

## 解砕処理後の利用を考えた初期固化焼却主灰の強度特性

福岡大学大学院 学生会員 ○宮田 省吾

福岡大学工学部 正会員 佐藤 研一 藤川 拓朗 古賀 千佳嗣

## 1. はじめに

我が国における一般廃棄物焼却残渣は、最終処分場への埋立処理が義務化されている<sup>1)</sup>。しかしながら、最終処分場の残余容量が逼迫しているため、処分場の延命化を図る上で焼却残渣の大半を占める一般廃棄物焼却主灰(以下、焼却主灰)を有効利用することは重要な課題である。また、現在の復興において資材不足であることを鑑みて、今後起こりうる地震でも同様なことが予想されると、これまで敬遠されてきた焼却主灰といった産業副産物の土木資材化はやはり社会的課題である。著者らはこれまでに焼却主灰の地盤材料として有効利用するために材料特性を明らかにしている<sup>2)</sup>、<sup>3)</sup>。しかし、主灰中に重金属類が含有しているため、環境面の問題から有姿の状態での利用が困難である。そのため地盤材料として用いる場合、物理・力学特性の把握はもちろん主灰中に含有する重金属類(特に鉛)の溶出を抑制することは必要不可欠である。そこで、本研究では安全性を確保し、高品質な地盤材料として焼却主灰を有効利用するために、各種固化材を利用し、一旦固化させた後に解砕処理を施した試料(以下、解砕処理焼却主灰)の力学特性及び溶出特性の把握を目的とする。本報告では 1) 各種固化材の添加率が初期固化焼却主灰の一軸圧縮強さに及ぼす影響、2) コーン指数試験により解砕処理焼却主灰の土質区分の把握を行った結果について報告する。

## 2. 実験概要

**2-1 実験試料** 本実験に用いた試料は、写真-1 に示す 2013 年 5 月に A 市の清掃工場から排出された一般廃棄物焼却主灰を 13mm 以下に粒度調整しているものを使用した。表-1 に物理組成、図-1 に粒径加積曲線を示し、表-2 に試料の物理・力学特性を示している。焼却主灰は灰分、鉄含有物、ガラス類等から構成されており、その中でも灰分が約 85~90%と多く含んでいる材料であることがわかる。また、焼却主灰の土質区分は、採取した焼却主灰を用いたコーン指数試験により、第 2b 種となり地盤材料として十分に利用可能な材料である。

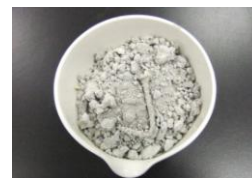


写真-1 焼却主灰

表-1 物理組成

| 構成物質     | 灰分   | 鉄含有物 | ガラス類 | 陶器類 | 非鉄含有物 |
|----------|------|------|------|-----|-------|
| 質量百分率(%) | 88.0 | 8.5  | 1.2  | 1.5 | 0.3   |

しかし、焼却主灰の pH は高いアルカリ性を示し、環告 46 号法における鉛の溶出量は環境基準値を十分に満足しておらず、地盤環境中への溶出が大きな問題となる。そこで本実験では焼却主灰の鉛の溶出抑制を行い、安定処理して使用するために 2 種類の酸化マグネシウム固化材(以下、MgO(1), MgO(2))と高炉セメント B 種(以下、BB)の計 3 種類を用いた。

**2-2 初期固化焼却主灰の一軸圧縮特性の把握** 本研究における初期固化焼却主灰と解砕処理焼却主灰の定義を図-2 に示す。本検討では、各固化材の添加率が初期固化土の一軸圧縮強さに与える影響の把握を行った。供試体の作製を表-3 に示す。配合条件に従って固化材を含水比  $w=30\%$ (最適含水比付近)に調整した焼却主灰 A の乾燥重量に対して重量比で添加した。その後、ホバートミキサーで 7 分間攪拌し、モールド(直径  $\phi=5\text{cm}$ 、高さ  $h=10\text{cm}$ )に突き固め層数が 3 層となるように試料を入れ、1.5kg ランマーを用いて落下高さ 20cm とし、各層 12 回

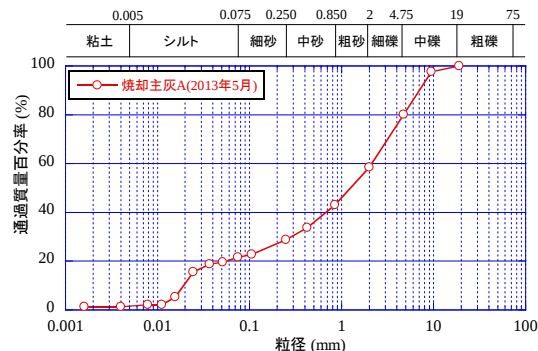


図-1 粒径加積曲線

表-2 試料の物理・力学特性

| 試料   | 採取時期    | 粒子密度<br>$\rho_s(\text{g/cm}^3)$ | 細粒分含有率<br>$F_c(\%)$ | 最大乾燥密度<br>$\rho_{dmax}(\text{g/cm}^3)$ |       | 最適含水比<br>$w_{opt}(\%)$ |      | pH   | Pb溶出量<br>(mg/l) | コーン指数<br>$q_c(\text{kN/m}^2)$ | 土質材料<br>品質区分 |
|------|---------|---------------------------------|---------------------|----------------------------------------|-------|------------------------|------|------|-----------------|-------------------------------|--------------|
|      |         |                                 |                     | A-b法                                   | E-b法  | A-b法                   | E-b法 |      |                 |                               |              |
| 焼却主灰 | 2013年5月 | 2.518                           | 21.6                | 1.370                                  | 1.501 | 29.2                   | 15.9 | 12.7 | 0.40            | 921.86                        | 第2b種         |

