凍結防止剤散布下における塩分が内在するコンクリートの耐凍害性

日本大学工学部	学生会員	〇佐久間	正明
日本大学工学部	正会員	子田	康弘
日本大学工学部	正会員	岩城	一郎

1. はじめに

積雪寒冷地域では、凍結防止剤が 大量に散布され、コンクリート構造 物は塩害と凍害による複合劣化が顕 在化している.当研究室では、これ まで内在塩や外来塩によりコンクリ ート中に高濃度の塩化物イオンが含

表-1 コンクリートの配合とフレッシュ性状

	Gmax	W/C	空気量	s/a	単位量(kg/m ³)			1 ³)	フレッシュ性状	
	(mm)	(%)	(%)	(%)	W	С	S	G	スランプ	空気量
0.0kg/m^3		50	1.5	48	175	350	889	989	3.0	2.0
1.0kg/m^3	$\frac{2}{2} \frac{2}{2} \frac{2}$								2.5	2.1
3.0kg/m^3									4.0	1.5
5.0kg/m ³									5.0	1.5

有された状態で NaCl 水溶液による凍結融解作用を受けると著しい凍害劣 化が引き起されることを明らかにした¹⁾. そこで本研究では,内在塩分濃 度を実験パラメータとし,コンクリートの耐凍害性に及ぼす濃度の影響に ついて実験的な検討を行った.

2. 実験概要

表-1に,実験条件としてコンクリートの配合を示す.まず,実験条件は 塩分濃度を4水準(濃度:0.0kg/m³, 1.0kg/m³, 3.0kg/m³, 5.0kg/m³)に設定し, 濃度による影響を評価したものである.表より,コンクリートは,水セメ

ント比(W/C)を 50%とし、減水剤を使用しない Non-AE コンクリ ートで、内在塩はコンクリート製造時に NaCl を添加させること で混入した.凍結融解試験は、ASTM C672²⁰(以下、ASTM 法)と JIS A1148³⁰(以下、JIS 法)という2種類の試験方法に準拠した.写 真-1 に ASTM 法の供試体形状を示す.写真より、供試体形状は、 直径 150mm、高さ 80mm の円柱供試体で試験面を打込み面とし、止 水テープで土手を作製した中に試験溶液を湛水できるようにした. JIS 法は一辺 100mm、奥行き 400mm の角柱供試体を使用した. 供試体数は、1 水準につき ASTM 法3体、JIS 法1体である.ま た試験溶液には 3%NaCl 水溶液を用いた.測定項目は、ASTM 法



写真-1 供試体形状



が5サイクル毎のスケーリング量であり,JIS法が30サイクル毎の質量減少率と相対動弾性係数である.

3. 実験結果および考察

まず、使用したコンクリートの平均圧縮強度は 47.0MPa で水準間のばらつきがほとんどないことを確認した.図-1に、ASTM 法によるスケーリング量の測定結果を示す.図より、60サイクル時のスケーリング量は、0.0kg/m³と1.0kg/m³が約 0.4kg/m²と当程度であったが、3.0kg/m³は約 1.1kg/m²、5.0kg/m³は約 2.8kg/m²となり、 濃度が高い程スケーリング量が増加するという傾向が示された.図-2と図-3に、JIS 法による質量減少率と相対動弾性係数の測定結果をそれぞれ示す.なお、供試体の劣化状態が激しくこれ以上の測定が困難なものはその時点で試験を終了した.図-2より、図-1同様に 0.0kg/m³と1.0kg/m³の質量減少率に明確な差異は認められなかったものの、3.0kg/m³、5.0kg/m³と濃度の順に質量減少率が増加した.すなわち、コンクリート中の塩分

キーワード 凍害,凍結防止剤,スケーリング,塩分濃度 連絡先 〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原1 TEL 024-956-8721

-282

濃度が増加するに従いスケーリングという表層劣化に対する抵 抗性の低下傾向が示された.図-3の相対動弾性係数の測定より、 0.0kg/m³と 1.0kg/m³は、300 サイクルで 70%以上であったが、 3.0kg/m³以上の場合,120 サイクルで 20%を下回るという低下 を示した.写真-2に、JIS 法の試験終了時の劣化状態の一例を 示す. 写真より, 0.0kg/m³と 1.0kg/m³は, 形状を保持していた が(写真上段), 3.0kg/m³と 5.0kg/m³は, 粗骨材を残しモルタル 分が粒子状に崩壊する激しい劣化形態を示した(写真下段). こ のように 3.0kg/m³と 5.0kg/m³は, JIS 法よりコンクリート表面 のスケーリング劣化とは全く異なる凍害による劣化形態を示し た.図-4に、相対動弾性係数と質量減少率の関係を示す.図よ り,両者の関係は,0.0kg/m³と1.0kg/m³のように,相対動弾性 係数の低下に対して質量減少率の低下が顕著な傾向と、これと は反対に 3.0kg/m³ と 5.0kg/m³ のように質量減少率よりも相対動 弾性係数の低下が先行するような傾向に大別された.これより, 0.0kg/m³と 1.0kg/m³は、凍害による劣化がコンクリート表面よ り生じるスケーリング型の劣化と解釈される.これに対して, 3.0kg/m³と 5.0kg/m³は、コンクリート表面のスケーリングより も内部における凍結融解作用に起因するひび割れの進展が著し いひび割れ型の劣化と判断された.

このように、高濃度の塩分(本実験の場合は3.0kg/m³や5.0kg/m³) を含有しているコンクリートは、内部のひび割れが進展し、低濃度 のコンクリートよりも少ない凍結融解サイクルで崩壊に至るという 劣化であった. すなわち, 内在する塩分濃度が高くなると劣化形態 が変化し、著しいコンクリートの耐凍害性の低下が示された.

4. まとめ

本実験の範囲内では、内在する塩分濃度が高くなるに従い、耐 凍害性が低下し、内部ひび割れによる劣化が進行することで崩壊 に至ることが確認された.また、スケーリング型の劣化とひび割 れ型の劣化という劣化形態の変化は、内在塩分濃度で 1kg/m³ と 3kg/m³の間に移行する濃度域があると示唆された.しかし、この ような劣化の機構の解明にはまだ至っておらず, モルタルや セメントペーストレベルでの物理化学的分析を行う予定で ある.

参考文献

- 1) 子田康弘他:内在塩あるいは外来塩の蓄積がコンクリー トのスケーリング抵抗性に及ぼす影響、セメント・コン クリート論文集, No.66, 2012
- 2) American Society for Testing and Materials : Standard test method for scaling resistance of concrete surface exposed to de-icing chemicals, Annual Book of ASTM Standard, pp.344-346, 1998
- 3) 土木学会:2007 年制定コンクリート標準示方書【規準編】, 2008





写真-2 凍結融解試験終了時の劣化状態



図-4 相対動弾性係数-質量減少率の関係