

III-220

斜面安定問題の一離散化解析手法について(その1)

佐藤工業(株)	正員	矢田 敬
明星大学	正員	竹内 則雄
東京理科大学	正員	川井 忠彦

1. はじめに

斜面安定問題の解析を行う際に、分割法を用いたSweden法がよく利用される。しかし、この方法では細片分割間の不静定力が無視されている。そのため、Bishop法、Janbu法のように部分的に不静定力を取り扱う方法が考えられている。今泉¹⁾、望月²⁾はBishop法、Janbu法をより経済的に解析するため、修正法を提案している。また、Janbu法と同様に、非円弧すべりを取り扱う方法として、対数らせん線を利用する方法も提案されている。³⁾これらの解析方法は極限平衡法を基礎としているために、すべり面が発生した箇所においても再配分しなければならない力を持っており、いわば弾性解析的な要素を持った解析法であると考えられる。

また、有限要素法等を利用した解析法も多く試みられているが、直接設計に用いる場合には、①明確なすべり線が得られない。②要素分割等のデータ作成に手間がかかる等の問題点がある。

一方、川井モデルは一般化された極限解析用のモデルであり、与えられた要素分割に対して最良の上界値を得ることができる。⁴⁾本論文では川井モデルを用いて、円弧または非円弧をすべり面と仮定したモデル化を行い、すべり面上の塑性仕事だけを評価することで簡単な極限解析を行う手法を提案する。

2. 計算手法

(1) 計算アルゴリズム

すべり面を円弧でモデル化した例を図1に示す。計算の手順は次の通りである。①斜面の形状や地層線のデータを与え、細片分割を行い、これを基に各々の細片における地山の重量を計算する。②図1の網掛け部分を1要素と考え、●印間を積分区間として○印の箇所に積分点を設ける。③川井モデルの自由度設定位置を円弧中心にとり剛体変位(u , v)と回転角(θ)の3自由度を設け、剛性行列を求める。なお、地盤は剛塑性体と仮定し、剛性は無視する。④各細片の重量から x および y 方向の外力(X , Y)を計算し、円弧中心と各細片の重量作用位置および重量から円弧中心点に作用するモーメント(M)を計算する。⑤川井モデルによる離散化極限解析を行い、各々の積分点における表面力を求める。この表面力から安全率を算定する。本手法は、自由度数が3であるため、3元1次連立方程式を解くことで簡易極限解析を行うことができる。

(2) 塑性計算

塑性計算には応力遷移法、山田の方法を用いる。これらの方法による応力経路の概念図を図2に示す。なお、圧縮は負で表示する。

(3) 安全率の定義

安全率は、積分点の応力(σ , τ)と細片の長さ l より次式で求める。

$$FS = \frac{\sum (c + \sigma \tan \phi) l}{\sum \tau l}$$

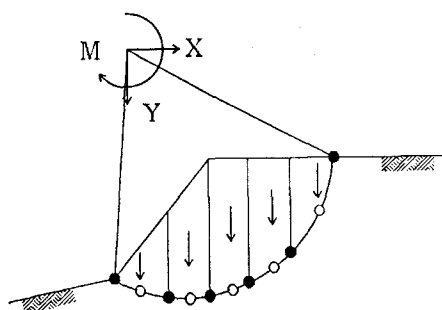


図1 1要素モデル

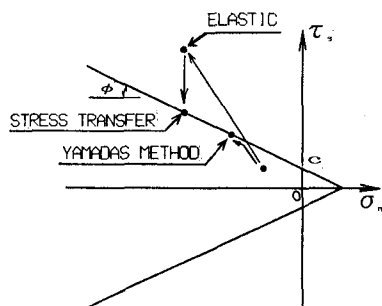


図2 応力経路の概念図

3. 数値計算例

図3にモデル斜面における応力遷移法, 山田の方法, 弾性計算の最小安全率を与える位置を示す。応力遷移法と山田の方法の最小安全率の値と位置は同じ結果になっている。しかし、塑性計算に比べて弾性計算の最小安全率を与える位置は大きく異なっており、安全率の値も塑性計算に比べると約6%小さな値になっている。図4に円弧すべり線における3者の安全率の分布状況を示す。弾性計算では、円弧すべり線の位置によって安全率の値の差異が顕著になっているが、塑性計算を行うことにより法肩付近にすべり線が発生し、円弧すべり面の安全率が平均化されることが分かる。

表1にモデル斜面において望月等²⁾が行った簡易法の計算結果と本計算結果を比較して示す。応力遷移法, 山田の方法は、Sweden法, Bishop法の間の値になっているが、弾性計算の結果はSweden法より小さな値になっている。

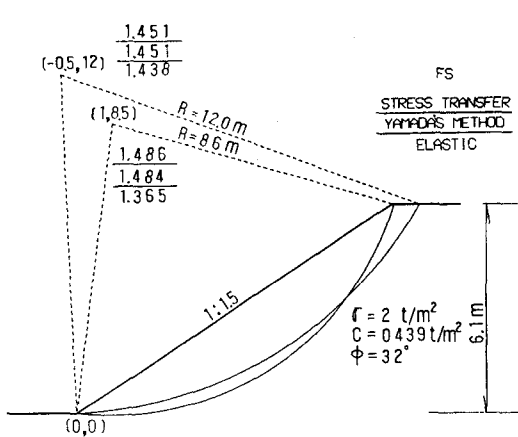


図3 モデル斜面の計算結果

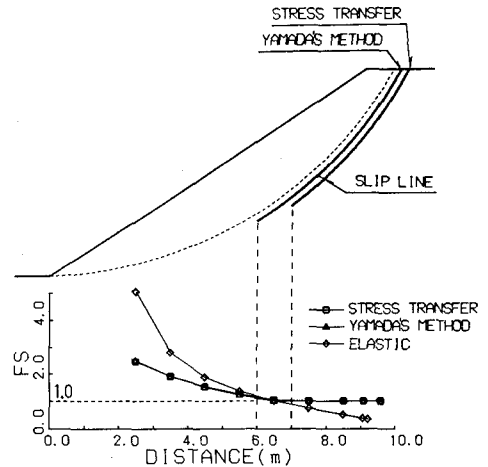


図4 安全率の分布状況

表1 安全率の比較

SWEDEN	BISHOP	JANBU (h/3)	STRESS TRANSFER	YAMADA'S METHOD	ELASTIC
1.43	1.54	1.63	1.46	1.45	1.37

円弧中心位置 (0.75, 9.75), $R = 9.8$ m

4. むすび

本計算方法は、3自由度であるために、簡易的に極限解析を行うことができるという特徴がある。また、解析には従来法のデータをそのまま利用することができるという利点がある。応力経路に差があると考えられる応力遷移法、山田の方法いずれの方法を用いても、同様な結果が得られることが分かった。本方法を用いることにより、引張クラック、任意の位置における弱面等の考慮も簡単に行うことができる。

[参考文献]

- 1) 今泉他: "一般分割法による斜面の安定解析", 土と基礎, Vol. 35, No. 5, P55-P60 (1988)
- 2) 望月他: "2つの斜面安定手法の提案", 土木学会論文集, 第370号, III-5, P261-P270 (1986)
- 3) 宇野他: "対数らせんを用いた斜面安定解析の試み", 土と基礎, Vol. 35, No. 11, P33-P38 (1987)
- 4) 竹内他: "離散化極限解析の誤差評価について", 日本鋼構造協会第15回大会マトリックス解析法研究発表論文集, P77-P82 (1981)