

簡易せん断試験機によるさんご石灰質砂の非排水せん断特性に関する実験と考察

琉球大学大学院 学生会員 山城 哲朗  
 琉球大学工学部 正会員 原 久夫

1. はじめに

沖縄をはじめとする南西諸島周辺の比較的浅い海域にはさんご礁が発達しており、その海域の海底地盤はさんご礁から石灰質の生物遺骸等が供給されさんご堆積物が分布している。さんご石灰質砂は密度が小さく粒子表面形状が角張っているため破碎しやすいことが知られている。石灰質堆積層を構造物の支持層として考える場合、その基礎地盤としての評価が問題となってくる。本論文では破碎性砂の素材としての特徴を明らかにするため、粒子破碎特性をもつさんご石灰質砂(チービス砂)について単調載荷の非排水せん断試験、ひずみ振幅漸増方式の液状化試験を行い豊浦砂の結果と比較してその力学特性を調べた。

2. 試料および実験方法

試料は沖縄県那覇沖合慶伊干瀬付近の海底砂 ( $\rho_s=2.668\text{g/cm}^3$ ,  $e_{max}=1.573$ ,  $e_{min}=0.919$ , 粗砂分: 79.3%, 細砂分: 20.4%, シルト・粘土分: 0.3%,  $U_c=2.61$ ,  $U'_c=0.92$ ,  $\text{CaCO}_3$  含有量: 96%) で、試験には2mmふるい通過試料を用いた。供試体は、空中落下法を用いて相対密度がおよそ35%, 50%, 65%, 80%になるよう作製した。供試体寸法は直径が6cm、高さが5cmである。

試験装置には簡易単純せん断試験装置<sup>2),3)</sup>を使用した。この装置は真空による負圧により供試体に等方圧を作用させるとともに、軸方向の異方圧を独立させて作用させることができ、さらに三軸セルが不要である等、従来の装置と比べ、試験手法を簡素化している。また、飽和度を高める方法として二重負圧法を適用しており飽和度の検討は、 $B$ 値により行う。圧密方法は静止土圧係数  $K_0$  を0.50に設定した異方圧密とした。異方圧密条件は有効側方応力が30.9kPa。有効軸方向応力が61.8kPaである。試験は単調載荷試験とひずみ振幅漸増試験の2種類の非排水単純せん断試験を実施した。ひずみ振幅漸増試験は第一波目のせん断ひずみ片振幅を $\pm 5 \times 10^{-4}$ とし、第二波目以降、順次せん断ひずみ片振幅を1.5倍間隔で漸増させるひずみ制御の正弦波を用いている。せん断ひずみ速度は単調載荷試験と同様0.2%/minとした。単純せん断は、せん断中に非排水かつ供試体高さを一定に保つ方法で行った。

3. 単調載荷試験の結果と考察

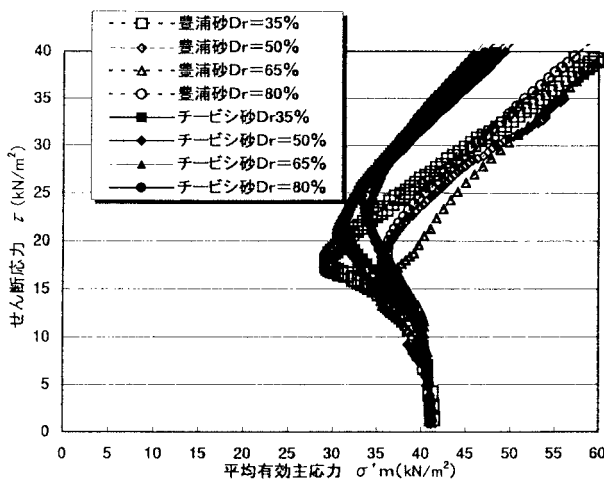


図-1 単調載荷の有効応力経路

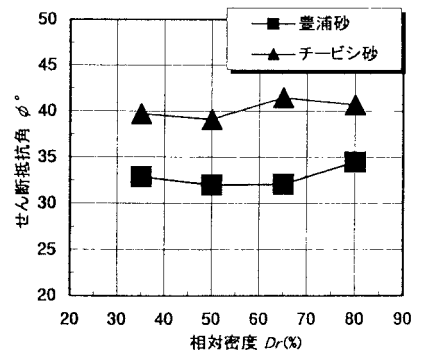


図-2 せん断摩擦角と相対密度の関係

図-1、図-2は豊浦砂とチービス砂の相対密度35%、50%、65%、80%に関する有効応力経路、およびせん断抵抗角と相対密度の関係を示したものである。これから、せん断抵抗角 $\phi$ は相対密度 $D_r$ によらずほぼ一定値( $\phi \approx 39 \sim 41^\circ$ )を示し、材料に固有な値を有することがわかる。なお、チービス砂のせん断抵抗角は豊浦砂のせん断抵抗角( $\phi \approx 32 \sim 35^\circ$ )に比べて大きい値をとることがわかる。これはチービス砂の粒子表面形状が角張っていることにより粒子固体間のかみ合いが生じるため、豊浦砂に比べて値が大きくなると考えられる。

