

B 1 0 - 5

## モルタルに混和材として用いるごみ溶融スラグ微粉末の性状に関する検討

(株)内山アドバンス ○(正)齊藤丈士  
 ものづくり大学 (正)中田善久  
 川崎重工業(株) (賛)菅田雅裕  
 千葉工業大学 (非)池永博威

## 1. はじめに

ごみ溶融スラグは、コンクリート細骨材および道路用骨材として利用できる可能性が高く、現在は2002年に公開された標準情報(TR A 0016およびTR A 0017)を拠り所として、実用化へ向けた様々な取り組みがなされているところである。この用途のうち、コンクリート用細骨材は、受入拠点となる生コン工場が全国各地に点在していることから溶融スラグの実用化に関して流通面での利点があり、さらに、生コン用細骨材の消費量は非常に大量であることから、ごみ溶融スラグの用途として有望である。

しかし、標準情報(TR)は、3年間の運用期間を経てJISへの昇格を目指すものであるが、現状では未だコンクリート用溶融スラグ細骨材はJISになっておらず、生コン用細骨材への普及には至っていない。その反面、ごみ溶融スラグの副産量は年々増加しているため、新たな用途にも目を向けていく必要がある。

そこで、本検討は、ごみ溶融スラグを細骨材以外の用途で生コンに有効利用するために、コンクリート用混和材に着目し、ごみ溶融スラグを粉砕処理して得た微粉末(以下、ごみ溶融スラグ微粉末と称する)の基礎的性状としてこれを混和材に用いたモルタルの品質について検討したものである。

ここでは、比表面積の異なるごみ溶融スラグ微粉末のセメントへの質量による置換率(以下、置換率と称する)を変化させて混和材に用いたモルタルについて、発熱性状を中心とした初期性状を調べ、ごみ溶融スラグ微粉末がモルタルの品質に与える影響に関して検討した結果を述べる。

## 2. 実験概要

粉末度を変化させたごみ溶融スラグ微粉末を混和材に用いたモルタルを練り混ぜ、モルタルの練上がり性状、簡易的な断熱養生を行った場合の発熱性状ならびに標準養生した供試体の圧縮強度性状を調べた。また、比較のために、一部の調合では高炉スラグ微粉末および石灰石粉を用いて検討を行った。

## 2.1 使用材料

ごみ溶融スラグ微粉末は、地方自治体の一般廃棄物処理施設において稼働しているシャフト炉式溶融炉より副産されたごみ溶融スラグをディスクグラインダおよび自動乳鉢を用いて粉砕し、ブレン比表面積を3,000, 4,000および6,000cm<sup>2</sup>/g程度に調整したものとした。ここでは、これらをMS3000, MS4000およびMS6000と称する。また、比較に用いた高炉スラグ微粉末および石灰石粉は、ブレン比表面積が4,000および3,000cm<sup>2</sup>/g程度のものである。ここでは、これらをBS4000およびLP3000と称する。なお、セメントには普通ポルトランドセメント、水には上水道水、細骨材には砂を用いた。実験に用いた材料を表1に示す。

## 2.2 実験の要因と水準およびモルタルの調合条件

実験の要因は、モルタルに使用する混和材の種類およびセメントへの置換率とした。なお、モルタルの調合条件は、水粉体比が50%、砂粉体比が2で、練上がりの空気量を1.5±1.0%、モルタル温度を20±1.5℃とした。実験の要因と水準およびモルタルの調合条件を表2に示す。

表1 使用材料

種類	名称	概要
セメント	普通ポルトランドセメント	密度3.16g/cm <sup>3</sup> , ブレン比表面積3,300cm <sup>2</sup> /g
水	上水道水	千葉県浦安市
混和材	MS3000	密度2.87g/cm <sup>3</sup> , ブレン比表面積3,500cm <sup>2</sup> /g
	MS4000	密度2.87g/cm <sup>3</sup> , ブレン比表面積4,100cm <sup>2</sup> /g
	MS6000	密度2.87g/cm <sup>3</sup> , ブレン比表面積5,800cm <sup>2</sup> /g
	BS4000	密度2.94g/cm <sup>3</sup> , ブレン比表面積4,350cm <sup>2</sup> /g
	LP3000	密度2.72g/cm <sup>3</sup> , ブレン比表面積3,180cm <sup>2</sup> /g
細骨材	砂	山砂, 千葉県君津市産, 表乾密度2.59g/cm <sup>3</sup>

