

コンクリートの気泡組織変動に及ぼす各種要因と耐凍害性

正会員 ○太田宏平*1
同 田畑雅幸*2
同 平野彰彦*3
同 浜 幸雄*4

フレッシュコンクリート 気泡組織 耐凍害性
気泡間隔係数 気泡径分布 浮力法

1. はじめに

コンクリートの耐凍害性確保には AE 剤により連行される気泡の質が重要で、気泡間隔係数(以下 SF)を 250 μm 以下とし、直径 300 μm 以下の微細気泡量が多いことが望ましいとされている¹⁾。空気量に影響を及ぼす要因については多くの研究がなされているが、気泡の質に影響を及ぼす要因についてはあまり研究がなされていない。

本研究では高強度コンクリートを対象とし、耐凍害性に関係する SF、気泡径分布などの気泡組織の変動に影響を及ぼす要因について検討した。

2. 実験の概要

表 1 に実験計画表を示す。本研究では気泡組織を浮力法²⁾により測定した。なお実験 1 で既往のコンクリートによる実験結果²⁾をもとに、コンクリート調合から粗骨材を除いた調合のモルタルによる測定結果と、コンクリートによる実験結果を比較し、本研究では全てモルタルにより実験した。セメントは OPC、細骨材は登別産陸砂とし、表 2 に示す化学混和剤を用いた。混練は JIS R 5201 に準じて行い、一部のモルタル試験体で ASTM C 666A に準じた凍結融解試験および圧縮強度試験を行った。凍結融解試験前の養生条件は 2 週水中養生および 2 週水中養生後 4 週 40℃乾燥とした。表 3 にモルタル調合を示す。

3. 試験結果および考察

3. 1 コンクリートとの比較・消泡剤の影響 [実験 1]

図 1 にコンクリートとモルタルの気泡組織測定結果を比較して示す。モルタルはコンクリートよりも空気量が小さく SF が大きい、相対的傾向に差は見られなかった。

図 2 に消泡剤使用量と直径 300 μm 以下の気泡の割合(以下 A300)の関係を示す。使用量増加に伴い A300 は減少し、混和剤種類によっても A300 の程度に違いが見られる。

3. 2 練温の影響 [実験 2]

図 3 に練温 20℃と 10℃の気泡組織を比較して示す。10℃の温度上昇で空気量は 20~30%減少するといわれているが³⁾、本実験では気泡組織に差は見られなかった。

3. 3 混練時間の影響 [実験 3]

図 4 に混練時間と気泡組織の関係を示す。混練時間に伴い、空気量は増加し SF は小さくなっている。5 分練りでは A300 も増加している。空気量は混練時間 3 分程度で最高となり、その後は減少するといわれているが³⁾、本実験ではその傾向は見られなかった。

表 1 実験計画表

検討要因	水準など
消泡剤使用量 [実験1]	・0.00, 0.004, 0.02% [C×wt.(%)] ※コンクリートとの比較も兼ねる
練温 [実験2]	・10, 15, 20℃
混練時間 [実験3]	・1, 3, 5分 (かき落し後の混練時間)
細骨材粒度 [実験4]	・JIS標準粒度範囲の上限、平均、下限に粒度を調整した骨材※ ・5.0-2.5, 2.5-1.2, 1.2-0.6, 0.6-0.3, 0.3-0.15mmの単粒度骨材 ※粗粒率: 上限2.00, 平均2.67, 下限3.33
耐凍害性 圧縮強度 [実験5]	・JIS標準粒度範囲の上限、平均、下限に 粒度を調整した骨材を用いたモルタル ・5.0-2.5, 1.2-0.6, 0.3-0.15mmの単粒度骨材で 目標空気量4%としたモルタル

表 2 化学混和剤の種類および記号

記号	化学混和剤種類	主成分
SB	基本タイプ	ポリカルボン酸エーテル
SX	高性能AE減水剤	
XD	低空気連行タイプ	アルキルエーテル
A	AE剤	
R	消泡剤	ポリアルキレングリコール

