鋼製支保工建込み作業における安全性向上の取り組み

天童　涼太[1]・日向　哲朗[2]・山口　雄大[3]・西原　直哉[4]・宮﨑　浩樹[5]

[1]正会員　株式会社安藤・間　建設本部　土木技術統括部　技術第三部（〒107-8658 東京都港区赤坂 6-1-20）
E-mail:tendo.ryota@ad-hzm.co.jp

[2]正会員　株式会社安藤・間　建設本部　土木技術統括部　技術第三部（〒107-8658 東京都港区赤坂 6-1-20）
E-mail:hyuga.tetsuro@ad-hzm.co.jp

[3]正会員　株式会社安藤・間　札幌支店　土木部（〒060-0061 北海道札幌市中央区南 1 条西 8-1-1）
E-mail:yamaguchi.takehiro@ad-hzm.co.jp

[4]株式会社マシノ　トンネルグループ　営業部（〒733-0822 広島県広島市西区庚午中 1-19-23）
E-mail:nishihara@mashino.co.jp

[5]株式会社マシノ　トンネルグループ　営業部（〒733-0822 広島県広島市西区庚午中 1-19-23）
E-mail:miyazaki@ mashino.co.jp

2016 年に厚生労働省より公表された「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」に示されるように，切羽直下での作業において，肌落ち災害が後を絶たず，切羽直下での作業時間短縮が強く望まれている．山岳トンネルの施工サイクルのうち，鋼製支保工の建込み作業は，天端継手板の接合や脚部固定のため，切羽直下へ立ち入る必要があり，肌落ち災害が発生しやすい作業である．このような背景のもと，切羽直下での作業時間短縮を目的に，新たな鋼製支保工の建込み作業方法を考案し，実現場にて試験運用を行った．本稿では，考案した施工方法と試験運用によって得られた効果を報告する．

Key Words : *tunnels, steel support, erecting, joint structure*

1. はじめに

2016 年に厚生労働省より公表された「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」に示されるように，山岳トンネルの切羽作業において，肌落ちによる重篤な災害が後を絶たず，切羽直下での作業時間の短縮が強く望まれている．

山岳トンネルの施工サイクルのうち，鋼製支保工の建込み作業は，天端継手板の接合や脚部固定のため，作業員が切羽直下へ立ち入る必要があり，肌落ち災害が発生しやすい作業である．

このような背景のもと，筆者らは，切羽直下での作業時間軽減を目的に，特殊な接合部合やリモコン操作可能な施工機械を用いた新たな鋼製支保工の建込み作業方法を考案した．今回，新たに考案した施工方法について，実現場にて試験運用を行い，効果の検証を行ったところ，鋼製支保工建込み作業における切羽直下での作業時間の短縮効果が確認された．

本稿では，新たに考案した鋼製支保工の建込み作業方法について詳述するとともに，試験運用によって得られた安全性向上効果について報告する．

2. 従来の鋼製支保工建込み作業について

(1) 鋼製支保工の建込み作業手順

鋼製支保工の建込み作業手順を**図-1** に示す．鋼製支保工建込みにおける主要な作業として，「天端継手板の接合」，「脚部固定」，「つなぎ材設置」，「位置合わせ」の 4 つが挙げられる．これらの作業は，作業員が切羽直下に立ち入る必要があり，肌落ち災害のリスクが高くなる．そのため，それぞれの作業において，切羽直下での作業時間の短縮が強く求められている．

(2) 天端継手板の接合

鋼製支保工の天端継手板は，ボルトナットを用いて接

合する．ボルトナットは坑口側，切羽側の 2 ヵ所に配置され [1]，ボルトナットの締結作業においては，切羽直下に立ち入る必要がある（**図-2**）．とくに切羽側に配置されるボルトナットは，直視して締結することが困難であるため，締結作業に時間を要している．

(3) 脚部固定

脚部固定は，木製の皿板を用いて行う．鉛直方向の位置は，鋼製支保工底板の下部に皿板を設置することで調整し，固定する．水平方向の位置は，鋼製支保工背面と地山の隙間に皿板を挟み込むことで調整し，固定する（**図-3**）．設置した皿板は，下半施工などの次工程にて撤去するが，皿板が吹付けコンクリートと一体となって固定されているケースが多く，撤去に手間を要している．

(4) つなぎ材設置

つなぎ材は，あらかじめ鋼製支保工に配置された，さや管に固定する構造となっている（**図-4**）．そのため，つなぎ材設置時は，作業員が切羽直下に立ち入り，設置する鋼製支保工のトンネル延長方向や横断方向の位置を調整，確認しながら行う（**写真-1**）．

