

表面含浸材塗布による劣化抑制効果に関する基礎的研究

芝浦工業大学院 学生会員 ○安澤 翔
 BASF ポリリス株式会社 正会員 元売 正美
 芝浦工業大学 フェロー会員 魚本 健人

1. 研究背景と目的

近年、時代は新設から維持管理に移りつつある。土木構造物はコンクリートの打ち放しが多く、コンクリート表面から劣化因子が侵入し易いため耐久性の低下につながる。耐久性が低下し、劣化が進行すると構造物の再構築または補修が必要となる。再構築は莫大な費用がかかるため新設の段階から耐久性を向上させることが必要である。そのため、コンクリートの耐久性を比較的容易に向上させる技術として表面保護工法がある。その手法の1つである表面含浸工法は容易に施工することができ、施工者の熟練度にも左右されにくい。そのため注目を集めている。しかし、維持管理を行う際に、コンクリート構造物にひび割れが認められないものである。既往の研究では含浸材がひび割れに有効であることが立証されていない。表面含浸材がひび割れに有効ならば表面含浸材の利点である表面の外観を維持することから目視によるひび割れを発見時に塗布を行うことにより大幅に構造物の供用年数を引き上げ、長寿命化につながると考えた。

以上の背景から本研究では、表面含浸材のひび割れを有する場合の劣化抑制効果について着目した。新設後に塗布を行った場合、既設後に塗布を行った場合を想定し、実験を行い、上記の結果からひび割れを有する構造物に適用することが可能か検討することを目的とする。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

モルタルの配合を表1に示す。

表-1 モルタル配合

セメント:砂 (質量比)	W/C(%)	単位量(kg/m ³)		
		水	セメント	細骨材
1:3	60	130	687	1683

使用材料

セメント: 普通ポルトランドセメント (密度 3.16g/cm³)

細骨材: 大井川水系軽砂 (密度 2.58g/cm³ 吸水率 2.17%)

粗骨材: 青森県産軽砂岩砕石 (密度 2.66g/cm³ 吸水率 0.62%)

表面含浸材: シラン系表面含浸材

主成分: アルキルアルコキシシラン系化合物

2.2 試験項目

試験項目を表2に示す。

表-2 試験項目

下地 コンクリート	種類	シラン系	無塗布
	塗布の有無	有り	無し
	前養生	塗布後1週間	-
	W/C	60%	-
	前養生	1週間水中養生+2~3週間気中養生	-
	ひび割れ深さ	5mm, 15mm	-
	ひび割れ種類	先ひび割れ/後ひび割れ	無し
	含浸量(m ² /L)	0.3, 0.6, 1.0	-
	塗布方向	上, 横, 下	-
	測定面	1面(測定面以外をエポキシ樹脂で被覆)	-
塩水浸漬試験	温度	20	-
	塩分濃度	10%	-
中性化深さ試験	温度	30	-
	湿度	60%	-
	CO ₂ 濃度	10%	-

2.3 試験方法

2.3.1 含浸深さ試験

表2に示したひび割れ深さ、含浸量、塗布方向の条件での表面含浸材の含浸深さを測定する。測定方法は含浸材塗布後、2週間気中養生のち、試験鋼材にメチレンブルー溶液を吹き付け、撥水した部分を含浸深さとして測定した。

2.3.2 中性化深さ試験

中性化促進条件は、温度30±2、60±5%RH、CO₂濃度10±0.2%と設定し、促進期間4週において中性化深さを測定した。

2.3.3 塩化物イオン浸透深さ試験

塩分濃度10%、温度20±2の塩水に浸漬させ、4週後に硝酸銀水溶液(0.1mol/L)で塩化物イオン深さを測定した。

3. 実験結果

3.1 含浸深さ試験

表面含浸材の含浸深さの写真を示す。(写真-1にひび割れ深さ5mm、写真-2にひび割れ深さ15mm)写真で着色していない部分が含浸深さ(はっ水層)である。

塗布方向の違いによる含浸深さは図によって示すこととする。例としてひび割れ深さ15mmのデータを記載する。(図-1に上方向、図-2に横方向、図-3に下方向塗布したものである)



