

シリカフュームを使用した高強度コンクリートの凍結融解抵抗性

金沢大学工学部 正会員 ○鳥 居 和 之
同 上 正会員 川 村 満 紀
金沢大学大学院 学生員 三 原 守 弘

1. まえがき

近年、1000 kgf/cm² を超えるような高強度コンクリートを作製する際には、シリカフュームと高性能減水剤を併用し、25～30%程度の低水・セメント比の配合が採用されている。このような高強度コンクリートでは、緻密な内部組織の形成およびそれにとまう凍結水量の低下の効果により、Non-AEの場合でも十分な凍結融解抵抗性を示すとの指摘もあるが、その一方でシリカフュームを使用した高強度コンクリートの凍結融解抵抗性に関しては優劣さまざまな結果が得られている。

本研究は、高強度コンクリート(Non-AE コンクリート)の凍結融解抵抗性に及ぼす配合(水・セメント比、シリカフューム添加の有無)および養生の影響について2、3の検討を行ったものである。

2. 実験概要

使用セメントは、早強ポルトランドセメント(比重:3.11、ブレン値:4330 cm²/g)であり、シリカフュームは市販品(シリカ含有量:90.9%、比重:2.33、BET比表面積:24.2 m²/g)を使用した。使用骨材は、ケイ石砂(比重:2.56、吸水率:1.1%)およびケイ石(比重:2.64、吸水率:0.5%、最大寸法:20 mm)である。コンクリートは、高強度レベル(略号:H、単位セメント量:490 kg/m³、水・セメント比:30%)と低強度レベル(略号:L、単位セメント量:300 kg/m³、水・セメント比:55%)のものを作製し、シリカフュームの重量置換率を8%とした。コンクリートの配合および凍結融解試験開始時の圧縮強度(28日材令)を表-1に示す。混和剤は、高性能AE減水剤(アニオン型特殊高分子活性剤)を使用し、目標スランプ値(8±2 cm)が得られるようにその使用量を決定した。フレッシュコンクリートの空気量は、いずれの配合とも1.5～1.8%の範囲にあり、表面研磨試料の画像解析により求めた硬化コン

クリートの空気量は0.8～1.1%であった。コンクリートの養生条件は、脱型後すぐに湿度60%の屋内にて28日間気中養生したもの(略号:A)、脱型後3日または7日間水中養生し、以後28日材令まで気中養生したもの(略号:W3、W7)および28日間水中養生したもの(略号:W)の4種類である。凍結融解試験は、ASTM C-666(A)に従って実施し、30サイクル毎に相対動弾性係数、重量損失率および長さ変化率(コンタクトゲージ法)を測定した。また、凍結融解試験終了後の表面研磨試料(中央部の切断面)に蛍光塗料入りのシアノアクリレート樹脂を含浸させ、供試体内部のひびわれの発生状況を蛍光顕微鏡により観察した。

3. 実験結果及び考察

凍結融解試験の結果(相対動弾性係数、重量損失率、長さ変化率および耐久性指数)を図-1～3および表-2に示す。これらの図および表から明らかなように、低強度レベル

表-1 コンクリートの配合および圧縮強度(28日材令)

記号	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kgf/m ³)						空気量 (%)		圧縮強度 (kgf/cm ²)	
			W	C	SF	S	G	SP	作製時	硬化時	水中養生	気中養生
L O	55	42	165	300	-	761	1084	-	1.5	1.1	499	487
L 8	55	42	165	276	24	759	1081	5.1	1.7	1.0	602	561
H O	30	40	147	490	-	681	1054	9.8	1.6	1.0	735	622
H 8	30	40	147	451	39	677	1047	12.3	1.8	0.8	870	785

SF:シリカフューム微粉末(U社), SP:高性能AE減水剤(アニオン型, K社)

表-2 耐久性指数(%)

L0	A	4 (30)	H0	A	3.4 (300)
	W3	3.0 (180)		W3	4.1 (300)
	W7	3.2 (300)		W7	3.0 (300)
	W	8.0 (300)		W	10.0 (300)
L8	A	4 (30)	H8	A	2.7 (120)
	W3	2.9 (150)		W3	3.3 (300)
	W7	1.9 (150)		W7	3.4 (300)
	W	3.2 (300)		W	9.8 (300)

