

# 変状を生じた鉄道単線トンネルの補強工事（その2）

## － 補強工事のための調査 －

東急設計コンサルタント 正会員 ○後藤 有志

### 1. はじめに

本報告は、「変状を生じた鉄道単線トンネルの補強工事（その1）－計画と概要－」<sup>1)</sup>に基づいて行われた熱川トンネル補強工事のための二次調査結果について述べたものである。調査は、覆工の外観調査の結果により、変状箇所および想定される変状原因を推測し、その結果に応じて基本補強パターンをあてはめ、調査項目・箇所を決定し、行った。

### 2. 調査内容・結果

主な調査項目を表-1に示し、以下に主な調査結果について述べる。調査はすべて終電後、始発までの間に行った。

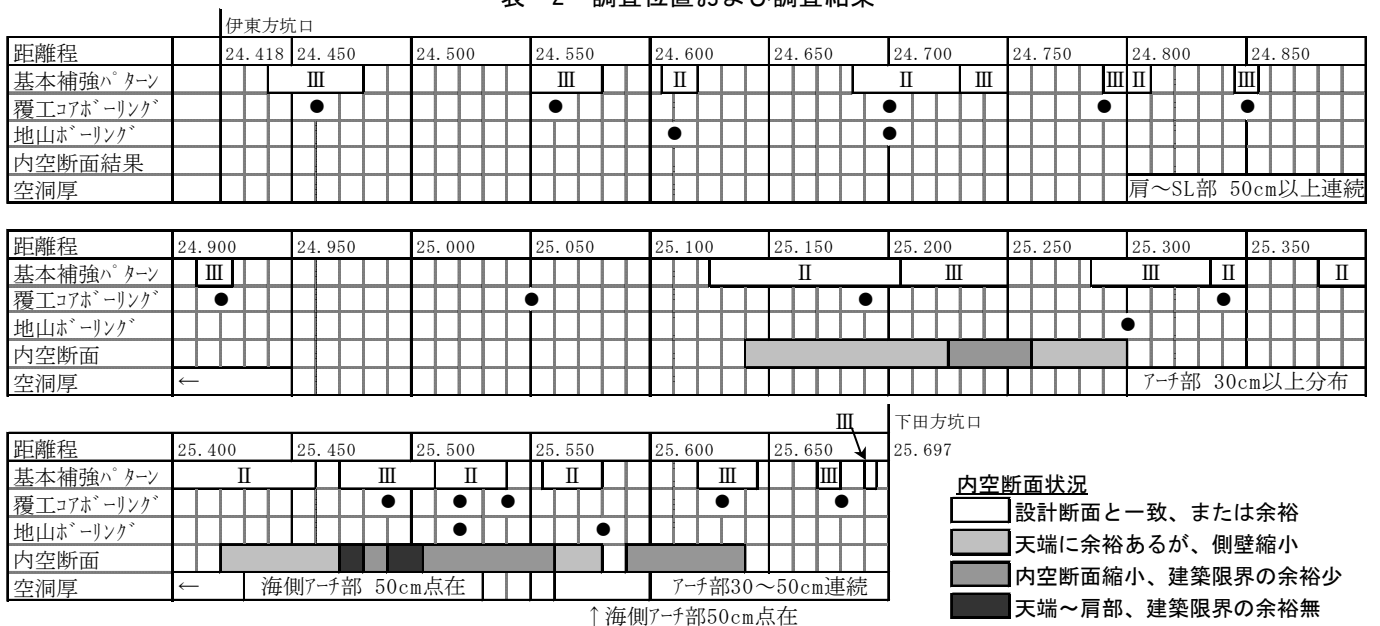
#### (1) 覆工形状調査

土圧により変形を生じていないかどうか、補強工事の際に内空に余裕があるかどうかを調べるために、内空断面測定器を用いてトンネルの内空形状を測定した。測定は、事前の外観調査で鋼製支保工を建て込む必要があると想定された区間では、縦断方向に5mピッチ、曲線区間は10mピッチ、その他の区間は20mピッチで行った。測定結果の例を図-1に示す。その結果、表-2に示すように、トンネル中央部と下田方において側圧により側壁が押されて断面が縮小している区間があり、また、一部の区間では天端から肩部にかけて建築限界に余裕が無い区間があった。

表-1 主な調査項目

調査項目	調査手段	数量
覆工形状	内空断面測定(5~20m <sup>2</sup> ピッチ)	125断面
覆工厚 空洞厚	電磁波探査(トンネル縦断方向) (天端横部, 肩部, SL部) × 2 = 6測線	1277m (全長)
覆工品質	コアボーリング	15箇所
	シュミットハンマー (天端, 肩部, SL部, 側壁部, 計5箇所/1断面)	16断面
	コアの圧縮強度試験	20本
	中性化深さ試験	15本
地質	分析試験 (配合推定・骨材分析・セメント組織分析)	3, 2, 1試料
	ボーリング・試料試験・膨張性分析試験	5本