突き固めた。なお、突き固め回数は、突固めエネルギー  $E_c=550(\text{kJ/m}^3)$ となるように調整している。供試体作製後、ラップで密封して  $20^\circ\text{C}$ 一定の恒温室内で 7, 28 日間、気中養生させた。

**2-3 解砕処理焼却主灰の土質区分の把握** 本検討では、解砕処理された焼却主灰を利用する場合の土質区分の把握を行うために、コーン指数試験を行った。表-4 に対象とする解砕処理焼却主灰 a, b

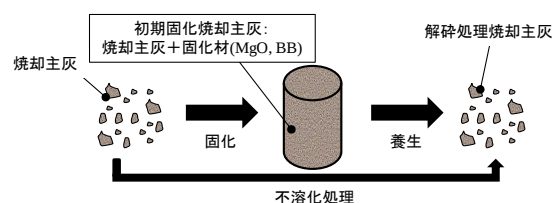


図-2 初期固化焼却主灰と解砕処理焼却主灰の定義

キーワード 酸化マグネシウム固化材、一般廃棄物焼却主灰、一軸圧縮試験、コーン指数試験、不溶化  
連絡先 〒814-0180 福岡県福岡市城南区七隈8-19-1 福岡大学工学部 TEL: 092-871-6631(ext.6464)

の作製条件を示す。解砕処理焼却主灰は養生後、供試体を粒径 9.5mm 以下になるまでハンマーにて解砕し作製した。また、作製した解砕処理焼却主灰はビニール袋内で湿潤状態となるように密封して 3 日間仮置きを行っている。なお、供試体の作製は、モールド(直径  $\phi=12.7\text{cm}$  高さ  $h=10\text{cm}$ )に突固め層数が 3 層となるように試料を入れ、2.5kg ランマーを用いて落下高さ 30cm とし、各層 25 回突き固めた。

### 3. 結果及び考察

#### 3-1 初期固化焼却主灰の一軸圧縮特性の把握

図-3 に各固化材における養生 7 日の一軸圧縮試験結果を示す。いずれの固化材添加率においても MgO(1) 及び MgO(2)を用いて改良した供試体は BB を用いて改良した供試体より低い一軸圧縮強度を示す結果となった。図-4 に養生 7 日における各固化材の添加率と一軸圧縮強さの関係について示す。BB を用いて改良した供試体は固化材添加率の増加に伴い、一軸圧縮強さが

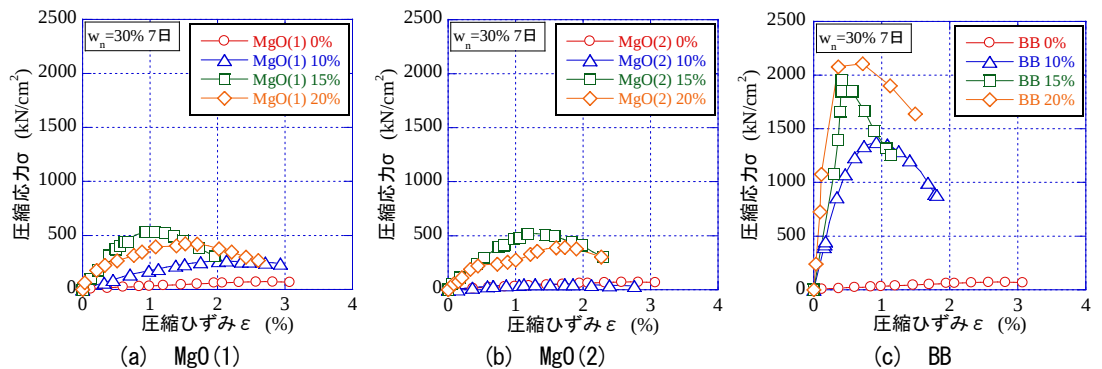


図-3 一軸圧縮試験結果(添加率)

