

## 新工法紹介 機関誌編集委員会

|        |                                             |                            |
|--------|---------------------------------------------|----------------------------|
| 04-461 | 鋼管楊重装置『Pi-Lif』<br>および鋼管接続を自動化する<br>『AGF-Sq』 | 西松建設<br>DSI ニッシン<br>ドリルマシン |
|--------|---------------------------------------------|----------------------------|

### ▶ 概 要

一般的に、天端や切羽崩落の恐れがある山岳トンネル工事には注入式長尺鋼管先受け工（AGF）が補助工法として採用される。注入式長尺鋼管先受け工はトンネル天端部前方に鋼管を打設してトンネル周辺地山をアーチ状に補強する工法で、鋼管の接続はネジ式となっており、その接続作業は1本あたり約59kgと非常に重い鋼管をドリルジャンボに備えられているマンゲージ上で2名の作業員が人力で鋼管を回して接続する必要がある。この作業は作業員にとって苦渋作業であり、手指の巻き込まれ、挟まれなどの労働災害もたびたび発生しており、鋼管接続作業の自動化が課題となっていた。また、ネジ式の鋼管接続の場合、打設済みの鋼管と新たに接続する鋼管の軸が揃っていなければ接続が困難であり、その場合、接続に時間を要することによりサイクルタイムが増加する問題もある。このような背景から、注入式長尺鋼管先受け工に関して、新たに開発した鋼管楊重装置『Pi-Lif (Pipe Lifter)』および、ドリルジャンボにスクイーズユニットを搭載し、鋼管接続を自動化した『AGF-Sq』を実現場に導入して安全性・生産性の向上効果を確認した。

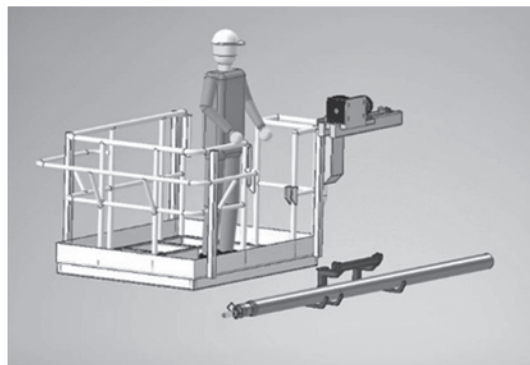
### ▶ 特 徴

#### (1) 鋼管楊重装置『Pi-Lif』

ドリルジャンボのマンゲージ上への人力による運搬、鋼管のセット作業時の負荷低減および安全性向上のために、鋼管把持用のフックと楊重用ウインチを組み合わせた鋼管楊重装置『Pi-Lif (Pipe Lifter)』を新たに開発した。把持用フックのみを降下させ、地上にて鋼管をセットしてウインチで上昇させることで、マンゲージを昇降させることなく鋼管の運搬、機械上へのセット作業が可能となる。

#### (2) 『AGF-Sq』

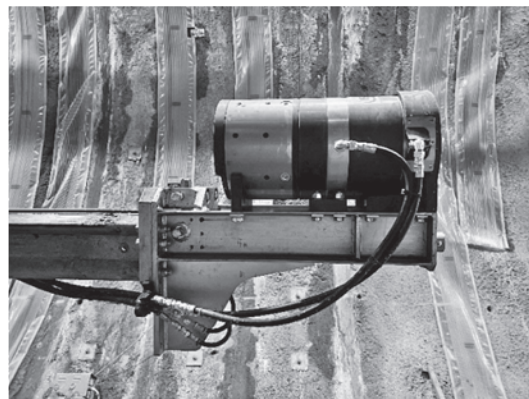
本工法は、注入式長尺鋼管先受け工に通常用いられているネ



図一2 鋼管楊重装置『Pi-Lif』

ジ式の鋼管接続に代わってスクイーズ方式を採用している。

スクイーズ方式では、ドリルジャンボのドリフター先端に取り付けたスクイーズユニット（加締機）内の油圧クランプシリンドラを使用して、事前に縮小加工したオス管端部を切羽に打設済みのメス管端部に圧着接続することができる。接続作業が機械化・自動化されるため、マンゲージ上での接続作業時における作業員の安全性が向上し、さらに、鋼管楊重装置『Pi-Lif』により、次の鋼管を取りに行くためのマンゲージの昇降が不要になり鋼管のセットも容易となるため、鋼管接続作業全体のサイクルタイムを6割程度削減可能である。



