

博士論文要旨

論文題名：斜面崩壊の予知と減災のための SPH 法の改善

グエン ティエン クオン
NGUYEN Tien Cuong

本論文においては、減災を目的として斜面崩壊過程を予測するために、粒子法の一つである SPH 法の改善を目指した。現在、SPH 法を用いた地盤工学関連の問題の数値シミュレーションでは、対象モデルの応答を安定化させるために人工粘性を用いなければならない。しかしながら、シミュレーションで使用される 2 つの未知パラメータを決定することが困難である。というのは、これらのパラメータは、解くべき問題が変わるとそれに応じて変更しなければならないからである。本論文では、粘性減衰と応力歪の調整とを組み合わせた新しい SPH 法を粒状材料の流動現象のシミュレーションのために提案している。この改善により、計算に際して人工粘性を使用する必要がなくなった。数値シミュレーションの結果は、改善された手法が斜面崩壊の良好な動的シミュレーション結果を与えるだけでなく、斜面崩壊の際の応力分布の予測もまた正確であることを示した。このことは SPH 法における重要な進展となった。というのは、従来の研究者によるシミュレーションにおいては、応力場はノイズが多く、精度が低かったからである。

以上のモデルの改善を検証するために、アルミ棒を用いた一連の 2 次元条件下でのモデル斜面崩壊実験がなされ、高速度カメラによってその詳細が記録された。SPH シミュレーションの結果は、空間と時間の双方に関して、実験結果との比較が試みられた。このことは土質力学的な問題に対するはじめてのアプローチとなった。実験結果に基づき、アルミ棒積層体の 2 次元条件下でのモデル斜面崩壊過程に関するいくつかの経験則について分析し、最終的に適正な経験則を提案した。これらの経験則により、アルミ棒積層体はその初期位置から破壊を経てもっとも遠くまで到達できる最長距離を予測できることを示した。

本論文ではまた、斜面崩壊の可能性の低減について、実験と上記の SPH 法に基づく新しい数値シミュレーションの両方の手段を用いて研究がなされた。箱形擁壁をイメージした直方体ブロックとアルミ棒積層体を用いた 2 次元モデルによる実験では、同じく高速度カメラによってその詳細が記録された。この実験の結果、箱形擁壁の破壊メカニズムの詳細が明らかになった。この実験は、箱型擁壁の崩壊メカニズムに関する信頼できるデータを与えており、他の研究者が自分の数値シミュレーション手法の検証を行う際に使用できる。この箱型擁壁の崩壊メカニズムは SPH 法に基づくシミュレーションにより正確に再現することができた。

Abstract of Doctoral Thesis

Title : An Improvement of the SPH Method for Landslide Hazard Prediction and Mitigation

グエン ティエン クオン
NGUYEN Tien Cuong

In this dissertation, I focus on improving Smoothed Particles Hydrodynamics (SPH) method approach, in order to predict the landslide process with purpose of mitigating the hazard. Currently, in numerical simulation of geotechnical problems using SPH approach, researchers have to use artificial viscosity to stabilize the model. But it is difficult to identify two unknown parameters because these parameters will be different for each different problem. In this thesis, a new SPH approach combining viscous damping with stress/strain regularisation is proposed for simulation of granular flows. This improvement helps to eliminate the need to use artificial viscosity during the calculation. The results of numerical model show that beside the good failure kinematic simulation of the slope, the forecast of stress distribution during slope demolition is also exact. This is a significant step of SPH approach, because in the previous calculation results of other researchers, the stress field was so noisy and had low accuracy.

To verify the improvement of the model, I have made a series of experiments on the failure of 2D granular columns, as recorded in detail by a high-speed camera. The results of SPH simulation have been compared with the experimental ones in terms of both space and time. This is the first time the SPH approach to soil mechanics problem, has been verify in both space and time. Based on my experimental results, I analyzed and identified a number of empirical formulas of the failure process of 2D granular columns. These formulas predict the farthest distance that the granular columns can run out failure based on their original dimensions.

Also in this dissertation, the reduction of landslide possibility is studied both by experiment and numerical simulation using the above SPH approach. The experiments, relating to two dimensional retaining wall (2D) using rectangular blocks, are also recorded in detail by high-speed camera. The results of this experiment show in detail the types of failure mechanism of retaining wall system. This is a complete and reliable set of data on the box-shaped retaining wall failure mechanism that other researchers can use to verify their numerical models. The failure mechanisms of this retaining wall system have been accurately simulated by SPH approach.