

制御型低強度材料として焼却灰を用いた時の環境安全性に関する一考察

福岡大学大学院 学生会員 ○岡本 将明
 福岡大学 正会員 楠
 福岡大学 正会員 添田 政司
 福岡大学 フェロー 大和 竹史

1. はじめに

最終処分場の延命化対策や環境問題の観点から、埋立最終処分される都市ごみ焼却灰を有効利用する技術の確立が望まれている。そこで、筆者らは都市ごみ焼却灰を用いた制御型低強度材料に着目し、建設資材への有効利用に関して研究を行い、都市ごみ焼却灰を用いた場合においても、強度、自己充填性が得られ十分利用可能であることを明らかにしている⁽¹⁾。しかし、重金属類が多く含まれている都市ごみ焼却灰を、建設資材として用いた場合、重金属の溶出挙動を把握した環境安全性については明らかにされていない。この環境安全性の評価は、コンクリート構造物の供用状態をもっとも良く反映させた試験方法として「硬化したコンクリートからの微量成分溶出試験方法試案」(以下、微量成分溶出試験とする)⁽²⁾が提案されている。そこで、本研究では都市ごみ焼却灰を用いた制御型低強度材料の、流動性、強度特性の評価を行うとともに、総合的に環境安全性についての検討を行った。

2. 都市ごみ焼却灰の物理・化学的性状

本研究では発生場所の異なる都市ごみ焼却灰 A,B(以下 A 灰, B 灰とする)の 2 種類を用いた。焼却灰として、あらかじめ発生現場で 4.75mm ふるいをすべて通過したものを使用した。

表 -1 に使用した焼却灰の物理・化学的性状を示す。密度および吸水率は、金属片やガラス片等の不純物等を含むことから「電気抵抗法によるコンクリート用スラグ細骨材の密度および吸水率試験方法(案)」⁽³⁾に準じて行った。密度は海砂と比較して小さく、吸水率は高い値を示した。粒径は、A 灰, B 灰ともに海砂と比較して粗な値を示した。塩化物イオン含有量は、A 灰, B 灰ともに規定値以上であった。表 -2 に環境庁告示 46 号法(以下、46 号法とする)による溶出試験結果を示す。A 灰に関して、Pb は環境基準値以上であった。その他 5 項目については、環境基準値以内であった。B 灰に関して、いずれも環境基準値以内であった。

3. 実験概要

使用材料及び練混ぜ方法：結合材として普通ポルトランドセメント(密度:3.16g/cm³, 略号 C), 混和材として JIS フライアッシュ 種(密度:2.36g/cm³, 比表面積 4200cm²/g, 略号 FA), 細骨材として A 灰, B 灰および海砂を使用した。混和剤として高性能 AE 減水剤および起泡剤を使用した。

練混ぜ方法は、セメント、フライアッシュ及び細骨材を、モルタルミキサーで低速 30 秒間、練混ぜ水と混和剤を 30 秒間で投入した後に、所定の空気量が得られるまで高速で練混ぜを行った。供試体は、φ 5cm × 10cm の供試体を用いて、振動を与えずに供試体の打設を行った。打設後 24 時間で脱型し、強度試験用は所定の材齢まで湿布養生を行い、溶出試験用は材齢 7 日まで封緘養生を行った。配合選定：図 -1 に最適制御型低強度材料の配合選定フローを示す。水結合材比を 70%，空気量(JIS A 1116 重量法)を 30% で一定とした。結合材はセメントの容積に対してフライアッシュを 50,70,90% の割合で置換した。細骨材は A 灰, B 灰の容積に対して海砂を 50,100% の割合で置換した。自己充填性は、高性能 AE 減水剤によりスランプフロー値(JIS A 5201, 240 ± 20mm), 流動停止時間(20 秒以内)および V 漏斗流下試験で評価した。自己充填性が得られ、圧縮強度(JIS A 1108)を満足し、溶出試験で安全性が得られる配合の選定を行った。安全性の検討：本試験は、供試体(2 本)を容器に浸せき・静止し、溶媒は蒸留水(1.96L)を用いた。浸せき後、24 時間毎に 96 時間まで容器内の溶媒を全量交換し、これを検液とした。24 時間毎に導電率メータで検液の塩分濃度と電気伝導度

