

Ⅲ－8 三次元数値地形データを利用した 斜面安定解析システムのマサ土斜面への適用

東北大学 学生会員 ○高田 優
正会員 京谷 孝史
フェロー 岸野 佑次

1. はじめに

我が国は山脈が多く、降雨・地震などによる斜面崩壊災害が多発している。災害による被害を抑止するためには、適切な斜面安定性評価を行い効率的な対策を施す必要がある。

このような背景から近年、数値地形データと計算機を用いて危険箇所を特定する三次元斜面安定解析システムが開発されている^{1),2),3)}。これらの手法では、広範囲の地形から危険箇所を特定し、三次元的に安定性評価を行うことが可能である。

本研究では、数値地形データから解析に必要なデータを作成するシステムを整備し、この三次元斜面安定解析システムを実際のマサ土斜面に適用して、既に行われている安定性評価との比較・検討を通じてシステムの有用性、有効性を検証する。

2. 三次元斜面安定解析システム

三次元数値地形データを利用して、有限要素法における4節点アイソパラメトリック要素の考え方を適用して地表面およびすべり面を近似し、安全率 F を求める。

$$F = \frac{-Q \cdot (S / \|S\|)}{\|S\|} = \frac{-Q \cdot S}{S \cdot S} \quad (1)$$

ここで、 S はすべり体のすべろうとする力であり、 Q はすべりに抵抗する力である。これらは各要素 i 毎に求められた S_i 、 Q_i の合力として算定される。

$$S_i = -\{(t_i \cdot e_g) \sum_l \gamma_l V_l\} t_i \quad (2)$$

$$Q_i = \{c A_i + (\sum_l \gamma_l V_l - \gamma_w V_w)(n_i \cdot e_g) \tan \phi\} t_i \quad (3)$$

ここで、 A_i 、 n_i 、 t_i は i 番目要素のすべり面面積、すべり面に垂直な単位ベクトル、土塊がすべろうとする向きの単位ベクトル、 γ_l は地層 l の単位体積重量、 V_l は地層 l が占める土柱内の体積、 γ_w は水の単位体積重量、 V_w は土柱全体の体積の内、地下水が浸透している部分の体積であり、 c 、 ϕ はすべり面が存在する地層の強度定数である（図-1）。

3. 解析に用いるデータ作成について

本解析システムでは、デジタル地形データ（地表面の三次元座標）を元に、解析対象範囲を四角形要素で分割する。1つの要素は任意の4節点で形成される。

地形データ取得の方法にはデータベースからの取得や実斜面計測地図からデジタイザを用いて取得する方法がある。これらの情報は一般に不規則な点群データであり、解析に際して、それら点群データから規則的なメッシュを作成する必要がある。

図-2に本解析システムで用いるデータ作成方法を示す。ランダムな点の上に作りたいメッシュサイズの格子を配置する。ひとつの四角形に入った点の標高（ z 座標）の平均値を、その四角形の中心点の標高とする。四角形要素に1つも点が入らない場合は、周囲の節点データから線形補間を行いデータを補完する。

地層、地下水を考慮する場合は、図-3のように、 $x-y$ 平面上において地表面を構成する節点と同じ位置に地層境界の標高をもつ三次元数値地形データを準備する。

4. 実斜面への適用

解析対象とする斜面は、岩手県山田町織笠地区にある国道45号沿線の、花崗閃緑岩を起源とするマサ土の単一構造斜面である。ここでは平成4年度から8年度にかけて降雨と斜面内部の水の挙動及び斜面動態の調査が行われており、降雨によって含水比が30%に達した際に、地盤の変動が観測されている。

今回はレーザー測量で得られたデータ（図-4）をもとに、地表面データを作成した。図-5に解析対象範囲の地形図を示す。この地形に本解析システムを適用し、有効性を検証する。解析においては表-1のように含水比および強度定数を変化させることにした。これらの強度定数は既往の安定解析で用いられたものである。

図-6、図-7に最小安全率を示したすべり面およびその断面図を示す。4ケース全て最小安全率を示した地点はほぼ同じであった。またそれぞれの含水比での最小安全率を図-8に示す。含水比の増加とともに安全率は下がっている。これは土質力学の一般的常識と一致する。

