

# 山岳トンネル施工機械における 品質および安全確保技術

機械部会トンネル機械技術委員会 品質・安全確保分科会

(社)日本建設機械化協会機械部会のトンネル機械技術委員会では委員会活動において協会の事業計画のなかで調査研究活動の重点項目にあげられている「品質確保の促進」「安全の推進」について分科会を設け活動を行った。分科会は建設業、機械メーカー、建機レンタル業などの会社で構成されている。本稿では分科会活動で行った山岳トンネルで使用されている施工機械について安全確保技術を中心に調査した内容を取りまとめ整理したものの一部を紹介する。

キーワード：機械化協会分科会活動、山岳トンネル施工機械、安全対策機器、保守向上機器

## 1. はじめに

品質・安全確保分科会では山岳トンネルの施工に使用する代表的な機械（ドリルジャンボ、バックホウ、自由断面トンネル掘削機、ホイールローダ、ダンプトラック、バッテリー機関車、シャトルカー、ベルトコンベア、コンクリート吹付機）を選定しそれぞれの機械に関する品質・安全確保技術について調査・とりまとめを行った。とりまとめを行った構成は以下のとおりである。

- ①概要（代表機種一覧、分類・種類、特徴）
- ②安全対策機器（事故・ヒヤリハット事例、安全機器一覧、主要安全機器の紹介）
- ③保守向上機器（保守向上機器一覧、主要保守向上機器の紹介）

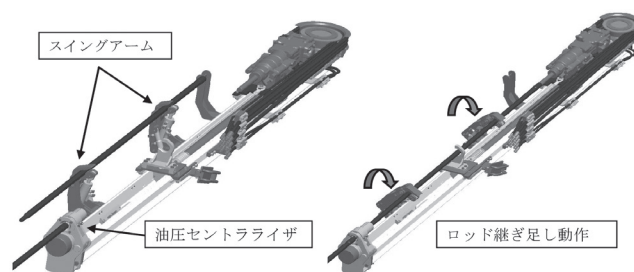
「事故・ヒヤリハット事例」については平成20年度に当委員会の分科会でまとめたものを紹介し、どのような危険がある機械であるかを記述した上でその機械の代表的な安全対策機器を紹介する事にした。施工機械の品質については明確な範囲の設定が困難であり、施工に係わる事柄が含まれると範囲が広くなりとりまとめが難しくなるので、保守向上技術について取り上げ安全確保と同様にまとめた。主要安全機器および主要保守向上機器の紹介は、安全機器一覧・保守向上機器一覧に記載したなかから代表的なものを抽出し機器の機能や特徴をメーカー資料、図、写真などを添付しまとめている。

本稿は分科会で整理したもののうち主要安全機器の紹介についての一部を抜粋したものである。

## 2. ドリルジャンボ

### (1) ロッドセッター

長孔せん孔時のノミ継ぎに油圧クランプ、交換装置を使い自動交換を行い、安全施工と省力化を行う。継ぎ足すロッドをスイングアームでつかみドリフト側に移動させ、ロッドを継ぎ足す（図—1）。



図—1 ロッドセッター説明図

シンプルな構造でロッドを確実につかむことができ、ロッドの継ぎ足し、回収が容易に行える。標準6mせん孔を遠隔操作により、簡単に行える。

#### 【ロッドセッターの効果】

- ①ロッドの継ぎ足しおよび回収作業の全てを機械化し、遠隔操作により、マンゲージ内作業者が不要
- ②重いロッド継ぎ作業からの解放
- ③ワンマンで全ての作業が可能

