

熊本大学 工学部 正員 ○北園芳人
熊本大学 工学部 正員 鈴木敦巳

1. まえがき

中部九州に広く分布する火山碎屑岩風化土(灰土)は極めて鋭敏な粘土として知られている。灰土は地山において露出しないうちでは安定しているが、灰土を材料として盛土などを行なう場合、わり返されて軟弱化するため、安定した盛土が得られない。このような鋭敏な灰土に対して、高飽和度の非排水条件で、交通荷重や余盛などによる先行載荷を受けた場合、せん断強度や変形係数にどのような影響をおよぼすかと調べることは重要である。そこで今回は、くり返し載荷試験あるいは静的荷続載荷試験も、灰土と一般的粘土で代表的な粘土鉱物カオリナイトを主成分とするカオリンの両者で行ない、その先行載荷効果を比較検討した。

2. 実験方法

灰土(熊本県産本郡植木町採取)と市販カオリンを高さ 125mm、直径 50mm に定めて試験体とした。それらの諸元は表-1の通りである。試験方法は、24時間等方圧密したあと、非排水条件で先行載荷、すなわちくり返し載荷(周期1.0sec.で18回)あるいは静的荷続載荷(90min)をそれぞれ単一荷重で行なった。載荷強度はそれぞれ等方圧密非排水三軸圧縮強度に対する比($R_L = \sigma_p / (\sigma_1 - \sigma_3)_0$)で表わす。先行載荷終了後、そのまゝの拘束圧で、非排水三軸圧縮試験を行ない、等方圧密終了後の非排水三軸圧縮強度 $\cdot (\sigma_1 - \sigma_3)_0$ 、変形係数 $\cdot E_{50}$ と比較した。

3. 試験結果および考察

先行載荷後の非排水三軸圧縮強度は等方圧密終了後のそれと比較して(図-1、図-2)、灰土・カオリンの両者とも、先行載荷の方法が異なってもほとんど変化していない。しかし、変形係数においては、灰土・カオリンの両者とも、先行載荷によって増加しており、くり返し載荷による強度増加が、静的荷続載荷のそれと大きく上回っており、載荷と応荷という応力の变化のある方が硬化効果のあることを示している。次に、灰土とカオリンを比較すると、くり返し載荷における変形係数の増加率が異なり、後者の方が200%近く大きくなっている。カオリンは結晶質の粘土鉱物カオリナイトを主成分としているのに対し、灰土はカオリナイトを含むものの、結晶度の低い粘土鉱物を多く含むため、カオリンのように土粒子の配向性が強くなく、硬化効果が小さいものと考えられる。

先行載荷による有効応力経路(図-3)をみると、くり返し載荷の場合、 $R_L = 0.5$ で等方圧密非排水圧縮試験より求めた破壊終上にあるが、図-4からわかるように破壊には至っていない。さらに、くり返し載荷後の非排水圧縮試験において、 $R_L = 0.4$ と0.5で明らかに有効応

表-1 試料の物理的性質および諸元

試料名	灰土	カオリン
自然含水比	50.6 %	(6.2) %
比重	2.79	2.69
液性限界	53.5 %	34.8 %
塑性指数	17.6 %	11.7 %
日本統一分類法	VH ₁	CL
製作時		
含水比	49.3 %	32.5 %
乾燥密度	1.17 g/cm ³	1.41 g/cm ³
間隙率比	1.40	0.91
飽和度	98.4 %	96.5 %
等方圧密後		
含水比	45.2 %	27.1 %
乾燥密度	1.23 g/cm ³	1.54 g/cm ³
間隙率比	1.28	0.74
飽和度	98.8 %	98.0 %
$(\sigma_1 - \sigma_3)_0$	2,794 g/cm ²	2,640 g/cm ²
E_{50}	79 g/cm ²	58 g/cm ²

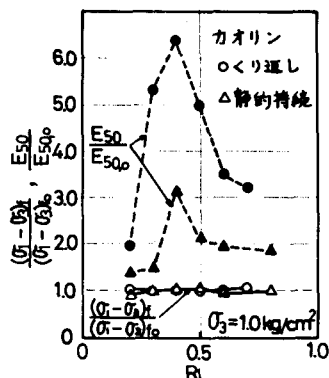
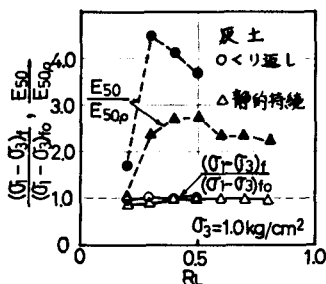


図-1 灰土の先行載荷による強度変化

図-2 カオリンの先行載荷による強度変化

力が、破壊線を越えて低下している。これは、図-4の ε - $\log N$ 曲線において、 $RL > 0.3$ で初期ヒズミ($N=10$ 回)が急激に増加し、 ε - $\log N$ 曲線が下に凸の曲線となっていることから、有効応力が大きく低下しているにもかかわらず、 $N > 10$ 回では、外力に対して安定した土の骨格構造が形成されたものと考えられる。つまり、カオリンの場合は、この傾向がさらに顕著で、非晶質の粘土鉱物を主成分としている有機質火山灰土などでは、このような傾向がみられないことから、結晶質の粘土鉱物カオリナイトを含むカオリンや灰土では、土粒子の配向が比較的進みやすく、土の骨格構造が降伏して、外力に対して安定した骨格構造を形成し得ると思われる。静的持続载荷の場合、有効応力が破壊線に達すると、破壊し、 ε - $\log t$ 曲線(図-5)もほぼ直線となり、载荷中にヒズミ速度の急激な変化は起こらず、土粒子の配向による土の骨格構造の変化が、くり返し载荷はビスマーズに起こらないものと考えられる。

