

V-306 含浸塗料による塩分浸透抑制効果

大成建設（株）技術研究所

正会員 宇治 公隆

大成建設（株）エンジニアリング部

正会員 永野 宏雄

1. はじめに

近年、乾燥収縮、中性化の低減、水の浸透抑制による鉄筋腐食の低減、等を目的とする含浸塗料の研究が多くなされており、また種類も増えてきている。

本試験は、海洋環境下における鉄筋コンクリート構造物の防食対策として、シラン系含浸塗料による表面被覆法を取上げ、1)新設海洋構造物への含浸塗料の適用効果、2)既設海洋構造物へ含浸塗料を適用した場合の塩分浸透防止効果、の検討を主目的として実施した。

表-1 暴露試験供試体仕様（供試体寸法 30×30×30cm）

2. 試験概要

試験要因は以下の通りとした。

- 1) 含浸塗料の塗布条件（無塗布、塗布、中途より塗布）
- 2) 食塩水の濃度（飽和、10%、3%）
- 3) 試験方法（浸水、湛水、噴霧（頻度：1回/週、2回/週））

2.1 供試体

以上の試験要因を踏まえ、供試体の仕様を表-1の様に定めた。供試体は30×30×30cmの立方供試体9体であり、30週で試験を実施した。

2.2 使用材料

コンクリートの配合は表-2に示す通りである。

セメントは普通ポルトランドセメント、細骨材は

相模川水系および木更津産の混合砂（表乾比重；2.59、F. M. = 2.77）、粗骨材は相模川水系（表乾比重2.65、F. M. = 6.80）、また混和剤にはS社製AE減水剤を使用した。

コンクリートは打設後7日間ぬれむしろで湿潤養生した後脱型し、7日間気乾養生を行った。なお、含浸塗料を塗布する供試体については材令14日で塗布し、全供試体とも試験を材令16日より実施した。

含浸塗料にはS社製浸透型シラン系はっ水剤を使用し、塗布量は18cc/面、すなわち0.2 l / m²とした。

2.3 試験内容

試験方法は図-1に示すごとく、供試体底面を浸水、上面を湛水、側面を噴霧とした。噴霧の頻度は1回/週、2回/週の2通りとし、供試体が万便なく濡れる程度に噴霧した。また、塩分濃度は飽和、10%、3%の3種類であった。塗布条件は、次の3ケースとした。

- a) 無処理（記号；E 30週）
- b) 塗布（記号；C→E）
- c) 無処理・塗布（記号；E→C→E）

試験は、4月より11月までの間試験室内で実施した。期間中の水温、気温及び湿度は平均で、21℃、25℃及び83% R.H.であった。

3. 試験結果

30週終了後、各供試体の試験面より直径75mmのボーリング

検討項目	No	記号	濃度	塗布条件	型枠	試験方法
浸透型塩分の浸透抵抗性試験	1	S-E-B, U, S1, S2	飽和 (S)	E 30週	合板	浸水・湛水・噴霧試験 側面1-浸水 : B 2-湛水 : U 3-スプレー1/W : S1 4-スプレー2/W : S2
	2	S-CE-B, U, S1, S2		C→E		
	3	S-ECE-B, U, S1, S2		E→C→E		
	4	M-E-B, U, S1, S2	10% (M)	E 30週		
	5	M-CE-B, U, S1, S2		C→E		
	6	M-ECE-B, U, S1, S2		E→C→E		
	7	W-E-B, U, S1, S2	3% (W)	E 30週		
	8	W-CE-B, U, S1, S2		C→E		
	9	W-ECE-B, U, S1, S2		E→C→E		

註）暴露-E、後布-C

E 30週：無塗布で30週まで暴露

C→E：開始時に塗布して30週まで暴露

E→C→E：無塗布で暴露し、15週時に塗布して以後30週まで再び暴露

表-2 コンクリートの配合

粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプ (cm)	空気量 (%)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)				
					水 W	セメント C	粗骨材 S	細骨材 G	混和剤 Ad
25	8.0	4.0	55.5	43.5	150	270	813	1089	1.080

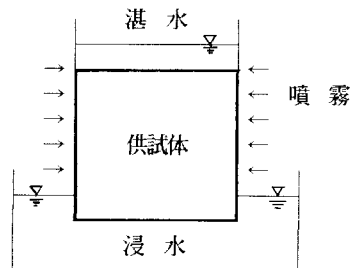


図-1 試験方法

コアを湿式により採取し、表面部より5 cmまで1 cm毎にスライスし、可溶性塩分量の測定を行った。得られた塩分量測定結果をもとに正規確率紙を用いて求めた平均塩分供給量C_o及び拡散係数D_cの結果を表-3に示す。

