

ごみ溶融スラグの品質変動および混合する細骨材の違いによる  
コンクリートの品質について - 品質変動およびコンクリートの性状 -

ものつくり大学大学院 鈴木大介 前足利工業大学 毛見虎雄  
ものつくり大学 中田善久 新日本製鉄㈱ 伊能泰夫  
日本大学大学院 大塚秀三 長田昭一  
㈱内山アドバンス 齊藤丈士

1. はじめに

近年、一般廃棄物を溶融処理する過程で副産される溶融固化物（以下、ごみ溶融スラグと称する）は、コンクリート用細骨材の代替材料として、各方面でごみ溶融スラグを用いたコンクリートについての研究は増加している。しかし、ごみ溶融スラグの長期的な品質変動に関する研究は極めて少ない。

そこで、本研究は、ごみ溶融スラグの品質変動を把握するために、ごみ溶融スラグの物理的な品質および化学的な品質について調べたものである。さらに、混合する細骨材の種類の違いによるコンクリートの性状についても調べた。

ここでは、品質として物理的試験および化学的な性状について調べ、混合する細骨材の種類の違いによるコンクリートの性状について調べた結果を述べる。

2. 使用したごみ溶融スラグ

本研究で使用したごみ溶融スラグは、首都圏の代表的なベッタウンの一つであるN市に設置されている一般廃棄物処理施設である。一般廃棄物処理施設は、ごみ溶融スラグの原料となる一般廃棄物を1700～1800の高温で溶融処理を行うことのできるシャフト炉式ガス化直接溶融炉により直接溶融し、水砕処理により固化した後、磁選機によりメタルを除去したものである。また、ごみ溶融スラグの原料は、一般ごみ、残渣、し尿および汚泥である。

3. 実験概要

シャフト炉式直接溶融炉より得られたごみ溶融スラグを定期的に採取し、物理的試験、化学的試験およびコンクリートに混入し検討を行った。また、混合する細骨材の違いによるコンクリートで使用した細骨材は、山砂、山砂+ごみ溶融スラグおよび山砂+ごみ溶融スラグ+石灰石（以下、普通コン、スラグコン、石化石コン

表1 実験概要一覧

実験項目		目的	概要	試料採取時期	試験項目	試験方法
品質の変動	物理的試験	月ごとの品質を確認する	月1回試料を任意の異なる位置より採取し試験を行った	平成15年7月～平成17年8月	ふるい分け	JIS A 1102
					密度及び吸水率	JIS A 1109
	微粒分量				JIS A 1103	
	単位容積質量及び実積率				JIS A 1104	
	粒形判定実積率				JIS A 5005	
化学的試験			平成16年4月～平成17年3月	平成3年環境庁告示第46号		
混合する細骨材の違いによるコンクリート性状		混合する細骨材によっての性状を確認する	山砂、ごみ溶融スラグおよび石灰石の混合割合を変化させた	平成16年9月および平成17年7月	スランプ	JIS A 1101
					空気量	JIS A 1128
					ブリーディング	JIS A 1123
					凝結時間	JIS A 1147
					圧縮強度	JIS A 1108

Quality of Concrete By The Difference From Quality Change and Blended Fine Aggregate of Waste Slag - Properties of Quality Change and Concrete -

Daisuke SUZUKI, Yoshihisa NAKATA, Shuzo OTSUKA, Takeshi SAITO,  
Torao KEMI, Yasuo IYOKU and Shouichi OSADA

表3 使用材料

材料	種類	品質・主成分
セメント	普通ポルトランドセメント	密度：3.16g/cm <sup>3</sup>
水	上水道水	-
細骨材	千葉県君津市産山砂	表乾密度：2.59g/cm <sup>3</sup> ，粗粒率：2.49 吸水率：1.97%，微粒分量：1.3%
	ごみ溶融スラグ	-
粗骨材	羽鶴鉱山産石灰石	表乾密度：2.67g/cm <sup>3</sup> ，粗粒率：2.79 吸水率：1.41%，微粒分量：3.89%
	栃木県栃木市産砕石2005	表乾密度：2.64g/cm <sup>3</sup> ，粗粒率：6.65 吸水率：1.05%，実積率：59.1%
化学混和剤	高性能AE減水剤	ポリカルボン酸系化合物
	AE剤	アルキルテール型陰イオン界面活性剤

