

火山灰質粘性土の力学的性質

熊本大学工学部 正員 ○北園芳人
 “ “ 鈴木敦巳

まえがき

火山灰質粘性土は自然状態(地山)では比較的安定しており、切土については盛土ほど問題とはならない。しかし、盛土においては、自然含水比が高く間げき比も大きく、さらに鋭敏比が大きいため、擾乱による強度低下が大きいことは周知のとおりである。このような火山灰質粘性土について、交通荷重を考えた場合の盛土地盤の強度変化を対象として、その力学的性質を明らかにすることは重要なことである。そのため、これまでではできるだけ現場施工に近いと思われる自然含水比・実固め供試体を用いて研究を行ってきたが、ここでは完全飽和でないため、間げき水圧の挙動を充分に把握できなかった。そこで、今回は、完全飽和供試体を作製し、三軸試験を行ない、実固め供試体と比較検討した。

1. 試験方法

完全飽和供試体を作製するために今回は、試料(赤ぼく、黒ぼく)を液性限界以上で練返し、大型圧密タンクで予備圧密を行なった。圧密圧力は 0.5 kgf/cm^2 (49 kPa) (圧密後の含水比は自然含水比に近い・表-1)。圧密時間は1週間(ほぼ一次圧密終了と思われる)とした。予備圧密後、直径 50 mm 、高さ 125 mm の供試体を作製した。

試験方法は、供試体をセットし、間げき圧係数(B値)を測定し、その後バックプレッシャーを負荷し完全飽和をとめざした。負荷圧力は 1.0 kgf/cm^2 (98 kPa)、負荷時間は20時間以上。その後、再びB値を測定し、 $B \approx 1$ になることを確かめてから、バックプレッシャーを負荷した状態で、拘束圧 $\sigma_2 = 1.0 \text{ kgf/cm}^2$ (98 kPa)で等方圧密を24時間行なった後、非排水三軸圧縮試験を行なった。

2. 試験結果

応力-ひずみ曲線(図-1, 2)が飽和供試体と実固め供試体¹⁾とは異なる。飽和供試体では軸ひずみの小さな部分での応力増加が著しく、変形係数 E_{50} でのひずみ(ε_{50})が非常に小さくなり、図-1, 2の例では、赤ぼく: $\varepsilon_{50} = 0.6\%$ 、黒ぼく: $\varepsilon_{50} = 0.4\%$ (実固め供試体の場合、赤ぼく: $\varepsilon_{50} = 2.9\%$ 、黒ぼく: $\varepsilon_{50} = 0.9\%$)である。そのため、破壊強度 $(\sigma_1 - \sigma_3)_f$ が実固め供試体に比べてかなり小さい(特に赤ぼく)にもかかわらず、変形係数は逆に2.5~3倍と大きくなっている。実固め供試体は実固めにより相当乱され、ランダム構造に近いと思われるが、まだ完全に乱されていない綿毛構造が残っていると考えられる(実固め供試体の鋭敏比(S_r)は赤ぼく: $S_r = 8$ 、黒ぼく: $S_r = 2$ 、練返し供試体は、赤ぼく: $S_r \geq 50$ 、黒ぼく: $S_r = 16$ ²⁾)。つまり、残留している綿毛構造等が、せん断変形に抵抗して破壊強度を大きくしていると考えられる。飽和供試体は注水練返し後、予備圧密を行なったため、綿毛構造の破壊や、綿毛構造に付着していた準拘束水の自由水化等によって自由水量が増加しているため破壊強度は小さくなる。しかし、圧密したことにより、わずかながら配向構造が生じると考えられ、せん断初期にその影響が現われている。

表-1 試料の諸元

		飽和供試体		実固め供試体	
		赤ぼく	黒ぼく	赤ぼく	黒ぼく
自然含水比(%)		107	199	101	220
比 重		2.86	2.65	2.79	2.54
液性限界(%)		113	204	118	252
塑性限界(%)		83	158	81	201
作製時	含水比(%)	102.0	185.8	96.6	213.4
	P_d (g/cm ²)	0.715	0.446	0.706	0.380
非排水三軸圧縮試験時	含水比(%)	85.0	156.3	90.3	192.7
	P_d (g/cm ²)	0.834	0.516	0.783	0.427
	$(\sigma_1 - \sigma_3)_f$ (kgf/cm ²)	1.298	1.518	2.304	1.801
	E_{50} (kgf/cm ²)	124	184	41	78
	ε_f (%)	14.9	12.7	15.0	12.7
	A_f	0.47	0.36	0.19	0.24
	圧縮指数(C_c)	0.65	0.99	0.58	1.00
膨潤指数(C_s)		0.07	0.17	0.08	0.30
破壊線の傾き(M)		1.64	1.62	1.74	1.52

