

## 油圧ブレーカによるあたり取り作業の無人化施工に関する検討

鉄建建設(株) 正会員 ○舟橋孝仁 村岡亜美 中原法久 高橋幹夫 須志田藤雄 宇田誠  
鉄建建設(株) 小山俊滉 山下翔太 佐野雄治 島根米三郎

### 1. はじめに

近年、建設業では生産年齢人口の減少や技能者の高齢化に伴い、担い手確保や生産性の向上は喫緊の課題である。トンネル工事においても省人化、無人化、自動化により安全性や生産性の向上させる取り組みが必要である。トンネル工事において切羽近傍における作業のうち、発破後のこそく・あたり取り作業は、肌落ち災害が発生しやすい危険を伴う作業である。そこで、著者らは、こそく・あたり取り作業の無人化に着目し、安全性向上、切羽作業の省人化の取り組みについて検討を行った。本稿では、施工中のトンネルの切羽付近において、坑外からの油圧ブレーカ遠隔操作によるあたり取り作業を想定した模擬的な試験を実施したので報告する。

### 2. 試験概要

#### 2.1 遠隔操作システム

本試験では、無人化施工システム(着脱式油圧制御ラジコンシステム)を搭載した油圧ブレーカを使用した(写真-1)。重機には、小型HDカメラが4台、各種通信用無線機および油圧制御系システムが搭載されており、トンネル側壁部には重機との通信を行うための通信設備が設置されている。さらに、重機遠隔操作を行う際の補助的なカメラとして、テーブル側面にIPカメラを設置し、作業状況の全体像を確認できるようにした。一方、遠隔操作を行う坑外の現場詰所には、操作リモコン、カメラ映像切替機、モニター等を設置した(写真-2)。坑内と坑外詰所とのデータ通信方法は、高速通信、長距離伝送が可能な光ファイバケーブルをトンネル全線に敷設しデータ転送を行った。

#### 2.2 試験ケースおよび実施内容

本試験では、オペレータが坑外の現場詰所でモニター(カメラ画像)を見ながら坑内重機のラジコン操作を行うケース(以降、重機遠隔操作と呼ぶ)およびオペレータが重機に搭乗し従来通りの操作を行うケース(以降、従来操作と呼ぶ)の2ケースで実施し、両者を比較



写真-1 無人化施工システム搭載油圧ブレーカ

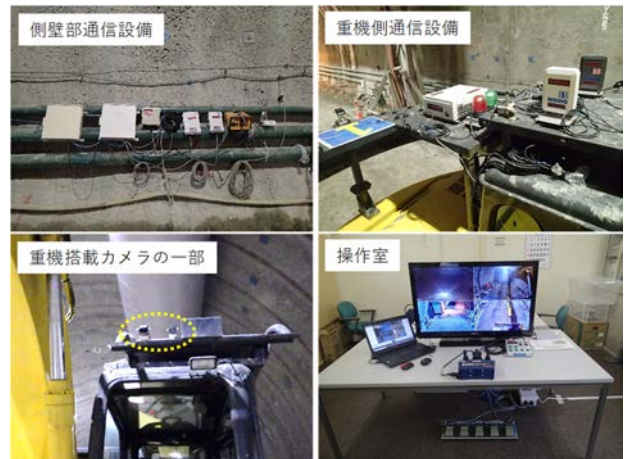


写真-2 通信設備, カメラ, 操作室

表-1 実施項目と内容

実施項目	内容
重機走行	駐機箇所から所定位置まで100mを走行
トンネル壁面へのノミ先の誘導	所定箇所(脚部、側壁、肩、天端)のあたり取りを想定し、ブレーカーノミを誘導
コンクリートブロックの小割	掘削を想定し、ブロックを小割

した。実施内容は各ケースに対し、ブレーカによるあたり取り作業を行うための基本的な重機の動きを遠隔操作により確認するため、重機の走行、トンネル壁面へのノミ先の誘導、掘削作業を模したコンクリートブロック(地上設置)の小割りを実施した(表-1)。試験の流れは重機駐機位置から①重機走行(往路100m)、②壁面へのノミ先誘導(4箇所)、③ブロック小割(2個)、④

キーワード トンネル工事, 無人化施工, 遠隔操作, 油圧ブレーカ, あたり取り

連絡先 〒101-8366 東京都千代田区神田三崎町2-5-3 鉄建建設(株)土木本部 TEL 03-3221-2298

重機走行（復路 100m）の順で行い、試験中は重機走行性、操作・操縦性、制動性、安全性等を確認し、作業時間の測定を行った。図-1に試験全体図を示す。

### 3. 試験結果

#### 3.1 遠隔操作作業の状況

遠隔操作による重機走行は、重機搭載の小型カメラ画像および IP カメラ画像のみにより、走行スペースを安全に走行でき、重機と坑内設備との離隔や重機進行方向をカメラ画像で把握し一旦停止や減速等の重機の制動も問題なく行うことができた。しかし、従来操作に比べると、視認性が劣り走行時の減速や一旦停止を伴う方向修正などにより、やや時間を要することが分かった。今後は、視認性や安全性向上のため、カメラの画品質、視野、台数、設置箇所等の検討が必要と考えられる。ノミ先誘導およびブロック小割では、従来操作と同じ作業を遠隔操作においても行うことができた、しかし、遠隔操作での作業は、操作速度の低下、ノミ先誘導の目印やブロックとブレーカノミとの距離感覚がつかみにくく作業に時間を要するなど、従来操作の作業状況に比べると、作業効率が劣る結果であった。

