

高吸水性ポリマーを添加したコンクリートの耐凍害性

大分高専専攻科 学生会員○伊藤 隆紘
大分高専専攻科 学生会員 志藤 暢哉
大分高専 正会員 一宮 一夫

1. はじめに

コンクリートの凍害を防止する方法としては、AE コンクリートにするとともに、毛細管空隙の量をできるだけ少なくするために水セメント比を小さくする対策がとられる。しかし、AE 剤によるコンクリートの空気量の調整においては、気温による変動や振動締固めによる偏在などが問題となることがある。

一方、AE 剤による空気連行方法に代わる技術として、高吸水性ポリマー（以下、SAP とする）でコンクリート内部に同等の空隙を分散させる工法が検討されている。本研究では、SAP 添加量を調整した低水セメント比（W/C=40%）のコンクリートに対して凍結融解試験を行った。その結果、適量の SAP を添加することで凍害に対する抵抗性が向上すること、従来から耐凍害性の評価指標として用いられている気泡間隔係数は SAP を添加したコンクリートにも適用可能であることを確認した。

2. 実験概要

使用材料は、セメントは普通ポルトランドセメント（密度 3.16g/cm^3 ）、練混ぜ水は水道水、細骨材は山砂（密度 2.59g/cm^3 ）、粗骨材は石灰岩碎石（密度 2.71g/cm^3 ）、AE 減水剤を基本とし、AE 剤で空気量を調整した。SAP は、粒径が $250\mu\text{m}$ 以下、乾燥自重 1g 当たりの吸水量が 7.5g の市販品を使用し、セメントの質量に対し 0.25% 、 0.50% 添加した。なお、本文中ではそれぞれを SAP_{0.25%}、SAP_{0.50%} と表記する。

表 1 にコンクリートの配合を示す。水セメント比（W/C）は 40% で低水セメント比の配合とした。基本配合（以下、Ref とする）のスランブと空気量の目標値は $8.0\text{cm}\pm 1.5\text{cm}$ 、 $1.5\pm 0.5\%$ とし、AE 剤で空気量を 6.0% にした配合を Ref+AE と表記した。SAP を添加したコンクリート（以下、SAP コンクリートとする）では、

表 1 コンクリートの配合

配合名	W/C	単位量(kg/m^3)						
		C	W	W'	S	G	AE 減	AE
Ref	40	417	168	—	645	1060	4.9	—
Ref+AE	40	417	168	—	645	1060	4.4	0.0265
SAP _{0.25%}	40	417	168	7.8	645	1060	2.4	—
SAP _{0.50%}	40	417	168	15.7	645	1060	0.8	—

SAP が吸収する練混ぜ水を外割りで追加することでペーストの W/C が同じになるようにした。ミキサーは、コンクリート用水平二軸強制練りミキサーを使用し、セメント、骨材、SAP を入れて 90 秒間の空練り、水と混和剤を入れて 180 秒間の本練りの順序で練混ぜた。練混ぜ終了後にコンクリートを円柱型枠（ $\phi 10\text{cm}\times 20\text{cm}$ ）と角柱型枠（ $10\text{cm}\times 10\text{cm}\times 40\text{cm}$ ）に打ち込んだ。脱型は打設の翌日に行い、材齢 28 日まで標準養生を行った。

コンクリートの物性は、スランブ(JIS A 1101)、空気量(JIS A 1128)、圧縮強度(JIS A 1108)、相対動弾性係数(JIS A 1148)、画像解析法¹⁾で測定する空隙率で評価した。

3. 実験結果

(1) スランブおよび空気量

配合ごとのスランブと空気量は、Ref が 8.5cm 、 1.2% 、SAP_{0.25%} が 8.9cm 、 2.0% 、SAP_{0.50%} が 8.2cm 、 1.9% 、Ref+AE が 9.2cm 、 6.0% であり、目標値（スランブは $8.0\pm 1.5\text{cm}$ 、空気量は Ref が $1.5\pm 0.5\%$ 、Ref+AE が 6.0% ）を満足した。

(2) 圧縮強度

圧縮強度の結果を図 1 に示す。材齢 28 日の圧縮強度は SAP_{0.25%} (47.4N/mm^2) が最も大きく、Ref (46.8N/mm^2)、SAP_{0.50%} (41.9N/mm^2)、Ref+AE (38.7N/mm^2) の順で低下している。Ref と Ref+AE を比較すると、空気量 4.5% の増加（ $1.5\%\rightarrow 6.0\%$ ）に対して圧縮強度が 17% 減少しており、コンクリートの配合理論とほぼ一致する。また、

