

ごみ溶融スラグ細骨材の品質変動に関する研究

ものづくり大学
(株)内山アドバンス
新日本製鐵(株)

○辻村純一 中田善久 鈴木大介 大塚秀三
齊藤丈士 前足利工業大学 毛見虎雄
伊能泰夫

1. はじめに

近年、一般廃棄物の排出量はほぼ一定で推移しているが、再生利用量およびリサイクル率が増加してきているため、最終処分量は減少してきている。しかし、最終処分場の残余年数は、依然逼迫しており、一般廃棄物の減容化および再資源化を目的とした溶融固化設備を導入する自治体が増加している¹⁾。この溶融固化設備において製造される溶融固化物(以下、ごみ溶融スラグ細骨材と称する)は、コンクリート用細骨材に有効利用できるとされ、2002年7月に「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)」²⁾が公表されたのをはじめとして、利用促進が図られている。

ごみ溶融スラグ細骨材は、原料である一般廃棄物が、季節や地域により異なる²⁾ため、ごみ溶融スラグ細骨材の品質が変動する可能性があり、注意が必要であるがこれまでにごみ溶融スラグ細骨材の品質変動に関して検討している研究³⁾は極めて少ない。

そこで、本研究は、ごみ溶融スラグ細骨材の品質変動を把握するために、2ヶ所の地域から産出されたごみ溶融スラグ細骨材について、物理的な品質の変動を調べたものである。ここでは、ごみ溶融スラグ細骨材の品質として、TR A 0016 に示される物理的性状について、月1回行なった骨材試験の結果について述べる。さらに、ごみ溶融スラグ細骨材を混合用細骨材として使用したコンクリートの性状について検討した結果を述べる。

2. ごみ溶融スラグ細骨材の品質変動

2.1 実験概要

ごみ溶融スラグ細骨材の品質変動を把握するため、千葉県溶融炉で製造されたごみ溶融スラグ細骨材(以下、NS と称する)および秋田県溶融炉で製造されたごみ溶融スラグ細骨材(以下、AK と称する)を用いて、TR A 0016 に示される物理的性状について月1回骨材試験を行なった。NS は、平成15年7月から平成16年9月、AK は、平成16年4月から9月までのものとし、これらの品質変動についての検討を行った。

本研究で用いたごみ溶融スラグ細骨材は、千葉県および秋田県にあるシャフト炉式ガス化直接溶融炉において、ごみを直接高温で溶融(1700～1800℃)し、水砕した後、磁選機によりメタルを除去したものである。

溶融スラグ細骨材の原料は、一般ごみ、リサイクル施設における資源選別後の残渣およびし尿・汚泥であり、秋田県にある溶融炉は、それらに加え焼却施設から出る残渣である。また、試料は、これらのごみ溶融スラグ細骨材を月1回、貯蔵ヤードの複数の任意の位置より採取し混合したものである。

試験項目および試験方法を表1に示す。

2.2 結果および考察

粒度分布の範囲を図1に、骨材試験の各試験結果を図2に示す。

粒度分布は、NS およびAK とともに、2.5から1.2mmの範囲の粒子が少なく、0.6から0.3mmの範囲の粒子が多くなる傾向を示した。また、NSの場合2.5から1.2mm、AKの場合0.6から0.3mmの範囲において、TR A 0016 に示されるMS5の上限値または下限値を超える場合があった。

粗粒率は、全体にばらつきが小さかったが、AKの平成16年9月における値が大きく、この値は、AKのばらつきの2σの範囲を超えていた。これは、0.6mmのふるいにとどまる量が多く、その他のふるいにとどまる量が少なかったためだと考えられる。

微粒分量は、全体にばらつきが小さかったが、AKの平成16年9月においては値が小さく、この値は、AKのばらつきの2σの範囲を超えていた。また、AKの変動係数が、NSに対し大きくなった。これは、ふるい分け試験の結果において0.6mmのふるいにとどまる粒子の量が多く、比較的単粒度であったことが影響し、0.6mm以下の粒子が全体に少く微粒分量も同時に減少したためと考えられる。変動係数が大きくなったのは、AKの微粒分量の平均が小さいこと、AKのデータが少ないことが影響していると考えられる。また、NSおよびAKは、共に、TR A 0016の規定値7.0%以下を満足していた。

単位容積質量及び実積率は、全体に若干の変動はあるものの、変動係数は小さく、ばらつきは小さいと言

表1 試験項目および試験方法

試験項目	試験方法
ふるい分け	JIS A 1102
微粒分量	JIS A 1103
単位容積質量及び実積率	JIS A 1104
密度及び吸水率	JIS A 1109
粒形判定実積率	JIS A 5005

