

東北工業大学 学生員○佐々木 真
 東北工業大学 正員 外門 正直
 東北工業大学 正員 高橋 正行

1. まえがき

本研究は、凍結融解に対する耐久性を調べる方法として水溶液中急速凍結融解試験とさらに、空气中凍結水溶液中融解試験も行い、CaCl₂ およびNaCl等の凍結防止剤がコンクリートの凍結融解抵抗性におよぼす影響を調べるとともに、凍結防止剤環境下における高強度コンクリートの凍結融解抵抗性についても調べた。

2. 実験方法

セメントは市販の普通ポルトランドセメント（比重3.16）、細骨材は鶴巣大平産山砂（比重2.54、吸水率2.82）、粗骨材は伊具郡丸森産砕石（比重2.86、吸水率0.91%、最大寸法20mm）とし、混和剤はAE減水剤と高性能AE減水剤を使用した。コンクリートの配合を表-1に示す。

表-1 コンクリートの配合および強度

実験NO	配合条件	空気量		単位量				実測値		圧縮強度		
		W/Cs/a (%)	W/C (%)	(kg/m ³)	(g/m ³)	空気量 (%)	スランブ (cm)					
I	1	5±0.5	50/37	1703	406	321	1213	129.2	—	5.0	8.5	283
	2	5±0.5	30/41	1625	406	4310	4110	108.0	1880.0	5.5	11.0	603
II	3	5±0.5	50/37	1703	406	321	1213	129.2	—	5.5	9.0	301
	4	2±0.5	70/43	1802	577	851	1172	25.7	—	2.0	8.0	176

スランブの範囲：10±2.0cm 練上がり温度の範囲：20±2℃

供試体は、10×10×40cmの角柱供試体とφ10×20cmの円柱供試体とし、打設後2日で脱型し、材齢14日まで水中養生を行った後に、圧縮強度を求めた。その後ただちに、水道水と、表-2に示す塩化物イオン濃度のCaCl₂水溶液およびNaCl水溶液を用い、実験Iとして配合1・2の供試体について水溶液中急速凍結融解試験（ASTM-C666(A)に準ずる）を、実験IIとして配合3・4の供試体について空气中凍結水溶液中融解試験（-10℃の空气中で18時間凍結→20℃の水溶液中で6時間融解の繰り返しを30回）をそれぞれ行った。各供試体の試験因子を表-2に示す。凍結融解試験においては、実験I・IIとも、一定サイクル毎にたわみ一次共鳴振動数と質量を測定し、質量減少率と相対動弾性係数を求めた。実験IIにおいては、融解終了時の供試体の長さを測定し長さ変化率を求めるとともに、凍結融解試験終了後における供試体の塩化物の浸透状態も調べた。

表-2 各供試体の試験因子

供試体番号	実験番号	配合番号	水溶液の種類	Cl ⁻ 濃度
1-W	I	1	水道水	—
1-C			CaCl ₂	2.5
1-N			NaCl	—
2-W		2	水道水	—
2-C			CaCl ₂	2.5
2-N			NaCl	—
3-W	II	3	水道水	—
3-C			CaCl ₂	12
3-N			NaCl	—
4-W		4	水道水	—
4-C			CaCl ₂	12
4-N			NaCl	—

Cl⁻濃度（%）：重量比

3. 実験結果および考察

3-1 実験Iについて

質量減少率と凍結融解試験回数との関係を図-1、相対動弾性係数と凍結融解試験回数との関係を図-2に示す。図-1より、水溶液の種類による質量減少率の大小の関係はNaCl水溶液（Cl⁻濃度2.5%）>CaCl₂水溶液（Cl⁻濃度2.5%）>水道水であることが認められる。また、配合1に比べて配合2の高強度コンクリート供試体の表面劣化が小さいことが認められる。図-2より、相対動弾性係数は、

