

乱さない不飽和しらすの排水せん断特性

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 正員 永吉 肇
 鹿児島高専 学生員 ○中野 誠
 鹿児島高専 学生員 国永 一巳

1. まえがき

地山しらす斜面を安定解析する上で問題とされるのは、主として豪雨時と地震時である。中でも豪雨時の地山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。地山しらす斜面の崩壊中最も多い崩壊形態は、せん断破壊である。この種の崩壊形態をとる地山しらす斜面の崩壊の主要因は、雨水浸透に伴う不飽和しらすの強度低下によるものと考えられる。雨水浸透に伴う不飽和しらすの力学的性質に関する研究は、各所の研究機関でかなり行われているが、不飽和しらすが固相、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、現地の防災に供するまでに到っていない。本研究は、主に乱さない不飽和しらすの排水せん断時のサクシヨンの評価に着目して行ったものである。

2. 試料と実験方法

実験に用いたしらすは、隼人町産の始良しらすである。粒度組成は、礫分16%、砂分72%、シルト分9%及び粘土分3%である。自然含水比状態での平均硬度は、32mmであり、硬質しらすに属する。試料のサンプリングは、内径5cm、高さ13cmの薄肉円筒を地山しらすに圧入する方法によった。三軸圧縮試験は、所定の飽和度以供試体を調えた後、拘束圧一定・排水条件下で行った。また、ひずみ速度は、過剰間隙水圧の発生しない0.03%/minとした。サクシヨンの計測は、供試体下部ベDESTALのセラミック盤に連結させた間隙水圧計により行った。実験条件は、表-1に示す通りである。

3. 実験結果と考察

破壊時の軸差応力と飽和度の関係を示したものが図-1である。 $(\sigma_1 - \sigma_3)_f$ は、全応力表示による最大軸差応力を示す。 $(\sigma_1 - \sigma_3)_R$ は、次式の如くRowe¹⁾の応力・ダイレイタンスー論により補正した最大軸差応力である。

表-1 実験条件

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
縦圧 σ_v (kgf/cm ²)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
最終飽和度 S_r (%)	69.70	63.80	51.50	50.80	49.50	29.90	7.80	7.40	87.80	80.10	79.50	76.00	64.30	57.80	54.50	49.00
間隙比 e_0	0.98	0.982	1.011	0.918	1.050	1.011	0.900	1.00	0.891	1.078	0.992	0.924	1.080	0.887	0.996	0.968
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	2.41	2.41	2.41
乾燥密度 ρ_s (g/cm ³)	1.217	1.204	1.190	1.258	1.170	1.198	1.248	1.205	1.274	1.160	1.210	1.253	1.156	1.277	1.228	1.225
試料の状態	不攪乱	不攪乱	不攪乱	不攪乱	不攪乱	不攪乱	不攪乱	不攪乱	不攪乱	不攪乱	不攪乱	不攪乱	不攪乱	不攪乱	不攪乱	不攪乱
	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
縦圧 σ_v (kgf/cm ²)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
最終飽和度 S_r (%)	36.80	21.30	8.12	54.10	87.00	84.20	82.00	69.70	63.80	62.80	59.80	12.60	10.60	9.50	8.8	68.00
間隙比 e_0	0.998	0.994	1.300	0.989	0.980	0.980	1.073	0.952	1.006	0.982	0.968	0.955	0.974	0.961	0.979	1.301
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	2.41	2.41	2.41
乾燥密度 ρ_s (g/cm ³)	1.237	1.215	1.050	1.224	1.217	1.217	1.162	1.294	1.202	1.216	1.206	1.233	1.221	1.229	1.283	1.047
試料の状態	不攪乱	不攪乱	不攪乱	攪乱	不攪乱	不攪乱	不攪乱	不攪乱	不攪乱	不攪乱	不攪乱	不攪乱	不攪乱	不攪乱	不攪乱	攪乱

