

不攪乱マサ土の三軸排水せん断特性

鳥取大学工学部 正員 清水正吾

はじめに マサ土は不攪乱状態における力学特性の把握が重要である。本研究は 既報¹⁾で得られた、不攪乱マサ土の三軸せん断特性を別の試料を用いて検討するものである。

試料 試料は鳥取県岩美郡岩美町の花崗岩同化マサ土であり、ブロックサンプルとして採取した。現場はマサ土採取場であり、原地表面下約2mの付近で採取した。ブロックサンプルは木枠に収めずま間をこうで固めた。採取方法の詳細は文献¹⁾に譲る。粒度特性を図1に示す。水中で手でもみほぐした状態のものであるが、粘土分から礫分までを含む粒度配合のよい試料といえる。比重は2.65である。

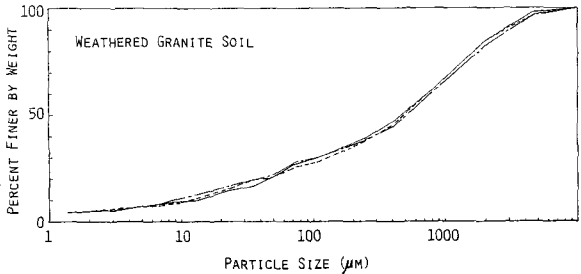


図1 粒度特性

三軸試験の方法 試料を木枠ごと水中でサクションを作用させて飽和させ、飽和状態で電気冷凍庫で -20°C で予備冷凍を行い、さらに専用の冷凍庫中で液体窒素により -80°C まで冷凍し、特殊コアビット²⁾により円柱(直径50mm、高さ100mm)に整形した。整形後はサランラップで乾燥を防ぎ冷凍庫に保存した。凍結状態で三軸セルにセットした後、セル圧約20kPaを作用させて非排水状態で約24時間放置し融解させた。その後所定の圧力で等方圧密を行い、側圧 σ_r 一定のもとでひずみ制御の排水せん断試験を行く。軸方向変位速度は $9.14 \times 10^{-3} \text{ mm/s}$ と小さく、20%のひずみに達するに約30時間要する。軸変位、軸荷重、側圧、体積変化をひずみゲージ式変換器を用いてデジタルひずみ計により計測した。体積変化は市販の差圧変換器(ライン圧最大 30 kgf/cm^2 ; 差圧容量 100 g/cm^2 ; 出力感度 $0.33 \text{ mmHg}/1 \mu\text{ストレン}$)を使用している。この差圧計によれば、最小目盛 0.05 ml 容量 10 ml のビュレットを用いた場合、 0.01 ml の体積変化を計測できる。ひずみで約 $5 \times 10^{-3} \%$ であり、十分の感度を有している。

三軸試験の結果 せん断ひずみ ϵ に対する軸差応力 σ_d と体積ひずみ ϵ_v の関係を図2、3に示す。ここに、せん断ひずみ ϵ は、偏差ひずみの軸方向成分 ϵ_{11} である。図2より σ_d と ϵ の関係は、ひずみ硬化・軟化型を示し、軟化の程度は拘束圧 σ_r が大きくなるほど大きい。体積ひずみは、 ϵ の増加につれて増加、すなわち体積圧縮を示すが、破壊に近づくにつれて膨張する傾向が見られる。

ダイレタンシー 図4にせん断中の間隙比の変化と平均有効応力 σ'_v の関係を示す。図中、 σ'_v

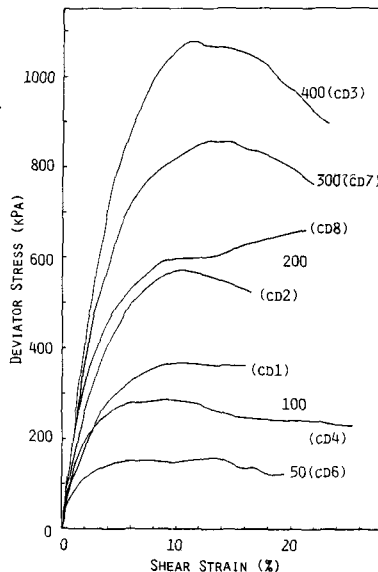


図2 軸差応力 σ_d とせん断ひずみ ϵ

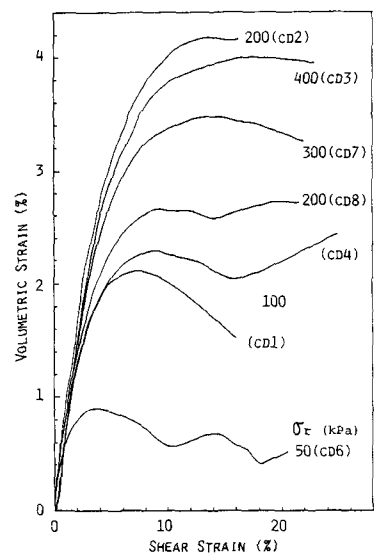


図3 体積ひずみ ϵ_v とせん断ひずみ ϵ

は等方圧密終了時の関係を表わすが、すべての供試体には共通の直線関係（勾配 $C_c = 0.14$ ）が見られる。粘土に見られる処女圧縮曲線に対応するものである。この直線関係は等方応力成分の変化による空隙比の変化（ de_c ）を表わすと考えらるるので、全体積ひずみ変化から、 $-de_c/(1+e)$ を差し引くと、ダイレタンシーによる体積ひずみ変化分を計算できる。図5にこのようにして求めた、ダイレタンシーによる体積ひずみ v_D とせん断ひずみの関係を示す。低拘束圧（ $\sigma_r \leq 200$ kPa）の下では正のダイレタンシーを、より高い拘束圧の下では、負から正に変化する

