

## 経時保持成分を有する化学混和剤による早強コンクリートの耐久性への影響

三井住友建設(株) 正会員 修(工) ○恩田 陽介  
 三井住友建設(株) 正会員 梶 哲義  
 三井住友建設(株) 正会員 博(工) 佐々木 亘  
 三井住友建設(株) 博(工) 松田 拓

キーワード：耐久性，高性能AE減水剤，凍結融解抵抗性，表層品質

### 1. はじめに

所要のスランブを確保することはコンクリートの円滑な圧送や打込み等を可能にし、密実に充填する上で重要である。しかし、以前よりも夏季の気温が高くなることや、地方におけるレディーミクストコンクリート工場の減少等により長距離運搬を行うことがあり、従来の混和剤では所要のスランブを保持させることが困難な場合が増えている。これらの課題に対し、筆者らは、図-1に示すように、早強ポルトランドセメントを用いたコンクリートに対して、スランブの低下を抑制する成分を有する高性能AE減水剤の適用を検討し、その実機製造性を確かめている<sup>1)</sup>本報告は、当該実験で採取したコンクリートを用いて、硬化したコンクリートの耐久性に関わる試験の結果をまとめたものである。具体的には、凍結融解試験、促進中性化試験、塩水浸せき試験、表層透気試験、表面吸水試験およびスケーリング試験を実施した。表層透気試験、表面吸水試験およびスケーリング試験に関しては、床版模擬試験体を製作して、仕上げ方法やブリーディングおよび凝結の試験結果との関連性も確認した。

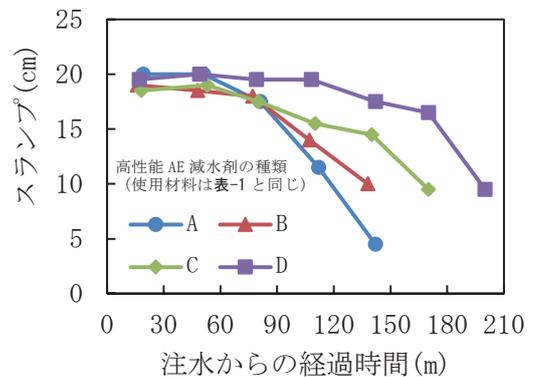


図-1 実機製造によるコンクリートのスランブの経時変化<sup>1)</sup>

表-1 使用材料

材料	種類	物性等	記号
水	地下水	千葉県柏市	W
結合材	セメント	早強ポルトランドセメント, 密度3.14g/cm <sup>3</sup>	H
細骨材	砕砂	栃木県佐野市相沢, 表乾密度2.68g/cm <sup>3</sup>	S1
	砂	茨城県神栖市波崎, 表乾密度2.65g/cm <sup>3</sup>	S2
	砂	茨城県潮来市清水, 表乾密度2.58g/cm <sup>3</sup>	S3
粗骨材	砕石2005	栃木県佐野市水木, 表乾密度2.71g/cm <sup>3</sup>	G1
	砕石2005	栃木県佐野市仙波, 表乾密度2.71g/cm <sup>3</sup>	G2
化学混和剤	高性能AE減水剤	ポリカルボン酸エーテル系化合物, 標準型	A
		ポリカルボン酸エーテル系化合物, 遅延型	B
		ポリカルボン酸エーテル系化合物, 経時保持型	C
		ポリカルボン酸エーテル系化合物, 経時保持型	D
	空気量調整剤	変性ロジン酸化合物系陰イオン界面活性剤	AE

### 2. 実験方法

#### 2.1 コンクリートの条件

使用材料を表-1に、配合を表-2に示す。また、化学混和剤の使用量およびフレッシュ性状を表-3に示す。本実験には、既報<sup>1)</sup>に示すように異なる4種類の化学混和剤を使用した。荷卸し時のスランブが18cm±2.5cm、空気量が4.5%±1.5%の範囲に収まるよう、各化学混和剤の使用量を調整した。

表-2 配合

単位量	水セメント比 (%)	s/a (%)	W	H	S1	S2	S3	G1	G2
質量 (kg/m <sup>3</sup> )	40	—	171	428	397	236	152	477	474
容積 (L/m <sup>3</sup> )	—	45.2	171	136	148	89	59	176	175

2.2 試験方法

凍結融解試験は、試験体を材齢6週まで標準水中養生を行ったのちに開始し、そのほかの試験条件についてはJIS A 1148に準拠した。

促進中性化試験は、試験体を材齢4週まで標準水中養生を行い、材齢23週まで温度20℃、相対湿度60%の室内で気中養生を行ったのちに促進を開始した。そのほかの試験条件はJIS A 1153に準拠した。

