

積層リング型単純せん断試験の液状化試験への適用性の検証

○日本大学工学部 学生会員 谷田 貝 航
日本大学大学院工学研究科 学生会員 阿部 吉孝
日本大学工学部 正会員 仙頭 紀明

1. はじめに

1995年兵庫県南部地震以降、砂質土の液状化判定が行われる機会が増加している。この判定のための液状化試験では繰返し三軸試験が用いられることが多い。しかし、繰返し三軸試験は原位置の初期応力状態は再現できても、その後、せん断応力を直接載荷ができないという問題があり、地震時の地盤の応力状態の再現が難しい。一面せん断試験はその問題を解決でき、かつ実験が簡便である反面、応力ひずみ関係を求めることができないという欠点がある。一方、単純せん断試験は地震時の地盤の応力状態を再現可能で、応力-ひずみ関係を求めることができる。本研究では供試体全体がより均一に変形し、簡便に液状化試験が可能な積層リング型単純せん断試験を提案し、中空ねじりせん断試験及び、一面せん断試験との比較により、その適用性を検証した。

2. 実験方法

2.1 試験装置

積層リング型単純せん断試験機の概要を図-1に示した。装置のせん断部は、外形8.96cm、内径6.00cmで高さが5mm、3mm、1mmと3種類のリングからなり、表面には摩擦軽減のためテフロン加工を施した。積層リングは上から5mmを1枚、1mmを16枚、3mmを1枚で計24mmに積み重ね、土のせん断変形が拘束されないような構造とした。この構造のため、既存の試験で使用しているゴムメンブレンは使用していない。せん断荷重載荷アクチュエーターはサーボコントローラーに接続したパルスモーターにより駆動し、応力制御による繰返し単純せん断試験が可能である。定体積条件を満たすため装置上部のメカニカルジャッキを用いて垂直変位を±0.01mm以内に制御した。

2.2 実験方法

試料の粒度分布と物理特性を図-2に示した。試料は海成粘土及び硅砂5号を用いた。試験は単純せん断試験、一面せん断試験、中空ねじりせん断試験を行った。海成粘土は液性限界の2倍の含水比に調整後、70kN/m²で予備圧密し、その後カッターリング法により作製した。硅砂5号は空中落下法により目標相対密度70%で作製した。供試体はいずれも直径6cm、高さ2cmである。表-1に実験ケースを示す。ケース1,2は単純せん断試験、ケース3,4は一面せん断試験、ケース5,6は中空ねじりせん断試験である。単純せん断試験及び一面せん断試験は定体積繰返しせん断試験、中空ねじりせん断試験は非排水繰返しせん断試験である。単純せん断試験は積層リングの位置決めのために、上部ブロックとペダスタルを4本のねじで固定し、積層リング内に供試体を設置する。その後、鉛直応力を50kN/m²で載荷し後に上記のねじを外し、100kN/m²で圧密した。なお、単純、

