

シラン系含浸塗料を塗布したコンクリートの 海岸地域における暴露試験

安藤貴啓*, 沼尾達弥**, 福澤公夫**

(平成2年8月31日受理)

Exposing Test of Concrete with Silane Impregnating Paints at the Seashore Area

Takahiro ANDO*, Tatsuya NUMAO** Kimio FUKUZAWA**

ABSTRACT—In recent years, the impregnating paints have become to be used as a protector against deterioration of concrete structures. However, there are few reports on the durability of the paints. A study on the durability of concrete specimens with silane impregnating paints has been carried out by exposing them at the seashore for 15 years. In this paper, the results on the specimens having been exposed for 1 year are shown and discussed. As the results, it was revealed that the silane impregnating paints was effective in waterproof characterisity and in inhibiting the occurrence of efflorescence.

1. 緒 言

近年、コンクリート構造物の早期劣化が社会的に問題となってきている。その対策の一つとして、含浸塗料があげられる。含浸塗料は、コンクリート表面に塗布することにより、コンクリート表層部に含浸して保護層を形成するものである。コンクリートの塗装には、大きく分けて、この含浸塗料とコンクリート表面に塗膜を形成する表面塗料がある。含浸塗料は、表面塗料に比べ施工が簡単で、コンクリート本来の材質感を生かすことが出来る。また、コンクリート内部に含浸層を形成するので耐候性に優れており、耐久性の面でも期待されている。しかし、含浸塗料は比較的新し

い材料であるので、いくつかの研究報告はあるが実験室内でのもの^{1)~12)}がほとんどで、実際の構造物などに即した屋外での研究報告¹³⁾¹⁴⁾は数少なく評価も定まっていない。

筆者らは、既往の研究報告において安定した性能を示しているシラン系含浸塗料をコンクリート供試体に塗布し、海岸地域に15年間屋外暴露試験し、その耐久性を検討することを計画し実施している。なお、あわせてエポキシ系表面塗料を塗布したものと無処理のものとの比較も行っている。

本報では、暴露1年までの試験について結果が得られたので報告する。

*茨城大学工学研究科建設工学専攻（日立市中成沢町）

Graduate Student, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Ibaraki University, Hitachi 316, Japan

**茨城大学工学部建設工学科（日立市中成沢町）

Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Ibaraki University, Hitachi 316, Japan

2. 試験方法

2.1 試験概要

2.1.1 要因と水準

本研究に取り上げた要因と水準を Table 1 に示す。含浸塗料は、実験室内での研究報告から安定した性能を示している 4 種類のシラン系含浸塗料をとりあげた。ここで、Silane-A, Silane-B, Silane-C, Silane-D は、それぞれ、特殊シラン系 I, 反応シラン系, 特殊シラン系 II, 水性シラン系である。なお、比較のために、エポキシ系表面塗料と無処理(含浸, 表面塗料とも無塗布の場合)をとりあげた。また同時に、エポキシ系表面塗料の下地材として 4 種類のシラン系含浸塗料を用いた場合(含浸, 表面塗料とも塗布の場合)についても検討することとした。また、1 つの試験値を得るための供試体数は 3 体とした。

Table 1 Factors and Levels

Factors	Levels				
Impregnating paints	Silane-A	Silane-B	Silane-C	Silane-D	Non-painted
Surface paint	Epoxy	Epoxy	Epoxy	Epoxy	Non-painted

2.1.2 試験項目

屋外暴露を行なう供試体の試験項目は、次のとおりである。

- ① 表面状態の観察
- ② 透水試験
- ③ 細孔径分布(無処理供試体のみ)
- ④ 塩素イオン浸透深さ
- ⑤ 中性化深さ
- ⑥ 鉄筋の発錆状況
- ⑦ 表面塗料付着強度(表面塗料塗布供試体のみ)

各試験に用いた供試体の種類、屋外暴露後の試験項目および測定時期は Table 2 のとおりである。

Table 2 Items of Test and Period of Test

Size of specimens	15×15×5(cm) Flat plate			10×10×40(cm) Square colum				
Items of test	①	②	③	①	④	⑤	⑥	⑦
Before exposure	○	○	○					
3 months	○	○	○					
6 months	○	○	○					
1 years	○	○	○				○	
2 years	○	○	○				○	
5 years	○	○	○					
10 years	○	○	○					
15 years	○	○	○					

- ※①Surface condition ②Water permeation
- ③Pore distribution of plane concrete specimens
- ④Cl⁻ penetration depth ⑤Carbonation depth
- ⑥Rust condition ⑦Adhesion test

2.2 供試体

2.2.1 使用材料

実験に使用した材料は以下のとおりである。

セメント：普通ポルトランドセメント

細骨材：鬼怒川産川砂

粗骨材：鬼怒川産玉石採石

混和剤：AE剤

鉄筋：φ9みがき棒鋼

含浸塗料：特殊シラン系 I・反応シラン系
特殊シラン系 II・水性シラン系

表面塗料：エポキシ系

コーティング材：エポキシ系(プライマー, パテ, 中塗り, 上塗り)

