

Ⅲ-11 傾斜基盤上にある斜面の支持力計算とすべり面の探索

高松高専専攻科 建設工学専攻 (学) ○坂本作斗夢
 高松高専専攻科 建設工学専攻 (学) 滝 祐司
 高松高専 建設環境工学科 (正) 土居 正信
 高松高専 建設環境工学科 (正) 向谷 光彦

1. はじめに

日本では基礎を山間部の斜面上に設置する機会も多い。そして、直接基礎の支持力問題には、多くの複雑な要因がふくまれている。しかし、すべての要因を取り入れた、理論的な支持力理論は存在していない。そこで、本研究では、斜面上にある荷重を載荷した場合における、すべり面の探索を目的とし、遺伝的アルゴリズムを用いることにより、すべり面の探索を行うプログラムの作成を行った。また、発生したすべり面で上界定理を用いることで比較し、本研究で得られたすべり面の適応性について検討した。第一段階として、斜面内に傾斜基盤がある場合を想定して、すべり面の探索を行った。

2. 遺伝的アルゴリズム

本研究でのすべり面の探索の基本的な流れを次に示す。①基本パラメータを入力し、次に②初期固体を作成する。ここでは、各個体について、一つのすべり面の情報(すべり面の仮定)が表現されている。③目的関数を算出する。本研究では、簡便ヤンプ法を用い安全率が最小となるすべり面の探索を行う。④淘汰を行う。淘汰とは、目的とする対象(ここではすべり面形状)にとって都合のよいものは繁殖させ、都合の悪いものは排除するという操作である。⑤交叉操作を行う。交叉とは遺伝子を組み換え、次の世代の固体(すべり面)を作る操作である。⑥突然変異操作を行う。突然変異とは固体(すべり面)の一部を変化させる操作である。⑦収束判定を行う。本研究での判定基準は、設定した世代交代数に達したか否かとした。

また、土が傾斜基盤に沿って移動する時は、傾斜基盤の表面に摩擦係数を与えることで、摩擦力により抵抗するものとした。

3. 上界定理の概要

本計算方法としては、鉛直方向の速度成分を基本として図1のホドグラフをもとに各すべり面の速度成分を求めた。図1に示す α は鉛直方向からすべり面まで

の角度($^{\circ}$)、 ϕ は内部摩擦角($^{\circ}$)である。また、 V 、 V_0 、 V' はそれぞれ、方向がすべり面から ϕ の角度の大きさに開いた速度、基礎を押し込む鉛直方向の速度、すべり面に沿う速度である。これらの関係式を式(1)、式(2)に示す。

$$V = \frac{1}{\cos(\alpha + \phi)} V_0 \quad (1)$$

$$V' = V \cos \phi = \left| \frac{\cos \phi}{\cos(\alpha + \phi)} \right| V_0 \quad (2)$$

次に外力仕事率と内部消散率とのつりあい式は、式(3)となる。また、式(2)と式(3)より式(4)を導くことができ、極限支持力 q を求めることができる。ここに、自重の外力仕事率は、 V の成分によって正と負の判別を行う必要があることに注意する。

$$qBV_0 + \sum \gamma A_i V_0 = \sum c \ell_i V'_i \quad (3)$$

$$q = \frac{1}{B} \sum \left(c \ell_i \left| \frac{\cos \phi}{\cos(\alpha_i + \phi)} \right| \mp \gamma A_i \right) \quad (4)$$

ここで、 q :極限支持力値(kPa)、 B :載荷幅(m)、 c :粘着力(kPa)、 ℓ :すべり線長(m)、 γ :土の単位体積重量(kN/m³)、 A :面積(m²)である。

