

表面保護材料によるコンクリートのスケーリング抵抗性の向上

八戸工業大学大学院 学生員 荻原 正裕
 八戸工業大学 正会員 庄谷 征美
 八戸工業大学 正会員 阿波 稔

1. まえがき

凍結融解作用を受けるコンクリート構造物は、コンクリート組織の膨張、緩みあるいはそれに伴うひび割れの発生や崩壊として特徴づけられる、特有の凍害劣化を受けやすい環境にある。また、近年、凍結防止剤などの塩化物が存在する環境下では凍結融解との複合作用により劣化が促進され、表層部がフレーク（薄片）状に剥げ落ちるスケーリングが顕在化してきている。さらに劣化が進行した段階では骨材が露出し、著しい場合には、外部劣化因子からの保護層としてのかぶり（表層部）コンクリートの機能が完全に低下し、内部の鉄筋が腐食するケースも多数報告されている。そこで本研究では、近年開発された表面保護材料を寒冷地コンクリート構造物に適用することを目的として、そのスケーリング抵抗性や物質透過性などについて検討を行った。さらに、実験を通してコンクリートのスケーリング抵抗性を改善するために、最も適した表面保護材料について検討した。

2. 表面保護材料の特徴

本実験で用いた表面保護材料の種類や成分を表-1に示す。コンクリート表層部に浸透し空隙を減少させるなどの改質効果を目的とした2種類の表面含浸材およびコンクリート表面に膜を形成し物質透過性の改善を目的とした3種類の表面被覆材の合計5種類の表層保護材料を使用した。なお、下地材は珪酸アルカリを主成分とする水溶液である。

表-1 使用表面保護材料

種類	A	B	D	E	F
	成分	酸化珪素系の水溶液	珪酸質系ポリマーディスパーション	アルコキシシロキサン	シリカ溶液(膜厚13 μ m)
下地材					
含浸材					
被覆材					

3. 実験概要

3.1 使用材料および配合

実験に用いた材料は普通ポルトランドセメント(密度 3.16 g/cm³)、骨材は細骨材に石灰岩砕砂(密度 2.69 g/cm³, F.M. 2.73)、粗骨材に石灰岩砕石(密度 2.71 g/cm³, F.M. 6.94)、混和剤にAE剤を使用した。試験に用いたコンクリートの配合を、表-2に示す。本実験ではW/Cを45%、55%、60%および65%の4ケースに設定し、目標スランプを8 \pm 1 cm、目標空気を5 \pm 0.5%一定とした。

表-2 コンクリートの配合

Gmax (mm)	W/C (%)	目標スランプ (cm)	目標 Air (%)	s/a (%)	単用量(kg)				
					W	C	S	G	AE剤
20	45	8 \pm 1.0	5 \pm 0.5	41	161	357	745	1081	C \times 0.021
	55			41	161	293	732	1150	C \times 0.025
	60			39	161	268	738	1164	C \times 0.017
	65			39	161	247	784	1136	C \times 0.017

3.2 実験方法

(1) 長期スケーリング試験

供試体は図-1に示されるように220 \times 220 \times 80 mmの平板供試体とし、試験面を側面とした。材齢28日まで水中養生後(20 \pm 2)、恒温室(20 \pm 2、60%RH)にて2日間乾燥させた。表面含浸材Aおよび表面被覆材D、E、Fは、下地材にて処理した後、それらを10日後に塗布した。そして、何れの表面保護材料を用いたコンクリートにおいても材齢56日まで気中養生を行い、スケーリング試験を開始した。なお、比較用の無処理のコンクリート供試体は、材齢28日まで水中養生後(20 \pm 2)、封緘養生を行い表面処理した供試体と同一材齢(56日)で試験を開始した。コンクリートのスケーリング試験は、ASTM C 672に準拠して実施した。温度条件は自動制御方式で行い、試験水にはNaCl 3%水溶液を用いた。スケーリング量の測定は、凍結融解300サイクルまで行い、試験面から剥離したコンクリート片を採取し105 \pm 5 $^{\circ}$ Cで24時間乾燥させた質量を測定した。

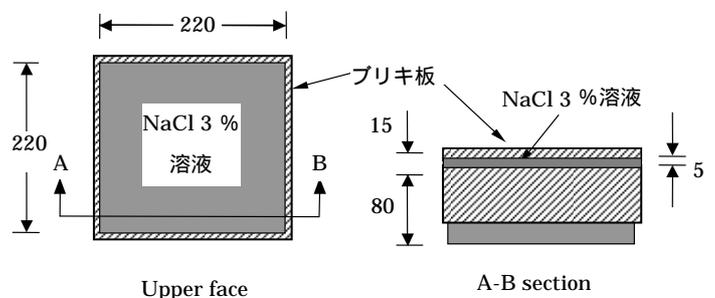


図-1 スケーリング試験用供試体(mm)

た。なお、比較用の無処理のコンクリート供試体は、材齢28日まで水中養生後(20 \pm 2)、封緘養生を行い表面処理した供試体と同一材齢(56日)で試験を開始した。コンクリートのスケーリング試験は、ASTM C 672に準拠して実施した。温度条件は自動制御方式で行い、試験水にはNaCl 3%水溶液を用いた。スケーリング量の測定は、凍結融解300サイクルまで行い、試験面から剥離したコンクリート片を採取し105 \pm 5 $^{\circ}$ Cで24時間乾燥させた質量を測定した。

(2) 物質透過性試験

促進中性化試験および塩化物イオン浸透試験は、それぞれ 100×100mmの円柱供試体および100×100×400mmの供試体を使用し、供試体側面を試験面とした。促進中性化試験は、CO₂濃度 5%、温度 20℃、湿度 60%の促進槽にて実施した。そして、フェノールフタレイン法にて中性化深さを測定し、中性化速度係数を求めた。また、塩化物イオン浸透試験は、供試体をNaCl 3%水溶液に浸せきさせ、硝酸銀法により浸透深さの測定を行い見かけの拡散係数を算出した。

