

不飽和しらすの力学的性質に関する実験的研究

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 学正員 神田 豊

鹿児島高専 学正員 ○別府 博幸

1. まえがき

南九州に広く分布するしらすは、自然災害の多発する特殊土として知られている。特に南九州が、日本でも有数の多雨地域に属することに起因して、豪雨時のしらす斜面の崩壊災害は、毎年のように繰り返されている。このしらす斜面の表層部は、かなり長期間降雨下にあっても一般的に不飽和状態にある。しらす斜面の安定性の検討には、不飽和状態での力学的解析が不可欠と言える。不飽和土の力学的性質に関する研究は、従来数多く行われている。しかし、不飽和土が固相、液相及び気相から成っていることに主因して力学上複雑な挙動を呈することから、それらの研究成果を直接現地の防災に供するまでに致っていない。特に降雨下におけるしらす斜面の雨水の不飽和浸透を伴った力学的安定性に関する研究は、著者らの研究¹⁾の他にほとんど例がない。本研究は、雨水の不飽和浸透を伴ったしらす斜面の比較的表面に近い部分の安定性の検討をするための基礎として、不飽和しらすのサクシヨンの評価に主に着目して行ったものである。

2. 実験方法及び試料の性質

不飽和状態でのしらすの力学的性質を究明するために不飽和土用三軸圧縮試験を行った。実験条件及び試料の指数的性質を表-1に示す。側圧は、しらす斜面の表層部を問題としているために0.1、0.3、0.5 kgf/cm²の低圧とした。間隙比及び乾燥密度は、地山しらすに近い値にした。供試体は、乱したしらすを所定の密度となるように振動締めした。ゴムスリーブは2枚重ねて使い、破損による液漏れを防止した。供試体の寸法は、直径5cm、高さ約12cmとした。不飽和土用三軸圧縮試験機の特徴は、せん断時の供試体の体積変化量を二重ビューレットで計れることと載荷に伴う過剰間隙水圧の発生を防止するための超低速せん断ができること、及びサクシヨンを下部ベDESTALに設置したセラミック板を通して負の間隙水圧として計測できるところにある。

3. 実験結果及び考察

破壊時の軸差応力と側圧の関係を示したものが図-1である。図から、軸差応力は側圧が大きくなるにしたがい、どの飽和度に関しても漸増することがわかる。さらに、側圧に対する軸差応力は、飽和度が小さな条件ほど大きな値を示す傾向にある。

表-1 実験条件及び試料の指数的性質

番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
条件														
側圧 σ_3 (kgf/cm ²)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
最終飽和度 S_{rf} (%)	22.1	36.0	41.9	45.0	48.5	51.4	54.8	69.3	83.6	85.2	95.7	97.2	101.9	108.3
間隙比 e	0.92	0.92	0.92	0.92	0.86	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
乾燥密度 ρ_d (kg/cm ³)	1.251	1.251	1.251	1.251	1.296	1.251	1.251	1.251	1.251	1.251	1.257	1.251	1.251	1.251
番号	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
条件														
側圧 σ_3 (kgf/cm ²)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
最終飽和度 S_{rf} (%)	32.2	40.7	51.7	55.3	61.4	100.8	19.2	33.5	37.1	71.6	81.5	85.3	85.7	
間隙比 e	0.97	1.01	1.07	1.01	0.99	1.05	1.17	0.98	1.09	1.10	1.10	1.10	1.11	
乾燥密度 ρ_d (kg/cm ³)	1.255	1.199	1.165	1.201	1.210	1.178	1.112	1.218	1.151	1.146	1.146	1.142	1.146	

