

高吸水性ポリマーを添加したコンクリートの耐凍害性評価

東北大学大学院 学生会員○志藤 暢哉
 東北大学大学院 正会員 久田 真
 大分工業高等専門学校 正会員 一宮 一夫

1. はじめに

コンクリートの凍害は、4~6%程度の独立空隙を導入することで抑制できることが知られているが、コンクリートの凝結過程での気泡特性の変化や収縮低減剤を使用した場合の空気量の確保などにおいて課題がある。コンクリート中に空隙を導入する技術には、他にも高吸水性ポリマー（以下、SAP という）をコンクリート製造時に他の材料とともに練り込む工法がある。SAP 添加の効果には自己収縮の低減、初期ひび割れの抑制などがあり、国内外で実用化に向けた検討が進められている^{1), 2)}。

本研究では、コンクリートの耐凍害性を担保できる技術として SAP を混和剤として用いる工法の実用化を目指し、低水セメント比の配合における SAP 添加率と凍害抑制効果の関係を JIS の凍結融解試験と RILEM のスケーリング試験で評価し、SAP 添加コンクリートの特性を調べた。

2. 実験概要

セメントは普通ポルトランドセメント(密度 3.16g/cm³)、練混ぜ水は水道水、細骨材は山砂(密度 2.59g/cm³)、粗骨材は石灰岩碎石(密度 2.71 g/cm³)、AE 減水剤を基本とし、AE 剤で空気量を調整した。SAP は、吸水量が 7.5 g/g (乾燥自重に対する吸水可能量)、粒径 250μm 以下の市販品を用いた。図 1 に SAP の拡大画像、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、目標スランプは 8cm±1.5cm、目標空気量は 1.5±0.5%ならびに 6.0±0.5% (以下、それぞれ Ref_1.5%, Ref_6.0%という) とした。SAP 添加率はセメント質量に対して 0.25%と 0.5% (以下、SAP_0.25%, SAP_0.5%という) の 2 水準で、SAP 吸水分を練り混ぜ水に追加し、ペーストの W/C が Ref と同じになるようにした。養生は標準養生とした。

凍害に対する抵抗性は凍結融解試験 (JIS A 1148 : A 法) とスケーリング試験 (RILEM CDF 法) で評価した。

3. 実験結果

(1) 圧縮強度 図 2 に材齢 28 日における圧縮強度の結果を示す。Ref_1.5% が 45.4N/mm² であるのに対して、Ref_6.0% が 42.5N/mm² となり、内部空隙の増加に伴い強度低下が生じるコンクリートとして一般的な特性を有した配合であることを確認した。他方、SAP を添加した配合は、いずれも Ref_6.0% と同等またはそれ以上の強度を有しており、AE 剤を加えて空気量を 6.0%にした配合と同程度の内部空隙が存在すると考えられる。



図 1 SAP の拡大画像

(2) ヤング係数 図 3 にヤング係数の測定結果を示す。上記の圧縮強度の場合と同様に Ref では空気量の増加にともないヤング率がおおよそ 16%減少した。それに対して、SAP を添加した配合はいずれも 35kN/mm² 以上であり、Ref_1.5% と同水準である。一般に圧縮強度の低下はヤング係数の低下を伴う。本実験の結果は、従来の知見とは異なるもので、SAP で形成される空隙に関する検討が必要である。

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	SAP	AE 減水剤	AE
Ref_1.5%	40	417	168	—	645	1060	—	4.9	—
Ref_6.0%	40	417	168	—	645	1060	—	4.4	0.0265
SAP0.25%	40	417	168	7.8	645	1060	1.04	2.4	—
SAP0.50%	40	417	168	15.7	645	1060	2.08	0.8	—

キーワード 高吸水性ポリマー、凍害、相対動弾性係数、空隙分布、スケーリング

連絡先 〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻宇青葉 6-6-06 東北大学大学院 工学研究科 TEL 022-795-7427

(3) 凍結融解試験

相対動弾性係数とサイクル数の関係を図4, 硬化コンクリート中の空隙分布を図5, 質量減少率とサイクル数の関係を図6に示す. まず, 300サイクルにおける相対動弾性係数は, Ref_1.5%を除く全ての供試体で80%以上であり, 十分な耐凍害性を有している. SAP添加率で比較すると, SAP_0.25%と0.5%の差はない. 図5の空隙分布からはAE剤添加とSAP添加の違いは150 μm 以下において顕著であり, 特に50~100 μm ではSAP_0.25%

