

阿蘇クロボク土の動的性質について

山口大学工学部 正員 大原 資生
山口大学大学院 学生員 〇 滝本 邦彦
丸亀市役所 森下 学

1. まえがき わが国面積の40%近くが火山灰質土でおおわれており、特に九州ではチュウ積地域を除くほぼ全域がおおわれている。本研究で用いた黒ボク土は火山灰質粘性土の一種で、九州では阿蘇・九重山域に広く分布している。また、この一帯は過去に地震の被害を受けている。したがって地震時および地震後の地盤の強度を知ることは、耐震設計上からも必要なことである。そこでわれわれは、ひずみ制御による動的単純せん断試験機を使って、動的せん断ひずみ履歴が土の静的せん断強度にどのように影響を与えるかということ、および動的せん断ひずみを受けている間の土の等価剛性率の変化について調べた。

2. 試料, 実験装置および実験方法 表-1 試料の物理的および力学的性質

試料は阿蘇山産の黒ボク土(自然含水比132%)のうち、2mmフルイを通過したものを用いた。これを飽和状態にして、せん断箱内のゴムスリーブに入れ、所定の圧密圧(0.5, 1.0 kg/cm^2)で2時間圧密した。圧密後の供試体の寸法は、直径7.5cm, 高さ2.0cmの円板状である。表-1に、試料の物理的および力学的性質を示す。

比重 G_s	2.471
液性限界 w_L	149.5%
塑性限界 w_p	81.2%
塑性指数 I_p	68.3
最大粒径 D_{max}	2.00mm
均等係数 U_c	23.0
平均粒径 D_{50}	0.0058mm
最大間ケキ比 e_{max}	4.16
最小間ケキ比 e_{min}	2.00
有機物含有量	
強熱減量法	23.5%
重クロム酸法	19.0%
10%含水率後間ケキ比	2.83
0.5%含水率後間ケキ比	3.03

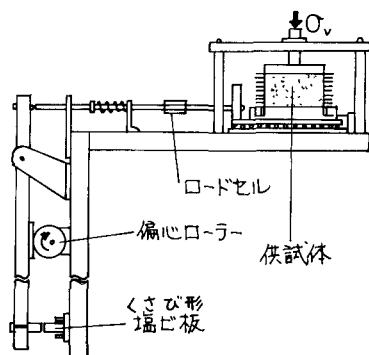


図-1 Kjellman型動的単純せん断試験機

図-1に実験装置を示す。せん断箱はKjellman型で、供試体はゴムスリーブで包まれ、その外側には内径75.2mm, 外径96.0mm, 厚さ2.0mmのアクリルリングが15枚つみ重ねてある。せん断ひずみの負荷装置は、動的負荷には電気モーターと偏心ローラーを、また静的負荷にはくさび形塩ビ板(長さ130cm)をそれぞれ用いた。

ひずみ履歴に関する実験方法は、供試体を非排水状態にして、1.5%の動的せん断ひずみを所定の回数(10, 30, 50, 100回)与えた。ついで、その時発生した間ケキ水圧はそのままの状態で、くさび形塩ビ板を一方に進ませることにより、5.0%/minのひずみ速度で静的せん断を行った。また等価剛性率に関する実験方法は、供試体を非排水状態にして、負荷するせん断ひずみを0.26%, 0.78%および、1.7%の3通りに変えて、繰り返しひずみを100回与えた。

3. 実験結果と考察 (ひずみ履歴の影響について) 図-2に、N回繰り返しひずみを与えた後の供試体の静的破壊強度 τ_{ds} とその時の有効鉛直応力の関係を一部拡大して示す。N=0, つまり繰り返しひずみを与えない場合の静的破壊強度 τ_{ds} の破壊線は、繰り返しひずみを与えた場合のどの破壊線より下まわっている。また内部摩擦角も小さい。しかし繰り返し回数が增加すると、その内部摩擦角はわずかずつ低下している。これは10回までの繰り返しひずみ負荷により、硬化現象が生じて強度は増加するが、その後は繰り返されて強度が少しずつ低下するものと思われる。このような現象は黒ボク土中に多く含まれる非結晶質の

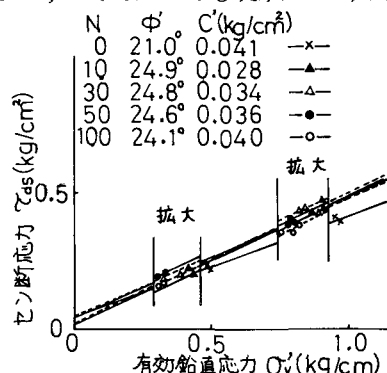


図-2 繰り返し後の静的せん断応力と有効鉛直応力との関係

粘土鉱物アロフェンに關係していると思われる。すなわち、アロフェンは多量の拘束水を吸着して、数回の繰返しでは拘束水は自由水化しにくい。それ以上に繰返しによる硬化効果が上まわり、 τ_{ds} は τ_s を上まわる。しかし繰返し回数が増加してくると拘束水は少しずつ自由水化して有効応力が減少し、強度低下をきたすのではないと思われる。

