

ごみ溶融スラグ微粉末の混和材としての利用

宮城県農業短期大学 正会員 北辻政文
東北学院大学 正会員 遠藤孝夫

1. はじめに

ごみ溶融スラグ(以下 MSW スラグと記す)は、焼却灰に含まれるダイオキシンの無害化、有害重金属の固定および最終埋立処分量の低減を目的として製造されている。スラグの製造は環境保全の観点から今後急速に増加すると考えられ、年間数百万tの発生量が見込まれている。このスラグを建設資材として有効利用することはゼロエミッション、環境保全の見地から極めて有益である。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において生成された 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において製造日の異なる3種類の MSW スラグを微粉末砕し、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

コークスベッド方式の溶融炉では、溶融物の粘度調整および炉内還元雰囲気調整のためにごみと同時に石灰石が投入される。

この石灰石の投入量がスラグの品質に及ぼす影響は大きい。MSW-Aはごみ1tあたり石灰石の投入量が50kg、MSW-BおよびCは70kg使用して製造されている。それぞれの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になるよう微粉末砕し、供試試料とした。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。原料が一般廃棄物であることから、その成分および品質の変動も大きいと考えられたが変動は意外と小さく、SiO₂が35%前後、Al₂O₃が15~20%、Fe₂O₃が1~5%、CaOが34~40%の範囲であった。また高炉スラグ微粉末と非常に類似しているが、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%以下と少なく、アルカリ骨材反応に及ぼす影響は極めて小さいことを確認している。

活性度指数は規定値以下のものもあるが、概ね高炉スラグ微粉末の規定値を満足していることがわかる。とくに石灰石の投入量が70kgのMSW-BおよびCは、高炉スラグにより近い品質であることがわかる。

(2)試験方法 試験ではMSW-C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JIS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。コンクリートの配合設計ではW/C50%、目標スランプ8cm、目標空気量6%とした。主な試験項目は 圧縮強度試験(JIS A 1108)および凍結融解試験(ASTM C 666A 法)である。では、養生温度の影響を見るため、標準水中養生の他に5,20

キ-ワ-ド：ごみ溶融スラグ、混和材、強度、凍結融解抵抗性

連絡先 : 〒982-0215 仙台市太白区旗立 2-2-1 TEL022-245-2211 FAX022-245-1534

表1 MSWスラグ微粉末の化学組成

種類	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	Cl
MSW-A	-0.74	35.50	19.73	2.40	34.36	2.00	1.10	3.63	0.36	1.09	0.23	0.34	0.040
MSW-B	-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
MSW-C	-0.13	34.88	17.18	1.60	38.61	1.72	0.01	2.59	0.47	0.90	0.13	0.29	0.015
高炉*	-	33.3	14.1	0.45	41.9	6.3	0.04	0.21	0.33	0.98	-	0.33	0.003

*1991~93年の平均値

表2 MSWスラグ微粉末の品質

試験項目	MSW A	MSW B	MSW C	JIS高炉スラグ4000
密度 (g/cm ³)	2.89	2.94	2.86	2.80以上
比表面積 (cm ² /g)	3,930	3,920	4,300	3,000~5,000
活性度指数 (%)	材齢7日	49	74	50
	材齢28日	80	82	76
	材齢91日	91	93	95
フロー値比 (%)	103	101	100	95以上
MgO (%)	1.8	2.0	1.7	10.0以下
SO ₃ (%)	1.1	0.0	0.0	4.0以下
強熱減量 (%)	-1.0	-0.6	0.1	3.0以下
塩化物イオン (%)	0.04	0.02	0.02	0.02以下
塩基度 (%)	1.54	1.58	1.61	1.60以上
ガラス化率 (%)	98.8	98.8	98.2	
安定性	良	良	良	良
凝結時間	始発 (min)	-	145	172
	終結 (h:min)	-	4-12	4-28
全R ₂ O量 (%)	-	2.91	2.90	
水溶性R ₂ O量 (%)	-	0.01	0.02	

および30の密封養生も行った。の試験開始材齢は通常14日であるが、水和反応が緩慢であることを考慮し、試験開始材齢を56日とした。

3.結果および考察

フレッシュコンクリートの性状として、MSWスラグ微粉末の置換率が増えるに伴い単位水量が減り、ワーカビリティは良くなるものの空気量は減少する傾向にあり、目標空気量を確保するためには、空気調整剤の添加量が増えた。

