

奥村組 正会員 日下部 伸 森尾 敏

1. まえがき

著者らは、シリカ薄液で改良された砂の液状化抵抗をひずみ振幅漸増方式の液状化試験とオンライン地震応答実験により調べてきた^{1), 2)}。その結果、シリカ薄液改良砂は一軸圧縮強さ q_u が 0.13kgf/cm^2 もあれば、相当な液状化抵抗と耐震性能を有することを明らかにした。加えて、風間ら³⁾が提案している剛性低下率と累積損失エネルギーによる改良効果の比較検討から、改良砂の q_u がおよそ $0.13\sim 0.47\text{kgf/cm}^2$ の範囲ではその液状化抵抗がほぼ同一であることを示す実験結果を得た⁴⁾。これは、シリカ薄液で間隙水を置換し、付着力は小さくとも延性に富むゲル化物質で砂粒子の間隙を充填し、改良砂に韌性を付加する本改良方法の極めて重要な特長と言える。さらに、韌性を付加する液状化対策法の改良効果は、一軸圧縮強度では評価できないことを示唆している。

本研究では、この様に優れた韌性を有するシリカ薄液改良砂がレベル2相当の地震時に受けるであろう大ひずみを経験した後、その液状化抵抗がどの様に变化するのかを検討している。

2. 実験内容

試料は豊浦砂を使用した。未改良砂の供試体は、空中落下法により相対密度 Dr が約60%と70%の2種類を作製した。改良砂では、まず空中落下法により型枠内に Dr が約60%の供試体を作製した。その後、飽和度を高めるために -0.95kgf/cm^2 の負圧を作用させた状態でシリカ薄液を浸透注入させ、大気圧下で養生し q_u が 0.13kgf/cm^2 の供試体を作製した。

非排水繰返し単純せん断に用いた供試体の寸法は、直径が6cm、高さが2cmである。異方圧密($\sigma'_v=0.10$, $\sigma'_h=0.25\text{kgf/cm}^2$)後、ひずみ振幅漸増方式の液状化試験を実施した。この試験では、第一波目のせん断ひずみ片振幅を $\pm 5 \times 10^{-4}$ とし、第二波目以降、順

次せん断ひずみ片振幅を1.5倍間隔で漸増させるひずみ制御の正弦波を用いる。また、破壊と定義される様な大ひずみを受けた後の液状化抵抗の変化を調べるため、両振幅せん断ひずみが約9%に達した時点で第一回目の液状化試験を終了し、間隙水圧を消散させた後、同様の試験条件で第2, 3, 4回目の液状化試験を行い変形性能の変化を検討した。

本研究で使用した簡易単純せん断試験装置とその実験手順の詳細については、文献5)を参照されたい。

3. 大ひずみ履歴後の改良砂の液状化抵抗

(1) せん断応力～せん断ひずみ関係

図-1の(a), (b), (c), (d)は、それぞれ未改良砂の第1回目($Dr=55\%$)、第2回目、第3回目および初期の相対密度が大きい未改良砂($Dr=69\%$)の第1回目の液状化試験で得られたせん断応力～せん断ひずみ関係を示している。同図から、第1回目の(a)および第2回目の(b)では、せん断応力がほぼゼロに近いまま、せん断ひずみが増大していくある種の「流動的」液状化に至っていることが見て取れる。また、第3回目の(c)においても、ひずみの増大に伴い各サイクルのせん断応力の最大値は低下している。

図-2の(a)は、改良土の第1回目の液状化試験におけるせん断応力～せん断ひずみ関係を示している。同図から、シリカ薄液による改良効果は著しく、液状化抵抗は大幅に改善されている。さらに、同図の(b), (c), (d)に示した第2, 3, 4回目の液状化試験でのせん断応力～せん断ひずみ関係から、大ひずみ履歴を受ける毎に液状化抵抗がさらに改善されていることが伺える。この原因は、図-1(d)の未改良砂($Dr=69\%$)と図-2(d)の改良砂($Dr=68\%$)の比較から明らか様な様に、相対密度の増加だけでは説明できない。

(2) 剛性低下率

図-3は、第一波目の剛性に対する第二波以降の剛

キーワード：ひずみ振幅漸増方式の液状化試験、シリカ薄液注入、大ひずみ履歴、剛性低下率、損失エネルギー
連絡先：〒300-2612 つくば市大砂387 奥村組 技術研究所 電話 0298-65-1521 FAX 0298-65-1522

