

東京大学 正員 小林正凡

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、これによって各種AE剤がコンクリートの耐久性に及ぼす影響について論じようとするものである。また、コンクリートの耐久性の試験方法についても考察を加える。

1. 試験の方法

- 1). 凍結融解作用を受けた供試体の長さ変化の測定 供試体の形状は $10 \times 10 \times 42$ cm 直方体で、4の両端にチップを埋設して、ダイヤルゲージによって測定する方法と、供試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). 供試体の気泡組織の測定 ASTM-C 457-60 T に規定する顕微鏡を改良して最小径 20μ の粒径まで測定した。

2. 各種AE剤

を用いたコンクリートの気泡組織と凍結融解にたいする耐久性について試験に用いたAE剤は、市販されているレジネ系(B)、アルキルベンゾールスルホン酸系

(C)、非イオン系(D)

のもの3種で、これを用いたコンクリートの気泡組織、気泡の粒径分布、コンクリート試験の結果は、図-1、表-1、表-2、表-3、に示す。

表-2、表-3の試験結果によれば、これらのAE剤を用いて、コンクリートのウオ-カビリテーと空気量を一定

図-1. 各種AE剤を用いたコンクリートの気泡の粒径分布

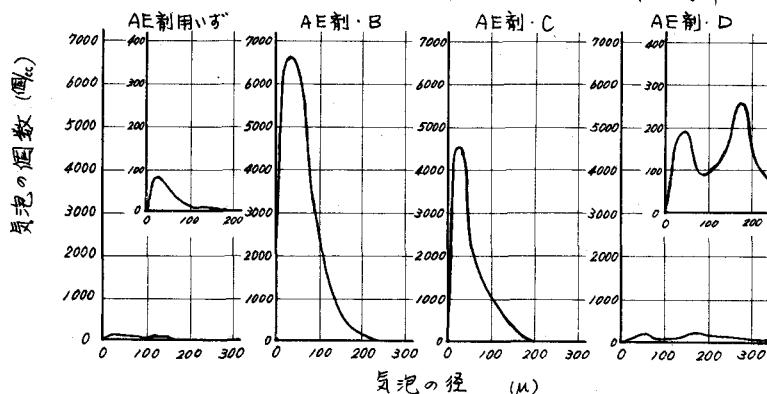


表-1. 各種AE剤を用いたコンクリートの試験結果

AE剤	単位水量 (kg)	単位AE剤 量(g)	スパン° (cm)	空気量 (%)	VBメ-7 漏れ時間 (sec)	圧縮強度(MPa)			曲げ強度(MPa)	
						3日	7日	28日	7日	28日
用いない	168 (100)	-	6.6	1.7	5.8	72 (100)	175 (100)	352 (100)	32.3 (100)	49.1 (100)
B	152 (90)	20	7.3	4.3	5.1	81 (112)	193 (110)	346 (98)	30.7 (95)	49.6 (100)
C	151 (90)	7	6.2	4.6	5.7	78 (108)	194 (111)	362 (103)	30.1 (93)	45.6 (93)
D	151 (90)	157	6.2	4.4	5.5	80 (111)	187 (107)	371 (105)	33.9 (105)	52.0 (106)

コンクリート: 粗骨材の最大寸法 25mm, 単位セメント量 300kg, 細骨材率 A=40%, B・C・D: 36%

表-2, 各種AE剤を用いたコンクリートの凍結融解試験結果

AE剤	凍結 コンクリートの 気量 (%)	ギージング (%)	動弾性係数百分率 (%)										乾燥収縮 率 (%)
			0	15	30	45	60	90	120	150	7日	28日	
用いない	1.7	4.6	100	12	8	-	-	-	-	-	22	51	
B	4.4	3.3	100	95	92	92	91	91	91	92	24	52	
C	4.1	2.9	100	94	94	93	92	92	93	91	20	49	
D	4.2	3.3	100	24	18	-	-	-	-	-	22	49	

