

溶融スラグの細骨材利用における磨砕加工の効果

(株)テトラ 正会員 松田 節男 錦織 和紀郎 平戸 誠一郎

1. はじめに

近年、一般ごみ焼却灰や下水汚泥を溶融処理することにより発生するスラグをリサイクル利用する取組みが数多く行われている。溶融スラグをコンクリート細骨材として用いる場合、単位水量の増加や強度低下等の問題が発生することが指摘されている。これらの原因として、前者については溶融スラグ粒子が角張っていることや針状粒子が含まれること、後者については溶融スラグ表面に発生したひび割れがスラグを脆弱にすることなどが考えられる。このような問題に対しては、溶融スラグに磨砕加工を施して粒子の表面形状を改善することが効果的な方法のひとつであると考えられる。本研究では、溶融方式の異なる炉から発生した数種類のスラグを対象に、磨砕加工による粒形改善の効果について、骨材試験およびモルタル試験により検討した。さらに、角張った形状のために単味での使用が困難であるかんらん岩砕砂も磨砕加工の対象に加えて、砕砂の粒形改善効果についても検討を行った。

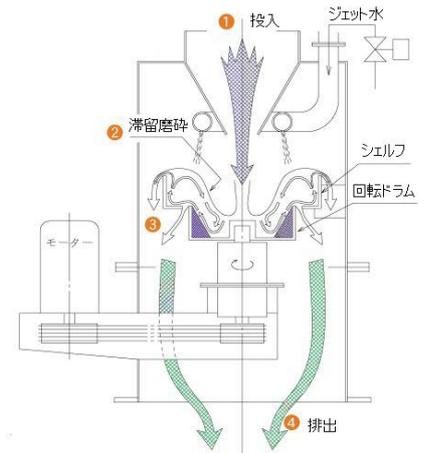
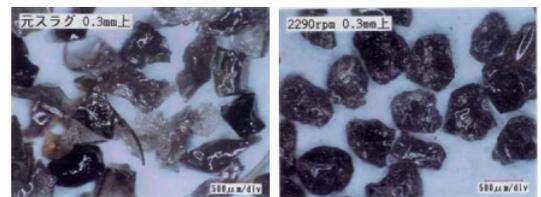


図 - 1 磨砕機

2. 磨砕機の概要

図 - 1 に磨砕機の概要を示す。磨砕機上部から投入されたスラグ粒子は高速回転するドラムの中で互いに擦れ合って球形化されて排出される。運転条件についてはドラムの回転数、シェルフ(固定滞留部)の高さおよび時間当たりの処理量を元スラグの粒度などに応じた調整が可能である。

写真 - 1 は磨砕加工前後の顕微鏡写真の一例である。未加工スラグの粒子は角張った形状が目立ち、細骨材として良好とは言いが、磨砕加工により角がとれて粒子が球形化されており、さらにガラス質の光沢も押さえられ、粒形が改善されていることが確認できる。



未加工スラグ 磨砕スラグ

写真 - 1 溶融スラグ顕微鏡写真

3. 骨材試験

表 - 1 に試験に使用した細骨材の一覧を骨材試験結果と併せて示す。使用した細骨材は溶融方式や原材料の異なる5種類のスラグおよびかんらん岩砕砂であり、それぞれ元スラグ(または砕砂)と磨砕加工を施した試料を用いた。また表には後述のモルタル試験に使用した普通細骨材の結果も併せて示した。表より以下のような品質改善がなされていることが確認できる。

