

サクシオン履歴を与えた不飽和土のせん断特性について

山口大学工学部○学生員 舘上和史 山口大学工学部 正員 村田秀一
山口大学工学部 正員 兵動正幸 山口大学工学部 正員 安福規之

1. まえがき

近年、不飽和土に関する研究が多くの研究者によって見直されている。このような状況の中で、本研究では、不飽和土の変形強度特性及びストレスダイレタンシー特性について、サクシオン S_u (間隙空気圧 U_a - 間隙水圧 U_w) の大きさとサクシオン履歴に注意を払って検討したものである。

2. 試料及び実験方法

試料について：実験に用いた試料の指数的性質を表1に示している。供試体は、試料をモールド内で所定の間隙比(試料を採取した地山の間隙比)になるように締固めて作成される。締固めは、モールド内で12～15層に分けて行い、供試体の高さと同径はほぼ12cm, 5cmとなる。実験機は一重セル型の三軸試験機で、従来と同様のものである¹⁾。また用いた応力パラメータは次のようである。 $p = (\sigma_1 - 2\sigma_3)/3 - u_a$, $q = (\sigma_1 - u_a) - (\sigma_3 - u_a)$, $\eta = q/(p + p_r)$ (図5参照)、 $S_u = u_a - u_w$, $v = e_1 + 2e_3$, $e = 2(e_1 - e_3)/3$, $v = \int (dV_w/V)$, ここで v_w は吸排水率を表す。

試験手順について：本研究では、まず図1と表2に示すような S_u - p 等方圧縮経路の条件で、圧縮試験を行い、その後、 S_u を一定に保った状態で p 一定の排水排気三軸圧縮試験を実施した。また載荷は応力制御で行い、与えられた荷重増加分に対し体積変化と吸排水量が、0.01cc/hour以内になったら次の荷重増分をあてえることを原則とした。すべての試験は、点A($S_u=25$ kPa, $p=10$ kPa)を初期状態として行われた。なお、以下の議論はせん断過程における応力ひずみ吸排水量特性にかぎられる。

3. 実験結果と考察

変形強度特性：図2は、図中に示す応力経路で圧縮試験を行った後、それぞれサクシオン ($S_u=0, 25, 50, 100$ kPa) を一定に保った状態で平均主応力 ($p=100$ kPa) 一定せん断試験を行った結果をまとめて示している。(a)図は、 q と e_1 の関係を示しているが、一定の q で比べると S_u が大きいもの程 e_1 が小さくなっている。また、(b)図の q - v 関係においても同様の傾向が見られるが、(c)図の q - v_w 関係においてはそのような傾向は見られなかった。このことはサクシオンが e_1 と v の変化を抑制する方向に作用し、吸排水量に対しては一義的に作用しないことを表わしている。図3、4は、異なる圧縮経路を経た同じ応力状態からのせん断結果をそれぞれ比較したものである。図3は圧縮過程において S_u 除荷履歴のない場合だけを、図4は S_u 除荷履歴のある場合とない場合とをそれぞれ比較したものである。これらの関係から、変形強度特性に及ぼす圧縮経路の違いの影響は、特に圧縮過程において除荷履歴のある場合に顕著に表れることが明らかになった。図5は、破壊時の応力状態を p - q 平面上に表したものである。この図から、この試料の場合、 S_u が増加すると p 軸との切片 p_r は増加する(除荷履歴のあるものを除いて)が、勾配 M は1.26～1.32とさほど変わらない値となることが分かる。

ストレスダイレタンシー特性：図5の中で示している p_r の項を取り入れた応力比 η を用いて描いた応力ひずみ関係(η - e - v 関係)の一例を図6にまとめて示した。この図は $P=100$ kPa, $S_u=25, 50, 100$ kPaの条件(S_u 除荷過程を含まない場合)で行ったせん断結果を示している。この図から、ここで示した応力比を用いて不飽和土の応力ひずみ関係を整理すれば、応力ひずみ挙動に及ぼす S_u の影響を少なくとも q をパラメータとして用いるよりは客観的に評価できそうである。図7は、図6に示されている η - e - v 関係に基づいて描いたひずみ増分比 dv/de と η の関係を示している。(a), (b), (c)図は、圧縮過程において S_u 除荷履歴のない試験の結果であり、それぞれ $S_u=100, 50, 25$ kPaの条件における η - dv/de 関係を示している。これらの関係から、不飽和土の η - dv/de 関係は p , S_u に依存せず一義的に決定できそうである。(d)図は、 S_u 除荷履歴を受けた供試体の η