表 3 モルタル調合

備考・記号	W/C (%)	Air (%)	化学混和剤 [C×wt.(%)]				
			SB	SX	XD	A	R
実験1・2	4.0	0.9	-	-	-	-	
		0.9	-	-	0.0005	0.02	
		0.9	-	-	-	0.004	
		0.9	-	-	-	0.008	
		0.9	-	-	-	0.02	
	2.0	-	0.9	-	-	-	
		-	0.9	-	-	-	
		-	0.9	-	-	-	
		-	0.9	-	-	-	
		-	0.9	-	-	-	
35	6.0	-	0.9	-	0.004	-	
	4.0	-	0.8	-	0.001	0.02	
	6.0	-	0.8	-	0.002	0.02	
	2.0	-	0.9	-	-	0.004	
	-	-	0.8	-	-	0.02	
実験3・4	-	-	-	0.9	0.002	-	
実験5	FM2.0	-	-	-	-	-	
	FM2.7	-	-	-	0.9	0.002	
	FM3.3	-	-	-	-	-	
	PS5.0	-	-	0.9	0.016	-	
	PS1.2	-	-	0.9	0.0021	-	
PS0.3	-	-	-	0.9	-	0.025	

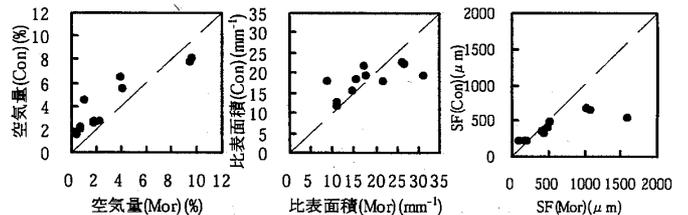


図 1 コンクリートとモルタルの気泡組織の比較

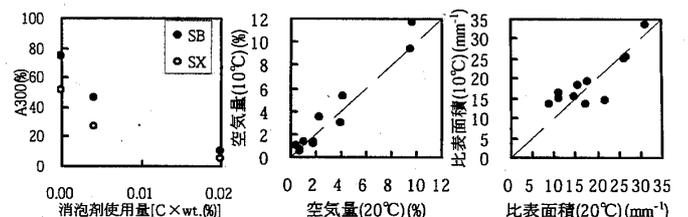


図 2 消泡剤使用量と A300 の関係

図 3 練温 20℃と 10℃の気泡組織の比較

Influence of Various Factors to Air Void System and Frost Resistance of Concrete

OTA Kohei, TABATA Masayuki, HIRANO Akihiko, HAMA Yukio

3.4 細骨材粒度の影響 [実験4]

図5に標準粒度範囲内で粒度を調整した骨材および単粒度骨材を用いた場合の空気量とA300の関係を示す。標準粒度範囲内においても、粗粒率が小さくなるに連れて空気量連行性は高くなる。粒径0.6~0.15mmの骨材の空気連行性が高く、0.6~0.15mmの骨材を用いた空気量の大きいモルタルはA300が低いのにに対し、5.0~1.2mmの骨材を用いた空気量の小さいモルタルはA300が高い。

図6に実験1、4のモルタルの空気量とA300、SFの関係を示す。空気量の減少に伴ってA300は、実験1では減少し、実験4では増加している。また実験4では、空気量の減少に伴うSFの増加幅が小さい。粗粒率を大きくして空気量を小さくした場合には、消泡剤で空気量を小さくした場合よりも微細気泡を多く保持している。

3.5 耐凍害性および圧縮強度の検討 [実験5]

表4に凍結融解試験を行ったモルタル試験体の気泡組織測定結果および圧縮強度を、図7に凍結融解試験から得られる耐久性指数とSFの関係を示す。SFに関わらず、乾燥により全ての試験体が著しく劣化した。粒度調整骨材を使用したものでは、従来からいわれているように空気量が多くSFが小さいものほど劣化は抑制された。空気量が同程度でSFに差をもたせた単粒度骨材を使用したものでは、SFが大きいものほど劣化を免れた。調合一定で空気量が同程度であるにも関わらず圧縮強度に2倍の差があることが原因と考えられる。これは練り上がり性状や写真1に示す劣化した試験体の様子からも、材料分離などの試験体作製時の問題によるものと考えられる。

