

V-160

温泉地盤におけるコンクリートのエポキシ樹脂塗装による防食効果

九州共立大学（正会員）松下博通

シーティエ新技術（正会員）菅伊三男

ショールド建設（正会員）武重雅彦

1. はじめに

コンクリートは、温泉環境においては、水素イオン、硫酸イオン等により、劣化損傷が大きく進行する事が知られている。¹⁾ このため、各種防食対策が必要となる中で、防食工法の有効性を確認するために、暴露試験による評価を行った。本報告は温泉土壌暴露の結果についてまとめたものである。

2. 試験方法

供試体は、10×10×40cmのコン

表-1 防食塗装仕様

クリートを作成し、日本下水道事業団仕様B種、D₁種に適合する柔軟性であるポリサルファイト変性エポキシ樹脂塗料と汎用のビスフェノールA型エポキシ樹脂塗料で防食した。この防食仕様を表-1に示す。供試体の暴露は、別府明礬温泉土壌において、高さ方向に下半分土中に埋設して行った。暴露期間は、半年・1年・2年間で供試体を回収し、外観観察、侵食深さ測定、E P M Aによる腐食性成分の侵入状況を調べた。暴露試験場所の土壌成分を、表-2に示す。

工 法	使 用 樹 脂	膜 厚 mm	塗 装 仕 様
EPOXY. B	ビスフェノールA型 エポキシ樹脂	0.4	上塗り 中塗り 下塗り
PSE. B	ポリサルファイト変性 エポキシ樹脂	0.4	パテ プライマー
EPOXY. D ₁	ビスフェノールA型 エポキシ樹脂	1.2	上塗り 上塗り 中塗り ガラスクロス 中塗り ガラスクロス 下塗り
PSE. D ₁ (HV)	ポリサルファイト変性 エポキシ樹脂	1.2	パテ プライマー
PSE. D ₁ (LV)		1.2	パテ プライマー
無塗装	W/C:55%, S/a:45%, C:302kg/m ³ , σ_{28} :192kgf/cm ²		

3. 試験結果

暴露後の外観観察結果を、表-3に示す。また侵食深さの測定結果を表-4に、E P M A測定結果を表-5に示す。ここで、供試体の下1/3を土中部、中央1/3を境界部、上1/3を気中部として表した。また、侵食深さとは、硫酸分が溶出した消失深さとフェノール滴定法で求めた中性化深さの合計とした。

表-2 暴露試験場所の土壌分析結果

試料名	項 目	pH	含水比 %	硫酸イオン mg/kg	Na ⁺ mg/kg
明礬温泉 土 壌	表土	1.7	53.7	78400	187
	-10cm	2.3	70.6	7870	19
	-20cm	2.6	72.7	3310	7
	-30cm	2.5	80.6	3730	6

4. 考察

4. 1 温泉土壌の劣化環境

暴露場所は、温泉成分が地熱の影響で土壌表面から噴気として蒸発している。表-2に示したpH、硫酸イオンの深さ方向の分布をみると表土は、-10cm土壌に比べ約10倍腐食成分が濃縮していることから、劣化環境は表土が最も厳しいといえる。

4. 2 エポキシ樹脂塗装の防食効果について

外観観察の結果から次のことがいえる。

- ①温泉土壌においてエポキシ樹脂塗料で防食することにより、コンクリートの防食性能は、飛躍

表-3 外観観察結果

		土 中 部			境 界 部		
		半年間	1年間	2年間	半年間	1年間	2年間
PSE. B	ふくれ	20%	28%	65%	8%	30%	40%
	はがれ	6.9%	6.9%	35%	0%	8%	23%
	はがれ	3%	14%	7%	8%	7.6%	1%
PSED ₁ . HV	はがれ	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	はがれ	0%	0%	0%	0%	0%	0%
PSED ₁ . LV	ふくれ	20%	8%	28%	20%	2%	14%
	はがれ	0.3%	0%	0%	0%	0%	2.4%
EPOXY. B	ふくれ	30%	30%	50%	20%	45%	10%
	はがれ	8%	6.9%	7%	0%	0%	0.64%
	はがれ	8%	49%	4%	8%	8%	2%
EPOXY. D ₁	はがれ	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	はがれ	0%	0%	0%	0%	0%	0%
BLANK	半年	硫酸分溶出による凹凸			凹凸と析出物がある		
	1年	更に進行			広範囲におよぶ		
	2年	更に進行			更に広範囲におよぶ		

