

(Ⅲ-102) 液状化後の変形係数に試験装置の違いが与える影響に関する研究

東京電機大学 正会員 安田 進
東京電機大学大学院 ○学生会員 桜井 裕一 出野 智之

1. 目的

著者達は、繰返しねじりせん断試験装置を用いて、液状化後の変形係数についていくつかの実験を行ってきた。ところが一般の液状化試験では、装置や操作が比較的容易であるために、繰返し三軸試験装置が最も広く用いられている。そこで本研究では、繰返し三軸試験装置を用いた場合に、液状化後の変形係数が繰返しねじりせん断試験結果にどれだけ近い精度で求められるかについて、両方の試験装置を用いて比較検討した。

2. 実験方法および手順

試料には、2 地点における GL-2.50m~GL-3.30m までの粘土シルト層、GL-9.0m~GL-10.00m までのシルト混じり砂層、GL-9.0m~GL-11.00m までの砂質シルト層（いずれも沖積層）から採取した不攪乱試料と、盛土材、中国の黄土および豊浦砂ただし $D_r=50\%$ における再構成試料を用いた。

不攪乱試料では供試体は、トリミング法によって整形した。また、盛土材試料においては、 $D_c=90\%$ となるように突固めて作成した。繰返しねじりせん断試験においては外径 10cm、内径 6cm、高さ 10cm の中空円筒形に作製し、繰返し三軸試験では、直径 5cm、高さ 10cm の中実円筒形に作製した。そして、間隙水圧係数 B 値を 0.95 以上になるように飽和させた後、所定の有効拘束圧（不攪乱試料では原位置の有効土載圧、再構成試料では 100Kpa）で等方圧密した。その後、非排水状態で繰返しせん断力を加えた。繰返しねじりせん断試験は一定の応力比で両ひずみ $\gamma_{DA}=7.5\%$ 出るまで、繰返し三軸試験では、軸ひずみ両振幅が $DA=10\%$ 程度出るまで载荷を行った。そして、繰返し载荷終了後、非排水状態を保ったまま静的単調载荷を行った。

3. 実験結果

(1) 液状化強度比における比較

繰返し回数～応力比関係から繰返し回数が 20 回での応力比を求め、その応力比を液状化強度比 R_L とした。これより、表-1 に示すようにそれぞれの R_L を求め、両試験の結果を比較すると図-1 のようになった。この図をみると多少のばらつきがあるが比較的一致している。

(2) 液状化後の応力～ひずみ関係における比較

図-2 に砂質シルトに対する両試験での静的単調载荷時のひずみと応力、間隙水圧の関係例を示す。この図にみられるように両試験とも静的単調载荷直後は、非常に小さな応力でひずみがかかり大きく発生しており、ひずみが増加すると伴に強度が回復する傾向を示している。また、間隙水圧は強度の回復に伴って減少していくことがわかる。そして、両試験とも F_L が小さくなるにつれて強度の回復に必要なひずみが大きくなっていくことがわかる。

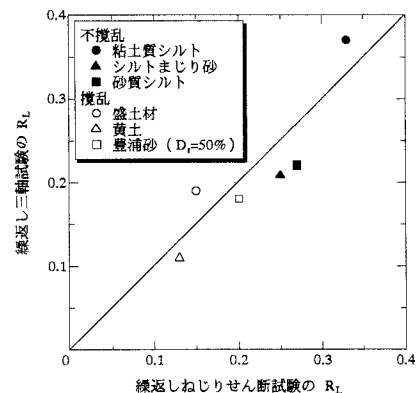


図-1 両試験での液状化強度比 R_L の比較

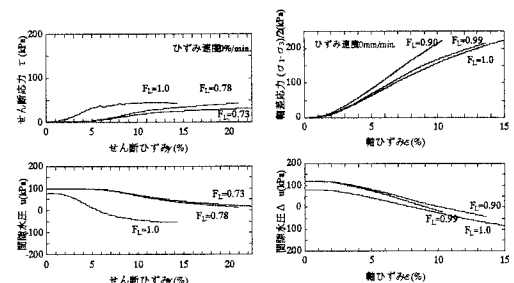


図-2 液状化後のひずみ～応力、間隙水圧の関係

キーワード：液状化、繰返しねじりせん断試験、繰返し三軸試験、変形係数

連絡先：〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂 TEL 0492-96-2911(2748) FAX 0492-96-6501

