

MPS 法による斜面災害の予測に関する基礎的研究

Fundamental Study for Prediction of Slope Hazards using MPS Method

○珠玖 隆行*, 西村 伸一*, 藤澤 和謙*

SHUKU Takayuki, NISHIMURA Shin-ichi and FUJISAWA Kazunori

1. はじめに

近年の CAE の発達に伴い、斜面の安定性を評価する際に、従来の慣用的な極限平衡法に代わり、汎用性・一般性の高い有限要素法が利用されるようになってきた^{例えば 1)}。有限要素法を用いることによって、地盤の破壊のみならず、破壊に至るまでの変形も評価できることから、斜面や対策工の性能照査において有力なツールとなりうる。しかしながら、有限要素法を用いたとしても、斜面崩壊による崩壊土砂がどの程度の範囲まで到達するのか、どの程度の範囲に被害が及ぶかを定量的に評価することは困難である。本稿では、粒子法の中でも MPS 法²⁾に着目し、その斜面災害予測への適用性について検討する。

2. MPS(Moving Particle Semi-implicit)法^{2),3)}

MPS 法は、Koshizuka ら^{2),3)}によって提案された粒子法であり、支配方程式中に現れる勾配、発散、ラプラシアン等の微分演算子を、粒子間相互作用モデルを用いて離散化することに特徴がある。最近では MPS 法に関する教科書も出版されていることから、本稿では定式化や計算手法の詳細には触れず、MPS 法を用いた既往の研究例を述べるにとどめる。

MPS 法は流体力学分野を中心に発達してきた手法であるが、固体力学分野の研究も実施されており、最近では、土構造物の挙動評価にも適用されている。例えば、沖村ら⁴⁾は、がけ崩れの到達距離推定に MPS 法を用い、斜面勾配や崩壊土砂量の違いが到達距離や到達時間に及ぼす影響について検討している。また、吉田⁵⁾は MPS 法を地盤構造物の地震応答解析に応用し、自然な斜面崩壊現象の再現に成功している。

3. 斜面崩壊現象への適用例

ここでは、沖村ら⁴⁾のアプローチと同様ではあるが、**Fig.1**に示す斜面を対象に、崩壊土砂の到達距離に関する基礎的な計算を実施する。崩壊土砂は Newton 流体として扱い、**Table 1**に示すパラメータを基本値として計算する。さらに、崩壊土砂の密度（単位体積重量）と動粘性係数のバラツキを考慮したモンテカルロ法により、崩壊土砂到達距離の頻度分布を求める。バラツキは **Table 2**に示す正規分布に従うと仮定し、試行回数は 100 回とした。

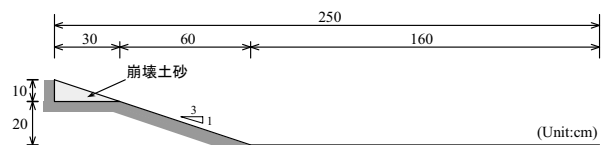


Fig.1 モデル斜面
Schematic illustration of the model slope

Table 1 崩壊土の基本パラメータ
Basic parameter values of the soil mass

密度	ρ (kN/m ³)	17.0
動粘性係数	ν (m/sec ²)	1.0×10^{-3}

Table 2 崩壊土パラメータのバラツキ
Randomness of the parameter values of the soil mass

	Mean value μ	Deviation σ
ρ	17.0	2.0
ν	1.0×10^{-3}	2.0×10^{-4}

*岡山大学 Okayama University

Key word: MPS 法, 斜面災害, モンテカルロ法

例として、Table 1 に示すパラメータを用いた計算結果を Fig.2 示す。図より、MPS 法によって崩壊土砂が斜面下方に広がっていく様子が再現できた。このような結果から、MPS 法を用いることによって崩壊土砂がどの程度の範囲に及ぶか、どの範囲まで被害が及ぶかを定量的に評価できることがわかる。

各パラメータに関して、バラツキを考慮した計算結果を Fig.3 に示す。図は、計算開始 10 秒後における土砂の到達距離の頻度分布を示している。(a)(b)はそれぞれ、密度 ρ 、動粘性係数 ν に関する結果を表している。ここで到達距離とは、各試行計算において、最も遠方に移動した粒子の x 座標として定義している。そのため、土砂の堆積厚さや連続性は考慮していない。これらの図から、土砂パラメータのバラツキを考慮することで、MPS 法をハザードマップの作成や斜面災害のリスク評価に応用できることがわかる。