4. 実験結果および考察

4.1 長期スケーリング抵抗性試験結果

図-2 は表面保護材料を使用したコンクリートの長期スケーリング抵抗性試験の結果を示したものである。これらの結果より、表面含浸材 A を用いたコンクリートは長期間にわたりスケーリングの抑制効果が確認できる。特に、凍結融解 100 サイクル付近までは W/C が 60%のケースでも、発生したスケーリング量は極めて少なかった。

一方、表面被覆材を用いたコンクリートのスケーリング抵抗性は、無処理のコンクリートに比べ何れのケースにおいても大きく向上する傾向にある。特に、表面被覆材 E、F を用いたコンクリートでは、スケーリングの発生はほとんど確認されなかった。

さらに、凍結融解環境下において表面保護材料によりコンクリートに高いスケーリング抵抗性を確保する場合、予防保全的に適切な間隔で保護材料の再施工を実施する必要があると考えられる。

4.2 物質透過性試験結果

表面保護材料を用いたコンクリートの中性化速度係数と見かけの塩化物イオン拡散係数を表-4 に示す。これらの結果より、被覆材Eはコンクリート内部へのCO₂の進入を大きく抑制する効果を有することが確認された。また、塩化物イオンの浸透試験結果より、被覆材E、Fを用いたコンクリートは無処理のコンクリートと比べて見かけの拡散係数が 1/3~1/5 に低下し、高い塩化物イオンの浸透抑制効果が確認された。さらに、表面保護材料を用いたコンクリートの物質透過性は、水セメント比が低いケース程、より大きく改善される傾向にある。

5. まとめ

本実験で用いた表面含浸材 A および表面被覆材 E、F はコンクリートのスケーリングの抑制に極めて大きな効果を有するものと考えられる。また、凍結融解環境下において表面保護材料によりコンクリートに高いスケーリング抵抗性を確保する場合、予防保全的に適切な間隔で保護材料の再施工を実施する必要があると考えられる。さらに、コンクリートの物質透過性試験より、中性化の抑制には被覆材 E、塩化物イオンの浸透抑制には含浸材 A および被覆材 E、F が大きな効果を有することが分かった。今後、コンクリートの長期的なスケーリング抵抗性の確保を目的とした表面保護材料の再施工方法について、さらに詳細な検討を進める所存である。

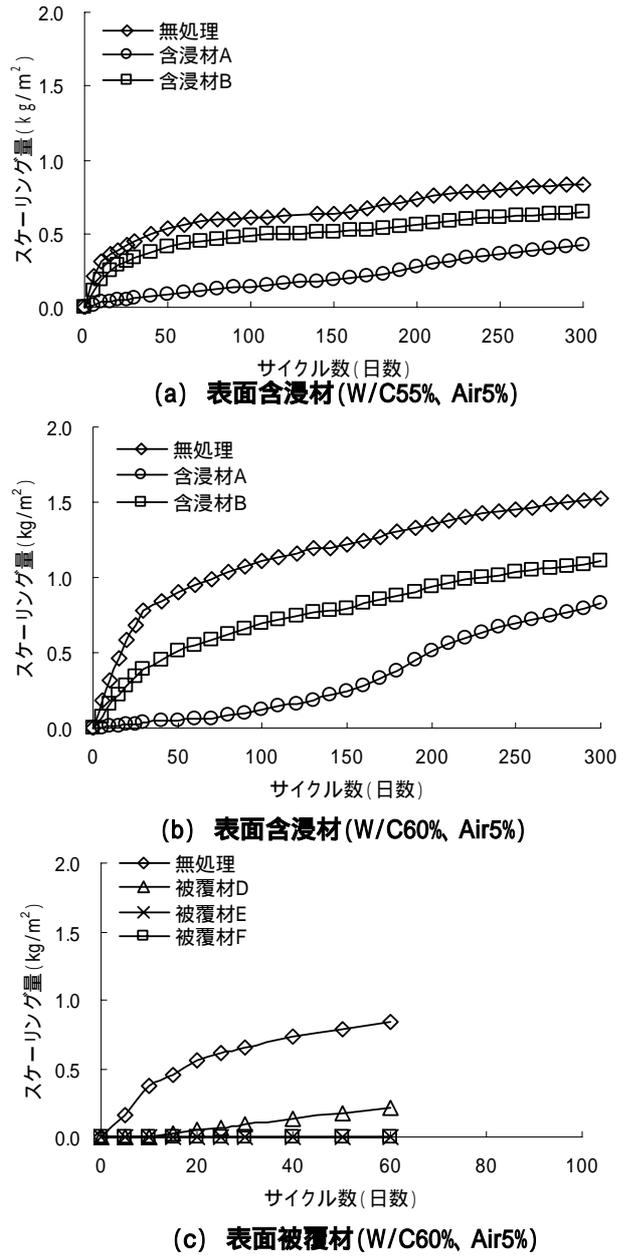


図-2 スケーリング試験結果

表-4 物質透過性試験結果

試験名	中性化速度係数 (mm/週)			見かけの拡散係数 ($\times 10^{-8}$ cm ² /sec)		
	45%	55%	65%	45%	55%	65%
無処理	4.77	4.70	5.76	1.123	1.634	2.403
含浸材A	3.27	3.97	5.70	0.066	0.273	0.350
被覆材D	1.42	2.63	4.62	0.278	0.948	0.764
被覆材E	0.87	1.81	4.71	0.032	0.079	0.220
被覆材F	0.96	2.52	4.41	0.076	0.095	0.238