

64 非矩形三次元多平面安定解析による 自然斜面表層崩壊形状の推定

神戸大学工学部 ○沖村 孝

神戸大学大学院 森本功彦

1. はじめに

本報では予知・予測を目的として、まず矩形形状の仮定すべり土塊を対象とした三次元での力のつり合いより、三次元空間でのすべり方向を推定する手法を提案する。さらにこの手法を過去に崩壊が発生した自然斜面に適用してすべり方向を推定した後、得られた方向に対して非矩形形状をも対象とした三次元多平面安定解析手法¹⁾、昨年度の研究発表会で提案した非矩形形状を対象とした三次元簡易Janbu法および三次元Hovland法を用いた手法²⁾を適用し、崩壊源規模の推定を行うことにより過去のすべり方向との比較およびこれらの解析手法の信頼度を検討した結果について報告する。

2. すべり方向推定手法の提案

本手法では、分割柱仮想壁面に働く力は側面に垂直な水平力のみとし、せん断力に起因する内部力は無視するものと仮定した。 $m \times n$ 個の分割柱からなる矩形仮定すべり土塊のすべり方向および安全率の求め方を説明する。上流端の分割柱に働く水平力はゼロと仮定すると、仮定すべり土塊に作用する力は図-1に示される。仮定すべり土塊全体としてすべり方向に対して直交方向の力のつり合いがゼロになると仮定するとすべり方向 θ (図-1参照) は次式を満足したときに仮定した θ となる。

$$\left| \sum_{i=1}^{n-1} Hx_{i,m} \cdot \sin \theta - \sum_{j=1}^{m-1} Hy_{n,j} \cdot \cos \theta \right| \leq \delta \quad (1)$$

数値計算においては $\delta=0.1\text{ton}$ 、 θ のきざみは 0.005rad とした。下流端分割柱ではすべり面は水平と仮定する。このため下流端分割柱ではせん断抵抗力($Tm_{i,1}$)のみが働く(図-1参照)。安全率はすべり方向における土塊全体の力のつり合いより決定する。下流端分割柱の上流側側面に作用するせん断力の合力 H は以下の式で表される。

$$H = \sum_{i=1}^{n-1} Hx_{i,m} \cdot \cos \theta + \sum_{j=1}^{m-1} Hy_{n,j} \cdot \sin \theta \quad (2)$$

また下流端分割柱のせん断抵抗力の合力 T は、以下の式で示される。

$$T = \sum_{i=1}^{n-1} Tm_{i,m} + \sum_{j=1}^{m-1} Tm_{n,j} + Tm_{n,m} \quad (3)$$

よって安全率は次式を満足したときに仮定した F とする。

$$|H - T| \leq \varepsilon \quad (4)$$

数値計算においては初期安全率を2.00と仮定し、くり返しのための安全率は0.01きざみで増加もしくは減少させている。 ε は 0.6ton と仮定した。解析対象領域はかつて沖村らが提案した手法³⁾により求められた危険セルを中心として 7×7 のセルで表される領域とした。この領

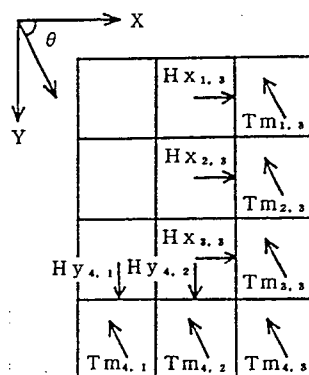


図-1 仮定すべり土塊に作用する力

域内で危険セルを必ず含むあらゆる矩形仮定すべり土塊を設定し最小の安全率を示す矩形仮定すべり土塊のすべり方向を危険すべり方向とした。本報で提案した手法は既提案の安定解析手法ほど厳密な力のつり合いを満足していなため安全率が最小となる矩形仮定すべり土塊形状の信頼度は劣る。このためこの手法からは危険すべり方向のみを採用した。

