

高強度コンクリートの耐凍害性に及ぼす気泡間隔係数・気泡径分布の影響

高強度コンクリート	気泡組織	耐凍害性	正会員	○三高信吾*1	正会員	平野彰彦*3
気泡間隔係数	気泡径分布	浮力法	同	太田宏平*1	同	浜 幸雄*4
			同	田畑雅幸*2		

1. はじめに

コンクリートの耐凍害性の確保には適切なエントレインドエアの連行が必要であり、重要な気泡特性は気泡間隔係数(以下 SF)に代表される気泡の質であるといわれている。一般に硬化コンクリートでの気泡組織の測定で行われる ASTM C 457 に準じたリニアトラバース法では、側線を横切る気泡の弦長の測定し「全ての気泡は同じ大きさでセメントペースト全域に等間隔の立体格子状に並んでいる」という仮定に基づいて SF を算出しているが、実際には様々な大きさの気泡が存在している。フレッシュコンクリートでの気泡組織の測定方法である浮力法¹⁾であれば、個々の気泡の直径を測定でき、新たな気泡組織パラメータとして気泡径分布を得ることができる。

高強度コンクリートは、nonAEであっても標準条件での凍結融解試験で優れた耐凍害性を示すといわれているが、最近の研究で供用期間中に生じるマイクロクラックの影響により耐凍害性が著しく低下することが示され、高強度コンクリートでも普通強度コンクリートと同様に耐凍害性の確保にはSFが重要であることが指摘されている²⁾。

本研究では、高強度コンクリートの耐凍害性に及ぼす SF の重要性を確認し、気泡径分布の影響を明らかにすることを目的とする。

2. 実験計画及び方法

表1に実験計画表を示す。混練は強制2軸練りミキサを用い、フレッシュコンクリートにおいて浮力法による気泡組織測定を行い、養生後にJIS A 1148-2001A法(水中凍結水中融解)に準じた凍結融解試験を行った。なお凍結融解試験開始前の養生条件を、標準条件の2週水中養生(以下2W)と乾燥の影響を考慮した2週水中養生後4週60

℃乾燥(以下2W4W)の2水準とした。

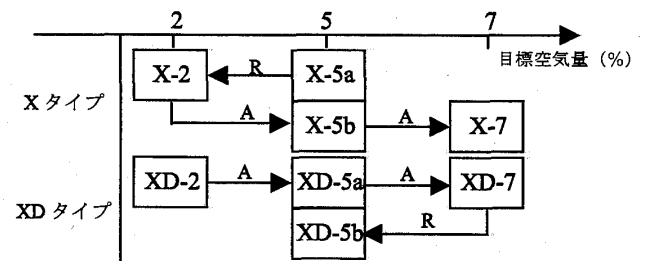
表2に使用材料を、表3に調査表及び練り上がり性状を示す。水セメント比は全て35%、目標空気量を2, 5, 7%の3水準とし図1のように化学混和剤を使用することで調整した。

表1 実験計画表

試験方法	測定項目
浮力法	空気量, 比表面積, 気泡間隔係数, 気泡径分布
凍結融解試験 (JIS A 1148-2001A法)	質量変化, 長さ変化, 相対弾性係数 養生条件: 2週水中 2週水中+4週60℃乾燥

表2 使用材料

セメント	普通ポルトランドセメント($\rho=3.14\text{g/cm}^3$)	
細骨材	登別産陸砂 (表乾密度=2.67g/cm ³ , 粗粒率=2.70, 吸水率=1.52%)	
粗骨材	敷生川水系安山岩砕石 (表乾密度=2.67g/cm ³ , 粗粒率=6.64, 吸水率=1.83%)	
化学混和剤	高性能AE減水剤 (ポリカルボン酸エーテル系)	X(標準)タイプ
	AE剤 (アルキルエーテル系)	XD(低空気連行)タイプ
	空気量調整剤 (ポリアルキレングリコール誘導体)	



