

せん断面に着目した各種せん断試験結果の比較

鳥取大学工学部(正)榎 明潔 井森工業株式会社(正)○有木高明 鳥取大学大学院(学)吉川太洋

1.はじめに 一面せん断試験(以下、DST)

と三軸圧縮試験(以下、TCT)では強度定数は異なると報告されている¹⁾。そこで、同一試料、同一間隙比に設定した供試体を用いて表1に示す異なる要因の中で応力経路を合わせて各種せん断試験を行う。そして、せん断面上に着目して結果整理を行い、強度定数、ならびに応力-変位関係を比較することにより強度定数が同じにならないか、また、試験法により強度定数が異なる要因について比較、考察する。

表1 各種試験法での比較要因

要因	TCT	TSCT	DST
せん断面選択の自由度	有	設定可	無
断面積変化特性	せん断面上	せん断面上	せん断面上
ダイレイタンス特性	間接推定	間接推定	直接計測
側面拘束条件	ゴムスリーブ	ゴムスリーブ	せん断箱
応力経路	斜め上方	斜め上方	鉛直上方

ことにより強度定数が同じにならないか、また、試験法により強度定数が異なる要因について比較、考察する。

2.試料及び各種試験法

用いた試料は鳥取砂丘砂($\rho_s = 2.66 \text{ g/cm}^3$ 、 $850 \mu\text{m}$ 通過 $75 \mu\text{m}$ 残留分)である。各種試験法はTCT、三軸スライス圧縮試験(以下、TSCT)(60° 面)(供試体高さを低く固定することによって、TCTでのせん断面選択の自由度をなくし、DSTと同様の強度・変形特性が得られる)、TCT(CU)、応力制御一面せん断試験(以下、SDST)(DSTでの応力経路をTCT、TSCTの応力経路に合わせて行う試験)である。各種試験法での供試体の間隙比を $e_0 = 0.85$ とした。TSCTでは、せん断面角度は 60° に固定しているとしているが、供試体高さ(1 cm)分のせん断面選択の自由度があると考えられる。そのため、幾何的にせん断面角度は 63° に固定されているとして扱った。

3.各種補正法

表1に示した比較要因の中で試験法固有の断面積変化特性、ダイレイタンス特性(以下、 D_y)特性の補正を行い、試験法によらない強度定数、応力-変位関係を導く。本研究で用いた以上二種類の補正法の概略を示す。1)断面積補正：従来(学会基準)の結果整理では、せん断(軸)変位に伴う供試体断面積変化を過大評価しているが、各種試験法での供試体断面積はせん断(軸)変位に伴うせん断面の発生により断面積が減少するとして扱った。供試体の水平面への投影断面積は、各種試験法によって異ならず同様の断面積変化をする。また、断面積補正を施す位置はせん断変位初期からとピーク強度以降からの両方を用いた。2) D_y 補正(以下、 D_y 補)は二種類を用いた。a)Bishop補正(以下、 D_yB 補)：拘束圧に抗して行う仕事を補正するエネルギー補正であり、応力-変位、ひずみ曲線より補正を行う。その概念は $\tan \varphi_{dd} = \tan \varphi_d - \tan \nu$ で表される。b)Rowe補正(以下、 D_yR 補)： D_y モデルを用いて D_y 角度を直接補正する。その概念は $\varphi_{dd} = \varphi_d - \nu$ で表される。ここで φ_{dd} ： D_y のない場合の内部摩擦角、 φ_d ：CD試験での内部摩擦角、 ν ： D_y 角である。

