

(77) 拡張個別要素法による震源過程シミュレーション

(株) 大林組 リマール・マヘシュ
 東大生産技術研究所 目黒公郎
 埼玉大学工学部 岩下和義
 東洋大学工学部 ○ 伯野元彦

1. はじめに

地震は大きな力を受けた地殻のせん断破壊によって起こる事は、誰もが認めるところであるが、そのせん断破壊がどのように開始し、どのように進行し、どのように終了するのかについては、地震観測結果、地震前後の測地結果などから推定する以外に方法はない。現在は、それら観測結果に基づいて、そのせん断破壊の挙動（震源過程という）に関する色々なモデルが提案されているところである。そして、その中には、安芸によるバリアー・モデル、金森によるアスペリティ・モデルなどもある。そして、基本的には、亀裂を非常に単純化されたランプ関数と仮定し、その亀裂が一定の伝播速度で進行して行くと仮定し、地震動の長周期成分が計算されるに至っている。一方、震源過程における破壊の変位関数、破壊の伝播速度など何も仮定せず、断層の破壊強度のみを仮定して、系全体を有限要素法で、解くという新しい研究が1985年京大防災研究所の土岐憲三教授、山口大学三浦房紀教授によって発表された。我々も、同様な事であるが、多少違った方向にも発展できるのではないかと考えて、拡張個別要素法で、震源過程を取り扱った。

2. 地殻のせん断破壊

図-2に示すように、地殻を多くの円形粒子の集合体とみなした。この仮定には、多くの異議もあろうかと思う、たとえば地殻には多くの亀裂が入っているから、岩塊の集合体であるという点は、受け入れるとしても、その岩塊は円または球にはとても思えない、もっと角張っているのではないか、などというものである。この点に関しては、その角張っている効果を図-1に示した間隙バネという要素バネに追加したバネで補っているのである。また、実際の断層の滑り面を見ると、それこそ鏡の面のようにになっているところもあるが、岩石が碎けて破碎帯のようにになっているところも多くて、円形または球形の方が現象を忠実に表しているのではないかと思える点もある。

