

二層系斜面の降雨による浸透過程

鳥取大学（正） 榎 明潔

応用地質（正） 安達 和徳

前田道路（正）○中川 敏也

不動建設（正） 中村 正邦・萩野 芳章

1. はじめに

一般に自然斜面は表層土の下に基岩が存在し、斜面崩壊のほとんどが表層崩壊である。降雨による斜面表層崩壊は、間隙水圧の上昇が原因であると考えられる。また、植生などの表層被覆は、間隙水圧を減少させる効果が考えられる。¹⁾本研究では表層被覆斜面を上層に透水係数の大きい土を用いた二層系斜面とモデル化し、人工降雨装置付きの土槽実験を行い、降雨浸透過程を考察した。

2. 降雨の鉛直浸透²⁾

降雨の浸入に伴い、雨水の浸透による鉛直浸透（ウェッティング・フロントの形成）について図-1のようなモデルを挙げる。地表から基岩までの距離を H 、ウェッティング・フロント到達面から基岩までの距離 h の土柱で考えると（本研究では飽和浸透として不飽和土の持つサクションは無視する）土柱内の浸透域での上下面の全水頭差は $(H-h)$ であり、浸透距離も $(H-h)$ となる。この時の動水勾配 $i = \Delta h / \Delta L = 1$ である。ここで Darcy 則より地盤内の浸透速度 v は鉛直方向の透水係数 k_v を用いると、 $v = k_v \cdot i = k_v$ となる。したがって降雨量を R とすると $R < k_v$ の場合に雨水は全量浸透し、 $R > k_v$ の時には $(R - k_v)$ の地表流が発生する。これを二層系におきかえて考えると図-2 のようになる。ここで k_{v1} は上層土の鉛直方向の透水係数、 k_{v2} は下層土の鉛直方向の透水係数である。 $R < k_{v2}$ の場合には下層土に全量浸透し、 $R > k_{v2}$ の時には下層土への浸入量 k_{v2} と上層を流れる浸透流量 $(R - k_{v2})$ が発生する。

3. 二層系斜面での流量モデル

実験で取り上げたモデルは $k_{v1} > R > k_{v2}$ および $k_{v1} > k_{v2} > R$ である。計測した流量（上部排水口からの排水量を Q_1 、下部排水口からの排水量を Q_2 とする。）から上層と下層の境における浸透流の挙動を流量から推定できる。定常時に予想される上部排水量 r_1 と下部排水量 r_2 および降雨量 R の関係を図-3 に示す。 $Q_1(\text{ml/min}) = r_1(\text{mm/h})$ 、 $Q_2 = r_2$ に換算する。これは降雨量と透水係数を比較するためである。

4. 室内実験

室内実験に用いた装置の概要を図-4 に示す。土槽の長さ

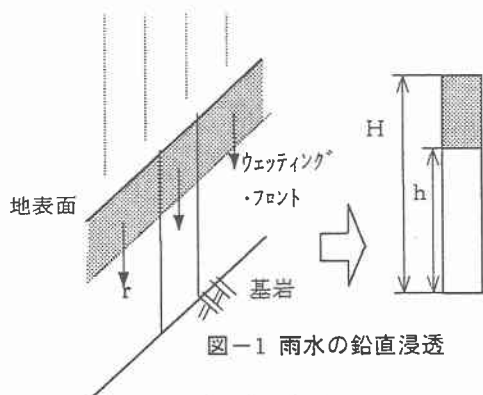


図-1 雨水の鉛直浸透

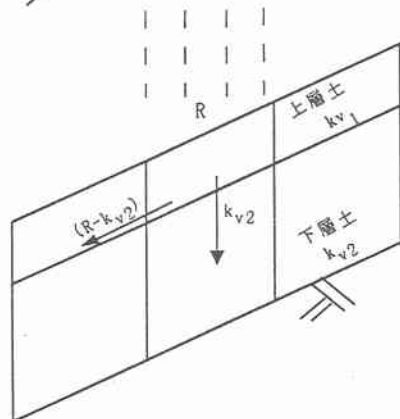
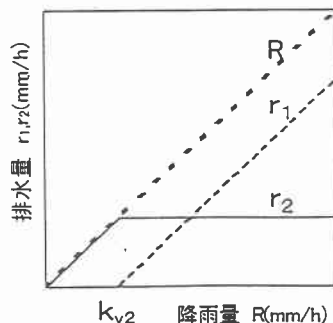