コンクリートの配合 : 表-1と同じ
凍結融解試験開始時の年齢 : 2日

表-3, 各種AE剤を用いたコンクリートの気泡組織

AE剤	気量 (%)	気泡の 比表面積 (cm^2/cm^3)	気泡の 間隔係数 (μ)	気泡数 ($\%/\text{mm}^3$)	凍結 コンクリートの 気量 (%)
用いない	1.1	143	659	2,840	1.8
B	4.2	207	239	28,040	4.3
C	4.0	254	200	15,220	3.7
D	4.6	122	413	6,430	4.1

コンクリートの配合 : 表-1と同じ

とした場合の単位水量、圧縮強度、曲げ強度、乾燥収縮等は、いずれのAE剤を用いた場合もほとんど大差のないことが分る。

これに反して、これらのAE剤を用いたコンクリートの凍結融解試験結果は、表-2に示すごとく、AE剤の種類によって、かなり相異なる。すなわち、30サイクルの凍結融解試験を行った後の動弾性係数の減少率は、B、C、のAE剤を用いた場合で6~8%であるのにくらべ、DのAE剤では92%に達し、AE剤を用いなかった場合とほとんど同じであった。AE剤の種類によって、凍結融解にたいする耐久性が異なるのは、コンクリート中の気泡の粒径分布が相異なるためと思われる。

表-1、によれば、気泡間隔係数 (Spacing Factor) は、B、C、のAE剤を用いた場合は、ほとんど同じで、200~229 μ であるのに対して、DのAE剤を用いた場合、およびAE剤を用いない場合は、それぞれ413 μ 、659 μ である。これを気泡の粒径分布からみると、B、C、のAE剤を用いた場合には、50 μ 以下の粒径のものが、主として多いのにくらべ、DのAE剤を用いた場合、およびAE剤を用いない場合には、小さい粒径のものが、ほとんどなく、400~500 μ 程度まで、ほぼ一様に分布していることが分る。

凍結融解のほかに影響を与えるに詳細に検討するため、気泡の粒径分布が異なるB、およびD、のAE剤を用いた場合の凍結融解試験で骨材相互の間隔を測定した。表-4、はこの試験の結果から、骨材とモルタルの間隔、ならびにモルタル部分の長さの変化を推定した値の一例を示す。これによれば、20サイクルの凍結融解試験を行った後では、骨材とモルタルとの間隔は、いずれの場合も、ほとんど変化していない。しかた、モルタル部分の膨脹は、AE剤の種類によってかなり相異しているのであって、B、のAE剤の場合は、ほとんど膨脹しないが、DのAE剤を用いた場合は、主として著しいのであって、AE剤を用いない場合とほぼ同程度となっている。すなわち、コンクリートの膨脹は、モルタルの膨脹に起因していることが示されている。

表-4, 凍結融解試験をしたコンクリートのコンクリートとモルタル部分の膨脹と、骨材とモルタルの間隔の拡大

AE剤	コンクリートの長さ 7mm		モルタル部分の長さ 20mm		骨材とモルタルの間隔 20mm		動弾性係数百分率 7mm	20mm
	7mm	20mm	20mm	20mm	7mm	20mm		
用いない	38	124	12	6	84	45		
B	6	7	0	6	99	97		
D	28	140	16	2	90	57		

コンクリート : 表-1と同じ
凍結融解試験開始時の年齢 : 3日

これに反し、とくにブリー징の影響が著しく現われるように造った試験体の試験結果からは、骨材とモルタルの間隙の影響が著しいことが示された。

これらの結果は、凍結融解の繰り返しに伴うコンクリートの膨張は、コンクリート中のモルタルの膨張と、骨材とモルタルとの間隙の拡大とに分けて考えるのが合理的であることを示唆するものであらう。

