

第V部門 表面含浸材併用法を適用したコンクリート内の湿度変化と劣化抑制効果の関係

関西大学大学院理工学研究科 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(以下、シラン系と略す)を適用したコンクリートにおいて、中性化が無塗布のものより進行し、この影響でコンクリート内部の Cl^- 量が深い位置で増加する塩分濃縮現象が発生した事例が報告されている¹⁾。この現象を抑制する案として中性化抑制に有効なけい酸塩系表面含浸材(以下、けい酸塩系と略す)を塗布し、その後にシラン系を塗布する表面含浸材併用法(以下、併用法と略す)を適用することが考えられる。石川ら²⁾は、併用法を適用したコンクリートを6年間暴露した試験体の中性化は無塗布よりは進行するが、シラン系より相対的に中性化を抑制することを報告している。通常、中性化の進行は、湿度が50%付近で最大になることが一般的に知られているが、併用法を適用したコンクリートが乾湿繰返し作用を受ける環境下における内部の湿度変化に関しては、明確になっていない。

本研究では、併用法の乾湿繰返し下の内部湿度の変化が中性化と塩害の劣化抑制効果に与える影響を明確にすることを目的に、コンクリートに小型湿度データロガーを埋め込んだ試験体に併用法を適用し、中性化と塩害の劣化を受ける乾湿繰返し試験を行い評価を行った。

2. 実験概要

2. 1 比較対象と配合

比較対象と含浸材の塗布量を表1、コンクリートの配合を表2に示す。本試験では、シラン系とけい酸塩系は各種1種使用し、単体塗布のものは標準塗布量を塗布した。併用法の各含浸材の塗布量は、けい酸塩系は標準塗布量、シラン系は標準塗布量の半分とした。けい酸塩系の反応補助剤は主成分が $\text{Ca}(\text{OH})_2$ のものを使用した。試験体は水セメント比が55.0%、空気量が $4.5\% \pm 1.5\%$ 、スランプは $10.0 \pm 2.5\text{cm}$ とし、セメントは普通ポルトランドセメントを使用した。混和剤はAE減水剤(リグニンスルホン酸系)、AE剤(アルキルエーテル系陰イオン界面活性剤)を使用した。試験体数は、各種1体である。

表1 比較対象と含浸材の塗布量

種類	記号	1次塗布(g/m^2)	2次塗布(g/m^2)
無塗布	N	-	-
シラン	D	200	-
けい酸塩	K	200	-
併用法	KD	K : 200	D : 100
反応補助剤	Ca	200	-

表2 コンクリートの配合

Slump (cm)	W/C (%)	Air (%)	単位量(kg/m^3)				Ad (g/m^3)	AE ($\text{C} \times \%$)
			W	C	S	G		
10.0	55.0	4.5	175	318	838	955	1070.8	0.006

2. 2 試験体作製方法

本試験で作製した試験体の概要を図1に示す。小型湿度データロガーは予め本体に防水透湿シートを被覆してから断熱材内に設置し、その上にもう1枚防水透湿シートを被覆した。かぶりは10mmとし、その地点の湿度を測定した。測定間隔は3時間に1回とした。養生は材齢7日まで水温 20°C で水中養生を行い、そこから材齢28日まで、温度 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 、相対湿度 $60\% \pm 5.0\%$ の環境で気中養生を行うが、その材齢25日時点で合成樹脂で側面4面、底面1面をシールした。材齢28日にCaを先に塗布し、塗布後30分静置した。そして、表面が乾燥していることを確認後、けい酸塩系Kを塗布した。材齢29日時点でシラン系Dを塗布し、そこから材齢42日まで気中養生したものを試験体とした。

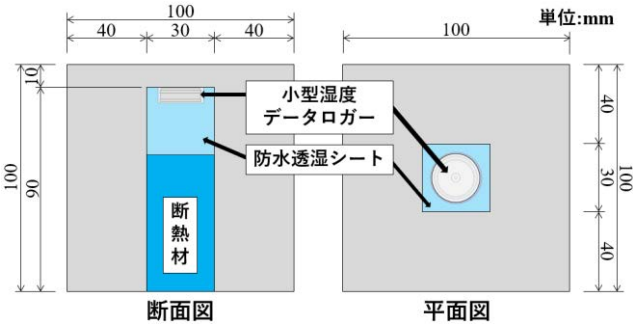


図1 試験体の概要

Hayato YAMASAKI and Hiroaki TSURUTA

tsurutah@kansai-u.ac.jp

2. 3 乾湿繰返し試験

塩分浸漬(濃度 10.0%) 1 日, 乾燥(40℃)1 日, 促進中性化(温度 20℃, 相対湿度 60%, CO₂ 濃度 5.0±0.2%)5 日の乾湿繰返しを 1 サイクルとした試験を 6 サイクル行った. 試験終了後, データロガーを取り出し, 各過程で得られた内部湿度の値の平均値を算出した. 試験体を割裂し, 割裂した試験体の一方は中性化評価用, もう一方は塩害評価用とした. 中性化深さと Cl⁻浸透深さの測定方法は割裂面に対し, それぞれフェノールフタレイン溶液, 硝酸銀水溶液を噴霧し. 中性化深さ, Cl⁻浸透深さを試験体の端から 10mm 毎に計 9 か所測定した.

