

関西大学大学院 学生員 ○山崎 颯斗
 関西大学 正会員 鶴田 浩章

1. はじめに

シラン系表面含浸材（以降、シラン系と略す）は、コンクリートの塩害進行抑制のために使用される材料である。一方、アミノシラン系表面含浸材（以降、アミノシラン系と略す）は鶴田ら¹⁾が実用化に向けて検討を行っている表面含浸材であり、シラン系とは異なり、コンクリートの中性化抑制に優れた効果を発揮することが報告されている。本研究では、コンクリートの塩害と中性化の複合劣化に対する有効な抑制策の一案として、シラン系とアミノシラン系の併用を行い、塗布時における養生温度が含浸深さや塩害と中性化の抑制効果に及ぼす影響を明確にすることを目的に、養生温度を変化させて作製した試験体に対して乾湿繰返し試験と含浸深さ試験を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料と配合

使用した表面含浸材の概要を表1に示す。アミノシラン系は、中性化抑制効果に優れた含浸材 Z、シラン系と同じく塩害抑制効果に優れた含浸材 C の2種、シラン系は、撥水層を形成する含浸材 S と吸水防止層を形成する含浸材 A の2種を使用した。Cは施工要領に従い、2回に分けて塗布した。コンクリートの計画配合を表2に示す。空気量4.5±1%、目標スランブを10cmとし、混和剤はAE減水剤(リグニンスルホン酸系)を使用した。

2.2 含浸深さ試験

表3に試験体作製フロー、表4に試験で用いた含浸材と組み合わせを示す。Zは、水への浸漬では含浸深さが確認できないため、試験対象としていない。本試験では、表面含浸材の試験方法(案)²⁾を一部変更して試験を行った。寸法が100×100×50mmのものを試験体とし、1次塗布、2次塗布の前夜3日を10℃、35℃で養生した。材齢52日目に含浸深さ試験を行った。

2.3 乾湿繰返し試験

試験体作製フロー、使用した含浸材と組み合わせは表3、表4と同様である。材齢52日目から、NaCl溶液浸漬(温度20℃、濃度3%)1日、乾燥(温度40℃)1日、促進中性化(温度20℃、RH60%、CO₂濃度5.0±0.2%)5日の乾湿繰返しを1サイクルとして、10サイクル繰り返す試験を行った。試験終了後、試験体をカッターで3等分に切断し、切断面の中心、及びその中心から25mmの位置の片面3箇所と、対面する切断面で合計6箇所を測定位置として、試験面と原状面の中性化深さと塩化物イオン浸透深さを計測し、表面保護工法設計施工指針(案) [工種別マニュアル編]³⁾に記載されている式(1)及び式(2)を用いて中性化・塩害抑制率を合算し評価を行った。

表1 使用した表面含浸材

種類	記号	外観	主成分	標準塗布量(g/m ²)
アミノシラン	Z	無色透明液体	3-アミノプロピルトリメトキシシラン	300
	C	淡黄色透明液体	アミノアルキルトリアルコキシシラン	300×2
シラン	S	乳白色ジェル状	アルキル変性シリコン化合物	200
	A	無色透明液体	アルキルトリアルコキシシラン	300

表2 計画配合

W/C (%)	単位量 (kg/m ³)				AE減水剤 (g/m ³)
	W	C	S	G	
60	175	292	823	980	913

表3 試験体作製フロー

材齢(日)	作業
1	脱型
2-7	水中養生
7	切断
7-32	気中養生(温度20℃, 湿度60%)
32	樹脂シール
32-35	養生(温度10℃, 35℃)
35	1次塗布
35-37	養生(温度10℃, 35℃)
37	2次塗布
37-39	養生(温度10℃, 35℃)
39-51	気中養生(温度20℃, 湿度60%)
52	試験開始

表4 使用した含浸材と組み合わせ

	記号	1次塗布量(g/m ²)	2次塗布量(g/m ²)
単体	S	200	Zは含浸深さ試験では使用しない
	A	300	
	C	300×2	
	Z	300	
併用	SZ	100	150
	AZ	150	150
	CZ	150×2	150

$$R_{Pi} = \left(\frac{\text{試験体の性能}}{\text{原状試験体の性能}} \right) \times 100 \quad (1)$$

$$I_i = 100 - R_{Pi} \quad (2)$$

ここに、R_{Pi}: 各性能の比

I_i: 各劣化要因に対する抑制率(%)

3. 試験結果及び考察

3. 1 含浸深さ試験

図1に含浸深さ試験の結果を示す。荒巻ら⁴⁾は、シラン系含浸材は、養生温度が高いほど含浸深さが増大することを報告しているが、本試験では、シラン系を標準塗布量分塗布したものは温度が高くなるにつれて、含浸深さが大きくなる傾向がわずかながら確認された。しかし、含浸材を併用したものは、温度が高くなるにつれて含浸深さが低下する結果が得られた。併用した試験体は、シラン系の標準塗布量の半分のみを塗布したため、温度が上がるにつれ液体として存在するコンクリート内部の含浸材が標準塗布量を塗布したものより早く揮発することで含浸深さが減少したこと、荒巻ら⁴⁾は、5°C~60°Cの広い温度範囲を対象としていたのに対し、本試験では、10°C~35°Cの一般的な狭い温度範囲で行ったため、含浸深さが温度に比して増加する影響より塗布方法や微量な塗布量の違いによる影響が卓越したことで、この結果が得られたものと推察される。

