

# トンネル覆工補修シート保護のためのネット工法

西日本旅客鉄道（株） 正会員 ○ 横山秀史\* 佐野力\* 吉田俊一\*\*  
日鉄コンポジット（株） 渡部修\*\*\*  
帝人（株） 伊吹英昭\*\*\*\*

## 1. はじめに

橋梁やトンネル覆工等の補修・補強工法の一つとして、炭素繊維シートやアラミド繊維シートなどの高強度繊維シートを用いた工法<sup>1)</sup>があり、鉄道においても、阪神・淡路大震災時に、山陽新幹線のトンネル覆工の補修に炭素繊維シート工法が適用された。

しかし、高架橋の橋脚等の補強と違い、鉄道や道路トンネルの覆工面には、車両走行にともなう風圧が常時作用する。特に、新幹線等の高速列車が走行するトンネルにおいては、作用する風圧が大きい、高強度繊維の断片等により車両や電気設備等に障害を与える可能性がある、などの特徴があるため、シートの飛散や垂下がおきないように、通常の構造物の場合よりも短い周期で点検・保守をおこなう必要がある。

点検・保守に要するコストを低減する方法の一つとして、シート表面を適当な素材で覆い、表面を保護するとともに、シートの剥離や破断等が生じた場合にも列車運行に支障しないようにすることが考えられる。そこで、アラミド繊維等で作ったネットを樹脂およびアンカーボルトによってシート表面に固定する方法を考え、新幹線トンネルの斜坑を用いて、施工性および施工直後の耐風性について検討した。

## 2. 施工概要

施工は、山陽新幹線トンネルの斜坑底でおこなった(図1)。昭和60年の計測結果(表1)によると、今回の施工箇所は風速では本坑の約2.5~3倍、風圧は本坑の60~80%程度である。本坑の風速が小さいのは、トンネル側壁近傍で線路方向の風速を測ったためと考えられる。

一方、別のトンネルで、トンネル中央通路での風速・風圧を測定した結果では、風速・風圧とも速度依存性は比較的小さく、最大風速(合成成分)は約44.0~48.4m/s、最大風圧は約2600~3160Pa(100N系、速度224~275km/h)であった。また、500系電車の試験によると、トンネル中央通路での最大風速は約28.8~46.7m/s、最大風圧で約1120~2940Pa(速度270~320km/h)であり、速度が高いにもかかわらず、列車風は旧型車輛と同等以下である。また、300系についても、500系と同程度であり、0系や100系等の車輛の方が風速・風圧ともに大きい傾向がある。

表1の箇所では、本坑での風圧の最大値は約2600Paで、100N系のデータと比較的近い値であった。これらのことより、試験箇所(斜坑底)における現況の列車風は、表1の測定時と同程度~2割増程度と考えられる。

今回は、2m×1mのネットを樹脂により接着するとともに、両端をFRP製のフラットバーで抑える工法を採用し(図2)、使用材料および仮止めアンカー等の異なる3種類の試験施工を実施した(表2)。

施工にあたっては、炭素繊維シート表面の状態を模擬するため、あらかじめ炭素繊維シート工法に使用するエポキシ樹脂を覆工表面に塗布した上で、各工法とも4枚ずつ、計12枚(24m<sup>2</sup>)のネットを施工した。また、実際の覆工補修シート上での施工性等

表1 本坑および斜坑の風速・風圧の平均値

線別	本坑風速(m/s) 下り方向が+	斜坑風速(m/s) (吹上方向)	斜坑風速(m/s) (吸込方向)	本坑風圧+(Pa)	本坑風圧-(Pa)	斜坑風圧+(Pa)	斜坑風圧-(Pa)	平均列車速度 (km/h)
下	5.9	17.8	5.3	2013	-804	1260	-700	191
上	-5.0	7.3	10.6	585	-1804	338	-1138	195

