

1. まえがき 砂の静的繰り返しせん断を行うときの圧度および变形特性は動的荷重の作用による砂地盤の流動化現象等と関連して興味ある問題である。本文は密な砂試料について、応力と体積変化関係、繰り返し圧度と反り影響、繰り返し回数と体積変化関係などについて考察を行った。

2. 試料および試験条件 試料は豊浦海岸砂で試験機の都合により、含水比約5%に調整し、供試体寸法は直径60mm高約2.3cmで初期間隙率比 e_0 が0.691という比較的堅固な円筒状の試料とした。試験はひずみ制御方式により、垂直応力 $\sigma = 1.924 \text{ kg/cm}^2$ の圧密等圧せん断試験で、繰り返し水平変位一定(以下 S_R -定試験と呼ぶ)と繰り返しせん断応力一定(以下 C_R -定試験と呼ぶ)の条件で、両振り繰り返し直接せん断器を表-1の条件で行った。表-1において $\tau_{s, N=1}/\sigma_0 = 0.691$ 、 $\sigma = 1.924 \text{ kg/cm}^2$ のせん断応力のピーク値で 2.293 kg/cm^2 である。なおせん断応力を示す水平変位の符号は最初に作用させた方向を正とし、繰り返し回数 N は応力の方向毎に数えらるものとす。

3. 試験結果と考察 S_R -定試験では N とともに繰り返し時のせん断応力 $\tau_{s, N}$ は増加し、体積は減少する。図-1は $S_R = 0.7 \text{ mm}$ の場合の応力比 τ/σ と体積変化 $\Delta h/h_0$ との関係で、 S_R 時の τ/σ と $\Delta h/h_0$ との関係は、1回のせん断を除く直線的な関係にある。図-2はこのようは S_R 時の τ/σ と体積変化の関係で、 $N=1$ を除き、次式で表わされる。 $(\tau/\sigma)_{S_R} = a + b(\Delta h/h_0)_{S_R} \dots (1)$ ここで b の符号は適になる。つまり砂のような物質では、ある一定の変位で繰り返しせん断を行うと、その変位における応力は N とともに増加し、その時の圧縮率と1次式で表わされる関係にある。これは繰り返しした、せん断領域での間隙率圧縮されるから、粒子のせん断に抵抗する方向に再配列されることによると考えられる。このような粒子の再配列は加えらる変位あるいは応力に比例するものがあり、ある変位以上の変位あるいは応力を繰り返すと、粒子はせん断方向に沿って再配列され、せん断に対する抵抗能力がむしろ弱くなるはずである。それゆえに(1)式の関係は S_R 初期話の述み時にみけるピーク圧度 $\tau_{s, N=1}$ より大きくなる範囲では成立しないはず。特に残縮状態に対する $S_R = 2.0 \text{ mm}$ の場合には、明確な応力のピーク値は $N=1$ のみであり、それ以後

S_R -定試験		C_R -定試験	
S_R	$\tau_{s, N=1}/\sigma_0$	C_R	$\tau_r/\sigma_{s, N=1}$
0.5 mm	85.1%	1.16 kg/cm^2	50.6%
0.6	89.5	1.45	63.0
0.7	93.6	1.73	75.6
0.8	96.9	1.88	81.9
0.9	98.9	2.02	88.2
1.0	99.8	2.17	94.5
2.0	—	2.29	100*

表-1.

* $\tau_{s, N=1}/\sigma_0 = 1$

は密な試料にも入かわらう。さらに場合によっては応力 σ が小関係になり、残縮状態付近に落ち着いてしまう。図-3は S_R 時にみける応力比と $N=1$ の応力比との比と N に対して

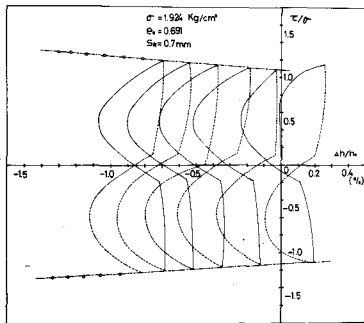


図-1. 応力比・体積変化関係

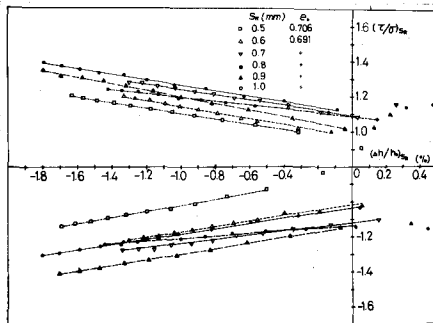


図-2. S_R 時の τ/σ 比・体積変化関係

以下の応力に対する S_R に対し $N=2$ で一度減らす
 べき以後は N とともに増加する。しかし各繰り返しの際
 のピークを繰り返した場合 (S_R は一定と仮定) には、せん断面
 に沿って一定方向に粒子が再配列されるため、
 繰り返しせん断を行おうとすると、残留状態
 付近の強度は発揮できず、 C_R 一定試験では N とともに
 C_R に達するまでの水平荷重 S_{CR} は減少し、体積も減少する。
 この結果、応力-ひずみ曲線の各ループには、せん断面
 積は N とともに減少し、また各ループはほぼ一定を交わす。
 つぎに繰り返しせん断の際のピーク強度に及ぼす影響を示した
 ことが図-4 である。 S_R 一定試験では23回目まで、 C_R 一定