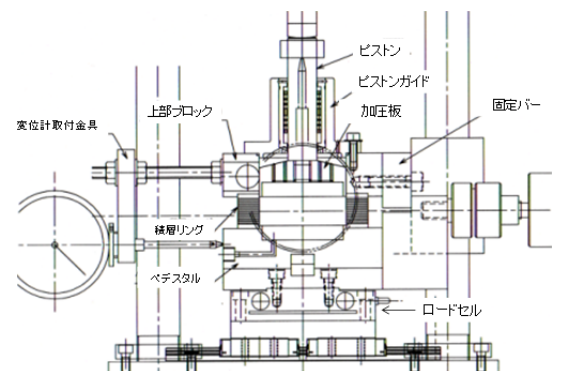


図-1 定体積繰返し単純せん断試験

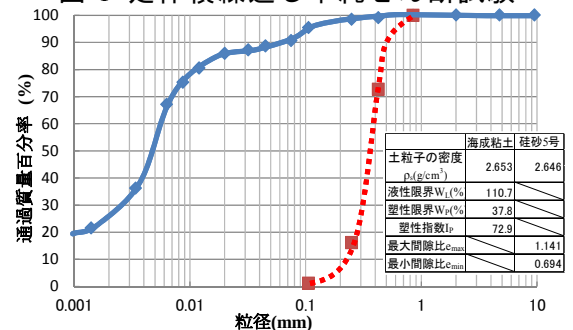


図-2 試料の粒度分布と物理特性

表-1 実験ケース

ケース	試験方法	試料	応力比	ρ_{sc} (g/cm ³)	相対密度 Dr(%)
1-1	定体積繰返し 単純せん断 試験	海成粘土	0.25	0.860	
1-2			0.30	0.889	
1-3			0.40	0.888	
2-1			0.15	1.472	71.7
2-2	定体積繰返し 一面せん断 試験	硅砂5号	0.17	1.473	73.3
2-3			0.25	1.472	69.8
2-4			0.28	1.472	73.3
3-1			0.24	0.902	
3-2	定体積繰返し 一面せん断 試験	海成粘土	0.30	0.902	
3-3			0.39	0.877	
4-1			0.16	1.482	69.5
4-2	定体積繰返し 一面せん断 試験	硅砂5号	0.18	1.480	70.9
4-3			0.25	1.484	70.0
4-4			0.28	1.484	70.0
5-1	中空ねじりせん断試験	海成粘土	0.25	0.25	
5-2			0.36	0.36	
5-3			0.45	0.45	
6-1		硅砂5号	0.20	1.454	67.7
6-2			0.25	1.452	67.3
6-3			0.30	1.452	71.7

キーワード：単純せん断試験、液状化強度、液状化判定

〒963-8642 福島県郡山市徳定字中河原1番地 TEL024-956-8710 FAX024-956-8858

一面せん断では側圧が測定できないため $K_0=0.5$ と仮定して平均有効応力を算出した。その後、載荷周波数 0.1Hz のサイン波による繰返しせん断応力を与え、せん断ひずみ両振幅 (DA) が 5% に達したら終了した。

3. 各種せん断試験の比較

珪砂5号のケース2-3の応力-ひずみ関係と有効応力経路を図-3に示す。応力-ひずみ関係をみると、せん断応力を載荷しつづけるこ

とによって、せん断ひずみの増加に伴いせん断剛性率が低下している。有効応力経路を見ると珪砂5号ではサイクリックモビリティ現象¹⁾が現れている。DA=5%の液状化強度曲線を図-4に示す。なお、一面せん断試験は応力-ひずみ関係が求められないので両振幅せん断変位 $\delta_{DA}=1\text{mm}$ の強度曲線と比較している。各種せん断試験とも類似した結果であるが、単純せん断試験結果は他の試験結果²⁾に比べると繰返し強度比が若干低くなる傾向にある。また粘性土では同等の応力比でDA=5%に達したが、砂試料では他の試験よりも小さい応力比で液状化した。単純せん断試験、一面せん断試験の砂試料の繰返し回数10、20回における応力比の比較を図-5に示す。一面せん断試験、単純せん断試験の結果を比較した既往の研究でも、砂試料では単純せん断試験が低めの強度となる傾向がある³⁾。これは単純せん断試験が供試体全体に様なせん断変形を起こすので、負のダイレイタンスにより有効応力が低下しやすくなり、せん断変形の促進に伴い進行性破壊⁴⁾が起こると考えられる。

