

福岡大学 正員 の大和竹史
山下一友

1. まえがき

エントレインドエアーはフレッシュコンクリートのワーカビチーを増進し、硬化コンクリートの耐凍性を大にする役目を有する。したがって、寒中コンクリートや気象作用の厳しい地方における構造物のコンクリートにはAEコンクリートが用いられる。コンクリート中に空気泡がどの程度、進行したか調べるため、まだ固まらないコンクリートの空気量試験を行なっているが耐凍性を検討するときには硬化コンクリートの空気泡分布も把握する必要が生じる。本研究はASTM-C457「顕微鏡による硬化コンクリートの気泡組織の決定法」のリニエトラバース法により、市販の4種類のAE剤や減水剤を用いたAEコンクリート、水セメント比を4種類に相違させた同一の減水剤使用のコンクリートならびに高性能減水剤使用のC=700kgの高強度コンクリートの気泡分布を調べ、ASTM-C666の水中凍結水中融解試験結果より判断される耐凍性との関連性やリニエトラバース法による気泡分布観察より得られる情報の妥当性について考察を行なうものである。

2. 方法

使用のセメントは普通ポルトランドセメントで、細骨材には福岡市志賀産の海砂を、粗骨材には角閃石砕石(久山産)を使用した。表-1に、コンクリートの配合を示す。表中の空気量は各種法により求めた値である。気泡分布観察用供試体の作製は観察面の研磨を入念に行なった。気泡の観察は小型工具顕微鏡(オリンパス光学, STM-04, 1μm表示)を用いて行なった。この結果より、空気量、比表面積ならびに間隔係数を算出した。気泡分布測定用供試体と同一バッチのコンクリートの水中凍結融解試験をASTM-C666 (-18℃～+5℃, 3時間/サイクル)に準じて行な

た。

表-1 コンクリートの配合

NO.	TYPE	M.S.	SLUMP (cm)	AIR (%)	W/C (%)	S/A (%)	WEIGHT(Kg/ M³)				
							W	C	S	G	ADMIX.
I	AES	20	6.3	4.4	49	40	171	349	752	1135	0.021
	AET	20	7.2	8.6	49	40	163	333	719	1085	0.100
	AEV	20	9.5	8.4	49	40	164	334	720	1087	0.100
	AEP	20	9.7	5.0	53	37	171	325	648	1260	0.0065
II	WRS	20	7.1	3.7	49	40	172	351	757	1143	0.878
	WRT	20	8.8	4.6	49	40	170	348	750	1133	0.139
	WRV	20	6.7	3.0	49	40	173	354	762	1151	0.884
	WRP	20	10.3	4.6	49	40	170	348	750	1133	1.740
III	2045	20	2.4	2.4	45	40	160	356	727	1245	1.780
	2053	20	5.9	3.4	53	42	161	304	771	1211	1.760
	2062	20	14.7	4.4	62	44	170	274	797	1155	1.740
	2070	20	16.6	4.6	70	45	174	249	819	1138	1.740
IV	C700	20	13.0	0.8	23	30	160	696	471	1239	26.09

3. 結果

図-1に、各コンクリートの気泡粒径分布状態を示す。空気量、比表面積ならびに、間隔係数は次式より計算する。

$$\bar{L} = D/N \quad (1)$$

ここに、 $\bar{L}$: 気泡の平均切断弦長

D: 気泡の切断弦長の総和

N: 気泡総数

$$A = 100 n \bar{L} \quad (2)$$

A: 空気量

n: 単位長さ当り気泡数

$$\alpha = \frac{4}{\bar{L}} \quad (3)$$

α : 比表面積, ρ : パスの割合

$$\bar{L} = \frac{\rho}{400n} \quad \left(\text{ただし, } \frac{\rho}{A} < 4.33 \right) \quad (4)$$

$$\bar{L} = \frac{3}{2} \left[1.4 \left(\frac{\rho}{A} + 1 \right)^{\frac{1}{3}} - 1 \right] \quad \left(\text{ただし, } \frac{\rho}{A} \geq 4.33 \right)$$

(2)～(4)式の計算結果とまだ固まらないコンクリートの空気量ならびに水中凍結試験より求めた耐久性指数を表-2に示す。各種AE剤を使用したコンクリート中の気泡間隔係数は125～350μmで、いずれのAEコンクリートも耐

凍性に有利である結果が得られた。各種減水剤使用の場合、気泡間隔係数は350～450 μ であり気泡分布の形状に相違がみられる。

WRMが他にくらべ耐凍性に劣り、気泡間隔係数は450 μ と他にくらべて大となっている。空気量が3～5%の範囲における耐凍性の変動は大きいので、特に耐凍性を向上させるためには、AE剤の併用が所要であろう。