表4 調合条件と要因および水準

項目	水準	
調合条件	単位水量	170kg/m <sup>3</sup>
	水セメント比	45%
	スランブ	21.0±1.0cm
	空気量	4.5±1.0%
	コンクリート温度	20.0±1.5
要因	細骨材の種類	山砂
		山砂+ごみ溶融スラグ
		山砂+ごみ溶融スラグ+石灰石
	細骨材の混合割合(質量比)	山砂(10) 山砂(7)：ごみ溶融スラグ(3)
		山砂(50)：ごみ溶融スラグ(30) ：石灰石(20)
スラグ採取時期	H16年9月およびH17年7月	

と称する)の3種類とした。実験概要一覧を表1，混合する細骨材の違いによるコンクリート性状に使用した材料を表2および調合条件と要因および水準を表3に示す。

5. 結果および考察

(1) 物理的試験

粒度分布の範囲

粒度分布を図1に示す。粒度分布は、一部を除き概ねTR<sup>1)</sup>に示されるMS5の粒度の範囲にあった。また、粒子径の構成割合は、全体に0.6mmふるいに留まる量が最も多かった。なお、MS5の粒度の範囲を超えたごみ溶融スラグでは、1.2mmふるいの通過率が大きかった。これより、TRに示される粒度の範囲を超える場合、ふるい分けにより1.2mm未満の粒子をある程度除去してMS5の範囲とするかまたは破碎処理などにより0.6mm未満の粒子を増やし、MS2.5の範囲とする必要がある。

物理的品質

物理的試験の結果を図2に示す。物理的品質の変動は、一部を除き小さかったが、粗粒率、実積率および粒形判定実積率において、一部大きく変動する場合があった。このうち、粗粒率は、H15年12月における最大値2.69とH16年4月における最小値2.24で0.4以上の差があり、TRにおいて購入契約時に定めた値±0.20を超える可能性がある。このばらつきは、水砕するときの融液と水の温度差が一定とならないことが影

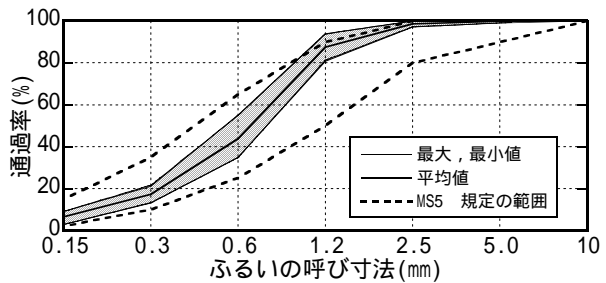


図1 粒度分布

響している可能性がある。また、粒形判定実積率は、TRの規定値を下回る場合があった。物理試験を行い最も変動が大きかったのは平成16年4月に採取したスラグであるが、この時期は、対象とした一般廃棄物処理施設のメンテナンス期間となっており、通常は昼夜連続運転を行っている溶融処理設備の再稼働直後に試料を採取したことが分かった。これにより、メンテナンスや段取り替えなどによる再稼働直後のごみ溶融スラグは、通常稼働時と比べて品質が大きく変動する可能性がある。

(2) 化学的品質

化学的試験の結果を表6に示す。化学的試験は、全ての測定項目とも平成3年環境庁告示第46号に記載されている環境基準値を満足する結果となった。また、既往の研究<sup>2)</sup>では、5種類のスラグについて測定を行っているが、全てのスラグとも定量下限値未満を示した。

(3) 混合する細骨材の違いによるコンクリート

### ブリーディング量

混合する細骨材の違いとブリーディング量の関係を図1に示す。ブリーディング量は、普通コンおよびスラグコンは同等な結果であったが、石灰石コンは若干多くなる傾向を示した。また、H16年度とH17年度を比較すると、普通コンおよびスラグコンは同等な傾向であったが、石灰石コンはH17年度の方が若干少なくな

る傾向を示した。なお、ブリーディング量は全体に $0.3\text{cm}^3/\text{cm}^2$ 未満であり、本実験の範囲では、スラグコンのブリーディング量は問題ない。

