

1. まえがき

一軸圧縮下における岩質材料の破壊様式には、すべり破壊と分離破壊の二つに大別されることが経験的に知られている。これらの破壊様式や分離破壊過程<sup>1)</sup>について、すでに二三の考察を加えたが、本文では分離破壊のコンピュータシミュレーションについて、その途中経過を述べるものである。

2. 分離破壊過程のモデル化

2.1 分離破壊様式

岩質材料と類似の性質をもつ石膏の圧縮試験において、材料は軸方向にいくつかに割れて崩壊する様子が観察される。このような試験片をさらに中央部で横断方向に切断して観察すると、その断面はいくつかに分離されていることが認められる。この断面を構成する分割された個々の部分を分割要素と呼ぶことにすると、この要素の形状や大きさ等は不規則、かつ試験片の細長比やその絶対寸法によってもその様子は変化する。しかし、分離個数と直径や高さには相関があることが認められ、例えば分割要素数は断面に比例し、高さに反比例すること等をすでに報告した<sup>2)</sup>。

2.2 分離破壊のモデル化

これらの実験より、分離破壊過程は次のように二つの部分にモデル化されよう。第一ステップは断面が分離される過程であり、第二のそれは分割要素が構造的に不安定となる過程である。図-1は、いわば材料的な破壊条件ともいうべき第一ステップと、構造的破壊条件に対応する第二ステップの相互関係を模式的に示したものである。すなわち、断面の分割についてはその面積が大きいほど破壊(分割)確率 $P_c$ は大きく、一方構造的に不安定となる確率 $P_b$ はむしろ減少する。したがってこれら二つの状態はそれぞれ図-1の二つの曲線で示され、両曲線の交点B<sup>2)</sup>でいわゆる全体破壊となる。

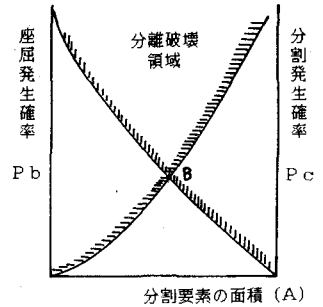


図-1 分離破壊概念図

3. 断面の分割のためのシミュレーションモデル

このような二つのステップのうち、構造的な不安定については、柱状要素並列モデルを用いて簡単な計算結果を報告した。これによると、構成要素の強度のバラツキが系の強度に大きく影響することが明らかとなった。しかし、このモデルは規則正しい同一形状の断面(正方形)を用いたものであり、実際の分割要素の形状とは相当異なるものである。

そこで本文では図-2に示すようなシミュレーションを試みる。すなわち、乱数によって与えられた断面を分割する。次に個々の要素の面積 $ME(I)$ を求めソーティングを行い、最大要素を選択する。この最大要素内において、さらにクラックを生じさせ以後定められた回数まで同様に繰り返し、分割要素数等の結果を出力させるものである。

4. シミュレーションの結果

図-3にクラックの発生してゆく例を分割経過にしたがって示す。また、図-4は同一破壊発生回数( $MM=11$ )

