

III-5

砂質土地盤における雨水の不飽和流動機構に関する研究

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 学生員○下仮 一幸

鹿児島高専 学生員 繁昌 誠吾

1. まえがき

南九州に広く分布する砂質土地盤に類するしらすは、降雨や地震などによるたが重なる災害の由に最も崩壊性の高い土と考えられている^{1,2)}。このようなしらす地盤の特色の一つは、鹿児島市の年降雨総量が80年の平均で約2500mmに達する日本でも有数の多雨地域に属することからわかるように、降雨を多く受けることである。豪雨時における砂質土斜面の安定性の検討は、斜面中への正確な雨水の浸透特性を解明してはじめて明らかにできるものである。本論文は以上のことを踏まえて、主として乱した状態でのしらす中の雨水の不飽和浸透速度について述べる一方、前降雨と後降雨の関係が雨水の浸透特性にどのように作用するものかに関してふれたものである。

2. 不飽和浸透速度

Hortonが降雨下における不飽和地盤への雨水の浸透能の意義の重要性を指摘して以来、Philipは雨水の鉛直浸透の理論を体系づけた。その後、YoungsとPeckは雨水が鉛直浸透、水平浸透する間の間隙空気圧の挙動について論じている。このような経緯を経て、近年になって不飽和浸透理論が斜面の安定解析に応用され始めたと言える。しかしながら、研究のほとんどは、雨水の浸透機構が複雑である故に十分に現地の状況に適用されていないのが実状である。

そこで著者らは浸潤前線の深度を定めるのに重要な降雨時の雨水の不飽和浸透速度を次のように考え解析した。

雨水のしらす地盤中の不飽和浸透速度は、Hortonの示したように、降雨とともに指数関数的に低減するものとし、次式で表わすことにした。

$$I_v = I_c + (I_0 - I_c) e^{-k \cdot t}$$

ここに、 I_v :不飽和浸透速度(cm/sec)、 I_0 :初期浸透速度(cm/sec)、 I_c :最終浸透速度(cm/sec)、 k :定数(sec⁻¹)とした。

3. 試料の性質と実験方法

各種の砂質土の浸透速度特性を明らかにするために、図-1に示すような、特殊な不飽和浸透装置を用いた。特に降雨強度は0~1000(mm/h)の幅で任意に設定できる。表-1は、試料の指数的性質を示したものである。また使用したしらすの成分の平均的な割合は、礫分12.5(%)、砂分62(%)、シルト分18.5(%)及び粘土分以下9.0(%)、また火山灰は桜島産の流出火山灰砂で成分は礫分20.1(%)、砂分74.9(%)、シルト分以下5.0(%)である。表-2は実験条件を示したものである。降雨実験は、前降雨区間、降雨休止区間及び後降雨区間の3区間に分けて実施した。

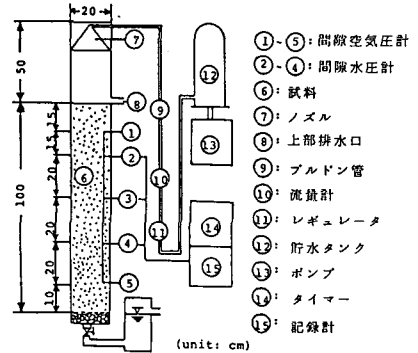


図-1 不飽和浸透装置

表-1 試料の指数的性質

実験番号	初期含水比(%)	初期湿潤密度(g/cm ³)	初期乾燥密度(g/cm ³)	比重	初期間隙比	初期間隙率(%)	試料
1	0.1	1.41	1.41	2.66	1.10	48.1	標準砂
2	0.7	1.25	1.24	2.64	1.11	52.6	火山灰
3	2.3	1.19	1.16	2.40	1.11	52.6	しらす
4	3.0	1.20	1.16	2.40	1.11	52.6	しらす
5	3.0	1.20	1.16	2.40	1.11	52.6	しらす

表-2 実験条件

実験番号	降雨強度(cm/sec)	試料長		備考
		前	後	
1	9.0 10 ⁻³	100.0	97.6	前降雨 2640 停止 7490 後降雨 1800
2	8.0 10 ⁻³	100.0	98.4	前降雨 1440 停止 6310 後降雨 1860
3	9.0 10 ⁻³	100.0	99.0	前降雨 1680 停止 7420 後降雨 1440
4	6.0 10 ⁻³	100.0	99.5	前降雨 1920 停止 5130 後降雨 1440
5	7.0 10 ⁻³	100.0	99.7	前降雨 1620 停止 2820 後降雨 1440

