

粒度調整した溶融スラグの強度に及ぼす影響

名城大学理工学部建設システム工学科 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，物質的な豊かさを追求してきた結果による大量生産，大量消費といった経済社会システムが問い直され，限りある資源を効率良く利用し，持続ある成長を続けるため都市ゴミなどの廃棄物は再利用や再資源化を考える循環型社会へ経済社会システムは転向された．そこで，本研究では，循環型社会形成の貢献に重点をおき，都市ゴミの焼却灰を溶融固化処理した溶融スラグを粒度調整することにより，細骨材として用い，その有効性について着目し，また都市ゴミ焼却灰の石灰成分に着目して廃棄物から製造された普通エコセメントと普通セメントを用い，これらのデータベースの構築を目的として比較，検討した．

2. 実験概要

2.1 使用材料

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．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）の密度はほぼ同値だが，比表面積は約 1000 cm<sup>2</sup>/g 程度 OEC のほうが大きい．その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，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．

2.2 実験方法

本研究では，始めに旧土木学会示方書に規定されている容積比を W:C:S=1:1.5:3 となるように配合を設定したモルタルを用いて，各養生期間別において圧縮強度を測定した．上述した配合を基本配合とし，単位水量を一定条件下において W/C を 25% ~ 65% まで 10% 間隔で変化させて，打設後材齢 7 日，28 日に圧縮強度を測定した．なお，OEC および OPC の密度はほぼ同値なため同一配合としてあつかい，溶融スラグは細骨材に対して容積置換した．供試体は引張強度試験用に 5 × 10cm の円柱供試体を使用し，圧縮強度および曲げ強度試験には 4 × 4 × 16cm の三連型枠を使用し，養生方法は水中養生，載荷方法は万能試験機にて 50 μ/sec の軸ひずみ一定速度とした

3 実験結果および考察

W/C=65%における粒度調整前の溶融スラグの置換率変化に伴うモルタルのフロー試験結果および圧縮強度試験結果を図-1 および図-2 に示す．図-1 より溶融スラグ 20% を置換することにより急激にフロー値は増加し，これ以降では置換率の増加に伴いフロー値は穏やかに増加した．一方，図-2 より溶融スラグの置換率増加に伴い圧縮強度は低下した．これは，溶融スラグはガラス性物質であるため水との吸着が小さくなったことおよび他の材料との付

表-1 使用セメントの物性値

使用セメント	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	比表面積 (cm <sup>2</sup> /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

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	8:48

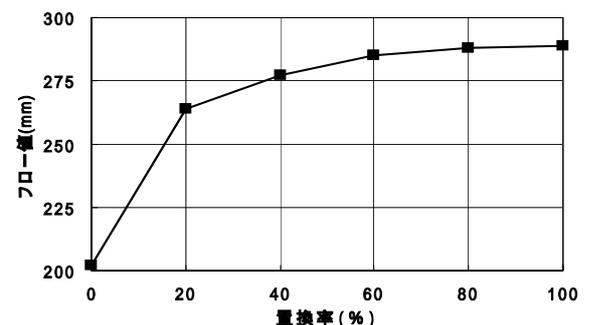


図-1 フロー試験結果（粒度調整前）

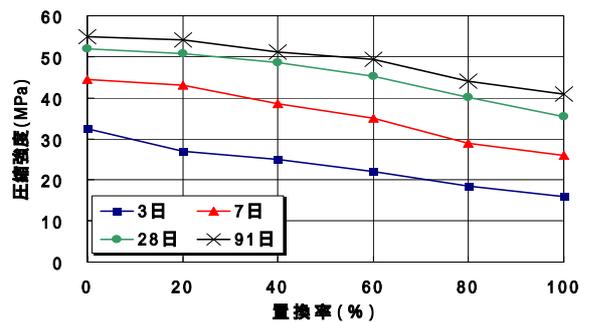


図-2 W/C=65%圧縮強度試験結果（粒度調整前）

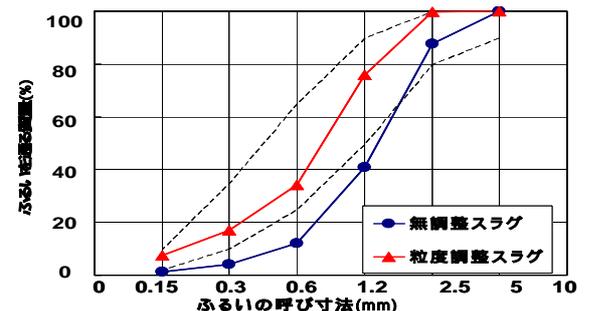


図-3 溶融スラグの粒度分布

着力等が小さいため強度低下が著しいことが挙げられる。しかし、溶融スラグの置換率 0%と 100%を比較すると強度低下は、3 日強度では約 50%低下し、91 日強度では約 25%低下していることから潜在水硬性が確認された。

3.1 溶融スラグの粒度調整

無調整スラグはモルタルのフレッシュ性状および硬化性状に影響を及ぼすことが明らかとなったが、圧縮強度試験結果より無調整スラグの置換率増加に伴う強度低下は著しい。これは、溶融スラグの FM 値が天然砂と異なることも一因と挙げられる。そこで、JIS A 1102 に基づきふるいわけ試験を実施したところ、一般的に天然砂の FM 値は 2.7 前後であるのに対して、無調整スラグの FM 値は、3.54 と天然砂に比べて非常に粗い粒形であるので、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碎することによって、粒形、粒度調整を試みた。粒度調整前後における溶融スラグの粒度分布を図-3 に示す。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形はおさまり FM 値も 2.91 と天然砂の FM 値に近づき、これにより、さらに細骨材としての利用度は向上されると考えられる。

