

1. まえがき

砂は土構造物の建設に最も経済的で、作業性の良い材料である。しかし、砂の状態によってはせん断力によって液状化する欠点を持っている。従って、建設材料として用いる場合には、まず液状化しにくい砂を用いることが必要である。本論文では2つの砂について定常状態線から液状化しやすさを調べ、Bishop の I_{bu} の値と間隙水圧比の関係について報告する。

2. 実験概要

試料は、豊浦砂（山口県）、白浜砂（和歌山県）の2種類を用いた。よく水洗いした後、2mmふるいを通過したものを使用した。これらの物理的性質及び粒径加積曲線をそれぞれ Table1、Fig. 1 に示す。

供試体の作製はゆるい供試体については含水比を調整し、モールド内に詰める方法（WT法）を用い、締まった供試体については乾いた砂を漏斗に受けた後、静かにモールド内に落下させる方法（DD法）、必要に応じてさらに、モールドの外側から軽くたたくことで、必要な相対密度が得られるようにした。供試体の寸法は直径50mm、高さ100mmである。次に、 CO_2 を30分間送り込みその後、供試体の底部から脱気水300ccを通過させることにより CO_2 を水に置き換え、背圧 3 kgf/cm^2 をかけることで100%に近い飽和度を得ることができた。

試験機は三軸試験機を用い、試験方法については圧密過程では等方圧密で行い、圧縮過程では、ひずみ制御方式（ひずみ速度 1 mm/min ）による非排水条件で最大変位量が30mmまで行った。

Table1 試料の物理的性質

	豊浦砂	白浜砂
Gs	2.654	2.648
$D_{10} \text{ (mm)}$	0.083	0.153
$D_{30} \text{ (mm)}$	0.101	0.270
$D_{60} \text{ (mm)}$	0.156	0.327
Uc	1.88	2.14
U'c	0.79	1.46
$e_{\max}$	0.961	0.724
$e_{\min}$	0.603	0.481

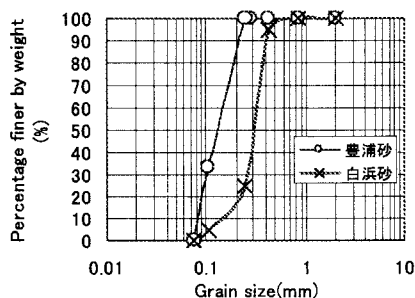


Fig. 1 粒径加積曲線

3. 評価方法

ゆるい供試体を用いて行った三軸圧縮試験の結果を p' - q' 平面で示すと Fig. 2 のような応力経路が得られる。ここで、 $p' = (\sigma'_1 + 2\sigma'_3)/3$ 、 $q' = \sigma'_1 - \sigma'_3$ である。 q' の値は始め急激に上昇し A 点で最大値をとり、その後緩やかに減少し B 点で定常状態に達する。それぞれの時の軸差応力 q'_R 、 q'_s の差 $\Delta q'$ はその砂の軸差応力減少量を示し、ゆるい砂ほど大きいことから、著者らはこの量に注目し、これによって砂の液状化を判定しようとするものである。

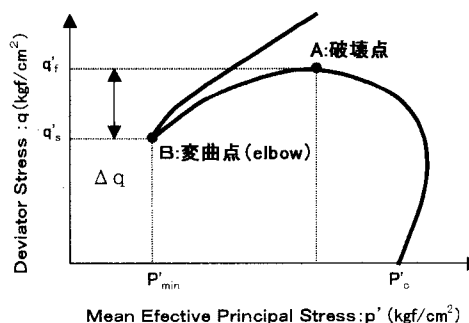


Fig. 2 応力経路

4. 試験結果および考察

Fig. 3 にゆるい砂についての軸差応力 (q') - ひずみ (ϵ) の関係を示す。軸差応力は始めひずみの増加に伴って急激に増加し、一気に最大値を迎え、その後緩やかに減少してゆき、一定値に収束してゆくのが分かる。

Fig. 4 に同じ砂の間隙水圧 (Δu) - ひずみ (ϵ) の関係を示す。間隙水圧は始め軸差応力より緩い勾配ではあるがやはり増加し、減少はせずにある一定の値に収束するという形をとっている。