図一3 スクイーズユニット

### ▶ 用 途

・長尺鋼管先受け工

### ▶ 実 績

・四国地方整備局発注 窪川佐賀道路不破原トンネル工事

### ▶ 問 合 せ 先

西松建設(株) 西日本支社 不破原トンネル出張所

〒789-1712 高知県幡多郡黒潮町不破原 7-1

TEL : 0880-31-4133



図一1 Pi-Lif および AGF-Sq 施工状況

## 新工法紹介

|        |                                  |        |
|--------|----------------------------------|--------|
| 04-462 | 山岳トンネル肌落ち災害の課題を解決する新技術「自動装薬システム」 | 前田建設工業 |
|--------|----------------------------------|--------|

## ▶ 概 要

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。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が、数 m 離れた所から、小径装薬孔への長尺パイプ挿入は難易度が高く、通常作業として定着していないのが現状である。

また、厚生労働省が策定した「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」によれば、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、この切羽立入作業を無人化することで被災リスクを限りなく減らすことができる。そこで前田建設工業では、肌落ち災害の課題を解決するための新技術として切羽立入作業を不要にする「自動装薬システム」（写真—1）および「装薬孔位置検出システム」（写真—2）を開発している。

## ▶ 特 徴

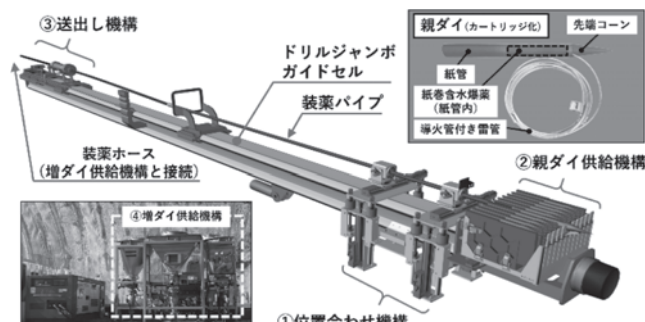
本システムはドリルジャンボのガイドセルに搭載し、①位置合わせ機構、②親ダイ供給機構、③送出し機構、④増ダイ供給機構で構成した。親ダイは紙巻含水爆薬と非電気式雷管（導火管付雷管）の組合せとし、先端コーン（位置合わせ誤差・孔荒れ対策）と紙管（収納・把持機能）に内包してカートリッジ化し、増ダイは粒状爆薬（含水爆薬や ANFO）にすることで、エア圧送による機械装填を可能とし、密装填効果により込物を省略。

また、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が、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 50 mm の誤差が生じることが開発初期の現場試験により明らかになったため、座標を元に機械およびブームをセットした後、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を開発し、これを自動装薬システムに実装することにより高精度で自動制御することを可能にした。

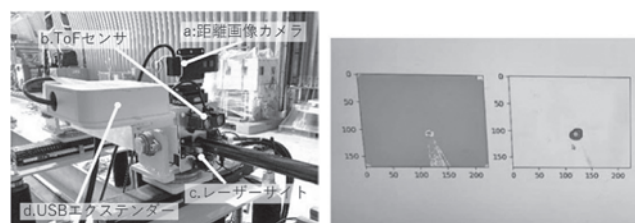
孔位置検出システムは、a:距離画像カメラ、b:ToF センサ、c:レーザーサイト、d:USB エクステンダーで構成し、専用の孔位置検出用ソフトウェアは独自のアルゴリズムでトンネル坑

内の照度において孔を検出できるように検証を重ねて改良した。

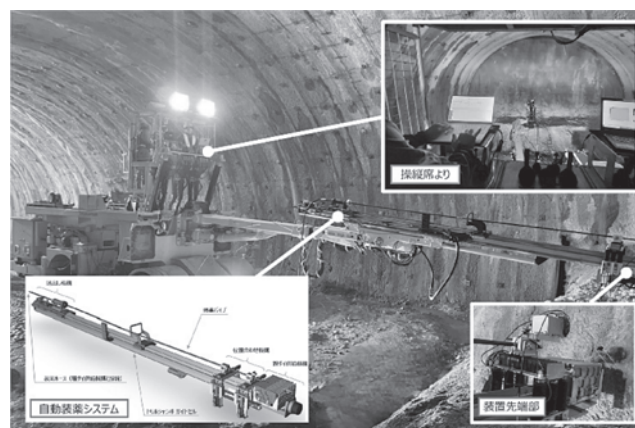
これらのシステムは当社研究施設 ICI 総合センターの模擬トンネル内で実大検証試験を経て、実際の山岳トンネル現場においても装薬～発破までの一連作業の試験施工を完了している。



写真—1 自動装薬システム



写真—2 孔位置検出システム



写真—3 無人の切羽にて試験施工する様子

## ▶ 用 途

・山岳トンネル装薬発破の自動化技術

## ▶ 実 績

・山岳トンネル切羽面における試験施工

## ▶ 問 合 せ 先

前田建設工業(株) 土木技術部

〒102-8151 東京都千代田区富士見2丁目10番2号

TEL: 03-3265-5551