

繰返し三軸試験による薬液改良体の液状化強度特性の検討

東京都市大学 学生会員 ○山崎 蓉子

東京都市大学 学生会員 中川健太郎

強化土エンジニアリング 正会員 佐々木隆光

東京都市大学 正会員 末政 直晃

1. はじめに

日本は世界有数の地震大国である。2011年3月に発生した東北地方太平洋沖地震でも、道路や河川近傍など各地で数多くの液状化被害が確認されている。特に、砂地盤の液状化による地盤沈下は構造物に大きな被害を及ぼした。既往の研究において、再圧密時の体積収縮量に関する研究がなされており、砂地盤の液状化時の体積収縮量が繰返しせん断時の最大せん断ひずみと相関性があると指摘されている。本研究では、地盤改良工法の一つである薬液注入工法に着目をし、薬液改良体の液状化後の挙動を考察することを目的とする。しかし、薬液改良体における液状化後の地盤の体積収縮量とせん断ひずみとの相関性などは不明確である。そこで本報告では、薬液改良体の三軸試験を行い、繰返し載荷時の挙動と、せん断ひずみと再圧密体積ひずみの関係を測定し、飽和砂の特性と比較した。

2. 薬液注入工法

薬液注入工法は、対象とする土中の間隙内に薬液を注入し、地盤の透水性を減少させるとともに、土の組織を変えることなく地盤の強度を増加させる工法である。図1に示すように水ガラス系注入液を地盤内の任意の場所へ、低圧・低吐出にて同時に注入が可能である。また、既存の地盤改良工法に比べコンパクトな機械を用いることから、既設構造物直下での液状化対策工法など幅広い工事への実用化が期待されている。

3. 実験概要

薬液改良供試体の繰返し三軸試験を行った結果を以下に示す。図2の三軸試験装置で繰返し三軸試験を行った。供試体は豊浦砂($e_{\max}=0.918, e_{\min}=0.549$)を用いて作製した。相対密度は40%, 60%, 80%で、未改良供試体と薬液濃度6%の改良供試体を用いた。薬液改良体を試験機に設置し、供試体に脱気水を通水した。その後セル圧(200kPa)と背圧(100kPa)を加え、供試体を飽和させた。この時B値が0.95以上であることを確認した。供試体の圧密条件は、有効拘束圧100kPaで一定とし、応力比 $\sigma_d/(2\sigma'_0)$ を変化させて周波数0.1Hzの正弦波で繰返し載荷を行った。実験ケースを表1に示す。また、載荷後に二重管ビュレットを用いて同拘束圧の下で再圧密を行い、供試体の体積収縮量を測定した。

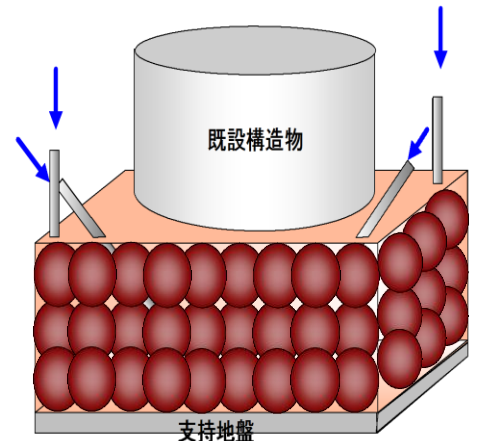


図1 薬液注入工法

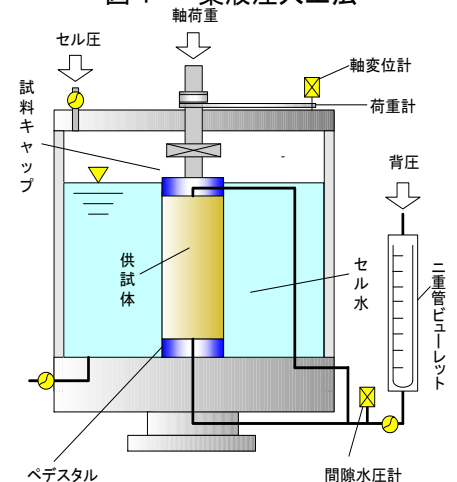


図2 三軸試験機

表1 実験条件

	相対密度	シリカ濃度	セル圧	背圧	応力比
Case1	40%	飽和砂	200kPa	100kPa	0.14
Case2	60%	6%			0.3
Case3					0.6
Case4					0.9
Case5	80%	飽和砂			0.3
Case6		6%			0.6
Case7					0.9
Case8					1.2

キーワード 薬液注入工法 繰返し三軸試験

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 TEL 03-5707-0104 E-mail : g0818084@tcu.ac.jp

4. 実験結果

図3, 4にそれぞれ Case1, 4 の三軸試験結果を示す。図3から、飽和砂では軸ひずみが5%に達したあと、急激に増加したことが読み取れる。一方、図4(a)に示すように、薬液改良体は軸ひずみが5%に達した後もひずみ量は増加しているが、その増加量は微小なものであった。また、図4(b)に示すように有効平均主応力の低下も抑制され、繰返し载荷回数の増加にも関わらず急速な破壊はしないことが分かった。図6に Case1, 4, 5, 7 の軸差ひずみと繰返し载荷回数の関係を示す。飽和砂は、载荷回数の増加と共に軸差ひずみは大幅に増加している。薬液改良体は、初期に軸差ひずみが増加するものの、その後一定のひずみ量にとどまっている。5%に達してもわずかに変動はあるが、飽和砂のようにひずみ量の急激な変動は無く、飽和砂と全く異なる挙動を示したことが読み取れた。これらのことから、薬液改良体は液状化判定基準である両振幅ひずみ $DA=5\%$ を超えても有効平均主応力が0に至らず、飽和砂のような液状化は生じないことが示された。