的に向上する。しかし、隅角部はどうしても膜厚が薄くなり施工の熟練度が要求されるが、PSEシリーズは供試体製作精度に起因する損傷が、暴露開始初期からみられた。

- ②仕様B種とD₁種では、塗膜厚さが異なり、膜厚が厚いD₁種の方がコンクリートの防食効果は高い。
③温泉土壌境界部の劣化は、土壌表面部付近に集中して激しく認められる。
④塗膜の劣化は、表-3に示すように、時間の経過とともに順次ふくれからはがれへと進行し、かつ面積も増大する。

4. 3 侵食深さについて

塗膜の劣化が、はがれまで進行すると、コンクリートに対し有害である表-2に示した温泉成分と直接接触することになり、防食塗装の目的を失う。表-3に示した塗膜のはがれがみられるところでは、表-4に示したように、コンクリートの侵食がみられた。外観観察で特記すべき塗膜の劣化が見られなかった気中部は、コンクリート自体の劣化現象は、認められなかった。

4. 4 EPMAについて

防食工法の目的とするところは、劣化因子(水素イオン・硫酸イオン等)のコンクリートへの侵入を防止する遮断性能であり、明礬温が硫黄性の温泉であることから、EPMAにより硫黄元素の面分析を行った。この結果、ポリサルファイトエポキシ樹脂D₁種塗装供試体の境界部は、樹脂のはがれが生じていないにもかかわらず、硫黄成分の侵入が2年目で認められた。防食塗料自身に求められる遮断性能の耐久性が、明らかになった。

塗料の主成分の相違による防食効果についていえば、柔軟型のポリサルファイト変性エポキシ樹脂塗料と汎用のビスフェノールA型エポキシ樹脂塗料とでは、過酷な本温泉土壌環境では、ビスフェノールA型エポキシ樹脂塗料の方が、長期的な遮断性能に優れている。

4. まとめ

本研究は、コンクリートおよび防食材にとって極めて過酷な環境下(熱、pH、硫酸イオン等)で各種エポキシ樹脂防食塗装仕様の評価を行った。この条件での総合評価を、表-6に示す。

表-4 侵食深さ測定結果

仕様	劣化の種類	土中部	境界部	特記事項
PSE-B	消失深さ mm	0.20	3.21	土中部に線状を挟んで部分的塗膜剥がれ、その部分にコンクリートの侵食がみられた。(最大値9.5mm)
	中性化深さ mm	1.10	2.33	
	侵食深さ mm	1.29	6.00	
PSE-D ₁ (HV)	消失深さ mm	0	0	境界部では、4面中1箇所だけコンクリートが中性化(最大値2.2mm)土中部では、3面が中性化(最大値4.8mm)
	中性化深さ mm	0.43	0.06	
	侵食深さ mm	0.43	0.06	
PSE-D ₁ (LV)	消失深さ mm	0	0	測定箇所の塗膜はかかっていたが境界部では、4面中2箇所だけコンクリートが中性化(最大値10.0mm)。
	中性化深さ mm	0	1.53	
	侵食深さ mm	0	1.53	
EPOXY-B	消失深さ mm	0	0	境界部では、4面中2箇所だけコンクリートが中性化(最大値5.0mm)土中部では、1面が中性化(最大値4.0mm)
	中性化深さ mm	0.46	0.58	
	侵食深さ mm	0.46	0.58	
EPOXY-D ₁	消失深さ mm	0	0	測定箇所の塗膜はかかっていたが土中部では、4面中1箇所だけコンクリートが中性化(最大値7.0mm)。
	中性化深さ mm	0.39	0	
	侵食深さ mm	0.39	0	
BLANK	消失深さ mm	2.76	4.10	セメント水和物が溶出し、骨材露出による凹凸が激しい。
	中性化深さ mm	6.61	5.50	
	侵食深さ mm	9.37	9.60	

表-5 硫黄成分侵入判定結果

種類	明礬温泉土壌		
	気中部	境界部	土中部
ポリサルファイトエポキシB	○	×	×
ビスフェノールAエポキシB	○	×	×
ポリサルファイトエポキシD ₁	○	▲	×
ビスフェノールAエポキシD ₁	○	○	○
ブランク	×	×	×

注) × : 1年以内に侵入 ○ : 2年間侵入認めず
▲ : 1年目では遮断していたが2年目で侵入

表-6 防食塗装仕様の総合評価

種類	明礬温泉土壌		
	気中部	境界部	土中部
ポリサルファイトエポキシB	○	×	×
ビスフェノールAエポキシB	○	×	×
ポリサルファイトエポキシD ₁	○	○	×
ビスフェノールAエポキシD ₁	○	○	○

注) ○ : 良好 × : 問題あり

参考文献¹⁾ 例えば、徳光善治・松下博通：コンクリート工学、Vol17(No.11)pp31-35、1979