

III-92 応力履歴を受けた不飽和粘性土の力学的性質

大成建設(株) 正会員 ○ 森 益基
 長岡技術科学大学工学部 正会員 小川 正二
 同上 正会員 杉本 光隆
 長岡技術科学大学大学院 学生会員 音 勇一

1. まえがき

不飽和土では土中に間隙水圧と間隙空気圧が異なった圧力で存在しているため、その圧力差であるサクションが土のせん断挙動に複雑な影響を及ぼしている。しかし、本文では含水比と応力履歴が不飽和土の力学的性質に与える影響についてのみ述べている。

2. 試料および実験方法

実験には、新潟県柏崎市米山より採取した $G_s=2.82$ 、 $w_L=64.2\%$ 、 $w_P=36.6\%$ の米山粘土の $840\mu m$ ふるい通過分を用いた。

試験に用いた供試体は、含水比 $w=27\%$ 、 31% 、 35% で静的に締め固めて作成した。三軸圧縮試験では、静的に締め固めたときに載荷した軸圧以上の一定の圧力で先行圧縮圧力 p_c を与え、その後、所定の拘束圧 σ_3 まで圧力を除荷してからせん断した。したがって、せん断時の供試体の拘束圧は σ_3 であるが、その前に p_c の圧力で等方的に締め固められていることになる。このときの先行圧縮圧力 p_c とせん断時の拘束圧 σ_3 との比 p_c/σ_3 を先行応力比 α と呼ぶことにする。

3. 締め固め時の土の圧縮性

初期間隙比が2.0の不飽和土をモールド内において圧縮応力 p で締め固めると、間隙比 e は $\log p$ の増大とともに減少する。そのときの圧縮指数(C_c)と飽和度(S_r)の関係は図-1のようになり、飽和度が約70%以下の範囲では(C_c)は(S_r)に関係なくほぼ一定値となるが、飽和度が約70%を越えると(C_c)は(S_r)の増大とともに直線的に減少する。なお、 $S_r=100\%$ での圧縮指数は、飽和粘性土の圧密試験より求めた圧縮指数にほぼ等しい値となっている。図に示すように $C_c \sim S_r$ 関係は含水比に関係なく一本の線上にプロットされ、不飽和土の圧縮指数は飽和度のみの影響を受けていることがわかる。さらに($S_r \approx 70\%$)で急激に(C_c)が減少していることから、(C_c)は排気と排水のモードによって決まり、排水の比率が高まるほど(C_c)は小さくなるものと考えられる。

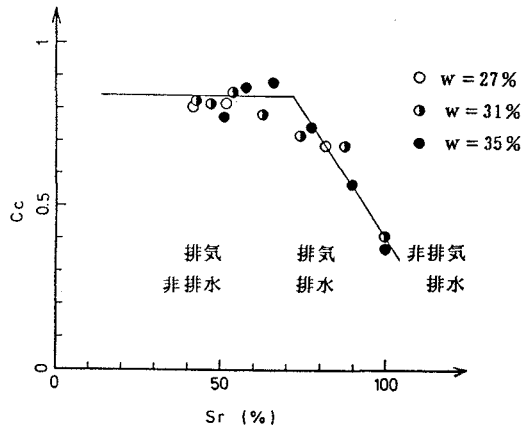


図-1 土の飽和度と圧縮指数の関係

4. 応力~ひずみ関係

先行応力比 α の異なる不飽和土を静的にせん断した場合の軸差応力 q と軸ひずみ ε との関係は図-2のようになり、 $\varepsilon < 5\%$ の範囲ではせん断時の拘束圧が小さいのにも拘らず、 $\alpha > 1$ の場合に $\alpha = 1$ の場合よりも q は大きくなる。しかし、 $\varepsilon > 5\%$ となると q には σ_3 の大きさの影響がみられ、 α が大きくても q は小さくなる。

また、 ε が5%と15%のときの $q \sim \varepsilon$ 曲線の接線勾配 $dq/d\varepsilon$ は、図-3に示すように p_c に関

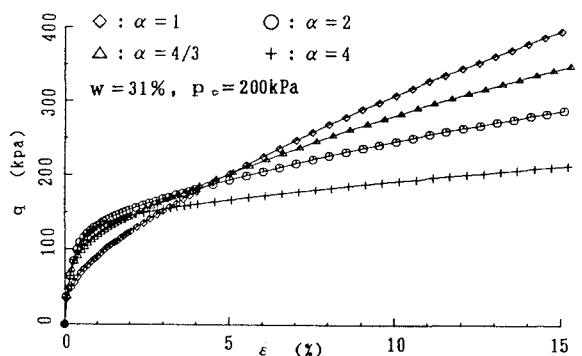


図-2 応力~ひずみ曲線

係なく σ_c に比例して大きくなっている。この関係は土の含水比によって異なり、含水比が低いほど $d\sigma_c/d\varepsilon$ は大きくなっている。

