

III-6

しらすのせん断特性に及ぼすサクシヨンの影響について

山口大学 正 員 村田 秀一

鹿児島高専 正 員 岡林 巧

鹿児島高専 学生員 ○ 水元 政仁

鹿児島高専 学生員 森下 哲郎

1. まえがき

南九州は日本でも有数の多雨地域に属し、豪雨期におけるしらす斜面の崩壊災害の多発性は、よく知られている。ところがこのしらす斜面は常時においてほとんどが不飽和状態で安定を保持しているのである。不飽和土の力学的性質の研究は、これまでに各所で行なわれているが、不飽和土は固相、液相及び気相の三相から成っているため、力が作用したときの挙動はかなり複雑なものである。したがって、不飽和土の強度試験法ならびに強度定数のとり方は、さまざまで解析法も統一されたものではない。本研究は、しらす斜面中の雨水の不飽和流動に起因するサクシヨンの変動とせん断強度の変化に着目して主として考察したものである。

2. 試料及び試験方法

試料は鹿児島県姶良郡溝辺町産の蛤殻しらすである。試料の状態は、乱した状態と乱さない状態の2種類とした。乱したしらすの供試体は $200\mu\text{m}$ 以下の粒径のものを所定の密度に振動締めした。乱さないしらす 供試体は、原位置においてしらす用カッターモールドを圧入することにより採取した。表-1に試料の条件及び試料の指数的性質を示す。飽和度の異なる供試体について図-1に示すような装置を用いて三軸圧縮試験を行なった。飽和の程度とサクシヨンのせん断強度に及ぼす影響を明らかにすることを主目的として行なったので、側圧は 0.3kgf/cm^2 を主とした。供試体の寸法は直径 5cm 、高約 12cm とした。せん断試験に先立ち供試体を約24時間飽和する。次に側圧 $\sigma_3 = 0.3\text{kgf/cm}^2$ をかけ等方圧密を行なった後、所定の飽和度にするために、乾燥剤を通した空気を通し吸引脱水した。せん断試験は側圧一定の上部排水条件で行なった。せん断速度は、過剰間隙水圧の発生しない 0.1mm/min とした。特にサクシヨンは下部ベテスタルのセラミック板(エア-エントリーバリュ- 2.0kgf/cm^2)を通じた半導体圧力変換器を用いて負の間隙水圧として計測した。

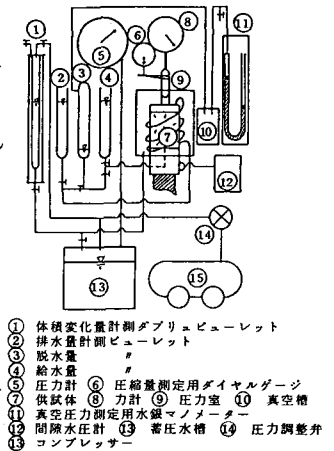


図-1 不飽和用三軸圧縮試験装置

表-1 試験の条件及び試料の指数的性質

条件	試験番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
側 圧 σ_3 (kgf/cm^2)	(96)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	1.0	2.0	0.3	1.0	0.3	0.3
初期飽和度 S_{re}	(96)	9.46	3.05	6.11	3.41	2.60	20.04	42.93	39.69	45.49	43.48	51.75	46.25	43.77
間 隙 比 e_s		0.920	0.920	0.920	0.860	0.940	0.870	0.930	0.840	0.860	0.920	0.870	0.910	0.840
土粒子の比重 G_s		2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41
初期含水比 w_s	(96)	3.61	1.17	2.34	1.21	1.01	7.24	16.56	13.90	16.26	16.55	18.72	17.40	15.30
乾燥密度 ρ_d (g/cm^3)		1.256	1.253	1.253	1.293	1.244	1.288	1.249	1.307	1.295	1.257	1.288	1.264	1.308
試料の状態		湿した	湿した	湿した	湿した	湿した	湿さない	湿さない	湿さない	湿さない	湿さない	湿さない	湿さない	湿さない

