

桜島火山灰の三軸せん断特性

鹿児島高専 学生員 ○現王園真二 鹿児島高専 正員 岡林巧
 鹿児島高専 学生員 宮田俊哉 崇城大学 正員 荒牧憲隆
 山口大学 正員 兵動正幸

1. まえがき

桜島は 1955 年に南岳が火山活動を再開して以来、今日までたびたび大小の噴火活動を繰り返しており、鹿児島市における降雨量が年間約 2500mm を越す多雨地域であることに起因して、降雨に伴う激しい縦横侵食と表面侵食が常時進行し荒廃の一途をたどっている。また、降雨時にはこれらの土砂が土石流となって山麓部に流出するために、これらの自然災害は大きな社会問題となっている。一方、鹿児島県はこの桜島の土石流により流出した火山噴出物を主とする土砂を鹿児島市沖の人工島の埋立用材として有効利用しつつある¹⁾。

本研究は、三軸圧縮・伸張試験装置を用いて圧密非排水せん断試験を行うことにより、土石流として流出堆積した桜島火山灰の非排水三軸せん断特性を究明するものである。

2. 試料の物理的性質

使用試料は、鹿児島市黒神町(桜島)で採取した粒径 2mm 以下の桜島火山灰を用いた。表 - 1 は、火山灰・豊浦砂の物理的性質を示したものである。表 - 1 より火山灰は豊浦砂に比べて均等係数が大きくかなり粒度分布が良いといえる。また比重は、両者ほぼ同程度であるが、最大・最小間隙比は、桜島火山灰の方がやや小さい値を示す。

表 - 1 試料の物理的性質

	G_s	e_{max}	e_{min}	U_c	$D_{50}(mm)$
桜島火山灰	2.662	0.840	0.414	29.00	0.41
豊浦砂	2.634	0.951	0.603	1.20	0.21

3. 非排水単調せん断挙動

(1) 軸差応力・軸ひずみ関係

桜島火山灰の軸差応力 q と軸ひずみ ε_1 関係を相対密度 $D_r=50\%$ と 80% で示したものが図 - 1 (a)、(b) である。図 - 1 (a) に示す $D_r=50\%$ の圧縮領域では、初期拘束圧の大きな条件ほどせん断初期で強いひずみ硬化挙動を示している。その後、軸ひずみの増加と共に弱いひずみ硬化挙動に移行している。一方、図 - 1 (b) に示す $D_r=80\%$ の圧縮領域では、せん断初期において強いひずみ硬化挙動を示す点は $D_r=50\%$ とほぼ同じである。その後、軸ひずみの漸増とともに初期拘束圧の高い条件ほど大きな軸差応力にピーク値を示した後、弱いひずみ軟化挙動を示して定常状態に至っている。次に、伸張領域での軸差応力・軸ひずみ関係は、 $D_r=50\%$ 、 80% とともに軸差応力が圧縮の三割程度に低減するものの挙動としてはほぼ同様な傾向が認められる。

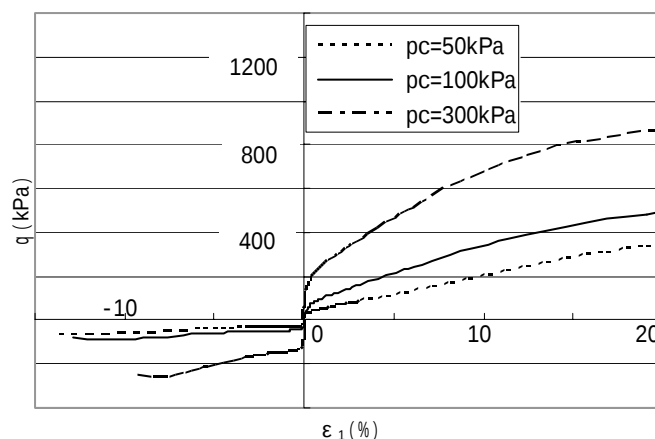
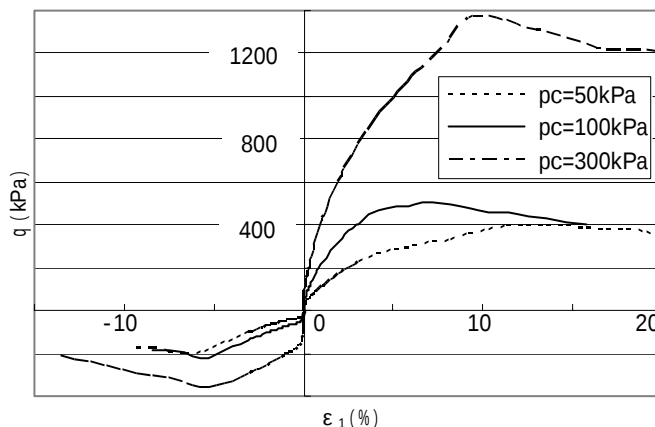
(a) 火山灰($D_r=50\%$)(b) 火山灰($D_r=80\%$)