キーワード：せん断面、各種試験法、各種補正法、強度定数、せん断応力-せん断変位関係

連絡先：〒680-8552 鳥取市湖山町南4-101 鳥取大学工学部土木工学科 Tel.0857-31-5291 Fax.0857-28-7899

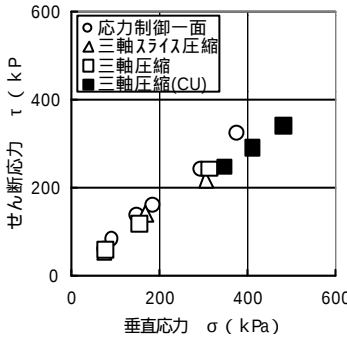


図1 従来値

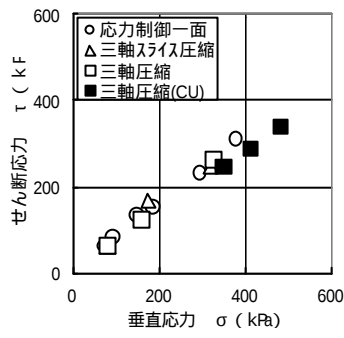


図2 D_yB +ピーク後断面積補正

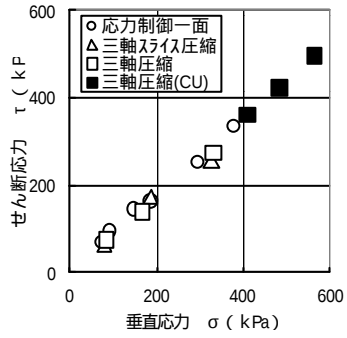


図3 D_yR +初期から断面積補正

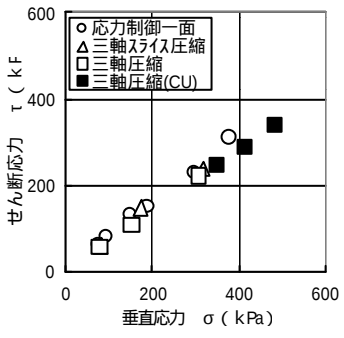


図4 D_yR +ピーク後断面積補正

4.強度定数(ピーク強度)の比較

各種補正を施した後のピーク強度を同一空間上でまとめ、補正法ならびに強度定数を検討する。図1に従来の結果整理によるピーク強度比較図を、また図2～4に補正法別の比較図を示す。ここで、従来値のみではばらつきがみられ、一直線上に収束しないが、

各種補正を施した後は収束傾向が確認できる。断面積補正では施す位置による明確な違いは認められないが、初期から断面積補正を施すと強度の過大評価となっている可能性がある。また、Dy補の別により収束傾向に明らかな違いは認められない。しかし、DyB補よりDyR補正の収束傾向が大きく、また、TCTでは、Dy補を施すことによりDyR補でCD、CUの一直線上への収束傾向が認められる。すなわち、Dy補ではDyR補を施したほうがDyのない場合(推定非排水強度)の強度定数が推定できると考えられる。

5.応力-変位関係の比較

せん断断面上に着目して、せん断断面上でのせん断変位-せん断応力関係として比較する。変位、応力は、SDSTでは直接計測できるが、TCT、TSCTでは軸変位とせん断断面角度により求めた。ピーク強度の応力軸方向の強度差は、4.に示したように主としてDyによるものであると考えられる。次に、変位軸方向のピーク発生位置の違いについて検討する。各種試験法では図5、6(凡例は図1～4と同様である)に示すように、せん断断面選択の自由度が無いほどピーク発生位置が変位軸に対して小さくなっていることから、変位軸方向のピーク発生位置はせん断断面選択の自由度に依存していると考えられる。そこで、TCTで供試体高さを変え(10cm(標準)、8cm)、せん断断面選択の自由度を変えて試験を行った(概念は後述する)。試験結果と補正を施したものを図7に示す。ピーク強度は、せん断断面が拘束されている方が小さいせん断変位で発生している。そのため、ピーク発生位置の違いは、せん断断面選択の自由度によるものであると考えられる。図8にせん断断面選択の機構の概念図を示す。せん断断面が固定されている上の供試体は小さいせん断変位でピーク強度が発生すると考えられるが、せん断断面が固定されず、せん断断面選択の機構が存在する下の供試体場合には、ピーク発生位置でのせん断変位は大きくなると考えられる。上記に示したTCTでの供試体高さを変えた試験では、高さが標準の時にはせん断断面選択の機構が(ピーク強度に達するまでにせん断断面が数面)存在しているためピーク強度に達するまでに変位が進行するが、拘束された時には、選択されるせん断断面が少なく、小さい変位でピーク強度が発現していると説明できる。

