

69. 交通への影響に配慮したトンネル内装板清掃機械の開発

建設省（東北技術）：江本 平・*鈴木 邦昭

1. はじめに

一般車両がトンネル内を走行時、壁面が汚れていると車道と壁面の区別がつきにくくなり常に緊張した状態での運転となる。

そのため壁面の清掃維持管理が行われているが、現在の清掃は一車線を占有する低速での作業であるため交通障害の発生や追突事故等の危険な作業環境となっている。

そこで、一車線を占有せずにトンネル内の監査廊幅で内装板の清掃が行える小型の機械の開発を行った。

2. 開発の内容

開発する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ために、車道と壁面との間のスペース（監査廊幅内）で作業が出来る開発機とする。
- ②1台で複数のトンネルを対象とする開発機とする。
- ③特に熟練を要さず清掃作業が可能な開発機とする。
- ④清掃方式は汚水処理の省略や機械の大型化を避けるため、当面「乾式清掃」で行うが湿式清掃でも対応出来る構造とする。（水タンク等の補機が後付け可能）

2. 2 作業可能幅員の検討

東北地建管内のトンネルの車道（建築限界）からの壁面までの寸法（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として開発機の検討を行う。

2. 3 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



写真-1 トンネル清掃車
施工状況(現状)

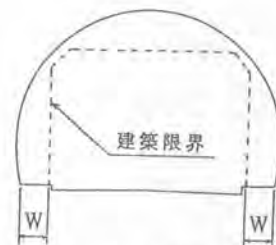


図-1 建築限界

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・転倒防止等には十分配慮し安全を確保するものとする。

2. 4 その他の開発検討

2. 4. 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。各トンネルの設置寸法等の調査の結果より、150mm程度回避する機構を検討する。

2. 4. 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ことになり、清掃ムラやブラシ回転力の負荷変動が発生すると共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を検討する。

3. 試作機製作

平成2年度から4年度までのトンネル内における各寸法調査及びブラシ・内装板等の単品による耐久試験を行い、結果を踏まえ、平成5年度に市販の超小型多目的ホイールローダを改造し、試作機を製作した。しかし、この段階での機械幅員は1,000mmを超えており、目標である監査廊幅750mmを走行出来ない。そのため平成6年度に足廻り等を改造し、機械幅員を小さくした。

試作機の概要は次のとおりである。

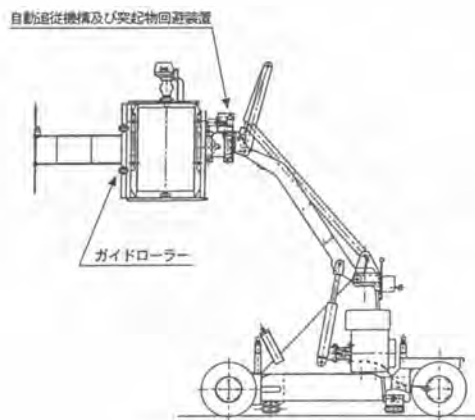


図-2 試作機概要

表-1 試作機仕様

項目	設計値	備考
重 量	715kg	
全 長	2,715mm	
全 幅 小	1,180mm	
全 幅 大	2,540mm	
全 幅 (11号機)	820mm	
ホイールベース	1,510mm	
タイヤ	151/2×6×10	
エンジン定格出力	4.0ps/2,500r.p.m	
油 圧	180kg/cm ²	
清掃ブラシ	寸 法	φ400mm×L600mm
	線材質	7775-N ¹ 付磁粒入り
油 圧 ポンプ	11.3cc/rev	
走 行 モーター	506cc/rev×4個	
ブラシ駆動モータ	20.3cc/rev	
自動追従機構	圧差押し式	
障害物回避機構	自動回避式	
清掃範囲(高さ)	100~2,100mm以上	走行面からの清掃高

4. 清掃試験調査

試作機の足廻り等の改造後、国道47号線長尾トンネルにて清掃ブラシの材質、ブラシ回転数、作業走行速度等を変えながら乾式試験清掃を行い、清掃前後の内装板反射率値、発生粉塵影響及び作業状況の調査を行った。

また、事務所構内に清掃試験装置を設置し、湿式試験清掃を行った。

4. 1 清掃効果

試験清掃前の内装板反射率値が約50%に対し、清掃後の反射率値が約70%程度となり、高い水準の清掃効果が得られた。

但し、ナイロンブラシについては湿式清掃を行っても砥粒入りブラシより清掃後の反射率値が上がらなかった。



写真-2 試作機現場清掃状況

4. 2 発生粉塵影響調査

乾式清掃による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、試作機（清掃後）周辺の粉塵濃度は公害防止法の環境基準値の $0.20\text{mg}/\text{m}^3$ 以下であった。