図 - 1 軸差応力と軸ひずみの関係

(2)有効応力経路

図 - 2 (a)、(b)はそれぞれ $D_r=50\%$ 及び $D_r=80\%$ の圧縮・伸張領域における有効応力経路を示したものである。圧縮領域での図 - 2 (a)の $D_r=50\%$ での有効応力経路は、せん断初期において平均有効主応力 p' が減少し始め、やがて変相点に達した後 p' は増加に転じ、その後静的破壊線と等価な原点を通る直線に沿う形で増大し定常状態に至っている。次に、図 - 2 (b)の $D_r=80\%$ での有効応力経路は、どの初期拘束圧に関しても $D_r=50\%$ において見られた変相点は認められず、せん断初期からすでに膨張傾向の挙動を示し、大きな軸差応力を示して定常状態に至っている。伸張領域での有効応力経路は、 $D_r=50\%$ では圧縮領域の挙動に比べてやや収縮傾向が大きく表れるもののほぼ同様な挙動を示している。一方、 $D_r=80\%$ における伸張領域での有効応力経路は、一旦収縮傾向を示した後、膨張傾向を示して定常状態に至っている。

(3)正規化した有効応力経路

火山灰の有効応力経路に及ぼす初期拘束圧の影響をより明確にするために、初期拘束圧 p_c で正規化したものが図 - 3 (a)、(b)である。図から、正規化した有効応力経路には圧縮側・伸張側いずれも初期有効拘束圧の違いによる有意な差は認められず、火山灰の非排水単調せん断における有効応力経路は、初期拘束圧によらず一義的に表すことが可能であることが分かる。

(4)破壊応力比と内部摩擦角

有効応力比最大点を破壊応力比 η_f と定義した場合の Mohr の応力円と内部摩擦角 ϕ'_f について示したものが次式である。

$$\eta_{fc} = \frac{6 \sin \phi'_{fc}}{3 - \sin \phi'_{fc}} \text{ (圧縮)}, \quad \eta_{fe} = \frac{-6 \sin \phi'_{fe}}{3 + \sin \phi'_{fe}} \text{ (伸張)}$$

上式を用いて、算出した破壊応力比と内部摩擦角関係を示したものが表 - 2 である。表 - 2 より小標本であるが桜島火山灰の内部摩擦角は、 $D_r=50\%$ では $\phi'_{fc}=37^\circ$ 、 $\phi'_{fe}=39^\circ$ 、 $D_r=80\%$ では $\phi'_{fc}=41^\circ$ 、 $\phi'_{fe}=45^\circ$ であることがほぼ明らかになった。

【参考文献】

- 1) 岡林・有嶋・兵動・日下部・福地：桜島火山灰の単調せん断特性、鹿児島高等専門学校 研究報告 37 (2002)