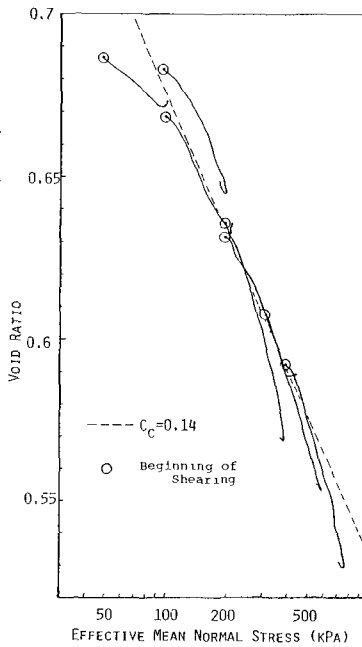


図4 せん断中の空隙比の変化と平均有効応力の関係

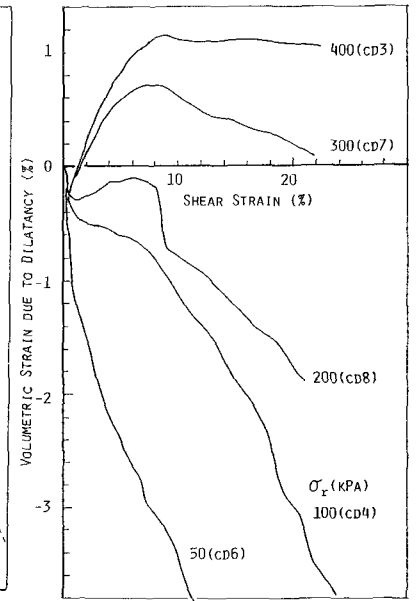


図5 ダイレタンシーによる体積ひずみとせん断ひずみの関係

るダイレタンシーを示している。 $dv_D/d\varepsilon < 0$ の部分に注目すると、近似的に v_D と ε は直線的な関係が見られる。若輩でこの勾配 $R = -dv_D/d\varepsilon$ をダイレタンシー速度と定義したが、 R は拘束圧が大きくなると小さくなっていて、若輩の結果と矛盾しない。ただ若輩で用いたオニマサ（礫質マサ土）の場合、せん断の初期において、負のダイレタンシー（体積圧縮）は示された。 R 。

せん断弾性定数 G と ε の関係を対数紙上にプロットすると $\varepsilon \leq 3\%$ 付近において直線関係が得られた。これを(1)式のように表わすと、 G' とべき定数 n が決定できる。せん断弾性定数は(2)式のように定義できるので結局 G' と n を用いて G を決定できる。

$$G = G' \varepsilon^n \dots (1) \quad G = \frac{1}{3} (d\sigma/d\varepsilon)_{\varepsilon=0} \dots (2) \quad \therefore G = G' n/3 \dots (3)$$

G は n の拘束圧 σ_r に対する関係をプロットすると図6が得られる。 n の変化は小さいが、 $n=1$ 、すなわち G と ε が直線になる場合は σ_r が大きい場合であると予想される。一方 G は σ_r の増大につれて増大するが、より大きな拘束圧の下では一定値に落ち着くものと思われる¹⁾。また、 G の絶対値は、若輩のオニマサに比べてかなり小さい。

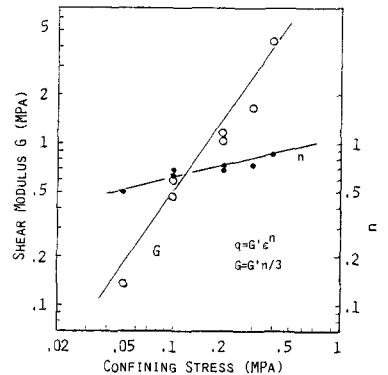


図6 せん断弾性定数と拘束圧の関係

おわりに 不攪乱マサ土の三軸排水挙動を調べたが、今後とも各地の不攪乱試料に対してデータを蓄積する必要がある。定量的には異なるが、定性的には近い挙動が各地のマサ土に対して見られるものと思われる。

謝辞 供試体整形に用いた特殊コアビットの製作には愛媛大学工学部土木系助教授をはじめ研究室の方々に大変お世話になった。深甚の謝意を表したい。また、実験に際しては、高取大学工学部池添保雄教授の方世話になり謝意を表す。

参考文献 1) 柴田・清水・都司：“三軸試験による不攪乱マサ土の強度・変形特性”，京大防災研年報，第25号B-2，昭57A
2) 木他：“マサ土の不攪乱試料の採取について”，林学会中部会報第34回年講，昭57