

粒度特性が異なる砂質土を対象とした浸透固化改良土の液状化強度特性

日本大学工学部 学生会員 ○斎藤 源輝

五洋建設株式会社 技術研究所 正会員 秋本 哲平 林 健太郎

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などといった、強い地震により液状化の被害が報告されている。その対策として浸透固化処理工法は多くの施工現場に適用されているが、適用箇所における粒度特性、具体的には、均等係数の相違により得られる改良効果に違いがあるということが指摘されている¹⁾。

本研究では、均等係数（ U_c ）の異なる試料を対象に中空ねじりせん断試験装置と三軸試験装置を用いて液状化試験を行い、均等係数の相違が液状化強度特性に与える影響について検討した。

2.実験方法

試験には、均等係数が異なる6種類の砂質土を用いた。粒径加積曲線を図-1に示す。ここでは均等係数の大きいまさ土を中心に説明する。試料は9.5mmふるい通過分を用いた。表-1には、それぞれの試料の物理特性を示す。硅砂5号は水中落下法、それ以外は締固めにより相対密度を調整した。まさ土の中空円筒状供試体は以下の方法で作製した。高さ14cm、外径7cm、内径3cmの中空円筒状のモールドに3層に分け、1層あたり500gの錘を30回試料土に載荷した。供試体の相対密度は80%とした。まさ土以外ものは、相対密度60%とした。その後、供試体に約40分かけて蒸留水を通水し、さらに、シリカ濃度6%の薬液に約30分かけて置換した。養生期間は14日以上とした。薬液10あたりの配合表を表-2に示す。なお、硅砂5号については薬液を入れたモールドに乾燥砂を投入する水中落下法により作製した。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。供試体に二酸化炭素と脱気水を通し背圧100kPa載荷して飽和させた。供試体のB値は95%以上を目標としたが、注入により作製したまさ土供試体は80%程度となった。供試体は有効拘束圧100kPaで等方圧密し、応力制御にて繰返しせん断した。繰返し載荷は両振幅5%に至るまで載荷した。

3.実験結果

図-3 に液状化試験結果の一例を示す。図中に示した D_{rc} は圧密後の相対密度である。相対密度 80%で作製したが圧密により相対密度が高くなった。応力-ひずみ関係を見ると改良砂は大きいせん断応力を作用させているにもかかわらず、せん断ひずみ振幅が小さくなっている。このことから未改良砂の脆性的挙動に対し、改良砂は靱性的挙動を示すことがわかる。有効応力経路を比較すると改良砂は応力点がゼロ点に達することなく、液状化が抑制されていることがわかる。図-4 にまさ土と硅砂 5 号の液状化強度曲線を示す。 U_c の大きいまさ土も硅砂 5 号同様、改良による液状化強度の増加が確認できたが、まさ土の増

キーワード 均等係数, 液状化強度, 一軸圧縮強度

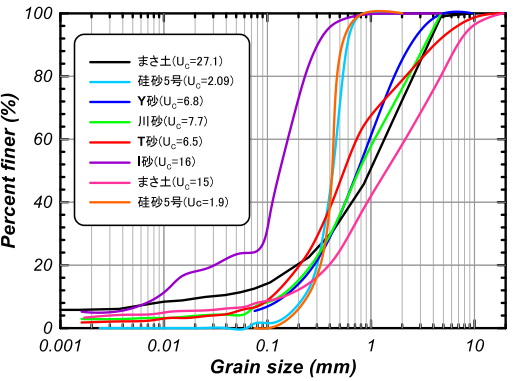


図-1 粒径加積曲線

表-1 物理特性

	ρ_s (g/cm ³)	U_c	e_{min}	e_{max}
まさ土	2.642	27.1	0.656	1.074
	2.635	15	0.670	1.005
硅砂5号	2.642	2.09	0.468	0.780
	2.645	1.90	0.474	0.799
I砂	2.685	16	0.971	1.547
Y砂	2.696	6.8	0.541	0.934
T砂	2.706	6.5	0.704	1.132
川砂	2.704	7.7	0.562	0.925

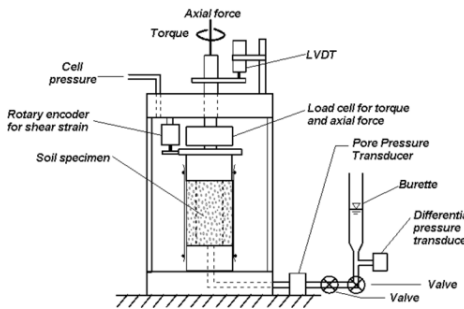


図-2 中空ねじりせん断試験装置概略図

表-2 薬液配合表

シリカ濃度(%)	6
総量(g)	1054.75
水ガラス(g)	92.40
硫酸(g)	7.30
クエン酸(g)	37.35
特殊シリカ(g)	120.50
水(g)	797.20

