

Ⅲ-560

断層破碎帯におけるトンネル覆工変状

東海旅客鉄道株式会社 正会員○加藤千典

山田英機

鉄道総合技術研究所 正会員 朝倉俊弘 正会員 小島芳之

1. はじめに

在来工法により建設された断層破碎帯を通過する山岳トンネルにおいて、数年に渡り覆工変状の様子を監視してきた。今回、その原因を特定し対策工を検討する為、変状箇所のボーリング調査及びインバートの応力測定を行い、得られたデータを基に変状の発生機構を推定したので報告する。

2. 対象トンネル概要

調査対象トンネルは総延長約5km、最大土被り約700mの単線電化断面であり、国鉄で最初に全断面掘削により施工された、場所打ちコンクリート覆工のトンネルである¹⁾。周辺地山の地質（図1）は花崗岩が主体であるが、中央構造線がトンネル入口付近を通り、その運動による接触変成作用を受けて生成された領家変成岩類がその西側に分布し、いずれも北東-南西方向の節理が発達している。また、トンネル中心線にやや傾斜して横断する多くの断層が存在する。主体を成す岩盤は弾性波速度5.4km/sec程度の硬質な岩盤である。調査対象区間は花崗岩中にある（図1）が、施工時の記録¹⁾では「粘土層」の区間に当たっていること、インバートが施工されていること等から、断層破碎帯が横断する区間であると判断される。

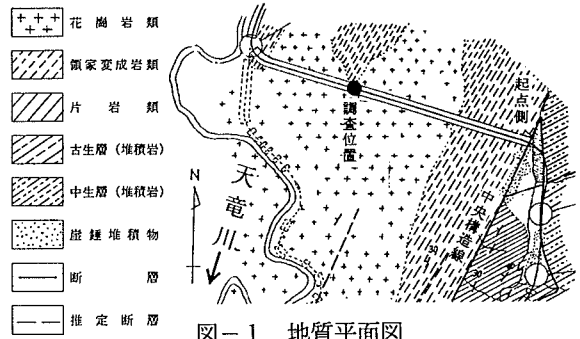


図-1 地質平面図

3. 変状現象

調査対象区間の変状状況は以下に示すとおりである。

なお、図2に変状展開図を示す。

(1) クラックが延長30m程度の区間に集中的に発生しており、特に図中A及びBのクラックは食い違いを伴うせん断クラックである。また、放射状クラックの発生が特徴的である。

(2) 変状区間全体に渡り鉛直継ぎ目が目違いを起こしている。特に入口より3260m付近の右側壁の目違い量が大きく（2cm程度）、終点方がはらみ出すような形で押し出されている。なお、側壁脚部の目違いは相対的に少ない。

(3) クラウン部には顕著な変状は認められない。

(4) 3260m断面での内空変位（図3）の経時変化は全方向で縮小方向にあり、左斜下方向測線の縮小量が相対的に大きい。

(5) 覆工ボーリング結果より、覆工巻厚、背面空洞がアーチ右肩付近に一部見られるものの全体的には十分な巻厚（設計40cm）が確保されている。

以上の変状状況から判断して、覆工は断層破碎帯に起因する局所的な塑性地圧により軸力が卓越し、その結果せん断破壊等の変状を受けたものと考えられる。

4. 応力測定

内空断面の縮小挙動から、インバートが全圧縮状態になっていることが想定されるため、インバートの

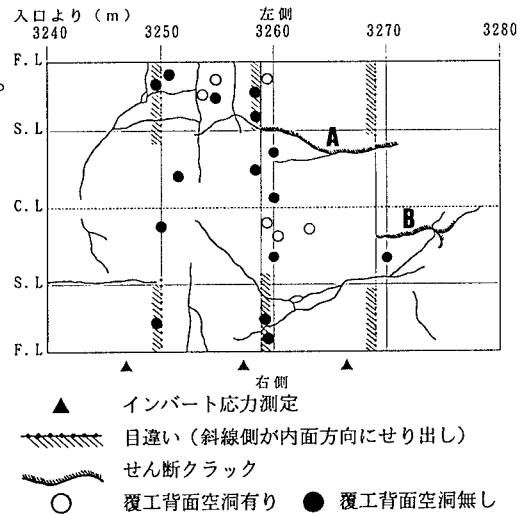


図-2 変状展開図

応力測定を試みた。以下に、その概要と結果を述べる。インバート上面は階段状に仕上げられており、インバート表面が深部と異なった応力状態にあると考えられるため階段状の部分をはつり込み、歪みゲージをインバート主面表面に接着する壁面歪み法²⁾を採用した。

