

細粒分含有率および初期含水比を調整した不飽和締固めしらすの水分保持特性

九州大学大学院 学○中島康博 F 落合英俊 正 安福規之
九州大学大学院 正 大嶺聖 正 小林泰三 中島通夫

1. はじめに 九州南部にはしらすという火山灰質系砂質土が分布しており、毎年降雨により誘発される侵食や斜面崩壊などの被害報告が後を絶たない。当研究室では、不飽和状態で安定していた地盤が浸水により不安定となるのは浸水に伴うサクシジョンの消失のためであるという観点から、不飽和土の圧縮・せん断特性に関する研究を行ってきた¹⁾。浸水時のサクシジョン変化を調整することができれば浸水に強い土構造物の造成为可能となると考えられる。本研究では、工夫した模型装置を用いて不飽和締固めしらすの散水に伴う浸透特性を調べ、細粒分含有率および初期含水比の調整や締固め土の二層化が、水分保持特性の改善に有効となるかどうかを検討した。

2. 試料 本研究で用いた試料は、鹿児島県始良郡から採取した二次しらすである。採取したしらすは炉乾燥させた後2mmふるいおよび75 μ mふるいを用いて細粒分(粒径75 μ m以下)と粗粒分(粒径75 μ m~2mm)に分類し、試験前に細粒分含有率 $f_c=0, 20, 40\%$ の3種類のしらすを用意した。表.1 に用いたしらすの物理特性を示す。また、試験直前に水を加え、初期含水比 $w_i=10\%, 20\%$ の2種類を用意した。

表.1 2mmふるい通過しらすの物理特性

物理特性	特性値		
土粒子密度 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$	2.425		
自然含水比 $w_n(\%)$	20		
細粒分含有率 $f_c(\%)$	0	20	40
最大密度 $\rho_{dmax}(\text{g/cm}^3)$	1.174	1.283	1.306
最小密度 $\rho_{dmin}(\text{g/cm}^3)$	0.865	0.908	0.901
飽和透水係数 $k_s(\text{cm/s})$	2.757×10^{-3}	6.276×10^{-4}	1.215×10^{-4}

3. 試験概要 初期条件の異なる二層構造の不飽和しらす内の水の浸透特性を調べるため、図.1 に示すような模型装置を用いて試験を行った。直径10cmのアクリル製の円筒に、上部に細粒分を含有する層、下部に細粒分を含有しない層となるよう、細粒分含有率および初期含水比調整した試料を2層で締固めた。各層の深さはそれぞれ20cmであり、一定深さに差し込んだサクシジョン計と水分センサーにより、同深度のサクシジョン値と体積含水率を同時に測定することが可能である。なお、各計測器具取り付け位置は写真.1 に示す通りである。供試体の上部には降雨を模擬して注射針を10本取り付けたタンクを用意し、その水頭差を制御することにより一定の降雨強度での散水を可能とした。下層下端にはポーラスストーンを取り付けており、浸出水はすり鉢状の受け皿により集水され、接続されたビュレットの水位の読みにより排出水量を測定できる仕組みとなっている。

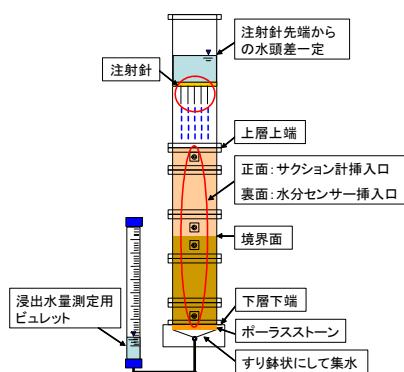


図.1 模型試験装置の概略図

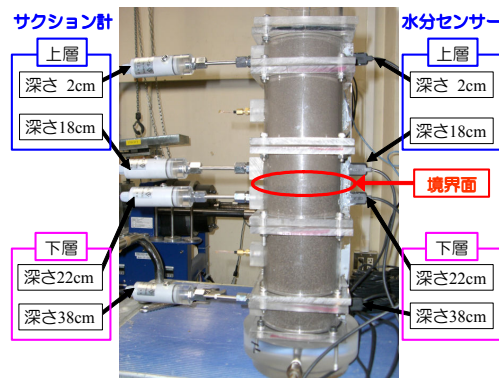


写真.1 計測器具取り付け位置

供試体の作製は上下層ともに

2.5kg ランマーを用い、落下高さ10cm、各層の突固め回数25回、突固め層数9層/20cmで、締固めエネルギーを一定にして締固めた。まず、表.2 に示す初期条件となるように試料の調整を行い、下層を締固め、表面を平に均した後に上層を締固めた。次に、水分センサー、サクシジョン計の順に取り付け12時間安置した。その後、降雨強度を20mm/hで一定に保ちつつ合計200mlの水を供試体上部から連続的に散水した。降雨強度の決定は、過去の災害事例から斜面災害が発生する可能性が充分であるとされるもののうち比較的少量のものを採用し、散水にかかる時間は各試験とも同程度であった。

表.2 作製した供試体の初期条件

Case	上層		下層	
	$f_c(\%)$	$w_i(\%)$	$f_c(\%)$	$w_i(\%)$
1	20	20	20	20
2	20	20	0	20
3	20	20	0	10
4	20	10	0	10
5	20	10	20	10
6	40	20	0	20
7	40	10	0	10
8	40	10	40	10

4. 試験結果および考察

浸水に伴う供試体内サクシオンと体積含水率の変化

図.2 は細粒分含有率 $f_c=20\%$ 、初期含水比 $w_i=20\%$ で締固めた単層しらすの浸水に伴うサクシオン値と体積含水率の関係を示している。散水開始後、各計器設置深さに水が到達するとサクシオン値は低下し、同時に体積含水率は増加する。最も浅い計器設置深さ 2cm では、散水終了後間もなくサクシオン値の増加、体積含水率の減少が見られ、これは到達した水が通過したことを表している。

