

高度経済成長期に建造されたトンネルの変状原因と対策

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○酒井 景祐
東日本旅客鉄道株式会社 正会員 今野 恵子

1. はじめに

本報告では、高度経済成長期に建設されたトンネルにおける覆工表面に生じた変状の原因推定と、その対策工について述べる。

2. トンネル概要

当該トンネルは、1976年に供用を開始した経年40年の複線トンネルである。全長10,359m、設計巻厚70cmの山岳工法（底設導坑先進上部半断面掘削工法）で、路盤にはインバートが施工されている。トンネル通過地の地質は、土丹層を主体とした泥岩である。¹⁾

3. 変状概要と原因推定

3-1 変状概要

当該変状は山岳工法区間の目地部付近で発生したアーチ覆工コンクリート脆弱部の剥落である。変状規模（図-1）は線路方向2.0m、断面方向6.0mで、表面はモルタルで化粧されており、それを研るとコンクリートが土砂化したような非常に脆弱な状態が現れる（写真-1）。

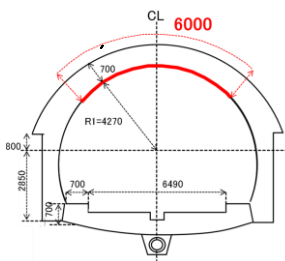


図-1 変状範囲



写真-1 剥落状況

3-2 原因の推定

変状原因はコンクリート打設時の施工不良と推定される。一般的に、1954年～1973年頃の高度経済成長期に建造されたトンネルは、建設需要の拡大による有能な技術者不足や材料不足により、コンクリート自体の品質や施工品質が低い場合が多い。また、当時の矢板工法はアーチ部コンクリートを打設する際にプレスクリートを用いた引き抜き管工法（図-2）が主流であり、コンクリー

トを圧送する管を引き抜きながら打設する方法で、材料分離が発生しやすく、充填不足により打設目地の始点クラウン部に豆板などの脆弱部が発生しやすい欠点がある。当該トンネルにおいてもこの工法が採用されており、覆工変状展開図（図-3）に示すコールドジョイントの形状より、右から左に打設されたと推測でき、施工目地の始点において材料分離により土砂化した非常に強度の低い豆板が確認されている。

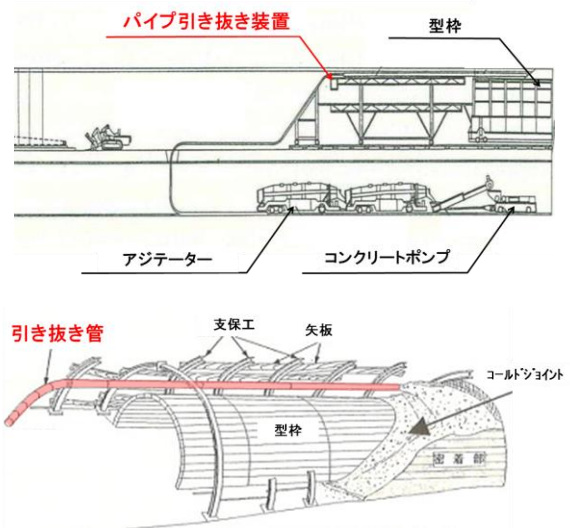
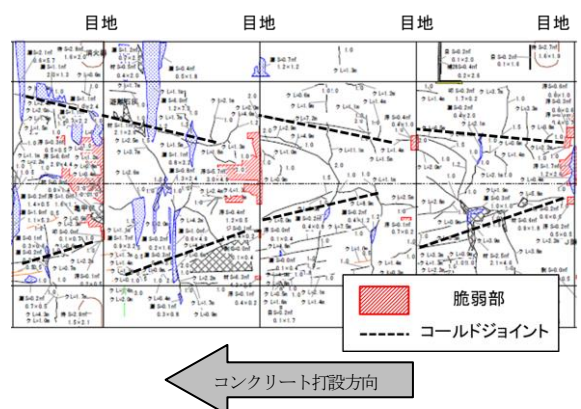
図-2 引き抜き管工法²⁾

