

V-192

シラン系含浸材料に関する基礎的研究

恒和化学工業株式会社 正会員 和田 環
 恒和化学工業株式会社 山下千明
 大成建設（株） 正会員 新藤竹文

1. はじめに

近年、塩害、アルカリ骨材反応、凍害等によるコンクリート構造物の早期劣化が問題化され、コンクリート構造物の保護材料、保護対策が各分野で研究され報告されている。これら数種の保護材料のうち、施工が容易でコンクリートの外観を損ねず、通気性は保持するが、吸水は防止する等の特徴を有する撥水性に依存する含浸材料が注目されてきている。本報では、含浸材料の中でもシラン系材料が、他の材料と比べ優れた性能を有することを見出し、さらに、構造の異なるシラン系材料について基礎的検討を行った結果、若干の知見を得たので報告する。

2. 実験

2-1 試験項目 本試験は、以下に示す4項目について行った。

- ①浸透深さの測定-----材料を塗布したコンクリートを割裂し、割裂面を水で濡らすことにより撥水部分の深さを測定する。
- ②吸水試験-----モルタル供試体を完全に水に浸漬し、重量増加から吸水率を求める。
- ③遮塩性試験-----日本道路協会による道路橋の塩害対策指針(案)に示す方法によって塩素イオン透過量を測定する。又、飽和食塩水中に完全に浸漬し、供試体の重量増加を測定すると共に内部への塩素イオンの浸透深さをフルオレッセイン呈色反応によって測定する。
- ④耐久性、耐候性試験--JIS K 5400に準ずるカーボンアークによる促進耐候性試験機で所定時間照射後水中にいれ吸水率を測定する。

2-2 検討材料

表2及び表3に塗布含浸材料及びシラン系材料を示した。シラン系材料については、アルキルアルコキシシラン(モノマー)とアルコキシシラン低縮合物(オリゴマー)について検討した。これらの材料を試験用基材の全面又は片面に300 g/m²の割合で塗布し、温度20℃、65%R.H.の条件下で7日間放置後試験に使用した。

表2 含浸材料

材料番号	成分分類	溶剤
1	アクリル樹脂系	石油系溶剤
2	アクリル樹脂系	石油系溶剤
3	アクリル樹脂系	石油系溶剤
4	シリコーン樹脂系	石油系溶剤
5	シリコーン樹脂系	石油系溶剤
6	シリコーン樹脂系	石油系溶剤
7	シラン系	石油系溶剤
8	シラン系	アルコール

表3 シラン系化合物

材料番号	構造及び溶剤
9	$\text{CH}_3\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_3$ アルコール
10	$\text{C}_4\text{H}_9\text{Si}(\text{OCH}_3)_3$ アルコール
11	$\text{C}_6\text{H}_{17}\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_3$ アルコール
12	$\text{C}_{10}\text{H}_{21}\text{Si}(\text{OCH}_3)_3$ アルコール
13	$\text{C}_{18}\text{H}_{37}\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_3$ アルコール
14	アルコキシシラン縮合物 a 石油系溶剤
15	アルコキシシラン縮合物 b 石油系溶剤
16	アルコキシシラン縮合物 c 石油系溶剤

2-3 試験体

試験体は、①浸透深さの測定において、10×10×10cmのコンクリート試験体を、②吸水試験及び④耐久性、耐候性試験においては、4×4×16cmのモルタル試験体を、又、③遮塩性試験は、直径6.5cm、厚さ0.5cmのモルタル試験体とした。これらは、コンクリート及びモルタル打設後、7日間20℃の水中養生を行い、次に、20℃、60%R.H.の恒温恒湿にて28日間養生した後、所定の塗布処理を行った。表1にコンクリートの

配合を示す。又、モルタルは、W/C=65%で標準砂を用いたJISの標準モルタルである。（ここで、使用セメントは両者とも早強ポルトランドセメントである。）

表1 コンクリート配合

粗骨材 最大寸法	スランプ (cm)	空気量 (%)	水セメン ト比(%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)						圧縮強度kg/cm ²	
					水	セメント	細骨材	粗骨材	減水剤	AE剤	材令7日	28日
25	10±2.5	4±1	40	38	168	420	661	1079	0.84	0.0168	440	531

