

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

有機質火山灰土(黒ボフ)に対して、繰返し応力応荷と非排水三軸試験で行なう場合、繰返し応荷回数が、数万回以上に及ぶと、長時間に渡り拘束圧を受けることになる。黒ボフは、多量の有機物や粘土鉱物のために、非常に含水比が高く、実固めた場合、間ゲキ比が大きい。そのために、圧密による圧縮量が大きく、これまでの試験結果から、拘束圧による圧縮が考えられるような傾向が得られている。そこで、繰返し応力の載荷中に拘束圧によって生じる圧縮の影響をできるだけ除き、また実固めた時起こる応力集中をなくし、有効応力の初期状態を均一にするために、繰返し応力載荷前に、拘束圧による等方圧密を行なった。今回は、非圧密と等方圧密後の繰返し載荷回数-ヒズミ曲線($\log N$ - ϵ 曲線)について考えてみる。

2. 試料及び試験方法

試料は熊本県阿蘇郡産山村で採取した黒ボフ(産山黒I)を実固め試験(JISA1210)相当のエネルギーで実固めて、高さ125mm、直径50mmの試体を作った。試料の物理的性質及び試体の条件は、表-1の通りである。試体は作製後、ビニールでシールして、一週間以上養生した後、試験を行なった。

試料の物理的性質		試験前の試体	
自然含水比	250%	含水比	235-241%
比重	2.37	乾燥強度	0.33-0.34%
液性限界	258%	間ゲキ比	5.93-6.08
塑性指数	72%	飽和度	92.8-95.3
有機物	32.3%		

表-1 試料の性質

試験装置は三軸圧縮試験機と改良し、空気圧で、繰返し応力を載荷した。繰返し周期は載荷0.5秒、除荷0.5秒の1.0秒で行なった。試験方法は、拘束圧 $\sigma_3=0, 0.5, 1.0, 1.5$ kg/cm²とし、 $0.5, 1.0, 1.5$ kg/cm²については、各拘束圧で等方圧密を行なった。たまた、行なわないものの2種類について、繰返し応力を載荷した。ただし、等方圧密($\sigma_3=\sigma_1$)は一次圧密が終了するまで(5時間)行なった。また、等方圧密を行なった試体については、静的応力載荷試験も併せて行なった。

3. 試験結果と考察

①非圧密非排水繰返し応力載荷試験のヒズミ曲線

拘束圧 $\sigma_3=0$ kg/cm²の場合は、高飽和度高含水比の影響のため硬化現象が現われず、小さい応力で疲弊破壊を起こす。また等方圧密を行ない、ない試体では、同じ繰返し応力比 σ_1/σ_3 でも、拘束圧が増加すると、繰返し応力による土構造の硬化作用と共に、ヒズミの中には、拘束圧による圧縮の影響が含まれているため、全ヒズミ、残留ヒズミ、弾性ヒズミのすべてが大きくなっている。そして $\log N$ - ϵ 曲線は静的圧密時間-応下曲線に類似している。

②等方圧密非排水繰返し応力載荷試験のヒズミ曲線

繰返し応力載荷に先立って、各拘束圧で等方圧密($\sigma_3=\sigma_1$)を行なった。そのときの軸方向圧縮量は、 $\sigma_3=\sigma_1=0.5$ kg/cm²で1.3%、 1.0 kg/cm²で2.8%、 1.5 kg/cm²で4.2%となり、間ゲキ比が大きいためにかなりの圧縮量である。

図-1より各ヒズミは応力比が増加すれば増加しており、これは各拘束圧についても同じ傾向を示す。応力比0.2以下のところでは、載荷回数 $N=10^3 \sim 10^4$ 回の間でヒズミ増加率 $(\dot{\epsilon})$ が変化するが、ほぼ直線的にヒズミが増加する。応力比0.4~0.8では、載荷回数に関係なくヒズミ増加率はほとんど一定であり、 $\log N$ - ϵ 曲線は直線と見なされる。弾性ヒズミは載荷回数が増加すると減少する傾向にはあるが、非圧密の場合と比較すると、弾性ヒズミとその減少率は共に小さい。また拘束圧が増加するとヒズミ増加率はわずかに増加する傾向にある。

