

都市ゴミ溶融スラグのコンクリート用材料への適用に関する基礎的研究

矢作建設工業(株) ○ 正会員 服部啓二 正会員 桐山和也
日本コンクリート(株) 青山敬 竹本油脂(株) 正会員 山口昇三
名古屋工業大学大学院 正会員 梅原秀哲

1. はじめに

都市ゴミ溶融スラグ（以下スラグと呼ぶ）とは、各家庭などで排出される一般廃棄物及びその焼却残さを溶融固化処理したものである。溶融固化処理は最終埋処分量の低減、残さの無害化等を目的とし、環境保全の観点から今後急速に増加すると考えられる。現在、このスラグを建設資材として利用するため多くの研究^{1) 2)}が行われている。溶融方式、地域等の相違により材料特性が異なることが予想されるが、スラグを有効利用することは、資源のリサイクルの観点から社会的意義が大きく、各々について検討を行い用途を選定することが重要であると考えられる。

そこで本研究では、スラグをコンクリート用材料として活用することを目的に、スラグの物理化学的性質ならびにスラグを細骨材の内割置換で用いたモルタルにより、スラグの利用に関する基礎的検討を行った。

2. 溶融スラグの物理化学的性質

本研究で用いたスラグは、シャフト炉式ガス化溶融炉より排出される Sg1、プラズマ式溶融炉より排出される Sg2 ならびに電気抵抗式溶融炉より排出される Sg3 である。Sg1 は可燃ゴミ、不燃ゴミを溶融した後水砕したものであり、排出量は 1～2t/日である。Sg2 は主灰、飛灰、不燃物残渣を溶融し水砕したものであり、排出量は 8～9t/日である。Sg3 は飛灰、廃ガラスを原料とし空冷したもので、排出量は 10～11t/日である。溶融スラグの化学組成ならびに有害物質の溶出試験結果を表-1 に示す。表よりすべての項目で環境基準を満足するものであった。スラグの粒度曲線を図-1 に、骨材試験結果一覧を表-2 に示す。なお、Sg3 は 5mm を超えるものを取り除き、試験を行った。粒度分布をみると、粗粒分が多く土木学会の標準粒度範囲から外れる。表-2 の骨材試験結果より、物理的性質は、何れのスラグも一般に用いられている天然骨材と同等の品質であったが、Sg2 の塩化物の割合が高い値を示した。また、アルカリ骨材反応性(ASR)は無害であることが認められた。

表-1 溶融スラグの化学組成・溶出試験結果

化 学 組 成 (%)								
成分名	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	その他
Sg1	46.4	16.7	5.5	19.5	2.9	2.8	1.8	4.4
Sg2	38.0	21.0	1.7	30.0	2.9	1.8	0.5	4.1
Sg3	42.8	16.0	0.5	29.5	1.8	7.4	0.5	1.5
溶出試験分析値(mg/l) ※環境庁告示 46 号								
成分名	Cd	Pb	Cr ⁶⁺	As	T-Hg	Se		
Sg1	<0.005	<0.005	<0.01	<0.005	<0.0005	<0.005		
Sg2	<0.001	<0.005	<0.005	<0.001	<0.0005	<0.001		
Sg3	<0.001	<0.005	<0.04	<0.005	<0.0005	<0.002		
溶出基準	≤0.01	≤0.01	≤0.05	≤0.01	≤0.0005	≤0.01		

