

鉄道レンガトンネルにおける補修用吹付モルタルの剥落防止対策

Repairing work to avoid falling of sprayed-mortar from surface of brick-built tunnel

北海道旅客鉄道株式会社 ○正会員 長谷川雅志 (Masashi Hasegawa)
北海道旅客鉄道株式会社 正会員 小西 康人 (Yasuhito Konishi)

1. はじめに

JR 北海道管内には 26 のレンガ造トンネルがある。覆工材料としてレンガが採用されたのは明治から大正初期までであり、これらの古いトンネルは補修の手が加えられているものも少なくない。今回、既に吹付モルタルによる覆工内面補修が施されているレンガトンネルに対し、吹付モルタルの剥落防止対策としてプラスチック製ネットをアンカー鉄筋により内部のレンガ覆工に固定する方法を採用した。その際、レンガ覆工に対する各種あと施工アンカー工法の効果や施工方法による得失について現地試験により検討したので報告する。

2. 対策トンネルの概況

今回対策工を施工したトンネルは函館線長万部～小樽間に位置し、当社のなかでも最も古い年代に建設されたトンネルである。トンネル諸元を表-1 に示す。昭和 33～34 年に側壁上部からアーチ部にかけて全区間にわたり吹付モルタルにより補修している。また、別の時期に側壁部についても一部区間で場所打ちコンクリートにより補修している。

今年度に入り、吹付モルタルを施した箇所のうちの一部について剥落が生じた。この原因として、トンネルの漏水がレンガ覆工と補修用吹付モルタルとの界面の付着力を低下させたことが考えられた。ここで、当該剥落箇所については必要な補修を施工するとしても、今回剥落が生じなかった範囲についても劣化が進行すれば将来同様の事象が発生する可能性があるものと考えられた。したがって、本トンネルの吹付モルタルを施している全区間について、予防工として剥落防止対策を行うこととした。

3. 剥落防止対策

剥落防止対策として、トンネル内空にプラスチック製の剥落防止ネットを張り、アンカー鉄筋により母材のレンガに固定し、万一吹付モルタルの剥離が生じてネット

ト内に留まり落下による運転支障を防ぐ構造とした。これは、既に吹付を完了しているモルタルを全て撤去することは抜本的な対策となるものの、覆工面を保護する何らかの表面保護工を新たに施す必要が生じ費用が膨大となるとともに、現在レンガと吹付モルタルとの界面に変状が無く、撤去の必要の無い箇所もあるためである。さらに、既存の吹付モルタルを存置するとしたとき、営業線下での作業条件および工費を考えると、本工法が最も効果的であるとの結論に達した。

4. 現地試験

4.1 背景

覆工母材がレンガであるときの各種あと施工アンカー工法の効果については明確となっていないのが現状である。これは、覆工母材のレンガそのものの材料特性に時代および個々のばらつきがあるとともに、 $60 \times 100 \times 210\text{mm}$ を基本寸法 (時代により若干の差がある) とする単一のレンガが目地材を介して組積された構造となっており、レンガ覆工全体としてみたときに均一材料となっていないことが背景としてあるものと考えられる。例えば、アンカー施工位置が目地部となる場合もあれば、母材そのものを貫く場合もあり、アンカーの耐荷力のばらつきの要因となる。

以上のことから、採用するあと施工アンカー工法、施工間隔などを定めるために、当該トンネルにおいて現地試験を実施することが最も確実であると考えた。

4.2 現地試験結果

(1) 削孔工法について

ハンマードリル (回転 + 打撃) およびハンドコアの 2 工法について検討を行った。アンカー鉄筋として D16 を用いることを想定し、削孔径はいずれも $\phi 22\text{mm}$ とした。削孔時間は前者が 1～1.5 分、後者が 2～3 分であった。欠点として、前者は母材が湿潤している場合孔内清掃に難があること、後者は削孔時の泥水処理に難があることが確認された。いずれも削孔による母材への影響は確認されなかった。この結果、本施工にあたっては、孔内清掃を入念に行うことを前提に、施工速度で勝る前者を採用することとした。

(2) あと施工アンカー工法について

あと施工アンカー工法は一般的に表-2 に示す区分に分類される。これらのうち、材料耐久性および施工性の観点から適用可能と考えられる 4 工法について試験施工を行った。なお、金属拡張アンカーについてはスリーブ打込み式のものをを用いた。

各種あと施工アンカー工法の施工状況を表-3 に示す。

表-1 対策トンネル諸元

延長	221.3m
形状	馬蹄形単線甲形
竣工	明治 36 年 (経年 101 年)
線形	平面: 曲線 $R=241\text{m}$ 縦断: 上り勾配 +20/1000
覆工	アーチ部: レンガ 側壁部 (坑口から 20m 区間): 石積 側壁部 (上記以外): レンガ

これによれば、接着系アンカーではレンガ目地部からの薬剤の散逸がうかがえ、設計注入量の2～7倍を要した。また、金属拡張アンカーでは定着母材がコンクリートよりも材料強度の低いレンガおよび目地部であるためアンカーの拡張定着に不具合が見られた。

