

細粒分を含むしらすを締め固めた場合の液状化強度特性

九州工業大学大学院 学生会員 ○高岡伸光
九州工業大学工学部 正会員 永瀬英生 廣岡明彦
九州工業大学工学部 田端尚子

1. はじめに

しらす地盤では、その特異な性質に起因して侵食崩壊や液状化など多くの災害が発生している。防災の観点からしらすの諸特性を調べることは非常に重要なことである。

本研究では、しらすで埋め立てられた地盤の力学的特性を明らかにする目的で、鹿児島県内で採取した細粒分を比較的多く含むしらす試料を用いて繰返し三軸試験装置を実施し、異なる方法で締め固めた再構成しらす試料の液状化強度特性について検討した。

2. 試料及び実験方法

試料には、鹿児島県国分市近郊で採取した2種類の一次しらすである口輪野しらす ($\rho_s=2.468\text{g/cm}^3$ 、 $\rho_{dmax}=1.335\text{g/cm}^3$ 、 $F_c=19.9\%$) と薄木しらす ($\rho_s=2.419\text{g/cm}^3$ 、 $\rho_{dmax}=1.342\text{g/cm}^3$ 、 $F_c=26.7\%$) を再構成試料として使用した。ここに、 ρ_s は土粒子密度、 ρ_{dmax} は最大乾燥密度、 F_c は細粒分含有率をそれぞれ表す。これらの試料の粒径加積曲線を図-1に示す。口輪野しらすと薄木しらすは、粒子内間隙を包含しているため、一般的な砂試料に比べ土粒子密度が小さく、粒度が良いことが分かる。

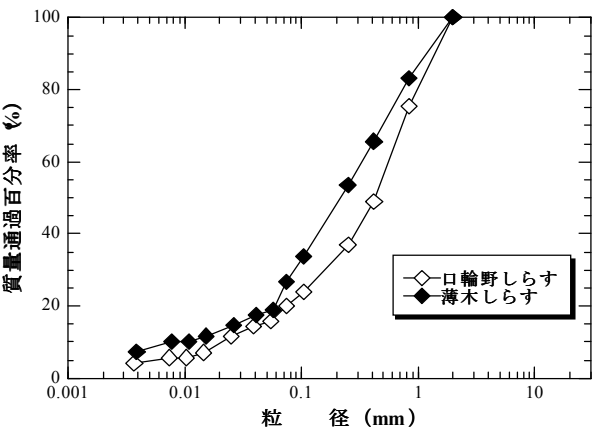


図1 試料の粒径加積曲線

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の円柱形である。供試体作製方法としては湿潤突固め法、水中突固め法を採用した。これらの方法で作製した供試体は、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、初期平均有効拘束圧 $\sigma_0' = 49\text{kPa}$ にて等方圧密した。繰返し载荷は0.1Hzの正弦波荷重にて行い、液状化判定基準は両振幅軸ひずみ $DA=5\%$ としている。また、本実験においては供試体の締めまり具合を締め固め密度比 $R_p = \rho_d / \rho_{dmax} \times 100 (\%)$ で表した。表1に締め固めエネルギー E_c に対する相対密度 Dr および締め固め密度比 R_p の値を示す。

表1 締め固めエネルギーによる密度変化

	口輪野			薄木		
	E_c (kJ/m ³)	$Dr(\%)$	$R_p(\%)$	E_c (kJ/m ³)	$Dr(\%)$	$R_p(\%)$
湿潤突固め法	15	40	85	15	40	80
	30	60	90	50	60	82
	150	75	92	150	75	87
	300	80	93	300	79	94
水中突固め法	15	40	99	15	60	94
	30	60	98	50	70	74
	150	77	103	150	79	96
	300	78	104	300	80	96

湿潤突固め法および水中突固め法により供試体に与える締め固めエネルギーは締め固め仕事量で定義され、 $E_c=W_R \cdot H \cdot N_L \cdot N_B / V (\text{kJ/m}^3)$ と表される。ここに、 W_R はランマー重量(kN)、 H は落下高さ(m)、 N_L は層数、 N_B は1層当たりの突固め回数、 V はモールド容積(m^3)をそれぞれ表す。

3. 液状化試験結果

図2,3に2種類のしらす試料における繰返し応力比 $R = \sigma_d / 2\sigma'_0$ と $DA=5\%$ に至るまでの繰返し回数 N_c の関係をそれぞれ示す。

湿潤突固め法では、これらのしらす試料とともに締固めエネルギー E_c が増加するとともに曲線はほぼ平行に上昇している。これは、締固めエネルギーの増加により供試体の密度が大きくなるとともに、粒子構造が安定化するためであると考えられる。

