

一面せん断試験によるさんご砂の強度特性

琉球大学農学部 正会員 新城 俊也

琉球大学農学部 正会員 ○ 瀬戸内秀規

1. はじめに

破砕性地盤では粒子破砕が強度低下や体積収縮をもたらす地盤工学的に問題になることから、杭の周面摩擦力を評価するためには杭材と地盤材料との摩擦特性のみならず土の力学特性を考慮する必要がある。本研究では、さんご砂のせん断特性とそれによぼす粒子破砕の影響を明かにすることを目的に、さんご砂の簡易定圧、真の定圧、等体積一面せん断試験を実施した。

2. 試験方法

試験は、三笠式一面せん断試験装置を用いた(図-1)。試料はさんご礁海域の海底から採取した石灰質砂である。石灰質砂はさんご礁の石灰質生物群の殻を主成分としている。試験には粒径0.25~2.0mmに粒度調整した試料を用いた。炭酸カルシウム含有量は90%以上であり、土粒子密度は 2.77g/cm^3 である。

供試体($\phi=60\text{mm}$, 層厚20mm)は、乾燥した試料を下せん断箱に2層のふるいを通して落下堆積する方法で作製した。供試体作製後水浸させ湿潤状態で試験を行った。供試体の初期乾燥密度は 1.10g/cm^3 である。圧密圧力は100kPaから700kPaの範囲で行った。上下せん断箱の間隔は0.5mmに設定した。せん断速度は0.2mm/minで、せん断変位 $D=8\text{mm}$ までせん断を行った。試験は、圧密圧力を一定に保つ簡易定圧一面せん断試験¹⁾、圧密圧力を制御しながらせん断面上の垂直応力を一定に保つ真の定圧一面せん断試験および等体積一面せん断試験の3ケースの試験を実施した。

3. 試験結果

図-2(a),(b),(c)に真の定圧、等体積および簡易定圧一面せん断試験結果を垂直応力 σ_n とせん断応力 τ の関係で示す。真の定圧試験では垂直応力一定のままピーク強度 τ_f に達する。等体積試験ではせん断開始後負のダイレイタンスに起因して垂直応力は一旦低下するが、その後垂直応力は増加に転じ最大応力比 $(\tau/\sigma_n)_{\max}$ に至る。一方、簡易定圧試験では、供試体の体積変化に伴い供試体とせん断箱内面に摩擦力が働くためせん断面上の垂直応力 σ_n は変化しながら最大応力比 $(\tau/\sigma_n)_{\max}$ に至る。簡易定圧試験の $\tau \sim \sigma_n$ 関係は、真の定圧試験と等体積試験の中間的な挙動を示している。

図-3(a)に最大応力比 $(\tau/\sigma_n)_{\max}$ 時の内部摩擦角 ϕ_{ds} とその時の垂直応力 σ_n の関係を、図-3(b)にせん断終了時($D=8\text{mm}$)の内部摩擦角 $(\phi_{ds})_{D=8\text{mm}}$ とその時の垂直応力 σ_n の関係をそれぞれ示す。試験終了時では、真の定圧試験および簡易定圧試験で体積変化はほとんど生じていなかった。最大応力比 $(\tau/\sigma_n)_{\max}$ 時の内部摩擦角 ϕ_{ds} は垂直応力の高圧領域において試験方法によって差がみられるが、傾向としては各試験で垂直応力の増加に伴い内部摩擦角 ϕ_{ds} は低下している。これは、垂直応力の増加に伴いせん断帯において粒子破砕が顕著となり、これに起因して正のダイレイタンスが小さくなるためと考えられる。真の定圧試験の場合、垂直応力 $\sigma_n=100\sim 700\text{kPa}$ の範囲において内部摩擦角 ϕ_{ds} は $47.5^\circ \sim 40.4^\circ$ に変化した。一方、試験終了時の内部摩擦角 $(\phi_{ds})_{D=8\text{mm}}$ は、垂直応力の大きさに係らず各試験で一定値を示している。内部摩擦角 $(\phi_{ds})_{D=8\text{mm}}$ は真の定圧試験で $(\phi_{ds})_{D=8\text{mm}}=38.9^\circ$ 、等体積試験で $(\phi_{ds})_{D=8\text{mm}}=41.0^\circ$ 、簡易定圧試験で $(\phi_{ds})_{D=8\text{mm}}=41.9^\circ$ である。

図-4は、等体積試験の変相点での垂直応力 σ_n 、最大応力比 $(\tau/\sigma_n)_{\max}$ 時の垂直応力 σ_n および試験終了時($D=8\text{mm}$)の垂直応力 σ_n についてそれぞれせん断開始時の垂直応力 σ_{n0} で正規化し(応力比: σ_n/σ_{n0})、これらの応力比 (σ_n/σ_{n0}) とせん断開始時の垂直応力 σ_{n0} の関係を示した。変相点での応力比 (σ_n/σ_{n0}) は垂直応力 σ_{n0} の大きさに係らず一定であるが、最大応力比 $(\tau/\sigma_n)_{\max}$ 時の応力比 (σ_n/σ_{n0}) と試験終了時の応力比 (σ_n/σ_{n0}) は垂直応力 σ_{n0} の増加に伴い減少している。