塩水浸せき試験はJSCE G 572に準拠して実施した。浸せき期間は6ヶ月とした。

表層透気試験、表面吸水試験およびスケーリング試験には、900×900×200mmの床版模擬試験体を製作し、使用した。また、コンクリートの荷卸し直後（以下、経時前）と、スランブが10cm以下となるまで低下した時期（以下、経時後）に打込みを行った試験体を製作した。試験体は屋内で製作し、試験体の上面（仕上げ面）は、水性パラフィンワックス系の養生剤を用いて荒均しと仕上げを行ったのち、養生マット敷いて3日間の湿潤養生を行い、その後は試験まで屋外に暴露した。表層透気試験、表面吸水試験は文献<sup>2)</sup>に準じて、材齢6週に実施した。なお、表層透気試験はtorrent法により実施した。

一方、スケーリング試験は、表層透気試験および表面吸水試験終了後の床版模擬試験体からφ150mmのコアを採取し、上面（仕上げ面）を試験面として実施した。試験体の寸法以外の項目についてはASTM C 672に準拠して行った。これらの試験結果や仕上げ時期との関連性を把握するため、ブリーディング試験と凝結試験を実施した。

ブリーディング試験はφ150×300mmの鋼製モールドを使用し、試験方法はコンクリートのブリーディング簡易試験方法（試案）<sup>3)</sup>とした。凝結試験はJIS A 1147に準拠して行った。

表-3 荷卸し時のフレッシュ性状と化学混和剤の使用量

高性能AE減水剤の種類	荷卸し時のスランブおよび空気量		化学混和剤の使用量(セメント質量×%)	
	スランブ(cm)	空気量(%)	SP	AE
A	20.0	3.8	1.2	0.001
B	19.0	4.9	1.1	0.001
C	18.5	4.5	1.2	0.003
D	19.5	4.5	1.2	0.003

3. 実験結果

凍結融解試験の結果を図-2に示す。図-2より、化学混和剤A, Bでは300サイクル時の相対動弾性係数が60%以下となった。表-3より、化学混和剤A, Bを用いた場合にはAE剤の使用量が少ない。コンクリート中のエントレインドエアの量はAE剤の量に依存する<sup>4)</sup>ことが示されている。化学混和剤A, Bを用いた場合には、C, Dに比べて、AE剤の使用量が少なくエントレインドエアが少ないために、凍結融解抵抗性が低くなった。一方、化学混和剤C, Dを用いた場合には、A, Bに比べて、AE剤の使用量は増加し、凍結融解抵抗性に対しては有利に働いているものと推察される。

促進中性化試験を図-3に示す。促進中性化試験の結果では促進開始より8週までの範囲においてはいずれの配合にも差が見られなかった。塩水浸せき試験の結果を図-4に示す。図-4より、いずれの化学混和剤を使用した場合でもおおむね同様の結果が得られている。以上より、本実験で用いた化学混和剤にお

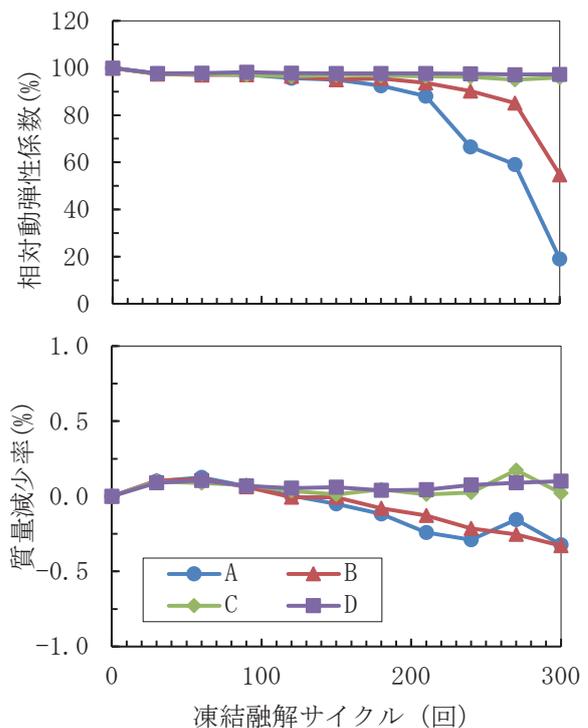


図-2 凍結融解試験結果

いては、中性化および塩化物の透過性への影響は同程度であった。

床版模擬試験体における注水からの作業時間と、ブリーディング試験と凝結試験の結果を表-4に示す。表層透気試験と表面吸水試験の結果を図-5および図-6に示す。表層透気試験と表面吸水試験のどちらにおいても、経時前と経時後で値が異なることが分かる。本報告では、化学混和剤Cを用いた場合を除き、経時後において、透気係数が小さくなり、表面吸水速度は遅くなった。この原因としては経時前の試験体では、ブリーディングの影響により、表層部分の水セメント比が大きくなることによるものと推察する。

