

一般廃棄物焼却灰の繰返しせん断特性

福岡大学大学院 ○学生員 松村 耕平

福岡大学工学部 正会員 佐藤 研一 吉田 信夫

福岡大学工学部 正会員 島岡 隆行 花嶋 正孝

1.はじめに 平成 11 年度における我国の一般廃棄物の総排出量は 5110 万 t、産業廃棄物では 4 億 5000 万 t と年々増え続けている。その中で一般廃棄物焼却灰は 616 万 t で、磁選による鉄分の回収以外はほとんどが最終処分場で埋立処分されている。しかし、処分場の不足等を考慮すると、今後、焼却灰を管路の埋戻し材や擁壁裏込め材のような土木資材としての有効利用の方法が考えられ、その研究¹⁾²⁾も進められている。一方、我国は他国にくらべると地震が多く、大きな被害が発生している。それらの被害の中には地盤の液状化に起因するものも少なくない。焼却灰地盤の地震時における安全性を考えることは、これまでの処分場の跡地利用の点と今後の土木資材への適用を考える上で重要な課題である。そこで本研究では、繰返し荷重を受ける焼却灰の挙動に着目し、繰返し三軸試験を行った結果について報告する。

2.試料及び実験概要 実験で用いた焼却灰は、A 市の焼却場から搬出されたものを 13mm 以下に物理選別し、重金属固定処理を行ったものである。今回は、この試料を供試体の大きさ等の制約によりさらに分取し、2mm ふるい通過試料を用いた。表-1、図-1 に、物理特性、粒径加積曲線を示している。同時に、比較実験として用いた今宿まき土、豊浦標準砂の結果も示している。2mm 以下焼却灰は、粒度分布により砂質土に分類にされ、ほぼ均一の材料であることが分かる。実験は、空圧制御式繰返し三軸せん断試験装置を用いた。供試体は、直径約 7.5cm、高さ約 15cm の円筒モールド

表-1 試料の物理特性

	13mm 以下焼却灰	2mm 以下焼却灰	今宿まき土	豊浦標準砂
密度 (g/cm ³)	2.24	2.57	2.67	2.65
均等係数 U _c	19.75	4.88	1.67	1.58
曲率係数 U _c	1.63	1.31	2.38	0.91
液性限度 L _l (%)	—	12.25	7.27	—

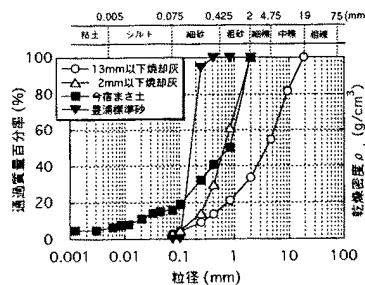


図-1 粒径加積曲線

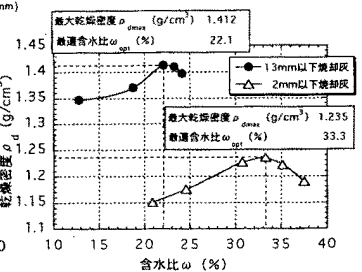
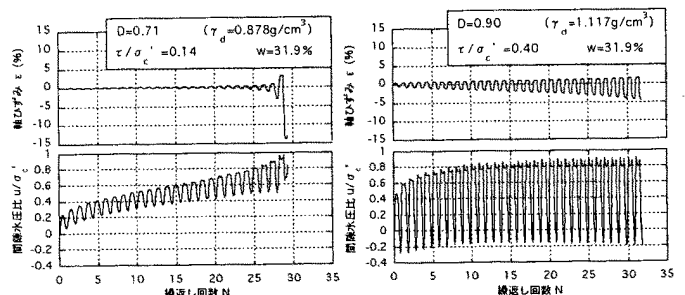


図-2 締固め曲線

中に、所定の密度になるように 5 層に分け、ウェットタンピング法 (WT 法) で突き固めた。ここで試料は、図-2 に示した締固め曲線で求めた最適含水比に近い約 32% に調整した。供試体密度は、 $D=0.9$ (密詰め)、 $D=0.8$ (中詰め)、 $D=0.7$ (緩詰め) (ここで、締固め度 $D = \rho_d / \rho_{dmax}$ と定義する。) の 3 種類とした。その後、供試体に炭酸ガスを約 1 時間通気させて、間隙空気と置き換えた後、脱水水を約 2 時間ゆっくりと通水し、背圧 $\sigma_{BP} = 196\text{kPa}$ で与え飽和供試体を作成した。B 値が 0.94 以上になったことを確認した上で、有効拘束圧 $\sigma'_c = 98\text{kPa}$ で 1.5 時間等方圧密を行った。せん断試験は、非排水状態で任意の繰返し応力を、一定振幅 0.1Hz の正弦波を用いて圧縮側より載荷を行い、両振幅軸ひずみ $DA=5\%$ に達した後、実験を終了させた。

3.実験結果 図-3 に $D=0.7$ 及び $D=0.9$ のそれぞれにおいて、ほぼ同一の繰返し回数で液状化に至った焼却灰の時刻歴を示す。 $D=0.7$ の供試体では載荷直後から、過剰間隙水圧が徐々に上昇し、間隙水圧比が 0.8 付近から軸ひずみが急激に発生し液状化に至っており、一般の砂質土に良く見られる挙動を示していることが分かる。一方、 $D=0.9$ の供試体では、せん断初期から過剰



(a) 焼却灰 (緩詰め)

(b) 焼却灰 (密詰め)

