

JES トンネル内装防水工に使用する塗膜防水剤の性能確認試験

加藤 正喜*1・松岡 茂*2

概 要

HEP&JES 工法の内装防水工に使用する塗膜防水剤にポリマーアスファルト系防水剤を選定した。この防水剤の基本性能を確認するために各種の試験を実施し、付着力、変形追従性能および耐久性能を確認した。今回の試験結果から、ポリマーアスファルト系塗膜防水剤が内装防水工に十分適用可能であることが検証できた。

キーワード：塗膜防水材，付着力，変形追従性能，耐久性能

Performance validation tests of paint film agent for internal waterproofing of tunnels
driven by the JES method

Masaki KATOH*1 Shigeru MATSUOKA*2

Abstract

A polymer-asphalt agent was selected as paint film waterproofing for the inside of tunnels by the HEP & JES method. For the purpose of evaluating the basic performance of this waterproofing agent, we conducted various tests to verify adherence, deformation-following capability and durability. The test results demonstrated that the selected polymer-asphalt paint film agent was satisfactory for the intended inner waterproofing.

Keywords: paint film waterproofing agent, adhesion, deformation-following capability, durability

*1 Construction Technology Group, Engineering Technology Center, Engineering Division

*2 Deputy General Manager, Engineering Technology Center, Engineering Division

JES トンネル内装防水工に使用する塗膜防水剤の性能確認試験

加藤 正喜*1・松岡 茂*2

1. はじめに

HEP&JES 工法で構築された構造物の多くは、函体の仕上げに内装工が採用されている。内装工をコンクリート 2 次製品で施工した場合、継手部分からの漏水が発生することがあり機能および美観上問題となっている。このため、内装パネルを採用する例が多いが、内装パネルはエレメント表面からの結露や錆汁により腐食する恐れがある。現場打ちコンクリートは、メンテナンス上有利であるが、エレメントからの漏水等に起因する剥離・剥落の恐れがある。以上のように、内装工では函体からの漏水が問題となっているが、現状では、内装工によって漏水を完全に防止することはできない。そこで、図-1 に示すように内装背面の函体内全面に防水膜を形成することを提案し、その選定した材料の検討を行った。

本試験では、シート系防水材に比べエレメントへの追従性に有利な塗膜防水剤を選定し、JES トンネル内装防水工への適用性を確認するため、基本性能確認試験として付着性能確認試験、変形追従性能確認試験および耐久性能確認試験を実施した。

2. 塗膜防水剤

本試験で、選定・使用したポリマーアスファルト系防水剤(以下塗膜防水剤)は、防水層とガスバリアーの性質を持ち、常温で吹き付け可能で、施工後直ちにシームレスな防水膜を形成できる。コンクリート、プラスチック、金属、木材に良く付着し、凹凸のある表面やコーナーなど複雑な形状の素材に有効である。

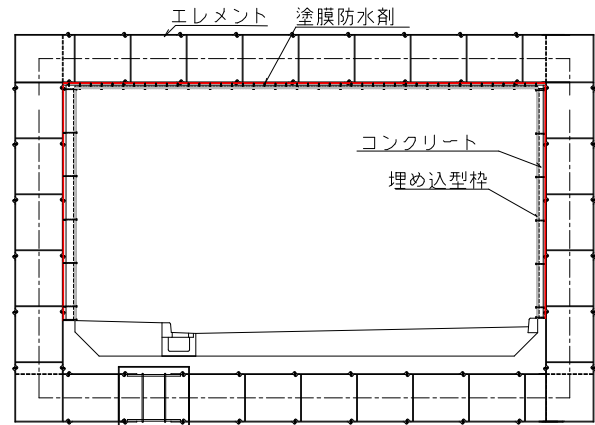


図-1 内装防水工標準図

3. 付着性能確認試験

3.1 試験体

付着性能確認試験体は、JES エレメントを想定した JES 継手と、埋め込み型枠を想定したリディームボードを下地材とし、これらにそれぞれ塗膜防水剤を塗布し、塗布面にコンクリートを打ち込み試験体を製作した。表-1 に試験体の一覧を示す。比較検討用に、コンクリートプライマー E200(以下、プライマー)を使用した。

