# 海面埋立て処分場を想定した都市ゴミ焼却灰の液状化特性

福岡大学工学部 学生員 麻生茂樹福岡大学工学部 正会員 佐藤研一 山田正太郎 藤川拓朗

1.はじめに 近年、我が国の最終処分場の有効残余年数は 13.2 年(2005 年度)という深刻な状況にある。今後、大 阪湾フェニックスのように広域的かつ長期安定的に廃棄物の最終処分場を確保する大型の海面埋立て処分場が増 加すると考えられる。また、このような処分場では、海面埋立てした土地を活用して港湾機能の整備を図ること ができるような広域処理場整備事業が増えてくることが予想される。しかし、このような廃棄物を埋立てし、新 たに造成された地盤の力学・変形特性は、経時的に変化する廃棄物のため、未だ解明されていない部分が多い。 また、海面埋立て処分された廃棄物は、海面下では飽和状態にあり、比較的緩く堆積しながら地盤が形成されて いると考えられる。そこで本研究では、海面埋立て処分場を想定した供試体作製を行い、比較的緩く堆積した焼 却灰地盤の液状化特性を明らかにすることを目的とする。また、圧密履歴を受けた焼却灰地盤の液状化特性につ いて検討した結果についても報告する。

### 2.実験概要

2-1 実験試料 実験には、A市の焼却処理施設で採取した焼却灰を用いた。供 試体の大きさの制約により、ふるいにより 2mm 以下に分取した試料を用いた。 また、土質材料として比較のために豊浦標準砂も用いた。図-1 と表-1 に実験 に用いる各試料の粒径加積曲線と物理特性を示す。2mm 以下にふるい分けした 焼却灰は、豊浦標準砂に比べて粒度分布が良く、細粒分を 20%以上含有する。 2-2 供試体作製方法 焼却灰の供試体の作製は、緩く堆積した埋立て地盤を考

慮し、水中落下法により行った。水中落下法は、まず、直径 75 [mm]、高さH 150 [mm]のモールド内にモールド高さの約半分の位置まで脱気水を入れ、焼却灰を水面から落下させる方法に行った。この方法により作製された供試体密度は、 d 0.776 [g/cm<sup>3</sup>]である。一方、豊浦標準砂の供試体は、空中落下法により Dr=30、60、75 [%]の3種類の供試体を作製した。



表-1 物理特性

| /                                    | 焼却灰   | 豊浦標準砂 |
|--------------------------------------|-------|-------|
| s[g/cm <sup>3</sup> ]                | 2.437 | 2.653 |
| <sub>dmax</sub> (g/cm <sup>3</sup> ) | 1.194 | -     |
| w <sub>opt</sub> [%]                 | 37.1  | -     |
| e <sub>max</sub>                     | -     | 0.985 |
| e <sub>min</sub>                     | -     | 0.639 |
| Uc                                   | 207.3 | 2.1   |
| U <sub>c</sub> '                     | 13.0  | 1.3   |

2-3 実験方法 実験には、三軸圧縮試験装置を用いた。焼却灰の場合は、脱気水を通し、背圧 <sub>BP</sub>=196 [kPa]を 載荷し、飽和させた。豊浦標準砂の場合は炭酸ガス、脱気水を通し、背圧 <sub>BP</sub>=98 [kPa]を載荷し飽和させ、B値 が 0.96 以上を確認している。また、過圧密の影響を調べるため、OCR=2、3 に関しては、供試体に一旦、有効拘束

圧 p =196 [kPa]、294 [kPa]を加え、1
時間放置し、その後有効拘束圧 p =98
[kPa]まで除荷した。さらに、各目標
締固め度と目標相対密度に対し、繰返し
せん断応力比 /pc をそれぞれ数パタ
ーンずつ変化させ、0.1 [Hz]の正弦波
によって繰返し非排水せん断試験を行った。表-2、3 に今回行った実験条件を示す。

## 3.実験結果及び考察

#### 3-1.焼却灰の液状化特性 図-2、3(a)、

(b) に焼却灰と豊浦標準砂の繰返しせ ん断の試験結果を示す。焼却灰のせん断

|         | <u> </u>   |             |          |         |            |                          |                           |  |      |
|---------|------------|-------------|----------|---------|------------|--------------------------|---------------------------|--|------|
| test No | 試料         | 供試体<br>作製方法 | 拘束圧      | 過圧密比    | せん断<br>応力比 | 目標<br>締固め度D <sub>0</sub> | 初期の<br>締固め度D <sub>1</sub> | せん<br>断開<br>始時の<br>協<br>固<br>め<br>度<br>D | B値   |
| syk11   | 2005年8月焼却灰 | 水中落下法       | 98 (kPa) | OCR=1.0 | 0.470      | 0.65                     | 0.62                      | 0.64                                     | 0.98 |
| syk12   |            |             |          |         | 0.420      |                          | 0.59                      | 0.62                                     | 0.96 |
| syk13   |            |             |          |         | 0.380      |                          | 0.58                      | 0.62                                     | 0.96 |
| syk14   |            |             |          |         | 0.340      |                          | 0.65                      | 0.68                                     | 0.98 |
| syk21   |            |             |          | OCR=2.0 | 0.940      |                          | 0.60                      | 0.63                                     | 0.98 |
| syk22   |            |             |          |         | 0.890      |                          | 0.59                      | 0.63                                     | 0.98 |
| syk23   |            |             |          |         | 0.850      |                          | 0.62                      | 0.66                                     | 0.96 |
| syk24   |            |             |          |         | 0.780      |                          | 0.63                      | 0.65                                     | 0.96 |
| syk31   |            |             |          | OCR=3.0 | 1.020      |                          | 0.62                      | 0.68                                     | 0.96 |
| syk32   |            |             |          |         | 0.990      |                          | 0.64                      | 0.70                                     | 0.96 |
| syk33   |            |             |          |         | 0.930      |                          | 0.59                      | 0.65                                     | 0.96 |

