

発破用せん孔機の自動化技術と 複数台遠隔操作ベンチリモート

小 串 雅 則

先進の発破用せん孔機の自動化技術として「せん孔機の自動化技術と一人のオペレーターによる複数台遠隔操作（以下、ベンチリモートという）について」紹介する。

キーワード：一人のオペレーターによる複数台遠隔操作

1. はじめに

現場の危険が想定される法面近くのベンチなどのハザードエリアに入らずせん孔機が可能。オペレーターステーションをせん孔機と同じ現場の離れた安全な場所に設置しローカルネットワークやインターネットとは隔離された安全な閉域網 Wi-Fi ネットワーク通信を利用して複数台のせん孔機を遠隔でせん孔操作が出来るベンチリモートについて紹介する。

2. ベンチリモートの主要スペック

- ・主要アプリケーション
鉱山露天掘り，骨材用砕石場，石灰岩の採石場
- ・電源
10-30 VDC 最大 15 アンペア
- ・寸法
長さ：1,205 mm
高さ：1,370 mm
幅：1,120 mm
重さ：250 kg
- ・通信
Wi-Fi クローズドネットワーク閉域網
Wi-Fi 規格 802.11 g, 周波数帯 2.4 GHz

上記の主要スペックに加え，ベンチリモートの6つの詳細な特徴は以下の通り：

1. せん孔機から水平方向に最大 100 メートル（垂直方向は 30 メートル）の距離からの遠隔操作（[図-3](#) 参照）
2. 全ての操作方法とディスプレイは 遠隔操作するせん孔機に装備されているものと同じ

3. ディスプレイには，遠隔操作するせん孔機に取り付けられたすべてのカメラからのライブ映像音声付きが表示
4. ベンチリモートは，1台（シングルリグ）の操作と複数台（マルチリグ）の操作の両方のバリエーションで利用可能（シングルバージョンは後でマルチリグにアップグレード可能）
5. せん孔機の多くの既存のモデルはベンチリモートで操作できるようアップグレード可能
6. ベンチリモートは，お客様が用意した車両，トレーラー，またはコンテナに設置（[写真-1](#)）

3. ベンチリモートの開発の目的と主なメリット

(1) ベンチリモート開発の目的

私たちは常に厳しい労働条件に直面しているせん孔機のオペレーターの安全レベルを最大化する目標を設定した。更に1人のオペレーターが同じベンチリモート



写真-1 車両に搭載されたベンチリモート

トから複数台の操作が可能にするお客様要望の実現。

(2) ベンチリモートのメリット

(a) 安全性の向上

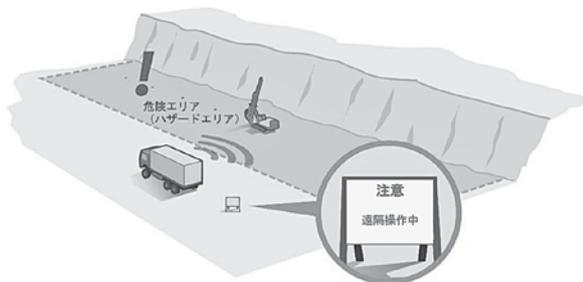
オペレーターを保護する最善の方法は、不安定で危険なベンチからオペレーターを安全な場所へ移動させる事である。ベンチリモートはそれを作りオペレーターの誰もが機械にいる必要なく、安全な場所に設置されたベンチリモートから安全に法面の近くのせん孔機を操作できる（図一1参照）。

(b) 生産性と効率の向上

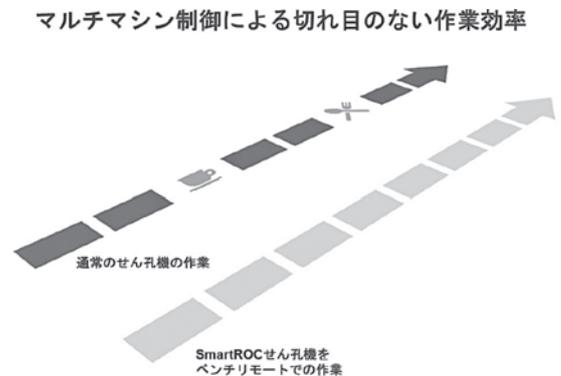
1人のオペレーターが同じベンチリモートからの最大3台のせん孔機を操作できる。このマルチマシン制

御による最大3台のせん孔機リグを並行して処理ができ、生産性を新しいレベルに引き上げ、オペレーター作業効率が向上する（写真一2, 3）。

自動せん孔システム含む、GPSによる機械の位置情報を把握し、せん孔する場所に機械をナビゲートする「ホールナビゲーションシステム」で自動化されたせん孔機複数台をベンチリモートでせん孔作業した場合、従来のオペレーターのせん孔機の運転による作業と比較すると、自動せん孔で安全な作業により、オペレーターは、任意に席を外す事が容易にできるために切れ目のないシームレスなオペレーションが可能になる（図一2, 写真一4, 5参照）。



