

# 41. トンネル内装板清掃機械(交通障害対策型)の開発

建設省(東北技術)：江本 平・\*今野 順二

## 1. はじめに

ドライバーがトンネルを走行する際、壁面が汚れていると緊張した状態での運転を強いられる。

それでトンネル壁面の維持管理が必要であり、内装板の設置やトンネル清掃が行われている。現在のトンネル清掃は、主にトラックに回転ブラシを組み合わせたトンネル清掃車で行われている。

トンネル清掃車は1回の走行で片側壁面の清掃が可能で、また同時に照明灯具の清掃を行う機種も一部で実用化され成果ををもたらしている。しかし、一車線を占有する低速での路上作業となっているため交通障害の発生や追突事故の危険をはらんだ作業環境となっている。

そこで、車線規制を伴わずトンネル内装板の清掃が行えるトンネル内装板清掃機械の開発を行うものである。

本報告は、トンネル内装板清掃機械(交通障害対策型)の開発に関する試験・調査及びの概略設計検討のとりまとめについて中間報告を行うものである。



写真-1 トンネル清掃車施工状況

## 2. 開発機の検討

トンネル清掃作業の問題点を改善するために開発を行う車線規制を必要としないトンネル内装板清掃機械(以下「開発機」という)の基本条件は次のとおりである。

### 2.1 開発機の基本条件

- ①交通障害を発生させない為に、車道と壁面との間のスペースで作業ができる清掃機械とする。
- ②1台で複数のトンネルを対象とする清掃機械とする。
- ③特に熟練を要さず清掃作業が可能な清掃機械とする。  
※既存のトンネル清掃車は機械操作に熟練が必要である。
- ④当面の清掃の対象をトンネル内装板とする。

### 2.2 作業可能幅員の検討

#### (1) 開発機の作業幅員

東北地建管内トンネルの車道(建築限界)から壁面までの寸法(図-1のW)を調査し作業可能幅員の検討を行った。調査の結果、Wが750mm以上のトンネルが東北地建管内トンネル総延長の66%であった。

そこで、作業可能幅員を750mmとして検討を行う。

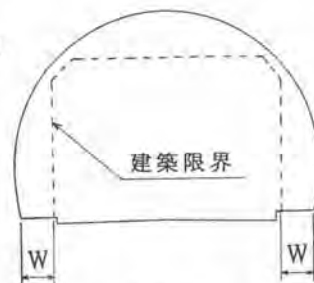


図-1 建築限界～壁面距離

表-1 東北地建管内の作業可能幅員割合

作業スペース W (mm)	割合 (%) ( $L_2/L_1 \times 100$ )	該当トンネル延長 $L_2$ (m)
800以上	27.5	39,220.9
750以上	65.7	86,583.6
700以上	66.7	87,876.6

調査トンネル総延長  $L_1 = 131,744.6$  m

### 2.3 清掃方式の検討

トンネル内装板清掃方式には、洗浄水を使う湿式清掃方式と洗浄水のいらぬ乾式清掃方式が考えられるが以下の理由で乾式清掃方式で検討を進める。なお、乾式で対応できない場合には必要最小限の水を使用する湿式清掃方式も検討する。

- ①かさばる水タンクが不要であり小型（薄型）の清掃機械を開発する上で有利である。
- ②洗浄水の補給が不要であり作業効率が良い。
- ③洗浄汚水が発生しないので環境への影響がなく、また、冬場の路面凍結の心配がない。

### 2.4 走行方式の検討

走行方式としてはレール式と自走式が考えられる。開発機は特定のトンネルに固定的に配置するレール式ではなく複数のトンネルを清掃する機械と位置づけているので自走式で検討する。ただし脱輪・転倒防止などには十分配慮し安全を確保するものとする。

### 2.5 その他の開発検討

#### (1) 突起物の回避

トンネル内には非常用施設や標識が設置してあり、それらの突起物は清掃の際に破損の恐れがあるため回避する必要がある。調査の結果、突起量は最大135mmであり150mm程度回避する機構を検討する。

#### (2) 清掃面追従機構

トンネル内装板とトンネル壁面（コンクリート面）との取付寸法を調査すると、数センチのばらつきがあった。開発機はトンネル壁面をガイドにし走行する方式で検討を進めているため、清掃ブラシと内装板の相対距離が常に変化する事になり、清掃ムラやブラシ回転力の負荷変動が発生するとともに所要出力も大きくなるなどの不都合が生じる。そのため清掃ブラシの内装板への自動追従機構が必要である。

