論文　初期材齢におけるエコセメントペーストおよびモルタルの自己収縮

平尾 宙*1・石田　征男*2

要旨：都市ゴミ焼却灰を主原料としたエコセメント（EC）は間隙質を多く含む。水セメント比 30%のセメントペーストでは普通ポルトランドセメント（OPC）および EC の自己収縮は，二段階で増加した。材齢 1 日以前では EC のセメントペーストの弾性率は OPC よりも低いため，EC の第一段階の自己収縮ひずみ量は OPC より大きかった。第二段階の自己収縮はアルミネート系水和物の相転移と関係しており，間隙質量が多い EC の収縮ひずみ量は OPC より大きかった。セメントペーストに対するモルタルの自己収縮ひずみ量の割合は，EC の方が OPC より小さくなった。これには，ペーストの弾性率の相違が関係していると考えられる。

キーワード：エコセメント，間隙質，エトリンガイト，水和反応，自己収縮，弾性率

1．はじめに

セメント産業は，循環型社会の中核を担う産業として今後さらなる廃棄物の有効利用を期待されている。一般廃棄物の多くはセメント原料として用いられている粘土と比べて Al_2O_3 を多く含むため，廃棄物の大量使用を志向した場合には，間隙質（C_3A および C_4AF）を増加させた鉱物組成を設計する必要がある。このようなセメントの一つである都市ゴミ焼却灰を主原料とした「エコセメント」は，近年その製造方法が確立され，2002 年には JIS R 5214 として規格化が行われた。ここでは，エコセメントのペーストおよびモルタルの自己収縮ひずみ量を評価した。同時にセメントの水和反応を解析して自己収縮の発生機構を考察した。

2．実験

2.1 試料

使用したセメントは低熱ポルトランドセメント(LC)，普通ポルトランドセメント(OPC)および普通エコセメント(EC)である。LC，OPC および EC の間隙質量は 14，17 および 25%であり，そのうち C_3A 量は 3，8 および 13%である。各セメントの化学組成，鉱物組成および粉末度を**表－1** に示す。

2.2 実験方法

セメントペーストは水セメント比を 0.3 とし，JIS R 5201 に準じて作製した。モルタルは静岡県小笠産陸砂を用いて，水セメント比 0.3，砂セメント質量比 1.5 として作製した。セメントペースト，モルタルの練混ぜは恒温室内（20℃±1℃）で行い，ポリカルボン酸系高性能 AE 減水剤を添加して，フロー値が約 200㎜となるように調整した。自己収縮ひずみの測定は非接触変位計（レーザ変位計）を用いて打込み直後から行い，測定中は熱電対により供試体中心部の温度も同時に測定した。材齢 2 日以降の長さ変化は JIS A 1129-3 により測定した。脱型以前の温度ひずみの補正は 20℃を基準として，線膨張係数を 20×10^{-6}／℃として行った。なお，モルタルの線膨張係数は，セメントペーストに対する骨材の質量比を考慮して 15×10^{-6}／℃とした。動弾性係数の測定は JIS A 1127 に準拠して行った。

3．主な成果

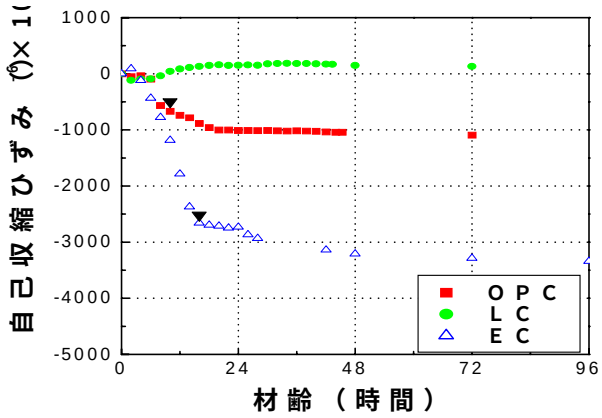
水セメント比 30%における OPC および EC ペーストの自己収縮ひずみは，約 9～15 時間に現

