

締固めた火山灰の力学的性質

鹿児島高専 正員 岡林巧 正員 平田登基男 山口大 正員 村田秀一
鹿児島高専 学生員 永野章洋 学生員 大保誠 学生員 原園照二

1. まえがき

桜島は1955年に噴火活動を再開して以来、降雨時に降下堆積物の土石流などの二次的災害も多発するようになってきた¹⁾。特に、標高400~500m以上の山腹斜面は、活発な噴火活動に伴う降下火山灰の堆積と降雨による縦横浸食で荒廃の一途にある。桜島の噴火活動に伴う降灰の分布状態や堆積状況、降雨下における土石流問題についての研究は、各所の研究機関でかなり行なわれている。本研究は、桜島における火山灰斜面の降雨下の安定性を検討する為に実施したもののうち、火山灰の力学的性質に関したものである。

2. 試験方法と試料の性質

試験は、不飽和土用三軸圧縮試験装置を主として用いて実施した。三軸圧縮試験の種類は、圧密排水試験とした。本装置の特徴は供試体の飽和度を脱気水と炭酸ガスを用いてコントロールできること、超低速圧縮試験ができること及びセラミックディスクを用いてサクシオンを計測できることなどを挙げることができる。試料は、桜島で採取した降下火山灰である。粒度組成は、砂分53%、れき分40%、シルト分以下7%である。

3. 試験結果及び考察

Roweの提案するエネルギー補正後の破壊時の軸差応力と拘束圧の関係を示したものが図-1である。Roweの補正式を式(1)に示す。この補正式は、破壊前の全変形過程で成立するものとされ、特に破壊時の軸差応力をエネルギー補正した場合、残留軸差応力とよく対応することで知られている²⁾。

$$\sigma_1 / \{1 + (d\varepsilon_v / d\varepsilon_1)_f\} - \sigma_3 = (\sigma_1 - \sigma_3)_R \quad \text{----- (1)}$$

図から明らかなように、拘束圧が高くなるほど破壊時の軸差応力は大きくなるといえる。また、各拘束圧とも破壊時の軸差応力は、かなりの幅をもって分布している。この要因は、試料の飽和度の違いによるものである。

図-2は、増加有効拘束圧と破壊時の軸差応力の関係を示したものである。

増加有効拘束圧は、任意の飽和度に関するモールの応力円を完全飽和状態で定めた破壊包絡線に内接するまで平行移動させることにより定まる最小主応力の移動成分である。増加有効拘束圧は、破壊時の軸差応力が大きくなれば漸増することが判る。また、拘束圧が大きくなるほど増加有効拘束圧は大きくなる傾向を示している。

図-3は、破壊時の軸差応力と飽和度の関係を示したものである。図から明らかになるように、破壊時の軸差応力は、どの拘束圧に関しても飽和度が大きくなるにしたがい小さくなる傾向にあり、完全飽和状態で最小となるといえる。また、その傾向は、締固め度が小さな条件ほど著しい。これは、締固め度が小さくなるほど軸差応力の増分にサクシオン効果が大きく寄与することを示唆するものである。

増加有効拘束圧と飽和度の関係を示したものが図-4である。増加有効拘束圧は、拘束圧が大きな条件ほど顕著に飽和度が大きくなるにしたがい遞減する傾向にある。また、締固め度の違

