

I-B142 個別要素法によるアスペリティを考慮した断層破壊シミュレーション

(株) オリエンタルコンサルタンツ 正会員 西川啓二
 神戸大学工学部 フェロー 高田至郎
 神戸大学工学部 正会員 Nemat hassani

1.はじめに

個別要素法は破壊の発生までの解析に加えて、破壊の進行過程までの一連の解析が可能である。そこで著者らは¹⁾、断層破壊面で一様に破壊が進行する *Haskell* モデルに従い、深層基盤内の断層破壊により発生する地震動を表現し、その適用性について考察をおこなった。その結果、比較的短周期成分が卓越した地震動が得られた。そこで本研究では、断層破壊時に発生する地震動の短周期成分を生成するといわれるアスペリティを考慮して断層破壊シミュレーションをおこない、その影響について考察する。

2.解析方法

本解析で想定したモデルを図-1 に示す。深さ方向に約 15km、横断方向に約 40km の岩盤モデルを同形の円形要素(半径 200m)4279 個を最密格子配置にて作成した。表-1 には入力物性値を示す。また、解析モデル底面と側面には反射波の影響をなくするため要素間をダッシュポットで表現した粘性境界を設定した。

本稿では断層の滑り破壊を要素の強制変位として与える。破壊の伝播速度 V_r を約 2.5km/sec と仮定し、図-1 の強制変位領域における 28 個の要素を図-2 に示すように連鎖的に V_r で鉛直上方に変位させて断層破壊をモデル化した。震源時間関数は、立ち上がり時間 τ_r を 2.0sec、最終変位量 D_0 を 2.0m としたラング関数を用いた。

本研究では、断層面において大きな応力を解放するアスペリティを考慮するため、図-2 のように強制変位を与える要素のうち任意の 5 要素について要素変位量が他の要素に比べて大きな滑り量を与え、強制変位領域における 28 個の要素の平均変位量が 2m となるようにして表現した。アスペリティを考慮しないときを case1 とし、図-2 のように強制変位領域における任意の 5 要素について大きな滑り量を与えたときを case2 とした。また、アスペリティの位置の違いによる検討をおこなうため、強制変位領域下方部付近における 5 要素をアスペリティとしたとき(case3)、強制変位領域上方部付近における 5 要素をアスペリティとしたとき(case4)についても解析をおこなった。

3.シミュレーション結果

図-3(a)~(d)はそれぞれ case1~4 における断層破壊による岩盤内の亀裂進展の様子を示したものである。図-3 は断層破壊開始から 6 秒後における要素間を結合しているバネを表示している。つまり空白部分は、切断されたバネであり亀裂が進展した位置を示している。断層破壊運動により亀裂が鉛直上方に進展するとともに

キーワード：個別要素法、断層破壊、アスペリティ

連絡先：〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1, 078-803-6037

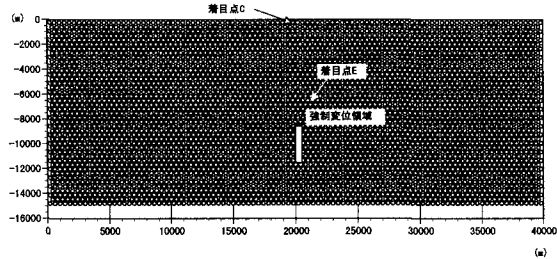


図-1 解析モデル

表-1 入力物性値

	弾性係数 $E(\text{tf/m}^2)$	ポアソン比 ν	単位体積重量 $\gamma(\text{tf/m}^3)$	摩擦係数 μ	粘着力 $c(\text{tf/m}^2)$	減衰定数 h
一般要素	5.40×10^5	0.15	2.45	0.70	300	0.01
荷重要素	3.50×10^5	0.23	2.25	0.40	100	0.01

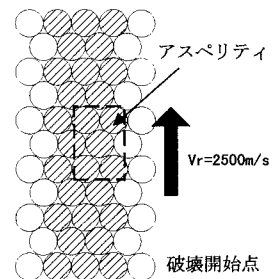


図-2 断層破壊モデル

に鉛直上方から斜め上方に向かって進展している。強制変位領域の要素を全て同様に変位させたときの亀裂進展図(図-3(a))では、左右対称の結果となっている。しかしながら、アスペリティを考慮した際の亀裂進展図(図-3(b)~(d))は、アスペリティを与えた右側部分の亀裂と左側部分の亀裂の進行が異なっている。また、アスペリティを上部付近に与えたとき(case3)の