#### 4. ひずみ振幅漸増試験の結果と考察

図-3はひずみ振幅漸増試験から得られた豊浦砂、チービス砂の相対密度 $D_r=80\%$ におけるせん断応力 $\tau$ ～せん断ひずみ $\gamma$ 関係、および有効応力経路を示したものである。これらの図において、豊浦砂は両振幅せん断ひずみが2%以下で有効応力がゼロになりせん断抵抗が極めて小さい状態となることから、供試体に液状化が発生していることがわかる。

一方、チービス砂はせん断ひずみが2%を超えた後もせん断抵抗が急激に小さくならず、豊浦砂に比べて液状化に対する「ねばり」を有することがわかる。これは両砂の同一せん断ひずみ $\gamma$ における有効応力点を比較しても、豊浦砂に比べてチービス砂のほうが間隙水圧の発生量が少なく、大きなせん断応力を発揮していることから判断できる。さらに、せん断応力とせん断ひずみの関係において、せん断変位量が最大の点でのループの面積、つまり塑性仕事 $W_p$ を求め相対密度との関係を図-4に示す。この図より豊浦砂に比べ明らかにチービス砂が液状化に抵抗する「ねばり」を有しているか判断できる。

5. おわりに 今回の実験により、チービス砂の非排水せん断時の力学特性について次のことがわかった。

- 1) 単調載荷試験時のせん断抵抗角は相対密度 $D_r$ によらずほぼ一定値で、豊浦砂よりも大きな値を示す。
- 2) ひずみ振幅漸増方式の液状化試験においてチービス砂は豊浦砂に比べ明らかに液状化に対する「ねばり」を有する。

<参考文献>1)比嘉 理絵(1999):石灰質砂の鋼材との摩擦特性について,沖縄地盤工学研究発表会講演概要集,pp82-83,2)日下部 伸他(1999):簡易単純せん断試験装置の試作と種々の液状化試験への適応,土木学会論文集, No.617 pp.299-304,3)日下部 伸他(1999):シリカ薄液で改良された破砕性砂の液状化抵抗,破砕性地盤シンポジウム,pp127-132

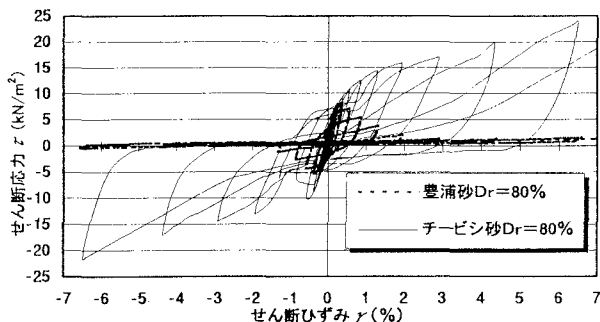


図-3 ひずみ漸増のせん断応力～せん断ひずみ

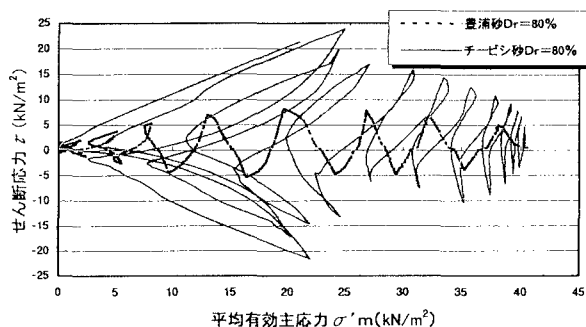


図-4 ひずみ漸増の有効応力経路

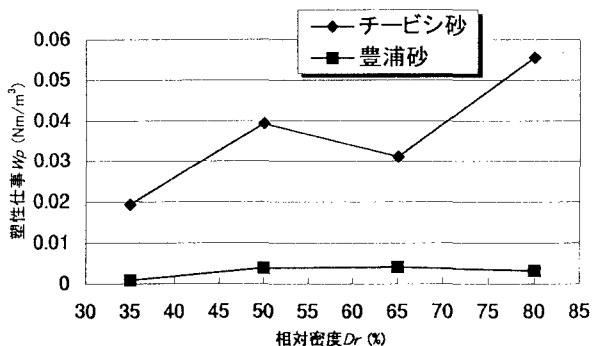


図-5 塑性仕事と相対密度の関係