

一般廃棄物溶融スラグ細骨材のコンクリート二次製品への適用

ランドス株式会社 正会員 田中 秀和
ランドス株式会社 正会員 ○山根 典久

1. はじめに

近年、天然骨材の枯渇や海砂の採取規制によりコンクリート用骨材の砕砂やスラグへの依存が大きくなっているが、JIS に規定されているスラグ骨材は産出場所が偏在しているため、周辺地域のみの利用に留まっている。一方、一般廃棄物の年間排出量は約 5200 万トン(平成 13 年度)と増加傾向にあり、最終処分地の延命化のために焼却灰を溶融固化し減容させている。道路用やコンクリート用へのスラグ骨材として活用を推進するため、2002 年に標準情報(以下、TR という)に規定された。今後溶融スラグは全国的に普及し、天然砂に代わるコンクリート用骨材としての有効利用がより拡大されると考えられる。

本実験は中国地方近隣で入手、利用可能と考えられる溶融スラグを用いて骨材試験やモルタル及びコンクリート試験によりその特徴を把握し、スラグ骨材を混入したコンクリート二次製品の実機製造性を確認した。

2. 溶融スラグの物理的性質

試験に使用した産出場所の異なる 8 種類のスラグの物理的性質を表-1 に示す。外観は全体的に角張っており、製造時のスラグの粘性により針状の粒子が多く含まれているものがあつた。スラグは無加工のものの評価を行ったが、スラグ A については粗粒率 6.28 を二次破碎し粒度調整したものを用いた。いずれのスラグも吸水率が小さいのが特徴であり、密度は天然骨材と同等かそれ以上であつた。スラグ B、E は膨張がみられたが、スラグ E の膨張量は著しく骨材としてコンクリートに混入した場合、強度低下が考えられる。

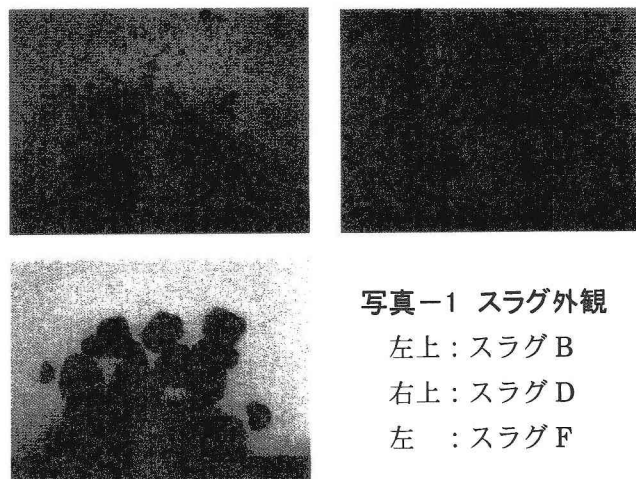


写真-1 スラグ外観

左上：スラグ B

右上：スラグ D

左：スラグ F

表-1 溶融スラグの物理的性質

スラグ	原材料	溶融方式	スラグ種類	表乾密度 (g/cm ³)	絶乾密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	単位容積質量 (kg/l)	実積率 (%)	粗粒率 F.M.	膨張率 (%)
A	一般廃棄物	プラズマ	徐冷	2.81	2.80	0.31	1.89	67.5	2.54	0.0
B	一般廃棄物	流動床式ガス化	水冷	2.67	2.66	0.50	1.72	64.7	2.62	1.4
C	一般廃棄物	シャフト炉式ガス化	水冷	2.67	2.66	0.46	1.66	62.4	2.81	-1.6
D	一般廃棄物	サーモセレクト式ガス化	水冷	2.75	2.73	0.57	1.66	60.7	3.15	-1.0
E	一般廃棄物	プラズマ	水冷	2.67	2.66	0.53	1.58	59.6	2.96	2.2
F	下水汚泥	コークスベッド	徐冷	2.60	2.59	0.53	1.49	59.3	5.75	-1.5
G	下水汚泥	コークスベッド	水冷	2.95	2.93	0.67	1.68	57.2	3.46	-1.1
H	下水汚泥	コークスベッド	徐冷	2.80	2.79	0.43	1.79	64.4	4.11	-0.7

TR 規格：絶乾密度 2.5g/cm³ 以上、吸水率 3.0% 以下、膨張率 2.0% 以下

3. 室内試験

使用材料及び配合：セメントは普通ポルトランドセメント(密度 3.16g/cm³)、粗骨材は砕石 2015(密度 2.69g/cm³)及び砕石 1505(密度 2.61g/cm³)、細骨材は砕砂(密度 2.56g/cm³)、混和剤は高性能減水剤を用いた。コンクリート配合は水セメント比 49%、細骨材率 41%を基本に、目標スランプ 8±2.5cm、空気量 2.0±1.0%とした。表-2 にスラグ置換率を示す。スラグは細骨材として混入したが、スラグ F は骨材最大寸法が 15mm であり細骨材、粗骨材としてそれぞれ混入した。スラグ C、G、H は試験材料の関係から、質量比がセメント：骨材=1：3、水セメント比 50%を基準のモルタルとし、目標フローを 150mm とした。さらにスラグ H

