

I-451 粒状体シミュレーションによる断層破壊解析

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る解析法（FEM、BEM等）と、地盤を土砂や岩石といった非連続な粒子またはブロックからなる集合体であると考え、個々の粒子間の力と各粒子の変位を逐時的に追跡する解析法（個別要素法、DEM、Distinct Element Method）の二つがある。連続体解析は、破壊の発生までの解析が主目的であり、破壊後はあまり得意でない。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。著者らは、剛体要素間の直接の接触による力の他に、要素間の間隙に存在する物質（水、粘土等）の影響を要素間の直方向と剪断方向のバネの形で考慮し、DEMに改良を加えた。これによりある程度、媒質の連続性を扱えるようになったと思われる。

本研究では、断層の破壊解析を2次元で試みた。地盤を地表面（XY平面）で扱うことにする。地盤が、単位要素（ブロック）より構成されていると仮定する。要素は円形粒子とし、並進・回転運動する。地盤をX軸方向に圧縮し、応力をかけ破壊する解析をおこなった。断層破壊は、粒子間での剪断破壊と考え、間隙バネの剪断歪みがあるレベルに達すると間隙に設定したバネを切断し、すべり、つまり破壊が生じたとする。初期状態として、今までに断層がない場合と、すでに弱い部分つまり活断層を設定した場合を想定した。

2. 解析と結果

断層のモデルは、幅50km×25km、要素数は約1000個とする。要素の配置は、図-1に示す200～500mの乱数的半径の要素のランダム配置と、図-2，3に示す等半径（500m）の要素を幾何学的に配置する場合を想定し、それぞれモデル1，2，3とする。モデル3は、二次元での最密充填となっている。X軸方向の要素からなる壁の移動速度は、0.1mm/Secとする。モデル1では、Y軸方向の側面に拘束圧をかけるため、バネで支持した要素の壁を設定した。

図-4にモデル1を50秒圧縮した結果を示す。全体的なすべり線は生じず、すべりの場所・方向・順番には、破壊の伝播性は表われなかった。図-5にY軸方向の側方支持のバネを弱くした場合を示す。モデルの圧縮方向に亀裂が生じ、これは岩石の破壊試験での結果と一致する。図-6に活断層を設定した場所を示す。活断層の部分は周囲の地盤より破壊しやすくなっている。図-7に結果を示す。活断層上で破壊は発生したが、順番は連続せず、他の場所でも生じた。図-8にモデル2でのすべりの分布、図-9にモデル2が完全に破壊した時の粒子とバネの分布を、図-10にモデル3の破壊した際の粒子とバネの分布を示す。モデル2では破壊は45°方向に、モデル3では60°方向に発生している。これらの方向は、要素の配置のもつ弱い方向であり、要素配置の影響を大きく受けている。モデル2，3でY軸方向に拘束圧を加えても、破壊の方向は変らなかった。破壊はある点から、ある方向に伝播するという結果が表われた。

3. 考察

改良されたDEMにより、断層のシミュレーションをある程度行なうことができたと思われる。ただし、要素が乱雑なモデルでは、破壊の場所、進行方向などに特徴が表われなかった。活断層を設定した場合、その上で破壊が発生するが、破壊の進行・伝播はうまく表わせなかった。等径の粒子を幾何学的に配置した場合、破壊は粒子の配置法に大きく依存していることがわかる。破壊の順番は連続的で、破壊の伝播が表われている。今後の改良により、より現実的な解析が可能になると思われる。

☆ 参考文献

- 岩下・伯野：盛土の振動による進行性破壊のDEM解析、第19回地震工学研究発表会講演概要、pp. 197 - 200、1987. 7.
- 岩下・伯野：粒状体シミュレーションによる土砂の進行性破壊解析、土木学会第42回年次講演会概要集、Ⅲ部門、pp. 70 - 71、1987.

Y方向の壁要素は、バネにより支持する。

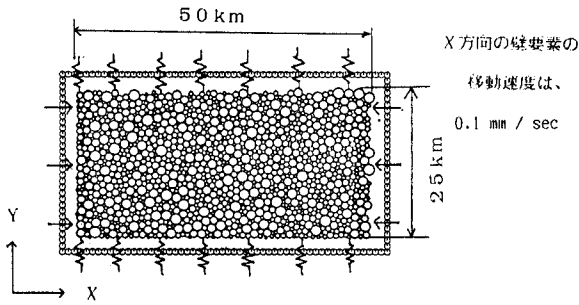


図-1. 断層のモデル1

（粒子の配置・半径は乱雑、X方向に圧縮）

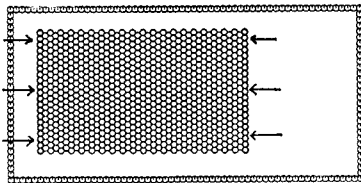


図-3. 断層のモデル3

（等半径、最密充填配置、X方向に圧縮）

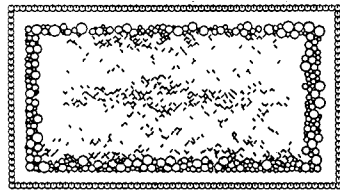


図-5. 活断層の無い場合のすべりの分布

（図-4に較べ側方拘束圧が低い場合）

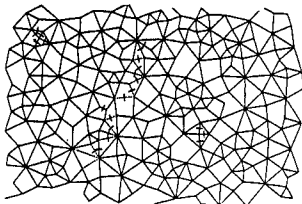


図-7. 活断層のある場合のすべりの分布
（モデル1、50秒、実線は周辺地盤、点線は活断層、歪み限界は0.2%と0.01%）

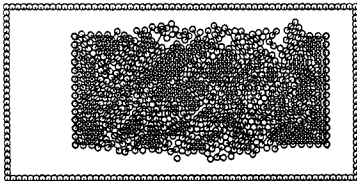


図-9. 活断層の無い場合の粒子の分布
（モデル2、1600秒、歪み限界0.5%）

X方向の壁要素の
移動速度は、
0.1 mm / sec

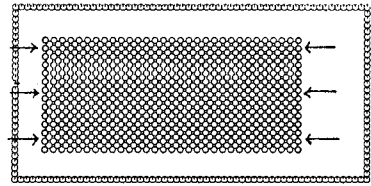


図-2. 断層のモデル2

（等半径、幾何学配置、X方向に圧縮）



図-4. 活断層の無い場合のすべりの分布
（モデル1、50秒、歪み限界0.05%）

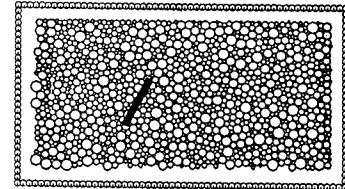


図-6. 活断層を設定したモデル
（モデル1、活断層を太線で示す。）

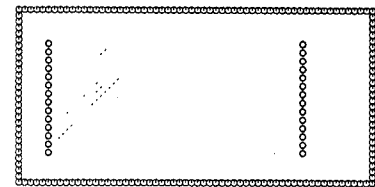


図-8. 活断層の無い場合のすべりの分布
（モデル2、100秒、歪み限界0.5%）

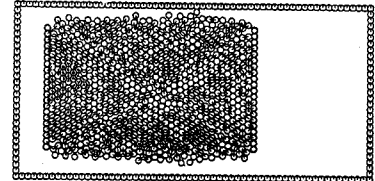


図-10. 活断層の無い場合の粒子の分布
（モデル3、500秒、歪み限界0.5%）