3. 試験結果と考察

側圧 $\sigma_3 = 0.3\text{kgf/cm}^2$ の条件での飽和度の違いによる応力円を乱したしらすと乱さないしらすに関して示したものが図-2である。同程度の飽和度について応力円を比較すると乱さないしらすは乱したしらすのそれよりかなり大きい値を示している。これは主として粒子間の固結効果に起因するものと考えられる。図-3は乱したしらすと乱さないしらすに関する三軸圧縮特性を示したものである。軸差応力 $(\sigma_1 - \sigma_3)$ 、体積ひずみ (ϵ_v) と軸ひずみ (ϵ_1) との関係は、不飽和状

表-2 試験結果

結果	試験番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
側 圧 σ_3 (kgf/cm^2)		0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	1.0	2.0	0.3	1.0	0.3	0.3
最大主応力 σ_1 (kgf/cm^2)		2.440	2.775	2.155	2.025	1.825	4.550	3.970	9.445	16.410	3.989	9.492	3.489	2.585
応力比 $(\sigma_1 / \sigma_3)_p$		8.133	9.250	7.217	6.730	6.083	15.157	13.234	9.442	8.205	13.297	9.492	11.630	8.630
主応力差 $(\sigma_1 - \sigma_3)_p$ (kgf/cm^2)		2.140	2.475	1.865	1.720	1.525	4.250	3.670	8.442	14.410	3.689	8.492	3.189	2.285
ポアソン比 $(dv/d\epsilon_1)_p$		0.870	0.882	0.326	0.942	0.528	1.500	1.538	1.072	0.709	1.744	0.932	0.833	0.974
最終飽和度 S_{rf} (%)	(96)	21.8	47.9	63.0	84.3	100.8	33.7	50.5	55.8	56.9	59.0	60.9	90.5	98.5
最終含水比 w_r (%)	(96)	8.91	19.11	33.10	31.65	38.93	13.71	20.91	20.54	19.31	24.26	21.66	36.10	37.74
液性限界 LL (kgf/cm^2)		-0.234	-0.076	-0.268	-0.015	-0.034	-0.207	-0.160	-0.204	-0.112	-0.141	-0.112	-0.053	-0.015

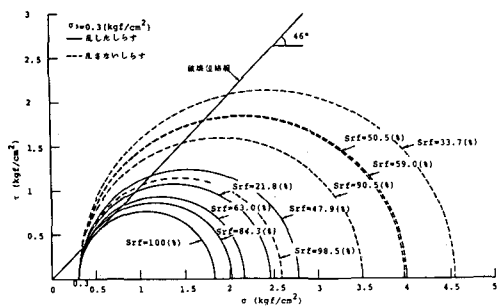


図-2 乱したしらすと乱さないしらすの応力円

態でのしらすに関して各所で行なわれたこれまでの研究^{2,3)}とはほぼ同様な傾向を示した。サクション(S_u)は乱したしらす、乱さないしらすとも初期に変化が認められるが、軸ひずみの増大とともに定常値化する傾向を示している。このことから、同一飽和度におけるサクションは、載荷応力状態にかかわらずほぼ一定値を示すものと考えられる。

図-4は、破壊時の軸差応力($\sigma_1 - \sigma_3$)、ダイレタンシー補正とした軸差応力($\sigma_1 - \sigma_3$)、サクション(S_u)、ダイレタンシー指数($dv/d\epsilon$)及び増加有効側圧(σ_3)と飽和度(S_r)の関係を示したものである。この図から破壊時の軸差応力及びダイレタンシー指数は、飽和度の低下とともに増大することが判る。このことは、また土と同様にしらすにおいても飽和度の増大とともに粒子破砕量が増加することに起因しているものと考えられる。したがって、乱したしらすに関するダイレタンシー補正後の軸差応力は、Rowe⁴⁾の提案した応力、ダイレタンシー式により求めることにした。図から明確ではないが軸差応力の最大値は、飽和度50%程度と考えられる。次に、乱したしらすに関するサクションは飽和度の低下とともに増大し、最大値が飽和度40~50%にあるものと考えられる。このサクションの最大値は、およそ23 $\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$ にも達し側圧値に匹敵することは特記すべきことである。また、増加有効側圧は、飽和時での破壊包絡線を定め、次いで任意の飽和度の試験結果を同じくダイレタンシー補正しMohrの応力円を描き、先に求めた破壊包絡線に接するように移動することから定まる最小主応力を求めることにより決定した。増加有効側圧の最大値は飽和度約60%にあると判断される。

