

廃道トンネルを利用したトンネル覆工の漏水量変化と降水量の調査事例

土木研究所寒地土木研究所 正会員 ○岡崎 健治
〃 大日向 昭彦
〃 倉橋 稔幸

1. はじめに

トンネルの漏水は、トンネル周辺の地盤中の地下水量に応じて変化することもあるため、その発生箇所や漏水量はトンネルの点検後に異なる場合があり的確に把握できないことがある。そのため、道路トンネル定期点検要領¹⁾では、降雨の履歴や規模、季節変動等を考慮した評価が必要であることを述べている。

本稿では、地下水量が異なると想定した複数の時期にトンネル覆工表面を撮影して漏水面積を求め、撮影前の一定の日数に応じた降水量（積算雨量、実効雨量）との相関係数を比べることで、降雨後の漏水の点検に適した観察時期の目安をモデルトンネルの事例において考察したので、その結果について述べる。

2. 調査と解析方法

調査は、北海道で 1977 年に矢板工法で建設され 2014 年に廃止された、延長 1.9km、最大土被り厚さ 180m の道路トンネルで実施した。トンネルの主な地質は安山岩溶岩と凝灰角礫岩である。調査では、車載カメラでトンネル全線の覆工表面の動画を 2017 年 10 月から 2018 年 8 月までに 6 回撮影した（表-1）。

解析では、漏水防止板が未設置であるトンネル全線の 60%の覆工表面を対象に、連続展開画像（写真-1）

表-1 トンネル覆工の漏水面積と降水量

撮影日	期間	漏水面積 (㎡)	各設定期間の降水量(積算雨量と実効雨量:mm)											
			3日		5日		7日		14日		21日		28日	
			積算	実効	積算	実効	積算	実効	積算	実効	積算	実効	積算	実効
① 2017/10/31	秋季	299	28.0	20.3	28.0	23.0	28.5	24.6	71.0	50.9	103.5	74.1	106.5	81.8
② 2017/11/29	秋季	322	4.5	2.3	8.0	4.9	26.5	15.4	66.5	42.9	132.0	85.0	144.5	144.5
③ 2018/1/24	積雪	189	5.0	3.7	7.5	5.6	11.0	8.0	41.5	27.5	79.5	53.2	96.0	67.7
④ 2018/4/20	融雪	355	0.0	0.0	7.0	3.5	7.0	4.3	13.5	9.3	18.5	13.3	22.0	16.2
⑤ 2018/7/17	夏季	463	51.5	32.8	53.0	40.1	80.0	57.6	179.0	118.9	237.5	169.1	251.5	190.9
⑥ 2018/8/23	夏季	325	38.0	27.5	38.5	31.6	65.5	47.0	135.0	95.3	135.0	106.4	135.0	112.7

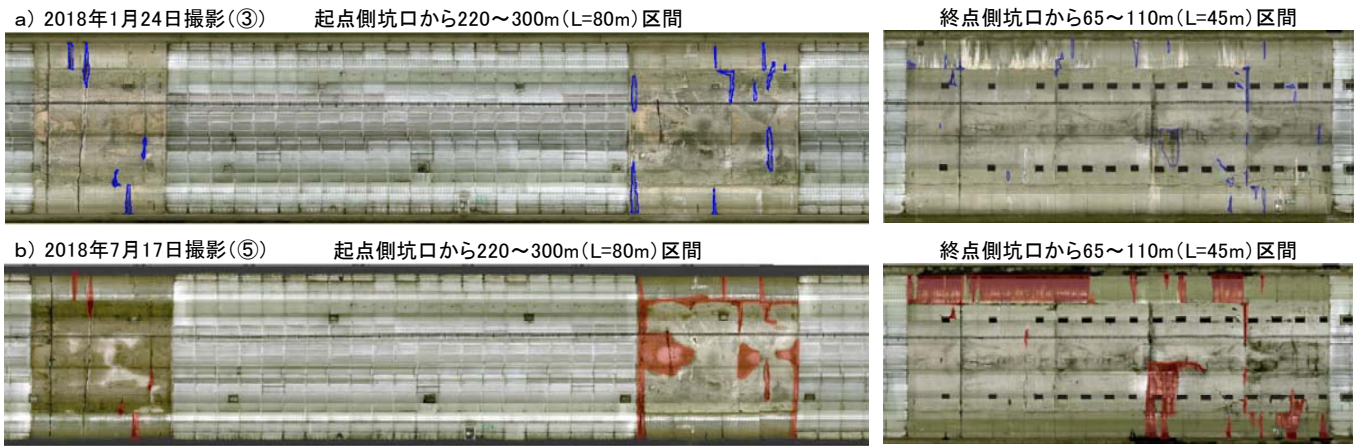


写真-1 トンネル覆工表面を撮影した連続展開画像の例（着色部：面積を求めた漏水の発生箇所）

キーワード 廃道トンネル，漏水，維持管理，積算雨量，実効雨量
連絡先 〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目1-34 TEL 011-841-1775