写真-1 ひび割れ深さ 5mm 写真-2 ひび割れ深さ 15mm



図-1 下方向含浸深さ

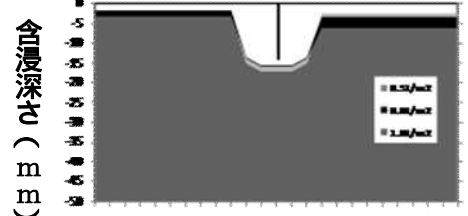


図-2 横方向含浸深さ

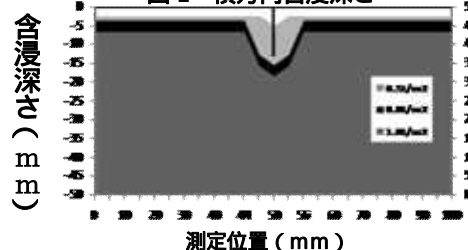


図-3 上方向含浸深さ

キーワード: コンクリート 表面含浸材 中性化

〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5 TEL 03-5859-8358

グラフでは色のついていない部分が含浸深さを示している。図1.23より下、横方向の塗布では塗布量 0.3m^2 、 0.6m^2 、 1.0m^2 すべてひび割れ面に沿って含浸し、上方向の塗布は塗布量 0.3m^2 ではひび割れ深さ5mmからは含浸しておらず、 0.6m^2 ではひび割れ深さ15mmと同等、 1.0m^2 ではひび割れ深さ方向にひび割れから331mm含浸していることが確認できる。含浸深さはひび割れ深さ方向で下方向塗布 1.0m^2 の5.95mm、横方向塗布 1.0m^2 の3.82mmとなり、ひび割れ直角方向では上方向塗布 1.0m^2 の5.71mm、下方向塗布 1.0m^2 の6.79mm、横方向塗布 1.0m^2 の5.71mmとなった。

3-2 中性化深さ試験

中性化抑制率を算出し、抑制効果があると考えられるBグレード以上の含浸深さを超えるものを算出した。抑制率の算出方法は $100 - \frac{\text{試験体の性能} - \text{原状試験体の性能}}{\text{原状試験体の性能}} \times 100$ より求め、抑制率のグレード評価方法は土木学会の表面保護工法設計案を参考に行った(表-3)。図4ではひび割れの無い試験体により中性化抑制率の累積頻度を含浸深さごとにグラフにしたものである。図5ではひび割れ有りの試験体のものを示した。図4のグラフでは含浸深さ2~3mmでBグレード以上の抑制率を超えている割合は75%、含浸深さ3~4mmでは100%となっている。図5ではばらつきはあるものの含浸深さ3~4mmでBグレード以上の抑制率を超えている割合は68%、含浸深さ4~5mmでは92%となっている。よって本実験の範囲ではひび割れ無しでは含浸深さ3~4mm以上、ひび割れ有りでは含浸深さ4~5mmを境にBグレード以上の中性化抑制率をもち、抑制効果が望めると考えられる。

3-3 塩化物イオン浸透深さ試験

塩化物イオン抑制率を算出し、抑制効果があると考えられるBグレード以上の含浸深さを超えるものを算出した。抑制率の算出方法は3-2 中性化深さ試験と同様求め、評価を行った。図6ではひび割れの無い試験体により塩化物イオン抑制率の累積頻度を含浸深さごとにグラフにしたものである。図7ではひび割れ有りの試験体のものを示した。図6のグラフでは含浸深さ3~4mmでBグレード以上の抑制率を超えている割合は100%、含浸深さ4~5mmでは92%となっている。図7でもばらつきはあるものの含浸深さ2~3mmでBグレード以上の抑制率を超えている割合は86%、含浸深さ3~4mmでは90%となっている。よって本実験の範囲ではひび割れ無しでは含浸深さ3~4mm以上、ひび割れ有りでは含浸深さ2~3mmを境にBグレード以上の塩化物イオン抑制率をもち、抑制効果が望めると推測できる。

4 まとめ

- 1.) 中性化、塩化物イオンともにひび割れ部分において、ひび割れ深さ、ひび割れ直角方向ともに抑制効果を持つことが確認できた。
- 2.) 塗布方向による含浸深さの違いは上、横、下方向の順に含浸深さが深くなるが上方向への塗布は塗布量 0.3m^2 ではひび割れ部には浸透しないことが実験により確認できた。しかし、 1.0m^2 塗布することにより、全方向ともにひび割れ深さ以上の含浸深さを確保することができる。
- 3.) 表面含浸材の抑制効果を望むには中性化では通常面で含浸深さ3~4mm、ひび割れ部で含浸深さ4~5mm、塩化物イオンでは通常面で含浸深さ3~4mm、ひび割れ有りでは含浸深さ2~3mm以上を確保することによりBグレード以上の抑制効果を望むことができると推測される。