3. 実験結果及び考察

図4に各種含浸材料の吸水率を示す。この結果から、吸水率の増加傾向には ①吸水率が短時間で飽和状態に達するもの ②ある一定時間後に、急激に飽和状態に近づくもの ③徐々に吸水率が増加するものがあり、コンクリートの保護材料としては ③のようなタイプが適していると推察される。各材料別に評価すると、アクリル樹脂系やシリコン樹脂系は、①や②の傾向、シラン系材料は③の傾向にある。これは、各材料の疎水力や躯体との結合力の違いによるものと考えられ、シラン系材料は、その構造から推察されるように無機質と結合する官能基を持ち、躯体と安定した化学結合をするが、アクリル樹脂系やシリコン樹脂系は表面に物理的に付着しているだけで結合力が弱く、さらに、アクリル樹脂系については疎水力が弱いためと考えられる。次いで、表3に示した各種シラン系化合物の材料で性能評価を行った結果を表5に示した。

■ 浸漬1日 □ 浸漬7日

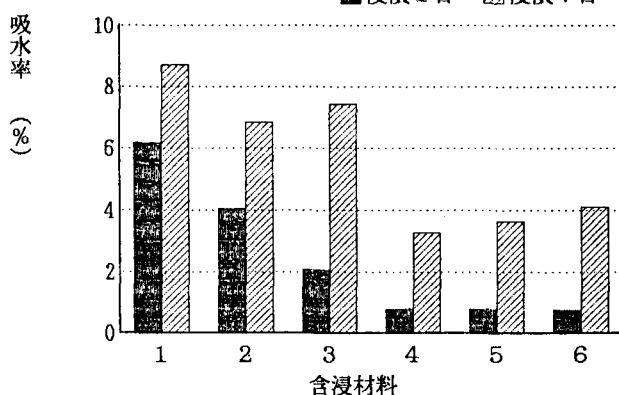


図4 含浸材料の吸水性

この結果から、浸透深さはモノマー系のアルキル基の小さいもの程大きく、縮合物系は分子サイズが大きいため浸透深さは小さい傾向にある。吸水率や食塩水浸漬時の重量増加率はアルコキシシランの縮合物系よりもモノマー系が小さく、モノマー系ではアルキル基の違いによって差があり、アルキル基の大きいものが小さくなる傾向にある。遮塩性についても、アルキル基の大きいものほど遮塩性能は良くなり、次いで、アルコキシシラン縮合物となるが、1年間飽和食塩水中に浸漬した塩分の浸透深さは、縮合物系では抑制効果が極端に低下した。さらに、耐久性試験の結果においては、縮合物系の材料は吸水防止能が極端に低下し、モノマー系でもアルキル基の違いによって吸水防止維持能力が大きく異なる傾向を示した。

以上の結果から、性能的に安定した材料は、シラン系化合物の中でもモノマー系に類するもので、中でもアルキル基の特定のものが耐久性の

優れたコンクリート保護材料として有効であると考えられる。

表5 シラン系化合物の性能

測定項目	浸透深さ	吸水比	遮塩性-1		遮塩性-2	Cl ⁻ 浸透深さ	耐久性WON 2000時間
	(mm)		(mg/cm ² ・day)		(重量増%)		
	対ブランク						吸水比
試験材料		30日目		30日目		1年後	30日目
9	測定不能	0.92		17.4×10^{-3}	1.44	20以上	1.16
10	4.0~10.0	0.29		3.4×10^{-3}	0.20	6未満	1.19
11	2.5~ 7.0	0.19		2.1×10^{-3}	0.05	3未満	0.70
12	2.5~ 6.0	0.16		1.2×10^{-3}	0.00	3未満	0.32
13	2.0~ 5.0	0.21		1.8×10^{-3}	0.09	5未満	1.09
14	1.0~ 3.0	0.92		2.5×10^{-3}	0.33	20以上	0.93
15	2.0~ 4.0	0.45		3.5×10^{-3}	0.13	20以上	1.05
16	2.0~ 4.0	0.46		4.9×10^{-3}	0.29	20以上	1.19
無処理	-	1.00		80.0×10^{-3}	5.24	20以上	1.00