なお、各含浸塗料の物性は Table 3 に示した。

Table 3 Properties of the Impregnating Paints

No.	Impregnating paints	Non-volatile content (%)	Surface tension (dyne/cm)	Viscosity (cp)	Specific gravity	Permeable time (min)			Evaporation velocity (g/h)
						10cm	20cm	30cm	
1	Silane-A	7.40	3.0	2.3	0.815	0.55	2.43	7.97	0.19
2	Silane-B	3.10	2.6	1.4	0.824	1.00	4.13	11.73	0.31
3	Silane-C	0.70	2.9	3.1	0.816	0.75	3.23	10.96	0.35
4	Silane-D	2.94	3.0	3.6	0.874	1.50	1.72		1.00

2.2.2 供試体

(1) 平板供試体

試験項目①, ②, ③用の供試体である。Fig.1 に示すような150×150×50mmの平板状のコンクリート供試体を用いた。離型剤は、予備実験から、水性のものを用いた。含浸塗料および表面塗料は、底型枠と接する面に塗布した。側面は影響を及ぼさないようコーティングを施した。

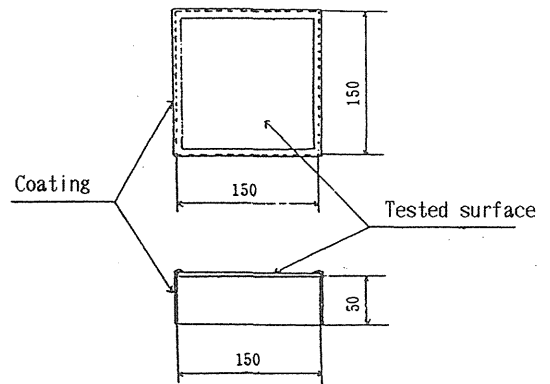


Fig. 1 Flat Plate Specimen(mm)

(2) 角柱供試体

試験項目①, ④~⑦用の供試体である。この供試体は、Fig.2 に示すようにかぶりを20mmとして、φ9みがき棒鋼を配置した鉄筋コンクリートはりを使用した。

側面および鉄筋の両端部にはコーティングを施した。コーティング材は1年毎に塗り替えることとしている。

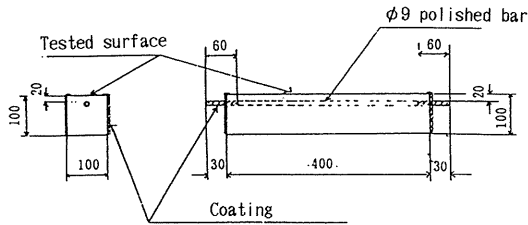


Fig. 2 Square Column Specimen(mm)

2.2.3 配合

コンクリートの配合を Table 4 に示す。配合は、水セメント比50%とし、スランプ12±2 cm, 空気量5%となるように試し練りによって決定した。

Table 4 Mix Proportions of Concrete

Gmax (mm)	W/C (%)	Air (%)	s/a (%)	Slump (cm)	Unit weight (kg/m ³)			
					W	C	S	G
2.5	5.0	5±1	4.7. 7	12±2	199	398	783	85.7

2.2.4 供試体の製作方法

コンクリート打設後2日で脱型し、恒温室(温度20℃, 湿度60%RH)で2週間の気中養生を行なった後、

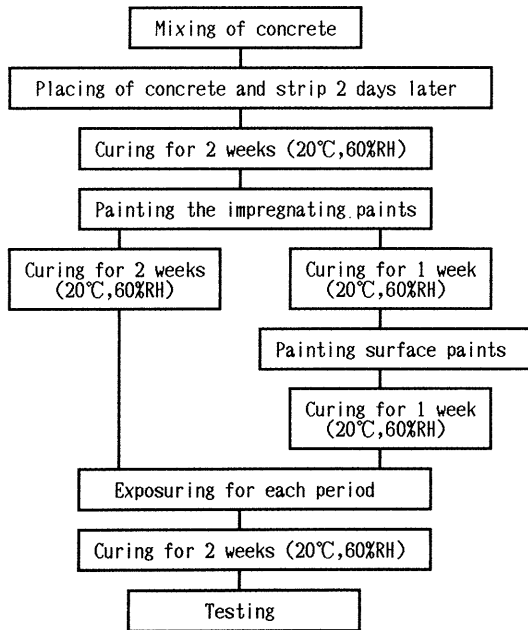


Fig. 3 Procedure of Experiments

含浸塗料を塗布する。含浸塗料塗布の後、半数の供試体には表面塗料を塗布した。その後、1週間恒温室において気中養生し、側面をコーティング材で仕上げ、屋外暴露を開始した。なお、透水試験は暴露直前の供試体についても行なった。以上の手順を Fig.3 に示す。

