

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

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 筆者らは，直接せん断試験法によって簡便に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，繰返し定体積一面せん断試験を提案している¹⁾。しかし，この試験は現在のところせん断ひずみを定義できないため，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。そこで，せん断ひずみが定義できる繰返し単純せん断試験機²⁾を用いて，両試験から得られる液状化強度の比較を報告する。

実験方法 試料は，豊浦砂と三隅砂³⁾である。両試験とも，供試体寸法は直径 12cm，高さ 4cm で，豊浦砂は空中落下法で，三隅砂は締固め法で作製し，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，1 波当たり 60 点測定）である。用いた繰返し定体積一面，単純せん断試験機および試験方法の詳細は文献 1)，2) を参照されたい。

液状化強度の比較 両試験の強度，変形特性の詳細については文献 2)，3) を参照されたい。

図-1，2 にそれぞれ豊浦砂，三隅砂における繰返し定体積一面，単純せん断試験（以下，一面，単純と略す）による繰返し応力振幅比 τ_d/σ_c と繰返し載荷回数 N の関係（液状化強度曲線）を密度別に示した。図は一面，単純とも垂直応力比 $\sigma'/\sigma_c=5\%$ （繰返し三軸試験における過剰間隙水圧比 $\Delta u/\sigma_c=95\%$ に相当），一面では両振幅せん断変位 $\delta_{DA}=2, 3, 6\text{mm}$ ，単純では $\delta_{DA}=3, 6, 9\text{mm}$ における値で示した。単純の $\delta_{DA}=3, 6, 9\text{mm}$ は，供試体高さ 40mm からそれぞれ両振幅せん断ひずみ $\gamma_{DA}=7.5, 15, 22.5\%$ となる（それぞれ繰返し三軸試験の $\varepsilon_{DA}=5, 10, 15\%$ に相当する）。一面ではせん断ひずみの定義ができないが，文献 4)，5) で三隅砂の定圧一面における変形領域の最大高さは供試体高さの 1/3 程度となり，その高さでせん断ひずみを定義すれば，定圧単純の応力 - ひずみ関係とはほぼ一致することを報告した。本試験でもこの関係が成立すると考えれば，一面の $\delta_{DA}=2, 3\text{mm}$ は $\gamma_{DA}=15, 22.5\%$ に相当し（図では同じ γ_{DA} に相当するものを同じマーク， で表示している），変形性を考慮した両試験の比較ができる。

図から，豊浦砂よりも細粒分が多い三隅砂の方が繰返し強度は大きい。両試料ともに，変形性を考慮しても基本的に単純の方が繰返し強度は小さいが，密度が高くなると，単純では $\delta_{DA}(\gamma_{DA})$ 値によって同じ τ_d/σ_c に対する N の幅が大きくなり，単純と一面は近づき， $D_{rc}=75\%$ の $\delta_{DA}=9\text{mm}(\gamma_{DA}=22.5\%)$ の場合には逆に単純の方が大きい。

表-1 に両試験の図-1，2 から読み取った $N=10, 20$ における $\sigma'/\sigma_c=5\%$ ， $\gamma_{DA}=15, 22.5\%$ に相当する繰返し応力振幅比（いわゆる液状化強度比）および両試験のそれらの比をまとめた。前述したように液状化強度は単純の方が小さいが，密度が高いほど， δ_{DA} が大きいほど単純と一面は近づく。変形性を考慮しても両者が異なる理由は，単純では供試体全体がせん断されるため，負，正のダイレイタンスー挙動が一面よりも顕著に現れるためと考えられる。すなわち，単純ではせん断初期の有

表-1 繰返し一面と繰返し単純の液状化強度の比較

試料	D_{rc} (%)	N	繰返し一面 τ_d/σ_c			繰返し単純 τ_d/σ_c			一面 / 単純		
			σ'/σ_c 5%	δ_{DA} 2mm	δ_{DA} 3mm	σ'/σ_c 5%	$\delta_{DA}(\gamma_{DA})$ 6 (15)	$\delta_{DA}(\gamma_{DA})$ 9 (22.5)	σ'/σ_c 比	δ_{DA} 2 / 6	δ_{DA} 3 / 9
豊浦砂	38	10	0.133	0.133	0.133	0.098	0.098	0.100	1.36	1.36	1.33
		20	0.115	0.115	0.115	0.093	0.093	0.094	1.24	1.24	1.22
	55	10	0.145	0.145	0.146	0.098	0.101	0.103	1.48	1.44	1.42
		20	0.122	0.122	0.123	0.086	0.089	0.090	1.42	1.37	1.37
	75	10	0.193	0.195	0.204	0.110	0.156	0.340	1.75	1.25	0.60
		20	0.175	0.182	0.190	0.090	0.106	0.165	1.94	1.72	1.15
三隅砂	35	10	0.127	0.127	0.127	0.105	0.106	0.107	1.21	1.20	1.19
		20	0.118	0.118	0.118	0.094	0.095	0.095	1.26	1.24	1.24
	55	10	0.175	0.176	0.178	0.145	0.156	0.171	1.21	1.13	1.04
		20	0.146	0.147	0.148	0.127	0.133	0.139	1.15	1.11	1.06
	75	10	0.227	0.227	0.240	0.162	0.223	0.350	1.40	1.02	0.69
		20	0.192	0.192	0.197	0.140	0.165	0.252	1.37	1.16	0.78

