

V-16 塩分環境下でのコンクリートの凍結融解抵抗性に関する研究

八戸工業大学 学員 ○ 荻部 恒雄
 八戸工業大学 正員 庄谷 征美
 八戸工業大学 月永 洋一

1. はじめに

コンクリートの凍害に影響を及ぼす要因は多くあるが、最近、塩分作用の影響が注目されてきている。これは海岸部構造物にみられる海塩の浸透および舗装コンクリート等に凍結防止のため散布される塩類などがその例として指摘される。特に融氷剤については、コンクリート表面のスケーリングを著しく進行させることが予想される。今後、スパイクタイヤの規制強化によって塩類の使用が一段と増加することが予想されるために、特に寒冷地コンクリート構造物にとって塩害の観点ばかりでなく凍害の観点からもこの影響も検討する必要がある。本研究は塩類の凍害に及ぼす影響をその種類・濃度・作用形態などの観点から検討をしたものである。

2. 実験概要と配合

1) 使用材料および配合：セメントは普通ポルトランドセメント、粗骨材は硬砂岩碎石（最大寸法25mm、粗粒率6.90、比重2.69）、細骨材は久慈産陸砂（粗粒率2.73、比重2.59）を使用した。混和剤はAE剤（ヴィンソル）を使用した。本研究では、表-1に示した塩類を外部塩分および内部塩分として使用した。外部塩分とは一定濃度の塩水中で凍結融解試験を行った際に使用した塩分を指し、内部塩分とは練り混ぜ水に混入した塩分を指す。配合は表-2に示した様に、水セメント比、空気量を変化させた。

表-1 使用した塩類

記号	使用した塩類
Ca	$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Mg	$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Na	NaCl
S	人工海水（JIS）
P	水道水

2) 実験概要：ASTM C 666 A 法に準じて材令28日水中養生後、水中急速凍結融解試験を行った。実験シリーズIでは外部塩分を用い、実験シリーズIIでは、外部塩分および内部塩分を用いて表-3に示した組合わせで実験を行った。

3. 実験結果および考察

1) 実験シリーズI（外部塩分）：外部塩分の劣化は表面のスケーリングとして現れるのが特徴である。図-1には、外部塩分として人工海水（Cl⁻量1.98%）を用いた場合についての凍結融解のサイクル数と相対動弾性係数および重量変化率の関係を示す。これより、水セメント比が大きく空気量の少ない場合ほど相対動弾性係数の低下および重量変化率が著しく大きくなっていることがわかる。しかしながら、昨年の報告

表-2 コンクリートの配合

	水セメント比	スランプ	空気量	細骨材率	内部塩分	単位水量 (kg/m ³)				AE剤使用量
						W	C	S	G	
シリーズI	45	8.0	1.1	42.7	—	187	416	737	1027	—
	45	6.0	2.7	40.5	—	181	402	701	1065	$\times 0.013 \pm 54.1$
	45	8.0	4.7	39.1	—	169	376	675	1092	$\times 0.027 \pm 102$
	65	7.0	1.2	46.7	—	190	292	850	1007	—
	65	9.5	5.0	41.6	—	151	232	766	1116	$\times 0.036 \pm 83.5$
シリーズII	45	8.0	4.6	39.1	S 1.2	169	376	675	1092	$\times 0.027 \pm 102$
	45	7.0	4.1	39.1	Ca 1.2	169	376	675	1092	$\times 0.027 \pm 102$
	45	8.0	4.9	39.1	—	169	376	675	1092	$\times 0.027 \pm 102$
	65	12.0	4.9	43.1	S 1.2	170	262	784	1075	$\times 0.024 \pm 82.9$
	65	10.0	4.7	43.1	Ca 1.2	170	262	784	1075	$\times 0.024 \pm 82.9$
	65	9.5	5.3	43.1	—	170	262	784	1075	$\times 0.024 \pm 82.9$

表-3 実験の組合せ

		内部塩分 (kgf/m ³)	外部塩分					
			Ca 1%	Ca 2%	P	Mer 1%	Na 2%	S 2%
シリーズI	W/C=45% plain AE2.5% AE4.9%	—	—	—	○	—	—	○
	W/C=65% plain AE3.0%	—	—	—	○	—	—	○
	W/C=45% AE4.5% 及び	Ca 1.2	—	○	○	—	—	—
	W/C=65% AE3.0%	—	—	○	○	—	—	○
シリーズII		S 1.2	—	○	—	—	—	○

でも認められる様に、相対動弾性係数の低下が比較的少ない場合であっても重量変化は相当に大きくなっており、また、サイクル途中で相対動弾性係数の急激な低下が認められる場合があった。このように、スケーリング劣化を相対動弾性係数だけで評価することは基本的には難しいことがわかる。一方、重量変化率はスケーリングで損失した重量を示すものといえ、空気量の大小や水セメント比の影響を比較的確うまくとらえている。したがって、外部塩分の場合は重量変化率を指標として考えることが適当と思われる。

