

一般廃棄物焼却灰の繰返しせん断特性に及ぼす地盤環境の影響

福岡大学工学部 学生員○榎藤 清路 福岡大学工学部 正会員 佐藤 研一  
 福岡大学大学院 学生員 松村 耕平 福岡大学工学部 正会員 島岡 隆行  
 福岡大学工学部 正会員 花嶋 正孝 福岡大学工学部 正会員 吉田 信夫

1.はじめに 一般廃棄物最終処分場の不足等を考慮すると、今後一般廃棄物焼却灰の土木資材としての有効利用はもちろん、処分場の高度跡地利用の方策を考えなければならない。この場合、他国に比べて地震の多い我が国において、焼却灰地盤の地震時における安定性を考えることは必要不可欠である。また、一般廃棄物焼却灰は、そのなかに含まれるカルシウムなどの無機塩類の存在と焼却灰地盤内の環境によって、土質力学特性が変化することが考えられる<sup>1)</sup>。そこで本研究では、焼却灰地盤が将来受ける環境に着目し、その環境に対応した方法で一定期間養生した供試体を用い、繰返しせん断試験を行った結果について報告する。

表-1 実験条件

2.試料及び実験概要 実験で用いた焼却灰は A 市 2mm ふり通過試料を用いた。実験条件は表-1 に示す通りである。また、供試体作成及び養生方法については、著者らの研究<sup>2)</sup>と同様の方法で行っているので省略する。繰返しせん断試験は空圧制御式三軸せん断試験装置を用い、供試体に炭酸ガスを 30 分通気させて間隙空気と置き換えた後、脱気水を 2 時間通水し、背圧  $\sigma_{BP}' = 196 \text{ kPa}$  を与え飽和供試体を作成した。B 値が 0.96 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 時間等方圧密を行った。せん断試験は、非排水で任意の繰返し応力比  $\tau/\sigma_c' \approx 0.31$  の正弦波を用いて圧縮側より載荷を行い、両振幅ひずみ  $DA=5\%$  に達した後、実験を終了させた。

| 養生方法 | 養生日数 | $w_0$ | $\tau/\sigma_c'$ | 養生方法 | 養生日数 | $w_0$ | $\tau/\sigma_c'$ | 養生方法 | 養生日数 | $w_0$ | $\tau/\sigma_c'$ |
|------|------|-------|------------------|------|------|-------|------------------|------|------|-------|------------------|
| 暴露   | 0日   | 32.4  | 0.21             | 気中   | 14日  | 31.8  | 0.21             | 水浸   | 14日  | 32.3  | 0.24             |
|      |      | 31.9  | 0.23             |      |      | 31.8  | 0.25             |      |      | 32.3  | 0.26             |
|      |      | 31.7  | 0.25             |      |      | 31.8  | 0.27             |      |      | 33.7  | 0.30             |
|      |      | 32.1  | 0.30             |      |      | 31.8  | 0.32             |      |      | 32.3  | 0.33             |
|      | 14日  | 31.7  | 0.28             |      | 28日  | 30.7  | 0.20             |      | 28日  | 31.8  | 0.21             |
|      |      | 30.5  | 0.31             |      |      | 32.7  | 0.24             |      |      | 31.8  | 0.22             |
|      |      | 30.5  | 0.35             |      |      | 32.3  | 0.26             |      |      | 31.8  | 0.23             |
|      |      | 31.7  | 0.39             |      |      | 32.3  | 0.30             |      |      | 31.8  | 0.25             |
|      | 28日  | 31.7  | 0.45             |      | 56日  | 30.5  | 0.27             |      | 56日  | 31.8  | 0.32             |
|      |      | 31.0  | 0.26             |      |      | 30.5  | 0.31             |      |      | 32.3  | 0.23             |
|      |      | 31.5  | 0.29             |      |      | 32.7  | 0.33             |      |      | 30.9  | 0.25             |
|      |      | 32.7  | 0.35             |      |      | 32.3  | 0.36             |      |      | 31.8  | 0.26             |
|      | 56日  | 32.7  | 0.41             |      |      | 32.7  | 0.42             |      |      | 30.9  | 0.28             |
|      |      | 31.8  | 0.31             |      |      |       |                  |      |      |       |                  |
|      |      | 31.1  | 0.34             |      |      |       |                  |      |      |       |                  |
|      |      | 31.5  | 0.36             |      |      |       |                  |      |      |       |                  |
|      |      | 31.5  | 0.39             |      |      |       |                  |      |      |       |                  |
|      |      | 31.1  | 0.49             |      |      |       |                  |      |      |       |                  |

