

海洋環境を模擬したコンクリートへのシラン系含浸材適用による内部環境の改善効果

若築建設(株) 技術研究所 正会員 秋山哲治
若築建設(株) 技術研究所 正会員 ○川村京太

1. はじめに

鉄筋腐食は、コンクリート内部の水分、酸素、塩分に大きく影響を受ける。このため、RC 構造物の腐食対策は、鉄筋腐食に関するこれら影響因子に着目することが重要である。表面保護工法¹⁾の一つであるシラン系表面含浸材（以降、含浸材と称す）は遮水透湿性を有しており、外界の水分侵入を遮断したうえでコンクリート内部の水分を外部に放出できるため、鉄筋の腐食抑制に有効な対策と考えられる。一方、含浸材の港湾施設への適用事例は多くなく、その性能を十分に把握できていない事柄があると考えられる。そこで、塩分を含む実寸大コンクリート供試体に対して海洋環境を模擬した暴露試験を行い、含浸材適用による内部環境の改善効果について検討した。

2. 実験概要

2.1 実験方法および測定項目

図-1 に実験方法、表-1 に測定項目を示す。測定項目は、供試体の質量および内部の温度・湿度とし、暴露条件に示す 1 サイクル毎で計測した。試験場所の降雨量は、気象庁 HP に示す値で整理した。温度・湿度の測定位置は、同表に示すかぶり位置の計 8 箇所とし、含浸材を塗布したコンクリート供試体（高さ 250×幅 200×奥行き 250mm）を作製する段階で、型枠内部に温湿度センサを予め埋め込む方法とした。供試体の暴露条件は、栈橋上部工の飛沫帯および海上大気中を模擬し、1 サイクルを 14 日間として“海水半浸漬 2 日後＋屋外暴露 12 日”を繰り返して実施した。実験は、東京湾に面した屋外ヤードで 2021 年 12 月より開始した。供試体の半浸漬時に用いた海水は、東京湾の実海域から採取した。

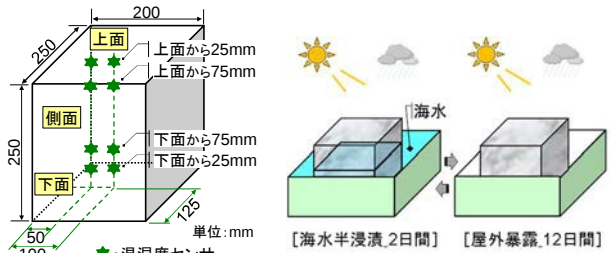


図-1 実験方法

表-1 測定項目

項目	具体内容
測定項目	・ 供試体の質量の変化 ・ 供試体内部の相対湿度の変化 ・ 試験場所の降雨量
測定位置	・ 計 8 箇所（図-1 参照、温湿度センサ） 側面のかぶり 50 と 100mm 上面と下面のかぶり 25 と 75mm
暴露条件	・ [半浸漬 2 日＋屋外暴露 12 日]/サイクル ・ 東京湾に面した屋外ヤード ・ 海水は東京湾の実海域から採取

2.2 コンクリート供試体の使用材料

表-2 に供試体の使用材料を示す。コンクリートの水セメントは 60%、内在塩分量は 5, 7.5kg/m³とし、配合上は外割で NaCl を混入した。材齢 28 日圧縮強度は 36～33N/mm²であった。供試体は、塩分量 5kg/m³を計 4 体（含浸材の有無で各 2 体）、同 7.5kg/m³を計 2 体（含浸材の有無で各 1 体）作製した。含浸材は打設後の材齢 14 日まで湿布養生した後、材齢 28 日まで室内養生後に所定の標準量を塗布した。コンクリートは、セメントは普通ポルトランド、練混水は千葉県袖ヶ浦市地下水、細骨材は千葉県君津産、粗骨材は高知県吾川郡産、混和剤は AE 減水剤、NaCl は特級塩を用いた。

