

V-23

ごみ熔融スラグ微粉末を混和材として用いたコンクリートの性質

宮城県農業短期大学 北辻政文

1. はじめに

深刻な社会問題となっている廃棄物処理の一方法として、廃棄物あるいはその焼却灰を液状になるまで千数百度の高温で加熱した後、急冷して固める技術が開発されている。これをごみ熔融スラグ（以下 MSW スラグという）と呼び、ガラス質で硬い砂粒状の物質ができる。発表者はこの MSW スラグをコンクリート材料としての利用について検討している¹⁻⁴⁾。その過程でコークスベッド方式ごみ熔融炉は、銑鉄の技術が応用されたもので生成された MSW スラグは、潜在水硬性を有することが明らかとなった。そこで、本研究では釜石市清掃工場で生成された MSW スラグ微粉末について、コンクリート用混和材としての利用の可能性を検討したので報告する。

2. MSWスラグ微粉末の品質および試験方法

(1)化学特性および品質 MSWスラグをボールミルで比表面積がセメントと同程度の約4,000cm²/gになるよう微粉砕し、供試試料とした。MSWスラグ微粉末の化学組成を表1に、品質試験結果を高炉スラグ微粉末のJIS規定値（JIS A 6206）とともに表2に示す。SiO₂、Al₂O₃、Fe₂O₃ およびCaO の4成分が多く、高炉スラグ微粉末と非常に類似している。異なる点として全アルカリ量がやや多い。しかしながら水溶性のアルカリ量は0.02%と少なく、アルカリ骨材反応等において悪影響を及ぼす危険性は少ないと考えられる。なお、アルカリ・シリカ反応については、後述する。また活性度指数は、材齢7日において規定値以下であるが、他の項目はすべて規定値を満足していることがわかる。

表 1 MSWスラグ微粉末の化学組成

化 学 成 分 (%)										
Ig.loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅ MnO
0.13	34.88	17.18	1.60	38.61	1.72	0.01	2.59	0.47	0.90	0.13 0.29

表 2 MSWスラグ微粉末の品質

試験項目		MSWスラグ	高炉スラグ*
密度	(g/cm ³)	2.86	2.80 以上
比表面積	(cm ² /g)	4,300	3000~5000
活性度指数 (%)	材齢 7 日	50	55 以上
	材齢 28 日	76	75 以上
	材齢 91 日	95	95 以上
フロー値比	(%)	100	95 以上
MgO	(%)	1.7	10.0 以下
SO ₃	(%)	0.0	4.0 以下
強熱減量	(%)	0.1	3.0 以下
塩化物イオン	(%)	0.02	0.02 以下
塩基度	(%)	1.61	1.60 以上
ガラス化率	(%)	98.2	—
安定性		良	良
凝結 時間	始発 (min)	172	60 以上
	終結 (h-min)	4-28	10 以内
初期 水和熱 (J/g)	7 日	246	—
	28 日	308	—
	91 日	328	—
全 R ₂ O 量	(%)	2.90	—
水溶性 R ₂ O 量	(%)	0.02	—

*せっこう無添加の値、**置換率 50%の試験値

(2)試験方法 試験では MSW スラグ微粉末のほかに普通ポルトランドセメント（密度 3.16g/cm³、比表面積 3,290cm²/g）および高炉スラグ微粉末 4000（以下 BF；密度 2.91g/cm³、比表面積 4,110cm²/g）を用いた。MSW スラグ微粉末の置換率を質量比で 0、30、50 および 70% の 4 水準とした。試験項目は①水和熱試験（JIS R 5208）、②断熱温度上昇試験、③圧縮強度試験（JIS A 1108）、④アルカリ・シリカ反応抑制試験（JIS A 5308）、⑤凍結融解試験（ASTM C 666A 法）である。

3.結果および考察

図 1 に W/C=100%のセメントペーストの初期水和熱試験結果を、図 2 に W/C=60%のコンクリートにおける断熱温度上昇試験結果を示す。MSW スラグの置換率が増えるのに伴い水和発熱速度が小さくなっていることがわかる。図 2 から、

BF コンクリートが置換率 50%までは断熱温度上昇量が大きく低下しないのに比べ、MSW スラグの場合、置換率の増加に伴い段階的に減少していることがわかる。このことから、高炉セメントと同等かそれ以上に低発熱型のセメントとしてマスコンクリートへの利用の可能性が高いと判断できる。

圧縮強度試験は Gmax:20mm、W/C=50%、空気量 6%、スランブ 8cm のコンクリートについて試験をおこなった。養生は標準養生とした。結果を図 3 に示す。置換率 50%までの MSW スラグコンクリートにおいて初期材齢では強度の発現が小さいものの中長期では、普通セメントコンクリートと同等かやや高い強度が得られている。また BF コンクリートと強度発現パターンが類似し、同等の強度が得られていることがわかる。