表-2 調査位置および調査結果



キーワード トンネルの補強, トンネル調査, 内空断面測定, 電磁波探査, コンクリート調査, 地質調査  
 連絡先 〒153-0061 東京都目黒区中目黒1-8-1 (株)東急設計コンサルタント TEL 03-3715-9338

(2) 覆工厚・空洞厚調査（電磁波探査）

電磁波探査により，覆工厚・空洞厚を測定した．測定は，天端横，肩部，SL部において，山側，海側それぞれ実施し，計6測線を縦断方向に行った．測定の結果，覆工は局所的に薄い箇所があるものの，概ね30cm程度以上あり大きな問題箇所は無かったが，空洞は厚さが薄い箇所，局所的に厚いところは各所に見られるが，とくに30～50cm以上の厚さで分布または点在している区間を表-2に示す．

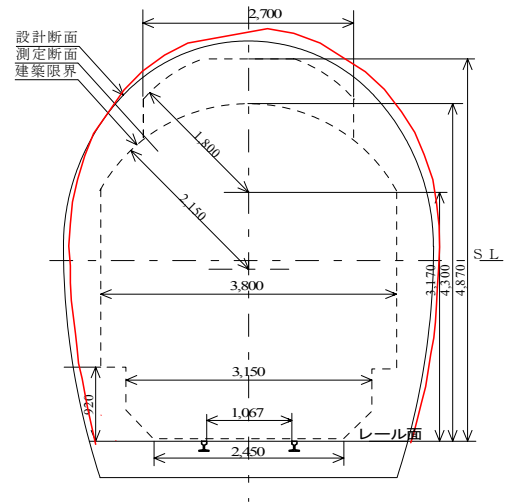


図-1 内空断面測定結果例

(3) 覆工コンクリートの一軸圧縮試験

覆工コンクリートの品質を調査するために，トンネル肩部において，覆工コンクリートのコアボーリング（φ100mm）を行い，そのコアを用いて一軸圧縮試験を実施した．コアが長く1本のコアから複数の供試体が作成できる場合は，その数だけ試験を行ったため，15本のボーリングコアに対して全部で20本の一軸圧縮試験を行った．その結果，コンクリートは内部においても気泡やジャンカが多く，強度も10～18N/mm<sup>2</sup>のものが4本，10N/mm<sup>2</sup>に満たない供試体が5本あった．また，25k540m地点のコアは圧縮試験ができないほど脆かった．

(4) 中性化深さ試験

上記のコアを用いて中性化深さ試験を行った．岸谷式から推定される中性化深さ24mmと比較すると，全体的に進行が早く，15本のうち40mm以上進行しているコアが11本あった．覆工背面も中性化している箇所やコア全体が中性化している箇所も見られる．この原因としては，施工時に海砂が使用された可能性が高いことと，トンネル内に流出する地下水が温泉地帯特有の酸性水であることが考えられる．

(5) 地質調査

地質状況を調べるために，ボーリング調査（φ66mm）を行い，コアを採取した．ボーリングは一晩で出来る範囲である軌道下3m深さまでを行った．調査地点を表-2に，膨張性圧に関する試験結果を表-3に示す．地質は，25k300m，25k520mでは熱水変質作用を受けた強変質もしくは弱変質安山岩で，脆弱な地質であり膨張性に関する各種指標値も高い値を示した．また，24k610m，24k700m，25k580m地点では変質はしていないが，道床下60cm程度まで黄褐色を呈する風化粘土化した強風化安山岩で，それ以深は亀裂が多く，亀裂に沿って風化が進行しているが，硬質な部分が多く残留する弱風化安山岩であった．

表-3 膨張性に関する試験結果

地 点	24k610m	24k700m	25k300m	25k520m	25k580m	膨張性に関する判定指標 (日本鉄道公団 赤倉トンネル)	
地 層 区 分	強風化 安山岩	強風化 安山岩	強変質 安山岩	強変質 安山岩	強風化 安山岩	モンロロイト	モンロロイト
岩石中の主要粘土鉱物	モンロロイト	モンロロイト	モンロロイト	モンロロイト	モンロロイト	モンロロイト	モンロロイト
2μm以下粒子含有率(%)	5.9	6.1	30.5	38.0	18.0	30%以上	20%以上
塑性指数(%)	—	1.5	55.5	44.2	33.2	70%以上	25%以上
C E C	4.6	7.0	51.4	21.5	18.1	35以上	20以上
浸水崩壊度	D	D	D	D	D	D	—
膨圧発生の可能性	なし	なし	有り	有り	有り	地圧発生の可能性が 非常に大きいもの	膨圧発生の可能性 有り

参考文献

1)今村他：「変状を生じた鉄道単線トンネルの補強工事（その1）－計画と概要－」第58回土木学会年次学術講演会（投稿中），2003