

法政大学 正員 小林正 兄

この研究は、コンクリートが凍結融解作用を受けた場合のペースト、モルタル、骨材の挙動を調べたもので、これによって各種混和剤の使用、水セメント比等がコンクリートの凍結融解にたいする抵抗性に及ぼす影響について述べるとともに、これらの影響をコンクリート中の気泡の粒径 ならびに凍結融解作用を受けた場合における骨材周辺の 氷づゆれ に関連させて論じようとするものである。

1. 試験の方法

凍結融解作用を受けるコンクリートにおいて骨材粒とモルタルとの間隙の拡大について検討するため、 $15 \times 15 \times 42$ cm のビーム試験体から切り出した $10 \times 10 \times 42$ cm ビーム試験体を用いた。骨材とモルタルの付着性状について検討するため測定長が 4 cm 程度となる骨材粒を選び、その間隔変化とりの間隔モルタルの長さ変化との差を求めた。試験体の長さ変化は面端にナットを埋設して、ダイヤルゲージによって測定する方法と、試験体表面にボールを接着してコンタクトゲージによって測定する方法とを用いた。

2. コンクリートが凍結融解作用を受けた場合の、モルタル および 骨材の挙動について

コンクリートが凍結融解作用を受ける場合の、試験体の長さ変化と、骨材粒の間隔変化について、

表-1 コンクリートが凍結融解作用を受ける場合の長さ変化と骨材粒の間隔変化

区分	コンクリートの配合 ¹⁾				供試体の種類	動弾性係数百分率						供試体長さ変化率 $\times 10^{-4}$ (%)				骨材粒の間隔 ²⁾ (mm)											
	W (kg)	S/A (%)	スラブ (cm)	空気量 (%)		mm	0	1	5	10		21	mm	1	5	10	21	mm	1	5	10	21					
AE剤 用いず	162	40	7.8	1.5	コンクリート	100	94	58	32	10	凍結	+3	+37	+97	+95	+4	+13	+26	+46								
												融解	+12	-15	-52	-53	+6	-6	-12	-29							
													モルタル ²⁾	100	98	77	58	30	凍結	-6	+24	+20	+28				
																				融解	+17	-11	± 0				
AE剤 使用	145	36	6.7	5.2	コンクリート	100	100	99	99	99	凍結										-35	-29	-31	-23	-8	-9	-7
												融解									+41	+31	+32	+25	+10	+9	+7
													モルタル ²⁾	100	100	100	100	100	凍結		-33	-24	-41	-29			
																				融解	+36	+27	+46	+28			

注 1) 粗骨材の最大寸法は 25 mm, 単位セメント量は 300 kg である。

2) コンクリートとモルタルをスクリーンこしてつくった。

3) 切断し上げた試験体の表面にある骨材粒で測定間隔を 4 cm としたものを数えて求めた。

4) AE 剤はレジン系(A)を使用した。

凍結時と融解時に分けて試験した結果を表-1に示す。

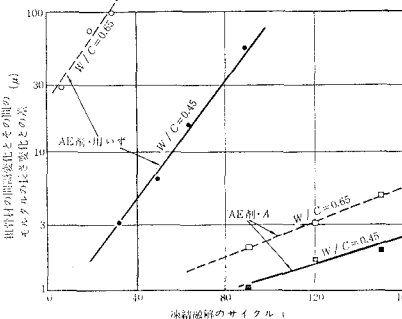
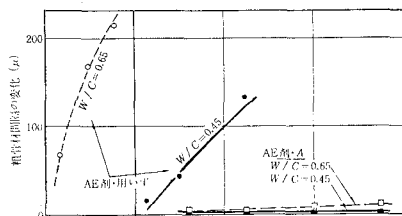
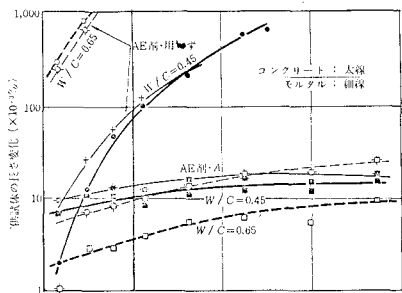
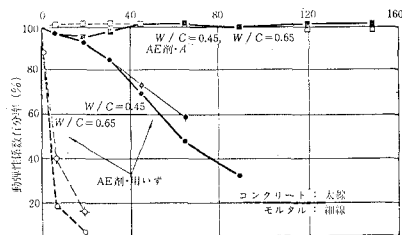
表-1によれば、AE剤を用いない場合には試験体は最初のサイクルで除去、凍結時にいちじるしく膨脹し、融解時に収縮していることが認められる。このことは、凍結融解作用によってコンクリート中に微細なひびわれが発生し、これに浸透した水のために凍結時に膨脹し、融解時には周囲のコンクリート拘束によってひびわれが閉じることを示している。このような段階では骨材粒の間隔も凍結時に拡大し、融解時に縮小することが繰返されるが、この間隔は逐次累積されていくのであって、ひびわれが拡大していることを表わしている。粗骨材粒がモルタルに接する位置は、ひびわれの生じやすいところであって、3.において述べるごとく、凍結融解が繰返されると、この位置に微細なひびわれを生じ、サイクルが経過するにつれていじりく拡大する。

