

V-280

アルカリ骨材反応と凍結融解の相乗作用によるコンクリートの劣化

鳥取大学工学部 正会員 西林新蔵
 摂南大学工学部 正会員 矢村 潔
 鳥取大学工学部 正会員 林 昭富
 鴻池組 正会員 上村和也

1. まえがき

コンクリート構造物における耐久性の低下は様々な要因が複合的に作用して生ずることが多い。特に、アルカリ骨材反応(以下AARと略称)と凍結融解作用の繰返しが複合的に作用すると、極めて著しい損傷が生じコンクリート構造物がその耐力を喪失してしまうことさえある。

本研究では、最初に凍結融解の繰返しを受けて損傷したコンクリート供試体が、その後にAARを生じた場合やAARによって劣化したコンクリートが凍結融解の繰返し作用を受けた場合の劣化の挙動を検討せんとするものである。

2. 実験概要

実験計画を表-1に示す。10×10×40cm角柱供試体を脱型後直ちに初期値を測定し、20℃水中で14日間養生を行い、その後水中凍結融解試験(A法)を相対動弾性係数がほぼ70%になるまで行い、ついで40℃、R.H. 100%で保存する方法(シリーズI)とAARによる劣化が生じた後、水中凍結融解試験を行なう方法(シリーズII)の2種類の試験を行なった。

3. 結果と考察

3.1 シリーズ(I)

(1) 凍結融解試験の結果

凍結融解試験の結果を表-2に示す。表より、凍結融解作用の繰返しに対する抵抗性は、空気量2%のものではほとんどないが、それ以外の空気量2%、7%で、アルカリ量0.5%のものではかなり抵抗性がある。また、これ以外のアルカリ量を添加した供試体では、アルカリ量の増加にともなって凍結融解に対する耐久性は低下する。

(2) 凍結融解試験後のAARについて
 図-1~2に40℃保存における膨張率と動弾性係数の経時変化を示す。

これらの図から、空気量2%、アルカリ量1.5%の供試体(2-1.5)は、材令1.0カ月で膨張を開始し、材令3カ月程度で収束する傾向を示すが、他の供試体ではアルカリ量が低く、材令3.5カ月でも膨張が見られない。動弾性係数は、アルカリ量が0.5、1.0%では、

材令3カ月付近において若干の低下が見られるが、それまでは材令とともに動弾性係数は増大し、AARによる損傷は生じていものと考えられる。また空気量4%、7%においても前述の空気量2%の場合と同様な傾向が認められ、アルカリ量1.5%のみAARによる損傷が見られた。図-3は、凍結融解試験終了後40℃保

表-1 実験計画

配 合 条 件	反応性粗骨材	T 2	セメントのアルカリ量(eq. Na ₂ O%)	0.42, 0.50		
	最大寸法(mm)	20	反応性粗骨材混合割合	100%		
	非反応性細骨材(混合砂)	N	全アルカリ量(eq. Na ₂ O%)	0.5, 1.0, 1.5		
	単位セメント量(kg/m ³)	450	混剤剤	AE剤 No. 303A		
	スランブ(cm)	Free	供試体寸法(cm)	10×10×40		
	測定項目	長さ変化、動弾性係数、ひびわれ本数・幅				
試 験 方 法	凍結融解試験⇒AAR(40℃保存)開始条件	打	空気量(%)	2.0	4.0	7.0
	凍結融解試験で相対動弾性係数70%以下(シリーズI)	設	全アルカリ量(eq. Na ₂ O%)	0.5	○	○
	AARで膨張率が0, 0.05~0.07, 0.1~0.15, 0.2~0.25%(シリーズII)	計		1.0	○	○
		画		1.5	○	○

表-2 凍結融解試験の結果

供試体名 空気量-アルカリ量	N (cycle)	P (%)	DF (%)	EX (x10 ⁻⁶)	Max. EX (x10 ⁻⁶ ①)	AAR. EX (x10 ⁻⁶ ②)	総和 (①+② x10 ⁻⁶)
2-0.5	18	44	3	1742	3778	-21	3757
2-1.0	54	59	11	1145	2353	14	2367
2-1.5	18	48	3	983	3303	2129	5432
4-0.5	257	90	77	2138	2138		
4-1.0	189	60	38	2982	3343	-220	3123
4-1.5	66	68	15	797	2148	2905	5053
7-0.5	257	93	80	2033	2003		
7-1.0	123	45	19	1533	1533	46	1599
7-1.5	54	66	12	2095	2832	1401	4233

耐久性指数: $DF = P \times N/M$
 N: 相対動弾性係数70%になるサイクル数、または試験終了サイクル数
 P: Nサイクルの時の相対動弾性係数 M: 300サイクル
 E. X.: Nサイクルの時の膨張量 Max. E. X.: 最終サイクル時の膨張量
 AAR. EX.: 40℃保存において材令3.5ヶ月の膨張量

存および通常の40℃保存方法の場合の供試体の材令1カ月の値を基準に採った相対動弾性係数と膨張率との関係を示す。図より、凍結融解試験終了後の膨張率と相対動弾性係数との関係は、分数関数により回帰を行うと、 $Y = 36025 / (X - 70) - 825$ 、その相関係数は0.91となりかなり

