

現地採取砂の浸透注入改良供試体の液状化抵抗について

京都大学 フェロー会員 岡 二三生 京都大学 正会員 小高 猛司
 東亜建設工業(株) 正会員 大野 康年 日本道路公団 正会員 田久 勉
 京都大学 学生会員 西松 範介・山崎 順弘

1. はじめに

地震時の液状化対策として薬液浸透注入工法が近年注目されている。筆者らは、特殊シリカ液を浸透注入した改良豊浦砂供試体を用いた各種室内試験により、改良砂の単調および繰返し载荷時の変形・強度特性について検討してきた。本報では、実際に試験工事を行った現場で採取した砂を用いて、室内で再構成して浸透注入改良砂供試体を作製し、単調および繰返し中空ねじりせん断試験を行うことにより、細粒分を含む現地砂の浸透注入改良砂の液状化抵抗について調査した結果を示す。

2. 実験試料・実験方法

実験試料は千葉県袖ヶ浦市南袖の浸透注入液状化対策工の試験工事現場で採取したものであり、10%程度の細粒分を含んだ埋立砂（以下、南袖砂と呼ぶ）である（表1参照）。

表1: 南袖砂の物理特性

ρ_s	e_{max}	e_{min}	D_{50}	U_c	F_c
2.71 (g/cm ³)	1.286	0.785	0.178 (mm)	3.34	10.2 (%)

特殊モールド内で気中落下法により現地の相対密度 ($D_r=50\%$) にあわせて再構成試料を作製し、一次元的に上載圧 50kPa を载荷したまま特殊シリカ系の活性シリカグラウト（パーマロック・ASF）を浸透注入し、その状態のまま 28 日間養生して固結させたものを改良砂供試体とした。単調载荷の場合には有効拘束圧 50 および 100kPa（いずれも背圧 200kPa）で、繰返し载荷の場合には 50kPa（背圧 200kPa）で等方圧密した後に、非排水条件下でひずみ制御（0.5%/min）方式の中空ねじりせん断を行った。また、比較のため、未改良のままの $D_r=50\%$ の再構成南袖砂を用いた実験も行った。

3. 実験結果

図1は単調载荷での非排水ねじりせん断試験結果である。応力～ひずみ関係において、同じひずみレベルで比較するとせん断応力は改良によって大幅に増加していることがわかり、有効応力径路を見ると改良によって変相線および破壊線ともに上方へ移動していることがわかる。

図2および3はそれぞれ、未改良南袖砂および改良南袖砂の繰返しねじりせん断試験結果である。有効応力径路には単調

载荷試験により求められた破壊線（FL）および変相線（PTL）も記入している。図2の未改良砂では、初期のひずみの発生は微小であるが、繰返し回数を重ねる毎に過剰間隙水圧は徐々に上昇し、変相線に達した辺りで急激にひずみが発生し、その後数回の繰返し载荷により液状化に至っている。図3の改良砂では、繰返し応力振幅比が比較的大きいため、繰返し初期にある程度のひずみの発生が確認できるが、徐々にひずみの増加量は減少し収束していく。その時、平均有効応力はゼロにならずに一定値に収束している。また、繰返し载荷回数が増えるにしたがい、初期の変相線より下側で変相するようになっていく。この変相線の低下によって、破壊線と変相線で囲まれる正のダイレイタンスを發揮する領域が広がり、変形が抑えられると考えられる。

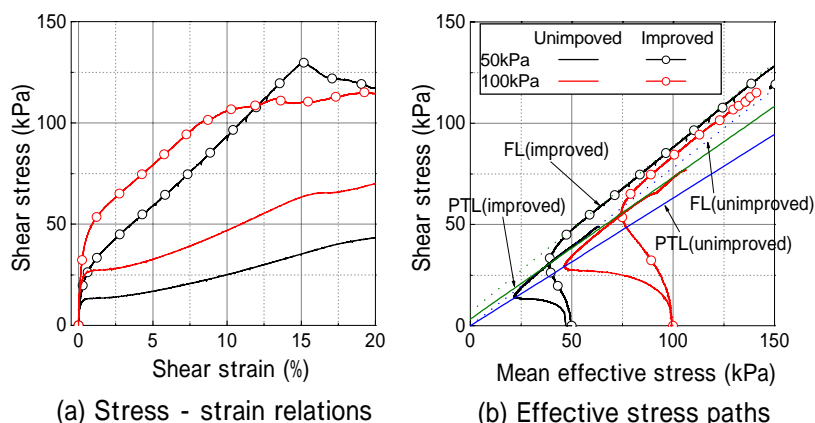


図1: 単調载荷での非排水中空ねじりせん断試験結果

キーワード シリカ，浸透注入，液状化，中空ねじりせん断試験，現地採取砂

連絡先 〒606-8501 京都市左京区吉田本町 京都大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻 TEL075-753-5085

