

高強度コンクリートの耐凍害性に影響する気泡組織の評価

耐凍害性 浮力法 高強度コンクリート
空気量 気泡間隔係数 気泡径分布

正会員 ○三高信吾*1
同 濱 幸雄*1
同 平野彰彦*2
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 S.F.)を250 μ m以下とすることが望ましいとされている。また、直径300 μ m以下の微細気泡を、空気量で1.8%以上確保する必要があるという指摘もある¹⁾。

耐凍害性に優れるとされる高強度コンクリートにおいても、自然環境下での経年により耐凍害性が低下することが確認されており気泡の質の重要性が指摘されているが²⁾、高強度コンクリートの S.F.は大きくなる傾向にある。

コンクリートの空気量に影響を及ぼす要因についての研究は多いが、気泡の質に影響を及ぼす要因についての研究は少ない。それは、従来の気泡組織の測定方法である ASTM C 457 に準じたリニアトラバース法では多大な労力と時間を要することが原因として考えられる。フレッシュコンクリートの気泡組織測定方法である浮力法³⁾は、装置および測定方法が簡便で、リニアトラバース法では測定できない気泡直径の分布を測定することができる。

本研究では、浮力法を用いて、AE 剤の種類が気泡組織に及ぼす影響を検討するとともに、高強度コンクリートの気泡組織の変動に及ぼす要因と耐凍害性を検討する。

2. 実験計画および方法

2.1 気泡組織の変動に及ぼすAE剤の種類の影響

4社の化学混和剤メーカーで製造されている計10種類のAE剤を用いて、AE剤単独および高性能AE減水剤と併用したモルタルを混練し、浮力法およびリニアトラバース法による気泡組織測定を行った。表1にモルタルの調合を示す。セメントは OPC ($\rho=3.16$)、細骨材は登別産陸砂(表乾密度2.69g/cm³、粗粒率2.70)を用いた。

2.2 気泡組織に変動を及ぼす要因と耐凍害性

既往のモルタル実験⁴⁾で検討した要因に粗骨材粒度を加えた4因子各3水準において、実験計画法(L9)によるコンクリート実験を行い、浮力法およびリニアトラバース法による気泡組織測定、JIS A 1148A 法に準じた凍結融解試験を行った。凍結融解試験開始前の養生条件は、2週水中養生後、実構造物を想定した乾湿繰り返し(「50℃乾燥5日間+20℃水中2日間」×4サイクルおよび「30℃乾燥5日間+20℃水中2日間」×7サイクルの2水準)とした。表2にコンクリートの調合を示す。セメントは OPC ($\rho=3.16$)、細骨材は宇部珪砂(密度2.6g/cm³)、粗骨材は敷生川水系安山岩碎石(表乾密度2.69g/cm³、粗粒率2.70)を使用した。細骨材粒度および粗骨材粒度を JIS 標

準粒度範囲の平均、混練時間2分、練り上がり温度20℃とした基本条件において、スランプ21cm、空気量4%の一定調合とし、表3に示すように因子を割り付けた。表4に練り上がり性状を示す。

3. 結果および考察

3.1 気泡組織の変動に及ぼすAE剤の種類の影響

図1に気泡径ごとの空気量の割合の一例を示す。nonAEの試験体は直径500~2000 μ mの粗大気泡割合が高いのに対し、AE剤を添加した試験体では共通して直径300 μ m以下の微細気泡割合が高くなっており、AE剤の種類による明確な差が見られない。AE剤と高性能AE減水剤を併用した試験体においては、AE剤のみを添加した場合と比較して、気泡径分布の変化に統一性が見られず微細気泡の増加割合に差が確認できることから、AE剤と高性能AE減水剤には相性があると考えられる。

3.2 気泡組織に変動を及ぼす要因と耐凍害性

図2に気泡組織に対する各要因の影響を示す。細骨材粒度を上限とする、つまり粗粒率を小さくすることによって、空気量は増加しS.F.は小さくなっている。粗粒率を小さくすることで空気量が増加するという特徴は既往のモルタル実験²⁾と一致する。分散分析の結果、分析対象を