*1　太平洋セメント（株）中央研究所セメント化学グループ（正会員）
*2　太平洋セメント（株）中央研究所コンクリート技術グループ　工修

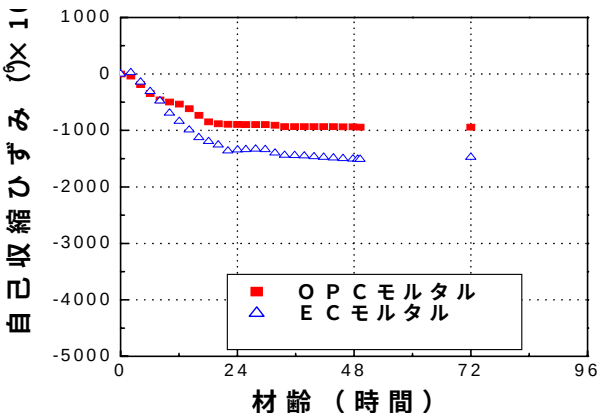
表－1　セメントの組成，鉱物組成，粉末度，密度

	密度 (g/cm³)	粉末度 (cm²/g)	化学組成（%）					鉱物組成（%）*			
			SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	SO_3	C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF
ＯＰＣ	3.16	3270	21.30	5.00	3.00	64.60	2.00	53	22	8	9
ＬＣ	3.22	3310	25.32	3.28	3.47	62.11	2.27	26	53	3	11
ＥＣ	3.18	4270	17.56	7.26	3.86	60.84	3.88	51	11	13	12

*：ボーグ式により計算



図－1　間隙質量が異なるセメントペーストの自己収縮曲線（W/C=30%）



図－4　モルタルの自己収縮曲線

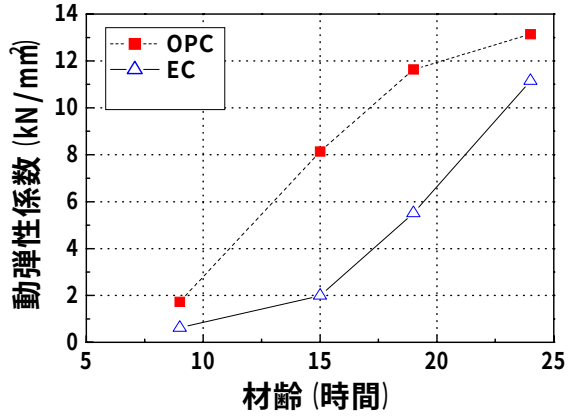
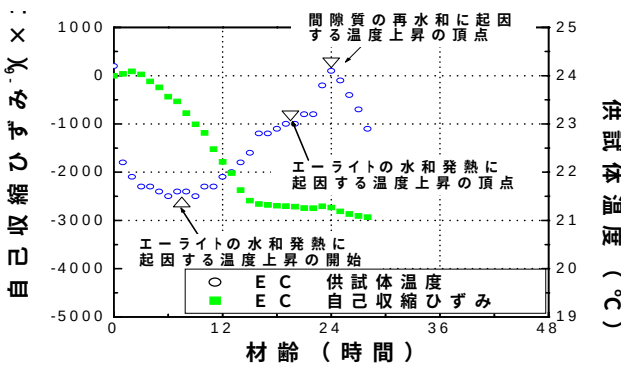


図-2　セメントペーストの動弾性係数



図－3　EC セメントペーストの内部温度

れる変曲点（**図－1** 中▼印）をはさんで大きく分けて二段階で増加した。

変曲点以前の収縮ひずみ量が全収縮ひずみ量の大半を占めるが，いずれの段階の収縮ひずみ量も間隙質量が多い EC が最も大きくなった。変曲点以前の EC ペーストの自己収縮ひずみは，OPC よりも早期に発生し，長期間継続する傾向が認められ，収縮ひずみ量は OPC よりも大きかった。**図－2** に示すように材齢 24 時間以前の EC ペーストの動弾性係数は OPC よりも低いため，これが変曲点以前の自己収縮ひずみ量が OPC よりも大きくなった一因と考えられる。初期材齢における OPC と EC の動弾性係数の相違には，間隙質の水和により生成するエトリンガイト等のカルシウムアルミネート水和物量が密接に関連していると考えられる。

変曲点以降のセメントペーストの自己収縮は，**図－3** 中に示す間隙質の再水和に起因しており，間隙質量が多い EC の収縮ひずみ量は OPC より大きかった。

図－4 に示す EC および OPC のモルタル自己収縮ひずみ量の相違はセメントペーストの場合と比較して非常に小さくなった。これには EC および OPC ペーストの動弾性係数の相違が関係していると考えられる。