軸差応力と間隙水圧の時間的な関係を見てみると、軸差応力の最大値は、間隙水圧が増加している途中で生ずる。つまり、最大軸差応力は最大間隙水圧のところでは発生しないで、さらに間隙水圧が増加するにつれて軸差応力が減少することが分かるので、砂の液状化は間隙水圧の変化によって生じることが分かる。

2つの砂の定常状態線は Fig. 5 のようになり、白浜砂の方が豊浦砂より左下にあるので白浜砂の方が液状化しやすいことが分かる。

Bishop, A. W. (1971) は砂の液状化特性を示す値として $I_{bu} = \{(C_{uf} - C_{ur}) / C_{uf}\} \times 100(\%)$ を提案した。この式で C_{ur} は定常状態せん断強度で、 C_{uf} は破壊時のせん断強度である。そこで著者らはこの式においてせん断強度 C の代わりに軸差応力 q' を用いて次式を提案し、間隙水圧比 $\{(\Delta u / \sigma_3) \times 100(\%) \}$ との関係について述べる (Δu : 間隙水圧、 σ_3 : 側圧)。

$$I_{bu} = \{(q'_f - q'_s) / q'_f\} \times 100(\%)$$

Fig. 2 において $\Delta q = 0$ なら $I_{bu} = 0$ 、これは砂の状態が限界間隙比であることを示し、この点が液状化の出発点であり、このときの間隙水圧比は竹下は計算から 75% という値を得ており、また、 $I_{bu} = 100\%$ であればクイックサンドのときであるから、間隙水圧比も 100% とした。

Fig. 6 に試験結果から得られた 2 種類の砂の I_{bu} と間隙水圧比の関係を示す。この図からも、液状化は間隙水圧比が理論値の 75% 付近から始まり、比例関係を保ちながら 100% のクイックサンドへ直行していく事が分かる。

5. 結論

1. 豊浦砂より白浜砂の方が液状化しやすい。
2. 間隙水圧比が 75% を越えると液状化が始まり、100% ではクイックサンドが生じる。

参考文献

- ・竹下貞雄 (1998): 砂の液状化に関する実験的研究、かもがわ出版、81-93
- ・Bishop, A. W. (1971): Shear strength parameters for undisturbed and remolded soil specimens, Roscoe Memorial Symposium, Cambridge University: 3-58

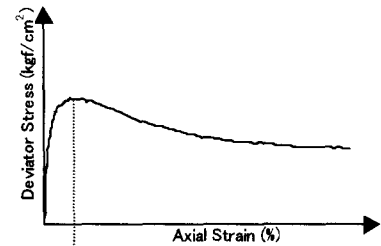


Fig. 3 Stress-Strain Curve

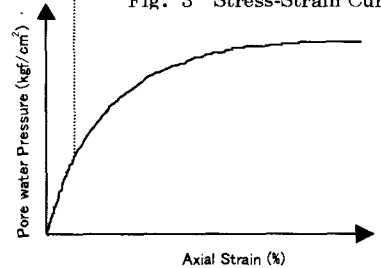


Fig. 4 Pore Pressure-Strain Curve

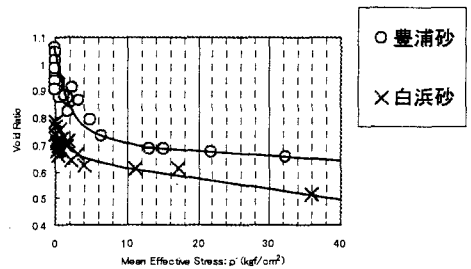


Fig. 5 Steady-State Line

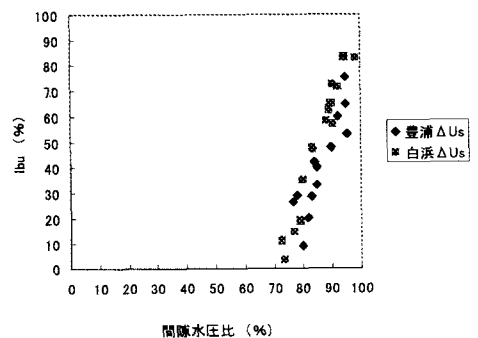


Fig. 6 I_{bu} - 間隙水圧比の関係