図-7にスケーリング試験の結果を示す。49サイクル終了後の累計スケーリング量はいずれの配合においても少なかった。図-7において、経時前に打込みをした試験体のうち、化学混和剤A, Bを用いた場合では累計スケーリング量が多くなっていることが分かる。これは前述の凍結融解試験の結果と同様に、AE剤の使用量が少なくなることで、エントレインドエアが減少していることによると推察する。

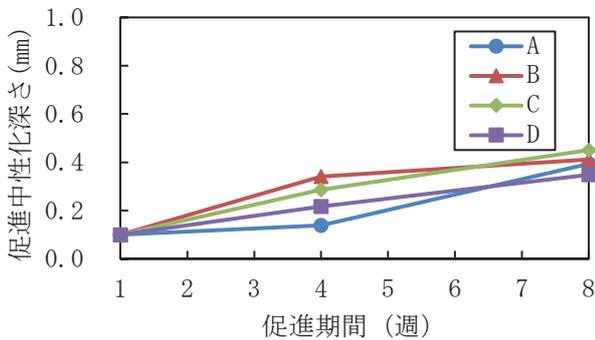


図-3 促進中性化試験結果

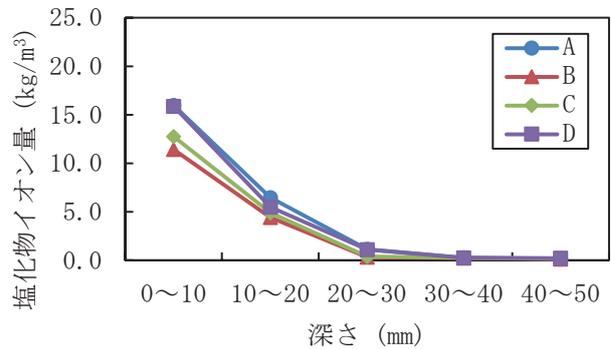


図-4 塩水浸せき試験結果

表-4 床版模擬試験体における注水からの作業時間とブリーディングおよび凝結試験の結果

高性能AE減水剤の種類	ブリーディング量 (cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> )	打込みの時期	打込み時のスランブ (cm)	注水からの経過時間 (h : m)							
				打設			ブリーディング		凝結		養生開始
				打設完了	荒仕上げ	仕上げ	起点	停止	始発	終結	
A	0.006	経時前	20.0	0:33	0:37	2:43	1:58	2:58	3:51	4:42	4:53
		経時後	4.5	2:31	2:41	3:07					4:53
B	0.012	経時前	19.0	0:28	0:31	3:13	1:58	2:58	4:31	5:33	5:36
		経時後	10.0	2:25	2:30	3:31					5:36
C	0.003	経時前	18.5	0:29	0:34	3:20	2:57	3:27	5:20	6:15	6:05
		経時後	9.5	3:02	3:08	4:01					6:05
D	0.026	経時前	19.5	0:26	0:28	3:56	2:55	4:25	6:07	6:59	6:41
		経時後	9.5	3:29	3:34	4:35					6:47

