

間隙水流入による体積膨張がまさ土の液状化強度の低下に及ぼす影響

日本大学工学部 学生会員 ○磯部 史明

日本大学工学部 正会員 仙頭 紀明

1. はじめに

近年、東日本大震災を含めた被害の大きい地震が発生しており、液状化現象が発生している。これらの地震では、継続時間が長いことや余震が続くことによって、砂層の過剰間隙水圧消散に伴う間隙水の移動が発生している。この移動により、飽和した砂層の上部では体積膨張を伴う軟化現象が懸念される。既往の研究¹⁾では、注入による体積膨張を伴う繰返しせん断試験で液状化強度を求めているが、対象は細粒分を含まないきれいな砂に限られている。そこで本研究では、細粒分を含むまさ土を対象として、体積膨張により液状化強度がどの程度低下するかを検討する。

具体的には、中空ねじりせん断試験装置と体積ひずみ制御装置を用いて実験を行い、非排水および注入による体積膨張を伴う繰返しせん断試験の結果を比較し、考察を行った。

2. 実験方法

実験には、中空ねじりせん断試験装置と体積ひずみ制御装置を用いた。中空ねじりせん断試験装置の概略図を図-1に示す。体積ひずみ制御装置はひずみ速度を制御するために使用し、モーターの回転運動をボールねじとナットによりピストンの直線運動に変換する構造である。試料にはまさ土を用いた。試料の物理特性は $\rho_s=2.605$ (g/cm³)、 $e_{max}=1.123$ 、 $e_{min}=0.587$ である。図-2に粒径加積曲線を示す。試料は9.5mmふるい通過分を用いた。実験ケースを表-1に示す。供試体は、外径7cm、内径3cm、高さ10cmの円筒状で、以下に示す水中落下法により作製し、相対密度は90%を目標とした。具体的には、まさ土に脱気水を加えてスラリー状にし、さらに脱気槽に入れて24時間以上脱気した。次にモールドに3cm程度脱気水を溜めて、スラリー試料を水中落下させた。その後、10kPaで予備圧密をし、脱気水を通水した後に、背圧を100kPa載荷させた。なお、B値は95%を目標にした。その後、有効拘束圧100kPaで等方圧密を行い、圧密終了後、繰返しせん断試験を行った。注入を伴った繰返しせん断試験はひずみ速度比を制御した。ここで、ひずみ速度比 β は以下の式で定義した。

$$\beta = d\varepsilon_v / d\gamma \quad (1)$$

ここで $d\varepsilon_v$ は体積ひずみ速度、 $d\gamma$ はせん断ひずみ速度である。繰返しせん断試験のせん断ひずみ速度は1%/minとし、初期せん断応力は0kPaとした。なお、繰返し載荷試験はせ

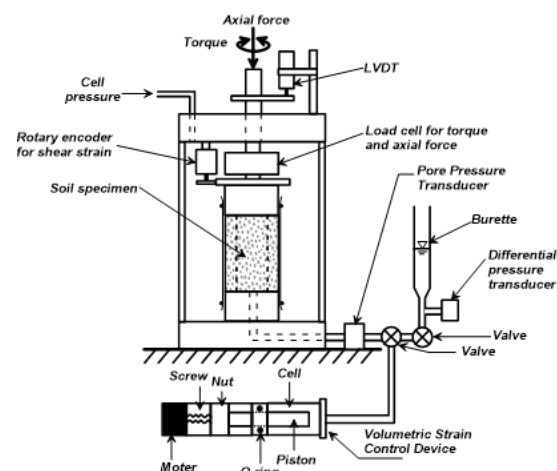


図-1 中空ねじりせん断試験装置

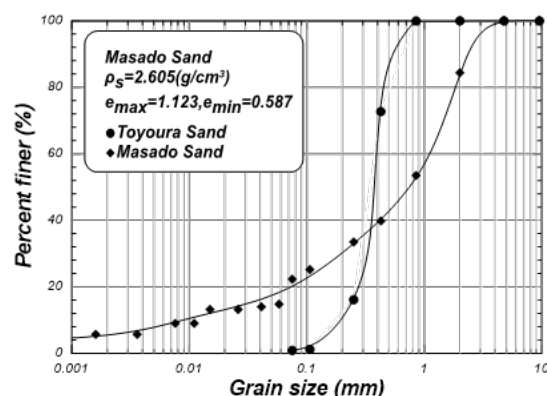


図-2 粒径加積曲線

表-1 実験ケース

	排水条件	相対密度 Dr(%)	応力比 τ / σ_{v0}'	$\beta = d\varepsilon_v / d\gamma$
1-1	非排水	97.9	0.18	0.0
1-2		101.7	0.25	
1-3		91.9	0.30	
2-1	注入(膨張)	97.4	0.15	-0.01
2-2		94.1	0.22	
2-3		97.9	0.30	
3-1		93.7	0.12	-0.05
3-2		97.0	0.16	
3-3		91.5	0.23	
4-1		97.8	0.08	-0.10
4-2		98.0	0.14	
4-3		98.6	0.21	

キーワード 液状化強度 繰返しせん断試験 間隙水

〒963-1165 福島県郡山市田村町徳定字中河原1番地, TEL 024-956-8710

ん断ひずみ両振幅が 8%に到達したら終了した。

3. 実験結果

図-3 に実験結果（応力 - ひずみ関係および有効応力経路）の一例（ $Dr=97.9\%$ 、 $\beta=0.00$ 、 $CSR=0.18$ と $Dr=97.0\%$ 、 $\beta=-0.05$ 、 $CSR=0.16$ ）を示す。注入試験は非排水試験よりも若干小さい応力比であるが、液状化($DA=8\%$)に達するまでの载荷回数が少ないことがわかる。すなわち、注入による体積膨張で液状化しやすくなったことがわかる。