表 - 1 使用細骨材一覧

試料名	溶融方式	原材料	元スラグの状態	未加工/破砕/磨砕	絶対密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	単位容積質量 (kg/l)	実積率 (%)	粗粒率 (%)	微粉分量 (%)	粒徑判定実積率 (%)
スラグA	シャフト式ガス化(直接溶融)	一般廃棄物	未加工	未加工	2.57	1.01	1.27	49.3	2.97	0.4	—
				磨砕	2.66	1.11	1.73	64.9	2.06	9.3	—
スラグB	キルン式ガス化(直接溶融)	一般廃棄物	未加工	未加工	2.61	1.58	1.47	56.3	4.34	0.7	52.3
				磨砕	2.69	0.87	1.79	66.4	2.49	5.3	57.3
スラグC	コークスベッド(灰溶融)	一般廃棄物	未加工	未加工	2.77	0.68	1.46	52.6	3.26	0.5	49.5
				磨砕	2.80	0.76	1.73	61.9	2.42	4.7	54.8
スラグD	回転式表面溶融炉(灰溶融)	一般廃棄物 産業廃棄物	破砕加工済	破砕	2.70	0.55	1.65	61.0	2.62	3.1	53.2
				磨砕	2.69	0.66	1.82	67.6	2.20	9.0	57.0
スラグE	コークスベッド式(汚泥溶融)	下水汚泥	破砕加工済	破砕	2.83	0.75	1.57	55.4	2.94	2.4	—
				磨砕	2.86	0.76	1.82	63.5	2.34	5.6	—
かんらん岩	—	—	砕砂	砕砂	3.20	0.64	1.93	60.3	2.64	1.7	51.2
				磨砕	3.19	0.70	1.97	61.6	2.55	4.5	55.6
普通砂	(砕砂+石灰砕砂)混合	—	—	—	2.62	1.01	1.81	69.1	2.35	—	—
TR A 0016(MSS)規格値					2.5以上	3.0以下	—	—	—	7.0以下	53以上

未加工では粒度が粗く TR A 0016 の規格を満足しないスラグの粒度が、磨砕後は改善されて規格を満足した。また、すべてのスラグおよび砕砂において実積率が向上した。粒形判定実積率についても、試験を実施した4試料において、元の状態では規格値を満足しない、あるいはぎりぎり満足するにすぎなかった試料も磨砕後は規格値を十分に満足するようになった。

キーワード：溶融スラグ，磨砕加工，粒形改善

連絡先：〒300-0006 土浦市東中貫町 2 - 7 TEL 029-831-7411 FAX 029-831-7693

4. モルタル試験

(1) 使用材料および試験項目

表 - 2 使用材料

材料	種別	細別
セメント	普通ポルトランドセメント	密度3.16g/cm ³ , 比表面積3300cm ² /g
水	水道水	
細骨材	スラグ	スラグA~E, 未加工・破碎・磨砕
	普通細骨材	茨城産陸砂 75 : 25 栃木産石灰砕砂
	かんらん岩	砕砂・磨砕砂
混和剤	AE減水剤	リグニンスルホン酸化合物およびポリオール複合体

表 - 2 に示した材料を用いてモルタルを作製し、フロー試験、ブリーディング試験および圧縮強度試験を実施した。試験配合は JIS R 5201 に示される配合（水：セメント：普通砂 = 0.5 : 1 : 3（質量比））を基準として、スラグやかんらん岩を用いる場合はセメントと細骨材の容積比を普通砂を用いた場合と同一になるようにした。また、細骨材毎にセメントと細骨材の量を一定として水量を3通りに変化させた（W/C=50, 60, 70%）。

(2) 試験結果

図 - 2 に W/C=60%のときのフロー試験結果を示す。各スラグとも元スラグ（未加工および破碎）を用いた場合はフローがかなり小さい。一方、各スラグとも磨砕スラグを用いると普通砂を用いた場合とほぼ同程度のフローが得られることが確認できる。これは磨砕加工による粒形改善の効果と考えられる。また、かんらん岩の場合も若干ではあるが磨砕砂を用いた場合の方が普通砂に近いフローが得られた。

図 - 3 は同一のフロー（17cm）のモルタルに対するブリーディング率の比較である。いずれのスラグを用いた場合とも普通砂に比べてブリーディングが多くなった。これはスラグが保水性に乏しいことが原因であると考えられる。一方、磨砕スラグと元スラグ（未加工および破碎）を比較すると、各スラグとも磨砕スラグは元スラグよりブリーディングが少ない事が確認できる。また、かんらん岩砕砂についても同様の傾向が得られた。これは主に磨砕スラグや磨砕砂を用いた場合には水量が低減されるためだと考えられる。