3.2 粒度調整後における圧縮強度試験結果

粒度調整後におけるモルタルのフロー試験結果を図-4、圧縮強度試験結果を図-5 に示す。なお、粒度調整前後においてフロー値にはさほど差はみられなかった。粒度調整後の溶融スラグの置換率 0%と 100%を比較すると強度低下は、3 日強度では約 40%低下し、91 日強度では約 20%低下したことから、調整前と比べると粒度調整を行うことにより強度低下は改善された。また、溶融スラグの置換率 40%まではプレーンモルタルとほぼ同強度を示したことから置換可能な最大置換率はおよそ 40%程度であると考えられる。

4 OEC との比較

以上のことを踏まえて W/C=25%における OEC と OPC を比較した置換率別の圧縮強度試験結果を図-6、曲げ強度試験を図-7 および引張強度試験結果を図-8 に示す。なお、置換率が 60%を超えると著しく強度が低下するため 0~60%まで 20%間隔で変化させた。これらの結果から OEC は OPC に比べて、7 日から 28 日にかけての強度増進が小さくなった。これは、OEC は OPC より比表面積が大きいことから水とセメントの反応する割合が OPC より多いことにより初期強度は増加するが、長期強度発現に必要な石灰成分が OPC より少ないことなどから、長期強度は OPC より低下したものと考えられる。しかし、OEC、OPC とともにほぼ同じ値を示していることから、同等と使用してよいと考えられる。

5. 結論

1. 溶融スラグの置換率増加に伴い流動性は増加する。
2. 溶融スラグの粒度調整を行うことにより強度は改善される。
3. OEC,OPC とともにほぼ同じ値を示していることから、同等と使用してよいと考えられる。

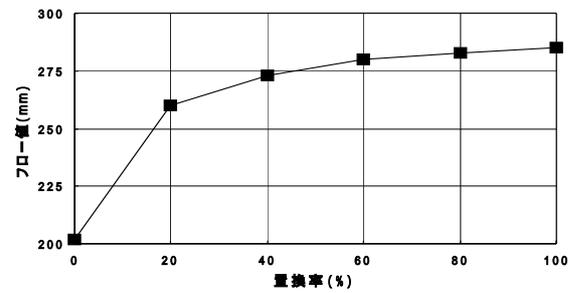


図-4 フロー試験結果 (粒度調整後)

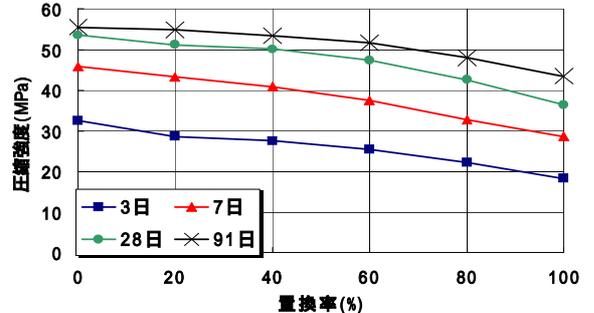


図-5 W/C=65%圧縮強度試験結果 (粒度調整後)

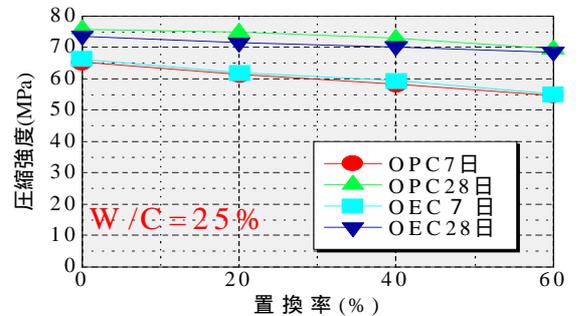


図-6 W/C=25%圧縮強度試験結果

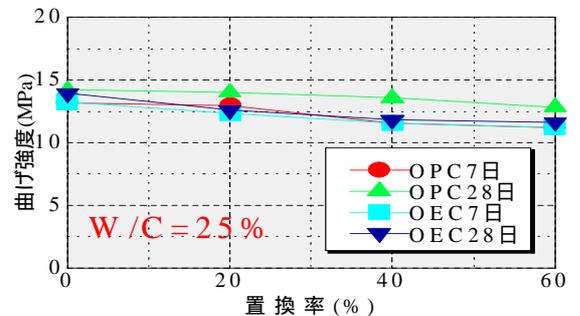


図-7 W/C=25%曲げ強度試験結果

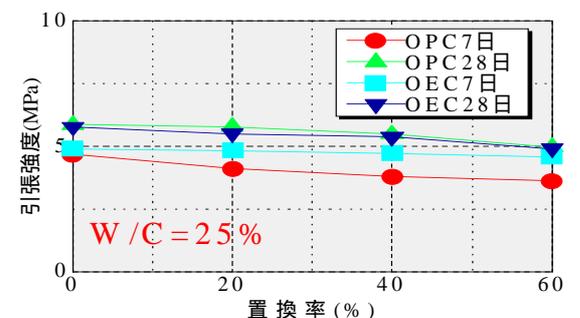


図-8 W/C=25%引張強度試験結果