

小幅トンネル清掃車の開発

中国地方整備局 中国技術事務所 機械課 専門員 川西 範幸

【要 旨】

現有のトンネル清掃車は車道から清掃する方式（写真①）であるが、歩道幅員が3 m以上のトンネルにはアームが短く対応できない。また、交通規制を伴う作業となるため、交通渋滞の発生や交通事故といった問題を有している。一方で、平成13年4月に歩行者、自転車の通行空間の確保について道路構造令が改訂され、今後の道路整備では歩道幅が広がる傾向にある。

トンネル清掃車を使用できない歩道幅の広いトンネルでは、やむなく人力による清掃を行っているが、効率が悪く、作業環境や苦渋性も問題となっている。また、清掃には洗剤と多量の洗浄水を使用しており、環境面も改善の余地がある。

本開発は、歩道幅の広いトンネルにおいて、歩道上を走行して清掃を行うことで車道規制を無くし、作業環境の改善とコスト削減を目的とした小幅トンネル清掃車（写真②）について開発検討を行ったものである。

1. 検討要素

- ・車幅1 m程度の小幅な装置で歩道を自走すること
- ・清掃方式、洗浄水量の省水化
- ・清掃速度の改善（作業の効率化、作業コストの縮減）
- ・低環境負荷型の動力の採用（歩道上の走行とトンネル内の環境を考慮）



写真① トンネル清掃

2. 検討内容・結果

平成16年度に試験装置の設計・製作を行い、基礎試験を行った。平成17年度には試作機を製作し、現場清掃試験を行い、その結果を基に実用機の詳細仕様を決定した。

1) 車両全体

車両寸法は、歩道上を走行することを踏まえ、全幅1.0m、全長4.7m、全高2.45m程度を目標とした。現有機械と同様にディーゼルエンジンと油圧ユニットを組み合わせた構造では広い車両スペースが必要となることから、動力はマイクロガスタービン発電機とし、走行・作業装置類全てを電動化することにより、設計目標寸法に納まるコンパクトな構造となった（写真③）。



写真② 小幅トンネル清掃車（試作機）



写真③小幡トンネル清掃車（試作機） 前景（左） / 左側面（中央） / 後景（右）

2) 清掃装置

清掃装置は、現有機械と同様に湿式の回転ブラシを用いるが、電動モーター駆動方式を採用したことにより、軽量で高回転でのブラシ清掃を容易に実現する事ができた。また、従来は常温の水道水を使用していたが、マイクロガスタービン発電機の排熱を利用することで、常温+40℃（噴霧出口温度）の温水とし、洗浄力を向上することができた。

3) 洗浄水

洗浄に使用する水は水道水（常温・温水）、アルカリ電解水、磁気水について検討を行った。

①水道水（常温・温水）

水道水は壁面の汚れ（主に油分）を軟化させることから温水が有効であり、洗浄効果として明度回復量が常温水より1割程度高いことが解った。

②アルカリ電解水

アルカリ電解水は水道水と比較し、洗浄能力（界面活性力）が高いことが解ったが、以下の要件から採用しなかった。

- ・洗浄能力は高いが、流れ落ちが水道水より弱く、水分とともに汚れが壁面に留まってしまう。
- ・生成機が高価であり設置スペースも必要となる。
- ・アルカリ電解水を生成するのに長時間を要する（500L/8h）。
- ・塗装の劣化、アルミ・真鍮の腐食が懸念される。

③磁気水

磁気水は机上検討の結果、洗浄力について科学的根拠に乏しく効果を検証することが困難であることから採用しなかった。

洗浄力、コスト等を総合的に検討した結果、洗浄水には水道水（温水）を採用することとした。

3. 現地実証試験

平成17年度は、現地試験場所として2現場を選定し、試作機による清掃試験を実施した。

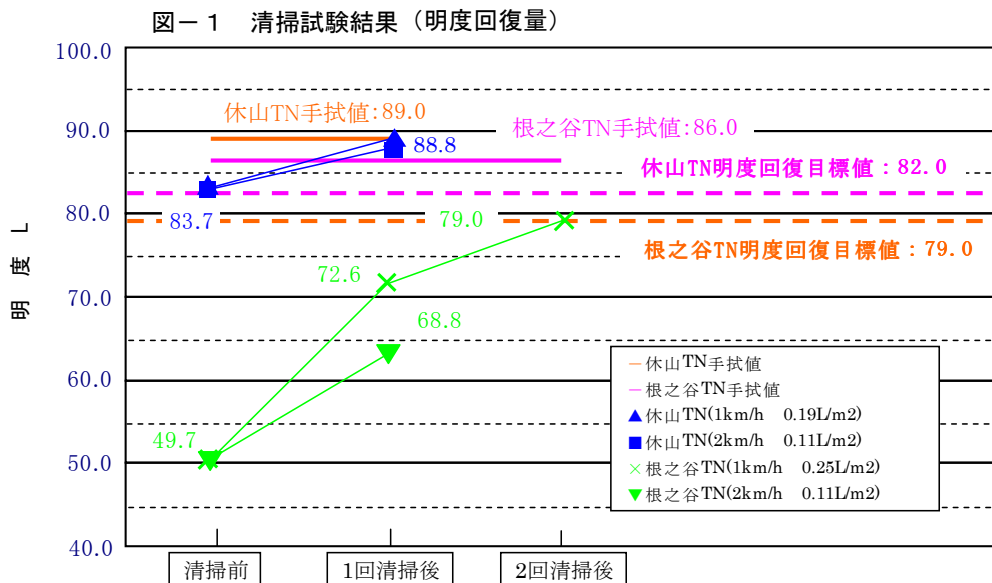
清掃効果は、対象壁面の明度回復量を判定基準とし、効果的な清掃速度と使用水量の関係について検証を行った（図-1参照）。