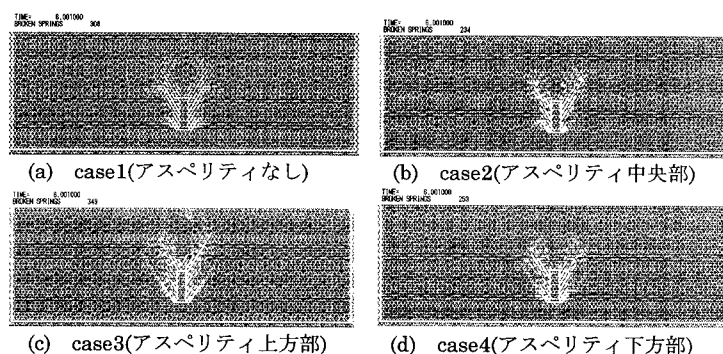


図-3 6秒後の亀裂進展図

破壊進展領域が最も大きく、断層直上地表面付近まで破壊が進行している。case2, case4 は、鉛直上方より斜め上方への破壊が顕著である。

図-4 は case1 と case3 において断層破壊領域近傍に位置する E 点における水平方向と鉛直方向の加速度応答波形の時刻歴を示している。同様に図-5 は、断層直上地表面である C 点における鉛直方向の加速度応答波形の時刻歴を示している。また、E 点における水平、鉛直方向加速度応答波形のフーリエスペクトルを黒線を case1, 薄緑線を case3 として図-6 に示す。図-4, 図-5 より、case3 は水平、鉛直成分ともに case1 に比べ最大応答加速度値が大きく、短周期のパルス波が表れている。しかしながら図-6 のフーリエスペクトルでは、両者ともに短周期成分が卓越している。つまり、アスペリティにより最大加速度値に影響をもたらすが、生成される地震動にはあまり影響がないといえる。

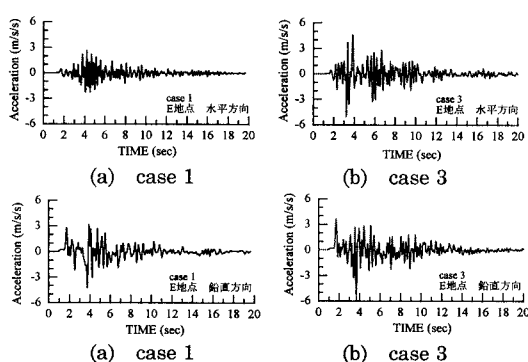


図-4 E点における応答加速度時刻歴

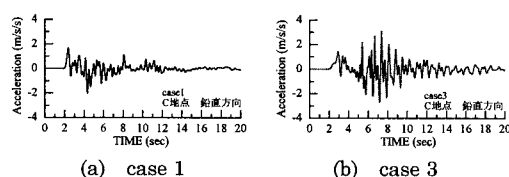


図-5 C点における応答加速度時刻歴(鉛直方向)

4. おわりに

本稿では断層破壊モデルにアスペリティを考慮した際の地震動と破壊に対する影響の考察をおこなった。

アスペリティを与えることにより最大応答加速度は、やや大きくなり短周期のパルス波が得られた。

しかしながら、地震動に含まれる短周期成分の生成に関してアスペリティの有無に依存しない結果となった。DEM では強制変位を与えた要素の挙動によりその周辺要素も変位し、その結果破壊が伝播する。ある地点ではこのような破壊の繰返しによる地震波の重ね合わせがおこなわれ、見かけ上アスペリティを含んでいることになる。また、アスペリティが破壊進行上方に位置するとき最も大きく破壊が進展し、最大加速度値についても大きくなった。

[参考文献]

- 1)高田至郎ら：個別要素法による破壊伝播と地震動シミュレーション，建設工学研究所論文報告集，第 40-B 号-阪神・淡路大震災特集号-，pp.41-58，1998.11

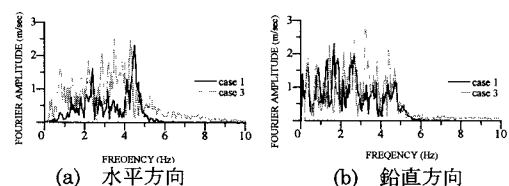


図-6 E点における応答加速度のフーリエスペクトル