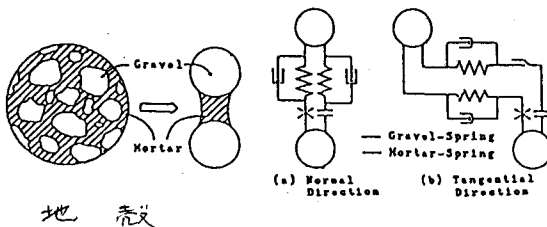


図-1 円形要素と要素、間隙バネの設定

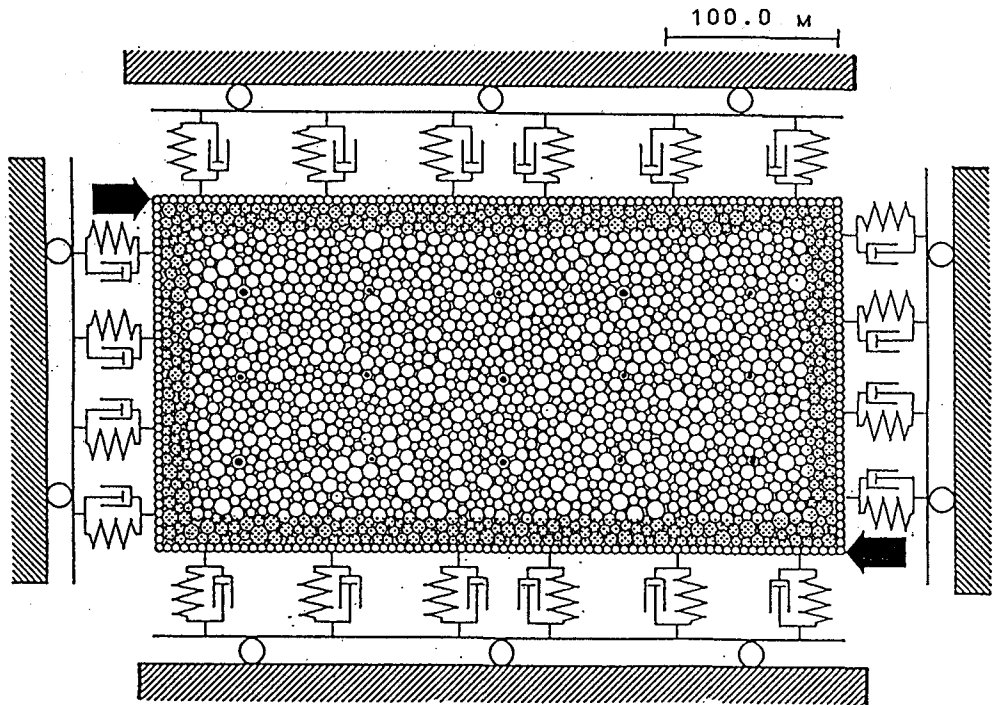


図-2 地殻の拡張個別要素へのモデル化
 (このモデルには、上下左右方向に圧縮力を加え、落ちついた状態にしておいて、さらに図中の太い矢印で示すようにせん断力を漸増して加えた。)

図-3 地殻モデルにおける
 空隙バネの分布
 (地殻が破壊するとこの
 バネが切れる)

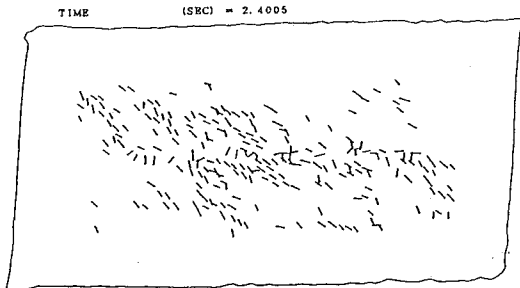
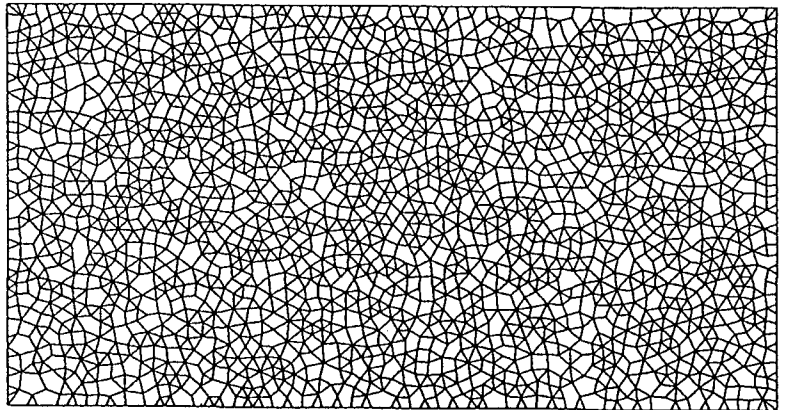


図-4 せん断弾力を加えると地殻モデル
 (図-2) に生じた亀裂
 (亀裂はせん断弾力を加えた方向に斜めに
 生じているように見え、また、一部は連
 続して発生しているように見える。これは、
 地震断層のエシュロンと関係があるのだら
 うか。)

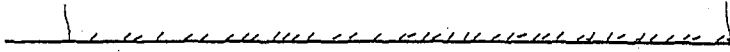


図-5 地殻モデルの底面との接触部分を特に弱くした場合の亀裂の発生状況

図-6 図-5の粒子変位の時刻歴

(下が底面に接触した粒。上ほど底面から離れる。底面、すなわち、断層の滑った位置ではランプ関数に近似できるような変位をしている。離れるにしたがって、波形も変わる。

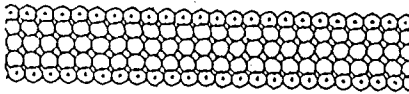
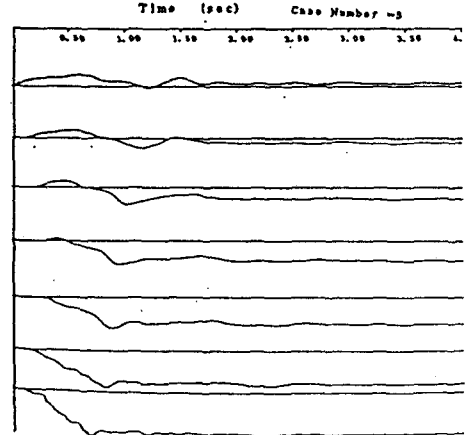


