

レンガ積み覆工トンネルの変状特性と検査の着眼点

○西日本旅客鉄道(株) 正会員 荒木 弘祐
 西日本旅客鉄道(株) 正会員 櫛田 正人
 西日本旅客鉄道(株) 正会員 鈴木 秀門

1. はじめに

鉄道トンネルの覆工構造は、大きく分けてコンクリートとブロック積みの二種類が存在する。鉄道が日本で初めて開通した明治5年から昭和初期頃までの覆工構造は主としてレンガ積みであった。その後、コンクリートブロック積みとなり、現在のコンクリート覆工となった。

主に明治時代に建設されたレンガ積み覆工トンネル(以下、「レンガトンネル」という。)は、建設されてから100年以上経過しているものもあり、コンクリート覆工トンネルとは異なる変状が生じているものもある。また、トンネルそのものの構造に問題はなくとも、レンガ表面が劣化したり、目地切れが生じているものもある。

一昨年、山陽新幹線のトンネルにおいて、コンクリート片が落下し、車両に衝撃、破損させるという重大な事故が発生し、社会的にも大きな注目を浴びているところである。JR西日本では、安全・安定輸送の確保及び信頼回復のため、全社を上げてコンクリート覆工トンネルの点検及び補修を行ってきた¹⁾。

本稿では、今後、点検・補修を行なう予定であるレンガトンネルの変状・検査手法の報告を行うとともに、新しい補修工法の試験施工について概要を報告する。

2. レンガトンネルの変状²⁾

レンガトンネル特有の主な変状として、以下に示すものが上げられる。

- ・レンガ目地の流出 写真1
- ・レンガ表面の劣化による剥落 写真2
- ・吹付けモルタルの剥落 写真3



写真1 目地の流出

レンガ目地の流出は、漏水や凍結融解の影響が大きい。また、レンガ表面の剥落は、長年のばい煙や凍結融解の影響があると考えられる。一方、吹付けモルタルは、剥落防止や漏水防止のために行われる施工であるが、



写真2 表面劣化の剥落



写真3 吹付モルタルの剥落

キーワード: レンガトンネル、検査の着眼点、補修工法試験施工

連絡先: 〒530-8341 大阪市北区芝田 2-4-24 TEL06-6376-6158 FAX06-6375-8915

この吹付けモルタル自体が劣化し剥落することがある。

3. レンガトンネルの検査の留意点

「トンネル保守管理マニュアル(平成12年2月運輸省)」を踏まえ、JR西日本では、レンガトンネルについても「ブロック積み覆工の検査の着眼点(案)」を作成した。

3.1 検査体系

全般検査(定期・不定期)と個別検査に大別される。

1) 定期検査

2年を超えない周期で行う。目視検査を基本とし、必要と判定されたものは打音検査を行う。なお、できるだけ早期に至近距離からの目視検査を実施し、至近距離の検査は定期的実施する。

2) 不定期検査

多客期輸送時期前、地震、大雨、事故時等において、状態を確認する。

3) 個別検査

全般検査において、必要と判定された箇所に対し、より詳細な個別検査を実施する。

3.2 目視検査の留意点

目視検査に際しての主な留意点を次に示す。

- (1) レンガ覆工の材料劣化や目地切れ等の原因は、漏水・ばい煙による影響が大きいことから、特に漏水箇所、凍結融解の考えられる箇所及びばい煙等の付着している箇所は入念に目視する。
- (2) 地圧等の外力の影響がある場合には、以下のような変状が発生することがある。このような変状が見られる場合は、入念に目視する。
 - 1) 覆工に発生した線路方向のひび割れ、圧ざ、せん断ひび割れ
 - 2) 接合部の食違い(段差)
 - 3) 盤膨れ、軌道狂い、側溝の変状
 - 4) 待避所の変状
 - 5) 坑門部と覆工との開口、食違い(段差)
- (3) モルタルによる吹き付け工や防水工においては、ひび割れ等が発生している箇所や変色箇所に注意する。

3.3 打音検査の留意点

打音検査に際しての主な留意点を次に示す。

- (1) 打音に際しては、レンガを損傷することのないよう注意を払う。
- (2) 目地部は、へら等によって目地材料の劣化やその範囲の確認を行う。

3.4 剥落判定区分

レンガの材料劣化、目地切れ、地圧等の外力によるひび割れ、漏水等が発生し、これが相俟って3次的にブロック化したときにレンガ覆工の一部が欠損、剥落に至るメカニズムを考慮し、この点に着目した判定を行うものとする。

