

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

日本大学工学部 学生会員 ○小室 省悟
日本大学工学部 正会員 仙頭 紀明

1. はじめに

近年頻発する岩手・宮城内陸地震や東日本大地震といった、これまでの想定を超える非常に強い地震により、土木施設の液状化被害が数多く報告されている。そのため、地盤改良された土構造物を設計することが多くなってきた。一方で、このように高い繰返しせん断応力を作用させる室内実験は、実務で用いる三軸試験では繰返し機構上载荷が難しく、ほとんど実施されていない。そのため、強度変形特性を示す試験結果は少ないのが現状である。本研究では、浸透固化工法で改良した砂質土を対象にして、中空ねじり試験装置を用いて非排水繰返しせん断試験を行い、高い繰返しせん断応力比が作用する改良砂の繰返しせん断強度を明らかにする。さらに、求めた強度と一軸圧縮強度の関係、供試体の破壊モードの関係について考察する。

2. 実験方法

試験に用いた砂質土は硅砂 5 号である。物理試験結果を図-1 に示す。硅砂 5 号は粒径の揃った細粒分を含まない砂である。供試体はシリカ濃度 8%、6%、4%の薬液をモールドに入れた状態で、乾燥砂を水中落下させて作製した¹⁾(以降浸透固化試料と称す)。試料の相対密度は振動を加えて 60%に調整した。養生期間 28 日以上とした。1000cm³ 当りの薬液配合を表-1 に示す。薬液の作製方法については文献¹⁾を参照されたい。実験には中空ねじり試験装置を用いた。試験装置の概略図を図-2 に示す。供試体は外径 7cm、内径 3cm、高さ 10cm の中空円筒上である。設置の際に供試体上下端面とキャップ、ペDESTALとのゆるみをなくすため、端部を石膏で固定した。その後、供試体に二酸化炭素と脱気水を通し、背圧 100kPa を载荷して飽和させた。供試体の B 値は 0.95 以上であった。供試体は有効拘束圧 100kPa で等方圧密し、圧密終了後、非排水条件にて応力制御繰返しせん断した。载荷周波数は 0.1Hz とした。なお、繰返し载荷は両振幅せん断ひずみ 10%(DA=10%) に至るまで継続した。一方、ひずみの蓄積が起こらない供試体については途中で载荷を打ち切った。非排水繰返しせん断が終了した後、再圧密した。実験ケースを表-2 に示す。ケースはシリカ濃度、応力比を変化させた 9 ケースである。ケース 1 はシリカ濃度 8%、ケース 2 はシリカ濃度 6%、ケース 3 はシリカ濃度 4%である。また、直径 5 cm、高さ 10 cm の供試体を作製し、一軸圧縮強度を求めた。各シリカ濃度における一軸圧縮試験結果を表-3 に示す。

3. 実験結果

図-3 に応力-ひずみ関係および有効応力経路の一例として、ケース

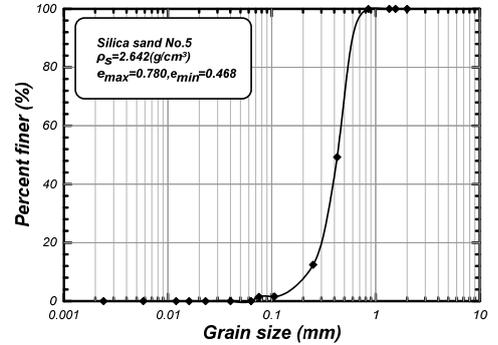


図 - 1 物理試験結果

表 - 1 薬液配合表

	重量(g)		
	シリカ濃度4%	シリカ濃度6%	シリカ濃度8%
水ガラス	56.0	92.4	168
硫酸	6.72	7.3	26.22
クエン酸	14.32	37.35	37.36
特殊シリカ	84.35	120.5	120.5
水	875.0	797.2	734.2

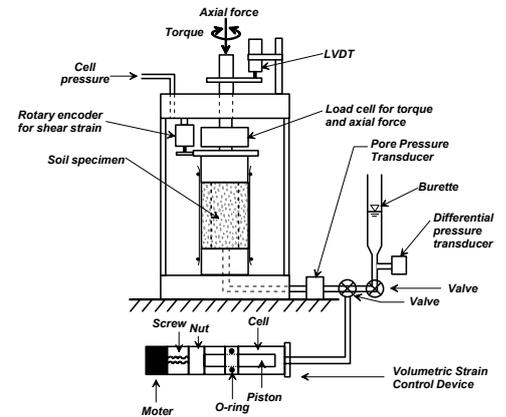


図 - 2 中空ねじりせん断試験装置

表 - 2 実験ケース

ケース	シリカ濃度 %	応力比 τ / σ_{vo}'
1-1	8%	1.2
1-2		1
1-3		0.8
2-1	6%	0.8
2-2		0.7
2-3		0.6
3-1	4%	0.5
3-2		0.4
3-3		0.3