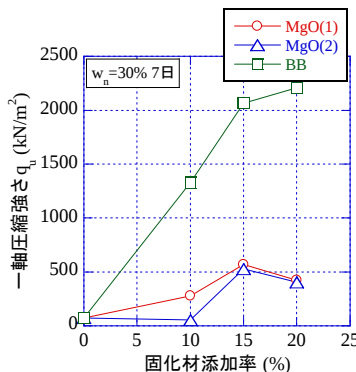


図-4 一軸圧縮強さと添加率の関係

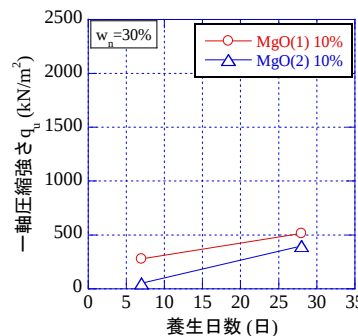


図-5 一軸圧縮強さと養生日数の関係

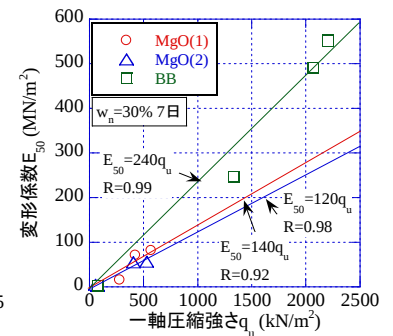


図-6 変形係数と一軸圧縮強さの関係

増加する結果となった。これに対し、MgO(1)及び MgO(2)を用いて改良した供試体は固化材添加率 15%以降は強度増加が得られない結果となった。図-5 に MgO(1)及び MgO(2)における固化材添加率 10%の一軸圧縮強さと養生日数の関係を示す。両固化材とも養生日数を増加させることで一軸圧縮強さが大きくなる結果となった。図-6 に変形係数と一軸圧縮強さの関係を示す。各種固化材を用いて改良した供試体の変形係数はそれぞれ一軸圧縮強さの増加に伴って大きくなる傾向が見られた。以上の結果から、MgO(1)及び MgO(2)により改良した焼却主灰は適切な固化材添加率及び養生日数を把握することにより十分な強度が得られることが示唆された。

**3-2 解砕処理焼却主灰の土質区分の把握** 表-5 に解砕処理焼却主灰 a, b のコーン貫入試験結果を示す。今回、対象とした解砕処理焼却主灰 a, b のコーン指数は、いずれも土質品質材料区分の第 2 種建設発生土<sup>4)</sup>にあたる  $q_c=800\text{kN/m}^2$  以上を示す結果となった。そのため、解砕処理焼却主灰 a, b の土質材料の品質区分として、第 2 種改良土以上で十分に地盤材料として利用可能な材料であることが明らかとなった。

### 4. まとめ

1) 酸化マグネシウム固化材により改良した焼却主灰は、適切な固化材添加率及び養生日数を把握することで十分な強度が得られることが示唆された。2) 解砕処理焼却主灰の土質区分は第 2 種改良土にあたり、地盤材料として十分に有効利用可能な材料であることがわかった。

今後の課題として、解砕処理土は解砕する時期、固化材添加率、仮置き期間等によって発現強度が異なることが報告されていることから、解砕処理焼却主灰の強度特性をしっかりと把握し、力学及び溶出特性の検討を行う必要がある。

謝辞 本研究を行うにあたり、松田技研工業(株)にご協力を得ました。末筆ながらここに記して謝意を表します。

【参考文献】1) 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，pp.453-454, 2010. 2) 前野ら：焼却灰の土質力学特性と有効利用，土木学会論文集，pp.199-207, 1996. 3) 土居ら：一般廃棄物焼却灰の土質特性の経時変化，土木学会論文集，pp.103-112, 2000. 4) 土木研究センター：建設発生土利用技術マニュアル(財)，2004.

表-3 配合条件

| 試料   | 含水比(%) | 固化材    | 添加率(%)     | 養生条件 | 養生日数(日) |
|------|--------|--------|------------|------|---------|
| 焼却主灰 | 30     | MgO(1) | 10, 15, 20 | 気中養生 | 7, 28   |
|      |        | MgO(2) |            |      | 7       |
|      |        | BB     |            |      | 7       |

表-4 実験条件(コーン指数試験)

| 試料        | 解砕処理条件          |        |        |      | 解砕後の粒径(mm) | 仮置き期間(日) |
|-----------|-----------------|--------|--------|------|------------|----------|
|           | 初期含水比 $w_n$ (%) | 固化材    | 添加率(%) | 養生条件 |            |          |
| 解砕処理焼却主灰a | 30              | MgO(1) | 10     | 気中養生 | 7          | 3        |
| 解砕処理焼却主灰b |                 | MgO(2) |        |      |            |          |

表-5 解砕処理焼却主灰の土質区分

| 試料        | 含水比 $w$ (%) | 湿潤密度 $\rho_n(\text{g/cm}^3)$ | 乾燥密度 $\rho_d(\text{g/cm}^3)$ | コーン指数 $q_c(\text{kN/m}^2)$ | 土質材料品質区分 |
|-----------|-------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------|----------|
| 解砕処理焼却主灰a | 24.08       | 1.641                        | 1.323                        | 8010.8                     | 第2種      |
| 解砕処理焼却主灰b | 31.08       | 1.603                        | 1.215                        | 10696.7                    | 改良土      |