#### 表-3 実験条件(豊浦標準砂)

| test No  | 試料      | 供試体<br>作製方法 | 拘束圧      | 過圧密比    | せん断<br>応力比 | 目標<br>相対密度Dr <sub>0</sub> (%) | 初期の<br>相対密度Dr <sub>1</sub> (%) | せん断開始時の<br>相対密度Dr(%) | B値   |
|----------|---------|-------------|----------|---------|------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------------|------|
| toyo751R |         | 空中落下法。      | 98 (kPa) | OCR=2.0 | 0.290      | 75 (%)                        | 75.4                           | 78.7                 | 1.00 |
| toyo752R |         |             |          |         | 0.240      |                               | 76.9                           | 78.7                 | 1.00 |
| toyo751  |         |             |          | OCR=1.0 | 0.290      |                               | 74.0                           | 75.1                 | 0.96 |
| toyo752  |         |             |          |         | 0.220      |                               | 70.8                           | 72.5                 | 0.96 |
| toyo753  |         |             |          |         | 0.210      |                               | 76.0                           | 77.5                 | 0.98 |
| toyo754  |         |             |          |         | 0.180      |                               | 74.9                           | 76.6                 | 0.98 |
| toyo601  | 豊浦標準砂 空 |             |          |         | 0.200      | 60 [%]                        | 57.8                           | 59.5                 | 1.00 |
| toyo602  |         |             |          |         | 0.170      |                               | 55.5                           | 57.2                 | 1.00 |
| toyo603  |         |             |          |         | 0.160      |                               | 58.4                           | 60.4                 | 1.00 |
| toyo604  |         |             |          |         | 0.130      |                               | 55.5                           | 57.8                 | 1.00 |
| toyo301  |         |             |          |         | 0.190      | 30 (%)                        | 24.3                           | 27.5                 | 1.00 |
| toyo302  |         |             |          |         | 0.160      |                               | 28.3                           | 30.9                 | 0.98 |
| toyo303  |         |             |          |         | 0.130      |                               | 27.7                           | 30.9                 | 1.00 |
| toyo304  |         |             |          |         | 0.110      |                               | 30.6                           | 33.2                 | 0.98 |



挙動は、豊浦砂と比較すると非常に緩く堆積させた試料に大きな繰 返しせん断応力を載荷したにも関わらず、繰返しに対して粘り強い 挙動を示していることがわかる。その傾向は、1回目の載荷以降の有 効応力低下挙動に現れ、ストレスパスがサイクリックモビリティー を示しながら、ゆっくりと液状化していることから確認できる。ま た、変形挙動も、ほぼ等方的な変形が徐々に進行しており、豊浦砂 とまったく異なった挙動を示す材料である事がわかる。このような 繰返しせん断挙動は、焼却灰が砂と比較して細粒分を含み、透水係 数が低い事、水中落下法による供試体の異方性の影響が結果に現れ たと考えられる。

3-2.過圧密の影響 図-4、5 に過圧密比 0CR=2 の両試料の繰返しせん 断試験の結果を示す。両試料共に圧密履歴を受ける事により、繰返 しのせん断抵抗がかなり大きくなっていることが前述の結果からも 判断できる。図-6、7 に各繰返し回数 N に対する最大過剰間隙水圧比 及び両振幅軸ひずみの発生量を示している。両試料とも圧密履歴を 加えることによって、供試体の剛性が上昇し、繰返しに伴う過剰間 隙水圧の発生挙動が非常に緩やかに発生し、繰返しに伴う変形抵抗 が増加していることが伺える。また、豊浦砂は、過剰間隙水圧比が 0.6 付近に達した時点で急に変形が生じ、一気に液状化するのに対し、



焼却灰は、水圧の上昇に伴って徐々に変形が生じ、過剰間隙水圧比は 1.0 に達せず、液状化に至っている。**図-8** に両振幅軸ひずみ<sub>DA</sub>=5 [%]が生じた時点を液状化とした液状化強度曲線を示す。この図より、焼却灰の液状化 強度は、豊浦標準砂と比較すると大きい事が示された。また、豊浦標準砂に比べ、焼却灰は過圧密の影響を大き く受けることがわかった。これは、圧密履歴を加えることで、わずかながらの密度増加によるものだけでなく、 供試体内の粒子構造の変化も起因していると考えられる。また、このように過圧密を利用した海面埋立て焼却灰 地盤の液状化対策工法としては、安価なプレローディング工法が有力であると考えられる。

4.**まとめ** 焼却灰は、非排水の繰返しせん断に対し、豊浦標準砂と比較して粘り強い挙動を示した。 豊浦標 準砂に比べ、焼却灰は圧密履歴を加えることにより、かなりの液状化強度の増加を示した。 海面埋立て焼却灰 地盤の液状化対策工法として、プレローディング工法が有力である。