最後に本研究と行なうにあたり山口大学工学部三浦哲彦教授に御助言をいただいた。また実験においては、山口大学工学部安福規之助手に御協力を受けた。ここに深甚の謝意を表する。なお、この研究は昭和58年度文部省科学研究費の補助を受けて実施したものであることを付記する。

参考文献 1) 山内豊雄、後藤忠雄、松田泰、村田秀一：昭和57年6月豪雨によるシラス斜面災害の特徴、昭和57年6月豪雨による鹿児島県の土砂および土石流災害に関する調査研究報告、PP.29~35、昭和52年。

2) 香山正寿：シラスのせん断特性に関する密度および含水比の影響について、鹿児島大学農学部東洋林報第2号、PP.15~22、昭和45年9月。

3) 村田秀一、三浦哲彦、安福規之：含水比変動に伴うシラスのせん断強度変化における要因について、土木学会誌38回年次大会第3部、PP.45~46、昭和58年。

4) Rowe, P.W.: The Stress-Dilatancy Relation for Static Equilibrium of an Assembly of Particles in Contact, Proc. Royal Soc., London, Ser. A, Vol. 269, PP. 500-527, 1962.

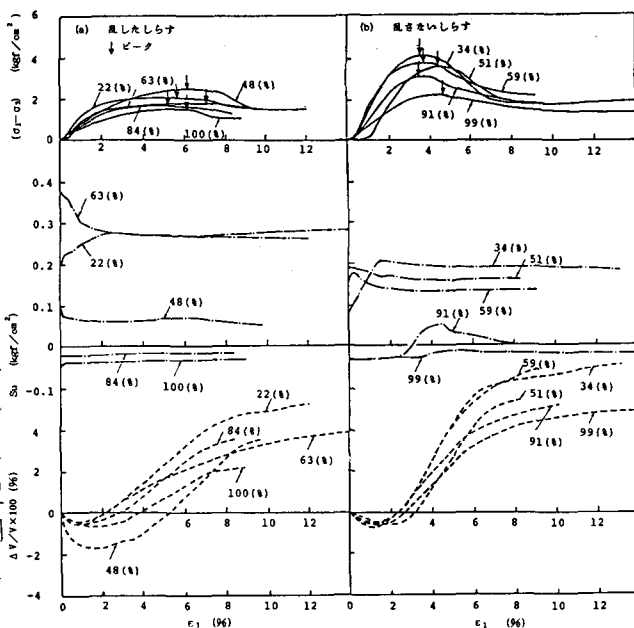


図-3 軸差応力、サクション及び体積変化と軸ひずみの関係

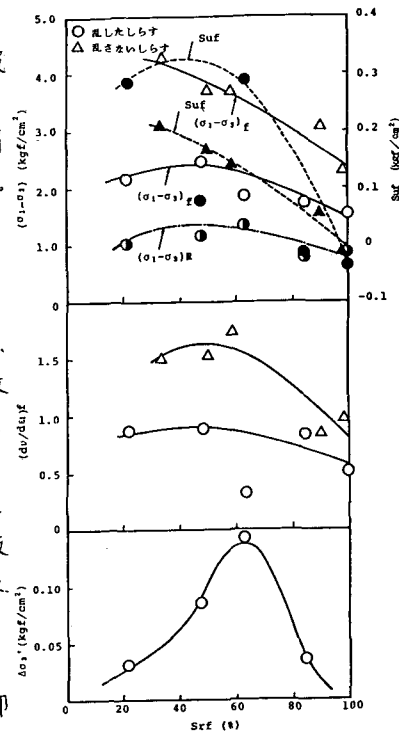


図-4 軸差応力、サクション、ダイレタンシー指数及び増加有効側圧と飽和度の関係