

降雨による斜面内浸透に関する遠心模型実験

愛知工業大学大学院 (学) ○定岡 直樹

愛知工業大学工学部 (正) 奥村 哲夫・木村 勝行・成田 国朝

1. はじめに

降雨時の斜面の安定性を検討するためには、降雨時に斜面内に生起する湿潤前線や飽和域の形状を把握する必要がある。この種の問題を通常(1G場)の模型実験によって調べようとする場合、毛管上昇の影響を小さくするためにガラス球や潤滑油を用いることになるが、遠心場においては毛管上昇高や自重応力の相似性を満たすことができるので、実斜面の材料を使用した縮尺模型の実験が可能となる。

本研究では、降雨時の斜面内飽和域形状の経時的変化を遠心模型実験によって調べ、1G場でのガラス球と潤滑油を用いた浸透実験結果との比較・検討を通して斜面内の雨水浸透流の基本的特性を明らかにする。

2. 実験概要

実験装置の概略を図-1に示す。実験は締固めて作製した斜面盛土(高さ16.5cm、勾配1:2)に土槽底面に対して30Gの遠心加速度を与えた後、降雨装置への給水を開始して斜面上に雨を降らせ、飽和域の成長過程を写真撮影と盛土底部に設置した間隙水圧計(8個)の値から決定する方法で行った。なお、盛土の物性値は $\rho_s = 2.60\text{g/cm}^3$ 、 $w_i = 8.0\%$ 、 $\rho_d = 1.80\text{g/cm}^3$ 、 $k = 2.9 \times 10^{-3}\text{cm/s}$ であり、土質名称は統一分類で粘土質砂に属する。

降雨装置はW380×D165×H100mmのアルミ製で底面には内径0.18mmのテフロンホースを15mm間隔で正方形に計274本設置してあり、ホースの下端はコリオリ力を低減させるために、斜面上5cmの位置まで延長して取り付けられた内径5mmのアルミ管とつながっている。

図-2は盛土と同一勾配の斜面上に容器(φ41.3×H74.8mm)を置いて雨量分布を調べた結果であり、ほぼ均等な降雨となっていると見なすことができ、平均降雨強度を

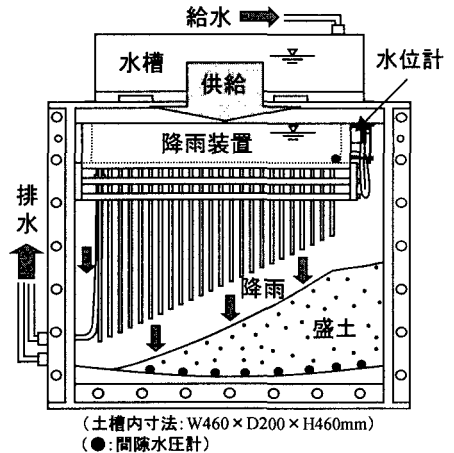


図-1 実験装置の概略

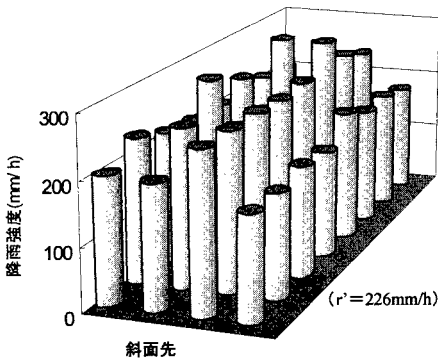


図-2 斜面上の降雨分布

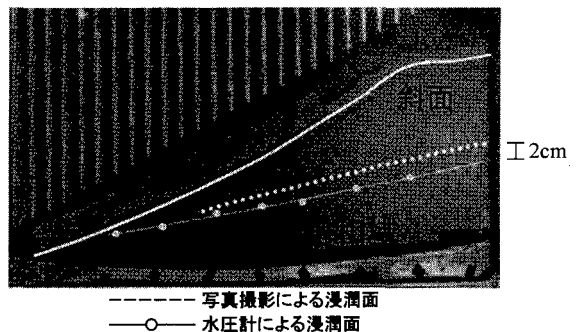


写真-1 写真撮影と水圧計による飽和域の確認

r' として、 $r'=226\text{mm/h}$ を得る。なお、容器を用いないで土槽全体で測定した降雨強度は $r=251\text{mm/h}$ であり、以下の整理にはこの値を用いた。

