

繰返し定体積一面，単純せん断試験による砂質土の強度・変形特性の比較

大阪市立大学工学部 正 大島昭彦 高田直俊
奈良県 正 柳瀬一範

まえがき 砂質土の繰返し非排水せん断特性（主として液状化強度）を求める試験として，繰返し非排水三軸試験が多用される。しかし，この試験は等方応力・軸対称条件を初期値とし，軸方向に圧縮・伸張荷重を繰返し載荷するもので，実際の地盤内での応力・変形状態とはかなり異なるため，あくまで指標試験として位置付けられる。一方，通常地盤と同様に次元圧密・平面ひずみ条件を初期値とし，水平方向にせん断力を繰返し載荷する手法としては，直接せん断試験法が優れている。この目的で，繰返し定体積一面せん断試験機を製作し¹⁾，良好な結果を得た²⁾⁻⁴⁾。しかし，一面せん断では供試体は不均一に変形するため，せん断ひずみの定義ができず，ひずみ量で液状化強度を定義する現行の考え方からは問題が残った。ここでは，供試体に均一な変形を与え，せん断ひずみが定義できる繰返し単純せん断試験機⁵⁾を用いて，両試験による強度・変形特性の比較を報告する。

実験方法 試料は，島根県三隅町で採取した三隅砂 ($D_{max}=0.425\text{mm}$, $D_{50}=0.17\text{mm}$, $F_c=6\%$, $\rho_s=2.67\text{g/cm}^3$, $\rho_{dmax}=1.52\text{g/cm}^3$, $\rho_{dmin}=1.28\text{g/cm}^3$) である。なお，豊浦砂の比較例は文献⁶⁾に示した。用いた繰返し定体積一面，単純せん断試験機（供試体寸法はいずれも直径 12cm，高さ 4cm）は，垂直，せん断載荷装置に直接駆動(DD)モータを取付け，電気的に垂直応力とせん断応力を制御するものである。また，せん断箱ガイド装置にリニアガイド・レールを採用し，その上に反力板側垂直力荷重計を設置し，それらを反力枠から吊っている。これによって，上箱を含む上記部材の自重は供試体にかからない。試験機，試験方法の詳細は文献¹⁾, ⁵⁾を参照されたい。

両試験とも，供試体を締めめ法で作製し，加圧板から通水して飽和し，圧密後の相対密度 $D_{rc}=35, 55, 75\%$ （公称値）に設定した。圧密応力 $\sigma_c=1.5\text{kgf/cm}^2$ ，繰返しせん断応力の周波数 $f=0.025\text{Hz}$ （周期 40 秒）である。

強度・変形特性の比較 図-1, 2にそれぞれ繰返し定体積一面，単純せん断試験（以下，一面，単純と略す）結果を示した。両図とも(1.1)~(1.3)，(2.1)~(2.3)，(3.1)~(3.3)はそれぞれ $D_{rc}=35, 55, 75\%$ における繰返し応力振幅比 $\tau_d/\sigma_c=0.14 \sim 0.18$ の結果で，上から順に τ_d/σ_c ，せん断変位 δ ，垂直有効応力比 σ'/σ_c と繰返し載荷回数 N の関係，応力径路，応力比 - 変位関係（単純では応力比 - ひずみ関係も）を示した。

$D_{rc}=35\%$ では，両図の(1.1)から単純の方が一面よりも σ'/σ_c の減少が早く， δ が生じるのも早い。したがって，同じ δ を生じる N は単純の方が少なく，一面では $N=7$ で，単純では $N=5$ で破壊しており，繰返し強度は単純の方が小さい。単純の方が有効応力の低下が大きいことは図(1.2)の応力径路からも，単純の方が δ の生じ方が大きいことは，図(1.3)の応力比 - 変位関係からもわかる。 $D_{rc}=55\%$ （両図の(2.1)~(2.3)）でも，単純の方が σ'/σ_c の減少が早く， δ が生じるのも早い（単純の方が τ_d/σ_c が小さいことも考慮して）。ただし，一面では δ が発散的に生じているのに対して，単純では δ は収束傾向を示していることが特徴的である。これによって大変形時の N は逆に単純の方が多くなる。これらの傾向は $D_{rc}=75\%$ （両図の(3.1)~(3.3)）ではより顕著に現れている。

これらの傾向は以下のように考察できる。まず，単純の方が有効応力の低下が早いのは，単純では供試体全体がせん断されるため，せん断初期の負のダイレイタンシー挙動が一面よりも顕著に現れるためと考えられる。次に，変形性の違いは，上記の有効応力低下によって単純の方が早期に変形が生じるが，その後の有効応力の回復（サイクリックモビリティ現象）は単純の方が正のダイレイタンシー挙動が顕著であるため，変形が収束傾向を示すと考えられる。また，一面で変形が発散傾向を示すのはせん断面積の減少の影響も考えられる。