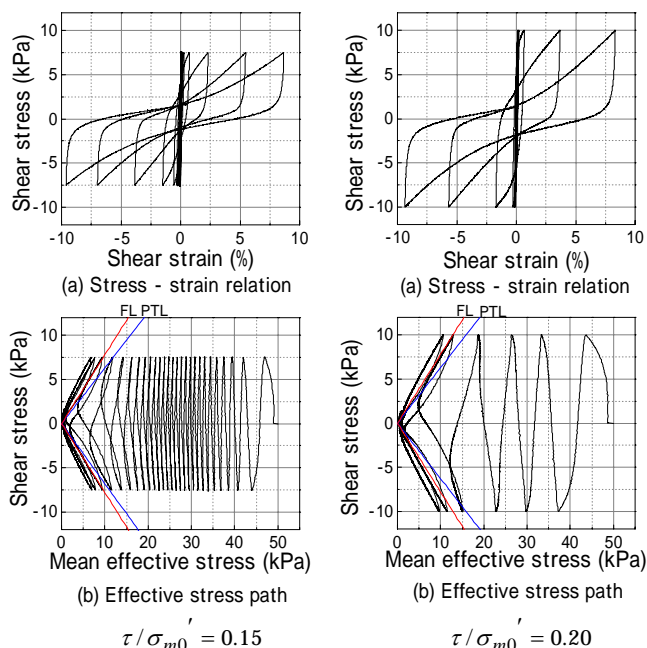


図 2: 未改良砂の繰返し非排水中空ねじりせん断試験結果

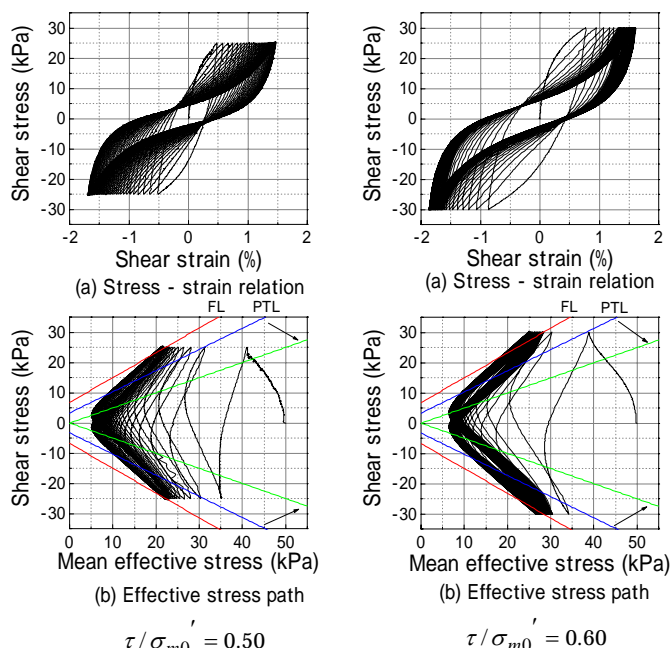


図 3: 改良砂の繰返し非排水中空ねじりせん断試験結果

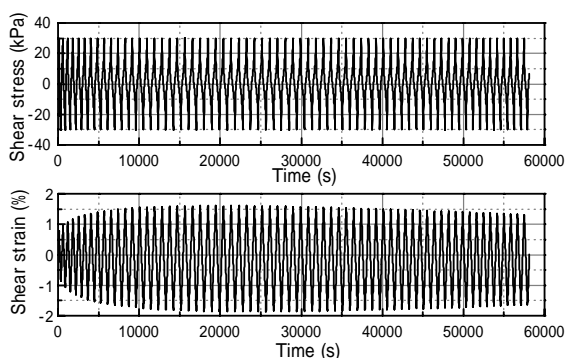


図 4: 繰返し载荷中のせん断応力とせん断ひずみの時刻歴

図 4 は繰返し载荷中のせん断応力とせん断ひずみの時刻歴である。繰返しに伴いせん断ひずみが収束するのみならず，逆に一旦発生したせん断ひずみが減少する傾向が観察された。図 5 は繰返し強度曲線である。改良砂はひずみの発生量が小さいために， $DA=1.0\%$ および 2.0% でまとめた結果を示す。改良によって繰返し強度が倍以上に増加することが確認できる。図中には現場でトリプルチューブサンプラーにより採取した不攪乱の現地砂および現地改良砂の試験結果も示している。未改良砂では明らかに不攪乱試料の方が再構成試料よりも繰返しせん断強度が大きいのに対し，現場で浸透注入された改良砂の繰返しせん断強度は，ばらつきがあるものの今回の再構成改良砂と同等か，あるいは若干小さめとなっており，本手法で作製した再構成改良砂が，現場での浸透注入による改良効果を十分再現できていることが示された。

4. まとめ

豊浦砂と同様に，細粒分を含む現地採取砂であっても，シリカを浸透注入することにより，改良砂の繰返しせん断強度は増加し，変形が大きく抑制されることがわかった。なお，本報に関連する既往の研究発表および参考文献については，当研究室 HP を参照されたい。<http://nakisuna2.kuciv.kyoto-u.ac.jp/okalabo1/>

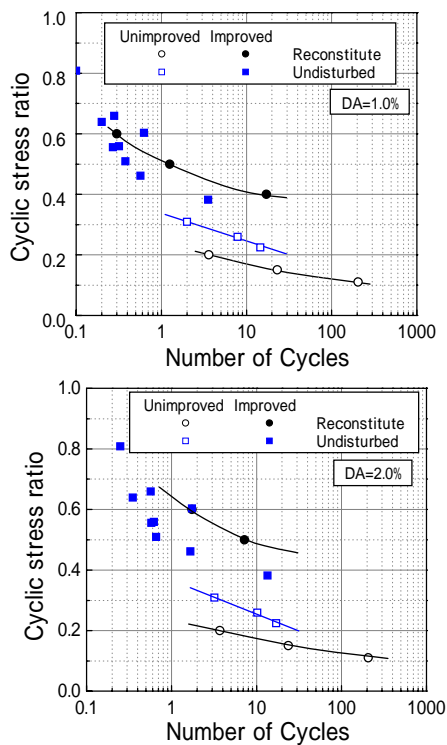


図 5: 繰返し強度曲線