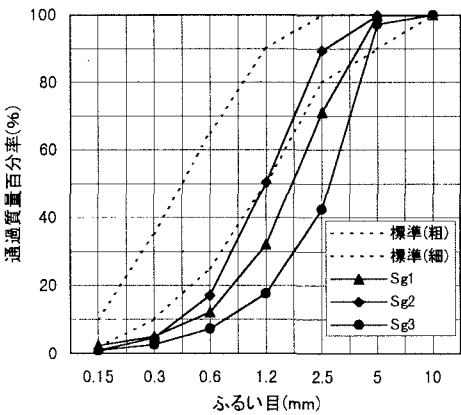


図-1 粒度曲線

表-2 溶融スラグの骨材試験結果一覧

試験項目		試験方法	単位	Sg1	Sg2	Sg3	JIS A 5308
粗粒率		JIS A 1102	—	3.78	3.38	4.32	—
洗い試験		JIS A 1103	%	0.7	0.8	0.4	3.0 以下
単位容積質量		JIS A 1104	kg/m ³	1430	1680	1680	—
実績率		JIS A 1104	%	53.9	58.2	59.8	—
有機不純物		JIS A 1105	%	淡い	淡い	淡い	淡い
密度	表乾	JIS A 1109	g/cm ³	2.68	2.89	2.80	—
	絶乾	JIS A 1109	g/cm ³	2.66	2.88	2.80	2.5 以上
吸水率		JIS A 1109	%	0.76	0.44	0.05	3.5 以下
安定性試験		JIS A 1122	%	6.2	6.8	4.2	10 以下
塩化物		JIS A 5002	%	0.008	0.210	0.010	0.04 以下
すり減り減量		JIS A 1121	%	45.4	78.9	36.5	—
A S R	化学	Rc JIS A 5308	mmol/l	79.2	16.7	6.7	Rc>Sc
		Sc JIS A 5308	mmol/l	34.7	2.4	1.1	
	モルタル	JIS A 5308	%	0.013	0.015	-0.014	0.1 未満

3. モルタルによる検討

試験は、JSCE-F505 を準用し行った。モルタルの基本配合を表-3 に示す。スラグは細骨材容積の内割置換で用いた。スラグの置換率は Sg1、Sg2、Sg3 とし、0、10、20、30、40、50、100% の 7 水準である。試験項目は、フレッシュではフロー値の測定(JSCE-F505)、ブリーディング率ならびに膨張率の測定(JSCE-F522)である。硬化後は材齢 1 週及び 4 週における曲げ強さ試験ならびに圧縮強さ試験(JIS R 5201)である。

表-3 基本配合ならびに使用材料

W/C (%)	単位量 (g/ℓ ³ 中)		
	W	C	S
50.0	400	800	2000
<使用材料>			
C: 普通ポルトランドセメント(密度 3.15g/cm ³)			
S: 豊田産山砂(密度 2.55g/cm ³ , 吸水率 1.32%, 粗粒率 2.82)			

フレッシュの試験結果を図-2 に示す。スラグ置換率とフロー値の関係より、Sg1 は置換率の増加に伴いフロー値が低下し、Sg2 は置換率に係わらず S とほぼ同様の値を示し、Sg3 は置換率 50% までフロー値が増加する傾向がみられた。スラグ置換率と 3 時間ブリーディング率の関係をみると、何れのスラグも置換率の増加に伴い、ブリーディング率が増加した。これはスラグがガラス質であることによると考えられる。スラグ置換率と膨張率の関係より、Sg1 ならびに Sg2 は膨張が確認された。膨張率試験を行った供試体を観察すると、Sg1 ならびに Sg2 を用いたモルタルは表面に気泡による空隙が見られ、空隙にはアルミニウムが反応した後に見られる白色物質²⁾ が確認された。

硬化後の試験結果であるスラグ置換率と曲げ強度の関係を図-3 に、スラグ置換率と圧縮強度の関係を図-4 に示す。図より曲げ強度ならびに圧縮強度は置換率の増加に伴い低下した。細骨材の品質については、JIS A 5308 に有機不純物試験に不合格であった細骨材の使用判定に関する規定があり、モルタルによる圧縮強度比が 0.9 以上であれば購入者の承認を得て用いてよいとしている。よって、この基準を参考にすると、Sg1 ならびに Sg2 の置換率は 10% 程度、Sg3 の置換率は 20% 程度に抑えるのが望ましいと考えられる。

