

粒度分布の異なる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 ○菅原 俊樹
日本大学工学部 正会員 仙頭 紀明

1. はじめに

我が国は世界有数の地震国であり、地震による液状化被害が多く報告されている。その対策として浸透固化処理工法は多くの施工現場で適用されている。しかし適用する地盤の粒度分布により改良強度が異なることが指摘されている¹⁾。既往の研究では、均等係数が大きい砂質土は間隙の大きさが不均一であるため薬液が希釈され強度が低下するとの仮説が示されている。しかし均等係数が大きい土は、細粒分を多く含み、相対密度(D_r)が同等でも間隙比が大きいため、緩いことが低い強度を示す要因であることも否定できない。さらに均等係数が大きい砂質土に室内試験で薬液を注入する際、上載圧をかけないで注入すると浸透破壊が生じて、強度を過小に評価していることが報告されている²⁾。

そこで本研究では均等係数が異なる砂質土を用いて薬液注入法により供試体を作製した。その際、浸透破壊を発生させないように上載圧をかけて注入した。そして改良供試体について一軸圧縮試験と中空ねじりせん断試験を行い、一軸圧縮強さ(q_u)と液状化強度(R_{L20})の関係を調べた。加えて、間隙比、 D_r と q_u の関係を調べて、強度に及ぼす影響を考察した。

2. 実験方法

試験には均等係数の異なる砂質土(硅砂5号、まさ土)を用いた。試料の粒度加積曲線を図-1に、物理特性を表-1に示した。実験ケースを表-2に示す。ケース1~3は薬液注入により供試体を作製する際、荷重を載せる期間を3日、7日、14日とした。なお各ケース2本ずつ供試体を作製した。供試体は乾燥砂を3層に分けて所定の密度になるよう振動を与えて作製した。目標相対密度も表に示した。その後、供試体下部より脱気水を流し入れ、さらに同量の薬液を注入した。薬液注入方法を図-2に示す。通水は水頭差で、注入は圧力(約10kPa)をかけて行った。薬液はシリカ濃度6%とし、1ℓ当たりの配合を表-3に示した。養生期間は14日間以上とした。

液状化試験には中空ねじりせん断試験装置を用いた。試験では供試体に二酸化炭素と脱気水を通し背圧100kPa 载荷して飽和させた。供試体のB値は95%を目標にしたが80%前後となった。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。なお繰返しせん断は両振幅8%に達すると終了した。

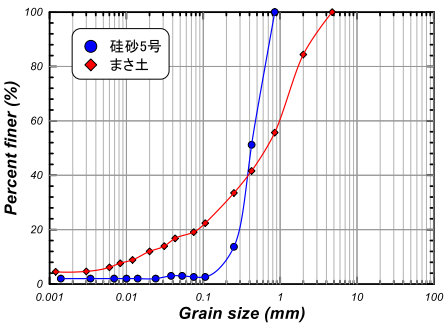


図-1 粒径加積曲線

表-1 物理特性

	$\rho_s(g/cm^3)$	U_c	e_{min}	e_{max}
硅砂5号	2.630	2.30	0.464	0.785
まさ土	2.653	59.4	0.665	1.201

表-2 実験ケース

ケース	試料	目標相対密度	荷重	一軸圧縮試験	中空ねじりせん断試験
1	硅砂5号	60	3日	○	-
2			7日	○	-
3			14日	○	-
4	硅砂5号	50	3日	○	-
5		70		○	○
6	まさ土	60		○	○

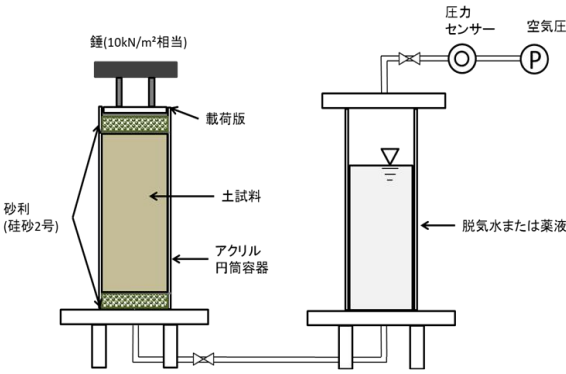


図-2 薬液注入方法

表-3 薬液配合表

シリカ濃度 (%)	6
総量 (g)	1058.8
水 (g)	797.2
特殊シリカ (g)	120.5
水ガラス(g)	92.4
クエン酸 (g)	37.4
硫酸 (g)	11.4

キーワード 液状化, 浸透固化処理工法, 間隙比, 一軸圧縮強さ

連絡先 〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原1番地 日本大学工学部土木工学科 TEL024-956-8710