視認性が劣り走行時の減速や一旦停止を伴う方向修正などにより、やや時間を要することが分かった。今後は、視認性や安全性向上のため、カメラの画品質、視野、台数、設置箇所等の検討が必要と考えられる。ノミ先誘導およびブロック小割では、従来操作と同じ作業を遠隔操作においても行うことができた、しかし、遠隔操作での作業は、操作速度の低下、ノミ先誘導の目印やブロックとブレーカノミとの距離感覚がつかみにくく作業に時間を要するなど、従来操作の作業状況に比べると、作業効率が劣る結果であった。

#### 3.2 所要時間

各ケースにおける重機走行、トンネル壁面へのノミ先誘導およびブロック小割に要した時間を図-2 に示す。一連の実施内容に要した時間は、遠隔操作は従来作業の約 3.9 倍の時間を要した。また、重機走行を除いた作業（壁面タッチ、ブロック打撃）では、従来操作は概ね同程度の作業時間であるものの、遠隔操作ではブロック小割作業に多分の時間を要している。これは、実物を目視して作業する従来操作に比べ、モニター越しの作業は、ブロックとのみ先との距離感が把握しづらく、小割りの際のブロックへのみの当り位置が上手く定まらなかったことが理由として挙げられる。また今回の試験では、実際の重機と同様な操作レバーを使用しておらず、オペの操作感覚の不慣れさもあったと考える。

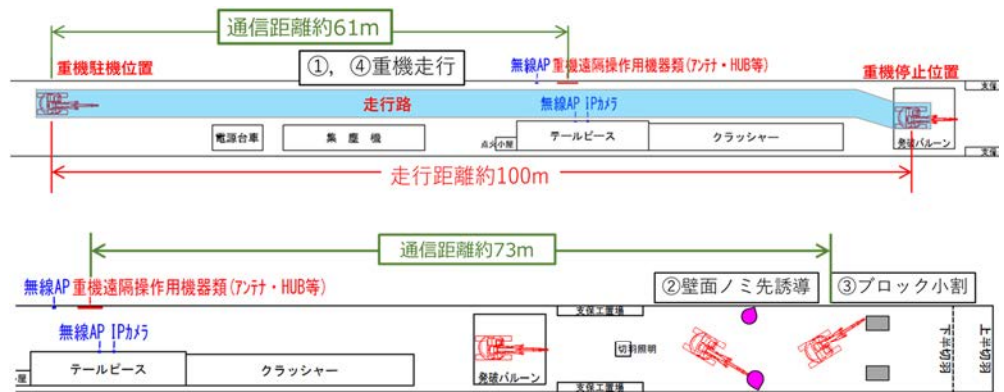


図-1 試験全体概要図

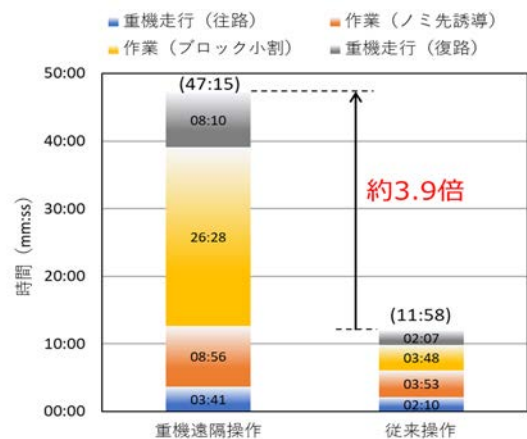


図-2 所要時間

今後は、操作性の向上のため、コックピット型操縦席の採用や作業の臨場感が感じられる環境、操作時の安全性の向上に向けた検討が必要と考えられる。

#### 4. おわりに

トンネル工事におけるあたり取り作業の無人化のため、油圧ブレーカの遠隔操作について検討を行った。遠隔操作は、カメラ画像を見ながらの操作となるため、従来操作と同程度の作業効率で行うことは難しいものの、あたり取りの基本的な動作は遠隔操作で行うことは可能であることが確認できた。遠隔操作による作業の安全性や操作性の向上、さらなる効率化を図るためには、より実際に近い操作環境を確保することや正確な距離感が得られるセンシング技術が必要と考えられる。