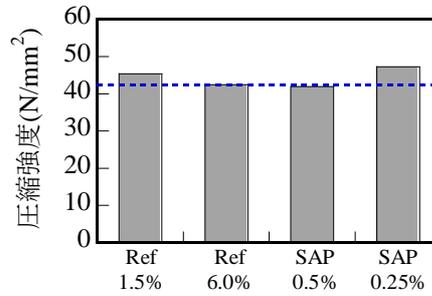


図2 圧縮強度

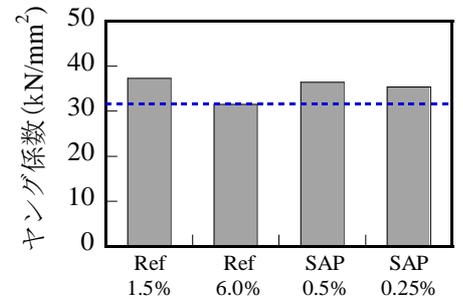


図3 ヤング係数

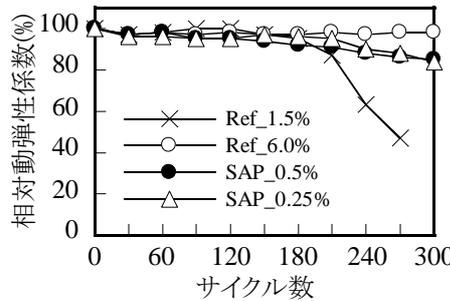


図4 相対動弾性係数

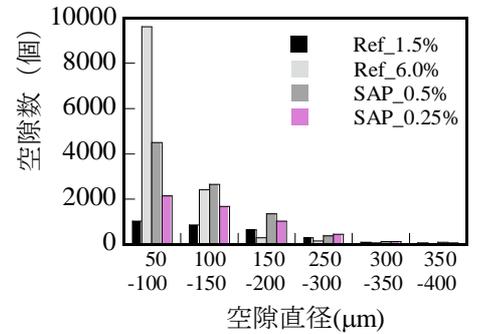


図5 空隙分布

がおおよそ2000個, SAP_0.5%が2倍のおおよそ4000個, AE剤添加はさらに多く10000個弱で, 相対動弾性係数の結果は50~100 μm の空隙数の違いによる可能性がある. 一方, 図6の質量減少率はSAPを添加した配合が大きくなっているが, 供試体表層部の劣化が進行した結果である. 一般に, 劣化が進行するほど相対動弾性係数は小さく, 質量減少率は大きい傾向にあるが, SAPを添加した配合では異なる結果となった.

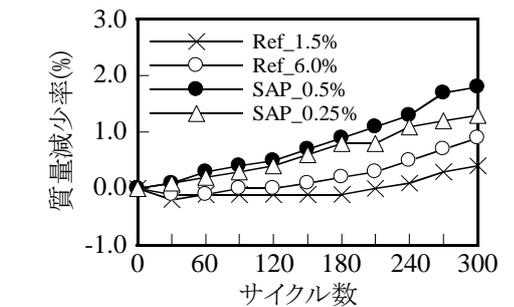


図6 質量減少率

(4) スケーリング試験

スケーリング試験の結果を図7に示す. スケーリング量はRef_6.0%, SAP_0.5%, SAP_0.25%, Ref_1.5%の順で小さく, SAPはスケーリング抑制も期待できることが分かった. 図7の結果は図6の質量減少率とは異なる傾向を有しているが, 凍害による表層部劣化の評価をする場合には構造物の設置環境に応じた試験方法を選択することの重要性を示すものである.

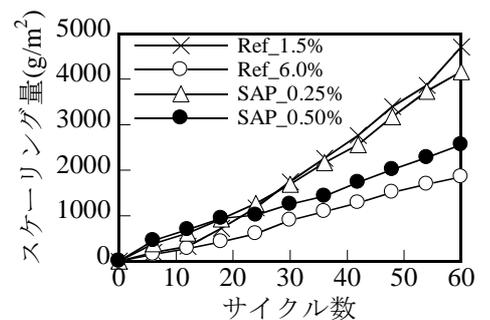


図7 スケーリング量

4. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す.

- 1) SAPをセメント質量の0.25%~0.5%添加することで相対動弾性(JIS法)の低下とスケーリング量(RILEM法)の増加を抑制できる.
- 2) 上述のようにSAP添加はスケーリング量の抑制効果があるが, JISの凍結融解試験では表層部の劣化が大きい場合があるので, 構造物の設置環境に応じて適切な評価法の選定が重要である.

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. また, 実験では大分高専一宮研究室の皆さんに協力していただきました. 紙面を借り深謝いたします.

参考文献: 1) V. Mechtcherine et al.: Application of Superabsorbent Polymers(SAP) in Concrete Construction, State of the Art Report Prepared by Technical Committee 225-SAP, Springer, (2012)

2) 横田光一郎, 五十嵐心一: 骨材粒子が超吸水性ポリマーの空間分布に及ぼす影響、セメント・コンクリート論文集、Vol. 67、pp. 179-186(2013)