3. 2 乾湿繰返し試験

図2に温度が10°C、図3に温度が35°Cの試験結果を示す。シラン系とZを併用した試験体は、中性化に対しては9~17%、塩害に対しては9~23%の抑制効果が得られた。どちらの温度でもシラン系単体の試験体よりもシラン系とZを併用した方が塩害に対して優れた抑制効果を示す傾向があるが、Z単体と併用した試験体の中性化抑制効果を比較すると、併用した試験体の中性化抑制効果が減少していることがわかる。これはZを標準塗布量の半分しか塗布していないため、抑制効果が減少したと考察する。続いて、温度の違いに着目すると、温度の違いによって塩害と中性化の複合劣化に対する抵抗性に差が生じる傾向は見られなかった。これは、含浸深さ試験にて前述した理由と同様で10°C~35°Cの場合、温度による影響より塗布方法や微量な塗布量の違いによる影響が卓越したことが考えられる。以上のことから、抑制効果に関しては、養生温度ではなく、含浸材の塗布量による影響が大きいと推察される。

4. まとめ

- 1) シラン系を標準塗布量分塗布したものは温度が高くなるにつれて、含浸深さが大きくなる傾向がわずかであるが確認されたが、含浸材を併用したものでは、逆に温度が高くなるにつれて含浸深さが低下してしまう結果が得られた。
- 2) シラン系とZを併用した試験体は、中性化に対しては9~17%、塩害に対しては9~23%の抑制効果が得られ、養生温度の違いが中性化と塩害の複合劣化に及ぼす抵抗性に関する傾向は確認されなかった。このことから、抑制効果に関しては、養生温度より含浸材の塗布量による影響の方が大きい可能性が示唆された。

参考文献

- 1) 鶴田浩章, 丸山徹, 東口剛士: アミノ基を有するシラン系表面含浸材によるコンクリートの乾湿繰返しに対する効果, コンクリート工学年次論文集, Vol.43, No.1, pp.1091-1096, 2021
- 2) 土木学会: コンクリート標準示方書規準編, 表面含浸材の試験方法(JSCE-K 571-2013), pp.517-527, 2018
- 3) 土木学会: コンクリートライブラリー119号 表面保護工法 設計施工指針(案) [工種別マニュアル], 2005
- 4) 荒巻卓見, 大塚秀三, 八木修, 中田善久: シラン系表面含浸材の表面保護効果に及ぼす温湿度の影響に関する基礎的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.35, No.1, pp.1645-1650, 2013

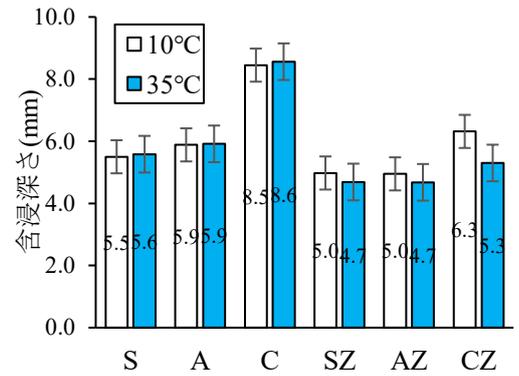


図1 含浸深さ試験

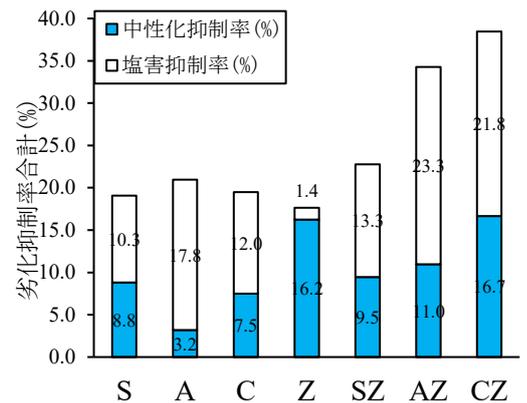


図2 10°C 中性化・塩害抑制率合計

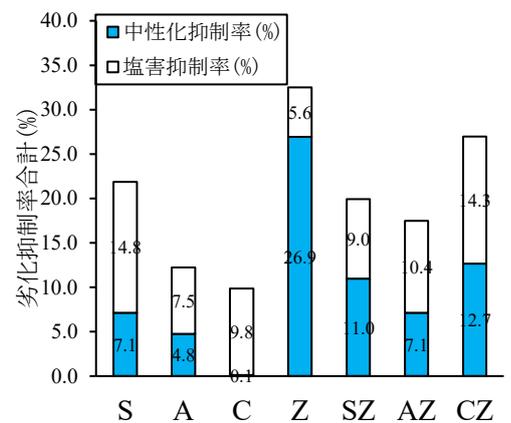


図3 35°C 中性化・塩害抑制率合計