(5) 位置合わせ

鋼製支保工の位置合わせは，トンネル坑内に設置したトータルステーション等から照射されるレーザーと位置合わせ用の定規を用いて行う．作業員が切羽直下に立ち入り，定規を使用して，鋼製支保工の建込み位置を確認し，運転席のオペレータに位置調整の誘導を行う（**写真-2**）．オペレータは，切羽直下の作業員の誘導を受け，運転席からエレクターの操作を行い，鋼製支保工を所定の位置へと移動させる．

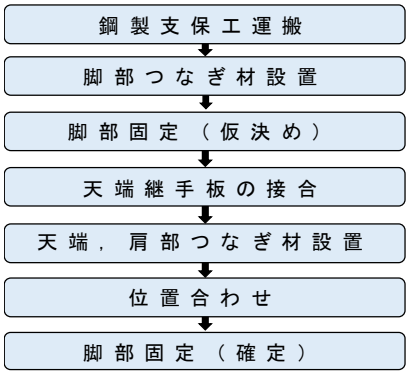


図-1 鋼製支保工の建込み作業手順

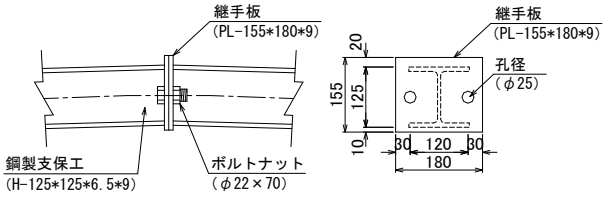


図-2 鋼製支保工の天端継手構造（H-125 の例）

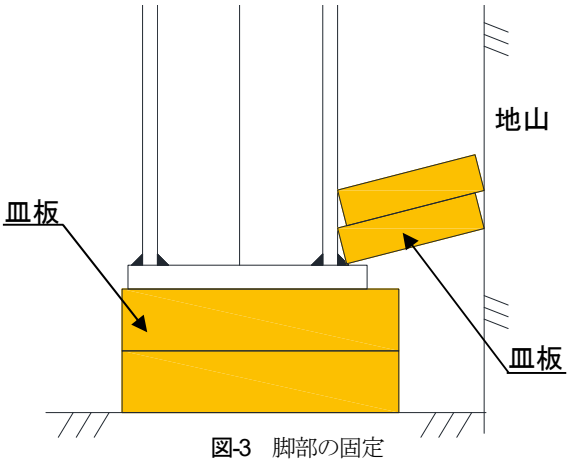


図-3 脚部の固定

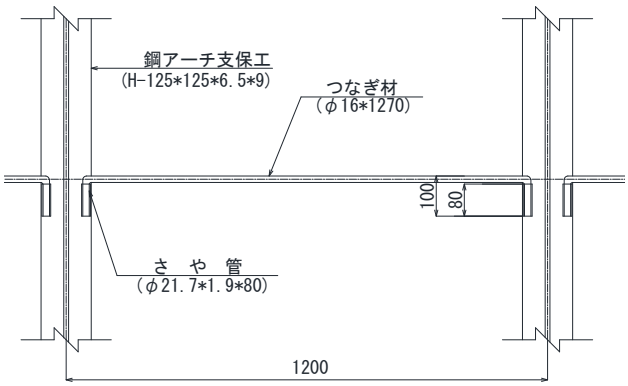


図-4 つなぎ材の構造（H-125，支保間隔 1,2m の例）

写真-1 つなぎ材設置

写真-2 位置合わせ

3. 新たな鋼製支保工の建込み作業方法

(1) 従来の施工方法の見直し

鋼製支保工建込みにおける主要な作業のうち，「天端継手板の接合」，「脚部固定」，「つなぎ材設置」，「位置合わせ」における切羽直下での作業時間短縮を目的として，特殊な接合部合やリモコン操作可能な施工機械を用いた新たな鋼製支保工の建込み作業方法を考案した．

(2) 天端継手板の接合部材の変更

鋼製支保工の天端継手板の接合に用いるボルトナットのうち，ナットをワンタッチ式のナット（以下，ワンサートナット）に変更した（**写真-3**）．ワンサートナットは，ボルト挿入時にナット内面のねじ部が拡径する機構を有しており，ボルトを挿入することで，ボルトを回転させることなく，締結することができる．

さらに，左右の天端継手板のボルト孔の位置合わせを行いやすくするためのガイド板を設置し，天端継手板の接合における作業性向上を図った（**写真-3**）．

(3) 脚部固定専用治具

脚部固定は，専用治具を用いて行う．専用治具は，鋼製支保工の底版やフランジとの固定金具，ワンサートナットと寸切りボルト，鋼製プレートから構成されており鉛直方向，水平方向の 2 種類に分かれている（**写真-4**）．鋼製支保工の位置確定後，寸切りボルトを伸ばし，鋼製プレートを地山に密着させることで，脚部の位置を固定する（**図-5**）．専用治具は，鋼製支保工の建込み作業前に事前に鋼製支保工に固定しておき，吹付けコンクリートの施工完了後に回収する．

