

溶液型薬液改良砂の強震時における非排水繰返しせん断特性

日本大学工学部 学生会員 ○有本 拓麻
日本大学工学部 正会員 仙頭 紀明

1. はじめに

近年頻発する東日本大震災といった、これまでの想定を超える強い地震が起こっている。これにより土構造物の被害が数多く報告されている。また大きな入力地震を用いた設計では地盤改良砂であっても液状化が生じると判定される場合がある。一方で性能設計では液状化発生の有無のみならず変形性能（粘り強さ）の評価が重要となるが、地盤改良砂の強震時繰返しせん断特性について不明な点が多い。そこで本研究では、溶液型薬液で改良した改良砂を対象に中空ねじりせん断試験を用いて強震時を想定した、大きな繰返し応力振幅を与え、非排水繰返しせん断試験を行った。それにより過剰間隙水圧の上昇特性、せん断ひずみの増加の傾向を分析し非排水繰返しせん断特性を明らかにした。

2. 実験方法

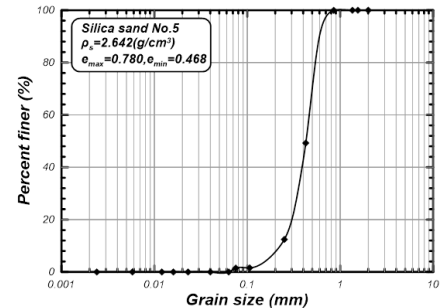
試験に用いた砂質土は硅砂 5 号である。粒径加積曲線は図－1 に示す。供試体は粒径の揃った細粒分を含まない砂である。供試体は以下の方法で作製した¹⁾。まず、所定のシリカ濃度の薬液を中空円筒状のモールドに入れた状態で、薬液中に乾燥砂を空中落下法により注ぎ入れ、その後振動を与え相対密度を 60% に調整した。養生期間は 14 日以上とした。薬液濃度は 6, 8, 11% とし 10 当りの配合を表－1 に示した。なお各シリカ濃度の一軸圧縮強さ(q_u)を表－2 に示した。実験ケースを表－3 に示す。ケースはシリカ濃度と応力を変化させた 12 ケースである。

実験には中空ねじりせん断試験装置を用いた。試験装置の概略図を図－2 に示す。供試体は外径 7 cm、内径 3 cm、高さ 10 cm である。改良砂供試体を設置する際には供試体端部と上下端面に石膏を塗布しキャップおよびペDESTAL を固定することで緩みの発生を軽減した。その後、供試体に二酸化炭素と脱気水を通し背圧 100 kPa を載荷して飽和させた。供試体の B 値は 95% 以上であった。供試体は有効拘束圧 100 kPa で等方圧密し、非排水条件で応力制御繰返しせん断した。繰返し載荷は片振幅 5% ($SA = 5\%$) に至るまで載荷した。相当数の回数を載荷しても所定の振幅にならない場合は 100 回程載荷し終了とした。

3. 実験結果

図－3 に実験結果の一例（応力ひずみ関係、有効応力経路）を示す。薬液濃度が大きくなるにつれて過剰間隙水圧の発生量が小さくなっている。またせん断ひずみ振幅も小さくなっている。

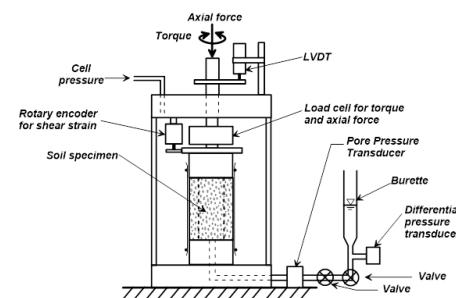
図－4 に最大せん断ひずみ(γ_{max}) と q_u の関係を示す。既往の実験結果²⁾も合わせて示す。



図－1 物理試験結果

表－1 薬液配合表

シリカ濃度	6%	8%	11%
総量(g)	1054.75	1085.75	1130.41
水ガラス(g)	92.40	168.00	266.00
硫酸(g)	7.30	24.90	39.01
クエン酸(g)	37.35	37.35	62.30
特殊シリカ(g)	120.50	120.50	150.60
水(g)	797.20	735.00	612.50



図－2 中空ねじりせん断試験装置

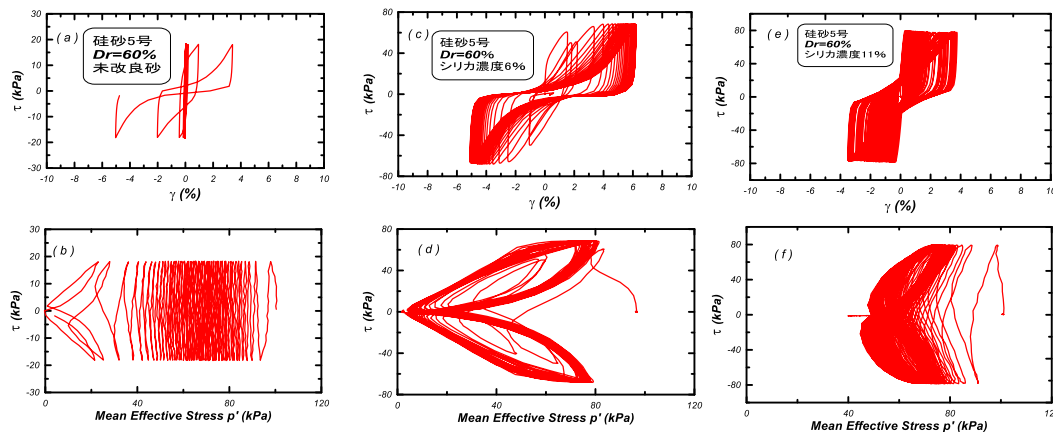
表－3 実験ケース 表－2 一軸圧縮試験結果

case	シリカ濃度 (%)	CSR
1	0	0.15
2		0.18
3		0.20
4		0.70
5	6	0.65
6		0.60
7		0.80
8		0.70
9	8	0.60
10		1.20
11		1.00
12		0.80

