

鉄道トンネルの定量的な変状傾向の把握と健全度判定における一考察

J R 東日本 正会員 ○宮崎 真弥
正会員 塚原 高志
正会員 井上 英一

1. はじめに

トンネルの維持管理における当社の定期的な検査（以下、全般検査）では、目視点検を主とした通常全般検査と、高所作業車等を用いた直近からの目視および打音点検（写真 - 1）による特別全般検査を実施している。この検査体系を図 - 1 に示す。また、詳細なトンネル覆工面の状況を確認する目的で、レーザースキャナを用いた覆工表面撮影車（写真 - 2）と電磁波レーダを用いた覆工内部検査車（写真 - 3）を運用している。これらの検査車両で計測したデータを変状展開図や検査カルテに活用し、経時的な覆工コンクリートの状態を捉えながら、トンネルの維持管理に努めている。

しかし、全般検査における変状ランクの判定は、検査者の経験に基づいて定性的に判断されているのが実情である。よって、検査の経験が

少ない検査者が変状ランクの判定や変状の経時的な推移を把握するためには、一定のルールに則った定量的なデータが必要となる。今回、検査車から得られた測定データ等を活用した定量的な変状傾向の把握と、トンネルを区間ごとに分割して管理する健全度判定手法について検証したので報告する。

2. 定量的な変状傾向の把握

トンネルの要求性能として、トンネル構造の安定性と列車走行時の安全性が求められる。万が一、剥落したコンクリートが高速走行中の列車に衝撃した場合、大きな事故につながる恐れがある。このことから、本報告では、覆工コンクリートの剥落に対する安全性を重視して検証した。

列車走行時の安全性に直接影響を与えるトンネルの変状には、変形、ひび割れ、漏水等がある。これらの変状の中で、トンネル覆工の状態を覆工表面撮影車のデータ（図 - 2）から定量的に把握することが可能な変状として、「ひび割れ」と「漏水」を

評価の対象とした。また、トンネルの「変状が集中している部分」と「変状の進行が早い箇所」を抽出することによって弱点を把握する手法とした。最初に、覆工表面撮影車の変状データを一定の区間（50m）毎に集計し、「損



写真 - 1 打音検査

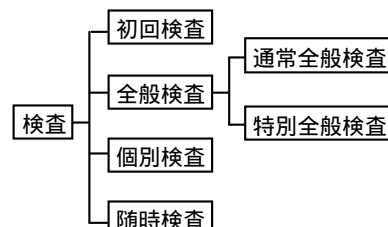


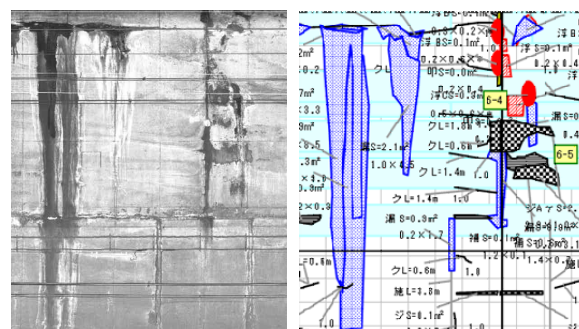
図 - 1 検査体系



写真 - 2 覆工表面撮影車



写真 - 3 覆工内部検査車



覆工表面の画像

変状展開図

図 - 2 覆工表面撮影車のデータ（同一箇所）

キーワード：トンネル、維持管理、健全度、レーザースキャナ、電磁波レーダ

連絡先：〒963-8003 福島県郡山市燧田 195 JR 東日本 郡山土木技術センター Tel024-934-9010

傷度」を設定することとした。また、今回新たに追加された変状数を集計し、これを「進行度」として点数化することとした。なお、評価の基準となる点数については、東北地方太平洋沖地震によって被災した2つの新幹線トンネル（総延長＝15,207m）のデータをモデルとして評価基準を定めた。

点数の設定については、被災していないトンネルの評価に対応させるため、最も変状数の少なかった箇所を基準とした。トンネル構造の安定性を評価する「損傷度」では、既に変状はあるが変状の規模には変化がない箇所があるため、列車走行時の安全性に影響を与える「進行度」に重みを付けて評価した（表-1）。

損傷度		延長 0m																500m												損傷度の評価基準		
変状集計表	延長	0m																													～49	0
変状項目	m	850～	900～	950～	1000～	1050～	1100～	1150～	1200～	1250～	1300～	1350～	1400～	1450～	1500～	1550～	1600～	1650～	50～99	1												
ひび割れ	箇所	45	62	46	70	86	115	102	106	134	242	229	250	113	173	76	64	38	100～199	2												
漏水	箇所	10	28	27	28	77	58	59	56	75	18	18	31	36	82	67	58	49	200～249	4												
合計	箇所	45	62	46	70	86	115	102	106	134	242	229	250	113	173	76	64	38	250～	6												
点数		0	1	0	1	1	2	2	2	2	4	4	6	2	2	1	1	0														

