

一般廃棄物焼却灰の有効利用に関する基礎的研究

熊谷組 正会員○吉村丈晴 西山勝栄
熊谷組 正会員 濱田尚人 野中 英

1. はじめに

近年、処分場不足が深刻化しており処分場の延命化を図るため、廃棄物の発生抑制やリサイクルが促進されている。その対策として焼却灰の溶融処理や物理選別したのち土木資材としての利用が検討されている^{1),2)}。こういった背景にあつて、著者らは処分場内部の廃棄物の有効利用方法として、処分場に埋立られている焼却灰などの廃棄物をセメントなどにより固化することで、処分場施設の遮水シート保護材や遮水材に適用する技術の開発を進めている。本報では、まず焼却灰のセメント固化体の物性について調査するため、一軸圧縮強度、透水係数、溶出試験を行った結果について報告する。

2. 実験概要及び方法

本実験では、廃棄物固化体の基本的な性状を把握するため廃棄物として一般廃棄物の焼却灰、固化材としてセメントを用いた材料について検討した。表-1に配合表を示す。配合は単位固化材重量や水と固化材の重量比を変えた11種類とした。実験方法は、まず焼却灰と固化材をモルタルミキサーで1分間空練りし、水を加えて4分練り混ぜした後、供試体(φ50mm×h100mm)を作製した。供試体硬化後一軸圧縮強度試験、透水試験及び溶出試験を行った。本実験に使用した焼却灰は、一般廃棄物処理場の焼却主灰で5mmふるいを通過したものを、セメントは普通ポルトランドセメントを使用した。また、供試体の養生方法は湿潤養生で、コンテナボックスに水をはり供試体が直接水に触れないようにした。

材料の物性試験では、モルタルミキサーで練り混ぜた材料のフロー値、空気量及び密度(練り上がり、固化体)の測定を行う。一軸圧縮強度試験では、湿潤養生(7日、28日)させた供試体をモールドから脱型し、一軸圧縮強度試験機で圧縮強さを測定する。透水試験では、土質試験用モールドに焼却灰とセメントを混合したモルタルを詰め

(直径100mm、高さ80mm程度)供試体を作製し、表面硬化後上部に水をはり7日間養生させ、加圧水型(98kPa)の定水位透水試験器により透水係数を測定する。溶出試験では、プラスチック容器に蒸留水800cm³(供試体体積の約4倍)を入れ、7日間養生した供試体を浸漬させ、浸漬1週間後溶液を採取し、水質(pH、Pb、Cd)の測定を行う。

表-1 配合及び実験結果

ケースNo.		灰のみ	1-①	1-②	1-③	1-④	2-①	2-②	3-①	3-②	4-①	4-②	4-③
配合条件	セメント(C) (kg/m ³)	—	150	150	150	133	126	126	180	180	250	250	250
	水(W/C) (%)	—	150	200	250	250	267	350	200	225	100	130	170
配合表 (kg/m ³)	焼却灰(A)	—	1820	1633	1445	1561	1407	1148	1308	1195	1527	1340	1090
	セメント(C)	—	150	150	150	133	126	126	180	180	250	250	250
	水(W)	—	225	300	375	333	337	441	360	405	250	325	425
フロー値(mm)		—	116	147	192	155	169	265	165	207	105	138	226
空気量(練上)(%)		—	—	—	—	—	20.0	9.7	20.0	20.0	20.0	19.5	12.3
密度	練上 (g/cm ³)	—	—	—	—	—	1.33	1.42	1.28	1.33	1.43	1.35	1.44
	固化 (g/cm ³)	—	—	—	—	—	1.38	1.42	1.30	1.33	1.58	1.41	1.48
圧縮強度 (N/mm ²) ()内(kg/cm ²)	7日	測定不可	—	—	—	—	0.14 (1.4)	0.12 (1.2)	0.27 (2.8)	0.23 (2.3)	1.95 (19.9)	1.05 (10.7)	0.82 (8.4)
	14日	—	0.73 (7.4)	—	—	0.32 (3.3)	—	—	—	—	—	—	—
	28日	測定不可	—	—	—	—	0.24 (2.4)	0.19 (1.9)	0.40 (4.1)	0.33 (3.4)	2.71 (27.6)	1.61 (16.4)	1.26 (12.8)
透水係数 (cm/s)	7日	4.8E-03	—	2.0E-08	—	2.7E-06	1.5E-07	2.0E-06	2.7E-07	9.4E-07	7.0E-09	2.1E-09	1.1E-07
	14日	—	—	1.2E-08	—	2.7E-06	1.9E-07	1.5E-06	2.6E-07	6.5E-07	5.1E-09	1.9E-09	7.8E-08
溶出試験	pH(-)	13.3	12.8	—	12.9	—	13.3	13.4	13.5	13.6	13.5	13.6	13.6
	Pb濃度 (mg/L)	0.16	0.12	—	0.23	—	0.09	0.09	0.06	0.05	0.11	0.16	0.19
	Cd濃度 (mg/L)	N.D.	N.D.	—	N.D.	—	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

キーワード：焼却灰、有効利用、セメント固化、圧縮強度、透水係数

連絡先：〒162-8557 新宿区津久戸町2-1 熊谷組土木本部 TEL：03-3235-8646 FAX：03-3266-8525

3. 実験結果及び考察

図-1 に焼却灰固化体の水セメント比と圧縮強度の関係を示す。圧縮強度は、7日強度が0.12~1.95N/mm² (1.2~19.9kgf/cm²)、28日強度が0.19~2.71N/mm² (1.9~27.6kgf/cm²) の範囲で、同一セメント量では水セメント比が小さくなるに従い大きくなり、同一水セメント比ではセメント量が多くなるほど大きくなった。

