

立命館大学大学院 学生会員 ○西村 卓郎  
立命館大学理工学部 正会員 竹下 貞雄  
立命館大学大学院 学生会員 小伊豆俊博

1. はじめに

今回著者らは、物理的性質の異なる砂について非排水条件で試験を行い、ξ法を用いて砂の液状化特性の比較を行った。砂の液状化特性を判定する方法として Verdugo, R はηなるパラメータを用いることを提案した。しかしこの方法では間隙比の範囲が砂によって異なるため、様々な砂について同一条件で、液状化特性を明確に比較することができなかった。そこで今回著者らは限界間隙比を用いたξ法により平均主応力を0から限界間隙比で供試体が変形するときの平均主応力まで積分することによって砂の静的液状化特性を示す方法を提案する。

2. 実験概要

試料は福井県の和田砂、静岡県の吉田砂、神奈川県の手塚の砂の三つを用いた。ともに海岸で採取した砂であるためよく水洗いした後、2mm ふりを通過したものを使用した。地盤工学会基準による粒度分布および物理的性質を Table.1, Fig.1.に示す。供試体は、Wet Tamping 法によって作製した非常にゆるい供試体(Dr=0%)と、縮まった供試体(Dr=90%)を用いた。飽和度を高めるために、CO<sub>2</sub>、脱気水を通し、バックプレッシャーを 3<sup>kN/cm<sup>2</sup></sup> 加えることによりB値は 98%以上得られた。圧密試験は所定の等方側圧でおこない、次に非排水条件下で、ひずみ速度 1%/min で、軸変位量が26mm になるまで圧縮試験をおこなった。

3. 実験結果および考察

Fig.2は縦軸に間隙比e、横軸に平均有効主応力p' (p'=(σ'<sub>v1</sub>+2p'<sub>h</sub>)/3, σ'<sub>v1</sub>は最大有効主応力、p'<sub>h</sub>はセル圧) をとり、定常状態曲線 (SSL)、ゆるい砂の圧密曲線 (ILS) と縮まった砂の圧密曲線 (IDS) を示している。この図においてAc、Adは平均有効主応力p'=0, p'=p'<sub>max</sub> および上記曲線で囲まれた面積である。

このときηは

$$\eta = \left( \frac{Ac}{Ac + Ad} \right)_{p'_{max}} \quad (1)$$

で示され Verdugo, R.(1991)、はこの値が大きいほど液状化しやすいとしている。ここでp'<sub>max</sub>は任意とし、すべての砂に同じ値を用いる。今回著者らはp'<sub>max</sub>の値を明確にするために石原(Ishihara, K, 1993)の示した初期状態比r<sub>c</sub>を用い、r<sub>c</sub>≒2.0になるような平均有効主応力をp'<sub>max</sub>として用いる新しいξ法を提案し、この値が大きい砂程、液状化しやすいとするものである。

Table.1 Index properties of sands

	吉田砂	和田砂	平塚砂
Gs	2.66	2.745	2.788
D <sub>10</sub> (mm)	0.12	0.11	0.12
D <sub>30</sub> (mm)	0.15	0.14	0.2
D <sub>60</sub> (mm)	0.19	0.24	0.29
U <sub>c</sub>	1.58	2.18	2.42
U' <sub>c</sub>	0.99	0.74	1.15
e <sub>max</sub>	0.994	1.017	0.895
e <sub>min</sub>	0.605	0.619	0.55

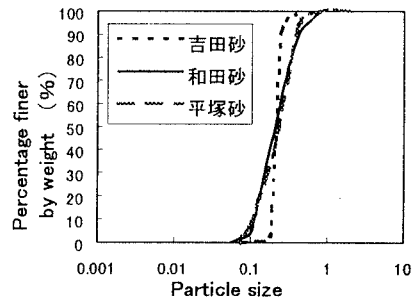


Fig. 1 Grain size distribution

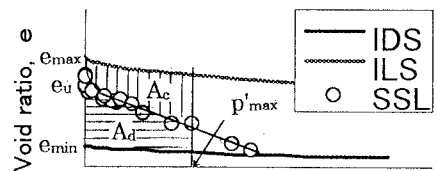


Fig.2 SSL, ILS and IDS

$$\xi = \left( \frac{Ac}{Ac + Ad} \right)_{p'_c \text{ at } r_c = 2.0} \quad (2)$$

