

遠心力場における都市ごみ焼却灰盛土模型の安定性について

長崎大学工学部 正会員 後藤恵之輔      長崎大学工学部 正会員 山中 稔  
長崎大学大学院 学生員 小川 鉄平      同 上      持下 輝雄

1. はじめに

実地盤の挙動を確認することができる模型実験は、廃棄物埋立地盤の有効利用を進めていくには大変有効である。室内で行う小型の模型地盤では、応力に関する相似条件が不十分であるため、大型模型実験の必要性が説かれてきた。遠心模型実験では、模型の形状は小型でありながら、この模型を高い重力加速度場に置くことで、土の自重による応力を大型の模型なみ、あるいはそれ以上の実物規模の応力状態にまで引き上げて実験ができるようにしたものである<sup>1)</sup>。

著者ら<sup>2)</sup>は、廃棄物の中で今後も多量の排出が予想されるごみ焼却灰に着目し、ごみ焼却灰で埋立てられた地盤の跡地利用に向けた地盤工学的研究をこれまで行ってきた。本論は、都市ごみ焼却灰から構成される盛土斜面を想定し、遠心力载荷装置を用いて、盛土斜面の安定性について検討を行った結果を述べたものである。

2. 都市ごみ焼却灰の諸特性

用いた都市ごみ焼却灰は、N市の大型焼却場において、灰クレーンから直接採取したものを用いた。室内試験を考慮して、粒径19mm以上のものを排除して採取した。粒径の大きなものは、主に針金、空き缶などの金属類であった。

表-1に、用いた都市ごみ焼却灰の諸特性を示す。土粒子の密度は、 $\rho_s = 2.32 \text{ g/cm}^3$ と非常に小さい値を示す。粒度組成は、礫分を多量に含んでいることが分かる。粒度分布は良く、粒径の大きさから日本統一分類で分類すると、細粒分まじり砂質礫(GS-F)に相当する。粒度分布に関しては、同じ焼却施設からのものであっても、地域や季節によって粒径が異なってくる<sup>3)</sup>と考えられる。三軸圧縮試験から求めた強度定数は、焼却灰粒子が脆弱<sup>2)</sup>であるにも関わらず、一般的な砂質土と比べて、若干大きい値を示している。

表-1 都市ごみ焼却灰の諸特性

|                                      |           |
|--------------------------------------|-----------|
| 土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> ) | 2.32      |
| 自然含水比 $w_l$ (%)                      | 35.0      |
| 礫分 (%)                               | 53.0      |
| 砂分 (%)                               | 47.0      |
| シルト分 (%)                             | 7.0       |
| 均等係数 $U_c$                           | 23.6      |
| 曲率係数 $U_{c'}$                        | 1.16      |
| 内部摩擦角 $\phi'$ (°)                    | 38.6~39.3 |
| 粘着力 $c'$ (kPa)                       | 0~35.0    |

3. 盛土模型及び実験方法

図-1に、盛土模型の形状を示す。今回は、盛土斜面の破壊形状の検討をも目的としたため、大きな斜面勾配を採用している。

表-2には、供試体条件を示している。供試体種類(構成土)の違いが盛土斜面の安定性に及ぼす差異を明らかにするために、試料としては都市ごみ焼却灰及び豊浦標準砂の二種類とした。異なる用いた都市ごみ焼却灰の粒径は、豊浦標準砂の粒径と等しくさせるために、0.425mmふるい通過分を試料とした。また、実験中、超小型OCDカメラによって模型の変位状況を確認するために、直径5mmの発泡スチロール標点を20mm間隔でガラス面側に埋め込んだ。なお、用いた遠心力载荷装置は、超小型OCDカメラを試料容器に搭

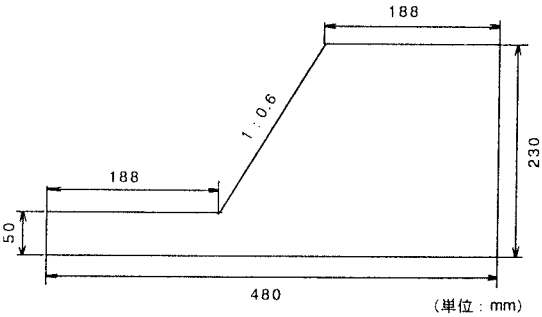


図-1 盛土模型の形状

表-2 供試体条件

| 試料                                 | 都市ごみ焼却灰 | 豊浦標準砂 |
|------------------------------------|---------|-------|
| 湿潤密度 $\rho_t$ (g/cm <sup>3</sup> ) | 1.17    | 1.53  |
| 間隙比 $e$                            | 1.68    | 0.98  |
| 含水比 $w$ (%)                        | 35.3    | 15.0  |

