

降雨パターンの違いによる雨水の不飽和浸透に関する研究

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 石 田 尾 悟
鹿児島高専 学 生 員 川 崎 健

1. ま え が き

南九州 やその 他 の 地 方 に 広 く 分 布 する 軽石流 堆積土 である しらす 斜面 は、降 雨 や 地 震 な ど に よ る た び 重 な る 自 然 災 害 の 故 に 最 も 崩 壊 性 の 高 い 土 質 で でき て い る と さ れ て い る。^{1) 2)} この し ら す 斜 面 の 特 性 の 1 つ は、南 九 州 が 日 本 で も 有 数 の 多 雨 地 域 に 属 す こ と よ り、降 雨 を 多 く 受 け る と こ ろ に あ る。集 中 豪 雨 時 の 斜 面 の 崩 壊 災 害 は、斜 面 内 部 へ の 雨 水 の 浸 透 流 量 の 程 度 や 浸 透 速 度 に よ っ て 大 き く 異 な る。雨 水 か ら 浸 透 流 の あ る 斜 面 の 崩 壊 に 関 し て は、従 来 よ り 数 多 く の 研 究 が な さ れ て い る。し か し な が ら、そ の 機 構 が 複 雑 で あ る た め に 現 位 置 で の 防 災 に 適 用 さ れ る ま で に 致 っ て い な い の が 現 状 で あ る。本 研 究 は、降 雨 下 に お け る し ら す 斜 面 の 安 定 性 を 検 討 す る 基 礎 と し て、降 雨 パ タ ー ン の 違 い に よ る 雨 水 の 不 飽 和 浸 透 特 性 に 関 し て 主 と し て 考 察 し た も の で あ る。

2. 雨 水 の 不 飽 和 浸 透 モ デ ル

図-1 は、雨 水 の 不 飽 和 浸 透 モ デ ル を 示 し た も の で あ る。浸 透 強 度 I 、飽 和 浸 透 速 度 I_v 及 び 不 飽 和 浸 透 速 度 I_v の 間 に は 次 の よ う な 関 係 式 が 成 立 つ、

$$I = r - (I_s + I_{st}) \dots\dots\dots (1)$$

$$I_v = (100/n) \cdot I \dots\dots\dots (2)$$

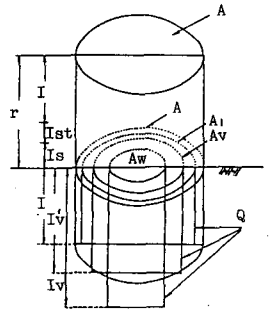
$$I_v = (100/Sr) \cdot (100/n) \cdot I \dots\dots\dots (3)$$

こ こ に、 n : 間 隙 率、 Sr : 飽 和 度 で あ る。ま た、降 雨 下 に お け る 雨 水 の 浸 透 速 度 I_v は こ れ ま で の 著 者 ら の 浸 透 試 験 の 結 果³⁾、不 飽 和 最 終 速 度 I_c 、不 飽 和 初 期 浸 透 速 度 I_o 、浸 透 定 数 k 及 び 降 雨 時 間 t と す る と 次 式 で 表 示 し 得 る。

$$I_v = I_o + (I_c - I_o) \exp(-k \cdot t) \dots\dots\dots (4)$$

さ ら に、降 雨 停 止 に と も な り 回 復 時 の 不 飽 和 浸 透 速 度 I_v は、初 期 回 復 浸 透 速 度 I_i 及 び 回 復 浸 透 定 数 β と す る と 次 式 で 表 示 で き る も の と し た。

$$I_v = I_o + (I_i - I_o) \exp(-\beta \cdot t) \dots\dots\dots (5)$$



r : 降雨強度 I : 浸透強度
 I_{st} : 貯留強度 I_s : 流出強度
 I_v : 飽和浸透速度 I_v : 不飽和浸透速度 A : 浸透断面積 Q : 浸透流入水量

図-1 不飽和浸透モデル

3. 試 料 及 び 実 験 方 法

雨 水 の 不 飽 和 浸 透 特 性 を 解 明 す る た め に 図-2 に 示 す よ う な / 次 元 不 飽 和 浸 透 装 置 を 用 いた。降 雨 パ タ ー ン を 表-2 に 示 す。使 用 し た 試 料 は、始 良 し ら す で あ る。

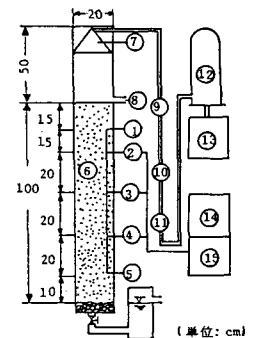
供 試 体 試 料 の 状 態 は 乱 し た 状 態 で あ る。表-1 に 実 験 時 の 試 料 の 指 数 的 性 質 を 示 す。

表-1 試料の指数적性質

実験 番号	初期含水比 (%)	初期浸透係数 (g/cm)	初期乾燥係数 (g/cm)	比重	間隙比	初期含水率 (%)	試料
1	2.0	1.168	1.145	2.43	1.08	51.9	しらす
2	1.6	1.163	1.150	2.43	1.08	51.9	しらす
3	1.9	1.180	1.158	2.43	1.06	51.0	しらす

表-2 実験条件

実験 番号	降雨強度 (cm/sec)	試料厚 (cm)	降雨パターン
1	3.7×10^{-3}	100.0	
2	9.3×10^{-3}	100.0	
3	9.0×10^{-3}	100.0	



