

新規セルロースエーテルのコンクリートへの適用性に関する基礎的研究  
 - 乾燥収縮低減及び耐凍害性の検討 -

信越化学工業(株) 正会員 ○小西 秀和  
 信越化学工業(株) 正会員 山川 勉

1. はじめに

セルロースエーテル系の水溶性高分子(以下、WCE)はその増粘性・保水性を活かし、古くから左官用モルタル、タイル張付け材などのセメントモルタルに使用されている。コンクリート用途では、ブリーディング低減、材料分離抵抗性付与などを目的として、水中不分離性コンクリート、高流動コンクリートなどの特殊コンクリートに使用されている。このような用途に使用されるWCEは、セルロースの水酸基をエーテル化し、水素結合を消失させ、水溶性としたものである。一方、エーテル化度が低い場合、水に溶解せず、膨潤する性質がある。この膨潤性セルロースエーテル(以下、SCE)は、コンクリートに用いることで、WCEにはなかった性能を付与できる可能性がある。そこで、本報ではSCEのコンクリートへの適用を目的に、乾燥収縮低減及び耐凍害性に関して検討を行った。

2. 実験概要

2.1. 使用材料

表1に実験に使用した原材料、表2にSCEの物性を示す。尚、SCEのアスペクト比の測定は、光学顕微鏡を使用し、100倍の倍率にて粒子の長径及び短径の長さを測定し、その比(長径/短径)の平均値(n=50)を求めることにより算出した。

2.2. 因子と水準

本検討の因子と水準を、表3に示す。

2.3. 実験配合

本検討の配合を、表4及び表5に示す。

3. 実験方法

3.1. コンクリート実験

容量50リットルのパン型ミキサを用いて、C、S1、(SCE)を入れ、空練りを30秒間行った。その後、W、WR若しくはSP、AE、(RSA)を加え、45秒間混練し、次いでGを加え、90秒間混練した。尚、練混ぜ量は40リットルとし、設定空気量は4.0-6.0%とした。

3.2. モルタル実験

容量5リットルのモルタルミキサを用いて、C、S2、S3、SCEを入れ、空練りを30秒間行った。その後、W+WRを加え、120秒間練混ぜを行った。練混ぜ量は2.5リットルとした。尚、コンクリート及びモルタルの練上がり温度は、20±3℃となるように材料温度を調整した。試験項目と試験方法を表6に示す。

表1 原材料

材料	記号	種類・物性・主成分
セメント	C	普通ポルトランドセメント, 密度: 3.16 g/cm <sup>3</sup>
細骨材	S1	最大粒径 5 mm, 陸砂 吸水率: 1.64%, 表乾密度: 2.61 g/cm <sup>3</sup>
	S2	5号珪砂 吸水率: 0.23%, 表乾密度: 2.63 g/cm <sup>3</sup>
	S3	6号珪砂 吸水率: 0.36%, 表乾密度: 2.62 g/cm <sup>3</sup>
粗骨材	G	最大粒径 20 mm, 碎石 吸水率: 1.05%, 表乾密度: 2.67 g/cm <sup>3</sup>
水	W	上水道水
混和剤	WR	AE 減水剤: リグニンスルホン酸系
	SP	高性能 AE 減水剤: ポリカルボン酸系
	AE	AE 剤: 変性アルキルカルボン酸系
	RSA	収縮低減剤(市販品): 低級アルコールのアルキレンオキシド付加物

表2 SCEの物性

記号	アスペクト比 (-)	化学構造
SCE-1	5.0	低置換度 セルロースエーテル (同一置換度)
SCE-2	5.5	
SCE-3	6.0	

表3 因子と水準

因子	水準
SCE 添加量	C × 0, 0.5, 1.0 %
SCEのアスペクト比	5.0, 5.5, 6.0
RSA 添加量	C × 0, 1.0, 3.0 %

表4 コンクリート配合

W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )				WR 又は SP	AE
		W	C	S1	G		
50.0	50.4	180	360	856	862	変量	

表5 モルタル配合

W/C (%)	S/C (-)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )				WR
		W	C	S2	S3	
50.0	1.8	292	584	630	629	変量

表6 試験項目と試験方法

配合	試験項目	試験方法
コンクリート	空気量	JIS A 1128
	長さ変化 [SCE]	JIS A 1129-1
	長さ変化 [RSA]	JIS A 1129-3
	凍結融解試験	JIS A 1148 A 法
モルタル	長さ変化	JIS A 1129-3
	細孔径分布	JIS R 1655
	細孔構造観察	光学顕微鏡による観察

4. 実験結果と考察

4.1. 乾燥収縮ひずみと耐久性指数

(コンクリート配合)

図1に混和剤添加量と乾燥収縮ひずみ, 図2に混和剤添加量と耐久性指数との関係を示す(グラフ内の数値は空気量)。RSAは添加量が増えるにつれ, 乾燥収縮低減効果が認められた。しかし, 空気量が高めであるにも関わらず, RSA添加により耐久性指数は著しく劣る結果であった。一方, SCEは添加により耐久性指数の低下は起らず, 乾燥収縮ひずみを下げることができた。

4.2. SCEの乾燥収縮低減メカニズム

(コンクリート配合)

