

都市ごみ焼却灰の焼成処理を必要としない固化材開発について

鹿児島高専 専攻科 (学) 瀬戸口 大志
(正) 前野 祐二

1. はじめに

現在、日本国内において廃棄物処分場の建設は困難な状況にあり、処理された焼却灰の有効活用は社会の大きな課題である。そこで、本研究では都市ごみ焼却灰を安価に有効活用する方法として固化材の作製を試みた。エコセメントのような高温焼成を必要としない、低コストの固化材が開発できたので、この固化材と固化体の特性を明らかにした。

2. 焼却灰の化学組成と重金属類の溶出特性

表1に本研究で使用したK市の焼却灰の組成を示す。この表から、本研究の焼却灰はCaO, SiO₂, Al₂O₃が主成分であり、この3成分で約7割にもなる。なお、この焼却灰の環境庁告示13号溶出試験で鉛

溶出濃度だけが0.01mg/l以上となったが、Cd、Asなどは溶出基準を満たしたので鉛の溶出だけが課題となった。

表1 焼却灰の化学組成

組成	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₃	TiO ₂	Mn ₂ O ₃	その他
	20	36	17	5	3	1	3.6	14.4

表2 固化材の組成(%)

焼却灰	石炭灰	生石灰	石膏	普通セメント
61.5	6.2	6.2	3.1	23

3. 固化材の作製方法と組成

本研究で作製した固化材は、焼却灰、生石灰、石炭灰および石膏を鋼球の入ったミキサーに投入して混合・微粉砕した後、普通ポルトランドセメントを加えて作製した。表2は固化材の組成を示すものである(重量比)。

4. 固化材の密度と粉末度

表3に作製した固化材と普通ポルトランドセメントの密度と粉末度を示す。表から、普通ポルトランドセメントに比べて固化材は密度が小さいことが分かる。粉末度は普通ポルトランドセメントの4倍にもなっているが、これはミキサーによる微粉砕と分散剤の効果によるもので、また、平均粒径は16μm程度で固化材の粉砕されやすい焼却灰が原料であることも原因であろう。

表3 密度と粉末度

	固化材	普通セメント
密度(g/cm ³)	2.62	3.15
粉末度(cm ³ /g)	13000	3310

5. 固化材の強度特性

セメントの代わりに固化材を用いてセメントの強さ試験(JIS R 5201)を行った。強度を養生日数28日で測定するのが普通であるが、本実験では養生期間を6ヶ月とした。配合は、固化材：細骨材=1：3、水固化材比50%と試験条件を同じにした。図1に強度と養生日数の関係を示す。図1に示すように養生日数、2ヶ月で圧縮強度35N/mm²、曲げ強度6.3 N/mm²の結果から約2ヶ月程度で通常建築物に必要な強度が得られることが分かる。その後も、6ヶ月までは緩やかに強度が増加傾向を示す。

6. 固化材の凝結特性

固化材は凝結が異常に早く、施工に不向きなのでそれを改善するために凝結遅延剤の検討を行った。凝結試験は標準軟度になる水固材比で試験を行うべきであるが、凝結が早く試験が困難なため、水固化材比を40%としておこなった。凝結遅延剤の混合量は固化材の0.5%の重量とした。図2に固化材、固化材に凝結遅延剤を加えたときの凝結試験結果と比較のために普通ポルトラン

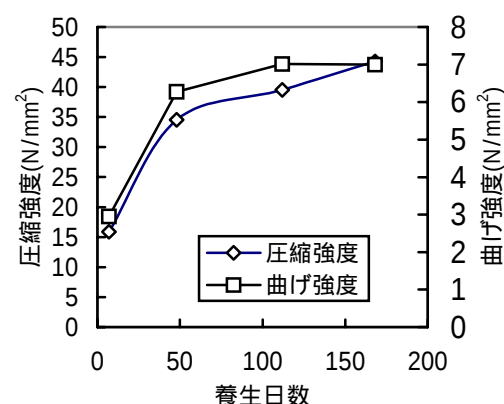


図1 強度と養生日数の関係

ドセメントの試験結果も示す。図2に示すように遅延剤を入れない場合、凝結始発が5分、凝結終結が25分となるが、遅延剤した場合、凝結始発が150分、凝結終結が240分となりかなり改善され、普通セメントと遜色なくなった。