- ①-⑤: 間隙空気圧計 ⑩: 流量計
- ②-④: 間隙水圧計 ⑪: レギュレータ
- ⑥: 試料 ⑫: 貯水タンク
- ⑦: ノズル ⑬: ポンプ
- ⑧: 上部排水口 ⑭: タイマー
- ⑨: ブルドン管 ⑮: 記録計

図-2 不飽和浸透装置

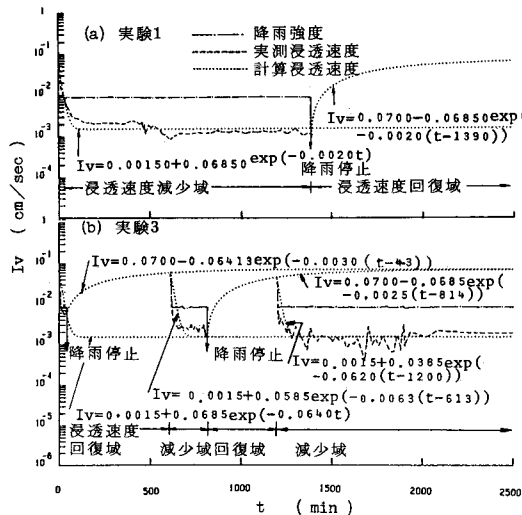


図-3 不飽和浸透特性

4. 実験結果及び考察

不飽和浸透速度 I_v と降雨時間の関係を連続、断続降雨パターンの実験1及び3について示したものが図-3である。いずれの降雨条件に関しても降雨にともなった地盤の有する不飽和浸透速度は、比較的実測値と計算値が一致している。この不飽和浸透速度は、200程度で定常値化し、最終浸透速度に達する傾向を示している。また、最終浸透速度は、降雨時間によらずほぼ一定値を示している。これらのことから、地盤の有する雨水の最終浸透速度は、降雨強度と地盤の指数的性質が同一の条件のもとで、降雨パターンに関係せず固有値を示すものと考えられる。一方、初期浸透速度は、降雨パターンに左右され、降雨停止時間が短いほど小さ値を示すと言える。図-4は、間隙水圧と降雨時間の関係を示したものである。間隙水圧は、降雨時間の増大とともに下層部ほど大きな値を示す傾向にある。また、浸潤前線が下端まで達した時点で下部排水をしたが、間隙水圧は急減する傾向にしている。

さらに、断続降雨の実験3のそれは、連続降雨条件に比べて発現が遅れている。これは、降雨停止とともに浸潤前線の降下速度が急減したことに起因するものである。間隙空気圧と降雨時間の関係を示したものが図-5である。間隙空気圧は、浸潤前線の降下とともに下部ほど高い圧力状態を示す傾向にある。この間隙空気圧の挙動は、間隙水圧とほぼ同様である。ただ、実験1の例からわかるように、連続降雨パターンの場合の間隙空気圧は、間隙水圧に比べて下部排水の影響を受けにくいようである。

5. あとがき 本研究では、まず不飽和浸透モデルを用いることにより各種の降雨パターンに関する不飽和浸透特性がほぼ明らかにした。次に、降雨パターンと間隙水圧及び間隙空気圧の挙動を把握できた。

最後に、本研究を進めるにあたり、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感謝の意を表する。

- 参考文献 1) 春山元寿、下川悦郎：昭和47年豪雨によって発生した斜面崩壊の実態、土と基礎、Vol 21、No7、p13~16、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、Vol154、No11、p9~20、1969
 3) 村田秀一、岡林巧、下飯一幸、繁昌誠吾：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、土木学会西部、p284~285、1984

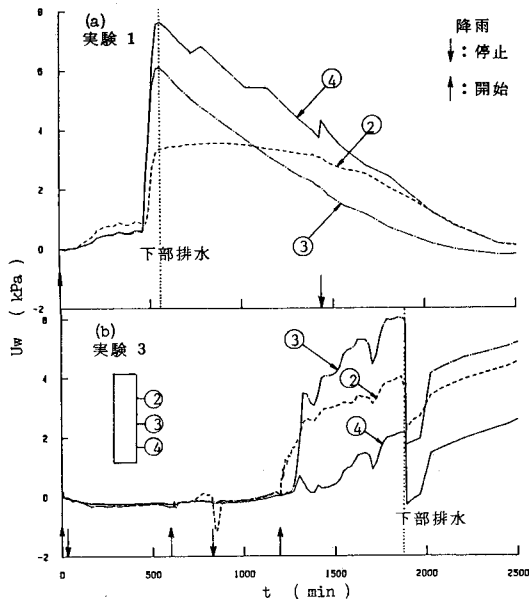


図-4 間隙水圧と時間の関係

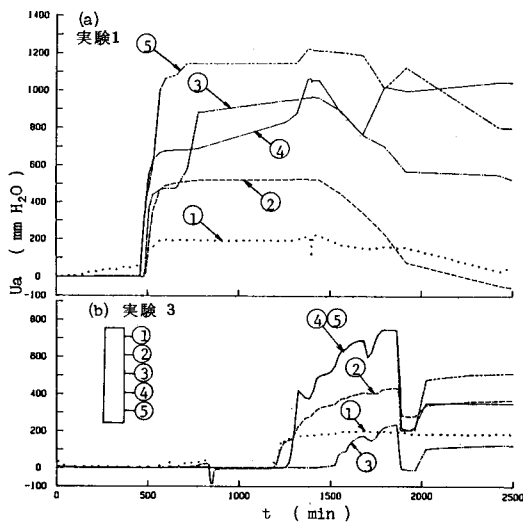


図-5 間隙空気圧と時間の関係