

山岳トンネルにおける 自動化セントルによる生産性向上について

飯古 光輝¹

¹西松建設株式会社 中国支店 西大島トンネル出張所.

我が国の高齢化に伴う労働人口の減少による建設業者の減少・高齢化の進行は加速しており、生産性向上の観点から業務効率化が求められている。このような背景から西大島トンネルでは、トンネル覆工コンクリート工において作業工程の自動化を図ることで、作業の省人化・作業員の負担軽減を目的として自動化セントルを採用した。

本稿では、自動化セントルによる生産性向上について報告する。

キーワード：山岳トンネル、覆工コンクリート、自動化セントル、省人化、負担軽減

1. 工事概要

玉島・笠岡道路は、地域高規格道路倉敷福山道路の一部を構成する倉敷市玉島阿賀崎から笠岡市西大島新田に至る延長 13.9kmの道路であり、岡山県西部地域で発生している慢性的な交通混雑の緩和や交通事故の削減、周辺地域との連携を強化し、地域の発展に資することを目的としている。

本工事は玉島・笠岡道路のうち、全長 568m(施工延長 900m)を施工するトンネル・道路改良工事である。トンネル掘削はNATM発破工法で終点側から片押しで施工した。

(1) 工事内容

工事名：令和2年度

玉島笠岡道路西大島トンネル他工事

工事場所：岡山県笠岡市西大島地内

工期：令和3年3月5日～令和6年1月31日

発注者：国土交通省 中国地方整備局

請負者：西松建設株式会社

工事内容：トンネル工(NATM・発破) L=568m

代表内空断面積 62.26m²

覆工・防水工(FILM) L=568m

坑門工(起点側終点側) 1式

掘削補助工 1式

インバート工 1式

仮設工 1式

道路改良 1式



図-1 現場位置図

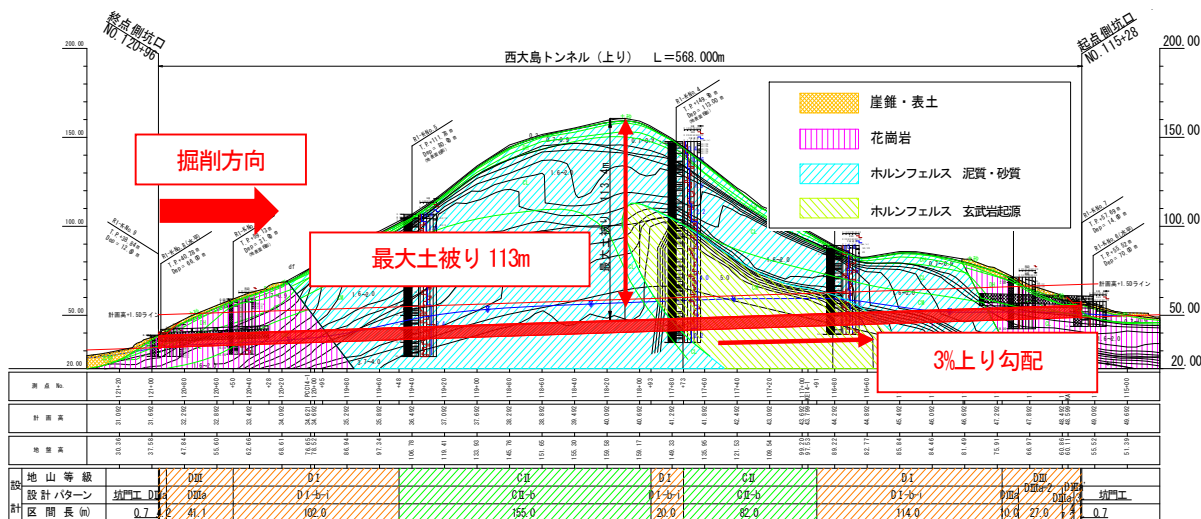


図-2 地質縦断面

(2) 地質概要

本トンネル周辺に分布する地質は、坑口部に土砂状のマサ化した強風化花崗岩からなり、TD100m~300m までは泥岩・砂岩起源のホルンフェルス、そこから TD500m 間は玄武岩起源のホルンフェルス、TD 500mから到達側坑口までは終点側坑口部と同様に土砂状のマサ化した強風化花崗岩となっている。



