

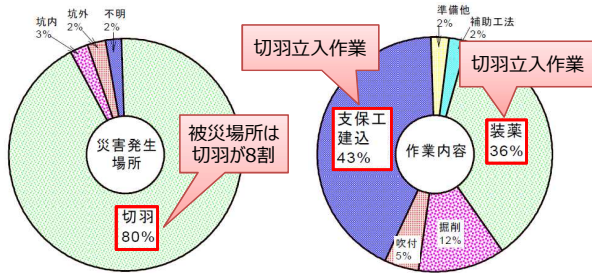
社会的課題と技術開発の目的

社会的課題 1 : 少子高齢化対策として**生産性向上**が要望

社会的課題 2 : 切羽における**岩石落下** (肌落ち) による**重篤災害**の撲滅

H28.12 「**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**」が**厚労省**より発令
講ずることが望ましい事項⇒労働者の切羽への立入りを原則として禁止し**切羽での作業は可能な限り機械化**

トンネルにおける労働災害に関する分析結果



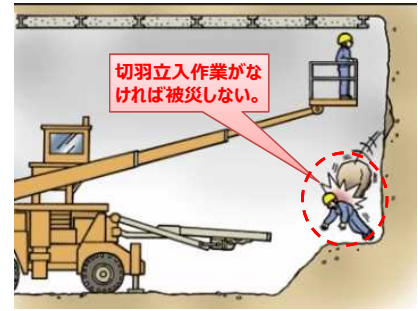
災害発生場所の内訳

災害発生時の作業内容

やむを得ず切羽に立入る作業

切羽立入作業時に肌落ち災害

※トンネル切羽からの肌落ちによる労働災害の調査分析と防止対策の提案 2012 労働安全衛生総合研究所 より抜粋