2.3 暴露場所および暴露開始

Fig. 4 に示すように茨城県高萩市の恒和化学工業(株)高萩工場内に暴露した。暴露場所は海岸より300mの所で、JCIのコンクリート供試体の暴露試験場の環境区分に関する基準による¹⁵⁾と区分Cである。試験期間中定期的に暴露地点の気候状況(風向, 飛来塩分量, 気温, 天候)を調査する。暴露は、平板供試体については1989年3月1日に、角柱供試体については1989年4月18日にそれぞれ開始した。なお、暴露状況を Fig.5, Fig.6 に示す。

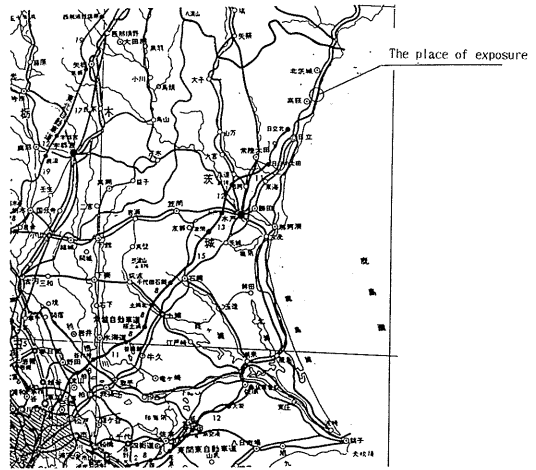


Fig. 4 The place of exposure

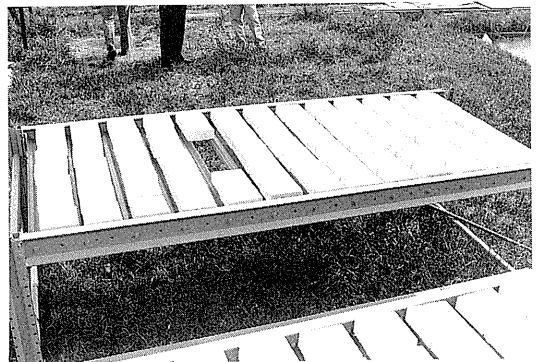


Fig. 5 The Situation of Exposure(Flat Plate Specimens)

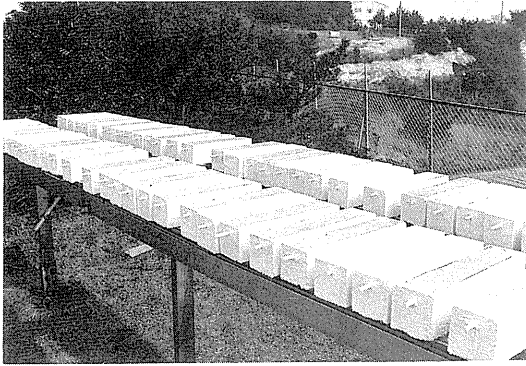


Fig. 6 The Situation of Exposure(Square Column Specimens)

2.4 試験方法

2.4.1 表面状態

目視により、汚れ、ひび割れ等を中心に観察した。

2.4.2 透水試験

JIS A 6910に示される透水試験によった。供試体を水平に保持し、Fig.7に示すように、透水試験器具をシリコンシーリング材で固定し、48時間以上放置する。温度 20 ± 3 ℃の水を供試体の表面から高さ約250mmまで入れメスピペットの目盛を読取る。24時間静置した後、水頭の高さを読み、試験前の高さとの差から透水量を求め結果を供試体3個の平均値で表す。

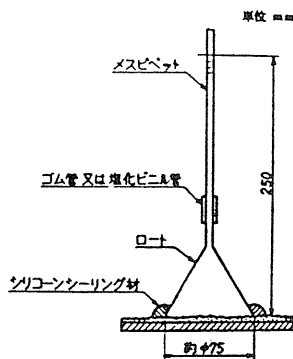


Fig. 7 Equipment of Test of Water Permeation Test

2.4.3 細孔径分布

コンクリート表面から試料を採取し、水銀圧入式ポロシメーターにより細孔径分布を測定した。

2.4.4 塩素イオン浸透深さ

フルオレッセインナトリウム0.1%水溶液を割裂面にスプレーで噴霧した後、硝酸銀2%水溶液をさらに噴霧すれば、塩素イオンが存在する部分は白色となり、無い部分は紅褐色になる。この変色域を計測し、塩素イオン浸透深さとした。

2.4.5 中性化深さ

供試体を割裂し、フェノールフタレイン1%アルコール溶液を噴霧した時の赤変しない部分より中性化深さを測定した。

2.4.6 発錆状況

供試体から鉄筋を取り出し調べた。調査項目は、腐食面積、腐食面積率、さび量、侵食深さとする。

(1) 腐食面積

供試体を割裂し、鉄筋を取り出し、表面に透明なシートをあてて腐食部分を写し、その面積をプランメーターにより測定する。

(2) 腐食面積率

(1)で得られた腐食面積と評価対象面積から式(1)より腐食面積率を求める。

$$\text{腐食面積率(\%)} = (\text{腐食面積}) / (\text{評価対象面積}) * 100 \quad (1)$$

(3) さび量

暴露開始前に鉄筋の重量(精度 $1/100$ g)、および長さをノギスにより測定し、単位長さ当りの重量を測定する。暴露後、コーティング材を塗布していない部分から約1cmずつ取除いた部分を切断し、約24時間クエン酸二アンモニウム溶液(10%)に浸し、腐食生成物の除去をした後、鉄筋の重量および長さを測定する。さび量は(2)式によりもとめた。

$$W_s = W_b / L_b \times L_a - W_a \quad (2)$$

W_s : さび量 (mg)