### 凝結時間

混合する細骨材の違いと凝結時間の関係を図2に示す。凝結試験は、普通コンとスラグコンおよび石灰石コンを比較すると、若干短くなる傾向を示した。また、H16年度とH17年度を比較すると、H16年度は石灰石コン<スラグコン<普通コンの順に短くなる傾向を示したが、H17年度では、普通コン<スラグコン<石灰石の順に短くなる傾向を示した。この原因は、現在のところ不明である。

### 圧縮強度

混合する細骨材の違いと圧縮強度の関係を図3に示す。圧縮強度は、材齢の経過に伴い増大する傾向を示した。また、普通コンと比較した場合、スラグコンは同等な傾向であったが、石灰石コンは若干大きくなる傾向を示した。これは、現在のところ不明であるが、混合する細骨

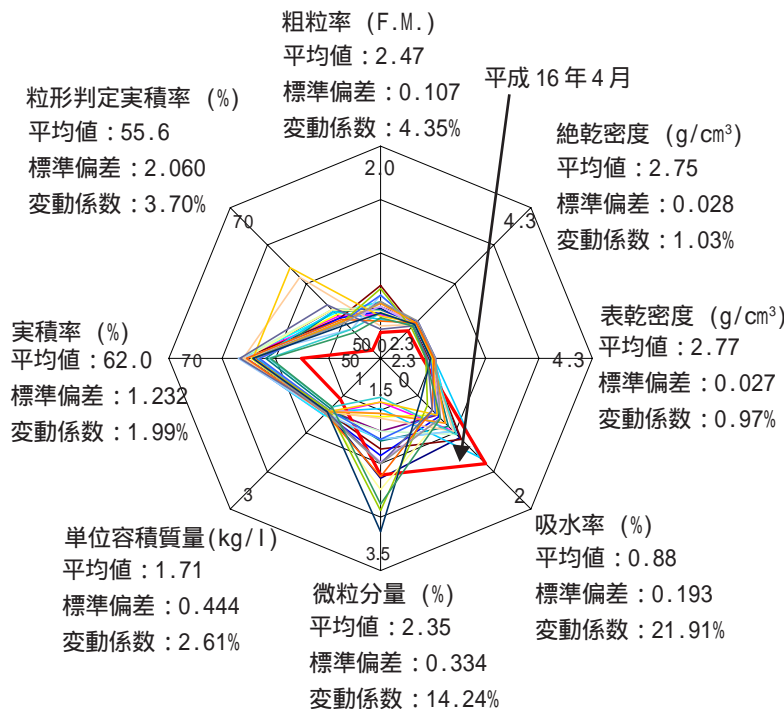


図1 物理的試験結果

表6 化学的試験結果

測定項目	測定結果												定量 下限量	環境 基準
	H16年度						H17年度							
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月		
カドミウム (mg/l)	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.001	0.01以下
鉛 (mg/l)	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.005	0.01以下
六価クロム (mg/l)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.05以下
砒素 (mg/l)	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.005	0.01以下
総水銀 (mg/l)	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	0.0005	0.0005以下
セレン (mg/l)	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.002	0.01以下
フッ素 (mg/l)	0.3	<0.1	0.1	0.1	0.1	<0.1	0.3	0.2	0.1	0.2	0.1	<0.1	0.1	0.8以下
ホウ素 (mg/l)	0.02	0.1	0.14	<0.01	0.02	0.02	<0.01	0.01	<0.01	0.07	0.02	<0.01	0.01	1以下

