

不飽和土の力学特性

その1-サクシヨンの径路に着目した体積変化挙動

山口大学工学部 正員 村田秀一
山口大学工学部 正員 安福規之
日特建設(株) 正員 近藤保徳
名古屋大学大学院 学生員 ○岡本達也

1. まえがき

不飽和土の力学挙動について統一的かつ合理的な解釈を加えた研究は、いまだなされていないのが現状であろう。その理由のひとつとして、不飽和土の力学挙動は、サクシヨンの S_u に大きく影響を受けるにもかかわらず、その不飽和土を特徴づけるサクシヨンの力学特性への影響が、明確にされていないことが挙げられる。そこで本研究は、不飽和供試体の等方圧縮試験を行うことにより、不飽和土の力学特性を基本的に問い直してみることを試みた。

2. 試料および実験方法

試料は、美祿市郊外で地山より採取した強風化した残積土である。実験には、採取した風化残積土の試料を空気乾燥して使用した。表-1に、この試料の指数的性質を示す。供試体は地山まさ土の諸状態を目標に、間隙比 $e = 1.32$ 、含水比 $w = 36.36\%$ として締固めたものを用いた。本研究では、①平均有効主応力 p' 一定条件下でサクシヨンを变化させる等方圧縮試験、②サクシヨン一定条件下で平均有効主応力を変化させる等方圧縮試験、③含水比一定条件下で平均有効主応力を変化させる等方圧縮試験の3通りの試験を実施した。サクシヨンは、間隙水圧 U_w を大気圧に解放し、間隙空気圧 U_a を供試体上部より強制的にかけることにより任意に与えた。なお、サクシヨンは絶対圧力であると考えられ、 U_a 、 U_w の個々の大きさには依存しないものである。载荷は、体積変化および吸排水量が、 0.01cc/h 以内に落ち着くまで一定に保つ方法で行った。飽和供試体は、供試体を飽和させるためバックプレッシャーとして、 $U_w = 100\text{kPa}$ を加えた。また含水比一定試験では、間隙空気圧を一定に保った状態で非排水圧縮試験を行い、圧縮過程における間隙水圧の変化を測定した。サクシヨンは、最大 150 kPa まで载荷して実験を行なった。不飽和土の等方圧縮試験に用いた代表的な圧縮経路は、図-1に示すとおりである。

3. 実験結果と考察

1) 体積変化特性 図-2に飽和土と不飽和土の $e \sim \ln p'$ 関係を示した。これより、いずれの不飽和状態の曲線の形状も、飽和状態の形状と等しく、急曲部を1つ持ち、その前後で直線状を呈している。同様の結果は、軽部らによっても報告されている。¹⁾ この急曲部が、サクシヨンが増加するに伴い大きくなる傾向にあることは、サクシヨンが土構造の剛性を高める働きをすることによりうまく説明できる。

表-1 試料の指数的性質

比 重	G_s	2.692
液 性 限 界	$W_L(\%)$	57.25
塑 性 限 界	$W_P(\%)$	38.33
塑 性 指 数	I_P	18.92
砂	(%)	13.90
シルト	(%)	59.10
粘土	(%)	27.00
乾燥密度	$\rho_d (\text{g/cm}^3)$	1.081-1.289
間隙比	e	1.121-1.490
含水比	w	35.9-38.4
飽和度	S_r	70.0-75.0

