

種結晶混和剤を用いた超低水セメント比コンクリートの
凝結特性および耐凍害性に関する検討

東京都立大学 学生会員 ○池田智奈美, 学生会員 水谷 巧
東京都立大学 正会員 上野 敦, 太平洋プレコン工業(株) 正会員 河野亜沙子

1. 目的

近年、プレキャストコンクリート製品の生産性向上を目的として、C-S-H のナノ粒子の懸濁液からなる種結晶混和剤が開発されている。プレキャストコンクリートの耐凍害性の向上の観点では、従来の AE 剤による連行空気に加え、コンクリート中の自由水の減少も有効であり、超低水セメント比コンクリートで製品を製造することも検討する意義があると考えられる。以上の背景から、本研究では、超低水セメント比コンクリートに種結晶混和剤を添加した時の、凝結特性、力学的性質および耐凍害性を検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

使用材料を表-1 に、コンクリートの配合を表-2 に示す。結合材として、普通エコセメントを用いた。コンクリートの配合は、W/C を 23%および 40%とし、両配合で ACX の使用量を 0, 5%とした(以下、ACX*%)。W/C23%の配合では文献 1)を参考に、超高強度コンクリート用の高性能 AE 減水剤を用い、一般の AE コンクリートの W/C40%の配合では AE 減水剤および AE 助剤を用いた。

表-1 使用材料

材料	記号	種類および物理的性質
練混ぜ水	W	上水道水
結合材	C	普通エコセメント (密度:3.15g/cm³)
	F	フィラー (石灰石微粉末系, 密度:2.61g/cm³)
細骨材	S	相模原産砕砂(表乾密度:2.57g/cm³, FM:2.85)
粗骨材	G	相模原産砕石 (表乾密度:2.61g/cm³, 最大寸法:20mm)
混和剤	SP	高性能AE減水剤 (ポリカルボン酸エーテル系化合物)
	Ad1	AE減水剤 (リグニンスルホン酸化合物とポリオール複合体)
	Ad2	AE助剤 (アルキルエーテル系陰イオン界面活性剤)
早強剤	ACX	C-S-H系種結晶混和剤 (C-S-Hナノ粒子のサスペンション, 粒子サイズ:数十~数百nm)

2.2 試験条件と方法

練混ぜ後のコンクリート供試体は、材齢 1 日で脱型し、20℃の水中養生を行った。試験項目は、凝結、圧縮強度、静弾性係数、自由水量、凍結融解およびソルトスケーリング量とした。圧縮強度および静弾性係数の試験材齢は 4, 14 日とした。自由水量、凍結融解、ソルトスケーリングは材齢 14 日から試験を開始した。各試験は、表-3 に示す試験方法に準拠した。凝結試験は、W/C23%のみを対象に、温度条件を 5~30℃に変化させて実施した。自由水量は、材齢 14 日で各水準 1 本の円柱供試体 (φ 100 × 200mm) を約 3 等分に切断し、40℃, 30%R.H.の環境で保管し、質量を経時的に測定した。凍結融解試験は水中凍結水中融解 (A 法) によった。

表-2 コンクリートの配合

種別	W/C (%)	Air (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m³)								
				W	C	F	S	G	ACX	SP	Ad1	Ad2
23-無添加	23	—	38.7	135	588	218	596	945	C×0%	P×2.2%	—	—
23-ACX5%									C×5%			
40-無添加	40	4.5	43.4	170	425	—	725	961	C×0%	—	C×0.45%	C×0.008%
40-ACX5%									C×5%			

表-3 試験項目

測定項目	試験方法
凝結	JIS A 1147
圧縮強度	JIS A 1108
静弾性係数	JIS A 1149
凍結融解	JIS A 1148 (A法)
ソルトスケーリング	JSCE-K 572-2012

3. 結果および考察

3.1 凝結試験

凝結試験結果を図-1 に示す。バーの左側に凝結始発時間を、右側に凝結終結時間を示している。温度条件によらず、ACX を添加すると、凝結始発時間、終結時間が顕著に短くなっている。

3.2 圧縮強度および静弾性係数試験

圧縮強度の試験結果を図-2、静弾性係数の結果を図-3 に示す。W/C40%の場合、ACX の添加により若干の強度増進があるが、W/C23%では ACX の添加による強度の増加は明確ではない。また、静弾性係数では、W/Cによらず、ACX 添加による変化は明確でないことがわかる。

キーワード 種結晶混和剤, 超低水セメント比コンクリート, 凝結, 耐凍害性

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 東京都立大学都市基盤環境学科, Tel. 042-677-1111 (内) 4534

