

[221] コンクリート構造物の補修材料の品質評価

正会員 宮田尚彦 (国鉄・鉄道技術研究所)
 桐村勝也 (国鉄・鉄道技術研究所)
 正会員○牛島 栄 (国鉄・鉄道技術研究所)
 関 雅樹 (国鉄・名古屋鉄道管理局)

1・まえがき

近年、コンクリート構造物の耐久性に関する種々の問題点が指摘され、コンクリート構造物の劣化・変状に対する補修法の早急な確立が必要となっており、各方面でこれらに関する研究が積極的に進められている。そこで、コンクリート構造物の劣化・変状において小断面修復を必要とする補修方法では図-1に示すライニング工法により行われているので、それらの補修材料に関する基材別の特性評価を行った。

劣化・変状の原因を大別すると、

- (1) 外的塩害 (海洋飛沫帯等の環境下での劣化)
- (2) 内的塩害 (海砂使用等による鉄筋腐食による早期劣化)
- (3) 中性化 (中性化による鉄筋腐食により早期劣化)
- (4) 凍害 (寒冷地における凍結融解による劣化)
- (5) アルカリ骨材反応

等であるが、ここでは外的塩害に起因したものに対する塗装材料の要求特性に付いて述べる。なお、現在、補修材料の現場施工試験を環境条件・補修材料・補修部位を組み合わせで行っており、継続的な評価を行う予定である。

2・試験の概要

2・1 使用材料

試験に用いたセメントは、比重3.16の普通ポルトランドセメントである。細骨材は大井川産川砂で比重2.63 F.M 2.86である。粗骨材は大井川産川砂利で比重2.65 F.M 7.02である。コンクリートの配合を表-1に示す。

又、モルタルの配合は、コンクリートの配合から粗骨材を取り除いたものである。

- 鋼製試験片 : JIS K 5400「塗料一般試験方法」3.3.項に示す冷間亜鉛鉄板を用いる。
 - フリーフィルム : 高密度ポリエチレンに補修材料の標準塗布量をハケ或いはゴムヘラを用いて塗布して作成したもの。
 - フレキシブル板 : 遮塩性試験において、フリーフィルムの形成出できない材料については、JIS A 5403「石綿スレート」に示すフレキシブル板を使用する。
 - 引張用試験片 : JIS K 7113「プラスチックの引張試験法」に示す試験片(ダンベル型)とする。
- 試験項目・試験方法・使用試験供試体形状については、表-2に示す。

2・2 試験に供する塗装材料

試験に供する各種塗装材料は表-3のライニング工法の特性分類により、一般的な市販の塗装材料から選定した。なお、塗装材料の種類を表-4に示す。

2・3 試験供試体の製作及び養生

コンクリート及びモルタル供試体は材令3日まで湿布養生を行い、その後、20℃・RH80%の恒温恒湿室にて材令28日まで養生した後、塗装表面をディスクサンダにより素地調整を行った。塗装材料はハケ又はローラーで所定量塗布した。塗布時の気温は、日中平均温度10℃で、塗装面の表面水率はモルタル水分計にて管理し8%以下であった。

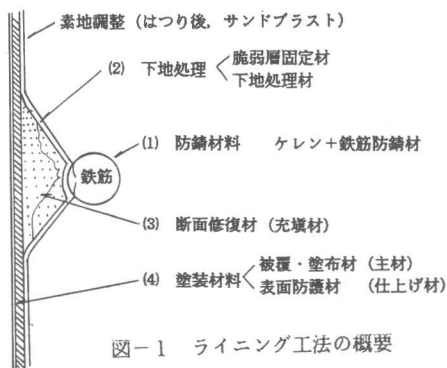


図-1 ライニング工法の概要

表-1 コンクリートの配合

NaCl量	W/C %	S/a %	単位量		スラン プ cm	空気量 %	圧縮強度 kgf/cm
			C	W			
0	58	40	247	143	90	40	340
3.3	58	40	247	143	80	42	359

2・4 試験及び評価方法

外的塩害により劣化・変状したコンクリート構造物の補修方法に適用する塗装材料として、表-2の中から必要試験項目を選定した。以下に代表的な試験方法を述べる。

(1) 促進耐候性試験

JIS A 1415 「プラスチック建築材料」の促進暴露試験方法により塗膜の劣化を調べ、JIS K 5400 「塗料の一般試験方法」により白亜化の程度を調べた。

(2) 耐水性・耐アルカリ性・耐塩水性試験

JIS K 5400 「塗料の一般試験方法」に準拠した。塗膜のふくれは、日本塗料検査協会の判定方法によった。塗膜のはがれは、ASTM D 610 により判定した。

