

粒度調整した溶融スラグの収縮特性に及ぼす影響

名城大学大学院理工学研究科 学生員 ○米田正臣
 名城大学理工学部環境創造学科 正会員 杉山秋博
 名城大学理工学部建設システム工学科 正会員 飯坂武男

1. はじめに

近年，世界各国で経済発展に伴う大気汚染や産業廃棄物などの問題が深刻化してきている．本研究では，廃棄物である都市ゴミ焼却灰および下水汚泥等を混合させて出来たエコセメントを普通ポルトランドセメントの代替材料として，一般廃棄物から得られる溶融スラグを細骨材の代替材料としての有効活用を試み，その可能性を模索した．そこで，本研究ではエコセメントおよび溶融スラグの自己収縮に与える影響を定量的に評価することを目的としてエコセメントおよび溶融スラグを使用したモルタルを対象に自己収縮ひずみを測定して普通ポルトランドセメントおよび予測式との比較検討した．

2. 使用材料

本研究では，セメントとしてエコセメント（以後 OEC と記す）および普通ポルトランドセメント（以後 OPC と記す）を使用した．使用セメントの物性値を表-1 に示す．また，セメントの性質を照査する 1 つであるセメントの凝結試験結果を表-2 に示す．OEC はセメント原料である石灰石にこれまで埋め立て処理されていた大量の焼却残渣を再利用し，下水汚泥等の廃棄物を混合させることにより造られるリサイクルセメントである．OEC および OPC の密度はほぼ同値だが，比表面積は約 $1000\text{cm}^2/\text{g}$ 程度 OEC のほうが大きい．ため標準軟度を得るために必要となる水量は OPC より 9% 増加した．また，OEC の始発時間は OPC とほぼ同値となったが，終結時間は OPC よりも遅延する傾向である．細骨材は骨材による影響の誤差を軽減するため豊浦産標準砂を使用し，また溶融スラグは愛知県 T 市清掃センターより産出される溶融スラグを細骨材として使用した．粒度調整前後における溶融スラグの粒度分布を図-1 に示す．一般的に天然砂の F.M 値は 2.7 前後であるのに対して，無調整スラグの F.M 値は，3.54 と天然砂に比べて非常に粗い粒径であるので，本研究では，ロサンゼルス試験機を用いることにより無調整溶融スラグを破砕することによって，粒径，粒度調整を試みた．粒度調整を行うことにより，JIS に規定されている細骨材の粒度範囲に溶融スラグの粒径はおさまり F.M 値も 2.66 と天然砂の F.M 値に近づき，これにより，細骨材としての利用度は向上されと考えられる．また，化学混和剤には AE 減水剤を使用した．すべての供試体は $\phi 10 \times 20\text{cm}$ の円柱供試体を用いた．

表-1 使用セメントの物性値

使用セメント	密度 (g/cm^3)	比表面積 (cm^2/g)
普通ポルトランドセメント(OPC)	3.16	3450
普通エコセメント(OEC)	3.17	4300

表-2 セメントの凝結試験結果

セメントの種類	標準軟度の水量	始発(h:m)	終結(h:m)
OPC	29%	2:15	4:12
OEC	38%	2:52	5:48

表-3 モルタルの配合表

W/C (%)	S/C	単位量 (kg/m^3)			AE減水剤 C×0.25% (kg/m^3)
		W	C	S	
65	2.02	374	576	1162	-
55	1.58	374	681	1075	-
45	1.14	374	832	949	-
35	0.70	374	1070	752	-
25	0.27	374	1498	397	3.7

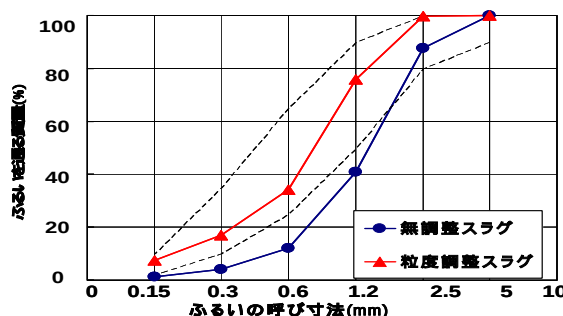


図-1 溶融スラグの粒度分布

キーワード 廃棄物，エコセメント，自己収縮，溶融スラグ

連絡先 〒468-8502 愛知県名古屋市天白区塩釜口 1-501 TEL 052-838-2352

3. 自己収縮測定方法

本研究では、コンクリート標準示方書に規定されている JIS R 5201 を参考に水量を一定とし、W/C を 65%~25%まで変化させて配合を決定した。配合を表-3 に示す。なお溶融スラグは細骨材に対して容積置換した。水セメント比 W/C=65%の配合を用いて、脱型後のシール施工の有無における収縮ひずみの差を比較した。ここで、シールとは供試体全表面にグリスを塗布し水分の逸散を防ぐことである。実験結果を図-2 に示す。図から明らかなように、シールを施工していない実測値は、自己収縮ひずみ予測式からかけ離れたが、シールを施工した実測値は、自己収縮ひずみ予測式とほぼ同様の变化を示した。また、シールを施工した供試体には若材齢時に僅かながら膨張が確認された。これは、供試体にシールを施すことにより水分の逸散を防ぎ乾燥収縮を抑制した結果、逸散されなかった水分によって供試体が自己湿潤膨張を起こしたことが考えられる。よって、今後すべての供試体にシールを施工して自己収縮ひずみを測定する。また自己収縮ひずみ測定は材齢 14 日とした。