キーワード 中空ねじりせん断試験、液状化強度

連絡先 〒963-1165 福島県郡山市田村町徳定字中河原 1 番地 TEL 024-956-8710 FAX 024-956-8858

2-2 の実験結果を示す。応力-ひずみ関係を見ると、せん断応力の増加に伴い、剛性低下している。有効応力経路においては、有効応力が 9 割程度減少するものの、サイクリックモビリティ現象が現れて粘り強い挙動を示している。この現象は、全てのケースで確認された。図-4 に DA=5%で判定した液状化強度曲線を示す。繰返し载荷回数 N が 15 回のときのシリカ濃度 8%、6%、4%の液状化強度は約 0.74、0.67、0.38 であった。このことから、シリカ濃度が高くなるほど液状化強度が高くなることわがわかる。また、表-3 の一軸圧縮試験結果からシリカ濃度が高いほど一軸圧縮強度が高くなることも示されている。図-5 に各供試体の破壊形態を示す。いずれの供試体もほぼ一様なせん断変形をしていたが、ケース 1-1、2-1 では、上端部から約 5mm の区間が大きく変形した。実験終了後、試験装置から取り出した供試体の状況を写真-1 に示す。ケース 1-1、2-1 以外の供試体は、上端面のごく近傍のみ繰返し载荷によって乱れて土砂化したものの、それより下の部分は塊状を保っていた。ケース 1-1、2-1 では、前例のように上端面付近が繰返し载荷によって乱されて、塊状から土砂化していた。また、試験終了後に供試体を取り出す際にブロック状に破壊しやすくなっていた。ただし、端部を除くそれ以外の箇所はいずれも塊状を保ち、液状化していなかった。

4. まとめ

浸透固化試料に大きい振幅の非排水繰返しせん断を行った結果、液状化強度はシリカ濃度 8%、6%、4%でそれぞれ 0.74、0.67、0.38 となり、シリカ濃度が高くなるほど液状化強度が高くなることわが分かった。また、繰返しせん断中および試験終了後に取り出した供試体の観察から、上端面付近が繰返し载荷により乱され土砂化する傾向を示した。しかし、一様で大きなせん断変形を受けても、端面付近を除けば供試体は塊状を保ち液状化していないことが分かった。

謝辞

本研究は DEPP 工法研究会の助成を受けたものです。記して謝意を示します。

参考文献

- 1) 沿岸技術研究センター(2010):浸透固化処理工法技術マニュアル,pp.56-63

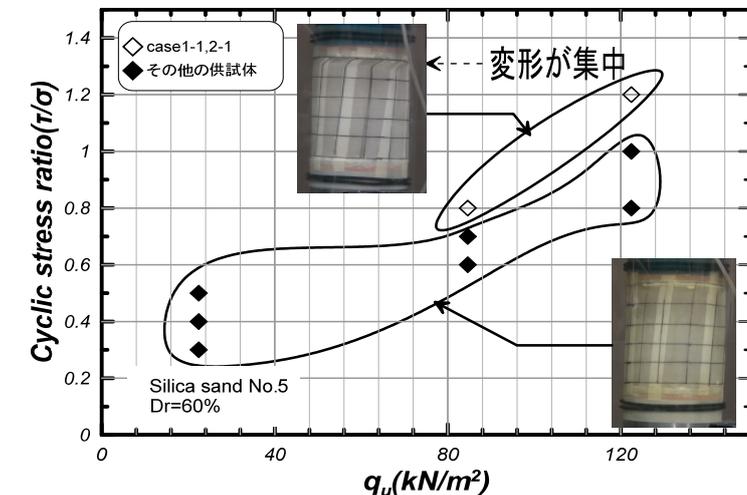


図 - 5 破壊形態

表 - 3 一軸圧縮試験結果

シリカ濃度 %	一軸圧縮強度 kN/m ²	平均値 (kN/m ²)
8%	116.6	122.4
	124.8	
	125.7	
6%	63.2	84.6
	104.2	
	86.3	
4%	19.9	22.4
	24.9	
	22.5	

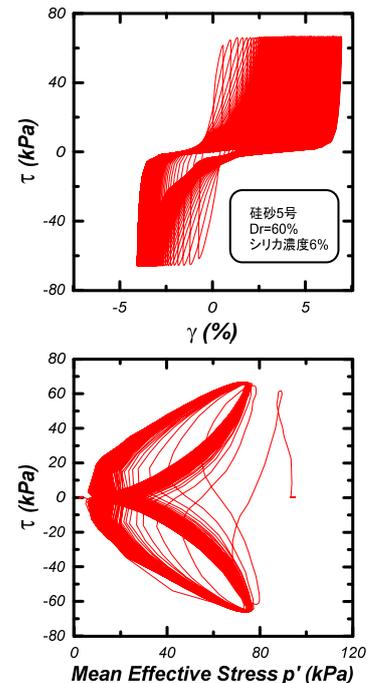


図 - 3 実験結果一例

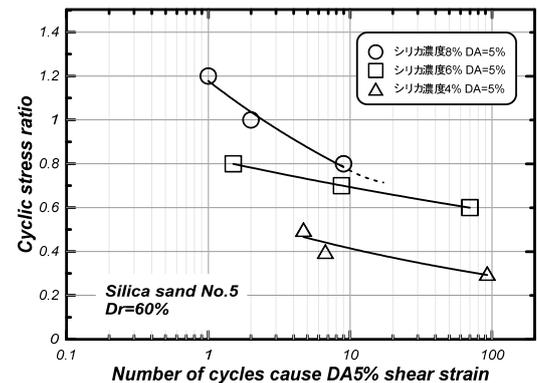


図 - 4 液状化強度曲線



写真 - 1 試験後の供試体 (左:ケース 2 - 1、右:ケース 1 - 2)