3. 実験結果と考察

写真撮影による飽和域の形状は定常状態に至った時点でのみ確認することができた。写真-1は降雨開始から $t=830$ 秒後の写真撮影による浸潤面(破線)と間隙水圧計の値を水柱高さで示した浸潤面(○印)を比較したものである。結果を見ると写真撮影の方が約 $1.5\sim 2\text{cm}$ 高めとなっているが、この値は別に行った1G場での毛管上昇確認実験の結果($40\text{cm}/28\text{G}=1.4\text{cm}$)に近似しており、間隙水圧計の値を用いて飽和域の形状が推定できるものと考えられる。

図-3は、雨水の斜面内浸透による湿潤前線が斜面先から順次基盤面に到達し、これによって生じた飽和域の形状を間隙水圧計の測定値から推定して示した結果である。図より、飽和域の最高部T点(図-4参照)は降雨開始より徐々に高さを増しながら斜面内部へ移動し、やがて定常状態(④)に至ることがわかる。この飽和域の成長過程は、本実験の r/k (r :降雨強度、 k :透水係数)が0.08であり $r/k < 1.0$ の条件で行った潤滑油を用いた1G場の結果と一致する¹⁾。

図-5(a)、(b)はT点の位置を1G場の結果(潤滑油使用)と比較したもので、 $y_t \sim r \cdot t / ((\theta_s - \theta_i) \tan \beta)$ 、 $z_t \sim r \cdot t / (\theta_s - \theta_i)$ 関係で示している。なお、飽和体積含水率 $\theta_s=0.31$ 、初期体積含水率 $\theta_i=0.14$ である。両図より遠心場においても両者の間に比例関係が認められる。なお、遠心場の飽和域の高さ z_t (b図)が1G場の結果の下方に位置しているが、これは r/k 値が1G場の実験より低いためと考えられる。

図-6は飽和域の浸潤面形状を代表的に5時刻示した結果である。図から、本実験は1G場の結果と良く合っており、浸潤面形状は r/k の値に無関係であることが分かる。

4. まとめ

降雨によって生じる斜面内の飽和域の形状を遠心模型実験によって調べたところ、ほぼ妥当な結果が得ることができた。今後は降雨強度、斜面勾配などの条件を変えた実験を行って、斜面内に形成される飽和域を調べ、斜面の安定性との関係を検討していきたいと考えている。

参考文献 1) 木村勝行・大根義男：降雨による斜面内浸透流の模型実験、第23回土質工学研究発表会発表講演集、pp.1835-1836、1988
 2) 久楽勝行・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、1979

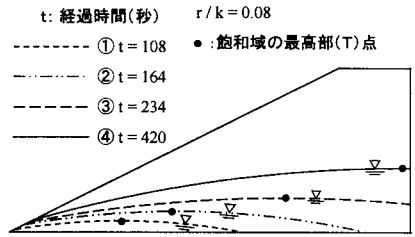


図-3 降雨時の飽和域

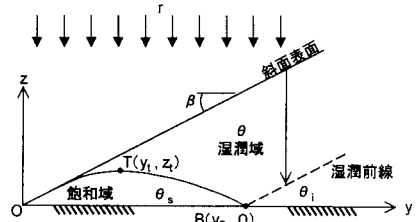


図-4 降雨時の湿潤前線と飽和域

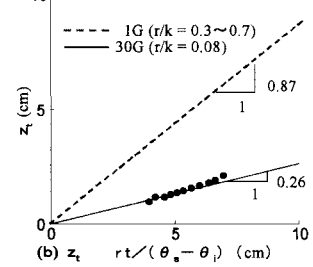
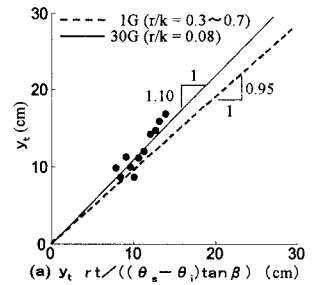


図-5 飽和域の y_t と z_t

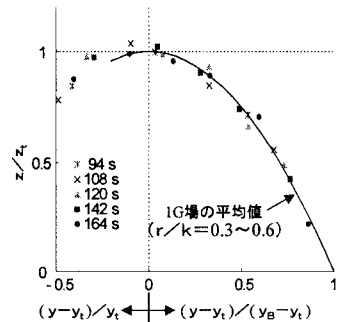


図-6 浸潤面の形状