(3) 透水性試験

JIS A 6910 「複層仕上げ材」5.10透水性試験に準拠した。

(4) 水蒸気透過性試験

JIS Z 0208 「防湿包装材料の透湿試験法」に準拠した。

(5) 中性化試験

CO 環境試験槽を用いて20℃・RH60%・CO 5%にて所定材令(15・30・60日)まで促進中性化を行い、重量変化率を測定後1%フェノールフタレン水溶液を噴霧し、最大・最小・平均中性化深さをノギスで測定した。測定結果は6点の平均中性化深さとした。

(6) プルオフ試験

JIS A 6915 「セメント厚付け吹付材」の付着強さ試験に準拠した。

(7) 引張強さ・伸び率試験

JIS K 7113 「プラスチックの引張試験方法」に準拠した。

(8) 塩水噴霧試験

JIS Z 2371 「塩水噴霧試験」に準拠し、所定材令(500・10001500時間)まで行い重量変化率を測定後フルオレッセン発色法により測定し(5)と同様に塩素イオン浸透深さを測定した。

3 結果及び考察

3・1 塗装材料の塩素イオン抑制効果に及ぼす影響

塗装材料の遮塩性(塩素イオン透過量)について、フリーフィルムによる測定結果を図-2に示す。

これらの結果から、浸透型塗布材(表面処理材)やポリマーセメント系塗装材のものは塩素イオン透過量が大きく、有機系塗装材料のものは1/100以下になる。

これは図-3に示すコンクリート供試体でもほぼ同様の傾向が認

- A コンクリート供試体 10×10×40
- B モルタル供試体 4×4×16
- C コンクリート供試体 φ10×20
- D フリーフィルム
- E 耐塩性鉄板

表-2 試験項目及び供試体形状

試験項目	必要な品質規格値				試験供試体形状					試験方法
	防錆材料	下地処理材	断面修復材	塗装材料	A	B	C	D	E	
1 促進耐候性				○	○					JIS K5400 6-17
2 耐水性				○	○					JIS K5400 7-2
3 透水性		○		○	○					JIS A6910 5-10
4 水蒸気透過性		○		○				○		JIS Z0208
5 中性化試験				○			○			中性化促進試験機を使用
6 耐アルカリ性	○	○		○		○			○	JIS K5400 7-4
7 プルオフ		○	○	○	○					塗布式垂直引張試験機を使用
8 ゴバン目試験	○			○					○	JIS K5400 6-15
9 塗膜厚	○	○		○					○	JIS K5400 3-5
10 伸び率			○	○					○	JIS K 7113
11 塗膜の外観	○	○	○	○	○				○	JIS K5400 6-1
12 乾燥時間	○	○	○	○					○	JIS K5400 5-8
13 塩水噴霧	○	○		○			○		○	JIS Z 2371
14 浸透性		○		○			○			
15 凍結融解				○	○					ASTM C-291
16 長さ変化率			○			○				JIS A1125
17 熱膨張係数			○							JIS K6911
18 耐塩水性	○	○							○	JIS K5400 7-6
19 遮塩性				○					○	道路協会方式
20 引張強度			○							

表-3 ライニング工法の特性

塗装材料	種類	断面修復材の有り無	下地処理材	
			浸透性	非浸透性
塗料	無	有	---	---
		無	④ 有機系無機系	② ガラスフレック ⑩ ガラスクロス
	有	有	① 無機系 ⑧ 有機系	⑤ JRS
		無	---	---
レジンモルタル	無	有	---	---
		無	⑬	---
	有	有	---	---
ポリマーセメント	無	有	---	---
		無	⑧ (アルカリ付与)	⑦
	有	有	⑨	⑫
		無	---	---

表-4 試験に供した塗装材料

		材料の種類	
無機系	0	ブレン(フレキシブル板)	
	10	SBR系+シリコン樹脂系	
	12	アクリル樹脂系	
	7	アクリル+ウレタン樹脂系	
有機系	13	エポキシ+エポキシアクリル樹脂系	
	1	シリコン樹脂系	
	2	ウレタン樹脂系	
	5	ウレタン樹脂系	
	3	エポキシ+ウレタン樹脂系	
	4	アクリル樹脂系	
	8	ポリエステル樹脂系	
	9	ビニルエステル+アクリルウレタン樹脂系	
	11	エポキシ+アクリルウレタン樹脂系	
	6	アクリル+アクリルウレタン樹脂系	

められるがシステム4・5・13については遮塩性の試験結果と逆になっており、試験時の塗装厚や、コンクリートへの浸透性の相違に起因することが推定される。なお、塗装材料の遮塩性は一部の塗装材料を除き建設省の塩害対策指針（案）を満足されることが確認された。

