

不飽和土の基底応力の適用について

長野工業高等専門学校 正 ○ 阿部廣史
同 上 正 松下英次

1. はじめに

不飽和土においては、間隙空気圧を規準とした全応力の大きさとして、基底応力 σ_{net} (net stress) が定義され、この応力を適用した強度定数 c_{net} , ϕ_{net} として表示されている¹⁾。一方、古くから提案されている Bishop の不飽和土の有効応力式は、変形特性には適用できないが、破壊状態には適用可能なことが示されてきている。そこで、ここでは排気・排水せん断試験（サクシヨン一定試験）と排気・非排水せん断試験（含水比一定試験）における基底応力と有効応力の関連について述べるとともに、サクシヨンを任意に与えた排気・排水せん断試験（拘束圧は加えない一軸圧縮試験）結果を用いて、強度定数 c_{net} , ϕ_{net} の適用問題について考察する。

2. 不飽和土の基底応力と有効応力

基底応力は、次式で定義され；基底応力：

$\sigma_{net} = \sigma - u_a$, サクシヨン； $s = u_a - u_w$,

として示されるものとする。Bishop が提案

した不飽和土の有効応力式は；

$\sigma' = (\sigma - u_a) + \chi(u_a - u_w)$, χ は；土の応力履歴・飽和度などにより決まる実験係数として示される。

a) 排気・排水せん断試験

この試験は、サクシヨン一定試験とも呼ばれ、飽和土における排水せん断試験に対応する。この場合、飽和状態の三軸圧縮試験より得られる ϕ' に対し、基底応力で整理した ϕ_{net} は ϕ' にほぼ等しいか、あるいはサクシヨンの増大に伴いわずかに大きくなると考える実験結果が示されている。 c_{net} , ϕ_{net} と Bishop の χ の関係を図-1 に示す。 ϕ_{net} が ϕ' に等しいと $\chi(u_a - u_w)$ は図の横座標上で示される。サクシヨンを変えて同様な試験を繰返すと、図-2 に示すようなサクシヨンと c_{net} の関係が得られる。この時、図-3 で保水特性の概念図を示したが、空気浸入値(AEV)以下では飽和状態と同様な線形的な挙動を示し、 $\chi = 1$ の状態である。AEV を超えるとその増加割合は徐々に小さくなり、 $\chi < 1$ となる。すなわち χ はサクシヨンが不飽和土の有効応力に及ぼす寄与割合を示していると考えるべきである。

b) 排気・非排水せん断試験

この場合は、せん断中に排水が生じないことを前提とし、含水比一定試験と呼ばれることもある。飽和土における圧密・非排水せん断試験に対応すると言える。排気・非排水せん断試験の c_{net} , ϕ_{net} と Bishop の χ の関係を図-4 に示す。ここでは、一般に ϕ_{net}

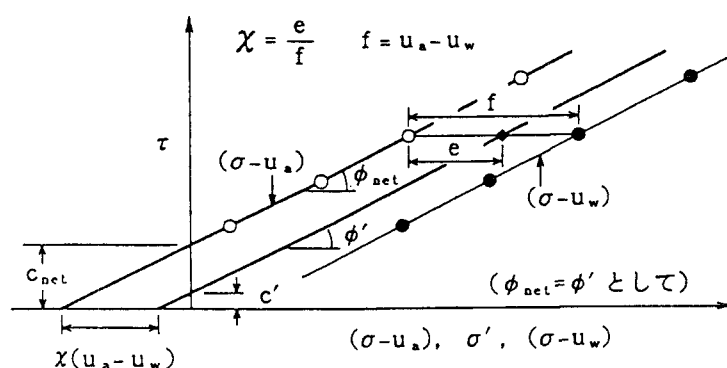


図-1 c_{net} , ϕ_{net} と Bishop の χ の関係
[排気・排水せん断試験の場合]

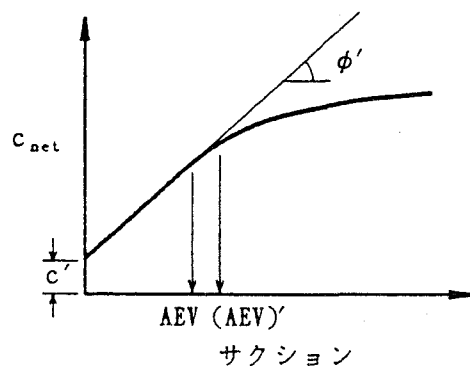


図-2 サクシヨンと c_{net} の関係

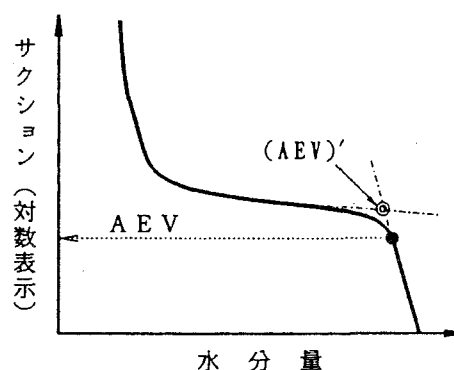


図-3 保水特性曲線の概念図

$\neq \phi'$ であるため、図-1 に示すような関係は得られないが ϕ' が既知であれば、それぞれの破壊時の χ は算定できる。現在のところこの試験は飽和土との関係などについて十分に解明されていない試験でもあり、強度を予測する場合には原位置での応力・サクションを予測し、状況に合わせた試験を実施することが望ましい。