図7に Case2~4, 6~8 の再圧密体積ひずみと最大せん断ひずみの関係を示す。同図には飽和砂の再圧密体積ひずみと最大せん断ひずみの関係¹⁾を示す。飽和砂は、最大せん断ひずみの増加に伴って再圧密体積ひずみも増大しており、体積ひずみと最大せん断ひずみには相関性があることが読み取れる。また、砂の相対密度にも依存し、相対密度が小さいほど増加率は大きくなる傾向がある。一方、相対密度80%の薬液改良体の体積ひずみは、0.5%程度生じるものの、最大せん断ひずみの増大に依存せず収束傾向を示すことが読み取れる。また、80%の飽和砂の結果と比較しても、ひずみ量を抑制できることが分かった。相対密度60%の薬液改良体の体積ひずみは、最大せん断ひずみの増大に伴いやや増加傾向にあるが、飽和砂と比較すると、飽和砂は体積ひずみ約2.0%に対して、薬液改良体は約1.0%となり半分程度に抑制していることが分かった。

5. まとめ

- ・薬液改良体は、液状化判定基準である両振幅ひずみ5%に達しても急激なひずみの増大が起こらない。
- ・薬液改良体の再圧密体積ひずみは、最大せん断ひずみに依存しない。飽和砂と比較すると、体積ひずみ量を約半分程度抑制ができた。

<参考文献>

1)Ishihara,K.and Yoshimine,M.:Evaluation of settlement in sand deposits following liquefaction during earthquakes,*Soils and Foundations*,Vol.32,No.1,pp.173-188,1992.

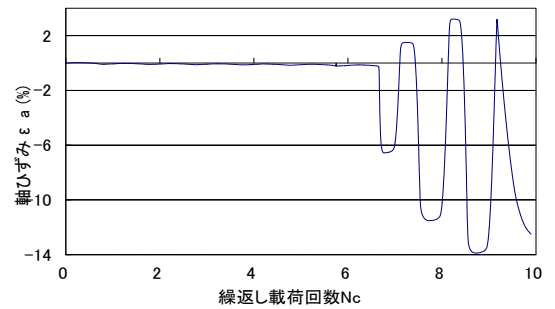


図3 三軸試験結果 (40%飽和砂)

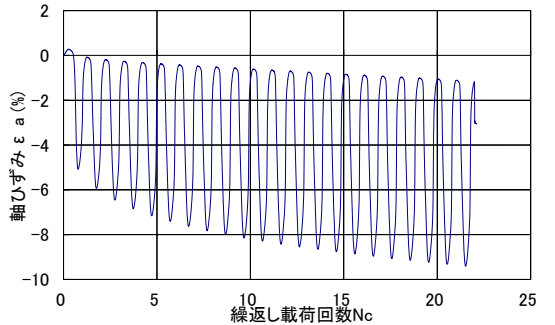


図4(a) 三軸試験結果 (60%薬液改良体)

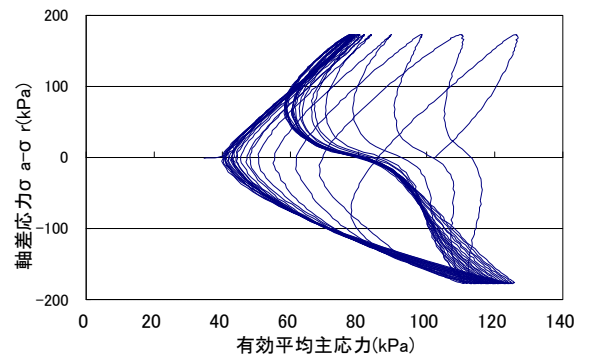


図4(b) 軸差応力 - 有効平均主応力

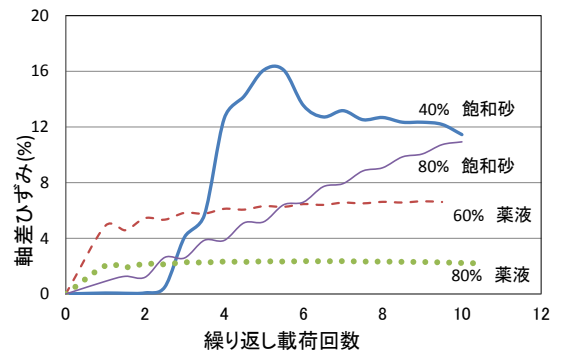


図5 軸ひずみ - 繰返し载荷回数

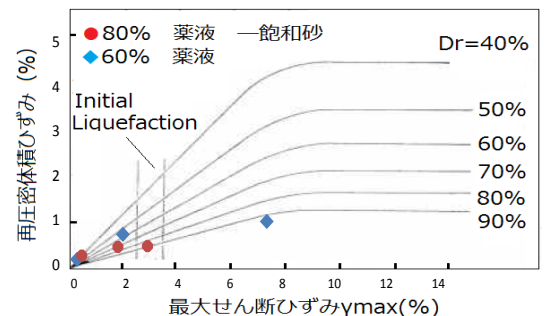


図6 体積ひずみ - 最大せん断ひずみ