

## III-32 締固めた不飽和土の応力緩和について (オマ報)

宮崎大学工学部 正員 藤本 廣

オ18回講演会で、筆者は先に提案した理論体系の妥当性を確かめるために行なった一軸圧縮条件下の緩和実験の結果から、締固めた不飽和粘土の応力緩和特性が粘土鉱物の種類、試料の飽和度ならびに初期ひずみによって影響され、また緩和弾性率の緩和速度(緩和スベフトル)と一軸圧縮強度との間に指数曲線的関係があることなどを報告した。今回は一種類の締固めた不飽和粘土で行なった実験のうち、(1)砂と混合した場合の一軸条件下の緩和特性、(2)三軸条件(非排水)下の緩和特性についての結果を報告する。なお、これら一連の研究は、土工学材料の一種であるとの見地に立って、そのレオロジー的性質の解明に物性的な考察方法を導入せんとする目的で続けているものである。

### 1. 実験方法

試料粘土には宮崎県池内粘土( $G=2.72$ ,  $5\mu$ 以下の粘土分 $=36.6\%$ ,  $L.L.=58.4\%$ ,  $P.L.=24.1\%$ ,  $O.M.C.=23.5\%$ ,  $\max. \rho_s=1.580 \text{ g/cm}^3$ ,  $O.M.C.$ における $S_r=88.7\%$ , 主要粘土鉱物はイライト系と推定される)を使用した。砂・粘土混合試料としては池内粘土に豊浦標準砂( $G=2.65$ ,  $D_{10}=0.17\text{mm}$ ,  $D_{50}=0.23\text{mm}$ )を粘土の乾燥重量に対し25, 50および75%の割合で混合したものを使用した。供試体は高さ75mm, 径33.2mmで、 $\rho_s$ 一定で $S_r$ のみが60~100%の範囲になるように気乾土に水を加えて静的に締固めてつくり、スリーブで包んで密閉湿室に48時間静置したものを実験に使用した。

実験装置は写真2に示すもので、一定ひずみ $\epsilon_0$ は三軸セル下部のスプリングで瞬時的にセル内の供試体を与えられ、セル内には室温以上 $50^\circ\text{C} \pm 0.1^\circ\text{C}$ の範囲内で任意の恒温水を循環し、供試体の温度を実験中一定に保つことができる。

実験(1)では、粘土および砂-粘土混合物の緩和特性に対する $S_r$ と $\epsilon_0$ の影響と検討した。この場合、同一物性の供試体3本のうち1本は緩和実験終了後一旦除荷し、応力-ひずみ曲線の hysteresis loop を描かせた後  $\rho_u$  を求め、他の1本は通常の一軸圧縮(ひずみ制御)と同様に荷重を加え、変形が緩和実験時の $\epsilon_0$ になったとき除荷して hysteresis loop を描かせた後  $\rho_u$  を求めた。実験(2)では、同一 $S_r$ の粘土の $\epsilon_0$ について同じ $\epsilon_0$ のもとで液圧 $p_0$ を調整表えて非排水条件で緩和実験を行なったが、一部の供試体については緩和の途中で $p_0$ を低下させた場合の緩和スベフトルの変化をも検討してみた。また、緩和履歴を有する供試体では緩和が停止した後一旦除荷してあらためて破壊時のモール円を求め、同一物性の緩和履歴を有さない供試体のモール円(非排水)と比較した。実験(1), (2)とも圧縮試験のひずみ速度は $0.8\%/分$ である。



写真1. 池内粘土の電子顕微鏡写真

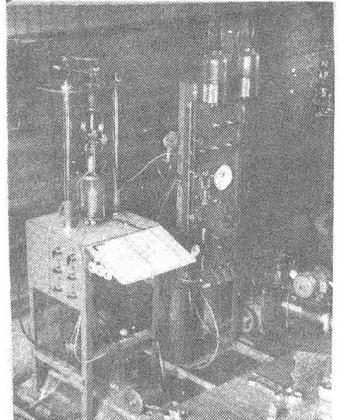


写真2. 実験装置

2. 実験結果

(1) 緩和履歴と有する供試体の hysteresis loop の面積は、有さないもの Loop の面積に比べてはるかに小さい。これは、応力緩和現象が筆者の提案した単位変形材料構における有効応力成分の熱エネルギーとしての消散に起因するものである、との仮定を裏付けているものとみなしうるようである。(図1)

(2) 緩和履歴と有するもののひずみの回復量は有さないものの回復量より小さく、弾性率は逆に大きくなる。(図1) 図1の変化については断定できなかった。

(3) 砂-粘土混合物の緩和スペクトルは粘土のそれと同様に  $S_r$  に逆比例的に低下し、その低下の割合は砂の混合率が大きくなる程小さくなる。また同一飽和度では混合率が大きい程緩和スペクトルは小さい。(図2)

