

## 浸水作用を受けた乱さないしらすの力学特性

山口大学 正員 村田秀一 鹿児島高専 正員 岡林 巧  
 鹿児島高専 正員 永吉 肇 鹿児島高専 学員 ○永山正二郎

## 1. まえがき

南九州に広く分布するしらすは、自然状態でかなりの強度を持ち、軽粗な岩相をなす火山堆積物として知られている。しかし、ひとたび乱れてしまうと単なる砂質の粒状体となるものと考えられ、ふたたびもとの状態に戻すことはできない<sup>1)</sup>。このような特質を有するしらす斜面の安定性を検討する上で問題となるのは、豪雨時と地震時である。中でもしらす斜面の崩壊災害は、集中豪雨時に多発している。このしらす斜面は、長期間降雨下において浸水作用を受けたとしてもせいぜい飽和度75~85%程度の不飽和状態である<sup>2)</sup>。したがって、降雨下におけるしらす斜面の安定性を検討するためには、浸水作用を受けた乱さないしらすの力学特性を解明する必要がある。この種の不飽和土の力学特性に関する研究は、国の内外でかなり行われている。しかし、不飽和土は、固相、液相及び気相より成っていることに主因して、力学上複雑な挙動を呈し、十分解明されているとはいえない。本研究は、不飽和状態(自然含水比状態)及び飽和状態にある乱さないしらすに対し実施した三軸圧縮試験の結果を比較検討し、乱さないしらすの力学特性に及ぼす浸水の影響を明らかにしたものである。

## 2. 試料と試験方法

三軸圧縮試験に用いた試料は、始良郡隼人町産の始良しらすである。粒度組成の平均的割合は、隙分16%、砂分72% シルト分9%及び粘土分以下3%である。また、自然含水比状態での乱さないしらすの山中式土壤硬度計による平均硬度は、32mmであり硬質しらすに属する。試料のサンプリングは、内径5cm、高さ約13cmの薄肉鋼製円筒に焼き入れたしらすカッターを、地山しらすに分離式油圧ジャッキを用いて圧入する方法によった。このサンプリング方法によれば、乱さない状態のしらすの供試体が入手可能である。不飽和土用三軸圧縮試験装置の概略を示したものが図-1である。本試験装置の特徴は、炭酸ガスを用いて供試体を完全飽和状態にできること、超低速圧縮試験が可能であること、およびサクシジョンの計測ができることなどである。また、三軸圧縮試験は、所定の飽和度に供試体を調えた後、拘束圧一定のCD試験条件下で行った。特にサクシジョンはセラミック板を用いて負の間隙水圧として計測した。

## 3. 試験結果及び考察

軸差応力及び体積ひずみと軸ひずみの関係を代表例で示したものが図-2である。図から明らかなように、乱さないしらすの軸差応力と軸ひずみの関係は、ピーク点が明瞭に存在することと破壊時の軸差応力が大きいことで特徴づけられる。このことは、乱さないし