### (2) バックモニター

ドリルジャンボの後退時、死角となる後方をモニターしながら安全を確保する（写真—1, 2）。

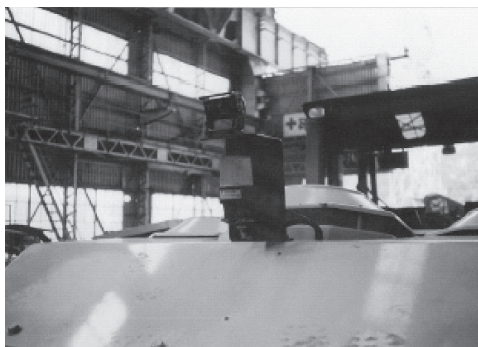


写真-1 CCDカメラ



写真-2 カラー液晶モニター

### 3. 油圧ショベル

#### (1) 接触防止装置

車両周辺の作業者と接近した場合に警報音等で危険を知らせるシステム。まだ標準装備とはなっていない模様。感知方法には光電式(図-2)と超音波式(図-3)がある。

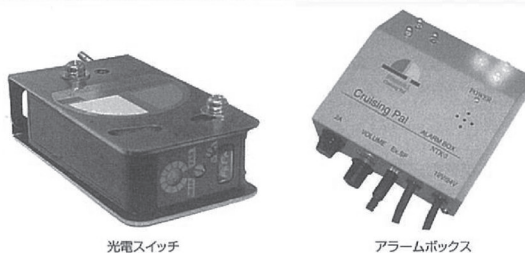
### 4. 自由断面トンネル掘削機

#### (1) 自由断面掘削機の自動掘削システム

自由断面トンネル掘削機の掘削を自動化することにより、外周掘削の目安としてトンネル切羽へのペイントによるマーキングや掘削直後の掘削進行長等の確認(図-4)を行わなくても良いため安全施工が可能となる。トンネル線形上の断面を簡単な操作で高能率・高精度で自動掘削出来るようにしたものである(写真-3, 4, 図-5)。

### 光電式障害物センサー(クルージングバル)

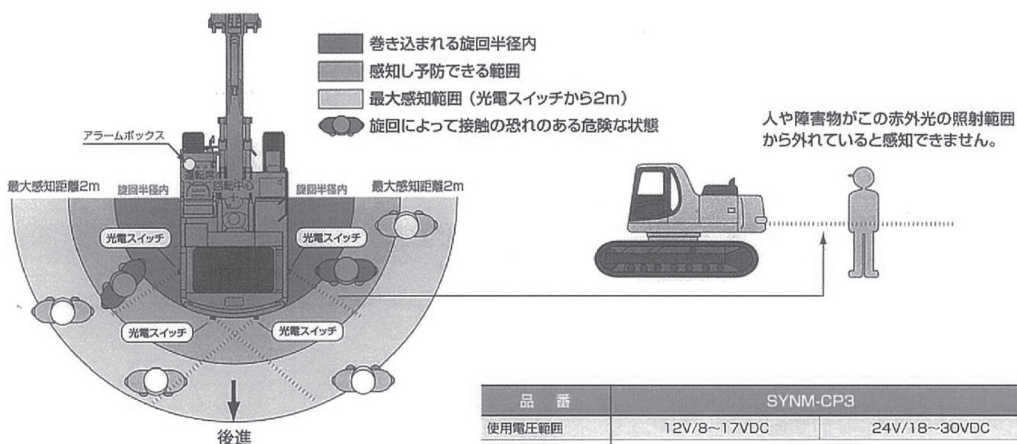
- 軽量・コンパクトなシステム制御装置と赤外光を利用した光電スイッチの働きで、障害物を瞬時に捉え、音と点滅光で、即座に知らせてくれる安全補助装置です。
- 主に油圧ショベルやクローラークレーンなどの旋回作業時の接触防止や挟まれ防止に最適。



光電スイッチ

アラームボックス

### 感知範囲



品番	SYNM-CP3	
使用電圧範囲	12V/8~17VDC	24V/18~30VDC
作動温度範囲	-20~+60℃	
最大使用電流	200mA	
感知距離設定範囲	0.2~2.0m	
検出距離	0.1~2.0m	
応答時間	2ms以下	
応答誤差	動作距離の10%以下	

図-2 接触防止装置(光電式)