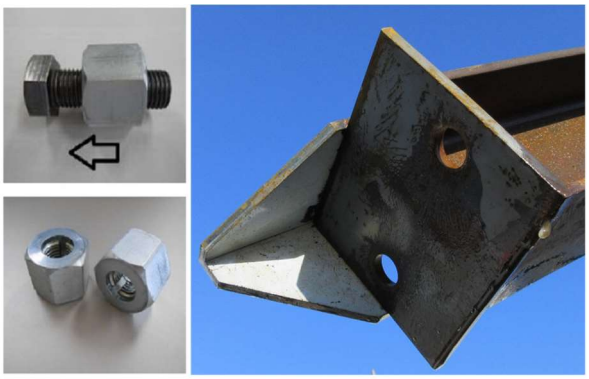
(4) つなぎ材の改良

つなぎ材のうち，切羽側の端部を穴あきプレートとし，鋼製支保工に配置するさや管を止め具へと変更した（**図-6**）．これらの改良により，つなぎ材の切羽側がヒンジ構造となり，切羽直下に作業員が立ち入らず，つなぎ材を設置することが可能となる．

(5) 定規の事前固定とエレクターのリモコン化

新に考案した鋼製支保工の建込み作業においては，事前に鋼製支保工に定規を固定し，建込み作業を行う．

また，エレクターをリモコンで操作できるよう改造した（**写真-7**）．エレクターの操作をリモコン化することで，オペレータは，運転席から離れた位置からエレクターを操作することが可能となり，定規を目視で確認することができる．そのため，切羽直下に作業員が立ち入らず，鋼製支保工の位置合わせを行うことができる．



（左）ワンサートナット （右）天端継手板のガイド板

写真-3 ワンサートナットと天端継手板のガイド板

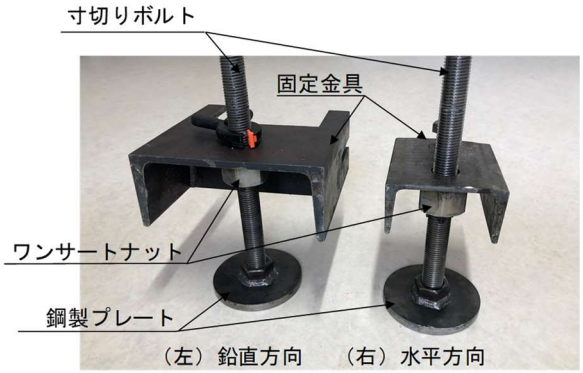


写真-4 脚部固定専用治具

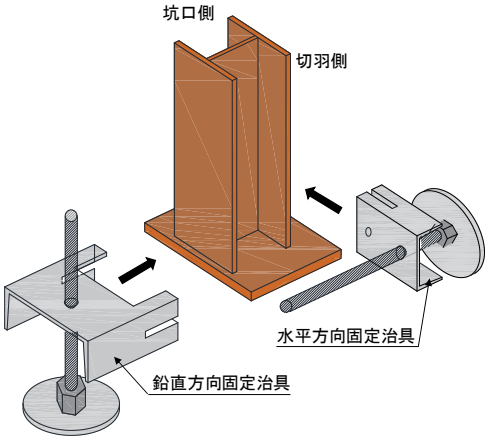


図-5 専用治具を用いた脚部固定

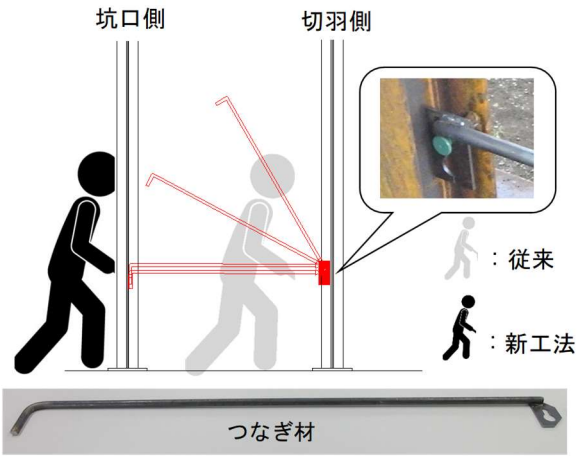


図-6 つなぎ材の改良

4. 現場での試験運用

新たに考案した鋼製支保工の建込み作業方法を施工中のトンネル現場に適用し，試験的に運用した．効果の検証については，天端部，脚部における切羽直下での作業時間を測定し，従来の施工方法と比較することで行った．

