

Ⅲ-A73

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

大阪市立大学工学部 正 ○大島昭彦 高田直俊

川崎地質(株) 正 住 武人

(財)大阪土質試験所 正 本郷隆夫

まえがき 砂質土の繰返し非排水せん断特性（主として液状化抵抗）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が、この試験は等方圧密状態を初期値とし、軸対称条件下で軸方向に圧縮・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。これに対して、繰返し定体積一面せん断試験は一次元圧密状態を初期値とし、平面ひずみ条件下で水平方向にせん断力を繰返し載荷できるので、より実際の地盤条件に近い。別報¹⁾で、4種類の砂質土を対象とした繰返し定体積一面せん断試験結果を報告した。ここでは同じ試料を用いた繰返し非排水三軸試験との比較結果を報告する。

実験方法 試料は豊浦砂、三隅砂、生駒まさ土、猪名川まさ土の4種類¹⁾である。両試験とも豊浦砂は空中落下法、他の3試料は締固め法によって、豊浦、三隅砂は圧密後の相対密度 $D_{rc}=35$ 、55%に、生駒、猪名川まさ土は $D_{rc}=75\%$ に設定した（いずれも公称値）。用いた繰返し非排水三軸試験機は、軸荷重を空気圧シリンダーによって載荷するタイプで、セル内に設置した軸荷重計の出力電圧と発振器（F.G.）の出力電圧をサーボアンプでフィードバック制御し、繰返し偏差応力が一定周波数の正弦波となるように電気-空圧変換器を介して空気圧シリンダーを制御する。繰返し定体積一面せん断試験機は垂直力、せん断力を直接駆動モータで電氣的に制御するものである。詳細は文献2)を参照されたい。以下では、両試験を繰返し三軸、繰返し一面と呼ぶ。

表-1に実験条件をまとめた。両試験とも繰返し応力は正

表-1 実験条件

試験条件 試験法	供試体 寸法	飽和方法	圧密応力 σ_c (kgf/cm ²)	周波数 f (Hz)
繰返し定体積 一面せん断試験	直径12cm, 高さ4cm	下加圧板 から通水	1.5 (一次元)	0.025
繰返し非排水 三軸試験	直径5cm, 高さ10cm	背圧 2 kgf/cm ²	1.0 (等方)	0.1

弦波で与えた。両試験で圧密応力 σ_c が異なるのは、応力レベルの影響を避けるために繰返し三軸の初期平均主応力 $\sigma_m=1$ kgf/cm² に繰返し一面を合わせた ($K_0=0.5$ を仮定) ためである。また、繰返し一面で周波数 $f=0.025$ Hz で行ったのは、データの収録に静ひずみデータロガーを用いたためである。ただし、繰返し一面で $f=0.05\sim0.01$ Hz の範囲²⁾で、また繰返し三軸で $f=0.1\sim0.02$ Hz の範囲で周波数の影響がないことを確認している。繰返し三軸供試体の B 値は97%以上である。繰返し一面供試体の飽和度は90%以上（試験後の含水比から）であるが、定体積試験であるので、多少の不飽和は試験結果に影響しないと考えている。

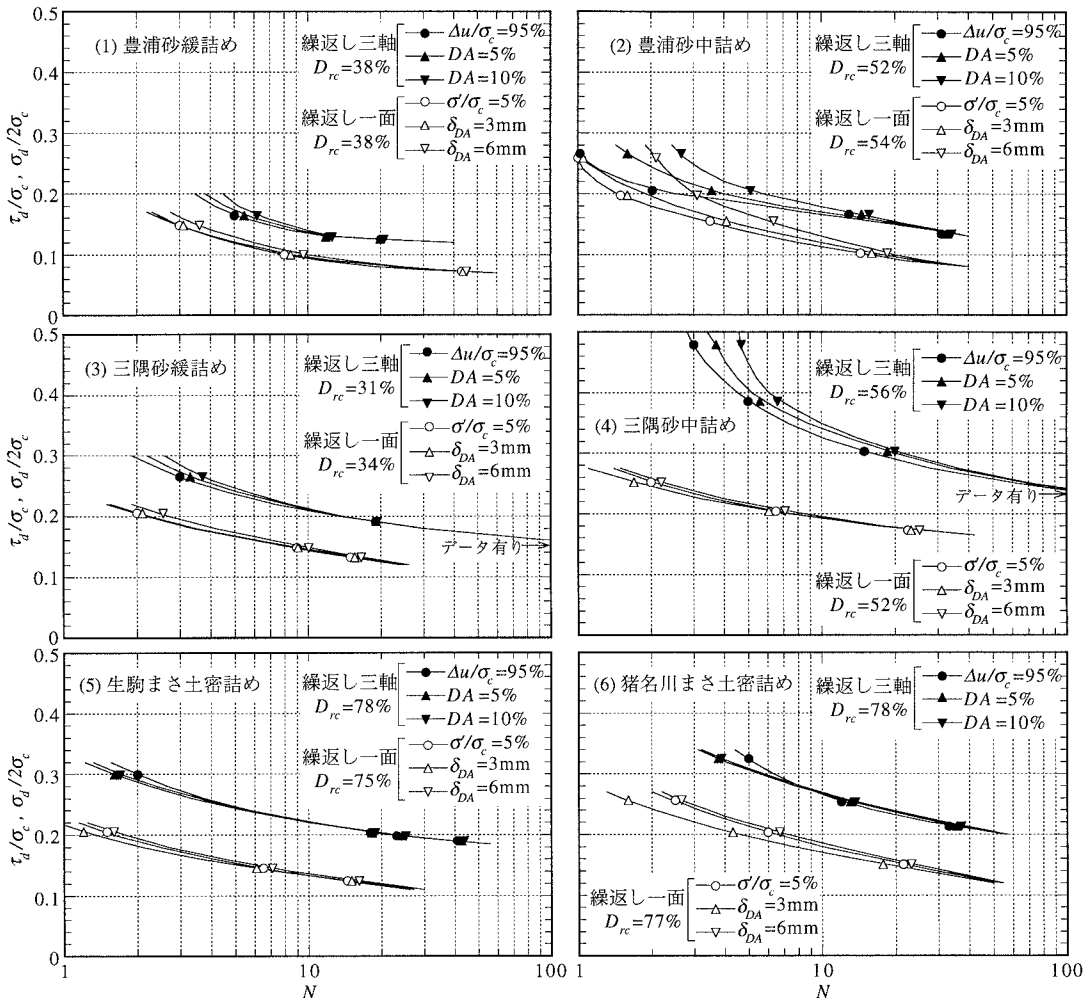
実験結果 図-1に両試験の試料別の繰返し応力振幅比と繰返し載荷回数 N の関係の比較を示した。繰返し三軸では過剰間隙水圧比 $\Delta u/\sigma_c=95\%$ 、両振幅軸ひずみ $DA=5, 10\%$ における値で、繰返し一面では垂直応力比 $\sigma'/\sigma_c=5\%$ 、両振幅せん断変位 $\delta_{DA}=3, 6$ mm における値で示した。一面せん断ではせん断ひずみの定義ができないが、[せん断変位/供試体高さ(40mm)] でせん断ひずみを定義した場合、 $\delta_{DA}=3, 6$ mm はそれぞれ7.5, 15%に相当する（それぞれ繰返し三軸の $DA=5, 10\%$ に相当する）。明らかに繰返し一面の方が同じ N に対する繰返し応力振幅比が小さい。ただし、図には示さないが、繰返し三軸では変形と応力径路が圧縮、伸張で対称にならない欠点がある。