技術開発の目的

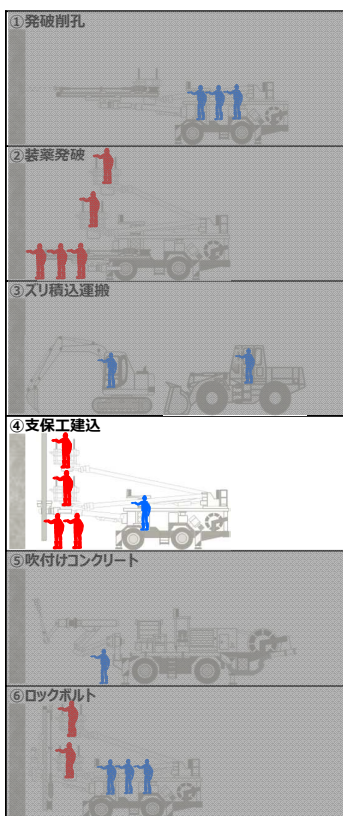
トンネル切羽施工自動化技術により

⇒ **省人化** や**施工スピードアップ**といった、**生産性を向上**する。

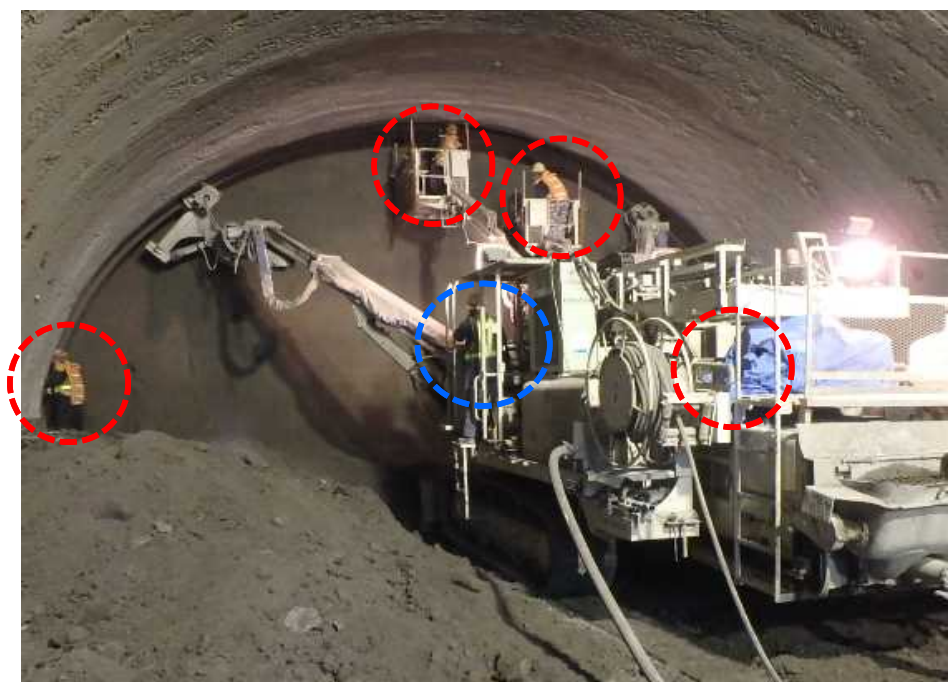
⇒ **切羽立入作業を無くす**事により、**安全性を向上**する。

2

現行の切羽作業の労務編成と切羽立入作業



【鋼製支保工建込み】

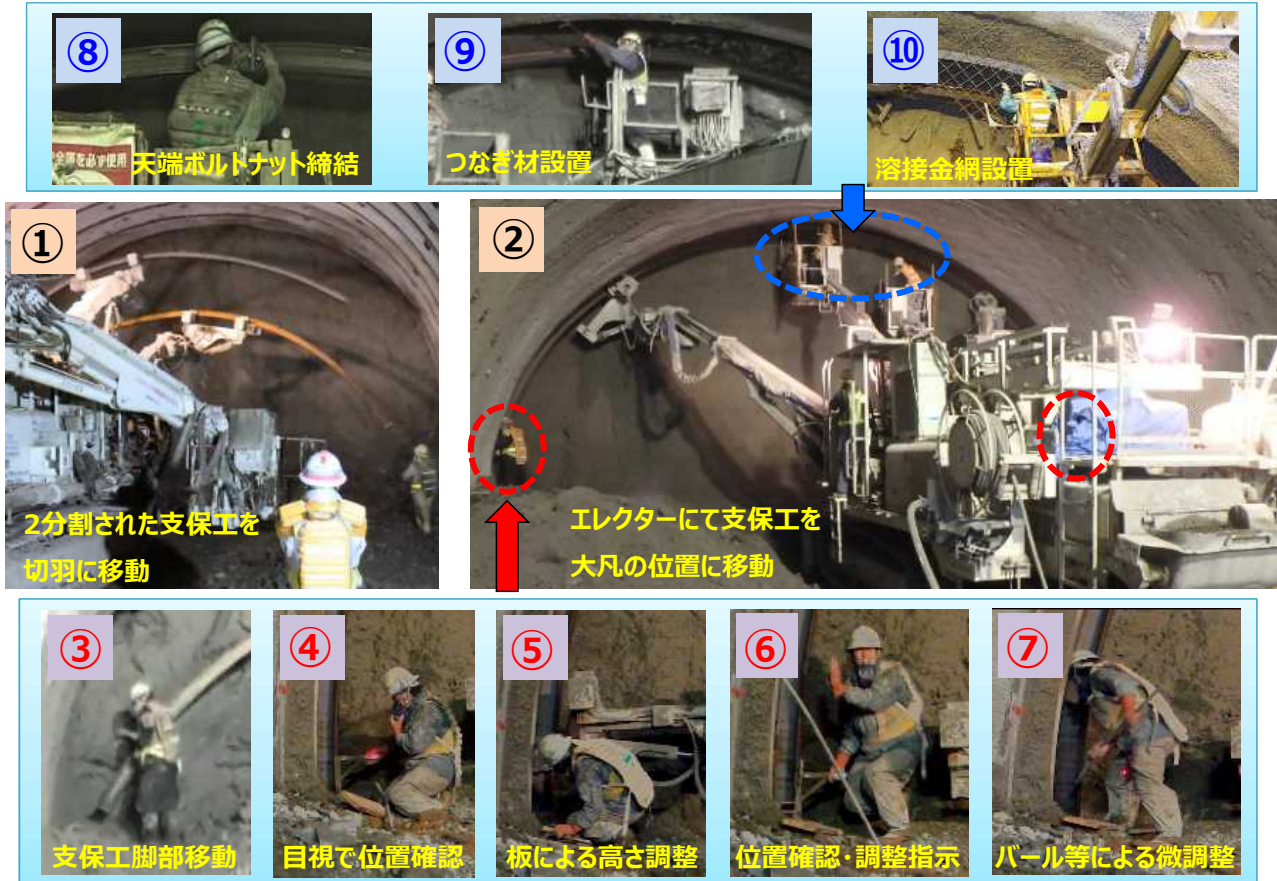


全作業員数 : 5名 のうち
切羽立入作業員数 4名



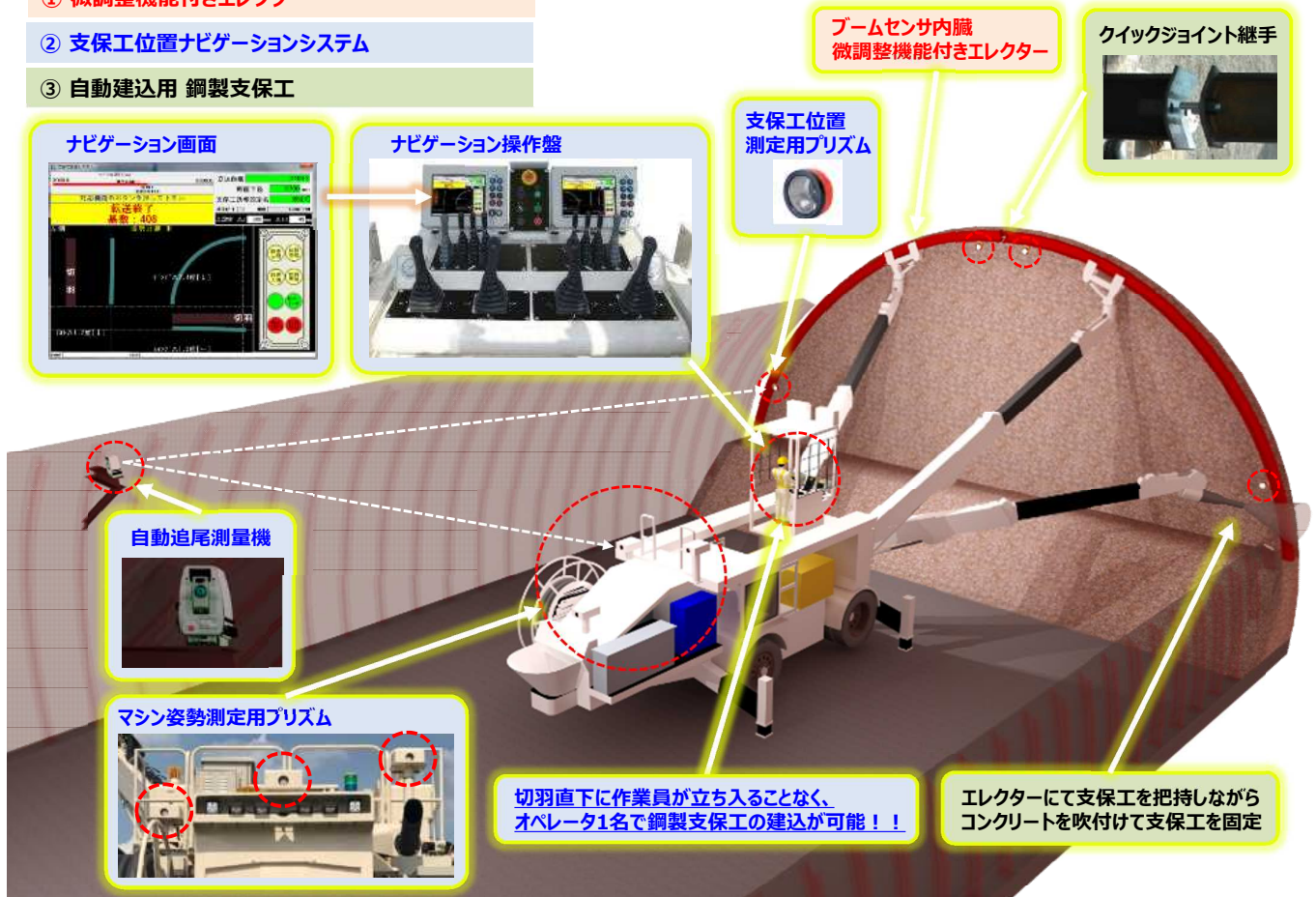
3

現行の鋼製支保工建込方法



鋼製支保工建込みロボット

- ① 微調整機能付きエクレータ
- ② 支保工位置ナビゲーションシステム