3. 試験結果とその評価

三軸圧縮室を用いて、 $u_w=0$ (大気圧)、セル圧 $= u_a$ と設定すると、任意のサクションを有する供試体が作成できる。このままの状態ですせん断試験を行うと一軸圧縮試験が可能となる。図-5 では3種類のサクションを有する一軸圧縮試験の結果を示している。この試験は排気・排水せん断試験として実施している。ここで $\phi_{net} = \phi'$ が成り立つと仮定すると、破線で示した破壊線が想定でき、 c_{net} が求まる。この試験で得られた c_{net} とサクションの関係を図-6 に示す。

なお、図-2 で保水特性曲線の概念図を示したが、間隙径が幅広く分布するような一般的な土の場合、AEV の位置は容易に決まらない場合が多い。そこで、図-2 に示した直線的傾向を示す2本の線の交点を AEV' と定義すると、これまでの種々の試験結果から図-7 に示す関係が得られている。粘土分が更に増すと直線関係は失われるものと想定されるが、砂質土においては便利な関係と考える。すなわち粘土含有量が分かると AEV' が推定でき、この領域までのサクションは $\chi = 1$ として取扱えることになる。

4. まとめ

不飽和土の基底応力の適用問題と Bishop の有効応力式との関連、保水特性の取扱などについて示した。不飽和土として取扱うべき事例も多くあり、適用に際しては的確な判断が必要となることを指摘したい。

<参考文献> 1) 地盤工学会編：不飽和土の三軸圧縮試験，土質試験の方法と解説，第7編せん断試験，pp.524～541，2000。

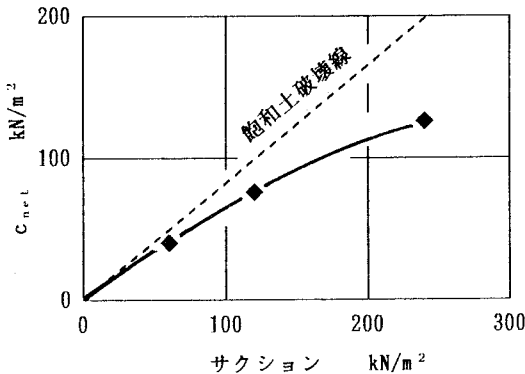


図-6 サクションと c_{net} の関係

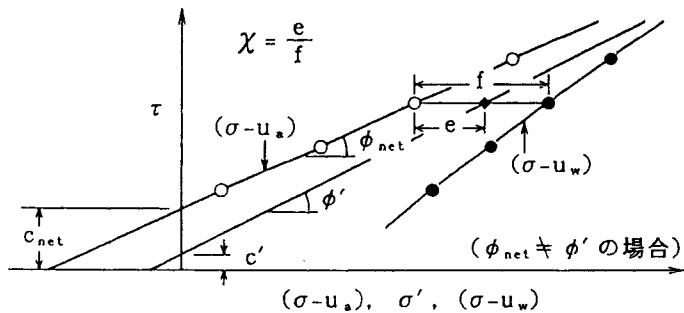


図-4 c_{net} , ϕ_{net} と Bishop の χ の関係
[排気・非排水せん断試験の場合]

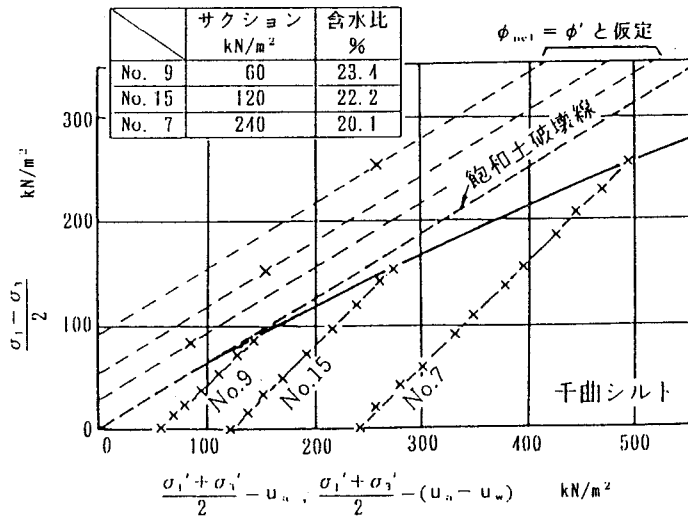


図-5 一軸圧縮状態での排気・排水せん断試験

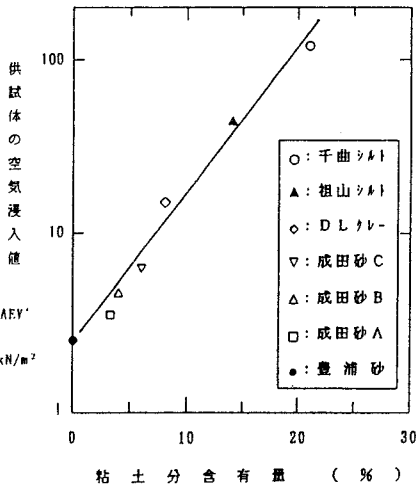


図-7 供試体の空気浸入値と粘土分含有量の関係