Study on Quality Change of Molten Slag Fine Aggregate

Jyunichi TSUJIMURA, Yoshihisa NAKATA, Daisuke SUZUKI, Shuzo OTSUKA, Takeshi SAITO
Torao KEMI and Yasuo IYOKU

える。

密度及び吸水率は、全体に若干の変動はあるものの、NSおよびAKの密度の変動係数は小さく、ばらつきは小さいと言える。また、NSおよびAKは、共に、TR A 0016の絶乾密度および吸水率の規定値 $2.5\text{g}/\text{cm}^3$ 以上および3.0%以下を満足していた。

粒形判定実積率は、全体にばらつきが小さかったが、NSの平成16年7月において値が小さく、この値は、NSのばらつきの 2σ の範囲を超えていた。これは、他の月よりも全体に角張った粒子が多かったことが影響していると考えられる。また、NSおよびAKは、共に、TR A 0016の規定値53.0%以上を満足していた。

以上の結果により、全体にばらつきはあるものの、ごみ溶融スラグ細骨材の物理的品質は、比較的安定していることがわかった。ただし、試験の項目によっては、変動が大きくなる場合があるため、注意が必要である。また、AKの通年でデータの蓄積が必要と思われる。

3. ごみ溶融スラグ細骨材を用いたコンクリートの性状

3.1 実験概要

細骨材の容積に対するごみ溶融スラグ細骨材の使用割合(以下、置換率と称する)を30%とし、水セメント比を変化させたコンクリートについて、各種試験を行った。なお、ごみ溶融スラグ細骨材の置換の対象とした細骨材には、山砂および山砂と砕砂の混合物を用いた。

(1) 使用材料

使用材料を表2に示す。細骨材には、山砂、砕砂および2種類の溶融スラグ細骨材の4種類を使用した。なお、ごみ溶融スラグ細骨材は、2種類とも平成16年9月に製造されたものを使用した。

(2) 要因と水準

実験の要因と水準を表3に示す。細骨材の混合割合を山砂:砕砂:ごみ溶融スラグ細骨材の割合で、100:0:0, 70:0:30および50:20:30の3水準、水セメント比を40, 45および50%の3水準とした。