W_b : 暴露前の鉄筋の重量 (mg)

W_a : 腐食生成物除去後の鉄筋の重量 (mg)

L_b : 暴露前の鉄筋の長さ (cm)

L_a : 腐食生成物除去後の鉄筋の長さ (cm)

(4) 侵食深さ

鉄筋の腐食している部分をポイントマイクロメーターにより計測し、侵食部分の平均値を求める。

2.4.7 表面塗料付着強度

建研式接着力試験機による方法を用いた。試験機を Fig.8 に示す。

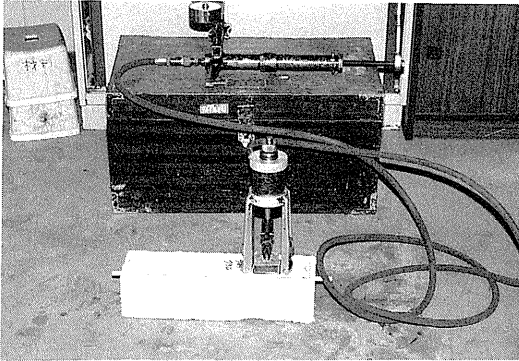


Fig. 8 Setting of Adhesion Test

3. 実験結果および考察

3.1 平板供試体

3.1.1 表面状態

暴露3ヵ月, 6ヵ月の時点ではほとんど変化はみられなかったため, ここでは暴露1年経過した時点での状態について述べる。

まず, 含浸塗料供試体(含浸塗料のみ塗布供試体)および無処理供試体を, Fig.9 に示す。Fig.9 のA-1, B-1, C-1, D-1, E-1 は, それぞれ, 特殊シラン系Ⅰ, 反応シラン系, 特殊シラン系Ⅱ, 水性シラン系, 無処理に対応する。この写真から分かるように, ひびわれなどは出ていないが, 水性シラン系, 無処理供試体については, 白華(エフロレッセンス)が発生しているの

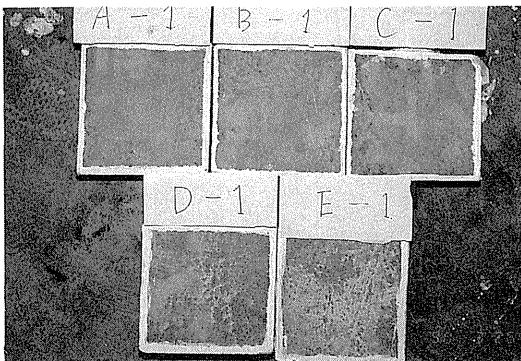


Fig. 9 Surface Condition of The Flat Plate Specimens Exposed for 1 Year

が分る。特に, 無処理では, 著しく全体に及んで発生している。また, 水性シラン系では, 部分的に発生している。特殊シラン系Ⅰ, 反応シラン系, 特殊シラン系Ⅱについては, 白華が全く発生しておらず, 白華防止効果がみられた。

表面塗料供試体(表面塗料塗布供試体)については, 白い表面塗料のため若干塵埃等の付着が目立つが, 布等で簡単に拭取れる程度であった。塗膜の均一性, 流れ, むら, ふくれ, はがれ, 白亜化等については, まだ変化はみられず健全であった。

3.1.2 透水試験

含浸塗料供試体および無処理供試体について, その経時変化を Fig.10 に示す。また, 暴露前の塗料の含浸深さを, Fig.11 に示す。Fig.10 をみると, 特殊シラン

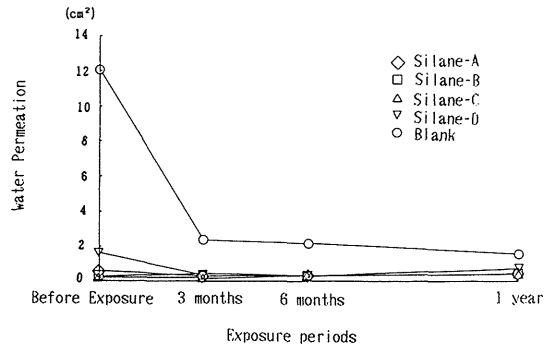


Fig. 10 Relation between Exposure Periods and Permeation Volume of Water (Specimens without Surface Painting)