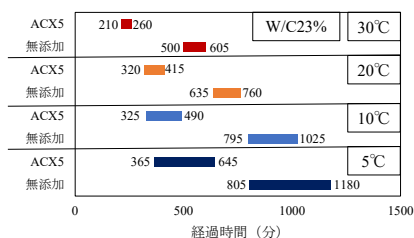


図-1 凝結試験結果

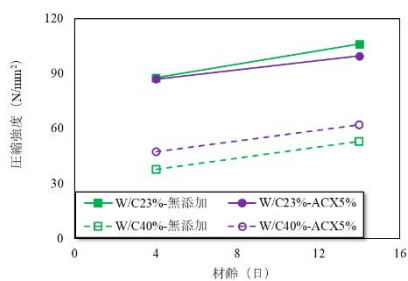


図-2 圧縮強度

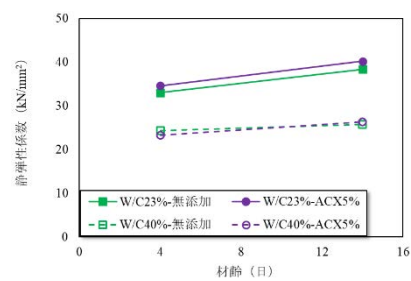


図-3 静弾性係数

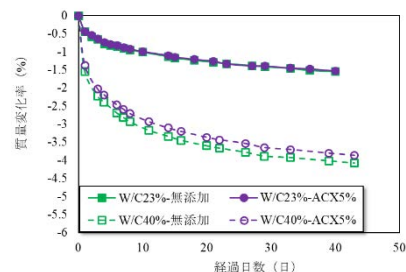


図-4 自由水量

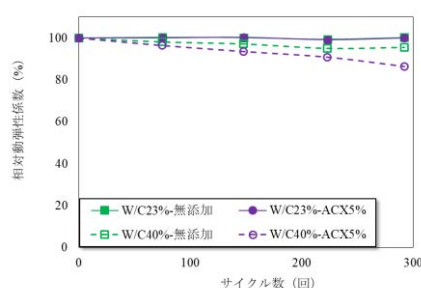


図-5 凍結融解

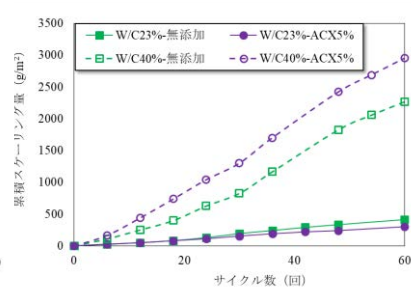


図-6 ソルトスケーリング

3.3 自由水量

図-4 に 40°C 環境での質量変化率の経時変化を示す。W/C40% に比べ、W/C23% では質量変化率が小さく、コンクリート中の自由水量が少ないことがわかる。W/C40% では、ACX5% の場合、質量変化率が小さいことがわかる。これは、ACX の添加により、コンクリートの内部構造がより緻密になった²⁾ことによるものと考えられる。

3.4 凍結融解試験

図-5 に凍結融解試験結果を示す。292 サイクルでは ACX の有無にかかわらず、全ての場において高い凍結融解抵抗性が得られているが、W/C40% の AE コンクリートよりも W/C23% の non AE コンクリートの方が相対動弾性係数が高い傾向にある。これは、凍結融解抵抗性に対する自由水量の影響によるものと考えられる。

3.5 ソルトスケーリング抵抗性

図-6 にソルトスケーリング量の試験結果を示す。W/C40% では 60 サイクル終了時にスケーリング量が 2000g/m² を超えているのに対し、W/C23% では同サイクル時に約 400g/m² と極めて低く、空気連行による効果と比較して、自由水の減少と強度による効果が明確となっている。なお、W/C23% では、無添加、ACX5% とともにほぼ同等の値が得られたのに対し、W/C40% では、ACX5% の場合、無添加よりスケーリング量が大きくなった。その原因は未だ不明であり、今後検討が必要である。

4. まとめ

- (1) W/C23% では、温度条件によらず、ACX を添加すると、凝結始発時間、終結時間が短くなる。
- (2) ACX 添加による圧縮強度の増進は、W/C23% と比較して W/C40% で顕著となる。
- (3) W/C23%, 40% とともに、ACX の添加、無添加にかかわらず、292 サイクル時点では高い凍結融解抵抗性が得られているが、W/C23% の方が凍結融解抵抗性が高い傾向にある。
- (4) W/C40% では、空気連行を行っていてもソルトスケーリングが生じやすいが、W/C23% ではソルトスケーリング量が顕著に抑制される。

参考文献

- 1) 河野ほか：微粉末を用いた高流動高耐久コンクリートの配合設計方法，土木学会第 73 回年次学術講演会講演概要集，V-410，2018
- 2) 伊代田ほか：C-S-H 系硬化促進剤を用いたコンクリートの強度および物質移動抵抗性発現のメカニズムの検討，セメントコンクリート論文集，Vol.72，pp.204-210，2019