

パッシブサーモグラフィ法を利用した産業廃棄造粒物の締固め管理

中央工学校 正会員 ○ 金光 寿一
 日本大学 正会員 柳内 睦人
 (株)丸正土木 桐生 竜治
 日本大学 学生会員 川久保政亮
 戸田道路(株) 白井 成也

1. はじめに

我が国では廃棄物最終処分場の残余年数が逼迫しており、処分量を低減するためにごみ焼却灰の再利用や資源化技術の開発が求められている。これまで焼却灰の再資源化には、超高温で熔融処理するしかなかった中間処理技術に対して、小規模焼却工場において焼却灰の無害化再資源化技術が開発され、その焼却灰・焼成物等の新たな再生資材の開発や有効利用が検討されている。

本研究では、混合産業廃棄物の焼却灰を焼成・粉碎・造粒したリサイクル材を盛土材、裏込め材、道路路盤等への適用性を確認するために力学特性とともにパッシブサーモグラフィ法を適用した締固め管理について検討した。締固めの管理基準は、土質や用途によって異なるが、品質規定方式では密度、締固め度、空気間隙率、飽和度等が用いられ評価されている。また、近年は締固め後の支持力評価として FWD 試験 (Portable Falling Weight Deflection Test) 及び GPS (位置情報：締固め厚の評価) や締固め機械に加速度計を搭載してリアルタイムでの評価が試みられている。しかし、FWD 試験は特定の試験箇所のみでの支持力判定であり、また、振動ローラからの加速度評価では材料のばらつきや振動ローラの締固め範囲の重なりなどによって加速度応答が異なることが指摘されている^{1),2)}。パッシブサーモグラフィ法は、土の締固め度の相違(密度、間隙比、飽和度の変化)によって温度場変化が明瞭になるものと思われ、広範囲の温度変化を視覚的及び定量的に確認できるものと考ええる。

2. 実験概要

実験に供した試料は、(株)丸正土木から提供されたもので、産業廃棄物混合を小規模焼却工場で焼成法融点以下に加熱 (1,000~1,100℃) により有害物を含む焼却灰、焼却飛灰 (以下、両者を主灰と称する) を無害化したものである。さらに、主灰だけでは品質強度を得ることは難しいため、セメントと混合・混練から造粒物を作製した。写真-1 に主灰及び造



(a) 主灰 (b) 造粒物
写真-1 製造された焼却灰焼成物

粒物を示す。締固め試験では、主灰及び造粒物の粒度分布が異なるために、最適な締固め強度を得るために両者を混合し最適な配合率とともに最適含水比を求めた。その力学特性では一軸圧縮試験及び CBR 試験にて比較した。さらに、実施工を想定した締固め管理では、締固め強度(締固め回数)を変えてパッシブサーモグラフィ法の適用性について検討した。

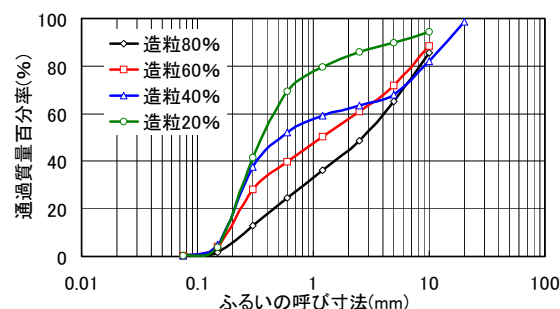


図-1 混合物の粒度分布状況



写真-2 測定状況

3. 焼成物の粒度分布と締固め試験

図-1 に造粒物と主灰を混合した割合とその粒度分布を示す。ふるい分け試験の結果では、造粒 80%、主

キーワード：パッシブサーモグラフィ法、締固め管理、産業廃棄物、焼却灰焼成物

連絡先：〒275-8575 千葉県習志野市泉町 1-2-1 日本大学生産工学部 TEL047-474-2441, E-mail:yanai.mutsuhito@nihon-u.ac.jp

灰 20%の割合で粒度分布が最もなだらかになる。その造粒 80%, 主灰 20%の混合は, 均等係数(U_c)が 17.4, 曲率係数 ($U'c$)が 1.84 である。また, 締固め試験では最大乾燥密度は $1.83\text{g}/\text{cm}^3$, 最適含水比は 16.5%が得られた。