3. 実験結果

図-3に載荷日数と一軸圧縮強さの関係を示す。一軸圧縮強さは3日以上であれば載荷日数の影響は見られずほぼ等しくなった。これより以降の供試体は荷重を3日で除荷し作製した。なお、この結果を既存のデータと比べてみる。珪砂5号は $q_u=78.2(\text{kN/m}^2)$ であり、既往の結果 $q_u=76.4(\text{kN/m}^2)$ ¹⁾とほぼ等しくなった。一方、ケース6のまさ土は $q_u=38.7(\text{kN/m}^2)$ となり、 $q_u=18.6(\text{kN/m}^2)$ ²⁾と比べ2倍近い値が得られ浸透破壊を防いだ効果が裏付けられた。図-4に q_u と D_r の関係を示した。まさ土に着目すると D_r が珪砂5号と等しい値でも q_u が大幅に低い値を示している。図-5に q_u と間隙比の関係を示す。まさ土は間隙比が高く q_u は低い値を示している。しかし珪砂5号と並べてみると q_u と間隙比に相関が見られた。なお、まさ土は細粒分が多く D_r の適用範囲外($F_c=19.1>5\%$)であり、強度を評価するための密度指標として相対密度は適切でないと考えられる。図-6に液状化強度曲線を示す。同図には今回行った改良砂と、既往の研究から得た未改良砂のデータ^{1),2)}を用いた。図より均等係数の大小にかかわらず改良による強度の増加を確認できた。さらに曲線の傾きに注目してみると珪砂5号に比べまさ土は勾配が急であり、さらにこの傾きは改良後も概ね保たれていることがわかる。これはまさ土の骨格構造の影響が改良後も影響として残っているためだと考えられる。 q_u と繰返し回数20回の時の R_{L20} を既往のデータと合わせて表-4に示す^{1),2)}。この表をもとにして作成した q_u と R_{L20} の関係を図-7に示す。この図よりまさ土より珪砂5号のほうが R_{L20} と q_u 共に高い値をとることがわかる。さらに土の違いによらず q_u が上昇するにつれて R_{L20} も上昇する傾向がみてとれる。また、図-5より q_u と間隙比に相関が見られたことからシリカ濃度が等しければ間隙比の大きさが液状化強度に与える影響が大きいことがわかった。

4. まとめ

まさ土と珪砂5号を対象に注入時の浸透破壊を防ぐように改良した方法で供試体を作製し強度を評価して以下のことがわかった。1)まさ土は浸透破壊の影響を取り除くことで強度の増加を確認できた。2)粒度分布の違いによらず一軸圧縮強さと間隙比には相関関係が見られた。3)未改良土の液状化強度曲線の傾きは、まさ土が大きく改良後もその傾きを概ね保っていた。4)液状化強度は一軸圧縮強さ及び間隙比と相関があることが分かった。

参考文献

- 1) 稲田慎太郎, 林健太郎, 秋本哲平, 仙頭紀明(2017):薬液の希釈が浸透固化改良土の液状化強度に及ぼす影響,土木学会東北支部技術研究発表会(平成28年度),III-60.
- 2) 斎藤源輝, 林健太郎, 秋本哲平, 仙頭紀明(2016):均等係数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,土木学会東北支部技術研究発表会(平成28年度),III-41.

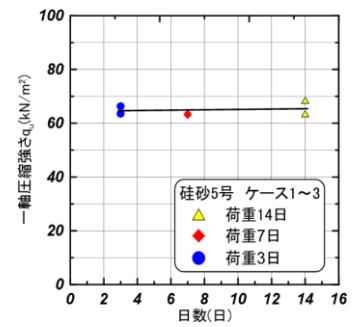


図-3 一軸圧縮強さと上載荷重載荷日数の関係

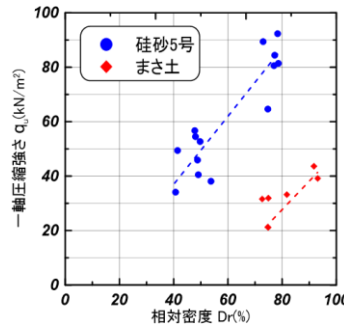


図-4 一軸圧縮強さと相対密度の関係

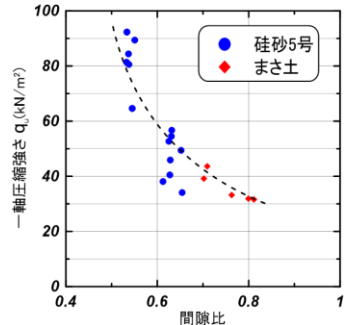


図-5 一軸圧縮強さと間隙比の関係

表-4 一軸圧縮強さと液状化強度

q_u (kN/m^2)	R_{L20}	シリカ濃度 (%)	試料	備考
78.2	0.46	6(注入)	珪砂5号	本研究
0	0.23	未改良		
99.0	0.46	6(砂投入)		稲田(2017)
76.4	0.45	6(注入)	まさ土	本研究
38.7	0.36	6(注入)		
0	0.18			
18.6	0.33			斎藤(2016)
17.2	0.39			
48.0	0.45			

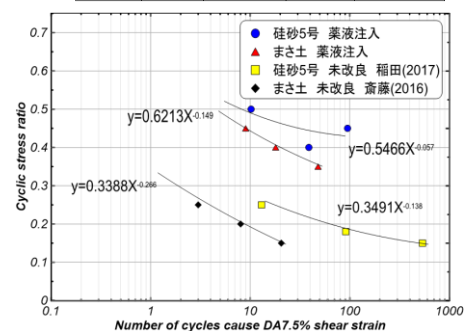


図-6 液状化強度曲線

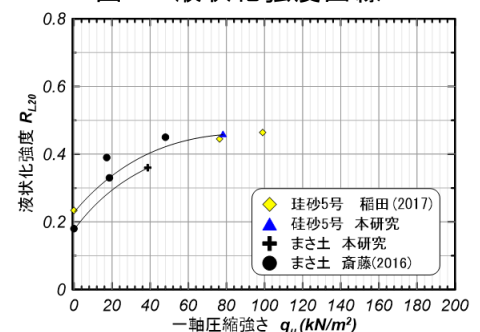


図-7 一軸圧縮強さと液状化強度