図-3に、鉛直圧をパラメーターとした τ_{ds}/τ_s とNの關係を示す。鉛直圧が高い方が応力比 τ_{ds}/τ_s は大きい。これは高い鉛直圧による土粒子間のかみ合わせによる結合力の増加の割合が、鉛直圧の増加の割合より上まわっているためと思われる。また、直線は右さがりになっており、繰返し回数が増加すると、繰返しによる強度の低下が生じているのがわかる。そして、鉛直圧 σ_v が0.5 kg/cm²の場合、繰返し回数が100回を越すと、 τ_{ds}/τ_s が1を下まわるようになり、強度低下が硬化効果を上まわる領域にはいることが予想される。

図-4に、繰返しひずみ負荷により発生した間ゲキ水圧の鉛直圧に対する比と、鉛直圧との關係を示す。鉛直圧 σ_v が低いほど、鉛直圧に対する間ゲキ水圧の割合 u/σ_v は大きい。これは、鉛直圧が高いほど、供試体の間ゲキ比が限界間ゲキ比により近いために、鉛直圧が低いほど負のダイラテンシーが起ころうとする傾向が強いためと思われる。また、繰返し回数が多いほど u/σ_v は大きい。これは前述の拘束水の自由水化が進むからである。この実験では、液状化に至るまで間ゲキ水圧は上昇していない。これは、前述したようにアロフェンの影響がでているものと思われる。しかし、以上のことを考え合わせると、鉛直圧をより低くして、繰返し回数をより増加させると、この実験ではおきなかった液状化現象がみられるかもしれない。

(等価剛性率の変化について) 図-5に、繰返しひずみ負荷中の供試体のヒステリシスループを長円とみなして求めた等価剛性率 G_{eq} とセン断ひずみ γ 、鉛直圧 σ_v 、および、繰返し回数Nとの關係をプロットして示す。等価剛性率 G_{eq} は鉛直圧 σ_v の増加に伴い増加し、セン断ひずみ γ の増加に伴い減少しており、また、繰返し回数Nの増加に伴っても減少している。これは、実験を非排水状態でおこなったため、繰返しひずみ負荷により間ゲキ水圧が発生して、繰返し回数が多いほど有効鉛直応力が減少しているためと思われる。

この等価剛性率 G_{eq} 、鉛直圧 σ_v 、および、繰返しセン断ひずみ γ の關係を次式で表わすことを考え、式中の定数C、n、mを最小二乗法で求め、その結果を表-2に示す。

$$G_{eq} = C \cdot \sigma_v^n \cdot \gamma^m$$

表-2の数値と上式を使って求めたのが、図-5に示す実線である。

参考文献 土質工学会編：日本の特殊土

鈴木、北園：土木学会西部支部研究発表会論文集、1976

鈴木、荒牧、北園：第10回土質工学会研究発表会、1975

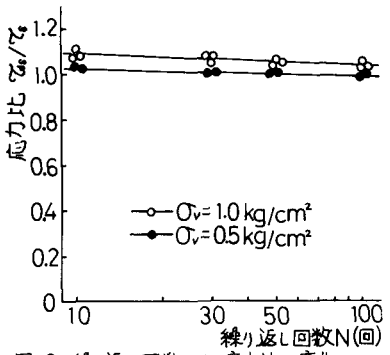


図-3 繰返し回数による応力比の変化

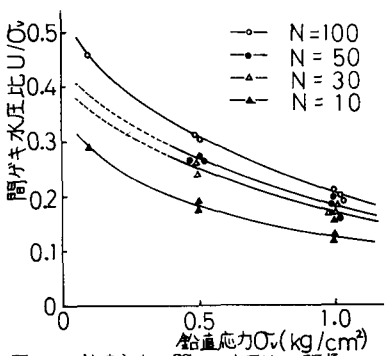


図-4 鉛直応力と間ゲキ水圧比の關係

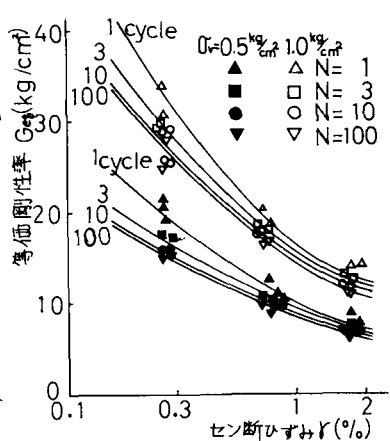


図-5 各サイクル別の等価剛性率とセン断ひずみの關係

表-2 定数

係数 cycle	C	n	m
1	1.577	0.514	0.793
3	1.847	0.465	0.784
5	1.916	0.452	0.783
10	1.928	0.445	0.780
30	1.812	0.455	0.795
50	1.795	0.456	0.802
100	1.739	0.461	0.804