(1) 天端部における切羽直下での作業時間

天端部における切羽直下での作業時間の測定結果を**図-7**に示す．考案した施工方法により，天端部における切羽直下での作業時間が 50%程度短縮される結果となった．これは，天端接手板のガイド板と接合に用いるボルトナットのワンタッチ化により，施工性が大幅に向上したことが要因と考えられる．

(2) 脚部における切羽直下での作業時間

脚部における切羽直下での作業時間の測定結果を**図-8**に示す．考案した施工方法により，脚部における切羽直下での作業時間が 20%程度短縮される結果となった．これは，エレクターのリモコン操作により，切羽直下に作業員が立ち入らず，鋼製支保工の位置合わせを行うことが可能になったためと考えられる（**写真-8**）．また，つなぎ材の改良により，つなぎ材設置時の切羽直下への立ち入り時間がなくなったことも要因として考えられる．脚部固定用の専用治具については，従来の施工方法で用いる皿板と比べ，次工程における撤去が容易になったものの，切羽直下での作業時間短縮に対する効果は小さい．

5. おわりに

鋼製支保工の建込み作業における切羽直下での作業時間を目的に，新たな鋼製支保工の建込み作業方法を考案し，実現場にて試験運用を行い，効果の検証を行った．

今回，考案した施工方法によって，切羽直下での作業時間が短縮され，鋼製支保工の建込み作業における安全性向上に対しては，一定の効果があったと考えられる．

しかしながら，鋼製支保工の建込み作業において，切羽直下での作業が完全になくなったわけではない．肌落ち災害をなくすためには，切羽直下での作業を完全になくすことが必要不可欠である．今後も，肌落ち災害をなくすべく，山岳トンネルにおける自動化，遠隔化技術の開発を推し進めたいと考えている．

参考文献

1) 日向哲朗，稲田 匠吾，西原 直哉，土永 直毅，砂金伸治：施工効率化を目的とした鋼製支保工の天端継手構造の検討，トンネル工学報告集，第 29 巻，I-34，2019.11

写真-7 エレクター操作のリモコン化

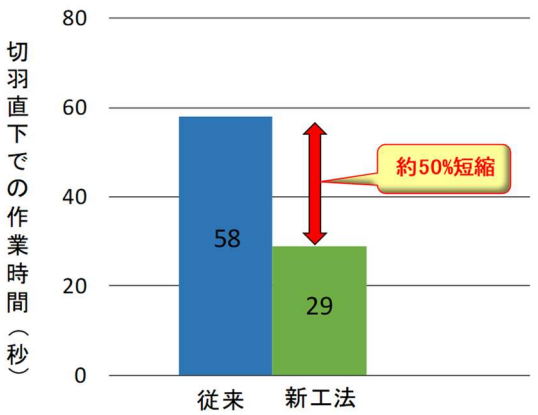


図-7 天端部における切羽直下での作業時間

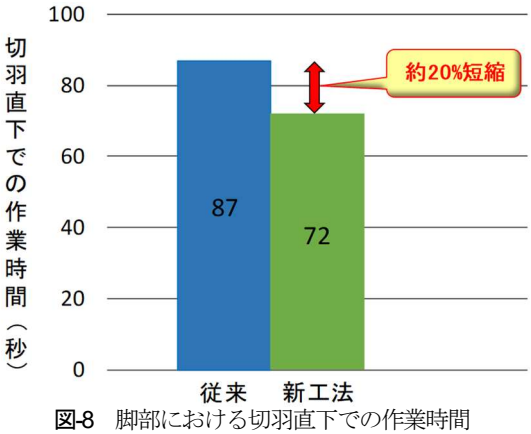


図-8 脚部における切羽直下での作業時間

写真-8 脚部における切羽直下での作業時間の短縮

(2021. 8. 6 受付)

EFFORTS TO IMPROVE SAFETY IN STEEL SUPPORT ERECTION WORK

Ryota TENDO, Tetsuro HYUGA, Takehiro YAMAGUCHI, Naoya NISHIHRA and Hiroki MIYAZAKI

As indicated in the "Guidelines for prevention of fall of loosen-rock accidents at the face of mountain tunnel construction" notified by the Ministry of Health, Labor and Welfare in 2016, disasters caused by fall of loosen-rock were constantly occurring during work directly under the face.It is strongly desired to reduce the working time of under the face.Of the construction cycle of tunnels, the erection work of steel support works requires entering directly under the face to join the crown joint and fix the foot,for that reason which is a work that is prone to disasters caused by fall of loosen-rock. Against this background, we devised a new construction method for steel support work with the aim of reducing the work time directly under the face,and conducted a test operation at the realization site.In this paper, we report the effects obtained by the devised construction method and test construction.