は 5mm 以上が多く含まれており試験には 5mm 以下にふるいわけしたものを使用した。養生は前置き 2 時間、最高温度 65℃、保持時間 3 時間の蒸気養生とし、24 時間で脱型後 20℃ 気中養生とした。強度試験は工場出荷材齢にあわせ 14 日で行った。

室内試験結果：表-2 にフレッシュ性状、図-1 に圧縮強度比を示す。フレッシュ状態はスラグの混入率が増加するに従いスランプ、モルタルフローは大きくなる傾向であったが空気量は大きな変化はない。しかしながらスラグ D は針状粒子が多くコンクリートの練り混ぜ時に空気を巻き込んだため、他のスラグより空気量が大きくなったと考えられる。

圧縮強度についてスラグ E は膨張が原因と考えられる強度低下を起こし 5 割程度の強度発現であったが他のスラグいずれも 50% 程度までの混入であればスラグ未混入のコンクリートの 8 割以上の強度は確保できる。

4. 実機製造試験

スラグの供給体制及び室内試験結果から、スラグ B とスラグ F をコンクリート用骨材として使用し、B は細骨材の 50%、F は細骨材の 30% (粗骨材含む) をスラグに置換し実機での製造性の確認を行った。

表-3 に配合を示す。材料は現地の製造工場使用材料とした。コンクリート試験結果から単位セメント量を一定で単位水量を低減させることでスランプ、強度は同等となるため、水量を減らした配合を用いた。スラグ F は基準とほぼ同等の性状を示すので水セメント比、細骨材率を統一し混和剤のみの調整を行った。

表-4 にコンクリート試験結果を示す。スラグ B はスランプ、強度とも基準とほぼ同等であった。スラグ F は練混ぜ時にスラグ骨材の表面水を考慮しておらず、含水率が大きかったことが原因で、スランプが増大したが、強度は基準とほぼ同等であった。

5. まとめ

溶融スラグは様々な原材料、溶融方式、冷却方法があり、コンクリート用骨材として TR に適合するものが増えてきている。しかし、すべてのスラグをすぐに骨材として利用することは難しい。コンクリート試験でスランプが増大し強度低下するスラグ骨材でも、単位水量を低減させ目標とするスランプ値にすることで強度も確保でき、従来の骨材と同様に使用できるものがあることが判明した。

参考文献：全国コンクリート製品協会東北支部、ごみ溶融スラグを細骨材に用いたコンクリート製品製造のための指針(案)、2002.8

表-2 フレッシュ性状

スラグ種類	置換率(%)		スランプ (cm)	フロー (mm)	空気量 (%)
	細骨材容積比	コンクリート質量比			
A	30	10	6.0	-	1.3
B	30	10	9.0	-	2.2
	50	16	9.0	-	2.1
C	50	-	-	178	-
D	30	10	5.5	-	3.2
	50	17	7.0	-	4.3
E	30	10	9.5	-	2.7
F	30*	10	10.5	-	1.9
	60*	20	10.0	-	1.8
G	50	-	-	154	-
	100	-	-	114	-
H	50	-	-	163	-
	100	-	-	163	-

※置換率は粗骨材部分を含む

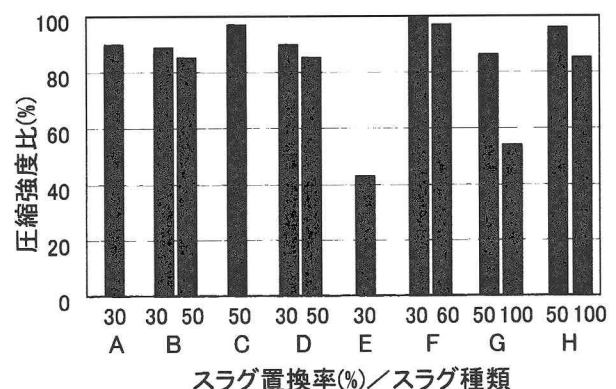


図-1 スラグ別置換率と圧縮強度比の関係

表-3 実機試験配合

配合	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)						
			W	C	S	MS	G		Ad
							1505	2015	
B-0	45.0	43.0	175	389	777	-	423	634	3.11
B-50	43.7		170		388	388			
F-0	46.0	42.0	155	337	769	-	445	668	2.69
F-30					700	241			

表-4 コンクリートの性状

配合	目標値		実測値		圧縮強度 (N/mm ²)
	スランプ (cm)	空気量 (%)	スランプ (cm)	空気量 (%)	
B-0	10.0±2.5	2.0±1.0	9.5	1.6	36.2
B-50			9.0	1.4	35.1
F-0	8.0±2.5		8.5	1.7	36.1
F-30			15.0	0.5	35.1

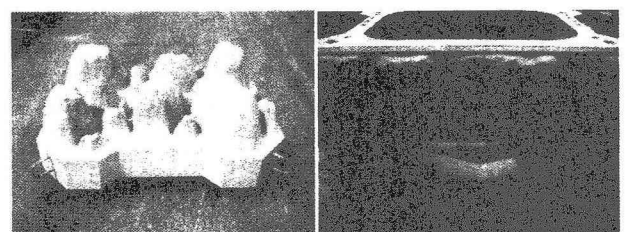


写真-2 スラグ混入製品

左：河川用根固ブロック 右：大型中空ブロック