

長尺防水シート自動展張システムの開発

西日本高速道路（株） 四国支社 愛媛工事事務所 石井 隆明 谷口 優佑
 （株）大林組 正会員 ○斎藤 有佐 正会員 古家 義信
 大栄工機（株） 正会員 小林 雅彦 佐藤 猛彦
 国際紙パルプ商事（株） 中川 正敏

1.はじめに

山岳トンネルの防水シート工では「現場接合部での十分な止水性と強度の確保」ならびに「（覆工打設時の圧力で引張られて生じるシート破損および天端部での空隙発生を防ぐための）吹付けコンクリート面に追従できる適度な緩みのある展張・固定」が施工品質管理上重要である。一方、今後予測される人口減少や少子高齢化に伴って上記品質確保の担い手となる熟練技能者不足が懸念されており、より一層の生産性向上を実現する自動化技術の開発と普及が求められている。筆者らは壁面形状に追従可能な長尺防水シート自動展張システム（以下本システム）を開発し、模擬トンネルでの試験施工（参考論文①）、国道トンネル現場での実地施工（同②）に続き、この度高速道路トンネルで実地施工を行ったので概要を報告する。

※展張：本文ではシートを広げながら壁面に押し付けることを示す用語として使用している。

2.長尺シート自動展張システム概要

本システムは、あらかじめ吹付面に不織布（ $t=3\text{mm}$, $300\text{g}/\text{mm}^2$ ）を張り付け（別張り）、その上に長尺防水シート〔EVAシート $t=0.8\text{mm}$ 〕をバルーンで密着させてトンネル軸方向に繰り出しながら展張し、固定するものである。なお別張り方式は今回からの採用である。概要は以下のとおりである。全体図を図-1に示す。