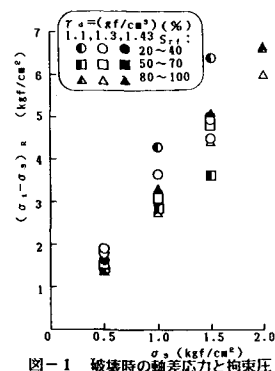


図-1 破壊時の軸差応力と拘束圧

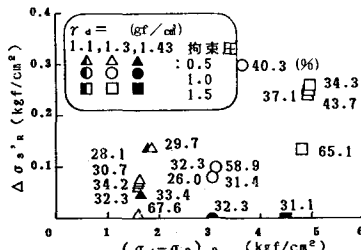


図-2 増加有効拘束圧と軸差応力

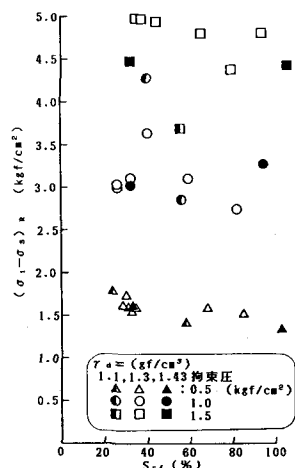


図-3 破壊時の軸差応力と飽和度

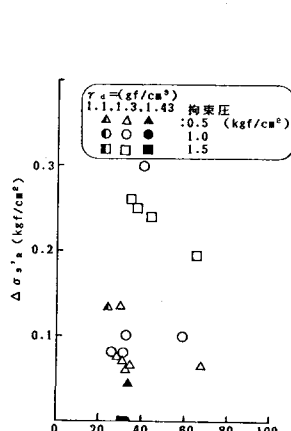


図-4 増加有効拘束圧と飽和度

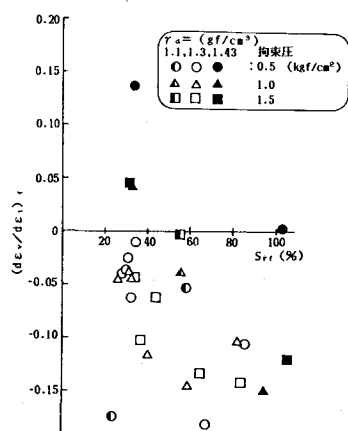


図-5 破壊時のダイレイタンス指数と飽和度

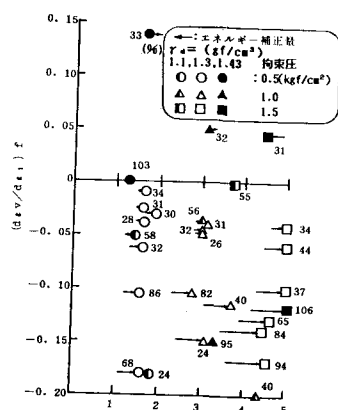


図-6 ダイレイタンス指数と軸差応力

いによる増加有効拘束圧は、小標本であるが締固め度の小さな条件ほど大きな値を呈す傾向を認めることができる。図-5は、破壊時のダイレイタンス指数と飽和度の関係を示したものである。図から明らかに、ダイレイタンス指数は、飽和度が増大するにしたがい小さくなる傾向にある。中でも、締固め度の小さな条件のダイレイタンス指数は負の値を示している。これらの挙動は、降下火山灰の特徴といえる。また、試料がせん断中にダイレイタンスを起こすということは、試料自体が何らかの仕事の内行的に行なうことであり、測定される最大軸差応力の中にはこの余分の仕事のために必要とされる応力増分が含まれていることになる。図-6は破壊時のダイレイタンス指数と軸差応力の関係を示したものである。図から明らかに、破壊時の軸差応力は、飽和度をほぼ一定にして締固め度を変化させた場合、大きなダイレイタンスを起こしているにもかかわらず定常値化している。これは、先に述べたRoweのエネルギー補正を行なっていることに起因しており、Roweの補正の妥当性を裏付けるものであろう。破壊時のサクシオンと飽和度の関係を示したものが図-7である。ここでいうサクシオンとはセラミックディスクを介して求めた負の間隙水圧を意味している。飽和度に対するサクシオンは飽和度が小さい条件で最大を示し、60~70%以上の飽和度で0となるものと考えることができる。図-8は、見かけの粘着力と飽和度の関係を示したものである。見かけの粘着力 $\Delta C'_R$ は(2)式を用いて求めることができる。

$$\Delta C'_R = (1 - \sin \phi_R) \times (\Delta \sigma_{1R} - \Delta \sigma_{3R}) / (2 \cos \phi_R) \quad \text{----- (2)}$$

図より見かけの粘着力は増加有効拘束圧と同様に飽和度が大きくなるにしたがい低減するといえる。

4. あとがき

本研究では、降下火山灰の力学的性質を主として軸差応力、ダイレイタンス指数、サクシオン及び見かけの粘着力に関して考察した結果、それらの関係がほぼ明らかになった。最後に、本研究を進めるにあたり試験機の改良に関して鹿児島高専土木工学科木原正人技官に多大な協力を得た。ここに感謝の意を表する。

【参考文献】1) 山崎 他: “桜島の土石流”, 桜島地域学術調査協議会調査研究報告, 1980, P.182-206

2) 足立 他: “土の力学Ⅲ”, 技報堂出版, 1981, P.78-80

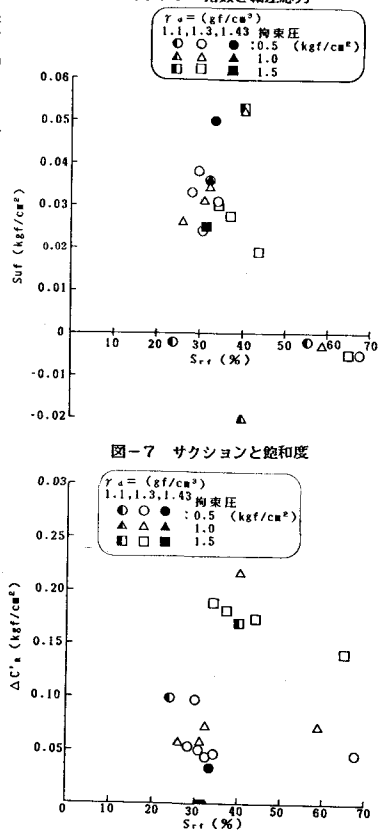


図-7 サクシオンと飽和度



図-8 見かけの粘着力と飽和度