図一1 遠隔操作による危険エリアでのせん孔作業



図一2 マルチマシン制御による切れ目のない作業効率



写真一2 1人のオペレーターによる複数台遠隔操作
黄色のバンの中にベンチリモート設置



写真一4 ホールナビゲーションシステムによるベンチ内のせん孔する場所へナビゲートする画面



写真一3 白いトレーラーに搭載されたベンチリモートから複数台のせん孔機の実際の操作



写真一5 夜間でのベンチリモートでのせん孔風景

(c) オペレーターの作業条件の改善

騒音や粉塵を減らしたオペレーター環境が改善。トレーラーにベンチリモートを搭載した場合、広々としたソファのある環境で作業できるのでオペレーターは自宅にいるように感じるだろう。また、広々とした静かな環境で新人のオペレーターをトレーニングする事が容易にできる（写真—6, 7）。

(3) ベンチリモートの概要

ベンチリモートで操作可能なせん孔機はダウンザホールドリル（DTH）とトップハンマー（TH）の2つの種類のせん孔機である。

水、崩落しやすい岩層をせん孔後のロッドの回収が困難であるため、特殊な2重管構造のドリルロッドの

CL = 「コップロッドシステム」と、ロッドの継ぎ足しのないLF = ロングフィードタイプに現時点では限られる。

ホールナビゲーションシステム（HNS）とカメラシステムを組み合わせて使用することで、オペレーターはベンチリモートが設置された車両やトレーラーからせん孔機まで水平方向に最大100メートル、垂直方向に最大30メートルで使用できる。ベンチリモートオペレーターでの走行操作は、常にすべての遠隔操作せん孔機を直接見ながら操作をする必要がある（図—3）。

せん孔時には、1つのビデオディスプレイに、ベンチリモートから制御されるロッドハンドリング、ロックドリル／口元／を撮影するカメラがせん孔機に設置され、全てのカメラからのビデオ映像が表示される。

後方走行時には同様にオペレーターステーション画面リバーサカメラの映像が表示される。オプションとして2つの追加カメラで死角をなくすことが出来る（写真—8）。

ベンチリモートと遠隔操作せん孔機間のすべての通信は、クローズド Wi-Fi ネットワークを介して送信される。つまり、ベンチリモートはローカルネットワークやインターネットから完全に独立している。

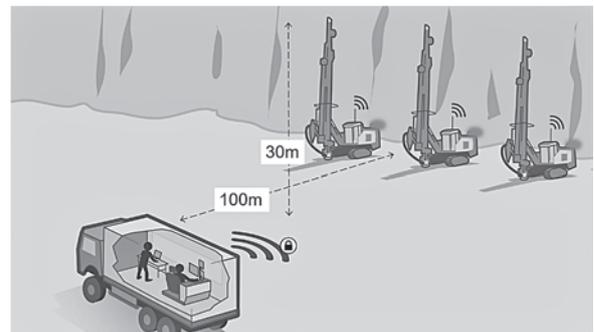
ベンチリモートと遠隔操作せん孔機間の信頼性の高い通信は 閉域網 Wi-Fi の安全なワイヤレスネット



写真—6 トレーラー内のベンチリモートと広々とした空間でトレーニングも容易



写真—7 遠隔操作機と同じ操作レバーとディスプレイで危険エリアのせん孔機のせん孔作業



図—3 1人のオペレーターで3台のせん孔機の遠隔操作



写真—8 ベンチリモートから制御されるロッドハンドリング、ロックドリル／口元／を撮影するカメラ

ワークを介して保証される。ローカルワイヤレスネットワークは必要ない。

ベンチリモートと遠隔操作せん孔機間の通信が切断された場合、通信が回復するまでせん孔機はすぐに動作を停止する。

4. 大型ブラストホール機における遠隔操作

大型のブラストホールドリルでは「オフィステレリモート」の現場の事務所に、1つのサーバーラックを設置した制御ルームから、同時に最大9台のせん孔機リグを安全性に優れた効率性の高い状態で制御する。制御ルームではリモートオペレーターデスクで、オペレーターが現場で作業しているように、オフィスから作業することが可能になる（写真—9）。

「オフィステレリモート」とリモートリグの通信はすべて、鉱山現場の通信ネットワークを介して転送される。

これにより、制御センターは同じネットワーク上にある限り、離れた場所に配置できる。安全面の理由から、せん孔機とオフィステレリモートステーション間の接続を失うと、ドリルリグの安全システムが緊急停止を発動し、エンジンを停止する。



写真—9 現場事務所に設置されたオフィステレリモートの操作作業デスク



写真—10 鉱山現場のブラストホールドリル機の現場

5. おわりに

プロセスオートメーションとして遠隔操作及び完全自律型の自動せん孔システム「オートノマス」が開発中である。この完全自律型のせん孔機は遠隔操作ではなく、あらかじめ設定されたプログラムに従って機械が孔の位置に自動で走行し、せん孔し、また次の孔位置に走行する作業が可能である。このせん孔システムは現在大型のブラストホールドリルで試験中である（写真—10）。

トップハンマーせん孔機への遠隔操作、自動化を進めるため、課題である孔の曲がり、水、崩落しやすい岩層をせん孔後のロッドの回収の自動化に取り組んでいる。

この課題がクリアできれば、31年前の1991年に噴火し、火砕流の災害の雲仙普賢岳の復興に要求された「完全自律型自動トップハンマーせん孔機」の完成が近づいている。

JCMA

【筆者紹介】

小申 雅則（こぐし まさのり）
エビロックジャパン(株)
プロダクトマネージャー