

降雨による地下水位の応答を考慮した表層崩壊危険予測手法
に関する研究

神戸大学工学部 正 沖村 孝
日興證券 正 水野 英之
神戸大学大学院 学○ 國村 省吾

1. はじめに

過去、沖村・市川¹⁾は、地形を10m格子間隔で数値地形モデル化し、これを用いた崩壊予測手法(沖村・市川モデル)を提案している。しかし、この手法には実際の降雨ではなく地下水位の上昇にのみ寄与する有効降雨の考え方をを用いていること、雨水は瞬時に基岩面まで浸透し地下水面を形成すると仮定していること等の問題点が存在する。本研究では、これらの問題点を解消するため雨水の鉛直浸透モデルを従来の沖村・市川モデルに組込んだ新たな崩壊予測モデルを提案する。解析対象地域は、1972年の豪雨で多数の表層崩壊が発生した岐阜県瑞浪市の竹平NW地区とし、解析には1972年7月の崩壊発生当時の降雨を入力して崩壊発生場所及びその発生時刻のシミュレーションを行う。

2. 解析手法

鉛直浸透解析は、図-1に示すように数値地形モデルの10m格子で囲まれた単位斜面(以後、セルと称す)を深さ方向 $\Delta z=5\text{cm}$ で等分割したモデルを考え、各要素の体積含水率を時間間隔 $\Delta t=5\text{min}$ ごとに差分によって計算する。解析に用いた不飽和透水係数、圧力水頭は、体積含水率の関数とみなし、図-2に示す値を採用した。また、要素が飽和となると横方向の流れをダルシー則に従い、図-3に示すように考える。

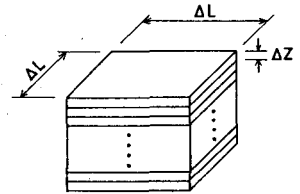


図-1 解析モデル

各セルの傾斜角、セルを構成する4格子点の標高から表土層厚(本研究では、1m均一と仮定する)を差し引いた基岩標高を用いてセルを平面に近似し、その平面の最大方向の傾斜と定義する。

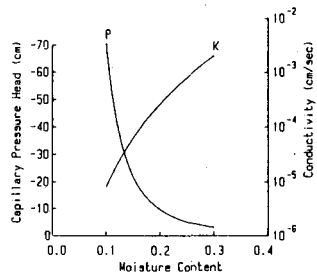


図-2 水分特性曲線

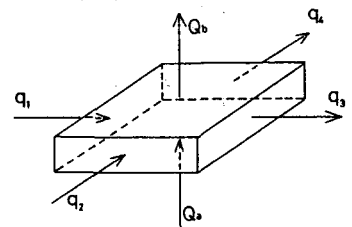


図-3 要素内の水の流れ

安定解析は、無限長斜面安定解析法を採用し、安全率を次式で計算する。

$$\sigma = \sum_{i=1}^N [\{\theta(i) \gamma_w + (1-n) \gamma_s \gamma_w\} \cdot \Delta z] \quad \dots\dots (1) \quad SF = \frac{C_s + C_r + (\sigma - h_u \gamma_w) \cos^2 \beta \tan \phi}{\sigma \sin \beta \cdot \cos \beta} \quad \dots\dots (2)$$

ここで、 σ :セルの全応力、 N :鉛直方向分割数、 $\theta(i)$:第 i 層での体積含水率、 γ_w :水の単位体積重量、 n :有効間隙率、 γ_s :土粒子の比重、 Δz :鉛直方向分割厚さ、 SF :安

Takashi OKIMURA Hideyuki MIZUNO Shōgo KUNIMURA

全率, C_s : 土の粘着力, C_r : 根系による粘着力, h_w : セルの地下水位, β : 斜面傾斜角, ϕ : 内部摩擦角である。なお、土質工学的諸量はマサチの代表的な値を調査地域内で一様とした。土壌水分の初期状態は、地表面の要素で0.1、基岩面の要素で0.15となるよう各深さごとに与えた。

3. 解析結果

解析開始時刻を1972年7月12日午前9時として解析を行った結果得られた崩壊危険図を図-4に示す。各セルで記号の存在しているところは、安全率が1.0を下回ったことを示し、

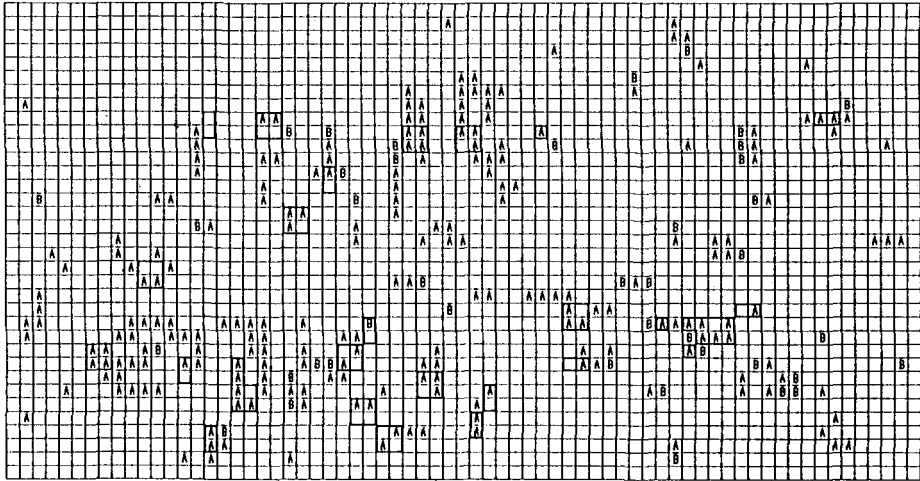


図-4 崩壊危険図

記号Aは解析後17時間(7月13日午前1時)で、記号Bは解析後18時間(同日午前2時)で危険と判定されたセルを示している。

また、記号の記されていないセルは、安全率が1.0を下回らなかったセルである。図の大線で囲まれた部分は、1972年7月の豪雨によって発生した崩壊源である。大部分の崩壊源内には、安全率が1.0を下回るセルが存在していることがわかる。次に、崩壊セルの個数と累加雨量との関係を時間ごとに調べてみた。その結果を図-5に示す。図の横軸は時間を示し、上図の折れ線は累加降雨量、棒グラフは時間降雨量を表している。下図の棒グラフは各時間の崩壊セル個数を表している。この図より、累加降雨量が急激に増加した解析17時間後に崩壊が多発していることがわかる。この解析17時間後は、実際の時刻では1972年7月13日午前1時ごろに相当し、実際に崩壊が発生した時刻もほぼこの時刻であると報告されていることからシミュレーションの結果は妥当であると考えられる。しかしながら、崩壊危険セルが少し多い目に現れているため、今後は表土層厚等の入力データを現地でも正しく求めておく必要がある。

参考文献: 沖村 春・市川 龍平: 数値地形モデルを用いた表層崩壊危険度の予測法, 土木学会論文集Ⅱ-3, pp.69~75, 1985

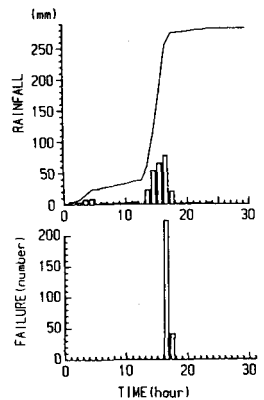


図-5 降雨量と崩壊セル個数