

シリカ含有量に着目した薬液注入工法による液状化対策効果の確認方法に関する検討

中部電力（株） 正会員 ○山根 和人
 中部電力（株） 非会員 遠藤 大輔
 中部電力（株） 正会員 和仁 雅明

1. はじめに

薬液注入工法による改良地盤では、液状化の原因となる間隙水がゼリー状の固結体と置き換わるため、適切に施工されればいわゆる液状化現象は発生しないと考えられ、事後調査による品質管理としては、不攪乱試料の採取による一軸圧縮強さの確認が基本となる¹⁾。一方で、発電所施設などの重要構造物の地盤を改良する場合には、事後調査として液状化強度そのものの確認が望まれる場面も想定される。この場合、不攪乱試料による繰返し非排水三軸試験の実施が基本となるが、高品質な不攪乱試料の採取が困難な場合や、試料の乱れの影響が懸念される場合も多く実務的とは言い難い。そのため、比較的確認が容易なシリカ含有量*に基づく評価の有効性も示されているが¹⁾、シリカ含有量と液状化強度の関係に着目した研究事例は、一軸圧縮強さとの関係に着目した研究事例²⁾³⁾に比べて多くない。

そこで、本検討では、薬液注入工法による改良地盤を対象として、シリカ含有量に基づく液状化対策効果の確認方法に関する知見の取得を目的とし、再構成供試体を用いた各種試験により、改良土のシリカ含有量と液状化強度の関係を把握した。また、シリカ含有量が、繰返し非排水せん断時の応力経路や応力～ひずみ関係に与える影響についても確認した。

※薬液注入工法における固化成分はシリカ(SiO_2)を主体としており、土中のシリカが増加するほど改良強度が大きくなることが知られている¹⁾。本検討では、改良前後のシリカ増加量を「シリカ含有量」と呼ぶ。

2. 検討概要

薬液注入工法による改良土を模擬した再構成供試体を作製し、各種試験を実施した。

供試体の作製は「薬液注入による安定処理土の供試体作製方法（JGS0831-2009）」のうちサンドゲル供試体の作製方法に準じた。供試体の土質材料として用いた砂の物理特性を表1に、粒径加積曲線を図1に示す。土質材料に混合する薬液は特殊水ガラスおよび特殊シリカを主成分とするエコシリカを使用した。

本検討ではシリカ含有量の違いによる影響を確認するため、土質材料に混合する薬液のシリカ濃度を5%、6%、7%の3水準としてシリカ含有量の異なる供試体を作製し、それぞれの供試体群ごとにA群、B群、C群とした。なお、供試体の相対密度 D_r は一定になるよう配慮し、密度調整の容易さを踏まえ、本検討では $D_r=100\%$ を目標とした。

以上のとおり作製したシリカ含有量の異なる再構成供試体を用いて、土の一軸圧縮試験、土の繰返し非排水三軸試験を実施し、試験後の各供試体のシリカ含有量をICP発光分光分析法により測定した。

表1 土質材料の物理特性

土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	2.678
50%粒径 D_{50} (mm)	0.26
均等係数 U_c	1.90
最小乾燥密度 ρ_{dmin} (g/cm ³)	1.430
最大乾燥密度 ρ_{dmax} (g/cm ³)	1.727

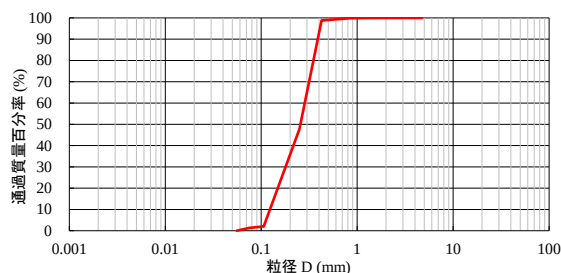


図1 土質材料の粒径加積曲線

キーワード 液状化，薬液注入工法，シリカ含有量

連絡先 〒461-8680 愛知県名古屋市中区東新町1番地 中部電力（株） TEL 052-973-2253

3. 検討結果

図2にシリカ含有量と一軸圧縮強さの関係を、図3にシリカ含有量と液状化強度 ($R_L20, DA5\%$) の関係を示す。各点のシリカ含有量は、各供試体群の全ての供試体の平均値とした。

図2は、供試体ごとの一軸圧縮試験結果をプロットしたものである。一軸圧縮強さはシリカ含有量の増加に伴い大きくなり、両者は比例関係にある。既往の知見¹⁾のとおり、シリカ含有量から一軸圧縮強さが推定できることを確認した。

図3は、供試体群ごとに4つの供試体の繰返し非排水三軸試験結果から液状化強度曲線を描き、繰返し回数20回における応力比をプロットしたものである。液状化強度がシリカ含有量の増加に伴い大きくなる傾向が認められる。