垂直応力 σ_{n0} の増加に伴う最大応力比 $(\tau/\sigma_n)_{\max}$ 時の応力比 (σ_n/σ_{n0}) と試験終了時の応力比 (σ_n/σ_{n0}) の低下はせん断帯における粒子破碎に起因したものとすると、粒子破碎は変相点以降（正のダイレイタンスー区間）で著しく垂直応力の大きさの影響を受けるものと考えられる。今後は、さんご砂と鋼材との摩擦特性を真の定圧、等体積および簡易定圧一面せん断試験で検討したいと考えている。

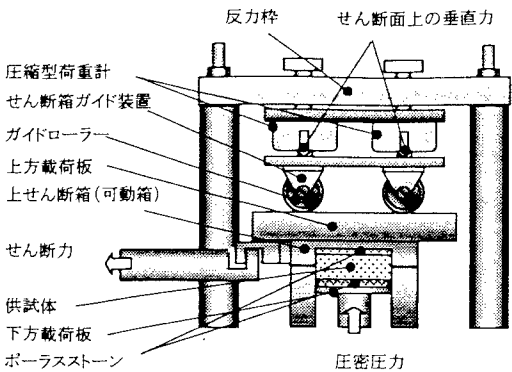


図-1 一面せん断試験装置の概略図

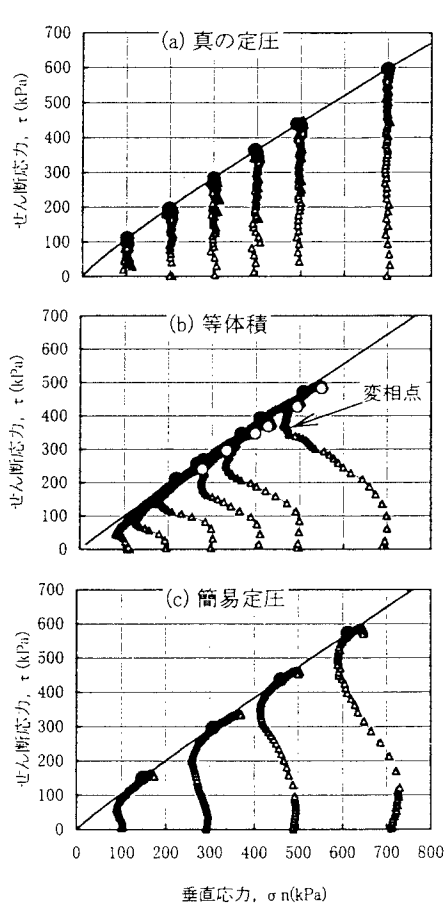


図-2 せん断応力 τ と垂直応力 σ_n の関係

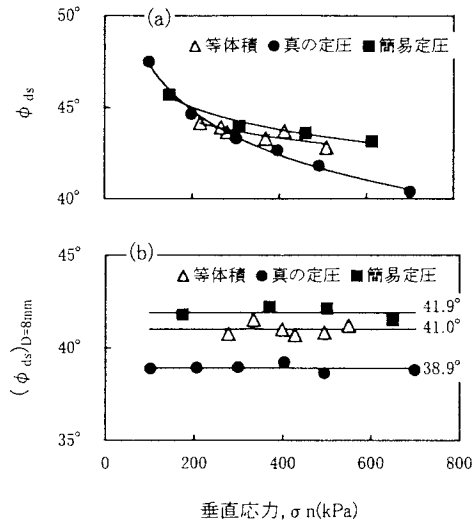


図-3 内部摩擦角と垂直応力 σ_n の関係

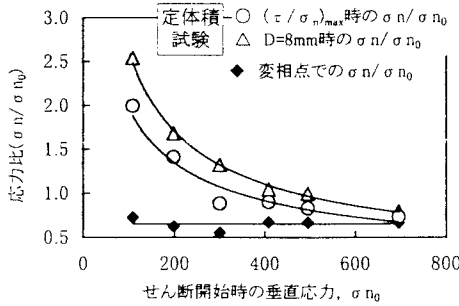


図-4 応力比 (σ_n/σ_{n0}) と σ_{n0} の関係 (定体積試験)

参考文献

- 1) 地盤工学会：土質試験の方法と解説—第一回改訂版—, p.563~600, 2000.4
- 2) 地盤工学会：直接型せん断試験の方法と適用に関するシンポジウム発表論文集, 1995.