

鉄道総研 (正) 小島芳之, 朝倉俊弘 JR東日本 高橋利之

1. はじめに

信越本線長島・柏崎間に所在する塚山トンネルは、新潟県柏崎市と長岡市の中間に位置し、豪雪地帯として名高い塚山峠を東西の方向に貫いている。現在のトンネルは日本海縦貫線の輸送力増強対策として老朽化した在来トンネルを廃止して、昭和41年11月に竣工した比較的新しいトンネルである。ここでは、当トンネルに発生した変状現象とその発生原因を考察した結果について報告する。

2. トンネルの概要

- ① 位置 : 信越本線長島・塚山間
- ② 延長 : 1,766m
- ③ 竣工 : 昭和41年11月(開通:昭和42年9月)
- ④ 構造 : 複線型コンクリート造(逆巻)、建設時はインバートなし
- ⑤ 地質 : 新第三紀鮮新世の主に凝灰質泥岩(灰爪層)、最大土被り150m

3. 初期の変状現象¹⁾

開通後間もなく著しい断面変形、圧ざ、剥離・剥落、盤膨れ、噴泥などの変状現象が相次いで発生した(図1)。

当時は著しい噴泥発生により軌道狂いが激しく、軌道の保守周期が非常に短くなり、このため開業からわずか1年後より徐行運転が実施された。また、昭和45年より側壁間隔測定を開始したところ、内空断面の縮小は年間最大40mm以上にも及ぶ箇所もあり、顕著な断面縮小の範囲は約300m間であることが判明した(図2)。そのため、インバート工やストラット工を主体とした補強対策が段階的に実施された。

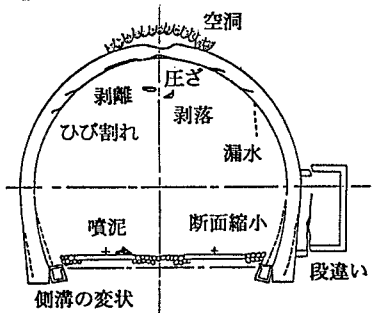


図1 初期の変状模式図

4. 新たな変状現象

噴泥、断面縮小等の変状の進行性は、インバート工等の対策工により徐々に抑制されつつあった。対策工終了後も検査は継続しており比較的稳定した状態にあったが、平成3年1月に今まで観察されなかった変状がアーチ天端部の一部に顕著な剥離・剥落という形態で発見された。

剥離は、圧ざの発生箇所が生じており、当該部の巻厚は極めて薄く、剥落した部位には、所々湿潤状態の風化した泥岩地山が露出する状況であった。図3の変状展開図に示すように、剥離箇所およびこの周辺の覆工には、これまでの側圧が卓越した変状モードとは異なる現象が観察された。即ち、食違いを伴ったせん断性のひび割れが剥離箇所を中心に放射状に発生していること、これらのひび割れやアーチの鉛直継目が逆巻迫め部(水平継目)に到達した部分で圧縮破壊を起こしていること、等である。

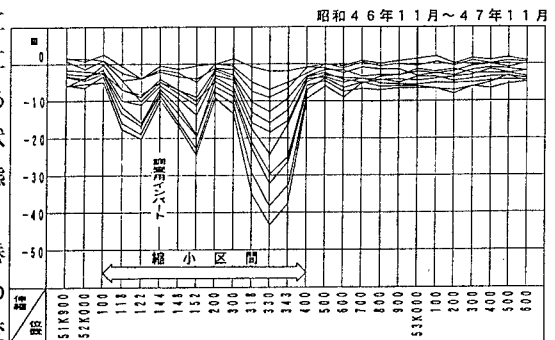


図2 内空変位(水平測線)の変化

5. 変状原因の考察

建設直後より発生した変状は、塑性圧による側圧と脚部の支持力不足及びインバートがないという構造欠陥が主因であったと判断される。しかし、対策工としてインバートを施工した後は、断面が閉合したため結果的にクラウン部の覆工に大きな軸力が発生し圧縮応力が卓越する構造に変化したと考えられる。さらに、アーチ部特に天端の巻厚が小さいことや逆巻迫め部等の構造欠陥を有すること、アーチ部の地山の吸水劣化等による地山の緩みにより鉛直圧が新たに作用したために新たな変状が進行したものと考えられる。（図4）

