岩質材料の強度と変形に関するモンテカルロシミュレーション

兵庫県道路公社　正員 ○　前田昌俊
神戸大学　正員　桜井春輔

1. はしがき

岩石やコンクリートのような岩質材料は、その内部にかなり巨視的なき裂や欠陥を含むものである。したがってその強度と変形の推定には、確率論的な取りあつかいが必要であり、すでにいくつかの研究が発表されている[1]。筆者らも、すでに、き裂先端から破壊が生ずるものと仮定して Griffith 理論をもとにした引張破壊のモンテカルロシミュレーションを行なった[2]。しかし その解析において若干の問題点が判明したので、ここではまずその問題点について述べる。つぎに、変形については、非均質材料の見かけの変形係数がき裂や欠陥によってどのような影響を受けるかを有限要素法を用いて検討する。これは、岩盤の変形係数と、テストピースとしての岩石の弾性係数の間の関係を調べるための基礎的研究である。

2. 二点載荷による曲げ破壊のシミュレーション

本解析においてはつぎの仮定を設ける。 1) き裂先端に発生する最大引張応力が材料固有の値に達したとき材料は破壊する。 2) 破壊に関して、き裂は相互に干渉しない。 3) き裂周辺の最大引張応力は、き裂を楕円形と仮定して二次元弾性論によって求める。

いま、材料を等方性と考えるならば、き裂の形と傾きは互に独立であると考えられる。したがってき裂の分布に対する確率密度関数 p は　$p=f\cdot g$ として表わされる。ここで f は形の分布を表わす確率密度関数で図-1のように仮定する。一方、g は傾きの分布に対する確率密度関数であり外力の作用方向とき裂の長軸のなす角を β とすれば $g=\sin\beta$ として表わされるものとする。モデルは図-2に示すように $h\times h\times l$ の直方体の3等分点に集中力が作用するものである。先に発表した解においては、図-2のCD間のみを考えたのであるが、ここではAB間全体について考えてみた。いま部材を n 個の立方体に分割し、その各要素の内部に一個のき裂が存在するものと考える。

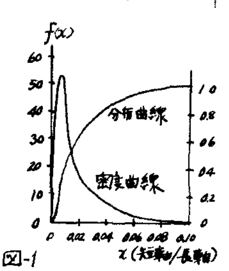

図-1

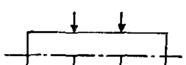

図-2

計算結果を図-3に示す。これは50個の試料の曲げ破壊の生じた位置を示すもので、数字は回数を表わす。この結果はAC区間およびDB区間においても破壊の生ずることになり明らかに実験結果とは一致しない。したがって破壊は部材の表面からのみ生ずるのではないかと考えられる。これについては現在検討中である。

図-3　試料破壊箇所分布

3. 変形係数に関するシミュレーション

先にも述べたように、テストピースとしての岩石の弾性係数が岩盤の変形係数と如何なる関係にあるかを調べるために、堅岩部分の弾性係数を E_s き裂等の欠陥部分のそれを E_c として二次元有限要素法を用いて検討を行なった。ここで用いたモデルは図-4に示すものであり（要素数 72, 節点数 49 ）上下方向は等変位 $\delta = 1\ cm$ を与えるものとする。なお、$E_s = 1000\ kg/cm^2$　$E_c = 100\ kg/cm^2$ ポアソン比はすべて 0.2 とする。また、解析は平面ひずみ状態で行なう。

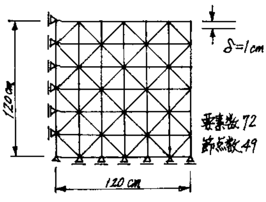

図-4

まず、E_c の要素と E_s の要素が同数の場合を考え、図-5に示すような特定のパターン（ No. 1〜No.10　E_c要素が 36 個 ）に対して構造全体としてのみかけの変形係数を求めるとそれぞれ図の下に示す値を得る。ここで No.8〜10 はE_c要素の分布を一様乱数を用いてランダムに与えたものである。つぎにE_cの要素の数が 12 個の場合の結果を図-5 No. 11〜No.17 に示す。これらの結果からE_sの要素が荷重方向に連続するか否かが変形係数に大きく影響を与えることが明らかである。図-6にE_cの要素の数とみかけの変形係数との関係を示す。図中の数字は図-5のパターンを示すものである。

参考文献

1) 川本眺万, 岩永建夫, 林義信　材料特性のランダム性を考慮した二, 三の有限要素解析，第27回年次学術講演会

2) 桜井春輔, 前田昌俊, 森田正三 ： モンテカルロ法による岩質材料の引張破壊に関する研究，第27回年次学術講演会

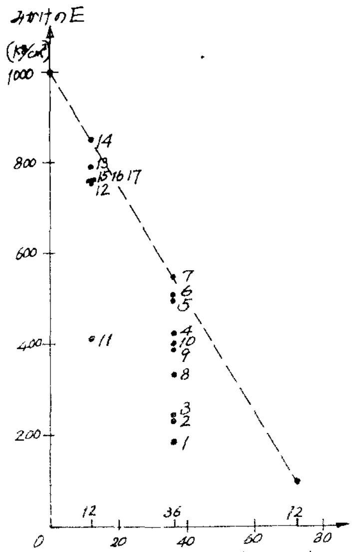

図-6

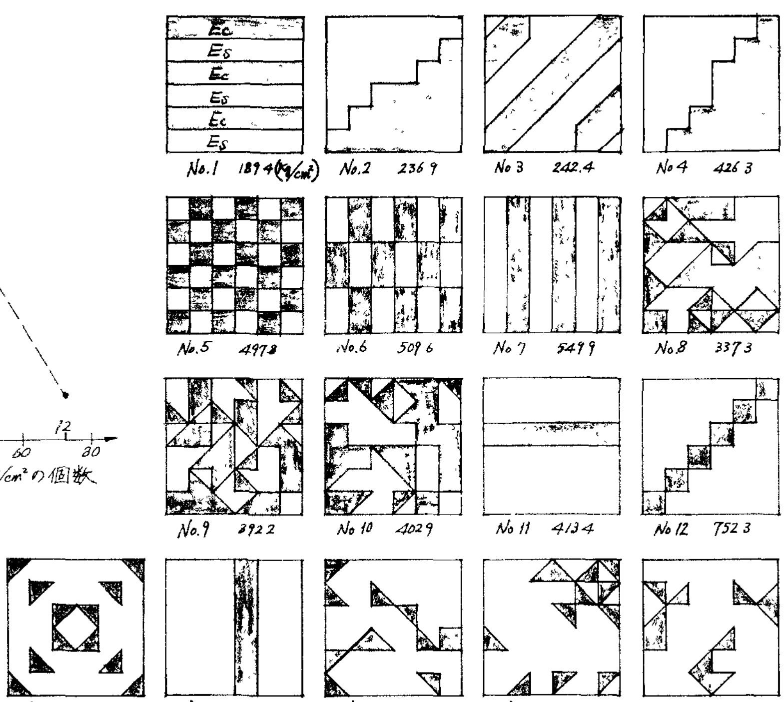

図-5