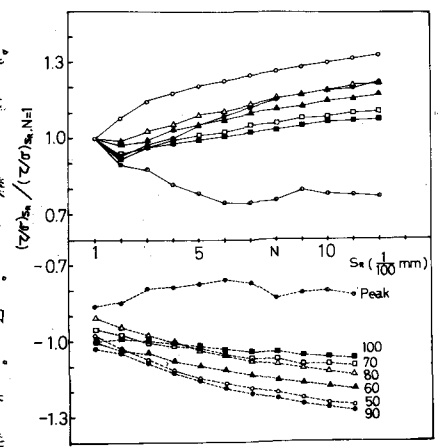


図-3. S_R 時の応力比の変化。

試験では25回目で残留状態までせん断し、その時のピー
 ク強度を S_R 一定試験では $(\tau/\sigma)_{S_R, N=1} / (\tau/\sigma)_{N=1}$ 、 C_R 一定試験では
 $(\tau/\sigma)_R / (\tau/\sigma)_{N=1}$ に対して求めたものである。両試験とも初期状態
 のピーク強度に対する応力比は、ピーク強度以下で繰り返されるこ
 とは、ピーク強度増加に伴う最適な繰り返し変位があるいは、ピー
 ク強度初期状態のピーク強度の95%付近に対応するものである
 ことである。このことは95%付近でも、せん断に抵抗する方
 向に粒子の再配列が行われるということであり、95%を越えたと際、
 繰り返しピーク強度増加に伴う効果は小さくなり、一度ピーク強度で繰
 り返されると粒子はせん断面に沿って再配列され、その後は残留状態に
 まで低下する。また両試験とも繰り返されるにつれて圧縮されるが、
 繰り返し時に与える圧縮量 Δh_r および水平荷重がゼロにもどる時の
 圧縮量 Δh_r と N との関係は図-5 に示すように $(\Delta h_r)^2 \propto N$ (圧縮量)
 式の関係にある。 $\log \Delta h_r, \log \Delta h_r = N/A + BN \dots (2)$
 は図-5 であり、 $\Delta h_r, \Delta h_r$ は $N=1$ の値を基準にしたものである。
 繰り返し回数 $N=2$ と $N=1$ とのこと、である。

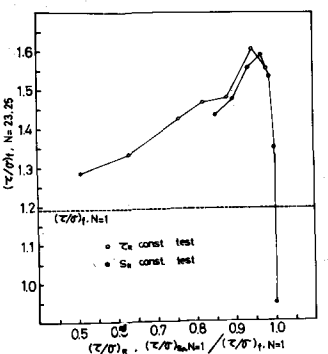


図-4. 繰り返し変位があるいは、ピーク強度に及ぼす影響。

4. あとがき 砂の静的繰り返しせん断では繰り返し変位があるいは、ピー
 ク強度に、砂の力学特性は異なり、その主な原因はせん断に伴う
 粒子の再配列にあると考えられる。静的砂では粒子再配列の問題と
 関連して、ピーク強度増加に伴う最適な繰り返し変位があるいは、ピー
 ク強度初期状態のピーク強度の95%付近で繰り返されること、
 S_R 一定試験では初期状態のピーク強度以下で繰り返されること、
 C_R 一定試験では $\Delta h_r, \Delta h_r$ と N との関係は(2)式の関係にあること、
 などが、粒子再配列の問題はアルミ丸棒等の二次元複層体における
 性状と関連させて今後検討したい。

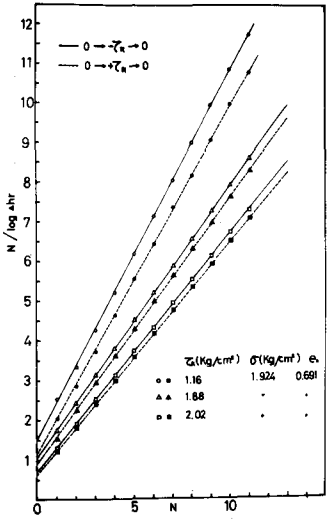


図-5. N と Δh_r の関係