

不動建設(株) 正 ○東 昌司
 東京大学工学部 × 石原研而
 日本道路公団 × 長尾 哲

1.はじめに：著者らはかつて斜面より採取した不攪乱ロームに対し、初期せん断応力(σ_3)を静的に加えた後にくり返し荷重を加えるか、あるいは不規則荷重を加えるという動的三軸試験を行ってきた。この際、初期せん断応力は静的強度の6~9割の範囲内で変化させた。^{1),2)} というのは、それは地震による斜面崩壊を主眼としていたので、以上のような実験を行なったのに反し、応力比 σ_3/σ_1 の値が小さい(すなわち初期せん断応力の値が小さい)ものについては実験は行なわなかった。そこで今回、すでに行なった実験に用いた土と同じ地点から採取した不攪乱試料を用い、応力比 $\sigma_3/\sigma_1 = 0.2, 0.4$ の二つのケースの実験を追加した。これによって、低応力比における土の動的強度を求め、この結果と以前得られた実験結果と対比させることにより、初期せん断応力の大きさが動的強度にどの程度影響をおよぼしているかを調べることができた。その中、ここでは、くり返し載荷による動的強度についてまとめた。

2.実験方法：伊豆半島南東部の河津町見高入谷七廻地区より採取した不攪乱ロームに対するくり返し三軸試験を行なう前に、すでに物理試験が行なわれている。それによると比重 G_s 、単位体積重量 γ 、間隙比 e 、含水比 w 、液性限界 w_L 、塑性限界 w_p の値は

$$G_s = 2.70, \quad \gamma_t = 1.31 \text{ g/cm}^3, \quad e = 3.69, \quad w = 127.2\%, \quad w_L = 55.0\%, \quad w_p = 38.2\%$$

となることがわかっている。また静的三軸試験もくり返し三軸試験に先立って行なわれ、静的軸差応力($\sigma_1 - \sigma_3 \equiv \sigma_s$ ：静的強度と定義する)の値は

$$\sigma_s = 0.81 \sim 0.84 \text{ kg/cm}^2$$

となることがわかっている。初期せん断応力を加える際には、静的試験の応力~ひずみ関係と照し合せながらより具体的な σ_3 と推定してできるだけ正確な応力比 σ_3/σ_1 の初期せん断応力を与えるように注意した。

そこで、これらの不攪乱試料に対しいくり返し三軸試験を行なったが、その実験手順は以下の通りである。

i) 試料が不飽和であることを考えて1時間程度の圧密を行なう。

ii) 土にある程度の大きさの静的初期せん断応力 σ_3 を加え(今回の実験では $\sigma_3/\sigma_1 = 0.2, 0.4$ 、等)、その後供試体にある振幅 σ_a のくり返し荷重を加える。そして、それに伴って発生する軸ひずみの進行状況を測定する。

3.実験結果：今回の実験により得られた結果の一例を応力比 $\sigma_3/\sigma_1 = 0.4$ について示したものが図1である。この図は横軸に軸ひずみ ϵ と、縦軸には静的初期せん断応力 σ_3 と動的くり返し応力 σ_a の値を加えあわせた軸差応力 $\sigma_s + \sigma_a$ (以下、動的強度という)をプロットしたものである。この図

