

## シールドトンネル用セグメント背面防水塗膜の開発 (1)

## -耐テールブラシ傷性能評価-

日本製鉄(株) 正会員 ○中島 正整  
 関西ペイント(株) 正会員 三谷 誠  
 早稲田大学 正会員 岩波 基

## 1. はじめに

シールドトンネルの長耐久化において、一般に、セグメント本体やトンネル内部構造物の劣化に対する地山からの漏水抑止が重要とされている。この観点において、例えば鋼製セグメントの漏水抑止は、スキンプレートに負うところが大きい。通常、長期的なスキンプレート耐久性に関しては、土中の平均腐食速度 0.01～0.02mm/年を前提とした腐食代を設けて構造性能としての耐久性を担保することが多い。しかしながら、この考え方は構造性能劣化評価としては適切であるが、実際の土中腐食における腐食速度の比較的大きなバラツキや、局所的な腐食促進現象を考慮すると、止水性能劣化評価としては必ずしも適切ではないと思われる。また、近年、供用期間中にスキンプレートが孔食し、トンネル内への漏水発生事例も報告されている。これらの状況を鑑み、筆者らは、シームレスな膜を形成可能であり、施工性に優れ、組成や膜厚の調整で様々な性能を発揮できる塗装材料の特徴を活かし、セグメント背面用水性アクリルゴム系防水塗膜を開発した。

セグメント背面は施工時において、シールドマシンのテールブラシによる負荷を受けるため、セグメントの防水塗膜については、テールブラシ負荷に対する性能とその評価が不可欠である。本稿では、特に裏込め注入材やテールシーラーのような流動性のある材料が、テールブラシの変形及び防水塗膜の損傷に与える影響を考慮して開発したテールブラシ傷再現試験装置及びこれによる防水塗料の性能評価の概要について報告する。

## 2. テールブラシ傷再現試験概要

防水塗膜の損傷深さは、テールブラシのバネ鋼板を塗膜に押し付ける荷重強度のみならず、バネ鋼板と塗膜の接触角度も大きく影響すると思われる。そのため、実施工におけるテールシーラーなどによるバネ鋼板の変形状態の再現性が、塗膜の耐テールブラシ傷性能の評価において重要であると考えられる。

上記を踏まえて新たに開発したテールブラシ傷再現試験装置の概要を図-1に示す。テールシーラーの流動性を再現しつつ、同時に試験機からの漏出を簡易に抑制するため、テールブラシ周辺をアクリル板により密閉空間とし、さらに、ラッピングしたテールシーラー(図-2)をテールブラシ背面に配置した。

試験に供した塗膜試験板を図-3に示す。塗膜には、セグメント間およびリング間における塗膜段差を再現し、深さ1mm程度のスリットを設けた。

試験ケースを表-1に示す。試験塗膜として、ベースとなったアクリルゴム系塗膜1、今回開発したアクリルゴム系塗膜2、および比較用にエポキシ樹脂系塗膜を準備した。アクリル樹脂は、一般的な防水塗料として実績があり、耐薬品性に優れることが知られている。また、三谷らの報告<sup>1)</sup>によれば、アクリルゴムの低い弾性

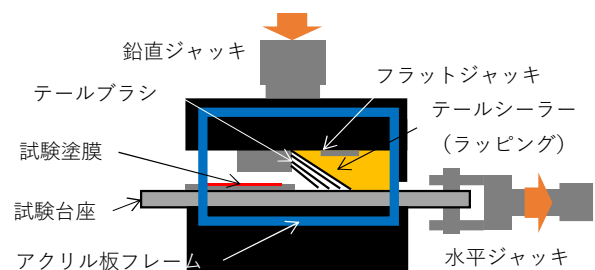


図-1 テールブラシ傷再現試験装置



図-2 テールシーラー 図-3 塗膜試験板

キーワード シールドトンネル, セグメント, 耐久性, 防水, テールブラシ

連絡先 〒100-8071 東京都千代田区丸の内2-6-1 日本製鉄株式会社 建材開発技術部 TEL 080-2299-0284

率と高い伸び性能が、テールブラシのような高負荷なずり荷重を適度にいなし、塗膜損傷を最小限に抑えられる可能性が示されている。今回開発した塗膜は、ベース塗膜に対して柔軟性を維持した範囲内で弾性率を適度に向上させ、さらに動摩擦係数を大きく低下させている。その他、テールクリアランスは40mmと80mmの2水準とし、作用圧力は大深度地下施工を想定して1.0MPaとした。

表-1 試験条件

ケース	樹脂系	膜厚	テールクリアランス	作用圧力	備考
1-1	アクリルゴム1	2.0mm	40mm	1.0MPa	ベース塗膜
2-1	アクリルゴム2	2.0mm	40mm		開発塗膜
2-2		2.0mm	80mm		
2-3		1.0mm	80mm		
3-1	エポキシ樹脂	2.0mm	80mm		比較用塗膜

### 3. 耐テールブラシ傷再現試験結果

試験状況を図-4に、試験結果を表-2に示す。ケース1-1（ベース塗膜）では、テールブラシのバネ鋼板に起因すると思われる深さ1.0mmのえぐれ傷が確認された。これに対して、試験塗膜2（開発塗膜）では、えぐれ傷はほとんど発生せず、ケース1-1と同条件の試験（ケース2-1）においては、ブラシに起因すると思われる深さ0.2mmの線傷が発生したにとどまった。弾性率の適正化、動摩擦係数の低減が奏功したと思われる。



図-4 試験状況

また、テールクリアランスを80mmとした試験（ケース2-2）では、線傷の深さは0.4mmであり、テールクリアランスが大きい方が深い損傷を受けていた。テールクリアランスが大きい場合、テールブラシが直角により近い状態で塗膜に押圧されることになり、結果として塗膜にとってより厳しい状態になった可能性がある。これは、テールブラシ背面を流動性のある材料で押圧することで初めて再現された状態であると思われる。

比較品として試験したエポキシ樹脂系試験塗膜については、塗膜の大部分が剥がれ、下地鋼板が大きく露出する結果となった。弾性率や硬度を上げることで耐テールブラシ傷性能を向上させる可能性はあるものの、それに見合う付着性能がなければ塗膜全体が剥がれる可能性があり、一概に弾性率や硬度を上げることが良策とは言えないことを示唆している。

表-2 試験結果

ケース	1-1	2-1	2-2	2-3	3-1
樹脂系	アクリルゴム1	アクリルゴム2			エポキシ樹脂
膜厚	2.0mm	2.0mm	2.0mm	1.0mm	2.0mm
テールクリアランス	40mm	40mm	80mm	80mm	80mm
外観					
損傷深さ	1.0mm	0.2mm	0.4mm	0.2mm	2.0mm

### 4. おわりに

セグメントの長耐久化を目指した防水塗料を開発し、その耐テールブラシ傷性能を検証した。本塗料の採用により、特に鋼製系セグメント本体の長期止水性能を飛躍的に向上させることができると考える。今後は、本塗料の土中における耐久性能を定量的に評価し、トンネルLCCの適切な評価および削減に資する技術として確立させる予定である。

<参考文献> 1) シールドトンネル用セグメント背面防水塗膜の開発 (2) 土木学会第77回年次学術講演会