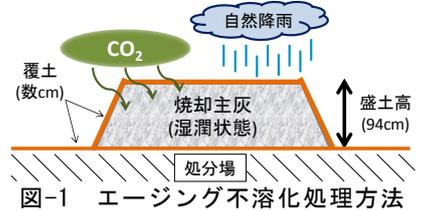


エージング処理を施した一般廃棄物焼却主灰の地盤材料特性

福岡大学工学部 学生会員 山口和貴 宮田省吾 平川裕也
 福岡大学工学部 正会員 佐藤研一 藤川拓朗 古賀千佳嗣
 (独)国立環境研究所 正会員 肴倉宏史

1. はじめに 現在、日本における一般廃棄物のほとんどが焼却処理され最終処分場に埋立処理されている。最終処分場の新設が困難な状況の中、国土面積の狭い日本では最終処分場の延命化が肝要となっている。一般廃棄物焼却残渣の約 75~90%を占める焼却主灰の有効利用は、欧州をはじめ各国で行われている¹⁾。しかし、灰中に重金属等の有害物質を含んでいるため、有姿の状態で利用することは困難であり、重金属の不溶化処理を行う必要がある。この状況の中 a 市では、焼却主灰の有効利用を念頭に置き最終処分場内に図-1 に示すようなエージングヤードにおいて降雨と大気中の二酸化炭素を利用して不溶化させる検討を行っている²⁾。そこで本研究ではエージングヤード内で不溶化させた焼却主灰の地盤材料特性について、特に本報告ではエージング日数が力学特性に及ぼす影響について報告する。



2. 実験概要

2.1 実験試料 焼却主灰は、a 市のリサイクルセンターで 2014 年 9 月に採取した焼却主灰にエージング処理を 0 日、30 日、90 日(以下、焼却主灰 a-Age0, Age30, Age90) 施したものをを用いた。エージング処理方法は図-1 に示すように約 1m 程度で焼却主灰を巻き出し、飛散防止のため数 cm ほど覆土するものである。この重金属の不溶化手法は、自然降雨により焼却灰を洗浄することと炭酸ガスによって炭酸金属化して不溶化を図るものである。また比較のために b 市のリサイクルセンターで 2013 年 5 月に採取した一般廃棄物焼却主灰(以下、焼却主灰 b) をを用いた。表-1 に物理組成、表-2 に物理特性、図-3

表-1 物理組成

構成物質 (%)	焼却主灰a	焼却主灰b
写真		
灰分	89.0	88.0
鉄含有物	6.8	8.5
ガラス類	1.8	1.2
陶器類	1.4	0.8
非鉄含有物	1.0	1.5

に粒径加積曲線を示している。焼却主灰はいずれも灰分が約 90%を占め、焼却主灰の粒子密度は 2.6(g/cm³)程度であり、まさ土よりも小さい値を示している。また、焼却主灰 a はいずれのエージング日数に関係なくほぼ同じ粒度分布を示し、比較的粒径の幅が広い試料で細粒分含有率が 16~22%である。焼却主灰 b は焼却主灰 a と比較すると礫分の割合が多く、発生時期や地域の違いが物理特性に現れているものと考えられる。

表-2 物理特性

試料	粒子密度 ρ_s (g/cm ³)	均等係数 U_c	曲率係数 U_c'	細粒分含有率 F_c (%)	最大乾燥密度 (13mm以下) ρ_{dmax} (g/cm ³)		最適含水比 (13mm以下) w_{opt} (%)	
					E-b法	A-b法	E-b法	A-b法
焼却主灰a-Age0	2.608	122.9	9.2	22.0	1.481	1.361	19.6	29.3
焼却主灰a-Age30	2.594	85.7	6.4	16.0	1.523	1.379	19.8	29.8
焼却主灰a-Age90	2.575	143.8	10.5	18.9	1.521	1.410	20.3	29.7
焼却主灰b	2.581	69.6	21.2	21.6	1.501	1.370	14.9	27.2
まさ土	2.720	84.3	5.8	17.4	1.819	-	15.3	-