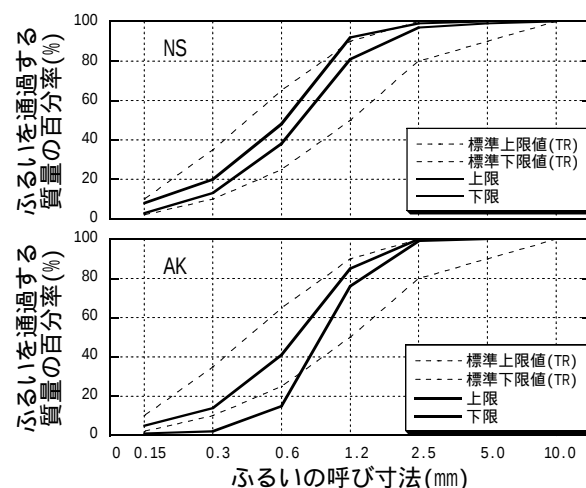


図1 粒度分布図

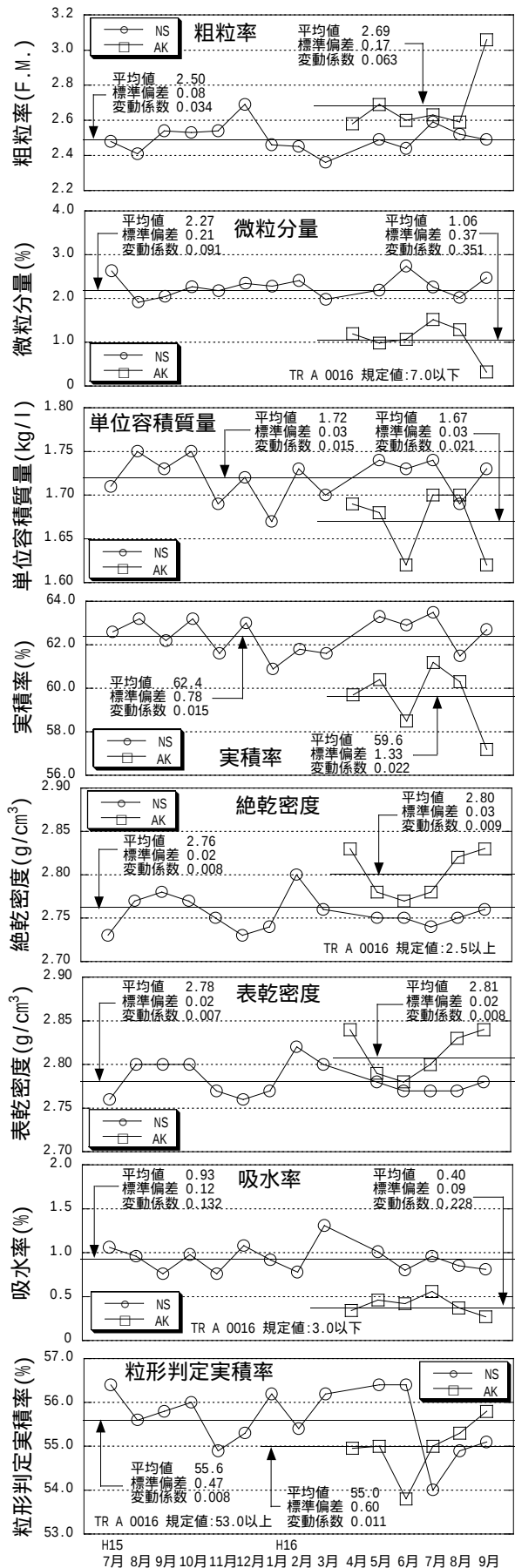


図2 骨材試験の各試験結果

調合条件として、スランブおよび空気量の目標値は、 $21.0 \pm 1.0\text{cm}$ および $4.5 \pm 1.0\%$ とした。また、所要のスランブおよび空気量を得るために、高性能AE減水剤およびAE剤の使用量を調整した。

(3)試験項目および試験方法

試し練りにおける試験項目および試験方法を表4に示す。圧縮強度試験は、現段階で結果が得られていないため、ここではブリーディング量および凝結時間の結果について述べる。

3.2 結果および考察

コンクリートの調合およびフレッシュコンクリートの試験結果を表5に示す。NSを用いたコンクリート(以下、NSコンと称する)およびAKを用いたコンクリート(以下、AKコンと称する)は、普通コンクリート(以下、普通コンと称する)に対し、いずれの水セメント比においても同一のスランブおよび空気量を得るために、高性能AE減水剤およびAE剤の使用量が減少する傾向となった。これは、山砂にごみ溶融スラグ細骨材を30%置換した場合、山砂のみの場合よりも粒度が適切な範囲となることにより細骨材全体の実積率が向上し、空隙を満たすのに必要なセメントペースト量が減少するためと考えられる。山砂にごみ溶融スラグ細骨材を混合したときの粒度分布を図3に示す。また、AE剤が減少したのは、ごみ溶融スラグ細骨材を置換するとエントラップエアが増大する³⁾ためだと考えられる。

水セメント比とブリーディング量の関係を図4に示

す。水セメント比40%の場合、ごみ溶融スラグ細骨材の置換の有無にかかわらず、ブリーディング量はほぼ一定であった。また、水セメント比45および50%において砕砂を用いない場合、ブリーディング量は、NSコンでは普通コンに対して増加し、AKコンでは普通コンに対してやや減少した。さらに、砕砂の使用は、水セメント比50%においてブリーディング量を増大させる傾向を示した。これは、細骨材中の山砂の割合が少なくなったことおよび単位セメント量が少ないことが影響してモルタル部分の粘性が低くなったためと考えられる。

水セメント比と凝結時間の関係を図5に示す。凝結時間は、水セメント比が大きくなるほど長くなる傾向を示した。また、NSコンおよびAKコンの始発時間は、

表2 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: $3.16\text{g}/\text{cm}^3$
水	上水道水	-
粗骨材	栃木県栃木産 砕石2005	表乾密度: $2.64\text{g}/\text{cm}^3$, 粗粒率: 6.65 実積率: 59.1%, 吸水率: 1.05%
細骨材	千葉県君津産 山砂	表乾密度: $2.59\text{g}/\text{cm}^3$, 粗粒率: 2.49 吸水率: 1.97%, 微粒分量: 1.30%
	埼玉県秩父産 砕砂	表乾密度: $2.64\text{g}/\text{cm}^3$, 粗粒率: 2.90 吸水率: 1.26%, 微粒分量: 2.7%
	千葉県 ごみ溶融スラグ細骨材	表乾密度: $2.78\text{g}/\text{cm}^3$, 粗粒率: 2.49 吸水率: 0.81%, 微粒分量: 2.47%
	秋田産 ごみ溶融スラグ細骨材	表乾密度: $2.84\text{g}/\text{cm}^3$, 粗粒率: 3.06 吸水率: 0.27%, 微粒分量: 0.32%
化学混和剤	高性能AE減水剤 標準型 型	ポリカルボン酸系化合物
	AE剤	アルキルエーテル型 陰イオン界面活性剤

