

ごみ熔融スラグ微粉末の混和材への適用に関する実験的検討

宮城県農業短期大学 ○北辻政文

建設省 東北技術事務所 浜岡 正

建設省 東北技術事務所 吉田良勝

1. はじめに

発表者らは、ゼロエミッションの観点から、ごみ熔融スラグをコンクリート用細骨材の代替材料として利用するための研究を行ってきた^{1,2)}。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、生成されたごみ熔融スラグ（以下、MSW スラグと記す）は、高炉スラグと同様に潜在水硬性を有することが明らかとなった。このため、MSW スラグを微粉砕するとコンクリート用混和材として利用できるのではないかと考えられた。そこで、本研究では東北地方で唯一稼動している釜石市清掃工場で生成された MSW スラグについて、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スラグ微粉末の材料特性

(1) 化学特性 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スラグ微粉末の鉱物組成をTable 1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（R₂O=Na₂O+0.658K₂O）がやや多いといえる。

Table 1 MSWスラグ微粉末の鉱物組成

化 学 成 分 (%)												
lg.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	Cl ⁻
-0.55	35.16	14.78	4.55	38.79	2.01	0.01	2.70	0.32	0.91	0.29	0.47	0.015

(2) 潜在水硬性の評価 MSW スラグ微粉末が潜在水硬性を発揮するためには、①非晶質のガラスであること、②粉末度が高いこと、③塩基度が高いこと、④ガラス化率が高いこと、が必要条件となる。ここで、①については前報で既に確認している。②については破碎処理により調整が可能であるので、ここでは、③および④について考察する。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Table 2に示す。塩基度は1.58と規定値1.60より低いが、旧規定値（JIS R5211-1992）1.40よりは高い値である。ガラス化率は、60～90μmのスラグ微粉末500個について顕微鏡法により求めた結果98.8%と極めて高い値であった。以上のことから、MSW スラグ微粉末は潜在水硬性を発揮する条件を満たしていると判断される。一方、活性度指数は、材齢91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たしている。活性度指数の低下は、塩基度の不足によるものであると考えられる。また、全アルカリ量は多いものの水溶性アルカリ量は0.01%と少なく、アルカリ骨材反応等において悪影響を及ぼさないと推察される。

Table 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)	2.94	2.80以上
比表面積 (cm ² /g)	3,920	3,000～5,000
材齢 7日	74	55以上
活性度指数 [*] 材齢28日	82	75以上
(%) 材齢91日	93	95以上
フロー値比 (%)	101	95以上
MgO (%)	2.0	10.0以下
SO ₃ (%)	0.0	4.0以下
強熱減量 (%)	-0.6	3.0以下
塩化物イオン (%)	0.02	0.02以下
塩基度 (%)	1.58	1.60以上
ガラス化率 (%)	98.8	—
全アルカリ量 (%)	2.91	—
水溶アルカリ量 (%)	0.01	—

*石こう無添加の値

Table 3 重金属の溶出試験結果

計量物質	単位	スラグ微粉末試験値	土壌基準
総水銀	mg/l	<0.0005	≦0.0005
鉛	mg/l	<0.0005	≦0.01
鉛	mg/l	<0.001	≦0.01
ヒ素	mg/l	<0.001	≦0.01
6価クロム	mg/l	<0.005	≦0.05
セレン	mg/l	<0.002	≦0.01

(3) 安全性の評価 MSWスラグ微粉末が建設資材として利用されるためには、その品質とともに安全性が確保されなければならない。Table 3に重金属の溶出試験結果を示す。微粉砕したにもかかわらず、すべての項目において計量限界値以下であり、MSWスラグ微粉末は安全であると評価できる。

(4) モルタルの強度特性 試験はセメント強さ試験 (JIS A5201-1997) に準拠した。ペースセメントは普通ポルトランドセメント (比重3.16、比表面積3,290cm²/g) を用い、MSWスラグ微粉末の置換率を質量比で0、10、30および50%の4水準とした。ただし、初期強度に及ぼす石こうの影響が大きいことからSO₃量換算で2%となるように無水石こうを添加した。比較のために高炉スラグ微粉末4000 (密度2.91g/cm³、比表面積4,110cm²/g) についても同様に試験を行った。強度試験の材齢は3、7、28および91日 (実験中) とし、養生は標準養生とした。