3.1 塗布条件の影響

試験開始前に含浸塗料を塗布した場合（供試体No. 2, 5, 8）の無塗布に対する平均塩分供給量の比率は図-2の通りであり、塩分の浸透は無塗布に比べ小さく押えられる。食塩水濃度3%の場合、湛水で66%、浸水で92%、噴霧で22~29%であった。また、食塩水濃度が高いほど、塗布の効果は明確にあらわれている。すなわち、湛水状態（記号；U）と比較すると、3%濃度で66%、10%濃度で54%、飽和食塩水で15%と、無塗布供試体に対する浸透抵抗性は顕著となった。

中途から含浸塗料の塗布を施すことによっても、塩分の浸透は低減される。湛水（記号；U）の場合、中途から含浸塗料を塗布することにより63~85%となった（表-3中No. 3, 6, 9参照）。

ところで、拡散係数について見ると、無塗布及び中途から塗布したものは同様の値を示しており、中途から塗布することにより以後は濃度拡散により塩分は内部に浸透していくものと考えられる。一方、開始時より塗布した場合は拡散係数が小さくなっており、塩分が浸透しにくく、また塩分の分布が急であることを示している。

3.2 食塩水濃度の影響

食塩水濃度の相違により平均塩分供給量に差が認められた。図-3に示すごとく、無塗布供試体の湛水条件に着目すると、食塩水濃度3%に対して10%食塩水で2.13倍、飽和食塩水で2.62倍となり、濃度が高くなると塩分の浸透も大きくなることがわかる。

3.3 試験方法の影響

食塩水濃度3%の場合の試験方法（湛水、浸水、噴霧）の違いによる平均塩分供給量C_oの関係を図-4に示す。これより、試験方法の違いにより平均塩分供給量C_oに差が見られた。噴霧の条件が実際の自然環境とは異なっているものの、常時湿潤でない部位においては湛水、浸水条件に比較して塩分の浸透は小さく押えられ、噴霧の回数とともに供給量は増加すると見なすことができる。

4. まとめ

試験の結果、以下の事柄が明らかとなった。

- 1) 含浸塗料を塗布することにより、塩分の浸透は低減できる。食塩水濃度3%の30週の湛水条件での表面塩分供給量は66%であった。また、拡散係数の傾向からも塩分浸透抑制効果は期待できる。
- 2) 15週で含浸塗料を塗布した場合、食塩水濃度3%の湛水条件では、無塗布に比べて85%であり、中途から含浸塗料を塗布することにより以後の塩分の浸透の抑制に効果があることがわかった。
- 3) 湛水条件での試験水の濃度が表面塩分供給量に及ぼす影響は、3%の濃度を基準にすると10%で2.13倍飽和で2.62倍であった。

表-3 平均塩分供給量C_o及び拡散係数D_cの計算値
(No. 1~9 可溶性塩分量)

No	塩分供給量C _o (wt%)				拡散係数D _c (×10 ⁻⁸ cm ² /sec)			
	U	S1	S2	B	U	S1	S2	B
1	1.441	0.978	1.187	1.250	4.657	7.230	4.468	5.148
2	0.216	0.150	0.171	0.406	1.177	1.201	1.106	1.564
3	1.100	0.752	0.950	1.040	6.480	11.321	5.875	5.558
4	1.171	0.816	0.950	0.960	5.147	4.706	6.793	4.900
5	0.633	0.150	0.228	0.893	3.194	1.262	11.225	3.560
6	0.732	0.700	0.770	1.100	6.202	5.929	6.765	4.539
7	0.550	0.432	0.480	0.600	4.851	3.334	2.611	3.946
8	0.362	0.096	0.138	0.550	1.960	1.351	1.351	2.665
9	0.468	0.159	0.220	0.660	4.103	2.576	2.583	3.946

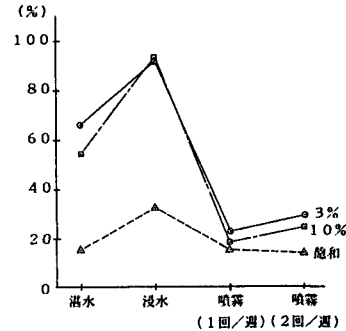


図-2 試験開始時より塗布した場合の無塗布 (No. 1, 4, 7) に対する平均塩分供給量の比

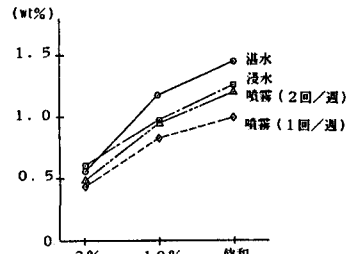


図-3 平均塩分供給量に及ぼす食塩水濃度の影響（無塗布の場合）

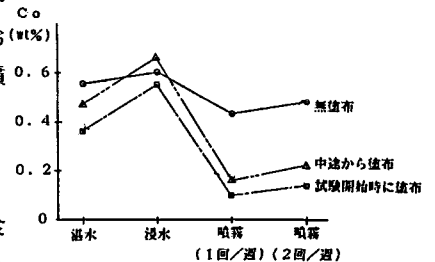


図-4 食塩水濃度3%での平均塩分供給量 C_o