

# 一般廃棄物焼却灰のせん断特性

福岡大学工学部 学生会員  
福岡大学工学部 正会員

本徳雅憲 中村公亮  
佐藤研一 山田正太郎 藤川拓朗

## 1.はじめに

一般廃棄物の焼却灰は年間約 600 万トン (1997 年度) 発生し、そのほとんどが直接埋立処分されている。今後処分場の延命化を考える上で焼却灰の地盤材料としての有効利用は考える必要のある課題である。また、最終処分場の跡地利用を考える場合、焼却灰地盤のせん断・支持力特性等の把握は必要不可欠である。しかしながら、廃棄物の発生地域・時期の違いに伴う焼却灰の材料特性の不均等性が問題となる。有効利用等の目的により、焼却灰中に含有される重金属や塩類等の除去法として水洗浄法の開発が進められている。そこで本研究では焼却灰のせん断特性の把握を目的として、廃棄物の発生地域・時期の違いに伴う焼却灰の強度・変形特性への影響<sup>1)</sup>、塩溶脱による影響について、物理試験及び一面せん断試験より検討を行った影響について報告する。

## 2.実験概要

**2-1 実験に用いた試料** 本研究では、F 市の A 地域にある清掃工場で 8、10 月に採取した 2 種類と B 地区の最終処分場で 10 月に採取した 3 種類の発生時期及び地域の異なる焼却灰を 13mm 以下に粒度調節したものをを用いた。塩の溶脱については B 地区で 10 月に採取した焼却灰を水洗い脱塩処理したものをを用いる。**表-1** に実験に用いた試料の物理特性を示す。ここで灰粒子の密度試験は真空脱気法<sup>2)</sup>を採用した。粒子密度は、土質材料に比べて小さい値を示していることが分かる。**図-1** に粒径加積曲線を示す。A 地区 8 月採取焼却灰の細粒分含有率は他の試料に比べて 5% 以上高いことが分かる。しかしながら、A 地区と B 地区ではほとんど同じ粒度分布を示している。また、B 地区 10 月焼却灰の脱塩処理前・後で細粒分含有率を比較すると、脱塩処理後は 6% 以上低下し、1.99% となった。これは脱塩処理時に、細粒分が排水とともに流出したことが原因であると考えられる。

**2-2 材料の締固め特性** 締固め試験は A-b 法によって行った。**図-2** に 3 種類の試料及び B 地区焼却灰脱塩処理後の試料の締固め曲線を示す。締固め特性は同一地区であっても大きく異なっており、細粒分含有率の違いによる影響が現れている。また、脱塩処理を施した焼却灰は、水洗いによる細粒分の洗い出しによって最大乾燥密度は低下し、最適含水比は増加している。

**2-3 実験装置** 本研究では、せん断特性の検討のために中型一面せん断試験装置を用いた。この試験機はせん断箱の寸法が直径 20cm、高さ 7cm と従来の一面せん断試験機に比べて大きく、粒径が大きいという焼却灰の特性を考慮した設計となっている。実験では反力荷重一定圧法を採用し、せん断速度 0.3mm/min. で行った。また、焼却灰供試体の初期密度の管理は締固め度  $D(\frac{d}{d_{max}})$  を採用した。

**2-4 実験条件** 研究では、締固めた焼却灰のせん断特性の把握、焼却灰の発生時期・地域の違いがせん断特性に及ぼす影響、脱塩処理を施した焼却灰のせん断特性の 3 点に着目し、**表-2** に示す条件で一面せん断試験を行った。また、試料は全てそれぞれの最適含水比に調節したものをを用い、初期密度は  $D=0.9$  に統一した。

表-1 物理特性

試料名	粒子密度 (g/cm <sup>3</sup> )	細粒分含有率 Fe(%)	最大乾燥密度 d <sub>max</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	最適含水比 w <sub>opt</sub> (%)	塩分含有率 (%)
A地区8月採取焼却灰	2.518	14.5	1.194	37.1	
A地区10月採取焼却灰	2.474	9.4	1.391	27.7	0.640
B地区10月採取焼却灰	2.380	8.1	1.227	33.4	0.722
B地区10月採取焼却灰 (脱塩後)			1.184	39.5	0.184