図-7 既往断層の幅の狭い、細長い部分のみを取り出した等径のモデル

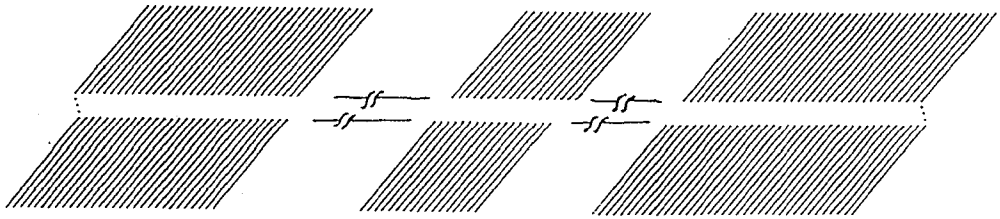


図-8 図-7の細長いモデルに幅方向に一定圧縮力を加えながらせん断変形を与えた。図のようにほぼ一定のせん断変形を与える事が出来た。

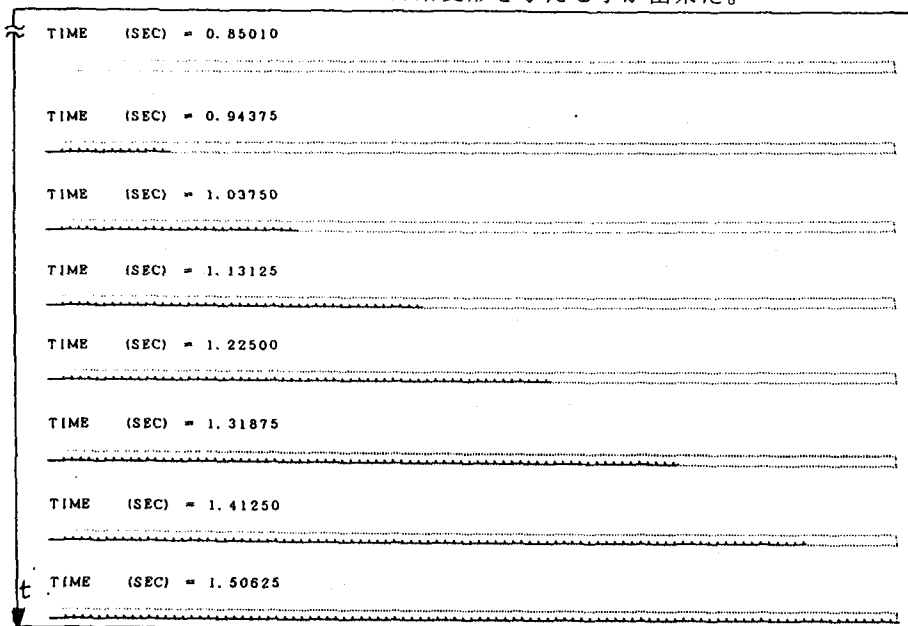


図-9 図-7に十分なせん断変形を与えた地殻モデルの端部の全粒子(4個)の間隙バネの強度を突然下げ破壊させた。せん断亀裂は図に示すように右方へ進行して行った。

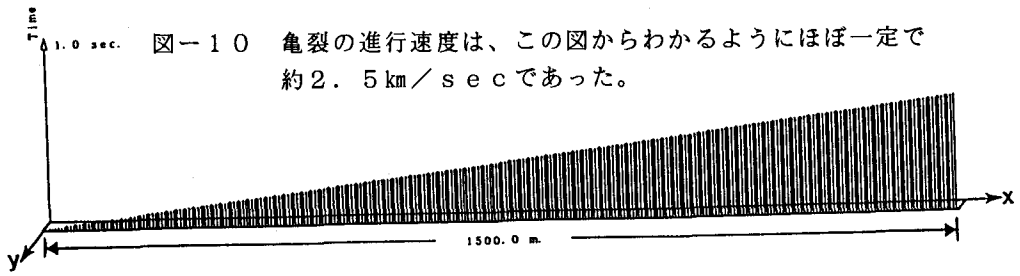


