

再構成一次しらすの液状化強度および液状化後の非排水せん断特性

九州工業大学工学部 学生員 ○田淵博史
 九州工業大学工学部 正会員 永瀬英生 清水恵助
 九州工業大学大学院 学生員 内田崇大

1.はじめに

しらす地盤では、粒子の特異な性質に起因して、さまざまな災害が起こりやすいことが知られている。また、一概にしらすといってもその堆積場所や堆積年代等の違いにより性質の異なるいろいろな種類のものがある。そこで本研究では、特に埋立地での防災対策を検討する目的として、3種類の一次しらすを用いて繰返し三軸試験等を行い、それらの液状化強度および液状化後の非排水せん断特性について調べた。

2.試料および実験方法

用いた試料は、鹿児島県国分市近郊の3箇所(口輪野、薄木、岩坂)で採取したものであり、かく乱された一次しらすである。試験には、これらのしらす(以後、口輪野しらす、薄木しらす、岩坂しらすと称す)を炉乾燥機で絶乾させた後、2000 μ mふるいに通過させたものを用いた。

図1、表1にこれらの粒径加積曲線、物理的性質をそれぞれ示す。しらすは粒子内間隙を包含しているため、豊浦砂に比べ比重が小さく、粒度がかなり良い。

液状化試験は繰返し三軸試験装置を用いて行った。供試体は直径7.5cm、高さ15cmの円柱形のものである。供試体作製方法として空中落下法および湿潤突固め法を採用した。これらの方法で作製された供試体は、炭酸ガスを一定時間通気し、脱気水を通して飽和させた後、初期平均有効主応力 $\sigma'_0=49$ kPaにて等方圧密した。繰返し荷重は0.1Hzの正弦波荷重にて行った。液状化判定基準は密な砂においても明確な液状化発生を示す両振幅軸ひずみ $DA=10\%$ としている。静的荷重試験は繰返し荷重後、非排水状態を維持したままで、ひずみ制御方式で行った。ひずみ速度は1%/minとしている。また、比較のため繰返し荷重を行わない場合の非排水せん断試験も行った。

3.液状化試験結果

図2、図3に口輪野しらす、薄木しらすの繰返し三軸試験結果として、空中落下法、湿潤突固め法における繰返し応力比 R と繰返し回数 N_c の関係を示す。試料により相対密度が異なっているのは、口輪野しらすでは落下高さを小さくしても相対密度が約60%になるのに対し、薄木しらすでは落下高さを高くしても相対密度に大きな変化はなく、常に緩詰め状態であったためである。

まず口輪野しらすにおいては、相対密度が同じであっても供試体作製方法の違いにより液状化強度が大きく異なることがわかる。このように強度差が生じたのは、試料に突固めによるエネルギーが蓄積したことが一要因として考えられる。しかし、湿潤突固め法では、脱気水

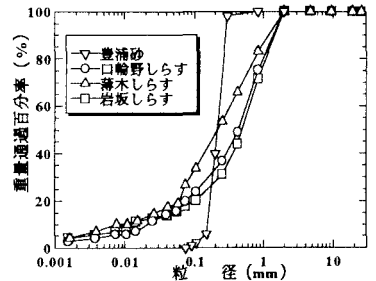


図1 粒径加積曲線

表1 試料の物理的性質

試料	ρ_s (g/cm ³)	e_{max}	e_{min}	ρ_{dmax} (g/cm ³)	W_{opt} (%)	U_c
豊浦砂	2.637	0.973	0.609	1.537	10.3	1.41
口輪野しらす	2.468	1.415	0.757	1.355	25.8	28.0
薄木しらす	2.419	1.282	0.665	1.342	21.6	29.5
岩坂しらす	2.555	1.312	0.672	1.507	17.2	52.5

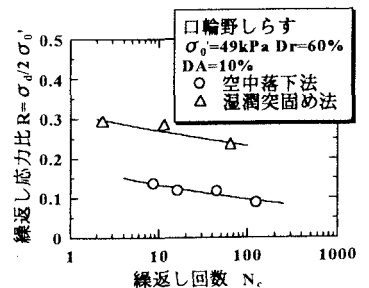


図2 Rと N_c の関係

を長時間通しても供試体は十分には飽和しなかった。B 値の平均は 0.9 程度であった。これは試料として絶乾試料を用いたためにしらす特有である内部空隙に脱気水が完全には浸透しなかったからと考えられる。このことも図 2 に見られる強度差の要因であると思われる。