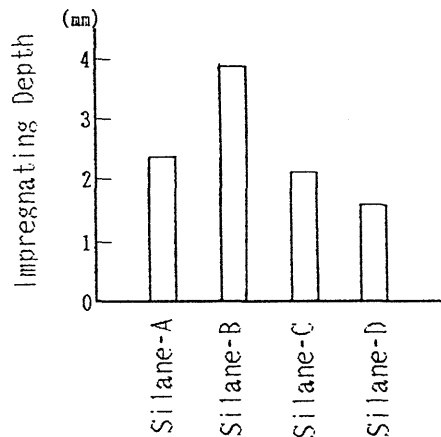


Fig. 11 Impregnating Depth

系Ⅰ，反応シラン系，特殊シラン系Ⅱについては，暴露前から暴露1年までの透水量は 1 cm^3 以下で，安定した防水性能を示している。また，水性シラン系についても，暴露前は 1.60 cm^3 と若干透水したものの，その後は， 1 cm^3 以下と無処理供試体に比べ効果を表わしている。塗料の種類によらず暴露1年までは，ほぼ同程度の防水効果を示している。以上のことから含浸塗料供試体においては，暴露1年間程度までは，シランがコンクリートと反応し安定した状態を保持していることを示している。

一方，無処理供試体については，3ヵ月，6ヵ月，1年と暴露期間が長くなるほど透水量は小さくなっている。これは，暴露中雨水等により水和が進行し密実化されたと思われる。これと，同じ様なことが水性シラン系についても言える。しかし，水性シラン系，無処理供試体では，3.1.1で述べた白華が表われており，劣化も進行していることも示されている。Fig.10の結果はこの2つの効果の複合した結果と思われる，より詳細な検討は今後の暴露試験を待って行う必要がある。

また，以上のことと3.1.1の白華防止効果とを比較してみると，水の浸透を抑えることが白華の防止に繋がっていることがわかる。

なお，表面塗料供試体は，含浸塗料塗布，無塗布にかかわらず，1年を経過しても全く透水せず，1年程度の暴露では塗膜が健全であることを示している。

3.1.3 細孔径分布

無処理供試体について行なった細孔径分布の測定結果をFig.12に示す。これをみると，暴露期間が長くなるにつれ，細孔の分布が細孔の小さい左に移動し，全細孔量（TPV）は減少している。無処理供試体では，暴露期間が長くなるにつれて，透水性は小さくなったが，これは，暴露中雨水等により水和が進行し，コンクリートの組織が密実化されたためと説明できる。

3.2 角柱供試体

表面塗料供試体について表面塗料附着強度を測定後，供試体の割裂を行い塩化物イオン浸透深さ，中性化深さの測定および鉄筋の発錆状況について観察を行った。しかし，各種類供試体1体ずつを割裂して鉄筋を取り出したが，錆はみられなかったので残り2体ずつは割裂せず表面塗料附着強度を測定した箇所を補修し暴露場所に戻した。したがって，表面塗料附着強度以外のデータは供試体1体ずつの値である。

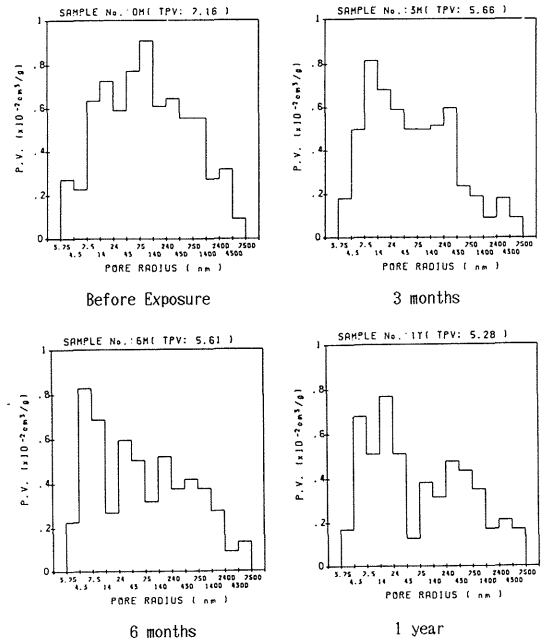


Fig. 12 Pore Distribution of Concrete Specimens (Blank) at Each Period

3.2.1 表面状態

含浸塗料供試体および無処理供試体の表面状態を，Fig.13に示す。Fig.13のA-1, B-1, C-1, D-1, E-1は，それぞれ特殊シラン系Ⅰ，反応シラン系，特殊シラン系Ⅱ，水性シラン系，無処理に対応する。これより，平板供試体同様，含浸塗料による白華防止効果がみられている。しかし，角柱供試体についてのFig.13と平板供試体についてのFig.9を比べると平板供試体より