図-3 TD=400m付近切羽状況

2. 自動化セントルの概要

『自動化セントル』は、覆工コンクリートの施工に関わる一連の作業「セントルセット」、「コンクリート打打設」、「脱型・移動」をアシストする各種装置や機能を搭載し、セントルを用いた覆工コンクリートの作業を機械化した自動化施工技术である。従来、覆工コンクリートの施工は6名の作業員で実施していたが、自動化セントルの採用により作業員3名で施工することが可能となる。

自動化セントルの機能は、大きく分けて「セントル自動セット機能」、「コンクリート自動打設機能」、「セントル自動脱型・移動機能」の3つに分類できる。これらそれぞれの機能について次頁以下にまとめる。

セントル自動セット機能	<ul style="list-style-type: none"> ・ セントル自動セットシステム ・ 感圧センサ ・ 鋼製妻板+エアバルク
コンクリート自動打設機能	<ul style="list-style-type: none"> ・ センサ付きバイブレータ ・ セントル変位自動監視装置
セントル自動脱型・移動機能	<ul style="list-style-type: none"> ・ セントル自動収納装置 ・ 剥離剤塗布付ベルト式自動ケレン装置 ・ 自動走行・横移動装置

図-4 自動化セントルの機能

(1) セントル自動セット機能

a) セントル自動セットシステム

従来のセントルのセットは下げ降り等を使用しセントル内に3人、測量に3人の計6名で行っていた。これに対して自動セットシステムでは、セントルに設置したプリズムを自動追尾のトータルステーションで計測することで現在位置を把握し、セット位置との座標の差分を算出する。計算結果をメインシステム制御盤へ転送し、計測結果を基に制御盤操作によりあらかじめ設定したセット寸法まで油圧ジャッキを自動で稼働させる。制御盤操作に1名と動作監視2名の計3名でのセットが可能となる。

b) 感圧センサ

セントルセット時の既設覆工とのラップ部における押し上げクラックを防止するために感圧センサを肩部、側部、ハンチ部に配置している。感圧センサは面状であり、過度な既設覆工への押付けが発生しないように、しきい値以上の圧力を感知すると自動セットシステムの動作を停止する。