2.2 地盤材料としての有効利用法の検討 本検討では、路盤材や盛土材等への利用を主眼におき、エージング処理を施した焼却主灰の材料特性を調べるために修正 CBR 試験 (JISA 1211)と定圧一面せん断試験を行った。実験条件を表-3 に示す。定圧一面せん断試験においては A-b 法で最適含水比及び最大乾燥密度を求め、締固め度 (D_c)が 90%, 95%になる様に 2.5kg ランマーで突き固め、密度調整を行い直径 20cm、高さ 7cm の不飽和状態の供試体を作製した。中型一面せん断装置の最大せん断荷重及び最大垂直荷重はそれぞれ 50kN, 30kN まで測定可能である。また載荷圧力 $\sigma_v=50$ kPa,

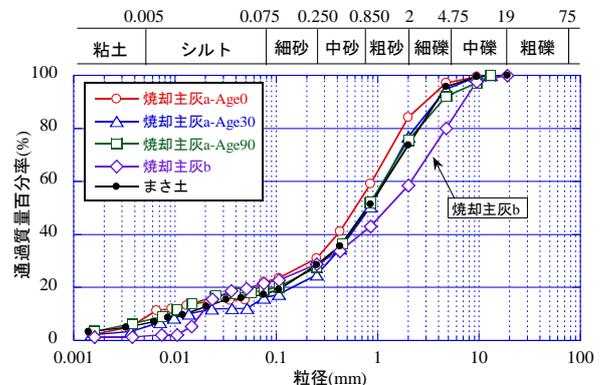


図-2 粒径加積曲線

表-3 実験条件(定圧一面せん断試験)

試料	供試体作製方法	最適含水比 w_{opt} (%)	締固め度 D_c (%)	載荷圧力 (kPa)
焼却主灰a-Age0	2.5kgランマー法	29.3	90	50
焼却主灰a-Age30		29.8		100
焼却主灰a-Age90		27.7	150	

100kPa, 150kPa、せん断速度は 0.3mm/min とした。

3. 地盤材料特性

3.1 路盤材としての適用性 図-3 に修正 CBR 試験結果、表-4 に修正 CBR 値を示す。焼却主灰の 95%修正 CBR 値はエージング日数に関わらず、いずれも 80%以上であり日本道路協会で規定されている上層路盤の品質基準を満足している³⁾。今回 90 日までの焼却主灰においてエージング日数の違いは修正 CBR 特性に影響を及ぼさず、上・下層路盤材として十分に有効利用可能な強度を有する材料であることが示された。

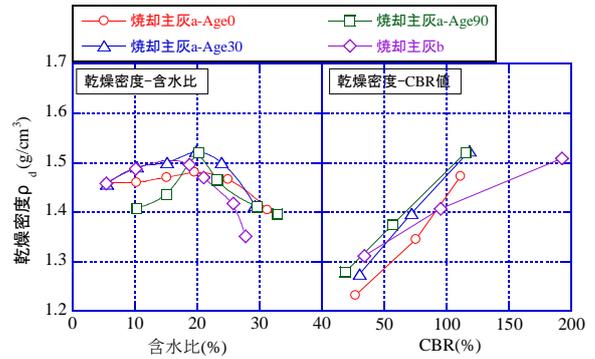


図-3 修正 CBR 試験結果

表-4 修正 CBR 値

試料	修正CBR値	
	締固め度90%	締固め度95%
焼却主灰 a-Age0	69	93
焼却主灰 a-Age30	63	90
焼却主灰 a-Age90	55	84
焼却主灰 b	62	118

3.2 土工材料としての適用性 図-4(a)～(c)に $D_c=95\%$ の各载荷圧力 $\sigma_v=50, 100, 150\text{kPa}$ における定圧一面せん断試験結果を示す。焼却主灰のせん断特性は、いずれの载荷圧力においてもエージング日数によらず、せん断応力は明確なピーク強度を示すことが分かる。また、このピーク強度を示す際のせん断変位は载荷圧力増加に伴って大きくなっていることもわかる。

