

都市部山岳トンネルにおける DX 技術の活用に関する一考察

(株)鴻池組 大阪本店 城山トンネル工事	正会員	○山田 浩幸
(株)鴻池組 大阪本店 城山トンネル工事		大槻 文彦
(株)鴻池組 大阪本店 城山トンネル工事		平松 丈
(株)鴻池組 大阪本店 城山トンネル工事		松見 清
国土交通省 近畿地方整備局 兵庫国道事務所		大森 功一

1. はじめに

城山トンネルは、都市部における延長 L=311m の山岳トンネルである。図-1 に示すように、北側に武庫川、南側に JR 福知山線、計画トンネル上部に旧 JR 隧道や関西電力鉄塔を有する急傾斜地に位置し、供用中の国道 176 号に近接しての施工となった。このような厳しい施工条件での施工のため、設計業務への技術協力を行う技術提案交渉方式の技術協力・施工タイプ（ECI 方式）が採用された。本稿では、MR（複合現実）を活用したトンネル MR に DX 技術を付加し、トンネル坑内から周辺構造物や地質を透視する施工管理や現場での遠隔臨場の実証実験と今後の展望について述べる。

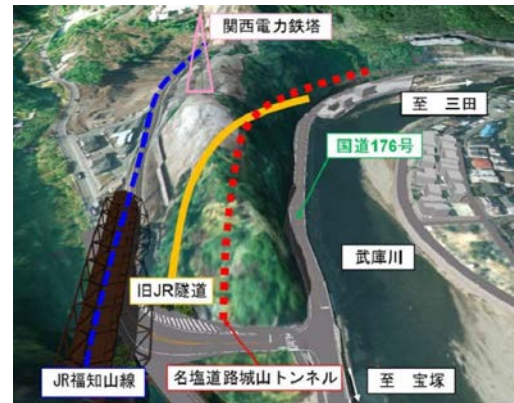


図-1 計画平面図

表-1 工事概要一覧

工事名称	名塩道路 城山トンネル工事
工事場所	兵庫県西宮市塩瀬町城山地先
工期	平成31年3月～令和3年9月
発注者	国土交通省 近畿地方整備局
施工者	株式会社 鴻池組
延長	本坑トンネルL=311m、人道トンネルL=42m
断面	掘削断面積A=80.9㎡ 2車線道路トンネル
施工法	NATM
掘削方式	機械掘削（大型ブレーカ）、非火薬岩盤破碎
掘削工法	DIIIパターンの、DIIIパターンの（補助工法併用）
工事内容	天端安定対策： ①長尺鋼管フォアパイリング （L=12.5m、φ114.3mm、@450mm、打設間隔9m） ②小口径長尺鋼管フォアパイリング（多段式） （L=13.5m、φ76.3mm、@450mm、打設間隔5m） ③注入式フォアボーリング （L=3.0m、φ24mm、@600mm、打設間隔1m） 鏡面の安定対策：鏡吹付（t=50mm） 脚部の安定対策：吹付けインパート（t=250mm）

2. 施工概要

起点側坑口部については、土被り確保のためソイルセメントによる盛土が L=50m 施工されていた。トンネルと地形との位置関係は斜面平行型であり、トンネルの地質は、全体的に亀裂の発達した硬質の溶結凝灰岩が分布していた。

表-1 に工事概要を示す。旧 JR 隧道との交差部分（L=115m）と鉄塔近接部に関しては、ECI の検討の中で施工範囲を限定した長尺鋼管フォアパイリングを実施した。また、終点側坑口付近で歩行者用の人道トンネル（L=42m）が追加施工となった。

3. DX 技術の活用と効果

MR 技術を活用したトンネル施工管理システム（トンネル MR）に今回、DX 技術を付加し、トンネルや周辺の地形、構造物を含んだ CIM モデルに、施工時の計測データや切羽の観察記録などの施工情報を統合したデジタルツインをクラウドサーバー上に構築し、空間アンカー機能（MR 技術により座標を指定する機能）を使ってトンネル坑内に正確に表示した。このことにより、トンネル坑内から覆工コンクリート背面の地質、旧 JR 隧道跡及び近接した鉄塔が透視できる。また、図面などの資料と現場を付き合わせることなく、トンネル周囲の状況が一目で分かる（図-2、図-3）。

