

間隙水圧変動を考慮した円弧すべり計算

佐 賀 大 学 学 生 員 ○高瀬 広之
 正 員 荒牧 軍治
 正 員 古賀 勝喜
 学 生 員 玉藤 智

1. まえがき

基礎地盤が軟弱粘性土である地盤上に斜面を有する土構造物を構築する場合、施工中の安定性を検討しておくことが必要である。斜面の安定解析のために多くの理論が開発されているが、その適用地盤の持つ複雑さのために実際の現場では近似解法が用いられている。安定計算には周知のごとくいろいろな方法があるが、大別すると全応力で解析する方法と有効応力で解析する方法がある。

有効応力を用いて解析する場合に問題となるのは、発生する間隙水圧をどのようにして求めるかである。間隙水圧は盛土の状況に応じて、つまり地盤中の応力変化に応じて変化する。現在、間隙水圧は1) 施工中に発生する実際のデータを用いる。2) K0試験による圧密非排水試験より求められたデータを用いる等が行なわれているがいずれも充分ではない。これらのことから現在のところ有効応力を用いる方法では間隙水圧の影響を評価できていないと思われる。

そこで今回、著者等は地盤内の間隙水圧分布を空間的にも、時間的にも充分求め得る有限要素法解析を用い、これを安定計算に導入し解析を行なったので報告する。

2. 円弧すべりの安定計算プログラム

この解析プログラムは図-1のフローチャートに示すとおり大別して3つの部分よりなる。まず第一に下層の土についての諸数値の入力である。次にそのデータをもとに間隙水圧を計算しファイルする。そして最後に上層及び下層の土の諸条件を入力し、先に計算させ、ファイルしておいた間隙水圧の計算結果を用いて斜面の安全率を検討するというものである。以上の計算を円弧すべり面の中心座標を変化させながら繰り返す。その計算方法には、斜面の安定解析の方法としては最も一般的な分割法を用い、その中での簡便法により解析を行なう。この方法によれば安全率Fsは次のように表わされる。

$$F_s = \frac{1}{\sum W_i \sin \alpha_i} \sum (c l_i + \tan \phi W_i \cos \alpha_i) \quad (1)$$

$$F_s = \frac{1}{\sum W_i \sin \alpha_i} \sum \left\{ c' l_i + \tan \phi' (W_i \cos \alpha_i - u l_i) \right\} \quad (2)$$

Fs : すべりに対する安全率

c : 土の粘着力

c' : 有効応力による土の粘着力

φ : 土の内部摩擦角

φ' : 有効応力による土の摩擦角

Wi : 細片の重量

αi : 水平に対するすべり面の傾き

li : 細片のすべり弧長

u : 細片のすべり面上に作用する間隙水圧

式-1は間隙水圧を無視した場合、式-2は間隙水圧を考慮する場合である。この解析プログラムはいずれの場合にも対応できるようになっている。なお円弧すべり面は底部破壊を想定したものである。

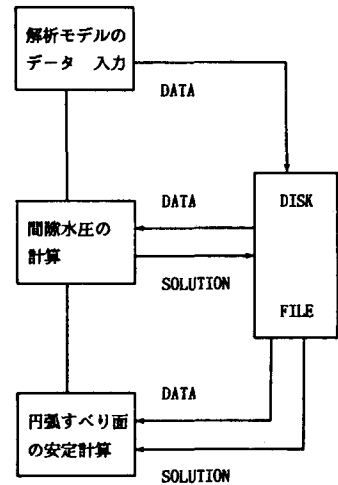


図-1 フローチャート

本プログラムでは、細片のすべり面の中央点に作用する間隙水圧 u_i を求め、その値と細片のすべり弧長 l_i の積の総和 $\sum u_i l_i$ として、間隙水圧を考慮しているので u を求める必要がある。よって Biot 型圧密解析により求めた間隙水圧の値と円弧すべり計算を対応させている。まず間隙水圧 u_i の作用する点の x 、 y 座標を円弧の式から求め、解析メッシュモデルのどの要素内に存在しているのかを判断させる。そののち、三角形要素の 3 節点の既知間隙水圧から、要素内の間隙水圧が線形で変化することを用いて、間隙水圧 u_i 、 x 、 y 座標と要素の 3 節点の座標の比例関係により間隙水圧 u_i の値が得られる。(図-2 参照)

