

熊本大学工学部 正 員 鈴木敦己
 熊本大学工学部 正 員 荒牧昭二郎
 ○ 熊本大学大学院 学生員 北園芳人

1. まえがき

繰返し応力を受けた粘性土は、硬化または疲労破壊を起こすといわれている。我々の研究室では、阿蘇・九重を中心として中九州に広く分布する有機質火山灰土（黒ボク）に対して、繰返し応力の与える影響の研究を始めている。黒ボクは表-1に示すように、多量の有機物（30%以上）を含んでおり、高含水比で、実固めた供試体の乾燥密度が非常に小さく飽和度は高い。このような土に対して、これまでに行なった非排水繰返し載荷試験では、次のような傾向が認められた。(1)繰返し載荷回数が増加に従って弾性ヒズミが減少する（硬化現象）。(2)繰返し応力が大きくなるほど全ヒズミ、残留ヒズミが大きくなる。(3)一定の繰返し載荷回数に対する許容繰返し応力は小さく、疲労破壊が発生しやすい。(4)静的な拘束圧が大きければ全ヒズミ量が大きくなり、全ヒズミの安定の傾向も顕著となり、拘束圧の影響が大きい。そこで今回は繰返し載荷効果を一層明確に調べるために表-2に示すような試験を行ない、それらの結果を検討してみた。

2. 試料および試験方法

試料は熊本県阿蘇郡産山村で採取した黒ボク（産山黒Ⅰ）を試料調整し、実固め試験（JIS A 1210）相当のエネルギーで実固めた。試料の物理的性質および供試体の条件は、表-1の通りである。試験装置は三軸圧縮試験機を繰返し応力を載荷できるように改良した。繰返し応力には空気圧を用い、周期1秒（載荷0.5秒、除荷0.5秒）で行なった。試験方法は、供試体を圧力室内にセットし、拘束圧0.5、1.0、1.5 kg/cm²の各々について表-2のような試験も行なった。まず拘束圧 σ_3 で等方圧密 $\sigma_3 = \sigma_1$ を5時間行ない、その後拘束圧 σ_3 の20%の応力で繰返し載荷10万回、静的軸差応力載荷5万秒で試験を行なった。

試料の物理的性質		試験前の供試体	
自然含水比	250 %	含水比	235-241 %
比重	2.37	乾燥密度	0.33-0.34 g/cm ³
液性限界	258 %	間ゲキ比	5.93-6.08
塑性限界	72 %	飽和度	92.8-95.3 %
有機物	32.3 %		

表-1

等方 圧密 ($\sigma_3 = \sigma_1$)	① 非排水三軸圧縮試験	
	② 繰返し応力載荷 (非排水)	非排水三軸 圧縮試験
	③ 静的軸差応力載荷 (非排水)	非排水三軸 圧縮試験
	④ 非圧密非排水三軸圧縮試験	

表-2

3. 試験結果の検討

(1) ヒズミ曲線（図-1）

i) 各拘束圧 $\sigma_3 = \sigma_1$ で等方圧密を行なうことにより、有効応力の初期状態を同一にし、繰返し応力による影響を測定しようと考えた。この場合、等方圧密5時間で圧密が100%完了しているかどうかであるが、図-1からほぼ完了していると思われる。軸方向圧密量は $\sigma_3 = \sigma_1 = 1.5 \text{ kg/cm}^2$ で4%を越えている。これは高含水比也多量の有機物などのため、間ゲキ比が大きいために影響を与えていると思われる。

ii) 等方圧密後の繰返しによる衝撃の影響を知るために静的軸差応力（拘束圧 σ_3 の20%）を繰返し載荷時間の有効時間（載荷）に相当する5万秒載荷した。結果を比較すると、繰返しに対して圧縮量は10~20%小さくなっているが、繰返し載荷ヒズミと静的載荷ヒズミは極めて類似しており、時間あるいは回数に対して、直線的変換部分がみられる。これは低飽和度の土の $e - \log_{10} N$ 曲線と類似の傾向がある。

iii) 拘束圧 $\sigma_3 = 0.5 \text{ kg/cm}^2$ では、繰返し載荷・静的載荷の両方共にヒズミの進行は比較的ゆるやかである。

iv) 拘束圧 $\sigma_3 = 1.0, 1.5 \text{ kg/cm}^2$ の場合のヒズミの進行はほぼ平行している。

(2) 圧縮強さへの影響

1) 拘束圧 σ_3 と三軸圧縮強度比 (非圧密非排水強度 ④を100%とする) と図-2 のようになる。非圧密繰返し (前回実施) に比較して、圧密繰返し②は35~40%小さくなっている。また繰返し載荷効果は①と②の差で表わされており、 $\sigma_3 = 0.5 \text{ kg/cm}^2$ で30%, $\sigma_3 = 1.0, 1.5 \text{ kg/cm}^2$ で15%である。このことは $\sigma_3 = 1.0, 1.5 \text{ kg/cm}^2$ では $\sigma_3 = 0.5 \text{ kg/cm}^2$ よりも等方圧密