c) 鋼製妻板+エアバルク

従来は妻部全面に木製の矢板を2人掛かりで設置していたところを、鋼製妻板にエアバルクを載せレバー操作で地山に密着させることで1名での作業が可能となる。

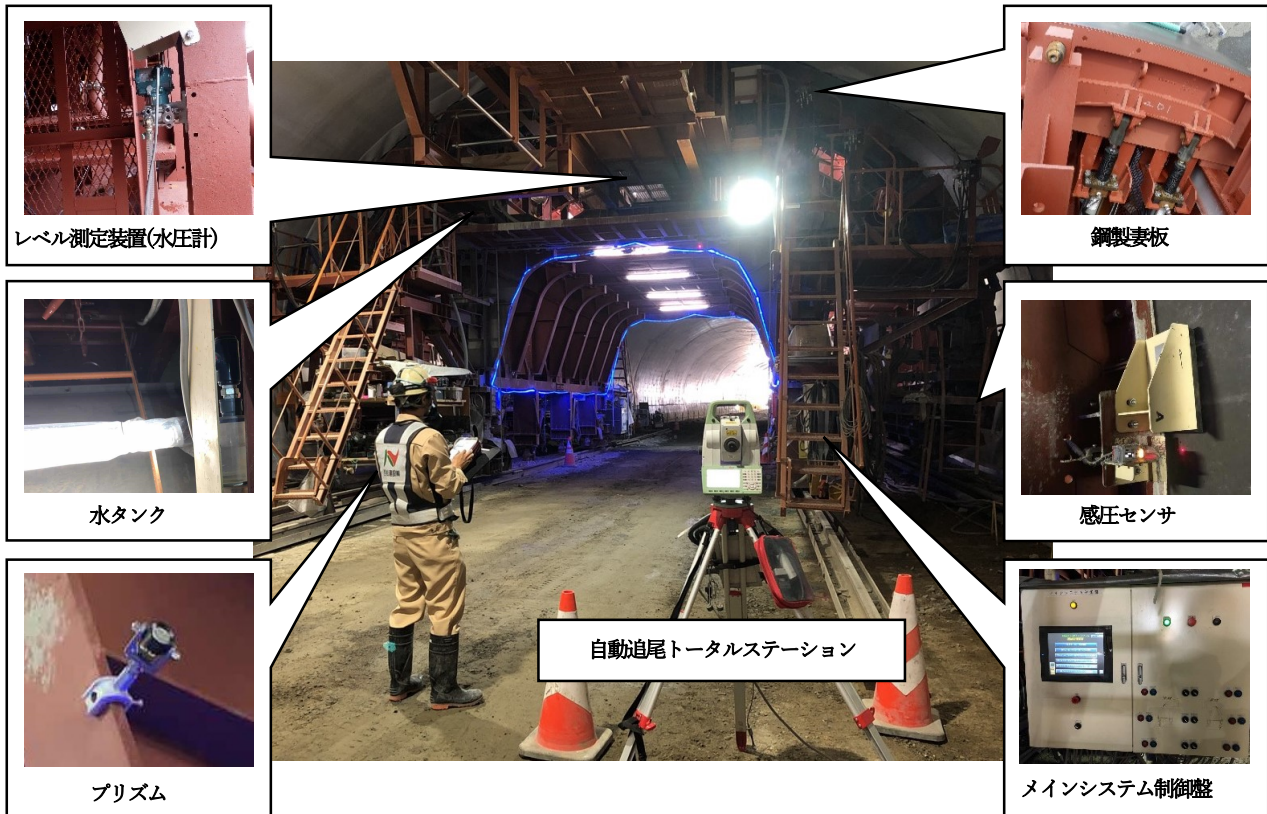


図-5 セントル自動セットシステム概要



図-6 鋼製妻板+エアバルク概要

(2) コンクリート自動打設機能

a) センサ付きバイブレータ

コンクリートが上昇しセンサが感知することで、振動しながら 30cm 程上昇すると停止する動作を繰り返すセンサ付きバイブレータによりコンクリートの締固めを行う(図-7)。制御盤操作に1名、配管切替え、締固め状況の監視、棒状バイブレータの締固めの補足を行う打設補助員2名による計3名での打設が可能となる。

b) セントル変位自動監視装置

コンクリート打設中、TS でセントル変位状況を自動測定する(図-8)。対策開始変位量(±5mm)を超過時は、パトライトで知らせて、ジャッキの増し締め、打設速度の減速などの処置を迅速に行うことで、社内管理値(設計値以上)の内空(出来形)を確保する。

(3) セントル自動脱型・移動機能

a) セントル自動収納装置

セントル脱型時は制御盤操作により油圧シリンダを縮めることで、所定の脱型寸法まで自動で収納される。

b) 剥離剤塗布付ベルト式自動ケレン装置

剥離剤塗布付ベルトがセントル進行方向に前後に自走することによって型枠全表面をもれなくケレンする。ケレン完了後ベルトを反転し、剥離剤を型枠全表面にむらなく塗布する。

c) 自動走行・横移動装置

自動走行・横移動装置は、トータルステーションにより測定したデータを基にメインシステム制御盤に数値を入力することで走行させることができる(図-9)。制御盤操作に1名と監視員2名の計3名に省人化が可能となる。

