

## 4

## レンガトンネル修繕工の開発

安保 知紀\*1・松岡 茂\*2・加古 昌之\*3

## 概 要

現在供用中の鉄道用レンガトンネルの多くは、完成後 90 年以上が経過しており、経年劣化による剥落が見られるトンネルもある。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。さらに、レンガの目地からの漏水が見られるトンネルも多く、寒冷地では漏水が氷柱となり列車の走行に影響をきたす恐れがある。

そこで、引張強度に優れ、薄くて軽いという特徴を持つ FRP に着目し、レンガ覆工の剥落防止と漏水防止を目的としたレンガトンネル修繕工の開発をおこなっている。

キーワード：レンガトンネル，FRP，剥落対策，漏水対策

## DEVELOPMENT OF A METHOD FOR REPAIR OF BRICK TUNNELS

Tomonori ABO \*1, Shigeru MATSUOKA \*2

Masayuki KAKO \*3

## Abstract

Many brick railway tunnels in service in Japan have been used for 90 years or more, with some suffering spalling of bricks due to age deterioration. To cope with this problem, it is necessary to lengthen the service life of a tunnel, by applying appropriate maintenance.

There are also tunnels with water leaks at brick joints. In cold districts, it is feared that leaking water will freeze into icicles, affecting adversely the operation of trains.

Keeping these issues in mind, we paid attention to the use of FRP that has the characteristic of being excellent in tensile strength, thin and light in weight, and are developing a new process for repairing brick tunnels that is designed to prevent spalling of brick lining and water leakage.

Keywords: Brick tunnel, FRP, Spalling measure, Water leakage measure

---

\*1 Engineering Department, Civil Engineering Division

\*2 General Manager, Civil Engineering Technology Business Department, Civil Engineering Division

\*3 Manager, Civil engineering Planning Department, Civil Engineering Division

## レンガトンネル修繕工の開発

安保 知紀\*1・松岡 茂\*2・加古 昌之\*3

## 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 年以上が経過しており、経年劣化による目地切れやレンガの抜け落ちによる剥落が見られるトンネルもある。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。さらに、レンガの目地部からの漏水が見られるトンネルも多く、寒冷地では漏水が氷柱となり列車の走行に影響をきたす恐れがある。

ここで、対象をレンガトンネルとしていることから、レンガあるいは目地の健全度が不確かであり、既設覆工面へのアンカーによる固定は困難と考える。さらに、多くの鉄道用レンガトンネルは蒸気機関車等の非電化の列車を対象に建設されており、現在の電化された列車に対しては建築限界の余裕がほとんどない状態となっている。そのため、建築限界を極力支障しないように対策工の厚さをできるだけ薄くする必要がある。そして、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、大掛かりな設備の必要のない工法が求められている。

そこで、アンカーを用いず、人力で容易に施工ができ、内空を極力侵さない剥落防止および漏水対策とするために、引張強度に優れ、薄くて軽いという特徴を有している FRP に着目してレンガトンネル修繕工の開発をおこなっている。本稿では、平成 24 年度までに開発をおこなった内容について報告する。

## 2. 構造概要

対策工の構造概要を図-1 に示す。本工法は、

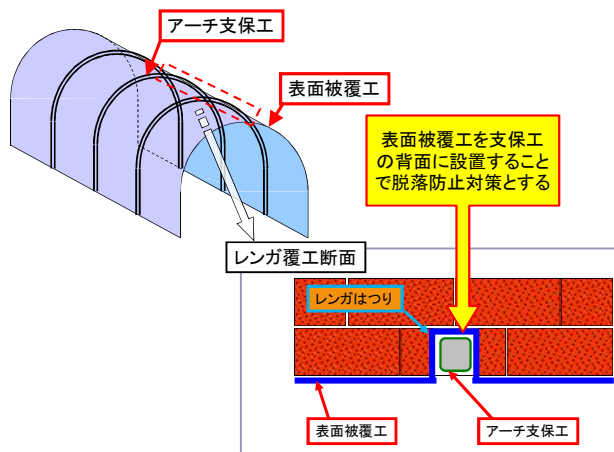


図-1 構造概要

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た。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た。

## 3. 表面被覆工の開発

本工法では、トンネル内空の阻害量を極力抑制することを目的に、表面被覆工に「紫外線硬化型 FRP シート（以下、FRP シートとする）」を選定した。この FRP シートは、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 板が成形できる。

\*1 土木本部 エンジニアリング部 基礎・構造研究開発グループ

\*2 土木本部 プロジェクト技術部 部長

\*3 土木本部 土木企画部 技術企画グループ グループリーダー

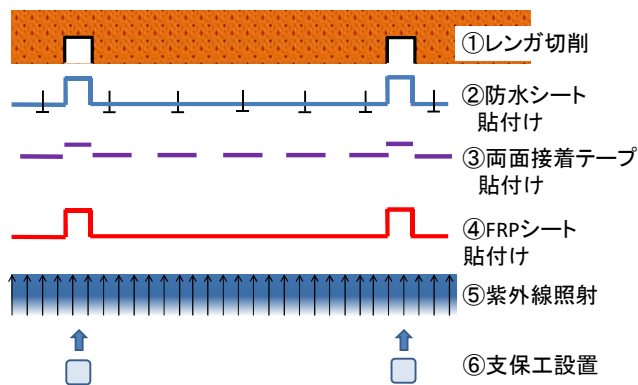


図-2 施工概要

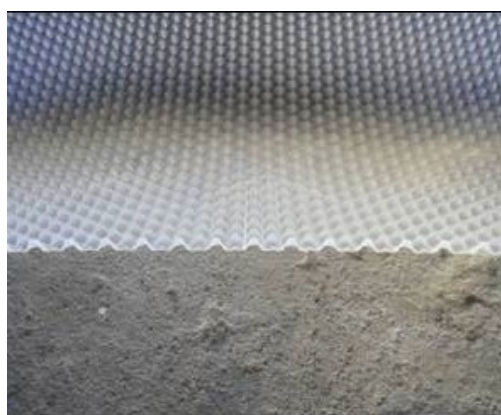


写真-1 防水シート

さらに、本工法に要求される施工性能の一つに、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としている。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 に示す施工概要のうちステップ②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こととした。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製のシートを選定し、これをコンクリートピンでトンネル覆工面に固定する。

