

レンガトンネルの剥離剥落対策について

J R東日本 正会員 ○岩崎 浩
 J R東日本 正会員 高森 麻有美
 J R東日本 正会員 四宮 卓夫

1. はじめに

J R東日本では、1,263 トンネル、全長 882 kmのトンネルを保有している。これらのトンネルは、都市部から山間部まで様々な工法で作られ、その時期も古くは、明治から現在にいたるまで幅広い。ここでは、八王子支社におけるレンガトンネルの剥離剥落対策について報告する。

2. 業務概要

平成17年6月、中央線高尾～相模湖間の小仏トンネル内で、平成9年に剥離剥落対策として施工されたガラス繊維補強ポリマーセメントモルタル吹付工（ラス網無し）箇所のアーチ部からモルタル片（約2m×1m厚さ2～3cm）が剥落した（写真-1 参照）。



写真-1 モルタル片剥落箇所 約 2.0m×1.0m

これにより、類似箇所の緊急点検と対策工の早急な実施が必要となった。

3. 類似箇所点検

八王子支社内には 99 トンネルあるが、このうち 25 トンネルにガラス繊維補強ポリマーセメントモルタル吹付工が採用されており、その延長は約 3kmに及ぶ。点検は、緊急の目視検査と打音検査の2回に分けて行った。一方、点検は複数の検査担当者によって行うため、検査者の違いによる点検結果のばらつきに配慮し、浮きのある箇所を次の6項目の剥落要因について評価し、合計点で危険性を判定した。なお、主な剥落要因と考えられる漏水、叩き落とし箇所、過去の剥落実績に配分を多くした。表-1 に点検結果の整理した例を示す。

【剥離剥落要因】

- ① 漏水箇所である。（3点）
- ② 叩き落した箇所である。（3点）
- ③ 過去に剥落実績がある。（3点）
- ④ クラックが生じている。（1点）
- ⑤ 浮きが密集している。（1点）
- ⑥ 施工端部である。（1点）

表-1 トンネル点検結果一覧表の例

浮きの位置	①	②	③	④	⑤	⑥	合計
57k920m～ 57k942m	3	3	3	1	1	1	12
57k950m～ 57k977m	0	0	3	1	1	0	5

4. 対策工の検討

対策工の検討は、ガラス繊維補強ポリマーセメントモルタル吹付工のほとんどが狭小トンネルであること、対策工施工箇所が多数で広範囲におよぶこと、早急な対策工の措置が求められることなど考慮し、耐久性①、経済性②、施工性③、狭小トンネルへの適用性④を検討し総合的に判断した。その結果、樹脂ネットを採用した（表-2）。

表-2 対策工法比較表

対策工		①	②	③	④	判定
はつり落とし 後目地修繕	抜本 対策	○	×	×	○	△
ステンレス ネット	恒久 対策	○	△	○	×	△
樹脂ネット (トリカルネット)	応急 対策	△	○	○	○	○