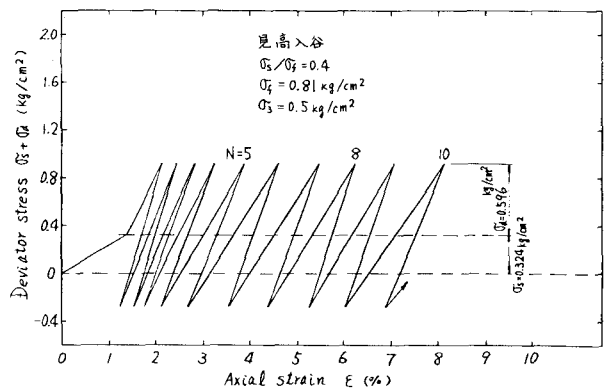


図1. 軸差応力と軸ひずみとの関係

で、くり返し載荷の中で、動的強度が静的初期せん断応力 σ_s に等しくなったときの軸ひずみの値が3%, 5%, 7%になるくり返し回数をグラフから読み取り、くり返し回数 N と動的強度の値との関係と $\sigma_s/\sigma_f = 0.4$ について示したものが図2である。ここで前もって行った静的三軸試験により得られた静的強度 σ_f と動的強度 $\sigma_s + \sigma_d$ を正規化し、応力比 $(\sigma_s + \sigma_d)/\sigma_f$ とくり返し回数との関係をやはり $\sigma_s/\sigma_f = 0.4$ について示したのが図3である。さらに全く同様の方法で応力比 $\sigma_s/\sigma_f = 0.2$ その他に対する実験結果を整理した。そして、それらをとりとめて示したものが図4である。この図の横軸には(初期せん断応力)/(静的強度)すなわち σ_s/σ_f の値が、縦軸には(動的強度)/(静的強度)すなわち $(\sigma_s + \sigma_d)/\sigma_f$ の値が示してあり、動的強度と初期せん断応力の関係とみても差いつかえない。ここに示す図は、5%の軸ひずみを生じさせるのに必要なくくり返し回数の値が2回、10回、50回であるときの結果をまとめたものである。

以上の結果から、次のようなことがわかった。

- i) くり返し回数が少ない場合、たとえば $N = 2$ についてみると、 $\sigma_s/\sigma_f = 0.2, 0.4, 0.6, 0.8$ に対して、 $(\sigma_s + \sigma_d)/\sigma_f$ はそれぞれ1.48, 1.45, 1.38, 1.24となっており、初期せん断応力が大きくなるにつれて動的強度は明らかに減少している。特に、初期せん断応力が静的強度に近づくにつれて、その減少割合は大きくなる。
- ii) くり返し回数を多くすると、当然動的強度は全体に減少するが、その割合は初期せん断応力が小さいほど大きくなっており、くり返し効果による土の弱化は初期せん断応力が小さいほど大きいことがわかる。
- iii) 動的強度が静的強度に等しくなるのは、初期せん断応力の小さい場合は10~50回のくり返し回数が必要で、その値が大きくなるとより多いくり返し回数を必要とする。

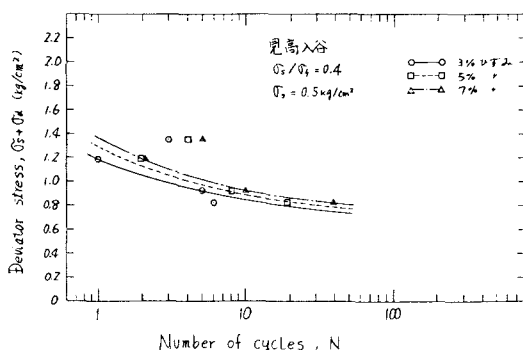


図2. 軸差応力とくり返し回数との関係

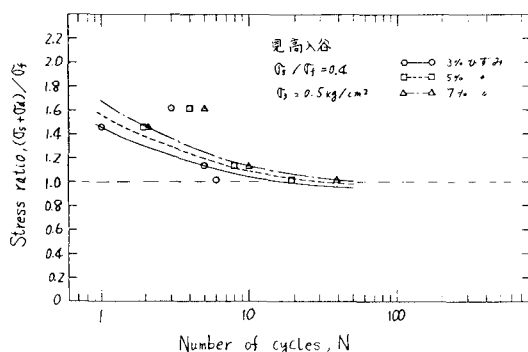


図3. 応力比とくり返し回数との関係

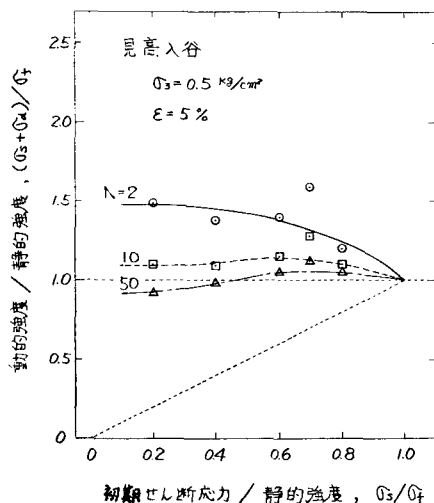


図4. 動的強度と初期せん断応力との関係

4. 参考文献: 1) 石原研而・長尾哲・村西正実・平野俊秀, (1980), '崩壊斜面より採取した不攪乱土の動的強度', 第15回土質工学研究発表会, PP 557 ~ 560

2) 長尾哲・石原研而・吉田喜忠・倉島聖治, (1981), '不規則荷重載荷時の不攪乱ロームの動的強度', 第16回土質工学研究発表会, (投稿中)

3) 石原研而, (1976), "土質動力学の基礎", PP 221 ~ 223, 鹿島出版会