表4 試し練における試験項目および試験方法

試験項目	試験方法
スランブ	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

表3 実験の要因と水準

要因	水準
スラグ置換率(%) (山砂:砕砂:スラグ)	100:0:0, 70:0:30および50:20:30
水セメント比(%)	40, 45および50
スランブ(cm)	21.0 ± 1.0
空気量(%)	4.5 ± 1.0

表5 コンクリートの調合およびフレッシュコンクリートの試験結果

種類	ごみ溶融スラグ 細骨材の置換率 (%)	砕砂の 置換率 (%)	水 セメント 比 (%)	SPC ¹⁾ の 添加率 ($C \times \%$)	AE剤の 使用量 ($C \times 10^{-5}$)	単位量 (kg/m^3)							スランブ (cm)	空気量 (%)
						W	C	S1 ²⁾	S2 ³⁾	S3 ⁴⁾	G	SPC		
普通 コンクリート	-	-	50	0.600	5.00	170	340	850	-	-	925	2.04	21.5	4.9
			45	0.600	5.00		378	818	-	-		2.27	22.0	4.0
			40	0.600	5.00		425	782	-	-		2.55	20.5	5.4
NS コンクリート	30	-	50	0.450	3.00	170	340	596	-	272	925	1.56	21.0	5.5
			45	0.400	3.00		278	572	-	264		1.52	20.0	4.2
			40	0.500	3.00		425	546	-	253		2.15	22.0	4.0
		20	50	0.500	3.00		340	425	174	272		1.36	20.5	3.6
			45	0.450	3.00		378	409	166	264		1.70	21.5	5.0
			40	0.500	3.00		425	391	158	253		2.13	22.0	3.2
AK コンクリート	30	-	50	0.450	3.00	170	340	596	-	278	925	1.53	20.5	4.9
			45	0.500	3.00		378	572	-	270		1.89	21.0	4.6
			40	0.550	3.00		425	546	-	258		2.34	22.0	4.1
		20	50	0.450	3.00		340	425	174	278		1.53	21.0	4.3
			45	0.500	3.00		378	409	166	270		1.89	22.0	5.2
			40	0.550	3.00		425	391	158	258		2.34	22.0	4.5

1 高性能AE減水剤 2 山砂 3 砕砂 4 ごみ溶融スラグ細骨材

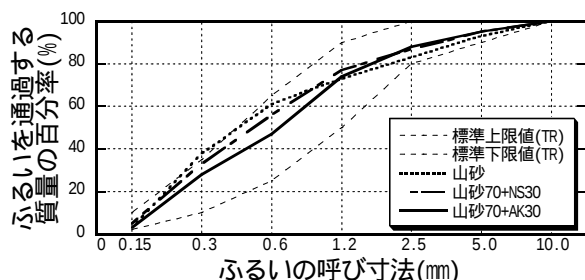


図3 山砂にごみ溶融スラグ細骨材を混合したときの粒度分布図

砕砂の使用の有無にかかわらず全体に普通コンよりも遅くなる傾向を示した。この原因は、現時点で不明であるが、振動限界と呼ばれている⁴⁾始発時間が遅くなることは、コールドジョイントの防止につながる可能性がある。さらに、終結時間は、砕砂を用いない場合には普通コンよりも遅くなり、砕砂を用いた場合には普通コンと同等となった。これは、砕砂を用いた場合には始発時間から終結時間までが短いことを表している。これらのことにより、ごみ溶融スラグ細骨材は、混合する細骨材の種類によって凝結時間が変化する可能性があり、注意が必要と言える。

4. まとめ

ごみ溶融スラグ細骨材の品質変動を把握するために、物理的品質について、月1回の骨材試験を行なった。また、ごみ溶融スラグ細骨材を用いたコンクリートの性状について検討した。この結果から以下のことがわかった。