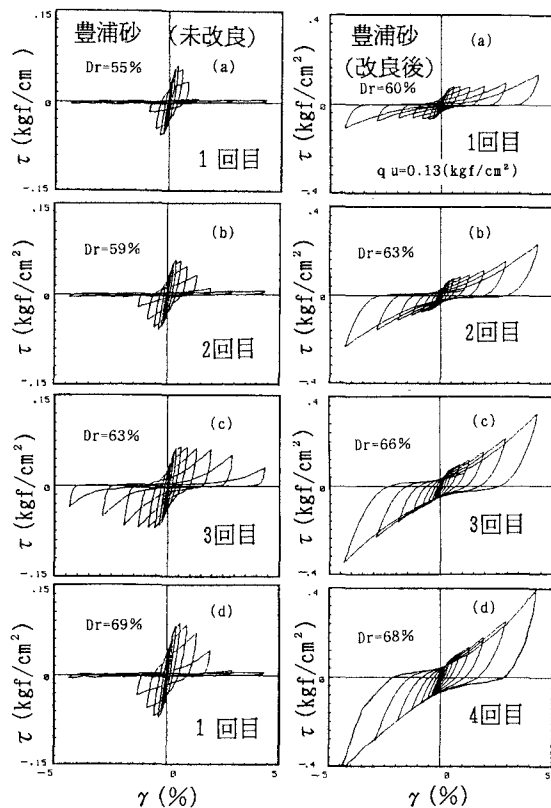


図-1 τ～γ関係
未改良砂

図-2 τ～γ関係
改良砂

性の低下率とせん断ひずみの関係を示したものである。両振幅せん断ひずみが約9%に達した時点で、未改良砂の剛性が三桁近く低下するのに対し、第1回目の改良砂では一桁程度の低下にとどまっている。しかも、シリカ薄液改良砂は大ひずみ履歴を受ける毎に、第2, 3, 4回目と順次、剛性低下率が抑制されている。明らかに液状化抵抗が改善されている。

(3) 正規化累積損失エネルギー

図-4は、正規化累積損失エネルギーとせん断ひずみの関係を示したものである。正規化累積損失エネルギーは、せん断応力～せん断ひずみの履歴ループの面積から損失エネルギーを求め、これを累積し、初期の平均有効拘束圧で正規化したものである。シリカ薄液改良砂は、大ひずみ履歴を受ける毎に、第2, 3, 4回目と順次エネルギー吸収性能が向上している。

4. まとめ

風間ら³⁾が提案している剛性低下率と累積損失エネ

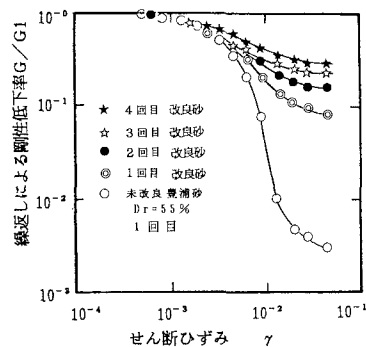


図-3 剛性低下率とせん断ひずみ

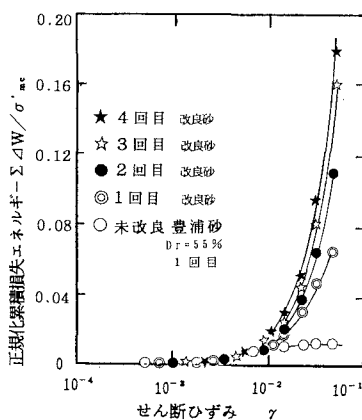


図-4 正規化累積損失エネルギーとせん断ひずみ

ルギーを用いて、大ひずみ履歴がシリカ薄液改良砂の液状化抵抗に与える影響を調べた。その結果、シリカ薄液改良砂の一軸圧縮強さが 0.13kgf / cm²程度であっても、その液状化抵抗は大ひずみ履歴を受けることにより著しく改善されることが明らかになった。

参考文献

- 1) 日下部伸, 森尾敏: 薬液注入による低強度改良砂の液状化抵抗, 第33回地盤工学研究発表会, pp. 87-88, 1998
- 2) 日下部伸, 森尾敏: 薬液注入による低強度改良砂の動的挙動, 土木学会第53回年次学術講演会, III-A114, pp. 226-227, 1998
- 3) 風間基樹, 柳澤栄司, 増田昌昭: 定ひずみ帯域繰返し三軸圧縮による液状化現象評価の可能性土と基礎, pp. 21-24, 1998. 4.
- 4) 日下部伸, 森尾敏: シリカ薄液による改良砂の液状化抵抗の評価, 第34回地盤工学研究発表会, 1999. (投稿中)
- 5) 日下部伸, 森尾敏, 岡林巧, 藤井照久, 兵動正幸: 簡易単純せん断試験装置の試作と種々の液状化試験への適用, 土木学会論文集, No. 617 / III-46, pp. 299-304, 1999. 3.