図-2 は、水セメント比と透水係数の関係について示したものである。透水係数は、 $2 \times 10^{-9} \sim 3 \times 10^{-6}$ cm/s とばらついた結果になっており、一般的な傾向として、セメント量が多くなる程、W/C が小さくなる程、透水係数が小さくなっている。ここで、透水係数の要求性能を 10^{-6} cm/s とすると配合 1-④、2-②の2ケースを除いた配合において性能を満たしており、固化体の遮水性は配合を調整することで確保できることが分かる。

つぎに固化体の遮水材や遮水シート保護材への適用性について検討する。表-3 に適用評価の結果を示す。評価基準値は、強度は人が固化体の上で作業可能な程度の圧縮強度 (0.03N/mm²) 以上、遮水性が処分場構造基準の透水係数 10^{-6} cm/s 以下及び溶出は Pb 溶出濃度が土壌環境基準 0.01mg/L 以下と仮定した。また、施工性はフロー値 130~250mm とした。遮水材は強度、遮水性、施工性及び Pb 溶出より評価した。Pb 溶出を除いて、その他の項目はほとんどクリアできている。溶出は、固化体の溶出液 pH が 13 前後であり、両性金属である Pb は溶出しやすい環境にあると考えられる。今後はセメント以外の固化方法や、灰の前処理方法を検討する必要がある。一方、保護材は強度と施工性より評価した。配合 1-①、2-②、4-①を除くすべての配合について適用できる結果となった。

4. まとめと今後の課題

今回の実験により以下のことが得られた。

1) 圧縮強度は、セメント量と水量を調整することで必要な強度が得られた。

2) 透水係数は、 1×10^{-6} cm/s 以下にすることができた。

今後、重金属溶出の抑制方法 (例えば石膏固化、樹脂固化や廃棄物前処理) や遮水層、シート保護層の施工方法について検討を行う予定である。

【参考文献】1)山本、山岡ら：ごみの熱分解溶融スラグの有効利用 (第1報)、第10回廃棄物学会研究発表会講演論文集 I、pp.598~601(1999) 2)花嶋、島岡ら：物理選別による一般廃棄物焼却灰の有効利用について (その2)、第10回廃棄物学会研究発表会講演論文集 I、pp.500~502(1999)

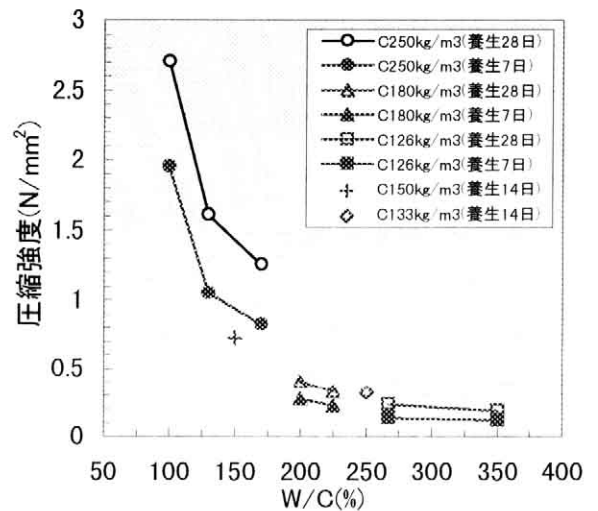


図-1 水セメント比と圧縮強度の関係

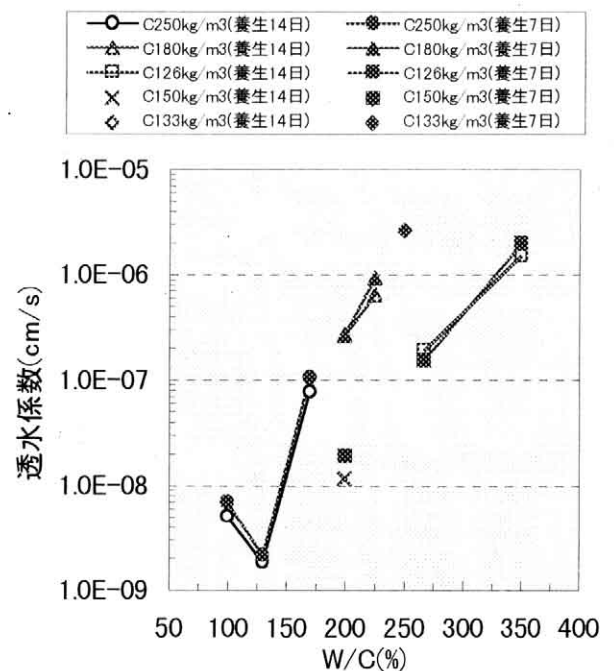


図-2 水セメント比と透水係数の関係

表-3 適用評価

ケース	強度	遮水性	施工性	Pb溶出	総合評価 (遮水材) (保護材)	
1-①	○	—	×	△	×	×
1-②	—	◎	○	—	△	◎
1-③	○	—	◎	△	△	○
1-④	○	△	◎	—	△	○
2-①	○	○	◎	△	△	○
2-②	○	△	×	△	×	×
3-①	○	○	◎	△	△	○
3-②	○	○	○	△	△	○
4-①	◎	◎	×	△	×	×
4-②	◎	◎	○	△	△	◎
4-③	◎	◎	○	△	△	◎

◎:優、○:良、△:改良必要、×:不可、—実施せず
評価項目:遮水材(強度、遮水性、施工性、Pb溶出)
シート保護材(強度、施工性)