

1. はじめに

花崗岩地域で豪雨中に発生する崩壊は表土層崩壊の形をとることが多い。この表土層崩壊の発生のための重要な要因として傾斜、集水面積、表土層厚の三要因ととりあげ、傾斜・表土層厚を評価した手法¹⁾、傾斜・集水面積を評価した経験的手法およびこれから二つの手法を組み合わせたシステム²⁾をすでに提案した。しかし、これらの手法は(1)格子点の集水面積を求める必要があるため対象斜面が谷型斜面のみに限定される、(2)オの手法は経験的に得られる結果を活用しているため、他の地域へ通用する場合には多くの調査を積み重ねる必要がある、

(3)素因、特に地形条件がとりあげられ、誘因である降雨の評価が困難である、等の欠点を有している。このため、本報では上述した欠点を補うため新たなモデルを提案しようとするものである。この手法は(1)地形を10m格子間隔で数値地形モデル化し、(2)調査地域内の谷型、尾根型、平行型の全ての斜面を対象とし、(3)集水モデルにより表土層内の地下水位の時間変化を求め、(4)この地下水位、地形要因、土質要因を用いて、各単位斜面(10mの格子で囲まれた部分、以後これをセルと称する)で有効応力法による無限長斜面安定解析によりセルの危険度を評価する手法である。

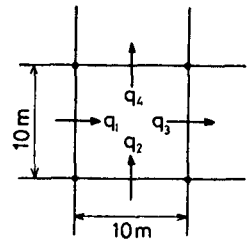


図-1 地下水の流れ

2. 集水モデルの作成

このモデルは川谷の山地斜面における地表流の流出解析モデルの考え方³⁾と、これを地下水の流れに応用したもので、次に示す連続の式(1)とダルシーの式より得る。

$$\lambda \cdot \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} = r \quad (1) \quad q_x = h \cdot k \cdot I_x \quad (2) \quad q_y = h \cdot k \cdot I_y \quad (3)$$

ここで、 h : 見かけの地下水位、 q : 単位時間あたりの単位幅流量、 I : 動水勾配、 r : 有効降雨強度、 k : 透水係数、 λ : 有効間隙率で、添字 x , y はそれぞれ x の方向を示す。本報では地形を数値モデル化しているため、式(1)を差分化して図-1に示すような地下水の流れを仮定して地下水位を求めた。

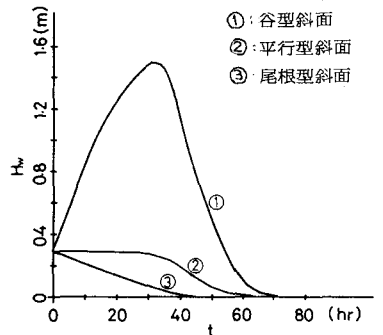


図-2 地下水位の時間変化

3. 集水モデルの妥当性について

集水モデルにより妥当な結果が得られるかを理想斜面を用いて検討した。ここでは、斜面の横断形状による地下水の集水性の違いをみるため、等高線が同心円上に等間隔に分布する谷型斜面と尾根型斜面、更に等高線が平行で等間隔の直線を示す平行型斜面を設定した。この理想斜面に $r = 2.0 \text{ mm/hr}$ 、 $\lambda = 0.35$ と仮定し、単位降雨 0.1 mm/hr が単位時間あった場合、下流に位置するある一点での地下水位が斜面型の違いによりどのように変化するかを示したもので、当然のことながら谷型斜面で地下水位が増大することがわかる。この結果は妥当な結果であるため、このモデルを自然斜面へ適用した。

4. 斜面安定解析モデル

本報ではセルを対象に、そのセルの危険度を評価しようとするため、次式で示される無限長斜面安定解析式を各セルに適用した。

$$SF(t) = \frac{c_s + c_r + \{(\gamma_{sat} - \gamma_w)H_w(t) + \gamma_t(H - H_w(t))\} \cos^2 \beta \cdot \tan \phi}{\{\gamma_{sat} \cdot H_w(t) + \gamma_t(H - H_w(t))\} \sin \beta \cdot \cos \beta} \quad (4)$$

ここで、 $SF(t)$: t 時刻の安全率、 c_0 : 土の粘着力、 c_r : 根系による粘着力、 ϕ : 土の内部マツ角、 γ_s : 土の湿潤単位体積重量、 γ_{sat} : 土の飽和単位体積重量、 γ_w : 水の単位体積重量、 H : 基岩面からの表土層厚、 $H_w(t)$: t 時刻における基岩面からの地下水位、 β : 基岩勾配である。

