

# 飯喬道路事業におけるDXの取り組みについて

原 綾汰<sup>1</sup>

<sup>1</sup>中部地方整備局 飯田国道事務所 工務課 (〒395-0024 長野県飯田市東栄町3350)

働き方改革に向けたDXの推進により、建設現場において現場の安全性の向上、仕事の効率化・高度化の取り組みが行われている。飯喬道路事業では、土砂搬出車両の運行管理システムやICT施工等のデジタル技術の活用により現場環境を改変すべく、現在取り組んでいるDXの内容を報告する。

キーワード フルオートコンピュータジャンボ、ロボットアーム、火薬帳票、工事車両運行管理システム

## 1. はじめに

### (1) 三遠南信自動車道の概要

三遠南信自動車道は、長野県飯田市山本を起点として、静岡県浜松市北区引佐町に至る延長約100kmの高規格幹線道路である。三遠南信自動車道は、中央自動車道、新東名高速道路を結ぶ広域ネットワークを構築するとともに、三遠南信地域の交流促進、連携強化、災害に強い道路機能の確保、救急医療活動の支援を目的として計画された道路であり、今後地域の秩序ある開発、発展に寄与する重要な道路となる。(図-1)



図-1 三遠南信自動車道 位置図

### (2) 飯喬道路の概要

国道474号飯喬道路は三遠南信自動車道の一部を形成し、長野県飯田市山本を起点として、下伊那郡喬木村氏乗に至る延長約22kmの高規格幹線道路である。既存の中央自動車道と有機的に結びついた高規格幹線道路の効率的ネットワークの形成、高速サービス圏域の拡大に資する区間である。飯喬道路のうち、飯田山本IC～飯田上久堅・喬木富田ICは令和元年11月17日までに開通済みであり、残りの7.5km区間について、鋭意施工中である。今回は、令和4年度 三遠南信6号トンネル工事、令和4年度 三遠南信富田道路建設工事で活用したインフラDXの取り組みについて報告する。(図-2)



図-2 飯喬道路 位置図

## 2. 飯喬道路トンネル工事の取り組み

### (1) トンネルの概要

国道474号飯喬道路3工区の6号トンネル（以下6号TN）の工事概要を以下に示す。(写真-1)

工事名 : 令和4年度 三遠南信6号トンネル工事

工期：自 令和5年3月4日  
 至 令和7年7月31日  
 受注者：(株)大林組



写真-1 6号トンネル工事概要写真

## (2) DX取り組みの目的

山岳トンネルでの発破掘削において、国土交通省が推進するi-Construction2.0の柱である「施工のオートメーション化」、「データ連携のオートメーション化」、「施工管理のオートメーション化」により安全の確保、省人化、省力化、生産性向上、施工管理の省力化を目指し、取り組んだ。

## (3) 山岳トンネル工事における課題

### a) 発破掘削における余掘り低減

発破作業は、掘削断面や地山の硬軟にあわせた標準的な発破パターンを事前に計画するが、実際には熟練作業員が切羽毎の地山状況にあわせて装薬の削孔ピッチ、削孔長、掘削角度等を調整して施工しているのが現状である。そのため、作業員の熟練度が発破の精度に大きく影響することが課題である。

### b) 装薬時の安全確保

「山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドライン」<sup>1)</sup>では、切羽への労働者の立入りを原則として禁止し、真に必要な場合のみ立入ることとしている。装薬作業は、切羽面の装薬孔に人力で火薬を装填するため、現状では立入りせざるを得ない。従来の山岳トンネルの装薬作業は、写真-2、写真-3に示すように切羽監視員による目視、防護ネットやヘッドガードによる落石防護措置を行い作業する。しかし、大きな落石があれば、防護ネットやヘッドガードでは防ぎきれず、重大災害となる可能性が高い。肌落ち災害防止のためには、切羽直下に立ち入らずに作業すること、切羽直下での作業時間の短縮を行うことが課題である。



写真-2 山岳トンネルの従来の装薬状況①



写真-3 山岳トンネルの従来の装薬状況②

### c) 火薬の管理書類

発破作業で使用される爆薬や雷管等の火薬類は、火薬類取締法をもとに、日建連公衆災害対策委員会火薬類対策部会で定めた自主基準に基づき、切羽、火工所、取扱所での火薬類の受け渡しを定められた様式によって記録、管理することが必要である。図-3に発破毎に作成が必要