図-4 はせん断ひずみ-体積ひずみ関係の一例である。ひずみ速度比-0.01 のケースでは、液状化にいたるまでに、約 0.5%の体積膨張が生じていることがわかる。図-5 に液状化強度曲線を示す。ここで、液状化の発生はせん断ひずみ両振幅($DA=5\%$)とした。非排水条件と比較すると、注入により液状化強度が低下していることがわかる。さらに、注入速度が大きく（ひずみ速度比が小さく）なるほど、液状化強度は小さくなる傾向がある。図-6 に K_{PD} とひずみ速度比の関係を示す。ここで、 K_{PD} は液状化強度補正係数であり、注入試験で求めた液状化強度 R_{L20} を非排水試験のそれと除した値である。ひずみ速度比が小さくなる（注入速度が大きくなる）ことで、 K_{PD} は 1 よりも小さくなり、液状化強度が低下することがわかる。今回の実験では注入により液状化強度は非排水のそれと比べて約 50%になることがわかった。また既往のきれいな砂の結果^りと比較すると、液状化強度の低下傾向は砂の種類によらず概ね整合する。

4. まとめ

まさ土の非排水および注入を伴う繰返しせん断試験を実施して以下のことがわかった。

- 1)注入を伴うことで非排水条件とくらべて少ない载荷回数で液状化し、液状化強度は低下することがわかった。
- 2)注入により液状化強度は非排水試験のそれと比べて 50%程度に低下し、きれいな砂の強度低下傾向と概ね整合する。

今後は、まさ土試料から細粒分を取り除いた粗粒土について試験を実施する予定である。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 15H02263 の助成を受けました記して謝意を示します。

参考文献

- 1)谷田貝航(2014):間隙の再配分による体積変化を伴う砂の繰返しせん断特性に関する研究 土木学会東北支部技術研究発表会(平成 25 年度), III-54.

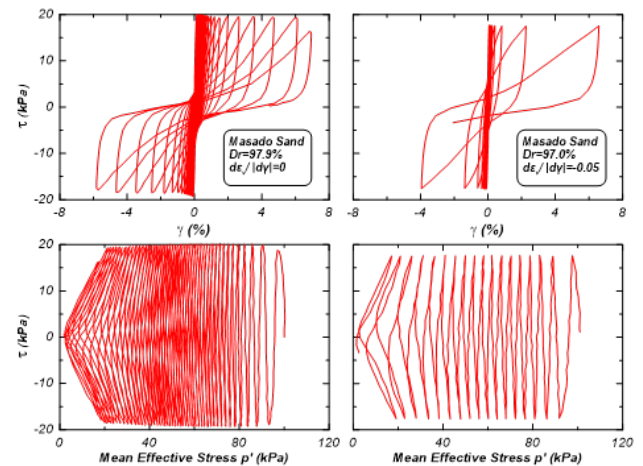


図-3 実験結果一例

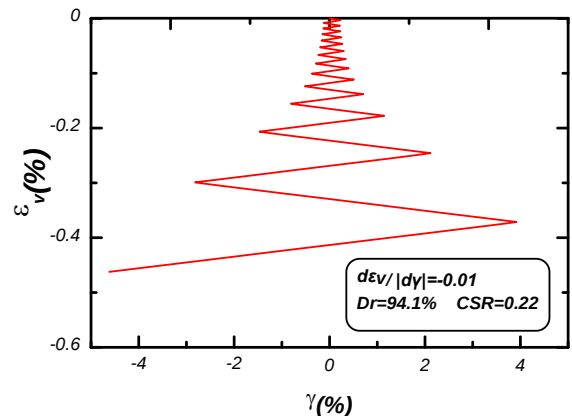


図-4 せん断ひずみ-体積ひずみ関係

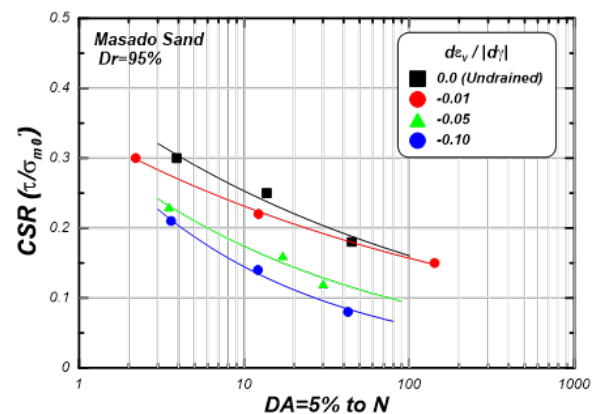


図-5 液状化強度曲線

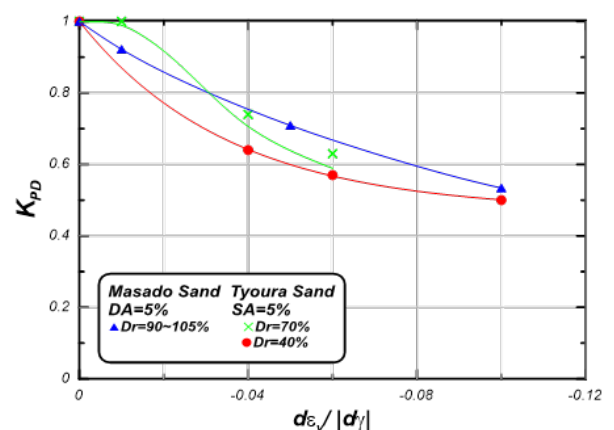


図-6 K_{PD} と $d\varepsilon_v/d\gamma$ の関係