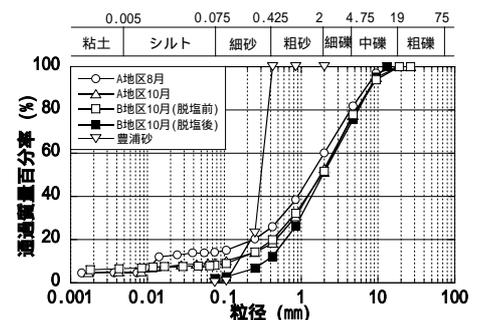


図-1 粒径加積曲線

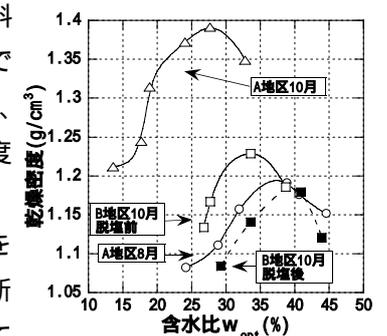


図-2 締固め曲線

表-2 実験条件

試料名	供試体作成方法	試料の状態	供試体初期密度		拘束圧 (kPa)	脱塩処理
			締固め度 $D(\frac{d}{d_{max}})$			
A地区8月採取 焼却灰	2.5kgランマー法	湿潤	0.9		50, 100, 150	
		水浸				
A地区10月採取 焼却灰		湿潤				
B地区10月採取 焼却灰						

### 3.実験結果及び考察

#### 3-1 締固めた焼却灰のせん断特性

図-3,4 に一面せん断試験結果を示す。締固めた焼却灰のせん断特性は、荷重圧力の増加に伴って、明確なピークが生じなくなっており、荷重圧力 100、150kPa の場合においては残留強度を示している。体積ひずみも荷重圧力の増加に伴って、膨張傾向が極端に小さくなっていることがわかる。これは供試対密度が密な状態であることから、荷重圧力の増加に伴い、粒子破碎等の影響が生じたと考えられる。また、これらの結果より求められるせん断強度定数は  $\phi = 51^\circ$ 、 $c = 54.5\text{kPa}$  となり、密な条件で求められた豊浦砂と比較すると、 $\phi$  が  $4^\circ$  程度大きい値を示すことがわかる。

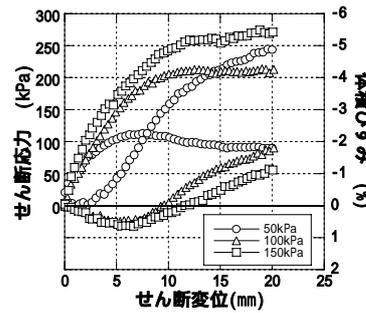


図-3 一面せん断試験結果

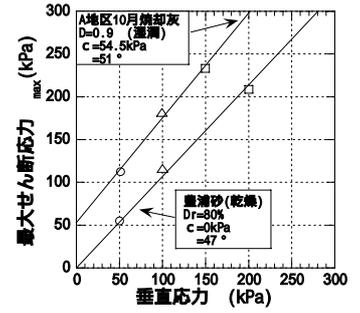


図-4 強度定数

また、これらの結果より求められるせん断強度定数は  $\phi = 51^\circ$ 、 $c = 54.5\text{kPa}$  となり、密な条件で求められた豊浦砂と比較すると、 $\phi$  が  $4^\circ$  程度大きい値を示すことがわかる。