表-1 試験体一覧

種類	防水剤種類	下地材
No1	塗膜防水剤	鋼板
No2	塗膜防水剤	埋め込み型枠
No3	プライマー	鋼板

3.2 試験方法

試験は、写真-1 に示すように下地材を固定

* 1 エンジニアリング本部 技術センター 施工技術グループ

* 2 エンジニアリング本部 技術センター 副所長

しコンクリート部の直接引張試験にて、下地材とコンクリートの付着面における付着力を確認した。試験時期は、コンクリート材齢が 1 週経過後および 4 週経過後の 2 ケースとした。

3. 3 試験結果

(1) 材齢 1 週結果

材齢 1 週における伸び量と付着応力の関係を図-2 に示す。この結果より、プライマーを塗布した試験体 No.3 が、最大付着応力後に急激な応力減少が生じているのに対し、塗膜防水剤を塗布した試験体 No.1 および 2 は、最大付着応力に達した後も変位の増加に伴い応力の減少が緩やかであることから、高い伸び性能を有することが認められた。

(2) 材齢 4 週結果

材齢 4 週における伸び量と付着応力の関係を図-3 に示す。この結果より、材齢 1 週と同様な結果が認められた。また、プライマーを使用した試験体 No.3 は、材齢 1 週の値と比較して最大付着応力がほぼ半分に低下した。付着応力低下の原因としては、プライマーの塗布厚が影響したものと考えられる。これに対し、塗膜防水剤を使用したものは、材齢 1 週の値とほぼ同様であることから、高い伸び性能により、塗布厚の不均一による付着応力のばらつきへの影響を少ないものにしたと考えられる。

4. 変形追従性能確認試験

4. 1 試験体

試験体は、JES 函体をイメージし、JES 継手部に塗膜防水剤およびプライマーを塗布し、塗布面にコンクリートを打ち込み製作した。図-4 に示すように、プライマーを塗布した試験体は、従来の内装工をモデル化し、コンクリート内に鉄筋を配置した。また、塗膜防水剤を塗布した試験体は、無筋コンクリート構造とし、底板部に埋め込み型枠を設置した。

