

シールドトンネル用セグメント背面防水塗膜の開発（2）

—テールブラシ傷に耐える防水塗膜の特徴—

関西ペイント(株)	正会員	○三谷 誠
	正会員	太田 優輝
		松田 英樹
日本製鉄(株)	正会員	中島 正整
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防水性向上のため、鋼製セグメントの背面スキンプレート外面部に厚膜防水塗料の適用を検討している。

目的とする塗膜は、長期間地下水に曝されるため地下水への耐性、さらには施工時におけるシールドマシンのテールブラシによる低速かつ大きな荷重のずり負荷から受ける傷への耐性など様々な性能が求められることになるため、新たに開発した。本稿では、開発品の特徴とテールブラシに耐える塗膜の基本物性を評価したので、その概要について報告する。

2. セグメント背面用防水塗料の特徴

(1) 塗料選定の考え方

シールドトンネルが設置される土中環境は、地下水に満たされ、かつ低酸素濃度下である。そのため、腐食対策としては防水が有効であり、酸素遮断性に優れるエポキシ樹脂系防食塗料である必要はないと考える。しかし、地下水との接液環境に長期間曝されるため土中に存在する酸やアルカリ成分に対し、一定の優位性を有する樹脂系が必要であることから、比較的耐薬品性に優れることが古くより経験的に知られているアクリル樹脂を選定した。このアクリル樹脂を乳化重合などにより水性化する²⁾ことで、樹脂の高分子量化を図ることができ、耐薬品性に対して更に優位になることが期待できる。

これらのことから、セグメント背面用防水塗料の基本組成として、既に陸上構造物で実績があり、かつ厚膜塗装が可能である水性アクリルゴム系防水塗料を選定した。本塗料からなる塗膜は、鋼製セグメントの防食塗料として使用されるエポキシ樹脂系塗膜などと比較して、著しく低弾性率かつ高伸び率であり高い柔軟性を有する。この特性を有する塗膜により、テールブラシの低速かつ大きな荷重のずり負荷を適度にいなし、力を分散することで、塗膜への損傷を最小限に抑えられると考えた。

(2) テールブラシ傷に耐える塗膜の基本特性

シールド工法で用いられるテールブラシを写真-1に示す。テールブラシはブラシとなる波状の針金の束をバネ鋼板で挟み、その中には白色のテールシーラーが充填されている。テールブラシが塗膜上を通過する際、塗膜に働く力を模式化したものを図-1に示す。このとき、テールブラシ自体も、テールシーラーや地下水など



写真-1 テールブラシ

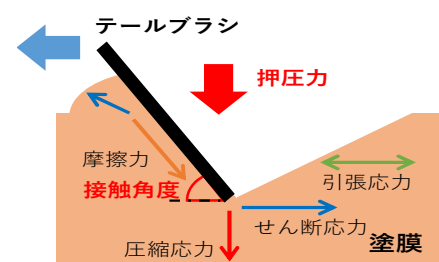


図-1 塗膜がテールブラシから受ける力のイメージ

キーワード シールドトンネル、セグメント、テールブラシ、アクリルゴム系防水塗膜、耐久性、塗料

連絡先 〒144-0045 東京都大田区南六郷3丁目12-1 関西ペイント株式会社 汎用塗料事業本部 TEL 03-3732-8123

の流動性のある材料により押圧されるため、ブラシ及びバネ鋼板が変形した状態で塗膜に押し付けられ、この状態でずり負荷を与えていることとなる。塗膜が受ける大きな損傷は、バネ鋼板によるものと考え、テールブラシ傷を低減させるため、水性アクリルゴム系防水塗膜を基として、弾性率の最適化及び塗膜表面の動摩擦係数の低下を狙い開発した。

塗膜の基本物性として、1軸引張り試験による弾性率、破断伸び率、3点鋼球式すべり計測器による動摩擦係数、プルオフ法による付着力を評価した。試験機を写真-2、写真-3に示し、得られた結果を表-1にまとめた。No.1は、汎用品である水性アクリルゴム系防水塗膜、No.2は開発品の塗膜、No.3は汎用品のエポキシ樹脂系塗膜である。開発品の塗膜は、汎用品のアクリルゴム系防水塗膜に対して柔軟性を維持した範囲内で弾性率を上昇させ、動摩擦係数を低減させている。さらに、付着性についても優れていることが分かる。



写真-2 1軸引張り試験機



写真-3 3点鋼球式すべり計測器

3. テールブラシ傷再現試験装置による試験結果

表-1に示す塗膜を用いて、実際の施工状況を模した試験であるテールブラシ傷再現試験³⁾を実施した結果を図-2に示す。No.1は、テールブラシのバネ鋼板に起因すると思われる最大傷深さ1.0mmのえぐれ傷が生じた。一方、開発品のNo.2は同条件で0.2mmの線傷に留めており、傷の抑制が確認された。このことから、弾性率の向上と動摩擦係数の軽減はテールブラシ傷を抑制することが分かった。

No.3は鋼材から塗膜剥離が生じた。エポキシ樹脂系塗膜は開発品に比べ、著しく弾性率が高いことからテールブラシによる負荷をいなすことができず、力が鋼材と塗膜の付着界面に到達し、剥離に繋がったものと考えられる。

4. おわりに

セグメント外面への防水塗料の適用のための検討を実施した。供用環境等を勘案し、耐薬品性に一定の優位性を有する水性アクリルゴム系防水塗料を選定し開発した。この開発品は、高い柔軟性と動摩擦係数の適正化によりテールブラシ負荷をいなして耐えることで著しい塗膜損傷を効果的に抑制し、セグメント背面用防水塗膜としての可能性を示したと考える。今後は、本塗膜の土中における耐久性能を定量的に評価し、長耐久化に資する技術として確立させる予定である。

表-1 防水塗膜基本物性

塗膜	No.1	No.2	No.3
樹脂系	水性アクリルゴム系		エポキシ樹脂系
	汎用品	開発品	汎用品
弾性率 [N/mm ²]	2.3	13.4	376.0
破断伸び率 [%]	1124	875	5
動摩擦係数 [-]	1.8	0.4	0.3
付着力 [N/mm ²]	1.7	2.0	2.4

塗膜	No.1	No.2	No.3
樹脂系	水性アクリルゴム系		エポキシ樹脂系
	汎用品	開発品	汎用品
膜厚	2.0mm	2.0mm	2.0mm
外観			
最大傷深さ	1.0mm (えぐれ傷)	0.2mm (線傷)	2.0mm (素地露出)

図-2 テールブラシ傷再現試験結果

<参考文献>

- 1) 西沢義人, 金属表面技術 現場パンフレット, Vol.10[5], pp.3-5(1963)
- 2) 桑島輝昭, 色材, Vol.80[12], pp.506-515 (2007)
- 3) シールドトンネル用セグメント背面防水塗膜の開発(1) 土木学会第77回年次学術講演会