このようなひびわれが発生した段階では動弾性係数はいちじるしく低下している。低下の割合はコンクリートにおいて顕著であるが、このことは粗骨材粒とモルタルとの間に多くのひびわれが発生していることを示しているものと考えられるのである。

AE剤を用いた場合には、試験体は凍結時に収縮し、融解時に膨脹していることが示されている。粗骨材粒の間隔変化とモルタルの長さ変化についても同様な傾向を示している。このことは粗骨材粒とモルタルの境界位置においても、またモルタル内部においてもひびわれが生じておらず、したがって主として凍結融解による温度変化に応じて収縮と膨脹が繰返されていることを示すものである。

このようなことから、凍結融解によるコンクリートの劣化について検討する場合には、従来から行われているようにセメントペーストの品質について考慮するほか、粗骨

図-1, AE剤の使用および水セメント比の相違がコンクリートの凍結融解に及ぼす影響



注 試験用試料
粗骨材最大径 25mm
砂 6cm
数量 { AE剤用 1.6%
AE剤用 4.5%
VEETAS
ガング 4.1%
試験開始時 14日
の休養

粗粒とセメントペーストの付着性状について考えることが必要と思われる。細骨材粒は粗骨材にくらべて小さいので、セメントペーストとの間隔変化は粗骨材粒について考慮する方が実用上充分であると思われる。

3. 水セメント比の相違 および AE 剤・減水剤の使用がコンクリートの凍結融解に与える延性性に与える影響について

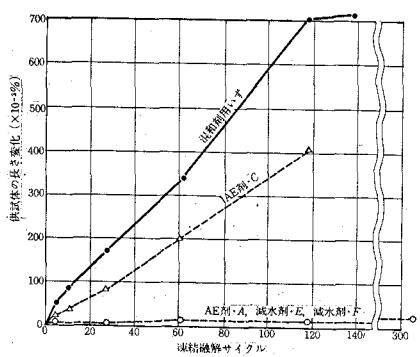
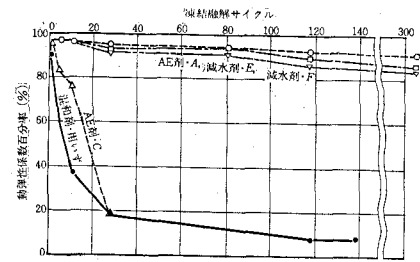
コンクリートの水セメント比を 45% および 65% とし、レジン系 AE 剤 (A) を用いたものと、AE 剤を用いないものについて試験した結果を 図-1 に示す。

図-1 によれば サイクルの経過に伴って供試体の長さ変化はコンクリートの場合もモルタルの場合も大差はない。骨材を主として堅硬であるため長さ変化は主として小さいので、これらのことは骨材粒の周辺部に

に微細なひび割れが発生していることを示すものと考えられる。

粗骨材粒の間隔変化とモルタルの長さ変化との差はコンクリートの水セメント比および AE 剤の使用によっていろいろ相違している。測定を行った骨材粒の間には粒粒の大きい粗骨材が存在することもありえるが、また ひび割れはコンクリート表面に垂直に生じるものも限らないので、この差が粗骨材粒がモルタルと接する位置に発生した微細なひび割れを直接表わしたものとはいがたいが、この差を比較することは可能と思われる。試験の結果によ

