

ウォータージェットを用いたトンネル点検手法の検討

パシフィックコンサルタンツ(株) 大阪本社 正会員 ○駒村 一弥¹

同上 正会員 藤井 久矢²

広島化成(株) 正会員 永留 君明³

山岳トンネルは、覆工コンクリートが無筋構造であることや、主構造が地山であるといった種々の条件により、トンネルそのものを容易に更新できない特徴をもち、今後も増加するトンネル構造物に対して合理的かつ効果的な維持管理が重要な課題となっている。中でも煤煙で覆われた覆工面の点検は、目視調査が困難な状況にある。

本研究は、ウォータージェットを用いた点検の試行を報告するとともに、トンネルの維持管理の効率的な手法を構築するための基礎的な検討を行ったものである。

1. 目的

山岳トンネルの維持管理においては、既存の点検結果をもとに、将来の劣化状況をいかに予測し、適切な対策工を実施できるかが重要である。これまでの山岳トンネルの維持管理は、不具合箇所に対処療法的に対策を実施してきたが、公共投資が抑制される中で、道路の維持管理の合理化に関する社会的な関心は一層高まっている。このような背景のなかで、覆工表面の煤煙による被膜が目視点検の障害となり、覆工のひび割れ状態の適確な把握が困難になりつつあることが、トンネルの維持管理にとって重要な課題となっている。

本論文では、ウォータージェットを用いることによって、覆工表面の煤煙皮膜を除去し、覆工ひび割れを顕在化させ、点検精度を向上させる。また、ひび割れや覆工打ち継ぎ目にあるコンクリート小片（不安定小ブロック）を除去し、路面における輝度の向上にも寄与する点検手法について、実証実験を踏まえ提案するものである。

2. ウォータージェットを用いた点検手法

目視点検によってトンネル覆工の健全度評価を行う場合、覆工ひび割れの長さ、伸延度、密度、段差、開口ひび割れ、圧座ひび割れ、漏水の有無等、覆工表面の状況を適確に把握し、その状態から診断評価を実施することが重要である。しかし、戦後から昭和中期以前に建設されたトンネルや、交通量の多いトンネルでは、覆工表面に煤煙による被膜が付着し、覆工表面の情報を直接得られないことが現状である。

内装板清掃や路面清掃に水噴霧を用いている例はあるが、さらに水圧能力を増加させ、覆工面の煤煙を除去するとともに、ひび割れに付随するコンクリート小片ブロック（不安定小片）

を除去することができれば、「近接目視・打音点検の精度の向上」と「トンネル壁面清掃」、および「路面輝度の向上」の付加価値を有した効果が期待できる。

本検討で用いたウォータージェットシステムの概要を図-1に、ウォータージェット能力を表-1に示す。実験に用いたシステムは、ウォータージェットを噴射するノズル2丁（噴射孔は1ノズル当たり5穴ある）、圧力ポンプシステムを搭載した6ton級トラック、濁水回収処理システム（トンネル坑口に設置）からなる。ウォータージェットの噴霧圧力は、壁面との距離（スタンドオフ）によって変化し、適切に煤煙被膜層が除去できる距離は、30cm～40cmと判断できた。