表-3 凍結融解試験開始時の膨張率、ひびわれ特性

供試体名	膨張率 ($\times 10^{-4}$)	動弾性係数 ($\times 10^5$ kgf/cm ²)	相対動弾性係数 (%)	ひびわれ本数 (本)	平均ひびわれ幅 ($\times 10^{-2}$ mm)
2-70-1362	1362	2.93	70	89	2.99
2-62-2179	2179	2.63	62	123	2.98
2-73-1362	1362	3.08	73	89	2.99
2-67-2507	2507	2.83	67	167	3.14
4-74-1255	1255	2.97	74	104	3.00
4-68-2510	2510	2.73	68	128	3.67
4-77-1225	1255	3.06	77	104	3.00
7-83-513	513	3.07	83	39	2.10
7-75-1169	1169	2.78	75	74	2.54

供試体名：例えば、2(空気量)-70(相対動弾性係数)-1362(膨張量)を表わす。

りの相関性があると言える。一方、通常の40℃保存方法の場合は、一次式により回帰を行うと $Y = 67X + 6940$ 、その相関係数は0.929 となり相関性が高いことがわかる。これら2つの回帰曲線を比較すると、凍結融解後のAARによる損傷評価は膨張率によって行う方がよいが、AARのみの場合には、相対動弾性係数を用いてその耐久性評価を行うのがよいと考えられる。

3. 2 シリーズ (II)

(1) AARによる損傷特性について表-3に凍結融解試験開始時の膨張率、動弾性係数、ひびわれ本数、平均ひびわれ幅を示す。表より、膨張量の増加に伴いひびわれ本数は増加しており、また膨張率と動弾性係数の間には相関関係があるといえる。

(2) AAR損傷後の凍結融解試験による結果

図-4~5に凍結融解試験時の相対動弾性係数、質量減少率の経時変化を示す。図から、明らかにNon-AEの供試体は、膨張量の大きいものほど短いサイクルで相対動弾性係数60%を下回る、すなわち、凍結融解の繰り返し作用に対する抵抗性が小さくなっていることがわかる。また質量減少率で見ても、ひびわれの本数、幅に影響し、膨張量の大きい供試体ほどスケリングによる質量の減少が認められる。一方、空気量4%供試体においては、相対動弾性係数60%を下回るサイクルは13~21サイクルとなり、膨張量が大きい供試体ほど凍結融解に対する耐久性は小さくなる傾向を示す。質量の減少はサイクル数の増加に伴い減少し、最終サイクルでは0.3~0.8%程度の損失が認められた。さらに、適正以上の空気量7%を連行した場合には、相対動弾性係数60%を下回るサイクル数は、開始膨張量の大きい順に、16,30サイクルとなり、AARの損傷が大きいものに対しては空気量による凍結融解作用による耐久性の改善は認められなかった。次に、AARによる損傷を同程度うけた空気量の異なる供試体間について見ると、空気量が4, 7, 2%の順に凍結融解作用の繰り返しに対する耐久性が小さくなる傾向が見られた。

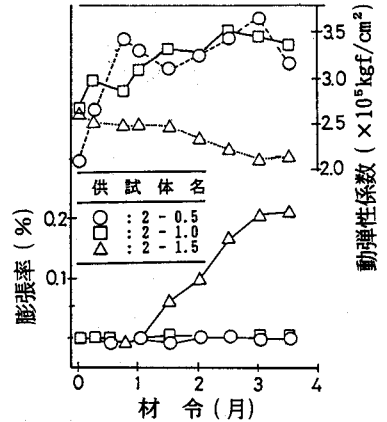


図-1 膨張率と動弾性係数の経時変化

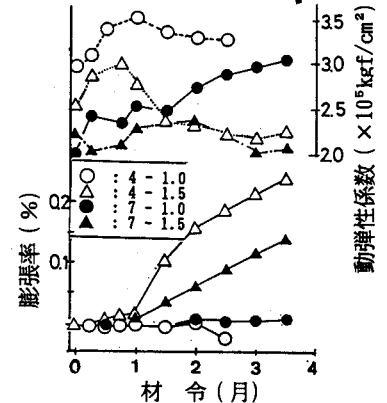


図-2 膨張率と動弾性係数の経時変化

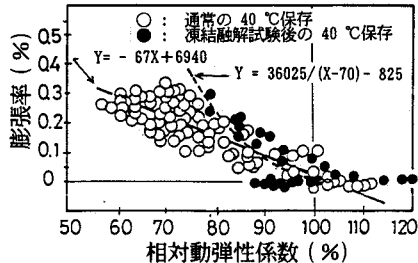


図-3 膨張率と相対動弾性係数との関係

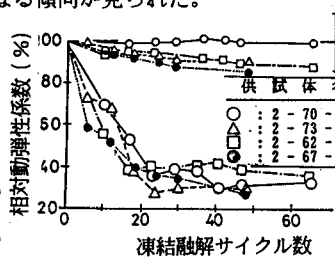


図-4 相対動弾性係数、質量減少率の経時変化

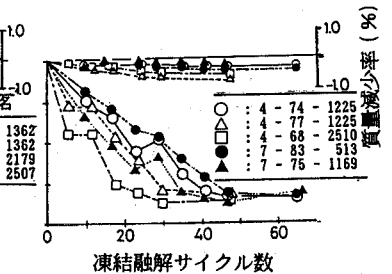


図-5 相対動弾性係数、質量減少率の経時変化