載し、盛土の崩壊に至るまでの挙動を連続して撮影することを可能としている<sup>4)</sup>。

実験方法は、盛土高さを段階的に高くしていく観点から、5分毎に遠心加速度を10g上昇させていき、盛土の崩壊がモニターで認められたときの加速度を記録し、破壊時の最大加速度とした。実験終了後は、供試体中に配置した標点の動きを画像処理ソフトによりベクトル化し、変形挙動を可視化する。

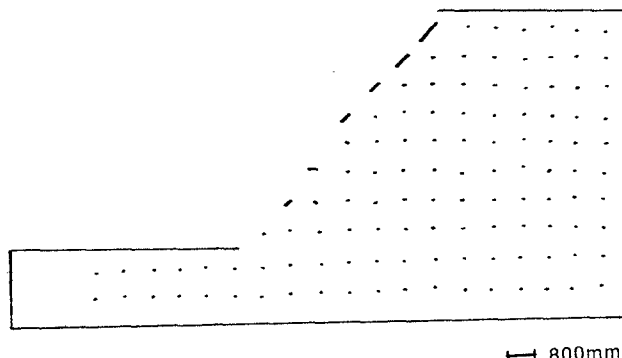


図-2 崩壊時の変位ベクトル

#### 4. 結果及び考察

##### 1) 標準砂による盛土

実験の結果、標準砂からなる盛土斜面は、遠心力場40gで崩壊した。図-2に、崩壊時の変位ベクトルを示す。法肩部分から法面に沿って崩壊しており、盛土上部の変形量が大きいことが分かる。崩壊の形状から斜面先破壊であると言える。また、模型の盛土高さが180mmであったことから、遠心力場の相似則により、崩壊時の盛土高さは7.2mと算定できる。

表-3 試験後の盛土部分の含水比

| 上部からの高さ (cm) | 含水比 $w$ (%) |
|--------------|-------------|
| 0            | 16.23       |
| 9            | 38.72       |
| 18           | 57.73       |

##### 2) 都市ごみ焼却灰による盛土

都市ごみ焼却灰からなる盛土模型での実験の結果、標準砂盛土が崩壊した遠心力場40gよりも120g大きい160gにおいても、崩壊挙動は見られなかった。撮影画像から実験前後の評点の動きを解析したが、すべての点について、変位はほとんど生じていないことが確認できた。実験終了後の盛土高さの実測から、圧縮ひずみ量は1.7%であった。遠心加速度160gに対応する盛土高さは、相似則から28.8mと算定できる。テイラーの安定図表による円弧すべり解析では、この盛土高さ28.8mの場合の安全率は $F_s=0.61$ であり、破壊に至るはずである。この原因は、現在明らかではないが、実験終了後の供試体に、コーン貫入試験をした結果、コーン貫入抵抗値 $364\text{kN/m}^2$ と高い値を示し、供試体が非常に密に締め固まっていたことを確認している。また、試験後の盛土部分の各深度計3カ所からの含水比を測定した結果を、表-3に示す。下部になるにしたがい含水比が高く、遠心力によって脱水されていることが分かる。特に、盛土下部においては、含水比が57.7%と最適含水比よりも30%以上も高い値になった。

#### 5. まとめ

本研究において、都市ごみ焼却灰盛土は、高い遠心力場においてもほとんど変形を生じず、豊浦標準砂盛土と比較して（供試体条件は若干異なるが）、安定性が非常に高いことが明らかとなった。今後は、さらに異なる供試体条件下での盛土の安定性を検討していく予定である。

#### 参考文献

- 1) 藤井齊昭：遠心模型実験，土と基礎，Vol.40, No.11, pp.54-56, 1992.11.
- 2) 後藤・山中・小川：都市ごみ焼却灰の静的及び動的力学特性に関する実験的研究，長崎大学工学部研究報告，第28巻，第51号，pp.173-178, 1998.7.
- 3) 廃棄物と建設発生土の地盤工学的有効利用，地盤工学会，pp.42-50, 1998.9.
- 4) 棚橋・山中・國松・高原：初期浸潤面が盛土の安定に及ぼす影響に関する遠心載荷試験，平成9年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集，pp.544-545, 1998.3.