(4) 砂-粘土混合物の応力緩和率(初期応力に対する緩和量の比)は粘土の場合と同様に  $E_0$  に逆比例的に低下し、その低下の割合は砂混合率が高い程小さく、同一  $E_0$  では砂混合率が高いもの程緩和率が小さくなる。砂混合率が50%とこれより砂質として特性が著しく目立つてくるようである。(図3)

(5) 液圧を加えた場合の緩和スペクトルは、 $S_r = 100\%$  では今の影響は認められぬが、不飽和の状態になると明らかに  $E_0$  が大きいもの程緩和スペクトルは大きくなっている。(図4、図5) これは、不飽和土では液圧で圧縮される結果、粒子間距離が小さくなり、そのため粒子のズレに対する拘束エネルギーが増すからではないかと考えられる。

(6) 緩和の途中で  $E_0$  を減少させると(図4の黒丸で、 $E_0 = 0.5 \text{ kg/cm}^2$  を  $0.35 \text{ kg/cm}^2$  に、さらに  $E_0 = 0.35 \text{ kg/cm}^2$  を  $0.25 \text{ kg/cm}^2$  に低下させて、それだけの低下した液圧の段階では  $E_0$  を一定に保っておく)  $E_0$  も急に低下し、緩和曲線の勾配が大きくなる。これは土圧の主初状態に対応する現象であるが、この経過をたどって破壊したときのエネルギーは通常の三軸圧縮によって生じた破壊線とは一致しない。

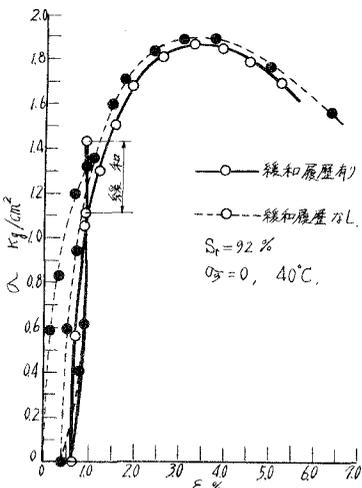


図1. 緩和履歴と有する供試体と有さない供試体の応力-ひずみ曲線(一軸圧縮)

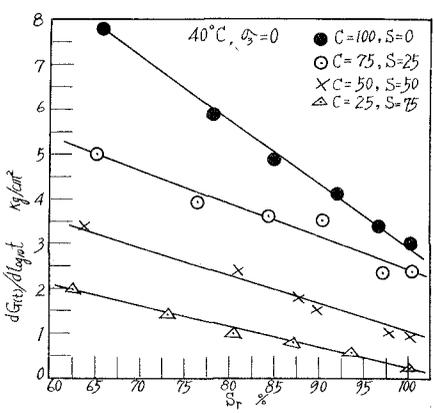


図2. 緩和スペクトル(dG/dlog t)と飽和度( $S_r$ )との関係(一軸条件)

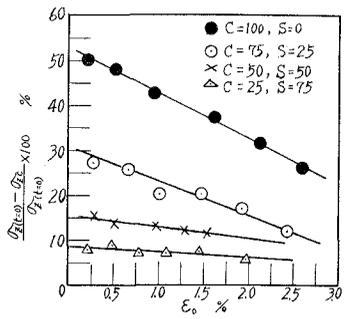


図3. 応力の緩和率と初期ひずみとの関係(一軸条件)

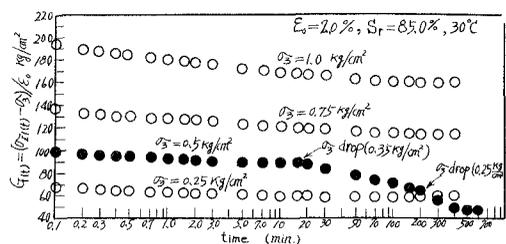


図4. 三軸圧縮条件における緩和曲線(池内粘土)

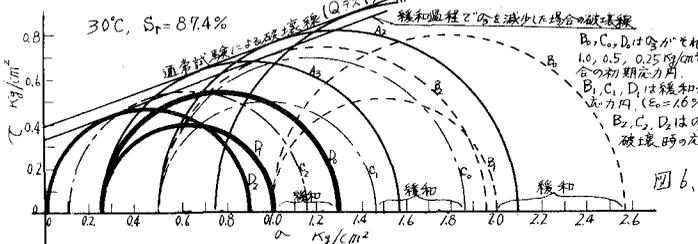


図5. 三軸圧縮条件における緩和スペクトルと液圧との関係