

名古屋大学	工学部	学生員	○大谷吉徳
名古屋大学	工学部	正員	川本 勝 万
名古屋大学	工学部	正員	市川 康 明

1. まえがき

岩盤構造物の破壊挙動解析には、従来、連続体力学を基にした有限要素法(FEM)による離散化解析が行われてきたが、すべり等の非連続的な挙動を追跡することは極めて困難であった。そこで、極限状態での破壊挙動を解析するために川井^{1),2)}によって剛体バネモデル(Rigid Body-Spring Model, 以下RBSMと略す)が開発されたので、これを用いて岩盤トンネル周辺の破壊現象をシミュレートした。なお、本解析は、底面摩擦模型実験の破壊モードのシミュレーションを行なったものであり、底面摩擦模型実験の詳細については尾原等³⁾の報告を参照されたい。

2. RBSMについて

RBSMは、対象物に有限個の任意形状の要素に分割し、それぞれの要素は剛体挙動を示すと仮定している。そして互いに接触し合う2つの要素の境界面上には連続的に分布した垂直方向とせん断方向の応力ベクトルに抵抗する2種類のバネ(k_n, k_s)が存在するものとする。この2種類のバネの変形により、構造体の変形および内力を決定するわけである。なお、RBSMの詳細については文献1)を参照されたい。

3. 破壊基準およびその正当化について

RBSMとFEMとの違いの一つに応力の問題がある。すなわち、2次元で考えると、RBSMでは、力の平衡状態から求める応力ベクトル σ_x の成分 σ_n (垂直応力ベクトル成分) と τ_{ts} (せん断応力ベクトル成分) が要素境界面上に生じていると仮定しているのに対し、FEMでは、各要素内で平衡方程式を満足している $\sigma_{xx}, \sigma_{yy}, \sigma_{xy}$ なる応力が求まり、主応力分布の表現が可能となっている。このため、本報告では、FEMの弾性計算によって主応力分布を求め、その主応力方向に沿ってRBSMのメッシュ再分割を行なうことにした。要素間の破壊は、Mohr-Coulomb の破壊基準

$$\tau_{ts} = C + \sigma_n \tan \phi \quad ; \quad C: \text{粘着力}, \phi: \text{内部摩擦角}$$

を用いて、塑性判定を行なった。

4. 模型実験の非線形解析および解析結果

図-1に、模型実験の非線形解析のフローチャートを示す。

まず、図-2(a), (b)に示すトンネルモデルについて考え、FEMにより、自重を考慮した弾性計算を行なったものが図-3(a), (b)である。この主応力分布により、メッシュ図を再分割したものが図-4(a), (b)である。つぎに、RBSMを用いた非線形解析を実行する。模型材料は、完全弾塑性体とし、塑性降伏後は、バネ定数を非常に小さく評価することにした。