作業前： $0.01\sim 0.04\text{mg}/\text{m}^3$

作業後： $0.02\sim 0.12\text{mg}/\text{m}^3$

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無い水準であると考えられる。

4. 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、蛇行等の問題もなく安定した走行が出来た。

4. 4 清掃ブラシつぶれ代量

つぶれ代5mmの設定では、清掃試験した内装板の一部（凹部等）に清掃残しが発生した。

つぶれ代15mmの設定では、内装板への押付力が約35kgを必要とする。しかし、押付力が約35kgでは内装板追従キャスタの内装板への負荷が大きくなり、内装板の損傷やはずれ等が発生する恐れがある。

つぶれ代10mm（押付力約30kg）の設定では、清掃残し部分も無く、内装板が損傷する恐れも無く清掃作業に適している。

4. 5 清掃ブラシ回転数

適量つぶれ代10mmに対してブラシ回転数を約700～800rpmに設定すると高い水準の効果が得られ

表-2 清掃効果（反射率）

清掃方式	ブラシ材質	反射率 %		
		清掃前	清掃後	備考
乾式	酸化アルミナ	4.9	7.3	
	シリコナーホワイト	5.1	6.9	
湿式	酸化アルミナ	4.6	7.5	
	シリコナーホワイト	4.7	7.3	
	ナイロン	4.4	4.9	

※ 清掃条件 つぶれ代 10mm

作業速度 約1.5～2.0km/h

乾式：長尾トンネル内での清掃試験

湿式：事務所構内試験装置での清掃試験

ることがわかった。

障害物回避時の粉塵飛散防止のためブラシ回転の自動停止（減速）の制御検討が必要である。

4. 6 作業走行速度

清掃作業効率を高めるためには作業走行速度を速くする必要がある。またブラシ回転数を増加させる必要がある。しかしそれによって、駆動力の増加が必要となる。

また、作業走行速度を上げることによって機体の揺れも大きくなり、均一な清掃が出来なくなると考えられる。

試験清掃調査より、最良の作業走行速度は1.5～2.0 km/hが適当と考えられる。

5. 今後の検討課題

開発機の実用化に向けた今後の検討課題として、試験清掃調査のまとめで示した作業最適条件を確立すると共に乾式及び湿式清掃を行うための補機の配置検討、試験を実施する必要がある。

平成6年度の現場清掃試験時にわかったことであるが、設計上のトンネル監査廊幅員が750mmであっても実測では700mmと狭くなっている箇所等があり、実用機の導入にあたっては清掃機械幅員の再検討が必要である。

試作機は走行方式をホイール式で進めてきたが実用機の製作にあたっては現場条件を考慮し、他の走行方式（クローラ式等）の検討も必要である。

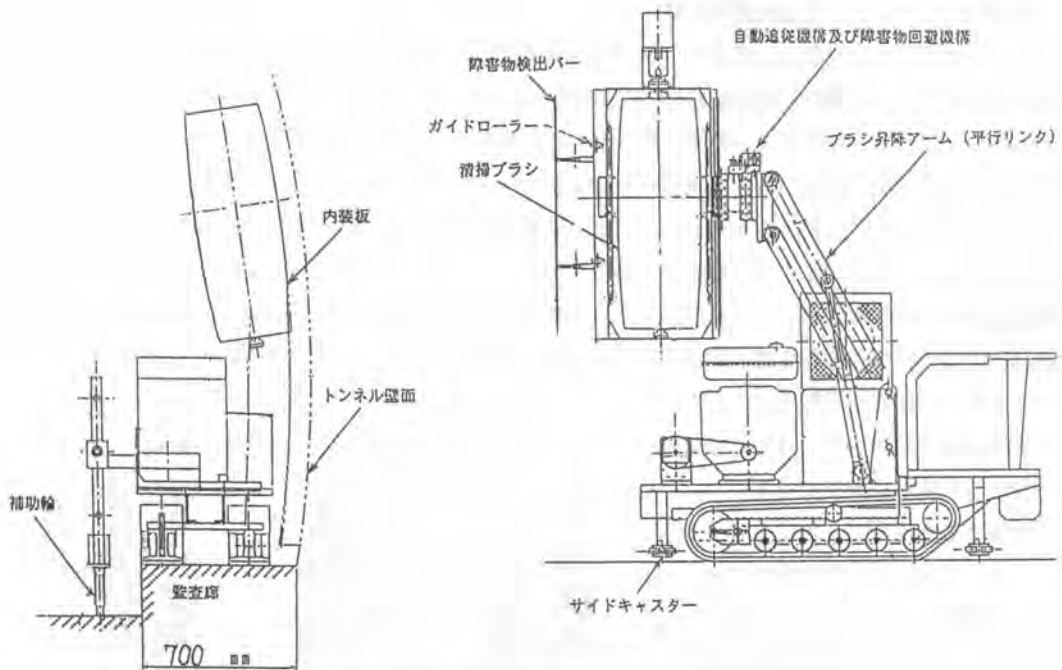


図-3 実用機概要図