本解析で得られた著しい結果は、含水比が30%以上になると安全率は急に下がり1以下になることである。これは、含水比が30%を越えると、土質定数が大幅に低下するためであるが、斜面調査において含水比が30%を越えた際に地盤の変動が観測された事実と合致する。以上より、今回の解析は斜面調査の結果と一致しており、本解析システムの

表-1 設定する土質定数

	表層				基盤		
	w	c	ϕ	γ	c	ϕ	γ
15%	15.7	31	15.16	19.6	35	17.63	
22%	14.7	22	14.47	19.6	35	18.4	
30%	13.7	24	17.14	19.6	35	19.9	
35%	4.9	13	16.01	19.6	35	20.7	

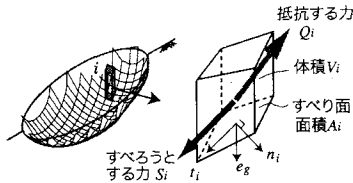


図-1 土柱に作用する力

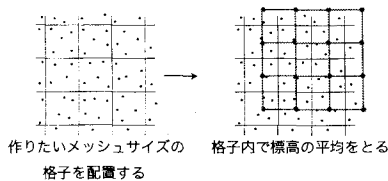


図-2 データ作成方法

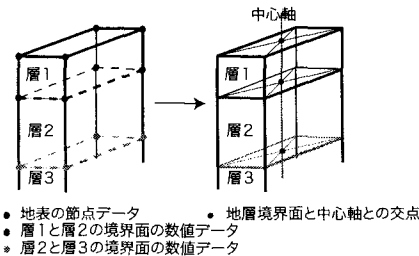


図-3 地層境界のメッシュデータ

有用性が確認できた。

5. まとめ

どのような地形データからでも解析が行えるように、システムを整備した結果、実際の斜面についても解析が行えるようになった。また土質定数を実斜面に適した値に設定することで、実斜面の安定解析が行われている知見と整合性のある結果が得られた。よって、本解析システムは斜面の安定性評価を行う際に有効であると言える。

参考文献

- 1) 周 国云, 江崎哲郎, 謝 謨文, 三谷泰浩: GIS とモンテカルロ法を用いた新しい三次元空間斜面安定評価方法の提案, 土と基礎, Vol.50, No.5, pp.23~25, 2002.
- 2) 山本 雄介, 京谷 孝史: 数値地形データを用いた三次元斜面安定解析システムの開発, 地盤工学研究発表会発表講演集, Vol.38, pp.2203~2204, 2003.
- 3) 三浦 史恵, 京谷 孝史: 三次元数値地形データを利用した斜面安定解析システムの実用化について, 第 59 回年次学術講演会講演概要集, III-128, pp.255-256, 2004.

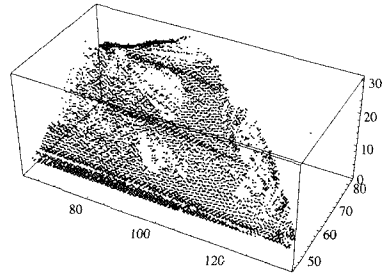


図-4 解析対象地形データ (レーザー測量)

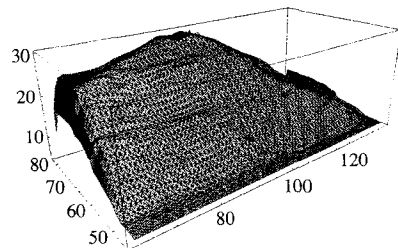


図-5 解析対象地形 (解析用データ)

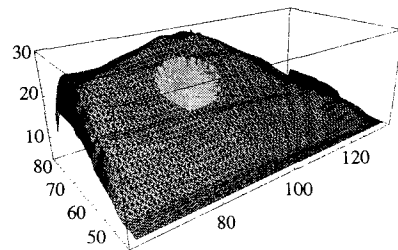


図-6 最小安全率を示したすべり面

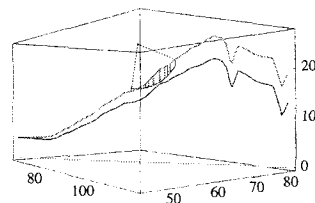


図-7 最小安全率を示したすべり面の断面図

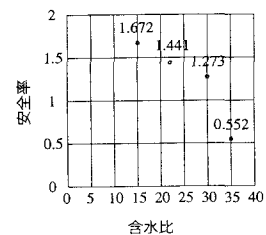


図-8 含水比-安全率