4. サーモグラフィ法による締固め管理

実験に供した試験体は, 締固め試験用のモールド(ϕ 150mm)を利用して, 試料は混合 80%で行った。締固め条件は, 得られた最適含水比とし, ランマーによる締固め回数を各 5 層で 15, 30, 55 回の 3 種類とした。測定開始前の湿潤密度は, 締固め 15 回が $1.84\text{g}/\text{cm}^3$, 30 回が $1.87\text{g}/\text{cm}^3$, 55 回が $1.91\text{g}/\text{cm}^3$ であった。また, 測定後の表層部の含水比は, それぞれ 6.36%, 5.47%, 8.51%で, 空気間隙率は 11.7%, 10.3%及び 8.4%である。赤外線カメラによる温度測定は, 8 月 3 日の時刻 12:00 から 15:00 まで測定距離 120cm の位置から 5 分間隔で熱画像の撮り込みを行った(写真-2 参照)。図-2 には自動計測で得られた全天日射量と外気温を示す。平均風速は $2.2\text{m}/\text{s}$ であった。写真-3 及び写真-4 に測定開始時と各試験体間に温度差が最も大きくなった 13:00 の熱画像を示す。また, 図-3 には測定開始時からの温度上昇を示す。その 13:00 の温度上昇は, 締固め回数の規準を 55 回に仮定すると 15 回では規準よりも 2.43°C , 30 回は 1.99°C 高くなっている。測定開始 25 分後の 12:25 においても 1.82°C と 1.56°C の温度差が生じており, 熱画像から視覚的に締固めの相違が判読できる。このようにパッシブサーモグラフィ法は, 表層部に蓄積される熱量を期待するもので, 空気間隙率が温度上昇に大きく影響するものと考えられる。一方で, 含水比を一定にしても締固め回数が増えると表層部の含水比が大きくなり, 温度上昇に影響を与えることになる。今後は, 種々施工時間帯においても温度差が得られるのか検討しなければならないが, TS や GPS との組み合わせにパッシブサーモグラフィ法を適用することによって締固め管理の信頼性がより向上するものとする。

5. まとめ

本研究で得られた所見を以下に示す。

- (1) 主灰の締固め曲線は平滑であり, 最大乾燥密度の変化は小さい。
- (2) 造粒単独の締固め試験では細粒分が少なく, かみ合わせが小さいために摩擦力が得られず, 含水比を変えても全く締固まる状態にはならなかった。
- (3) パッシブサーモグラフィ法による締固め管理では, 空気間隙率が大きいほど温度上昇が大きくなり, 25 分後には熱画像から視覚的に締固め回数の相違が確認できた。

参考文献

- 1) 古屋弘, 藤原宗一: 加速度センサーと GPS を組み合わせた締固め管理システムの開発, 地盤工学会, 土と基礎 48 (4), pp. 21-24, 2000. 7
- 2) 建山和由: 振動ローラーの振動挙動計測による土の締固め度評価手法, 地盤工学会, 土と基礎 48 (7), pp. 1-4, 2000. 7

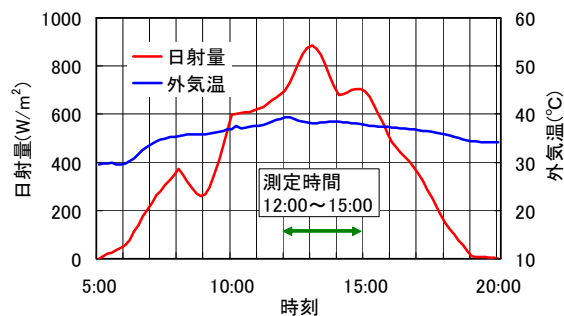
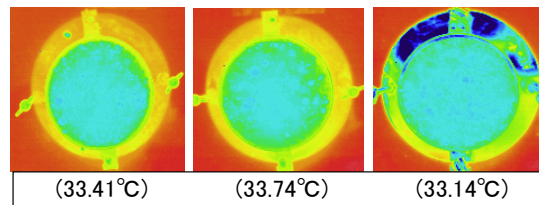
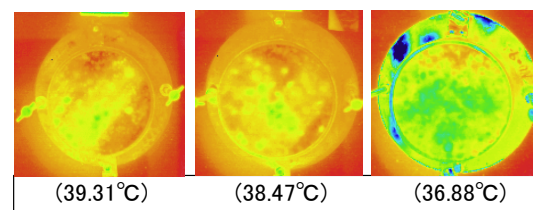


図-2 日射量と外気温



(a) 15回 (b) 30回 (c) 55回

写真-3 熱画像 (12:00)



(a) 15回 (b) 30回 (c) 55回

写真-4 熱画像 (13:00)

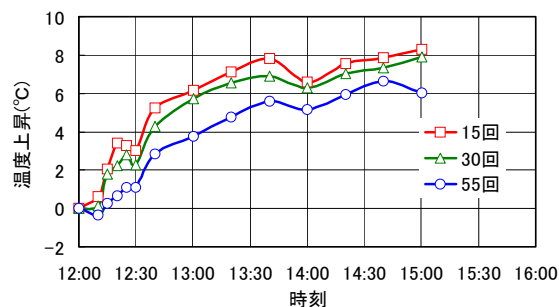


図-3 締固め回数と温度上昇