

コンクリートの凍結融解抵抗性に及ぼす空気泡の質に関する研究

岩手大学 学生会員 ○細田 将吾
岩手大学 正 会 員 小山田 哲也
岩手大学 正 会 員 羽原 俊祐
岩手大学 正 会 員 藤原 忠司

1. 目的

コンクリートの凍害の特徴的劣化のひとつにスケーリングがある。JIS A 1148 の A 法に準じた凍結融解試験で、スケーリング量を測定した結果は、相対動弾性係数とは異なる変化を示す場合が多い。このスケーリングに対する予防方法は、組織の緻密化にある¹⁾との見解が一般的であるが、構造物の耐力を直ちに損なわせるような内部組織の弛緩とは異なり、スケーリング劣化と AE 剤により連行された空気泡との関係を明らかにしようとした研究は少ない。そこで本研究では、コンクリートのスケーリング劣化に及ぼす空気泡の数およびその径の分布の影響の検討を試みた。

2. 実験概要

配合を表-1 に示す。モルタルの空気量は、コンクリートとした場合にモルタル部分に含まれる量を考慮し、 $8.5 \pm 0.5\%$ とした。表-2 に使用した AE 剤の主成分を示す。2 種類の性質の異なる AE 剤を混合し、空気泡の数および径の分布を変化させた。また、同一条件で練混ぜたコンクリートで空気量の異なる供試体を作製することを意図して、練混ぜ後、 $\phi 10 \times 20\text{cm}$ の型枠にそのまま詰めたものと、テーブルバイブレーターにより 40 秒加振して供試体に詰めたものの 2 種類を実験に供した。このようにして作製した供試体をさらに硬化後に上中下の位置で 2cm ずつに切断し、この円盤状の試験体を実験の対象とする。

表-1 配合条件

条件	値
水セメント比	55%
セメント:細骨材	1:2.5
空気量	$8.0 \pm 0.5\%$

表-2 使用した AE 剤

	成分
AE 剤①	アルキルエーテルサルフェート
AE 剤②	アルキルリン酸エステル

凍結融解試験は、JIS A 1148 の A 法に準拠した試験供試体の上に、作製した試験体を設置し、試験容器の中に十分な高さまで水道水を入れて行った。温度の範囲は、 $+5 \sim -18^\circ\text{C}$ であり、これを 1 サイクルとして、30 サイクル毎に 300 サイクルまで質量の変化を測定した。質量変化は、試験前の供試体に対するスケーリングせずに残った供試体質量の割合で求めた。試験開始材齢は 28 日である。

凍結融解試験の結果は、連行空気以外にも強度および細孔径分布の影響を受ける可能性があるため、試験開始時にこれらを測定した。強度は圧縮強度を測定し、細孔径分布は、水銀圧入ポロシメーターにより測定した。

空気泡の数およびその径の分布に関する特性値は、画像解析手法により求めた。モルタル切断面上に蛍光塗料を塗布して乾燥させた後、表面を研磨することで発光部すなわち蛍光塗料の残った空隙とその他の部分を画像解析により 2 値化してモルタル中に含まれる空気泡の数およびその径の分布を求めた。画像解析は面積比法で行った。この方法では、切断面上の一定区間に現われている気泡の数や気泡の分布に関する種々の情報が得られる。本研究では、この画像解析から得られた定量的な空気泡の情報と凍結融解試験の結果とを比較することとした。

3. 実験結果および考察

図-1 および図-2 に AE 剤①および②を用いた場合の凍結融解試験による質量残存率をそれぞれ示す。AE 剤①を使用した場合、供試体上部から切断した試験体で振動の有無に関わらず、質量が低下する傾向が見られる。AE 剤①では、振動の有無とは関係なく、硬化までの静置の間に気泡組織が変化したものと考えられる。この 10%の質量減少は、本実験で使用した供試体の質量変化を利用し、スケーリング量に換算すると約 17kg/m^2 に相当し、極めて大きな値である。供試体下部は、それに比較し、スケーリング量は小さく、供試体中央部は、下部に近い変化を示している。AE 剤②の場合も供試体の高さによる劣化の傾向は、ほぼ同様であるが、その程度は、AE 剤①より小さい。

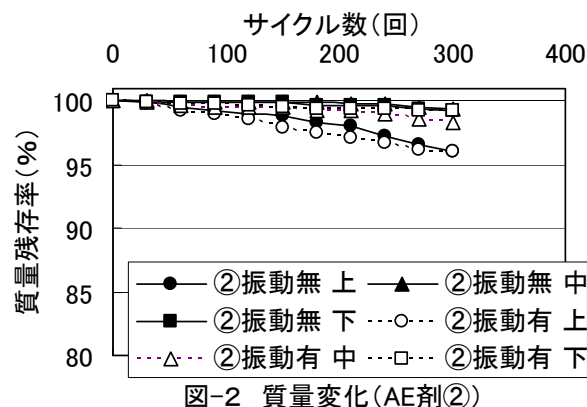
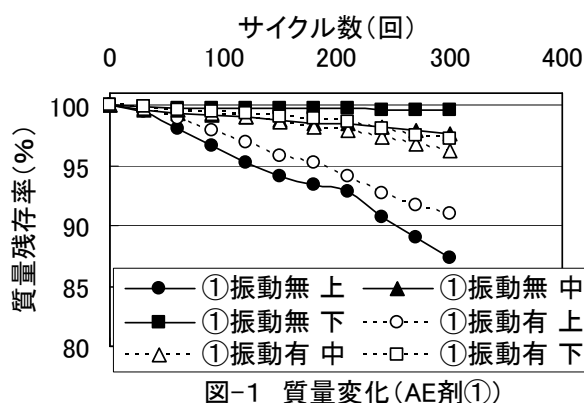