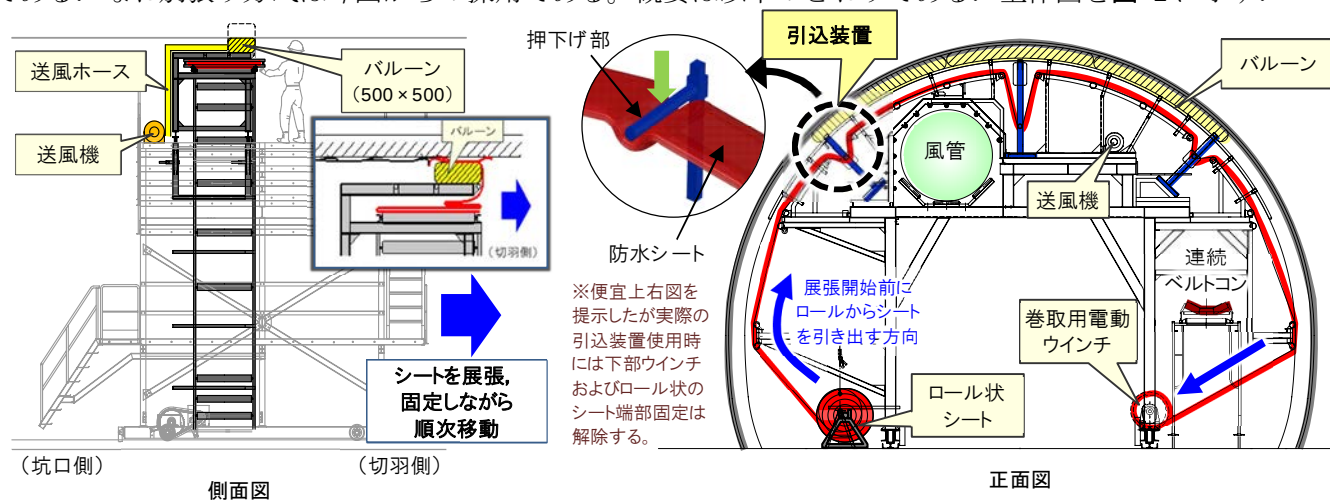


図-1 長尺防水シート自動展張システム

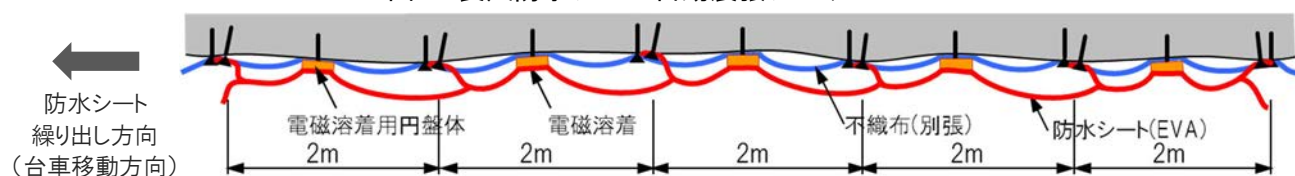


図-2 長尺防水シート固定方法（デフォルメ図；寸法は概略値）

(1) 工場で定尺幅 2.2m の防水シート（EVA；以下同様）を 5 枚接合して製作した有効幅 10.4m（全幅 10.6m）のシートを幅約 1m の蛇腹折りにしたあとロール状にする。(2) ロール状防水シートをシステム下部から周方向にウインチで蛇腹折りの状態で台車上の受台に巻き上げて仮置する。(3) 送風機でバルーンを膨らませ、台車を移動させながら不織布が予め張ってある壁面に防水シートを引き上げ、密着させて前方へ繰り出しながら、

キーワード；山岳トンネル、防水シート、長尺防水シート、生産性向上、自動化、省力化

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟 (株)大林組 土木本部 生産技術本部 TEL03-5769-1319

進行方向における釘固定する位置（ヒレ箇所）で停止（1 移動長は 2m）させる。（4）この状態では防水シートは周方向で壁面に対して緩みを確保できていない状態であるため、引込装置で防水シートをたくし上げ、緩みを確保した上で壁面に固定（釘止め）する。（5）台車の移動により順次シートを繰り出しながら釘打ち用ヒレのある 2m 毎に固定する。（6）釘固定箇所（ctc2m）の中間位置に予め電磁溶着用ディスクを壁面上の不織布の上に取り付けておき、あとでまとめて電磁溶着にて防水シートを固定する（図-2）。以上を順次繰り返す。

3. 本システムの特長

（1）工場加工した有効幅 10.4m の長尺防水シートを採用することで、現場での溶着作業が従来の 5 分の 1 で済むため、作業時間を短縮しかつ防水に関わる品質リスクを低減できる。（2）防水シートの展張作業を自動化することで作業人員の縮減と作業時間の短縮が図れる。（3）引込装置によって、展張前の防水シート（蛇腹折り状態）のたくし上げ量を任意に設定できるため、吹付けコンクリート面の凹凸に追従できる適切な緩みを形成でき、施工品質を確保できる。（4）余裕量（緩み）を計画的に形成できるため防水シート材料のロス（注文長と施工長の差）を管理できる。

4. 施工概要

実施時期：2020 年 12 月 10 日（木）～12 月 22 日（火）※機械システム組立解体撤去、休工（土日）含む。

実施場所：西日本高速道路 松山自動車道 明神山トンネル工事

実施延長：L=有効幅 10.4m × 10 枚=104m （シート周長:24m）

施工断面：CII-b パターン（鋼アーチ支保工あり）

作業員数：防水工 2 名（機械システム組立解体および一部間接作業は除外）

5. 実地施工結果と評価

今回の実地施工では不織布別張りとしたため本システムによる防水シート（EVA）展張・固定がより軽快に行え、1 工程増えるデメリットよりもメリットが優っていた。またヒレ部での釘固定を半減させ、その代替で施工自由度の高い電磁溶着を採用したため施工効率がさらにアップし、作業員一人当たり施工速度（防水シート $\text{m}^2/\text{人日}$ ）が従来式施工方法での標準的施工速度（社内実績）より約 90% 増加していることがわかった。

また今回は当該現場で使用中の既存のシート台車にシステムを搭載したが、風管通過位置が最上段という本システムにとって不利な位置にあったことや連続バルコンが通過していたことにもかかわらず問題なく対応できた。品質面では、接合部については溶着後の加圧試験で工場・現場ともに良好な結果となった。最大のテーマであったシートの緩み（これまでの実績から概ね適切と判断している緩み長として+4%を採用）については引込装置の寄与により適切に形成されていることが確認できた（写真-1）。



写真-1 張り付け完了全景

7. 今後の課題と展望

（1）より円滑に上下移動でき、かつ作業しやすい作業台車を次現場への導入に向けて設計検討中である。（2）バルーンの断面周方向での設置範囲および引込装置の設置数の最適化を検討中である。（3）箱抜き部への対応はシステムの性格上難しいが、台車足場の工夫による対応を検討している。（4）長尺防水シート製造プロセスの簡略化、自動化を計画之中である。今後、本システムをさらに発展させ、積極的に展開することで生産性向上・省人化、施工品質の確保を図り、あわせて山岳トンネル工事全体の自動化の一翼を担いたいと願っている。

参考文献・論文

- ①令和元年度土木学会年次学術講演会「山岳トンネル長尺防水シート自動展張システムの開発（斎藤・渡辺他）」
- ②土木学会土木建設技術発表会 2020「壁面形状に追従可能な長尺防水シート自動展張システム 試験施工報告（斎藤・古家他）」