

### III-22 粒状体シミュレーションによる土砂の進行性破壊解析

○東京大学大学院 学生会員 岩下 和義  
 東京大学地震研究所 正会員 伯野 元彦

#### 1. まえがき

現在、地盤の破壊解析の手法には、地盤を連続体と考えての解析法（FEM、BEM等）と、地盤を土砂や岩石といった非連続な粒子（ブロック）からなる集合体であると考えての解析法（個別要素法、DEM<sup>1)2)3)</sup>、Distinct Element Method 等）の二つがある。連続体解析は、破壊の発生に至るまでの解析が主目的であり、破壊後の解析は得意ではない。これに対して、非連続体解析は、破壊の発生から進行に至るまでの連続的な解析が可能である。しかし、現在までのDEMには、モデルの安定性に問題があり解析の内容を制限していた。本解析では、DEMに剛体要素間の粘土分の影響を直方向と剪断方向のバネの形で取り入れることによりこの問題を解決し、また粘着力を考えた破壊基準を取り入れ、土砂からなる崖の破壊解析を2次元で行なった。

#### 2. 解析と考察

崖モデルの概要は高さ3m、幅10m、要素数1000個、粒子の半径は最大15cm、最小5cmとする。まず、外力を加えずに雨などで物性が変化して崩壊する場合を解析した。図-1に粘土分を考えた場合の崩壊の様子を示す。尚、図-1、3、4の4秒の形状図の太い丸は崩れ落ちた粒子を示す。まず崖に亀裂がはいり、塊となって崩れ、その上の土砂も支えを失い次々に崩壊していく様子がわかる。すべり線にあたる線も表われている。図-2に粒子間のすべりが生じた点を示す。すべりは線状ではなく崩れた場所全体でおきている。図-3には粘土分を考えない場合の解析例を示す。この場合には進行性の破壊はおこらず、すべりの線はずっとゆるやかである。次に外力なしでは崩れないモデルに、地震外力として2Hz、振幅800Galの正弦波を加えた。その結果を図-4に示す。この場合も進行性破壊が生じていることがわかる。

パラメータについては、図はここにはのせていないが、以下のような事がわかった。粘着力が小さいと破壊は奥まで進み、大きくするとはがれ落ちる形になり、より大きくすると崩れなくなる。粘土分のバネはある歪みになると切れるようになっているが、その限界値を大きくすると崩壊しにくくなる。崩壊には動摩擦係数はあまり影響がない。粒子の回転は崩壊時には影響が少なく、転がる時に影響がある。

