

東京大学工学部 正員 ○石原研而  
東京大学大学院 学生員 古関潤一

1. はじめに

細粒分を含む試料の液状化強度に関する研究は、現在までにいくつか行なわれているが、今回、液状化強度の低い砂と鉾さいに、粘土を混ぜて作製した試料について三軸液状化試験を行な、たので、ここに報告する。

2. 実験方法

試料は、豊浦標準砂と札幌鉾山の鉾さいに粘土を加えて練り混ぜ、圧密箱を用いて有効拘束圧  $0.25 \text{ kgf/cm}^2$  で予圧密し作製した。鉾さいの粒度は、 $5 \mu$ 以下の粘土分が8%、 $5 \mu$ 以上  $74 \mu$ 以下のシルト分が64%、 $74 \mu$ 以上  $2 \text{ mm}$ 以下の砂分が28%である。粘土としては市販のカオリナイトとベントナイト、および伊豆半島見高入谷で採取した関東ロームの  $74 \mu$ 以下の通過分を用いた。各試料の粒度と塑性指数を表1に示す。なお試料の名称として、粘土の種類のもとに粘土分含有率（ $5 \mu$ 以下）と細粒分含有率（ $74 \mu$ 以下、粘土分とシルト分の和）を示した。

これら5の試料から直径  $5 \text{ cm}$ 、高さ  $10 \text{ cm}$ の供試体を整形して三軸セルにセットする。通水後有効拘束圧  $\sigma'_v = 0.5 \text{ kgf/cm}^2$  で等方圧密し、その後非排水繰り返し三軸せん断試験を行なう。通水時の各供試体の  $B$  値は  $0.77 \sim 0.99$  の範囲で、7日間以上通水しても  $B$  値の上がらないものは、そのまま圧密を行なった。またベントナイトを含む試料は、圧密に時間がかかるためペーパードレーンを用いた。

3. 実験結果および考察

図1に、三軸液状化試験の応力比と繰り返し回数関係の一例を示す。今回用いた試料は透水性が悪く、完全に飽和しないものがあった。そこで液状化の判定基準として、間げき水圧を用いず両振幅軸ひずみを用いた。そして各試料の液状化強度の目安として、10回または20回の繰り返しで5%の両振幅軸ひずみを生じさせる応力比を図1などから読み取り、表2に示した。表2には、圧密後の供試体の間げき比もあわせて示してある。

表2より、Bent (28/67) つまりベントナイトを含み粘土分が28%、細粒分が67%である試料の液状化

表1. 試料の粒度および塑性指数

| 試料の名称       | 粘土の種類  | 粒 度, %     |                     |             | 塑性指数 $I_p$ |
|-------------|--------|------------|---------------------|-------------|------------|
|             |        | 5 $\mu$ 以下 | 5 $\mu \sim 74 \mu$ | 74 $\mu$ 以上 |            |
| Kaol(20/48) | カオリナイト | 20         | 28                  | 52          | 4.0        |
| Kaol(18/66) | カオリナイト | 18         | 48                  | 34          | 1.7        |
| Kaol(11/40) | カオリナイト | 11         | 29                  | 60          | NP         |
| Bent(28/67) | ベントナイト | 28         | 39                  | 33          | 51.3       |
| Loam(10/47) | 関東ローム  | 10         | 37                  | 53          | 1.6        |
| None( 9/44) | 粘土なし   | 9          | 35                  | 56          | NP         |

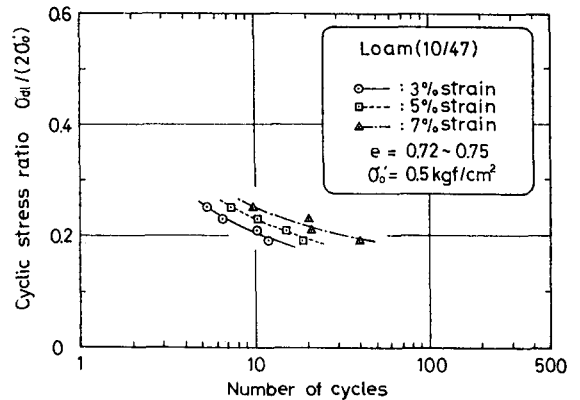


図1. 応力比と繰り返し回数関係の一例  
(関東ロームを含む試料)

表2. 試料の液状化強度と間げき比

| 試料の名称       | 5%の軸ひずみを生じる応力比 |          | 圧密後の<br>間げき比 $e$ |
|-------------|----------------|----------|------------------|
|             | $N_c=10$       | $N_c=20$ |                  |
| Kaol(20/48) | 0.240          | 0.236    | 0.590~0.626      |
| Kaol(18/66) | 0.230          | 0.219    | 0.778~0.791      |
| Kaol(11/40) | 0.206          | 0.147    | 0.559~0.615      |
| Bent(28/67) | 0.443          | 0.422    | 1.804~1.969      |
| Loam(10/47) | 0.230          | 0.195    | 0.725~0.751      |
| None( 9/44) | 0.212          | 0.187    | 0.536~0.595      |