$w_0$ : 初期含水比 (%)  $\tau/\sigma_c'$ : 繰返し応力比

3.実験結果と考察 養生方法の違いによる影響を調べるために、図-1 に暴露、気中、水浸 56 日養生のそれぞれにおいて、繰返し応力比  $\tau/\sigma_c' \approx 0.31$  における焼却灰の軸ひずみ  $\epsilon$ 、過剰間隙水圧比  $u/\sigma_c'$  における時刻歴を示す。どの養生も過剰間隙水圧の急激な発生は見られず、せん断初期から増加と減少を繰返ししながら 1 に近づいている。しかし、軸ひずみ、過剰間隙水圧ともに徐々に漸増し、液状化に至っていることが分かる。また、同一応力比にもかかわらず、時刻歴に養生方法の違いが現れていることも分かる。

図-2 及び図-3 には図-1 と同一条件における有効応力経路図及び軸差応力と軸ひずみの関係を示す。いずれの養生方法の有効応力経路も、繰返し応力の載荷とともに有効応力が低下し、密詰め砂の特色であるサイクリックモビリティを示し、初期液状化状態に至った後、有効応力の増加と減少を繰返ししながら破壊に至っている状況が分かる。また、一時的に有効応力が 0 になっても、その後にせん断力を加えると負の過剰間隙水圧が発生して有効応力の回復が見られている。どの養生方法においても軸ひずみは、圧縮側に比べ徐々に伸張側に増加し、破壊に至っている。これは暴露養生において最も顕著であり、それに比べると気中養生及び水浸養生は、比較的圧縮側にもひずみが発生している。

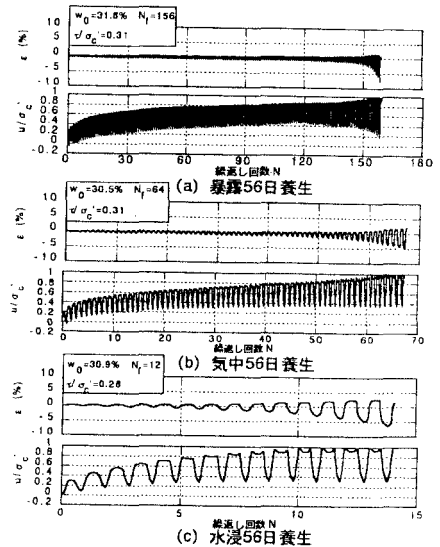


図-1 時刻歴 (養生方法の違いによる影響)

図4、5も図1と同一条件における繰返し回数  $N_f$  と最大過剰間隙水圧比  $u/\sigma'_c$  及び両振幅軸ひずみ  $DA$  の関係を示す。両図より、繰返しせん断における過剰間隙水圧及び軸ひずみの発生過程に養生方法の違いが大きな影響を及ぼしていることが分かる。著者らの研究<sup>2)</sup>によれば、養生に伴う固結力の発現が著しかった暴露養生における供試体は、繰返しに伴うせん断抵抗力が大きく過剰間隙水圧はゆっくりと発生している。これに対して水浸養生はほぼ直線的に発生し10回程度で液状化に達している。

図6 (a)、(b)、(c)に各養生方法における液状化強度線を示す。また同時に、養生をしていない供試体の結果も示している。天候の影響を受ける暴露養生は、養生なしの供試体よりいずれの養生日数において強度増加を示している。また、14日養生と28日養生より56日養生の供試体は、図1に示す含水比が大幅に低下し強度増加が著しい事が分かる。それに対して、含水比一定条件である気中養生は、28日養生まで強度変化は見られず、56日養生において、暴露養生と同様に強度増加が見られる。水浸養生では、養生日数の経過に伴う強度増加は見られず、逆に強度は減少傾向にあることが分かる。また、各養生とも養生日数の経過に伴って、強度線が平行に推移している。これは、供試体の固結力が発揮され、繰返しせん断強度に影響を及ぼしていることが分かる。