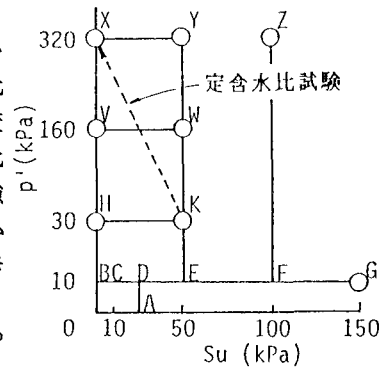


図-1 等方圧縮経路

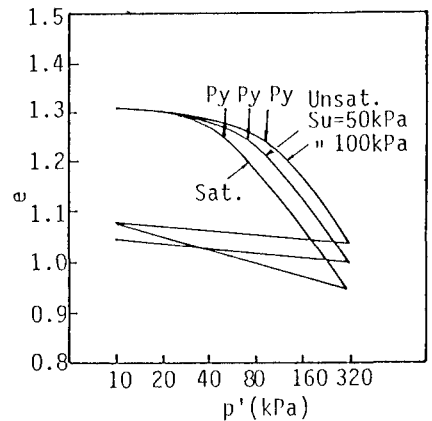
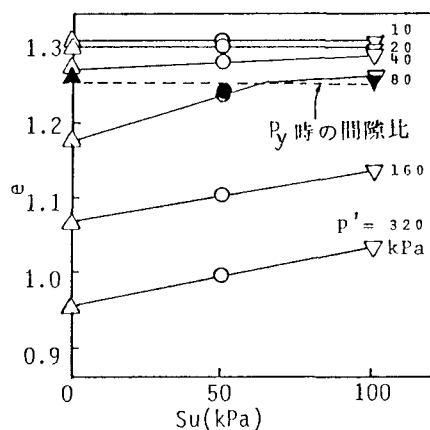
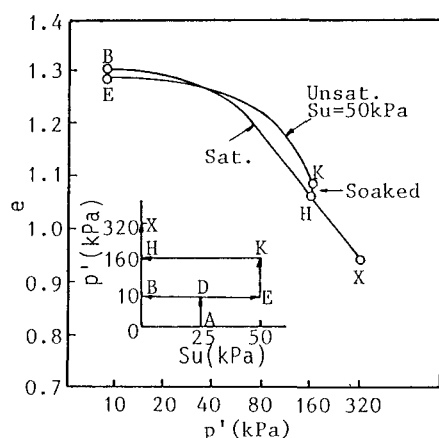


図-2 不飽和土の $e \sim \ln p'$ 関係

平均有効主応力をパラメーターに、間隙比とサクシヨンの関係を示したものが図-3である。図中の点線は、先の $e \sim \ln p'$ 曲線より得られた圧密降伏応力時の間隙比を意味する。 p' 一定の条件では、サクシヨンが小さい供試体ほど、小さな間隙比を示すことが伺える。この傾向が応力径路によらないことは、図-4に示す $S_u = 50 \text{ kPa}$, $p' = 160 \text{ kPa}$ より p' を一定に保った状態でサクシヨンを減少させ飽和させた結果が、飽和土の $e \sim \ln p'$ 曲線上に乗ってくることから言える。この現象は、コラップス現象（体積減少）と呼ばれるもので、不飽和土特有の現象である。一方、 $S_u = 50 \text{ kPa}$ $p' = 30 \text{ kPa}$ の状態から p' 一定条件下でサクシヨンを減少させ飽和させると、コラップス現象はおこらず、逆に若干膨張をきたすことにより飽和土の $e \sim \ln p'$ 曲線上に乗ってきていることも確かめている。これらの試験結果より $e \sim \ln p'$ および $e \sim S_u$ 関係は圧縮径路に依存しないことが明らかとなった。

図-3 $e \sim S_u$ 関係図-4 圧縮径路の違いによる $e \sim \ln p'$ 関係

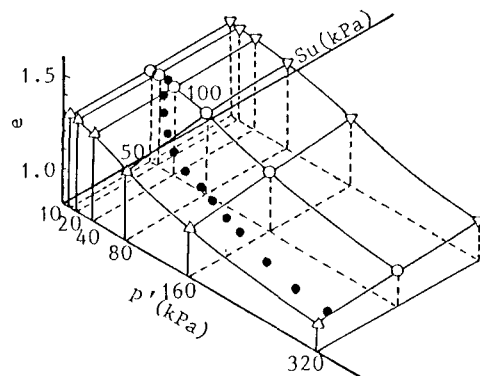
4. まとめ

1) サクシヨン一定下における等方圧縮試験の間隙比と平均有効主応力の関係は、飽和土の $e \sim \ln p'$ 曲線と同様の形状を示すことがわかった。しかし、その圧縮性は、サクシヨンの増加に伴い低下する傾向にあり、サクシヨンは土構造の剛性を高める方向に働くことが明らかになった。

2) 圧縮過程にある制限を設けるなら、応力空間において不飽和土の状態面 ($e \sim S_u \sim p'$ 関係) は、圧縮径路に依存せずユニークに決定できることが明らかになった。

参考文献

- 1) 軽部大蔵、苗村康造、森田登、岩崎哲雄：不飽和土の力学的性質に関する基本的研究，土木学会論文報告集，第269号 pp105-119，1978
- 2) Matyas, E.L. & Radhakrishna, H.S.: Volume change characteristics of partially saturated soils. Geotechnique, 18(4), pp432-448, 1968

図-5 状態面 ($e \sim p' \sim S_u$)