圧縮強度試験結果を図1に示す。20水中養生の場合、スラグ置換率の増加に伴って、圧縮強度は直線的に低下している。とくに置換率50%、70%のMSWスラグコンクリートの強度は、初期材齢(7日)では、Nコンクリートの50%程度以下となっている。しかし中長期の強度の伸びはスラグを置換したものが大きく、材齢91日では、置換率50、70%の強度は普通セメントコンクリートに対してそれぞれ105、85%まで回復している。一方、養生温度がMSWスラグコンクリートの強度発現に及ぼす影響は、きわめて大きいことがわかる。すなわち低温(5)養生の場合、スラグ微粉末の置換率の増加に伴ってMSWスラグコンクリートの圧縮強度は小さくなり、長期材齢においても回復が小さい。材齢91日における置換率70%のコンクリートの圧縮強度は、普通セメントコンクリートの60%程度である。これに対して高温(30)養生の場合、初期材齢のMSWスラグコンクリートの圧縮強度は、やや小さいものの材齢28日以降ではスラグ置換率50%までのコンクリートの強度は普通セメントコンクリートと同等の強度が得られている。20養生の場合も同様の傾向にあった。高炉セメントコンクリートの強度を発現と比べると、養生温度および材齢の違いにかかわらず、いずれも同等である。

凍結融解試験結果を図2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。本研究に際し釜石市役所、新日本製鉄(株)、(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, 農土論集, 192, pp.1-8
- 2) 北辻政文, 藤居宏一: ごみ溶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: ごみ溶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: ごみ溶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

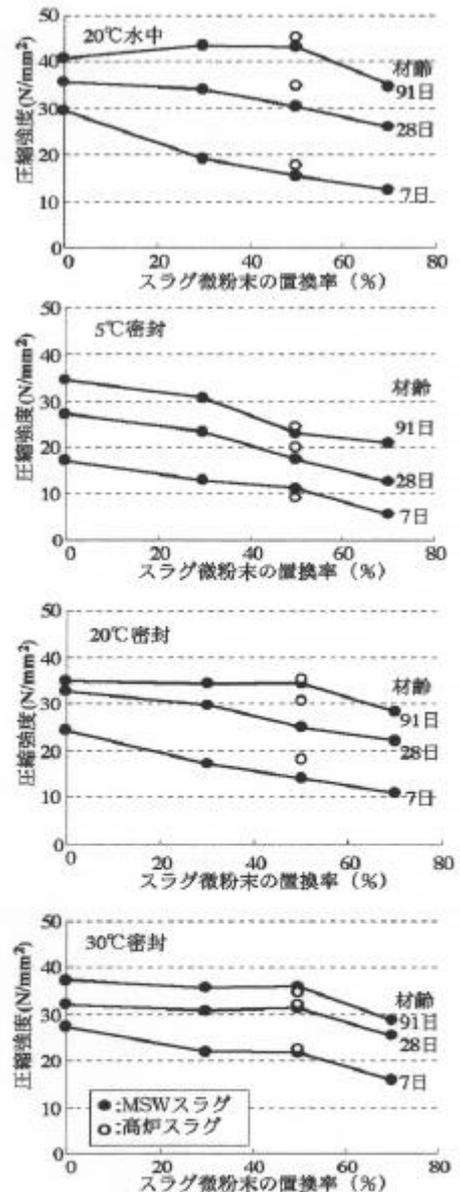


図1 スラグ置換率と圧縮強度の関係 (MSW-C)

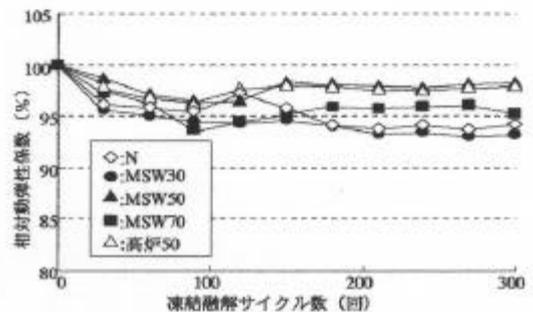


図2 凍結融解試験結果 (MSW-C)