

## 降雨強度が斜面からの降雨浸透挙動に与える影響 Effect of Rainfall Intensity of Ground Surface on Rainfall Infiltration Behavior

眞木 陸\*, 吉迫 宏\*

MAKI Riku, YOSHISAKO Hiroshi

### 1. はじめに

集中豪雨の発生確率が高まる近年、降雨が斜面内にどの程度浸透するかを適切に把握することはため池堤体などの斜面を有する土構造物にとって防災上非常に重要である。しかしながら、斜面への降雨浸透挙動については、古くから数多くの研究がなされてきているものの体系的な理論の確立は残された課題である。既往の研究<sup>1)</sup>によって地盤の飽和透水係数および斜面勾配から浸透能を求める式が以下のように提案されている。

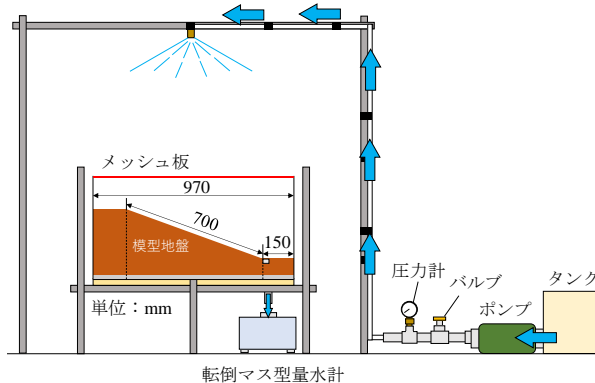
$$K_{se} = K_s(1 - e^{-\lambda K_s}) \quad (1)$$

$$\lambda = 0.9861e^{-0.139 \times slope} \quad (2)$$

ここで、 $K_{se}$  : 浸透能 (mm/hr),  $K_s$  : 飽和透水係数 (mm/hr),  $slope$  : 傾斜角 (°)である。しかしながら、式中に降雨強度の影響は考慮されていない。そこで、本研究では降雨強度が上記の式に与える影響を明らかにすることを目的として模型実験を行なった。

### 2. 実験概要

本実験に用いた模型地盤および実験装置を **Fig. 1** に示す。降雨装置についてはタンク内の貯水をポンプによって模型地盤直上のノズルまでくみ上げ、散水する仕組みとなっている。また、降雨強度については、経路内のバルブおよび散水ノズルの口径により、調節可能である。模型地盤についてはまさ土を用いて締固め度 85%で作製した。本実験では降雨中の表面流出量を計測し、降雨量から差し引くことで地盤内への浸透量を求めた。表面流出量については転倒マス型量水計により計測し、降雨強度については実験前後で検定を行い、その平均値とした。また、土壌水分計により、降雨中の地盤内の飽和度についても計測した。本実験では、降雨による地表面の浸食が浸透挙動に与える影響を排除するために模型地盤の直上に金属製のメッシュ板を設置し、雨滴の衝撃をできるだけ和らげることとした。実験条件については **Table 1** に示すとおりである。



**Fig. 1** 模型地盤および実験装置  
Model ground and experimental device

**Table 1** 実験条件  
Experimental condition

地盤の飽和透水係数 (m/s)	3.6 × 10 <sup>-5</sup>
斜面の傾斜角 (°)	30°
降雨強度 (mm/hr)	22, 36, 54
降雨継続時間 (hr)	3

所属 \*農研機構 National Agriculture and Food Research Organization (NARO)

キーワード: 斜面, 降雨強度, 浸透

### 3. 実験結果

各ケースにおける表面流出の計測結果を Fig. 2 に示す。いずれのケースも降雨開始から約 40 分後には定常状態に至っていることがわかる。また、表面流出の発生時刻は降雨強度の増加に伴い、早くなっている。Fig. 3 に降雨強度 36mm/hr における地盤内飽和度の計測結果を示す。降雨開始から約 10 分後に地盤表面から 50mm の地点 (W1~W3) で飽和度が上昇を始め、その約 10 分後にさらに 50mm 下部の飽和度 (W4~W6) が上昇している。また、W1~W3 は降雨開始から約 40 分後、W4~W6 は約 80 分後には定常状態に至っている。これらの傾向は降雨強度 22mm/hr, 54mm/hr での実験でもほぼ同様であった。地盤内の最下部に位置する W6 については、定常状態に至った後に再度飽和度が上昇しているが、これは土槽底面の排水孔から排水しきれなかった浸透水による影響であると考えられる。ただし、単位時間あたりの表面流出は定常状態に至った後は一定の値を示していることから W6 での飽和度の再上昇が地盤表面からの浸透挙動に与えた影響はほとんどないと考えられる。