SAP_0.50%と Ref+AE の圧縮強度はほぼ同じであり、両者には同程度の内部空隙が存在すると考えられる。

(3) 相対動弾性係数

凍結融解試験によって得られた相対動弾性係数とサイクル数の関係を図 2 に示す。Ref を除く全ての供試体で 300 サイクルにおける相対動弾性係数は 60% 以上であり、SAP 添加の効果を確認した。Ref+AE と SAP コンクリートを比較すると、前者は 300 サイクルでも低下していないが、後者は 85% まで低下しており、幾分の劣化が生じていることが分かる。なお、SAP 添加率の違いの影響は確認できなかった。Ref の結果も特徴的で、180 サイクルまでは 90% 以上をキープしているが、それ以降に急激に劣化が進行した様子が伺える。一般に、コンクリートの耐凍害性を得るためには水セメント比 (W/C) を 40% 以下にして、組織を緻密化すると効果的と考えられているが、供用初期において有効であっても、長期的には劣化を生じる可能性があることを示唆するものであり、W/C を調整する対策法の不確実性を示す結果となった。

(4) 気泡間隔係数

コンクリート中の空隙に関する配合別の評価指標の比較を表 2 に示す。空隙率はコンクリート練混ぜ時に製作した円柱供試体 ($\phi 10 \times h 20\text{cm}$) を直径方向にコンクリートカッターで切断し、実体顕微鏡を用いて測定したもので、評価対象の空隙は円換算直径 $50\mu\text{m}$ 以上である。空隙率から算出された気泡間隔係数は、 $200 \sim 250\mu\text{m}$ 以下の場合に耐凍害性を担保できることが知られている。図 2 で耐凍害性を有することを確認した Ref+AE と SAP_0.50% の気泡間隔係数は $250\mu\text{m}$ 以下であり、SAP_0.25% の気泡間隔係数もほぼ $250\mu\text{m}$ である。一方、劣化が顕著であった Ref の気泡間隔係数は $291\mu\text{m}$ ($>250\mu\text{m}$) であることから、気泡間隔係数による耐凍害性の判定方法は SAP コンクリートにも適用できることが分かった。

4. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

- (1) SAP をセメント質量に対して 0.50% 添加した場合、SAP 無添加 (空気量 1.5%) に比べて圧縮強度が 17% 減少した。圧縮強度の減少率は AE 剤で空気量を 6.0% に増加させた場合と同等であることから、SAP 添加率を調整することで AE コンクリートと同等の空隙を形成することができる。
- (2) 300 サイクルにおける相対動弾性係数は、SAP 添加率 0.25% と 0.50% のいずれの配合も 60% 以上 (測定値は 82%) であり、SAP 添加の効果を確認した。
- (3) SAP コンクリートにおいても相対動弾性係数と気泡間隔係数は密接な関係があり、気泡間隔係数は AE コンクリート同様に耐凍害性の評価指標として適用できる。

参考文献: 1) 小長井宣生, 大橋猛, 根本任宏: 気泡断面積による硬化コンクリートの気泡パラメータの解析理論, 土木試験所月報第 396 号, 1986

謝辞: 本研究の一部はオリエンタル白石株式会社の御支援のもとで行いました。紙面を借り深謝いたします。

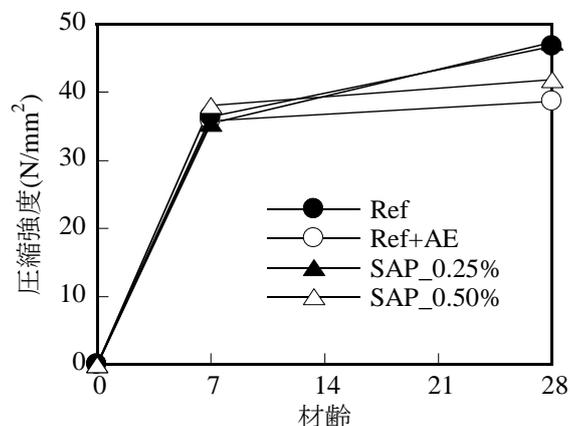


図 1 圧縮強度

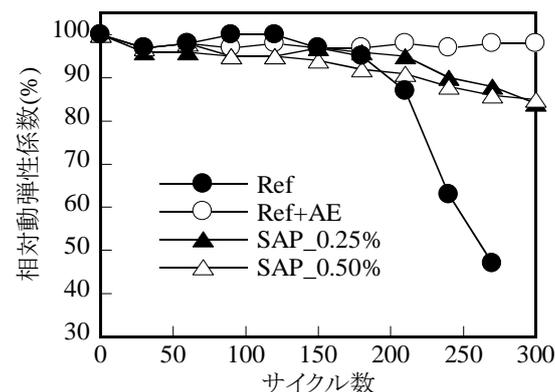


図 2 相対動弾性係数

表 2 空隙に関する評価指標の比較

配合名	空気量 (%)	空隙率 (%)	気泡間隔係数 (μm)
Ref+AE	6.0	3.7	158
SAP_0.50%	1.9	2.7	230
SAP_0.25%	2.0	2.2	269
Ref	1.2	1.9	291