4. 2 試験方法

試験は、写真-2 に示すように 3 等分点曲げ試験に準拠し実施した。試験体には、鋼板と

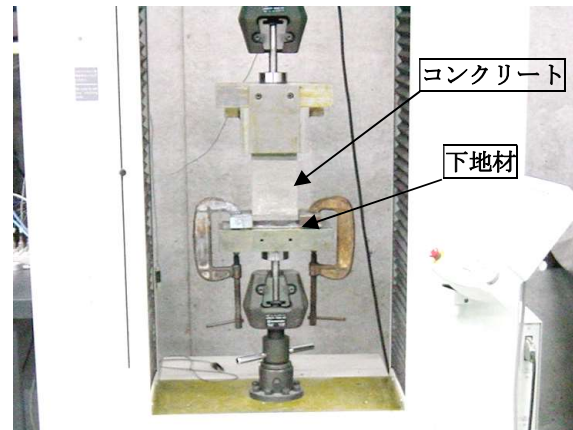


写真-1 付着試験状況

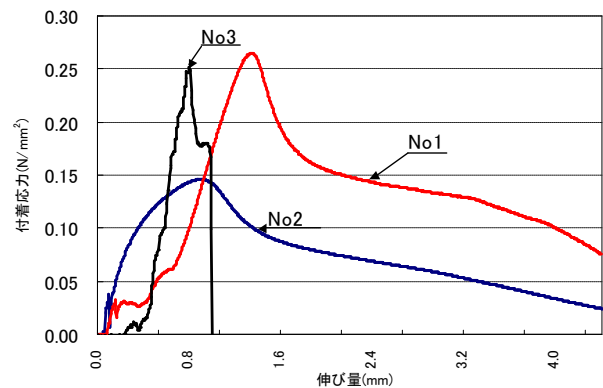


図-2 付着応力と伸び量の関係

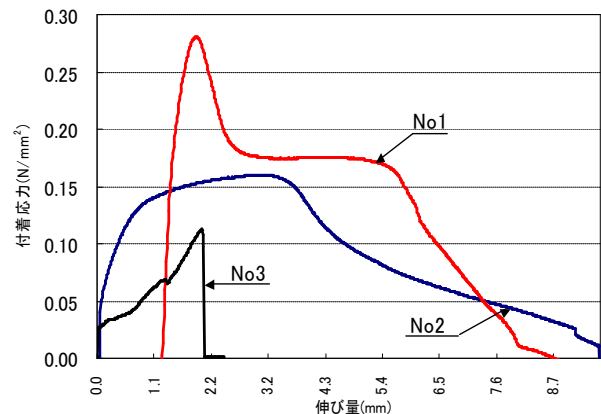


図-3 付着応力と伸び量の関係

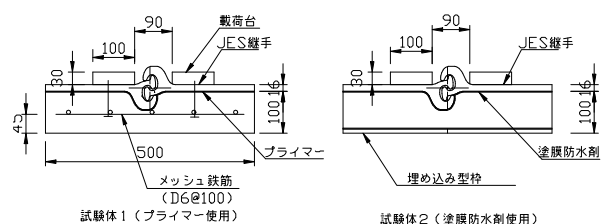


図-4 試験体形状図

コンクリートのすべり方向と離れる方向の2方向を測定する目的で、2軸変位計を試験体中央および載荷点直下に計3台設置した。載荷時におけるJES継手部とコンクリートの鉛直変位と水平変位を測定することで、塗膜防水剤およびプライマーの挙動を確認した。試験時期は、コンクリート材齢が4週経過後とした。

4.3 試験結果

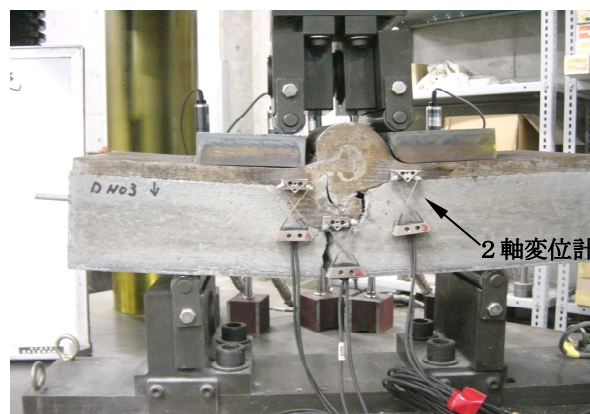
図-5に荷重と補正中央変位の関係を示す。ただし、補正中央変位とはひび割れ発生位置の違いによる影響を除去するため、文献1)に示す方法で算出した供試体中央の鉛直変位である。プライマーを塗布した試験体は、塗膜防水剤を塗布した試験体に比べ、鉄筋が配置されているため、載荷時における中央変位量が小さい。

また、図-6に示す鉛直変位と水平変位の関係から、プライマーを塗布した試験体は、載荷時における水平変位が、鉛直変位に比べ極端に大きい値になっていることがわかる。中央変位が小さいにもかかわらず水平変位が大きいということは、コンクリートとJES継手部の界面剥離が発生し急激な横ズレが生じたものと考えられる。

これに対して、塗膜防水剤を塗布した試験体は、図-6に示すように水平方向変位と鉛直方向変位がほぼ同じ変位量であることが認められた。これは、塗膜防水剤の高い伸び性能により、JES継手部とコンクリートの挙動に塗膜防水剤が追従したためと考えられる。

また、目視により試験終了後のJES継手部とコンクリートの付着面を観察したところ、プライマーを塗布した試験体では、JES継手部とコンクリートの完全な界面剥離が見られたが、塗膜防水剤を塗布した試験体では、塗膜防水剤によりJES継手部とコンクリートが付着を保持した状態で、横ズレに追従していることが確認できた。