3. 計算例

図-3 は解析に用いたモデルを示しており、節点数 97、要素数 159 にメッシュ切りした 2 次元モデルであり、図のように盛土がなされている。また、円弧すべり計算に用いるデータは表-1 に示す値であり、下層は有明粘土である。

間隙水圧は、時間が 1000 日までの 19 ステップで計算しており、円弧すべり計算に対しては、表-2 に示すように 6 ステップを選んだ。また図-4 は、地下 2 m の位置での時間経過による間隙水圧の変化を示したものである。このように、表-2 と図-4 を見ると載荷直後は間隙水圧の影響で安全率が最も小さく間隙水圧の減少に対して、安全率 $F_s \cdot UL$ の値が増加していることが分かる。

4. 結語

盛土工事が短期であるときは、間隙水圧は築造中に増加し完成直後あたりで安全率は最少となる。しかし長期にわたるときは築造中に間隙水圧が消散するため安全率はそれ程低下しない。このように間隙水圧を考慮したすべり計算法を確立することは合理的工法の開発のため必要である。

表-2 安全率

TIME(DAY)		12	20	60	130	250	550
MIN FS	NORMAL	3.636	3.636	3.636	3.636	3.636	3.636
	UL	3.255	3.336	3.459	3.517	3.556	3.591

表-1 入力する土の諸数値

斜面部の水平長さ	8 (m)
上層地盤の天端長さ	3 (m)
上層地盤の厚さ	4 (m)
すべり面中心の X 方向の分割数	8
すべり面中心の Y 方向の分割数	8
円弧すべり面の分割数	10
下層地盤の厚さ	20 (m)
下層地盤の分割長さ	1 (m)
下層地盤の分割長さの繰り返し回数	2
上層の土の単位体積重量	1.8 (t/m ³)
上層の土の粘着力	2 (t/m ²)
上層の土の内部摩擦角 (度)	30
下層の土の単位体積重量	1.4 (t/m ³)
下層の土の粘着力	2.5 (t/m ²)
下層の土の内部摩擦角 (度)	25

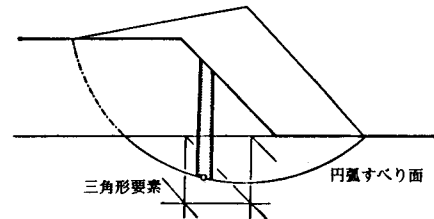


図-2 円弧すべりとメッシュモデルとの対応

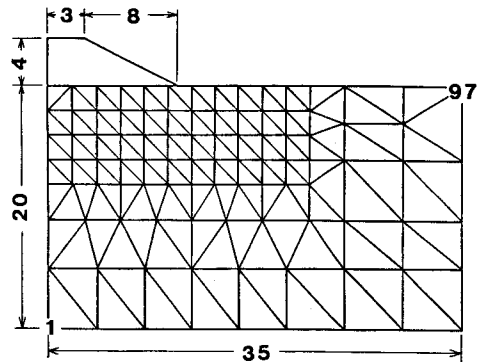


図-3 解析モデル

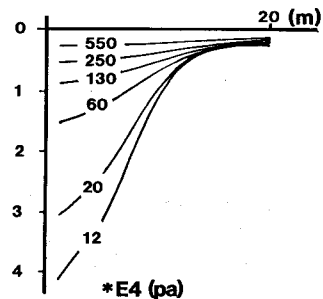


図-4 地下2mの水圧分布