

## 12. トンネル切羽への立入作業をゼロにする『自動装薬システム』の開発

前田建設工業株式会社 ○小笠原 裕介

### 1. 背景と課題

山岳トンネルにおける労働災害は切羽で9割発生しており、その中でも鋼製支保工建込みや装薬作業時の被災事例が8割を占めている。これらの作業は切羽直下に作業員がやむを得ず立ち入る人力作業であり、この切羽立入作業が無ければ被災するリスクはなくなる。そこで前田建設では、切羽立入作業を不要にする自動装薬システムの開発を進めている。

一般的な装薬は、ドリルジャンボで削孔した装薬孔の孔奥から起爆用の親ダイ（紙巻含水爆薬と電気雷管）、増ダイ（紙巻含水爆薬を数個）、込物（粘土）の順に人力で挿入し、込棒で突き固める作業のため、切羽に最接近した状態で、肌落ち災害のリスクが非常に高いことが懸念されている。

### 2. 自動装薬システムの概要

本技術はドリルジャンボのガイドセルに搭載し、①位置合わせ機構②親ダイ供給機構③送出し機構④増ダイ供給機構で構成した（図-1）。親ダイは紙巻含水爆薬と非電気式雷管（導火管付雷管）の組合せとし、先端コーン（位置合わせ誤差・孔荒れ対策）と紙管（収納・把持機能）に内包してカートリッジ化し、増ダイは粒状爆薬（含水爆薬やANFO）にする事で、エア圧送機械装填の密装填効果により込物の省略を可能にした。以上より、人が切羽に立ち入らず装薬が可能となった。

本システムは装薬孔を削孔するドリルジャンボとは別の機械で構成しており、全自動ドリルジャンボの削孔データ（座標、角度、深さ）を元に対象の孔位置にセットする。しかしながら、座標を元にセットしても装薬パイプと孔位置は上下左右で最大 50mm の誤差が生じるため、前田建設では座標を元にセットした後、パイプを正確に位置合わせするための孔位置検出システムも併せて開発を行っている。

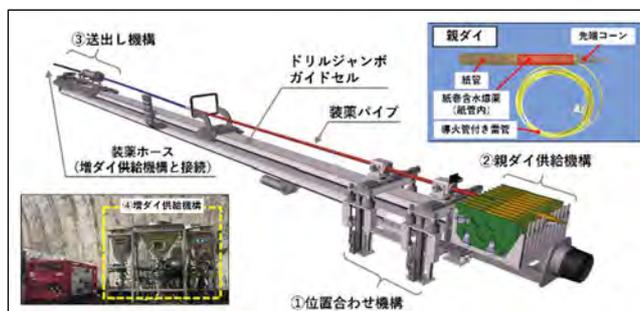


図-1 自動装薬システムの概要

### 3. 孔位置検出システムの概要

本システムは、a:距離画像カメラ b:ToF センサ c:レーザーサイト d:USB エクステンダーで構成し（写真-1）、専用の孔位置検出用ソフトウェアは独自のアルゴリズムで構成されている。

孔の検出から装填開始までのフローを次に示す。① a:距離画像カメラで孔を検出②検出した孔のカメラ座標から孔位置を推定③推定した孔位置を元に位置合わせ機構を制御し、装薬パイプの軸を孔位置に合わせる④b:ToF センサで軸上の距離を計測し、孔があることを最終確認⑤装填開始。(c:レーザーサイトは装薬パイプの軸と孔位置のズレを視覚的に確認するための補助機能、d:USB エクステンダーはUSB 機器をEthernet ケーブルで距離延長するためのアダプタ。)

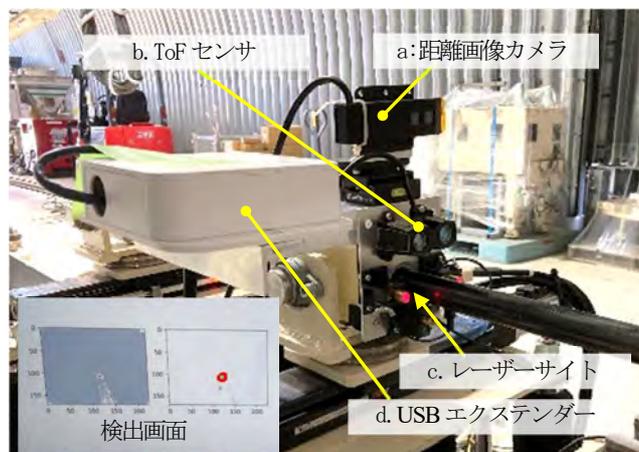


写真-1 孔位置検出システムの概要