6.おわりに 本研究では以下の結論を得た。強度定数：DyR+ピーク後断面積補正を施すと最も収束傾向が認められ、また、CUとも一致しそうである。応力-変位関係：1)応力軸方向：Dyが主たる要因である。そのため、補正を施すと一致する傾向にある。2)変位軸方向：せん断断面選択の自由度が主たる要因である。せん断断面選択の自由度によりピーク位置は変位軸に対して変化する。参考文献：1) 土質工学会:土質試験の方法と解説、pp.464-465、1990。

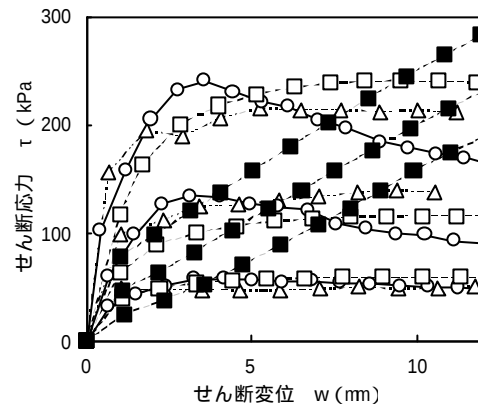


図5 応力-変位関係比較図

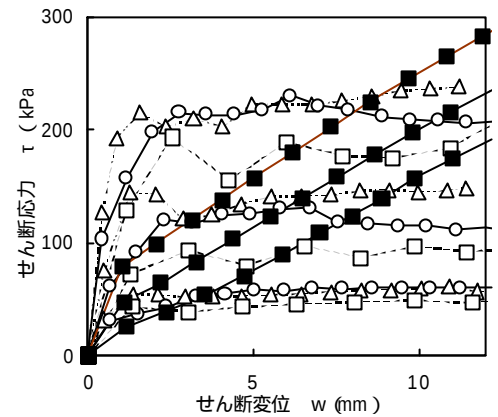


図6 補正後応力-変位関係比較図

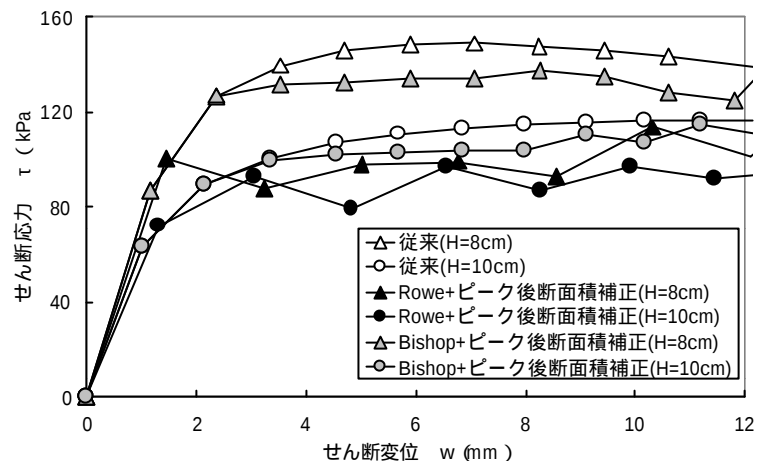


図7 TCTでの最弱面選択比較図($\sigma_3 = 98 \text{ kPa}$)

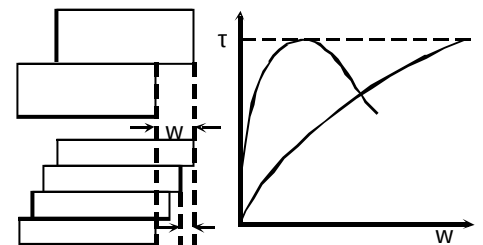


図8 せん断断面選択の機構概念図