

振動台実験と繰返し定体積一面，単純せん断試験による液状化強度の比較

大阪市立大学大学院 正 大島昭彦 ○学 宮本貴子 学 藤元 学
 大阪市立大学工学部 学 岡 克彦
 (株)浅沼組技術研究所 正 浅田 毅 正 溝口義弘

まえがき 要素試験による液状化強度は，通常あるひずみ量に基づいた繰返し応力振幅比で定義されるが，それと振動台を用いた液状化実験とを比較，検証した例は意外に少ない。ここでは，文献1)，2)で報告した振動台実験と繰返し定体積一面，単純せん断試験による液状化強度の比較し，後者の妥当性を検証した結果を報告する。

実験方法 用いた3種類の試料（珪砂5，7号，混合珪砂）および振動台実験については文献1)，2)を，繰返し定体積一面，単純せん断試験機については文献3)，4)を参照されたい。ただし，後者のせん断応力载荷装置には，今回から複動式の空気圧シリンダーを採用し，繰返しせん断力が一定周波数の正弦波となるように電圧-空圧（EP）変換器を介して制御し（従来のDDモータよりも滑らかな正弦波が得られた），3種類の試料ともにゆる，中密，密の密度に対して実験を行った。以下では，繰返し定体積一面，単純せん断試験を単一面，単純と呼ぶ。

表-1に両者の実験条件を比較した。圧密応力 σ_c は，一面，単純で 5tf/m^2 に設定した。本来であれば振動台実験の $1.0\sim 1.6\text{tf/m}^2$ 程度に合わせたかったが，低応力域の繰返し試験は高精度が要求されるので，実施可能な値に設定した。また，一面，単純の繰返し周波数は 0.025Hz （静的な計測をしているため），振動台の加振周波数は 2Hz と異なっている。ただし，用いた試料は細粒分がほとんどない砂であるので，応力レベルや周波数の影響はほとんどないと考えている。

表-1 実験条件

実験種類	供試体寸法 (mm)	圧密応力 σ_c (tf/m ²)	周波数 f (Hz)	実験方法
繰返し一面 繰返し単純	$\phi 120 \times H40$	5.0	0.025	正弦波のせん断応力を連続载荷
振動台	$1200 \times 1000 \times H700$	$1.0 \sim 1.6^*$	2.0	10秒間(20波)正弦波の加速度で加振

*：上載圧 $p_0=1.0$ +自重応力

繰返し一面，単純せん断試験結果

図-1に代表例として珪砂5号の3種類の密度に対する一面，単純の繰返し応力振幅比 τ_d/σ_c と繰返し回数 N の関係（液状化強度曲線）を示した。図は一面，単純ともに垂直応力比 $\sigma'/\sigma_c=5\%$ ，一面では両振幅せん断変位 $\delta_{DA}=1, 2, 3\text{mm}$ ，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。一面ではこれまで γ の定義ができなかったが，単調定体積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，単調定体積単純の応力比-ひずみ関係とほぼ一致することを見出している⁵⁾。繰返し試験でもこの