※R:空気量調整剤を添加 A:AE剤を添加

※枠内は試験体記号

図1 化学混和剤の使用方法及び試験体記号

表3 調査表及び練り上がり性状

試験体記号	W/C (%)	目標空気量 (%)	s/a (%)	単位水量 (kg/m ³)	質量 (kg/m ³)			化学混和剤				練り上がり性状			
					C	S	G	高性能AE減水剤		空気量調整剤	練温 (°C)	空気量 (%)	スランプ (cm)	フロー (mm)	
								Xタイプ	XDタイプ						
X-2	35	2	44.3	172	489	725	913	0.90	—	—	0.005	21.7	2.3	24.6	530×455
X-5a		5		177	504	747	941			—	—	22.0	5.1	24.9	480×480
X-5b		5		177	504	747	941			0.002	0.005	23.6	5.4	24.0	430×405
X-7		7		180	514	762	960			0.006	0.005	22.8	7.9	24.5	540×520
XD-2		2		172	489	725	913	—	0.90	—	—	23.6	1.5	24.7	600×580
XD-5a		5		177	504	747	941			0.002	—	23.8	4.6	24.6	510×480
XD-5b		5		177	504	747	941			0.004	0.004	21.8	4.7	25.1	615×520
XD-7		7		180	514	762	960			0.004	—	22.2	7.1	24.9	505×515

Influence of Spacing Factor and Distribution of Air Void Diameter on Frost Resistance of High Strength Concrete

MITAKA Shingo, OTA Kohei, TABATA Masayuki
HIRANO Akihiko, HAMA Yukio

表4 浮力法による気泡組織の測定結果及び耐久性指数

試験体記号	空気量 (%)	300 μm以下の空気量 (%)	比表面積 (mm ⁻¹)	気泡間隔係数 (μm)	耐久性指数DF (%)	
					2W	2W4W
X-2	1.5	0.3	15.6	586	94.7	8.5
X-5a	3.3	1.1	19.3	331	104.0	22.1
X-5b	3.8	1.2	20.0	299	94.8	15.0
X-7	5.4	2.3	24.5	209	94.1	13.0
XD-2	1.0	0.3	18.9	569	48.7	8.5
XD-5a	3.3	1.0	19.0	338	95.9	9.3
XD-5b	3.2	1.4	23.8	274	97.0	12.3
XD-7	5.5	2.1	22.1	228	93.4	13.3

3. 結果及び考察

表4に浮力法による気泡組織の測定結果及び耐久性指数(以下DF)を、図2に空気量及びSFとDFの関係を示す。一般に耐凍害性が確保できるとされている、SFが250 μm以下の試験体であっても乾燥による劣化は免れず、気泡組織よりも凍融試験前の乾燥による影響の方が大きいことがわかる。2WにおいてXD-2のみが著しく劣化したが、同程度の空気量及びSFを有するX-2は劣化せず、この原因を空気量及びSFだけから説明することは困難である。

図3に浮力法によって得られた気泡径分布を示す。XD-2、X-2において気泡径分布に差があり、目標空気量が5%と7%の場合にも同様に差が確認できる。また耐凍害性の確保には直径300 μm以下の微細気泡量が多いことが望ましいといわれている³⁾ことから、気泡径分布が耐凍害性に及ぼす影響を明らかにするため、気泡径の範囲別に区間空気量を算出し単回帰分析を行った。なお直線回帰を行うため、DFはオメガ変換値(以下DF')を用いた。表5に2W及び2W4Wの区間空気量とDF'との相関係数を示す。両者ともに直径300~500 μmの気泡量との相関が最も高く、300~500 μmの気泡量が多いほど耐凍害性に優れるといえる。またこのことから、空気量やSFの他に気泡径分布も耐凍害性に影響する一つの指標と成り得ると考えられ、今後更なる浮力法による気泡径分布データの蓄積により、耐凍害性に影響を及ぼす気泡径の範囲をより明確にしていく必要がある。

4. まとめ

- (1) 高強度コンクリートは、気泡間隔係数が250 μm以下であっても乾燥により耐凍害性が著しく低下した。
- (2) 耐凍害性に及ぼす影響は、直径300~500 μmの気泡量が最も大きく、気泡径分布も指標となり得る

