

粒子法による崩壊後の移動量予測までを対象にした斜面安定解析法

防衛大学校 学 ○福本一真 正 宮田喜壽 正 野々山栄人

1. はじめに

各種災害に対する取り組みでは、自然斜面や盛土に崩壊が生じた後の復旧方法の検討や、斜面変状レベルより崩壊に至るかどうかの判定をスムーズに行うために、崩壊後までを対象にした斜面安定解析の必要性が高まっている。古典的な極限平衡法では上記の要求に応えるような解析結果を得ることができず、大変形まで解析可能な有限要素法においても、技術的な課題が多く残されている。著者らは、粒子法をベースにした斜面安定解析法について基本的研究を行っている¹⁾。本研究ではその解析法を基本ツールとして、単純化した条件で斜面安定解析を行い、土の強度や斜面勾配が斜面の変形・崩壊パターンに及ぼす影響を調べた。本文ではその概要を報告する。

2. 数値解析の概要

粒子法 (SPH 法) とは、解析対象を多数の粒子 (計算点) の集合と考える Lagrange 型のメッシュフリー解析手法である。今回の解析では、研究の第一段階として、粒子法の考え方で離散化された運動方程式と連続の式を相互に段階的に解く方法を用い²⁾、 $\phi=0$ 材料で構成された斜面が自重で崩壊する問題を解いた。解析モデルを図-1 に、解析パラメータを表-1 に示す。斜面角度 ($\beta=75, 60, 45, 30^\circ$) と粘着力を変化させて解析を実施した。粘着力については、安定図表³⁾より限界高さを求め、その値を基準に設定した。計算は運動が収束するまで実施し、計算終了時点と計算初期の値から着目位置の粒子移動量を算出した。境界条件は、側面を x 方向固定、y 方向をフリーとし、底面は x 方向・y 方向ともに固定した。初期応力は、鉛直方向は土被り圧、水平方向はそれに Jaky の静止土圧係数をかけたものとした。

3. 結果と考察

代表的な解析結果として、強度安全率 FS (=解析条件の粘着力/極限平衡法で全体安全率が 1 になるときの粘着力) が 0.85 と 1.0 の条件に対する斜面の最終形状とせん断ひずみ分布を図-2 に示す。FS が 0.85 になると、ひずみの局所化が連続化し、崩壊領域が明確に形成されるようになる。これらの結果より、法肩の鉛直移動量と斜面高さ H の 1/2 の高さでの水平移動量の 2 つが斜面の変形・運動パターンを表現する代表値になると考えた。そこで、その 2 つの移動量と FS の関係を図-3、4 のとおりプロットした。それぞれ移動量を H で正規化した値： D_v/H 、 D_h/H は、 β に関わらず、FS に比例して減少する傾向が明らかになった。これらの結果をもとに、 D_v/H と D_h/H の関係を、FS が 1 以上と 1 以下でプロットの色を変えて表したのが図-5 である。両者の関係は線形関係にあり、FS が評価される限界移動量を水平・鉛直移動量それぞれに設定できる可能性があることを示唆する結果が得られた。

4. まとめ

土の強度や斜面勾配が斜面の変形・崩壊パターンに及ぼす影響を粒子法で調べた。斜面内のせん断ひずみ分布や 2 か所の鉛直・水平方向移動量に着目して考察を行い、土の強度で定義される FS=1 が崩壊に至るかどうかのしきい値になっていることや、移動量にも安定性を判定するための限界値があるという結果が得られた。

参考文献 1) Nonoyama et al.: Slope stability analysis using smoothed particle hydrodynamics (SPH) method. *S&F* 55(2) 458-470, 2015. 2) Bui, H.H. et al.: Slope stability analysis and discontinuous slope failure simulation by elasto-plastic smoothed particle hydrodynamics (SPH). *Geotechnique* 61(7) 565-574, 2011. 3) Janbu, N.: Stability Analysis of Slopes with Dimensionless Parameters, Soil Mechanics Series No.46, Harvard University, 81p, 1954.

