

山岳トンネル施工における自動装薬システムの開発

前田建設工業（株）正会員 ○水谷 和彦 坂下 誠 正会員 浅井 秀明 正会員 小笠原 裕介
正会員 五味 春香 正会員 下山 悠 鈴木 麟太郎

1. はじめに

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、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ことはない。そこで筆者らは、切羽立入作業を不要にする装薬技術を開発した。

2. 従来技術と課題

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①起爆用の親ダイ（紙巻含水爆薬と電気雷管）②増ダイ（紙巻含水爆薬を数個）③込物（粘土）の順に人力で挿入し（図-1）、込棒で突き固める（写真-1）。20年程前に機械装填技術が開発され、切羽より数m離れた遠隔装填が可能になった（写真-2）。しかし、数m離れた所から、小径装薬孔への長尺パイプ挿入は困難であり、通常作業として定着していないのが現状である。



図-1 一般的な装薬模式図

写真-1 一般的な装薬状況

写真-2 遠隔機械装填状況

3. 開発技術

そこで筆者らは切羽立入が不要な自動装薬システムを開発した。本技術はドリルジャンボのガイドセルに搭載し（写真-3）、①位置合わせ機構②親ダイ供給機構③送し機構④増ダイ供給機構で構成した（写真-4, 5）。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た（写真-6）。増ダイは粒状爆薬（含水爆薬やANFO）にする事で、エア圧送による機械装填を可能とし、密装填効果により込物の省略を可能にした（図-2）。

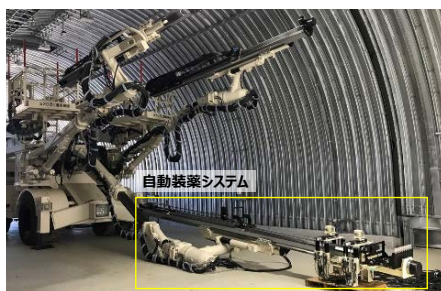


写真-3 自動装填システム搭載状況

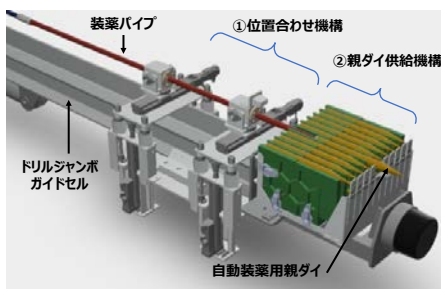


写真-4 自動装薬システム構成（①，②）

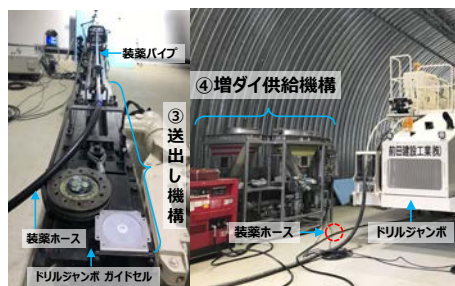
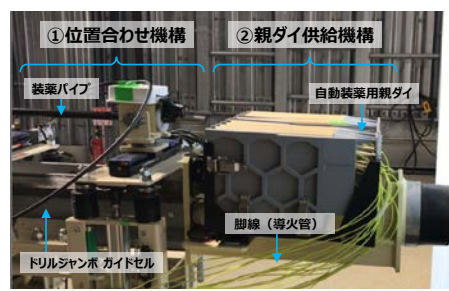


写真-5 自動装薬システム構成（③，④）



写真-6 自動装薬用親ダイ

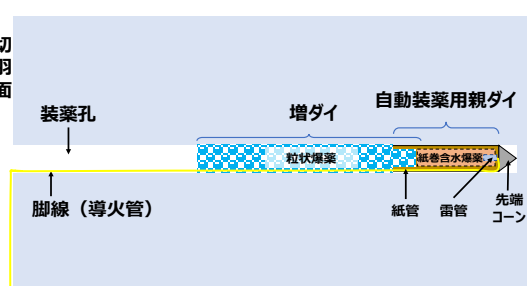


図-2 自動装薬模式図

キーワード 山岳トンネル, 発破掘削, 安全性向上, 生産性向上, 爆薬, 自動装薬

連絡先 〒102-8151 東京都千代田区富士見 2-10-2 前田建設工業（株） TEL 03-3265-5551

4. 実証試験

当社研究施設 ICI 総合センターの模擬トンネル内に、本システムを搭載したドリルジャンボ実機を配備し、一連動作の実証試験を実施した（写真-7）。実証試験状況および装薬システム画面状況を写真-8～10 に示す。