同種の減水剤を使用して、シリーズⅢの結果より明らかのように気泡分布状態は水セメント比(単位セメント量)により大きく相違することが判った。2045は

DF=66%, $\bar{L}=932 \mu$ で耐久性に劣り、 $\bar{L}$ は他にくらべて著しく大きい。C700のように、高性能減水剤を使用し単位セメント量を700 kgにしたNON AEの高強度コンクリートは図-1に示すように、気泡が非常に少量であってもDF=99%で高い耐凍性を有している。これは、水セメント比が23%と低いので、ペースト部が緻密になり氷圧による引張応力を上回る大きい引張強度を有すること、凍結可能水量が他にくらべて少ないことなどによると考えられる。

リニヤトラバース法は定量的な点に関しては疑問があるが定性的には耐凍性評価上、有用であるので促進試験と併行して実施すべきと考える。

最後に、本研究にあたり、多大の労をおかけした八尾宏樹(大野成市)、松田忠郎(日本ガス)の両君に感謝の意を表する。

(参考文献)

1. T.C. Powers, "The Air Requirement of Frost Resistant Concrete," Proceedings, Highway Research Board, Vol. 29, p.184 (1949)
2. T.F. Willis, "Discussion on a Paper by T.C. Powers Entitled 'The Air Requirement of Frost Resistant Concrete,'" Proceedings, Highway Research Board, Vol. 29, p.203 (1949)
3. Recommended Practice for Microscopical Determination of Air-Void Content, Specific Surface, and Spacing Factor of the Air-Void System in Hardened Concrete (ASTM Designation: C457-60T)

図-1 各種コンクリートの気泡粒径分布図

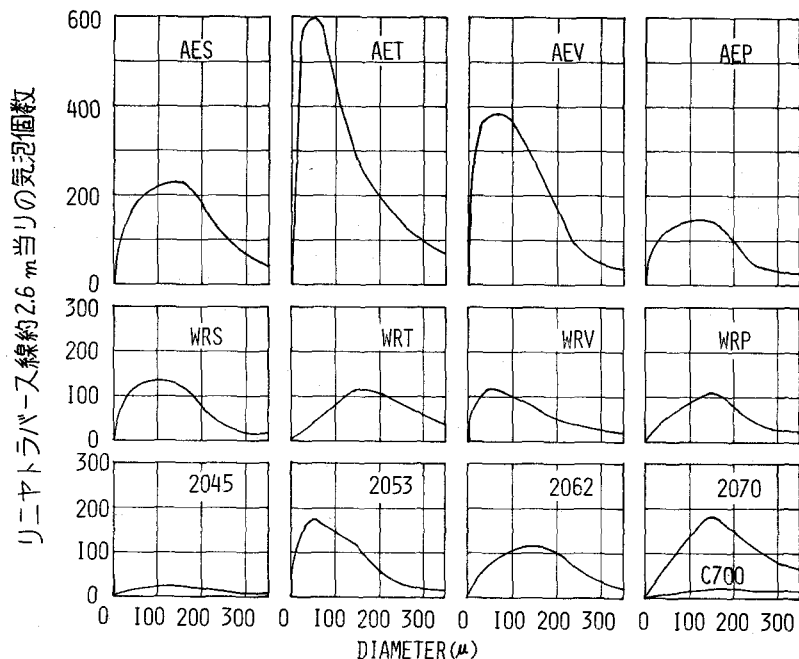


表-2 比表面積、間隔係数、空気量ならびに耐久指数

TYPE	α (cm^2/cm^3)	$\bar{L}$ (mm)	AH (%)	AF (%)	DF (%)
AES	21.28	0.272	3.4	5.6	76
AET	22.22	0.125	9.7	8.6	88
AEV	22.10	0.197	6.4	5.3	86
AEP	14.49	0.349	4.5	5.0	83
WRS	18.02	0.343	3.0	3.7	71
WRT	11.83	0.423	4.8	4.6	87
WRM	12.20	0.450	3.9	3.0	64
WRP	14.71	0.415	2.9	4.6	79
2045	7.91	0.932	1.9	2.4	66
2053	15.81	0.334	3.8	3.4	85
2062	12.12	0.411	4.4	4.4	82
2070	11.76	0.297	7.3	4.6	83
C700	7.84	1.286	1.3	0.8	97

α : 気泡の比表面積
 $\bar{L}$: 間隔係数
 AH: 硬化コンクリートの空気量
 AF: まだ固まらないコンクリートの空気量
 DF: 耐久指数