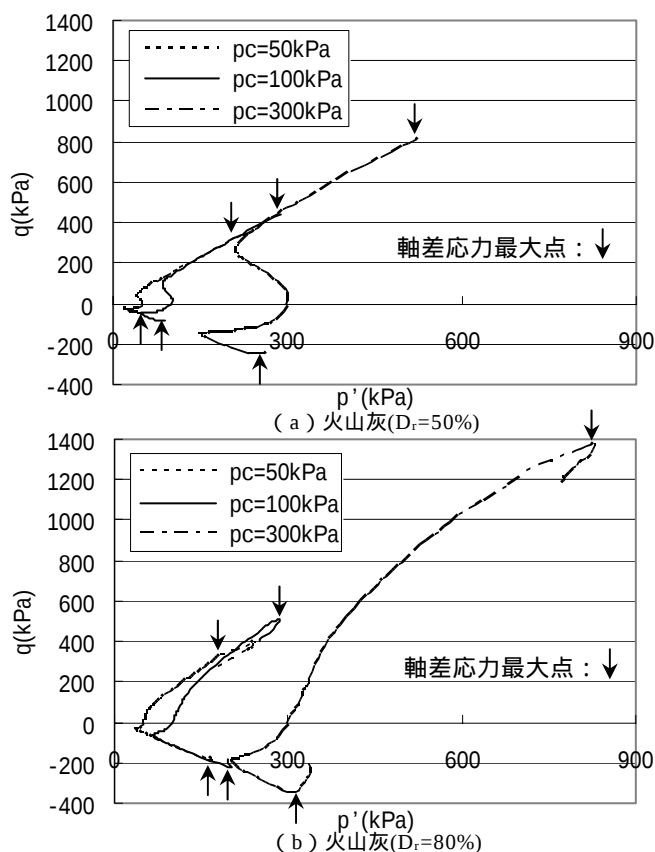


図 - 2 有効応力経路

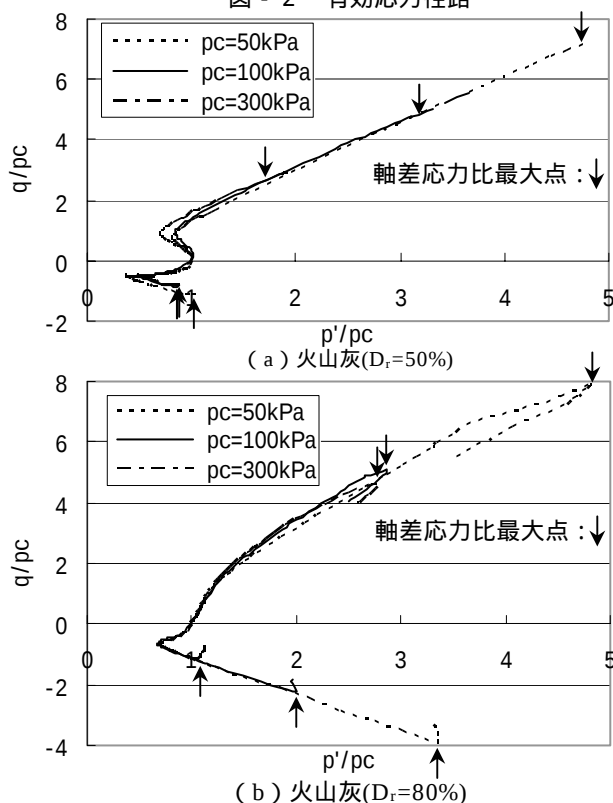


図 - 3 正規化した有効応力経路

表 - 2 破壊応力比と内部摩擦角

	$D_r=50\%$				$D_r=80\%$			
	圧縮	伸張	圧縮	伸張	圧縮	伸張	圧縮	伸張
p_c	η_{fc}	ϕ'_{fc}	η_{fe}	ϕ'_{fe}	η_{fc}	ϕ'_{fc}	η_{fe}	ϕ'_{fe}
50kPa	1.5	37°	-1.12	-44°	1.65	40°	-1.17	-47°
100kPa	1.52	37°	-0.998	-37°	1.77	43°	-1.1	-42°
300kPa	1.5	37°	-1.023	-38°	1.66	41°	-1.14	-45°