

中央線小仏トンネル変状調査

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 丹澤 裕太郎 正会員 松沼 政明
 正会員 猿谷 賢三 正会員 岩崎 浩

1. はじめに

中央線高尾～相模湖間の小仏トンネル出口付近では多量の漏水が認められ、冬季には凍結を起こすことにより、トンネルの内空断面を圧迫するなど、構造物の劣化と共に列車の運行に支障しかねない事象を引き起こしてきた。

このような凍結が認められた場合には現地で氷柱を叩き落とす等の対策を実施してきたが、凍結の予想は困難であり、劣化の進行も懸念されたため、抜本的な改修を施す必要性が訴えられてきた。

そこで、本研究では改修に先立ち調査を実施し、トンネルの変状について検証をする。

2. 構造物概要

小仏トンネルは 1902 年（明治 34）に竣工されたレンガ造の山岳トンネルである。中央線高尾～相模湖 57k555m に位置し、延長は 2564m、地質は小仏層群（白亜紀）を主体とする地層よりなり、砂岩・頁岩・粘板岩等の岩盤により構成されている。形状はセンタードレーンを擁した馬蹄形であり、インバートは設置されていない。以前、SLの煤塵による目地劣化が懸念され、モルタルを吹き付けた経緯がある。

3. 変状内容

小仏トンネルの出口から 130m（60k000m～60k130m）において壁面からの漏水が認められている。また、凍結・融解の影響を受けたと思われる、吹き付けコンクリートの剥落が同区間に見られる。

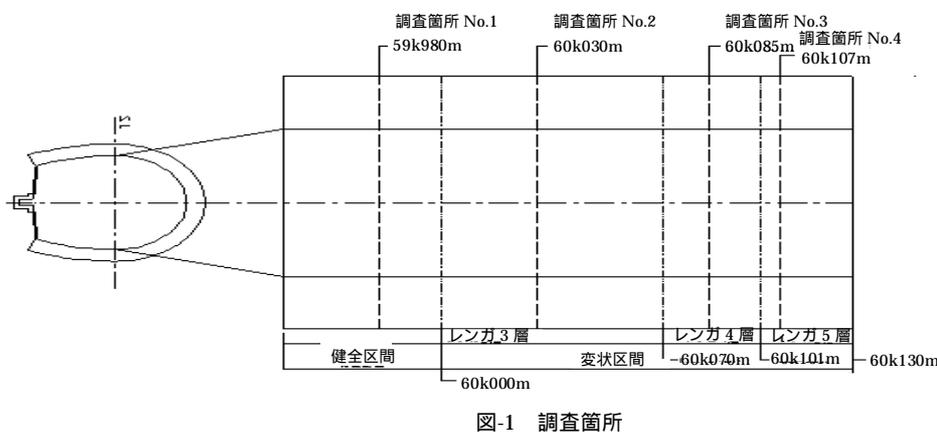


図-1 調査箇所

4. 変状内容の究明

調査は、健全区間、変状区間（レンガ3層）、変状区間（レンガ4層）、変状区間（レンガ5層）の4箇所を対象に実施する。（図-1参照）

4-1 背面空洞調査

覆工を $\phi=14.5\text{mm}$ の大きさに貫通するまで削孔し、それぞれ探査棒及びファイバースコープを用い背面の状況を把握する。削孔は、各調査箇所に対し、アーチ部1孔、側壁部左右それぞれ1孔ずつの計3孔を実施した。（図-2参照）

4-2 レンガのコア採取及び圧縮強度試験

覆工の劣化状況を把握するため、覆工のコア（ $\phi=50\text{mm}$ ）を採取し、圧縮強度試験を実施する。コアは各調査箇所に対し、アーチ部1箇所、側壁部左右それぞれ1箇所ずつの計3箇所を実施し、アーチ部及び側壁の一方において表面から内部（背面から約100mm）まで、一方の側壁については、表面部から約100mmについて採取した。

4-3 レンガ採取及び圧縮強度試験

覆工の劣化状況を把握するため、以下の通り覆工のレンガ4個を採取し、圧縮強度試験を実施する。

健全区間	側壁（右）	表面
変状区間（レンガ4層）	側壁（右）	表面
変状区間（レンガ5層）	側壁（左）	表面
変状区間（レンガ5層）	側壁（左）	内部

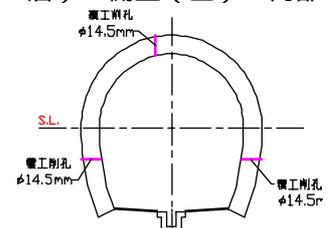


図-2 覆工削孔箇所

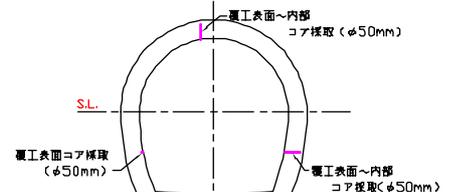


図-3 レンガコア採取箇所

5. 調査結果

5-1 背面空洞調査

背面調査結果を表-1 に示す。

(1)健全度区間

側壁右側に 345mm 程度の空洞が確認された。アーチ部，側壁左側に空洞は無い。地山は硬い黒色または暗灰色の岩盤であるが、側壁左側では一部未固結の低い岩盤が見られた。漏水は認められなかった。