キーワード：トンネル覆工、炭素繊維シート、ネット、保守

\* 〒673-0016 明石市松ノ内2-3-8 Tel. (078)928-0688 Fax: (078)928-0690

\*\* 〒650-0044 神戸市中央区東川崎町1-3-2 Tel. (078)360-4032

\*\*\* 〒103-0024 東京都中央区日本橋小舟町3-8 Tel. (03)5623-5558 Fax: (03)5623-5551

\*\*\*\* 〒100-8585 東京都千代田区内幸町2-1-1 Tel. (03)3506-4136 Fax: (03)3506-4127

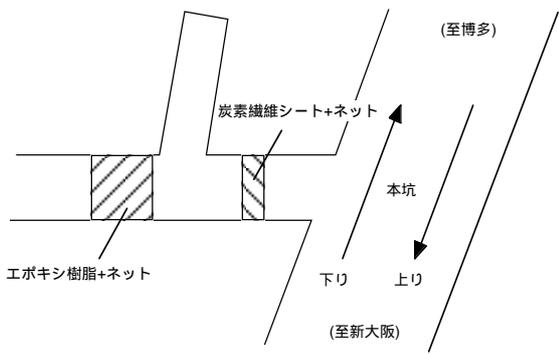


図1 施工位置

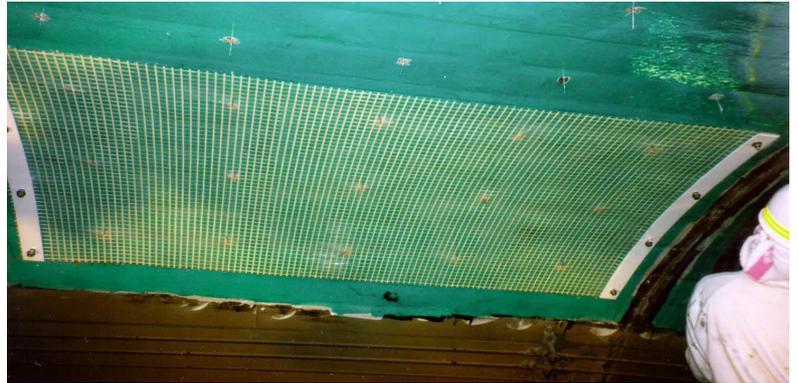


写真1 ネット貼り付け後の状態(上塗り塗装前)

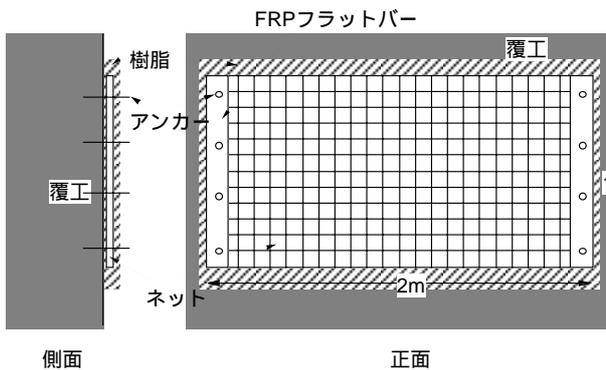


図2 概要図

表2 使用材料

工法	ネット		樹脂			仮止めアンカー
	材料	引張強度 (kN/m)	材料	引張強度 (MPa)	可使時間	
a工法	アラミド	68	エポキシ	15	30分	ピン接着
b工法	アラミド・ポリエステル交織	98	エポキシ	5.7	60分	埋込
c工法	ポリエステル(端部にアラミド布を縫付)	35	エポキシ	5.7	60分	埋込

を確認するため、斜坑の覆工表面に炭素繊維シートを1m幅で施工し、その上に各1枚ずつのネットを貼付した。

施工時には、施工数量および施工性の良否を確認した。また、新幹線トンネルの場合、作業時間帯終了から約2時間後には初列車が通過するため、樹脂が完全に硬化しない状態で列車風を受ける。そこで、今回の施工にあたっては、本坑での作業時間に近い行程で作業をおこない、初列車通過時の耐風性について、目視で確認した。また、2日目以降は、前日施工分についても、ネットの剥離等の有無を、目視および触手で確認した。

### 3. 施工結果

施工結果を、写真1に示す。本工法で使用したネットは、覆工補修に使用するシート類よりも繊維が太くしなやかさが劣るため、覆工面の凹凸等の箇所では若干の浮きが見られるなど、シート工法よりも施工性はやや劣るものの、5名の作業員により、新幹線の作業間合いである4時間前後の時間に約14m<sup>2</sup>程度を施工することができた。

施工後の耐風性等については、施工の約2時間後に通過する初列車の風圧による変状はみられなかった。また、施工翌日および2日後にも、ネットの剥離等の変状は全くみられず、施工直後の耐風性には特に問題がなかった。

### 4. まとめ

トンネル覆工補修用高強度繊維シートの点検・保守コストの低減法の一つとして、アラミド繊維等で作ったネットを樹脂およびアンカーボルトによってシート表面に固定する方法を考え、新幹線トンネルの斜坑を用いて、施工性および施工直後の耐風性について検討した。

今回使用したネットは、覆工補修に使用するシート類よりも施工性はやや劣るものの、新幹線の作業間合いにある程度の量を施工することができた。また、施工の2日後にも変状はみられず、施工直後の耐風性には特に問題がなかった。

今後、完全に硬化した樹脂上への施工性や耐久性等の点について検証したいと考えている。

### 参考文献

1) (財) 鉄道総合技術研究所: 変状トンネル対策工設計マニュアル、pp.110-120、1998。