

火山灰質粘性土の非排水繰返し載荷時の間隙水圧挙動

熊本大学工学部 ○正 北園芳人 正 鈴木敦巳
学 村田健郎 学 佐々木克也

まえがき

非排水の飽和粘性土においてひずみ速度せん断試験結果より、間隙水圧はひずみ速度の影響が認められず、ひずみと一義的關係がある。また、非排水繰返し載荷試験においても間隙水圧は軸差応力・載荷周期には無関係でひずみ振幅に依存する¹⁾と報告されている。今回は、火山灰質粘性土(赤ぼく、黒ぼく)を用いて、非排水条件で、それぞれひずみ制御試験、繰返し載荷試験、静的持続載荷試験を行ない、それらの応力、軸ひずみ、間隙水圧の關係を検討したので、その結果を報告する。

1. 実験方法

供試体は、火山灰質粘性土(赤ぼく: $W_n=107\%$, $LL=123\%$, $I_p=40\%$, $G_s=2.86$, 黒ぼく: $W_n=208\%$, $LL=210\%$, $I_p=48\%$, $G_s=2.66$)をほぐし、自然含水比で固めた供試体(I-specimen)と、液性限界以上の含水比で繰返したあと、圧密圧力49kPaで再圧密した供試体(R-specimen)を用いた。試験方法は、飽和操作としてI-specimenについてはフラッシングとバックプレッシャー負荷、R-specimenについてはバックプレッシャー負荷を行なった。なお、バックプレッシャー圧は98kPaで20時間以上負荷した。その後、拘束圧 $\sigma_3=98\text{kPa}$ で等方圧密を24時間行なった。圧密終了後の供試体の諸元は表-1に示す。等方圧密後、非排水条件で、ひずみ制御(Standard test, $\dot{\epsilon}=1\%/min$)、繰返し載荷(Rep. test, 1Hz, $N=10^2$)、静的持続載荷(Sus. test, $t=3h$)のそれぞれの試験を行なった。繰返し載荷と静的持続載荷の荷重は、ひずみ制御試験の破壊強度との比で荷重比(R_L)として表わす。

表-1 供試体の等方圧密後の諸元

	I-specimen		R-specimen	
	赤ぼく	黒ぼく	赤ぼく	黒ぼく
w (%)	102	187	85	156
ρ_a (g/cm ³)	0.74	0.45	0.83	0.52
e	2.89	4.91	2.43	4.14
k (cm/s)	3.8×10^{-7}	3.1×10^{-7}	1.1×10^{-7}	1.4×10^{-7}
$(\sigma_1 - \sigma_3)_c$ (kPa)	172.0	143.8	127.2	148.8
E_{so} (MPa)	4.51	9.11	12.1	21.8

2. 実験結果および考察

図-1, 図-2は、赤ぼくのI-specimen, R-specimenの応力-軸ひずみの關係である。ひずみ制御試験(Standard test)の場合、R-specimenの破壊強度は表-1にも示すように、I-specimenに比較してかなり小さいが、変形係数は逆に2倍以上も大きくなっている。黒ぼくの場合、表-1に示すように破壊強度はほとんど差はないが、変形係数はやはりR-specimenの方が2倍以上で、赤ぼくよりも大きいことがわかる。これから、軸ひずみの小さい領域でのR-specimenの剛性が非常に大きいことがわかる。静的持続載荷試験(Sus. test)の場合、載荷初期($t=2min$)でのI-specimenの軸ひずみはひずみ制御試験の応力-軸ひずみ曲線にはほぼ一致している。しかし、R-specimenの軸ひずみは荷重比が大きくなるとその応力-軸ひずみ曲線

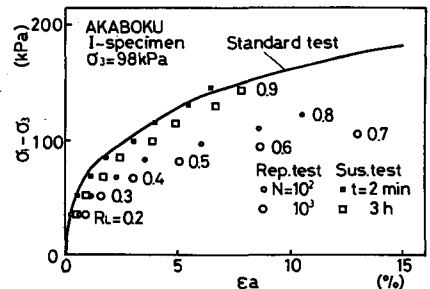


図-1 応力と軸ひずみの關係(赤ぼく, I-specimen)

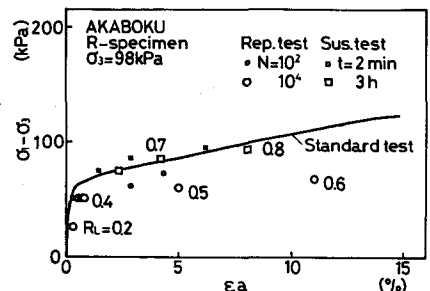


図-2 応力と軸ひずみの關係(赤ぼく, R-specimen)

からはずれて軸ひずみ量が小さくなっている。繰返し載荷試験 (Rep. test) の場合、ある荷重比以上では静的持続載荷試験よりもさらに急激に軸ひずみが増加し、降伏能力が明確になっている。