図 4 はアルカリ・シリカ反応抑制試験結果を示したものである。反応性の骨材（Rc:86ml/l、Sc:948ml/l）を用

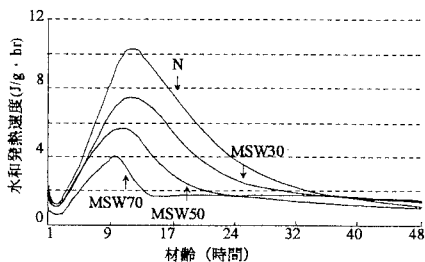


図1 水和発熱速度

いて、モルタルバー法で実施した。MSW スラグ微粉末の置換率を 50%とし、MSW スラグ微粉末に含まれるアルカリ量を無視し、結合材(セメント+MSW 微粉末)に対するアルカリ量を 1.2%, 0.6%とした。なお図中には MSW スラグ微粉末に含まれるアルカリを加算した値も括弧書きで示した。アルカリ量が 0.6%の場合、アルカリの希釈効果により、膨張が抑制されていることが確認できる。また、アルカリの希釈がないようにアルカリ量 1.2%とした場合においても膨張の抑制が認められ、アルカリイオンの固定や拡散抑制の効果があると判断される。一方、MSW スラグ微粉末に含まれるアルカリ量を加算した値は、コントロール供試体よりはるかに大きくなり、試験の範囲でベシマムが存在しないと仮定すると、膨張も増大すると考えられた。しかし MSW スラグ微粉末を用いたモルタルの膨張はいずれもコントロール供試体の膨張量を大きく下回っている。このことから MSW スラグ微粉末に含まれるアルカリイオンは、アルカリ・シリカ反応に及ぼす悪影響はきわめて少ないと推察される。

凍結融解試験結果を図 5 に示す。すべてのコンクリートにおいて 300 サイクル終了時の相対動弾性係数は 90%以上であり、同等で十分な耐凍性を有しており、MSW スラグの混入が耐凍害性に及ぼす影響は小さく、十分な養生を行った MSW スラグコンクリートの耐凍害性は高いと判断できる。

4.おわりに

本研究の結果から、MSWスラグ微粉末は、高炉スラグ微粉末と同等の機能を持ち、セメント代替材料として利用できることが明らかとなった。今後構造物を対象とした本格的な試験を行う予定である。本研究に際し建設省東北技術事務所、釜石市役所、(株)新日本製鐵、(株)宇部三菱セメント研究所の協力を得た。また本研究は(社)東北建設協会平成11年度技術開発支援助成金によりおこなわれたものである。ここに記して厚くお礼申し上げます。

引用文献

- 1) 北辻政文、藤居宏一：ごみ焼却灰熔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、農土論集、192、pp.1-8
- 2) 北辻政文、藤居宏一：ごみ熔融スラグを細骨材として用いたコンクリートの性質、農土論集、200、pp.59-67,1999
- 3) 北辻政文、大西崇夫、藤居宏一：ごみ熔融スラグ細骨材の鉄筋コンクリート製品への利用、農土論集、204、pp.167-172,1999
- 4) 北辻政文：ごみ熔融スラグ微粉末のコンクリート混和材への適関する実験的検討、農土論集、207、pp.93-100、2000

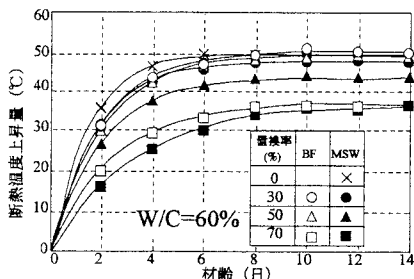


図2 断熱温度上昇試験結果

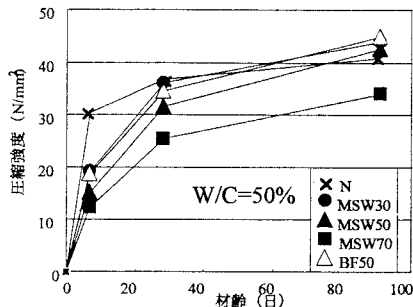


図3 圧縮強度の発現

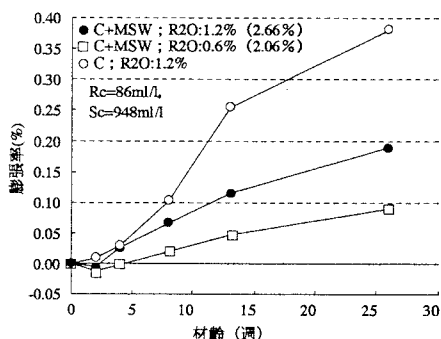


図4 アルカリシリカ反応抑制効果

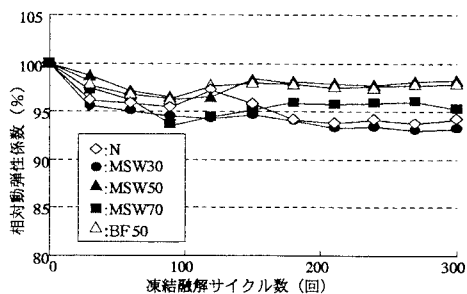


図5 凍結融解試験結果