

1. はじめに

JR西日本で供用する単線レングトンネルにおいて2006年7月23日、トンネル側壁からの異常出水のためレール底部が冠水し、軌道短絡となる事象が発生し、運転支障を生じた。

当該トンネルは 1919 年(大正 8 年)に完成した経年 88 年の単線レンガトンネルで、当社の在来線輸送の根幹を支えている土木構造物である。なお、当該箇所は、出水のあったトンネル(下り外側線)に 1 本のレンガ造り単線トンネル(下り内側線)及び 2 本のコンクリート造り単線トンネル(上り内側線、上り外側線)が並列している。

今後同様の事象により運転支障を発生させないため、周辺地山踏査、覆工、排水設備調査および建設当時の記録や過去の出水履歴の調査を基に、今回の出水に至る原因究明と対策及び今後の課題について検討を行った。

2. 出水状況と応急・復旧

(1) 出水狀況

坑口より 840m 付近の右側壁 ($H=2.5\text{m}$, $150\times 20\text{mm}$) から出水した. 出水量は $0.5\text{m}^3/\text{min}$ 程度であった. 周辺にも若干の湧水が認められた.

(2) 冠水状況

単線トンネル 4 線が並列するなかで冠水が確認されたのは当該トンネル1線のみで、延べ 250mの冠水であった。冠水深さは最大でレール底部から 5cmであった。

3. 復旧工事概要

工事内容は、出水箇所から横断排水溝までの間 575m の線路左側に、サイドドレンとして透水性排水管 (φ 200mm) を新設することとした。このサイドドレンの排水能力 $2.8\text{m}^3/\text{min}$ は出水時のバラスト上面の水量と同程度以上に設定した (5 項 (3) 参照)。

しかしながらこのサイドドレンはトンネル断面形状からマクラギ下面より 300mm 下が管底部の設置限界である。

4. トンネル建設時と最近の記録

冠水の原因分析のために、建設工事誌をはじめとする過去の記録を詳細に調査した。

(1)トンネル建設時の記録

①異常出水箇所付近の地質は「黒色千枚岩ニシテ粘土ヲ含ム」で「軟」、「水」の記載がある。¹⁾

②9.1m 離れた下り内側線の出水箇所周辺付近の地質は「黒色千枚岩 粘土ヲ含ム陰悪層」との記載がある¹⁾。

③異常出水箇所付近で「湧水土砂流出中脊及導坑閉塞」となり、復旧に 68 日を要している²⁾。つまり当該箇所付近は破碎帯に沿った水みちがトンネルと交差していると推測される。

(2) 漏水桶の設置箇所

トンネル 4 線について漏水樋設置位置を調査し,その結果と建設中の記録を重ね合わせて異常出水の原因を検討した.下り 2 線に工事中的の出水が多いこと,また下り外側線に漏水樋が多くあることがわかった.(図-1).

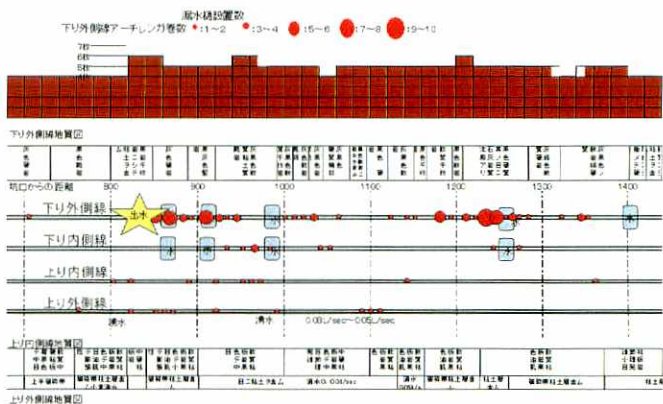


図-1 覆工と出水箇所相関図

(3) 近年の滞水事象

1998年6月26日、今回の出水箇所から180m終点方で、総延長100mにわたって軌道バラスト上面まで滞水した。当時の対策として、線路右側にサイドドレンとして有孔塩ビ管(Φ200mm)を92m 敷設している。

5. 降雨と出水の関係

降雨と出水の関係を調べるため、1998 年と 2006 年の事象について出水時直近の降雨量を調べた。

(1) 1998 年 6 月の降雨量

6/21 10:00～6/22 6:00 の20時間に連続降雨があり

(時間最大雨量 22mm,連続雨量 101mm),降り止んでから99 時間後に滞水を発見している(図-2)

