

宮崎大学工学部 正員 藤本 廣
阪神コンサルタント 正員 村上 哲
建設省関東地建 正員 加治屋義信

1. まえがき

不飽和土の強度特性、特に見かけの粘着力成分の変動を現象論的に説明する際に、Bishopの有効応力表示に基づいてサクションの概念を導入することは一つの有効な手段ではある。しかし、現在、いわゆるサクションについての定義が極めて多岐であること、土のせん断変形に伴う骨格構造の変化(ダイレイタンシー)に応じてせん断領域内のサクション値が変動する可能性のあることを考慮すると、上述のことはよほど普遍性のあるものとは断言しがたい。最近、着者らはこのような観点から、不飽和土の強度特性の解明に最も合理的に採用しうるサクションの概念についての再検討を始めているが、その第一報として本文では、せん断領域内のサクション値の変動を予想して、骨格構造とサクション値との相関性と実験的に検討した結果を報告する。

2. 実験方法

試料には、粘性土としてベントナイト(記号B)とカオリン(記号K)、非粘性土として豊浦砂(記号Ts)とシラス(記号Si)を採用した。それらの物理的性質を表-1に、粒度曲線を図-1

に示す。シラスは豊浦砂の粒度に近似するように宮崎県関ノ尾シラスを粒度調整したものである。

サクションの測定には、粘性土(試料BとK)については遠心分離法と、非粘性土(試料TsとSi)についてはサクションプレート法を採用した。測定時の供試体条件として、試料Kはその標準締固め試験による締固めの曲線の最適含水状態(間隙比 $e=0.97$)、および乾燥側($e=1.00, 1.28, 1.50$)で静的に締固めて供試体をつくり、温気箱で48時間養生した後24時間吸水飽和させた。試料Bは試料Kの条件の一つ($e=1.28$)で供試体をつくり、同様に吸水飽和させた。試料TsとSiは間隙比一定(それぞれ $e=0.97$ と $e=1.26$)で飽和度だけ変化した。飽和度はいずれも $S_r=0, 10, 20, 30$ のらびに50%とした。

3. 実験結果と考察

Aitchisonによると、Marshall(1959)はサクションとtotal suction(h_T) = matrix suction(h_m) + solute suction(h_s)として表わし、 h_m は主として土粒子の形状や配列、つまり毛管形状のような土の物理的・構造的因子に左右されるサクションとし、 h_s は液相(間隙水)の溶質による浸透圧のような化学的因子に左右されるものとしている。今回採用したサクションプレート法と遠心分離法で測定されるサクションは h_m に相当する。したがって、測定されたサクション値の差は供試体の骨格構造や間隙形状の差異を間接的に示すものと考えらることにする。図-2はサクションプレート法で測定した粒度調整シラスと豊浦砂のサクション-時間関係の一例で、飽和度 S_r もパラメータに

表-1. 試料の物理的性質

	G_s	Consistency			A_c	Compaction Characteristics				
		L.L.	P.I.	S.L.		0.1Mc	$d_{g,max}$	$S_{r,dry}$	C_{min}	
B	2.40	468.5	431.8		4.64	54.0	1.016	95.8	1.36	
K	2.67	52.8	25.6		0.28	31.0	1.420	93.3	0.70	
Ts	2.66		N.P.							
Si	2.34		N.P.							

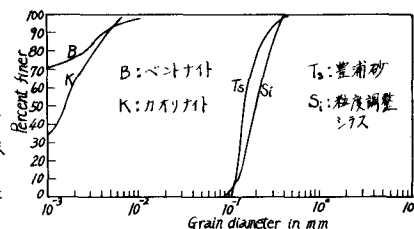


図-1. 試料土の粒度曲線

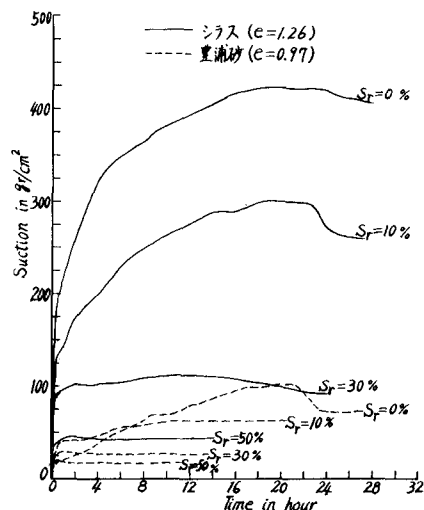


図-2. 粒度調整シラスと豊浦砂のサクション・時間関係による測定結果(サクション・時間関係)

してある。これより、粒度が同一でも、間げき比、間げき性状（粒子形状）の異なるシラスと豊浦砂では、また同一の間げき形状でも飽和度の異なる場合には、平衡サクションに達する過程が著しく相違するということが良くわかる。図-3は平衡サクションに達した値を p_f 値で表わし、飽和度に対してプロットしたものである。両図からサクション値の大小は単に間げき比のみで推測できず、間げき形状も考慮する必要があることが良くわかる。この間の関係を定量的に説明する手段としては土粒子の比表面積を指標として導入することが合理的と考えられる。