表2に、各供試体群の繰返し非排水三軸試験のうち、ほぼ同じ繰返し応力比で実施した試験の、軸ひずみの両振幅 $DA=5\%$ における繰返し回数 N の比較を示す。シリカ含有量が増加するほど繰返し回数が大きく、ひずみの増加が抑えられる傾向が確認できる。

図4に、表2のうちA群供試体およびC群供試体を用いた繰返し非排水三軸試験時の応力経路および応力～ひずみ関係を示す。いずれも繰返し载荷に伴い有効応力が回復し、ひずみが急激に増加しない傾向が見られ、密な砂の特徴が表れている。この傾向は、B群供試体についても同様であった。試験時の応力経路および応力～ひずみ関係については、今回の試験ではシリカ含有量による目立った差は認められなかった。

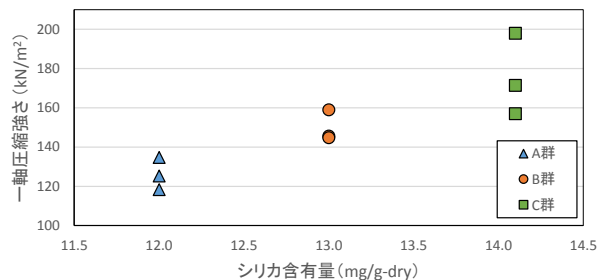


図2 シリカ含有量と一軸圧縮強さ

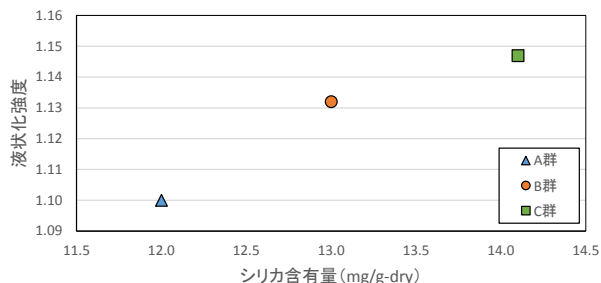
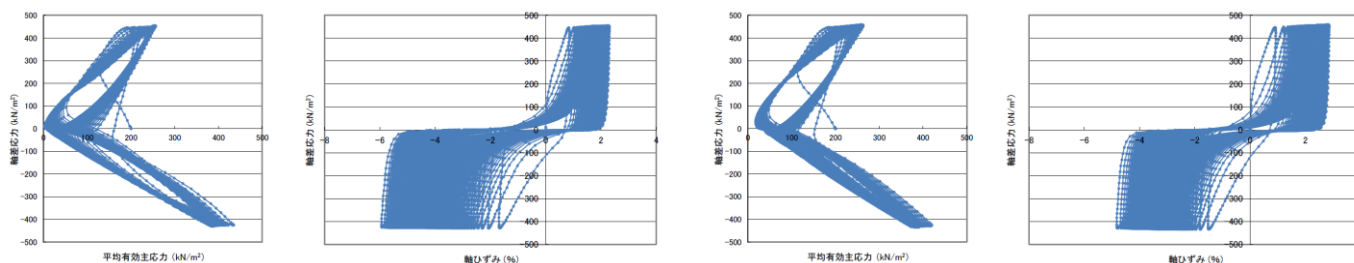


図3 シリカ含有量と液状化強度

表2 シリカ含有量と繰返し回数

供試体	シリカ含有量	応力比	N(DA5%)
A 群	12.0mg/g-dry	1.094	20.1 回
B 群	13.0mg/g-dry	1.102	27.0 回
C 群	14.1mg/g-dry	1.101	31.6 回



(A 群供試体, シリカ含有量: 12.0mg/g-dry, 応力比: 1.094)

(C 群供試体, シリカ含有量: 14.1mg/g-dry, 応力比: 1.101)

図4 繰返し非排水三軸試験時の有効応力経路および軸差応力～軸ひずみ関係

4. まとめ

薬液注入工法による改良土中のシリカ含有量の増加に伴い、一軸圧縮強さはもとより、液状化強度が大きくなる傾向を確認した。なお、本検討におけるシリカ含有量の範囲では、繰返し非排水せん断時の応力経路や応力～ひずみ関係の特徴に目立った差は認められなかった。

今後、シリカ含有量をよりばらつかせた試験や相対密度を変えた試験など、さらにデータを蓄積することにより、応力経路や応力～ひずみ関係への影響も含め、薬液注入工法による改良地盤に対する、シリカ含有量に基づく液状化対策効果の確認方法に関する知見の充実を目指す。

参考文献

- 1) 財団法人沿岸技術研究センター: 浸透固化処理工法技術マニュアル(2010 年版), 2010.
- 2) 後藤ら: 溶液型薬液注入工法のシリカ含有量の測定による改良強度の推定, 土木学会第 57 回年次学術講演会, pp. 179-180, 2002.
- 3) 佐々木ら: 薬液改良土のシリカ含有量測定方法の開発と応用, 土木学会第 71 回年次学術講演会, pp. 481-482, 2016.