

豪雨時の斜面崩壊予測法の山地流域への適用

鳥取大学 工学部 正 員 道上 正規
鳥取大学 工学部 正 員 藤田 正治
(株) 日水コン 正 員 ○則政 康三
鳥取大学 大学院 学生員 朴 啓次

1. はじめに 従来、降雨時の不飽和浸透を鉛直方向のみとした斜面崩壊予測法¹⁾が検討されているが、本研究では、不飽和側方流の必要性を検討した結果より²⁾、不飽和側方流を考慮した斜面崩壊予測法を提案し、本予測法を昭和58年鳥根県豪雨災害時の三隅町鹿子谷付近の一流域に適用し、その有効性を検討する。

2. 不飽和側方流を考慮した斜面崩壊予測法

斜面崩壊の予測法は、図1に示す三層構造の土層に降雨が与えられた場合に発生する不飽和、飽和浸透流の平面二次元解析を行い、無限長斜面の安定解析に基づいて行う。X、Yを水平面内の直交する2方向の座標とすると、浸潤線と地表面との距離WFおよびA層の飽和水深は、式(1)、式(2)、式(3)および式(4)より求まる。B層内の浸潤線の位置や水深も同様の式から解析される。なお、無限長斜面の安定解析については文献²⁾を参照されたい。

3. 斜面崩壊予測法の現地への適用 対象流域は流域面積0.124km²の植生地斜面で、図2

に同流域の崩壊場所と勾配別崩壊発

生率を示す。計算は、表1に示す3

通りのCaseについて行った。ここで、

io:各層の鉛直方向の飽和透水係数、

Ks:各層の横方向の飽和透水係数、Ku'

:各層の不飽和透水係数kuに補正係数αをかけたものであり、rは降雨強度である。Case1はioとKsを等しくし、不飽和側方流を考慮しない場合で、Case2は土層内の巨大空隙の存在を考え、Ksをioの10倍とし、不飽和側方流を考慮しない場合で、Case3は、Case2に不飽和側方流を考慮した場合である。Ku'の補正值は降雨強度の10倍とし、この値はr=36mm/hrとすると1.0×10⁻⁴m/sとなり、Case3ではKsAの1/7となる。降雨条件、土質定数、層厚等は道上ら³⁾と同様に設定した。図3は各ケースの再現計算結果である。ここで、適中率は実際に崩壊したメッシュ数をN、実際にも計算でも崩壊したメッシュ数をMとすると、M/Nで定義される。Case1の場合、急斜面で崩壊が多く、Ksを10倍にしたCase2では、急斜面の崩壊が抑えられ、実際の崩壊特性がある程度表現できているが、適中率は低い。不飽和側方流を考慮したCase3では、25°から30°の平衡型地形の適中率が良くなり、Case2より再現性は改善されている。図4は崩壊発生時刻の頻度割合を示す。現地調査によると、7月23日午前8時30分頃が崩壊に対し最も危険な状態であったが⁴⁾、Ksの小さいCase1は崩壊発生ピークが降雨終了後の9時30分頃に生じているのに対し、Ksを大きくしたCase2や不飽和側方流を考慮したCase3では、崩壊発生ピークがCase1より1時間早くなっており、実際の崩壊時刻と一致している。

4. おわりに 実際の斜面の複雑性を考えると、本予測法の適用には限界があるが、横方向の透水係数を大きくすることや不飽和側方流を考慮することで、ある程度の予測精度が期待できるものと考えられる。

参考文献 1)高橋・中川:豪雨性表層崩壊の発生と生産土砂量の予測, 2)朴啓次:第42回中四論文集投稿中、3)道上ら:山腹斜面崩壊の予測, 昭和63年 4)栃木省二:昭和58年7月山陰豪雨災害の調査研究

