

Ⅲ-100

降雨による斜面内浸透流

—— 斜面表面付近の透水性が内部と異なる斜面の場合 ——

愛知工業大学 正会員 木村勝行

愛知工業大学 学生員 口石孝幸

1. はじめに： 降雨によって斜面の安定性は低下する。この場合の安定性を評価するためには、斜面内に生じる浸透流の性状を把握することが必要である。このような浸透流についての研究として、これまでに、実物大斜面による実験、数値計算によるものなどが報告されている。^{1), 2)} 筆者は、ガラスビーズと潤滑油を用いた粗粒子モデルによる実験と kinematic wave 理論的考察による解とから、均質斜面内に降雨によって生じる浸透流の湿潤部および飽和部形状の簡便な推定方法を提案した。³⁾ ここでは、斜面の表面付近の透水性がその下部の透水性より大きい場合の不均質斜面内の降雨浸透流について、実験および理論解による検討を行った。

2. 実験装置および実験方法： 図-1は実験装置を模式的に示したものであり、実験斜面構築用の箱と降雨発生装置から成っている。箱は高さ70cm、底面長105cm、幅10cmの透明なアクリル樹脂板製であり、一端の側壁下部には実験時における間隙空気の開塞を防止するための排気孔が設けてある。実験斜面はガラスビーズを用いて作成し、降雨には潤滑油を使用した。斜面は図示のように底面長を一定(100cm)とし、表層と下層とでガラスビーズの種類を変え、層厚は $H_a:H_b=1:4$ とした。斜面上位の給油層の底面には内径1.5~2.0mmのステンレスパイプを1.25cm間隔で正方形に配置してあり(計640本)、パイプの径や長さなどを変えることによって斜面上への供給強度 R を変化させた。実験は恒温室において行い、このときの実験斜面の透水係数 k 、飽和体積含水率 θ_s および初期体積含水率 θ_i に相当する値は表-1に示す通りである。斜面内の浸透状態の変化は写真撮影し、流出量と測定時間を記録した。実験は供給強度および上層と下層の組み合わせを変え、表-2に示す6通り行った。

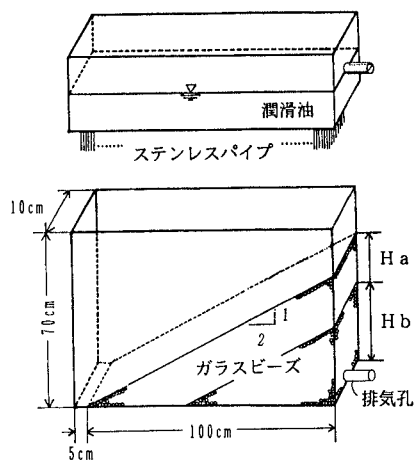


図-1 実験装置模式図

表-2 実験条件

実験 No.	試料		$R(\text{cm/s})$ $\times 10^{-3}$	R/k_a	R/k_B or R/k_c
	上	下			
1	A	B	1.810	0.1017	0.245
2	A	B	4.18	0.235	0.566
3	A	B	6.52	0.366	0.882
4	A	B	8.84	0.497	1.196
5	A	C	1.817	0.1021	0.502
6	A	C	4.06	0.228	1.122

表-1 試料特性

試料	ガラスビーズ 粒径(mm)	θ_s	θ_i	$k(\text{cm/s})$ $\times 10^{-3}$
A	2.00~2.83	0.347	0.031	17.8
B	1.41~2.00	0.350	0.027	7.39
C	0.84~1.19	0.361	0.024	3.62

3. 結果及び考察

均質斜面の場合、kinematic wave 理論的考察による解によれば、降雨による斜面内浸透流の浸潤面形状は、斜面先を座標の原点とすると、浸潤面と斜面表面との交点(飽和域の最高点) $T(x_T, y_T)$ および浸潤面と基盤面との交点 $B(x_B, 0)$ の座標、 x_T, y_T および x_B は次のような式で表すことができる。³⁾

$$y_T = \frac{Rt}{\theta_s - \theta_i}, \quad x_T = \frac{y_T}{\tan \beta}, \quad x_B = \frac{Rt}{(\theta - \theta_i) \tan \beta}$$

