

FRP を用いたレンガトンネル修繕工の開発

鉄建建設 正会員 ○安保 知紀  
 東日本旅客鉄道 正会員 露木 寿  
 東日本旅客鉄道 正会員 内藤 孝和

1. はじめに

現在供用中の鉄道用レンガトンネルの多くは、完成後 90 年以上経過しており、経年劣化によるはく落や漏水による変状が見られるトンネルがある。そのため、適切な維持管理を施しながら供用期間を延伸させる必要がある。また、多くのレンガトンネルでは建築限界の余裕が少なく、対策工の厚さをできるだけ薄くする必要がある。さらに、営業線のトンネルでは夜間の限られた時間内で施工をおこなわなければならない。

本論では、引張強度に優れ、薄くて軽いという特徴を有している FRP に着目し、レンガ覆工のはく落防止と漏水防止を目的とした新しいレンガトンネル修繕工を開発したので報告する。

2. 構造概要

本工法は、レンガ覆工内面に表面被覆工を設置する構造である。このとき、トンネル内空への阻害量を抑制するために、レンガ覆工面を溝状に切削し、この切削溝にアーチ支保工を設置する構造としている。さらに、切削溝に設置したアーチ支保工の背面に表面被覆工を配置することにより、従来工法に多く見られる接着もしくはアンカー等による固定をおこなわず、アーチ支保工で固定する構造としている。対策工の構造概要を図-1 に示す。

3. 表面被覆工の開発

本工法に使用する表面被覆材は「紫外線硬化型 FRP シート (以下 FRP シートとする)」であり、樹脂に含まれている光硬化開始剤が紫外線に反応した瞬間から硬化を開始するので、工場でシート状に加工し、フレキシブルな状態でトンネル表面に貼り付けることが可能であり、紫外線を照射することにより FRP 板が成形される特徴を有している。ここで、FRP シートの概要を表-1 に示す。

また、本工法に要求される施工性能の一つは、トンネル覆工面から漏水がある状態で施工が可能であること

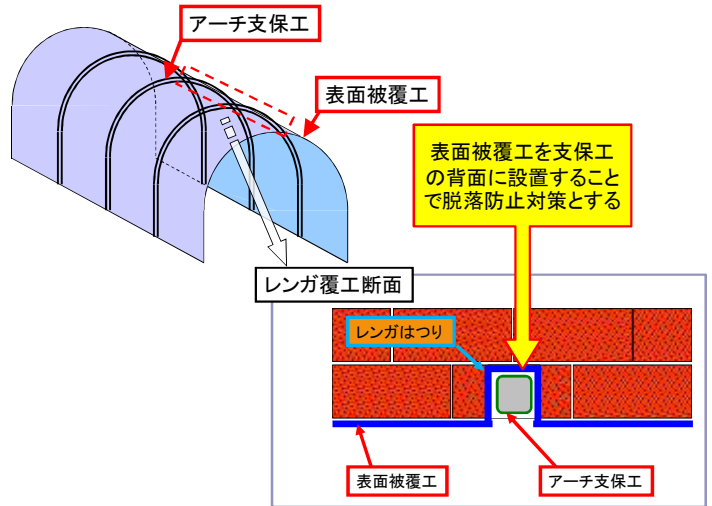


図-1 構造概要

表-1 FRP シートの概要

材質	繊維	材質	ガラス繊維
		目付量	1218 g/m <sup>2</sup>
	樹脂	主成分	ビニルエステル樹脂
硬化剤		光硬化開始剤	
引張強さ (破断荷重)			748 N/mm
引張弾性率			36.3 kN/mm

