

鋼製支保工建て込み切羽無人化システム(OPTISS®)の試験施工結果

戸田建設株式会社 正会員 ○矢吹公希, 内藤将史, 加藤広則, 下河太一, 非会員 武田佳記

1 はじめに

山岳トンネル工事では、鋼製支保工建て込み時の労働災害が全体の40%程度と多く発生している¹⁾。「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関するガイドライン」では、切羽への立ち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することを事業者が行うことが望ましい対策として記載された。しかしながら、山岳トンネル工事は、地山変化に応じて臨機応変な施工が求められるため、自動化・無人化対策が遅れていたのが現状である。さらに、近年では作業員の高齢化や熟練作業員不足の課題に対応して、安全性向上、施工の省人化、自動化、生産性の向上が強く求められている。

これらを背景に、トンネル労働災害の最も多い鋼製支保工建て込み作業での安全性の向上と省人化による生産性の向上を目的として、「切羽無人化施工システム」の開発を着手した。

本システムの開発目標は、①切羽に人が立ち入らない、②最少1名での作業、③従来と同等の施工時間(15分)、④施工精度 $\pm 30\text{mm}$ とした。

2 鋼製支保工建て込み切羽無人化システム(OPTISS®)の特徴

2.1 把持装置長尺化

従来の鋼製支保工の建て込みは、測量機器により建て込み位置を確認し、切羽直下で作業員の目視・指示によりオペレーターが操作する。これに対し、本システムは専用施工機械であるエレクター一体型吹付け機の把持装置を長尺化したことに大きな特長がある。幅5m程度の長尺化把持装置に位置決め測定用のプリズムを設置し、後方から自動追尾式トータルステーションで測定した鋼製支保工の位置をモニタリングしながら微調整機構を有するエレクターを用いて、一体型吹付け機を用いて、精度よく計画位置に建て込むものである(図-1)。鋼製支保工は長さが10m程度の部材であるため、従来の把持装置では部材端部のブレが大きくなる。そのため、把持装置を長尺化して支保工全体を把持するとともに、測定用プリズムを把持装置に設置してプリズム回収作業を省略している。

2.2 改良型継手

本システムでは左右H鋼の継手端部に、それぞれ軸方向にピンとさや管をセットで配置した継手機構を採用した(写真-1)。軸方向で突合せ、ピンの先端の溝にDカンが収まることにより、ワンタッチで固定される構造となっている。これにより、継手接合作業の遠隔化と接合時間の短縮が図れる。継手強度については、4点曲げ試験を実施した結果従来継手に対する降伏強度比率2.05、耐力比率1.17が得られた(図-2)。これにより、改良型継手は従来継手と同等以上の強度性能を発揮することを確認した。

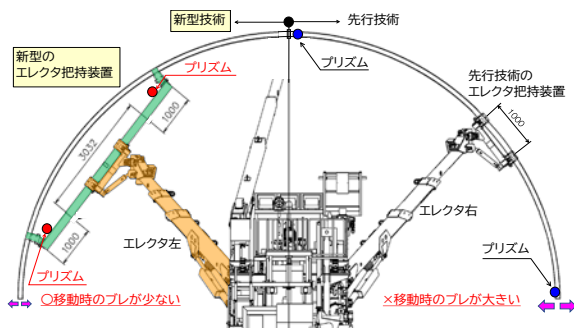


図-1 把持装置の比較



写真-1 改良型継手の外観

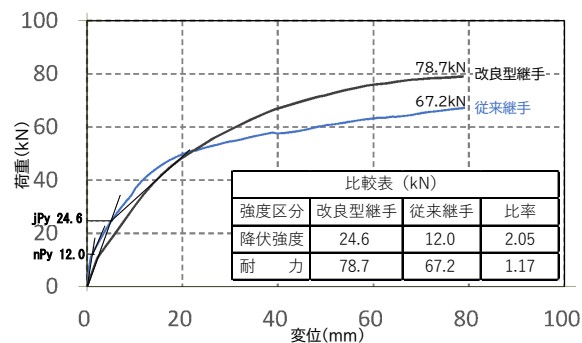


図-2 4点曲げ試験による荷重-変位曲線

キーワード 鋼製支保工, 切羽無人化施工, 遠隔操作, 安全性, 省人化, 生産性向上

連絡先: 〒104-0033 東京都中央区八丁堀 2-8-5 戸田建設株式会社 土木技術部技術1課 TEL 03-3535-1354

2.3 鋼製支保工の建て込み固定方法と金網設置

本システムでは、写真-2 に示す転倒防止アンカーボルトを鋼製支保工の脚部と天端部にあらかじめ取り付け、一次吹付け後に鋼製支保工をエレクター体型吹付け機で建て込み・位置決めをした後、把持した状態で転倒防止アンカーボルトを取り付けている脚部と天端部に吹付けコンクリートを施工し、鋼製支保工安定後に把持を解除する方法とした。鋼製支保工への金網設置は、横断方向に1マスラップ、縦断方向には切羽方向に1マス分、鋼製支保工から突出するように取り付けた。