(1) 歪み測定

① 初期歪み(応力解放前)

測定歪みゲージ張り付け完了後 24 時間放置し、接着剤及びコーティング材の硬化が完了したことを確認した後に、静歪測定器で初期値を読みとった。

② 応力解放後の歪み測定

φ100mm のコアドリルを用い、歪みゲージの回りを深さ20cmまで削削し、応力解放による歪みの変化量を測定した。

③ 応力完全解放後の歪み測定

応力解放歪みを測定後、インバートコンクリートを完全にくり抜き、応力を全解放した後の歪み量を測定した。

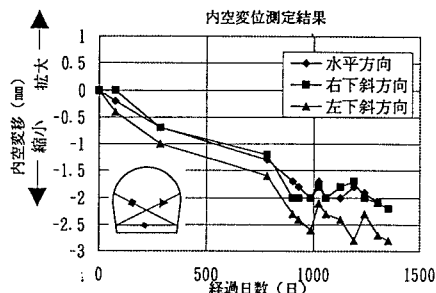


図-3 3260m断面内空変位

(2) 測定結果

図4に、実測歪みから算定した各測定断面における主応力分布を示す。図4より主応力は全て圧縮サイド(最大値:83.6kgf/cm²)で、最大主応力は②断面でトンネル周方向に近く、①及び③断面ではトンネル軸方向に近い、という結果が得られた。

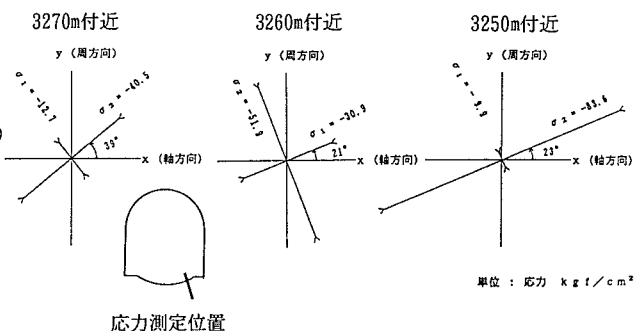


図-4 インバート応力測定結果

5. 考察

せん断クラックや放射状クラック、側壁の押し出しに伴う鉛直継目の目違い、という現象が30m程度の区間に集中的に発生する

状況から判断して、断層破砕帯の分布に沿った塑性地圧が局所的に作用しているものと推定される。また、その地圧は、右斜め上方からの偏圧的な方向性を持ったものであると考えられる。覆工には顕著な欠陥はなく、インバートで閉合された比較的剛なリング構造であることを考慮すれば、覆工に作用する地圧はかなり大きいものと想定され、これはインバート内面圧縮応力が最大80kgf/cm²となる程度の地圧であることが分かった。しかし、最大主応力は必ずしも一定の方向性を持つものではなく、これは断層破砕帯における複雑な地圧現象を反映した結果と見ることができる。

6. あとがき

断層破砕帯における局所的な地圧が覆工に与える影響とその応力測定の様子を述べてきた。対策工は現在ロックボルトを併用した内巻工法で検討中であるが、内面補強工の剛性が大きくなった結果、相対的にインバートが弱くなることが懸念される³⁾ため、軌道監視等を含めた検査態勢の見直しを図りたい。なお、現在数値解析による簡易なシュミレーションにより覆工挙動の再現を試みており、その結果は発表の際に紹介したいと考えている。

参考文献

- 1) 日本国有鉄道編：飯田線中部天竜大嵐間線路付替工事誌，pp. 323-526, 1956
- 2) 横山幸也他：簡易な応力開放法によるライニングコンクリートの応力測定結果について，岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集，vol.21, pp. 311-315, 1989
- 3) 朝倉俊弘他：トンネル覆工欠陥の影響と対策工の効果，第9回岩の力学国内シンポジウム講演論文集，pp.677-682, 1994