

熊本大学工学部 正員 鈴木敦巳
熊本大学工学部 正員 ○ 北園芳人

1. まえがき

黒ボクは有機質火山灰土であり、土質工学的に特異な性質を有している。その一つとして、自然含水比250%という高含水比であるため、不攪乱土の一軸圧縮強度 σ_u は0.7%程度の強度を示すが、しかし、くり返した場合三軸用供試体は自立できないほどの強度低下を示し、外力エネルギーに対し高含水比が悪影響を与えていると考えられる。このような黒ボクに対して、これまで実固め試験(JIS1210)相当のエネルギーで実固めた供試体(高さ125mm, 直径50mm)について、三軸圧縮試験機で等方圧強後、くり返し非排水三軸試験を行なってきた。その結果、等方圧強後の供試体は飽和度97%前後の高飽和度を示し、飽和土に近いと考えられる。そのため、10万回くり返し載荷後の非排水三軸圧縮強度には高々20%前後の強度増加しかみられないが、変形係数においては150%を越す増加がみられる²⁾。つまり、高飽和度であるため、過剰間ゲキ水圧が発生し、有効応力が低下し破壊強度が増加がみられないと考えられる。そこで今回は、くり返し載荷によって生じる過剰間ゲキ水圧の発生について若干述べてみたい。

2. 実験方法

試料は既報¹⁾で用いたものと同じで物理的性質・供試体の諸元は、 $w=235\%$, $G_s=2.37$, $w_L=258\%$, $w_p=186\%$, 有機物32%, $\gamma_d=0.33\text{g/cm}^3$, $e=6.00$, $f_r=94.1\%$ である。供試体は一週間以上養生した後、三軸圧縮試験機を用いて各拘束圧で等方圧強を行ない、載荷0.5秒、除荷0.5秒の周期1.0秒で 10^4 回載荷を行なった。くり返し荷重割合は各拘束圧での等方圧強供試体の破壊強度 $(\sigma_1-\sigma_3)_b$ の25, 40, 55, 70, 85%とした。間ゲキ水圧の測定は供試体底面のポラストンを通して、水銀マンノメータで行なった。

3. 実験結果と考察

くり返し荷重と受けることによ、高飽和度の供試体には、過剰間ゲキ水圧 Δu が発生する。載荷回数 N を対数軸にとり、 $\Delta u \sim \log N$ で表わすと図-1のようになる。図-1に示されるように $N=10^3$ 回以前では Δu の増加は顕著とはいえず、 $N=10^3$ 回前後から急激に増加し始める。 $\Delta u \sim \log N$ 曲線においては、 $N=10^3 \sim 3 \times 10^4$ 回の間で変曲点があられ、 $N=10^4$ 回では、 Δu の増加がほぼ落ち着く傾向にある。すなわち、 $N=10^3$ 回以前で Δu の増加が顕著でないのは、次のようなことが考えられる。供試体は各拘束圧で一次圧強が終了するまで等方圧強を行なったことにより、飽和度も増加しており、飽和土に近づいているが、完全飽和土とはいえない。さらに試料が、有機物の含有量の多い火山灰質粘土土であるため、非結晶質の粘土鉱物アロセンや有機物等の強度に好ましくない成分から成り立っているため、応力の伝播状態が悪い。そのため、飽和粘土土の過剰間ゲキ水圧が増加する載荷回数に比較して黒ボクの方が載荷回数が多くなって(時間的に遅れて)はじめて、過剰間ゲキ水圧が増加し始めるのではないが、また間ゲキ水圧は供試体の底面のポラストンを通して測定している。そして、くり返し荷重は供試体の上面から作用しているため、くり返しの影響による過剰間ゲキ水圧の発生と測定との間に時間的差があると考えられる。すなわち、両者の影響等によって、過剰間ゲキ水圧の発生が時間的に遅れると思われる。