超音波式障害物センサー（ミハール）

- 超音波を利用した安全補助装置です。
- 検知距離が最大7mと大きくローラーの様な走行する車両への搭載に最適。

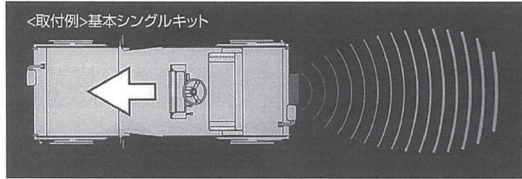
型 式	ミハールⅣ
検知方式	超音波エコー検知方式
検知距離	最大7m(3段階可変式)
使用電源電圧	DC12~24V(12V車/24V車兼用)



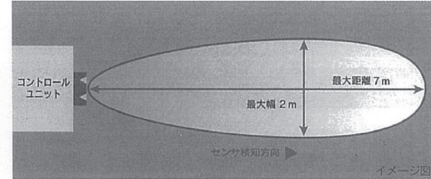
コントロールユニット



警報ブザーユニット

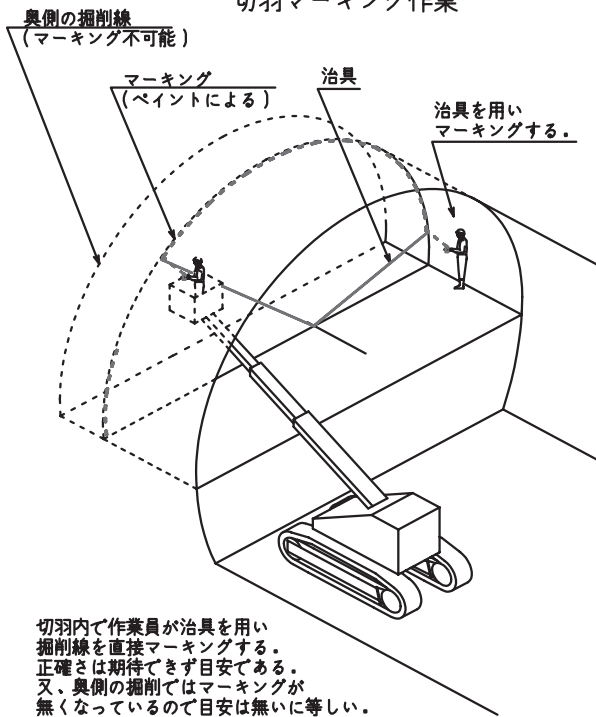


必要に応じ、車両前後・両サイドへのセンサユニットの増設可能(オプション)。



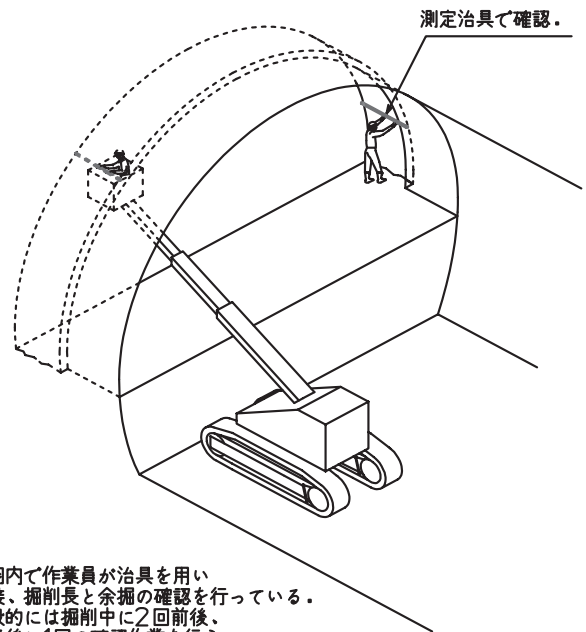
図一 3 接触防止装置（超音波式）

切羽マーキング作業



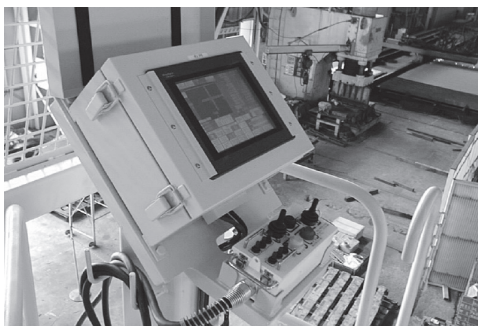
切羽内で作業員が治具を用い掘削線を直接マーキングする。正確さは期待できず目安である。又、奥側の掘削ではマーキングが無くなっているので目安は無いに等しい。