図3に乾燥収縮ひずみと質量減少率との関係を示す。一般的な乾燥収縮低減剤であるRSAの作用メカニズムは, 界面活性により水の表面張力を低下させ, その作用によって乾燥収縮を抑制していると言われている。図3によると, RSAは添加量を増やすことで乾燥収縮ひずみが減少すると共に質量減少率も低下している。一方, SCEを使用した場合は逆の傾向であるため, 異なるメカニズムで作用していると考えられる。

4.3. SCEの粒子形態の影響(モルタル配合)

図4にアスペクト比の異なるSCEを添加したモルタルの乾燥収縮ひずみの結果を示す。SCEの添加量はいずれもC×0.5%の添加量で実施した。高アスペクト比のSCEほど, 乾燥収縮ひずみが小さくなる傾向がみられた。

4.4. 細孔径分布試験結果(モルタル配合)

図5に細孔径分布の試験結果を示す。0.03~2μmの細孔容積が乾燥収縮低減に寄与すると言われているが<sup>1)</sup>, SCE-1を添加することで1~2μmの細孔容積が増加した。図4の結果からも, 高アスペクト比のSCEほど, その効果が大きいと推察できる。

4.5. 細孔構造観察試験(モルタル配合)

写真1には, SCE添加モルタルの断面写真を示す。SCE-1をC×0.5%添加し, セメントはホワイトセメントを使用した。本結果から, SCEは水に溶解しないためモルタル中にも残存していることが確認できた。また, SCEの周囲には数μmの空隙があり, この結果は細孔径分布の結果と酷似している。この空隙は, 吸水し膨潤したSCEが水を逸散した際に生じたと考えられる。<sup>2)</sup>

5. 結論

- 1) SCEには乾燥収縮低減効果があり, RSAのような耐久性指数の低下は起らなかった。
- 2) SCEの乾燥収縮低減効果は, 繊維状の粒子が関与し, 高アスペクト比である程, その効果は高かった。
- 3) SCEとRSAは異なる収縮低減メカニズムであり, SCEを使用した場合, 1~2μmの細孔容積の増加が起因していると推察される。

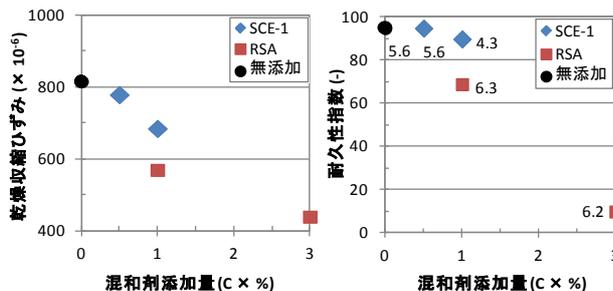


図1 混和剤添加量と乾燥収縮ひずみ

図2 混和剤添加量と耐久性指数

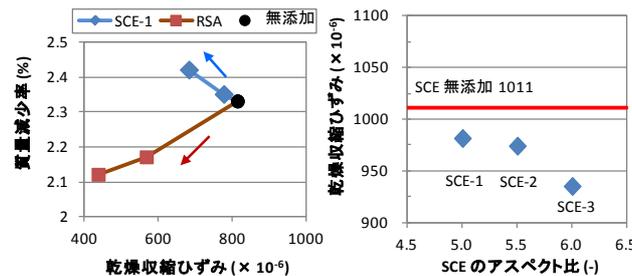


図3 乾燥収縮ひずみと質量減少率

図4 SCEのアスペクト比と乾燥収縮ひずみ

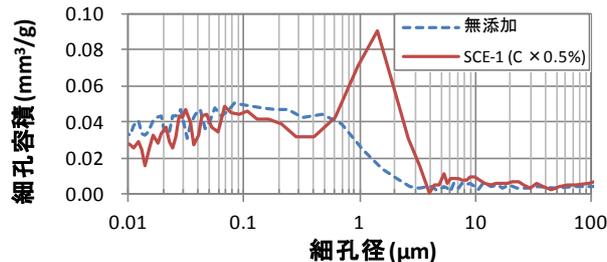


図5 細孔径分布

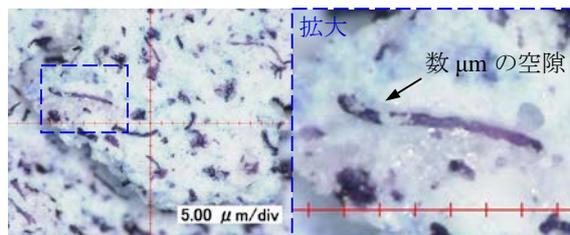


写真1 SCE添加モルタルの断面写真

6. 参考文献

- 1) 内川浩ほか: セメントペーストと骨材の構造・組織がコンクリートの品質に及ぼす影響, コンクリート工学, vol.33, No.9, pp.5-17, 1995
- 2) 小西秀和, 坂本遼ほか: 新規セルローズエーテルのコンクリートへの適用性に関する基礎的研究, その1及びその2, 日本建築学会大会学術講演梗概集(中国), pp.241-244, 2017年8月

7. 謝辞

本研究の実施に当たり, 明治大学理工学部建築学科, 小山明男教授はじめ研究室の方々には多大な協力を賜りました。ここに深く謝意を表します。