3. 試験結果及び考察

図 2 に中性化深さと Cl⁻浸透深さの試験結果, 図 3 に各過程における平均湿度を示す. 初めに中性化深さに着目すると, 本試験においては, D=KD>K≧N というシラン系 D と併用法 KD が同値を取り, 無塗布 N とけい酸塩 K に関しても, ほぼ同値の結果が得られ, けい酸塩系による中性化抑制効果は確認できなかった. 次に, Cl⁻浸透深さに着目すると, こちらは, N>K>D>KD の順に値が小さくなる結果が得られた. 最後に内部湿度に着目すると, 本試験では, K>N>D>KD の順で内部湿度が高い環境に保たれていたことが分かった. 湿度の変化に関しては, N と K は 90-100%付近の高い湿度内で変化していたこと, D と KD は数値的にはほぼ同等で 75-85%付近で湿度が変化していたことが分かった.

次に, これらの結果が得られた要因について考察する. けい酸塩系や併用法にて中性化抑制効果が発揮しなかった原因の一つとして, 試験体数が少ないことによる材料のばらつきの影響を受けたことが考えられる. 今後, 試験体数を増やして試験を再度実施する必要がある. 表 3 は各試験体が乾湿繰返しにおいて 1 サイクルに吸水した量を計 6 サイクル分累積した累積塩水吸水量を示したものである. 表から, 吸水量は N が 38.5g と最も大きく, その次に K が N より吸水を抑制しているが, 36.8g と N とほぼ同等であることが分かる. そして, D と KD はそれぞれ 8.1g, 6.0 g と併用法の方が吸水を抑制する結果が得られたが, これも 2.1g の差しかないことから, D と KD はほぼ同等であるといえる. しかし, これらと N と K を比較すると, シラン系が持つ吸水防止性により大幅に吸水を抑制していることが分かる. このことから, N と K は吸水量が多いことで湿度が高い環境が維

持されるため, 中性化はしにくい, コンクリート内部に浸透する Cl⁻量は多くなるため塩害が進行しやすい結果になったこと, D と KD に関しては, 吸水を抑制することによって, 湿度の上昇は軽減されるが, N や K と比較して, 低い湿度が維持されて中性化が進行する. そして, この影響で中性化が進行することで吸水量がわずかも, Cl⁻が浸透したことが考えられる.

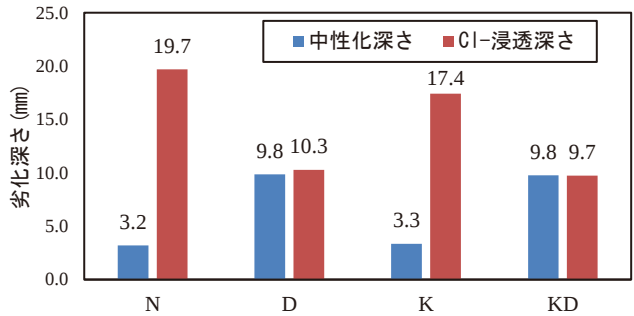


図 2 中性化深さ・Cl⁻浸透深さ 試験結果

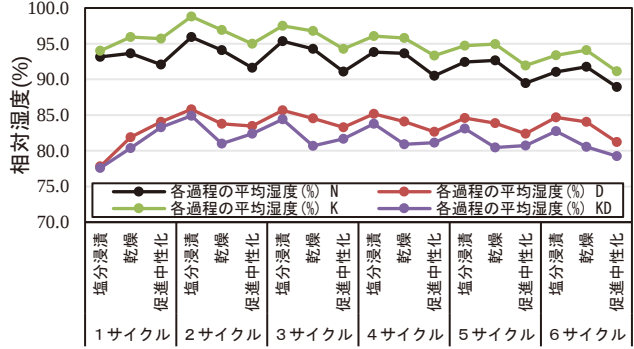


図 3 各過程における平均湿度

表 3 累積塩水吸水量 試験結果

項目	N	D	K	KD
累積塩水吸水量(g)	38.5	8.1	36.8	6.0

4. まとめ

本研究では, 中性化と塩害作用を受ける乾湿繰返し環境における併用法を適用した試験体の内部湿度の変化はシラン系とほぼ同等で 75-85%付近で変化していることが分かった. 中性化と塩害抑制効果も, ほぼシラン系と同等であったが, 今後は塩分の濃度分布との関係の把握とともに試験体数を増やして実施する予定である.

参考文献

1) 遠藤裕丈, 島多昭典: シラン系表面含浸材を塗布して 15~16 年経過した北海道の道路橋地覆コンクリートでの追跡調査, コンクリート工学年次論文集, 44 巻, 1 号, pp.1432-1437, 2022
2) 石川健児, 福手勤, 内藤英晴: コンクリート用表面含浸材の防水性および防食性に関する曝露試験, コンクリート工学年次論文集, 39 巻, 1 号, pp.1009-1014, 2017