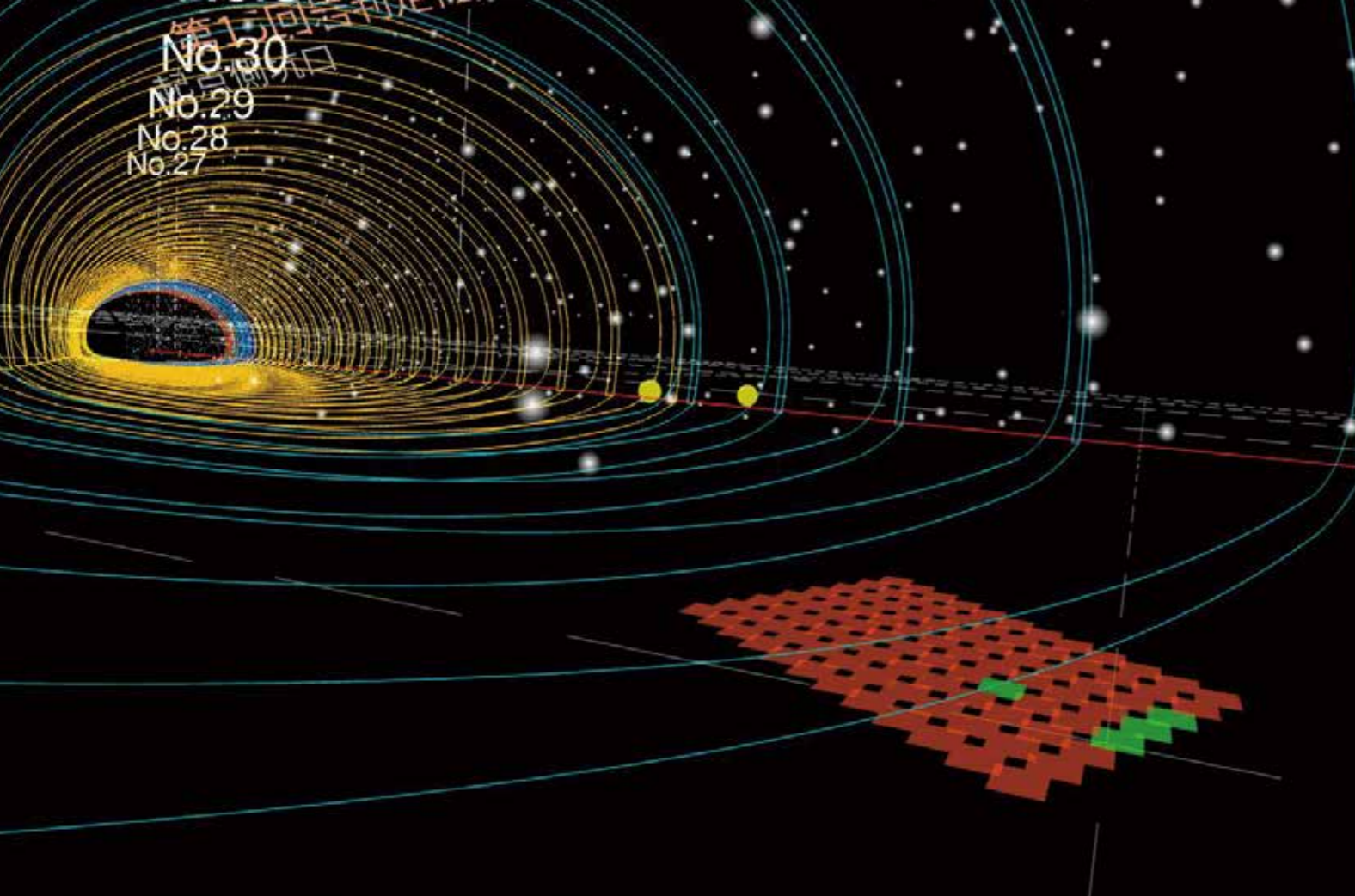
「この現場での最大のチャレンジは、トンネルのデジタルツインを作成、様々な機器の自動化を試行したこと。仮想空間上にトンネルの『双子』を正確に再現し、GPS/GNSSが使えないトンネル坑内

で、仮想空間側からICT建機や四足歩行ロボットを自律・自動で制御することに挑みました」。

「これは私見ですが、トンネル工事は自動化が特に難しいジャンルだと思えます。GPSの問題もそうですが、複雑な地質や地下水という自然現象を相手にしなければならぬように、今回のようにNATM工法だと細長い線状構造物の内部で工種が錯綜し、いろいろな重機が同じところを行ったり来たりする。掘削工は熟練工に頼る部分が多く、その確保が今後は

