

山岳トンネルにおける切羽無人化を目的とした鋼製支保工継手の開発

鹿島建設(株) 正会員 ○池田 廉 米花裕亮 北村義宜

1. はじめに

山岳トンネル工事は、切羽周辺での人力作業が多く、岩盤崩落等による重篤な労働災害が発生しやすい。そのため、切羽周辺岩盤の性状評価に基づく崩落予知等により被災リスクを低減する研究開発が進められているが、被災リスクを完全に排除するためには、施工機械の遠隔操作や自動制御による無人化施工が必要不可欠である。

鋼製支保工の建込み作業においては、写真-1 に示すように左右に2分割された支保工をエレクターと呼ばれる建込機械で把持しながら切羽直下に作業員が立入りボルトナットを締結する必要があり、天端からの岩塊崩落により被災する危険性が高い。この危険作業を排除するために、人力作業でのボルトナットによる鋼製支保工の締結に替えて、挿入するだけで接合できる『ワンタッチ継手(以後、改良継手)』を開発した。この改良継手により、鋼製支保工の建込作業を無人化すると共にオペレーター1名がエレクターを操作するだけで接合が可能となる。以下では、ボルトナット(以後、従来継手)と同等以上の性能を有する『改良継手』の構造と要素試験の結果について報告する。

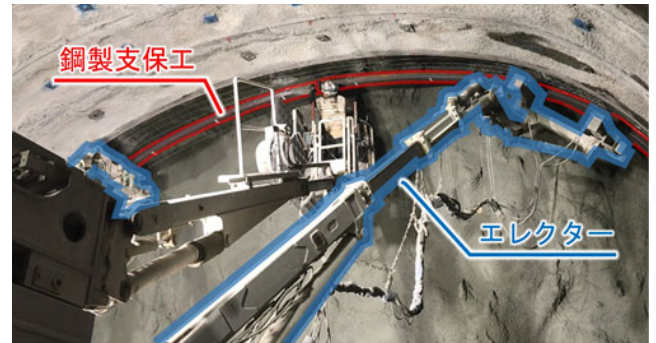


写真-1 鋼製支保工建込み作業状況

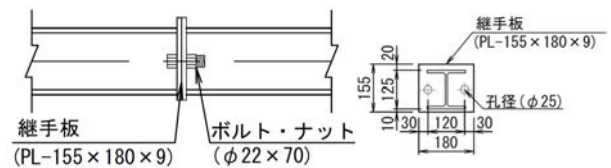


図-1 従来継手の構造

2. 継手構造の概要

トンネル標準示方書¹⁾(以後、示方書)に記載されている従来継手の構造を図-1 に示す。示方書によると「継手は構造上の弱点となりやすいので、その位置と連結機構、掘削断面形状、断面力の大きさと分布等を考慮して設計しなければならない」とありこれに対して、一般的には、鋼製支保工のサイズに関わらず、M22 のボルトナットが用いられることが多い。そこで改良継手の要求性能は、M22 ボルトナットを用いた従来継手と同等の曲げ、せん断、引張耐力を確保する仕様とする。表-1 に改良継手の接合方法を示す。①予め片方の鋼製支保工に改良継手を設置しておき、ツメをカバー部材でボルト内に収納しておく。②左右の鋼製支保工を切羽天端部で重ね合わせるとカバー部材がスライドし、③収納されたツメが開くことで鋼製支保工が接合される。この操作をエレクターを用いて行うことにより、作業員が切羽に立入ることなく鋼製支保工の接合が可能となる。写真-2 に改良継手の接合状況を示す。

表-1 改良継手接合方法

| ①H鋼に継手を設置 | ②反対側H鋼を通過 | ③H鋼同士が接続 |
|-----------|-----------|----------|
| | | |



a) 接合前

b) 接合後

写真-2 改良継手による接合状況

改良継手は、ボルトを加工して、内部にバネとツメを組み込み、カバー部材(以後、スライドカラー)でバネを固

キーワード 山岳トンネル、鋼製支保工建込、継手連結機構、機械化、遠隔操作、安全性

連絡先 〒107-8477 東京都港区元赤坂 1-3-8 鹿島建設(株)土木設計本部 TEL03-6735-3438

定しておいて、スライドカラーをスライドさせるとバネで押されたツメが開く機構である。そのため、ツメとバネの設置により、母材の断面が欠損した構造となることから、断面が欠損しても M22 の引張強度と同等の強度が得られるように、材質は SCM415(クロモリブデン鋼)としている。改良継手の連結機構を図-2に示す。この継手を一方の継手板に取付け、もう一方の継ぎ手板は、従来の継手板より大きく孔開け加工しただけの継手板とし、できる限り特殊な加工を減らしている。また、継手板は、2か所のツメのみが継手板に接地する構造となり、継手板に局所的な力が作用することから、継手板の厚さを9mmから19mmとした。図-3に改良継手の構造を示す。