図 - 4 に圧縮強度試験の結果を示す。図はセメント水比と材齢 28 日圧縮強度の関係で示した。スラグ D 以外のいずれの細骨材を用いた場合も圧縮強度はセメント水比に対して直線的に変化することがわかる。また、加工の違いに着目すると磨砕スラグや破碎スラグを用いた場合は普通砂とほぼ同等の強度が発生しているのに対して、未加工スラグを用いた場合は圧縮強度が小さいことが確認できる。これは、未加工スラグにはその粒子の中に脆弱な部分を含んでおり、破碎あるいは磨砕加工を施すことでその弱点を改善する効果が得られたものと考えられる。

5. まとめ

各種溶融炉から発生したスラグやかんらん岩砕砂を磨砕加工して骨材試験およびモルタル試験を実施した結果、以下の事が確認された。

- 1) 溶融方式などによらず、スラグや砕砂は磨砕加工を施すことにより細骨材としての品質が改善される。
- 2) 磨砕加工によりスラグの品質が改善されたため、磨砕スラグを用いた場合のモルタルはフロー・強度の観点から、かなりの品質向上が見られた。

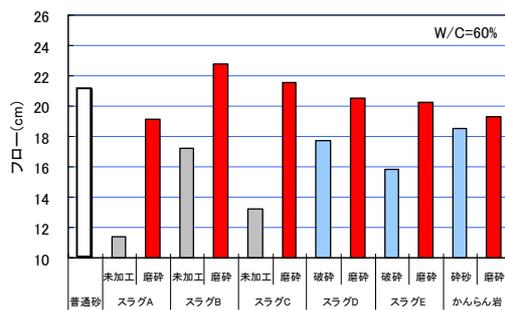


図 - 2 フロー試験結果 (W/C=60%)

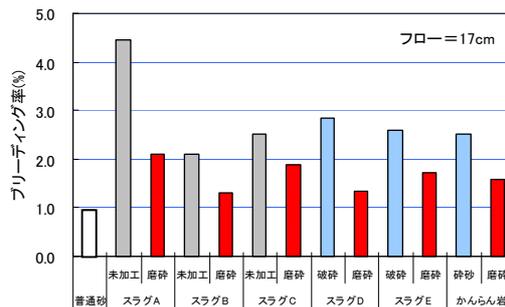


図 - 3 ブリーディング試験結果(フロー=17cm)

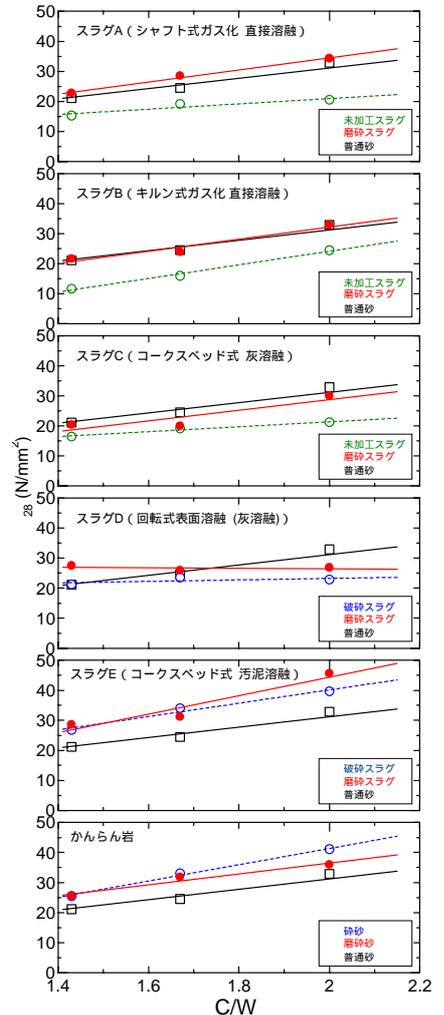


図 - 4 圧縮強度試験結果 (28)