図-2 二層系斜面の浸透過程

図-3 $R-r_1, r_2$ 関係図

は 136cm、幅および高さはそれぞれ 30cm で角度($\beta=30^\circ$)が可変で手前から観察ができるようにアクリル板で作られている。降雨タンクにいた水に空気圧を与えてノズルから出すことで一定の降雨を与えることができる。下端には土層の層境からの排水量および下層への浸透流量が測定できるように排水口を設けている。土層の底面には 20cm 毎に間隙水圧計が設置されている。この間隙水圧の経時変化および流量が一定になった時を定常とみなす。降雨量は実験中における定常時の下部 2 ヶ所の排水口からの排水量からの流量で求めた。試料はまさ土(上層 5mm ふりい通過 2mm ふりい残留試料、下層 2mm ふりい通過試料)を用いて、間隙比 $e=0.7$ になるように締め固めて作成した。また、 k_{v1} 、 k_{v2} はシンウォールチューブによりサンプリング後、定水位透水試験により測定し、 $k_{v1}=7.0 \times 10^{-1} \text{cm/s}$ 、 $k_{v2}=1.2 \times 10^{-3} \text{cm/s}=43 \text{mm/h}$ となった。

5. 結果および考察

本研究のモデルは $k_{v1} > k_{v2} > R$ および $k_{v1} > R > k_{v2}$ である。理論モデルである図-3 と実験結果である図-5 を比較すると $k_{v1} > k_{v2} > R$ では $k_{v2}=43 \text{mm/h}$ に達していない降雨量でも上部排水量 r_1 が発生した。 $k_{v1} > R > k_{v2}$ の条件においては強い降雨を与えていくにつれ k_{v2} は一定に近づき理論に適合している。 $k_{v1} > k_{v2} > R$ の条件の場合、下層土は不飽和浸透であったため、層境を流れる排水量が発生したと考えられる。また、二層系実験(上層土を設置した場合)において、 $R=70 \text{mm/h}$ 以上の降雨を与えた時に表面侵食は発生しなかった。しかし、一層系実験で $R=70 \text{mm/h}$ 程度の降雨を与えた時、表面侵食が観測された。これにより表面侵食防止の効果が見られた。

6. 結論

上層に透水係数大きい土を設置することで表面侵食防止効果は見られた。しかし下層土への浸透流量の減少効果は $k_{v1} > k_{v2} > R$ の領域では見られたが、 $k_{v1} > R > k_{v2}$ の領域では見られなかった。

7. おわりに

本研究で取り上げたモデルは飽和浸透過程を前提に行ったが、 $k_{v1} > k_{v2} > R$ の場合において不飽和浸透をしていたため理論と実験が適合しなかった。今後は妥当な浸透流モデルを検討する必要がある。

参考文献

- 1) 榎ほか：降雨時の斜面表層崩壊に対する表層被覆の効果、第 52 回土木学会年次学術講演会概要集 1997
- 2) 榎ほか：降雨による斜面表層崩壊の理論モデル、第 32 回地盤工学研究発表会公演集、1997

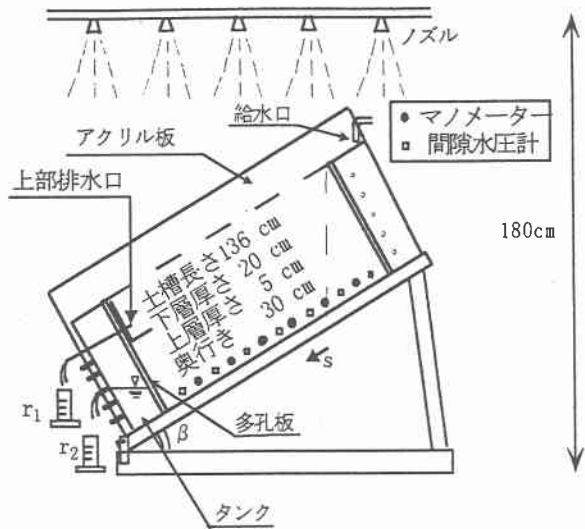


図-4 降雨装置概略図

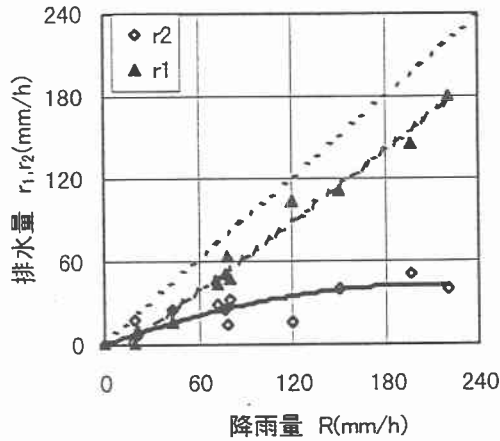


図-5 $R-r_1, r_2$ 図