[連絡先] 〒279-0043 浦安市富士見1-7-23 ㈱内山アドバンス 中央技術研究所 コンクリート製品研究室  
 齊藤丈士 Tel:047(353)6161 Fax:047(353)6110 E-mail:t-saito@uchiyamagroup.com  
 キーワード: ごみ溶融スラグ, 混和材, 置換率, 温度上昇量, 圧縮強度

### 2.3 モルタルの練混ぜ方法

モルタルは、JIS R 5201(セメントの物理試験方法)における強さ試験に用いるモルタルに準拠して合計4分間練り混ぜた。

### 2.4 試験項目および方法

フレッシュモルタルの試験は、練上りにおけるモルタルフロー、空気量およびモルタル温度、測定開始から3時間後のブリーディング率、簡易的な断熱容器による温度上昇量とした。また、硬化モルタルの試験は、標準養生したφ50×100mmの供試体による材齢7日および28日における圧縮強度とした。試験項目および方法を表3に示す。なお、簡易的な断熱容器による温度上昇量は、押出成形ポリスチレンフォームを用いてモルタル部分の寸法がW100×D100×H200

mm、モルタル部分に対する上下面および側面の押出成形ポリスチレンフォームの厚さが150mmの簡易的な断熱容器を作製し、練り上がったモルタルをこの断熱容器に充填し、モルタル中心部の温度を1時間に2回、5日間測定した。また、外気温のモルタル温度への影響を考慮して、測定中の雰囲気温度は20℃で一定とした。

## 3. 結果および考察

### (1) 練上がりにおけるモルタルのフレッシュ性状

置換率とフロー値の関係を図1に示す。ごみ溶融スラグ微粉末を用いたモルタルのフロー値は、混和材を用いないモルタル(以下、ベースモルタルと称する)に対し、MS6000の場合に置換率の増大に伴い若干低下する傾向を示したが、その低下の程度は、BS4000およびLP3000よりも若干小さかった。また、MS3000およびMS4000を用いた場合のフロー値は低下せず、置換率60%以上で僅かに増大する傾向にあった。これより、混和材に用いるごみ溶融スラグ微粉末が流動性を著しく損ねる可能性は小さいと思われる。なお、空気量およびモルタル温度は、全ての調合において調合条件を満足していた。

### (2) ブリーディング率

置換率とブリーディング率の関係を図2に示す。ごみ溶融スラグ微粉末を用いたモルタルのブリーディング率は、ベースモルタルと比較してMS3000で増大し、MS4000ではほぼ同等となり、MS6000で減少する傾向にあった。これより、ごみ溶融スラグ微粉末は、粉末度がブリーディング率に及ぼす影響が大きく、また、この影響は、置換率が大きいほど顕著となる可能性がある。

### (3) 簡易的な断熱容器による最高温度

簡易的な断熱容器により養生したモルタルの置換率と最高温度の関係を図3に示す。混和材を用いたモルタルの最高温度は、全ての種類でベースモルタルと比較して低くなる傾向にあり、この低下量はMS3000、

表2 実験の要因と水準およびモルタルの調合条件

実験の要因と水準		モルタルの調合条件			
混和材の種類	混和材の置換率 (%)	水粉体比 (%)	砂粉体比 (S/P)	空気量 (%)	モルタル温度 (°C)
なし	0	50	2	1.5 ±1.0	20.0 ±1.5
MS3000	30, 60				
MS4000	15, 30, 45, 60, 75				
MS6000	30, 60				
BS4000	30				
LP3000	30				