5. 崩壊危険図の作成

本報ではこからの考え方と竹平NW試験地^(1,2)に適用した。ここで各セルの H は、そのセルのまわりの十格子点の表土層厚の平均値とした。各格子点の表土層厚は現地調査で計測することが困難であるため、本研究では空中写真及び現地調査により明らかに表土層が存在せず基岩が現われている格子点ではゼロと仮定し、その他の格子点では一様な厚さ(本報では1.2 m)で分布しているものと仮定した。各セルの傾斜は各格子点の標高から表土層厚を引いた基岩標高 z ($z=1\sim4$)を用いて各セルを、傾斜面の手法を使って、式(5)で示される平面に近似し、その最大方向の傾斜を使用することとした。

$$z = b_1 + b_2x + b_3y \cdots (5)$$

$$\text{ここに} \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 4 & \Sigma x & \Sigma y \\ \Sigma x & \Sigma x^2 & \Sigma xy \\ \Sigma y & \Sigma xy & \Sigma y^2 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} \Sigma z \\ \Sigma xz \\ \Sigma yz \end{pmatrix} \cdots (6)$$

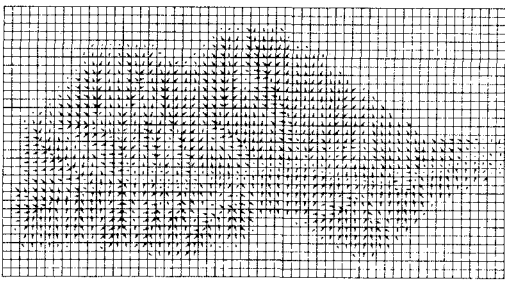


図-3はこの方法によって得られた試験地の各セルの傾斜の大きさとその方向を示した図である。この図はこの試験地の地形をよく示していると考えられる。根系による粘着力 c_r は、これも不明であるが本報では地下水位がゼロの時の安全率がもし1.05以下にならば、この c_r により初期安全率が全てのセルで1.05以上になるよう補正値を与えた。式(4)のその他の値は、 $c_0=0.5 \text{ t/m}^2$ 、 $\tan \phi=0.6$ 、 $\gamma_{sat}=1.9 \text{ t/m}^3$ 、 $\gamma_s=1.7 \text{ t/m}^3$ 、 $\gamma_w=1.0 \text{ t/m}^3$ 、 $\lambda=0.35$ 、 $k=2.0 \text{ m/hr}$ と仮定し、有効降雨 $r=20 \text{ mm/hr}$ を50時間一様に降らせ、各セル毎に各時間の安全率 $SF(t)$ を求めた。各セルの危険度は安全率が1.0以下となるに必要な時間(t_{cr})を指標として評価することとした。これは危険度の高い斜面ほど、より短い降雨継続時間で崩壊が発生するであろうと仮定したためである。

この結果を図-4に示す。この図では危険度Aは10時間以内、Bは20時間以内、Cは30時間以内、Dは40時間以内、Eは50時間以内とした。図中、太線で囲まれている部分は1972年に崩壊の発生したセルを示す。こよりすべての崩壊源においてはA又はBの危険度の高い斜面が出現していることがわかる。本研究は昭和58年度科研費自然災害

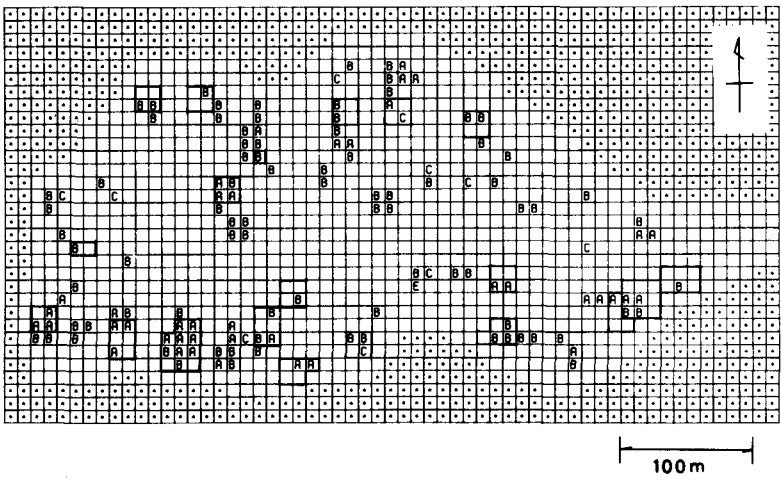


図-4 竹平NW試験地の崩壊危険予測図

(2)の成果によるものであり、記して謝意を表します。参考文献 1)沖村孝, 土論集, 331, pp.113~120, 1983 2)沖村孝, 土論集, 338, pp.131~138, 1983, 3)川谷健, 地形, 2-1, pp.67~72, 1981