3. 自然斜面への適用結果

ここでは、過去に崩壊の発生した自然斜面を対象として本報で提案した手法によりすべり方向を推定し、得られた方向で非矩形三次元多平面安定解析手法、非矩形三次元簡易Janbu法および非矩形三次元Hovland法により崩壊源規模の推定を行った。調査地としては宮城県宮城郡利府町内の入菅谷W地区を選んだ。表土層厚は現地調査により測定した値を格子点データに補間することにより求めた。また、 $c' = 0.28 \text{ tf/m}^2$ 、 $\tan \phi' = 0.75$ ($\phi' \approx 37^\circ$)、 $\gamma_s = 1.73 \text{ tf/m}^3$ を室内試験と一面せん断試験結果より与えた。格子間隔は5mとした。すべり方向の推定結果を図-4に示す。この図で矢印は得られた危険すべり方向である。この図では過去の崩壊源形状と推定される部分を実線で、削剥部と推定される部分を破線で示した。これより、本報で提案した手法は表層崩壊のすべり方向を推定できるものであると考えられる。次に、得られた危険すべり方向と解析対象領域のY軸方向が平行となるように危険セルを中心として座標変換を行い再度7×7のセルよりなる解析対象領域を設定する。この解析対象領域に非矩形三次元多平面安定解析手法、非矩形三次元簡易Janbu法および非矩形三次元Hovland法を適用し、最小の安全率を示す仮定すべり土塊を危険すべり土塊とした。その結果を図-5および図-6に示す。これらの図より他の手法に比して非矩形三次元多平面安定解析手法が崩壊源形状を現実のそれ近くに再現し得ることがわかった。

参考文献 1) 沖村孝、鈴木洋平、森本功彦：集水性を考慮した非矩形三次元多平面安定解析による崩壊源規模の推定、第27回土質工学研究発表会、pp. 1895-1896、1992。2) 沖村孝、森本功彦、濱添光太郎：数値地形モデルを用いた三次元斜面安定解析の自然斜面への適用-三次元Hovland法および三次元簡易Janbu法-、平成4年度砂防学会研究発表会概要集、pp. 22-23、1992。3) 沖村孝、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、358、pp. 69-75、1985。

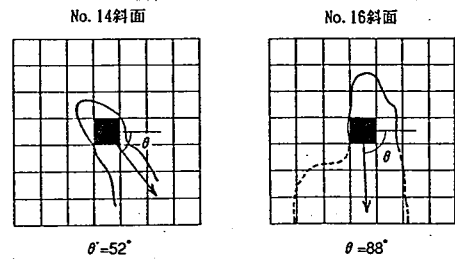
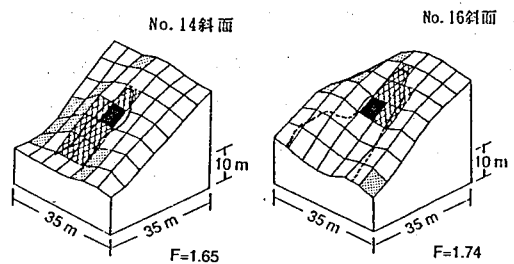
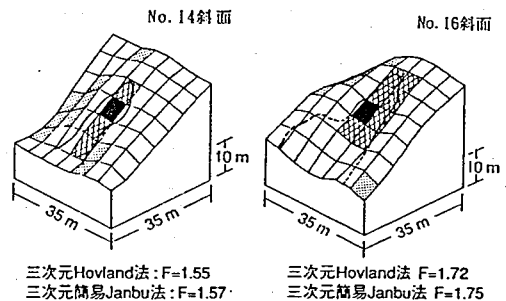


図-2 得られた危険すべり方向



■ 危険セル □ 危険すべり土塊
▨ 基岩の最急勾配方向より設定された非崩壊分割柱

図-3 非矩形三次元多平面安定解析手法による崩壊源規模の推定結果



■ 危険セル □ 危険すべり土塊
▨ 基岩の最急勾配方向より設定された非崩壊分割柱

図-4 Janbu法およびHovland法による推定結果
(両者とも同じ形状が得られた)