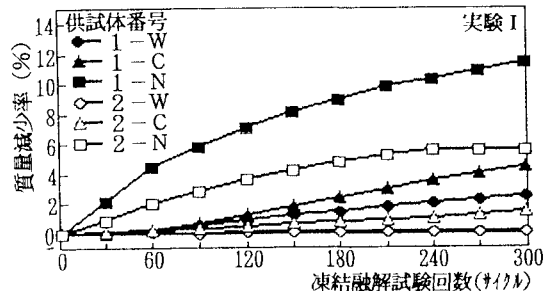


図-1 質量減少率と凍結融解試験回数との関係

質量減少率で見られるような明らかな関係は認められなかった。

3-2 実験Ⅱについて

質量減少率と凍結融解試験回数との関係を図-3、相対動弾性係数と凍結融解試験回数との関係を図-4、融解終了時における供試体の長さ変化率と凍結融解試験回数との関係を図-5に示す。図-3より、各供試体とも、空气中凍結水溶液中融解の繰り返し30サイクル程度では、質量減少率の変化は認められなかった。図-4より、配合4の空气中凍結NaCl水溶液中融解を行った供試体（以後、供試体4-Nと呼ぶ）は、わずか30サイクル終了時で相対動弾性係数が約60%と著しい減少が認められた。また、コンクリート表面には微細なひび割れが目視観察された。図-5より、相対動弾性係数が減少した供試体4-Nだけは、長さ変化率が30サイクル終了時で0.13%と凍結融解作用により膨張し、相対動弾性係数の結果とともに推定すると、ひび割れは供試体表面だけではなく内部まで進行し、劣化しているものと考えられる。

図-6は、実験Ⅱの凍結融解の繰り返し30サイクル終了時におけるコンクリート中（表面からの深さ0~20mm）への塩化物イオンの浸透状態を示したものである。配合3においては、相対動弾性係数、長さ変化率と同様にCaCl₂とNaClによる浸透状態の違いは認められなかった。配合4においては、CaCl₂に比べてNaCl水溶液で実験を行った供試体の可溶性塩化物イオン濃度が大きい値を示している。

4. まとめ

水溶液中急速凍結融解試験および空气中凍結水溶液中融解試験を行い得られた結果の範囲から以下のことが分かった。

- 1) CaCl₂とNaClの塩化物濃度が等しい場合でも、コンクリートの凍害劣化に及ぼす、影響はCaCl₂ < NaClであることが分かった。
- 2) 水セメント比を小さくし、十分に空気を連行することによって凍結防止剤環境下におけるコンクリートの凍害劣化を抑制することが可能である。

5. あとがき

本研究は、平成4年度東北工業大学工学部土木工学科外門研究室の研修生である、飯島信彦君と菅野耕生君とともに行ったものである。

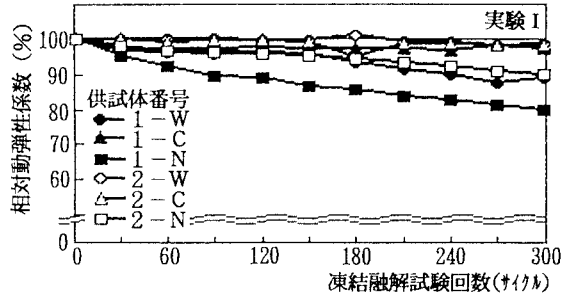


図-2 相対動弾性係数と凍結融解試験回数との関係

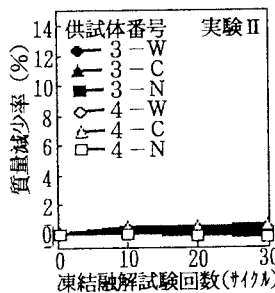


図-3 質量減少率と凍結融解試験回数との関係

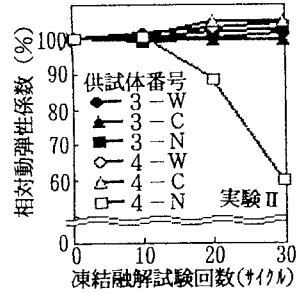


図-4 相対動弾性係数と凍結融解試験回数との関係

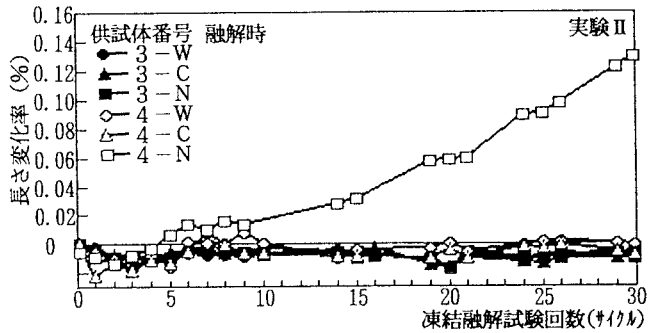


図-5 長さ変化率と凍結融解試験回数との関係

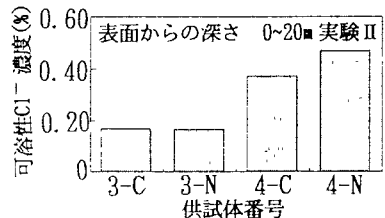


図-6 塩分の浸透状況