表-2 コンクリート供試体の使用材料

項目	具体内容
配合仕様	水セメント比 60%
内在塩分量	5, 7.5kg/m ³ ※外割混入 NaCl
圧縮強度	36, 33N/mm ² ※材齢 28 日

3. 実験結果

3.1 供試体の質量の経時変化

図-2 に供試体の質量の経時変化を示す。含浸材無塗布は、降雨の変化に応じて増減を繰り返し、暴露開始時に対して質量は微増した。塩分量の違いによる質量の差異は無かった。一方、含浸材塗布は、降雨の影響に因らず、材齢の経過に伴

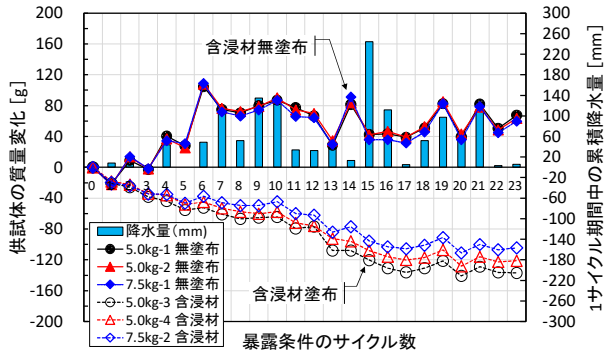


図-2 供試体の質量の経時変化

キーワード : 海洋環境, 塩化物イオン, シラン系含浸材, 遮水性, 透湿性
連絡先 : 〒299-0268 千葉県袖ヶ浦市南袖 31 番地 若築建設(株) 技術研究所 TEL 0438-38-4601

って質量は長期的に減少傾向を示した。塩分量が多い場合、少ない場合と比較して質量の減少量は若干小さくなったが、総じて含浸材の遮水透湿性能を発揮できる結果であった。

3.2 供試体内部の相対湿度の経時変化

供試体内部の相対湿度について、図-3【上】に上面かぶり25mm、図-3【下】に下面かぶり25mmの経時変化（共に側面かぶり50mm）の結果を示す。含浸材無塗布は、上面・下面に関わらず、降雨の影響により内部湿度が変動する場合があったが、材齢の経過に伴い減少傾向を示した。また下面では上面と比較して湿度が若干高くなるのは、日射や半浸漬の影響によるものと推察する。塩分量の大小で比べると、塩分量の多い方が若干高い湿度で推移しているようであった。一方、含浸材塗布は、無塗布と比べて湿度の低下（透湿性）が大きく、降雨の影響や浸漬の影響に因らず、材齢の経過に伴って湿度が漸減する傾向であった。また下面と上面を比べると、無塗布の場合よりも湿度の差が小さく、含浸材の遮水透湿性の効果が明確に現われていると考える。塩分量の大小で比べると、塩分量の多い方が湿度は僅かに高い傾向を示したが、今後も継続して計測を行った上で評価したいと考える。

3.3 鉄筋腐食の抑制効果に関する考察

3.1 および3.2 では、含浸材の適用によって供試体の質量および相対湿度が経時的に低減することを確認した。以下では、コンクリート内部の相対湿度の低下により、鉄筋の腐食抑制にどの程度寄与するかを既往の研究^{2,4)}に基づいて考察した。

文献²⁾では、実験供試体を用いて相対湿度から相対含水率の算定式が提案されており、同式は実構造物の腐食調査による文献³⁾の相対湿度と相対含水率の関係式と比較的良好な相関が得られている。以上より、同式を用いて本実験の直近（暴露1.1年）の相対湿度から、相対含水率を試算した結果を表-3に整理した。その結果、含浸材無塗布はすべての測定位置で相対含水率60%以上であったのに対して、含浸材塗布では、側面かぶり100mmの一部の測定位置を除き、すべての測定位置で相対含水率50%台となった。特に、かぶりが小さい主として青字の位置では、相対含水率が55%程度以下まで低減されたことを把握した。文献⁴⁾では、相対含水率が65%以上で腐食発生確率が70%程度となるが、相対含水率が65%未満の場合では腐食発生確率が50%以下に急減するとされており、本結果においても有効な腐食抑制効果が期待できることを確認した。