表-1 試料の指数的性質

	Sample A
比重 G_s	2.705
液性限界 w_L (%)	47.50
塑性限界 w_p (%)	36.74
塑性指数 I_p	10.74
初期固結比 e_0	0.934 ~ 1.002
初期含水量 Sr_0 (%)	81.12 ~ 92.24
初期含水比 w_0 (%)	29.10 ~ 32.90

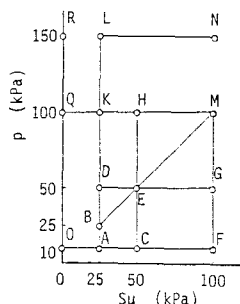


図-1 圧縮経路図

表-2 圧縮経路

Test No.	Stress Path
1	A-K-M
2	A-D-G
3	A-L-N
4	A-F-M
5	A-B-M
6	A-K-M
7	A-K-H
8	A-F-M-K
9	A-F-G-D
10	A-F-G
11	A-K
12	A-D
13	A-D-E
14	A-C-H
15	A-F-M-K-Q
17	A-O-Q
18	A-O-R

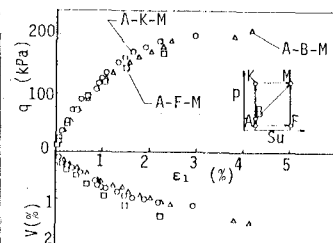


図-3 $q-\epsilon$ 関係

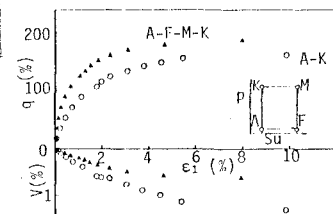


図-4 $q-\epsilon$ 関係

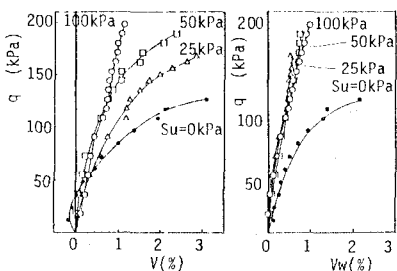
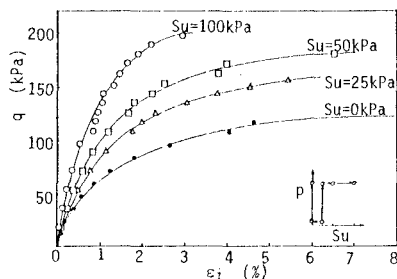


図-2 $q-\epsilon$, v , v_w 関係

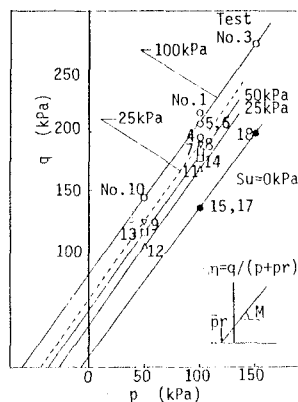


図-5 破壊包絡線

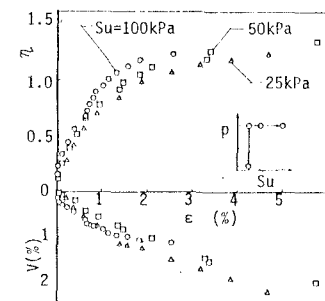


図-6 $\eta-\epsilon$ 関係

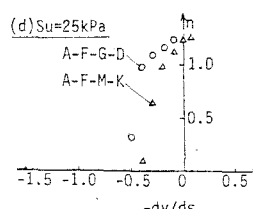
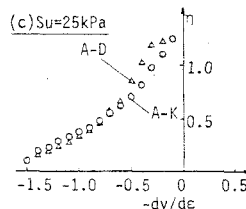
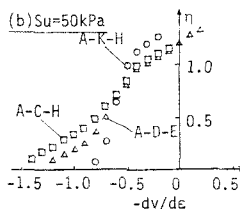
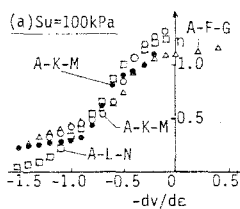


図-7 不飽和土のストレスダイラテンシー特性

-dv/de 関係を示したものであるが、この場合の $\eta-dv/de$ 関係は飽和土という過圧密土的特性を示しているように思われる。これらのことから、不飽和土のストレスダイラテンシー特性を検討する上で、ここで用いた応力比 η は有効なものであると考えられる。

参考文献、1) 村田・兵動・安福：不飽和土の工学的性質研究の現状シンポジウム，pp. 11-16, 1987