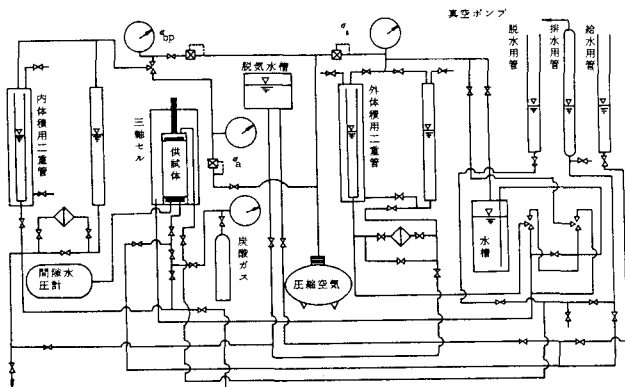


図-1 不飽和土用三軸圧縮試験装置

表-1 実験条件

|                                       | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     | 11     | 12     | 13     | 14     | 15     | 16     | 17     | 18     | 19     | 20     | 21     | 22     | 23     |
|---------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 拘束圧 $\sigma_3$ (kgf/cm <sup>2</sup> ) | 0.1    | 0.1    | 0.1    | 0.3    | 0.3    | 0.3    | 0.5    | 0.5    | 0.5    | 0.5    | 0.5    | 0.5    | 0.5    | 0.8    | 1.0    | 1.0    | 1.0    | 1.0    | 1.5    | 2.0    | 2.0    | 3.0    | 3.0    |
| 隙飽和度 $S_r$ (%)                        | 63.69  | 50.75  | 57.03  | 61.79  | 66.78  | 55.16  | 67.44  | 66.20  | 65.40  | 56.77  | 55.49  | 61.44  | 53.47  | 60.20  | 65.12  | 50.02  | 55.29  | 57.33  | 56.89  | 62.02  | 55.89  | 56.20  | 55.46  |
| 最終飽和度 $S_r$ (%)                       | 96.88  | 96.95  | 97.95  | 107.12 | 98.79  | 94.14  | 100.48 | 91.89  | 106.54 | 76.04  | 95.26  | 61.22  | 97.78  | 100.41 | 94.71  | 52.74  | 94.08  | 64.24  | 101.34 | 90.43  | 81.18  | 87.09  | 95.13  |
| 最終比 $e_s$                             | 0.81   | 0.89   | 0.78   | 0.78   | 0.81   | 0.88   | 0.77   | 0.85   | 0.70   | 0.84   | 0.87   | 0.85   | 0.88   | 0.80   | 0.94   | 0.85   | 0.86   | 0.81   | 0.81   | 0.85   | 0.79   | 0.80   | 0.87   |
| 比重 $G_s$                              | 2.41   | 2.41   | 2.41   | 2.41   | 2.41   | 2.41   | 2.41   | 2.41   | 2.41   | 2.41   | 2.41   | 2.41   | 2.41   | 2.41   | 2.41   | 2.41   | 2.41   | 2.41   | 2.41   | 2.41   | 2.41   | 2.41   | 2.41   |
| 最終含水比 $w_s$ (%)                       | 21.50  | 18.66  | 18.53  | 20.96  | 22.42  | 20.22  | 21.60  | 23.28  | 17.58  | 19.84  | 19.95  | 21.00  | 19.10  | 20.07  | 22.74  | 17.16  | 18.98  | 19.38  | 19.08  | 22.00  | 18.32  | 18.57  | 20.11  |
| 飽和度 $T_r$ (gf/cm <sup>3</sup> )       | 1.228  | 1.278  | 1.252  | 1.352  | 1.332  | 1.280  | 1.260  | 1.302  | 1.416  | 1.380  | 1.291  | 1.204  | 1.285  | 1.336  | 1.309  | 1.304  | 1.293  | 1.328  | 1.333  | 1.299  | 1.346  | 1.342  | 1.286  |
| 試験の状態                                 | 不飽和    | 不飽和    | 不飽和    | 不飽和    | 不飽和    | 不飽和    | 不飽和    | 不飽和    | 不飽和    | 不飽和    | 不飽和    | 不飽和    | 不飽和    | 不飽和    | 不飽和    | 不飽和    | 不飽和    | 不飽和    | 不飽和    | 不飽和    | 不飽和    | 不飽和    | 不飽和    |
| 試験日                                   | 610702 | 611211 | 611219 | 610628 | 610728 | 610808 | 610721 | 610722 | 610807 | 611209 | 611214 | 610720 | 610602 | 610707 | 610722 | 610804 | 610809 | 610805 | 610715 | 610725 | 610805 | 611210 | 611213 |

