

名古屋大学工学部 正会員 川本 脩
 名古屋大学大学院 学生員 ○竹田 直樹

1. まえがき

長大構造物の基礎として、岩盤を対象とする機会が多くなっている。しかし、岩盤の変形特性は、内部に含まれる不連続性に強く影響を受けるため、岩盤の挙動を明らかにするには、不連続性をどのように取り扱っているかが、重要な課題となっている。従来これらの問題を取り扱うには、ジョイント要素を用いる有限要素解析が行なわれているが、不連続なクラックを含む場合には、適用が容易でない。本報告では、ジョイントを内部に含む特別な三角形要素を用いて、この不連続性を考慮し、岩盤斜面のモデル化を行ない、有限要素解析を実行した。その結果、岩盤斜面モデルにおいては、先在クラックにより、変形が大きくなる傾向が見られ、クラックの発生状態も先在クラックに近い部分に多く発生していることがわかった。

2. 解析手法

本解析は、ジョイントを内部に組み込んだ特別な要素を用いている。この要素の概略は、図1のようである。この要素は元来一体の構造物と考えられ、三角形の三節点の座標、ジョイントの角度、ジョイント定数が決定すると、要素剛性が決定される。つまり、三角形の三節点のみで剛性を表現している。これで、ジョイントは、異方性を示す三角形要素として、考慮される。さらに、荷重漸増反復法を用いた。この方法は、せん断破壊については、あるステップでの応力を計算し、そのステップまでの応力をモール・クーロンの破壊規準と比較する。この規準を越えた要素については、先に述べた特別な要素に置き換え、すべての要素が規準内に収まるまで、反復計算を行なう。ジョイントの角度は、破壊面の方向としてある。引張り破壊に対しても同様の手順であるが、最小引張り強度を越えた要素に対して、この要素を置き換え、ジョイント角は、最小主応力面としてある。このように、置き換えがすべて終わった時点で、次の荷重ステップへと移ってゆく。クラックが先在する場合は、計算を始める前に、この要素にあらかじめ置き換えておく。

3. 解析例

粘度の斜度と有す岩盤斜面を図2のケース1のようにモデル化する。また先在クラックの有無によって、図2のように、ケース1～4に場合分けを行なう。ケース1はクラックが無い場合、ケース2はクラック数1、ケース3はクラック数5、ケース4は、クラック数12が先在している場合である。この各ケースについて、自重を荷重として、(2)で述べたように、順次荷重漸増により計算を行なった。計算に用いた材料定数を表1に示す。

4. 解析結果

ここで各ケースについての結果を示すと図3～5になる。図3は、図2中ケース1で示されるNO99の垂直変位を自重の何倍の荷重について、どのように変形してゆくかを示したものである。●で示す点は、要素が一番最初に降伏する荷重と変位の関係を示している。この図より、先在クラックの数が多くなると、変形が大きくなることが示された。さらにクラックの発生が斜面上端に達した時点で、変位が著しく増大することが図4との対応により明らかであり、先在クラックの数が増大するに従って、この変位増大点の荷重が低くなる傾向がわかった。図4は、ケース1のクラックの発生状態を示したものであり、クラックは斜面法先部分より、順次、荷重の増大に伴ない、斜面上端へと発達してゆく。8.9 P (自重の8.9倍)の図中の弧は、円弧スアリ法によって求めた、最小安全率のスアリ面である。クラックの発生状態とスアリ面との対応が示されている。なお、この際の最小安全率は3.8と計算されたが、この値は、要素が最初に降伏する荷重4Pと近似している。図5は、ケース3、荷重

5Pの場合のクラックの発生状態を示している。図4と比較すると、Xのクラック発生は先在クラックに大きく影響され、先在クラックに近い部分よりクラックが生じていることがわかった。これは、先在クラックが岩盤挙動に大きな影響を与えることを示している。

5. まとめ

岩盤の変形挙動は、先在クラックの存在数の増大にしたがって、変形は増大する。またクラックのない岩盤斜面では、法先部分よりクラックが生じ、次第に斜面上部へ発達してゆき、地表面に到達した時点で著しい変形が生ずる。さらに先在クラックにより、クラックの発達は、クラック周辺より始まることがわかった。本報告では、クラック数による影響を扱ったが、今後、角度による影響、集中荷重による影響を調べるつもりです。

参考文献

Goodman, R.E., Taylor, R.L., and Brekke, T.L. 'A Model for the Mechanics of Jointed Rock' Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, May 1968, PP 637-658

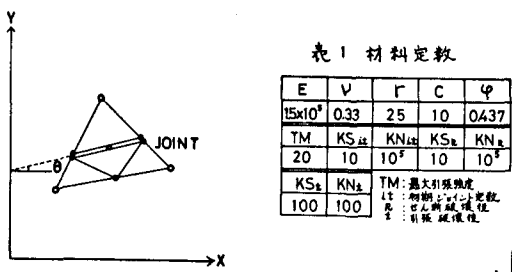


図1 ジョイント・トライアングル要素

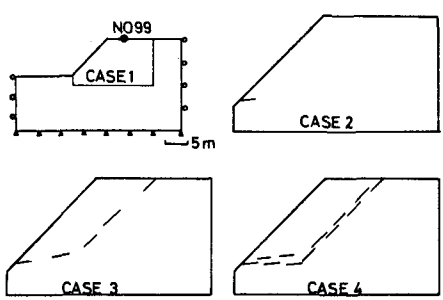


図2 各ケースの初期クラック状態

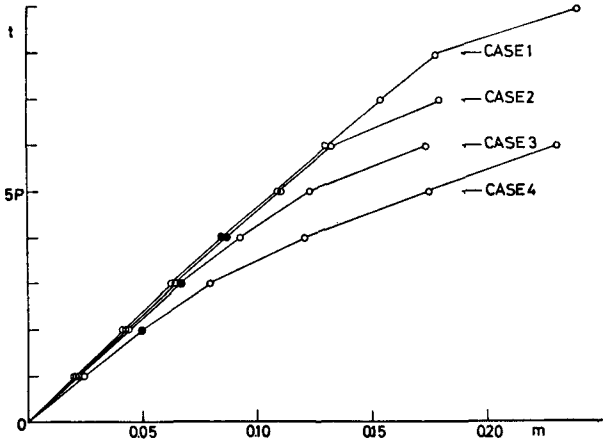


図3 NODE 99の変位変位 (P: 自重 ●要素が最初に加わる点)

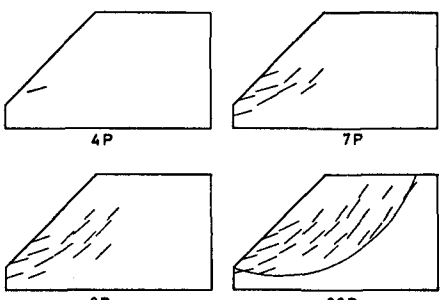


図4 CASE1のクラック発生状態 (89Pの場合メッシュ)

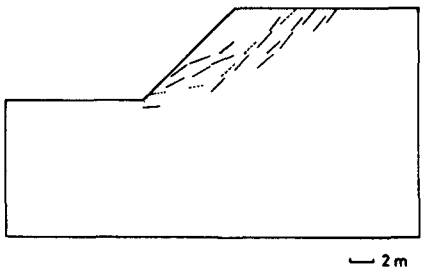


図5 要素のクラック発生状態 (CASE3, 5P, ---は初期のクラック)