キーワード 斜面安定, 粒子法, 崩壊

連絡先 〒239-8686 横須賀市走水 1-10-20 TEL. 046-841-3513 E-mail : nonoyama@nda.ac.jp

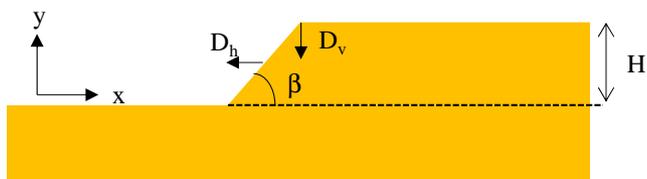


図-1 解析モデル

表-1 解析パラメータ

E [MPa]	100.0
v	0.3
γ [kN/m ³]	19.6
c [kPa]	$c=FS c_{cr}$
ϕ [°]	0.0
FS	1.15-0.85

c_{cr} : 安定図表より算出

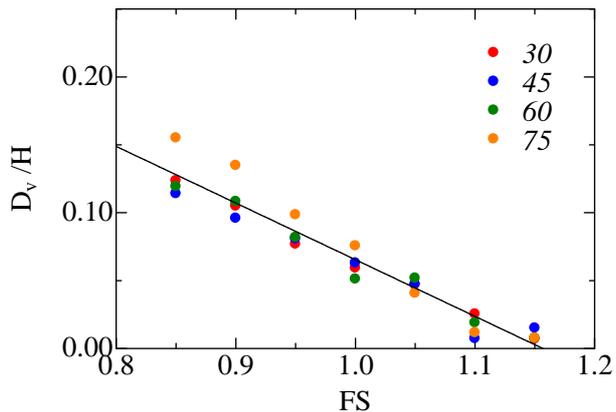


図-3 強度安全率と法肩の鉛直移動量

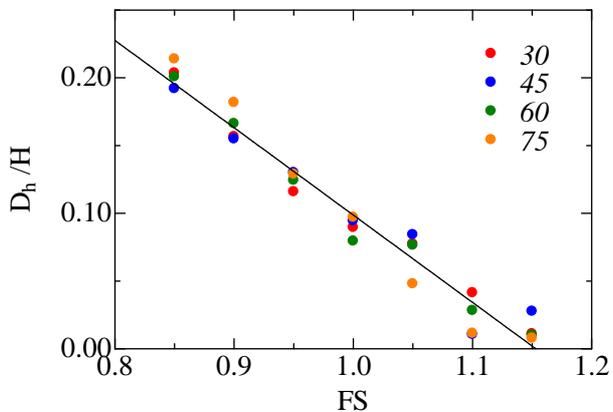


図-4 強度安全率と斜面の水平移動量

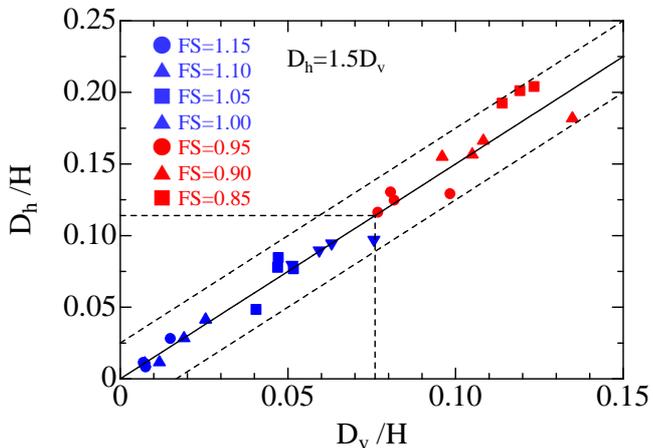


図-5 法肩の鉛直移動量と斜面の水平移動量

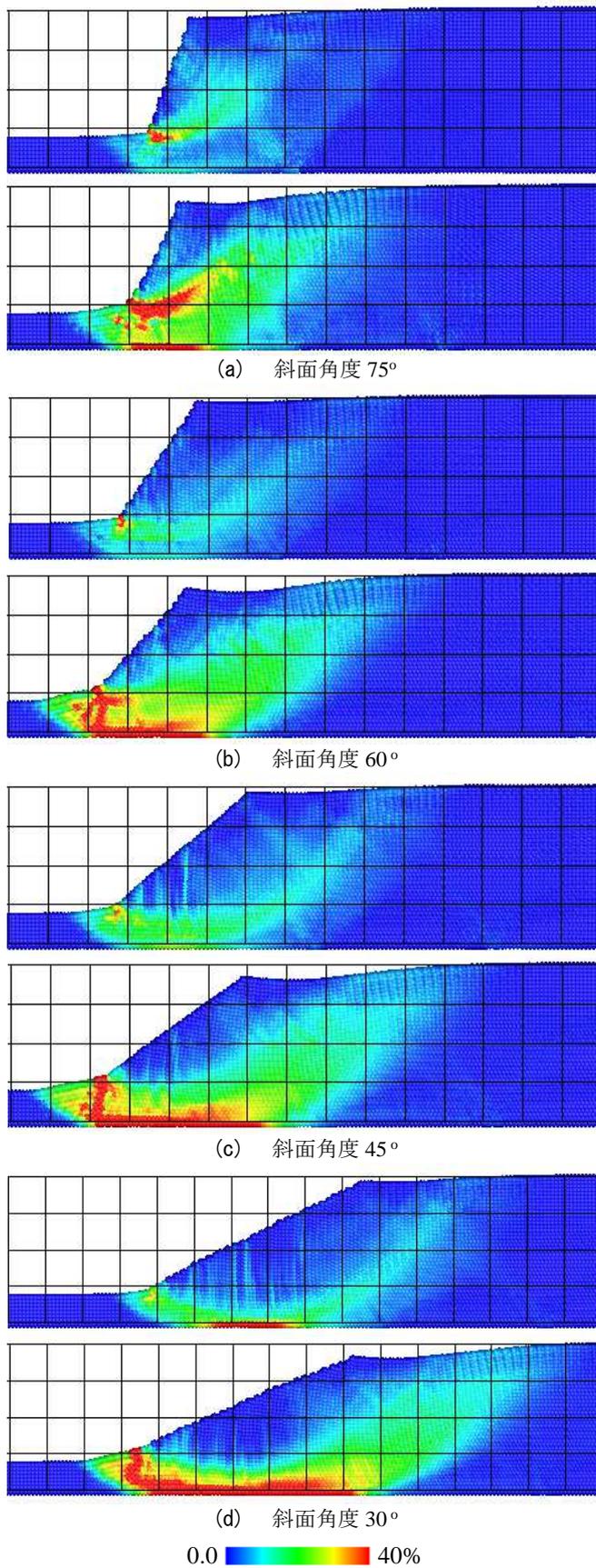


図-2 最大せん断ひずみ分布(上: FS=1.00, 下: FS=0.85)