浸潤線の位置

$$\lambda_n(S_{un}-S_{on})\partial W_n/\partial t=1-\partial q_{ax}/\partial x-\partial q_{ay}/\partial y \dots\dots(1)$$
$$\left. \begin{aligned} q_{ax}&=\alpha Ku \cdot \sin \theta_{ax} \cdot \cos \theta_{ax} \cdot W_n \\ q_{ay}&=\alpha Ku \cdot \sin \theta_{ay} \cdot \cos \theta_{ay} \cdot W_n \end{aligned} \right\} \dots\dots(2)$$

ここに、λ:空隙率、So:初期飽和度、Sw:浸潤線通過後の飽和度
WF:浸潤線の到達距離、qx,qy:X、Y方向の不飽和浸透流量、Ku:不飽和透水係数、α:補正係数、θx,θy:A層の基盤のX、Y方向の勾配、i:浸透能と降雨強度の小さい方であり、添字AはA層を表わす。

飽和側方浸透流

$$\lambda_{ae} \cdot \partial h_a/\partial t=1-\partial q_{sax}/\partial x-\partial q_{say}/\partial y-\partial q_{ax}/\partial x-\partial q_{ay}/\partial y \dots\dots(3)$$
$$\lambda_{ae}=K_0 \lambda_n-S_{un} \lambda_n$$
$$\left. \begin{aligned} q_{sax}&=-K_s \cdot i_{ax}/\sqrt{1+i_{ax}^2} \cdot \cos \theta_{ax} \cdot h_a \\ q_{say}&=-K_s \cdot i_{ay}/\sqrt{1+i_{ay}^2} \cdot \cos \theta_{ay} \cdot h_a \end{aligned} \right\} \dots\dots(4)$$

ここに、h:飽和水深、λe:有効空隙率、qsx,qsy:X、Y方向の飽和浸透流量、Ks:飽和透水係数、K0:全空隙に対する土中のエンラプト・エア等の占有する部分を除いた領域の割合、ix,iy:X、Y方向の水面勾配であり、添字BはB層を表わす。

表1 計算条件

	iao (m/s)	ibo (m/s)	ico (m/s)	k _{sa} (m/s)	k _{sb} (m/s)	ku _a ' (m/s)	ku _b ' (m/s)
Case 1	7X10 ⁻⁵	2X10 ⁻⁵	6X10 ⁻⁶	iao	ibo	0	0
Case 2	7X10 ⁻⁵	2X10 ⁻⁵	6X10 ⁻⁶	iaoX10	iboX10	0	0
Case 3	7X10 ⁻⁵	2X10 ⁻⁵	6X10 ⁻⁶	iaoX10	iboX10	10Xr	10Xr

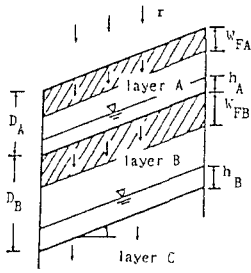
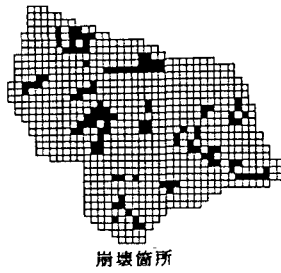


図1 土層構造



崩壊箇所

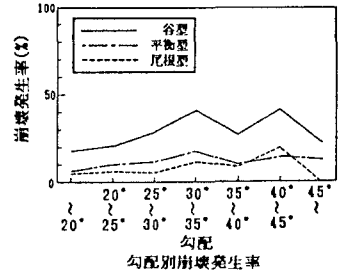
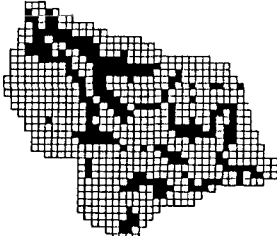
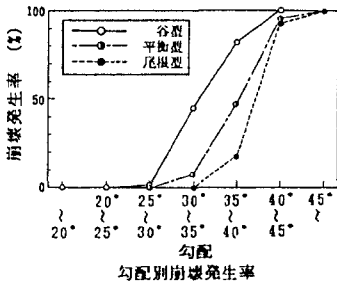