3. 各種減水剤を用いたコンクリートの気泡組織について。

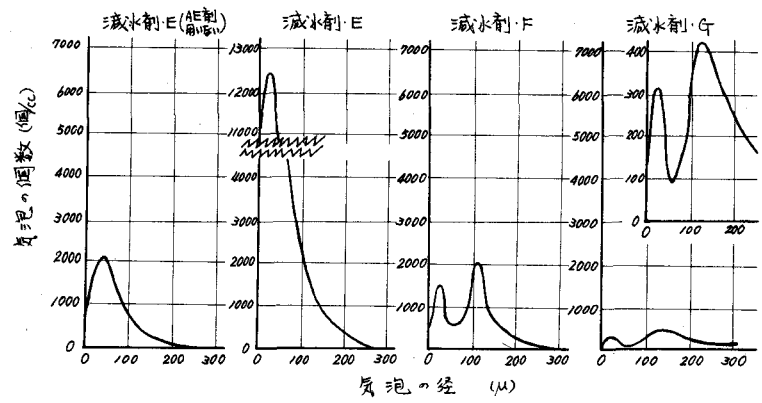
試験に用いた減水剤は、

リグニンスルホン酸系 (E), オキシカルボン酸系 (F), 非イオン系 (G) の三種で、これらの減水剤を用いたコンクリートで、減水剤および、AE剤を用いないコンクリートと比較した場合、各減水剤の減水率と、圧縮強度比は、表一五、に示すとおり数分異っているが、大差

はなく、コンクリートの強度が水セメント比によって、おおよそ支配されることが示されている。

これらの減水剤を用いたコンクリートの気泡の粒径分布と、その気泡組織を、図-2、表-6、に示す。コンクリートは空気量が約45%になるようにAE剤の使用量をきめたもので、このほかリグニンスルホン酸系の減

図-2、各種減水剤を用いたコンクリートの気泡の粒径分布



表一五、減水剤を用いたコンクリートの試験結果

減水剤	減水率 (%)	ブリージ 率 (%)	圧縮強度比 (%)		曲げ強度比 (%)	
			7日	28日	7日	28日
E	86	80	118	106	105	99
F	89	77	107	97	111	102
G	86	-	-	-	-	-

コンクリート：粗骨材最大径：25 mm
骨材の割合：300 kg
スランプ：6 cm
空気量：4 %

表-6、各種減水剤を用いたコンクリートの気泡組織

減水剤	空気量 (%)	気泡の 平均径 (μ)	気泡の 個数 (個/cm³)	骨材の 空隙率 (%)	コンクリートの 空隙率 (%)
E	4.1	173	283	40.160	4.8
F	3.8	138	341	10.050	4.1
G	5.3	134	325	4.110	5.0
E (AE剤併用)	2.6	127	498	9.450	2.6

コンクリートの配合：表一五に同じ

水剤のみを用いた場合についても測定した。

測定の結果によれば、Eの減水剤にAE剤を併用した場合は、気泡の間隔係数 (Spacing Factor) は283 μで、良質なAE剤を用いた場合と似た値を示しているが、E(AE剤を用いない)、F、およびGの減水剤では、それぞれ 341 μ, 325 μで、やや大きい。このことは、気泡の粒径分布についても言えることで

、Eの減水剤では 50μ 以下の小さい粒径のものが、主として多いが、FおよびGの減水剤では、 50μ 以下の小さい粒径のものが少く、 100μ 以上の大きな粒径のものが、空気量の大部分を占めていることが分る。亦たわち、コンクリートの空気量が同じで、強度が同程度であっても、凍結融解にたいする耐久性が相異なることが推定される。

また、これらの減水剤を用いる場合、良質なAE剤を併用することが、コンクリートの凍結融解にたいする耐久性をますうえで、必要なことを示しているものと思われる。

4. コンクリートの耐久性試験方法について

一般に、コンクリートの凍結融解作用にたいする耐久性試験として、供試体の四周から凍結融解作用を受ける方法が使われているが、これはAE剤あるいは骨材の品質を比較するための試験方法であるため、試験の条件も、主として苛酷である。実際の構造物で起りうる状況に合った試験方法別に定めおくことが必要と考えられるのであって、これについて研究を進めている。この種の方法で試験を行えば、凍結融解を受ける場合のコンクリートの挙動の基礎的な解析も、比較的容易になるのではないかと考えている。

この研究を行うにあたっては、東京大学工学部工本教室、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、また実験に際しては東京大学工学部工本教室コンクリート実験室の方々に所援助をいただいたことを感謝いたします。