図-3 時刻歴

間隙水圧が急激な上昇と低下を繰返し、これに伴い軸ひずみの発生が見られ、徐々に振幅が大きくなって液状化に至っていることが分かる。次に、図-4、図-5に図-3と同一条件におけるそれぞれの有効応力経路図と軸差応力-軸ひずみの関係をそれぞれ示す。図-4においてD=0.7では、繰返しに伴い徐々に有効応力が減少しているのに対し、D=0.9では、せん断初期から、正のダイレイタンシーによって一時的に間隙水圧が負またはゼロとなり、粒子間の有効応力は初期状態の値まで回復している。この現象は、密な砂あるいは粘性土の液状化試験の時に観察されるサイクリックモビリティと同じものである。この原因は、供試体作成時のタンピングにおいて試料の粒子構造がより密実化したためである。一方、図-5の応力-ひずみ関係を見るとD=0.7では伸張側でひずみが一気に生じて液状化に至っている。これに対し、D=0.9では特に圧縮側のひずみの発生が抑制されており、供試体作成時の締固め効果が供試体の変形にも現れていることが分かる。次に図-6、図-7にD=0.7、0.8及び0.9の焼却灰及び豊浦砂(Dr=80%)におけるほぼ同一の繰返し応力比に対する繰返し回数Nと過剰間隙水圧比 u/σ'_c 及び両振幅軸ひずみDAの関係を示している。ただし、D=0.9は、最も小さな応力比のものである。その結果、D=0.9の焼却灰の過剰間隙水圧は、他の3種類の結果と異っており、せん断初期からゆっくりと発生していることが分かる。一方、軸ひずみの発生も、他の試料が急激なひずみの発生とともに破壊に至るのに対し、過剰間隙水圧の発生と同様に徐々に破壊に至る様子が分かる。図-8に焼却灰、まさ土及び豊浦砂の両振幅軸ひずみDA=5%における繰返し回数Nと繰返し応力比 τ/σ'_c との関係を示す。D=0.9の焼却灰は密な状態の今宿まさ土、豊浦砂の約2倍の強度を示している。これに対し、D=0.7の焼却灰の場合では今宿まさ土、豊浦砂に比べて、液状化に対する抵抗が小さいことが分かる。

4.まとめ 一般廃棄物焼却灰の液状化強度は、締固め度に大きく依存していることが明らかになった。これは、焼却灰の締固め効果によって、液状化強度に与える影響が大きいことを示しており、十分な締固めにより大きな液状化強度を得る事が可能である。また、焼却灰を有効利用する場合、十分な締固めは、液状化の発生を抑制できる大きな手段である。最後に、本研究を行うにあたりご協力頂いた地方自治体と、栗田工業(株)の平尾孝典氏並びに福岡大学工学部卒論生の渡辺賢二君に心より感謝の意を表します。

《参考文献》1) 前野祐二, 平田登基男, 永瀬英生: 焼却灰の土質力学特性と有効利用, 土木学会論文集III, pp.199-207, 1997 2) 花嶋正孝, 島岡隆行, 平尾孝典: 物理選別処理による一般廃棄物焼却灰の有効利用について (その2), 第10回廃棄物学会研究発表会講演論文集, pp.500~502, 1999

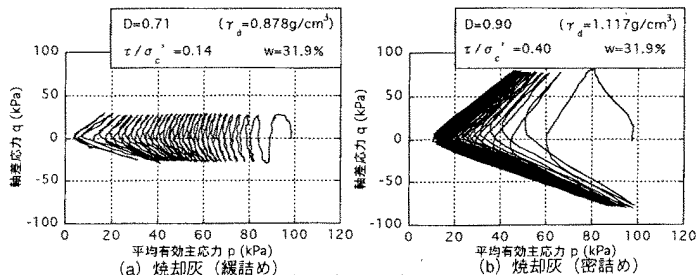


図-4 有効応力経路図

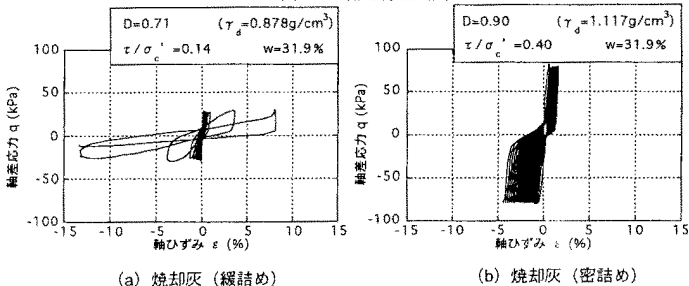


図-5 軸ひずみ-軸差応力の関係

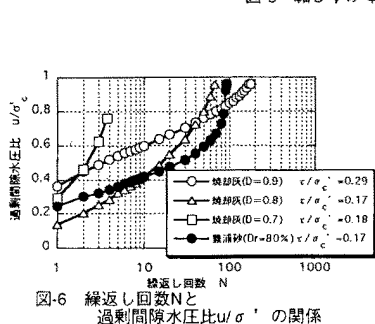


図-6 繰返し回数Nと過剰間隙水圧比 u/σ'_c の関係

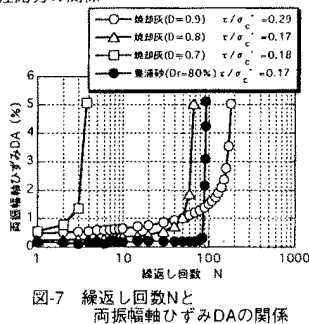


図-7 繰返し回数Nと両振幅軸ひずみDAの関係

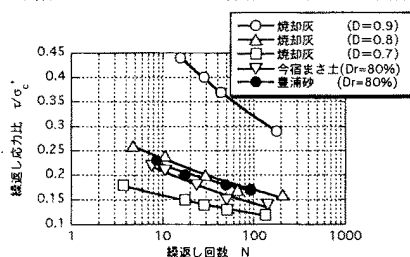


図-8 液状化強度曲線