- ③ 自動建込用 鋼製支保工



① 微調整機能付きエレクター

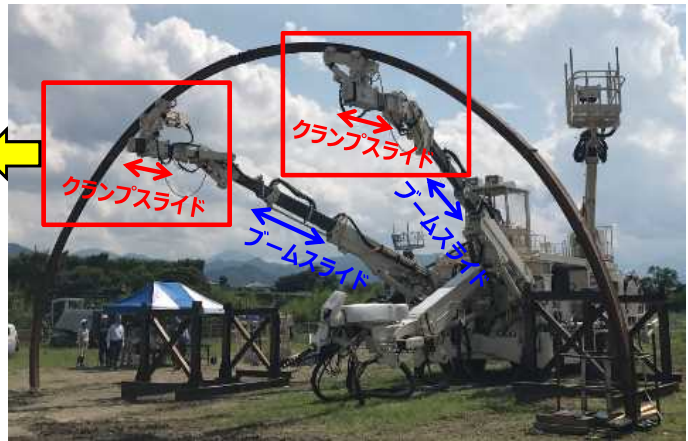
新機能 1 : 鋼製支保工クランプ部の平行スライド機能

⇒ 鋼製支保工を把持したまま、前後方向の調整が可能

※ ブームスライドでは広がる方向となり、把持したままの前後移動は不可能



クランプ部 拡大写真



マシン本体 全景

6

① 微調整機能付きエレクター

新機能 2 : エレクター微速モード 切替機能

⇒ 大凡の支保工移動は従来速度で可動 (エレクタースロー-OFF)

⇒ 天端継手や位置合わせ時は微速で可動 (エレクタースロー-ON)

※ 従来エレクターでは、レバー操作で支保工位置の微調整ができなかった。



コントロールレバーおよびスイッチ盤



スイッチ盤



7

① 微調整機能付きエレクター

新機能3：エレクターの各関節にブームセンサーを内蔵

⇒ ブームセンサーにより鋼製支保工の方向やねじれが把握可能

⇒ 施工中のデータを自動記録し、完全自動化に向けてデータ取得



エレクター各関節のブームセンサー

8

② 支保工位置ナビゲーションシステム

新機能1：マシン姿勢測定機能

① マシン本体に給電(400V)すると自動でナビ画面が起動

② 切羽位置で油圧スイッチをONにすると、坑内壁面に固定設置した自動追尾測量機にて、マシン後方のプリズムを自動で測定を開始し、マシン本体の姿勢位置を計算します。



マシン姿勢測定用プリズム (3箇所) 自動追尾測量機 ナビ画面表示

9

② 支保工位置ナビゲーションシステム

新機能2：鋼製支保工角度表示機能

- ① マシン姿勢位置とブームセンサデータを合成計算する事により、エレクターの位置姿勢を把握できます。
- ② 左右のナビ画面で設計基線に対する鋼製支保工の角度をリアルタイムに把握することができます。