図-10 亀裂の進行速度は、この図からわかるようにほぼ一定で約2.5 km/secであった。

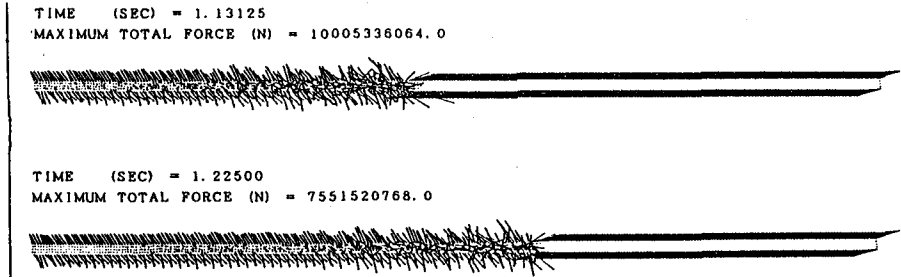


図-11 その時の粒子に作用している力を示す。亀裂の進行よりやや速く力の変化が伝播していく。

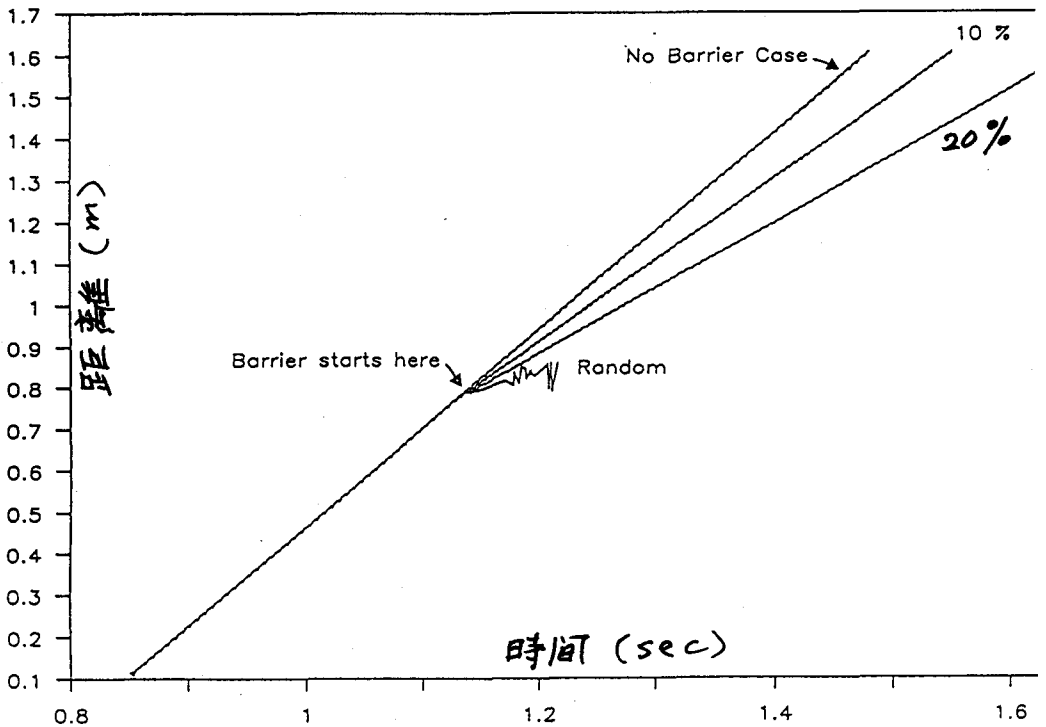


図-112 図は、亀裂の発生位置と時間（横軸）の関係を示す。約0.8 kmより先の地殻の破壊強度を10%、20%、ランダムと強くしたとき、伝播速度は低下し、ランダムの場合には、亀裂の発生位置もランダムとなり、ついには停止した。