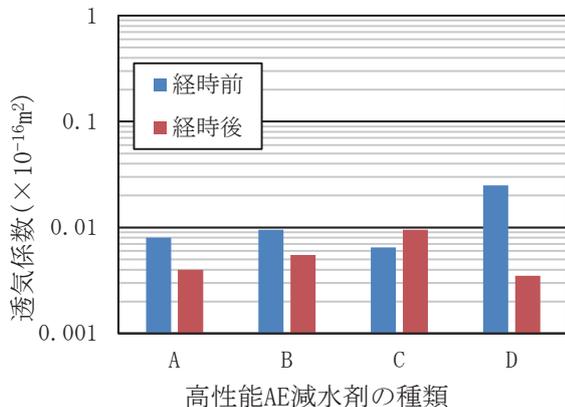


図-5 表層透気試験結果

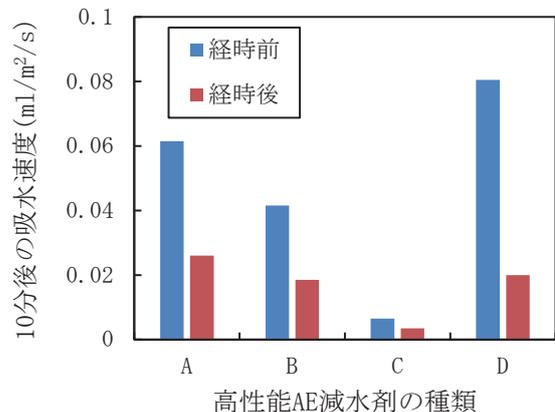


図-6 表面吸水試験結果

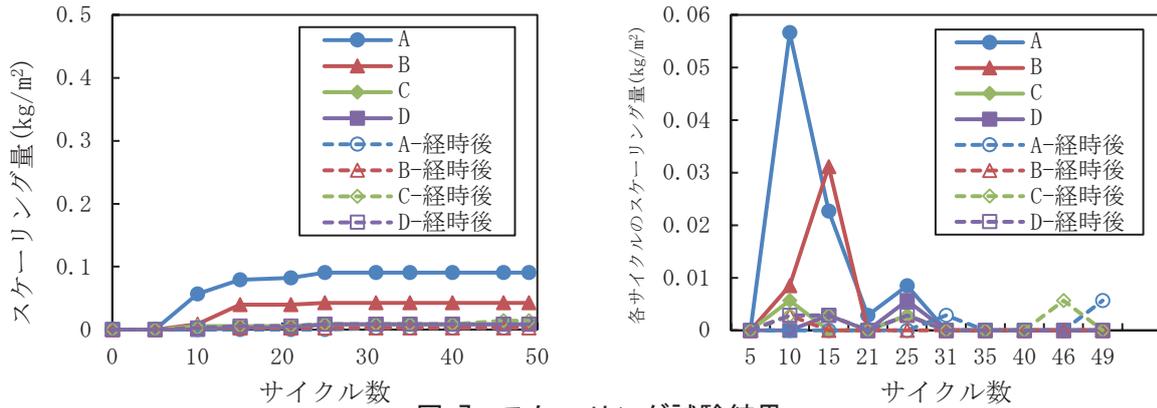


図-7 スケーリング試験結果

また、経時前後で比較すると、化学混和剤A, Bを使用した配合では、経時後のスケールリング量が少なくなっていることが分かる。スケールリング量は試験を行う面により異なることが高橋ら<sup>5)</sup>により指摘されており、それによると試験面が上面（仕上げ面）であるとき、スケールリングの劣化が激しく、その理由としてブリーディングの影響を挙げている。本実験では、試験面はいずれも上面（仕上げ面）であり、ブリーディングの影響が含まれると考えられる。経時前に打込みをした試験体に比べ、経時後に打込みをした試験体はブリーディングが発生する時間が短く、影響を受けにくいものと考えられる。以上のことから、経時後に打込みをした試験体では、スケールリング量が少なくなったと推察する。各サイクルでのスケールリング量をみると、サイクル初期にスケールリング量が多い。高橋らの報告<sup>5)</sup>においてもサイクル初期でスケールリング量が多くなっており、ブリーディングにより形成された脆弱な層が初期に剥離したためと考察している。本試験においても同様にブリーディングによる脆弱な層がサイクル初期に剥離したと考えられる。

#### 4. まとめ

本報告では、早強ポルトランドセメントを用いたコンクリートに対して、経時保持成分を有する化学混和剤を使用した場合の耐久性に関わる試験を実施した。その結果、経時保持成分を有する化学混和剤を用いた場合においても、促進中性化試験、塩水浸せき試験では、従来の高性能AE減水剤と同程度の結果が得られた。一方で、空気量調整剤の使用量が凍結融解抵抗性に影響を及ぼすこと、ブリーディングの変化が表層品質に関する表層透気試験、表面吸水試験、スケールリング試験に影響を及ぼす可能性があることがわかった。

#### 参考文献

- 1) 恩田陽介, 葦哲義, 佐々木亘, 松田拓: 早強ポルトランドセメントを使用したコンクリートのフレッシュ性状の経時変化に及ぼす化学混和剤および温度の影響, コンクリート工学年次論文集, Vol. 41, No. 1, pp1121-1126, 2019
- 2) 土木学会: 構造物表層のコンクリート品質と耐久性能検証システム研究小委員会 (JSCE335委員会) 第二期成果報告書およびシンポジウム講演概要集, pp137-162, 2012. 7
- 3) 公益社団法人日本コンクリート工学会: 構造物の耐久性向上のためのブリーディング制御に関する研究委員会報告書, pp252-261, 2017. 6
- 4) 公益社団法人日本コンクリート工学会: コンクリート中の気泡の役割・制御に関する研究委員会報告書, pp7-9, 2016. 6
- 5) 高橋幹雄, 宮里心一: RILEM CDFとASTM C 672の供試体形状がスケールリングに及ぼす影響, コンクリート工学年次論文集, Vol. 32, No. 1, pp875-880, 2010