7. 固化体の長期圧縮強度

固化材：細骨材＝3：7、水固化材比30%で車道用インターロッキングを作製し、二年間、耐久性について検討した。車道用インターロッキングは鹿児島高専内車道部に平成15年12月に敷設した。敷設2年後、平成17年の状況を写真1に示す。外見上、損傷はほとんどない状態が保たれている。さらに、シュミットハンマーによる非破壊試験を行った。シュミットハンマーから得られる硬度から曲げ・圧縮強度を推定する式は、固化体の実際の強度とシュミットハンマーの硬度から、求めた。式1は曲げ強度、式2は圧縮強度の算定式である。

$$\text{曲げ強度} = -0.533 + \text{硬度} \times 0.3178 \quad (\text{N/mm}^2) \quad [1]$$

$$\text{圧縮強度} = -29.324 + \text{硬度} \times 2.1642 \quad (\text{N/mm}^2) \quad [2]$$

図3に固化体のシュミットハンマーによる硬度を示す。図3に示すように、一年目から二年目にかけてすべての固化体の硬度が上昇していることが分かる。硬度34から推定される圧縮強度は44N/mm²程度であり、コンクリートと同等以上の強度が得られた。しかし、同様に屋外に養生した固化体の強度は、35N/mm²が得られている。シュミットハンマーによる硬度は大きめであるが、車が通ることにより、インターロッキング表面が硬くなって、硬度が大きくなった可能性がある。しかし、強度低下はないと考えられる。屋外暴露の条件下にあるこのインターロッキングは表面にひび割れなども見られず外観もコンクリートと遜色なく、強度もあるので、実用化の可能性は大きいと考えられる。

8. 埋立てられた焼却灰を使用した固化材の強度特性

埋立処分場に埋立てられた焼却灰の有効利用を検討するために、採取後約三年間経過した焼却灰で固化材を作製した。固化材：細骨材：粗骨材＝1：2：3の配合で水固化材比40%と50%の2種類の固化体を作製し、1ヵ月、三ヶ月養生後の強度を測定した。また、凝結遅延剤を固化材の0.5%混入した。表4に一ヶ月、三ヶ月強度を示す。表4から焼却灰の固化材を用いた場合、養生日数三ヶ月ではコンクリートと同等の強度は得られないことが分かる。しかし、一ヶ月から三ヶ月にかけて約3倍の強度増加が見られる。すなわち、初期の強度は小さいが次第に強度が増加していると考えられる。今後も一年目までは強度増加が期待できると考えており、実用化の可能性があると考えられる。

9. まとめ 固化体の鉛溶出濃度は0.01mg/以下となり、土壤環境基準以下の値となった。以上の試験より都市ごみ焼却灰を焼成しないで固化材を作製して固化体つくることが可能になりつつある。

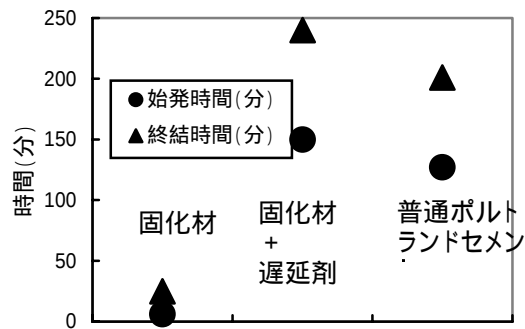


図2 凝結試験



写真1 敷設インターロッキング

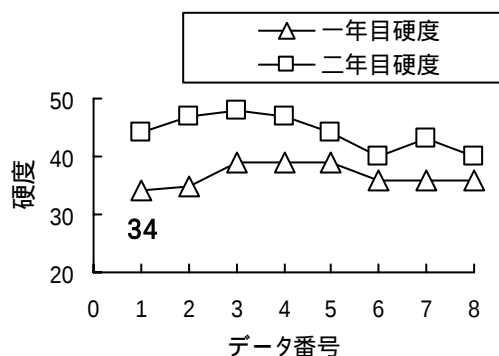


図3 硬度(シュミットハンマー)

表4 圧縮強度

水固化材比	40%	50%
一ヶ月強度 (N/mm ²)	7.2	5.1
三ヶ月強度 (N/mm ²)	19.4	15.3