間げき水圧とひずみの関係を図示すると図-3のようになる。飽和供試体の場合、 $\epsilon_a \leq 5\%$ で間げき水圧発生量の90%が発生し、破壊ひずみの矢(↓)ではやや減少している。一方、突固め供試体の場合、間げき水圧発生量が少なく、 $\epsilon_a \leq 10\%$ では、ひずみ増加に対してほぼ直線的に増加して破壊ひずみ近くまで緩やかに増加している。つまり、突固め供試体の場合、ひずみに対する間げき水圧の発生は遅れはみられない。しかし、これに応力を考慮した有効応力径路図(図-4.5)で考えると、間げき水圧の発生は遅れているといえる。これは、突固め供試体の場合、完全に飽和していないことと、土粒子構造的には綿毛構造が残っており、それに付着している多量の準拘束水が完全に有効水として働いていないことが原因として考えられる。飽和供試体の場合、せん断初期($\epsilon_a \approx 5\%$)までは間げき水圧の発生が遅れているようにみえるのは、軸差応力の増加が急激であるためであり、図-3の $U-\epsilon_a$ 曲線の形は、正規圧密粘性土としては一般的な形といえる。

3. 考察

間げき水圧の発生経路は、突固め供試体と飽和供試体で異なることは明確になった。しかし、図-4.5の破壊線の傾き M や、Roscoe等の理論曲線、表-1の圧縮指数 C_c 、膨潤指数 C_s については、大差がない。つまり、両方の供試体において、今回は試料が異なることも考え合わせると、供試体の作製方法や、バックプレッシャー負荷等の違い(完全飽和でないことや準拘束水の自由水化等の影響)が、せん断初期の間げき水圧の発生や、破壊強度等にみられるが、火山灰質粘性土の力学的特性(特に長時間載荷試験、例えばフリース試験等)が大きく異なってくるとは現状段階では考えられない。

あとがき

今回は、両方の供試体で試料が異なるので、本来は同じ試料で比較すべきである。そのために補足実験が必要であると思われる。

最後に、実験やデータ整理に協力してくれた卒研生の高畠、丸尾、柳原君に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 北園・鈴木: 「火山灰質粘性土の非排水強度に及ぼす圧密効果」, 工学会第35回教育講演会講演要録集, S.55.9
- 2) 荒牧昭一郎: 「阿蘇火山灰土の理学的研究(その1)」, 熊本学工学部研究報告第2巻第2号, S.48.9.

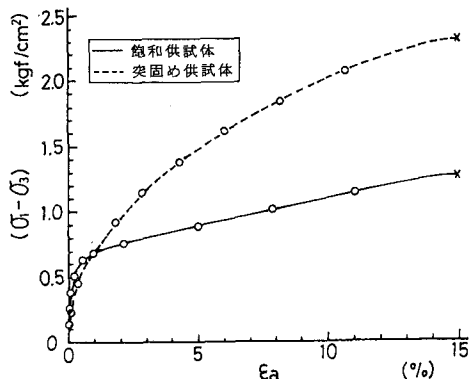


図-1 応力-ひずみ曲線(赤ぼく)

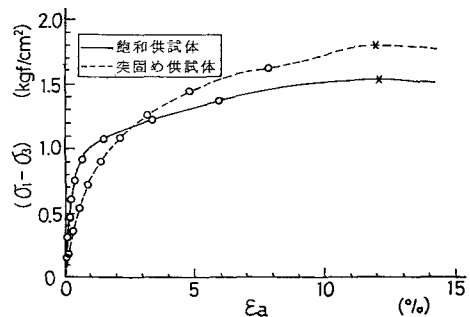


図-2 応力-ひずみ曲線(黒ぼく)

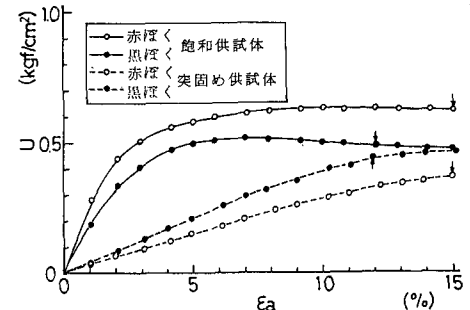


図-3 間げき水圧-ひずみ曲線

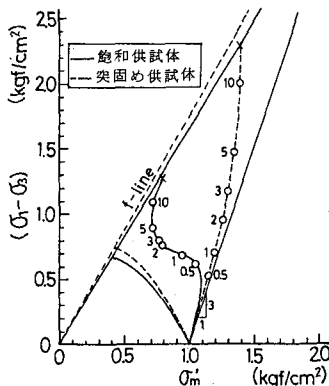


図-4 有効応力径路図(赤ぼく)

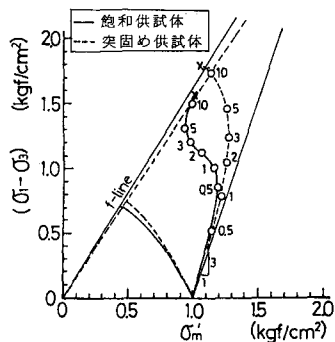


図-5 有効応力径路図(黒ぼく)