# 凍害と ASR の複合劣化挙動および対策に関する基礎的研究

国立研究開発法人十木研究所 寒地十木研究所 正会員 〇遠藤 裕丈 国立研究開発法人土木研究所 寒地土木研究所 正会員 島多 昭典

#### 1. はじめに

寒冷地の鉄筋コンクリート構造物は凍結融解と凍結防止剤の複合作用を受ける厳しい環境に曝されており、 凍害の発生が危惧される. 中には、コンクリートに反応性骨材が含まれていることもあり、このような場合は ASR による凍害の促進が懸念されるが、その劣化挙動の特徴は不明な点が多い、そこで、寒冷地の鉄筋コン クリート構造物の維持管理の高度化に向けた取り組みの一環として,反応性骨材を含んでいる鉄筋コンクリー トの寒冷環境での挙動および対策としてシラン系表面含浸材を塗布した場合の効果を把握する実験を行った.

#### 2. 実験概要

表-1 にコンクリートの配合を示す.水セメント比は 55%とし,セメントは普通ポルトランドセメント,細 骨材は苫小牧産非反応性海砂(表乾密度 2.66g/cm³, 吸水率 1.41%, 除塩処理済)を使用した. 粗骨材は小樽 産非反応性砕石の G0 (表乾密度 2.68g/cm³, 吸水率 1.48%, 最大径

20mm), 北海道産反応性安山岩砕石の G1 (表乾密度 2.70g/cm³, 吸 水率 1.72%, 最大径 20mm) と G2 (表乾密度 2.69g/cm³, 吸水率 1.79%, 最大径 20mm) の3種類を使用した.表-2に各骨材のモルタルバー 試験結果を示す. また, ASR を促すため, 上田らりの研究を参考に NaCl を 15kg/m³ 混入した. スランプは 12cm, 空気量は 4.5% を目標

記号	単位量(kg/m³)				
마니 ク	W	C	S	G	NaCl
G0	155	282	851	1048	15.0
G1	155	282	851	1056	15.0
G2	155	282	851	1052	15.0

とし、AE 減水剤(リグニンスルホン酸化合物とポリオールの複合体)と AE 助剤(変性ロジン酸化合物系陰イオン界面活性剤)で調整した.配合 記号は骨材名とした. 供試体寸法は 100mm×100mm×400mm とし, 図-1 に示すように打設面から深さ 50mm 位置に D13 鉄筋を 2 本配した. 打設

表-2 モルタルバー試験の結果

骨材名	26 週膨張率	判定
G0	0.012%	無害
G1	0.590%	無害でない
G2	0.481%	無害でない

後は7日間湿潤養生を行い、その後は材齢28日ま で温度 20℃,湿度 60%の恒温恒湿室に静置した. この間、材齢 21 日に打設面以外をエポキシコーテ ィングし,一部の供試体の打設面にシラン系表面含 浸材を 350g/m<sup>2</sup> 塗布した. 材齢 28 日より, 図-2 に 示すように,打設面に3%濃度のNaCl水溶液を厚さ 6mm 張って ASTM C 672 に準じた-18℃16 時間, 23℃8 時間の 1 日 1 サイクルの凍結融解と, NaCl 水溶液を除去して20℃もしくは50℃の気中環境に 曝す実験を交互に行った. 比較のため NaCl 水溶液 を張って凍結融解を与えない条件も一部設けた. 実 験開始から 56, 112 日目にコンパレータによる長さ 変化およびスケーリング量の測定を行った.

### 3. 実験結果・考察

# (1) 劣化挙動の把握(シラン系表面含浸材無使用)

図-3 に長さ変化の測定結果を示す. 凍結融解と

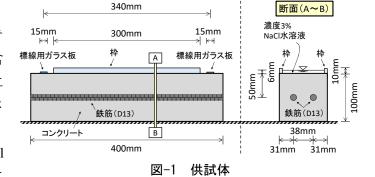


表-1

塩水凍結融解 塩水凍結融解 F20 20℃環境静置 20℃環境静置 F50 塩水凍結融解 50℃環境静置 塩水凍結融解 50℃環境静置 塩水常温浸漬 50℃環境静置 塩水常温浸漬 50℃環境静置 C50 0日 28日 56日 84日 112日 (試験開始) (測定) (測定) 図-2 実験環境