図-5(a), (b)にRBSM非線形解析により得られた破壊モードを示す。

この図から解かるように、図-5(a)では天井崩落の可能性が高いと思われるが、図-5(b)の同じスパンのアーチ状の天井の場合には崩落の可能性は低い。

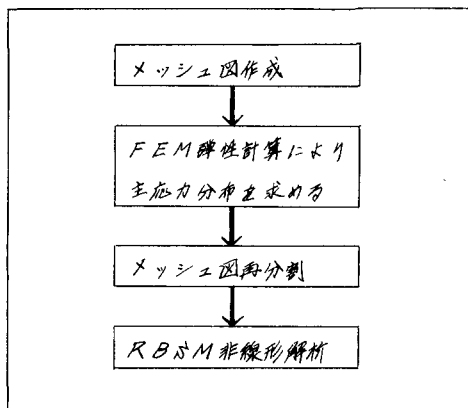


図-1. フローチャート

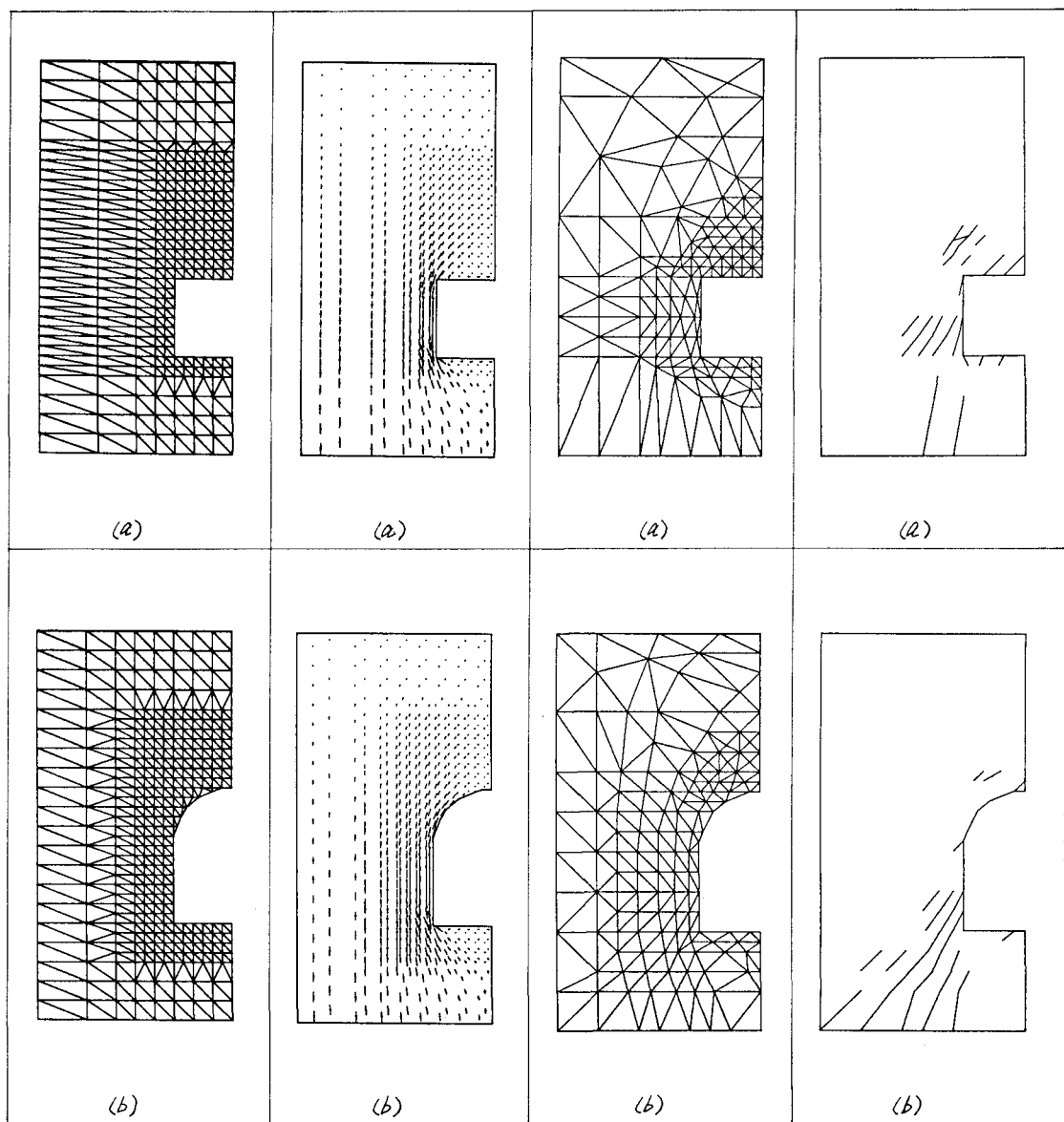


図-2. メッシュ図.

図-3. 主応力分布.

図-4. メッシュ再分割.

図-5. 破壊モード.

5. 結 語

トンネルの模型実験に対する不連続的なすべりの奇動をRBMによりシミュレートすることができた。今後は、模型実験を更に繰り返し、岩盤斜面等の不連続性互有した岩盤構造物に対する破壊モードを求めていきたい。

((参考文献))

- 1) 川井忠彦：物理モデルによる連続体力学諸問題の解析（第3回），生研セミナーテキスト，1980，pp.1-29，pp.357-366.
- 2) 川井忠彦，竹内剛雄：新離散化モデルによる地盤基礎の極限解析，生産研究，8月，1980.
- 3) 尾原祐三等：底面摩擦模型実験装置について，土木学会年次学術講演会，1981.