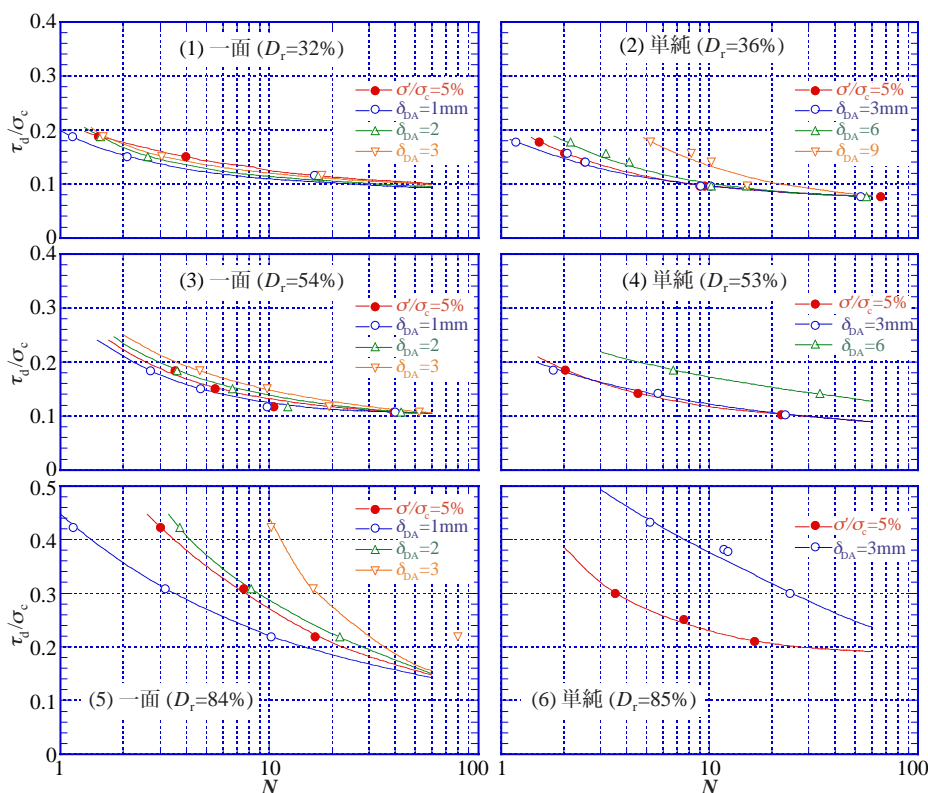


図-1 珪砂5号の一面，単純によるせん断応力比と繰返し回数の関係

の関係が成立すると考えれば，一面の $\delta_{DA}=1, 2, 3\text{mm}$ は $\gamma_{DA}=7.5, 15, 22.5\%$ に相当し，変形性を考慮した両試験の比較ができる。図から低密度では一面が，高密度では単純が大きい結果となった（他の試料でも同様であった）。