3. 試験施工結果

試験施工での建て込み時間の実績(表-1)を示す。自動追尾式トータルステーションは当初1台で計測を行ったが、左右の把持装置の計測に多くの時間を要したため、No.250 から2台での計測に変更した。その結果、No.250～No.253 の建て込みでは時間短縮が可能となった。

改良型継手は、遠隔操作時にスムーズな接合作業ができ、施工後の変位も従来と変化はなく構造的な問題はなかった。

転倒防止アンカーボルトによる間隔保持は脚部・天端部の一次吹付け完了後の把持解除時に鋼製支保工の倒れ込み、吹付けコンクリートのクラックも発生しておらず、遠隔操作でも安定した建て込み作業が可能であった。金網は鋼製支保工にあらかじめ取り付け、同時に設置する方法をとったが、既設支保工等との接触による変形の発生と既設金網とのラップが容易に出来ず、今後の課題となった。

建て込み精度については、管理基準はないが、遠隔操作による建て込み精度を把握するため、従来の自動化に係る施工機械の位置決め精度が±50mm 程度の誤差があることを参考に、計画位置に対する目標値として±30mm と設定した。脚部での建て込み誤差を図-3 に示す。位置決めシステムのモニタ表示に従い施工を行ったが、目標値に対する誤差が大きくなるケースがあった。これは把持位置の誤差、傾斜計のズレなどの要因と考えられる。把持位置を正確にするためには、鋼製支保工にあらかじめストッパー等で一定位置を把持できるように検討することと、十分なキャリブレーションが必要であったと考えられる。

4. まとめ

OPTISS®試験施工の結果、遠隔操作による設置時間の短縮や精度向上については、誤差要因の解消と ICT 技術を活用したシステム改良を行うことでさらなる向上が期待できる。金網の遠隔操作設置に課題が残るが、今後、実施工と技術改良を積み重ね、切羽無人化施工の実現を図りたいと考えている。

参考文献

1) 労働安全衛生総合研究所：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, JNIOOSH-TD-No.2,p7,2012



写真-2 転倒防止アンカーボルトの取付け状況

表-1 建て込み時間の実績

区分	作業内容	No.242	No.245	No.248	No.250	No.253
鏡吹付け＋一次吹付け	金網設置(支保工取付)	8	-	-	-	-
	一次吹付け・鏡吹付け	17	21	22	22	22
	金網設置(建て込み前)	-	3	2	4	3
金網＋鋼製支保工建て込み	継手接合	39	7	10	8	5
	位置決め	-	28	41	4	8
	合計	39	38	53	16	16
二次吹付け	脚部吹付け	4	7	7	6	8
	天端吹付け	12	12	4	5	4
	残り二次吹付け	-	68	58	60	52

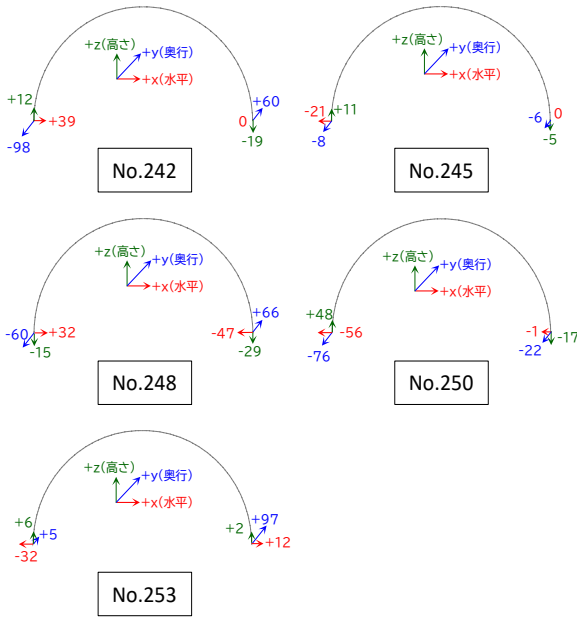


図-3 脚部における建て込み誤差