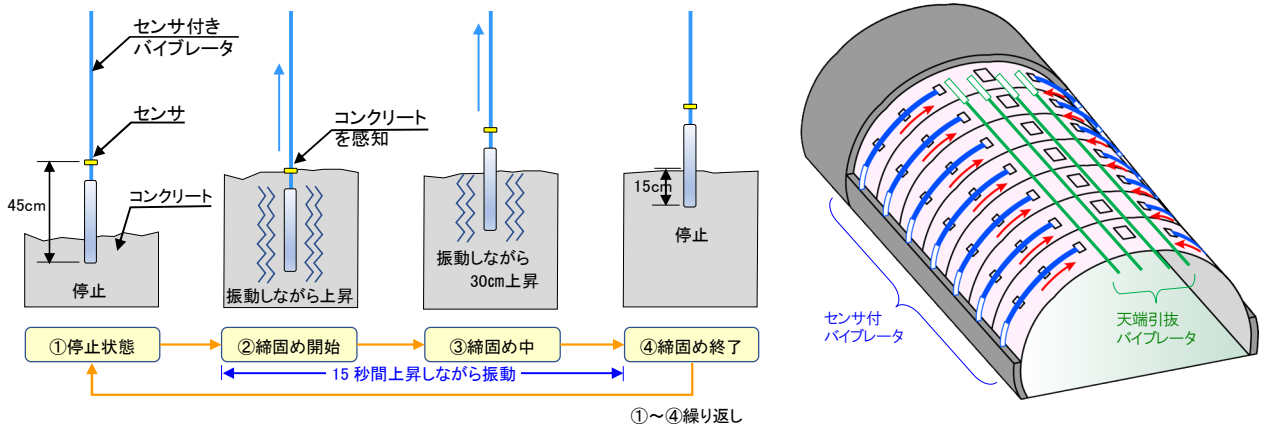
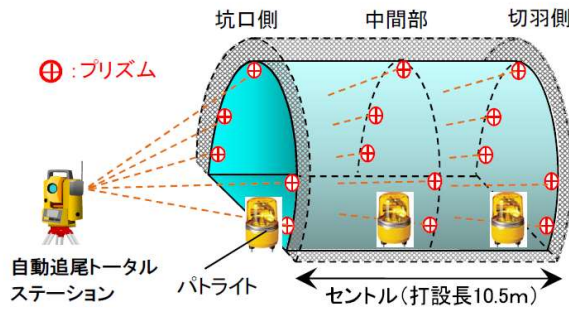


図-7 コンクリート打設概要



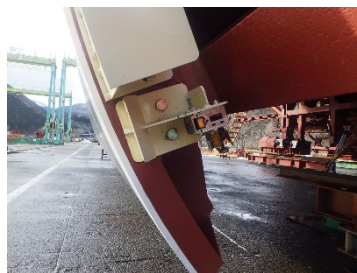
	社内管理値	規格値(標準案)※
基準高	±40mm	±50mm
全幅	-10mm	-50mm

※土木工事施工管理基準及び規格値(案)令和2年3月
出来形管理基準及び規格値(案)
10道路編 6トンネル(NATM) 5覆工 覆工コンクリート工

図-8 セントル変位自動監視装置



自動走行装置



レーザー距離計



走行・横移動操作画面

図-9 自動走行・横移動装置概要

3. 改善点・対応

(1) セントルセット

セントル自動セットシステムは、セントルの移動の都度計測を行うため従来 30 分程度のセット時間に対して 50 分程度と 20 分程所要時間が増えてしまった。また、自動走行・横移動装置においては、残り移動距離が 30mm 程度になると微調整に 5 分程時間がかかる。これらの対応としてセット位置に近い所までは制御盤操作で移動し、微調整は作業員による目視確認により実施した。