表 -1 都市ごみ焼却灰の物理・化学的性状

試験項目	単位	試験方法	試料			規定値
			海砂	焼却灰A	焼却灰B	
表乾密度	g/cm ³	電気抵抗法	-	1.73	1.62	2.5
		JIS A 1109	2.57	1.80	1.65	
吸水率	%	電気抵抗法	-	38.4	38.3	3.0
		JIS A 1109	1.59	32.5	34.7	
粗粒率	F.M.	JIS A 1102	2.41	3.65	3.01	-
実積率	%	JIS A 1104	69.0	68.0	71.3	-
単位容積重量	kg/L	JIS A 1104	1.77	0.85	0.83	-
塩化物イオン含有量	%	JSCE-C 502-1999	-	0.36	0.17	0.02

表 -2 46 号法による溶出試験
(単位:mg/L)

分析項目	分析値		環境基準
	A灰	B灰	
Cd	<0.001	<0.001	0.01
Cr()	0.013	0.009	0.05
T-Hg	<0.00005	<0.00005	0.0005
Pb	0.159	0.007	0.01
As	<0.001	<0.001	0.01
Se	<0.001	<0.001	0.01

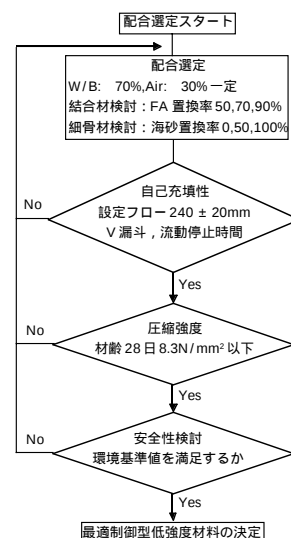


図 -1 最適制御型低強度材料

を測定した。その後、全検液を用いて重金属類8項目について溶出試験⁽²⁾を行った。

4 実験結果及び考察

自己充填性評価結果を図-2に示す。流動停止時間は8.9～14.6sの間であり、V漏斗流下時間は1.5～3.0sの間であった。A灰、B灰および海砂にかかわらず、FA置換率が低下しセメント量が増加すると、流動停止時間および流下時間は減少する傾向が見られたが、すべての配合において自己充填性を満足する結果が得られた。

各供試体の圧縮強度試験結果を図-3に示す。すべての供試体はFA置換率にかかわらず、材齢と共に圧縮強度は増加したが、材齢28日の圧縮強度は、8.3N/mm²以下を満足する結果が得られた。灰種の違いでは、強度に影響が見られずほぼ同程度の値であったが、海砂と比較すると強度は低下する傾向にあった。これは、本研究で使用した焼却灰は粗粒分を多く含み、低品質な材料であることが影響したためであると考えられる。

各供試体の累積塩分濃度を図-4に示す。すべての配合において24時間後の、検液の塩分濃度が最も高い値を示し、時間の経過とともに溶出量が減少する傾向が見られた。この結果から、溶出する塩分は、初期ほど多くなることが分かった。また、FA置換率が減少しセメント量が増加すると、A灰、B灰および海砂のいずれも塩分濃度が高くなる傾向を示した。これは、セメント中の塩化物イオンに起因しているものと思われる。焼却灰と海砂を比較すると、FA置換率90%では、海砂に比べて約2倍程度、FA置換率70および50%では、海砂に比べて約1.1～1.4倍程度の溶出量になった。また、焼却灰を混入した供試体の検液は、すべて塩分濃度が高くなる傾向を示した。焼却灰中に含有する塩化物イオン含有量(表-1)は、高いにもかかわらず海砂100%の供試体と比較すると、1.1～2倍程度しかなかった。このことから焼却灰中の塩分は、セメントで固定化されたものと考えられ、塩分溶出の観点からは、実環境上問題はないと思われる。

