

不飽和土の浸水による破壊過程について

信州大学大学院

○小西 貴士

信州大学大学院

佐藤 悠介

信州大学工学部

正 小西 純一

長野工業高等専門学校 正 阿部 廣史

1. はじめに

不飽和土の三軸室内試験供試体におけるサクシオン測定は、セラミックディスクを介して供試体底面で測定するのが一般的である。そのため、供試体内部のサクシオン測定を試みると、供試体下端で測定しているため浸水直後にゼロとなり供試体内部の測定は不可能である。本研究では、超小型テンシオメーター¹⁾を供試体内部に挿入しサクシオン測定を行い、浸水による破壊過程について考察した。

2. 試料および試験方法

本研究で用いた試料は、長野県中野市で採取した千曲川旧河道シルトである。物理特性は $\rho_s=2.686(\text{g/cm}^3)$, $w_L=36.3(\%)$, $I_p=14$ である。供試体は加圧膜法²⁾を用いて、初期含水比 51% に調整した試料を供試体作製装置内に入れ脱気後、 $p=98\text{kPa}$ を 1 日加え、その後 $u_a=196\text{kPa}$ を 8 日間加え作製した。超小型テンシオメーター部とセラミック付きペDESTAL は真空容器内で飽和させ、試験機の管路を十分に飽和した後設置した。試験では、直径 5cm 高さ 12.5cm に整形した供試体に小型テンシオメーター用の穴が開いたメンブレンを被せ、ドリルを用いて直径 3mm 深さ 1.8cm の

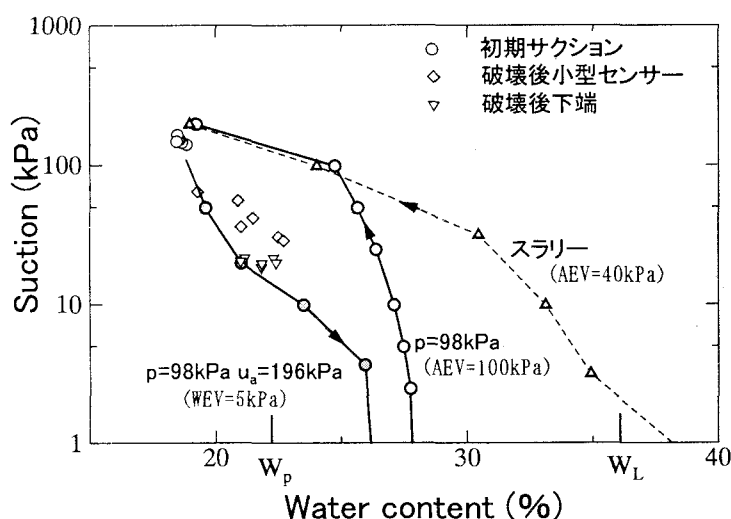


Fig.1 保水特性曲線

孔を水平に開ける。供試体をペDESTAL 上に設置後、超小型テンシオメーターのセラミックカップ部を供試体に挿入し、メンブレンとの間をシリコン接着剤によってシールする。試験機組み立て後、セルと供試体内に空気圧を加え約 24 時間初期サクシオンを測定する。初期サクシオン測定後、セル水を張り、拘束圧としてセルに 19.6kPa を与えた後、段階的に目標の値 (392N , 343N) まで軸荷重 P を負荷しせん断を行う（排水バルブ閉）。目標の値まで軸荷重を負荷した後、間隙空気圧とセル圧を 10 分間隔で 9.8kPa ずつ低下させ、間隙空気圧 19.6kPa 、セル圧 39.2kPa に達したらその値を保ち下端から浸水させ、破壊まで軸変位他を計測する（排水バルブ開）。

3. 試験結果

Fig.1 に千曲川旧河道シルトの保水特性曲線を示す。また、 $p=98\text{kPa}$ で予圧密を行った飽和供試体（排水過程）と $p=98\text{kPa} \cdot u_a=196\text{kPa}$ で予圧密を行った不飽和供試体（吸水過程）の水分保持特性曲線も示し、さらに、本研究で行った試験のサクシオンと含水比の関係（初期、最終）もプロットした。Fig.1 の供試体設置時の初期サクシオンをみるとキャビテーションが起こらない実用範囲³⁾を超えているが、小型テンシオメーターは針貫入法などのキャビテーションを避ける対策が出来ないため、本研究では供試体下端部のセラミック付きペDESTAL にも針貫入法などは行わなかった。

Fig.2、3、4 に軸荷重を一定に保ったまま、下端サクシオンを解放し、浸水させる過程について小型テンシオメーターの挿入高さ（セラミック付きペDESTAL を基準）別にサクシオン、破壊安全率、軸ひずみ一時

間の関係を示す。ここで破壊安全率 F_s とは、飽和試料の破壊線の傾き $M=q'_r/p'_r$ を、本試験における刻々の q' と p' の比 q'/p' で除したものである。今回負荷した軸荷重 392N と 343N では、供試体内部のサクシオン値の時間的変化はほぼ同じ曲線をたどって減少していくことがわかる。破壊安全率-時間変化をみると、下端のサクシオン値を用いた計算値では最初急激に低下した後一定値ないしは少し右上がりの直線状となるのに対し、供試体内部のサクシオンを用いた計算値は供試体内部のサクシオン変化と同様に下に凸の曲線を描き徐々に減少し、下端の値に漸近してゆく。軸ひずみ-時間変化をみると、一定荷重の下でのクリープ破壊曲線と似た曲線となっている。最初一定荷重で軸ひずみが徐々に増加してゆき、やがて軸ひずみ 3~6% 位から急激にひずみが大きくなり破壊に達している。このような浸水による破壊過程における有効応力径路を Fig.5 に示す。下端で測定したサクシオン値ではサクシオン解放を過大評価する結果となり、供試体中央より上方で測定した経路は、飽和破壊線にサクシオンの大きさに応じた挙動で破壊に至っており、より妥当な挙動と考える。飽和土の試験が不飽和土と同様な土粒子構造を有すると考えると、間隙水圧を考慮した径路は飽和土の破壊線を越えることはない。

