

## 6. 山岳トンネルにおける防水シートの自動溶着技術の開発

### 拌み溶着の自動化と品質管理の高度化

五洋建設株式会社 ○森瀬 彬

五洋建設株式会社 北村 圭佑

大栄工機株式会社 佐藤 猛彦

#### はじめに

山岳トンネルにおける防水シートの溶着作業は、2～3名の作業員が、狭小かつ高所な足場台車上で溶着機を周方向の上下に手渡しして行うため、危険を伴う苦渋作業となっている。また、溶着には長年の経験と熟練された技術を要するため、作業員の熟練度によって品質に差が生じることもある。

一方、防水シートの品質管理としては、覆工コンクリートの打設あたり1箇所の頻度で加圧試験を実施する抜き取り検査が標準となっていて、不合格であった場合には溶着箇所全周を目視で確認する手間が発生するなどの課題がある。

これらの課題に対して、自動溶着システム(以降、本システム)の開発と、赤外線カメラで測定したシート溶着部の表面温度を利用した品質管理方法を活用することで、溶着作業から品質管理までの自動化を実現した。

以下に、開発した自動溶着システムの概要について報告する。

#### 1. 技術説明

本システムは、防水シート台車に設置した専用のガイドレール上を、溶着機が自動で走行しながら溶着するものである。溶着の手順は以下の通りである。

- ① 溶着機に防水シートをセット
- ② 溶着機を起動し熱コテを加熱
- ③ ワイヤレスコントローラーの開始ボタンを押し溶着を開始
- ④ 溶着終了後に防水シートを外して溶着を完了

上記の①～④で溶着作業が完了するため、足場台車上へ昇降することなく、作業員1名で防水シートの溶着作業を行うことが可能となり、安全性の確保と生産性の向上を実現した。



写真1 自動溶着システムの全景

#### 2. 本システムの特徴

防水シートの溶着箇所には、写真2のようにたわみやよれが発生する。このよれやたわみに対して、これまでは、熟練工が防水シートや溶着機を巧みに操作することで



写真2 シートの溶着箇所

対応してきた。これに対して本システムでは、主に2つの機構を用いて対応した。

##### (1) 溶着機の制御機構

本システムでは、図1に示すように溶着機を上下に移動させるシーソーと、トンネル縦断方向へのスライドを設けた走行装置で制御することとした。加えて、センサー付きの回転軸でシーソーを支持させた。回転軸に設けたセンサーによって、走行装置と溶着機の位置関係を把握させることで、溶着速度を一定に保ちながら走行装置の移動と溶着機を同調させることで、シートよれやたわみへの追従を可能にした。

## (2) シートの取り込み機構

これまで、シートの溶着では、作業員が溶着機とシートを手作業で調整しながらしわを改善していた。本システムでは、溶着機の前にエッジコントロール装置、後ろにシート固定用治具を設けて溶着時のシートにしわが発生しないようにした。具体的にはシート固定用治具でシートを固定し、エッジコントロール装置が前後に稼働することでしわを伸ばすものとした。

## 4. 品質管理の高度化と自動化

これまで、処分場の遮水シートに適用されていた赤外線カメラを用いた溶着部の品質管理方法をトンネルのシートに適用した<sup>1)</sup>。この技術は、事前に溶着部の表面温度と引張強度の関係を求める必要があるものの、写真3に示すように赤外線カメラで得られた溶着部の表面温度を測定することで、品質の可否を自動で判定できるものである。

判定結果は、写真4に示すようにタブレットなどの端末でも確認でき、溶着の不良個所を検知した場合には、即時にアラームで警告するとともに、その位置が記録されることから、目視で不良個所を探す手間も解消されるとともに全数検査が可能となる利点もある。

### おわりに

自動溶着システムの開発により、危険かつ苦渋作業であった防水シートの溶着作業については、50~70%の省力化が実現できたと考えている。また、作業員の熟練度によらない安定した品質が確保できるとともに、赤外線カメラを用いた溶着部の品質管理方法を適用することで溶着箇所全てを対象とした品質管理も自動で行えるものとした。

今後は防水シートの展張、溶着および折り返しまでの自動化を目指した技術開発を進める予定である。

### 参考文献

1) 中山裕文・島岡隆行・作左部公紀・上田滋夫・青山克己・坂口伸也・吉田宏三郎：最終処分場遮水シート接合における熱画像検査方法の開発と実証試験，ジオシンセティックス論文集 第28巻，2013.

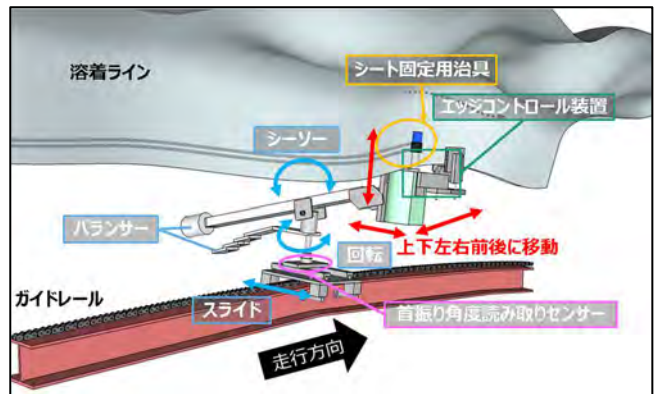


図1 自動溶着システムの概要

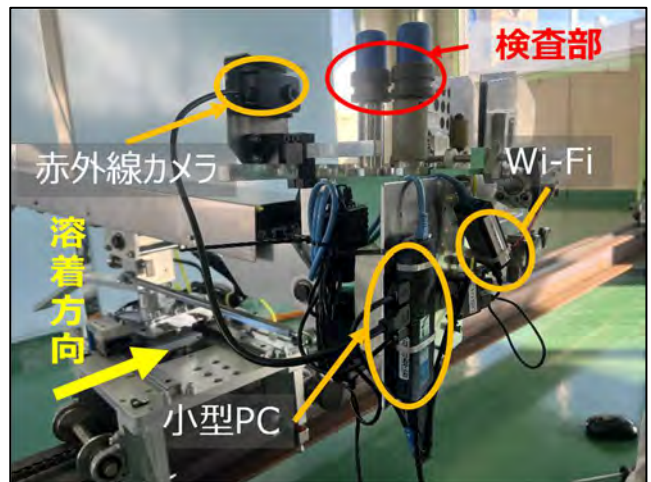


写真3 赤外線カメラを用いた品質検査装置

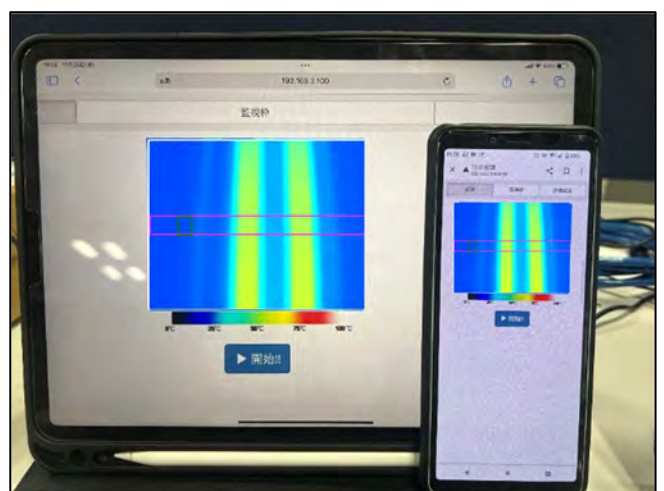


写真4 品質検査結果の検出状況