$N_c$ : 繰り返し回数

強度が他に比べ著しく大きく、また間げき比も大きいことがわかる。これは、表1に示した試料の塑性指数の違いに対応している。高塑性な試料は粘着力が強いので、間げき比が大きくても液状化を起しにくいと考えることができる。

図2には、10回の繰り返しで約5%の軸ひずみが生じた実験で、繰り返し回数と軸ひずみの関係を示した。この図でも Bent (28/67) が他と異なる傾向を示す。この試料のみが、1回目の繰り返し時から軸ひずみが発生している。またカオリナイトや関東ロームを含む低塑性な試料では、繰り返し回数が増すと軸ひずみが増加しにくくなり、従来の砂のみの液状化とは異なる、ている。

次に低塑性な試料の液状化強度を比較するために、図3と図4にそれぞれ試料の粘土分含有率、細粒分含有率と液状化強度の関係を示した。図3でカオリナイトを含む三つの試料に注目すると、粘土分含有率の増加に伴い液状化強度が増加していることがわかる。一方図4では、まじりした傾向が得られないが、これはシルトとして用いた鉱さいが液状化しやすいためと考えることができる。

なお図3には、Chin-Show Chang (1982) の結果もあわせて示した。用いた試料の材料と間げき比や液状化の判定基準が異なるため、今回の結果との定量的な比較はできないが、粘土分の増加に伴い液状化強度が増加する点で、今回と一致する。

#### 4. まとめ

高塑性な試料の液状化強度は、低塑性な試料のものより著しく大きく、軸ひずみの発生のみかとも異なる。また、同一種類の粘土を含む低塑性な試料では、粘土分含有率(5μ以下)の増加に伴い液状化強度が増加する。

#### 謝辞

(株)不動建設の中角功氏と東大土質研の東畑郁生講師、桑野二郎氏に御助言いただきました。深く感謝致します。

#### 参考文献

- 1) Ishihara, Troncoso, Kawase, Takahashi (1980) "Cyclic Strength Characteristics of Tailings Materials", Soils and Foundations Vol.20, No.4
- 2) Chin-Show Chang (1982) "The Effect of Clay Content on Liquefaction of Fulung Sand", Proceedings of the Seventh Southeast Asian Geotechnical Conference

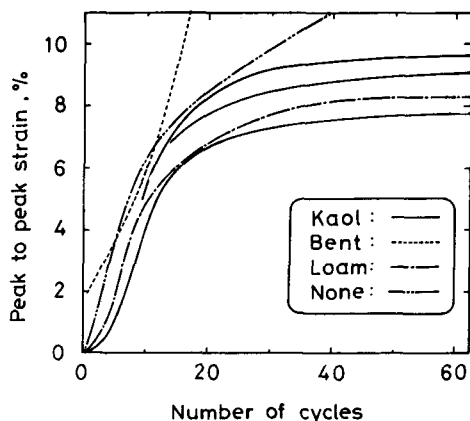


図2. 繰り返し回数と軸ひずみの関係

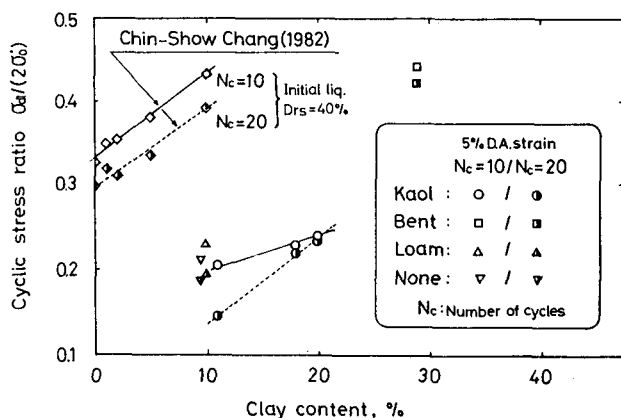


図3. 粘土分含有率と液状化強度の関係

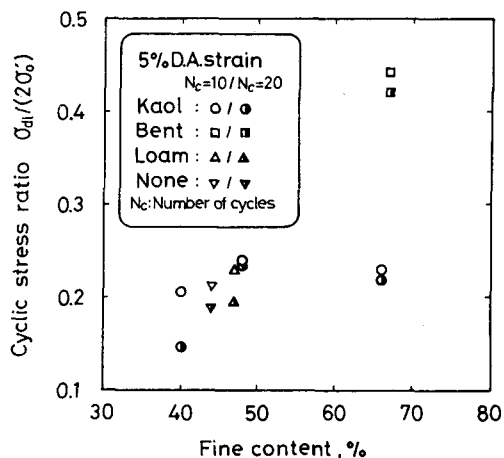


図4. 細粒分含有率と液状化強度の関係