上層と下層の境界面が深さ 20cm に存在するため、二層化による浸透速度の抑制効果は深さ 18cm と深さ 22cm の到達時間の差で評価できると考えた。そこで本研究では、図.2 に示す $f_c=20\%$ 、 $w_i=20\%$ の単層しらすの結果を基準とし、表.2 に示す二層化の結果を評価した。

二層化に伴う浸透速度の変化

図.3、4 はそれぞれ初期含水比 $w_i=20\%$ および 10% で締固めた供試体の二層化による鉛直一次元方向の浸水到達時間の変化を示している。図.3 より、上層の細粒分を増加させ下層の細粒分を減少させると、下層の浸透速度は遅くなることがわかる。これは、 $w_i=20\%$ では $f_c=0\%$ の透水性が $f_c=20\%$ の透水性を下回るためだと考えら

れる。また、図.4 より、初期含水比を小さくすると下層の浸透速度は非常に小さくなるが、その内二層化が占める浸透速度の遅延効果は相対的に小さくなる。図.5 は、境界面付近の水の浸透速度を単層と二層化で比較したものである。ここで、 $(t_{22}-t_{18})_1$ は単層 ($f_c=20\%$ 、 $w_i=20\%$) の深さ 18cm と深さ 22cm の間を通過するのにかかる時間(min)であり、同様に $(t_{22}-t_{18})_2$ は二層化のものである。 $(t_{22}-t_{18})_2/(t_{22}-t_{18})_1$ により浸透速度の遅延の程度を評価している。図.5 より、 $w_i=20\%$ のまま二層化しても境界面付近の浸透速度に変化はないが、 $w_i=10\%$ にすると境界面付近の浸透速度が遅くなり、その傾向は上層の細粒分含有率が高いほど顕著に見られる。なお、図.4、5 に見られるように低含水状態で下層の浸透性が低下したのは散水量が少ない影響も考えられるため、散水量を増加させた試験で確かめる必要がある。

5. まとめ 本研究で得られた主な結論は以下のとおりである。

- 1)飽和時の浸透速度は細粒分含有率が少ないほど大きくなるが、低含水比時の浸透速度は細粒分が多い試料よりも細粒分が少ない試料のほうが小さな値を示すことがあり、浸透特性に大きく影響することを示した。
- 2)不飽和しらすの浸透は、二層化を施し上層のしらすの細粒分含有率を高めることで下層の浸透速度が抑制される。また、上下層とも初期含水比を下げて二層化することでその効果はより大きくなる。

【参考文献】 1)中島ら:浸水・乾燥履歴を受けた不飽和締固め砂質土のコラプス・せん断強度特性,降雨時の斜面モニタリング技術とリアルタイム崩壊予測に関するシンポジウム発表論文集,pp.65-72,2006.

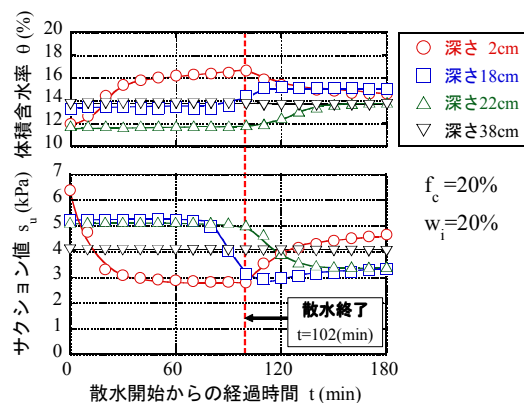


図.2 浸水時のサクシオン値と体積含水率の経時変化($f_c=20\%$ 、 $w_i=20\%$ の単層)

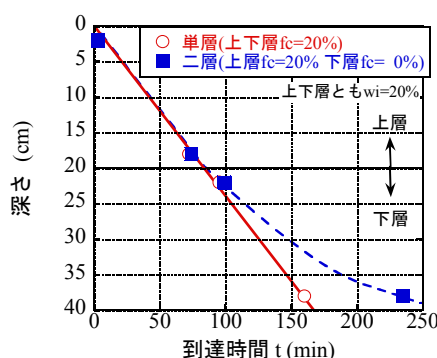


図.3 二層化による一次元鉛直方向の浸水到達時間の変化($w_i=20\%$)

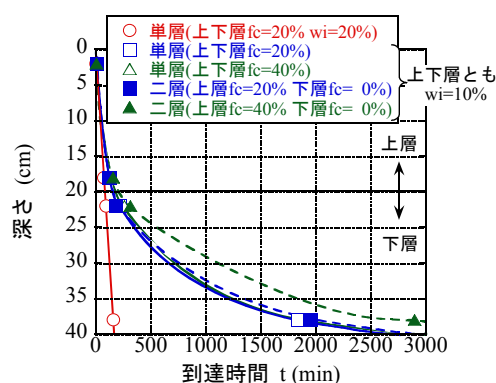


図.4 二層化による一次元鉛直方向の浸水到達時間の変化($w_i=10\%$)

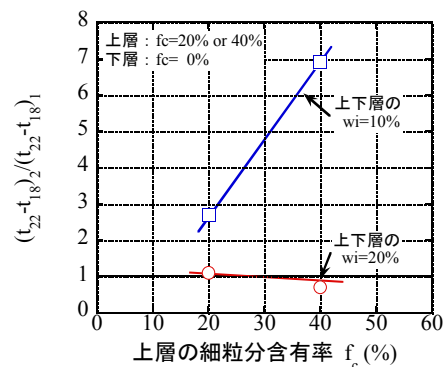


図.5 境界面付近の浸透速度比