表1 モルタルの調合

W/C(%)	目標空気量(%)	W (g)	C (g)	S (g)	高性能AE減水剤	AE剤
50	7.5±1.5	225	450	1350	—	— 10種
35	6	350	1000	1492	XD2	— 10種

表2 コンクリートの調合

W/C (%)	目標スランプ (cm)	目標空気量 (%)	単位水量 (kg/m ³)	絶対容積 (l/m ³)			化学混和剤(C×%)	
				C	S	G	高性能AE減水剤 使用量	AE剤 使用量
35	21	4	175	159	277	349	0.9	0.0035

表3 因子の水準と割り付け

試験体記号	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9
因子									
練温(°C)	10	10	10	20	20	20	30	30	30
細骨材(粒度)	上限	平均	下限	上限	平均	下限	上限	平均	下限
粗骨材(粒度)	上限	平均	下限	平均	下限	上限	下限	上限	平均
混練時間(分)	2	4	6	6	2	4	4	6	2

表4 コンクリートの練り上がり性状

試験体記号	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9
練温(°C)	17.7	16.5	14.5	21.0	21.0	22.1	24.1	24.2	24.6
圧力法 空気量(%)	4.1	5.5	8.0	8.9	4.4	5.8	9.3	10.8	5.5
スランプ(cm)	21.4	23.4	23.5	22.3	22.7	24.0	21.9	23.5	20.9
フロー(mm)	—	—	535×500	—	—	490×480	—	380×380	—

Evaluation of Air Void System influence to Frost Resistance of High Strength Concrete

MITAKA Shingo, HAMA Yukio
HIRANO Akihiko, TABATA Masayuki

空気量とした場合に有意差が確認でき、その寄与率は混練時間が特に高かった。また、S.F.に対する有意差は確認できなかった。ここで、S.F.は空気量と比表面積によって決定し、比表面積は微細気泡量によって決定する値である。また、本実験では微細気泡量を示す指標として 300 μ m以下の微細気泡割合を採用している。つまり、ここで検討した要因は空気量の変動に対する影響はあるが、微細気泡量の変動に対する影響は小さいことがわかる。

さらに、空気量に対する各要因の寄与率から、混練時間が空気量に与える影響が大きいため、混練時間の延長が、空気量を増加させ S.F.を小さくさせる有効手段であることがわかる。

図3に浮力法による空気量および S.F.と耐久性指数の関係を示す。空気量 4%以上、S.F.が 300 μ m以下で耐久性指数が向上していることが確認できる。なお浮力法での空気量 4%は、圧力法での空気量に換算すると約 6%であり、S.F.300 μ mは、リニアトラバース法での S.F.に換算すると約 250 μ mである⁵⁾。

気泡径の範囲別に区間空気量を算出し、耐久性指数のオメガ変換値との単回帰分析を行った。表5に区間空気量とオメガ変換値との相関係数(30 $^{\circ}$ 乾湿)を示す。相関係数が最も高いのは 100~500 μ mであり、50 $^{\circ}$ 乾湿でも同様の結果が得られた。この範囲の気泡量が多いほど耐凍害性が確保できるといえ、高強度コンクリートにおいて耐凍害性を確保するためには、粗大気泡を多く含む空気量ではなく、直径 500 μ m以下の微細気泡量を確保することである。

まとめ

- 1) AE剤は 300 μ m以下の微細気泡を連行するが、高性能 AE 減水剤と併用する場合は組み合わせを考慮する必要がある。
- 2) 高強度コンクリートの S.F.は、混練時間を延長し空気量を増加させることで小さくなる。
- 3) 高強度コンクリートの耐凍害性は、乾湿繰り返しを加えても S.F.を 250 μ m以下、空気量を 6%以上とすることで確保できる。また、直径 500 μ m以下の気泡量が多いほど耐凍害性は向上する。