3・2 塗装材料の中性化抑制効果に及ぼす影響

塗装材料の中性化促進試験の結果を図-4に示す。中性化抑制効果については、大きな相違が認められた。

複合系（ポリマーセメントモルタル系）は無処理のものと比較して中性化抑制効果は少なく、有機系合成樹脂系は効果が大きい。中性化速度係数を求めると、無処理0.16、有機系樹脂系0.07以下となった。

3・3 試験結果

表-3に示されるライニング工法の特徴に基づく外的塩害に対する塗装材料の性能について、試験結果を表-4の試験結果をもとにして図-5にレーダーチャートを示す。これらのことから以下のことが明らかとなる。

- (1) コンクリート面に塗布される塗装材料に要求される一般的な性能として、耐水性・耐アルカリ性（BCDE）が要求される。耐水性において（No.6・9）にふくれ、耐アルカリ性において（No.2・5・8）にふくれが生じたものがあるが、それらの大部分は実用条件下では塗膜欠陥を生じていないものであり、はば問題を生じないものと推定される。
- (2) 外的塩害を防止するために要求される塗膜性能としては、塩素イオン浸透深さ・遮塩性・遮水性・中性化深さ等が関係するが、有機系の塗装材料の一部のものに塩素イオン浸透深さが著しく大きいものの他は全般的に良好な結果を示している。
- (3) コンクリート構造物における部材の条件から要求される塗膜物性として、引張強度・伸び率・付着強度が問題となる。図-5に示されるように引張強度・伸び率・付着強度の大きいもの（No.5・6）、小さいもの（No.7・8・10）、引張強度・付着強度の大きいもの（No.2・3・9・11）、の他にそれぞれの性能が特に優れているものに分けられる。

伸び率の大きいもの（No.1・13）、やや大きいもの（No.12）である。

4・結論

塗装材料は、コンクリート表面に塗布されることによって、外的な汚染因子を遮断することにより、コンクリートの劣化及びコンクリート中の鉄筋の腐食抑制を行うことを目的とするので、塗膜の基本的な特性（促進耐候性・耐水性・耐アルカリ性）全てが良好なものが望ましい。但し、ふくれの評価については、主材と仕上げ材間でふくれるものがあり、これらは実用上問題とならないと考えられる。又、機械的な特性の中で（ゴパン目試験・付着強度）は最大値に近いものが