薄木しらすにおいては、供試体作製方法の違いによる液状化強度の変化は、口輪野しらすの場合に比べ、小さいことが分かる。このことより薄木しらすでは、中密の試料には突固めによるエネルギーがあまり吸収されなかったため、液状化強度が大きくは増加しなかったのではないかと考えられる。なお、薄木しらすの場合も湿潤突固め法による供試体は十分には飽和しなかった。

4. 液状化後の非排水せん断試験の結果

図 4、図 5 に各しらすの液状化後および繰返し载荷前の非排水せん断挙動について示す。R は繰返し载荷時の繰返し応力比を表す。

繰返し载荷前においては、両試料で同様に供試体作製方法によって挙動が大きく異なっている。湿潤突固め法では、応力-ひずみ曲線がせん断の初期から軸ひずみ 0.5% までは凸型に立ち上がり、軸ひずみ 0.5% から 2% においては凹型に反っており、過剰間隙水圧比も軸ひずみが 0.5% になると急激に減少傾向に転じている。これは密な砂

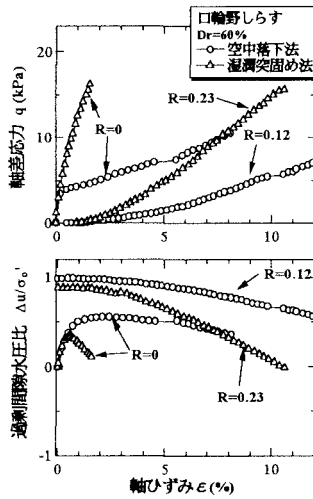


図 4 非排水せん断特性

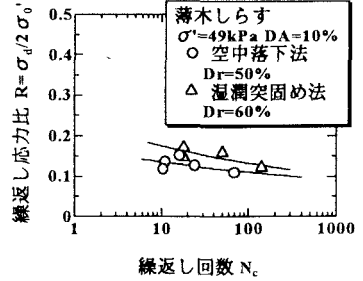


図 3 R と N_c の関係

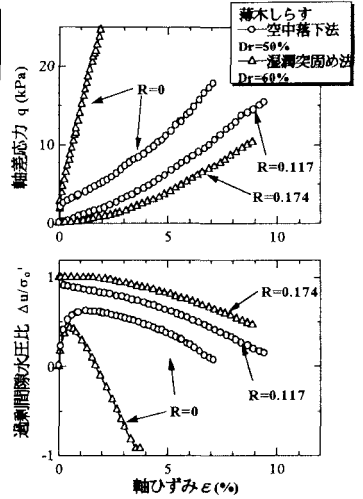


図 5 非排水せん断特性

の非排水せん断時に見られる特有の現象に類似していると思われる。一方、空中落下法では、応力-ひずみ曲線は湿潤突固め法に比べて全体的に緩やかに変化しており、凸型から凹型に変わる時点の軸差応力は小さく、その時点の軸ひずみは大きくなっている。これは緩い砂の非排水せん断挙動に類似していると思われる。

液状化後については各供試体作製方法別に代表的なデータを示した。これらの図より、せん断の初期から軸ひずみの増加に伴い軸差応力が徐々に増加する様子が確認でき、過剰間隙水圧も軸ひずみの増加とともに減少する傾向にあることがわかる。よってこの場合、繰返し载荷の直後より正のダイラタンシー特性が発揮されていると考えられる。また、口輪野しらすにおいては、湿潤突固め法の方が空中落下法の場合よりも強度回復が大きく生じている。一方、薄木しらすにおいては、両作製方法で強度回復にあまり大きな差異は見られず、口輪野しらすの場合とは順序が逆の結果となっている。このように同一の種類に分類される一次しらすの再構成試料であっても挙動に差異が生じたのは、しらすには構成粒子の特異性による磨耗、破碎を受けやすい性質があり、それらの性質がしらすの堆積場所、堆積年代等によって異なるためではないかと考えられる。薄木しらすは、特にこれらの影響を受けやすく、締固めを施しても著しくは強度増加しなかったものと考えられる。

5. まとめ

2 種類の一次しらすを用いて液状化強度および液状化後の非排水せん断特性に与える供試体作製方法の違いの影響を調べた結果、口輪野しらすにおいては、締固めることによって強度増加が顕著に確認されたが、薄木しらすにおいては、締固めによる強度増加があまり大きくならなかった。最後に、本研究を行うにあたり、日本道路公団鹿児島工事事務所の阿川氏にご協力をいただいた。ここに感謝の意を表します。