

試験方法の違いが密な凍結砂試料の液状化特性に及ぼす影響

応用地質(株)	正会員	三上武子
同 上		竹島康人
同 上		藤井紀之
同 上	正会員	吉田 望
同 上	正会員	澤田俊一

1. はじめに

一般に、地盤の液状化強度は、等方圧密状態で非排水繰返し三軸試験を実施して求める。しかし、原地盤は異方応力状態にあることが多く、さらに、地震動は水平、鉛直に作用するものの、地盤や構造物にとって重要な地震動は水平動である。このため、三軸試験では原地盤の応力状態を忠実に再現しているとは言えない。筆者らは、これまでねじり試験と三軸試験による液状化試験結果の比較を行い、初期応力条件や載荷条件が異なると液状化強度やひずみの発生傾向が異なることを示した¹⁾²⁾。今回、密な凍結砂試料の試験を同様な目的で実施する機会を得たので、ここに結果を報告する。

2. 試験試料と試験方法

試験に用いた試料は、淀川左岸から凍結サンプリングにより採取した粗砂(平均粒径 $D_{50}=0.54\text{mm}$)で、原位置で測定した N 値は 30, S 波速度 V_s は 220m/sec である。供試体形状は、ねじり試験では外径 70, 内径 30, 高さ 100mm の中空円筒形, 三軸試験では直径 50, 高さ 100mm の円柱形である。有効上載圧で等方圧密した後、周波数 0.1Hz の正弦波を繰返し載荷した。まず、せん断ひずみ $\gamma=0.001\%$ レベルで繰返し載荷を行い、初期せん断弾性係数 G_0 を測定した後、液状化試験を行った。

3. 試験結果

3.1 初期せん断弾性係数

図-1 に試験で得られた初期せん断弾性係数 G_0 を、原位置の S 波速度 V_s と単位体積重量 ρ_t から求めたせん断弾性係数 G_F で正規化して示した。ここで、三軸試験の G_0 はポアソン比 $\nu=0.5$ と仮定してヤング率 E から求めた。いずれの供試体においても、ねじり試験で得られた G_0 よりも三軸試験で得られた G_0 の方が小さな値となった。この要因として、三軸試験ではベディングエラーによる誤差、ゴムスリーブの貫入などシステムコンプライアンスの影響によりポアソン比が 0.5 よりも低くなる³⁾ ことなどが考えられる。

3.2 液状化特性

両振幅せん断ひずみ $\gamma_{DA}=7.5\%$ のときの繰返し回数がほぼ同じである供試体 No.4 の結果を用いて液状化特性を検討する。せん断ひずみの波形記録、せん断応力～せん断ひずみ関係、ストレスパスを図-2～4 に示した。三軸試験では繰返し載荷中に平均主応力が変化するため、平均主応力が減少する伸張時に大きなせん断ひずみが発生し、せん断応力～せん断ひずみ関係やストレスパスが非対称形となる。図-5 に、繰返し回数 N_c を $\gamma_{DA}=7.5\%$ のときの繰返し回数で正規化した $N_c/N_{\gamma_{DA}=7.5\%}$ と γ_{DA} の関係を示した。図には、比較のため不攪乱シルト質砂の結果¹⁾と豊浦砂の再構成試料の結果²⁾も示した。いずれの試料においても、三軸試験結果がねじり試験結果の上方に位置しているが、密な凍結砂試料における両者の差は他の試料に比べて小さく、また、シルト質砂のような形状の違いは認められなかった。すなわち、密な試料よりも緩い試料の方が、試験方法の違いによる差は大きい。図-6 に、繰返しせん断応力比 τ_d/σ'_{m0} (三軸試験では $\sigma'_d/2\sigma'_{m0}$) と $\gamma_{DA}=1.5, 3.0, 7.5\%$ のときの N_c の関係を示した。液状化の定義としてよく用いられる繰返し回数 20 回で $\gamma_{DA}=7.5\%$ になる τ_d/σ'_{m0} は、ねじり試験に比べて三軸試験が 2 割程度小さくなっている。両者の差は定義するせん断ひずみや繰返し回数によらず、ほぼ一定である。

4. まとめ

密な凍結砂試料を用いて、ねじり試験と三軸試験による液状化試験を行った。その結果、密な凍結砂試料においても、ねじり試験に比べて三軸試験による液状化強度の方が小さいことが確認された。しかし、その差は細粒分を含む砂試料や緩い砂試料に比べて小さい。