表-1 各試料におけるせん断剛性低下率ならびに液状化強度比の算出結果

沖積不攪乱 ($F_L=0.9$)														
粘土質シルト (G _L -2.50~3.30m)					シルト混じり砂 (G _L -9.00~10.00m)					砂質シルト (G _L -9.00~11.00m)				
ねじり	三軸	三軸/ねじり	ねじり	三軸	三軸/ねじり	ねじり	三軸	三軸/ねじり	ねじり	三軸	三軸/ねじり	ねじり	三軸	三軸/ねじり
R_L	G_1/G_N	R_L	G_1/G_N	G_1/G_1	R_L	G_1/G_N	R_L	G_1/G_N	G_1/G_1	R_L	G_1/G_N	R_L	G_1/G_N	G_1/G_1
0.33	1/28	0.37	1/67	0.432	0.25	1/313	0.208	1/333	0.9	0.27	1/303	0.22	1/476	0.63
攪乱 ($F_L=0.9$)														
盛土材					黄土					豊浦砂 ($D_r=50\%$)				
ねじり	三軸	三軸/ねじり	ねじり	三軸	三軸/ねじり	ねじり	三軸	三軸/ねじり	ねじり	三軸	三軸/ねじり	ねじり	三軸	三軸/ねじり
R_L	$G_1/G_{0.1}$	R_L	$G_1/G_{0.1}$	G_1/G_1	R_L	$G_1/G_{0.1}$	R_L	$G_1/G_{0.1}$	G_1/G_1	R_L	$G_1/G_{0.1}$	R_L	$G_1/G_{0.1}$	G_1/G_1
0.15	1/357	0.19	1/500	0.714	0.13	1/154	0.11	1/5000	0.0308	0.201	1/1428	0.201	1/3500	0.41

(3) 微小ひずみにおける精度の比較

両試験における液状化後の応力～ひずみ関係より抵抗変曲点までの割線勾配を求めた。繰返し三軸試験ではその割線勾配からヤング率 E_L を求め G_1 を算出した。一方、常時の G_N は N 値より推定した。また、再構成試料では静的単調载荷のみでおこなった応力～ひずみ関係のひずみが 10^{-3} 時の割線勾配から初期せん断剛性 $G_{0.1}$ を求めた。これらより、表-1 に示すようにそれぞれのせん断剛性低下率 G_1/G_N 、 $G_{0.1}$ 、 F_L と G_1/G_N 、 $G_{0.1}$ の関係を図-3 のようにプロットした。そして、 $F_L=0.9$ の時の G_1/G_N 、 $G_{0.1}$ を求め、両試験の結果を比較すると図-4 のようになった。この図をみると、繰返しねじりせん断試験の方が G_1/G_N 、 $G_{0.1}$ が大きく出ている。しかし、繰返し三軸試験が繰返しねじりせん断試験に近い値を示している点もある。このことから、試料の物性によって両試験での低下率が違うのではないかと考え、横軸に繰返し三軸試験より求めた液状化強度比 R_L 、縦軸に $F_L=0.9$ および 1.0 の時の両試験でのせん断剛性低下率の比をとりプロットした。その図を図-5 に示す。この図より R_L が小さい時は、繰返し三軸試験によるせん断剛性低下率は繰返しねじりせん断試験のそれより小さい値を示しているが、 R_L が大きくなるにつれて、繰返しねじりせん断試験の値に近づく傾向がみられた。

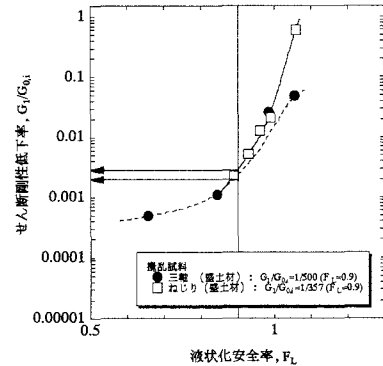


図-3 F_L と G_1/G_N 、 $G_{0.1}$ の関係

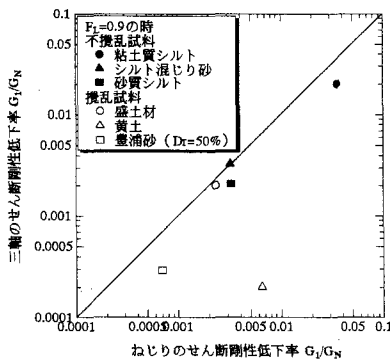


図-4 両試験での G_1/G_N 、 $G_{0.1}$ との比較

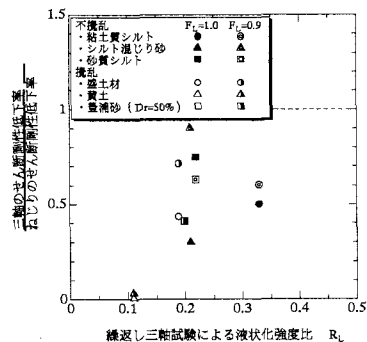


図-5 R_L と両試験の G_1/G_N 、 $G_{0.1}$ の比の関係

4. まとめ

いくつかの試料を用いて、繰返し三軸試験と繰返しねじりせん断試験における液状化によるせん断剛性低下率を比較検討した。その結果、液状化強度比 R_L が小さい場合には、両試験の精度の差が大きくなるが、 R_L が大きくなるにつれて、繰返しねじりせん断試験の精度に近づいて行くことがわかった。ただし、まだデータは少なく今後は、相対密度の違う攪乱試料や細粒分含有率の違う不攪乱試料を用いて試験を数多く行っていきたい。