5. 樹脂ネットの技術的課題

樹脂ネットは、表-2 に示すとおり、耐久性について他の対策工からは劣る。

具体的には、ネットを固定する主部材であるアンカーのレンガ母材での信頼性とネット本体の耐久性が挙げられる。

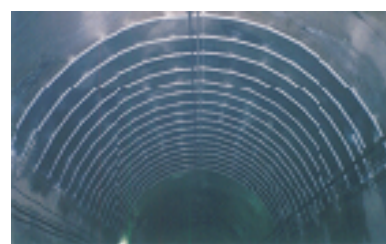


写真-2 樹脂ネット（トリカルネット）

キーワード：レンガトンネル、剥離剥落対策

連絡先：〒192-8502 東京都八王子市旭町 1-8 J R東日本八王子支社設備部設備土木課 TEL0426-20-8564

6. 課題に対する検討

(1) アンカーの耐久性の検討

今回の対策工では、施工直後の初期耐力を金属拡張式アンカー（図-1）に、長期の設計耐力を充填した樹脂に期待する金属拡張式アンカー樹脂併用方式を採用することとした。

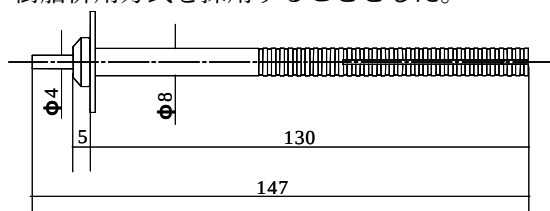


図-1 金属拡張式アンカー（JP-813）概要

使用する樹脂は、使用温度と硬化時間を比較した結果（表-3）と、引抜強度試験結果（表-4）から判断し、アクリル系および、エポキシアクリレート系を基本とした。

表-3 使用樹脂材料比較表

樹脂	湿潤面	使用温度範囲			樹脂硬化時間		
		-10℃	0℃	10℃	-10℃	0℃	10℃
エポキシ系	○	×	×	○	×	×	16h
アクリル系	○	○	○	○	2.5h	1h	0.5h
エポキシアクリレート系	○	×	○	○	×	4h	3h

○：使用可、×：使用不可

表-4 拡張式アンカー樹脂併用引抜強度（kN）

施工面	養生時間（h）	充填樹脂		
		エポキシ	アクリル	エポキシアクリレート
湿潤面	3.0	9.4	14.4	21.9
	24.0	26.9	23.5	24.4
湿潤劣化面	3.0	9.3	10.1	17.2
	24.0	13.2	10.1	24.3

(2) 樹脂ネット本体の耐久性の検討

当支社では、17年前からレンガトンネルの剥離剥落対策工のひとつとして樹脂ネットを利用してきたが、その耐久性（劣化状況）は十分に把握されていなかった。そこで、経年14～17年の試験片を用い、次の事項について確認試験を実施した。

- ① 紫外線の影響（特に坑口付近で紫外線による劣化が懸念される）
- ② 熱による影響（マルチ作業などによる熱劣化が懸念される）
- ③ 材料強度の低下（①②の影響、経年劣化による強度低下が懸念される）

試験は、トンネル坑口から5m、20m、40m、167mの位置で採取した試験片を使用し、①引張伸び試験、②FT-IR試験、③引張試験を実施した。表-5に引張伸び試験結果、表-6に引張試験結果を示す。表-5からは、紫外線による劣化が懸念される坑口付近においても材料の品質は

安定していること、表-6からは、引張強度はすべての位置で製品規格値を満足していることが確認できた。なお、熱劣化については、FT-IR試験機（赤外分光装置）によりポリエチレンの劣化時に現れるカルボニル基の吸収がみられなかったため、熱による劣化がないと判断した。

表-5 引張伸び試験結果一覧表

坑口からの距離	採取場所	伸び残率（％）
167m	青梅線 36K520m	80.2
40m	青梅線 34K727m	81.2
20m	青梅線 34K747m	87.0
5m	青梅線 34K762m	80.1
新品材料		100

※伸び残率は、破断時の伸び量から算定し、

50%以下となった場合劣化と判断する。

表-6 引張試験結果一覧表

坑口からの距離	採取場所	試験結果（N/m）
167m	青梅線 36K520m	縦：9,732 横：10,560
40m	青梅線 34K727m	縦：9,908 横：10,372
20m	青梅線 34K747m	縦：9,560 横：9,588
5m	青梅線 34K762m	縦：9,228 横：8,700

製品規格値（7,550N/m以上 縦横共）

7. 対策工の実施

対策工は、最終的に浮きの有無に関わらず、同工法で施工された全ての箇所に対し実施することとなった。平成17年度内には早急な対応が必要と判断した中央線小仏トンネルほか2トンネル（延長1266m）の対策工を完了した（全体の35%対策工完了）。また、今後、平成18～19年度にその他の要対策箇所について順次施工していく計画である。また、剥落防止機能に加え冬のトンネル内に発生するつらら抑制効果と検査時の視認性向上を期待して開発した3Sネット（樹脂ネット＋エチレンシート）を青梅線水川トンネルで試験的に採用した。その結果、前年度はつららの発生がなく抑制に一定の効果が認められた（ただし、寒冷地での使用には詳細検討が必要と思われる）。

8. 今後の課題

狭小トンネルといった特殊な条件下において樹脂ネットは、信頼性の高い対策工であると考えられる。今後は、過去に設置されたネットを含めて継続して劣化度の調査を行い、適切な更新時期について検討していく必要があると考える。