シリカ濃度 (%)	q_u (kN/m²)	平均 q_u (kN/m²)
6	72	85.6
	92	
	92	
8	163	164
	162	
	169	
11	263	274
	258	
	301	

キーワード 液状化 初期せん断応力 非排水繰返しせん断 中空ねじりせん断試験

〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原 1 番地 ,TEL024-956-8710



図－3 実験結果例

○で囲ったデータは供試体端部で局所的に破壊が生じ土砂化した。これらのケースを除けば q_u が、大きくなるにつれて、 γ_{max} が小さくなっている。

図－5 は最大過剰間隙水圧比(r_{umax})と q_u の関係を示す。 r_{umax} は q_u が大きくなるにつれて小さくなり q_u が $200(kN/m^2)$ をこえると 0.5 程度になる。

以上より薬液濃度が増加すれば r_{umax} および r_{umax0} が、小さい値に抑えられ、粘り強い変形特性を示すことがわかった

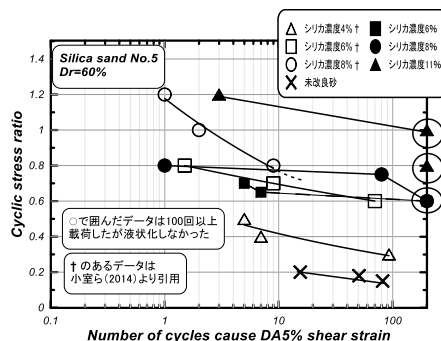
図－6 に両振幅せん断ひずみ (DA) 5 %で判定した液状化強度曲線を示す。図中の○で囲ったデータは DA が 5 %に達しなかったケースで未改良砂に比べると改良砂はシリカ濃度が増加すると液状化強度をも増加している。図－7 は繰返し回数20回の時の液状化強度(R_{L20}) と q_u の関係を示す。 q_u が高くなると液状化強度も増加し、 q_u が $200(kN/m^2)$ を超えると R_{L20} は 1 を超えることがわかった。

4. まとめ

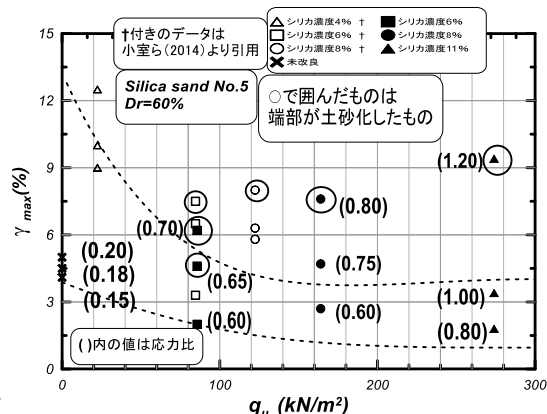
薬液改良砂について大きな振幅の非排水繰返しせん断試験を行った結果、薬液濃度が高くなるにつれ、液状化強度が増加した。さらに q_u が $120(kN/m^2)$ を超えてから r_{umax} と、 γ_{max} が抑えられることにより粘り強い変形特性を示すことがわかった。

5. 参考文献

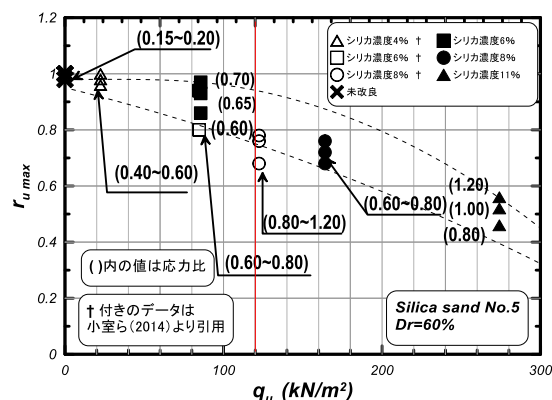
- 1)財団法人 沿岸技術センター (2010)：浸透固化処理工法技術マニュアル (2010 年版), P56~59
- 2)小室省吾, 仙頭紀明 (2014)：地盤改良した砂質土の強震時における繰返しせん断特性に関する研究 土木学会東北支部技術研究発表会 (平成25年度)



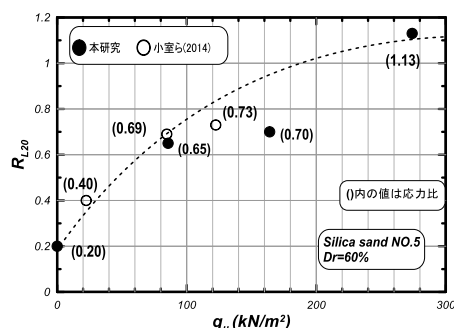
図－6 液状化強度曲線



図－4 最大せん断ひずみと q_u の関係



図－5 過剰間隙水圧と q_u の関係



図－7 液状化強度の増加