また、すべり面が傾斜基盤に沿うように発生する時は、傾斜基盤の摩擦係数 μ を与えることで求めること

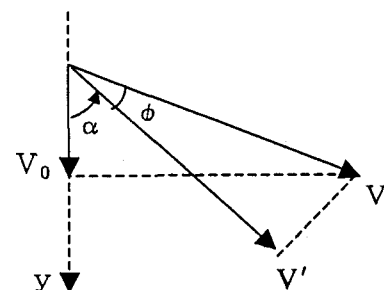


図1：ホドグラフ

にした。よって、傾斜基盤に沿う時の仕事率 D' は、式(5)より求められる。そして、内部消散率に加えて極限支持力を求めることにした。

$$D' = \sum \mu W_i \tan \alpha_i V_o \quad (5)$$

4. 解析結果と考察

本研究で用いた、解析条件としては、土の単位体積重量 $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ 、内部摩擦角 $\phi = 20.0^\circ$ 、粘着力 $c = 10.0 \text{ kPa}$ 、荷重 $q = 50.0 \text{ kPa}$ 、摩擦係数 $\mu = 0$ 、斜面高 $H = 5 \text{ m}$ 、載荷幅 $B = 1.0 \text{ m}$ 、斜面勾配 1:1、傾斜基盤勾配 1:1、傾斜基盤の位置を一定として解析を行った。また、法肩から傾斜基盤の位置の変化によるすべり面の発生の違い、傾斜基盤の有無によるすべり面の発生の仕方について比較検討を行った。そして、得られたすべり面をそれぞれ、図2、図3、図4に示す。また、それぞれで得られたすべり面で上界定理により計算し求められた結果を表1に示す。図3からは、すべり面が傾斜基盤に到達して、傾斜基盤に沿ってすべろうとしていることが分かる。また、図2、図3、図4の比較では、傾斜基盤の位置で、すべり面の形状が明らかに変化していることが分かる。表1より安全率と極限支持力を比較すると、すべり面が傾斜基盤に到達すると安全率は小さくなり、傾斜基盤にすべり面が到達しなければ安全率に影響がないことが分かった。また、安全率が1未満の場合、載荷重の大きさが極限支持力を超え、安全率が1以上の時は、極限支持力内に収まっていることが分かった。

5. まとめ

傾斜基盤にすべり面が到達しなければ、ほぼ同様の安全率を得ることができたが、すべり面が傾斜基盤に到達すると傾斜基盤に沿うようにすべり面が発生するので、安全率が小さくなった。

上界定理によって得られた値と本研究で得られた安全率の比較により、本研究のプログラムは、構造物を建設した場合の安全率の判定に用いることに有効ではないかと考えられる。

5. 今後の課題

傾斜基盤の勾配や位置を変化させた時のすべり面と安全率への影響について行っていきたい。また、複数の地層等がある場合の地盤等様々な要因を取り入れたすべり面の探索を行っていきたい。

表1：安全率と極限支持力

傾斜基盤	位置	Fsmin	q
×	なし	1.14	338.65
○	2.0m	0.74	119.03
○	2.8m	1.14	440.78

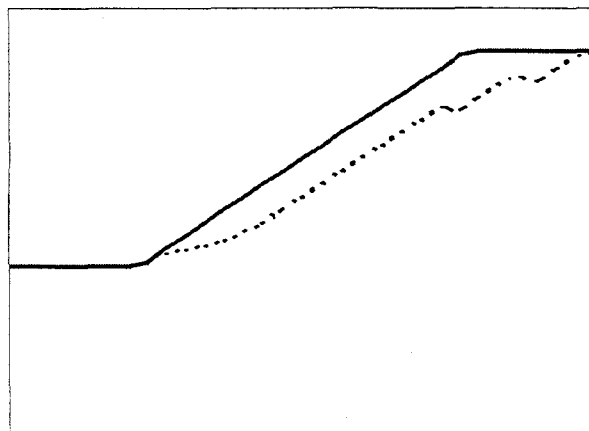


図2：傾斜基盤なし

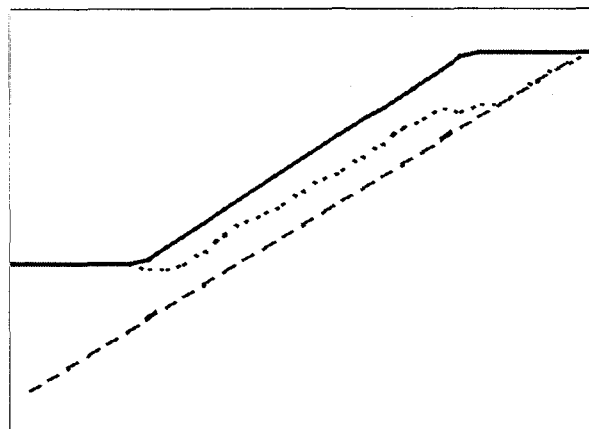


図3：法肩から傾斜基盤の距離 2.0m

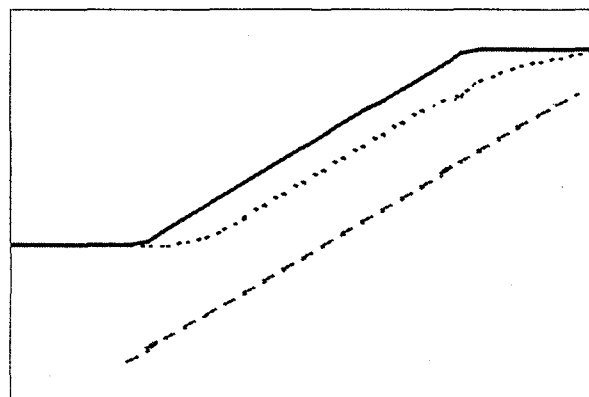


図4：法肩から傾斜基盤の距離 2.8m