【参考文献】

- 1) 太田宏平, 平野彰彦, 浜幸雄: 浮力法によるフレッシュコンクリート中の気泡組織の測定, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2004.8
- 2) 浜幸雄, 濱田英介, 千葉修, 友澤史紀: 高強度・高流動コンクリートの耐凍害性に及ぼす凍結融解試験前の養生条件の影響, セメント・コンクリート論文集No.56, 2002
- 3) Jochen Stark, Bernd Wicht: コンクリートの耐久性, 社団法人セメント協会, 2003.8

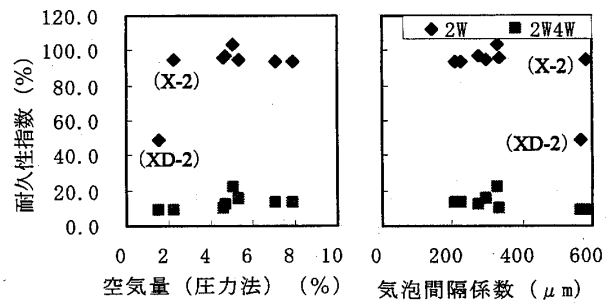


図2 空気量及びSFと耐久性指数の関係

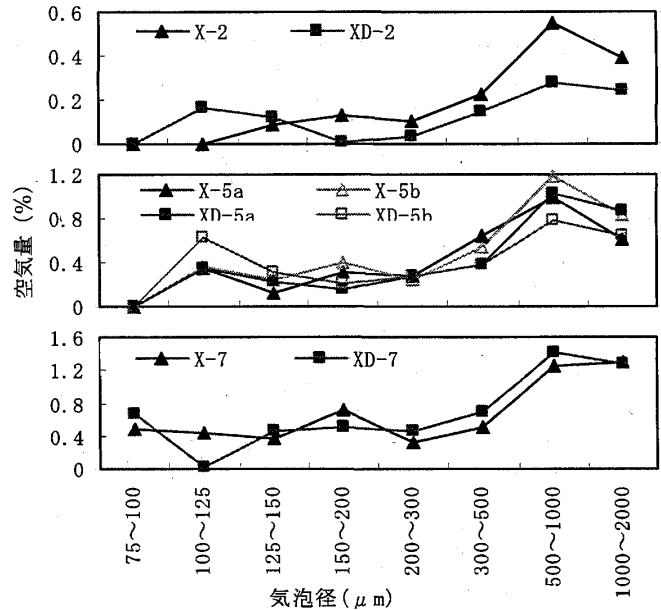


図3 気泡径分布図

表5 区間空気量と耐久性指数: DF'との相関係数

直径 (μm)	2000	1000	500	300	200	150	125
75	.409	.437	.388	.306	.244	.185	.219
100	.477	.531	.516	.442	.380	.337	.364
125	.437	.484	.450	.347	.257	.097	
150	.466	.528	.521	.437	.326		
200	.487	.572	.603	.537			
300	.474	.567	.617				
500	.420	.522					
1000	.299						

[表中の値は相関係数:R] <<2W>>

直径 (μm)	2000	1000	500	300	200	150	125
75	.504	.557	.540	.435	.401	.321	.377
100	.551	.625	.640	.527	.493	.364	.354
125	.516	.585	.591	.454	.405	.166	
150	.544	.631	.673	.544	.505		
200	.540	.644	.726	.522			
300	.538	.665	.825				
500	.444	.561					
1000	.315						

[表中の値は相関係数:R] <<2W4W>>

*1 室蘭工業大学大学院
 *2 北海道職業能力開発大学校 教授・工博
 *3 北海道職業能力開発大学校 教授
 *4 室蘭工業大学工学部 助教授・博士(工学)

*1 Graduate School, Muroran Institute of Technology
 *2 Assoc.Prof., Hokkaido Polytechnic College, Dr.Eng
 *3 Assoc.Prof., Hokkaido Polytechnic College
 *4 Assoc.Prof., Muroran Institute of Technology, Dr.Eng