

福岡大学工学部 正員 大和竹史

山下一友

学生員 小原規由

1. まえがき コンクリート中の気泡分布は、硬化コンクリートの凍結融解に対する抵抗性に及ぼす影響が大きいといわれている。したがって急速凍結融解試験を実施する場合、硬化コンクリート中の気泡分布を観察し、結果の考察に役立てる必要がある。普通および人工軽量使用のAEとプレーンコンクリートについて促進試験を実施し、同時に硬化コンクリートの空気泡分布を観察して、両者の結果を比較検討した。さらに、同一の減水剤やAE剤は連行空気量の多少にかかわらず、コンクリート中にはほぼ一定な確率密度関数に従うように気泡径を分布させるのではないかと考え、まず指数分布 $f(r)=\lambda e^{-\lambda r}$ について検討してみた。

2. 実験概要 使用したセメントは普通ポルトランドセメント(比重3.16)で、細骨材として川砂(比重2.53)、粗骨材として角閃石K(比重2.96)および造粒型人工軽量骨材N(比重1.52)を使用した。表-1に、コンクリートの配合を示す。表中の番号Ⅰ～Ⅲはそれぞれ、凍結最低温度を -7°C 、 -13°C 、 -18°C に設定した凍結融解試験に相当する。

凍結融解試験は3シリーズよりなり、水中の供試体中心温度が $-7^{\circ}\text{C} \sim +5^{\circ}\text{C}$ 、 $-13^{\circ}\text{C} \sim +5^{\circ}\text{C}$ 、 $-18^{\circ}\text{C} \sim +5^{\circ}\text{C}$ の3通りの温度範囲をとった。供試体の周囲の状態は水中と空中の2通りとした。水中の場合は従来の通りであるが、空中の場合は供試体へ水の出入りがないようにシールした。凍結融解サイクル数は70サイクルとした。

各シリーズにおける凍結融解試験用供試体と同じバッチのコンクリートから硬化コンクリートの空気泡分布観察用の供試体を作製した。空気泡分布の観察方法はASTM-C457のリニヤトラバース法により行ない、次式によるパラメータを算定した。

$$\bar{L} = D/N, \quad A = 100m\bar{L}, \quad \alpha = 4/\bar{L}, \quad L = \pi/400m \quad (\text{ただし } \pi/A < 4.33)$$

$$L = \frac{3}{\alpha} \left[1.4 \left(\frac{\pi}{A} + 1 \right)^{\frac{1}{3}} - 1 \right] \quad (\text{ただし } \pi/A \geq 4.33)$$

ここで、 $\bar{L}$ は気泡の平均切断弦長、 A は空気量、 α は比表面積、 L は間隔係数、 D は気泡の切断弦長の総和、 N は気泡総数、 m は単位長さ当りの気泡数、 π はペーストの割合である。

3. 結果および考察 表-2にリニヤトラバース法によって決定したパラメータと凍結融解試験における水中供試体の耐久性能指数を示す。凍結温度が -18°C と -13°C では凍結融解に対するコンクリートの抵抗性に及ぼす空気泡連行の効果が明らかである。さらに、粗骨材KおよびNの相違をみれば、Kの方がNよりも耐久性が大きいこともD.F.値に表われている。しかしながら、凍結温度が -7°C になるとこれらの相違がみられず、すべて耐久性が大となっている。したがって、凍結最低温度が -7°C 程度であれば空気泡分布性状を問題にする必要性はないものと考えられる。

リニヤトラバース法による測定結果は、バッチ間ではばらつきがみられるが、空気量 A はフレッシュコンクリートの空気量 A_f より小さくなった。R.C. Mielong⁹⁾は、「AE剤を用いた硬化コンクリートの空気量」リニヤトラバース法

表-1 コンクリートの配合

NO	TYPE	M.S	SLUMP		AIR (%)	W/C (%)	S/A (%)	WEIGHT (Kg/m ³)					
			(cm)	(%)				W	C	S	G	AE	WR
I	N-AE	20	8.0	5.6	55	40	155	288	703	634	0.023	0.721	
	N-NON	20	8.0	1.5	55	40	182	330	707	638	0	0	
	K-AE	20	6.1	5.5	55	41	171	319	695	1165	0.026	0.797	
	K-NON	20	7.2	1.7	55	41	196	356	700	1173	0	0	
II	N-AE	20	7.6	5.5	55	40	154	287	701	632	0.023	0.718	
	N-NON	20	7.3	2.2	55	40	180	328	702	633	0	0	
	K-AE	20	6.3	5.5	55	41	171	319	695	1173	0.026	0.797	
	K-NON	20	7.6	1.9	55	41	196	356	698	1179	0	0	
III	N-AE	20	8.0	6.4	55	40	153	286	697	628	0.023	0.715	
	N-NON	20	8.0	1.5	55	40	182	330	707	638	0	0	
	K-AE	20	8.0	6.0	55	41	170	317	691	1167	0.025	0.793	
	K-NON	20	7.9	2.1	55	41	195	355	697	1176	0	0	