応力比1.0では全ヒズミ、残留ヒズミのヒズミ増加率、弾性ヒズミは載荷回数増加に伴って増加し、疲労破壊を起す。等方圧密を行なうため、非圧密の場合と異なった $\log N - \epsilon$ 曲線を示す。すなわち、事前に等方圧密をした場合、 $\log N - \epsilon$ 曲線は直線性を示しており、全ヒズミ、残留ヒズミは非圧密より小さい。また等方圧密を行なったことにより、拘束圧による静的圧縮大部分は終了したと考えられる。

③等方圧密非排水静的軸差応力載荷試験のヒズミ曲線

繰返し載荷試験による硬化現象が衝撃によるものであるかどうかを知るために、同一応力を静的に載荷した試験を行なった。載荷時間は繰返し応力載荷時間の有効載荷時間に相当する5分秒を等方圧密後載荷した。

静的載荷時間-ヒズミ曲線は、 $\log N - \epsilon$ 曲線と同様に小さい応力比ではヒズミ増加率が載荷回数 $N = 10 \sim 10^6$ 回で増加するが応力比0.4以上になるとほぼ直線となり、ヒズミ増加率は繰返し応力載荷より小さい。また、応力比0.8を除けば、静的ヒズミは載荷初期 ($N = 10$ 回) の段階では繰返し全ヒズミの増加に比較して大きくなる傾向にあるが、最終的には、繰返し残留ヒズミより小さくなっている。応力比1.0では繰返し応力載荷の場合、疲労破壊を起すが、静的軸差応力載荷の場合、載荷初期におけるヒズミは、繰返し全ヒズミより大きいにもかかわらず、一定のヒズミ増加率で直線的に増加するだけで破壊には至らない。これらのことから、繰返し応力による衝撃の方が、静的フリープよりも応力比の影響をわずかではあるが受けやすく、静的フリープの場合は載荷初期に応力比の影響が現れやすいといえる。

4. まとめ

- ①等方圧密後の繰返し応力による $\log N - \epsilon$ 曲線は3種類に分類される。繰返し応力比が小さい (0.2以下) ところでは、載荷回数 $N = 10 \sim 10^6$ 回のところでヒズミ増加率 (γ_e) が増加する。繰返し応力比0.4~0.8では載荷回数に明瞭なく、ほぼ一定のヒズミ増加率で直線となる。繰返し応力比1.0では疲労破壊を起す。
- ②繰返し応力比が変化してもヒズミ増加率 (γ_e) には顕著な変化は見られない。
- ③弾性ヒズミは等方圧密を行なうため、行なわない供試体では、前者の方がヒズミ量が小さく、ヒズミの減少率も小さい。
- ④静的軸差応力載荷試験では、繰返し応力載荷試験と同じ傾向にあるが、応力比1.0であっても破壊には至らない。
- ⑤繰返し応力載荷試験のヒズミ増加率と静的軸差応力載荷試験のヒズミ増加率では前者の方がわずかではあるが大きい。
- ⑥②③④のことから、等方圧密後の繰返し応力載荷による硬化現象は応力比にはほとんど影響を受けず顕著でないと考えられる。

参考文献

- ①鈴木茂樹・北園：土木学会西部支部研究発表会論文集1974.2
- ②鈴木茂樹・北園：土木学会29日年次学術講演摘要集1974.10
- ③河上・小川：土木学会論文集96号1963

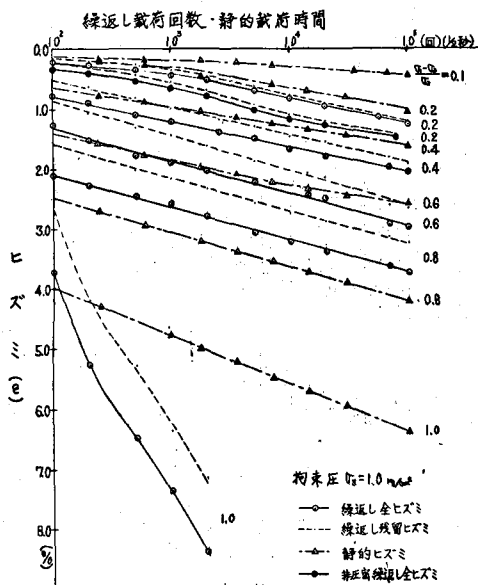


図-1 載荷回数・時間-ヒズミ曲線