

塩水の供給による塩害、凍害と ASR の複合劣化機構と 表面含浸工法の効果に関する検討

パシフィックコンサルタンツ(株) 正会員 ○園田 胡桃
徳島大学大学院 正会員 上田 隆雄
徳島大学大学院 正会員 塚越 雅幸

1. はじめに

寒冷地域において凍結防止剤として NaCl が散布されるコンクリート構造物では、塩害、凍害と ASR の複合劣化が生じることがある。このように劣化が複合して生じる場合は、それぞれの劣化がお互いに影響を及ぼし合いながら進行するが、現状ではこのような複雑な複合劣化メカニズムの解明および十分に効果を発揮できる補修工法の選定には至っていない。

本研究では、シリーズ 1 として塩分濃度が異なる環境下で塩害、凍害と ASR の複合劣化を受ける鉄筋コンクリートの劣化機構を検討する。さらに、シリーズ 2 として、シラン系含浸材を適用した場合の複合劣化に対する劣化抑制効果について検討する。

2. 実験概要

実験で用いたコンクリートの配合を表-1 に示す。表の記号は S1:普通砕砂, S2:反応性砕砂, G1:普通碎石, G2:反応性碎石を示す。配合は普通骨材を用いた N 配合と反応性骨材を用いた R 配合, R 配合に R_2O 量 10kg/m^3 となるように NaCl を添加した RCl 配合の 3 種類とした。供試体は $100\times 100\times 300\text{mm}$ の RC コンクリートに丸鋼 $\phi 13$ をかぶり 25mm で 1 本配置し、型枠底面を塩水供給面とした。また、塩水供給面以外はエポキシ樹脂による被覆を行い、供試体側面にはコンタクトゲージ用真鍮チップを貼り付けた。また、シリーズ 2 ではコンクリートの表面含水率を 8%に調整した後、試験面にシラン系含浸材を塗布した供試体も作製した。実験は NaCl 溶液の供給を伴う凍結融解と、ASR 促進を繰り返して行った。凍結融解は ASTM C 672 に準拠し、恒温低温試験器による温度制御を行った。凍結過程は -18°C で凍結時間 16 時間、融解過程は最高温度 23°C で融解時間 8 時間とし、24 時間で 1 サイクルとなるように設定して計 30 サイクル行い、供給する NaCl 濃度はシリーズ 1 で 3%と 10%、シリーズ 2 では 3%とした。ASR 促進は供試体の全体を湿らせたウェスで覆い、ジップ付きの袋に入れて温度 40°C 、

湿度 95%の環境で 30 日間促進を行った。凍結融解中は 7 サイクル毎にスケーリング量を測定し、各促進試験終了後にはコンクリート膨張率および自然電位、分極抵抗、コンクリート抵抗、超音波伝播時間を測定した。

表-1 コンクリート配合

配合	W/C	単位量(kg/m^3)						
		W	C	S1	S2	G1	G2	NaCl
N	55	178	324	826	-	895	-	-
R				248	576	268	653	-
RCl				243	565	268	653	15.4

3. 塩害、凍害と ASR の複合劣化検討 (シリーズ 1)

写真-1 に促進劣化 244 日後の RCl 配合の試験面の外観、図-1 にコンクリート膨張率の経時変化を示す。これより、RCl 配合は NaCl 溶液の濃度に関わらずどちらも同程度の膨張が生じているが、RCl3%は ASR が卓越したと考えられる亀甲状のひび割れ、RCl10%では鉄筋軸に沿ったひび割れと異なる劣化外観を示した。R 配合は膨張は小さいが、3%の NaCl を供給した場合には網目状のひび割れを伴うスケーリングが見られた。

キーワード 塩害、凍害、ASR、複合劣化、シラン系含浸材

連絡先 〒770-8506 徳島県徳島市南常三島町 2-1 徳島大学大学院理工学研究部 TEL 088-656-2153

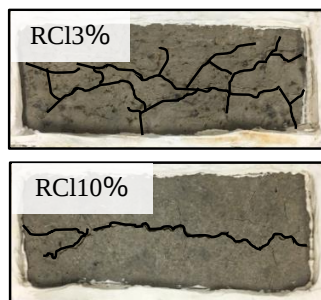


写真-1 244日促進後における
RCI3%および10%の外観(シリーズ1)

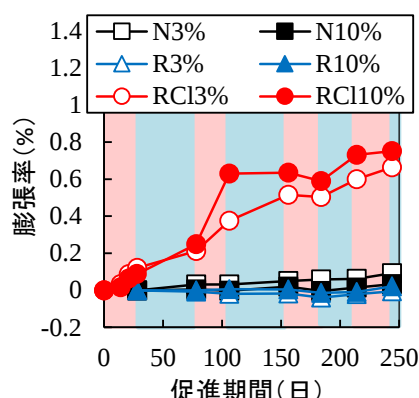


図-1 コンクリート膨張率の
経時変化(シリーズ1)