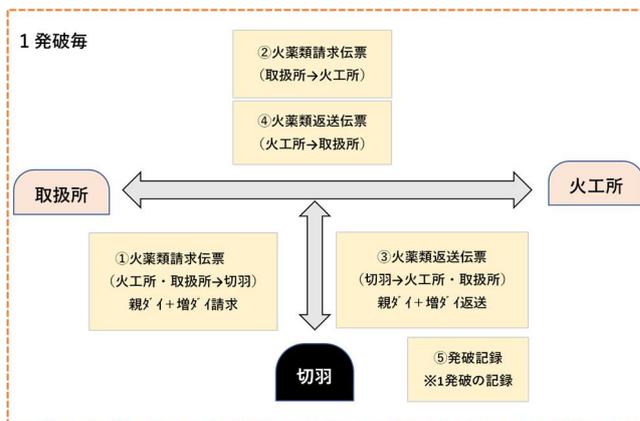


図-3 発破毎に必要な伝票等

な伝票フローを示す。上記の基準は、手書きの記帳、押印およびカーボン複写保存により紙で管理することとなっている。また、日々の火薬使用量は切羽の地山状況（硬軟）を示す重要な指標の一つである。しかし、紙の帳簿により管理しているため、リアルタイムの火薬の使用量を確認するためには、帳簿を保管している詰所と現場を往復する必要があり、情報の共有に時間がかかる。そのため、火薬関係書類の作成、管理の簡素化と利便性の向上（情報共有）が課題である。

#### (4) 課題解決の取り組み（ICT化、DXの取り組み）

##### a) フルオートコンピュータージャンボ

発破作業の熟練作業員への技能依存対策として、6号トンネル工事では、フルオートコンピュータージャンボによる自動削孔の試験施工を実施した。（写真-4）フルオートコンピュータージャンボは、これまでの油圧ジャンボに加えて、ブームの自動制御機能が加わったものであり、ブーム操作に対する熟練作業員への依存度低減が見込まれる。フルオートコンピュータージャンボでは、事前に登録した発破パターンによる自動削孔が可能である。最大3つの削孔ブーム1バスケットの仕様とすることができるが、6号トンネル工事では2ブーム1バケットとした。フルオートコンピュータージャンボによる自動削孔では、削孔開始ボタンを押すだけで登録した発破パターンの削孔が可能であるため、作業員の熟練度によらず削孔作業が可能である。従来の油圧ジャンボでは1ブームあたり1名の作業員が必要であるが、フルオートコンピュータージャンボでは、2つのブームを1名の作業員が操作・監視するだけで削孔作業が可能であるため、50%（2人→1人）の省人化効果が得られた。最大3ブームまで搭載可能であるため、さらなる省人化効果が期待できる。

##### b) ロボットアームを使った遠隔装填機

切羽への立入りを必要としない装薬を実現するため、6号トンネル工事では、リアルハプティクス技術を適用した遠隔装填システムにより、実火薬での遠隔装填試験



写真-4 フルオートコンピュータージャンボによる削孔状況

を行った。図-4に概要を示す。大型重機に搭載した装填ロボットにより、オペレータ室から遠隔で装填ロボット

を操作するものである。装填ロボットとオペレータ間では、触覚を伝送する技術により、ロボットの触った触覚がオペレータ側にもリアルタイムに伝わり、装薬時の力加減を遠隔操作で再現できる。切羽直下に立ち入らずに作業ができるため、安全性が大幅に改善された。

##### c) 火薬帳票のデジタル化

デジタル情報共有アプリ「eYACHO」により、火薬関係帳簿のペーパーレス化、クラウド化による書類作成の簡素化と情報共有の利便性向上を目的とした管理システムを構築した。火薬類取扱所、火工所の見張り所にiPadを備え付け、帳簿の記入を電子化しペーパーレスとした。また、クラウドを利用することにより、関係者全員がリアルタイムで火薬の使用量を各自の端末から確認できるようにした。