先行载荷初期のヒズミ

速度と荷重比の関係を示すと図-6のようになる。

この図から、ヒズミ速度の急変点が得られ、これは第二降伏値⁽³⁾と考えられるが、土粒子の配向性の強いカオリンや灰土のくり返し载荷の場合、この降伏値を越えると顕著な土の骨格構造の変化が生

じるものと考えられる。図-4 軸ヒズミ-载荷回数⁽⁴⁾の関係また、この第一降伏値とくり返し载荷後の変形係数を比較してみると、灰土、カオリンの両者とも、第一降伏値よりやや小さい荷重比で最大となり、第一降伏値以上になると変形係数も小さくなる。これらのことから、灰土に対する非排水条件下の先行载荷効果は変形係数については硬化効果がみられ、せん断強度の増加現象はみられず、高敏感性($S_r=16$)のため、カオリンと比較して小さい先行荷重比でかなり大きい軸ヒズミが生じる。変形係数における硬化効果は、くり返し载荷の第一降伏値よりやや小さい荷重の場合が最も大きい。しかし、灰土はカオリンに比べて結晶度の低い粘土鉱物を多く含むため、土粒子の配向性がカオリンよりも弱く、硬化効果が小さく、第一降伏値や破壊に達する荷重比が小さい。静的持続载荷の場合はカオリンでも土粒子の配向が起こりにくく、灰土とカオリンの差は顕著ではない。

図-4 軸ヒズミ-载荷回数⁽⁴⁾の関係

また、この第一降伏値とくり返し载荷後の変形係数を比較してみると、灰土、カオリンの両者とも、第一降伏値よりやや小さい荷重比で最大となり、第一降伏値以上になると変形係数も小さくなる。

これらのことから、灰土に対する非排水条件下の先行载荷効果は変形係数については硬化効果がみられ、せん断強度の増加現象はみられず、高敏感性($S_r=16$)のため、カオリンと比較して小さい先行荷重比でかなり大きい軸ヒズミが生じる。変形係数における硬化効果は、くり返し载荷の第一降伏値よりやや小さい荷重の場合が最も大きい。しかし、灰土はカオリンに比べて結晶度の低い粘土鉱物を多く含むため、土粒子の配向性がカオリンよりも弱く、硬化効果が小さく、第一降伏値や破壊に達する荷重比が小さい。静的持続载荷の場合はカオリンでも土粒子の配向が起こりにくく、灰土とカオリンの差は顕著ではない。

参考文献

- (1) 鈴木北園:「くり返し载荷を受ける阿蘇火山灰土の変形特性」, 第13回土質工学研究発表会講演集(1972年6月)
- (2) 北園・鈴木:「締固めた有機質火山灰土の変形特性に対する非排水先行载荷効果」, 土質工学論文報議投稿中
- (3) 赤井・柴田・磯井:「土と岩石のレオロジー」, 「材料」第17巻第18号

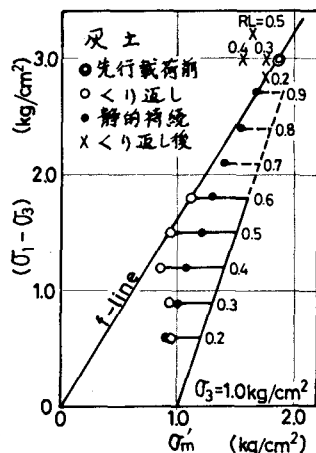


図-3 先行载荷による有効応力経路

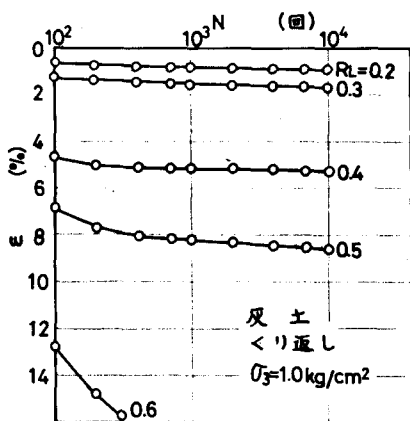


図-4 軸ヒズミ-载荷回数⁽⁴⁾の関係

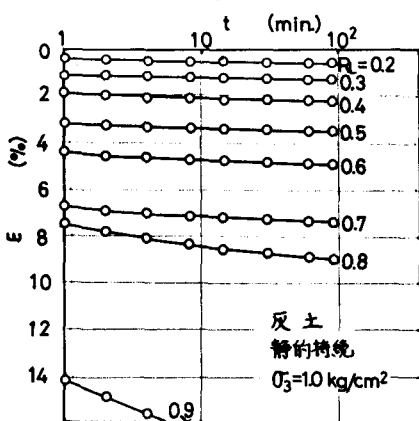


図-5 軸ヒズミ-载荷時間⁽⁴⁾の関係

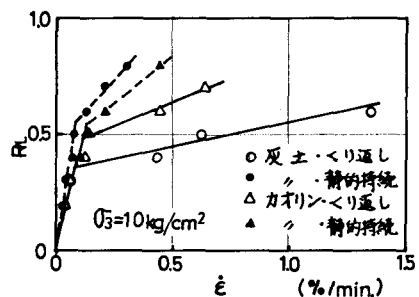


図-6 荷重比-ヒズミ速度の関係