Key Words：液状化，振動台実験，一面せん断試験，単純せん断試験，繰返しせん断，砂

〒558-8585 大阪市住吉区杉本3-3-138 大阪市立大学大学院工学研究科都市系専攻 TEL 06-6605-2996 FAX 06-6605-2726

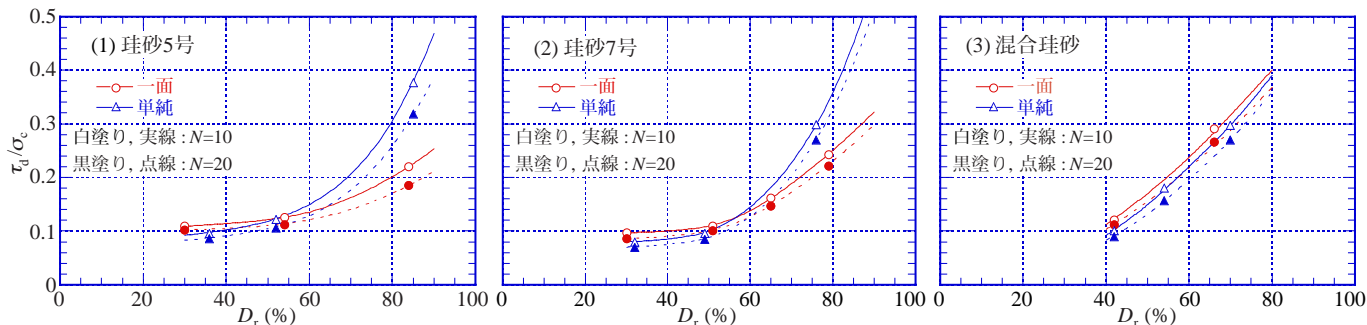


図-2 繰返し定体積一面，単純せん断試験による液状化強度の比較

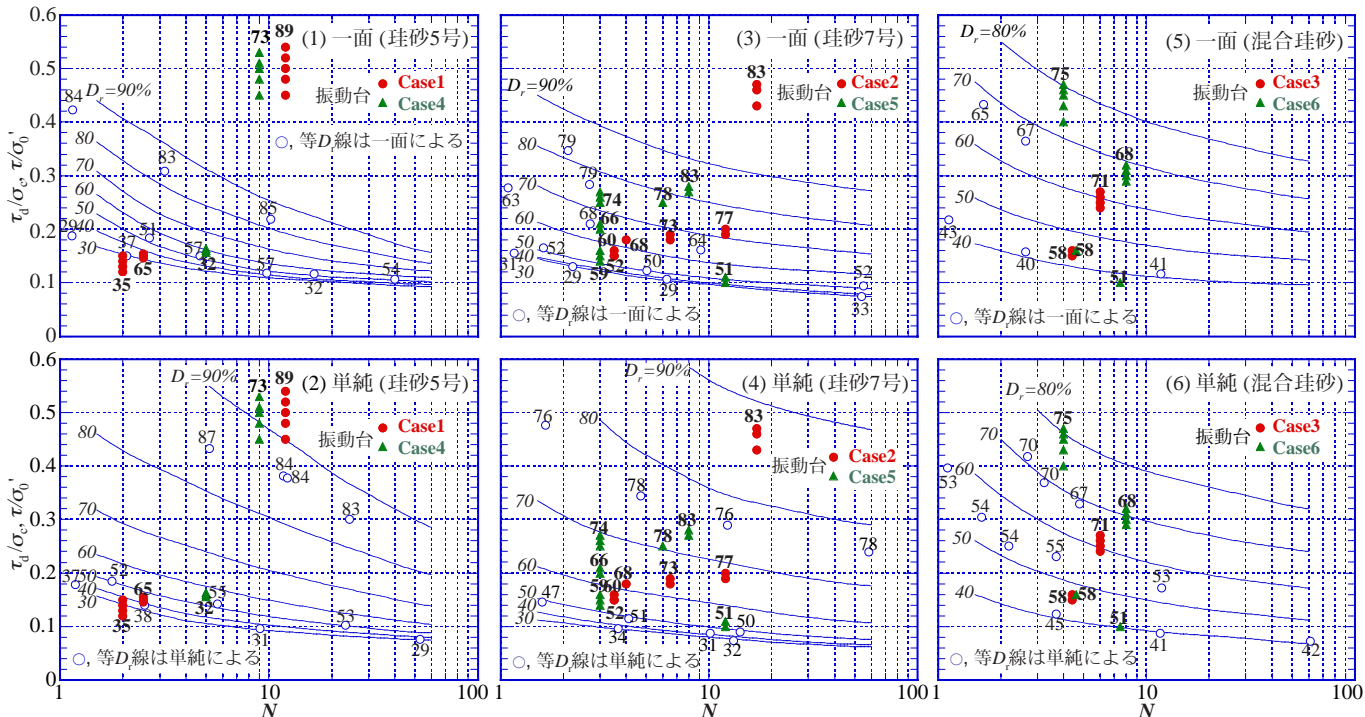


図-3 繰返し定体積一面，単純せん断試験と振動台実験による液状化強度の比較

振動台実験で液状化時に発生する γ_{DA} は平均的に7.5%であった²⁾。そこで，一面，単純でも $\gamma_{DA}=7.5\%$ 時（一面で $\delta_{DA}=1\text{mm}$ ，単純で $\delta_{DA}=3\text{mm}$ ）の繰返し応力振幅比を液状化強度比 τ_d/σ_c と見なした。図-2に各試料，各密度で得られた $N=10, 20$ に対する τ_d/σ_c と相対密度 D_r の関係を示す。各試料ともやはり，低密度では一面の方が強く，高密度ほど単純の方が強い傾向にあるが， $D_r=30\sim 60\%$ 程度では大差ない。また，相似粒度の珪砂5，7号を比較すると，低密度では粒径の粗い5号の方が強く，高密度では粒径の細かい7号の方が強い。粒径幅の広い混合珪砂は D_r 増加に対する強度増加が大きく，液状化強度が大きいことが特徴である。

振動台実験との液状化強度の比較

振動台実験では，結果的に地盤に与えたせん断応力振幅比 τ/σ'_0 と液状化に達した波数（繰返し回数 N に相当）の関係が1つしか求まらない。したがって，先のような要素試験で得られる $N=10, 20$ に対する液状化強度比と直接比較することは難しい。そこで，要素試験で任意の N に対して図-2のような整理を行い，各 N 毎の $\tau_d/\sigma_c - D_r$ の関係を読み取り，等 D_r 液状化強度線を作成し，その上に文献2)で報告した振動台実験の τ/σ'_0 と D_r の関係をプロットして比較した。その結果を図-3に示す。概ね両者は整合していると考えられる。また，一面，単純のどちらが整合性がよいかは一概にいえない結果となった（高密度では単純の方が整合性が高い傾向が見られるが）。ただし，いくつか整合性が悪い結果もある。これは，振動台実験では部分的に液状化しており，地盤内に密度分布が生じている可能性があり，平均密度で整理したことに問題があるためと考えられる。

以上から，液状化強度を求めるための繰返し定体積一面，単純せん断試験の妥当性が検証できたと考えられる。

参考文献 1) 大島，他：上載圧を与えた砂地盤の振動台による液状化実験（その1），土木学会第57回年次学術講演会（投稿中），2003. 2) 大島，他：上載圧を与えた砂地盤の振動台による液状化実験（その2），土木学会第57回年次学術講演会（投稿中），2003. 3) 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. 4) 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，No.386, 2000. 5) 大島，他：砂の定体積一面，単純せん断試験による強度・変形特性の比較，土木学会第57回年次学術講演会（投稿中），2003.