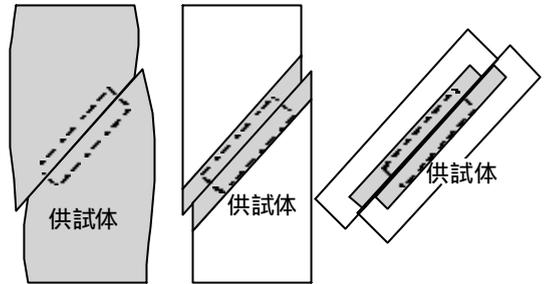


1.はじめに 三軸圧縮試験(以下、三軸)と一面せん断試験(以下、一面せん断)とは異なったスレィプスを示し、強度定数も異なる。この要因を挙げると、せん断面選択の自由度の有無：三軸では軸圧が最小となるようにせん断面を選択するため自由度が有る。一面せん断では定められたせん断面で強制的にせん断されるため自由度が無い。断面積変化の違い：一面せん断ではせん断開始から土-土接触断面が減少していくが、三軸では明確なせん断面が生じた後に、一面せん断と同様の断面積変化が起っている<sup>1)</sup>。ダレイタツシ-特性の違い：各試験によりダレイタツシ-特性が異なり、それが強度に影響を与えると考えられる。その他：供試体側面の拘束性は三軸では低く、壁面のある一面せん断では高い。そこで、せん断変形は体積要素を伴う<sup>2)</sup>という考えもあるが、図1に示すように各供試体のすべり面付近を取り出すと、せん断メカニズムを等しく考えることができる。よって本研究ではせん断面上での強度に着目し、各種せん断試験の強度定数、せん断応力-せん断変位関係を比較した。



a.三軸 b.スライズ圧縮 c.一面せん断  
図1.各種せん断試験供試体比較図

2.各種せん断試験 豊浦標準砂を密詰e=0.68に締固め供試体を作成した。各種せん断試験は以下の3種類行った。

- a)三軸圧縮試験(CD)：地盤工学会基準
- b)三軸スライズ圧縮試験(CD)(以下、スライズ圧縮)：せん断面を45°、60°に固定して、三軸と類似の変形・応力状態を示す。
- c)操圧一面せん断試験(以下、操圧一面)：三軸とスライズ圧縮のせん断面の応力経路に沿うように、垂直荷重を操作する一面せん断試験。

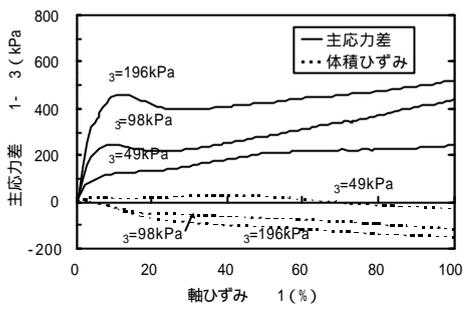


図2.スライズ圧縮試験(τ-γ)-σ<sub>3</sub>関係

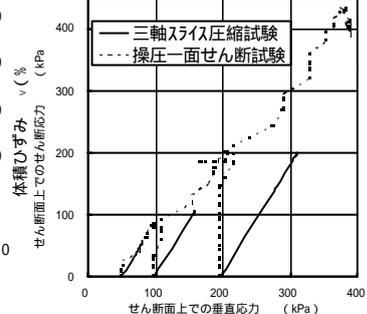


図3.操圧一面、スライズ圧縮スレィプス

ここで図2にスライズ圧縮の主応力差、体積ひずみ-軸ひずみ関係、図3にスライズ圧縮と操圧一面の60°面上のスレィプスを示す。

3.補正法 1. より、各試験結果に断面積補正とダレイタツシ-補正を施した。

3.1断面積補正：三軸とスライズ圧縮のせん断面の面積は、図5のように水平投影して一面せん断と同様に補正する。水平変位v、供試体直径Dより、せん断開始時とせん断変形に伴う水平投影断面積A<sub>0</sub>、Aの関係は、(1)式で表せる。

$$A/A_0 = (2/p) \left\{ \cos^{-1}(v/D) - (v/D) \sqrt{1 - (v/D)^2} \right\} \dots (1)$$