4. エコセメントを使用したモルタルの自己収縮特性

水セメント比 W/C と自己収縮ひずみの関係を図-3 に示す。W/C=25%では、自己収縮ひずみは 500×10^{-6} 以上の値を示したのに対して W/C=65%では、自己収縮ひずみは僅か 60×10^{-6} 程度であり、自己収縮は水結合材比の変化および強度の変化に多大な影響を受けるということと一致している。OPC と OEC を比較してみると W/C が小さくなるに従い、ひずみは大きくなる傾向となり W/C=25%では OEC のひずみが大きな数値を示した。これは、収縮量に大きく影響する C_3A 、 C_4AF の含有量が多いためであると考えられる。

5. 溶融スラグを細骨材として使用したモルタルの自己収縮特性

溶融スラグ (MS) を細骨材として使用したモルタルにおける自己収縮ひずみの経時変化及び予測式との関係を図-4 ~ 図-5 に示す。

W/C が上がるにつれて、若材齢時に膨張挙動がみられる。これはエトリンガイトが生成されたためと考えられる。また、図-4 のように W/C が小さい場合では、OPC では溶融スラグの置換率が 40%・60%と上がるにつれて、また OEC に溶融スラグを置換した場合には、置換率 60%のひずみ量が小さく出ている。図-5 のように W/C が大きい場合でも置換率が上がるにつれてひずみ量が軽減している事がわかる。このことから溶融スラグをモルタルに配合すると、置換率が増加するにつれてひずみ量が軽減する可能性を示した。

6. 結論

- 1) 溶融スラグを細骨材として置換したモルタルの自己収縮は、基準モルタルの自己収縮とほぼ同様の变化を示す。
- 2) 水セメント比が小さくなるほど、および高強度域になるほどモルタルの自己収縮は大きくなる。
- 3) 溶融スラグを細骨材として使用した場合には置換率の増加に伴い自己収縮ひずみは軽減された。
- 4) 溶融スラグは、金属アルミニウムを含有していることから膨張作用を起こす可能性がある。

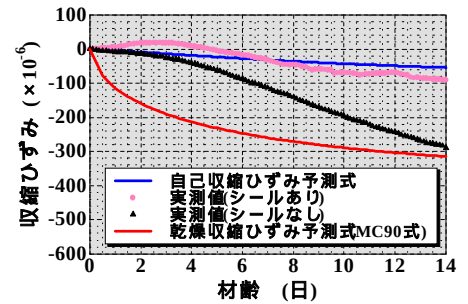


図-2 シール施工の有無

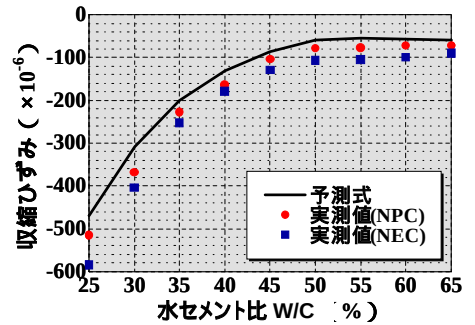


図-3 W/C と自己収縮の関係

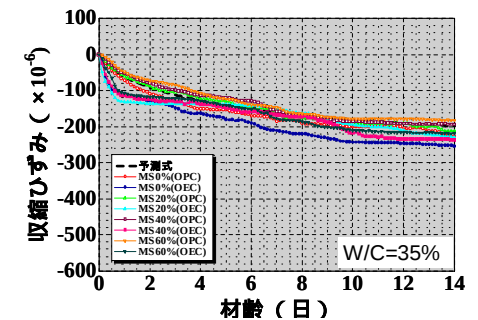


図-4 W/C=35% 溶融スラグ置換

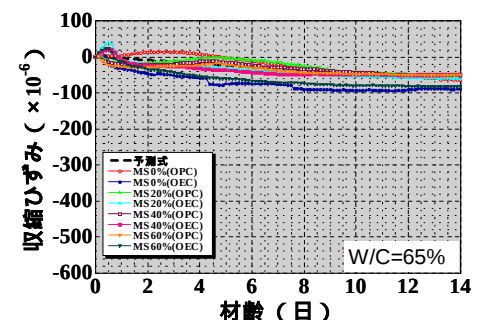


図-5 W/C=65% 溶融スラグ置換