表-3 に材齢 28 日の圧縮強度を示す。AE 剤の添加による強度低下が見られ、これは硬化モルタルに残存する空気の影響であると考えられる。ただし、AE 剤①を用いた場合で強度が劣る現象はみられず、このモルタルの耐凍害性の低下は、強度が直接関係するものではないと考えられる。

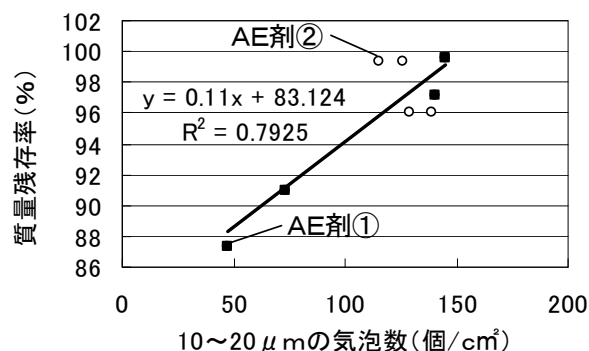
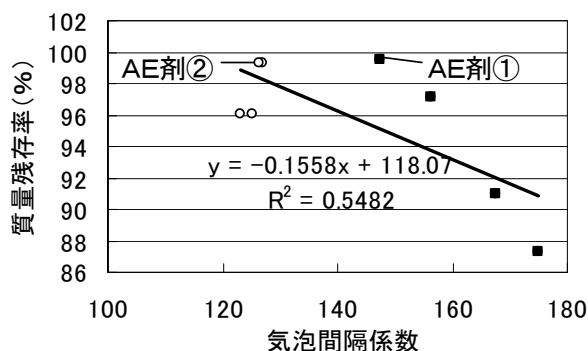
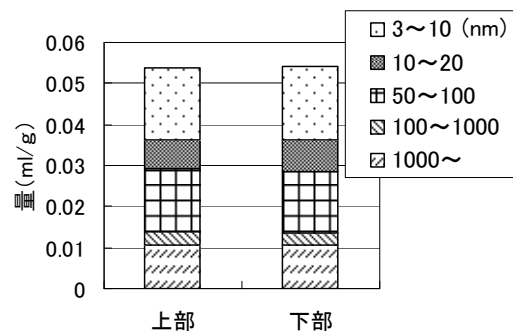
図-3 に AE 剤①を使用して振動を与えたモルタルの上下部の細孔径分布を示す。モルタルの細孔径分布の差はほとんどなく、本実験の範囲では、凍結融解サイクル中の毛細管水の凍結時に生じる水圧は、ほぼ同程度であると考えられる。従来、スケーリング劣化の防止は、細孔組織を緻密化することを主に考えられてきたが、細孔組織が同様でも、図-1 および図-2 のような劣化の違いが現れるのであり、この原因を気泡の質に求めようとした。

図-4 には、質量残存率と気泡間隔係数の関係を示す。図-1 において、質量変化はほぼ直線的であり、空気泡の特性値との比較は、300 サイクル時の質量残存率とした。AE 剤①のみでは、気泡間隔係数と質量残存率の関係は見られるが、AE 剤②はこの関係から逸脱する。

図-5 に質量残存率と 10~20 μm の空気泡の個数との関係を示す。気泡間隔係数とを比較した図-4 と比べ、より相関性が高まる傾向が伺える。スケーリングを生じる表層部において、JIS A 1148 の A 法のように冷却速度が速い実験では、粗大側の気泡への未凍結水の流入は速やかであり、この空気泡である程度の圧力は緩和するため、AE 剤①を用いた場合でも無添加と比較して、スケーリングには一定効果はある。毛細管中にこれ以上に発生する圧力を細かな連行空気が緩和すると考えれば、解釈が容易であるが、これについては今後、更なる実験を蓄積したいと考えている。

表-3 圧縮強度(材齢28日)

	圧縮強度(N/mm ²)	
	振動無し	振動有り
AE剤なし	36.2	45.1
AE剤①	36.2	34.1
AE剤②	28.6	30.7



参考文献：

- 1) 鎌田英治：寒冷地とコンクリート構造物の劣化、セメント・コンクリート化学とその応用、pp. 4-12、1987