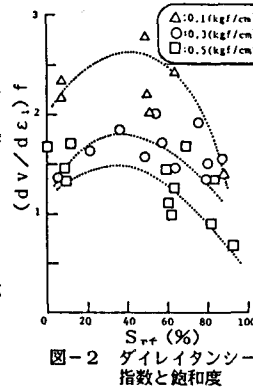


図-2 ダイレイタンスー指数と飽和度

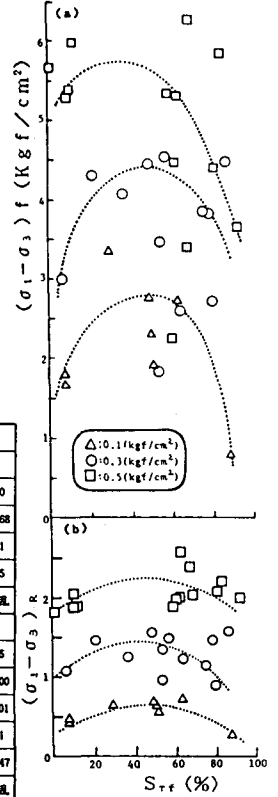


図-1 破壊時の軸差応力と飽和度

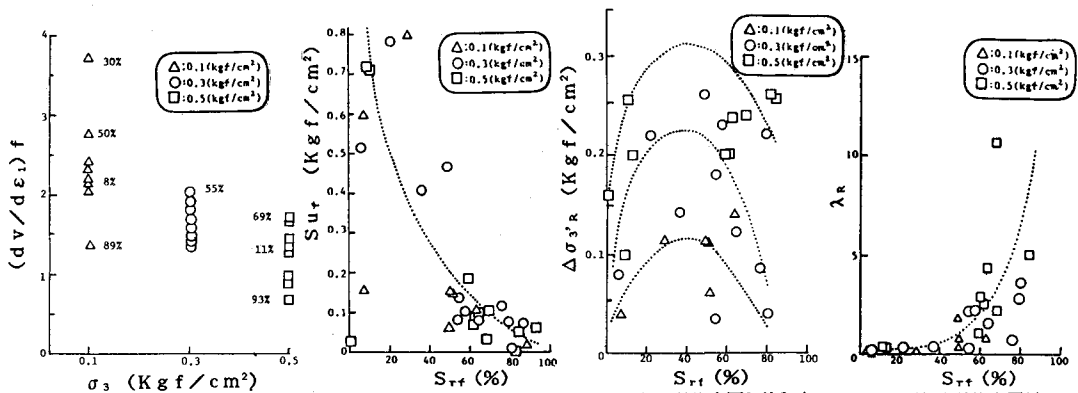


図-3 ダイレイタンス指数と拘束圧 図-4 サクションと飽和度 図-5 増加有効拘束圧と飽和度 図-6 増加有効拘束圧対サクションの比と飽和度

$$(\sigma_1 / (1 + (dv/d\varepsilon_1)_f) - \sigma_3) = (\sigma_1 - \sigma_3)_R \quad (1)$$

図より、本試料の軸差応力の最大は、飽和度40～60%にあるものと考えられる。ダイレイタンス指数と飽和度の関係を示したものが図-2である。ダイレイタンス指数は、どの飽和度状態にあっても拘束圧が小さな条件ほど大きな値を示す傾向にある。このことは、図-3に示したダイレイタンス指数と拘束圧の関係からも明らかである。すなわち、拘束圧が大きな条件ほど軸ひずみ量に対する体積ひずみ量が小さくなると言える。図-4は、サクションと飽和度の関係を示したものである。この場合のサクションは、負の間隙水圧として計測した値を用いた。飽和度に対するサクションは、飽和度が小さい条件で最大を示し、完全飽和状態で0となるものと考えることができる。増加有効拘束圧と飽和度の関係を示したものが図-5である。増加有効拘束圧の求め方は、まず、求める飽和度でモールの応力円を描き、次にその応力円を完全飽和度状態で定めた破壊包絡線に接するまで平行移動させる。この最小主応力の移動分が増加有効拘束圧である。図から、飽和の程度によって有効拘束圧に差が生じており、飽和度40～60%時に最大値があることが判る。増加有効拘束圧対サクションの比と飽和度の関係を示したものが、図-6である。これは、サクションの内いかけが増加有効拘束圧に寄与しているかを見るためのもので次式で求めた。

$$\lambda_R = \Delta\sigma_3' R / S_{rf} \quad (2)$$

図は飽和度の低下に伴って λ_R が急速に減少し、飽和度20%程度以下では、ほぼ0となることを示唆している。図-7は見かけの増加粘着力と飽和度の関係を示したものである。見かけの増加粘着力 $\Delta c'_R$ は次式により求めることができる。

$$\Delta c'_R = (1 - \sin\phi_R) * (\Delta\sigma_1' R - \Delta\sigma_3' R) / (2 \cos\phi_R) \quad (3)$$

見かけの増加粘着力は、増加有効拘束圧と同様に飽和度に大きく依存すると言える。図-8は、破壊時の軸差応力と増加有効拘束圧の関係を示したものである。図から最大軸差応力が増大するにしがたい、増加有効拘束圧も漸増することが判る。破壊時の軸差応力と拘束圧の関係を示したものが図-9である。破壊時の軸差応力は、拘束圧が増大するにしがたい増加することが判る。しかも、その程度は、飽和度60%付近が最大となると言える。

4. あとがき 本研究では、主に乱さないしらすの軸差応力、増加有効拘束圧及び見かけの増加粘着力の最大値は、飽和度40～60%にあること、これらの各強度定数が増大する要因としてサクションが寄与していることなどを明らかにした。最後に、本研究を進めるにあたり、懇切な御指導をいただいた九州産業大学工学部山内豊聡教授に感謝の意を表する。また、本研究は、文部省科学研究費（特定研究）の補助を受けたことを付記する。

参考文献：1) Rowe, P.W.: Stress-Dilatancy Relation for Static Equilibrium of an Assembly of Particles in Contact, Proc. Royal Soc., London, A-269, pp.500-527, 1962.

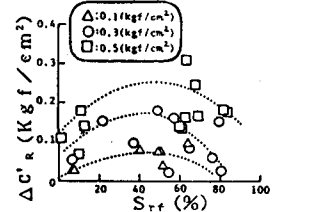


図-7 見かけの増加粘着力と飽和度

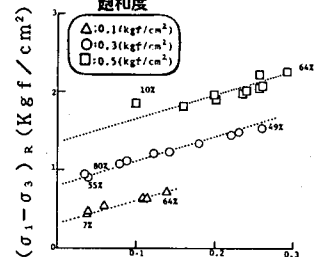


図-8 破壊時の軸差応力と増加有効拘束圧

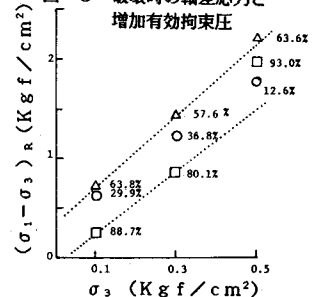


図-9 破壊時の軸差応力と拘束圧