ここでせん断変位w、軸圧縮量u、せん断面角度とすると、操圧一面ではv=w、三軸とスライズ圧縮ではv=u/tanである。

3.2ダレイタツシ-補正：体積変化に伴うダレイタツシ-が無い場合の強度を推定する、以下の2種類の補正を行う。

)Bishop補正：拘束圧に抵抗して体積変化を起こす際のEレキ-を補正する。操圧一面におけるダレイタツシ-角は垂直変位h、せん断変位wとすると、tanφ = dh/dwであり、試験で得られる内部摩擦角φ<sub>d</sub>は、ダレイタツシ-が無い場合の内部摩擦角φ'よりφ<sub>d</sub>=0のとき、tanφ' = tanφ<sub>d</sub> - tanφとなる。三軸とスライズ圧縮においても同様の考えで補正する。 )Rowe補正：ダレイタツシ-角度を補正する。φ<sub>d</sub> = φ' + φより操圧一面では、試験で得られるせん断応力ap、垂直応力σ<sub>v</sub>としてφ<sub>d</sub>=0のとき、ap/σ<sub>v</sub> = tan(φ' + φ)から、φ'とダレイタツシ-が無い場合のせん断応力σ'を求める。また三軸とスライズ圧縮では、一面せん断と同様に図5のダレイタツシ-モデルを考え、スライズ圧縮のダレイタツシ-が無い場合の最大主応力比σ<sub>1</sub>'/σ<sub>3</sub>は(2)式となる。ここで三軸は、スライズ圧縮にせん断面角度の

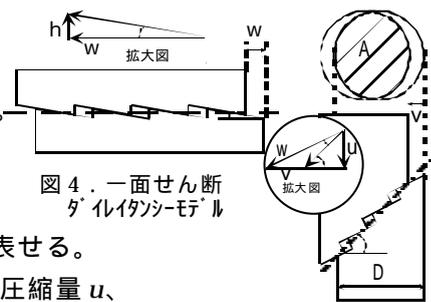


図4.一面せん断ダレイタツシ-モデル

図5.断面積・Rowe補正図

$$\frac{1}{3} = \frac{\sin(2\alpha - \phi) + \sin \phi}{\sin(2\alpha - \phi) - \sin \phi} \dots (2)$$

選択条件を加えて考える必要があるが、 $\phi$ - $\sigma$ 強度発生以降は軸圧が最小となるようにせん断面が固定されると考えているため、本研究では三軸はスライス圧縮における、せん断面選択の機構を持つ特殊な場合として、(2)式をもとに Rowe 補正を考えた。

**4.結果の比較** せん断応力 - 垂直応力関係のグラフに、各試験の $\phi$ - $\sigma$ 強度をプロットし、破壊基準線を引いて比較したものを図 6~11 に、スライス圧縮と操圧一面の 60° せん断面上のせん断応力 - せん断変位関係を図 12~14 に示す。図 8,10 を見ると Bishop と Rowe 補正の結果、内部摩擦角のばらつきが小さくなる傾向が確認できた。ここで図 8 を見ると、スライス圧縮や操圧一面に比べ、三軸の Bishop 補正の結果が従来値より大きく異なっている。これは体積変化量をもとに Bishop 補正を行うため、せん断面付近以外の体積変化量の影響を受けていると考えられる。また図 7 の断面積補正では内部摩擦角のばらつきが大きくなる結果となり、図 9,11 のばらつきが大きいのも断面積補正の影響と考えられる。図 13,14 を見るとダルトン補正により、操圧一面では $\phi$ - $\sigma$ 強度が低くなり、 $\phi$ - $\sigma$ 強度と残留強度が一定となった。ただし図 3 のように垂直圧を精度良く操作できなかったことが、強度に影響を及ぼしている可能性がある。図 12~14 のスライス圧縮では $\phi$ - $\sigma$ 強度発生後、残留強度が上昇し続けている。これはスライスカップが傾いて、固定角度よりせん断面角度が小さくなっていることが考えられる。