微量成分溶出試験に準じて行った重金属類8項目の溶出試験結果を表-3に示す。灰種の違いおよび、A灰に関して海砂を50%置換させた場合の3水準で検討を行った。A灰は、46号法による溶出試験(表-2)において、Pbは環境基準値以上であったが、微粒成分溶出試験に準じて溶出試験を行った結果、環境基準値以内になりPbの環境安全性が確認できた。また、重金属類7項目においても環境基準値以内であった。B灰においても8項目すべて環境基準値以内であった。

5. まとめ

本研究で得られた結果を以下に示す。

A灰、B灰および海砂いずれも、自己充填性、圧縮強度を満足した。各供試体からの塩分の溶出は、海砂と比べても大差はなく、初期ほど多く次第に減少した。A灰の46号法による溶出試験から、Pbの溶出が確認されたが、微量成分溶出試験に準じて行った結果、溶出はなく、環境安全性が確認できた。

以上のことから、都市ごみ焼却灰を用いた制御型低強度材料において、流動性、圧縮強度を満足し、環境安全性の面からも問題がないことから、建設資材として十分利用可能であると思われる。

参考文献

- 1) 徳永弘和, 添田政司, 大和竹史: 制御型低強度材料として焼却灰を利用した場合の基礎的性状に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.27, No.1, 2005, pp1465～1470
- 2) コンクリートからの微量成分溶出に関する現状と課題 コンクリートライブラリー 111
- 3) 電気炉酸化スラグ骨材を用いたコンクリートの設計・施工指針(案) コンクリートライブラリー 110

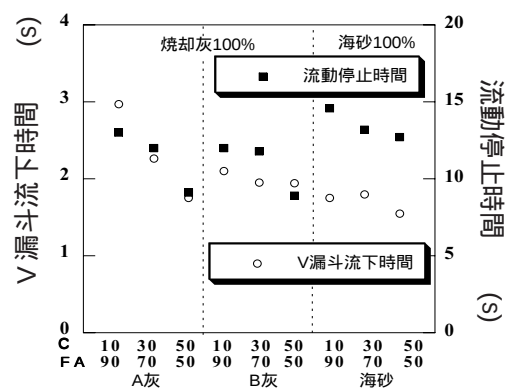


図-2 自己充填性評価結果

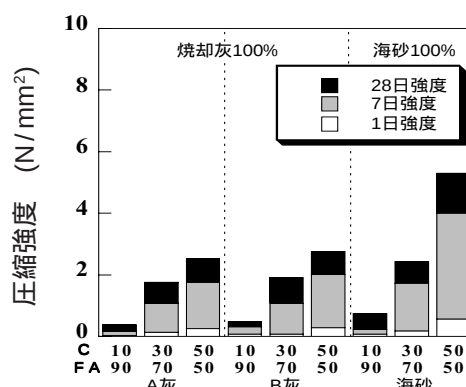


図-3 強度試験結果

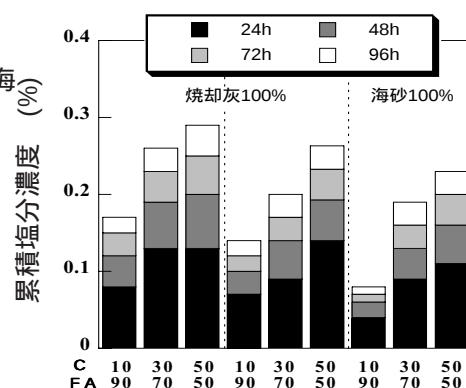


図-4 各供試体の累積塩分濃度

表-3 微量成分溶出試験結果

(単位:mg/L)

測定項目	C:FA			環境基準
	FA90		FA70	
	A灰100%	A灰50%	B灰100%	
Cd	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.01
Cr ()	0.01	0.01	0.0	0.05
T-Hg	<0.00005	<0.00005	<0.00005	0.0005
Pb	<0.001	<0.001	0.002	0.01
As	<0.006	<0.006	<0.006	0.01
Se	<0.002	<0.002	<0.002	0.01
B	<0.03	<0.03	<0.03	1
F	<0.5	<0.5	<0.5	0.8