

六甲山系における飽和・不飽和浸透流解析を用いた分布型モデルによる
斜面安定解析の数値シミュレーション

国土交通省近畿地方整備局 木下篤彦、関根隆好
国土交通省六甲砂防事務所 神野忠広
日本工営株式会社 ○一言正之、小野寺勝

1. はじめに

豪雨による土砂災害の被害軽減のためには、斜面崩壊・氾濫エリアのリアルタイム予測を行い、警戒避難体制を整備することが求められている。著者らは非構造格子の分布型モデルを用いたリアルタイム土砂災害予測システムを構築してきた¹⁾⁴⁾。これまでの検討で、飽和・不飽和浸透流解析の適用により予測精度向上を図り、システムへの適用性を検証してきた⁴⁾。一方、物理モデルを用いて、超過降雨に対する崩壊発生挙動について研究した事例は少ない。本研究では著者らがこれまでに構築した分布型モデルにより、超過降雨に対する表層崩壊発生モデル実験を行った。豪雨の条件付与や、斜面勾配区分による解析結果の特性を整理し、超過豪雨に対する土砂災害警戒避難の注意点を整理するとともに、土砂災害予測システムへの適用性を検討した。

2. 土砂災害予測モデルの概要

土砂災害予測モデルは、分布型流出解析と無限長斜面安定解析を組み合わせて構築した。分布型流出解析モデルは1辺が約20mの非構造格子を用いており、①鉛直飽和・不飽和浸透流モデル、②飽和側方流モデル、③表面流モデル、④河道流モデル、から構成される。無限長斜面安定解析は、流出解析によって求められた圧力水頭と土壌水分率に基づき、メッシュごとに崩壊危険度を計算するものとした。各モデルの概念を図1および図2に示す。

3. 斜面安定解析のモデル実験

3.1. 降雨条件のケース設定

設定した降雨条件を図3および表1に示す。設定した降雨は、昭和13年の実績降雨と、実績引き延ばしによる20年～200年の確率降雨、および気候変動を想定したこれまで経験したことの無いような大規模降雨⁵⁾の6ケースとした。

3.2. シミュレーションの対象流域および設定条件

対象流域は、六甲山系の住吉川流域（流域面積=10.9km²、平均斜面勾配=10.8°）である。設定パラメータは表2に示す通りとした。また表土層厚は、既往の調査結果に基づき、勾配に応じた回帰式によりメッシュごとに設定した。平均表層厚は約1.5mである。

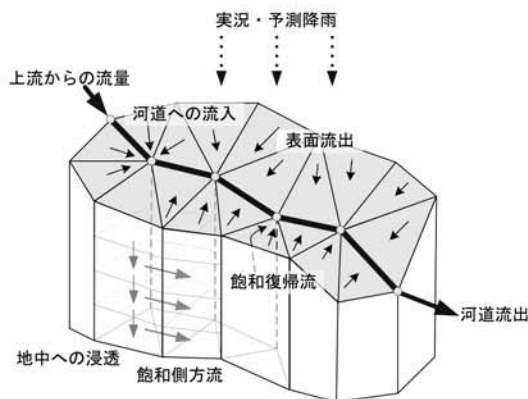


図1 流出解析モデルの概念図

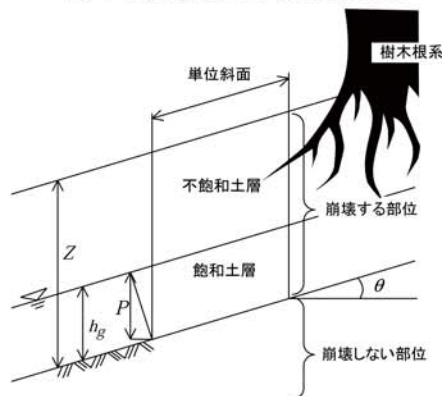


図2 崩壊断面の概念図

表1 各設定降雨の総降雨量

CASE	モデル降雨	総降雨量 (mm)
1	20年確率降雨	319.8
2	50年確率降雨	381.9
3	100年確率降雨	429.6
4	昭和13年降雨	461.8
5	200年確率降雨	479.2
6	大規模降雨	2085.0

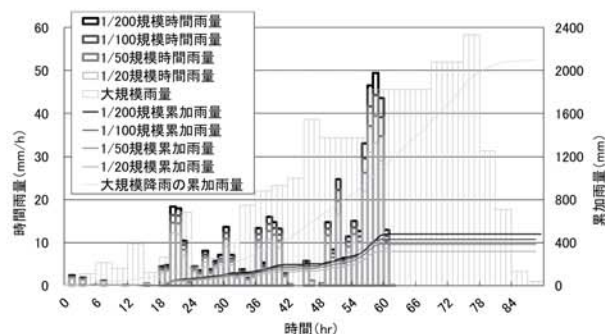


図3 設定した降雨条件

3.3. 解析結果と崩壊特性の検討

(1) 流出解析結果

各ケースにおける流域下流端の河道流量を図4に示す。計算流量は35.7m³/s～175.4m³/sとなっており、近年10年間の観測流量の最大流量(23.7 m³/s、2004年10月20日)に比べ非常に大きな値となった。