ここで  $r_c$  は  $r_c = p'_c / p'_s$  で表され、 $p'_c$ 、 $p'_s$  は Fig.3 に示した通りである。ここで  $q = \sigma_1 - \sigma_3$  である。また、 $p'_c$  は Fig.4 に示した  $\tau (= q/2) - \varepsilon$  曲線の中から、 $\varepsilon$  が増加しても  $\tau$  がある値に達したあとと変化しないほぼその値を保つときのセル圧とした。 $p'_s$  はこの定常状態に達した時の  $p'$  の値である。このときの  $r_c$  の値はほぼ 2.0 に近い値を示した。Fig.5.1、Fig.5.2、Fig.5.3 は三つの砂を用いて得られた SSL、ILS および IDS 曲線である。縦軸は間隙比  $e$ 、横軸は平均有効主応力  $p'$  としている。これらのグラフと Eq (2) より求めた  $\xi$  の値を Table.2 に示した。表 2 から一番液状化しやすいのが、平塚砂、次に吉田砂、和田砂の順になることがわかる。また、この結果を表 2 の  $e_{max}$  の値と比較すると、 $e_{max}$  (最大間隙比) の値が小さい程液状化しやすいこともわかる。

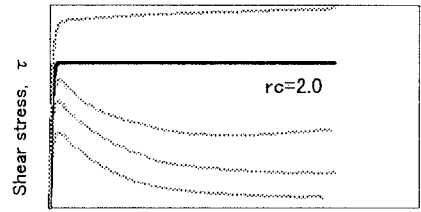
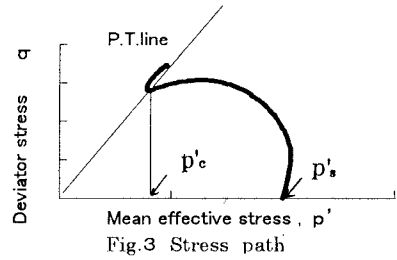


Fig.4 Stress strain Curves

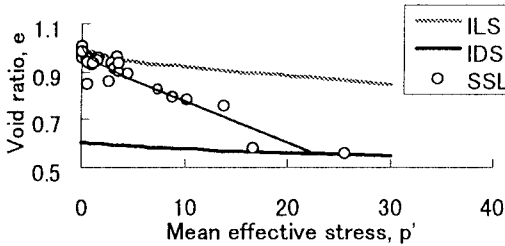


Fig.5.1 Characteristic lines of Yoshida sand

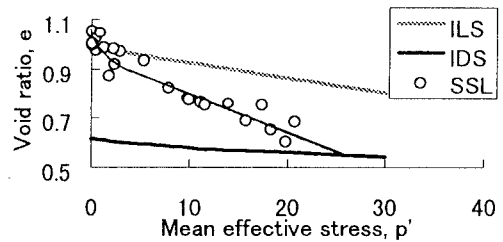


Fig.5.2 Characteristic lines of Wada sand

#### 4. 結論

今回吉田砂、和田砂と平塚砂について試験を行った結果、以下のような結論が得られた。

- (1)  $r_c \approx 2.0$  になるような平均有効主応力を  $p'_{max}$  として  $\xi$  法を用いることにより液状化の比較ができる。
- (2) 平塚砂が吉田砂、和田砂より液状化しやすいため、工事用材料としては不相当である。
- (3) 砂の物理試験で得られた  $e_{max}$  (最大間隙比) が小さい程、液状化しやすい。

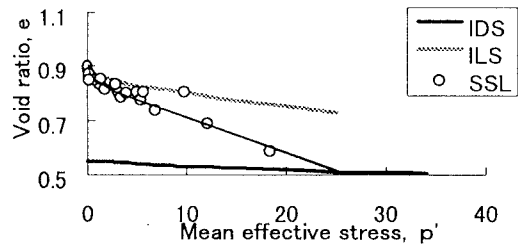


Fig.5.3 Characteristic lines of Hiratsuka sand

Table.2 Values of  $\xi$

	吉田砂	和田砂	平塚砂
$\xi$	0.315	0.305	0.326
$P_c(\text{MPa})$	1.5	1.5	2

#### References

1. Verdugo, R., Ishihara, K.(1991):Characterization of the Undrained Behavior of Sandy Soil, Inter. Symposium on Natural Disaster Reduction and Civil Engineering, JSCE, 287-296
2. Ishihara, K.(1993): Liquefaction and Flow Failure during Earthquake (33th Rankine Lecture), Géotechnique 43, No.3, 351-415