謝辞

本研究は、日本学術振興会科学研究費補助金(基盤研究(B)(1)、研究課題:土の物性からみたレベル2地震動に対する砂礫や密な砂の動的挙動)の補助を受けて実施したものである。また、試料は独立行政法人土木研究所より御提供戴いた。最後になりましたがここに記して感謝申し上げます。

キーワード:凍結サンプリング,液状化,繰返し三軸試験,繰返しねじりせん断試験

連絡先:応用地質株式会社 〒331-0812 埼玉県さいたま市北区宮原町 1-66-2 TEL 048-663-8611 FAX 048-663-8618

表-1 試験結果一覧

供試体No.		1	2	3	4
深度(m)		18.70-18.83	18.84-18.97	19.04-19.17	19.17-19.30
ねじり	t (g/cm^3)	1.852	1.867	1.851	1.852
	d_c (g/cm^3)	1.514	1.554	1.502	1.542
	w_n (%)	25.5	24.2	26.1	24.1
	$G_0^{(1)}$ (MN/m^2)	89	76	79	88
	$d/2$ γ_{m0}	0.365	0.416	0.405	0.515
$N_c^{(2)}$ (回)	26.7	2.6	5.5	3.5	
三軸	t (g/cm^3)	1.846	1.858	1.833	1.859
	d_c (g/cm^3)	1.505	1.537	1.491	1.539
	w_n (%)	25.3	24.7	27.2	24.1
	$G_0^{(1)}$ (MN/m^2)	75	50	60	83
	$d/2$ γ_{m0}	0.341	0.282	0.396	0.493
$N_c^{(2)}$ (回)	15.6	52.0	2.9	3.3	

1) =0.001%のとき、三軸の場合は =0.5と仮定して $G=E/2(1+ \quad)$ から算出
 2) $DA=7.5\%$ に達した繰返し回数

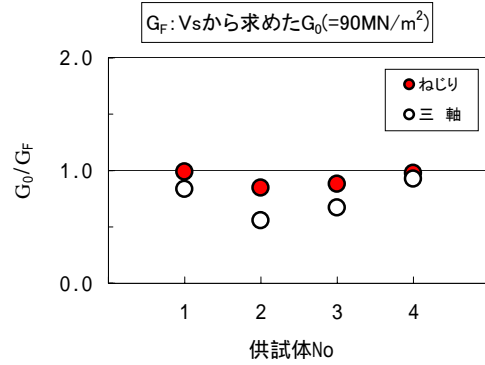


図-1 初期せん断弾性係数の比較

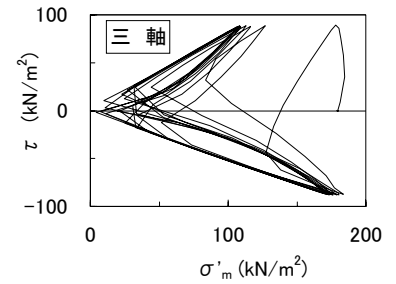
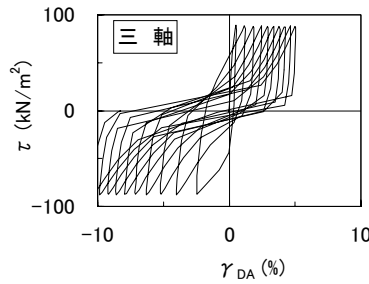
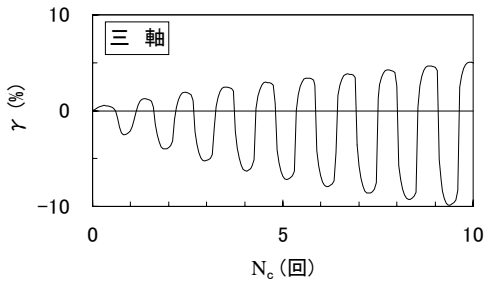
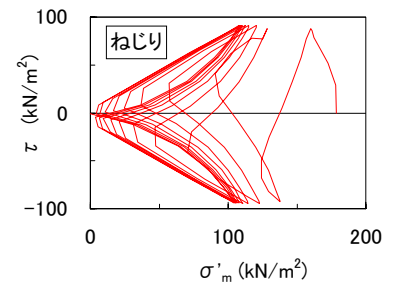
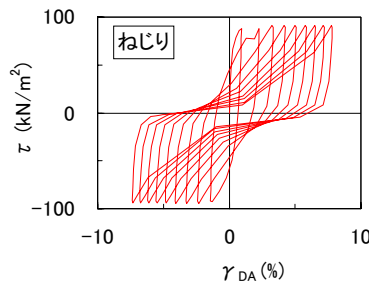
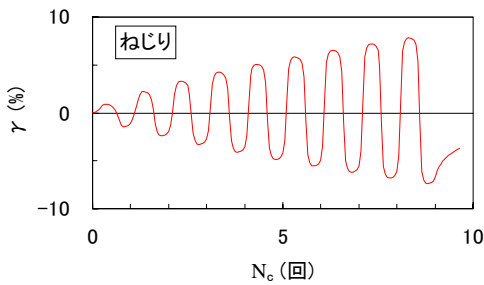


