

# コンクリートの耐凍害性に及ぼす細孔および連行空気の影響

岩手大学 非会員 ○関口 千聖  
岩手大学 正会員 小山田 哲也  
岩手大学 正会員 羽原 俊祐

## 1. 目的

コンクリートの凍害の主な対策のひとつに、AE 剤による微細空気の連行がある。近年、冬期の交通安全の確保のために散布される凍結防止剤によるスケーリング劣化にも、連行空気は効果があるとされている<sup>1)</sup>。ただし、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 剤による連行空気あるいは細孔構造との関係を取り扱った研究例は少なく、未だ不明な点が多い。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 AE 剤の効果の検証を行った。

## 2. 実験概要

表-1 配合条件

実験にはモルタルを使用した。配合を表-1 に示す。フレッシュモルタルの空気量は、コンクリートから粗骨材を除いた量を勘案し、 $8.5\pm 0.5\%$ とした。表-2 に本研究で使用した 4 種類の AE 剤の主成分を示す。

項目	設定値
水セメント比	55%
セメント：細骨材	1：2.8
空気量	$8.0\pm 0.5\%$

表-2 使用した AE 剤

凍結融解試験用供試体には、 $\Phi 10\times l 20\text{cm}$  の円柱供試体を、硬化後に上下端からそれぞれ 2cm に切断した円板を用いた。作製した円板は、ポリビニル製の袋に溶液とともに密封した。溶液は蒸留水および 3%NaCl 水溶液とし、その量を 200ml とした。このポリビニル袋を、JIS A 1148 の A 法の試験供試体の上に設置し、試験容器の中に十分な高さまで水道水を入れて

名称	成分
AE 剤①	アルキルエーテルサルフェート系
AE 剤②	ロジン系
AE 剤③	アルキルリン酸エステル系
AE 剤④	アルキルリン酸エステル系

凍結融解繰返しを与えた。試験開始材齢は 28 日とし、それまでの間、供試体は水中養生した。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 サイクルまで質量を測定した。実験結果は質量変化により評価し、試験前の供試体に対して剥離せずに残った供試体質量の割合で求め、これを質量残存率とした。

凍結融解抵抗性は、硬化体の強度、細孔径分布および連行空気等の影響を受けると考えられ、本研究ではこの 3 項目を検討の対象とした。圧縮強度と細孔径分布については、試験開始材齢 28 日にあわせて測定した。細孔径分布の試料は、圧縮破壊後の破壊していない部分から採取し、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、研磨断面による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 に例として AE 剤①を用いたコンクリートの凍結融解試験による質量残存率を示す。蒸留水中で凍結融解繰返しを与えたものは、スケーリングが少ない。これに対し、3%NaCl 水溶液中では、サイクルの経過に比例して、ほぼ直線的に剥離が見られ、蒸留水と比較し、約 10 倍の剥離量となる。また、30%の質量減少は、スケーリング量に換算すると約  $3.8\text{kg/m}^2$  に相当し、極めて大きな値となり、塩分環境下で凍害を受ける場合

キーワード 耐凍害性, 連行空気, 細孔径分布, 圧縮強度, 質量残存率

連絡先 〒020-8551 岩手県盛岡市上田 4 丁目 3-5 岩手大学 工学部 社会環境工学科 TEL 019-621-6442

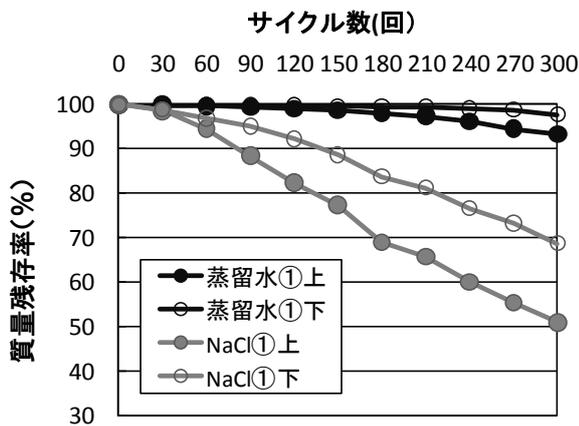


図-1 質量変化 (AE 剤①)