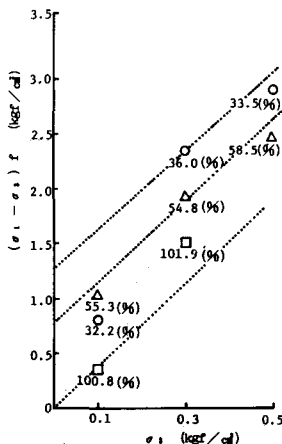


図-1 軸差応力と側圧

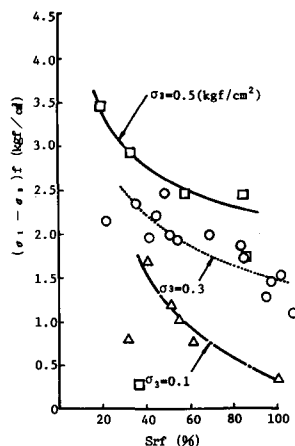


図-2 軸差応力と飽和度

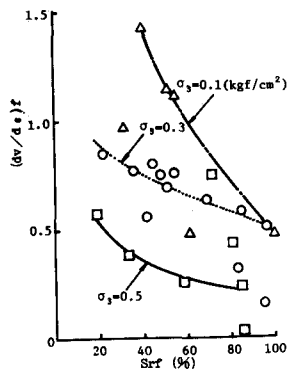


図-3 ダイレイタンス指数と飽和度

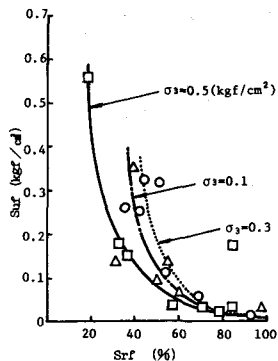


図-4 サクションと飽和度

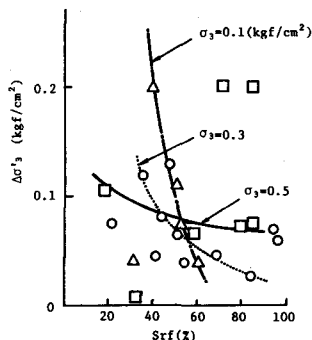


図-5 増加有効側圧と飽和度

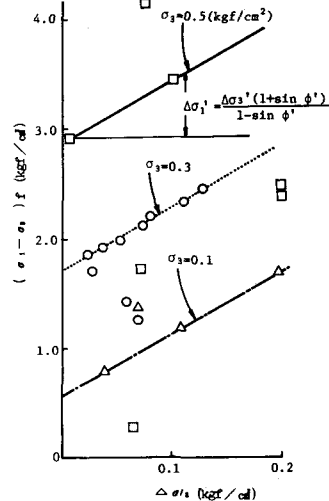


図-6 破壊時の軸差応力と増加有効側圧の関係

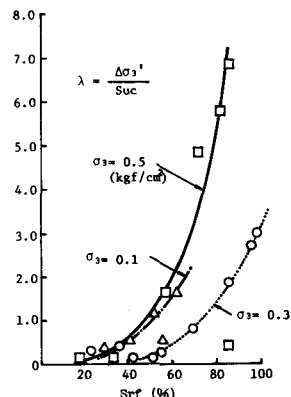


図-7 定数 λ と飽和度

図-2は、破壊時の軸差応力と飽和度の関係を示したものである。図から軸差応力は、いずれの側圧に関しても飽和度の増大とともに減少するものと考えられる。また、飽和度に関する軸差応力は、側圧が大きな条件ほど大きな値を示す傾向にある。これらのことから、各側圧での最小軸差応力は、飽和度100 (%)で与えられるものと考えられる。破壊時のダイレイタンス指数と飽和度の関係を示したものが図-3である。図からダイレイタンス指数は、どの側圧に関しても飽和度が増加するにしたがい減少することがわかる。また、側圧の小さな条件ほどダイレイタンス指数は大きな値をどの飽和度についても示していることから、側圧の小さな条件は、せん断時に大きな体積膨張を誘因させることがわかる。さらに、ダイレイタンス指数は側圧が小さくなるにしたがって飽和度に対する変化量が大きくなる傾向を認めることができる。

図-4は、破壊時のサクションと飽和度の関係を示したものである。サクションは完全飽和時に0を示し、飽和度が小さくなるにしたがい急増する傾向にある。また、側圧が大きな条件ほど飽和度に対するサクションは、小さな値を呈するようである。図-2及び4で考察したように不飽和の程度が大きくなれば、軸差応力自体も増大することを踏まえると、その要因の1つにサクションの増加が第1に挙げられよう。そこで破壊時の軸差応力に及ぼすサクションの影響を、次のような手法を用いて考察した。すなわち、完全飽和の供試体の試験結果を用い、原点を通る破壊包絡線を決定する。次に任意の飽和度の試験から得られるモールの応力円を描き、得られたサクションを間隙水圧的に取り扱い、円を平行移動する。さらに、同円を破壊包絡線に接することにより定まる最小主応力をもって増加有効側圧 $\Delta \sigma'_3$ を求めることができる。図-5は、増加有効側圧と飽和度の関係を示したものである。増加有効側圧は、各側圧とも飽和度の増大にしたがって減少すると言えよう。破壊時の軸差応力と増加有効側圧の関係を示したものが図-6である。軸差応力は、増加有効側圧の増大にしたがい増加している。またその程度は、側圧が大きな条件ほど大である。図-7は、定数 λ と飽和度の関係を示したものである。この増加有効側圧に対するサクションの割合は、飽和度の増大とともに急増する傾向にある。特に側圧の大きな条件では、増加有効側圧がサクションを卓越するものと考えられることができる。

あとがき、本研究を遂行するにあたり御指導を賜った九州大学工学部山内豊聡教授ならびに佐賀大学理工学部三浦哲彦教授に感謝の意を表する。また、本研究は昭和59年度文部省科学研究費の補助により行った成果の一部であることを付記する。

参考文献 1) 村田、岡林、永吉：不飽和しらすのせん断強度とサクションの関係、第39回土木学会学術講演会、p.35-36、1984