圧縮強度の試験結果をFig.1に示す。長期材齢のデータが得られなかったが、材齢28日までに於いて、MSWスラグ微粉末モルタルの強度発現は、各置換率において、すべての材齢で高炉スラグ微粉末モルタルと同等であると判断できる。

(5) 初期水和熱特性 高炉セメントは、水和熱の抑制効果があることからマスコンクリートに利用されている。その評価には、コンクリートの断熱温度上昇試験を行う必要があるが試料不足のため、本項では初期の水和熱を測定した。結果をFig.2に示す。スラグ置換率の増加に伴って水和熱が低下していることがわかる。しかし高炉スラグ微粉末と比べると水和熱はやや高い傾向にあるといえる。

3. MSWスラグ微粉末を用いたコンクリートの強度発現

MSWスラグ微粉末の置換率を50%としたコンクリートの強度発現について、普通ポルトランドセメントおよび高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートと比較検討した。配合では水セメント比50%、スランプ8±1.5cm、空気量6±0.5%に統一した。供試体はφ10×20cmとし、打設後直ちに5、20および30℃の恒温室内で型枠のまま試験材齢まで密封養生とした。強度試験の材齢は3、7、28および91日とした。

圧縮強度の試験結果をFig.3に示す。各温度において高炉スラグ微粉末コンクリートと同程度の強度発現をしていることがわかる。またMSWスラグ微粉末コンクリートの強度発現は、低温環境で緩慢、高温環境で活発であるという高炉セメントの特徴である温度依存性が大きいことも顕著に表れている。

4. おわりに

本研究の結果から、コークスベッド方式によるごみ熔融スラグ微粉末は、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、コンクリート供試体を使用した強度特性、耐久性、断熱温度等について本格的な試験を行う予定である。

本研究に際し釜石市役所、(株)新日本製鐵、三菱マテリアル(株)研究所コンクリートセンター長高原義範氏に協力を得ました。ここに記して厚くお礼申し上げます。

引用文献

- 1) 北辻政文ほか、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、農土論文集、192号、pp.1-8、1997
- 2) 北辻政文・浜岡正ほか、コークスベッド方式直接ごみ熔融スラグのコンクリート細骨材および混和材への適用について、廃棄物学会第9回研究発表会講演論文集Ⅰ、pp.443-445、1998

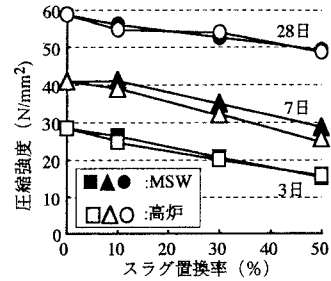


Fig.1 スラグ置換率とモルタルの圧縮強度の関係

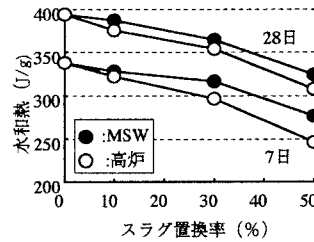


Fig.2 初期水和熱試験結果

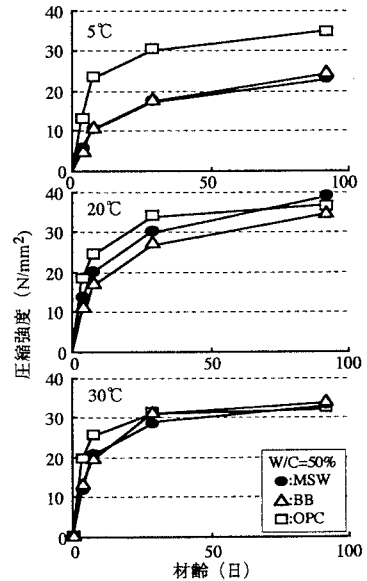


Fig.3 圧縮強度の増進