判定区分を以下に示す。

1) α 判定 (要対策)

- ・外力によるひび割れ・目地切れと(ひび割れ or 深さ 50mm 以上欠損した目地切れ)の(閉合 or 交差 or 平行)+鈍音
- ・レンガの 4 辺で深さ 50mm 以上欠損した目地切れ
- ・レンガの 2or3 辺で深さ 50mm 以上欠損した目地切れ+鈍音
- ・ひび割れ等の閉合+鈍音
- ・ひび割れ等の(平行 or 交差)+レンガの 3mm 程度以上食違い(段差)+鈍音
- ・ひび割れ等の(平行 or 交差 or レンガの 3mm 程度以上食違い(段差))+漏水+鈍音+凍結
- ・叩き落しでは対応できない叩き落し後も不安定な状態が残る表面剥離

2) β 判定 (要注意)

- ・外力によるひび割れ・目地切れと(ひび割れ or 深さ 50mm 以上欠損した目地切れ)の(閉合 or 交差 or 平行)
- ・レンガの 2or3 辺で深さ 50mm 以上欠損した目地切れ
- ・ひび割れ等の閉合
- ・ひび割れ等の(平行 or 交差)+レンガの 3mm 程度以上食違い(段差)
- ・ひび割れ等の(平行 or 交差 or レンガの 3mm 程度以上食違い(段差))+鈍音
- ・厚さ 5mm 以上の表面剥離

3) γ 判定 (問題なし)

- ・ α 、 β 以外

ここで、鈍音とは、「健全でないレンガ積み覆工を打音した場合の反射音で、鈍い異音をいう。また、打感も鈍い場合が多い。」と、定義した。

4. 補修工法の試験施工

補修工法(主として剥落対策)については、大別して以下の三種類の工法を考え、試験施工を実施した。

1) 物理的に防護する方法

この工法の代表的なものはネット工法(写真7)であり、レンガ覆工にあと施工アンカーを設置しネットを止める工法である。ネットで剥落物を受けるため、簡易な対策工として考えられるが、現状、施工単価が高価であり、また、あと施工アンカーの信頼性に課題が残る。これに関し、レンガ覆工用のアンカーとして、樹脂アンカーと金属アンカーの引抜



写真7 各種ネット

試験を行った。表1より、レンガ1層目では、金属アンカーの方が耐力は上回っているが、2層目ではほぼ同じ、3層目においては、逆に樹脂アンカーの方が耐力は上回る結果となった。なお、1層目止めでは信頼性が乏しいため、今後の試験施工においては、安定した結果の出た2層目止めのアンカー設置を考えている。

表1 アンカーの引抜強度(平均値)

アンカー種別	1層目 ($l=90\text{mm}$)	2層目 ($l=150\text{mm}$)	3層目 ($l=270\text{mm}$)
金属アンカー ($M=12$)	4.66t	3.06t	2.80t
樹脂アンカー ($M=12$)	0.42t	2.41t	4.96t

2) 化学的に補強する方法(写真8)

この方法の代表的なものは、薬液吹き付け工法である。レンガ表面に薬液を塗布し、薬液の浸透性と硬化性でレンガ及び目地の劣化防止を図るものである。この方法は、施工単価が安価であることが最大のメリットではあるが、性能確認が難しいこと及び耐久性が課題である。



写真8 化学的工法

3) 組合せ方法(写真9)

この方法の代表的なものは格子パネル接着工法であり、薬液の接着力によりパネルを圧着させる方法である。この工法は、最も高価となるが、恒久的な対策工としては有効な工法と考えられる。しかしながら、漏水対策が必要であり、水を如何に処理するかが課題となる。



写真9 組合せ方法

5. おわりに

今回の試験施工は廃線敷トンネルにおいて実施した。有効な工法については、さらに、営業線トンネルにおいて試験施工を実施し、性能を確認する予定である。

[参考文献]

- 1) 松田ほか:「山陽新幹線トンネル安全総点検」, トンネルと地下第31巻第5号 2000.5
- 2) (財)鉄道総合技術研究所:「トンネル補強・補修マニュアル」, 平成2年10月