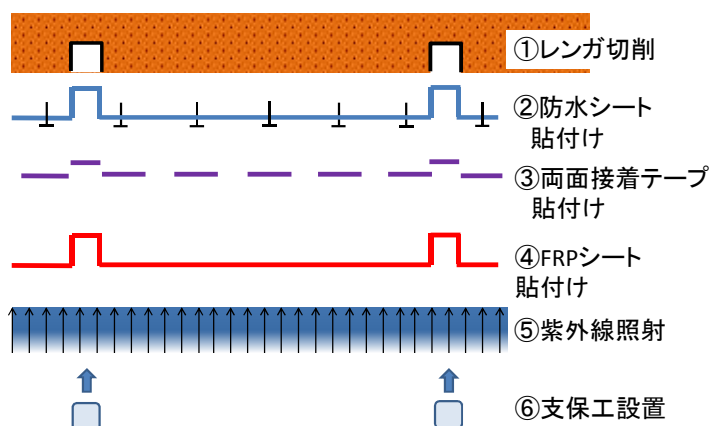


図-2 施工概要

キーワード レンガトンネル, FRP, はく落対策, 漏水対策

連絡先 〒286-0825 千葉県成田市新泉 9-1 鉄建建設株式会社 TEL0476-36-2334

とである。しかし FRP シートは、その硬化の過程で流水にさらされると硬化不良をおこす可能性があるため、**図-2**の施工概要のうち②ステップのように、あらかじめトンネル覆工面に遮水用の防水シートを貼り付ける工法としている。防水シートは、**写真-1**に示すように凹凸形状をしたポリプロピレン

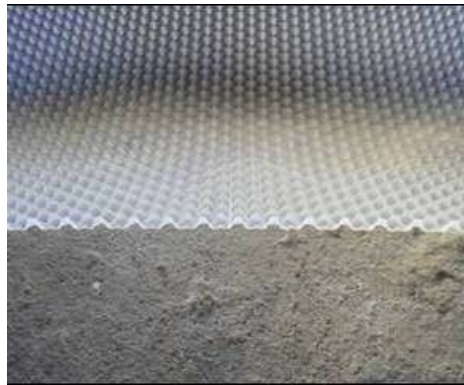


写真-1 防水シート



写真-2 コンクリートピン施工状況

製のシートを**写真-2**のようにコンクリートピンでトンネル覆工面に固定する方法としている。また、FRPシートをトンネル形状に合わせて硬化させるため、この防水シートに仮固定した状態で紫外線を照射する必要がある。そこで、**図-2**の③ステップに示すように防水シートに両面接着テープを貼り付け、④ステップで FRP シートを貼り付ける。その後、⑤ステップで紫外線を照射し FRP シートを硬化させ表面被覆工を完成させる。

表-2 FRP 材料の概要

材質	繊維	材質	ガラス繊維
		含有率	約 35 wt%
	樹脂	主成分	不飽和ポリエステル樹脂
		硬化剤	MEK パーオキシサイド
曲げ強度			160 N/mm <sup>2</sup>
曲げ弾性率			8,000 N/mm <sup>2</sup>

**4. アーチ支保工の開発**

本工法に使用するアーチ支保工は、人力でも施工ができる FRP 製の中空構造としている。また、FRP は鉄と比べて曲げ剛性が小さいことから、トンネルの設計断面よりも大きめの曲げ半径で支保工を製作し、現地で人力により弾力的な変形を加えてトンネル形状に合わせて設置できる。この支保工の復元力によりトンネル覆工面に押し付けられるため、アンカー等の機械的な固定なしに自立できる構造としている。アーチ支保工に用いる FRP 材料の概要を表-2 に示す。

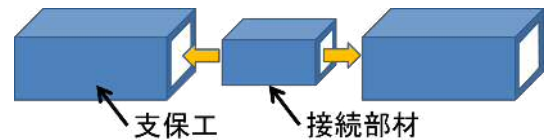


図-3 接続方法

さらに、トンネル内には架線等の支障物が添加されているため、組立の施工性を考慮して分割構造としており、その接続方法は**図-3**に示すようなソケット方式としている。



写真-3 施工試験完了

**5. 施工試験**

本工法の一連の施工性を確認するために、模擬トンネルを製作して施工試験をおこなった。模擬トンネルは、曲率半径を一般的な単線レンガトンネルと同じ 2.3m とし、漏水が再現できる細工を施した。さらに、トンネル周方向にアーチ支保工を設置するための深さ 100mm の溝を設けた。この模擬トンネルを用いて、漏水を再現した環境下で、表面被覆工からアーチ支保工の組立まで一連の施工試験をおこない、全て人力で施工ができることを確認した。また施工時間は、溝部の表面被覆工の施工に手間がかかり、トンネル軸方向に 1m の区間を施工するのに 3 時間近く要した。施工試験終了後の完成状況を**写真-3**に示す。

**6. まとめ**

表面被覆工およびアーチ支保工ともに軽量の FRP 製とし、人力での施工が可能なレンガトンネル修繕工を開発した。今後は、施工に手間がかかった溝部の施工性を向上させるよう改良をおこない、実トンネルでの施工試験をおこなっていく予定である。