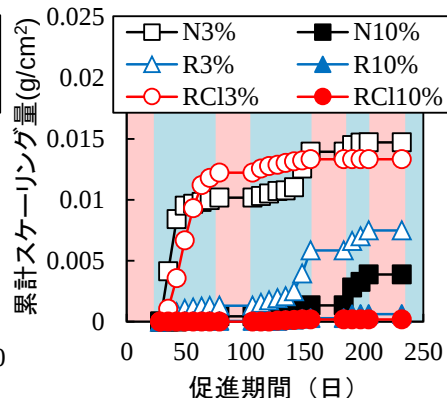


図-2 累計スケーリング量の
経時変化(シリーズ1)

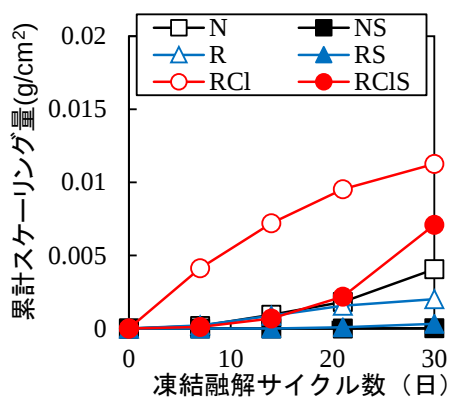


図-3 累計スケーリング量の
経時変化(シリーズ2)

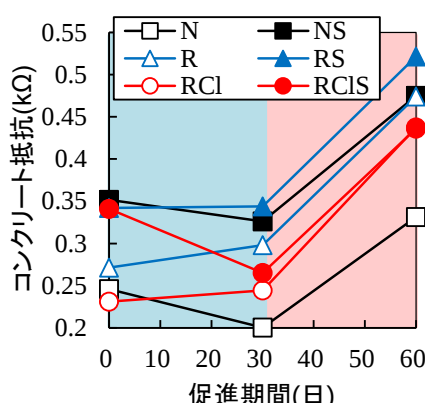


図-4 コンクリート抵抗の
経時変化(シリーズ2)

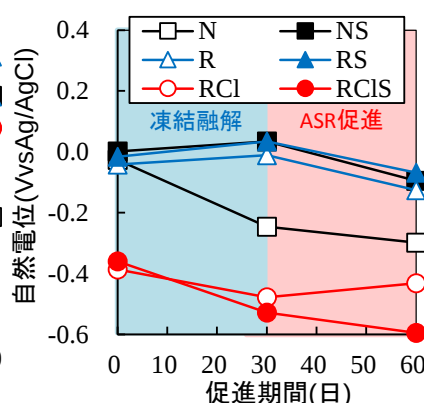


図-5 自然電位の経時変化
(シリーズ2)

図-2に累計スケーリング量の経時変化を示す。図-2より、全ての配合において供給されるNaCl溶液の濃度が3%の場合に10%の場合よりスケーリングが多く発生している。既往の検討からも、NaCl濃度が3%程度の場合にNaCl溶液の浸透圧に伴う水圧が大きくなったものと考えられるが、そのような傾向はR配合よりN配合で顕著に見られた。

4. 塩害、凍害とASRの複合劣化に対するシラン系含浸材の劣化抑制効果(シリーズ2)

図-3にシラン系含浸材を塗布した供試体(配合記号の末尾にSをつけたもの)および無塗布供試体を用いて凍結融解を30サイクル行った際の累計スケーリング量の経時変化を示す。図-3より、シラン系含浸材無塗布の供試体は、凍結融解サイクル数の増加に伴って、ほぼ一定の割合でスケーリングが増加している。一方、RCISのスケーリング量は、初期で抑制されたものの21~30サイクルで急激に増加し、RCISのみスケーリングは薄板状のものが多かったことから、内部からの水圧によってシラン含浸層が押し出されたものと推察される。ただし、NSおよびRSはスケーリングが未発生であることから、内在塩を含まない場合ではシラン系含浸材によるスケーリング抑制効果が発揮されることが確認できた。

図-4にかぶり部分のコンクリート抵抗の経時変化を示す。図-4より、N、R配合は、常にシラン系含浸材を塗布した供試体のほうが無塗布の場合より高い抵抗値をとっていることから、シラン系含浸材による保護効果が持続していることがわかる。一方で、RCI配合に関しては、促進開始時ではRCISの抵抗値が大きい、その差は徐々に小さくなり、60日後では含浸材塗布による抵抗値の差が見られなくなっている。これは、図-3よりRCISは凍結融解30サイクル間で激しくスケーリングが生じているため、コンクリート表層部の撥水層が剥離したためと考えられる。

図-5に鉄筋の自然電位の経時変化を示す。これによると、凍結融解30サイクル後にNは値が大きく下がったのに対して、シラン系含浸材を塗布したNSでは値が保持されている。これより、NSはシラン系含浸材を塗布したことにより、撥水層がNaClの浸入を防止し、鉄筋腐食が抑制されたものと考えられる。