図-2は、人工海水を使用した例ではあるが、空気連行によってスケーリング劣化が著しく抑えられていることがわかる。図-3の使用塩類を変えた場合の重量変化率の比較によると、 $MgCl_2$ 使用の場合に最小となり $CaCl_2$ 、 $NaCl$ 、および人工海水では Cl^- 量が等しい場合には劣化程度がほぼ等しいことが認められた。尚、試験終了後に供試体断面内部の塩分量を調べた結果、 Cl^- 量0.1%以上となる深さはほぼ2cm以内であり表面部での塩分浸透がかなり著しい結果となっている。

2) 実験シリーズII (内部塩分および外部塩分) : 図-4は、水セメント比65%、 $air = 5.0\%$ のケースで $CaCl_2$ (内部塩分 Cl^- 量 $1.2kg/m^3$ 、外部塩分 Cl^- 量2%) の場合を示したものである。これによると、シリーズIと同様、相対動弾性係数の低下は比較的少なくても重量変化が顕著に認められる。この例からわかるように内部塩分のみ存在する場合、塩分なしで作製した供試体の重量変化率より小さくあらわれている。これは塩分混入による初期圧縮強度が大きくなったためと考えられる。内部塩分、外部塩分ともに存在する場合よりも外部塩分のみ存在する場合の方が劣化が激しくなる傾向がみられる。これは塩分移動や局部的濃縮の程度に影響され生じたものと考えられる。

2) 実験シリーズII (内部塩分および外部塩分)

図-4は、水セメント比65%、 $air = 5.0\%$ のケースで $CaCl_2$ (内部塩分 Cl^- 量 $1.2kg/m^3$ 、外部塩分 Cl^- 量2%) の場合を示したものである。

これによると、シリーズIと同様、相対動弾性係数の低下は比較的少なくても重量変化が顕著に認められる。この例からわかるように内部塩分のみ存在する場合、塩分なしで作製した供試体の重量変化率より小さくあらわれている。これは塩分混入による初期圧縮強度が大きくなったためと考えられる。内部塩分、外部塩分ともに存在する場合よりも外部塩分のみ存在する場合の方が劣化が激しくなる傾向がみられる。これは塩分移動や局部的濃縮の程度に影響され生じたものと考えられる。

4. むすび

塩分存在下ではコンクリートの凍結融解抵抗性は著しく低下することが確認された。

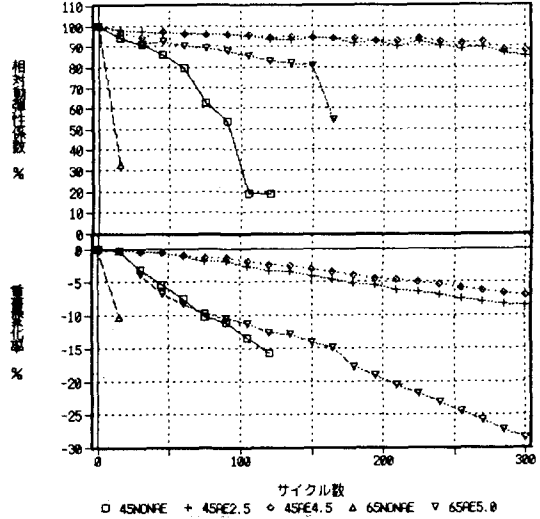


図-1 外部塩分(人工海水 S)の存在下での凍結融解性状

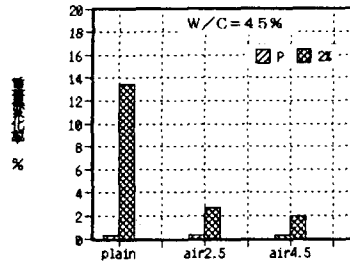


図-2 100サイクル後の重量変化率と空気量

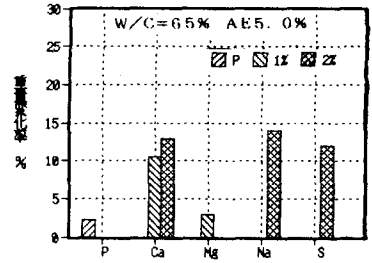


図-3 100サイクル後の重量変化率と塩分種類

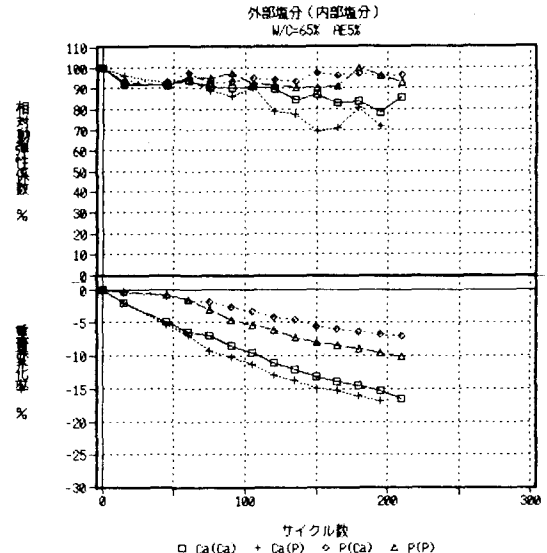


図-4 内部及び外部塩分の存在下の凍結融解性状