(2) 鋼製妻板・エアバルク

エアバルクを膨らませた場合、天端充填状況の確認ができず圧を過剰にかけてしまい生コンが噴出してしまふこと、またエアバルクの裏にノロがまわり撤去時にはつり作業が生じてしまうという改善点がある。対応として、エアバルクを折り畳み最小限として鋼製妻板を押し当てることでコンクリートに巻き込まれないようにした。

(3) センサ付きパイプレータ製妻板・エアバルク

センサ付きパイプレータはコンクリートに流されセット位置で作動しない事象が発生した。また、パイプレータが流されることでセンサが感知した状態となりエラーが発生するという改善点がある。対応として、流される範囲の大きい中間部では補助的に人力での締固めを行った。



図-10 鋼製妻板における対応概要

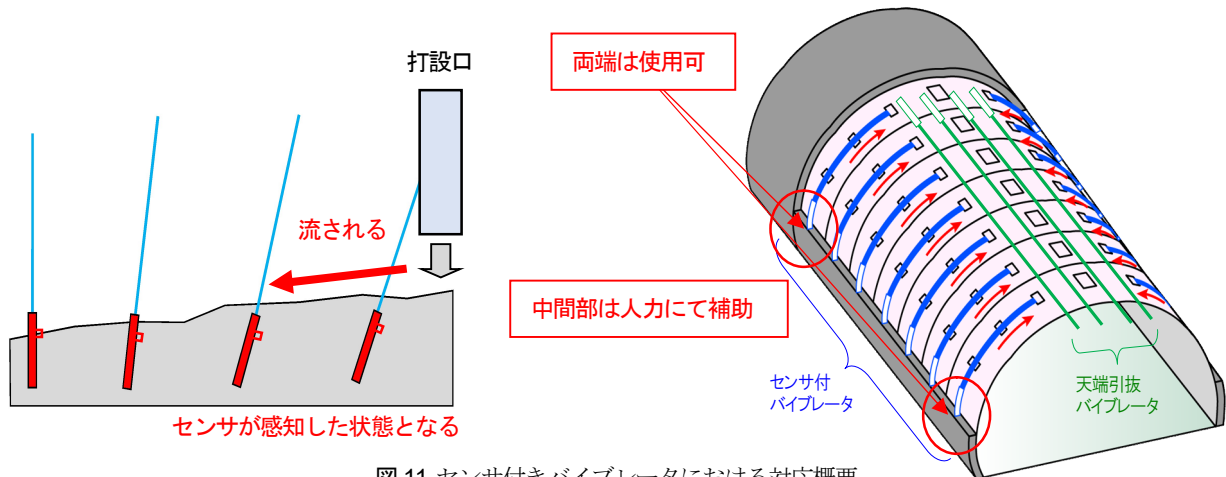


図-11 センサ付きパイプレータにおける対応概要

4. 実績

本工事では、従来編成の 6 人に対して 3 人編成で覆工作業を行うことに成功した。また、脱型・移動・セット作業時には、作業時間が 1 日あたり 7 時間要していたところが 6 時間と減少し、作業員の負担軽減への効果も表れている。

しかしながら、セントルセット作業やコンクリート締固め作業等の一部の作業では作業員による補助を必要するという課題も残った。

また、本工事で使用した生コンクリートの配合は 24-15-20N であり通常の覆工コンクリートと同様の配合であった。これを中流動コンクリート、あるいは高流動コンクリートとすることにより、生コンクリートの締固め作業のさらなる効率化を図ることが可能と考える。

5. まとめ

本工事では覆工作業における省人化・負担軽減を目的として自動化セントルを採用し、その結果、覆工作業における省人化・負担軽減に大きな効果がみられた。しかし、各種設備において前述した課題を改善する必要がある。

今後は当現場の実績を活かし、セントルメーカーとも情報共有を行い、さらなる覆工作業の生産性向上へ繋げていきたい。