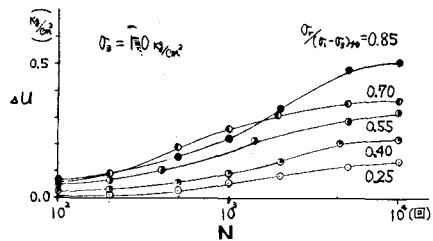


図-1 載荷回数(N)-間ゲキ水圧(Δu)曲線

また $N=10^6$ 回付近で間ゲキ水圧の増加はほとんど見られなくなるのは、くり返し载荷による影響（土粒子の構造変化）がほとんど終了し、間ゲキ水圧が平衡状態に達したものが、あるいは、間ゲキ水圧の増加によって平均有効主応力が低下し、破壊包絡線に達して破壊に至ったものであるか、はつきりしない。そこで、 Δu と N の関係を図2のように N を Δu で割って、 $N/\Delta u \sim N$ にプロットすれば直線となり、図2から得られる傾斜 m を用いて、ある载荷条件下における $N \rightarrow \infty$ のときの Δu つまり Δu_{max} が、 Δu で推定される。これは、飽和粘土土の試験結果についても同様な報告がある。そして、くり返し荷重の大きなものほど傾斜 m は小さくなり、 Δu が大きくなることを示している。また、図3のように $\Delta u \sim E_r$ をプロットすると、各拘束圧において载荷回数 N が十分大きくなると、 $\Delta u \sim E_r$ の関係はある直線上にのるようである。このことが定性的なものならば、 Δu の増加は E_r の増加に依存することになる。

図4のように平均有効主応力を用いて、くり返し载荷による有効応力の変化が表すできる。破壊包絡線は各拘束圧で考方圧密した試体の非排水三軸圧縮試験から求めたものである。くり返し载荷は一定の軸差応力を掛けるわけであるから、その $stress\ pass$ は、全応力の $stress\ pass$ と考えられる傾き $\tan \phi$ の直線上から出発して、水平に左方向へ進むことになる。その結果、 $N=10^6$ 回では破線で示される位置まで平均有効主応力 σ_v が低下する。これは、非排水三軸圧縮試験の $stress\ pass$ に近い。しかし、 $N=10^6$ 回になるときに σ_v が低下し、図2において求められた傾斜 m から Δu_{max} と推定し、 σ_v を求めると、 $q_3=1.0\text{ kg/cm}^2$ と $q_3=1.5\text{ kg/cm}^2$ で $\sigma_v(\sigma_1-\sigma_3)/\sigma_3=0.85$ では破壊包絡線に達し、破壊に至るものと考えられる。そして、 $\sigma_v(\sigma_1-\sigma_3)/\sigma_3=0.70$ 以下では、破壊包絡線に達せず、過剰間ゲキ水圧は平衡状態に達し、図3の関係から全ヒズミ ϵ_r も平衡状態に達することが予想される。

4. まとめ

以上、くり返し载荷による過剰間ゲキ水圧の変化について若干の傾向を述べて来たが、実験数が少なく、実験の不慣れによるバラツキも考えられるので、今後さらに载荷回数を増したものについても研究をすすめる、これらの傾向を確かめていくつもりである。

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（1975.2）
- 2) 鈴木・荒牧・北園：第10回土質工学研究発表会（1975.6）
- 3) 柴田・長谷川：第8回土質工学研究発表会（1973.6）
- 4) 土木工学会編：土質力学

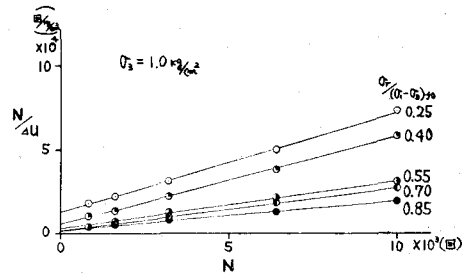


図-2 载荷回数(N)- $N/\Delta u$

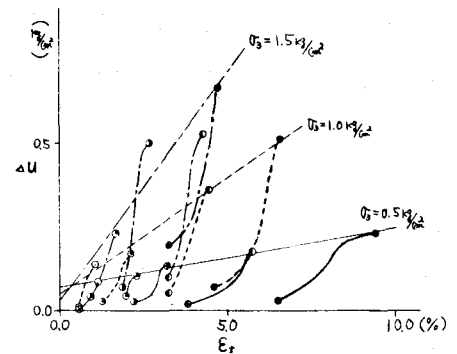


図-3 全ヒズミ(ϵ_r)-間ゲキ水圧(Δu)

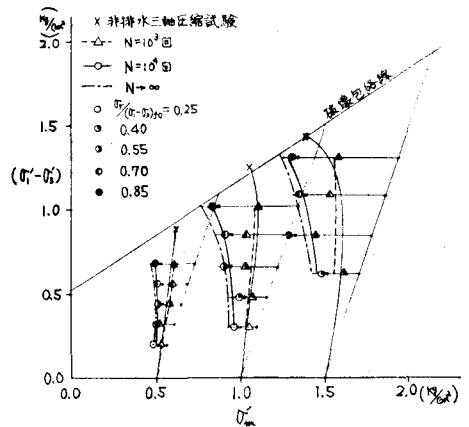


図-4 平均有効主応力表示による $stress\ pass$