ここに、 $\tan \beta$ は斜面勾配、 R は降雨強度、 t は降雨開始からの時間、 θ_i は斜面内の初期体積含水率、 θ は雨水の浸入による湿潤部の体積含水率、 θ_s は飽和体積含水率である。

さて、斜面表面付近とその下部で透水性の異なる場合の斜面内降雨浸透流は、No.1の実験を例にして示すと、図-2のようである。図に見られるように、斜面表面からの雨水の浸入による飽和域は、まず上層の斜面先に現れ、逐次内部の下層にも拡大していく。このような $R/k_B < 1$ の場合、下層の飽和域の基本的形状は、浸潤面の最高点すなわち上層と下層の境界面と浸潤面の交点および基盤面と浸潤面の交点の座標が知れば求めることができる。そこで、図示のように、座標の原点を上下層の境界面と基盤面

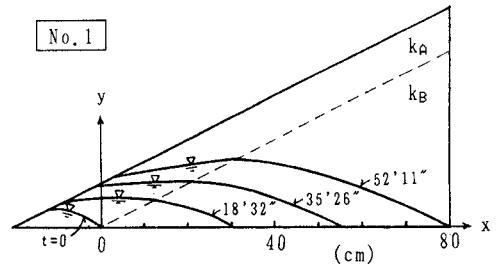


図-2 浸潤面形状

面との交点にとり、浸潤面の先端が原点に達した時点を経過時間 $t=0$ として、結果の整理を行うことにする。いま、2層斜面についても、下層内の浸潤面の最高点の座標を $T(x_T, y_T)$ 、浸潤面と基盤面の交点の座標を $B(x_B, 0)$ として、 y_T および x_B について、実験と上記の式による値との関係を整理すると、図-3および図-4のようになる。図-3からは、 $y_T \propto Rt/(\theta_s - \theta_i)$ なる関係が見とれ、図中の直線から比例定数は約1となる。同様に、図-4からは、 $x_B \propto Rt/(\theta - \theta_i) \tan \beta$ なる関係が見とれ、比例定数は約1.2となる。

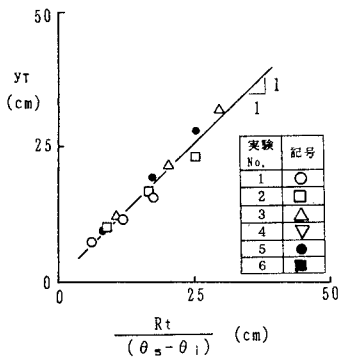


図-3 下層内浸潤面最大高

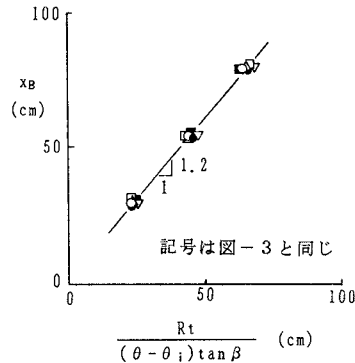


図-4 基盤と浸潤面の交点

4. まとめ

斜面表層付近とその下部の透水性が異なる斜面に対して、降雨により斜面内に生起する浸透流の実験を行った。その結果、下層内の浸潤面形状は、均質斜面に対する kinematic wave 理論的考察による解を利用することにより、概略の形状が求められることがわかった。

【参考文献】

- 1) 久柴勝行, 石塚広史: 雨水の浸透と盛土の安定性, 土と基礎, Vol.30, No.9, pp.37-43, 1983.
- 2) 八木則男, 矢田部龍一, 山本浩司: 雨水浸透による斜面崩壊, 土木学会論文報告集, 第330号, pp.107-114, 1983.
- 3) 木村勝行, 大根義男: 斜面の降雨浸透流の実験, 土質工学会中部支部第2回地盤工学シンポジウム, pp.19-26, 1990.