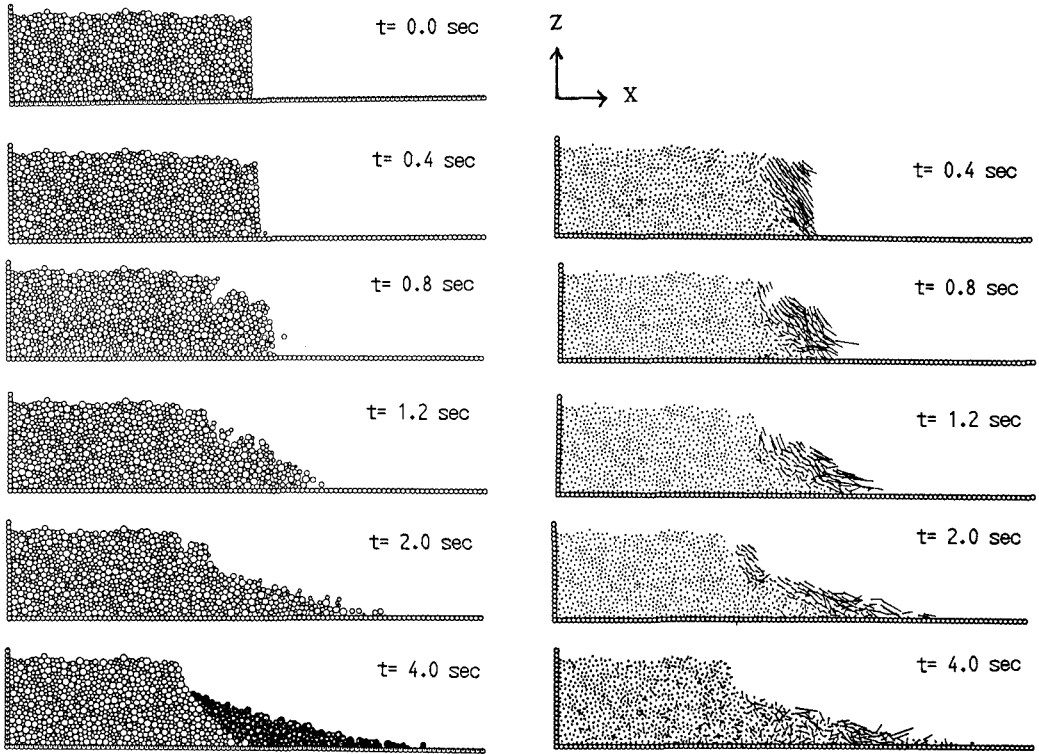
#### 3. あとがき

本解析では、剛体粒子間の粘土分の影響を取り入れることにより土砂の進行性破壊を表わす事ができたと思われる。モデルが破壊する以前から進行するまでを連続して解析できる事がわかった。

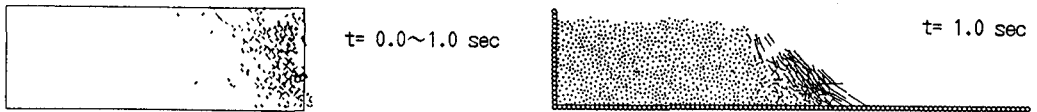
#### ☆ 参考文献、謝辞 ☆

解析には、東京大学地震研究所のHITAC M-280Hを、TSS プログラムには地震研の綱瀬・鷹野氏作成のETERMを用いました。記して謝意を表します。

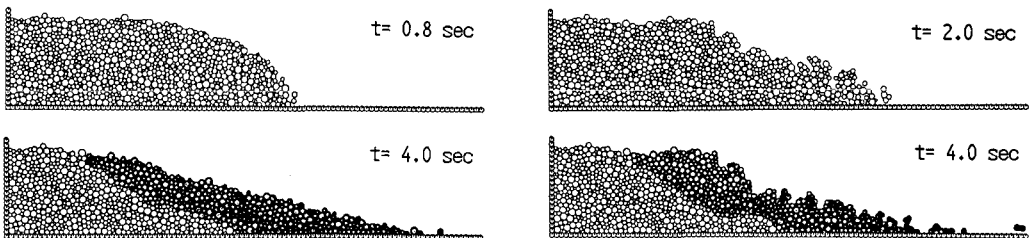
- 1) 木山・藤村：カンドルの離散剛要素法を用いた岩質粒状体の重力流動の解析、土木学会論文報告集、Vol. 333, pp. 137 - 146, 1983. 5.
- 2) 岩下・伯野：三次元粒状体シミュレーションによる地盤破壊の解析、自然災害科学会学術講演会要旨集、Vol. 4, pp. 21 - 22, 1986. 10.
- 3) 垂水・岩下・カサベルデ・植村・伯野：粒状体シミュレーションによる構造物基礎の動的破壊、第7回日本地震工学シンポジウム、pp. 787 - 792, 1986. 12.



図－１． 粘土分を考えた場合の崖の崩壊の様子  
（左に全体の形状、右に速度の分布を各々、0.4, 0.8, 1.2, 2.0, 4.0秒について示す。4秒の図の太い丸は20cm以上動いた粒子を示す。）



図－２． 粒子間ですべりの生じた点と速度分布  
（左に1秒までにすべった点の分布を示す。四角は崖の概略を示す。右に1秒での速度の分布を示す。）



図－３． 粘土分を考えない場合の崩壊の様子  
（0.8, 4.0秒の全体の形状を示す。）

図－４． 外力として正弦波を加えた場合の崩壊の様子（2.0, 4.0秒の全体の形状を示す。）