一方、水中突固め法では、湿潤突固め法の場合とは異なり、 E_c が大きくなっても曲線の上昇がみられない場合がある。また、湿潤突固め法の場合よりも液状化強度が全体的に小さくなっている。これらの原因としては、細粒分を含むしらすにおいて水中で突き固めることにより供試体の一部液状化するなどの攪乱作用を受け、粒子構造が安定化しない、または逆に不安定化したことが考えられる。なお、水中突固め法の場合、繰返し回数が少ないところで曲線が立ち上がっているケースがある。これは密度増加の効果によるものと考えられる。

4. 締固めエネルギーの影響

図2,3より得られた繰返し回数 $N_c=20$ (回) における繰返し応力比の値を液状化強度比 R_{120} とし、締固めエネルギー E_c との関係をそれぞれのしらす試料について図4に示す。

2種類のしらすにおいてともに締固めエネルギー E_c が $50 \text{ (kJ/m}^3\text{)}$ 以下の小さい範囲では液状化強度比の増加率が大きい、 $50 \text{ (kJ/m}^3\text{)}$ 以上ではその増加率は小さくなっている。また、湿潤突固め法と水中突固め法のデータを比べた場合、液状化強度比に与える締固め効果は湿潤突固め法の方が明らかに大きいといえる。水中突固め法では、これらの試料とともに締固めエネルギー E_c の増加に伴う液状化強度の増加が小さく、ある値以上 E_c が大きくなると液状化強度比が減少する傾向がみられる。これは、水中で突き固めることによって供試体の一部液状化を起こすなどにより効率よく締め固まらない、またはこの攪乱により粒子構造が不安定化され、液状化強度の増加が妨げられたからと考えられる。

5. まとめ

本研究では、2種類の再構成しらすを用い、異なった方法で締め固めた試料の液状化強度を調べた結果、次の挙動がみられた。すなわち、細粒分を含むしらすの液状化強度は、同等の締固めエネルギー E_c において水中突固め法の場合よりも湿潤突固め法の場合のほうが大きく、 E_c に対する液状化強度の増加率も2つの供試体作製方法において異なった傾向を示した。

{参考文献} 永瀬英生・清水恵助・廣岡明彦・上野貴志・姫野太輔：再構成しらす試料の液状化強度に与える締固め効果について、第39回地盤工学研究発表会

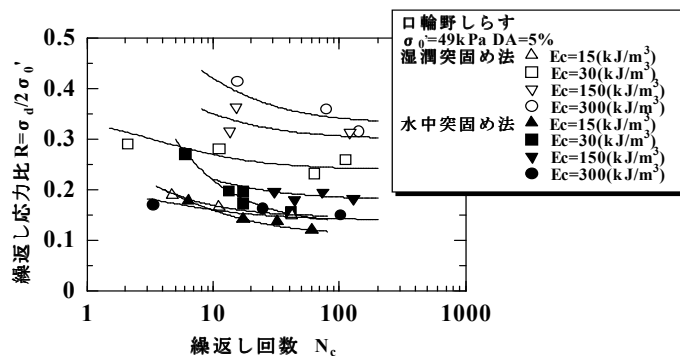


図2 R-N 曲線 (口輪野しらす)

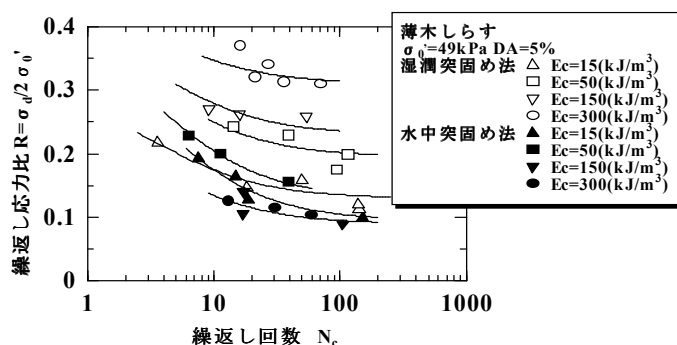


図3 R-N 曲線 (薄木しらす)

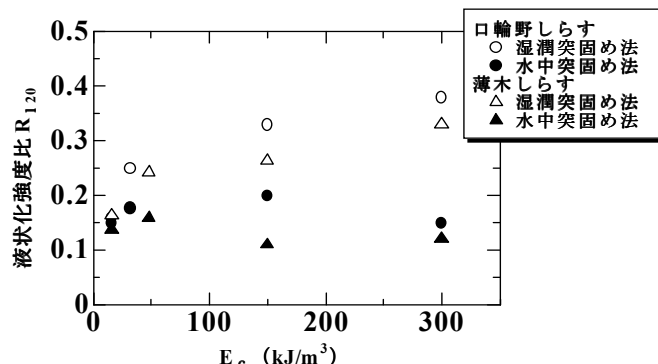


図4 液状化強度比と締固めエネルギーとの関係