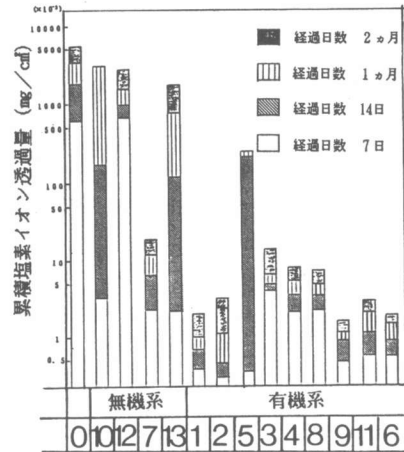


図-2 塗装材料の遮塩性試験結果

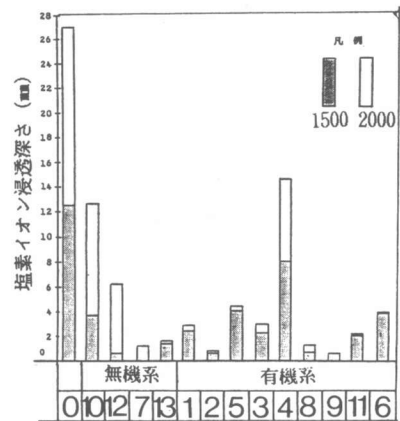


図-3 塗装材料の塩水噴霧試験結果

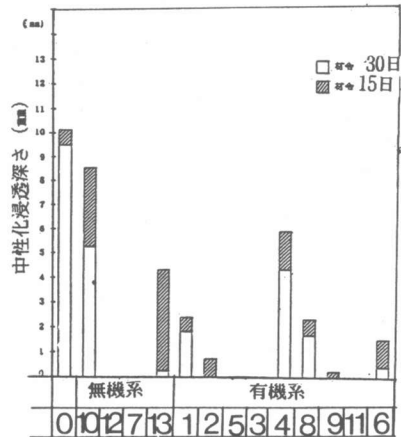
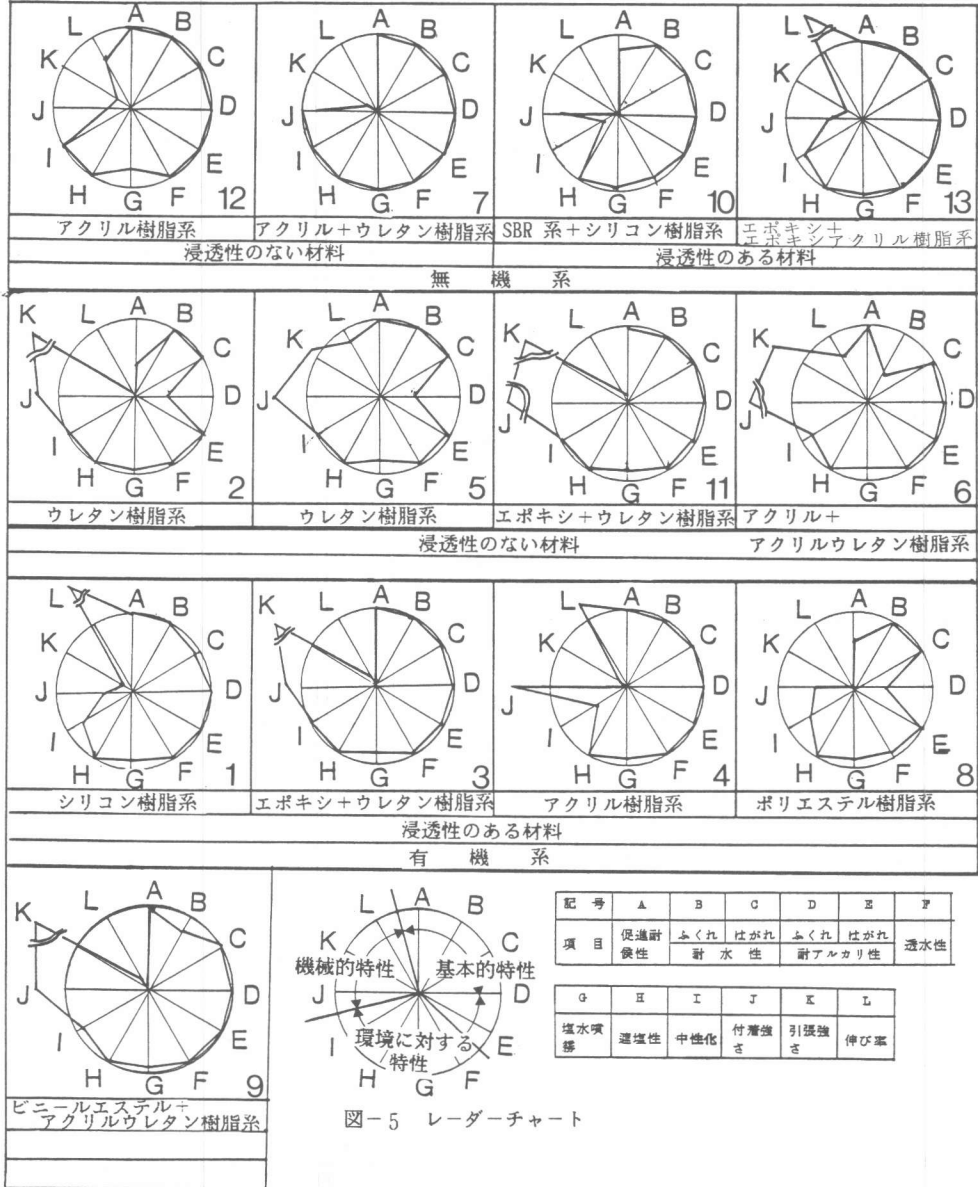


図-4 塗装材料の中性化促進試験結果

望ましい。(レーザチャートの結果は、主材と仕上げ材を塗布したものであり、一部のポリマーセメント系ではゴバン目試験の結果が良好でなかった。) 機械的特性の中の伸び率は、断面修復材料の場合と同様に、構造物の部位の特性から要求される項目である。従って、伸び率の大きい塗装材料は、梁やスラブ床板に適用されることが望ましい。引張強度が大きく伸び率がほとんどない塗装材料は梁や床板ではなく、橋脚・橋台もしくは高欄のような部材に適用することができる。環境に対する特性については、構造物の置かれている環境から、必要な条件に適した塗装材料を選定することが望ましい。

なお、今後は実コンクリート構造物の上記の塗装材料の現場施工試験の結果と対比して評価する予定である。



4 おわりに

試験に際して御協力を頂いた、各補修材料メーカー及び八洋コンクリートコンサルタントの関係者の皆様に感謝する次第です。

参考文献 : 日本道路協会塩害対策指針(案) 昭和59年2月