進行度		延長 0m																500m												進行度の評価基準		
変状集計表	延長	0m																													0	0
変状項目	m	850～	900～	950～	1000～	1050～	1100～	1150～	1200～	1250～	1300～	1350～	1400～	1450～	1500～	1550～	1600～	1650～	1～9	2												
ひび割れ	箇所	1		5	1	2	3	6	2	4	3	2	2	2	6	4		1	10～19	4												
漏水	箇所	1		7		5	4	18	2	1					7	7	1	2	20～29	6												
合計	箇所	2	0	12	1	7	7	24	4	5	3	2	2	2	13	11	1	3	30～	8												
点数		2	0	4	2	2	2	6	2	2	2	2	2	2	4	4	2	2														

表-1 損傷度、進行度とその評価基準

3. 定量的な健全度判定手法

前述の評価基準によって求められた「損傷度」と「進行度」から、健全度（総合的な変状ランク）を判定し、トンネル全体の評価を行うこととした。健全度の判定例と評価基準を表-2に示す。

さらに、覆工内部検査車の計測データから得られた「剥落判定」の結果を、健全度判定に反映させることとした。

「剥落判定」は、覆工内部検査車による電磁波レーダの反射波領域の深さと大きさ、及び、覆工表面撮影車によるレーザースキャナの表面変状を基に判定し、ランクを付けている。先ほどと同様にA、B、Cランク数を集計し、点数化して評価した。その評価を先ほどの健全度判定に加味し、再度、健全度を判定した。「剥落判定」とそれを加味した健全度判定を表-3に示す。

健全度判定		0m																500m												健全度の評価基準	
変状集計表	変状	850～	900～	950～	1000～	1050～	1100～	1150～	1200～	1250～	1300～	1350～	1400～	1450～	1500～	1550～	1600～	1650～	点数	健全度											
損傷度点数		0	1	0	1	1	2	2	2	2	4	4	6	2	2	1	1	0	0	S											
進行度点数		2	0	4	2	2	2	6	2	2	2	2	2	2	4	4	2	2	4	C											
合計点数		2	1	4	3	3	4	8	4	4	6	6	8	4	6	5	3	2	4	B											
健全度判定		C	C	C	C	C	C	A	C	C	B	B	A	C	B	B	C	C	8～	A											

剥落判定		0m																500m												剥落判定の評価基準	
変状集計表	変状	850～	900～	950～	1000～	1050～	1100～	1150～	1200～	1250～	1300～	1350～	1400～	1450～	1500～	1550～	1600～	1650～	点数	健全度											
A×3点	箇所	0	0	0	0	1	0	1	2	1	1	1	0	3	1	1	0	0	0	0											
B×2点	箇所	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0											
C×1点	箇所	1	1	0	0	0	3	2	2	2	2	1	0	1	0	0	1	1	0	0											
合計	箇所	1	1	1	1	1	3	3	5	3	3	2	1	4	1	1	1	1	0	0											
点数		1	1	1	1	1	2	4	2	2	2	2	0	6	1	1	1	1	0	4											

健全度判定		0m																500m												健全度の評価基準	
変状集計表	変状	850～	900～	950～	1000～	1050～	1100～	1150～	1200～	1250～	1300～	1350～	1400～	1450～	1500～	1550～	1600～	1650～	点数	健全度											
損傷度点数		0	1	0	1	1	2	2	2	2	4	4	6	2	2	1	1	0	0	S											
進行度点数		2	0	4	2	2	2	6	2	2	2	2	2	2	4	4	2	2	4	C											
剥落判定点数		1	1	1	1	1	2	4	2	2	2	2	0	6	1	1	1	1	0	B											
合計点数		3	2	5	4	4	8	12	8	6	8	6	14	5	7	6	4	2	4	A											
健全度判定		C	C	C	C	C	B	A	B	B	B	B	A	C	B	B	C	C	10～	A											

表-3 剥落判定を加味した健全度判定

4. まとめ

本研究は、トンネル変状の「損傷度」と「進行度」さらに「剥落判定」の定量的な評価結果から、変状傾向の把握と区間毎の健全度を評価するための一手法である。健全度が低いAランク区間を重点監視箇所に設定し、検査体制を強化する等、メリハリのある検査と適切な修繕計画の策定に活かすことができる。これからも、この手法の検証を重ね、評価方法の確立を目指していきたい。また、検査の経験の少ない検査者が変状ランクを判定するための指標として活用し、技術継承を図りたい。

今後も重要な社会インフラである鉄道トンネルの維持管理に努め、安全・安定輸送を確保すると共に、検査に携わる人材の育成と検査技術の向上に取り組んでいく。

本報告の執筆にあたり、ご協力頂いた関係者の方々に、心から御礼を申し上げます。

参考文献

- 1)鉄道構造物等維持管理標準・同解説（構造物編） トンネル構造 鉄道総合技術研究所 編 平成19年1月
- 2)東日本大震災における新幹線トンネルの被害概況と復旧について