これらの結果から得た変形性を考慮した液状化強度の比較は，別報⁹⁾で報告している。

参考文献 1) 大島，他：繰返し定体積一面せん断試験機の試作，第33回地盤工学研究発表会，No.357, 1998. 2) 大島，他：砂の繰返し定体積一面せん断試験と繰返し非排水三軸試験の比較，第33回地盤工学研究発表会，No.358, 1998. 3) 住，他：一面せん断試験による砂質土の繰返し定体積せん断特性，土木学会第53回年次学術講演会，III-A72, 1998. 4) 大島，他：砂質土の繰返し定体積一面せん断試験と繰返し非排水三軸試験の比較，土木学会第53回年次学術講演会，III-A73, 1998. 5) 大島，他：繰返し定体積単純せん断試験機の試作，第35回地盤工学研究発表会(投稿中)，2000. 6) 大島，他：繰返し定体積一面，単純せん断試験による砂質土の液状化強度の比較，土木学会第55回年次学術講演会(投稿中)，2000.

Key Words：繰返し一面せん断試験，繰返し単純せん断試験，圧密定体積せん断，液状化強度，砂質土

〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学工学部土木工学科 TEL 06-6605-2996 FAX 06-6605-2726

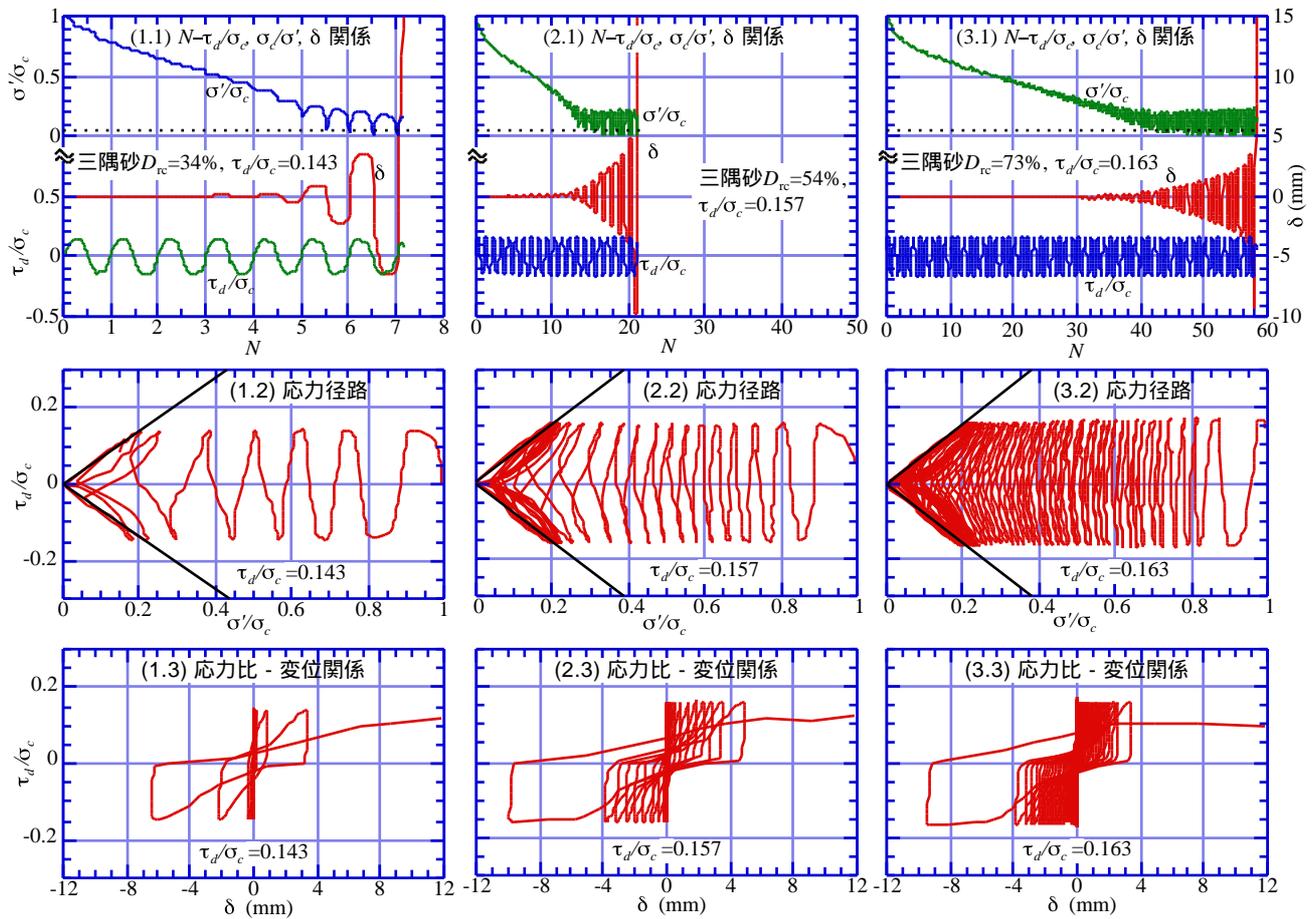


図 - 1 繰返し定体積一面せん断試験結果

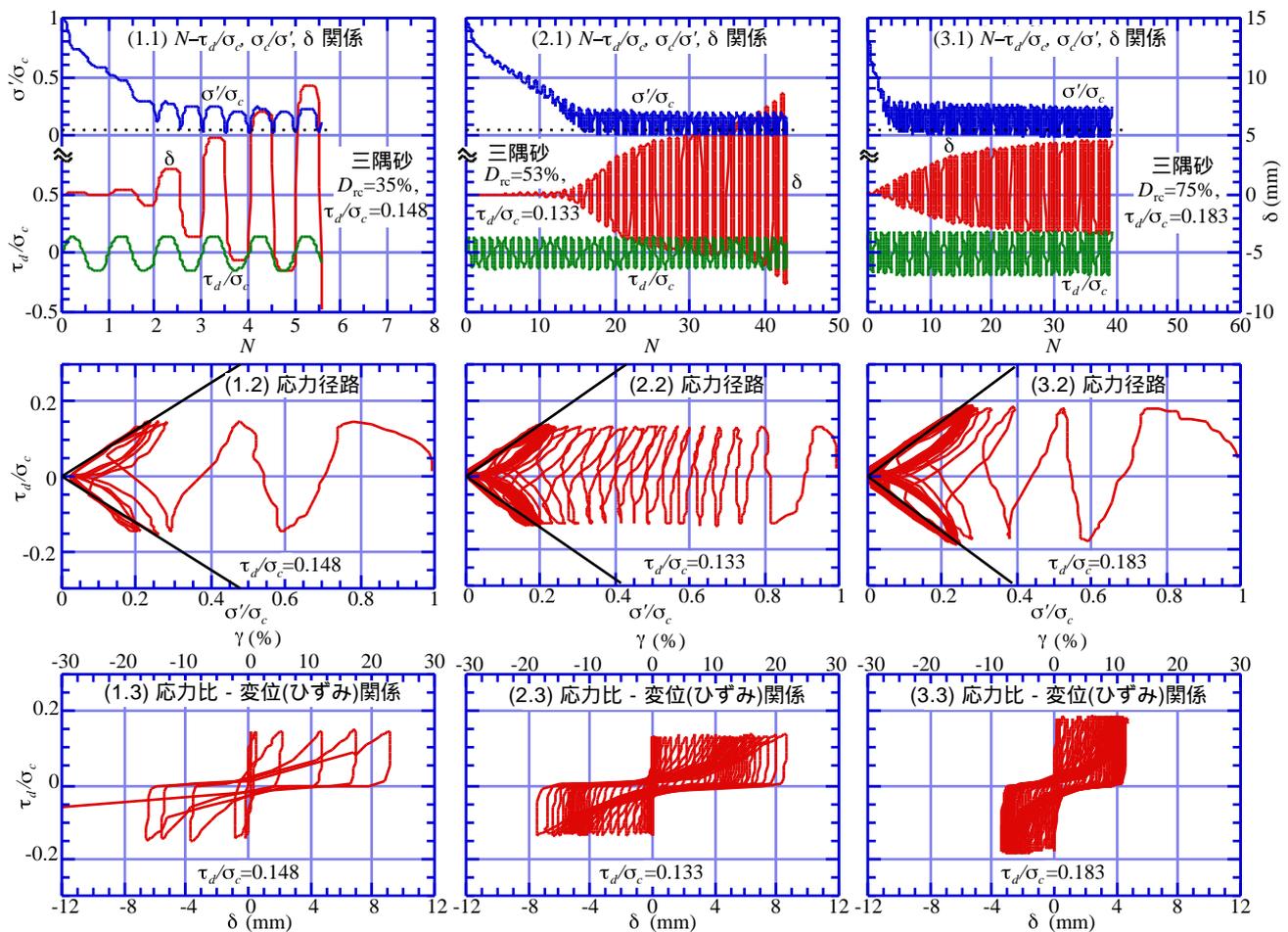


図 - 2 繰返し定体積単純せん断試験結果