4. まとめ

スラグのコンクリート用材料としての適用性について検討を行った。その結果、物理化学的性質は一般に用いられている天然骨材とほぼ同等であった。また、置換率の増加に伴い強度が低下し、一部のスラグでは膨張する性状が確認された。このことより、使用する場合は試験練り等によりフレッシュ性状ならびに硬化後の物性を確認し、要求性能レベルに応じた置換率を設定する必要がある。

参考文献：1)建設省:公共事業における試験施工のための他産業再生資材試験評価マニュアル案、土木研究所資料、1999.9 2)北辻政文他:ごみ焼却灰溶融スラグのコンクリート用細骨材への適用に関する基礎的研究、農業土木学会論文集、1997

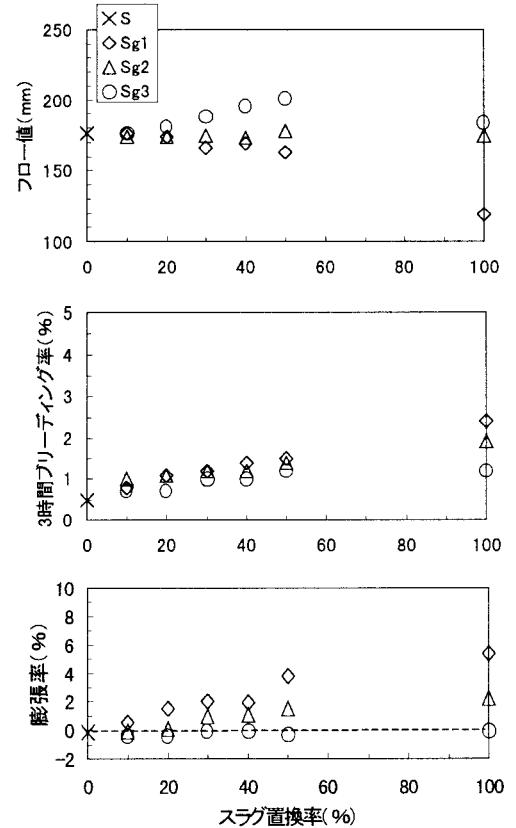


図-2 フレッシュの試験結果

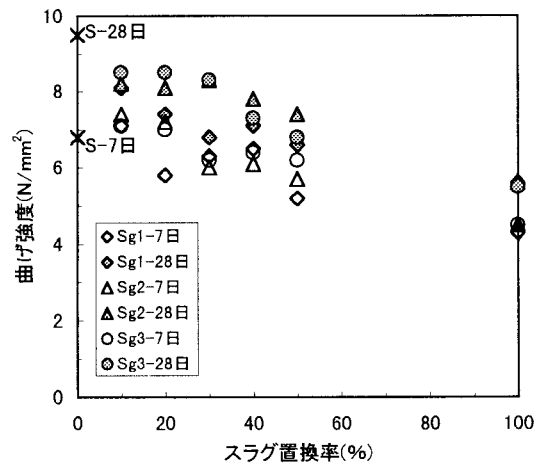


図-3 スラグ置換率と曲げ強度の関係

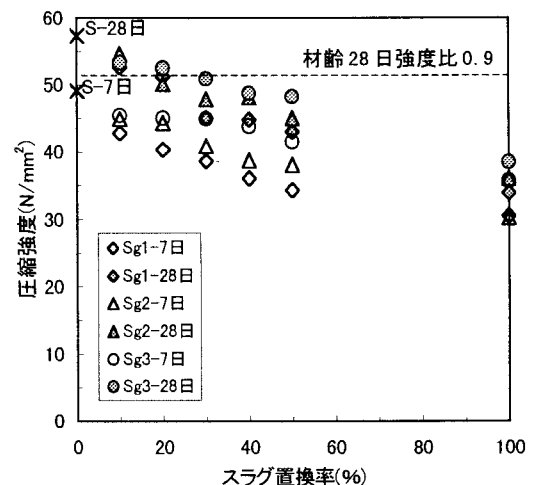


図-4 スラグ置換率と圧縮強度の関係