#### 3-2 発生時期及び地域の違いが及ぼす焼却灰のせん断特性への影響

図-5 に発生時期及び地域の異なる 3 種類の焼却灰に対して行った、荷重圧力 100kPa における一面せん断試験結果を示す。同一地区である A 地区の 8 月と 10 月を比較すると、細粒分含有率の大きい 8 月の方が変形量の増加に伴って大きなせん断応力を発揮しており、体積ひずみの膨張量も小さくなっていることがわかる。一方、発生地区の異なる A 地区と B 地区で同一時期に採取した焼却灰を比較した場合は、せん断応力については大きな違いは現れなかったが、せん断挙動は明確なピークが現れた A 地区の焼却灰に対して、B 地区にはピークが現れなかった。図-8 にこれらの結果より求められるせん断強度定数を示す。内部摩擦角及び粘着力の値を比べると、3 種類もそれぞれ異なる結果となった。以上のことから、締固められた焼却灰のせん断特性は、焼却灰の持つ粒子特性に依存することが明らかになった。

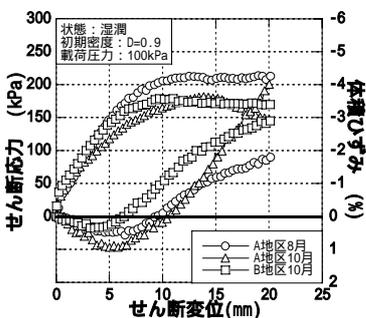


図-5 一面せん断試験結果

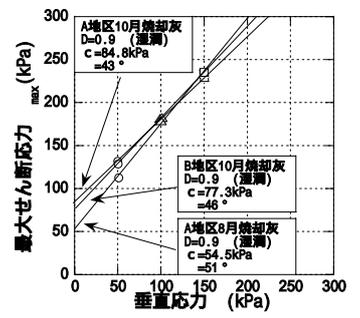


図-6 強度定数

#### 3-3 脱塩処理を施した焼却灰のせん断特性

図-7 に B 地区で発生した焼却灰の脱塩処理前・後の荷重圧力 100kPa における一面せん断試験結果を示す。脱塩処理された焼却灰は処理前のものと比べると、やや強度低下を示すが、明確なピークを示している。図-8 に最大せん断応力  $\sigma_{max}$  と荷重圧力  $\sigma_v$  の関係を示す。せん断強度定数は、脱塩前が  $\phi = 44^\circ$ 、 $c = 39.9\text{kPa}$  に対し、脱塩後は  $\phi = 50^\circ$ 、 $c = 39.4\text{kPa}$  となり、内部摩擦角は  $6^\circ$  増加し、粘着力は 50kPa 程度低下している。これは、水洗い脱塩処理に伴って、細粒分含有率が低下し、大きな粒子のかみ合わせ効果が生じたことが原因と考えられる。

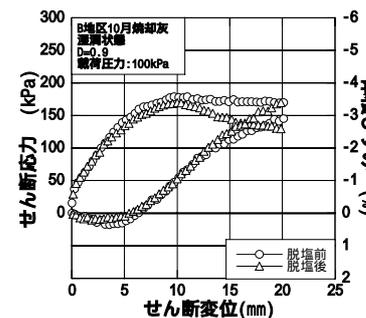


図-7 一面せん断試験結果

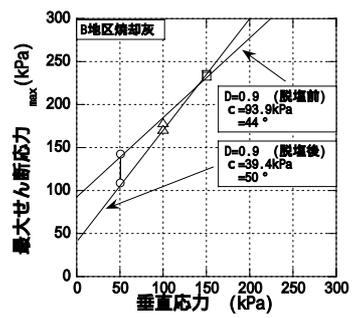


図-8 強度定数

4.まとめ 焼却灰の物理及び締固め特性は発生時期・地域の違いによって大きく異なり、その違いがせん断特性にそのまま影響を及ぼす。せん断変位と応力において焼却灰はほとんどピークが現れず、残留強度を示す。また、荷重圧力が小さすぎるとせん断強度が密な挙動を示す。焼却灰に脱塩処理を施すと塩分濃度の低下に加えて、細粒分の流出の影響により  $\phi$  の増加や  $c$  の減少し、かみ合わせ効果が現れる。

(参考文献) 1)社団法人 廃棄物学会：「廃棄物ハンドブック」, pp.636, 1996, 2)佐藤ら：一般廃棄物焼却灰の物理特性に関する研究,平成 13 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集,pp.A384-385,2002.