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 のステップ③に示すように防水シートに両面接着テープを貼り付け、ステップ④で FRP シートを貼り付ける。その後、ステップ⑤で紫外線を照射し FRP シートを硬化させ表面

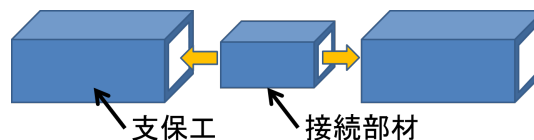


図-3 接続方法

被覆工を完成させる。

#### 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、夜間の限られた時間内に狭隘なトンネル内で施工をおこなう必要があるため、人力でも持ち運べる FRP 製の中空構造とした。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。支保工は自身の復元力によりトンネル覆工面に押し付けられ、アーチ支保工の足元を確実にトンネル覆工に固定することにより、アンカー等の機械的な固定なしに自立する。

さらに、トンネル内には架線やケーブル等の支障物が添加されており、これらをかかわしてアーチ支保工を設置する必要があるため、組立の施工性を考慮して分割構造とし、図-3 に示すようなソケット方式の接続方法とした。

#### 5. 施工性の確認

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程度の 2.3m とし、漏水を再現できる装置を設置した。さらに、トンネル周方向にレンガを切削した溝を模擬して、アーチ支保工を設置するための幅 100mm、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った。試験状況の写真を写真-2～写真-7 に示す。

施工試験より、防水シートをコンクリートピ



写真-2 防水シート

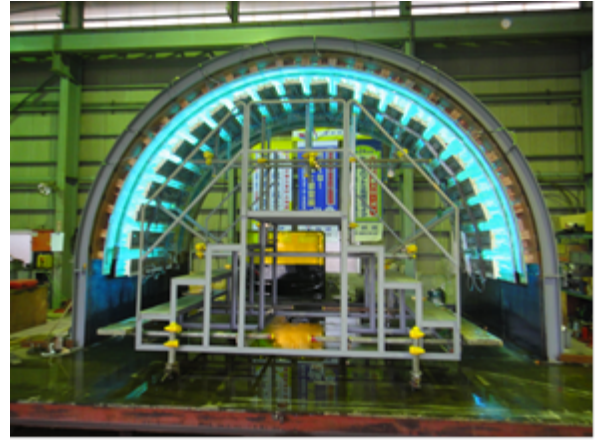


写真-5 紫外線照射



写真-3 両面テープ

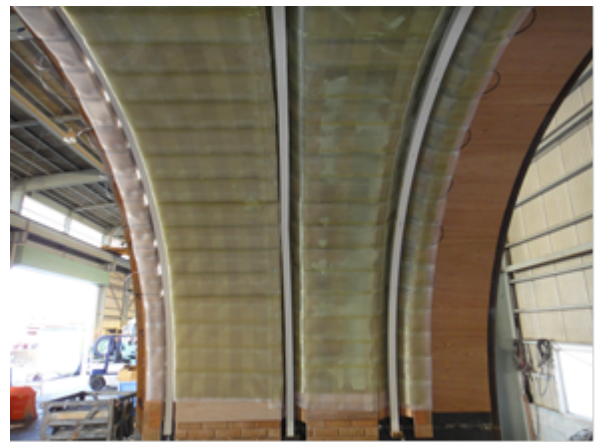


写真-6 支保工

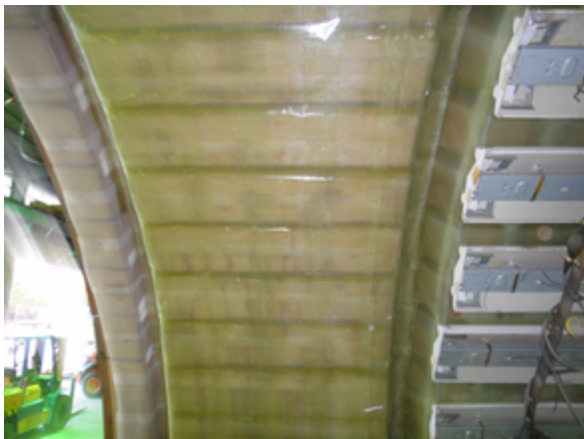


写真-4 紫外線硬化型 FRP シート



写真-7 完成

ンで固定する方法や両面テープで FRP シートを接着する方法、支保工を人力で設置する方法は、非常に施工性が良いことが確認できた。しかし、防水シートや FRP シートを溝部に貼り付ける作業に非常に手間がかかることが分かった。

## 6. まとめ

紫外線硬化型 FRP シートやアーチ支保工を用いて、人力で施工可能なレンガトンネル修繕工の基本的な構造を開発した。今後は実用化に向けて、施工性を改善するとともに鉄道トンネルに必要な数種の性能の確認試験をおこなっていく予定である。