(1) ごみ溶融スラグ細骨材の品質の変動

全体にばらつきはあるものの、ごみ溶融スラグ細骨材の物理的品質は、比較的安定している。ただし、試験の項目によっては、品質の変動が大きくなる場合がある。

(2) ごみ溶融スラグ細骨材を用いたコンクリートの性状
ブリーディング量は、水セメント比 40% の場合においてごみ溶融スラグ細骨材の有無にかかわらずほぼ一定であった。また、砕砂を使用した場合のブリーディング量は、水セメント比 50% において増大する傾向となった。

ごみ溶融スラグ細骨材を用いたコンクリートの始発時間は、砕砂の有無にかかわらず普通コンに対して遅くなる傾向となった。また、ごみ溶融スラグ細骨材を用いたコンクリートは、混合する細骨材の種類によって凝結時間が変化する可能性がある。

今後は、製造地域が異なるごみ溶融スラグ細骨材の品質変動について通年のデータを蓄積していく予定である。

【謝辞】

本実験を行なうにあたり、新日本製鐵(株) 長田昭一郎長代理、(株)内山アドバンス中央技術研究所 女屋英明課長、ならびに森田鉄也君(ものつくり大学建設技能工芸学科)より多大なご協力を頂きました。ここに記して深謝致します。

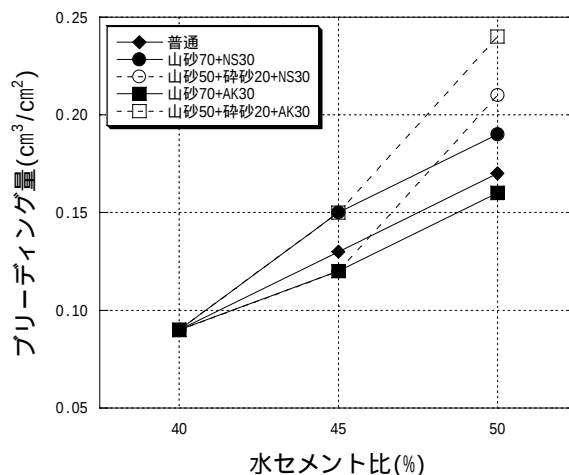


図4 水セメント比とブリーディング量の関係

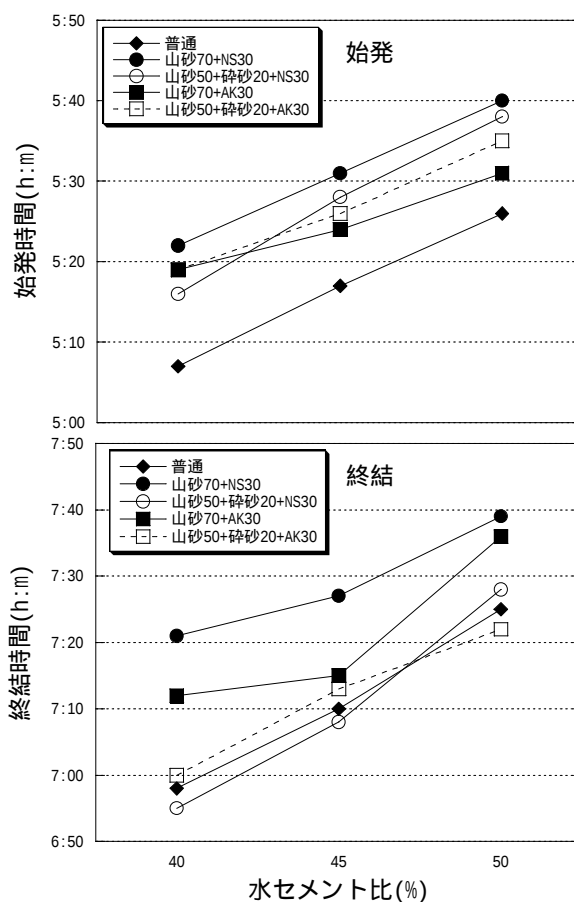


図5 水セメント比と凝結時間の関係

【参考文献】

- 1) 大迫政浩, 貴田昌子, 酒井伸一, 若松秀樹, 溶融施設の稼働状況と溶融スラグの有効利用状況調査, 第14回廃棄物学会研究発表会講演論文集, (2003), pp533-535
- 2) 日本規格協会, 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), TR A 0016, (2002.7)
- 3) 越川茂雄, 伊藤義也, 佐藤次郎, 金子輝一, 焼却灰溶融スラグのコンクリート用細骨材への利用に関する研究, コンクリート工学論文集, (2005.5), pp39-47
- 4) 社団法人 日本コンクリート工学協会, コンクリート技術の要点 03, (2003)