4. まとめ

- (1) 含浸材を適用した供試体の質量と湿度は、降雨や浸漬の影響が因らず材齢の経過に伴って長期的に減少した。含浸材の遮水透湿性の効果が確認され、その効果はかぶりが小さく内在塩分量が少ないほど明確であった。
- (2) 既往の研究を参考に、本実験で得られた相対湿度から相対含水率を試算すると、含浸材を塗布した場合は腐食発生確率が急減する範囲まで相対含水率を低減させる効果があることを確認した。このことから、含浸材を塗布したコンクリート部材において、鉄筋腐食に対する内部環境の改善効果を有すると考える。

参考文献 1) 土木学会:コンクリートライブラリー119 表面保護工法設計施工指針(案)および[工種別マニュアル編], 2005.4 2) 秋田宏, 藤原忠司, 尾坂芳夫:乾燥を受けるコンクリート中の水分移動を解析する手法, 土木学会論文集 No.490/V-23, pp.101-110, 1994.5 3) 山田宗範, 今本啓一, 清原千鶴, 野口貴文:実構造物におけるコンクリート内部の水分が鉄筋腐食に与える影響に関する研究, 日本コンクリート工学年次論文集, Vol.40, No.1, pp.621-626, 2018 4) 山本佳城, 榊田佳寛, 中村成春:塩化物を混入したコンクリートの含水状態が鉄筋の腐食に及ぼす影響, 日本建築学会構造系論文集, Vol.568, pp.27-33, 2003.1

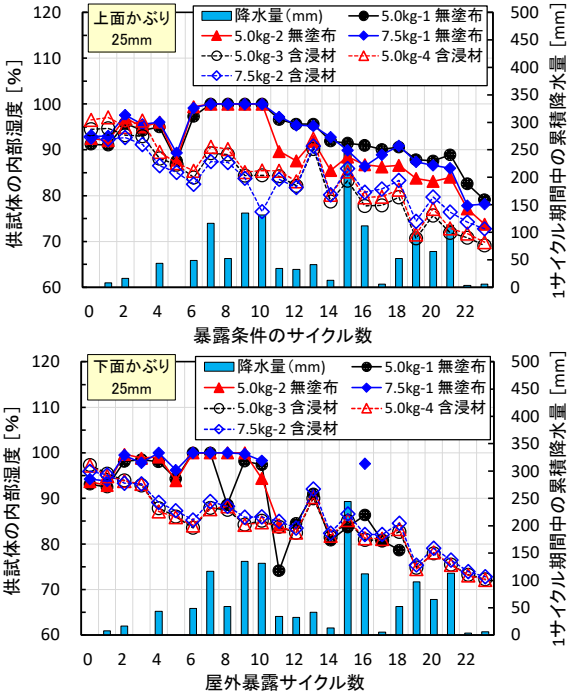


図-3 相対湿度の経時変化の一例
【上】上面かぶり25mm、【下】下面かぶり25mm、共に側面かぶり50mm

表-3 相対湿度より試算した相対含水率						
側面 かぶり	上面・下面 かぶり[mm]	相対湿度[%]		相対含水率[%]		
		無塗布	含浸材	無塗布	含浸材	
50mm	上面	25	76.0	67.8	62.5	53.9
		75	81.0	67.9	68.6	53.9
	下面	75	76.5	73.2	63.0	59.4
		25	—	69.8	—	55.9
100mm	上面	25	82.2	65.8	70.2	52.0
		75	—	79.7	—	67.0
	下面	75	79.3	74.4	66.4	60.7
		25	—	70.5	62.5	56.5

【凡例】—:埋設センサが現時点で計測不可になった箇所