表3 試験項目および方法

	試験項目	試験方法
フレッシュモルタル	フロー値	JIS R 5201
	空気量	JIS A 1128に準拠
	モルタル温度	棒状アルコール温度計
	ブリーディング率	JSCE - F522
	最高温度	簡易断熱容器による
硬化モルタル	圧縮強度	JIS A 1108に準拠

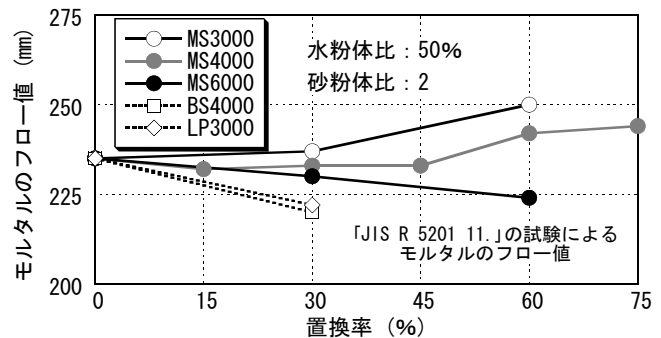


図1 置換率とフロー値の関係

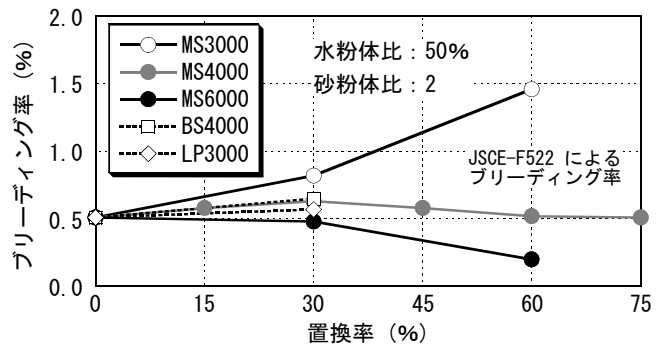


図2 置換率とブリーディング率の関係

MS4000およびLP3000を用いた場合に置換率30%で10℃以上と大きかった。また、ごみ熔融スラグ微粉末を用いた場合の最高温度は、置換率の増大に対しほぼ直線的に低下していた。これより、今回用いたごみ熔融スラグ微粉末は、置換率の増減により水和発熱量を調整できる可能性が高い。

なお、混和材に起因する温度上昇量を検討するために、普通ポルトランドセメントの単位量と温度上昇量(最高温度-練上りのモルタル温度)の関係を図4に示し、その関係式を求めた。さらに、置換率と最高温度の関係がその他の混和材とやや異なると思われるMS6000およびBS4000を除いた場合についても検討した。これによると、MS6000およびBS4000を除いた場合の普通ポルトランドセメントの単位量と温度上昇量には高い相関性があり、また、このときの関係式の切片は原点よりもやや小さかった。これは、本実験に用いたMS3000、MS4000およびLP3000からの発熱は著しく少なく、これらが温度上昇量に与える影響は極めて小さいことを表していると考えられる。

#### (4)セメント水比と圧縮強度の関係

普通ポルトランドセメントの単位量によるセメント水比と圧縮強度の関係を図5に示す。セメント水比と圧縮強度の相関は、材齢7日、材齢28日ともにMS6000およびBS4000を除いた場合に高く、MS6000およびBS4000は、この場合の回帰式よりも同一セメント水比において圧縮強度が高くなる傾向を示した。これより、本実験に用いたMS6000およびBS4000は圧縮強度に若干寄与していると考えられるが、MS3000、MS4000およびLP3000が圧縮強度に与える影響は非常に小さく、これらを用いた場合の圧縮強度は、これらを結合材と見なさない場合の水結合材比(セメント水比)によって調整可能と考えられる。