表-2に両試験の図-1から読み取った繰返し載荷回数 $N=10, 20$ におけ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。両試験の比は試料、密度によらず、ほぼ0.6~0.7の範囲にある（三隅中詰めは D_{rc} の違いが影響している）。石原³⁾は、等方圧密、異方圧密によらず繰返し強度は初期平均主応力で整理できることを報告している。実験方法で述べたように $K_0=0.5$ を仮定すれば、繰返し一面の初期平均主応力と圧密応力の比は0.67となるため、初期平均主応力で強度を整理すれば、繰返し一面も繰返し三軸にほぼ一致する。

あとがき 繰返し非排水三軸試験よりもより実際に近い条件で、かつ簡便に繰返し非排水せん断特性を求める試験法として繰返し定体積一面せん断試験を提案したい。今後は、さらに試験機を改良し、他の試料および不攪乱試料（凍結試料）を対象に両試験の比較を行いたい。

Key Words: 一面せん断試験, 三軸試験, 繰返しせん断, 圧密非排水せん断, 液状化, 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 TEL 06-605-2996 FAX 06-605-2725



図－1 繰返し応力振幅比と繰返し载荷回数関係の比較

表－2 繰返し一面と繰返し三軸の液状化強度比の比較

試料	N	繰返し一面 τ_d/σ_c			繰返し三軸 $\sigma_d/2\sigma_c$			一面／三軸		
		$\sigma'/\sigma_c=5\%$	$\delta_{DA}=3\text{mm}$	$\delta_{DA}=6\text{mm}$	$\Delta u/\sigma_c=95\%$	$DA=5\%$	$DA=10\%$	(1)	(2)	(3)
豊浦緩詰め	10	0.094	0.097	0.100	0.134	0.137	0.139	0.70	0.71	0.72
	20	0.080	0.083	0.084	0.125	0.125	0.126	0.64	0.66	0.67
豊浦中詰め	10	0.113	0.120	0.130	0.166	0.170	0.179	0.68	0.71	0.73
	20	0.094	0.097	0.101	0.149	0.152	0.155	0.63	0.64	0.65
三隅緩詰め	10	0.144	0.149	0.149	0.208	0.211	0.211	0.69	0.71	0.71
	20	0.125	0.127	0.127	0.189	0.189	0.189	0.66	0.67	0.67
三隅中詰め	10	0.192	0.193	0.194	0.327	0.340	0.350	0.59	0.57	0.55
	20	0.176	0.177	0.178	0.290	0.300	0.304	0.61	0.59	0.59
生駒密詰め	10	0.133	0.133	0.135	0.220	0.220	0.221	0.60	0.60	0.61
	20	0.116	0.117	0.118	0.202	0.203	0.204	0.57	0.58	0.58
猪名川密詰め	10	0.180	0.170	0.185	0.265	0.266	0.269	0.68	0.64	0.69
	20	0.152	0.148	0.157	0.231	0.236	0.238	0.66	0.63	0.66

(1) ($\sigma'/\sigma_c=5\%$)($\Delta u/\sigma_c=95\%$), (2) ($\delta_{DA}=3\text{mm}$)($DA=5\%$), (3) ($\delta_{DA}=6\text{mm}$)($DA=10\%$)

参考文献 1) 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(投稿中), 1997. 2) 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(投稿中), 1997. 3) 石原: 土質動力学の基礎, 鹿島出版会, pp. 261-265, 1976.