効応力の低下が早いために変形が早期から生じ，小変形時の N は少なくなる，一方，その後の有効応力の回復が強いために大変形になると N が多くなると考えられる。これらの詳細は別報³⁾を参照されたい。

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：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。3) 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強度・変形特性の比較，土木学会第 55 回年次学術講演会(投稿中)，2000。4) 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会，No.209，1999。5) 大島，他：砂質土の定圧一面せん断試験における供試体高さとの強度・変形特性，第 35 回地盤工学研究発表会(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

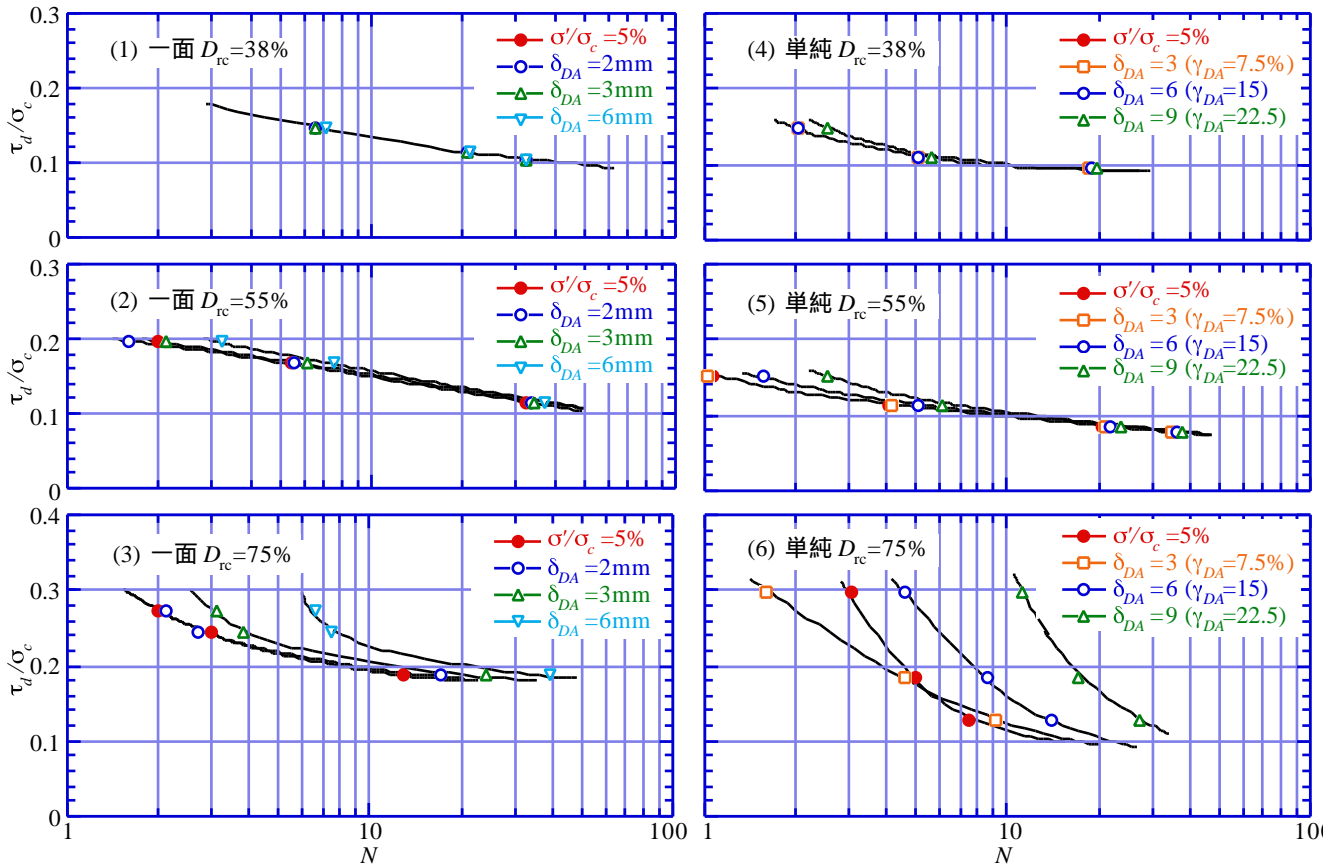


図-1 豊浦砂の繰返し定体積一面，単純せん断試験による液状化強度曲線の比較

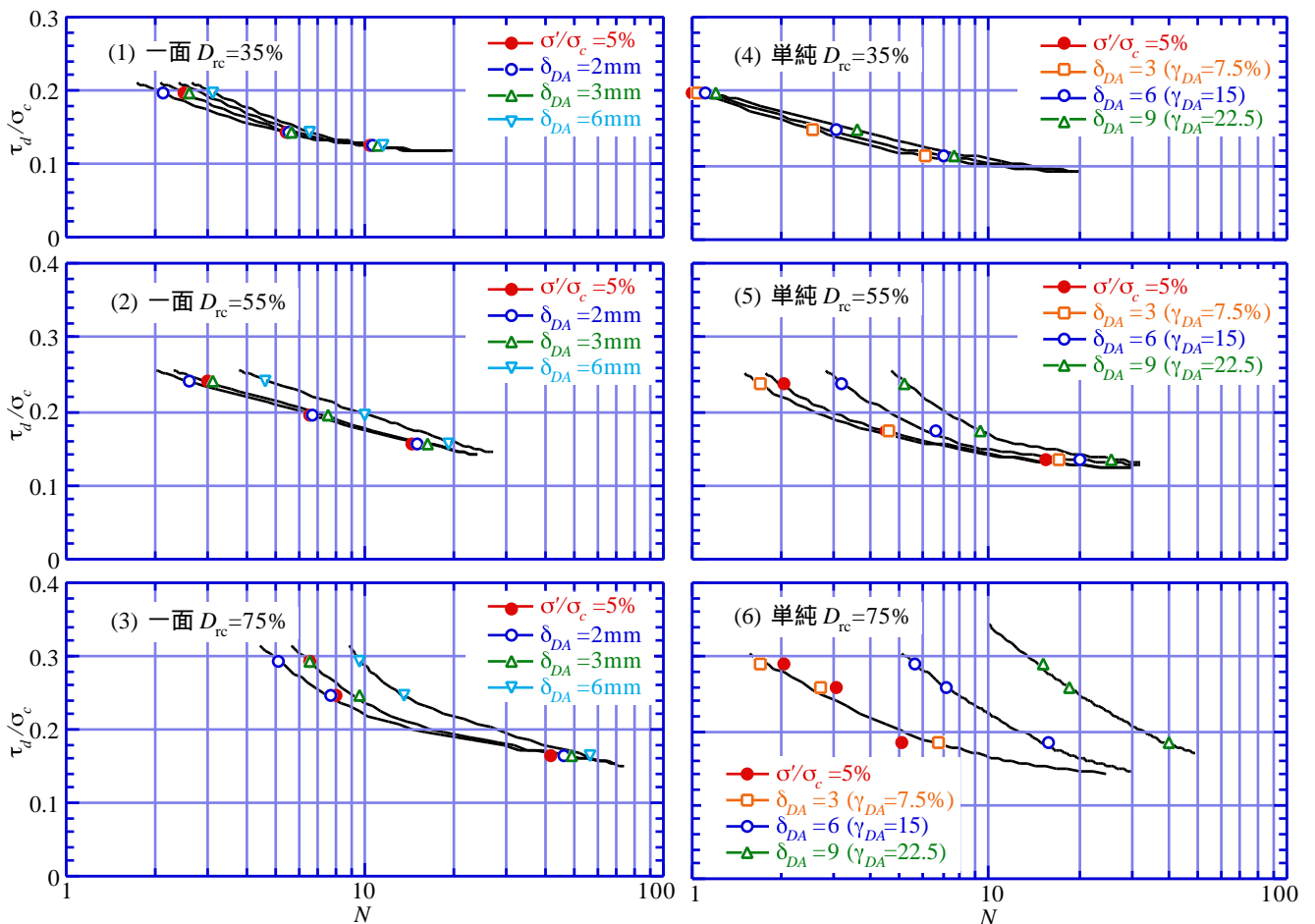


図-2 三隅砂の繰返し定体積一面，単純せん断試験による液状化強度曲線の比較