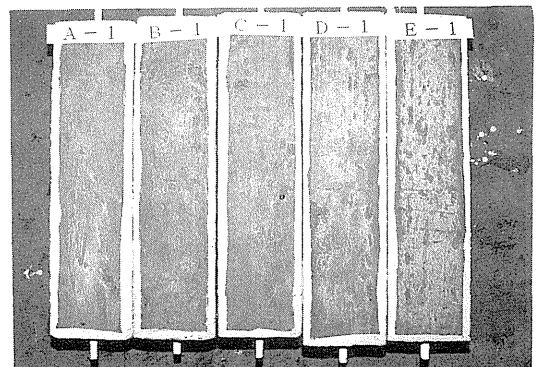


Fig. 13 Surface Condition of the Square Column Specimens Exposed for 1 Year

も白華の進行が速い。平板においては全く白華がなかった特殊シラン系Ⅰ, 反応シラン系, 特殊シラン系Ⅱも薄く白い所が点々とみられる。また, 水性シラン系, 無塗布については, 平板供試体よりも白華の面積, 程度とも著しく大きい。平板供試体とのこのような差は, 供試体の厚さの影響とも考えられるが明確にはならなかった。表面塗料供試体については, 含浸塗料塗布, 無塗布にかかわらず, 平板供試体と同様, 若干の塵埃等の付着程度である。

3.2.2 塩素イオン浸透深さ

塩化物イオン浸透深さの結果を Table 5 に示す。含浸塗料供試体および無処理供試体については, 含浸塗料供試体の方が無処理供試体よりも塩化物イオン浸透深さは逆に大きくなっている。既往の研究によると^{11)~13)}, 含浸塗料による遮塩効果が示されており, 相反する結果となってしまった。しかし, これらの多くが実験室における食塩水中に浸漬して評価するものであり, 含浸塗料を用いて屋外暴露を行ない塩素イオン浸透深さを測定しているものはない。塩分量の測定等, 今後の検討が必要である。また, 含浸塗料供試体では, 反応シラン系, 特殊シラン系Ⅱが他に比べ良い結果となったが, これらの原因についても今後の検討が必要である。なお, 表面塗料供試体については塗膜の効果でいずれも浸透していない。

Table 5 Cl⁻ Penetration Depth of Specimens Exposed for 1 Year

Impregnating paints	Surface paint	Cl ⁻ Penetration Depth (mm)	
			Ave.
Silane-A	Non-painted	6.79	6.64
		7.28	
		5.86	
Silane-B		3.48	3.20
		3.24	
	2.89		
Silane-C	4.67	4.36	
	3.29		
	5.13		
Silane-D	6.02	7.53	
	7.27		
	9.31		
Non-painted	2.22	2.51	
	2.81		
	2.51		

※Values for all specimens applied surface paint is zero.

3.2.3 中性化深さ

中性化深さ結果を Table 6 に示す。結果は, 塩化物浸透深さとよく似た傾向となった。含浸塗料供試体および無処理供試体について, 含浸塗料供試体の方が無処理供試体よりも中性化の進行が速いという結果となった。

シラン系含浸塗料は, アクリル系の含浸塗料のように細孔を充填し密実化し防水するのではなく, コンクリートの表面に並んだ疎水性のアルキル基によって撥水性が働き防水する。よって, 水は遮断するが炭酸ガスは遮断出来ないことを示すものと考えられる¹⁾。

一方, 一般にコンクリートの含水量が多いほどコンクリート中の炭酸ガスの浸透が抑制され中性化速度は小さい¹⁶⁾。また, 佐伯らによると¹⁷⁾, 屋外暴露されたコンクリートの中性化が屋内暴露されたものに比べ遅いことについて, 雨水による水の供給によって水酸化カルシウムの拡散が起き, 一度中性化した部分の pH を上昇させていることも原因の一つであるとしている。

したがって, 無処理供試体は含浸塗料供試体に比べ, 雨水の供給により含水量が高くなり, 炭酸ガスの浸透が抑制され加えて水酸化カルシウムの拡散などが起り中性化は進まないと思われる。

含浸塗料供試体では, 反応シラン系が他に比べ良い結果となっているが, 測定方法の見直し, 含浸塗料供試体それぞれについて細孔径分布を測定する等, 今後の検討が必要である。

また, 同様の供試体を用いて, 中性化促進試験を行なっているので, その結果を Table 7 に示す。促進は温度 20℃, 湿度 65%RH, CO₂ 濃度 5.0% で, 期間は 1 ヶ月, 2 ヶ月, 3 ヶ月と行なった。結果は, 屋外暴露の結果と違った結果となり, 含浸塗料塗布したものと無処理, また, 含浸塗料間でも, 差はほとんどなかった。やはり, 前述のような影響もあり, 一概に促進試験が自然環境と同じ傾向を示すとは言えないことがわかる。

次に, 実験値と中性化速度式による計算値を比較してみる。ここでは, 現在最も一般的に用いられている岸谷式を用いた。これを以下に示す。ここで, R は, 岸谷, 西澤ら¹⁸⁾にならい, 1.0 とした。これによると, 計算値は 2.01mm となり, 無処理供試体の中性化深さ 2.57mm と近い値となった。

$$\left. \begin{aligned}
 t &= \frac{0.3(1.15+3x)}{R^2(x-0.25)^2} C^2 \quad (x \geq 0.6) \\
 t &= \frac{7.2}{R^2(4.6x-1.76)^2} C^2 \quad (x \leq 0.6)
 \end{aligned} \right\} \text{--- (3)}$$

t : Cまで中性化する期間 (年)

x : 強度上の水セメント化

C : 中性化深さ (cm)