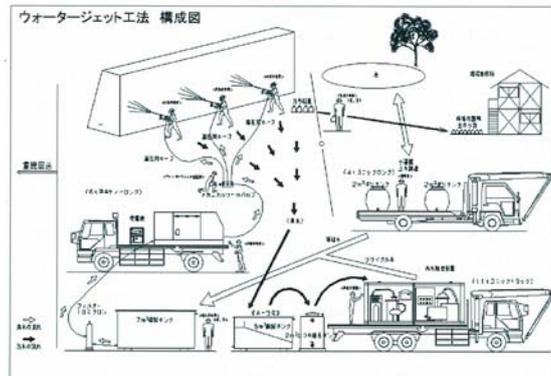


図-1 ウォータージェットシステムの概要

表-1 ウォータージェットの能力（4時間当たり・2丁）

単位水量	16.5	L/min
稼働時間	4	h
	240	min
総水量	3960	L
	3.96	ton

キーワード ウォータージェット、トンネル点検、覆工洗浄、トンネル診断、小片ブロック除去

連絡先 1, 2) 〒541-0052 大阪府中央区安土町二丁目3番13号 パシフィックコンサルタンツ(株) TEL 06-4964-2269

3) 〒720-0802 広島県福山市松浜町2丁目2番11号 広島化成(株) TEL 084-922-7270

本実験は、夜間交通止め（22時～翌5時）の4日間で実施し、対象トンネルの側壁部分全線と試験スパン（2スパン）の合計1,456m²において実施した。

3. 点検の効果（ハツリ落とし効果、ひび割れの顕在化）

壁面の洗浄・点検効果として、煤煙被膜の除去だけでなく、覆工表面の劣化層を除去でき、かつひび割れ周辺や、目地周辺の不安定小片（浮き・剥離）の除去が可能であり、打音点検における応急措置（たたき落とし）が可能であることを確認できた。写真-1に洗浄後の覆工の表面状況（中央の島状帯部が煤煙皮膜の残置部分）、写真-2に目地部の浮き・剥離片の除去状況を示す。



写真-1 洗浄後の覆工表面状況



写真-2 目地部の浮き・剥離片の除去状況

ひび割れの顕在化からは、現行の点検評価以上の適確な判断が可能となり、外力による変状の有無、劣化予測基礎データの取得、対策工計画の立案に有効であると判断できる。

4. 路面輝度の向上

舗装面における輝度の測定結果から、路面の明るさの向上が確認できた。路面輝度の向上については、点検洗浄前後の輝度計測によって、路面の平均輝度が、7.87(1x)から9.33(1x)に向上した。計測データを図-2に示す(上のグラフから、上り線路肩、上り車線中央、道路中心、下り車線中央、下り線路肩測線を示す)。

5. 今後の課題

今回の実験によって、「ひび割れの顕在化」「小片ブロックの除去」が可能であることが確認でき、現在の点検・調査の代替になりうるということがわかった。濁水処理については、使用水量約3～4m³/日に対して、坑口に設けた簡易濁水処理設備に到達する濁水は、数リットル程度であった。これは濁水が路面側溝内に堆積した土砂に吸水されたことが考えられ、路面排水溝清掃も同時に実施することも一考である。また、ノズルと壁面距離(スタンドオフ)が小さいと、覆工面の目荒らし状況が著しくなるため、表面防護(補修)工として、ポリマーセメントモルタル系の吹付け材料や樹脂系表面修復材料の吹付け工をウォータージェットホップに組み込み、今後の実験に加えることにより、「点検」「洗浄」「防護工」のサイクルを完成させたい。このサイクルによって、「ひび割れの顕在化」と「補修対策」が同時に実施できることとなり、健全度評価に新たな指標を与えることができる。また、長期安定性の向上に寄与でき、ひいては今後のアセットマネジメントのコア技術として活用されることが望まれる。

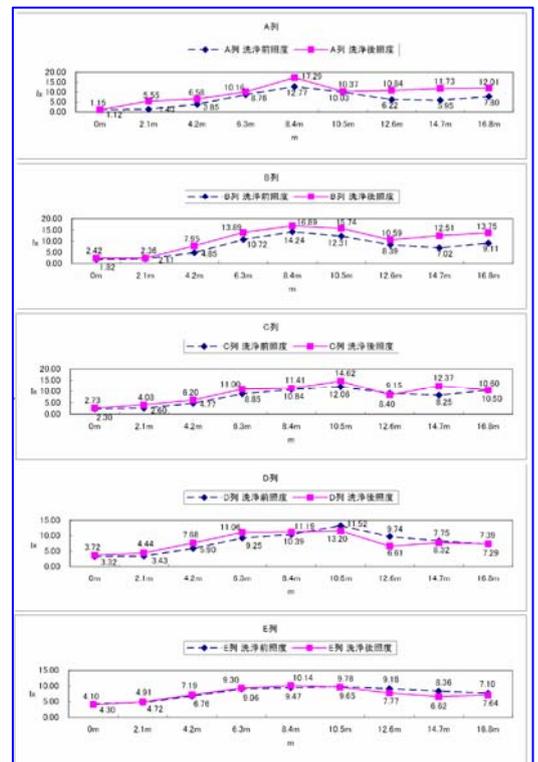


図-2 路面輝度の変化

参考文献

- ・安田, トンネル構造物の維持管理補修の最適化に関する研究, 2004.03
- ・毛利, 安田, 駒村, 山岳トンネルの効果的な維持管理手法に関する検討, 2007.09 土木学会 第62回年次講演会