なお、付着性能確認試験および変形追従性能試験で使用したコンクリートの品質管理試験結果は、表-2に示すとおりであった。



写-2 3等分点曲げ試験状況

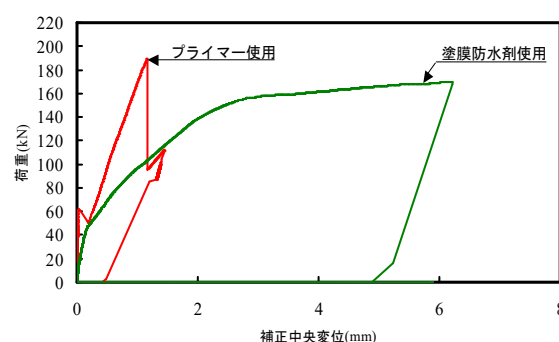


図-5 荷重と補正中央変位の関係

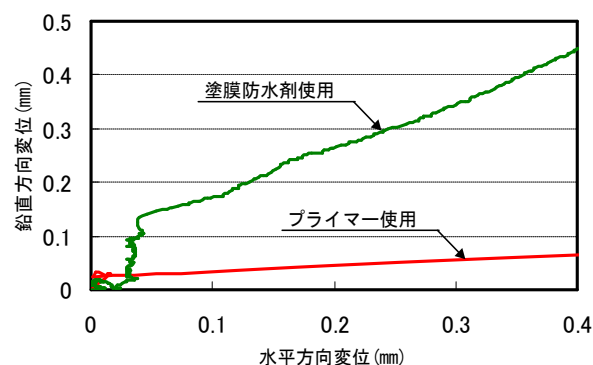


図-6 付着面の鉛直・水平変位の関係

表-2 品質管理試験結果

試験項目	測定値
スランプ	17cm
空気量	3.5%
コンクリート温度	14.0℃
圧縮強度(材齢28日)	26.3N/mm ²

5. 耐久性能確認試験

5. 1 凍結融解試験

(1) 試験体

凍結融解試験の試験体は、コンクリートの凍結融解試験方法 JIS A 1148 A 法に準拠し、図－7に示す仕様で製作した。

試験体は表－3に示す3ケースとした。

TypeA は凍結融解作用面をコンクリート面とした。TypeB は凍結融解作用面としたコンクリート面に塗膜防水剤を塗布した。TypeC は凍結融解作用面としたコンクリート面に塗膜防水剤を塗布し埋め込み型枠を設置した。各タイプとも3体ずつ製作した。

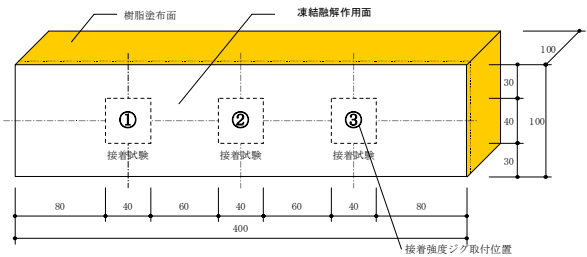
(2) 試験方法

凍結融解試験は、コンクリートの凍結融解試験方法 JIS A 1148A 法に準拠し、TypeA、TypeB、TypeC の各試験体に 0 サイクルから 300 サイクルまで凍結融解作用を与え、各サイクル完了後での相対動弾性係数および質量減少率を 30 サイクル毎に測定し、凍結融解に対する抵抗性を確認した。試験体は、20℃の水中に 24 時間静置した後、凍結融解作用を与えた。

また、TypeC の試験体は、凍結融解作用 0 サイクル、90 サイクル、210 サイクル、300 サイクル完了時に、凍結融解作用面の付着試験を行った。付着試験により、凍結融解作用による塗膜防水材および部材の劣化の確認をした。なお、付着試験は、JSCE E 545「連続繊維シートとコンクリートの付着試験」に準拠した。

(3) 試験結果

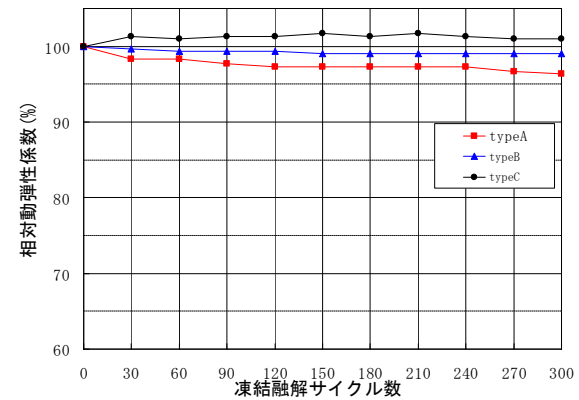
図－8に相対動弾性係数と凍結融解サイクル数の関係を、図－9に質量変化率と凍結融解サイクル数の関係を示す。この結果より、試験体 TypeA は、相対弾性係数が 4%、質量が 3%減少している。原因としては、凍結融解作用によりモルタル部分にポップアウト等の劣化が生じたためと考えられる。一方、塗膜防水剤を吹き付けた試験体 TypeB および TypeC における相対弾性係数の変動量は±1%以内であり、質量の変化はほとんどみられなかった。



