

## 炭素繊維プレートのトンネル補修材への適用に関する検討

(財) 鉄道総合技術研究所 正会員 岡野 法之, 植村 義幸, ○中西 祐介

### 1. はじめに

供用中の鉄道トンネルでは、土圧の継続的な作用による変形や、覆工材料そのものの劣化などが原因で補修が必要となる箇所が存在する。鉄道トンネルの補修工法に要求される性能としては、変形抑制と覆工材落下防止を主として、施工性や耐久性、経済性も求められる。今回、これらの条件を考慮し、炭素繊維プレートのトンネル補修材への適用に関して検討したので報告する。

### 2. 炭素繊維プレート接着工法の優位性

補修工法のうち内面補強工と呼ばれるトンネル覆工内面に鋼板や繊維シートなどを設置する工法は、変形抑制や覆工材落下防止のいずれにも効果が期待され多くの使用実績がある。なかでも繊維シート接着工法(図1)は、変形抑制、覆工材落下防止の効果がある、厚さが薄く小断面でも使用が可能、軽量で施工性が良い、腐食がなく耐久性に優れている、対象箇所が広範囲でも施工が可能、など多くの利点があり、他の補修工法と比較し使用実績が増加傾向にある。

一方、繊維シート接着工法は、接着剤によって覆工に一体化する構造であり、確実な接着力を得るために覆工の下地処理が必要でこの作業に多くの時間を要することや、漏水箇所への適用が接着力を低減させるため困難といった欠点もある。特に、補修が必要な箇所はひび割れが存在するのが一般的で、そこからの漏水の影響で設置に苦慮することが多い。また、鉄道トンネルの補修作業は、列車の合間で実施するため短時間施工が要求されるが、接着剤を使用しているため、接着剤硬化のための時間が必要となり、特に低温時にはその硬化時間が長くなり、工法選定の際の制約となることがある。

今回、検討した炭素繊維プレート接着工法は、炭素繊維プレートを接着剤とアンカーを用いて覆工の周方向に一定間隔で設置し、プレート間にネット等を設置する工法である(図2)。変形に対しては一定間隔で設置する炭素繊維プレートが対抗し、覆工材落下に対してはプレート間のネットで対抗するものと考えた。

本工法の優位性は、繊維シート接着工法と同様に薄く軽量で腐食がない材料を使用しているため、繊維シート接着工法と同様の利点を有しており、かつ、プレート自身に自立性があることや、設置に接着剤とアンカーを併用していることから、接着剤が硬化するまでもプレートやネットがはく離してたわんでくるようなことはなく、短時間列車間合いでの適用が可能となる。さらに、繊維シートのように面状ではなく線状の材料のため、漏水箇所の回避が容易となることや、接着材使用箇所が減少するため下地処理も少なくなり、全体の施工時間も短くなり、経済性、安全性も向上すると考えられる。

### 3. 性能の確認

#### (1) 変形抑制効果の確認

炭素繊維プレート工法は上記の優位性が考えられるが、最も重要な変形抑制効果が不明なため、鉄道総合技術研究所が所有するトンネル覆工模型載荷実験装置<sup>1)</sup>を用いて、模型の天端をジャッキにより鉛直下向きに



図1 繊維シート接着工法

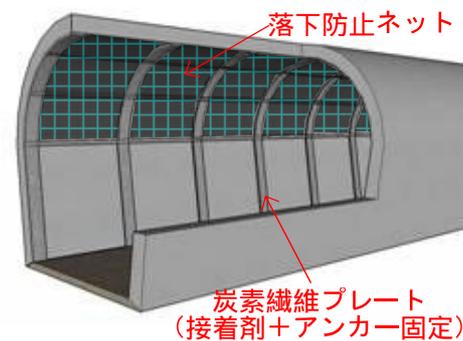


図2 繊維プレート接着工法イメージ

載荷し変形抑制効果を確認した。なお、実験ケースは内空水平距離 185cm、覆工厚さ 15cm、奥行き 30cm の無筋コンクリートで製作したトンネル模型を基本に、それに炭素繊維プレート（幅 4mm、厚さ 1mm）を接着剤とアンカーを用いて 3 本設置したもの（図 3）、アラミド繊維シートを全面に接着したものの 3 ケースとした。

載荷荷重と天端沈下量の変化を図 4 に示す。この結果から、炭素繊維プレートを設置したものは、アラミド繊維シートと同程度の変形抑制効果が得られ、無対策と比較し約 3 割の耐力向上が確認された。



図 3 実験ケース（炭素繊維プレート）

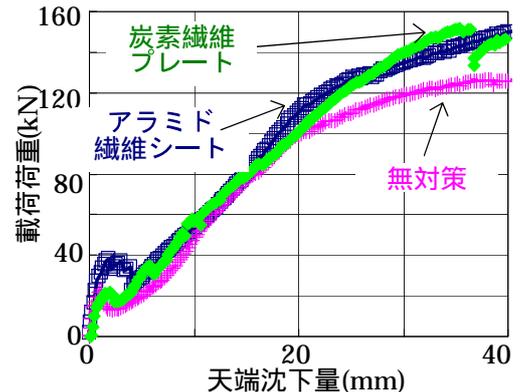


図 4 模型実験荷重変位曲線

**(2) 現地施工確認試験**

炭素繊維プレート接着工法の施工性を確認するため、供用を停止した鉄道トンネル（レンガ覆工、内空水平距離 4570mm、高さ 4505mm、周長約 15m）で、炭素繊維プレートとアラミド繊維シート接着工法を全周、奥行き 1m を対象として試験施工を実施した（図 5）。なお、炭素繊維プレートは、幅 50mm、厚さ 2mm のものを 3 本設置した。

施工時間を比較したものを表 2 に示す。当初の効果で期待していたとおり接着面積が減少する分、炭素繊維プレート接着工法のほうが短時間で施工が終了することを確認できた。供用中のトンネルでの施工に置き換えると、作業可能時間が 1 日 3 時間と仮定すれば、1 日の工期短縮が可能となり、経済性、安全性も向上すると考えられる。



図 5 現地施工確認試験

**4. まとめ**

今回の検証試験の結果から以下のことが確認でき、炭素繊維プレートのトンネル補修材への適用と、繊維シート接着工法の欠点を解消できる工法であることが確認できた。

- 1) 模型載荷実験の結果から、炭素繊維プレート接着工法は、アラミド繊維シート接着工法と同程度の変形抑制効果があることがわかり、無対策と比較し約 3 割の耐力向上が確認された。
- 2) 現地試験施工の結果から、炭素繊維プレート接着工法は、アラミド繊維シート接着方法と比較し施工時間が短くなることがわかった。

表 2 現地試験における炭素繊維プレートとアラミド繊維シートの施工時間比較

施工内容	施工時間 (分)								
	0	60	120	180	240	300	360	400	480
下地処理	■ (炭素繊維プレート) 0-180分, ■ (アラミド繊維シート) 0-360分								
補修材貼付け	■ (炭素繊維プレート) 180-360分, ■ (アラミド繊維シート) 360-480分								

**参考文献**

1) 高橋ほか, 大型トンネル覆工模型実験装置の開発, 土木学会第 61 回年次講演会, -070, pp139-140