掘削長と余掘の確認

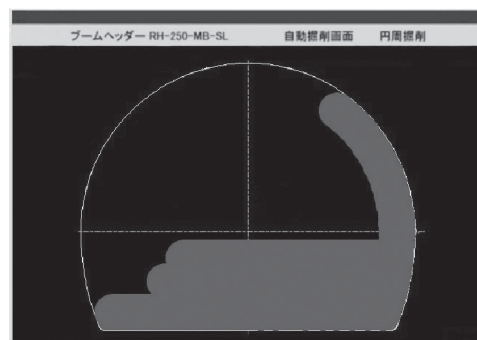


切羽内で作業員が治具を用い直接、掘削長と余掘の確認を行っている。一般的には掘削中に2回前後、終了後に1回の確認作業を行う。掘削直後の為、大変危険な作業である。

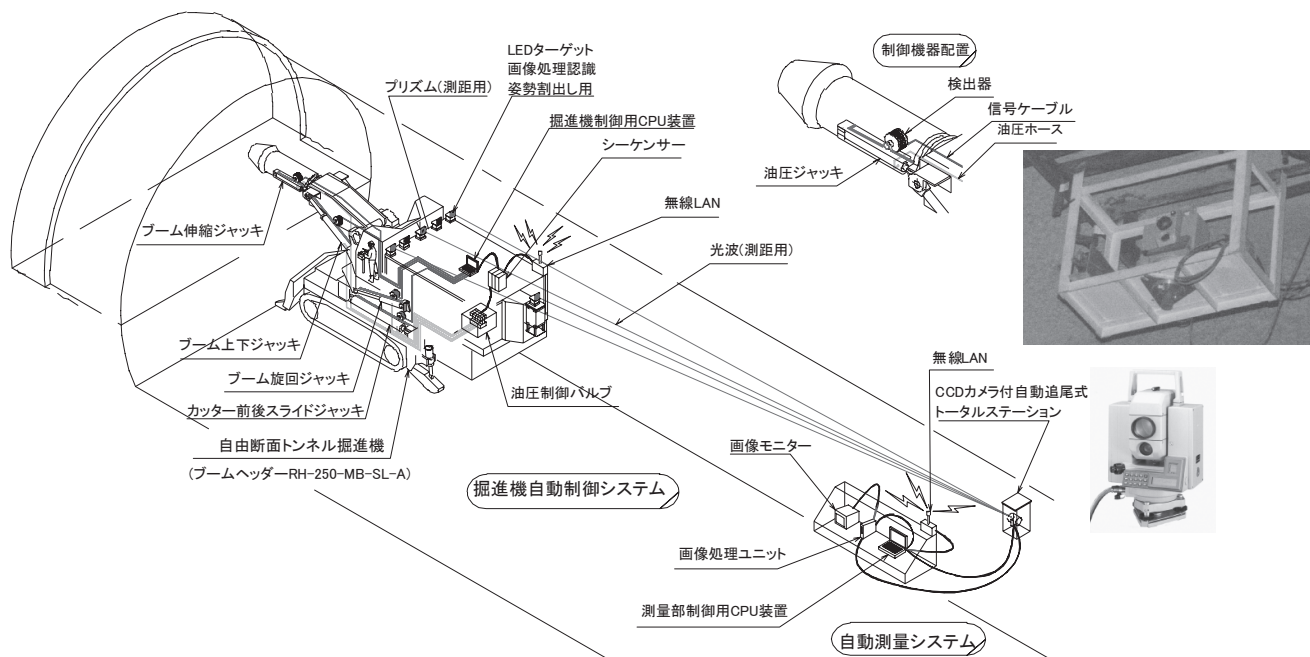
図一 4 無支保区間での作業手順



写真一 3 運転席



写真一 4 自動掘削画面



図一五 自動掘削システム機器配置詳細図

## 5. ホイールローダ

### (1) 荷役装置ロックレバー

作業機レバー後方には、走行時の作業機の誤作動を防ぐ油圧ロックスイッチを装備し、スイッチをオンにすると作業機レバーが無効となる（写真一5、6）。



写真一五 荷役装置ロックレバー（機械式）



写真一六 荷役装置ロックレバー（電気式）

### (2) 荷こぼれ低減装置

荷こぼれ低減装置は走行性と安定性を高める。バケットとリフトアームがアキュムレータ中の窒素ガスを圧縮し、揺動を抑える事により、ロード&キャリー中の走行速度を速め、サイクルタイムを向上、荷こぼれを防止する（写真一7、8）。



写真一七 ロード&キャリー中の安定性



写真一八 キャブ右上にあるスイッチ

## 6. ダンプトラック

### (1) 緊急ステアリングポンプ

走行中にエンジンが停止した場合に油圧低下を防ぐ緊急ステアリングポンプ（図-6）を装備する場合があります。ポンプ軸がトランスミッションの出力軸に接続されているので、エンジンが停止しても車輪側から動力が供給される。

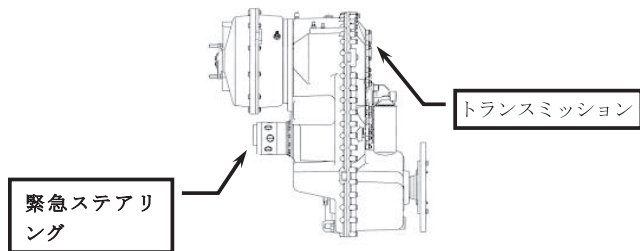


図-6 緊急ステアリングポンプ

### (2) ダンプ警告灯, 車外回転灯

車両が走行中である、あるいはベッセルが上昇した状態であることなどを回転灯やブザー音を用いて周囲の作業員やオペレータに警告する（写真-9, 10）。なお、近年は、車外灯等も含めて玉切れのないLED灯の採用が進んでいる。