R : 中性化比率

なお、表面塗料供試体は塗膜の効果でいずれも中性化していない。

Table 6 Carbonation Depth of Specimens Exposed for 1 year

Impregnating paints	Surface paint	Carbonation Depth (mm)	
			Ave.
Silane-A	Non-painted	7.63	6.39
		5.49	
		6.06	
Silane-B		3.26	2.88
		2.41	
		2.98	
Silane-C	5.04	6.14	
	7.45		
	5.94		
Silane-D	7.91	6.31	
	6.79		
	4.23		
Non-painted	2.36	2.57	
	1.94		
	3.42		

※Values for all specimens applied normal paint is zero.

Table 7 Carbonation Depth in Acceriate Carbonation Test

Impregnating paints	Carbonation Depth (mm)					
	1 month		2 month		3 month	
		Ave.		Ave.		Ave.
Silane-A	9.87	8.71	7.92	8.65	10.59	10.08
	7.46					
	8.80					
Silane-B	9.28	8.63	9.74	8.82	8.77	8.63
	7.46					
	9.14					
Silane-C	9.52	7.88	11.02	11.47	7.17	7.62
	7.36					
	6.65					
Silane-D	7.62	8.85	11.07	10.07	9.05	9.13
	8.75					
	8.68					
Non-painted	8.67	8.70	10.60	9.68	10.23	10.70
	8.33					
	8.89					

3.2.4 発錆状況

コンクリートを打ち込んだ時の状態と殆ど変化はなかった。ただ、鉄筋の両端部でごくわずかな錆がみられた。錆がみられた部分は、鉄筋が外に出ている部分でコーティング材であるエポキシ塗装の効果が予想よりも小さく錆が進行している。また、外に出ている鉄筋を伝ってコンクリートの内側まで水が浸透し錆が進行しているものもあった。しかし、これらのごくわずかで両端部60mm以内であり試験部分から除外されるので発錆は無しとした。

コンクリートを打ち込んだ段階で鉄筋はコンクリートのpH12.5以上という強アルカリ性のため表面に20~60Å厚の不動態被膜が形成され、錆びにくい状態になっている¹⁹⁾。永島、飛内によると²⁰⁾、鉄筋の発錆可能性のあるpH11の位置は、フェノールフタレイン容液で見分けられる位置より少し深い所としている。岸谷らの実験によるとこの距離は、塩分を含まないコンクリートで約6mmとしている。今回一番中性化深さが大きい特殊シラン系Iの6.39mmに6mmを加算すると12.39mmとなりかぶり20mmに達していない。

また、杉田、御手洗らは²¹⁾、実験室ではあるが試験しており、中性化深度が約70~100%で鉄筋の発錆が確認されたとしている。中性化深度は、以下の式に示す。これから、一番中性化深さが大きい特殊シラン系Iについて計算してみると31.95%であり、彼らの実験とも一致する。

$$\text{中性化深度} = \frac{\text{中性化深さ}}{\text{かぶり厚さ (10または20mm)}} \times 100 (\%) \quad \text{--- (4)}$$

3.2.5 表面塗料付着強度

Table 8 Adhesive Strength

Impregnating paints	Adhesive strength (kgf/cm ²)	
		Ave.
Silane-A	32.8	32.1
	35.6	
	28.0	
Silane-B	39.6	40.8
	42.0	
	(30.0)	
Silane-C	30.0	31.3
	28.4	
	35.6	
Silane-D	32.4	38.7
	39.6	
	44.0	
Non-painted	39.6	39.4
	39.2	
	(29.2)	

試験結果を Table 8 に示す。暴露 1 年の試験では、3.2.1 で述べたように塗膜の劣化は見られない。このため、ほとんどがコンクリート深さ 2~3 mm で破壊しており、付着強度に関して、暴露 1 年による劣化はみられないといつてよい。