#### 4. まとめ

ごみ熔融スラグ微粉末を混和材に用いたモルタルの品質について検討した。この結果、本検討において対象としたごみ熔融スラグ微粉末は、比表面積が4,000cm<sup>2</sup>/g程度の場合、流動性を低下させず、ブリーディングを増大させず、また、置換率により発熱や圧縮強度を調整できる傾向にあった。したがって、ごみ熔融スラグ微粉末は、比表面積を調整することによりコンクリート用混和材として発熱調整材や分離低減材として利用できる可能性がある。現状では、高流動コンクリートにおいて材料分離抵抗性を得るために、必要以上の圧縮強度となる単位セメント量を採用しているケースがあるため、今後は、ごみ熔融スラグ微粉末の高流動コンクリートへの利用を視野に入れて検討していきたいと考えている。

#### 謝辞

本実験を行うにあたり、(株)内山アドバンス中央技術研究所の白鳥秀幸所長、女屋英明課長より御指導、御協力を頂きました。また、千葉工業大学工学部建築学科池永研究室2005年度卒業研究生の阿部路子君、小畑桂人君、土橋崇宏君ならびに千葉工業大学大学院 菅原里美君の協力を得ました。ここに付記し、感謝の意を表します。

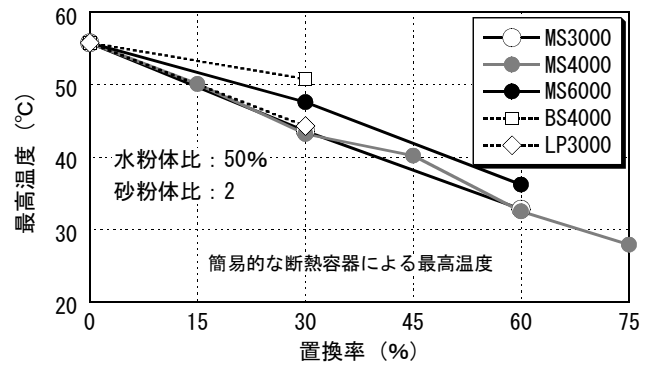


図3 置換率と最高温度の関係

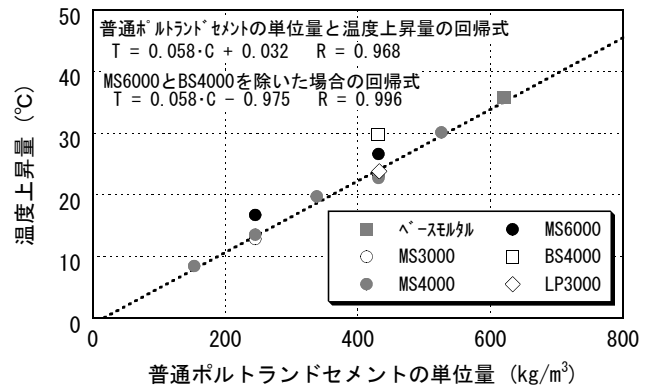


図4 普通ポルトランドセメントの単位量と温度上昇量の関係

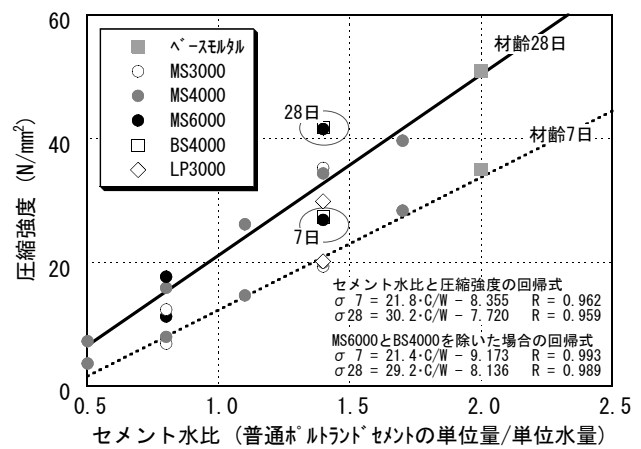


図5 セメント水比と圧縮強度の関係