【参考文献】

- 1) J.Stark,B.Wicht;コンクリートの耐久性, 社団法人セメント協会
- 2) 浜幸雄ら: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) 太田宏平ら: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)
- 4) 太田宏平ら: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, 日本建築学会学術講演梗概集(2005)
- 5) 太田宏平ら:高強度コンクリートの気泡組織の変動要因と耐凍害性に関する研究, 平成 17 年度室蘭工業大学修士論文

【謝辞】本実験を行うにあたり、北海道職業能力開発大学の平野ゼミの方々、室蘭工業大学大学院の太田宏平氏(現 戸田建設(株))、同卒論生の原晃一氏(現 東洋建設(株))に多大なご協力をいただきましたことを心より感謝いたします。

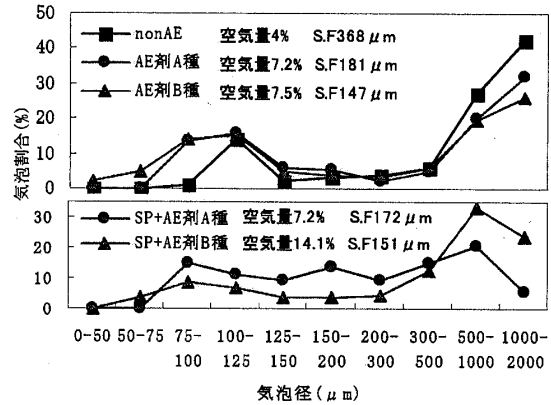


図1 気泡径ごとの空気量の割合の一例

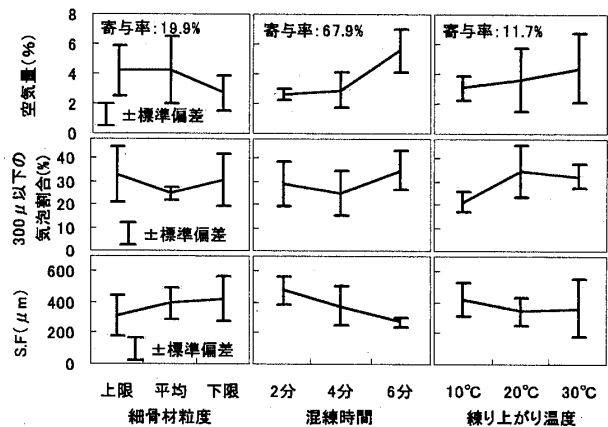


図2 気泡組織に対する各要因の影響

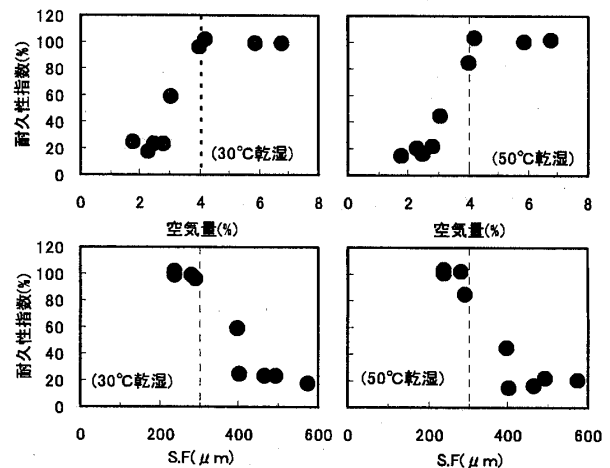


図3 空気量および S.F.と耐久性指数の関係

表5 区間空気量とオメガ変換値の関係

直径 (μm)	2000	1000	500	300	200	150	125	100
75	.893	.953	.976	.980	.966	.945	.975	.432
100	.890	.965	.993	.989	.971	.963	.875	
125	.853	.931	.966	.972	.933	.972		
150	.826	.913	.967	.987	.970			
200	.784	.867	.911	.924				
300	.763	.850	.882					
500	.726	.829						
1000	.605							

(30 $^{\circ}$ 乾湿)

*1 室蘭工業大学
*2 北海道職業能力開発大学校

*1 Muroran Institute of Technology
*2 Hokkaido Polytechnic College