実験段階ではあるが現時点の結果から推測するとひび割れ深さ15mmまでのひび割れを有する構造物に表面含浸材を適用するには上、横方向では 1.0m^2 、下方向では 0.6m^2 以上の塗布量を塗布する必要があると判断される。

表-3 表面保護工法設計案 グレード評価

評価項目		グレード		
性能	評価値	A	B	C
耐久性	抑制率(%)	30以上	30~10	10以下

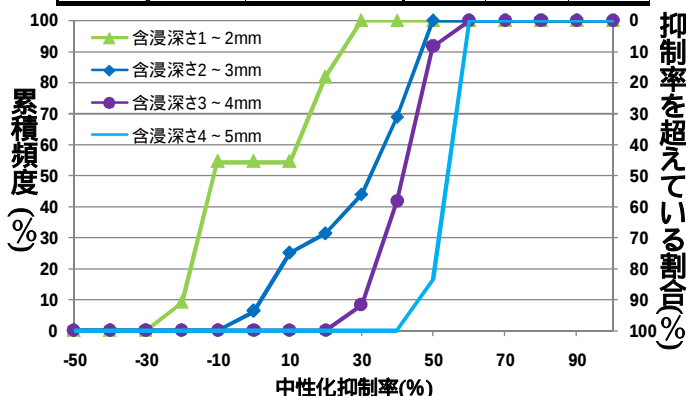


図-4 中性化抑制率の累積頻度 (ひび割れ無し)

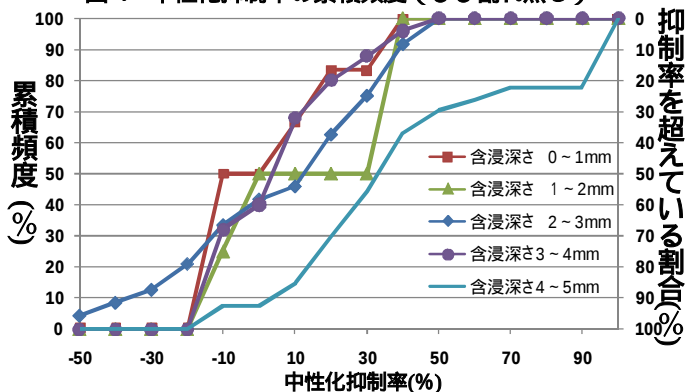


図-5 中性化抑制率の累積頻度

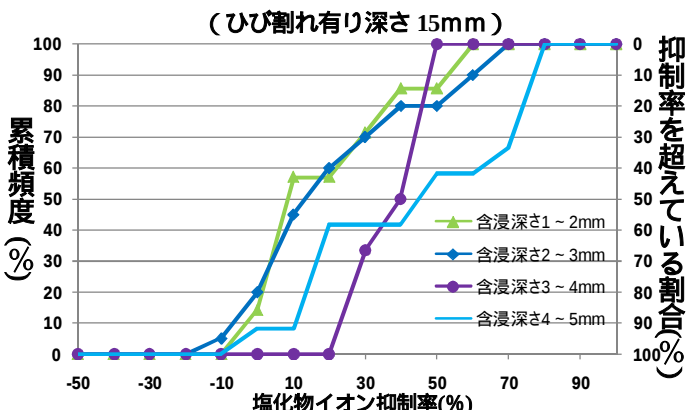


図-6 塩化物イオン抑制率の累積頻度 (ひび割れ無し)

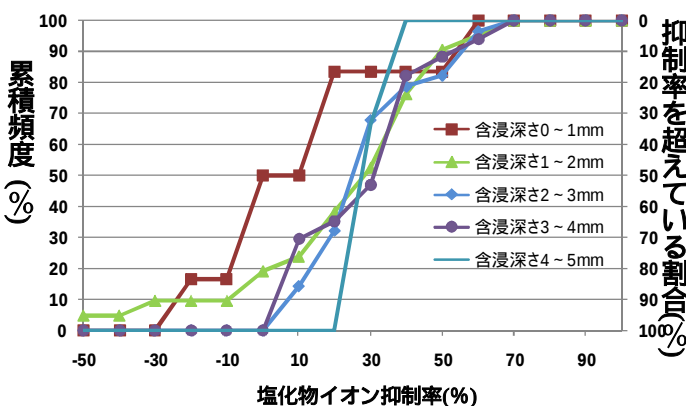


図-7 塩化物イオン抑制率の累積頻度

(ひび割れ有り深さ 15mm)