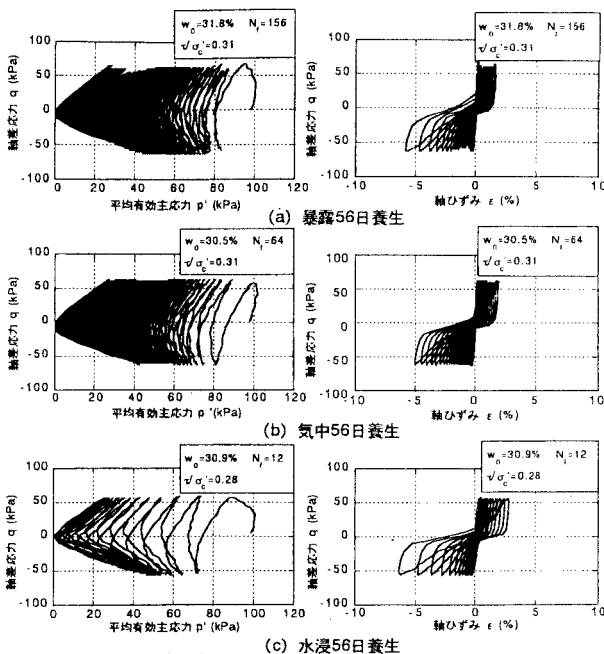


図-2 有効応力経路図

図-3 軸差応力と軸ひずみの関係

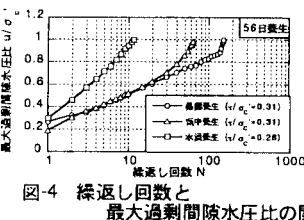


図-4 繰返し回数と最大過剰間隙水圧比の関係

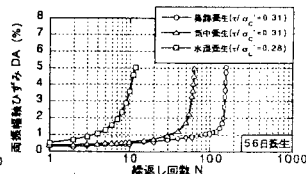
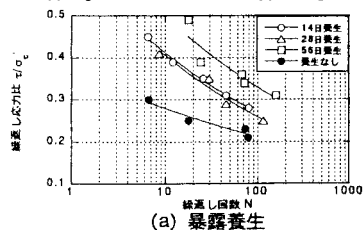
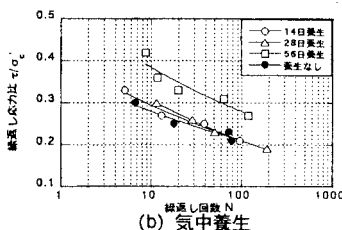


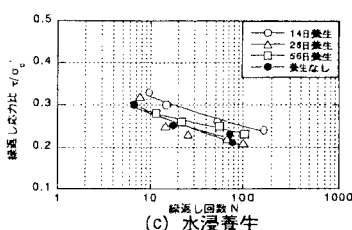
図-5 繰返し回数と両振幅軸ひずみの関係 (養生方法の違いによる影響)



(a) 暴露養生



(b) 気中養生



(c) 水浸養生

図-6 液状化強度線 (養生日数の違いによる影響)

図7に繰返し回数20回における繰返し回数を液状化強度比  $R_{20}$  と定義し、養生日数との関係を示す。暴露養生と気中養生は養生日数の経過に伴う効果が現れており、ほぼ同様の傾向で強度が増している。これに対し、水浸養生では固結力の影響は見られず、低下傾向を示している。そしてこれらの結果は、著者らの研究<sup>2)</sup>による一軸圧縮試験結果と対応している。

4.まとめ ①養生方法の違いによる固結力の発生は、繰返しせん断特性に影響を及ぼすことを示した。②焼却灰地盤内では、水分が排水されるか滞留するかによって固結力の発生状況が変化し、せん断特性が異なることが予測される。

本研究は平成12年度文部省化学研究費助成金(基礎研究(c)(2)課題番号12650501)、(財)前田記念工学振興財団研究助成金をもとに実施したものであり、ここに感謝の意を表します。また、本研究を行うに当たり協力頂いた地方自治体の方々、栗田工業(株)の平尾孝典氏に心より感謝いたします。

＜参考文献＞1) 今泉、土居、山田:「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No.659Ⅲ-52, pp.103~112, 2000.9.

2) 本村、佐藤、松村、島岡ら:「一般廃棄物焼却灰の単調せん断特性に及ぼす地盤環境の影響」、平成12年度土木学会西部支部研究発表会投稿中

図-7 養生日数と液状化強度比の関係