(2) 斜面崩壊解析結果

各ケースにおける崩壊土砂量を図5に示す。崩壊土砂量は117万～184万 m³となり、流出計算結果に比べると各ケースの差は小さく、特に降雨規模が大きくなるにつれて崩壊土砂量はほぼ頭打ちとなる傾向が見られた。

(3) 斜面勾配区分ごとの崩壊解析結果

斜面勾配の大きな地域では、20年確率以上の降雨では崩壊メッシュ数は頭打ちとなる傾向が見られた。

一方、斜面勾配の小さな地域では、降雨規模が大きくなるにつれて危険度の増大する範囲が増える傾向が見られた。以上より、大規模な降雨が生じた際には、もともと崩壊リスクの高い急斜面よりも、これまでに被災履歴の無いような緩斜面の住宅地などで斜面崩壊が増大する可能性があるものと考えられる。

4. おわりに

本検討では、飽和・不飽和浸透流を適用した非構造格子の分布型モデルにより、超過降雨に対する斜面崩壊のモデル実験を行った。その結果、斜面勾配が緩やかな領域において、降雨規模に応じた崩壊域の拡大が顕著となる結果となった。今後は実績の崩壊との検証を重ねモデルの精度を高めていくことが必要と考える。

参考文献：

- 1) 杉山実, 他：リアルタイム土砂災害予測システム構築の試み, 砂防学会研究発表会概要集, pp.12-13, 2007.
- 2) 杉山実, 他：リアルタイム土砂災害予測システム構築の試み(その2), 砂防学会研究発表会概要集, pp.238-239, 2008.
- 3) 杉山実, 他：リアルタイム土砂災害予測システム構築の試み(その3), 砂防学会研究発表会概要集, pp.160-161, 2009.
- 4) 一言正之, 他：飽和・不飽和浸透流解析を適用した非構造分布型モデルによるリアルタイム斜面崩壊予測手法の研究, 砂防学会研究発表会概要集, pp.196-197, 2011.
- 5) 誘因分科会(辻本浩史, 他)：土砂災害の誘因的な観点からみた降雨特性の変化と今後の課題について, 砂防学会研究発表会概要集, pp.4-5, 2011

表2 流出解析および斜面崩壊解析の設定パラメータ

パラメータ		値
透水係数 (cm/s)	鉛直	3×10^{-3}
	水平	3×10^{-2}
飽和体積含水率		0.50
残留体積含水率		0.10
不飽和特性パラメータ (vanGenuchtenモデル)	(1/cm) α	0.100
	(-) m	0.500
基岩の透水係数 (cm/s)		1×10^{-6}
粘着力 (kN/m ²)		2.3
内部摩擦角 (deg)		34.3
土粒子の単位体積重量 (kg/m ³)		2600.0
湿潤土の単位体積重量 (kg/m ³)		流出解析結果に応じて格子ごとに設定。

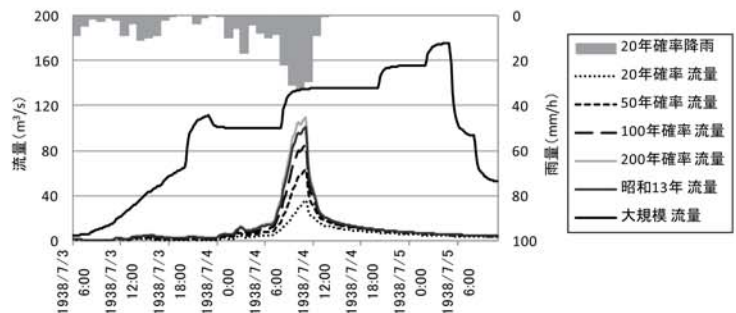


図4 河道流量の計算結果時系列

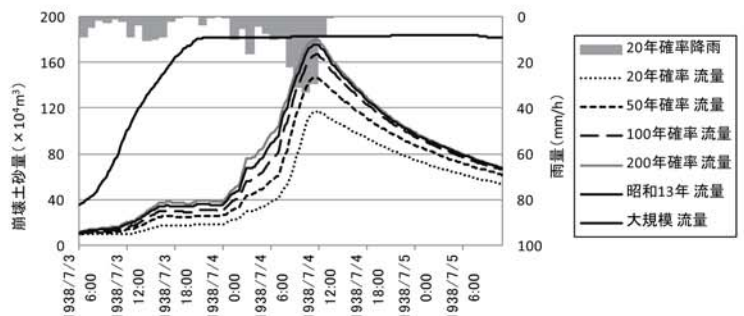


図5 崩壊土砂量の計算結果時系列

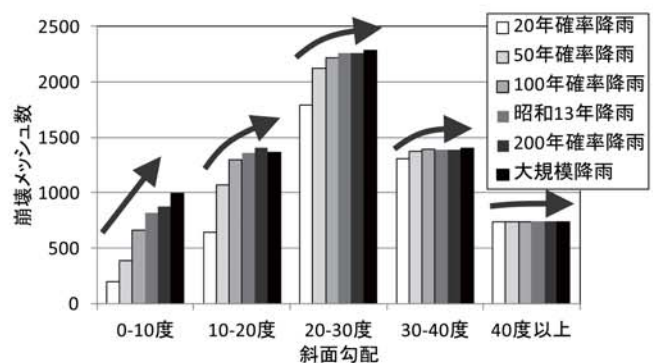


図6 斜面勾配区分ごとの崩壊メッシュ数