乱したしらすの非排水単調せん断挙動

鹿児島高専 正員 岡林巧 鹿児島高専 学生員○山下直樹 鹿児島高専 学生員 泉 憲作
山口大学 正員 兵動正幸 山口大学 正員 村田秀一 山口大学 正員 安福規之

1．まえがき

鹿児島市およびその周辺部の沖積平野を構成する沖積しらす層は、南九州に分布するしらす層が流出して堆積したもので非常に厚く堆積している[1)]。鹿児島湾における埋立地盤は、この沖積しらす層の上にしらすを埋立用材として築造された例が多い。このようなしらす埋立地盤で問題となる点は、地盤沈下と液状化であろう。しらす埋立地盤の液状化に関する研究は、これまでにかなり行われているもののしらす地盤の液状化対策を十分に講ずるまでに至っているとはいえない。本研究はこれらのことを踏まえ、相対密度の違いによる乱したしらすの非排水単調せん断挙動について主として検討したものである。

2．試料および試験方法

試験に用いた試料は、鹿児島県始良郡隼人町産の一次しらすである。表-1にしらすと豊浦標準砂の物理特性を示す。また図-1は、しらすと豊浦標準砂の粒度分布を示したものである。しらすは、豊浦標準砂に比べて均等係数が大きく、かなり粒度分布が良いといえる。このしらすの細粒分含有率は、約35%とかなり高い。供試体の飽和は炭酸ガスで供試体内の空気を置換し、脱気水を通水した後、背圧を負荷することにより確保した。また、得られたB値は0.95以上を確認した。供試体の相対密度は密詰め（Dr=80%）と緩詰め（Dr=20%）の2種類とした。

表-1 しらすと豊浦標準砂の物理特性

	G_s	e_{max}	e_{min}	U_c	D_{50}
しらす	2.489	1.494	0.775	29.5	0.165
豊浦砂	2.643	0.973	0.635	1.20	0.210

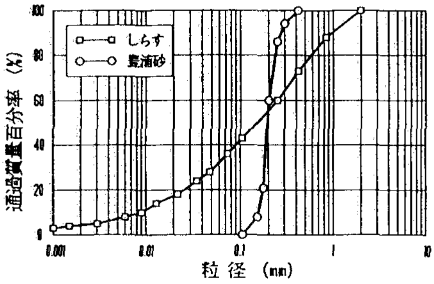

図-1 しらすと豊浦標準砂の粒度分布

3．非排水せん断挙動

しらすの非排水せん断挙動に対する相対密度の影響を調べるために、等方応力下で有効拘束圧Pc=50kPaとして非排水三軸圧縮・伸張試験を行った。図-2は、有効応力径路を示したものである。図中の矢印PTは、有効応力が減少から増加に転ずる変相点を示し、CSRはひずみ軟化挙動を生じ始める有効応力比に達した点を示している。緩詰め試料の有効応力径路は、圧縮・伸張ともにせん断初期からひずみ軟化挙動を伴う強い収縮傾向を示している。また、変相点を越えた後の有効応力は顕著な増加がみられない。一方、密詰め試料の有効応力径路は、圧縮・伸張

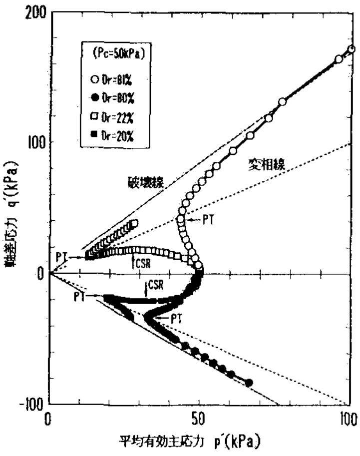

図-2 有効応力径路

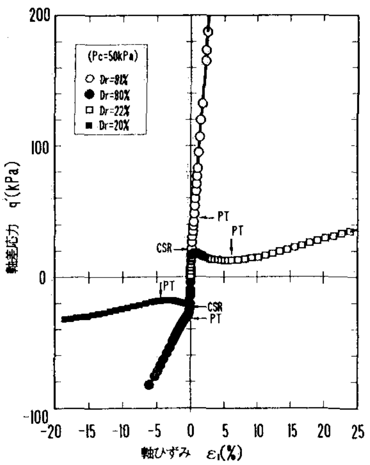

図-3 軸差応力と軸ひずみの関係

ともにひずみ軟化を伴わないまま変相点に達した後、有効応力が初期拘束圧を越す膨張傾向の挙動を示している。これらのことは、密詰めしらすの場合非排水せん断応力を受けると最終的に、ダイレイタンシーにより膨張挙動に至るが、緩詰めしらすでは粒子の脆弱さから膨張挙動に至る以前に定常状態を迎え、収縮挙動に留まることを意味している。