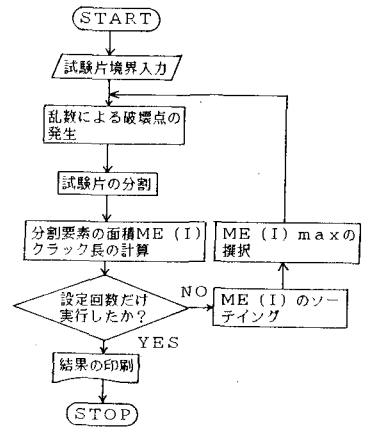


図-2 シミュレーションのフローチャート

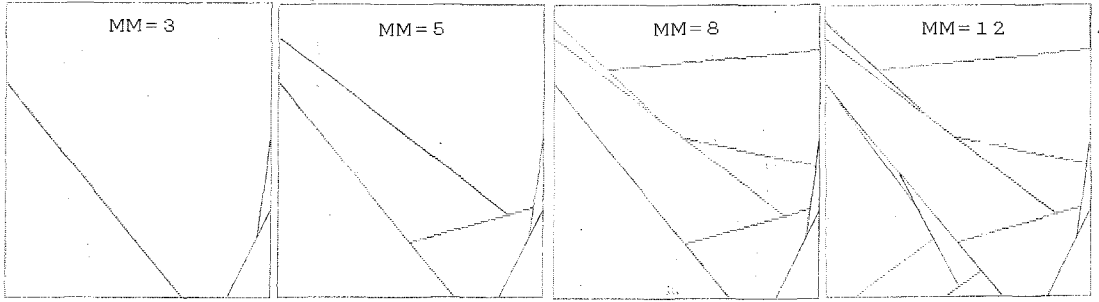


図-3 シミュレーション結果 (逐時破壊パターン) : MM=破壊発生回数

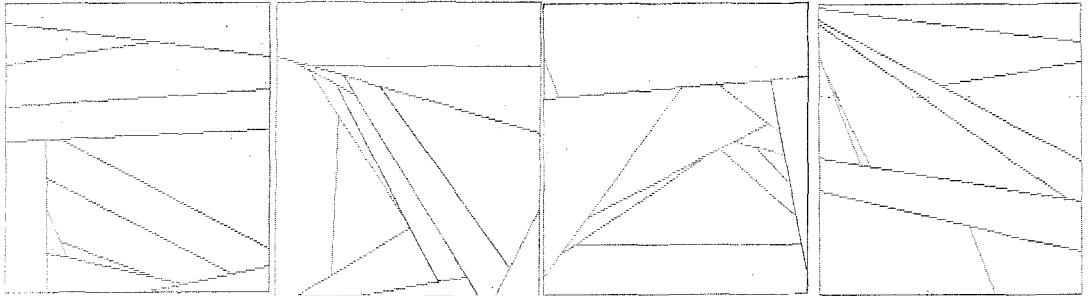


図-4 シミュレーション結果・同一破壊発生数 (MM=11) における各種破壊パターン

に対して、クラックの発生パターンの異なる例を示したものである。

先の実験による分離破壊断面の観察によっても、また図-4の結果からも明らかなように、その破壊パターンは多様であり統計的な取扱いが必要であると考えられる。

図-5は、各要素の面積の平均値に対する変動係数と破壊発生回数との関係を示したものである(○印)。変動係数は破壊発生初期を除くとほぼ一定の値を示すが、破壊進行に伴ってやや減少の傾向にある。分割要素の面積の平均値とは、各破壊発生時に試験片断面が等分割される時の各要素の面積であるから、その変動係数は規則的な破壊からのバラツキの程度を示すものである。図-6はクラック長の平均値とその変動係数も示している。平均値も破壊の進行とともに減少の傾向にあるが、そのバラツキも同様である。一辺が10cmの正方形断面の破壊を想定していることを考えると、各破壊の発生時のクラック長が6cm前後であることは、断面を一度に横断するようなクラックは比較的発生しにくいと考えられる。

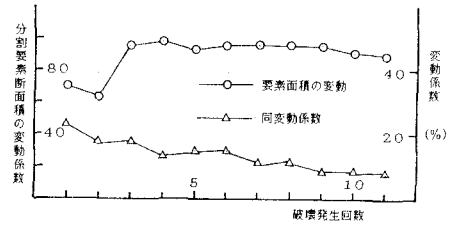


図-5 破壊発生回数と分割要素面積のバラツキ

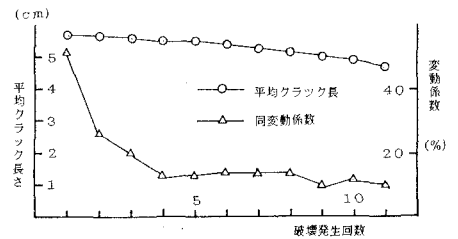


図-6 破壊発生回数と平均クラック長さ

- 1) 田野久賢, 佐武正雄; 脆性材料の破壊と変形機構のモデル化に関する一考察, 土木学会第32回年次学術講演会概要集, Ⅲ, P343~344, 昭和52年, 10月
- 2) 同上; 圧縮強度の確率モデルとそのパラメーターに関する一考察, 土木学会第34回年次学術講演会概要集, Ⅲ, P341~342, 昭和54年, 10月