## 3. 室内清掃試験

表-2 清掃効果（試験片による平均値）

実績の少ない乾式清掃方式で開発検討を進めるため試験片による室内清掃試験を行った。試験は管内のトンネルに設置されている4種類の内装板を対象に、乾式清掃に適する砥粒入りナイロン線材ブラシによる乾式清掃試験を行い清掃効果及び塗装の耐久性等について調査を行った。

内装板種類	清掃後反射率		清掃前反射率	新品の反射率
	乾式清掃	湿式清掃		
石綿セメント珪酸カルシウム板型	45.9%	56.1%	45.8%	77.7%
特殊合金亜鉛メッキ鋼板型	70.7%	77.3%	44.0%	83.8%
スチール鋼板型（有機質系塗装）	79.1%	80.8%	59.7%	84.0%
スチール鋼板型（無機質系塗装）	67.3%	79.7%	45.9%	87.3%

※反射率：被測定物の色の明るさを、入射角45度で受光角0度の時の反射率を測定して百分率で表す。

表-3 内装板耐久試験

#### (1) 清掃効果試験

清掃試験は、暴露1ヶ月→乾式清掃を3回くり返した試験片を、さらにトンネル内にもう1ヶ月間暴露し汚した後、乾式清掃及び湿式清掃（建設省保有トンネル清掃車による）を行った。

その結果、清掃効果については湿式清掃の方がやや高い傾向にあるが、石綿セメントを除けば乾式清掃でも高い水準の清掃効果が得られた。

内装板種類	塗膜厚減少率/清掃回数	
	200回	480回
石綿セメント珪酸カルシウム板型	—	—
特殊合金亜鉛メッキ鋼板型	81.7%	76.6%
スチール鋼板型（有機質系塗装）	25.7%	32.9%
スチール鋼板型（無機質系塗装）	39.5%	88.2%

※1月のベースで清掃した場合、480回は40年間に相当  

$$\text{塗膜厚減少率} = \frac{\text{清掃ですり減った塗膜厚}}{\text{新品の塗膜厚}} \quad (0\% \text{は新品})$$

## (2) 塗装面耐久試験

砥粒入りナイロン線材ブラシを使用することから、塗装面の耐久試験を行った。その結果、石綿セメント製は80回程度で下地が露出し乾式での対応は困難であるがそれ以外の内装板は耐久性について問題がないと判断される。

## 4. 現場清掃試験

乾式による清掃試験を実際のトンネル内で行える清掃試験機を製作し、国道47号線長尾トンネルにおいて試験清掃を行い清掃効果、発生粉塵影響及び作業状況の調査を行った。

### (1) 清掃効果試験

試験清掃後の反射率の値が70%以上になり条件の良い室内試験の結果と同様高い水準の清掃効果が得られた。また、ドライバーから見た視感的な仕上がり具合についても均一にムラなく清掃できた。

### (2) 発生粉塵影響調査

水を使わない乾式清掃により発生する粉塵が通行車両のドライバー及び作業員に及ぼす影響を調査した。その結果、清掃試験機周辺の粉塵濃度は $0.02\sim 0.10\text{mg}/\text{m}^3$ 、最大でも $0.12\text{mg}/\text{m}^3$ であり、公害防止法の環境基準値 $0.20\text{mg}/\text{m}^3$ 以下であった。

(作業前の粉塵濃度は $0.01\sim 0.04\text{mg}/\text{m}^3$ ) また、粉塵による視界の低下も認められず発生粉塵による影響は問題のない水準であると考えられる。

### (3) 作業状況調査

コンクリート壁面にサイドキャスターを押付けて自走する方式は、蛇行などの問題もなく安定した軌道走行ができた。

以上の試験結果より乾式清掃方式を中心に検討を進め、乾式で対応できない場合やより高い清掃効果を求める場合等のために湿式清掃も可能となる開発機の検討を行う。

## 5. 実用機の概略設計

清掃試験等の結果を受けて実用機の概略設計を行った(図-3及び表-5)。開発機の概要及び特徴は以下のとおりである。

(1) 幅員750mm以上の監査廊を自走しながらトンネル内装板を清掃する清掃機械とする。

- ① トンネルにレールなど設備を必要としない。
- ② トンネル間の移動が容易である
- ③ 転倒防止等の安全性については、十分な確認が必要

(2) 乾式清掃方式を基本とする(洗浄水を回収リサイクルする給水台車を組み合わせた湿式清掃も検討する)