厳しくなってくるのがわかってるので、少しでも(全自動化への)足がかりになれば」ということでやってみました」。

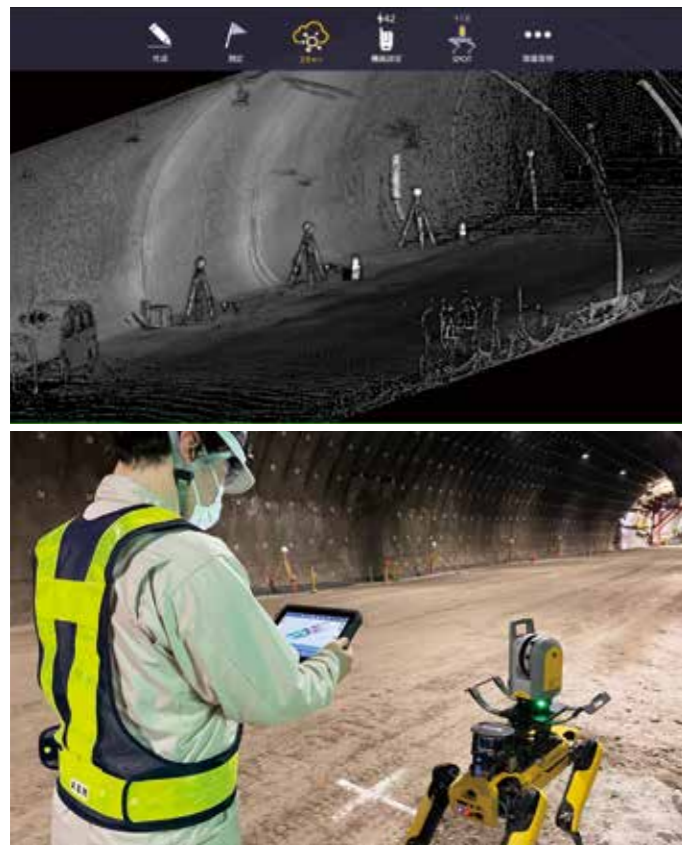
取材に訪れた際は、ICTを搭載した大型ブレイカーが自動制御でインバート掘削を行うデモンストラーションを披露。更に、三次元レーザースキャナを備えた四足歩行ロボットが坑内を自律で歩き回り、インバートをはじめとする覆工コンクリートの厚さを計測する様子を実演された。これらの機器がGPS/GNSSに頼ることなくト



デジタルツインで見たインバート掘削の制御状況。施工範囲が表示されており、掘削位置と深さを正確に把握しながら作業を進められる。(画像提供：五洋建設株)



ICTを搭載した大型ブレーカーによるインバート掘削。デジタルツインのデータを用いて自動化されており、オペレータは不在。



四足歩行ロボットに3Dレーザースキャナを搭載し、自律で坑内の出来形管理をさせている。これもデジタルツインとSLAM技術の融合で、GNSSなしでも自己位置を認識できることで可能になった。(左画像2枚提供：五洋建設株)



### トンネル工事で 自動運転を実現する「肝」

今回の取組みは、令和四年度のPRISM（官民研究開発投資拡

ンネル内での自分の位置を把握しながら稼働できるのは、実物と寸分の狂いもないデジタルツインを駆使しているからに他ならない。

この現場でのICT施工を支援した、同社土木部門土木本部土木技術部の前田智之専門部長にその効果を解説していただいた。

「インバートは場所によって深さ・厚さが異なり、形状も丸いので出来形の管理が大変手間になります。通常は二人の技能者が深さを確認しながら掘削しますが、足元が不安定なうえに重機の近くでの作業となるため常に事故の危険が伴います。また、トンネル上部の検査には高所作業車も必要になります。これらを無人化・自動化できれば、施工精度・生産性・安全性のすべてが向上するので、大きなアドバンテージになると考えます」。

大プログラム)に応募したところ、技術I「労働生産性の向上を図る技術」、技術II「品質管理の高度化を図る技術」の両部門で、革新的な技術として選定された。

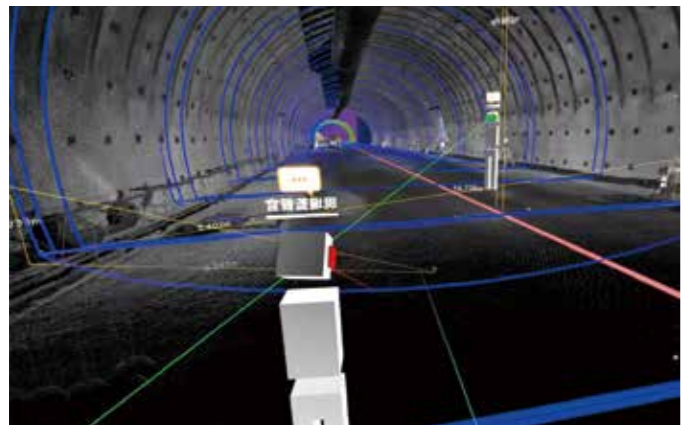
渡邊所長は、デジタルツインが拓く可能性についてこう語る。

「実証してみて、デジタルツインが将来トンネル工事を自動化するにあたっての『肝』となることを確信しました。そしてもう一つが『BIM/CIMの最大活用』という側面。AIやロボットが計測し、解析し、視覚化したBIM/CIMを、職員やオペレータがVR空間であるデジタルツイン上でチェックし、管理し制御できる。今までのBIM/CIM以上に拡張性を感じましたね」。