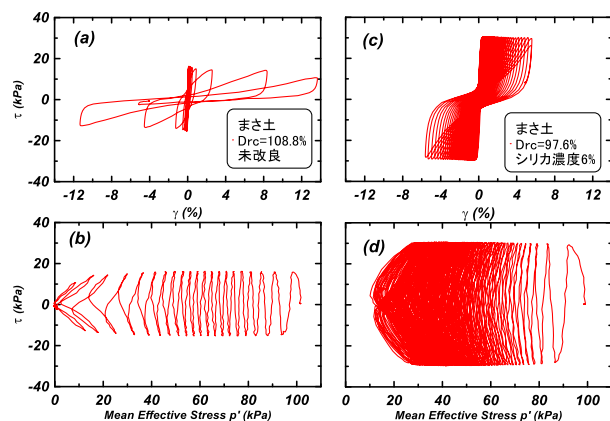


図-3 実験結果の例

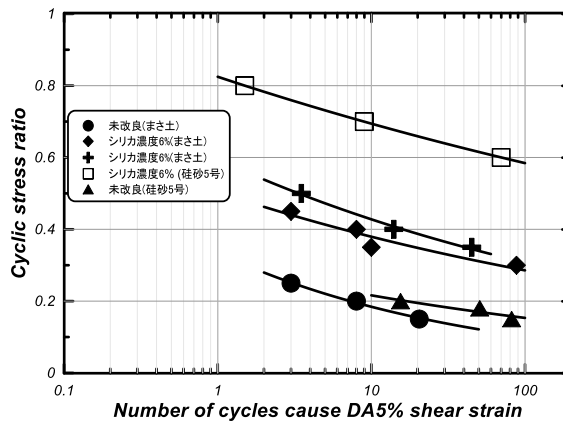


図-4 液状化強度曲線

加傾向は小さくなることがわかった。既往の実験結果及び繰返し三軸試験の結果を含めて一軸圧縮強さと液状化強度を表-3 にまとめて示す^{2), 3)}。この表をもとにして作成した繰返し回数 20 回の時の液状化強度(R_{L20}) と一軸圧縮強さ(q_u) の関係を図-5 に示す。図上に記した実線はデータをフィッティングして求めた回帰曲線である。①はまさ土、②は珪砂 5 号、③はすべてのデータをもとに作成した回帰曲線である。この図よりどの砂質土でも q_u が上昇するにつれて R_{L20} も上昇していることがわかる。詳しく見ると、 U_c が 1.9~7.7 のものは、シリカ濃度 4% のものを除けば概ね q_u が 50kN/m²、 R_{L20} は 0.4 以上にある。 U_c が 15 以上では q_u が 50 kN/m² 以下で R_{L20} は 0.4 前後と比較的小さい。なお R_{L20} は未改良砂の約 2 倍になっていることがわかる。この結果の違いは、 U_c が大きい砂質土は細粒分が多い部分に薬液が浸透しにくかったことが影響していると考えられる。T 砂と Y 砂を見ると、 U_c はほぼ同じで q_u や R_{L20} が異なるが、このメカニズムは不明である。ただし全体的傾向は概ね、 U_c の相違によらず R_{L20} - q_u 関係は概ね一つの回帰曲線で表すことができるため、種々の粒度特性の砂質土の一軸圧縮強さより液状化強度を推定できることが示唆される。

4. まとめ

今回の実験結果より砂質土は U_c の相違によらず、 q_u の増加に伴い R_{L20} も増加する傾向にあることから、 R_{L20} - q_u の関係から液状化強度を評価することが可能と考えられる。

参考文献

1)林健太郎,松下弘志,渡辺康志(2011):均等係数の相違による薬液の浸透固化特性について,第 46 回地盤工学研究発表会(2011 年 7 月),NO.409,pp823-824.2)有本拓麻,仙頭紀明(2015):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.土木学会東北支部技術研究発表会(平成 26 年度),III-10.3)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),III-12.

表-3 一軸圧縮強度と液状化強度

q_u (kN/m ²)	R_{L20}	試料	濃度(%)	備考
0	0.16	まさ土($U_c=27.1$)	未改良	本研究(中空)
17.2	0.39		6	
18.6	0.33			
48.0	0.43	まさ土($U_c=15$)	7	本研究(三軸)
0	0.20	珪砂5号($U_c=2.09$)	未改良	有本(2015)
22.4	0.40		4	
84.6	0.69		6	
85.6	0.65			小室(2014)
164.0	0.70		8	
122.4	0.73		11	
274.0	1.13			
141.0	0.82	珪砂5号($U_c=1.9$)	7	本研究(三軸)
101	0.70	川砂($U_c=7.7$)		
79	0.57	T砂($U_c=6.5$)		
107	0.70	Y砂($U_c=6.8$)		
37	0.45	I砂($U_c=16$)		

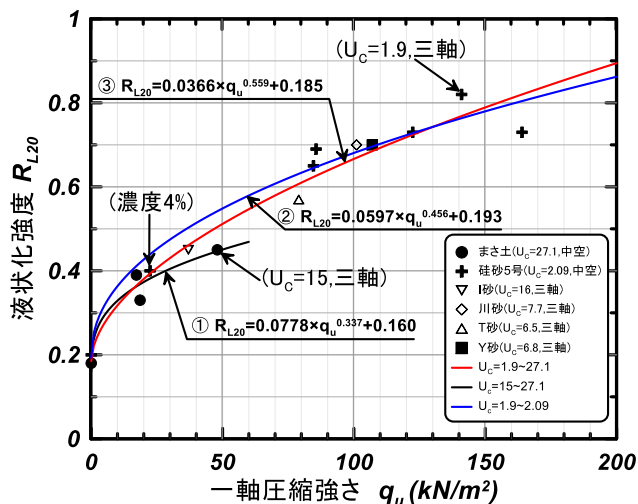


図-5 一軸圧縮強度と液状化強度