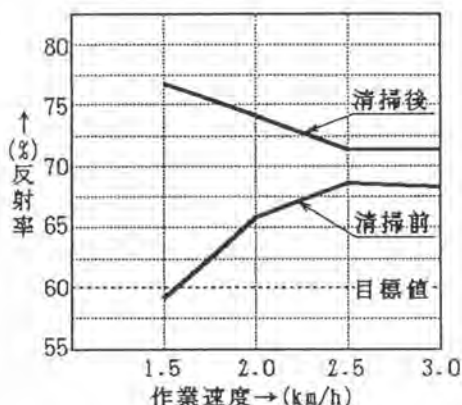


図-2 清掃効果(トンネル内試験清掃)



写真-2 清掃試験状況(トンネル内)

(3)操作は1名で行う（既存トンネル清掃車は2名で操作）

(4)運搬はクレーン装置付き2トトラックで行う。

(5)内装板への自動追従機構

ガイドローラーを内装板に接地させ、油圧シリンダーとバネを組み合わせ内装板に自動追従する機構とする。

(6)障害物回避

清掃ブラシ部前方に障害物検出バーを設けて油圧シリンダーで回避する機構とする。

(7)転倒防止対策

万が一の脱輪などによる転倒防止の為に、車道側に補助輪を設ける。

(8)軌道走行（脱輪防止）

サイドキャスターを壁面に沿わせて軌道走行を行う。

(9)ブラシ昇降（アーム部）

清掃ブラシ部昇降方式を平行リンクのアームリフト方式とする。

表-4 トンネル内装板清掃機械主要仕様

項目	概略設計値	
重量	970kg	
全長	3,008mm	
履帯外寸法	620mm	
全高	下部作業時	1,604mm
	最高部作業時	2,614mm
エンジン 定格出力	走行用	6.0ps
	ブラシ用	16.0ps
作業速度	1.5~3.0km/h	
作業条件	幅員750mm以上の監査廊必要	
作業範囲	地上100~2,150mm (金属性内装板対象)	
駆動方式	ゴム履帯式 (ガイドレール等の不要な自走式)	
清掃ブラシ	φ400mm×幅1,100mm	
軌道走行方式	サイドキャスター壁面押付け	
転倒防止対策	車道側に補助輪設ける (万一の脱輪などに対応)	

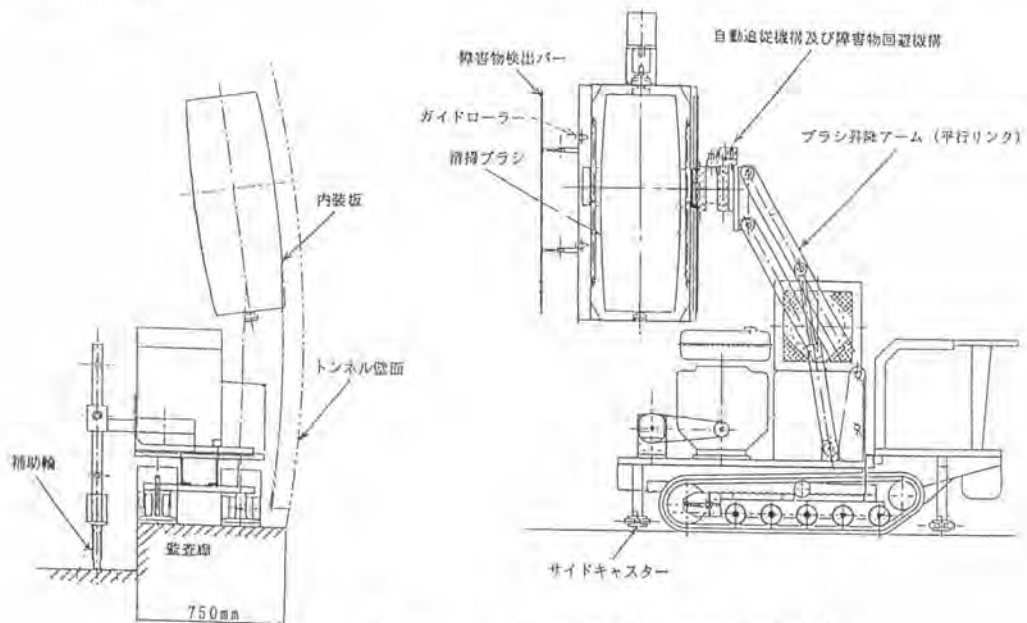


図-3 トンネル内装板清掃機械外形図

## 6. まとめ

トンネル内装板清掃機械（交通障害対策型）の今回の報告は実用機の概略設計までである。今後の計画は、設計検討した自動追従機構、障害物回避機構、自走式の走行方式などについて清掃試験機によるトンネル内での機能確認及び適応性試験を行い、改良を加え実用化を目指すものである。