

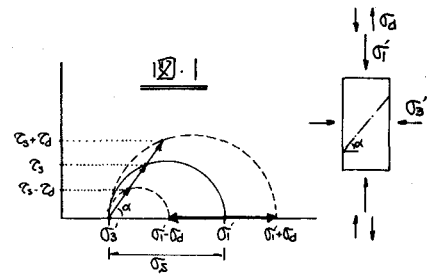
愛知工業大学 (甲) 奥村哲夫, (乙) 成田國朝, (丙) 大根義男

1. まえがき

フィルタムの地震時の安定性の検討に当つては堤体の動的強度が必要となるが、それが粘性土からなる場合その強度に関する定義が明確でない。これは、粘性土では砂質土のように液状化に基づく強度低下のような現象が現われにくいこと、あるいは繰返し載荷中に発生する変形量は徐々に大きくなるののみで明瞭な破壊現象が現われにくいこと等によるものと考えられる。このことから粘性土の動的破壊基準として、過去、静的試験の破壊ひずりに着目する方法¹⁾、動的試験において軸ひずりひずり率に達した場合とする方法²⁾等が提案されている。本文においてはこの点を明らかにするため、振動三軸試験機を用いて粘性土の動的強度試験を行ない破壊強度について検討を加えておく。

2. 実験方法

堤体内の応力状態は静的時に σ_1 , σ_3 なる主応力で圧縮されており、地震時にはさらに繰返し応力が作用することになる。これを振動三軸試験機で再現させるためには図1の応力状態で実験を行なえばよい。従つて供試体に対し所定の主応力比で異方圧縮を行ない後繰返し応力 σ_a を σ_1 に付加することになる。しかし、今回は σ_3 (1.0, 3.0 および 5.0 気圧)

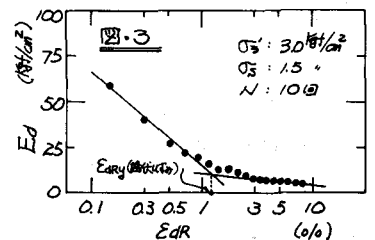
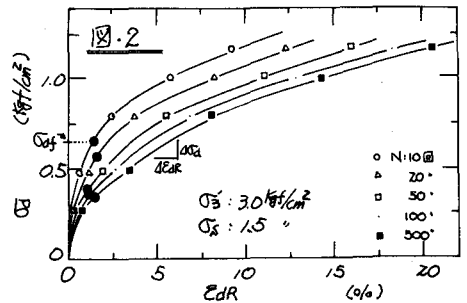


で24時間等方圧縮した後軸圧を排水状態で所定の大きさの σ_1 (各 σ_3 の σ_1 に対して4種類に変化) を与えこの状態で30分ほど圧縮して行つた。繰返し載荷時は非排水状態とし、繰返し応力 σ_a は応力制御で1Hzの正弦波とし振幅中は5種類以上変化させた。実験に用いた試料は三重県山形村近くで採取したシルト質ロームであり、 $LL=40\%$, $PL=18\%$, $G_s=2.69$, 圧縮前の $w=26.3\%$, $e=0.975$, $S_r=73\%$ である。

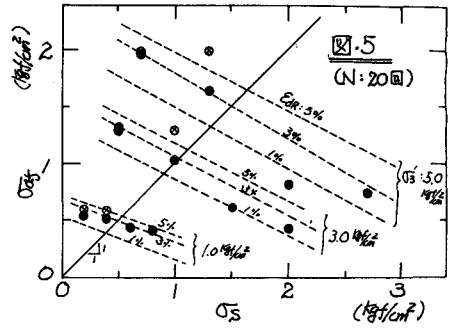
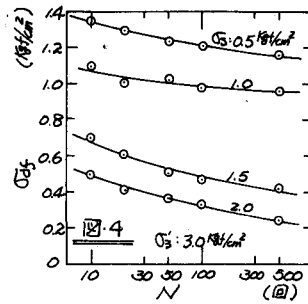
3. 実験結果

