## 斜面内の進行性破壊に関する数値解析

鳥取大学	学生会員	○織田	達熙
鳥取大学	正会員	西村	強

#### 1.緒言

ー様勾配の有限高さの斜面の有限要素解析を実施した.その目的は、図-1 に示すような、法先における応力集中⇒ せん断破壊の発生⇒せん断破壊面の斜面内部への進行⇒せん断面に斜交する引張破壊面の生成⇒更なるせん断破壊面の 斜面内部への進行<sup>1</sup>,といった機構を想定するとき、極限平衡解析の結果に対して、如何なる変化が見られるかを例示、

考察することである.有限要素解析では,強度定数 の値を一定として単位体積重量を増加させる(つま り重力加速度を大きくする)仮定を設けた.これは, 見かけ上,斜面高を大きくする操作になる.斜面の 不安定化は,有限要素解析において計算が収束しな い,これは静的安定状態が得られないことになるつ まり不安定化した,と判断している.この不安定化 が生じる斜面高を,直線すべり面を仮定する極限平 衡解析により得られる限界斜面高と比較して,本文 冒頭に述べた機構との差として報告する.



図-1 斜面法尻部の応力集中と破壊の発生・進展 1)

#### 2. 有限高さ斜面の有限要素解析

図-2 は、有限高さ斜面の安定性を、直線すべり面を仮定して検討する簡単なモデルである。斜面の安定問題では、斜面の不安定化は強度の低下(図中では、Tの低下)あるいは起動力の増大(図中では、Wcos0の増大など)で発生する.ここでは、後者により不安定化を発生させる手順を用いた.具体的には、Wを増大させる、つまり

る密度を $\rho$ とすれば、土被り厚  $z_p$ における鉛直応力は、 $\sigma_p = \rho g z_p$ となる. この原寸 法を nG 場においたとすると、 $\sigma_m = \rho(ng) z_p$ となる. 一方、原寸法のモデルを 1g 場 における鉛直応力  $\sigma_v = \rho g z_m$  と書いて  $\sigma_m = \sigma_v$ とすれば、 $z_m = n z_p$ となる. 結局、nG 場 を仮定することで、見かけ上、n 倍に拡大(あるいは縮小)されたモデルを想定 することになる. このことを利用して、高さ H の斜面を nG 場におけば、斜面の

地盤材料の密度を一定として重力加速度を大きくするものである.原寸法におけ

高さは nH と見なせると仮定した.解析では、図-3 の有限要素モデルにおいて単位体積重量 $\rho$ g を増加させることにより以上の手順の再現を行っている. 1G 場から nG (n>1) 場へと解析を進めるとき、静的な安定を得ることが不可能となる nmの値を求めている.図-2 に示す極限平衡解析が与える限界高さを H<sub>L</sub>,有限要素解析から得られる nmより得られる nmH,これらの大小比較をすれば、図-1 に示される進行的な破壊の程度が具体的に示されると考えた.なお、地盤はモール・クーロンの破壊規準に従う材料であるとした.なお、表-1 には解析に関係する諸定数の値を記載する.



表-1 物性值

1000

20

30

0.1

0.49

ヤング率 E(MPa)

内部摩擦角₀(°)

粘着力 c(MPa)

ポアソン比v

単位体積重量γ(kN/m<sup>3</sup>)

キーワード 進行性破壊,斜面安定,限界斜面高 連絡先 〒680-8552 鳥取市湖山町南4丁目101鳥取大学土木工学科棟3階施工学研究室 TEL0857-31-5297

### 3. 自然斜面の有限要素解析

この報告では,有限解析ソフト 2D-σを使用し た弾塑性解析を行う.その際,次の仮定を考慮 する.掘削を考慮しない自然斜面において,鉛 直方向に土被り圧が,水平方向には鉛直方向応 力に側圧係数を乗じたものが作用する.斜面勾 配は1対0.5,一様勾配の有限高さ斜面である. 図-3に解析モデル,境界条件を示し*H*=20(*m*)と 設定,表-1には解析に関係する諸定数の値を記 載する.側圧係数は *k*=v/(1-v)となる.

なお本解析では、ポアソン比vを 0.49 と設定 した. 斜面形状を変えずに、強度定数の値を一 定として単位体積重量  $\gamma(kN/m^3)$ を 20 より 10 刻 みで増加させた. 図-3, 4 は図-2 の赤枠内を解 析結果として示した. 有限要素解析から得られ る限界高さ  $n_m$ H は 90m,極限平衡解析が与える 限界高さ  $H_L$ は、93.6m である.

この結果により、両解析結果には差が発生す ることが示された.また、全般せん断破壊を仮 定した極限平衡解析よりも有限要素解析の結果 が小さく表れたのは、法尻部周辺での局所的な 破壊が、斜面上部への不安定化につながってい るのではないかと考えられる.

# 4. 想定すべり面上の破壊限接近度と最小主 応力の状況

図-6 は有限要素解析により得られた解析 結果を,図-2 に示す直線すべり面上における 破壊限接近度と最小主応力の値をプロット している.破壊限接近度は,モールの応力円 が破壊規準線と一致しているとき1となり, これより応力が低いと1を下回り,安定性が 保持されると考えられる.やや正確さにかけ るが,破壊限接近度とは局所安全率の逆数と 考えても良い.図中の横軸には想定した直線 すべり面の距離を無次元化することで割合



図-3 有限要素解析モデル



図-6 直線すべり面上の破壊限接近度と最小主応力の状況

として表示し、左軸には最小主応力(引張を正)、右軸に破壊限接近度を表示し両者の関係を示した.最小主応力 に着目すると、 1g では応力集中のみが観察できるが、4.5g の場合には 1g で応力集中が確認された範囲内で引張 側に接近している点が見受けられる.さらに、応力集中の範囲が 1g の場合よりも斜面上部に広がっていることが 確認でき、図-1 に示す破壊の進展が発生していることが想像できる.

参考文献: 1) Bjerrum, L. (1967): Progressive failures in slopes of overconsolidated plastic clay and clay shales, *Journal of Soil Mechanics and Foundation Division*, ASCE, 93(SM), 1-49