図-3 覆工変状展開図（見下げ）

4. 対策工の選定

近接目視および打音検査を行った結果、広範囲で脆弱部を確認できたため、対策工の検討を行った。今回は、当該トンネルで実績のある「当て板工法（案-1）」と比

キーワード： 引き抜き管工法 AAA 工法

東日本旅客鉄道株式会社 横浜支社 横浜土木技術センター

tel:045-871-2355

較的小規模な剥落で採用されるアラミド繊維シートを用いた「AAA 工法 (案-2)」の2案で検討を行った (表-1)。「当て板工法」は、FRP 板を当て板に使用し、等辺山形鋼とアンカーで固定する工法で、作業工程が少ない。一方、「AAA 工法」は強化繊維シートとアンカーを併用することで高い剥落補修性能を有した工法で、補修後も躯体表面の確認がしやすいなどのメリットがあるが、素地調整、アラミド繊維シート接着、アンカー打設、接着剤上塗りと工程が「当て板工法」に比べて多く、水分量が多い箇所では適応できない。また、作業間合い表 (表-2) より当該トンネルは上下線の線路閉鎖、き電停止間合いが異なり、クラウン部の作業間合いが 20 分程度と限定されているため、工程が少なく、分割施工しやすい「当て板工法」が有利であると考えた。しかし、検討を進めると、剥落範囲が広いため、当て板が大きくなり、支持材が 60 kg/本程度と重量物となってしまう、施工性や維持管理上の問題点になることが懸念された。そこで、当該箇所付近は漏水が多く「AAA 工法」の適応は難しいと考えていたが、事前の水分量試験で 4.5%~4.9%と当社の仕様書で定める「6%を超えない」ことを確認できたため、再度検討を行った。通常、「AAA 工法」を施工する際は、施工性や経済性を考慮して、案-2 のように長辺方向にシートを施工する。しかし、今回の施工箇所では上下線を跨いで施工する通常の方法は難しいため、案-2-1 を考案した。シートの分割数が増えることでラップ部やアンカーピンの打設本数が増加するなどのデメリットはあるが、シートの施工方向を短辺方向とすることで、上下線での分割施工を可能とした。

表-1 施工検討案

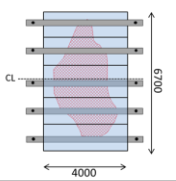
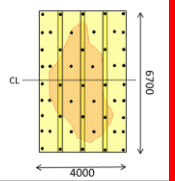
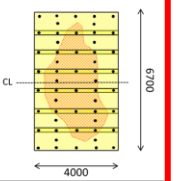
案-1	案-2	案-2-1
当て板工法	AAA工法(通常)	AAA工法(今回)
		
FRP板を当て板とし、鋼材とアンカーで固定。	アラミドシートをアンカーピンで固定。シートは通常の施工通り、長辺方向で施工。	アラミドシートをアンカーピンで固定。シートを短辺方向に施工。
施工性		
△	×	◎
経済性		
○	△	△
維持管理		
×	○	○
総合評価		
△	△	○

表-2 作業間合い表

時間	23:30	0:00	0:30	1:00	1:30	2:00	2:30	3:00	3:30	4:00	4:30	5:00
線路閉鎖間合い	上											
	下											
き電停止間合い	上											
	下											
クラウン部作業間合い												

5. 施工上の留意点

施工性、安全性を考慮し、以下のことを実施した。

- 1) シートの付着強度、アンカーの引き抜き強度試験を実施し、要求性能を確認した。(表-3)

表-3 強度試験結果

試験	基準値	測定値	結果
シート付着試験	2.0(N/mm ²)以上	3.4(N/mm ²)	○
アンカー引き抜き試験	3.0(kN)以上	3.1(kN)	○

- 2) 断面修復の工程で、シート添付までトリカルネット で仮復旧し、剥落リスク軽減を図った。(写真-2)

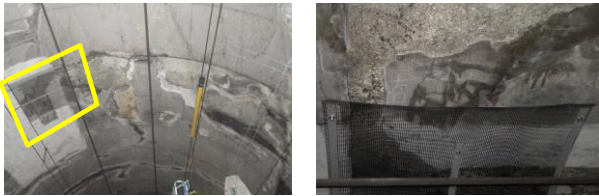


写真-2 ネットによる仮復旧

- 3) シートを施工する際、クラウン部以外を先行して施工し、最後にクラウン部を施工した。(写真3,4)

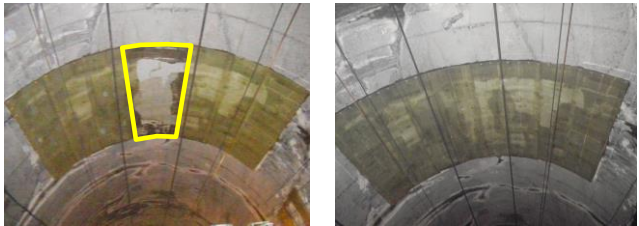


写真-3 クラウン部 施工前

写真-4 クラウン部 施工後

6. まとめ

高度経済成長期に施工された山岳トンネルにおける変状原因の推定と、その対策工の検討を行った。当社は幅広い年代で建設された構造物を保有しているため、その当時の背景や工法、材料など考慮しながら維持管理していくことが重要である。当社管内には他にも同時期に施工されたトンネルを多く有しているため、今後の維持管理上の手法の一つとして活用していきたい。

<参考文献>

- 1) 武蔵野線工事誌 日本鉄道建設公団東京支社
2) 山岳トンネル覆工の現状と対策 土木学会
3) 鉄道構造物等維持管理標準・同解説 トンネル
国土交通省鉄道局、鉄道総合技術研究所