図2は $\sigma_3=3.0$ 気圧/cm², 初期軸差応力 $\sigma_s=1.5$ 気圧/cm² の結果を繰返し応力 σ_a とこの σ_a の載荷によって発生した残留軸ひずり ϵ_{dr} の関係で載荷回数をパラメータとして示したものである。図より、 ϵ_{dr} は当然ながら同じ載荷回数において σ_a が大きくなるほど、また同じ σ_a において載荷が進行するほど大きくなることわかる。さらに σ_a の最大値は少なくとも ϵ_{dr} が15%以上の位置にあると推定される。そこで、実際の設計面からフィルタムの地震時の安定性を検討する場合、供試体が発揮し得る最大応力以下であってもこの実験結果のよう大きな変形が生ずれば水理構造物としての機能が失われることになる。

図3は、図2の応力～ひずり曲線の接線こう配 E_d ($E_d = d\sigma_1/d\epsilon_{dr}$)

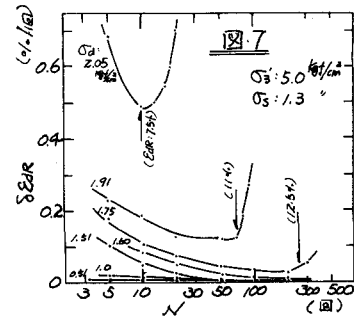
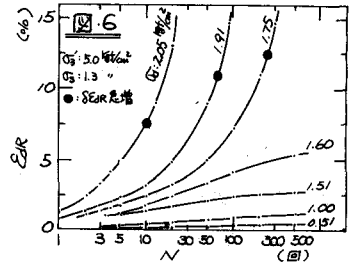


と E_dR の関係を示したものである。図から、 E_d は E_dR の増加に伴って減少し、この減少の過程において変曲点の存在が認められる。そこで、この変曲点は、 E_d が残留変形に対する変形係数である



ことから、残留変形に対する降伏点であると考える。従って、 $E_d \sim E_dR$ 曲線の変曲点 (図2Kおよび2の直線の交点を示す) に対する残留ひずみは一種の動的降伏ひずみ E_{dy} であり、この E_{dy} に対する繰返し応力は動的降伏応力である (図2●印)。今回はこの動的降伏応力を動的強度 σ_{dy} と定義した。この結果を図4および図5に示す。

図4は、 $\sigma_{dy} \sim N \sim \sigma_s$ 関係を示しており、 σ_s が小さいほど σ_{dy} が大きくなっている。図5は、 $N=20$ 回に対する $\sigma_{dy} \sim \sigma_s \sim \sigma_s'$ の関係であり、●印は前述の定義に従って求めた結果であり、また破線は $E_dR=1.3$ および5%のときを破壊とした場合の結果である。図より、本破壊基準では残留ひずみは σ_s に関係なく、1~3%の範囲にあることがわかる。なお、図において45度の直線より上では繰返しせん断応力の方向が逆転 ($\sigma_d > \sigma_s$) した状態にある。



さて、供試体の変形が一定応力振幅のもとで載荷回数とともに増加する挙動はクリーア現象と似ている (図6)。この点に着目して動的破壊を調べたのが図7である。図の縦軸はある載荷時に対する1サイクル当りの残留軸ひずみの増加割合 δE_dR である。図から、 σ_d が 1.6 kg/cm^2 以下では δE_dR は N に対して減少し平衡状態に達しているが、 σ_d がこれ以上の値のものではある回数で急に増大し破壊に達することがわかる。この時の E_dR は7.5% ($\sigma_d=2.05 \text{ kg/cm}^2$) ~ 12.5% ($\sigma_d=1.75 \text{ kg/cm}^2$) である。また、 δE_dR が急激に増大する傾向を示したのはほぼ $\sigma_d > 1.3 \sigma_s$ のものであった。図中の◎印はこの δE_dR の急増点を破壊とみなし、 σ_s と σ_{dy} の関係を求め $N=20$ 回に対する結果を示したものである。

4. おわりに

供試体の変形量に着目した破壊基準によって粘性土の動的強度を定義することができた。今後は振動解析、モデル実験、実データの記録等から本破壊基準の妥当性を検討するつもりである。また、クリーアに着目した基準については問題点があり、今後の課題としていく。

(参考文献) 1) 大原 基樹: 粘性土の動的強度について、地盤工学研究 No. 274 (1978)。2) Dames & Moore: Studies to evaluate the seismic stability of the proposed Los Angeles Dam for the Department of Water and Power, the City of Los Angeles. (1973)。