6. 対策

以上のような状況から、これまでの変状現象と対策工の経緯を総合的に評価してみると特に圧縮性の破壊

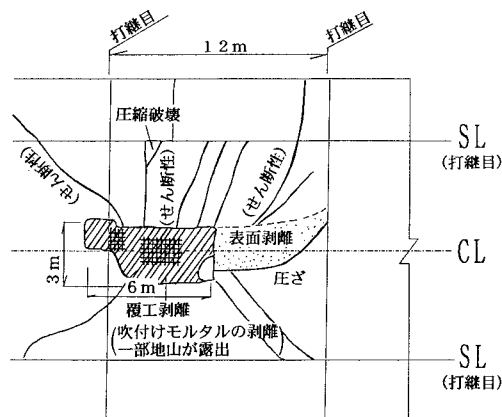
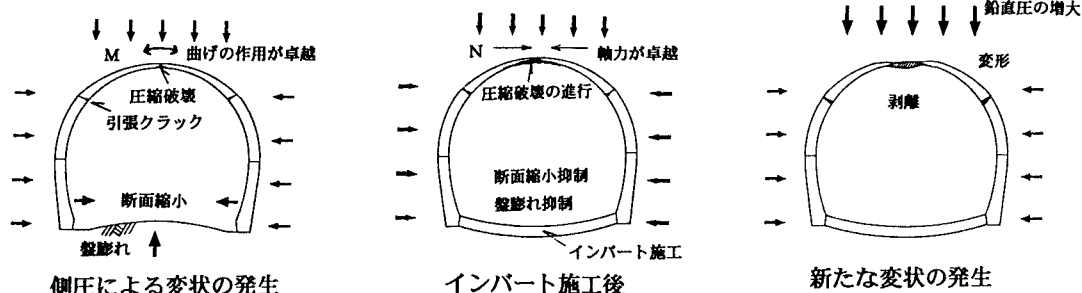
図3 変状展開図²⁾

図4 変状進行メカニズムの想定

が進行していることを重視して、「覆工耐力が限界に達しており、僅かの増加荷重（緩み領域の拡大、地震等）で変状が急進する恐れがあるため、早急な対策工を要する」と判断し、まず、安全運転の確保のため、応急的な対策として剥落防止工を施工し、剥落検知システムを構築した。次に、恒久的な対策として、①セメント補強および剥落部の断面修復（ポリエステル板を内型枠としてポリウレタンを充填）②ロックボルト補強、③鋼繊維補強コンクリート（SFR C）吹付けによる内巻補強を施工した。

このような点から同種条件下でのトンネル建設においては、今後次の点に留意することが望まれる。

- ①建設時にインバート施工の必要性を十分に検討する。（今後とも同様の地質、すなわちグリーンタフ地域の泥岩、凝灰岩等ではインバートの施工が必要と考えられる）
- ②建設時に巻厚を確実に確保するよう努める。（巻厚の確保とともに背面の空隙の充填は特に重要と考えられる）
- ③インバートを補強工事で施工するときには、地圧の作用の形態が変化することを予測し、対策工を総合的に評価する。

7. むすび

当トンネルにおいては、圧さ、ひび割れ等の変状が未だに数多く残っているが、引き続き検査を行い変状の推移を的確に把握するとともに適切な対策工をもって変状トンネルのメンテナンスに努めたい。

〔文献〕

- 1) (財) 鉄道総研：トンネル補強・補修マニュアル，1990.10
- 2) 朝倉，小島，佐藤，安東：変状トンネルの合理的な補強法，鉄道総研報告，Vol.8，No.8，1994.8