またはポイントカウント法による)は、フレッシュコンクリートの空気量よりも多い」としているが、フレッシュコンクリート中の空気泡分布の測定方法や、微小径の気泡が大きい径の気泡に変化する現象など不明の点が多いので、今後の研究が必要であろう。

図-1に視察した気泡径分布状態を実線で示す。粗骨材KおよびNのAEとプレーンコンクリートにおいて個数のピークは0~200μの範囲にある。これらの気泡分布を数式化できれば有用であるので、まず指数分布であると仮定して、適合度検定(χ²検定)を行なった。仮定よりその確率密度関数を $f(r) = \lambda e^{-\lambda r}$ とする。パラメータ入は平均気泡径の逆数でわかる。各区間での確率Pは、関数曲線の下部の面積で $P(a < r < b) = \int_a^b \lambda e^{-\lambda r} dr = e^{-\lambda a} - e^{-\lambda b}$ となる(a, bは901, 902, ..., 2,000mm)。理論値を求める

には、各区間での確率と測定値総個数とを乗じて求める。 $\chi^2 = \{(\text{測定値}) - (\text{理論値})\}^2 / (\text{理論値})$ で求まる。その値がχ²分布表の当該自由度の危険率5%あるいは、1%のχ²値より小さければ「指数分布に従う」ということが棄却されず、大きければ棄却される。棄却されないものは、そのχ²値もとのχ²分布表のχ²分布と照らし合わせれば、その時の確率が適合度として表わすことができる。適合度は1の時完全に仮説分布に一致する。)以上により、求めた計算値(理論値)を破線で図-1に示し、適合度Cを表-2に示す。入の適合度が0以外のものを考えると

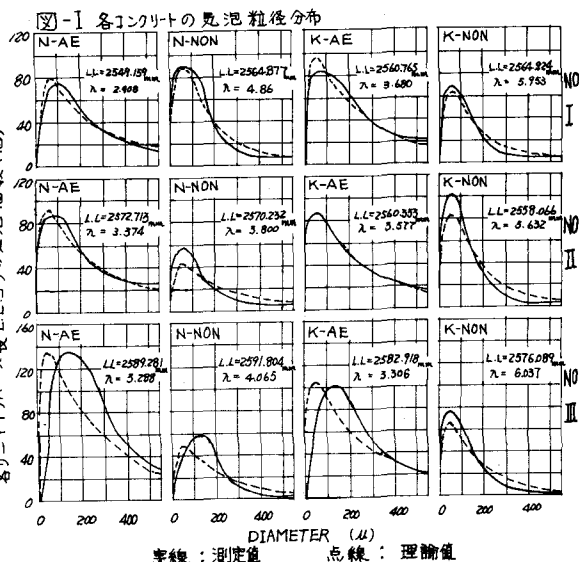


表-2

NO	TYPE	α (cm ² /cm ³)	$\bar{L}$ (mm)	AF (%)	AH (%)	DF (%)	λ	C	N (個)
I	N-AE	11.092	0.457	5.6	4.1	92.7	2.908	0.37	277
	N-NON	19.177	0.402	1.5	1.9	99.1	4.861	0.00	213
	K-AE	14.246	0.409	5.5	3.4	98.5	3.680	0.32	290
	K-NON	20.215	0.491	1.7	1.1	99.4	5.953	0.16	132
II	N-AE	12.041	0.416	5.5	4.3	11.3	3.374	0.39	300
	N-NON	12.454	0.629	2.2	1.8	9.5	3.800	0.01	131
	K-AE	12.829	0.437	5.5	3.6	91.5	3.577	1.00	279
	K-NON	21.441	0.429	1.9	1.4	84.6	5.632	0.00	185
III	N-AE	13.022	0.326	6.4	5.8	24.7	3.288	0.00	450
	N-NON	13.519	0.596	1.5	1.8	11.6	4.065	0.00	142
	K-AE	13.075	0.395	6.0	4.4	83.8	3.366	0.00	341
	K-NON	20.476	0.494	2.1	1.1	51.7	6.037	0.05	139

比表面積: α 間隔係数: $\bar{L}$ 柱面および円筒の空気量: AF
硬化コンクリートの空気量: AH 仮定に指数分布の λ 適合度: C
パラメータ
2400mm 当りの気泡総数: N
6.037, とプレーンよりはAEへと、軽量よりは角閃へと入の値は増えているが、適合度から判断すれば、AEコンクリートの方がプレーンコンクリートに比べ、指数分布にある程度適合していると判断できる。しかしながら、C=0の結果も多いので、指数分布の他に適当な分布形式を検討中である。

4. 謝辞 本誌誌解試験や空気泡分布視察に当り多大の労をおかけした福岡大学コンクリート研究室の皆様へ謝意の意を表します。

参考文献

1) 日本材料学会編 コンクリート用化学混和剤 朝倉書店 P66