

高吸水性樹脂を混和したコンクリートの凍結融解抵抗性に関する実験的検討

技術本部	技術研究所	久徳貢大
技術本部	技術研究所	中瀬博一
技術本部	技術研究所	鈴木雅博
技術本部	技術研究所	小島利広

1. はじめに

凍害に対する抵抗性の確保は AE 剤使用による空気連行によって行われているが、気泡同士の癒着、輸送や締固め作業での空気量減少など様々な不安定要因が存在することも知られている。そのため、凍害による被害の多い地域においては空気量を増加して抵抗性の向上を目指す動きがある。

凍結融解抵抗性は気泡間隔係数が小さいほど優れる傾向にあり、微細な気泡を導入すれば総空気量を減少させられるため圧縮強度を犠牲にしないで凍結融解抵抗性を確保できる。AE 剤による空気連行に代わる方法として、微小中空粒子の混和が知られているが、最近では高吸水性樹脂（以下、SAP と称する）の利用が検討されている。SAP の粒子はコンクリートの練混ぜ時に吸水して膨潤し、凝結硬化時に水を放出した後は空隙となる（写真-1）。既往の研究ではコンクリート製品のように蒸気養生が施されるコンクリートでの有効性は明らかにされていない。

そこで、プレキャスト PC 部材を想定し、給熱養生を施したコンクリートで SAP の混和量や水セメント比などと凍結融解抵抗性との関係を調査した。なお、より微細な SAP の粒子の

使用は凍結融解抵抗性を確保する際に空気量を過大としない点で有効と考えられたため、吸水後の平均粒子径が 50 μ m 程度と既往の文献よりも小さい SAP をコンクリートに添加した。

2. 試験概要

2.1 使用材料

使用材料および略号を表-1 に示す。SAP には電解質を多量に含む水でも安定した吸水能を有する製品を選定した。この SAP は破砕品で角張った形状をしている。

2.2 コンクリート配合

コンクリートの配合を表-2 に示す。すべての配合で単位粗骨材量を一定とした。各水セメント比の配合では単位細骨材量を一定として単位ペースト容積を統一した。単位水量は 160kg/m³ を基本として、ペースト容積一定で SAP 添加量を変化させた。SAP 添加量とはコンクリート中に占める膨潤した SAP の容積比である。表中の W₂ は添加した粉末樹脂の SAP が膨潤するに要する水量であり、配合上の単位水量は W₁ とし、本検討における水セメント比は W₁/C となる。

目標スランブは水セメント比 30%、35%の配合で 18.0 \pm 2.5cm、40%の配合で 12.0 \pm 2.5cm とし、高性能減水剤の添加

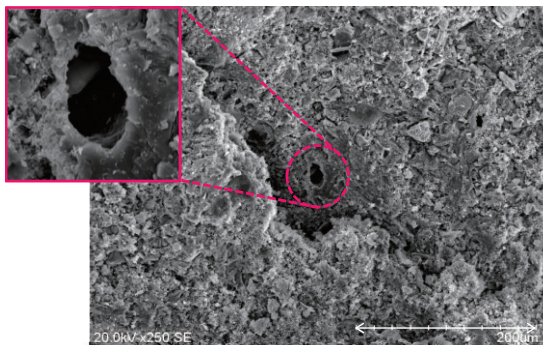


写真-1 硬化コンクリート中の SAP(SEM)

表-1 使用材料

材料	略号	特性および仕様
セメント	C	早強ポルトランドセメント, 密度:3.14g/cm ³
水	W ₁ , W ₂	上水道水
細骨材	S	砕砂, 吸水率:1.07%, 表乾密度:2.63g/cm ³
粗骨材	G	砕石, 吸水率:0.72%, 表乾密度:2.65g/cm ³
高吸水性樹脂	SAP	破砕品, 吸水能:約40倍, 粒径:約15 μ m(吸水前), 約50 μ m(吸水後)
高性能減水剤	SP	ポリカルボン酸エーテル系化合物
空気量調整剤	D	ポリアルキレングリコール誘導体

表-2 コンクリート配合

配合名	目標スランブ (cm)	目標空気量 (vol%)	SAP 添加量 (vol%)	W ₁ /C (%)	(W ₁ +W ₂)/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					
							水 W ₁	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	SAP吸水 W ₂	紛体樹脂 SAP
W/C30%-SAP0.0%	18.0	2.0	0.0	30.0	30.0	44.5	160	533	760	956	0	0
W/C30%-SAP1.0%	18.0	2.0	1.0	30.0	31.9	44.5	155	517	760	956	10	0.244
W/C35%-SAP0.0%	18.0	2.0	0.0	35.0	35.0	46.4	160	457	823	956	0	0
W/C35%-SAP1.0%	18.0	2.0	1.0	35.0	37.2	46.4	155	443	823	956	10	0.244
W/C35%-SAP2.0%	18.0	2.0	2.0	35.0	39.7	46.4	150	428	823	956	20	0.488
W/C35%-SAP3.0%	18.0	2.0	3.0	35.0	42.1	46.4	144	413	823	956	30	0.732
W/C40%-SAP0.0%	12.0	2.0	0.0	40.0	40.0	47.9	160	400	873	956	0	0
W/C40%-SAP1.0%	12.0	2.0	1.0	40.0	42.5	47.9	154	386	873	956	10	0.244

量で練上がり時のスランプを調整した。目標空気量は $2.0 \pm 0.5\%$ となるように空気量調整剤を使用して調整した。

2.3 練混ぜ方法と養生方法

練混ぜは図-1に示す方法で行った。SAPが吸収する W_2 は練混ぜ水として W_1 と併せて計量した。SAPはセメントと事前に混合したうえでミキサーに投入した。