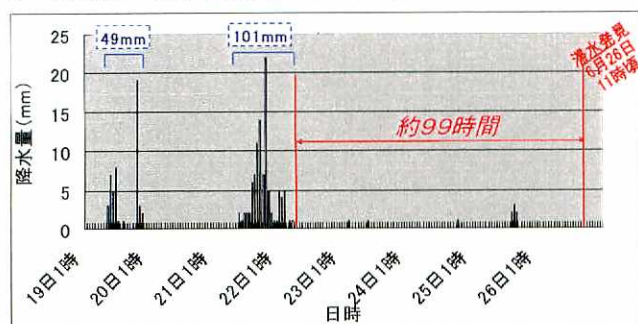


図-2 1998 年 6 月 時雨量と滞水発見の関係

(2)2006 年7月の降雨量

7/17 8:00~7/19 10:00 の50 時間に連続降雨があり(時間最大雨量 22mm 連続雨量 189mm), 降り止んでから103 時間後に出水による軌道短絡が発生した(図-3)

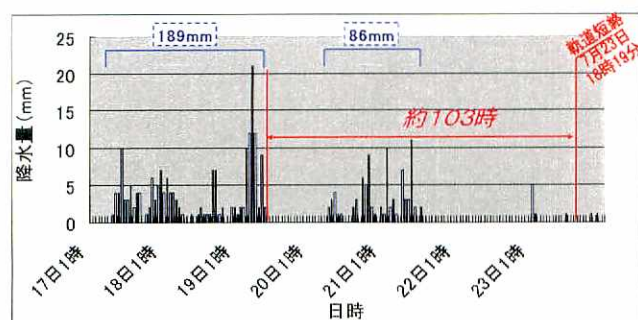


図-3 2006 年 7 月 時雨量と軌道短絡発生の関係

(3)排水能力の検証

センタードレンは,試掘の結果土砂堆積が確認されており,堆積量から現在の排水量を計算した結果,設計排水に比べ 2.9(m³/min)不足していた。

マクラギ上を溢流した流量は 2.7(m³/min)であり,設計排水に対する不足量とほぼ同じであることが判った。

6. 斜面踏査・水質調査

(1)トンネル上部斜面踏査

出水付近の地表では,粘板岩(頁岩),珪質な粘板岩(頁岩),チャートが層状に分布しており,おおむね東西方向の走向で 70° 南側に傾斜する地質構造を呈している。この地質構造は工事誌にある全体的な傾向と一致するものであった。地表で確認できた範囲では粘板岩(頁岩),チャートとも節理などの割れ目が発達していた。

(2)水質調査

地表水と比べてトンネル坑内の漏水は水温が低く,電気伝導度が高くなっている。坑内の漏水の電気伝導度が高いことは,溶解しているイオンの濃度が高いことを表してい

る(表-1)。

表-1 水質測定結果

2006年8月9日:晴れ			
測定箇所	水温(°C)	電気伝導度(μ/cm)	pH
地表水(源流部)	20.2	19.4	7.0
坑内504k840m(漏水)	15.7	184.0	6.7

7. 原因の推定と対策

(1)原因の推定

今回の出水及び線路冠水の原因は以下と推定できる。

- ①例年よりも多い降雨量
- ②破砕帯に沿った水みちの存在
- ③センタードレンの機能低下

(2)現在の対策

過去の経験から線路冠水に到る降雨量を予測した。その結果,連続雨量 180mmを一定の基準と定め,基準を超える雨量が確認された場合は坑内に排水ポンプを搬入し線路冠水に備えることを現状の対策としている。なお,過去30 年間で 180mmを上回る雨量は 5 回であった。

今回の出水事象の記録と対策を残すため,ポンプ設置マニュアルを作成した。

9. おわりに

出水に対して予めポンプをトンネル内に搬入する基準となる雨量を定めた。このソフト対策はいつ発生するか分からない自然現象に対する対策として現在とれる最善の対策のひとつであると考え。

しかし,今後も継続して安全に経年 80 年を超過した土木構造物を維持管理していく上では,恒久対策が必要であると考え。今回の調査からも排水ドレンの機能低下は明白であり,営業線内で効率的,効果的な対策を実施することが今後の課題である。

参考文献

- 1)大津京都間線路変更工事誌 附図
(大正 12 年1月 7 日,鉄道省神戸改良事務所)
- 2)大津京都間線路変更工事誌
(大正 12 年1月 7 日,鉄道省神戸改良事務所)