

熊本大学 工学部 正〇北園芳人
 “ “ “ 鈴木敦巳
 熊本県 土木部 丸尾 昭

まえがき

火山灰質粘性（赤ぼく・黒ぼく）の地山そのものは、比較的安定しているが、盛土等により締固めたり繰返したりすることによって強度が著しく減少する。この乱され締固められた火山灰質粘性土は、間げき比が大きく しかも透水性が悪いため、圧密に長期間要し、圧密量も大きい。しかし、中土中には広範囲に分布しているため、路体や路床として用いられることが多々ある。その場合、交通荷重等の繰返し荷重や盛土施工直後の荷重増は、非排水に近い状態で作用すると考えられる。そのため、非排水状態で繰返しや静的な先行載荷を行ない、その挙動や先行載荷後の強度について明確にする必要がある。

試料及び試験方法

試料（赤ぼく・黒ぼく）は熊本県阿蘇郡産山村で採取した。試料の物理的性質は表-1に示す。供試体は、液性限界以上の含水比で十分繰返した後、大型圧密タンクで予備圧密を行なった（圧密圧力は $0.5 \text{ kgf/cm}^2 (=49 \text{ kPa})$ 、圧密時間はほぼ一次圧密が終了する一週間）後、直径 50 mm 高さ 125 mm に成形した。供試体の作製時の諸元は表-1に示す。試験方法は、先ずバックプレッシャーを $1.0 \text{ kgf/cm}^2 (=98 \text{ kPa})$ 、24時間負荷する。間げき圧係数 B 値を測定し $B \approx 1$ になったことを確認した後、バックプレッシャーを負荷した状態で拘束圧 $\sigma_c = 1.0 \text{ kgf/cm}^2 (=98 \text{ kPa})$ で等方圧密と24時間行なった。その後、非排水条件で繰返しと静的持続の先行載荷を行ない、載荷終了後、非排水三軸圧縮試験を行なう。先行載荷は、繰返しの場合、周波数 1 Hz （載荷 0.5 s 、除荷 0.5 s ）で 10^4 回、静的持続の場合、載荷時間（ t ）を 10^5 s とする。荷重は、24時間等方圧密供試体の破壊強度との比（ $R_L = \sigma_p / (\sigma_1 - \sigma_3)_{t=0}$ ）で表わす。

試験結果

軸ひずみ-載荷回数曲線（図-1）：24時間等方圧密供試体の変形係数（ $E_{50.0}$ ）が大きいため、 $R_L \leq 0.4$ では軸ひずみが小さく $\epsilon_a - \log N$ 曲線はほぼ直線となる。 $R_L \geq 0.5$ になると、 $10^2 < N < 10^3$ で軸ひずみの増加が著しく、 $N > 10^3$ でやや増加率が減少する。さらに、弾性回復ひずみ（ ϵ_e ）も $N > 10^3$ で減少し、定常状態に至る傾向にあると考えられる。しかし、赤ぼくの $R_L = 0.6$ の場合、 $N = 10^4$ で軸ひずみはほぼ11%に達しており、供試体の変形が著しく、降伏していると考えべきであろう。同様に、 $R_L = 0.5$ の黒ぼくの $R_L \geq 0.5$ についても降伏していると考えられる。

軸ひずみ-載荷時間曲線（図-2）：静的持続載荷の場合でも、 $R_L \leq 0.4$ では軸ひずみが1%以下で軸ひずみ増加も $\epsilon_a - \log t$ 曲線が直線となる。しかし、 $R_L \geq 0.6$ になると載荷初期の軸ひずみや、 $\epsilon_a - \log t$ の勾配も大きくなり、軸ひずみが急激に増加する。しかし、繰返し載荷よりも軸ひずみ量は小さく、破壊に至る荷重比も大きい。

有効応力経路図（図-3a, b, c, d）：図-3a, 3cの繰返し載荷においては、 $R_L = 0.5$ で平均有効主応力（ σ_m' ）は破壊線（ f -line）に達しており、 $\epsilon_a - \log N$ 曲線で述べたように、 $R_L \geq 0.5$ では降伏から破壊に至るものと考えられる。また図-3b, 3dの静的持続載荷においても、 $R_L > 0.6$ で、 σ_m' は f -lineには達しており、降伏していると考えられる。また、 $N = 10^2$ 、 $t = 120 \text{ s}$ での間げき水圧

表-1 試料の諸元

		赤ぼく	黒ぼく
自然含水比(%)		107	199
比 重		2.86	2.65
液性限界(%)		113	204
塑性限界(%)		83	158
作製時	含水比(%)	102.0	185.8
	P_d (kg/cm ²)	0.715	0.446
非排水三軸圧縮試験時	含水比(%)	85.0	156.3
	P_d (kg/cm ²)	0.834	0.516
	$(\sigma_1 - \sigma_3)_0$ (kgf/cm ²)	1.298	1.518
	$E_{50.0}$ (kgf/cm ²)	124	222
	$E_{30.0}$ (kgf/cm ²)	351	345
	ϵ_f (%)	14.9	12.7
破壊線の傾き(M)		1.64	1.52

の発生量は、繰返しと静

的持続では、大差がないが、 $N=10^3$, $t=960s$ になると繰返しの方の間げき水圧の発生が大きくなり、有効応力の減少が大きく、 $R_L \geq 0.5$ ではこの段階ですでに降伏あるいは破壊に至っていると考えられる。