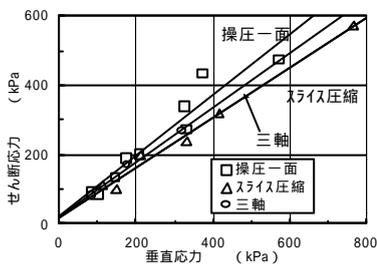


図 6 . 従来値 $\phi$ - $\sigma$ 強度比較図

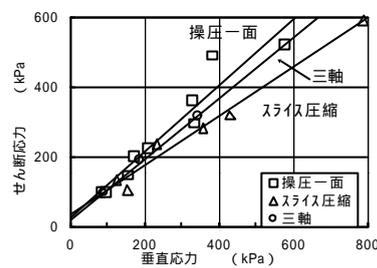


図 7 . 断面積補正值 $\phi$ - $\sigma$ 強度比較図

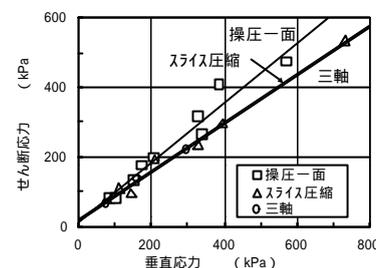


図 8 . Bishop 補正 $\phi$ - $\sigma$ 強度比較図

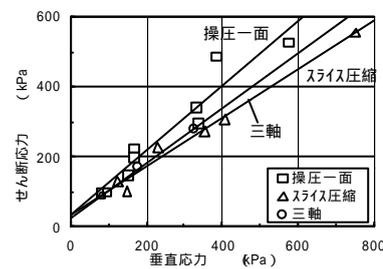


図 9 . Bishop+断面積補正 $\phi$ - $\sigma$ 強度比較図

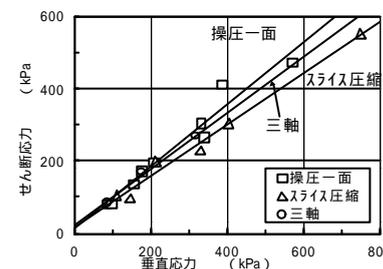


図 10 . Rowe 補正 $\phi$ - $\sigma$ 強度比較図

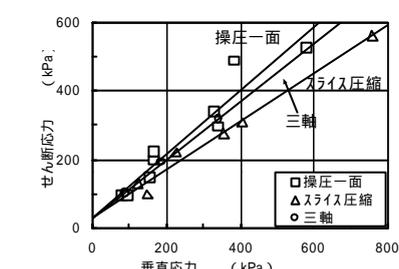


図 11 . Rowe+断面積補正 $\phi$ - $\sigma$ 強度比較図

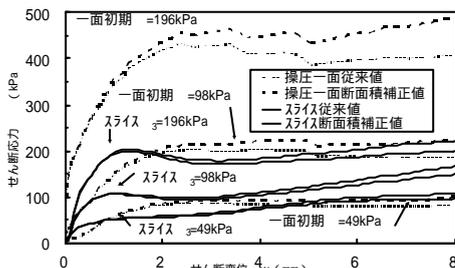


図 12 . 60° 面上 -w 関係 断面積補正

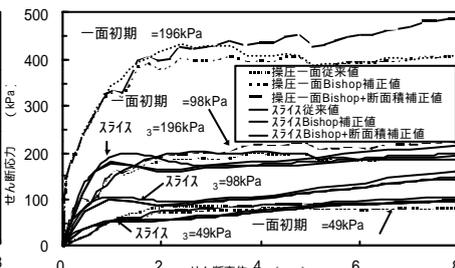


図 13 . 60° 面上 -w 関係 Bishop 補正

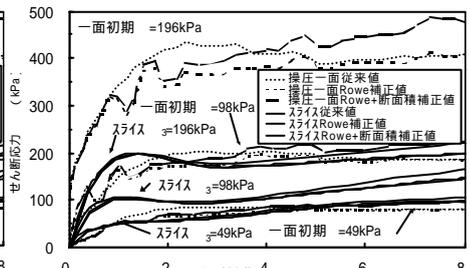


図 14 . 60° 面上 -w 関係 Rowe 補正

**5.まとめ** 本研究では図 11 の Rowe と断面積補正を施した結果、強度定数がある一定値に近づくのではないかと考えていた。ところがせん断面に着目してせん断強度を比較したところ、ダルトン補正のみでは内部摩擦角のばらつきは小さくなったが、明確な結果は得られなかった。今後は以下のことを行う。1)スライス圧縮試験のせん断面の固定の程度ならびに、せん断面の選択の自由度とせん断強度との関係を調べるため、供試体厚さを徐々に厚くして自由度を上げていく試験をする。2)ダルトン補正の妥当性を調べるために、三軸とスライス圧縮において CU 試験を試みる。3)スライスをより滑らかに再現できるように操圧一面せん断試験の精度をあげる。

**参考文献** 1) 榎他：砂の三軸圧縮試験供試体の变形挙動、第 34 回地盤工学研究発表講演集、pp.421-422、1999。  
2) 大島他：定圧一面、単純せん断試験の供試体変形と強度特性の比較、第 34 回地盤工学研究発表講演集、pp.419-420、1999。