図-2 せん断ひずみの波形記録

図-3 せん断応力～せん断ひずみ関係

図-4 ストレスパス

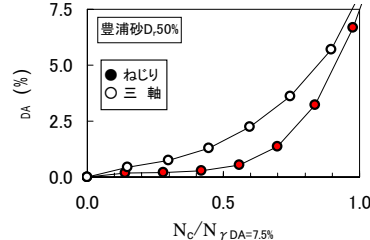
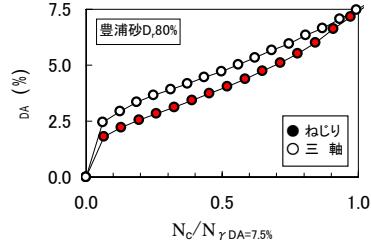
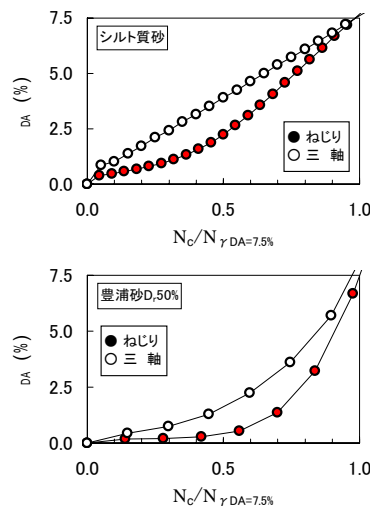
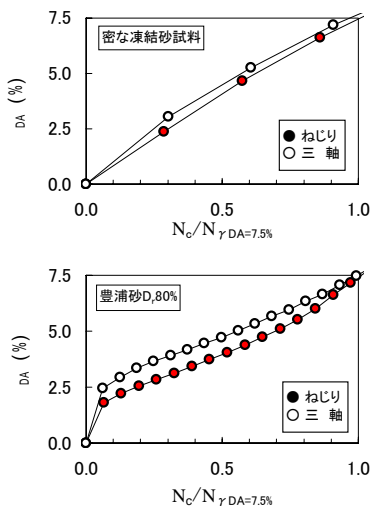


図-5 せん断ひずみ～正規化繰返し回数の関係

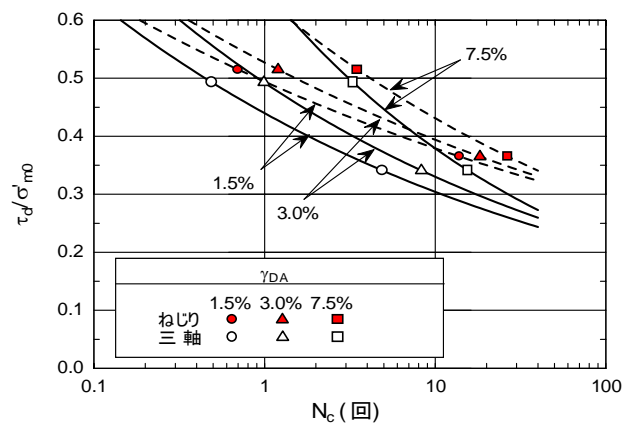


図-6 繰返しせん断応力比～繰返し回数の関係

【参考文献】

- 1) 三上武子, 澤田俊一, 桜庭一, 大向直樹: 応力状態の相違が液状化強度に及ぼす影響, 第36回地盤工学研究発表講演集, pp.421-422, 2001.
- 2) 三上武子, 澤田俊一, 竹島康人: 初期応力の異方向性が液状化強度および液状化後の体積ひずみに及ぼす影響, 第38回地盤工学研究発表講演集, 2001.
- 3) 田中幸久, 国生公剛治, 吉田保夫, 工藤康二: 礫の動的変形試験に対する一考察, 第25回土質工学研究発表講演集, pp.757-758, 1990.