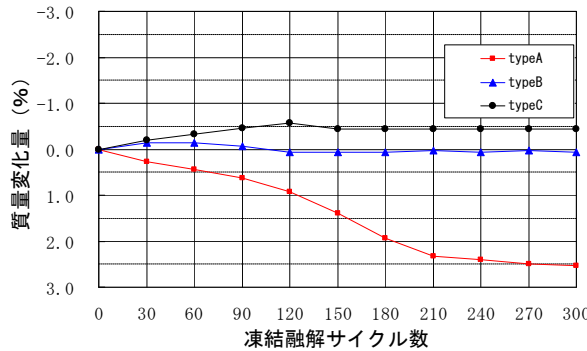
図－7 試験体形状

表－3 凍結融解試験試験体一覧

種類	凍結融解作用面	数量
typeA	コンクリート	3体
typeB	コンクリート＋塗膜防水剤	3体
typeC	コンクリート＋塗膜防水剤＋埋込	3体



図－8 動弾性係数と凍結融解サイクル数の関係



図－9 質量変化率と凍結融解サイクル数の関係

TypeCにおける付着試験結果を表－4に示す。
この結果より、凍結融解作用の前後で付着力に変化はみられなかった。

5. 2 塩化物浸透性試験

(1) 試験体

塩化物浸透性試験における試験体は、JCI-SDSDC12「ポリマーセメントモルタルの塩化物イオン浸透深さ試験方法」に準拠し製作した。
表－5に試験体仕様の一覧を示す。

(2) 試験方法

試験は、試験体の試験面(側面)を除く 4 面(打込み面、底面、切断面、端面)をエポキシ樹脂でシールし、温度 $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ の塩分溶液に 28 日間浸漬した後、塩化物イオン浸透深さを測定した。塩化物イオン浸透深さの測定は、浸漬後の試験体を割裂により二分割し、試験体断面に 0.1%フルオレセインナトリウム水溶液および 0.1N 硝酸銀溶液を噴霧して、蛍光を発しない部分を未浸透域とし、割裂した 1 個の試験体の浸透面から底面に向かい 3 箇所ノギスを用いて 1mm まで測定した。

(3) 試験結果

表－6に塩化物浸透性試験結果を示す。この結果より、膜防水剤が塗布された試験体 TypeE および塗膜防水剤を塗布し埋め込み型枠を設置した試験体 TypeF には、塩化物イオンの浸透は認められなかった。

6. まとめ

ポリマーアスファルト系塗膜防水剤の基本性能確認試験の結果、以下の知見を得た。

- ① 塗膜防水剤は、コンクリートプライマーと同等以上の付着強度があり、高い伸び性能を有する。このため、エレメントおよびコンクリートの伸縮に十分追従できるものと考えられる。
- ② 凍結融解作用および塩化物浸透作用の影響はなく、耐久性上問題がない。

表－4 付着強度試験結果

試験時期	No.	荷 重 (kN)	付着応力 (N/mm ²)	平 均 値 (N/mm ²)
凍結融解 開 始 時	1	0.57	0.36	0.52
	2	0.98	0.61	
	3	0.95	0.59	
凍結融解 90サイクル時	1	0.79	0.49	0.52
	2	0.85	0.53	
	3	0.88	0.55	
凍結融解 210サイクル 時	1	0.87	0.54	0.51
	2	0.82	0.51	
	3	0.79	0.49	
凍結融解 300サイクル 時	1	0.92	0.58	0.53
	2	0.77	0.48	
	3	0.85	0.53	

表－5 塩化物浸透性試験体仕様

種類	塩化物浸透面	数量
typeD	コンクリート	3体
typeE	コンクリート＋塗膜防水剤	3体
typeF	コンクリート＋塗膜防水剤＋埋込	3体

表－6 塩化物浸透深さ結果表

試料名	試験体 記号	浸漬 日数	塩化物イオン浸透深さ (mm)						
			各 値						
typeD	1-1	0日	0	0	0	0	0	0	0
	1-2		0	0	0	0	0	0	0
	1-3		0	0	0	0	0	0	0
	1-4	28日	9	7	8	7	6	11	8
	1-5		8	9	7	8	5	6	7
	1-6		6	7	7	6	11	7	7
typeE	2-1	28日	0	0	0	0	0	0	0
	2-2		0	0	0	0	0	0	0
	2-3		0	0	0	0	0	0	0
typeF	3-1	28日	0	0	0	0	0	0	0
	3-2		0	0	0	0	0	0	0
	3-3		0	0	0	0	0	0	0

参考文献

- 1) 益田彰久, 松岡茂, 柳博文, 松尾庄二: 鋼繊維補強コンクリート品質管理についての一考察, 土木学会年次学術講演会講演概要集 第5部, Vol.55, pp.642-643, 2000