図-3は、軸差応力と軸ひずみの関係を示したものである。緩詰め試料に関する軸差応力は、圧縮・伸張いずれも軸ひずみが少ないうちに一端ピーク値に達するが、その後にひずみ軟化挙動を示し、軸ひずみの増大に伴い漸増している。このせん断初期の軸差応力のピーク値は、圧縮・伸張ともに軟化開始点に相当している。また、ひずみ軟化終了点は、変相点に対応している。一方、密詰め試料に関する軸差応力は、圧縮・伸張ともに単調に増大している。

間隙水圧と軸ひずみの関係を示したものが図-4である。図から間隙水圧は圧縮・伸張ともにせん断初期に緩詰め試料ほど大きな正のピーク値を示すことが分かる。この間隙水圧のピークは、いずれも変相点に対応している。また、間隙水圧のピーク値を圧縮と伸張側で比較すると、圧縮側の方が伸張側より大きくなっている。

図-5は、緩詰め試料と密詰め試料に関する有効応力比と軸ひずみの関係を示したものである。有効応力比はせん断初期に急増し、軸ひずみが約0.5%を越えるあたりから緩やかに増加し密詰め試料ほど大きな値を示して定常化する傾向にある。また軸ひずみの急増し始める点での有効応力比は、変相点に対応していることが分かる。有効応力比と軸ひずみの関係において、有効応力比が最大になる時点を破壊とみなし、その点での有効応力比を破壊応力比η_fと定義した場合のモールの応力円と内部摩擦角ϕ_fの関係は、次式で示される。

$$\eta_{fc} = 6\sin\phi_{fc} / (3-\sin\phi_{fc}) \quad \text{(圧縮)}$$

$$\eta_{fe} = -6\sin\phi_{fe} / (3+\sin\phi_{fe}) \quad \text{(伸張)}$$

表-2は、ηと内部摩擦角ϕの関係を示したものであり、表中のϕは上式から逆算することにより求めた。破壊点での内部摩擦角ϕ_fは、圧縮・伸張とも密詰め試料の方が大きな値を示し、同一密度条件では伸張側の内部摩擦角が圧縮側のそれよりも大きな値を示す傾向にある。また、変相点での内部摩擦角ϕ_{PT}についても同様なことがいえる。

4・あとがき

本研究では、相対密度の違いによる乱したしらすの非排水単調せん断挙動がほぼ明らかになった。最後に本研究を進めるにあたり、鹿児島高専土木工学科木原正人技官に試験装置の整備などでご協力頂いた。

[参考文献]

1）安原、平尾、北村；九州における埋立地盤、土と基礎、36-3、73-79、1988.

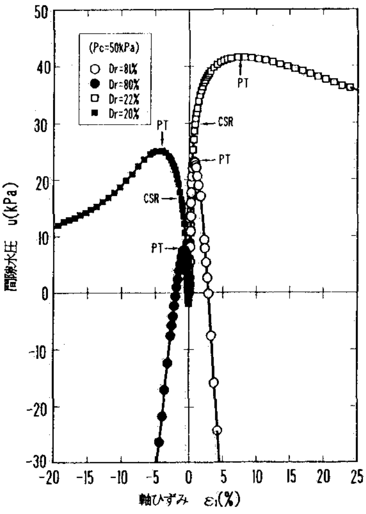

図-4　間隙水圧と軸ひずみの関係

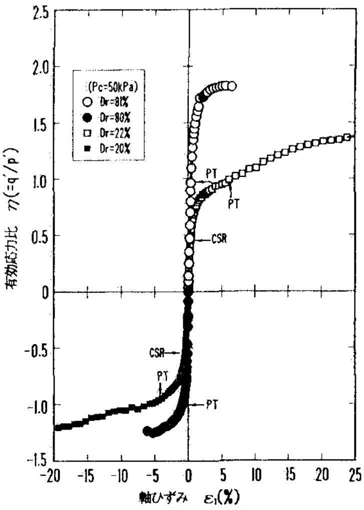

図-5　有効応力比と軸ひずみの関係

表-2　ηとϕの関係

	圧縮		伸張	
Dr(%)	22	81	20	80
ε_{1PT}(%)	7.11	0.41	-4.87	-1.01
η_{PT}	1.018	1.096	-0.980	-1.020
ϕ_{PT}(°)	25.8	27.6	-35.9	-37.9
ε_{1f}(%)	21.33	5.59	-7.58	-5.27
η_f	1.384	1.821	-1.041	-1.254
ϕ_f(°)	34.2	44.3	-39.0	-52.4

＊ PT=変相点, f=破壊点