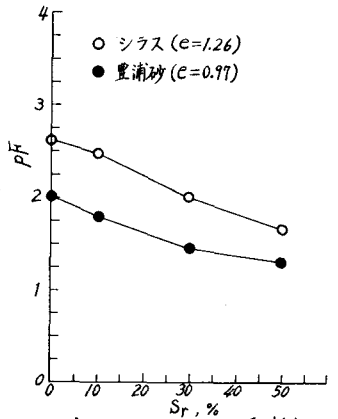


図-3 粒度調整シラスと豊浦砂の p_f -飽和度関係

次に、粒子形状が同一の場合に、間げき比の大小（間げき比 e の大小）がサクションに及ぼす影響をみてみると図-4のようになる。図はカスリンの最適含水状態（OMC）と乾燥側（D.S.）の供試体の p_f -含水比曲線である。これより、同一試料の場合、間げき比自体の影響もかなり大きいことが明らかである。この点について、Olson²⁾や鬼塚³⁾はサクションに対して乾燥密度や間げき比は殆んど影響しないと報告しているが、著者はやはり無視しないものと考えている。

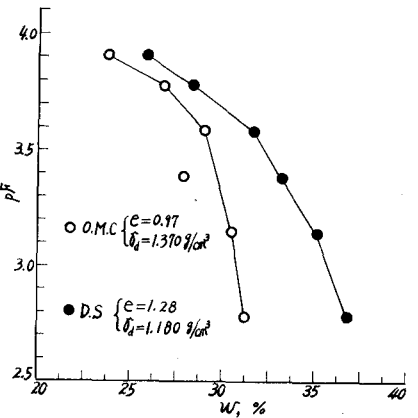


図-4 間げき比とパラメータカスリンの p_f -含水比曲線

一般に、サクションは含水比、間隙形状そして飽和度の複雑な関数関係で示されるべきものであるが、これらの要因の中でのどの要因が卓越した影響を与えているか、という点に在りて定量的に不明である。

ここで著者はこの点についての解明の手がかりとして、とりあえず“構造指数”と名付けた概念を導入することを提案する。図-5において、 a 点と c 点では間げき比が同一であり、 a 点と c 点では p_f が、 a 点と b 点と c 点では含水比が同一である。いま、 a, b, c における飽和度とそれぞれ S_{ra}, S_{rb} および S_{rc} とし、 $S_{rb}-S_{ra}=4S_{r1}$ 、 $S_{rc}-S_{rc}=4S_{r2}$ として、 $4S_{r2}-4S_{r1}=I_s$ を構造指数と呼ぶことにする。こうようにすると、 $4S_{r1}$ は間げき比が一固定で含水比の違いによる飽和度の差を、 $4S_{r2}$ は含水比が一固定で間げき比の違いによる飽和度の差を示す。ここで図-4からも推測されるように、 $4S_{r2}$ の方が $4S_{r1}$ よりかなり大きくなるに拘らず、 a 点と c 点では同一の p_f を示している。こうしたことより、同一含水比で間隙比が b 点に対して c 点の方が大きくなって、それによって c 点の飽和度が低下した分だけ高くなるはずの p_f と a 点と c 点の間げき比の差が影響して同値にしているものと考えられる。以上は同一試料で間げき比が異なる場合についてであるが、異なる試料については I_s は粒子形状、粒度、粒子配列などの相異による本質的な骨格構造のサクションに対する影響の度合を示すものと考えられる。

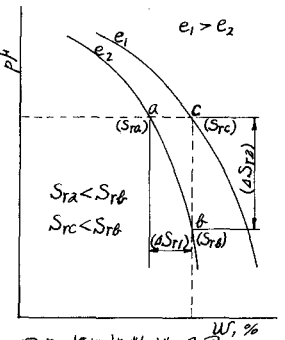


図-5 構造指数説明図

4. おわりに

マトリックス・サクションを砂質土と粘土について測定した資料から、その値は間げき比、間げき形状（骨格構造）、含水比（飽和度）の複雑な関数関係で構成されることを再確認し、それらの因子の影響度合を定量的に知るために構造指数という概念の導入を提案した。

終りに、八千代エン지니어リングK.K. 勤務の川内高明君も共著者の一入であることを付記して謝意を表す。

参考文献

- 1) Aitchison, G.D.: Relationships of Moisture Stress and Effective Stress Functions in Unsaturated Soils, Pore Pressure and Suction in Soils, 1964, pp.47-52.
- 2) Olson, R.E. Langfelder, L.J.: Pore Water Pressure in Unsaturated Soils, Proc. ASCE, Vol. 91, No. SM4, pp.127-130.

3) 鬼塚, 大村: 神岡が不飽和土の間げき比を測定, 全国土壌工学会