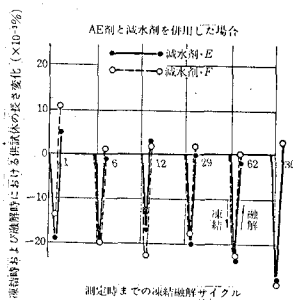
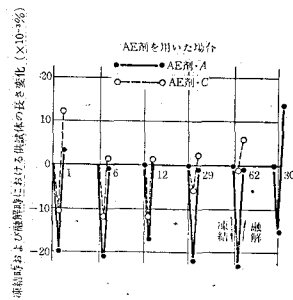
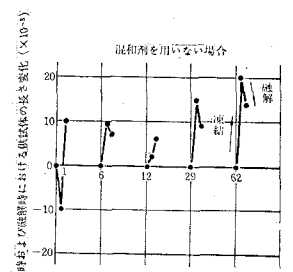
図-2 各種 AE 剤 ならびに 減水剤を用いたコンクリートの凍結融解試験結果



注) 1) 試験に用いたコンクリート:

混和剤	Max. Size (mm)	C (kg/m ³)	W (kg/m ³)	s/a (%)	スランプ (cm)	空気量 (%)
用いない			160	41	6.6	1.74
A 系 剤	25	300	142	37	7.0	4.34
			140.5	37	6.5	5.09
			135.5	37	5.0	4.00
減水 剤			134.5	37	5.6	4.19

2) 試験開始時の材料: 8 月



ば水セメント比を小さくすること、および、良質なAE剤を使用することは、ひびわれを小さくし、コンクリートの耐久性をまぎううえで、きわめて効果のあることが認められている。

図-2 はレジシン系(A)および非イオン系(C)のAE剤を並びに、リグニンスルホン酸系(E)およびオキシカルボン酸系(F)の減水剤を用いたコンクリートについて凍結融解試験を行った結果を示したものである。試験の結果によれば、AのAE剤およびE、Fの減水剤を用いた場合のごとく、大抵のひびわれが発生していないと思われるものにおいては、試験体の長さは凍結時に収縮し、融解時に回復している。一方、CのAE剤およびAE剤を用いない場合のごとくひびわれがいろいろ生じていると思われる場合には、これとは逆に凍結時に膨脹し融解時にわずかに収縮するが、あるいは凍結時に大きく収縮し融解時に膨脹している。このような場合にはサイクルの経過にしたがってひび割れが累加され、劣化が進行しているのである。

4. 構造物コンクリートの凍結融解に及ぼす抵抗力に関する試験について

実際の構造物のコンクリートについて凍結融解作用による劣化の程度を調べるため、表面にひびわれが認められない試料について試験を行った。試験の結果によれば、コンクリートは最初の凍結によつていちじるしく膨脹することが認められた。このような場合には劣化がかなり進行しているものと判断されるのである。また凍結時と融解時に膨脹するものも認められた。このようなコンクリートではひびわれが小さいため、これに浸透した水の凍結による膨脹が小さく、したがって温度変化による収縮と膨脹の影響が小さく表われたものと考えられる。表-1によれば、このようなコンクリートでは数サイクルの凍結融解によつて、いちじるしい劣化の起る可能性が小さいことを示している。

表-2 はコンクリート

の内部における劣化の進行程度について検討するために行った試験結果を示した。これによれば、AE剤を用いないコンクリートの長さ変化は凍結面からの距離によつて異なり、表面付近では劣化のおこつて

表-2 凍結融解作用を受けたコンクリートの長さ変化率 (凍結融解・13サイクル時)

区分	コンクリートの配合				動弾性係数 圧縮率 百分率		コンクリートの長さ変化率 $\times 10^3$ (%) ¹⁾					
	W (Kg)	S/A (%)	スラング (cm)	空気量 (%)			凍結面から測定点までの深さ(cm)					
							1.5	3	5	10	20	30
AE剤 用いず	162	40	2.8	1.5	98	凍結	+8	+1	-25	-17	-3	-10
						融解	+33	+31	+35	+11	+18	+21
AE剤 使用	150	36	8.4	3.2	98	凍結	-20	-18	-31	-14	-17	-17
						融解	+26	+28	-	+27	+27	-25

いることを示している。試験体がいちじるしく、凍結融解速度も急速であるので、実際の構造物にくらべて劣化がいちじるしいと考えられるが、このような方法を用いれば、劣化の進行程度を解析することが可能になるものと見られる。

この研究を行うにあつては、東京大学工学部土木教室・國分正胤先生から終始所懇篤なる所指導をいただいたこと、また実験にあつては同コンクリート実験室の方々から所援助をいただいたことを感謝いたします。