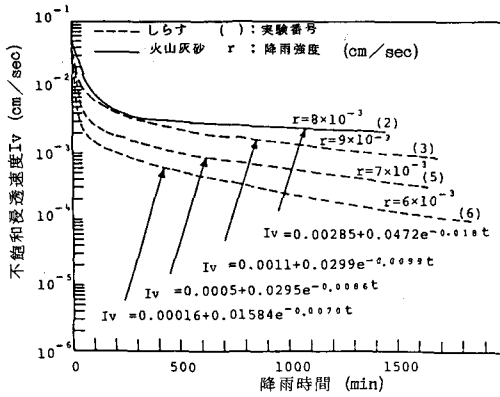


図-2 不飽和浸透速度曲線

4. 実験結果及び考察

降雨下における火山灰砂としらすへの雨水の不飽和浸透速度を表わしたものが図-2である。図から明らかなように、しらすにおける不飽和浸透速度は、降雨強度が大きい条件ほど大きい値を呈すると言える。また、火山灰砂での不飽和浸透速度としらすのそれを比較して判るように、火山灰砂の不飽和浸透速度は降雨強度が小さいにもかかわらず大きい傾向を示している。これは粒子形状によるもので、しらすの水道である間隙が火山灰砂に比べて大きく屈曲していることに起因している。

図-3は代表的な例として実験3のしらすの降雨浸透特性を表わしたものである。図-3(a)から降雨の停止とともに不飽和浸透速度は回復することが判り、便宜上回復浸透速度を直線で示しているが、降雨に伴う浸透速度は指数関数的に低減することから回復浸透速度も指数関数的に変化するものと考えられる。図-3(b)は降雨停止に伴う間隙水圧の挙動をよく表わしており、間隙水圧は降雨初期で負圧域にあるが雨水の浸透に伴って下部ほど大きな正圧を示すこと。また、降雨の停止とともに急減し負圧を示し、不飽和浸透速度の回復と間隙水圧の間には相関を有することが判る。図-3(c)は降雨に伴う間隙空気圧特性を示したものである。図から明らかなように、間隙空気圧は間隙水圧とほぼ同様の挙動を呈することが判る。図-4は不飽和浸透深度特性を表わしたものである。図中の計算値は不飽和浸透速度 I_v を積分したものである。不飽和浸透深度は計測値を十分にシミュレートできていないが、この事は不飽和の程度の見極め方に主因しており今後の問題としたい。

謝辞：本研究を進めらるにあたり懇切な御指導をいただいた九州大学工学部山内豊聡教授に深甚の謝意を表す。なお、本研究は文部省科学研究費の援助を受け実施したものであることを付記する。

参考文献 1) 山内寿, 下川悦郎: 昭和47年豪雨によって発生した斜面崩壊の定態, 土と基礎, Vol.21, No.7, PP.13-16, 1973

2) 山内豊聡, 木村大造: 防災を中心としたシラスの問題点, 土木学会誌, Vol.54, No.11, PP.9-20, 1969

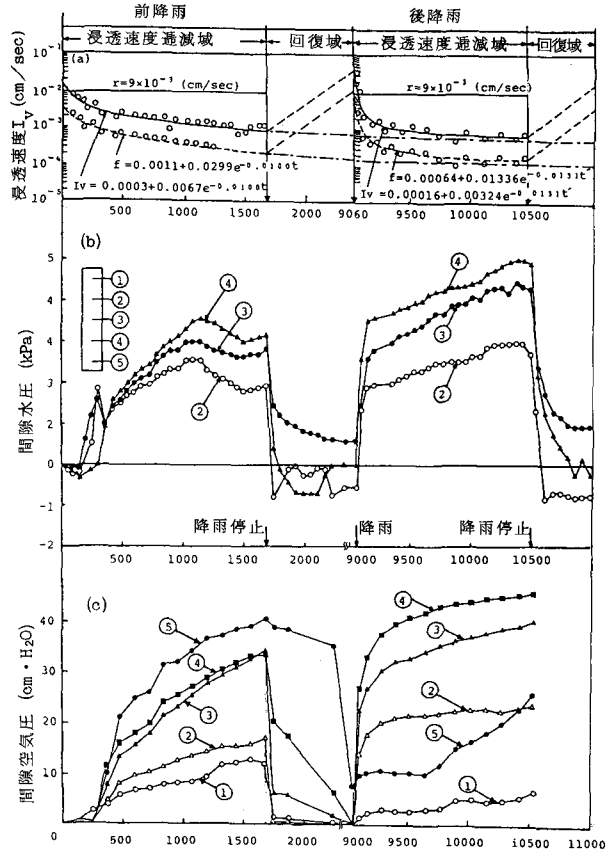


図-3 降雨浸透特性

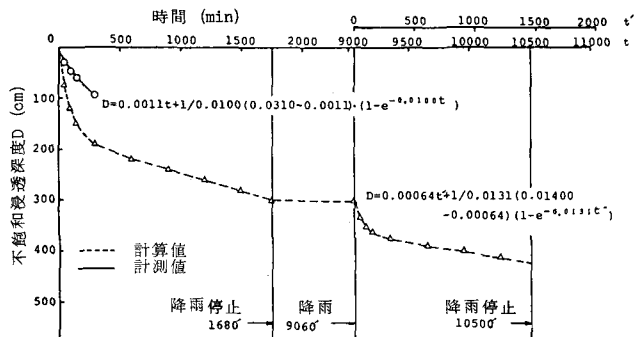


図-4 不飽和浸透深度曲線