< : 定量下限値未満

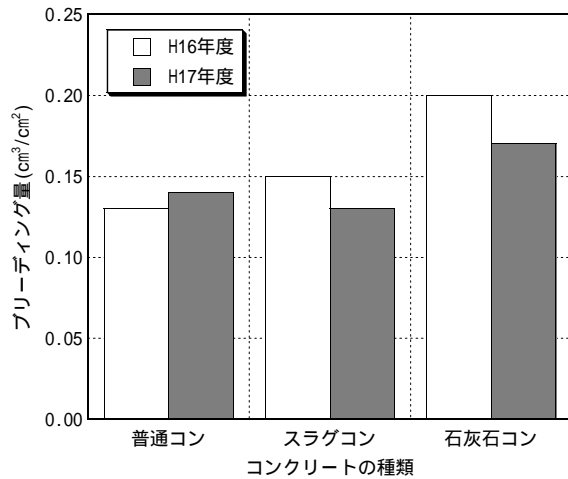


図1 混合する細骨材の違いとブリーディング量の関係

材の種類を換えることにより、材齢の経過に伴う強度増進が違ふ可能性がある。なお、H16年度とH17年度を比較すると、全てほぼ同等な傾向を示した。

#### 6. まとめ

粒度分布は、一部を除き概ねTRに示されるMS5の粒度の範囲にあった。また粒子径の構成割合は、全体に0.6mmふるいに留まる量が最も多かった。

物理的試験は、一部を除き小さかったが、一部大きく変動する場合があった。また、粒形判定実積率は、TRの規定値を下回る場合があった。

化学的試験は、全ての測定項目とも基準値を満足する結果となった。

ブリーディング量は、普通コンおよびスラグコンは同等な結果であったが、石灰石コンは若干多くなる結果となった。

凝結時間は、普通コンに対し、スラグコンおよび石灰石コンとも若干短くなる傾向を示した。

圧縮強度は、普通コンに対し、スラグコンは同等であったが、石灰石コンは若干大きくなる傾向を示した。

今後も、物理的および化学的試験を通年行って行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

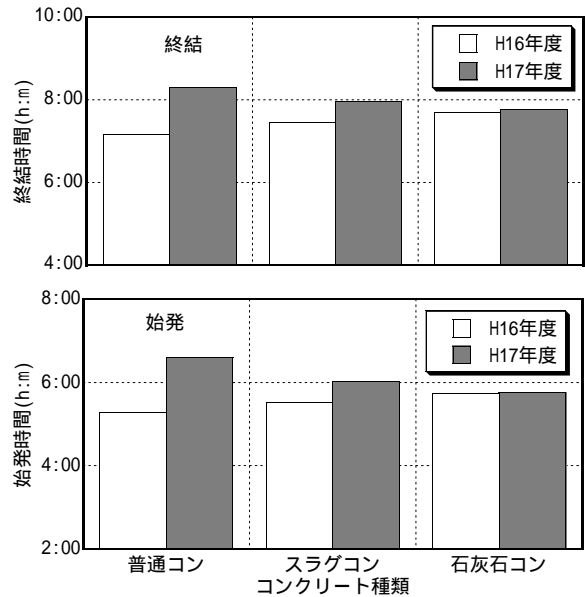


図2 混合する細骨材の違いと凝結時間の関係

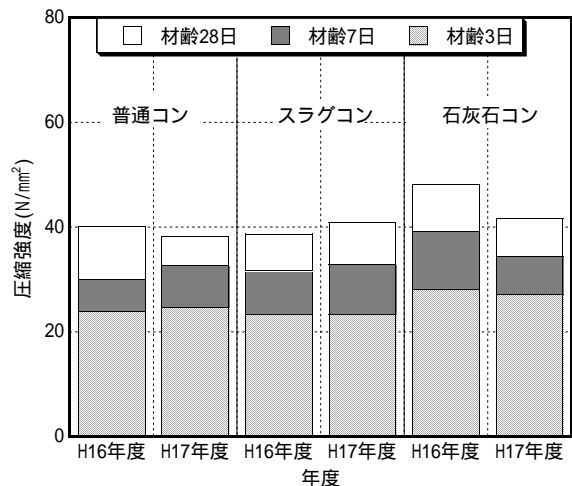


図3 混合する細骨材の違いとブリーディング量の関係

中央技術研究所 女屋英明課長,(株)向井建設 辻村純一氏(ものづくり大学平成16年度卒業研究生)ならびにもものづくり大学 中田研究室 学生のみなさまより多大なご協力を頂きました。ここに記し、感謝の意を表します。

#### 【参考文献】

- 1) 日本規格協会, TR A 0016 一般廃棄物, 下水汚泥等の溶融固化物を用いたコンクリート用細骨材(コンクリート用溶融スラグ細骨材), (2002.7)
- 2) 川端雄一郎ほか, 溶融方法が都市ごみ溶融スラグの化学的・物理的性状に及ぼす影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.26, No.1, (2004)