4. まとめ

超小型テンシオメーターを用いて供試体内部の任意高さのサクシオンを測定することができる。挿入高さ別に破壊時のサクシオンの違いが確認できた。限られた試験結果ではあるが、供試体の一様性を確保するためには最も慎重に考慮すべき点であると考えられる。破壊に至るまでの供試体では、クリープ的に軸ひずみが増加し、いわゆるクリープ破壊によく似た曲線を描く。

5. 参考文献

- 1) 超小型テンシオメーターによる供試体内部のサクシオン測定 平成 15 年度土木学会中部支部 森本 紘文
- 2) K.Ando et.al.: A Technique for making unsaturated samples using membrane filters, Clay Science for Engineering (proc. IS-Shizuoka2001)
- 3) 不飽和土の力学特性の評価手法に関する実験的研究 阿部廣史 1994

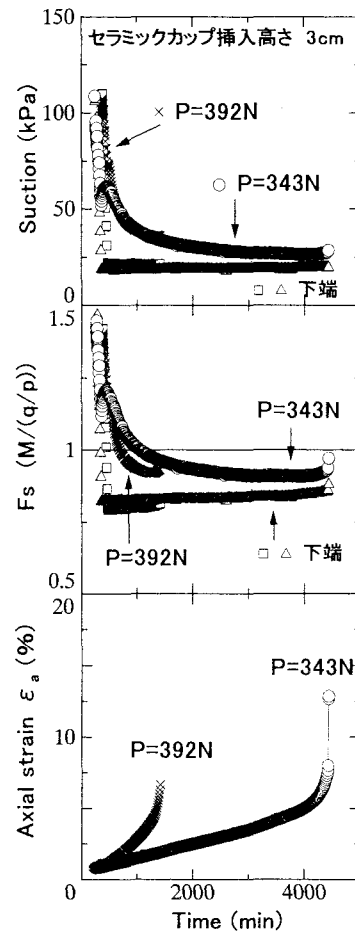


Fig.2

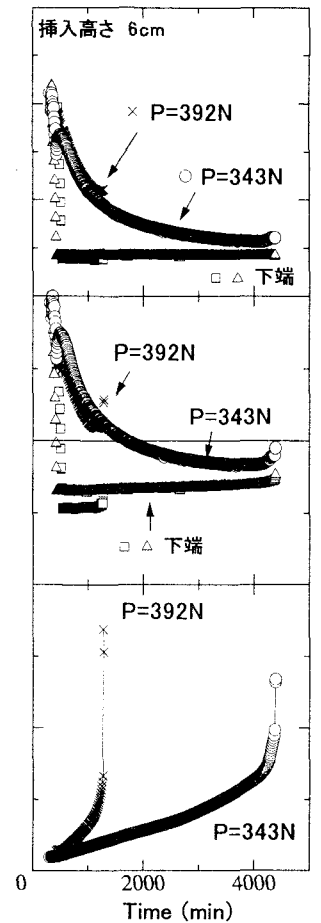


Fig.3

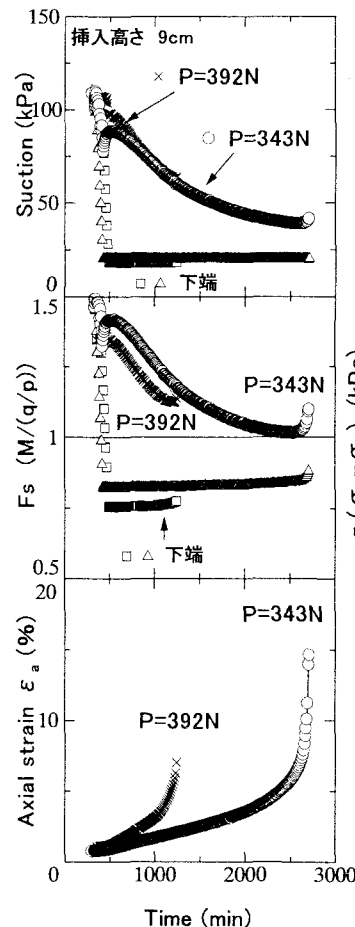


Fig.4

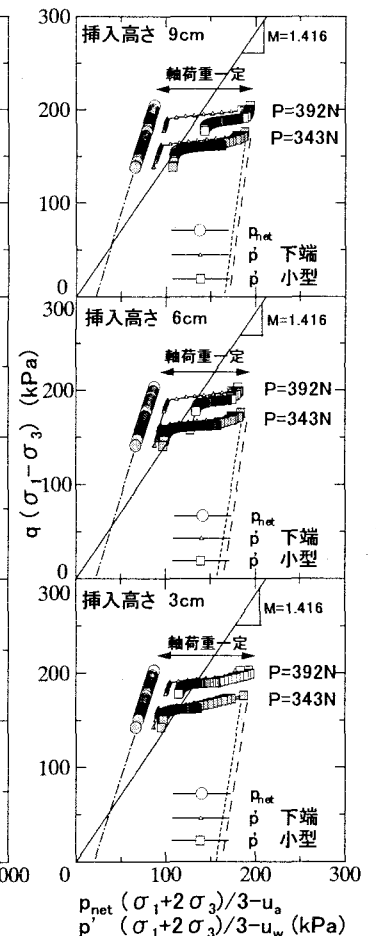


Fig.5