の影響が大きく、 $\sigma_3 = 0.5 \text{ kg/cm}^2$ ではほとんど等方圧密の影響がみられない。これは上記のヒズミ曲線の相違と同様に考えられよう。また静的非排水載荷効果も上記の繰返し載荷効果とほぼ一致しており、この点はヒズミ曲線と対応している。

1) 圧縮量 (残留ヒズミ) と非排水圧縮強度の関係を図示すると図-3 のようになる。 $\sigma_3 = 0.5 \text{ kg/cm}^2$ は繰返し応力載荷②および静的軸差応力載荷③のヒズミと圧縮強度の関係は等方圧密のそれと一致するが、 $\sigma_3 = 1.0, 1.5 \text{ kg/cm}^2$ では繰返し応力載荷②と静的軸差応力載荷③による強度増加は小さい。これは等方圧密に比べて、これらが非排水載荷であるため、高飽和度の試体に対して、有効応力の増加が少ないことが主な原因であろう。この点が低飽和度の土に対する繰返し載荷効果と異なる点である。

4. まとめ

以上の結果から次のようなことが考えられる。1) 拘束圧 $\sigma_3 = 0.5 \text{ kg/cm}^2$ では圧縮強度に等方圧密の影響があらわれない。これは試体作製時の空固めによる残留応力が 0.5 kg/cm^2 以上あるのではないだろうか。2) 繰返しの衝撃による影響は顕著ではない。3) 拘束圧 $\sigma_3 = 1.0, 1.5 \text{ kg/cm}^2$ になると圧縮強さの増加に対する効果は等方圧密効果に比べて、非排水条件下における繰返し載荷あるいは静的載荷の効果は少ない。この(2)と(3)が高飽和土の特徴であろう。

※参考文献

- 1) 鈴木・荒牧・北園: 土木学会西部支部研究発表会論文集, 3, 49, 2
- 2) 山内・羅: 第11回工質工学シンポジウム 1966

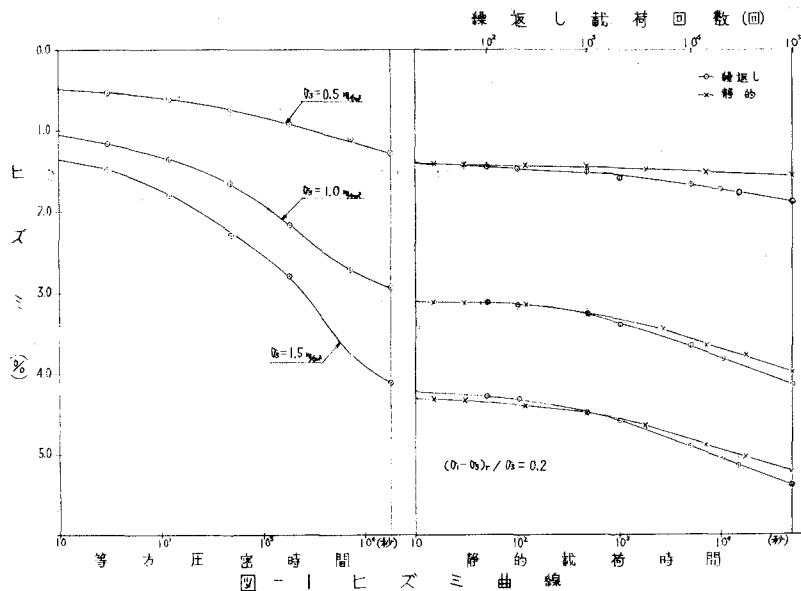


図-1 ヒズミ曲線

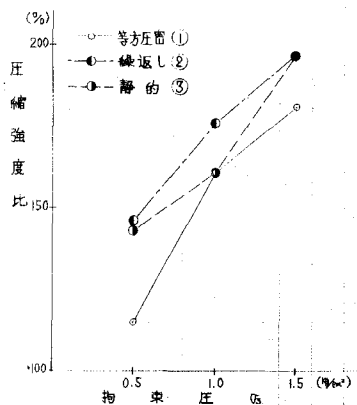


図-2 圧縮強度比-拘束圧

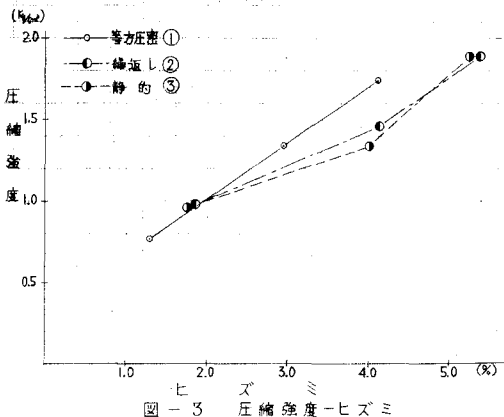


図-3 圧縮強度-ヒズミ