

6 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—

神戸大学工学部 沖村 孝
神戸大学大学院 ○森本 功彦
(株)大林組 浜添光太郎

1. はじめに

表層崩壊の崩土に起因する土石流の堆積域を推定するには、崩壊の位置および土量を知ることが必要である。崩壊規模（大きさ）の予知を行うためには三次元での力のつり合い条件を満たす条件から求める手法と、過去のデータを用いた統計的な手法による方法がある。本報では前者の方法を採用する。三次元斜面安定解析手法は従来より数多く提案されているが、それらの多くは崩壊位置、すべり面形状が既知の場合、すなわち崩壊原因究明のための事後解析に使用されている。そこで本報では、数値地形モデルを用いて表層崩壊の崩壊源規模（大きさ）を予知することを目的とし、崩壊源形状が非矩形形状でも解析できる手法を提案し、その手法を自然斜面に適用した結果について報告する。なお安定解析手法としては従来提案されている三次元Hovland法¹⁾、三次元簡易Janbu法²⁾を用いたが、その理由としては、これらの手法は非円弧でも適用可能であること、およびすべり面上でのせん断抵抗力と自重のすべり方向の力のつり合いしか考慮していないため、安定計算においては逆三角形形状や凹形形状など様々な非矩形形状の仮定すべり土塊をも解析できるためである。

2. 解析手法の提案

広域を対象とする場合、任意の方向にメッシュを切った数値地形モデルに無限長斜面安定解析³⁾を適用して危険セルを求める。この危険セルの基岩勾配方向に崩壊が起こると仮定し、その方向と数値地形モデルのY軸が平行になるように危険セルを中心として数値地形モデルの座標の組み換えを行い次に危険セルを中心として、上下左右にそれぞれ3個のセルをとり解析対象領域とした。このようにして設定された解析対象領域内で危険セルを必ず含む(m×n)個のセルで構成される矩形仮定すべり土塊を設定する。次に数値地形モデルのY軸と大きく異なる基岩一次傾向面の勾配方向（本報の場合38°以上とする）を示すセルはその崩壊方向に崩壊するとは考え難いとし、このようなセルを「非崩壊セル」とした。さらに、仮定すべり土塊の列内で2個以上の崩壊セルが連続しない場合は全て非崩壊セルとした。これは、1個のセルの崩壊では滑動セル、受動セルの区別ができないからである。図-1は仮定すべり土塊内のある列で基岩一次傾向面の勾配方向により設定された非崩壊セルが出現した場合、上述した制約条件により新たに非崩壊セルを設定した例である。このようにして矩形仮定すべり土塊内で非崩壊セルを設定し非矩形仮定すべり土塊を定義した後、図-2に示すようにある列の上下に崩壊セルが出現し、それに挟まれた非崩壊セルが出現する場合はその非崩壊セルの下流側の崩壊セルまたは上流側の崩壊セルはこの非崩壊セルに遮られて崩壊しないものとし、その列では2通りの非矩形仮定すべり土塊を設定した。

3. 自然斜面への適用結果

前節で提案した手法を自然斜面へ適用した結果を示す。解析対象地としては1990年9月の台風19号により崩壊が発生した兵庫県和田山町竹田地内の崩壊地（A斜面）と昭和42年7月の豪雨により崩壊が発生した神戸市灘区内の摩耶ケーブル下駅後背部に位置する崩壊地（B、C斜面）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って与えた。また現地サンプリング試料で一面セン断試験を行い、A斜面については $c' = 0.20 \text{ tf/m}^2$ 、 $\tan \phi' = 0.88$ 、 $\gamma_s = 1.63 \text{ tf/m}^3$ をモデルに入力した。格子間隔は4mとした。またB、C斜面については $c' = 0.38 \text{ tf/m}^2$ 、 $\tan \phi' = 0.58$ 、 $\gamma_s = 1.47 \text{ tf/m}^3$ をモデルに入力した。格子間隔は5mとした。次に、本報では既崩壊の中央部分を危険セルと仮定し、これを中心として7×7のセルで表される領域を解析対象領域とした。この解析対象領域内で前節で提案した手法によって危険セルを必ず含む形状で、あらゆる矩形または非矩形仮定すべり土塊を設定し、これらすべてに三次元Hovland法および三次元簡易Janbu法を適用して安全率を求め、その中で最も低い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-3に示す。これらの図で、ブロックダイアグラムは解析対象領域を、黒いセルは危険セルを、斜線部分は得られた危険すべり土塊を示している（両手法によって推定された危険すべり土塊は同一の形状で得られた）。A斜面の場合は非矩形形状の仮定すべり土塊が、B、C斜面の場合はいずれも矩形形状の仮定すべり土塊が危険すべり土塊となったが、得られた危険すべり土塊は過去の崩壊形状とほぼ一致していることがわかる。ゆえに本手法により自然斜面の崩壊源規模を推定できる可能性が明らかになった。

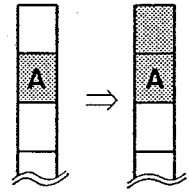


図-1 崩壊セルが設定できない場合の一例

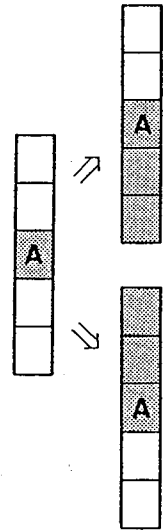


図-2 非崩壊セルの設定例

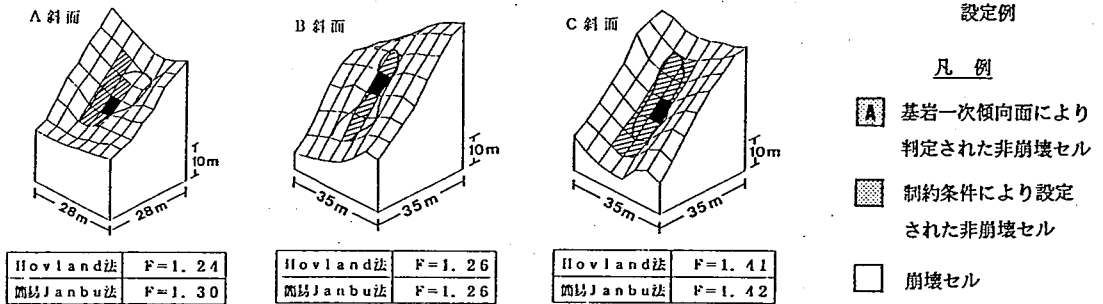


図-3 本手法による崩壊源規模の推定結果

参考文献 1) Hovland, H. J. : Three-dimensional slope stability analysis, Proc. ASCE., vol. 103, G T9, pp. 971-986, 1977. 2) 鶴飼恵三 : 簡易Janbu法による斜面の3次元安定解析、地すべり、第24巻、第3号、pp. 8-14、1987. 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.