養生方法は標準養生と給熱養生とした。給熱養生はプレキャスト製品の蒸気養生を模したもので、可変恒温恒湿槽を用いて表-3に示す温湿度で養生した。なお、給熱養生後の試験体は所定の試験材齢まで脱枠せず、封緘状態のまま温湿度が一定に管理された室内(室温 20°C , $60\%\text{RH}$) で保管した。

2.4 試験項目と試験方法

圧縮強度試験はJIS A1108に準拠して行った。圧縮強度の試験材齢は1日、7日、28日とした。凍結融解試験はJIS A1148(A法)に準拠して行った。試験体は給熱養生後に材齢6日まで封緘状態とし、試験サイクル開始前日から24時間の水中浸せきを行い、材齢7日目から凍結融解のサイクルを開始した。

3. 試験結果と考察

3.1 圧縮強度試験

材齢28日における各配合の圧縮強度を図-2に示す。いずれの水セメント比、養生方法においてもSAP添加量の増加に伴い圧縮強度が低下する傾向を示した。図-3に示す W/C35%配合の圧縮強度でも各材齢にて同様の傾向が確認された。

3.2 凍結融解試験

凍結融解試験結果として計測された相対動弾性係数から算出した耐久性指数を図-4に示す。水セメント比ごとにSAP添加と無添加の配合を比較すると、SAPの添加によって明らか

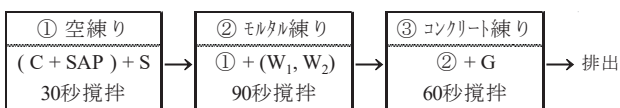


図-1 練混ぜ方法

表-3 給熱養生の条件設

給温条件	前置き	昇温	最高温度	徐冷
温度設定	20°C	$+10^\circ\text{C/h}$	50°C	-5°C/h
湿度設定	60%	98%	98%	98%
時間	3h	3h	4h	6h

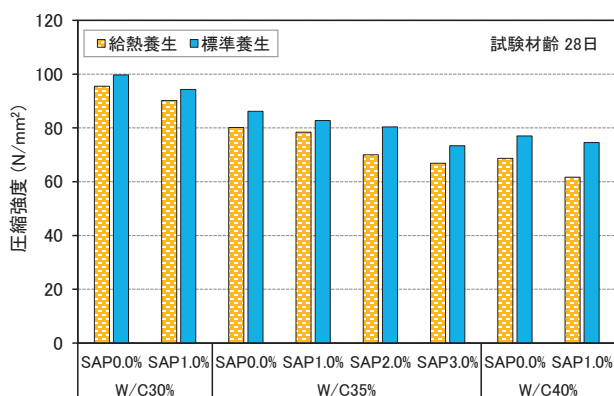


図-2 圧縮強度の比較(σ_{28})

に耐久性指数が向上している。W/C35%配合で比較するとSAP添加量の増加に伴って凍結融解抵抗性は向上している。また、SAP1.0%の同一添加量で水セメント比ごとの耐久性指数を比較すると水セメント比が低いほど効果が高くなっている。この理由としては、水セメント比ごとにセメントの完全水和に必要な水量が異なるため、SAPが空隙化した量に違いが生じ、凍結融解抵抗性に影響したと推察された。

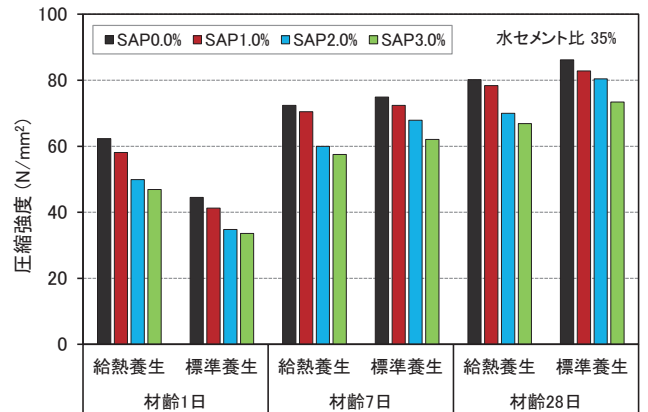


図-3 圧縮強度の比較(W/C35%)

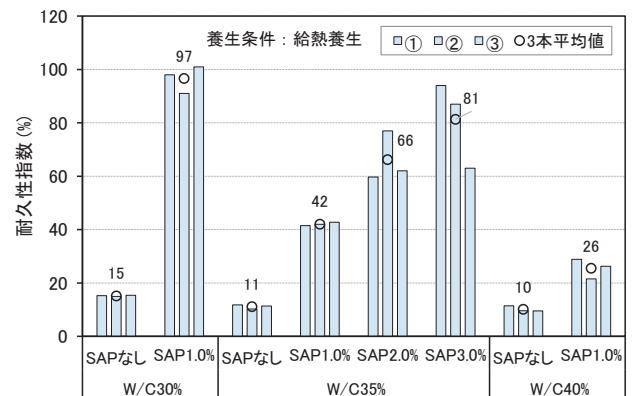


図-4 耐久性指数

4. おわりに

既往の研究に比べて比較的小さい粒径のSAPをコンクリートに添加して実施した実験的検討により、SAPの添加は凍結融解抵抗性の向上に寄与し、その効果は水セメント比が小さいほど顕著となる結果を得た。今回の試験範囲では、凍結融解抵抗性が向上する適用範囲は水セメント比30~35%とSAP添加量1.0~3.0%であった。これより、プレキャストPC部材のような水セメント比が小さく蒸気養生を施す材料でも、SAPを適量添加することで安定した空隙を導入でき、凍結融解抵抗性の確保が可能である。

Key Words : 高吸水性樹脂, 凍結融解試験, 気泡間隔係数



久徳貢大



中瀬博一



鈴木雅博



小島利広