ナビゲーション（左右2画面表示）

画面表示（右側）

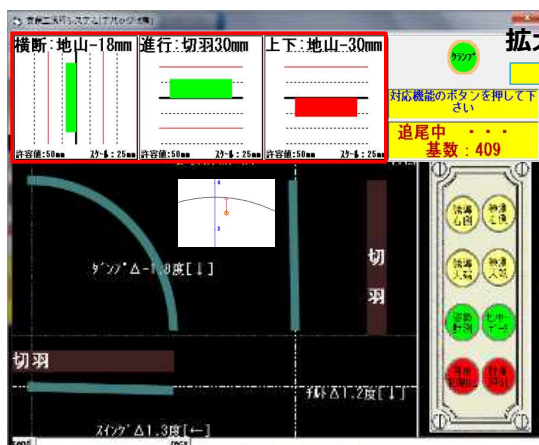
10

② 支保工位置ナビゲーションシステム

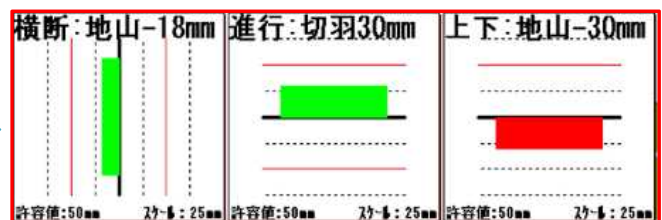
新機能3：測定用プリズムによる鋼製支保工位置の詳細表示

- ① トンネル線形管理については、従来施工で用いているMACシステムを活用します。
- ② MACシステム側で鋼製支保工へのミラー設置位置など初期設定を事前入力しておきます。
- ③ 鋼製支保工を仮置きしている時点で所定の位置に測定用プリズムをマグネット接着します。
- ④ 前機能により角度調整をした後、本機能を用いて天端締結や測量精度の位置合わせを行います。

右側天端ミラー自動追尾測定時



測定用プリズムによる詳細表示



カラーバーにより設計値との差分を表示

- ※ 許容値内 ⇒ 緑色表示
- ※ 許容値外 ⇒ 赤色表示



鋼製支保工

マグネット

測定用ミラー

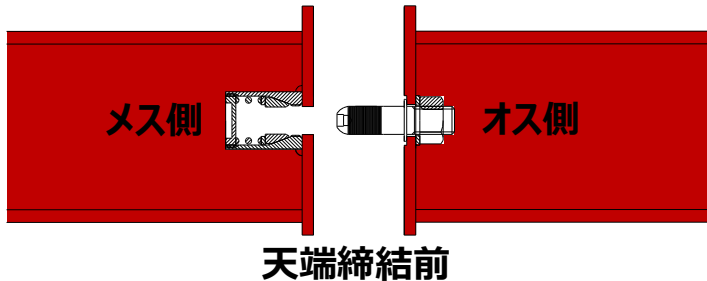
11

③ 自動建込用 鋼製支保工

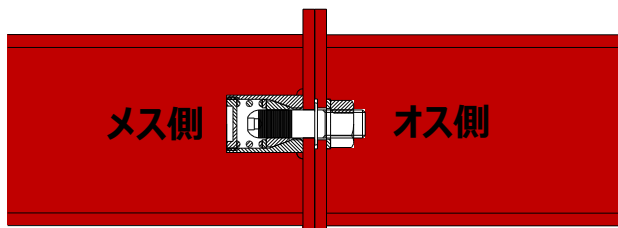
新機能 1 : クイックジョイント継手による天端締結

⇒ メス側は支保工に溶接固定し、オス側はナットにて固定します。

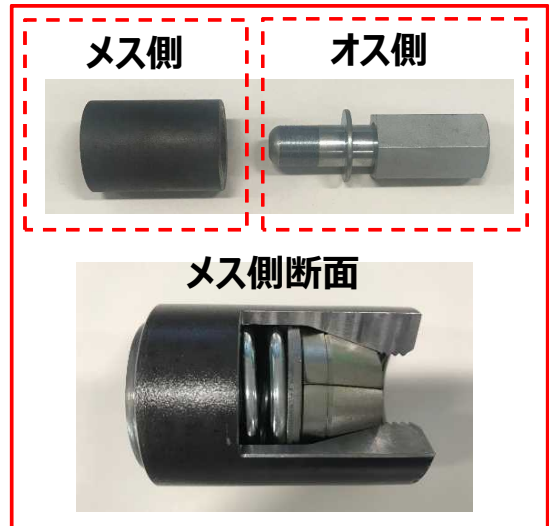
⇒ 一度挿入すると抜けません。 ⇒ 引張試験により強度確認済



天端締結前



天端締結後



クイックジョイント

12

エレクター工場にて鋼製支保工建込試験を実施



試験状況 (後方より)



自動追尾トータルステーション



自動追尾トータルステーション



試験状況 (前方より)



測量用ミラー



開発関係者

開発システムにより天端締結と支保工位置合わせが可能であることを確認

- ・ 九州地方整備局 平底トンネル
- ・ 東北地方整備局 広瀬1号トンネル にて今後運用を予定

13