():凍結融解試験終了時のサイクル

の配合のものは、水中養生の期間が短いものほど早期に相対動弾性係数の低下および膨張の発生が認められ、L0 および L8（気中養生）のものは30サイクルにて崩壊した。低強度レベルの配合では、凍結融解の繰り返しにともなって表面のスケーリングが進行しており、シリカフェーム添加のもの（L8）のものはいずれの養生条件とも無添加のもの（L0）よりも劣化の進行が顕著であった。一方、高強度レベルの配合のものは、低強度レベルの配合のものと比較して全体として凍結融解抵抗性が向上しており、とくに十分な水中養生を行ったH0 およびH8（水中養生）のものはNon-AEであるにもかかわらず300サイクル終了時まで全く劣化が観察されなかった。しかし、気中養生のもの（A）または水中養生後、気中養生を行ったもの（W3、W7）などのように初期に乾燥の影響を受けた場合には、表面のスケーリングは水中養生と同様に全く発生しないが、図-4に示すように50～100サイクルの凍結融解繰り返し数で供試体表面に発生した微細なひびわれが凍結融解の繰り返しとともに発達し、それ以後供試体の劣化が急速に進行した。このため、高強度レベルの配合のものでは、ひびわれの発生による膨張量の増大と相対動弾性係数の低下の時期は一致しており、両者の間には良い対応がみられる。また、凍結融解試験終了後の供試体内部の観察では、図-5に示すように気中養生のものには骨材の周囲に大きな空隙が存在するとともに、骨材部分より多数のモルタルひびわれが発達しており、ひびわれの発生はシリカフェーム添加のものにとくに顕著であることが確認された。

4. 結論

シリカフェームを使用した高強度コンクリートでは、養生が不十分な時にはプラスチックひびわれやその後の乾燥により発生するひびわれが初期欠陥としてコンクリート中に内在されており、これらのひびわれがシリカフェームを使用した高強度コンクリート凍結融解抵抗性に大きな影響を及ぼしている可能性がある。

参考文献

- 1) 橘大介、シリカフェーム混和および無混和の高強度コンクリートの耐凍害性、土木学会第46回年次学術講演会講演概要集、第5部、1991。

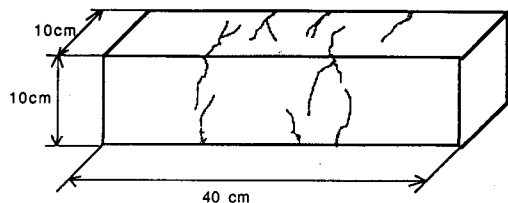


図-4 ひびわれの発生状況

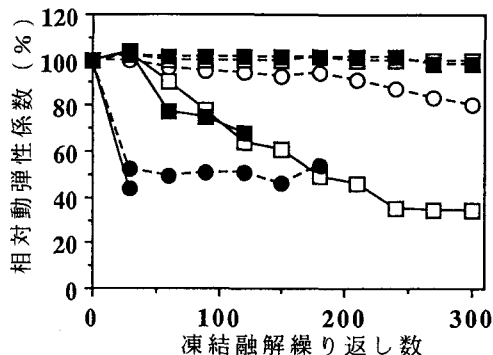


図-1 相対動弾性係数の変化

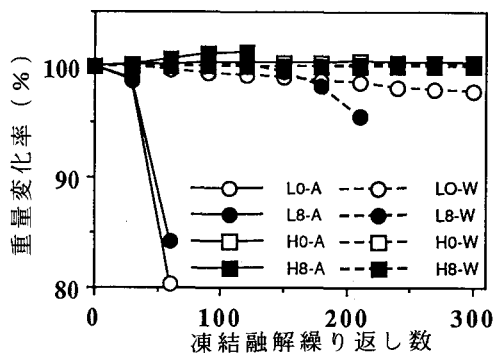


図-2 供試体重量の変化

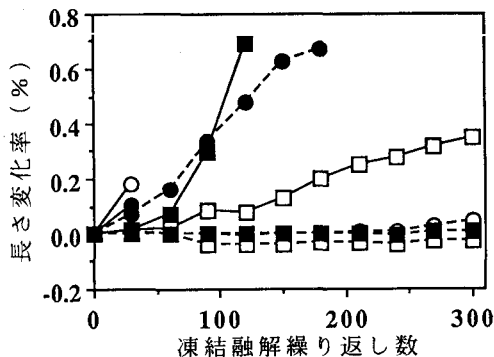


図-3 供試体長さの変化

H0-A

H8-A

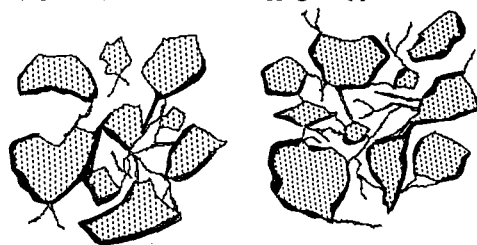


図-5 蛍光顕微鏡による内部ひびわれの観察結果