### 3. 飯橋道路 道路改良工事の取り組み

#### (1) 道路改良工事の概要

国道474号飯橋道路3工区の道路改良工事の工事概要を

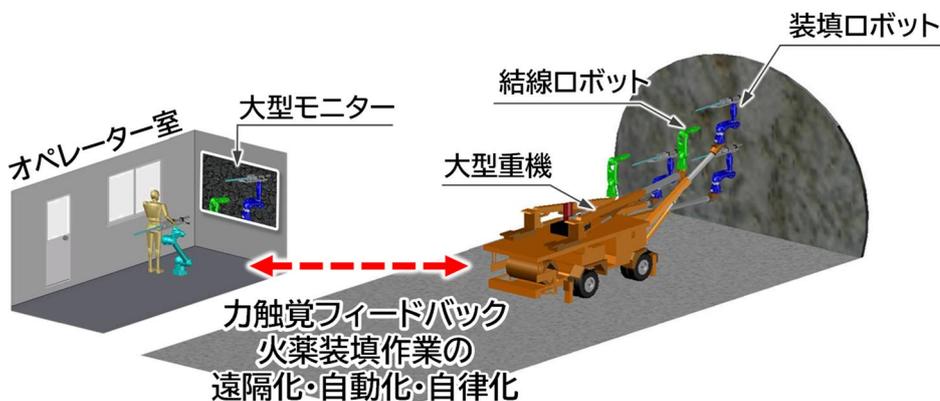


図-4 リアルハプティクス技術による遠隔装填

以下に示す。

工事名 : 令和4年度 三遠南信富田道路建設工事  
工期 : 自 令和5年3月4日  
至 令和6年9月13日  
受注者 : (株) ヤマウラ

## (2) 道路改良工事における課題

### a) 現場特性における課題

富田道路建設工事は、施工延長300m、土工（掘削、残土運搬）45,000m<sup>3</sup>と大規模な施工量であり、忙しい現場状況下で1万回以上のダンプトラックによる残土運搬に対する安全管理が課題である。

### b) 地域特性における課題

残土処分場までの運行路5kmの内、4km以上が大型車のすれ違いが困難な幅員であり、待避所を利用しながらの運行となる。運行路は、村道で地元の生活道路となっているため、第三者車両との事故防止が課題である。（写真-5）



写真-5 運搬路（村道）の状況

### (3) 課題解決の取り組み

課題解決の取り組みとして、工事車両運行管理システム<sup>2)</sup>を導入した。今回工事に使用したシステムは、車両のリアルタイムな位置情報や軌跡、ドライブレコーダー、危険箇所の音声通知、危険運転の通知、集計が可能である。（図-5）また、バイタルウォッチを活用することで、車両だけでなく、運転手の健康管理も平行して管理が可能で、異常時の早急な状況把握や対応が可能となる。リアルタイムの位置情報は、一定間隔で更新され、パソコンやiPadなどで全車両の確認が可能であり、スムーズに運行が行われているか把握が可能である。

危険運転がどこの場所で多く発生しているか、急ハンドル、急加速、急減速の衝撃情報をもとに、ヒートマップにて表示される。これを用いて、運転手へ危険箇所の周知を行った。（図-6）



図-5 運行管理システムの表示状況



図-6 危険運転状況のヒートマップ

## 4. まとめ

今回、令和4年度 三遠南信6号トンネル工事、令和4年度 三遠南信富田道路建設工事に関するDX活用について紹介した。

昨今の日本全体の傾向として人口の減少があげられ、就業人口としても減少している。それに伴う労働力減少、熟練技術者減少に対応すべくDXを用いた効率的な作業は必要不可欠だと考える。DXに関する最新技術について、積極的に工事内に取り入れることで、今後の安全かつ効率的な事業の推進につながると考える。先進的な取り組みを国の事業として取り入れることで地域の建設業界へのDXの普及に努めていく。

**謝辞:** 本論文の作成にあたり、協力いただいた(株)大林組、(株)ヤマウラをはじめ、各種助言をいただきました関係者の皆様に心から感謝の意を表し本報告を終わります。

### 参考文献

- 1)厚生労働省：山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドライン
- 2)NETIS：QS-210043-A 工事車両運行管理システム