4. まとめ

本稿では、MPS 法の斜面災害予測への適用性について検討するため、モデル斜面を対象に、斜面崩壊後の土砂の移動過程をシミュレートした。さらに、崩壊土砂パラメータのバラツキを考慮したモンテカルロ法により、土砂到達距離に関する頻度分布を求めた。本手法によって、斜面災害の程度を定量的に評価しうると考えられる。

■参考文献：1) 若井明彦・田中頼博・阿部真郎・吉松弘行・山邊康晴・渡邊泰介(2008)：中山間地の地震時斜面崩壊リスクを評価するための有限要素法に基づく広域被害予測システム, *Journal of the Japan Landslide Society*, **45**(3), 207-218. 2) Koshizuka, S. and Oka, Y.(1996): Moving-Particle Semi-implicit Method for Fragmentation of Incompressible Fluid, *Nucl. Sci. Eng.*, **123**, 421-434. 3) 越塚誠一(2005)：計算力学レクチャーシリーズ 5 粒子法, 丸善. 4) 沖村 孝, 鳥居宜之, 堀内雅宏(2006)：MPS 法による崩土の到達距離推定に関する研究, 神戸大学都市安全研究センター研究報告, **10**, 29-45. 5) 吉田郁政(2011)：MPS 法を用いた地盤構造物の地震時挙動解析のための基礎検討, *土木学会論文集 A2(応用力学)*, **67**(1), 93-104.

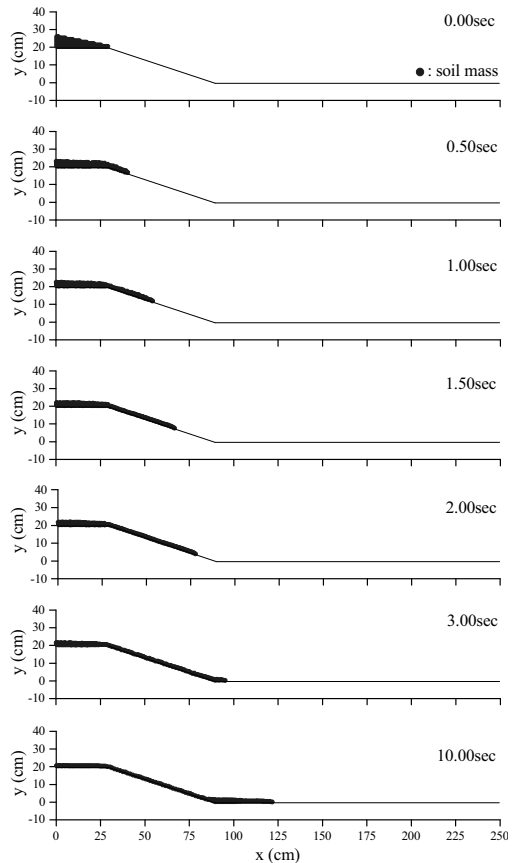


Fig.2 斜面の崩壊過程
A process of slope failure

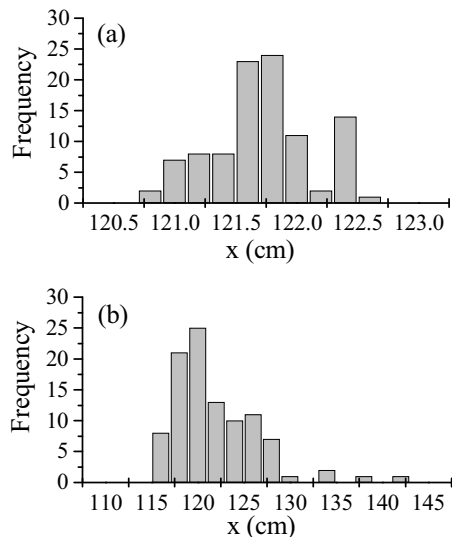


Fig.3 崩壊土砂到達距離の頻度分布
Frequency distribution of runout distance of soil mass