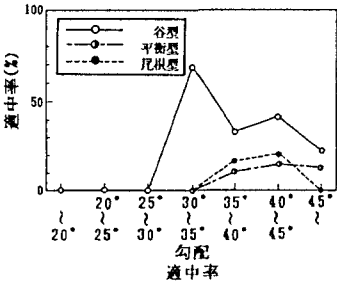
図2 実際の崩壊特性



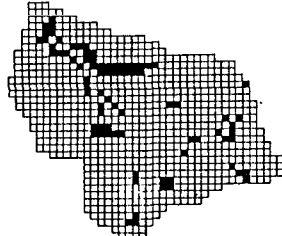
崩壊予測箇所



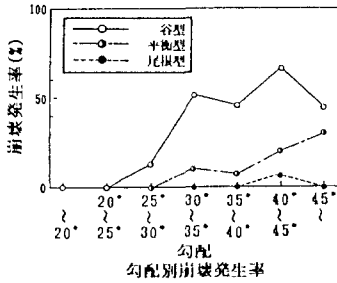
勾配別崩壊発生率



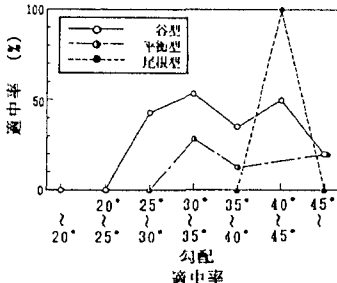
Case 1



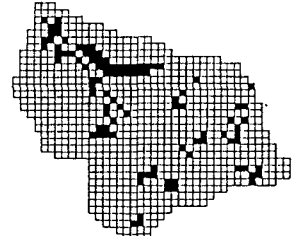
崩壊予測箇所



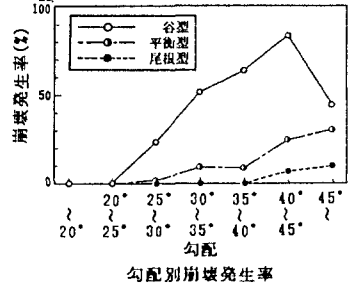
勾配別崩壊発生率



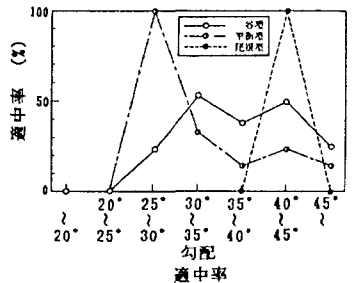
Case 2



崩壊予測箇所



勾配別崩壊発生率



Case 3

図3 再現計算結果

図3 再現計算結果

図3 再現計算結果

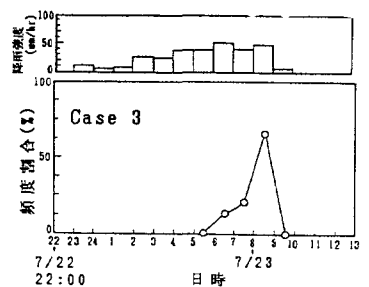
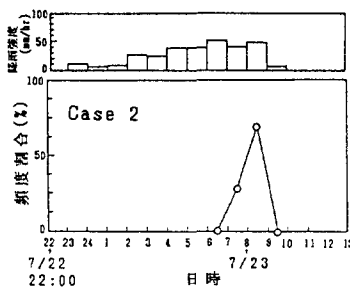
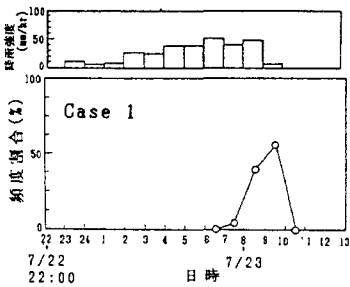


図4 崩壊発生時刻の頻度割合