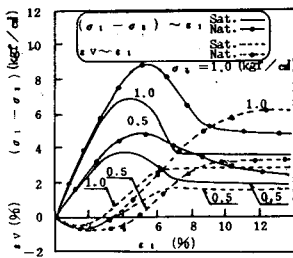


図-2 軸差応力及び体積ひずみと軸ひずみの関係

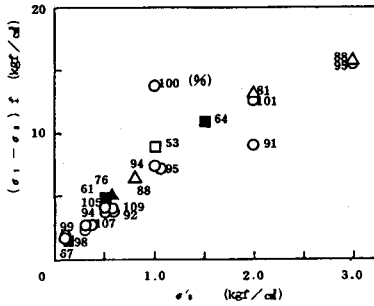


図-3 破壊時の軸差応力と拘束圧の関係

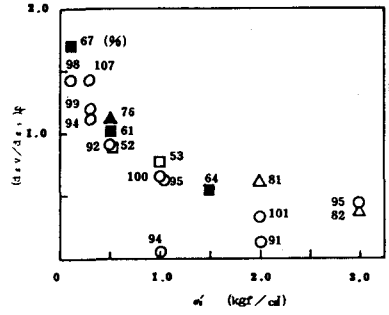


図-4 破壊時のダイレイタンス指数と拘束圧の関係

らすの固結力とインターロッキング効果が大きいことを示すものである。

同一拘束圧条件での軸差応力は、飽和 (Sat.) 状態のものが、自然含水比 (Nat.) 状態のものに比較してピーク時点で2割程小さな値を示す傾向にある。さらに、軸差応力のピーク時点での軸ひずみも飽和状態の方がいく分小さな値を示す傾向を認めることができる。破壊時の軸差応力と拘束圧の関係を示したものが図-3である。図から破壊時の軸差応力は、拘束圧が増大すれば大きくなることが判る。これらの傾向は、試料の飽和状態が異なっても同様になると考えられる。ただ、飽和試料の破壊時の軸差応力が常に自然含水比試料に比較して小さな値となることは、特記すべきである。図-4は、破壊時のダイレイタンス指数と拘束圧の関係を示したものである。図から明らかなように、ダイレイタンス指数は、拘束圧が漸増するほど小さくなるといえる。さらに、飽和状態でのそれは、自然含水比試料に比べ各拘束圧とも常にわずかであるが小さな値を示すことが判る。この体積膨張応力域でのダイレイタンス指数の減少は、粒子破碎及びサクシオン効果に起因していると考えられる。図-5は、破壊時の50%点における変形係数と拘束圧の関係を示したものである。図から明らかなように、変形係数は、拘束圧の増大にしたがい大きくなることが判る。試料の飽和度の違いによる差は明瞭ではないが、拘束圧が大きくなるほど飽和試料の変形係数は、自然含水比のそれに比べ小さな値を示す傾向にある。破壊時の50%点におけるポアソン比と拘束圧の関係を示したものが、図-6である。ポアソン比は、拘束圧が大きくなるほど低下する傾向にある。その範囲は、拘束圧0~3 (kg/cm²) で0.5~0.2程度である。このポアソン比の低下は、拘束圧が大きくなるにつれて縦ひずみに対する横ひずみの割合が小さくなることを意味している。また、飽和の程度によるポアソン比の差異は、変形係数と同様に明瞭ではない。これらのことより、乱さないしらすの微小ひずみ下における変形特性に及ぼす浸水の影響は、まさ土などに比べて少ないものと考えられる。

おわりに、本研究を進めるにあたり、計測機器の便宜をはかっていただいた鹿児島高専土木工学科斉藤利一郎教授に感謝の意を表す。また、本研究は、昭和61年度文部省科学研究費の補助により行った成果の一部であることを付記する。

#### 【参考文献】

- 1) 村田、山内：乱さないしらすの強度特性の要因について、土質工学会論文集, Vol.17, No.3, 1977, PP.81~91
- 2) 岡林、他：地山しらす斜面における雨水の浸透特性、土木学会西部支部講演概要集, 1985, PP.345~355