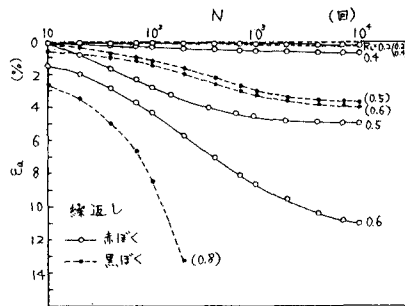


図-1 軸ひずみ-載荷回数との関係

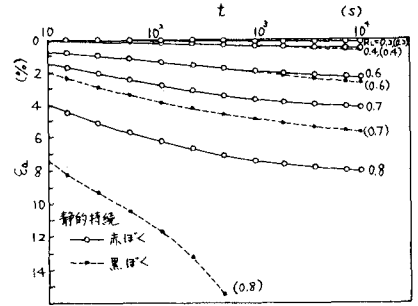


図-2 軸ひずみ-載荷時間との関係

非排水三軸圧縮試験結果(図-4):破壊強度比 $((\sigma_1 - \sigma_3) / (\sigma_1 - \sigma_3)_{f.0})$ においては、赤ぼく・黒ぼくの繰返し、静的持続とも、先行載荷による強度変化はほとんどなく、降伏したと考えられる繰返し $R_L \geq 0.5$, 静的持続 $R_L \geq 0.6$ でも強度変化は顕著でない。変形係数比 $(E_{50} / E_{50,0}, E_{30} / E_{30,0})$ で見ると、ぼらつきが大きい。繰返しの $R_L \geq 0.5$, 静的持続の $R_L \geq 0.6$ で顕著な低下がみられる。これは、非排水先行載荷による有効応力の減少と土構造の降伏によるものと考えられる。

結論

火山灰質粘性土の場合、非排水繰返し載荷によって有効応力が減少し、 f -lineに達しても、砂質土のように液状化を起し、破壊することはない。すなわち、有効応力が f -lineに達し、降伏したと見られる赤ぼくの繰返し $R_L \geq 0.5$ において、軸ひずみが大きいにもかかわらず、 $N \geq 10^3$ では、 $\varepsilon_a - \log N$ 曲線が下に凸の形になり、定常状態に向かうような現象がみられる。これは、非晶質の粘土鉱物を多量に含むため、土構造が明確でなく、せん断面が発達しにくいことと、側方拘束のため、破壊しにくいものと考えられる。また、静的持続載荷よりも繰返し載荷の方が、衝撃を伴うこと、応力の繰返しなどの影響で、土構造の乱れが大きくなり、降伏荷重比が小さくなる。

参考文献

- 伊藤 北国・鈴木:「火山灰質粘性土の力学的性質」
昭和57年度土木学会西部支部研究発表会講演集, 1983. 2.

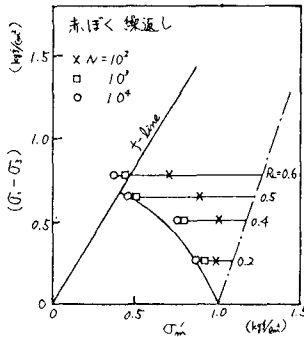


図-3a 有効応力経路(赤ぼく)

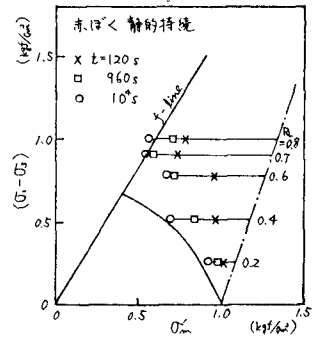


図-3b 有効応力経路(赤ぼく)

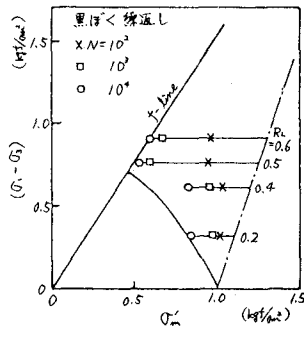


図-3c 有効応力経路(黒ぼく)

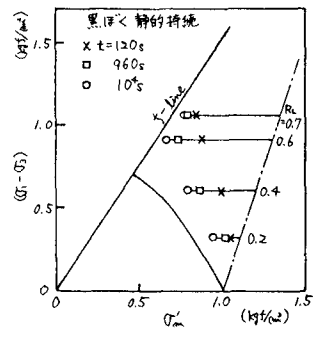


図-3d 有効応力経路(黒ぼく)

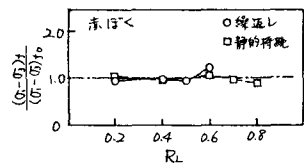


図-4a 破壊強度比(赤ぼく)

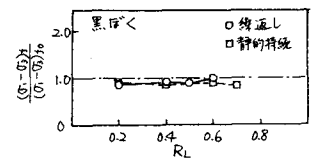


図-4b 破壊強度比(黒ぼく)

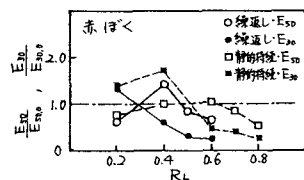


図-4c 変形係数比(赤ぼく)

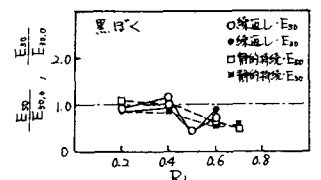


図-4d 変形係数比(黒ぼく)