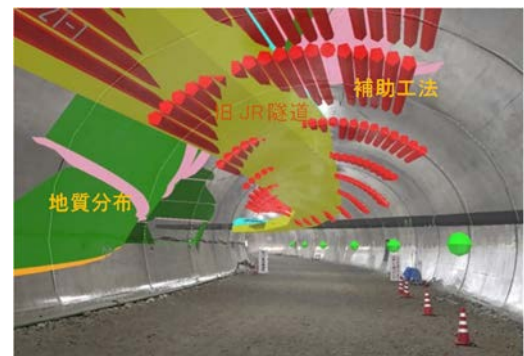


図-2 トンネル MR による映像

キーワード 山岳トンネル、近接施工、複合現実、デジタルトランスフォーメーション、CIM

連絡先 〒669-1136 兵庫県西宮市名塩木之元 1845-1 (株)鴻池組城山トンネル工事 TEL0797-69-7337

施工では、近接構造物との位置関係を確認することで、支障となる構造物の確認や適切な対策工を事前に検討することができる。さらに、施工時のみならず、維持管理においても効果的な活用が期待できる。

4. 遠隔臨場の実証実験

トンネル MR による遠隔臨場システムは、リモート機能、オブジェクト配置、計測値や変状調査の記録を帳票に自動入力する機能等、工事現場のニーズが反映された各種機能を実装したシステムである。

写真-1 は、事務所からの指示に従ってデジタルメジャーにより寸法を計測している状況である。

測定結果は、写真-2 に示すように事務所のパソコン上に計測位置や計測データをリアルタイムに送信し、測定結果の評価や帳票も自動的に作成される。

また、現場においては、遠隔臨場システムを用いて遠隔臨場による切土法面における岩判定を実施した。

写真-3 に兵庫国道事務所における遠隔臨場状況を示す。

受発注者が岩判定の現場と約 20km 離れた兵庫国道事務所の会議室にそれぞれ分かれ、遠隔岩判定に臨んだ。

実証実験は、一般的な TV 会議システムや通信機器とトンネル MR を併用して行われ、トンネル MR を使用した場面でも、城山トンネルの構造や法面、国道など周辺施設の MR モデルを重畳させた映像が、遠隔臨場システムにより会議室に届けられ、十分な品質の映像や音声であることが確認された。

トンネル坑内という閉ざされた空間における遠隔臨場に関して、通信機器の性能や映像等の大容量データの送信といった実用上の課題についても確認されたが、トンネル MR による遠隔臨場の適用性について実証できたと考えている。

5. おわりに

現在、国の重点施策として、インフラ分野におけるデジタル技術を用いた業務改善、業務変革が進められている。

今回、デジタル技術を積極的に建設現場に導入する目的で開発した DX 技術を付加したトンネル MR や遠隔臨場システムについて、実証実験により現場での適用性が実証された。

今後、老朽化するインフラ設備の保全更新、少子高齢化に伴う建設従事者の減少、また、新型コロナウイルス感染症対策を契機とした非接触、リモート型の働き方への転換において、抜本的な生産性向上、安全性向上を実現するために DX 変革が必要とされている。実運用に向けた更なる機能改良を行い、建設現場の生産性向上や安全性向上に寄与したいと考えている。

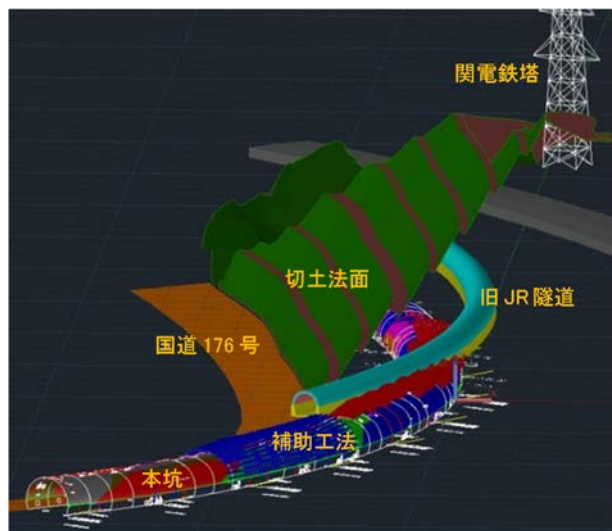


図-3 CIM モデルによるトンネルと近接構造物の状況



写真-1 現場における測定状況



写真-2 事務所パソコン表示状況



写真-3 遠隔臨場による法面岩判定実施状況