3. 改良継手の要素試験

(1) 試験概要

従来継手と同等以上の性能であることを確認するため、アムスラー式圧縮試験機を用いて曲げ試験とせん断試験を実施し、いずれも従来継手以上の耐力が確保できることを確認している。以下では代表して曲げ試験の結果を紹介する。

(2) 供試体の寸法と載荷方法、測定項目

供試体の形状と載荷位置を図-4に示す。載荷位置は、支点間を3等分する位置とし、継手に等曲げモーメントを作用させる。試験中の測定項目はH鋼材の鉛直変位とする。

(3) 試験結果

図-5に載荷荷重と継手位置の鉛直変位を示す。従来継手は、60kN付近で降伏後、写真-3に示すように継手板の下部が大きく開きながら鉛直変位が増加し、153kNで最大荷重を確認して試験を終了している。一方、改良継手は120kN付近まで弾性状態が続き、変位が大きくなりながら、最大荷重212kNを記録した後、載荷荷重が減少したため試験を終了している。これらより、改良継手は従来継手と同じ荷重が作用した場合に、より小さい変位で抵抗することから、改良継手は従来継手と同等以上の曲げ耐力を持つと判断できる。

4. まとめ

今後は、実機械で鋼製支保工の建込み実験を行い、円滑に接合できるかを確認すると共に、性能適正化によるコストダウンを図る予定である。

参考文献

1) 土木学会：トンネル標準示方書山岳工法, pp. 100-102, 2016.

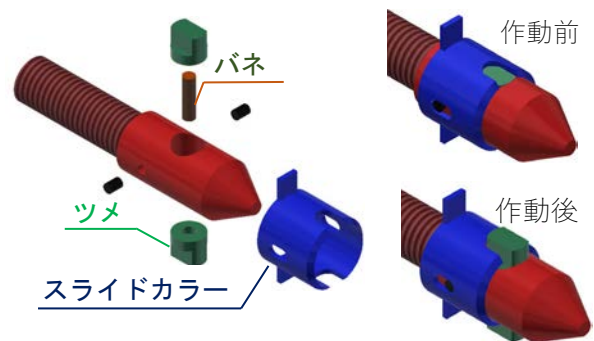


図-2 改良継手の連結機構

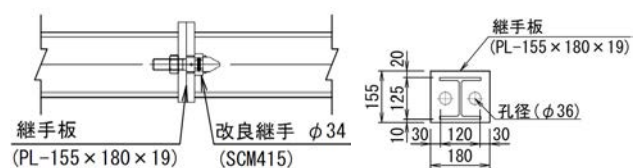


図-3 改良継手の構造

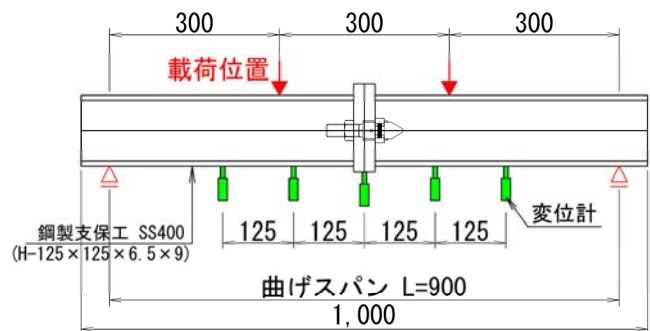


図-4 載荷位置

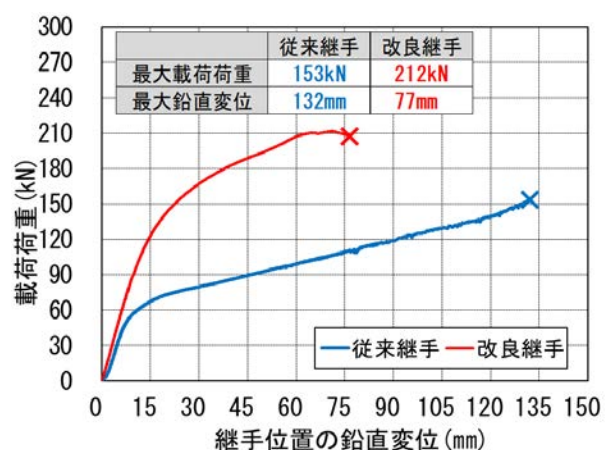
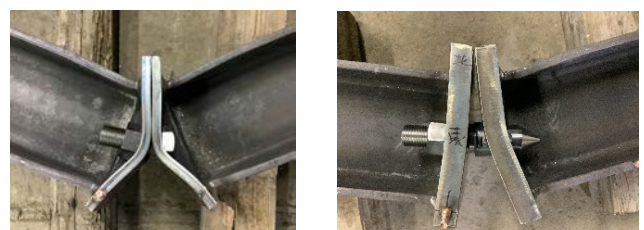


図-5 荷重—変位曲線(継手位置)



a) 従来継手
b) 改良継手
写真-3 目開きの状況