1) 根之谷トンネル（広島県広島市安佐北区大林 国道 54 号）

根之谷トンネル（写真④）は他のトンネルと比較して汚れが明度で 25 ポイント程度多く清掃速度 2km/h では十分な結果が得られなかったが、清掃速度を 1km/h に落としブラシの接触時間を長くすることで明度を 23 ポイント程度回復することができた。また、2 回清掃を行うことで更に 8 ポイント程度回復量が向上した。

2) 休山トンネル（広島県呉市 国道 185 号）

休山トンネル（写真⑤）は、壁面がタイル貼り（表面が平滑で汚れが落ちやすい）であり、汚れの程度も少ない状況であったため、1 回の清掃で元の明度と同程度まで回復し、清掃試験結果は良好であった。また、省水化に関する使用水量の下限値の見極めを行った結果、下限値は 0.19L/m² であった。



※明度回復量（目標値）の根拠

過去に土木研究所の示した指標（トンネル壁面の汚れについて測定した明度が元の明度の -7.0 以下の場合に清掃の必要性を感じる）から清掃出来形を元の壁面の持つ明度（今回の場合手拭き値とする）から -7.0 以上を目標値として設定した。



写真④根之谷トンネル清掃試験状況



写真⑤休山トンネル清掃試験状況

4. まとめ

小幅トンネル清掃車の開発において、設計検討及び要素試験結果から以下のとおり実現できた。

車両寸法については、車幅 1.0m、全長 4.7m と現有機械（4t～6t ベース車両：全幅 2.3m 程度、全長 7.0m 程度）よりコンパクトな構造とすることができた。また、マイクロガスタービン発電機を採用したことで、排出基準を 1/2～1/4 と大きく下回る排気ガス濃度となり環境負荷の軽減を実現することができた。

省水化については、温水使用による洗浄効果向上と、散水ノズルを霧状とすることで実現できた。

現地試験の結果からトンネル清掃 1 km 当りの使用水量を算出した結果は表-1 のとおりで

表-1 水の使用量比較

| | |
|-----------------|-----------|
| 現有トンネル清掃車(標準歩掛) | 3,000L/km |
| 小幅トンネル清掃車(試作機) | 420L/km |

あり、現有機械の 1/10 程度の水量で壁面清掃を行うことが可能となった。また、省水化により給水回数の低減と、無給水の施工延長の延伸も図っている。

作業速度は作業試験の結果から 2km/h を上回る速度では、前方と壁面を同時に確認しながらの運転操作はオペレーターに負担となり危険性を伴うため、2km/h を最大値とすることとした。

表-2 は現地清掃試験の結果からトンネル清掃 1 km 当りの時間を算出したものであるが、試作機の清掃速度が同等の場合、現有機が洗浄と清掃で合計 3 回走行を行うのに対し、試作機は洗浄と清掃を併せて 1 回の走行（洗剤の不使用により効率化）で完了することから作業効率の向上を図ることができると考える。

表-2 清掃時間比較

現有トンネル清掃車(標準歩掛)

| | 速度 | 時間/回 | 回数 | 時間 |
|----|---------|---------|----|---------|
| 洗浄 | 3.3km/h | 0.3h/km | 2 | 0.6h/km |
| 清掃 | 1.7km/h | 0.6h/km | 1 | 0.6h/km |
| 給水 | | 0.3h/km | 1 | 0.3h/km |
| 合計 | | | | 1.5h/km |

小幅トンネル清掃車(試作機)

| | 速度 | 時間/回 | 回数 | 時間 |
|----|-------|---------|----|---------|
| 洗浄 | — | — | — | — |
| 清掃 | 2km/h | 0.5h/km | 1 | 0.5h/km |
| 給水 | | — | — | — |
| 合計 | | | | 0.5h/km |

5. おわりに

小幅トンネル清掃車の開発に関して、当初目標のとおり車幅 1 m 程度の自走式清掃機械の開発及び省水化、環境への配慮について良好な成果が得られた。また、現有機械に比べ作業効率が向上し、コスト縮減が期待できるものとする。

今後は、実現場への導入を図り、清掃実績データの収集、現場適用性の向上のための調査を実施する予定である。