キーワード 凍結融解,凍結防止剤,凍害,ASR,シラン系表面含浸材

連絡先 〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1-3-1-34 (国研) 土木研究所 寒地土木研究所 TEL011-841-1719 20℃の気中静置を交互に行った F20 では, 長さ変化に及ぼす骨材の影響は示されなかった.一方,凍結融解と 50℃の気中静置を交互に行った F50 は, G1, G2 の膨張率が高く,写真-1 に示すように長手方向のひび割れも確認された.凍結融解を与えず,常温下での NaCl 水溶液浸漬と 50℃の気中静置を交互に行った C50 は, G1, G2 の膨張率が高かったが,膨張率は F50 の方が大

きい. このことから,長さ変化に及ぼす凍結融解と ASR の複合作用の影響は大きく,温度の高い環境に曝される機会が多い場合,その影響はより強まることがわかった.

図-4 にスケーリング量の測定結果を示す. F50 でのみ骨材の影響が示された前述の長さ変化とは対照的に, F20と F50 のいずれにおいてもスケーリングに及ぼす骨材の影響が示された. 打設面は NaCl 水溶液と接する唯一の部位で,供試体の中で最も水分が多く, NaCl 量も予め混入した 15kg/m³から上積みされると考えられ, ASR 発生の3条件(骨材,水,アルカリ)が揃いやすい部位と言える. 本実験の範囲では,コンクリートにアルカリが多く含まれ,NaCl 水溶液と接する打設面では 20℃環境でも ASR が局所的に発生し,微細ひび割れが進展してスケーリン

グの促進に繋がったように推察されるが, これについては試験を続けて挙動を観察 し, さらに詳しく調べたいと考えている.

### (2) シラン系表面含浸材による抑制効果

図-5 は、材齢 21 日にシラン系表面含 浸材を塗布して図-2 の環境に曝した場合 の長さ変化とスケーリング量の測定結果を示している。長さ変化は、供試体内部 への NaCl 水溶液の供給抑制による膨張 低減と、20℃もしくは 50℃の気中に曝した際の水分蒸散による収縮が示され、効

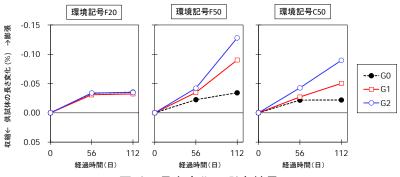


図-3 長さ変化の測定結果



写真-1 配合記号 G1, 環境記号 F50 の 84 日目の状況

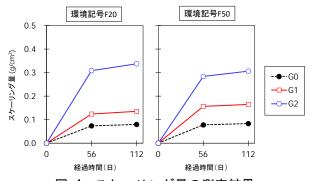


図-4 スケーリング量の測定結果

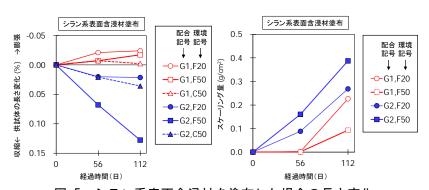


図-5 シラン系表面含浸材を塗布した場合の長さ変化 およびスケーリング量の実験結果

果が確認された.一方,スケーリング量は,56日目までは図-4より少なく,効果が確認された.しかし,56日目から112日目にかけてスケーリングの増加が示された.これは,凍結融解の繰り返しによって透水性の小さい吸水防止層(シラン系表面含浸材の含浸域)へ圧入されたNaCl水溶液の流動阻害によって大きな水圧が発生したことが考えられる.このことから,シラン系表面含浸材はASRによる膨張やスケーリングの発生を遅らせる一定の効果は期待できるものの,スケーリングの長期抑制に対しては水の供給形態を考慮した適用可否の判断や定期的な再塗布など,効果的な適用方法の検討が求められる.これについては今後の課題としたい.

## 参考文献

1) 上田隆雄, 園田胡桃, 中山一秀, 塚越雅幸: ASR と凍害の複合劣化コンクリートに対する表面保護工法の 適用, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集, Vol.17, pp.497-502, 2017.10