4. まとめ

- (1) 消泡剤使用量の増加に伴い、直径300 μm 以下の微細気泡の割合は減少する。
- (2) 粗粒率の大きな細骨材を用いて空気量を小さくしたモルタルは、消泡剤で空気量を小さくしたモルタルよりも微細気泡を多く有する。
- (3) 乾燥によりモルタルの耐凍害性は著しく低下する。
- (4) JIS標準粒度範囲内の細骨材を用いたモルタルは気泡間隔係数が小さいものほど耐凍害性に優れる。
- (5) 同一調合のモルタルでも細骨材を単粒度で用いると圧縮強度に大きな差を生じる。

【参考文献】

- 1) J.Stark, B.Wicht: コンクリートの耐久性、第2版、社団法人セメント協会(2003)
- 2) 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、pp.609-610(2004)
- 3) 日本材料学会: コンクリート混和材料(2004)

- *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)

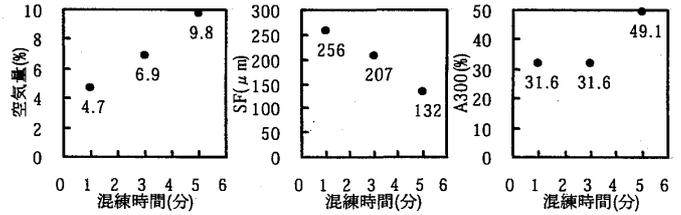


図4 混練時間と気泡組織の関係

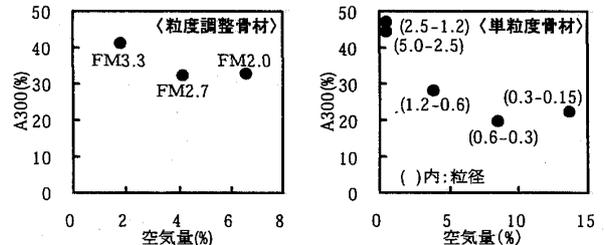


図5 粒度調整骨材および単粒度骨材を用いた場合の空気量とA300の関係

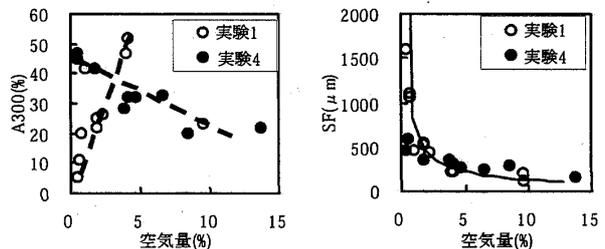


図6 実験1、4モルタルの空気量とA300、SFの関係

表4 凍結試験を行った試験体の気泡組織および圧縮強度

記号	気泡組織測定結果				圧縮強度 (N/mm^2)
	空気量 (%)	比表面積 (mm^{-1})	気泡間隔係数 (μm)	A300 (%)	
FM2.0	6.6	20.5	226	33.3	46.2
FM2.7	4.2	19.3	297	31.0	54.3
FM3.3	1.8	24.6	335	44.4	61.3
PS5.0	5.7	30.0	166	64.9	41.9
PS1.2	4.6	16.3	366	23.9	52.5
PS0.3	4.0	12.4	470	12.5	80.0

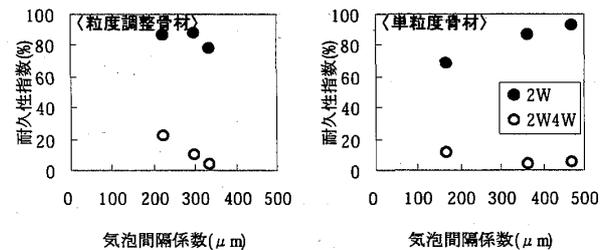


図7 耐久性指数と気泡間隔係数の関係



写真1 深さ方向で劣化状況の異なる試験体(PS5.0、2W4W、120cy)

【謝辞】本実験を行うにあたり、北海道職業能力開発大学校の平野ゼミの方々、卒業生の阿部君に多大な御協力を頂きましたことを心より感謝致します。