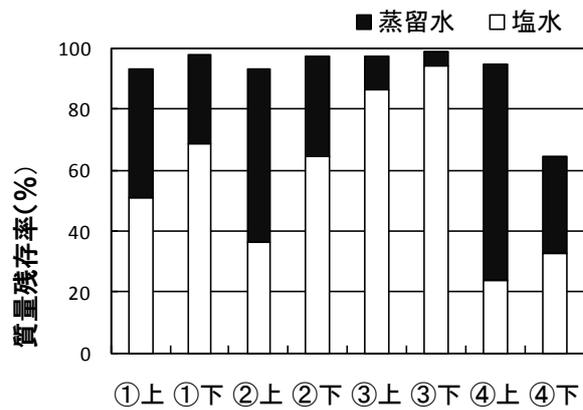


図-2 全供試体の質量残存率

の厳しさを伺わせる。また、供試体下部と比較し、上部で剥離が多く確認された。

図-2 に 4 種類の AE 剤をそれぞれ用いた場合の 300 サイクル時の供試体の質量残存率を示す。なお、材齢 28 日における圧縮強度には、差のないことを確認している。いずれの場合も、蒸留水での質量減少は少なく、連行空気泡により耐凍害性の改善がなされていることが判る。一方、3%NaCl 水溶液の場合には、質量の減少が認められ、いずれの AE 剤でも、供試体上部から切断した供試体の劣化が大きい。ただし、アルキリン酸系の AE 剤③では、剥離が大幅に改善され、蒸留水の場合に匹敵する。本研究では、この AE 剤③と他の AE 剤を用いた場合のモルタルの物性とを比較し、塩分環境下で凍害を受け難い条件を検討することとした。

図-3 に水銀圧入法により求めたモルタルの全細孔量と質量残存率との関係を示す。いずれの溶液であっても、細孔量が多いほど、質量残存率は小さくなり、この傾向は 3%NaCl 水溶液で顕著となる。従来、スケーリング劣化の防止は、組織の緻密化が効果的とされてきたが、本研究の結果は、それを裏付ける結果となった。また、いずれの AE 剤でも、上部から切断した円板で細孔量が多く、これが剥離の要因になっているといえる。ただし、NaCl 水溶液で AE 剤③の場合は、全体の傾向から大きく外れ、細孔量のみでは耐凍害性が高い理由を説明できない。そこで、本研究では、気泡構造による原因の究明を試みた。

結果を割愛するが、全気泡から求めた気泡間隔係数は、相関は見られない。その一方で、図-4 に示した質量残存率と 30 $\mu$ m 以下の空気泡から求めた気泡間隔係数との関係を見ると、上部と下部の円板を分けて考えれば、気泡間隔係数が大きくなるほど、耐凍害性は劣る傾向が明確となる。図-3 で検討したように、上部と下部は細孔構造がそもそも異なっており、両方を検討することで、耐凍害性の予測ができる可能性がある。ただし、小さい気泡が塩分環境下の耐凍害性に有効となる原因は現段階で不明であり、今後の課題としたい。

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

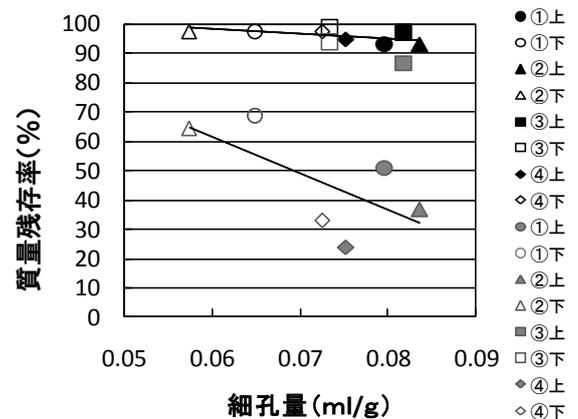


図-3 細孔量と質量残存率の関係

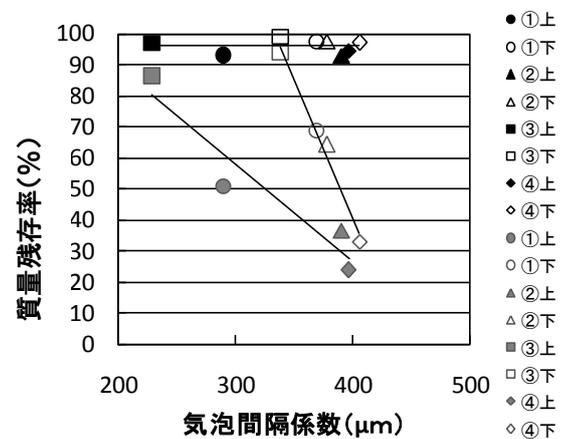


図-4 気泡間隔係数と質量残存率の関係