写真-9 ダンプ警告灯

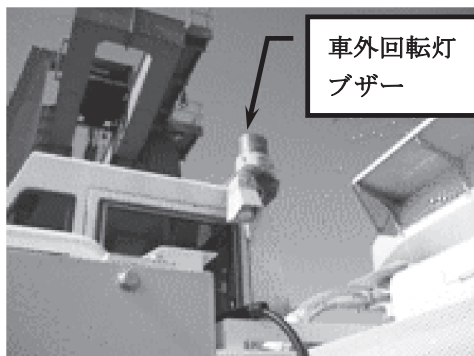


写真-10 車外回転灯およびブザー

## 7. バッテリーロコ

### (1) 居眠り防止システム

長距離施工等で運転時間が長くなるとレバーを入ればなしの半自動走行になるため運転員が眠くなり、周りの安全確認がおろそかになる可能性がある。それを防止するシステムが「居眠り防止システム」である。このシステムで運転中の定期的な確認動作を行うことにより、居眠りや注意力の低下を防ぎ、安全な運転が可能となる。サーボロコの運転時にレバースハンドルを操作し発進させる。このレバースハンドルを投入することにより居眠り防止システムは起動する。レバースハンドルの操作から2分間は通常の走行をするが、2分後に集合表示灯の白色ランプが点滅し始め注意を促す。この集合表示灯点滅時にリセットボタンを押すことによりさらに2分間は走行可能となる。集合表示灯点滅から15秒以内にリセットボタンが操作されなかった場合、運転手に居眠り等の不具合が起きたものと自動的に判断し、走行ホーンの走行音を自動的に変更して周囲にも注意を促す。この走行音変更からさらに15秒後にサーボロコは自動停止する。

### (2) 高粘着性車輪装置（アルキャン車輪, 写真-11）

車輪とレール間の摩擦抵抗を高めてバッテリーロコの牽引力を増加させ、制動距離を短くするために開発された高粘着性の車輪用新材料。摩擦係数は従来の0.2程度から0.4程度まで増加している。このことから、高粘着性車輪装置付サーボロコは容易な運転操作性だけでなく、高速走行性能および制動距離の短縮が可能になり、長距離輸送時における高速運搬や安定した登降坂と牽引力の増加を図ることが可能である。耐摩耗性は若干劣るが、摩擦係数が非常に大きく、トンネル工事現場における車輪材料としてのメリットは大きい。