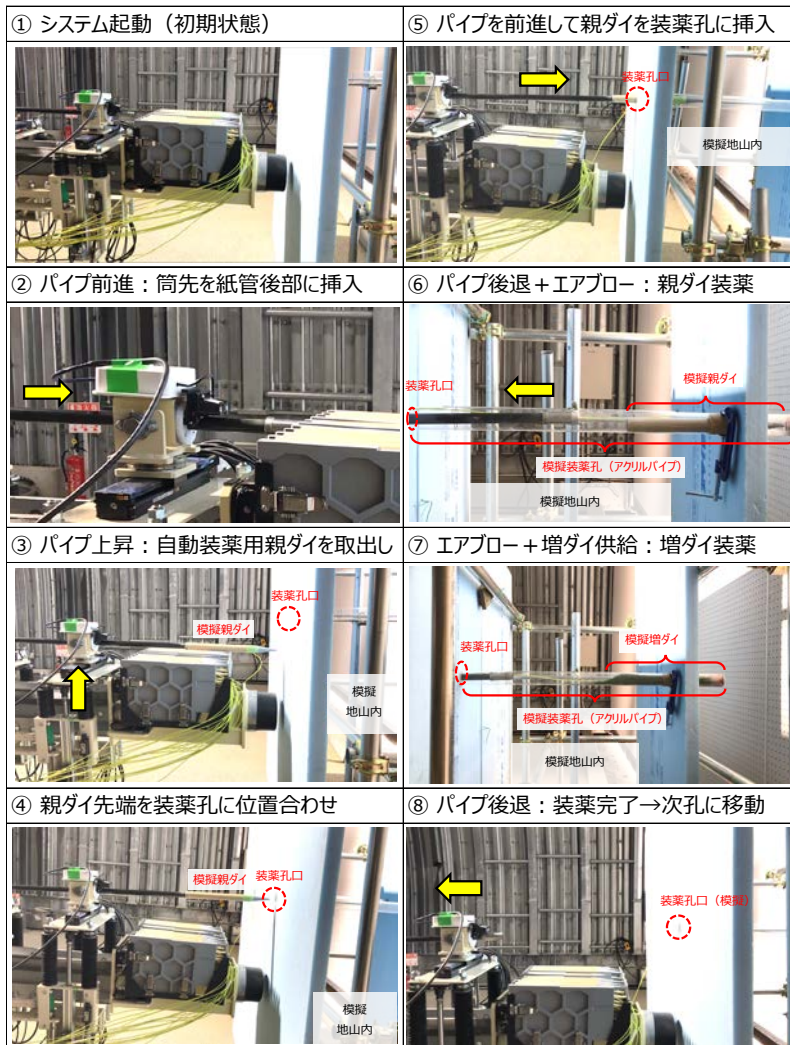


写真-7 一連動作の実証試験状況

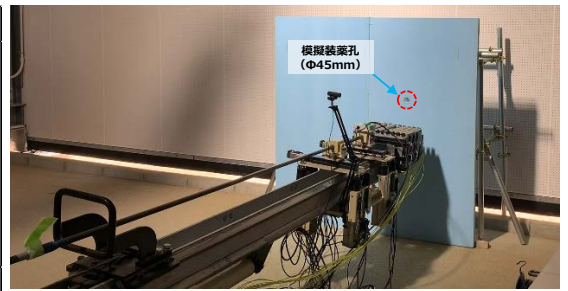


写真-8 実証試験状況全景

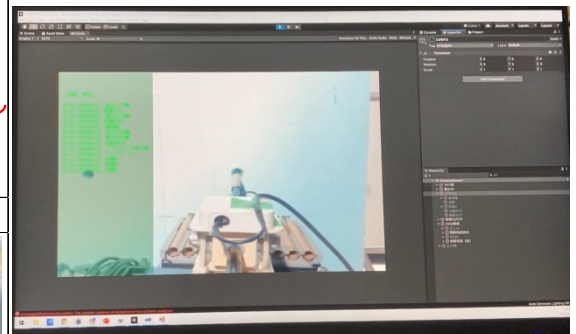


写真-9 装薬システム画面（カメラ表示例）



写真-10 装薬システム画面（MR表示例）

5. 試験結果

実証試験結果を以下に列举する。

- ・位置合わせ機構：装薬システム画面上で模擬装薬孔 φ 45mm を認識し、パイプ位置合わせや角度合わせが可能。
- ・親ダイ供給機構：50本の模擬親ダイ（1～10段×5本）を供給可能（3ブーム×50本＝150本供給可能）。
- ・送出し機構：親ダイ供給機構から自動装薬用親ダイの取出し、および、孔奥への親ダイ装薬が可能。
- ・増ダイ供給機構：含水爆薬やANFOを想定した模擬粒状爆薬を模擬装薬孔内に隙間なく装薬が可能。
- ・全体システム：各機構の連携により自動で模擬装薬孔（φ 45mm, L=1.0m）に模擬親ダイ・増ダイを装薬可能。

6. おわりに

実証試験により、作業員の切羽立入を不要にする自動装薬システムの基本性能を確認することができた。今後は、現場使用に耐え得る様にシステム改良を進め、実現現場での導入検証を計画している。また、現在はマシンガイダンス技術であるが、フルオートコンピュータジャンボ技術の活用や削孔データの連携および孔位置のセンシング技術により、マシンコントロール技術に進化させる計画である。今後導入が期待されるバルクエマルジョン爆薬や無線雷管等の海外技術の導入により更なる安全性・生産性向上も期待できる。当社が開発した鋼製支保工建込ロボット技術と本技術を活用することにより、切羽肌落ちによる重篤災害撲滅を目指す。開発に協力頂いた、(株)前田製作所、アスラテック(株)、カヤク・ジャパン(株)、古河ロックドリル(株)に敬意を表す。