5. 土のせん断強さ

図-2のように、本試験では明白なせん断破壊がみられなかったで、軸ひずみが15%に達したときを破壊とした。破壊時の 45° 面上に作用するせん断応力 τ_f と垂直応力 σ_v の関係は、図-4に示すように先行応力比 α の同じ値の点を結ぶと原点を通る直線となり、この直線の傾きは α が大きくなるほど大きくなる。この関係は、Ogawaら¹⁾が飽和粘性土について発表した過圧密土の最大せん断強さと σ_v の関係と同じ傾向である。この直線の傾き(τ_f/σ_v)を β とすると β と $\log \alpha$ との関係は図-5に示すようになり、 α がほぼ10以下では β は $\log \alpha$ に対して直線的に増加している。しかし、 β は1を超えることはないで、実際には α がある程度大きくなると1に漸近する曲線になることになる。

また、不飽和土の $\beta \sim \log \alpha$ 関係の直線部の勾配は、含水比によって異なり、この直線部の勾配は実験の範囲の含水比では、図-6のように直線的に増加している。また、この直線を外挿すると原点を通る直線となり、 $w=0$ の土、即ち乾燥した土では、先行応力比を増加させても β は増加しないといえる。このように、 β の $\log \alpha$ に対する増加率と含水比との間に比例関係があるのは土中のサクシオンが含水比と先行応力比 α に大きな影響を受けているためであると考えられる。

6. むすび

- 1) 不飽和土に応力履歴を与えたときの土の圧縮指数は、含水比に関係なく飽和度のみに影響を受け、体積収縮に占める排水量の比率が高まるにつれて圧縮指数は減少する。
- 2) 応力～ひずみ曲線の大変位時($\varepsilon=5\%$ 、 15%)の勾配は、先行圧縮圧力の影響を受けず、せん断時の拘束圧に対し比例して大きくなる。
- 3) 破壊時のせん断応力と垂直応力の比である τ_f/σ_v は、先行応力比の対数に対し直線的に増加する。
- 4) $\log \alpha$ に対する β の増加率は、含水比に比例して大きくなる。

【参考文献】1)Shoji Ogawa et.al.:Slope Stability Analysis at Landslide Areas Considering The Shearing Strength of Soil at Over-Consolidated States,Pro. of the IVth International Symposium on Landslides,vol.2,pp.161~165,1984.

本研究は昭和62年～平成元年度の科学研究費重点領域(自然災害)(01601013)(代表石原研而)の補助によって行われた。

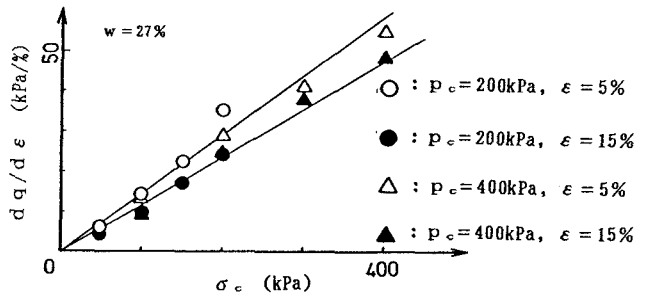


図-3 応力～ひずみ曲線の勾配とせん断時拘束圧の関係

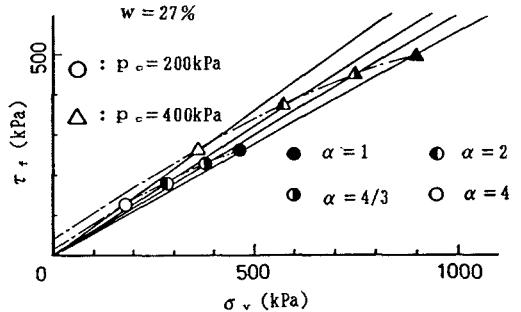


図-4 破壊時のせん断応力と垂直応力の関係

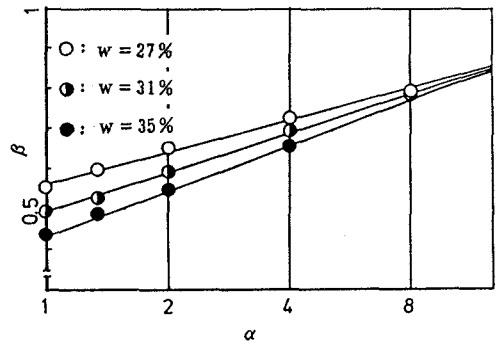


図-5 β と先行応力比の関係

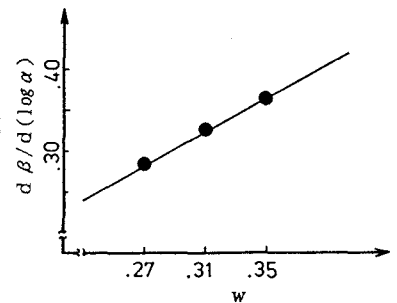


図-6 β の増加率と含水比の関係