表-2 降水量とトンネル漏水面積との相関係数

ケース	使用データ	設定期間(日)	3	5	7	14	21	28
A	全撮影結果 ①②③④⑤⑥	積算雨量(mm)	0.51	0.58	0.59	0.58	0.58	0.55
		実効雨量(mm)	0.48	0.54	0.57	0.57	0.58	0.54
B	積雪・融雪期を除く 撮影結果 ①②⑤⑥	積算雨量(mm)	0.59	0.63	0.69	0.75	0.89	0.88
		実効雨量(mm)	0.52	0.58	0.67	0.73	0.88	0.85

を作成して漏水面積を求め撮影時期による変化を比較した。また、積算雨量は、各撮影日から3～28日前までの設定期間におけるトンネル近傍のアメダス観測点の日降水量から求めた。あわせて、実効雨量²⁾は、設定期間ごとに日単位で計算するとともに、撮影した全結果を使用するケースと積雪や融雪時期を除いた結果を使用する2つのケースについて、積算雨量、実効雨量と漏水面積との相関係数を比較することで、トンネル点検において、降雨後の漏水の観察に適した時期について考察した。

3. 結果

写真-1に同一区間の連続展開画像の例を示す。両時期の漏水は撮影日③より⑤で多かった。撮影日③は積雪期であり地下水の供給は少ないと考えられる。一方、撮影日⑤は夏季であり積算雨量や漏水面積が大きいことから(表-1)、降雨の影響が強いと考えられる。また、撮影日⑤ではトンネル深部(坑口から300m周辺)でも漏水が発生しており、降雨と密接に関連していると考えられる。

表-2に各ケースの降水量(積雪雨量と実効雨量)と漏水面積の相関係数を示す。まず、各ケースの積算雨量と実効雨量別の相関係数をみると、ケースAの積算雨量は0.51～0.59、実効雨量は0.48～0.58、ケースBの積算雨量は0.59～0.89、実効雨量は0.52～0.88と各ケースで両者の値は同程度であるが、ともに積算雨量で大きかった。

ここで、実効雨量は、設定日数を半減期としてトンネル地盤中の降水量の影響が半分となる状況や連続した降雨の影響の評価に用いられる指標であるが、本調査では漏水面積との相関係数が高い積算雨量に着目することが評価に有効であった。これは、トンネル周辺とアメダス地点での降水量に差があることもひとつの原因と考えられる。また、ケースAの相関係数がBより小さい理由は、ケースAに撮影日③と④のような積雪期や融雪期の直接降水量とは関係の少ない情報が含まれているからであると考えられる。

そこで、ケースBにおいて、設定日数ごとの積雪雨量と実効雨量の相関係数をみると、ともに設定日数の増加にあわせて値が大きくなることから、降雨と関係していることが確認できた。また、両者は21日目の値が大きかった。これは、本トンネルでは21日間の降水量が、漏水の発生と関係が強いことを示している。

そのため、例えば、積雪や融雪以外の時期に21日間で100～240mm程度の積算雨量があれば(表-1)、本トンネル坑内では漏水量が多くなる状態になると考えられる。

4. おわりに

本調査では、トンネル周辺の地下水量が異なると想定した複数の時期に、トンネル覆工表面の撮影画像から漏水面積を求め、降水量との相関を分析することで、降雨後のトンネル坑内で漏水量が多い期間を示した。

今後は、積雪期や融雪期の漏水量の推定、他のトンネルでの検証、トンネル坑内における漏水の発生箇所別の違い等に関して調査研究を進めたい。最後に、トンネル点検等に関する資料をご提供頂いた国土交通省北海道開発局の関係各位に記して厚くお礼申し上げる。

参考文献

- 1) 国土交通省道路局国道・技術課：道路トンネル定期点検要領，pp. 61-64，2019.
- 2) 矢野勝太郎：前期降雨の改良による土石流の警戒・避難基準雨量設定手法の研究，新砂防，Vol. 43，No. 4，pp. 3-13，1990.