各ケースの定常状態での単位時間あたりの表面流出の平均値から斜面への浸透能の平均値を求めた。降雨強度と浸透能の関係を Fig. 4 に示す。降雨強度の増加に伴い、浸透能は増加しており、このことから、降雨強度も斜面への浸透能を決定づけるパラメータの一つであることが示唆された。降雨強度が既往の式に与える影響を検討するため、本実験の結果から既往の式 (1) を用いてパラメータ  $\lambda$  を算出した。その結果を Fig. 5 に示す。図中の赤線は既往の式 (2) を用いて算出される  $\lambda$  である。降雨強度の増加に伴い、 $\lambda$  も増加していることがわかる。しかしながら、本実験の結果から求めた値と既往の式を用いて求めた値には 1 オーダー程度の乖離があり、 $\lambda$  の算定式については実験を重ね、再度設定し直す必要があると考えられる。

### 4. おわりに

降雨強度の増加に伴い、斜面における浸透能も増加することが明らかになった。今後は、傾斜角を変えた実験を行い、異なる傾斜角での降雨強度と浸透能の関係について検討する予定である。本研究は JSPS 科研費 JP21K20607 の助成を受けたものである。

参考文献 1) Morbidelli, R., Corradini, C., Saltalippi, C., Flammini, A., Dari, J. and Govindaraju R. S. (2019) : A New Conceptual Model for Slope-Infiltration, *Water*, 11(4), pp.678-691.

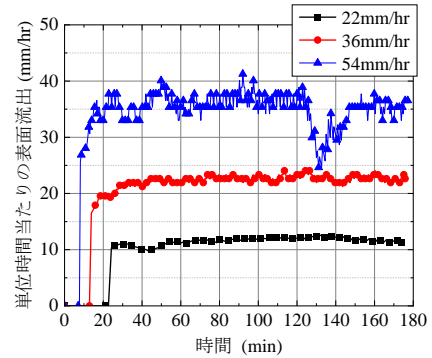


Fig. 2 単位時間当たりの表面流出  
Surface runoff per unit time

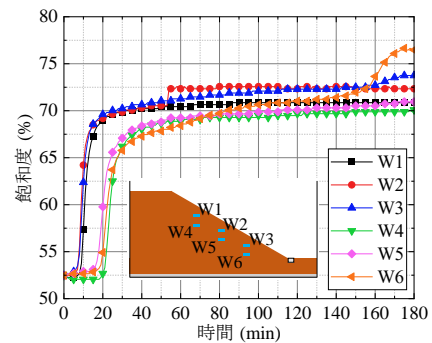


Fig. 3 地盤内飽和度  
Saturation degree in a soil

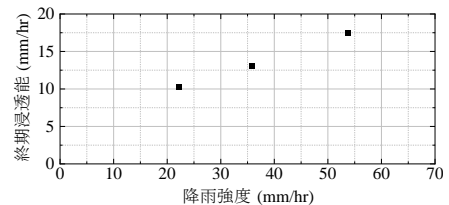


Fig. 4 降雨強度と終期浸透能の関係  
Relationship between rainfall intensity and final infiltration capacity

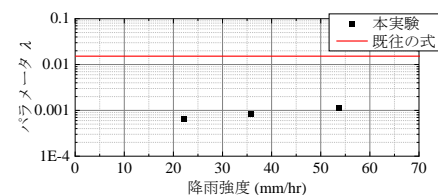


Fig. 5 降雨強度とパラメータ  $\lambda$  の関係  
Relationship between rainfall intensity and