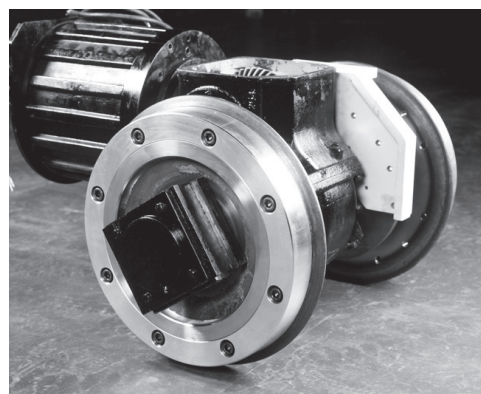


写真-11 アルキャン車輪

## 8. 連続ベルトコンベヤ

### (1) 中間ブースター安全通路 (写真—12)

坑内中間ブースタードライブ部に設けられた安全通路事例を示す。



写真—12 中間ブースター安全通路

### (2) 連続ベルトコンベヤ下部養生ネット (写真—13)

ベルトコンベヤ下部に巻き込まれ防止用の養生ネットを設置した事例を示す。



写真—13 連続ベルトコンベヤ養生ネット

### (3) 切羽部防護, 覆工部防護, 回転部防護 (写真—14～16)

機械各所において巻き込まれ防護対策を行っているが作業上の運用や教育により補完しなければならない場合も多い。



写真—14 切羽部防護



写真—15 覆工部防護



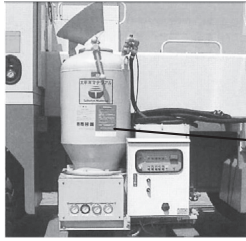
写真—16 回転部防護

## 9. コンクリート吹付機

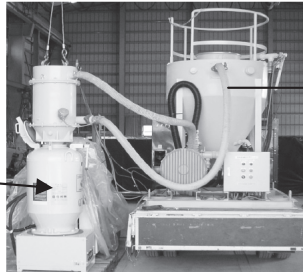
### (1) 急結剤補給装置 (写真—17)

粉体急結剤の品質を保ち, 異物の混入を防ぐことにより目詰まりトラブルを減少させる。

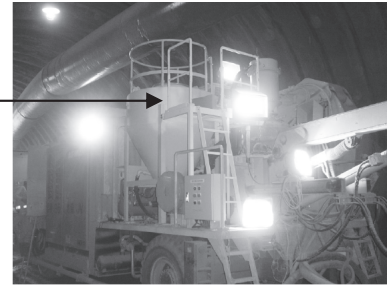
また吹付け作業中に急結剤を人力で補給することが無くなり作業効率があがる。



急結剤供給機（吹付け機架装）



急結剤補給装置から補給



急結剤補給装置を一体架装した例

写真—17 急結剤補給装置例

《その他急結剤補給装置採用により期待される安全性》

- ・補給作業が省力化され、粉じん曝露や、荷上作業による高所からの落下事故防止につながる。
- ・強アルカリ粉じんの曝露に伴う被傷を防止できる。

(2) 急結剤リフト装置（写真—18）

急結剤袋を荷上げストックする装置。人力で荷物を持って台車を昇降する、または受け渡しをする場合の転落リスクを防止し、作業効率改善の為の装置である。



写真—18 急結剤リフト例

## 10. おわりに

山岳トンネル工事における事故・ヒヤリハットは様々な要因によって発生する。事故・ヒヤリハット事例によると機械装置による未然防止が困難なものが多く見受けられるが、安全対策機器を装備し使用する事によりいままで発生していた事故・ヒヤリハットの発生確率を下げる事が可能である事例も多くある。山岳トンネル機械は特殊な環境で使用される事を考えると、使用者と製造メーカーが協力しより安全な機械に改良していく努力が必要と考える。

JCMA