引抜試験の結果を表-4に示す。剥落モルタル(1.0×1.0×0.15m程度)の荷重を1本のアンカー鉄筋で負担すると考え、安全率3を見込み、設計引抜力を12kNとした。接着系アンカーカプセル工法および金属拡張アンカーについては、引抜荷重が設計値に達する前に抜け出しが見られるものがあった。

この結果、本施工にあたっては、目地部からの薬剤の散逸がなく、所定の耐力の確保が可能なモルタルアンカーカプセル工法を採用することとした。

5. 本施工

以上の現地試験結果をもとに、図-1のとおり仕様を定め本施工を行うこととした。

本施工は、線路閉鎖工事により行ったが、一日の作業間合いとして8時間半程度を確保し、延べ22日間の作業により1,840m²の施工を完了した。また、アンカー鉄筋5本に1本の割合で引抜試験を実施し、所定の引抜耐力を有していることを確認した。

表-2 あと施工アンカー工法の区分¹⁾

種別	工法	材料	材料 耐久性	上向 施工	試験 施工
接着系 アンカー	カプセル	ポリエステル		○	No.1
		エポキシ	○	×	-
	注入	エポキシ	○	○	No.2
モルタル アンカー	カプセル		○	○	No.3
	注入		○	×	-
金属拡張 アンカー	打込方式			○	No.4
	締付方式			○	-

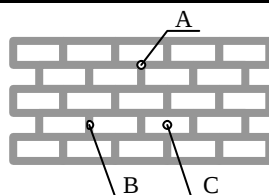
表-3 試験施工の施工状況

試験 施工	ハンマードリル削孔			ハンドコア削孔		
	A	B	C	A	B	C
No.1	実注入量 = 設計注入量の3～7倍			実注入量 = 設計注入量の4倍		
No.2	実注入量 = 設計注入量の2倍			実注入量 = 設計注入量の2倍		
No.3	実注入量 = 設計注入量			実注入量 = 設計注入量		
No.4	アンカーの拡張定着に不具合あり			-		

表中のA～Cは右図に示す各削孔位置である。削孔長はいずれも350mmとした。

A,B: レンガ目地部

C: レンガ母材



6. おわりに

施工時および竣工後ともに問題となる事象は発生しておらず、良好な施工結果が得られている。

参考文献

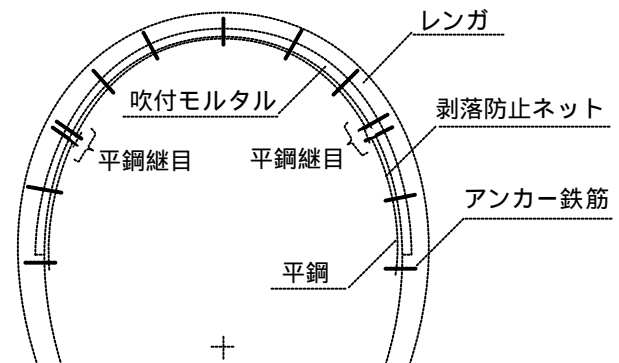
- 1)あと施工アンカー工法設計施工の手引き, 日本国有鉄道構造物設計事務所, 昭和60年3月

表-4 引抜試験結果(設計引抜力12kN)

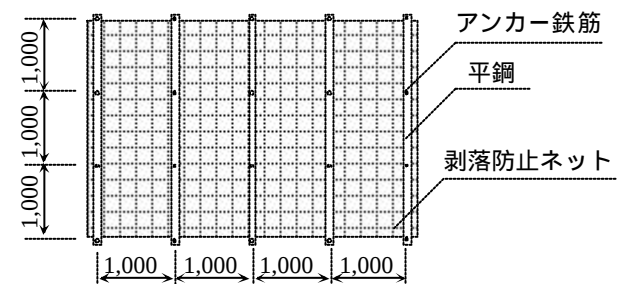
試験 施工	ハンマードリル削孔			ハンドコア削孔		
	A	B	C	A	B	C
No.1	2kN	○ ²	○	○	○	○
No.2	○	○ ²	○	○	○	○
No.3	○	○ ²	○	○	○	○
No.4	11kN	2kN	2kN	-	-	-

1: ○は引抜荷重12kNで抜け出しが確認されなかったことを示す。荷重値を示したものはその荷重で抜け出しが生じたものを示す。

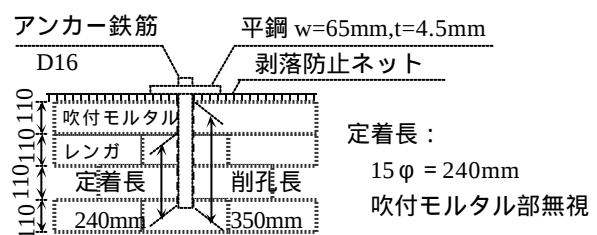
2: 別途の試験において、引抜荷重30kNに対しても抜け出しが生じなかったものを示す。



(a) 断面



(b) 内面



(c) アンカー鉄筋部詳細

図-1 本施工の仕様