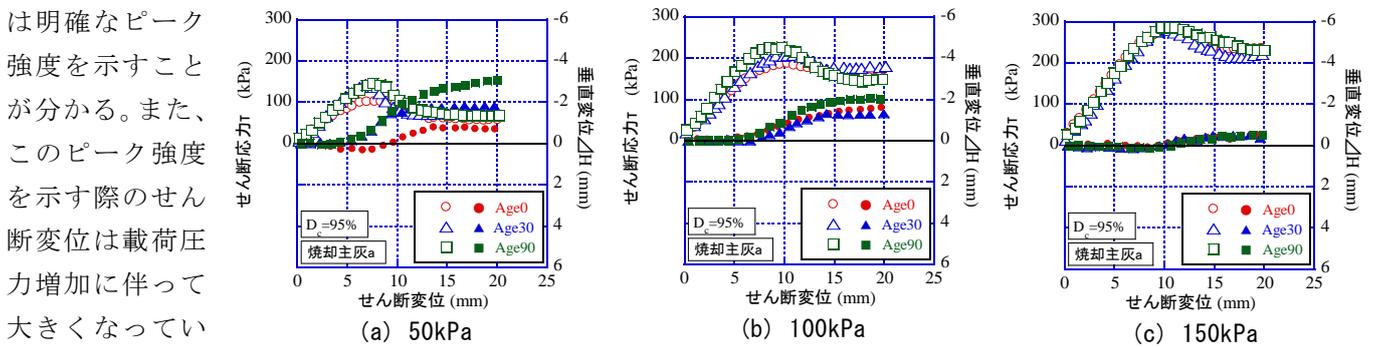


図-4 定圧一面せん断試験結果 ($D_c=95\%$)

また、 $\sigma_v=50, 100\text{kPa}$ ではエージング日数の経過と共にピーク強度が増加している。これはエージングに伴って焼却主灰の自硬性が生じ、灰粒子同士が固結化したことによるものだと考えられる。一方、体積変化はいずれの载荷圧力においてもエージング日数によらず、正のダイラテンシーを示している。しかし载荷圧力の増加に伴って収縮傾向に移行していることがわかる。これは、载荷圧力の増加に伴って灰粒子の破碎が生じていることが原因⁴⁾と考えられる。

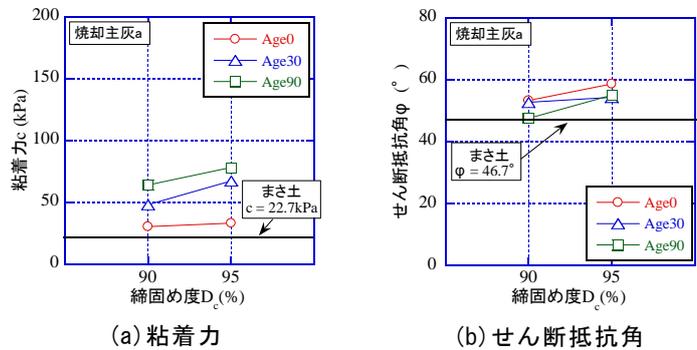


図-5 一面せん断より得られた強度定数

図-5(a)、(b)に強度定数を示す。エージング日数によらず締固め度増加に伴い、せん断抵抗角及び粘着力は増加する結果となった。そのため締固めることで強度増加が望め、一般的な土質材料であるまさ土と比較してもそれ以上の強度定数を示すことが明らかとなった。今回のせん断試験の結果、強度定数からみるとエージング処理焼却主灰はエージング日数の影響を受けず、十分な強度特性を有しており、土工材料として有効利用できることが示唆された。しかしながら、著者ら⁵⁾の先行研究により焼却主灰の材料特性は、発生時期・地域の影響、粒子破碎、自硬性の影響を受けることが知られている。そのため、今後エージング処理の日数の経過に伴う焼却主灰におけるデータの蓄積が必要不可欠である。

4. まとめ 1)エージング処理焼却主灰は、上・下層路盤材として有効利用ができることが示唆された。2)エージング処理焼却主灰は、エージング日数の経過がせん断特性に影響を及ぼす。また、締固めることで土工材料として十分な強度定数が望むことができ、有効利用の可能性が示された。

【参考文献】 1)都市ごみ処理における焼却処理と埋立処分のインターフェイス(それぞれの役割)を考える, 第 14 回廃棄物学会研究発表会, 小集会発表資料, 2003. 2)盛岡ら:「エージングによる一般廃棄物焼却灰の無害化」, 鳥取県衛生環境研究所報, 第 53 号, pp10-14, 2012 3)地盤工学会: 地盤材料試験の方法と解説, p402, 2009 4)大寺ら:一般廃棄物焼却灰の粒子形状と生成過程に関する-考察, 環境工学研究論文集, 第 40 巻, pp.473-479, 2003. 5)隈本ら:解砕処理焼却灰の地盤材料としての適用性の検討, 平成 24 年度土木学会西部支部研究発表会, pp453-454, 2010.