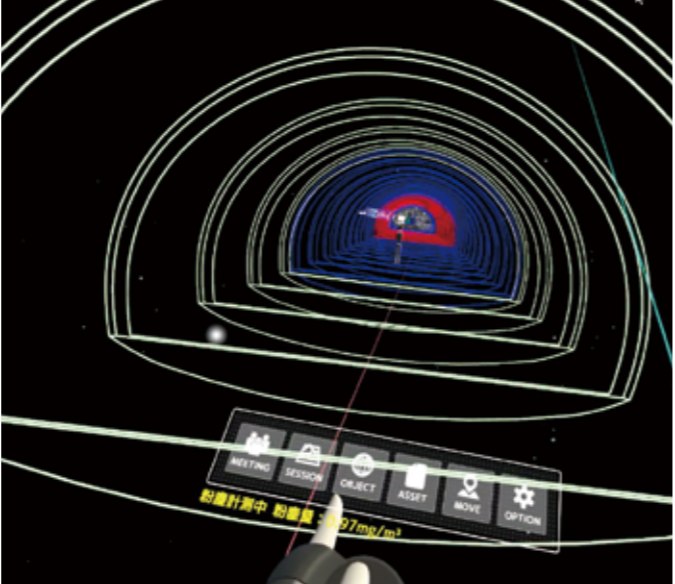


五洋建設株式会社 土木部門  
土木本部 土木技術部  
専門部長(取材当時)

前田 智之 Tomoyuki Maeda



VRで見たトンネル内部。粉塵の発生状況や風速など、坑内環境まで把握できる。(画像提供: 五洋建設株)



五洋建設株式会社  
ICT推進室  
ICTグループ長(技術)  
石田 仁 Hitoshi Ishida

「点から面的なデータ収集となり、これを自動的に集約してアップデータされることから効率的な管理に資するとともに、余掘が縮減できることで施工の効率化を図ることができました。更に面的管理で精度が上がることから品質の向上につながります。また、重機の近くに人が必要なくなり安全性の向上になるなど、工程、労務のみならず、品質や安全の向上にもつながっています」。

「これまで環境的に難しいと思われていたトンネル施工の自動化が、今回のデジタルツイン導入で少し現実に近いという感触を得ています。もちろん現場に配置された人数



デジタルツインはVRで内部を確認することにも活用できる。デバイスにはVRゲーム用の一般的なコントローラーとヘッドセットを使っている。

## 精密なデジタルツイン活用で 現場最前線の負担を減らす

「増やす」のではなく、「集約する」ことに特化

これまで、五洋建設は「i-PentaCOL」(アイ・ペンタコル)という自社開発の施工情報収集共有システムを用い、現場でのBIM/CIMの活用を後押ししてきた。今回のデジタルツインはそれを発展させたものという位置付けだ。開発を担当し、この現場での導入を主導した同社ICT推進室の石田仁ICTグループ長に背景を伺った。

「二〇一二年に当社でBIM/CIMが本格導入された際は、個人としては、「現場で施工管理に追われている職員が自分自身で三次元モデルを作成する」ことに良さが見い出せませんでした。モデリングソフトの普及も推進しましたが、職員はBIM/CIMをつくることを目的とするのではなくBIM/CIMを活用することで施

工管理に集中できることが理想だと。その理想の体現として、WEBとの連携、IoTセンサーの付加などを経て、自分のなかで本当に「デジタルツイン」、現場の双子だと言えるようになったのが今回のモデルです」。

「BIM/CIMを導入しただけだと、工程が進んで現場の状況が変わるたびにその情報を職員自らが入力して更新しなければならず、却って負担が増すという本末転倒なことが起きかねない。今回の取組みでは、デジタルツインの活用により、施工管理情報やIoTセンサーなどのデータをクラウド上に集約することで、日々の管理業務の負担低減とともに、蓄積されたデジタルデータは書類の代替となり、書類作成や確認作業の負担削減にもつながる。その結果、職員は常に最新のモデルを活用して品質や工程の管理に注力すること

だけで継続する難しさやコストの問題もありますが、こういう分野の発展・進化というのは想像以上に速い

という期待もあるので、今後は適用範囲を更に広げていくことにも注力していきたいですね」。

### Webサイト「WorkStyle Lab」で動く現場を見よう!!

建設業界の働き方改革を伝えるサイト「WorkStyle Lab」では、「現場イノベーション」と連動したコンテンツを随時掲載中です。取材先の更に詳しい取組みやこぼれ話など、誌面に載せきれなかった内容を動画などで紹介します。所長さんなどの想いを生の声で、また実際の工事現場の様子を臨場感あふれる動画でぜひご覧ください。たくさんのアクセスをお待ちしています。



WorkStyle Lab  
<https://www.nikkenren.com/2days/workstylelab/>