図-3, 図-4はI-specimenの間隙水圧-軸ひずみの関係を表わしたものであり、図-5, 図-6はR-specimenのそれを表わしている。I-specimenの場合、軸ひずみ4~5%までは繰返し載荷及び静的持続載荷の載荷回数や載荷時間を問わず、ひずみ制御試験の u - ϵ_a 曲線と非常によく一致している。しかし、繰返し載荷にみられるように、降伏能力を大きく越え、繰返し載荷時の間隙水圧が増加し、 u - ϵ_a 曲線よりも上方に示されるようになる。R-specimenの場合、繰返し載荷、静的持続載荷とも、載荷初期はひずみ制御試験の u - ϵ_a 曲線に近いが、載荷回数や載荷時間が増すと、それより大きい間隙水圧が発生している。これは、いずれの試験においても載荷初期の間隙水圧の測定が遅れているものと考えられる。つまり、間隙水圧の測定が遅れなければ、 u - ϵ_a 曲線は図中の一点鎖線のようになると考えられ、I-specimenと同様、繰返し載荷や静的持続載荷による間隙水圧は降伏能力以下の範囲では、ひずみ制御試験の u - ϵ_a 曲線に一致するものと考えられる。

以上の実験結果より次のことが考察される。

(1). 間隙水圧は軸ひずみと一義的関係が強く、降伏能力以内であれば、応力の載荷方法によらず同一の間隙水圧-軸ひずみ関係がみられる。しかし、降伏能力以上では、その一義的関係が見られなくなる。これは、繰返し載荷の場合、載荷、除荷という応力の繰返しでペドや含有水分の移動が起こりやすく、ひずみ制御試験に比べてせん断領域が広範囲に及ぶため、負のダイレイタンスが大きくなり、繰返し載荷時の間隙水圧が大きくなるためである。

(2). R-specimenの各載荷試験初期の間隙水圧の測定は次のように考えられる。R-specimenのバンププレッシャー負荷後の間隙圧係数 B の値は0.98前後と高いが、等方圧密後の B の値は0.85前後と低くなる。これは、等方圧密によって自由水は排出されるが、間隙中の微細な気泡は排出されにくく試体中に残るため、相対的に飽和度が低下する。特に、火山灰質粘性土は含水比が高いため、微細な気泡が多くその影響が顕著に現れる。さらに、等方圧密による密度増加によって透水係数が小さくなるため、飽和度の低下と合わせて間隙水圧の伝播に時間がかかると考えられるため、今回の試体座部での間隙水圧の測定はわずかではあるが遅れるものと考えられる。

(3). 赤ぼくと黒ぼくでは発生間隙水圧量や降伏能力にやや差がみられるものの、間隙水圧-軸ひずみ関係については差がみられず、有機物の有無は火山灰質粘性土の場合、その関係に大きく影響しないものと思われる。

参考文献：1) 赤井他“飽和粘土の応力-ひずみ-時間関係”，土木学会論文報告集，No. 255, pp. 53-61, 1974, 2) 小川・山田“繰返し応力を受ける飽和粘性土中の間隙水圧”，第10回土質工学研究発表会，pp. 337-340, 1975

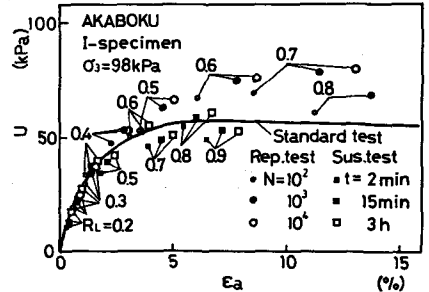


図-3 間隙水圧と軸ひずみの関係(赤ぼく, I-specimen)

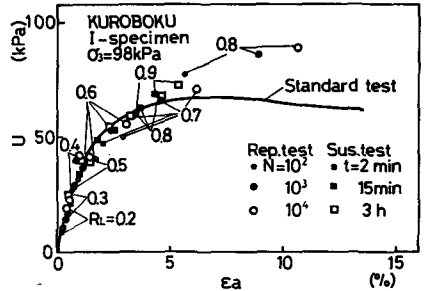


図-4 間隙水圧と軸ひずみの関係(黒ぼく, I-specimen)

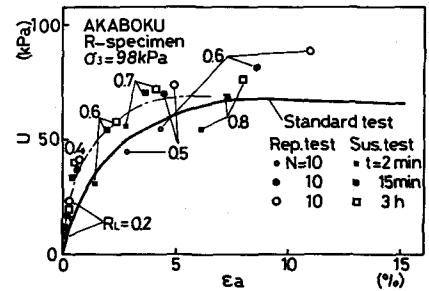


図-5 間隙水圧と軸ひずみの関係(赤ぼく, R-specimen)

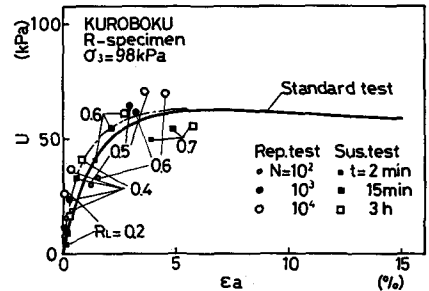


図-6 間隙水圧と軸ひずみの関係(黒ぼく, R-specimen)