4. 結 言

海岸地域に 1 年間屋外暴露したコンクリート供試体を各種試験した結果から以下のことが言えよう。

- ① 今回取上げたシラン系含浸塗料は、コンクリートの白華抑制効果がある。特に、特殊シラン系 I、反応シラン系、特殊シラン系 II の効果が大きい。
- ② シラン系含浸塗料を塗布することにより、防水効果が得られた。特に、特殊シラン系 I、反応シラン系、特殊シラン系 II の効果が大きい。
- ③ 塩化物イオン浸透深さについては、シラン系含浸塗料を塗布した供試体は、無処理供試体よりも大きい結果となった。また、含浸塗料間でも大きく差が出た。これらの原因について、今後の検討が必要である。
- ④ 中性化深さは、水分の影響によりシラン系含浸塗料を塗布した供試体よりも無処理の方が小さくなる。含浸塗料間では、反応シラン系が小さかったが、原因については明確にならず、今後の検討が必要である。
- ⑤ 全ての供試体において発錆はみられない。中性化深さ、塩化物イオン浸透深さ等から妥当な結果である。
- ⑥ 無処理供試体は、暴露中に雨水等により水和水和が進行し、暴露前と比べ密実化される。
- ⑦ 1 年間暴露では、エポキシ系表面塗料を塗布した供試体の表面塗膜は健全であり、水、炭酸ガス、塩化物イオン等を遮断している。
- ⑧ 屋外暴露試験と実験室内での試験では種々の影響により多くの相違点がみられた。特に中性化、塩分浸透では実験室とは逆の結果となった。今後、促進試験等を行う場合、試験の条件、方法等見直しが必要である。

謝 辞

本研究を行うにあたり暴露場所を提供頂いた恒和化学工業(株)および、含浸塗料を提供して頂いた各社に謝意を表す。また、昭和63年度卒業生の中条芳光

君に協力いただいた、ここで感謝の意を表す。

参 考 文 献

- 1) 太田 稔・国府勝朗: 含浸系塗料による塩害防止の可能性, セメント・コンクリート No.483, (1985.9), pp.82~87
- 2) 大濱嘉彦: 塗布浸透型防水材の性能比較, コンクリート工学 Vol.23 No.8, (1985.8), pp.58~62
- 3) 和田 環・山下千明・新藤竹文: シラン系含浸材料に関する基礎的研究, 土木学会第42回年次学術講演会 講演会概要集, pp.422~423
- 4) 大岸佐吉・伊藤定文, 小野博宣: 無機質ポリマー含浸モルタルの強度と耐久性の改善効果, 第15回セメント・コンクリート研究討論会研究報告集, pp.35~40
- 5) 神本英喜・若杉三紀夫: シラン系撥水材で処理したモルタルの諸物性について, 第43回セメント技術大会講演集, pp.710~715
- 6) 石黒一彰・大濱嘉彦・森川雅司・出村克宣: 配合組成を変化させて低廉化を図った塗布含浸材の性質, 日本建築学会大会学術講演梗概集, (1989.10), pp.113~114
- 7) 小野博宣・大岸佐吉・伊藤定文: 無機ポリマー含浸によるセメントモルタルの強度度, 耐久性の改善に関する研究, 日本建築学会構造系論文報告集 第407号, (1990.1), pp.13~21
- 8) 宇治公隆・永野宏雄: 含浸塗料による塩分浸透抑制効果, 土木学会第44回年次学術講演会 概要集, pp.666~667
- 9) 馬場明生, 千歩 修・松島泰幸・羽木 宏: コンクリートの中性化に及ぼす含浸材の効果, 日本建築学会大会講演梗概集, (1987.10), pp.253~254
- 10) 沼尾達弥・福沢公夫・岩松幸雄・奥沢達也: 含浸塗料を塗布したモルタルの透水性, コンクリート工学年次論文報告集 9-1, (1987), pp.181~186
- 11) 有坂正典, 飛坂基夫・新倉茂男: 塗布含浸型防水剤の吸・放湿並びに吸水特性, セメント技術年報 41, (1987), pp.150~153
- 12) 沼尾達弥・福沢公夫・岩松幸雄・村上弘史: 含浸塗料のコンクリート中鋼材の防錆効果について, セメント技術年報41, (1987), pp.181~184
- 13) 国府勝朗, 片脇清士・町田 武: 防食性能に対するコンクリート品質の影響, コンクリート工学年次論文報告集 9-1, (1987), pp.393~398

- 14) 小野 正・近藤照夫・沢出 稔・丸一俊雄：浸透性吸水防止材の耐久性に関する研究，日本建築学会大会学術講演梗概集，(1989.10)，pp.111～112
- 15) 日本コンクリート工学協会：コンクリート構造物の腐食・防食に関する試験方法ならびに基準(案)，pp.71～73 (日本コンクリート工学協会)
- 16) 福川義明：劣化診断ノート中性化診断，建築技術，(1989.7)，pp.172～175
- 17) 佐伯竜彦，大賀宏行・長瀧重義：コンクリートの中性化の機構解明と進行予測，土木学会論文集第414号V-12，(1990.2)，pp.99～108
- 18) 岸谷孝一，西澤紀昭他編：中性化，pp.36～37 (技報堂)
- 19) 佐伯 昇・藤田嘉夫：コンクリートのひびわれと鉄筋の腐食，セメント・コンクリートNo.482，(1987.4)，pp.8～15
- 20) 永嶋正久・飛内圭之：コンクリートの中性化，セメント・コンクリート化学とその応用，pp.47～52 (セメント協会)
- 21) 杉田英明，御手洗泰文：鉄筋の発錆に及ぼす塩化物と中性化の影響，セメント・コンクリート No.513，(1989.11)，pp.29～39