(2)変状区間（レンガ3層）

側壁部左右に 180mm 程度の空洞が見られる。地山は、硬い岩塊状の黒色岩盤であるが、側壁背面では一部で崩れており、またアーチ部では表面が破砕状となっている。漏水は認められなかった。

(3)変状区間（レンガ4層）

アーチ部，側壁部とも、空洞は認められなかった。地山は硬い黒色岩盤である。側壁部では、漏水があり調査孔内が湿潤状態となった。

(4)変状区間（レンガ5層）

アーチ部，側壁部とも、空洞は認められなかった。地山は硬い黒色岩盤である。側壁部では、漏水があり調査孔内が湿潤状態となった。

5-2 レンガのコア採取及び圧縮強度試験

5-3 レンガ採取及び圧縮強度試験

レンガコア圧縮強度試験結果、レンガ圧縮強度試験結果をそれぞれ表-2、表-3 に示す。

6. トンネルの変状原因の推定

背面調査から、変状区間（レンガ 4,5 層）部に空洞が認められない結果となったが、これは同区間が改修されているため、その際に埋め戻された可能性が高い。また、同地山の新小仏トンネルからも出口付近に大きな土圧は報告されておらず、現地からも圧力に起因するような亀裂は認められないため、大きな土圧は作用していないと考える。

採取位置			試料材質	圧縮強度 [N/mm ²]	吸水率 [%]
位置	箇所	採取深さ			
健全区間	アーチ部	表面	レンガ	8.4	-
	側壁(左)	表面	レンガ	20.4	-
	側壁(右)	100mm奥	レンガ	5.7	-
変状区間(レンガ3層)	アーチ部	100mm奥	レンガ+目地	20.7	-
		表面	レンガ	50.7	-
	側壁(左)	100mm奥	レンガ	35.5	-
		表面	レンガ	23.2	-
	側壁(右)	100mm奥	レンガ	24.3	-
		表面	レンガ	17.7	-
変状区間(レンガ4層)	アーチ部	100mm奥	レンガ	17.7	-
	側壁(左)	100mm奥	レンガ	試験中	-
		100mm奥	レンガ	33.7	-
	側壁(右)	200mm奥	レンガ+目地	24.3	-
		300mm奥	レンガ+目地	22.1	-
		表面	レンガ+目地	22.1	-
変状区間(レンガ5層)	アーチ部	100mm奥	レンガ+目地	19.8	-
		200mm奥	レンガ	18.9	-
	側壁(左)	表面	レンガ+目地	33.8	-
		100mm奥	レンガ+目地	50.2	-
		表面	レンガ+目地	45.2	-
	側壁(右)	100mm奥	レンガ+目地	32.6	-
		300mm奥	レンガ	20.3	-
		表面	レンガ	20.3	-

表-2 レンガコア圧縮強度試験結果

採取位置			試料材質	圧縮強度 [N/mm ²]	吸水率 [%]
位置	箇所	採取深さ			
健全区間	側壁(右)	表面	レンガ	6.3	試験中
変状区間(レンガ3層)	側壁(右)	表面	レンガ	15.6	-/-
変状区間(レンガ4層)	側壁(右)	表面	レンガ	17.5	-/-
変状区間(レンガ5層)	側壁(左)	表面	レンガ	32.9	-/-

表-3 レンガ圧縮強度試験結果

しかし、健全区間、変状区間（レンガ 3 層）は側壁部のみの空洞となっているため、アーチ部に緩み土圧が作用していることが懸念される。

圧縮強度に関しては、明治期のレンガには強度指標が存在しないが、この時期のレンガの一般的な強度¹⁾から 10N/mm²程度¹⁾が求められる。その結果、健全部以外では全てこの値を満足する結果となり、レンガそのものは大きな変状を受けていないと考える。

7. まとめ

今回の調査により、小仏トンネルでは覆工表面には無数の変状は見られるものの、大きな外力はなくレンガの強度も保てているため、構造物そのものには大きな問題はないと結論づける。

今後は改修を考慮し、過去の工事誌の調査や現地踏査を重ねデータを構築の取り組んでいく。

1)レンガ・コンクリートブロック積みトンネルの寿命延伸に関する研究:鉄道総合技術研究所,2005.3

健全区間				変状区間(レンガ3層)				変状区間(レンガ4層)				変状区間(レンガ5層)			
探査箇所	覆工厚 [mm]	空洞厚 [mm]	探査長 [mm]	探査箇所	覆工厚 [mm]	空洞厚 [mm]	探査長 [mm]	探査箇所	覆工厚 [mm]	空洞厚 [mm]	探査長 [mm]	探査箇所	覆工厚 [mm]	空洞厚 [mm]	探査長 [mm]
アーチ部	425	空洞なし	455	アーチ部	425	空洞なし	865	アーチ部	510	空洞なし	630	アーチ部	625	空洞なし	850
側壁(左)	395	空洞なし	820	側壁(左)	410	175	585	側壁(左)	560	空洞なし	600	側壁(左)	580	空洞なし	940
側壁(右)	280	345	625	側壁(右)	360	180	540	側壁(右)	570	空洞なし	610	側壁(右)	580	空洞なし	880

表-1 背面空洞調査結果