4. まとめ

本研究では積層リング型単純せん断試験を提案し、それを用いて砂質土及び粘性土について液状化試験を行った結果、以下のことが分かった。

1)単純せん断試験では、粘性土及び砂質土で既往の液状化試験と同様の応力-ひずみ関係や有効応力減少の傾向を示した。

2)単純せん断試験で求めた液状化強度は、一面せん断試験の 0.93 倍、中空ねじりせん断試験の 0.91 倍と低めの応力比で液状化することが分かった。

5. 参考文献

- 1)地盤工学会:地盤の動的解析-基礎理論から応用まで-,pp.10-11,(2007).
- 2)佐藤、仙頭:粘着力を有する砂の液状化強度に関する実験的研究,土木学会第48回東北支部技術研究発表会,III-3,pp.287-288,(2010).
- 3)大島、高田、柳瀬: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,III-A75,pp.150-151,(2000).
- 4)Wood,D.M.and Budhu,M.: The behavior of Leighton Buzzard sand, Proc Intn' I Symp, Soils under Cyclic Transient Loading, Swansea, pp.9~12,(1980).

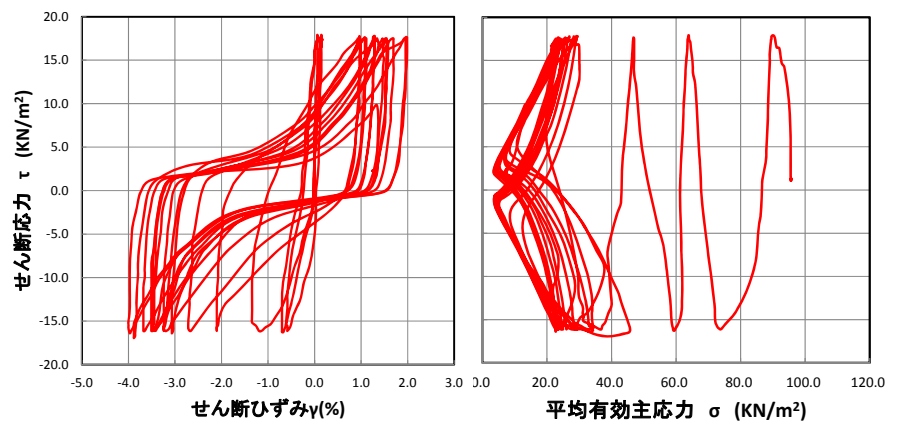


図-3 応力-ひずみ関係と有効応力経路(ケース 2-3)

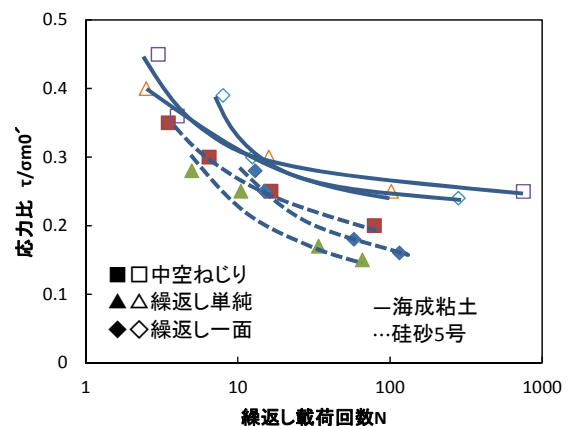


図-4 各種液状化強度の比較

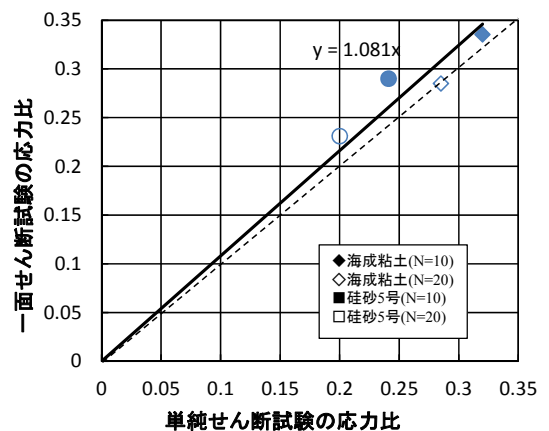


図-5 単純せん断と一面せん断の繰返し回数での応力比の比較