

群馬大学 正員 いしやなぎ 重機
群馬大学 星野 行宏

1. まえがき : このまでに中間流水深分布が一定でない場合に、従来の安定解析法を拡張適用した、崩壊の二次元形状と推定するモデルを提案してきた¹⁾。本報告はこのモデルを用いて行った数値シミュレーションの結果について報告するものである。

2. モデル及び計算法の概要 : 1つの斜面中のさらに微地形のV字形地形を、図-1のようにモデル化する。斜面全体の勾配を主傾斜角 α 、微地形の勾配を副傾斜角 θ とする。不透水性基岩の上に直接、厚さDの中間流発生層があるものとし、中間流は図-1の点線で示すように三角錐の形で発生するものと仮定する。このようにモデル化した地形に対して、安定解析法の1つである円弧すべり面に関する分割法を拡張適用して安定計算を行う。計算法の基本的手順は次のようである。1) 副傾斜角方向(以下横方向という)を図-2に示すように単位巾に分割する。2) $j=1$ からの各単位斜面について円弧すべり面を仮定し、円弧の中心に関するせん断力、せん断抵抗力のモーメントを求める。この時、せん断抵抗力として、円弧の側面にも粘着力を与える点が特徴である。ただし、すべり円弧は斜面の下端で基岩に接するものと仮定し、各 j について1番目に仮定する円弧は各 j に共通とする。また各 j の中間流の水深は図-1に示す三角錐形状から求めたものを用いる。3) 次式によって安全率Fを計算する。

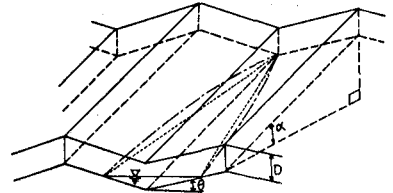


図-1 地形モデル

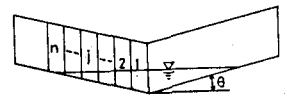


図-2 横方向へ分割

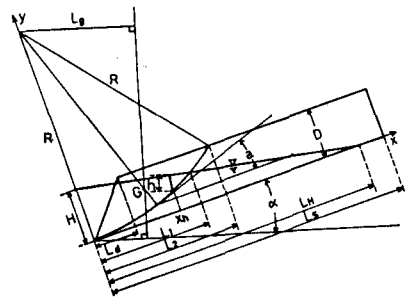


図-3 記号説明図

$$F_{c,n} = \frac{M_{c,i} + \sum_{j=1}^n (M_{b,i,j} + M_{w,i,j} - M_{h,i,j})}{\sum_{j=1}^n M_{t,i,j}}$$

ここに、F: 安全率、 M_c : 側面粘着力によるモーメント、 M_b : 側面面の粘着力によるモーメント、 M_w : 中間流がない場合の摩擦力のモーメント、 M_h : 間隙水圧による摩擦力の減少分のモーメント、 M_t : せん断力のモーメント、であり、添字 i は1番目のすべり円弧、 j は横方向分割片の番号を表す。4) 中間流の水深が増加し、最初に $F_{c,n} < 1$ となることを主方向の崩壊規模、 n を横方向の崩壊規模とする。

3. 数値シミュレーションの結果 : 考えた地形モデルは、層厚Dは0.5 mから3 mまでを0.5 m間隔で、 α は 20° から 45° まで 5° 間隔で、 θ は 5° と 10° とした。また粘着力に関しては、中間流の有無に拘わらず無条件に不安定となる下限値(図-4(a)にその一例を示す)から、地表面のほぼ全域に中間流が発生してもなおかつ安定な値(上限値)まで、の間(図-4(b)がその一例)を考える。(b)図で二重ハッチの部分には表面流が発生するまでに崩壊する範囲である。但し、以下の計算では、現実との整合も考え、表面流発生は下流端から10 m程度までとしているため、与えた粘着力の範囲は図示のものより上限の値は小さくしている。その他の定数は γ_{sat} (飽和単位体積重量) = 1.92 ton/m^3 、内部摩擦角 $\phi = 30^\circ$ としている。また横方向単位巾は0.2 m、中間流水深 n 上昇巾は0.01 mとして計算を進めた。

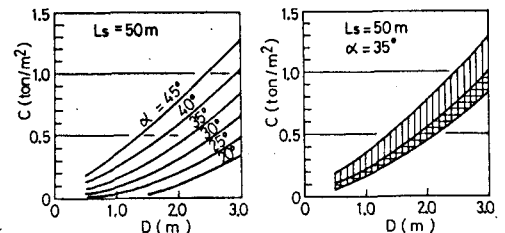


図-4 有意義な粘着力Cの範囲へ一例

斜面長 50 m, $\theta = 10^\circ$ の

表-1 記号一覧表

場合の崩壊長 L と崩壊

巾 W を層厚 1 m と 3 m

のものについて横軸と

ϕ	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4
1.0	○	○	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
3.0				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

$C: \text{MN/m}^2, D: \text{m}$

主傾斜角 α にと、て示したものが図-5 である。ここで $L50(10^\circ)$

とは斜面長 50 m, $\theta = 10^\circ$ の場合の崩壊長 L と、 $W50(10^\circ)$ とは同じ

場合の崩壊巾 W を表すものとし、以下同様の記述を用いる。また

以後の図中に用いられている記号は表-1 に示すものである。図-5 より層厚が薄い場合には、 α の増加とともに L は増大する

が W の変化は小さく、層厚が厚い場合には、 L の増加よりも W の

増加の方が大きいことが分る。また層厚が薄い場合には $W/L < 1$

厚い場合には $W/L > 1$ となり、この傾向は従来の災害調査

の結果から得られている知見と定性的に一致する。図-6 の上 2 図

は $L50(10^\circ)$ と $L50(5^\circ)$ 及び $W50(10^\circ)$ と $W50(5^\circ)$ との比較、

下の 2 図は $L50(5^\circ)$ と $L50(10^\circ)$ 及び $W50(5^\circ)$ と $W50(10^\circ)$ との比

較、を示したものである。斜面長が長くなると、層厚が薄い場合

には崩壊長 L は顕著に増大するが、崩壊巾 W は層厚によらず変化

しないことが分る。逆に、副傾斜角 β が緩くなると、 L はほとんど

変化しないが、 W は層厚に因らず一定の比率で増大すること

が分る。図-7 の左図は斜面長 50 m, $\theta = 10^\circ$ の場合の崩壊体積 V

と、横軸に主傾斜角 α と、て示したもので、層厚が厚くなると

α の増大と共に崩壊土量は急激に増加することが分る。また

右図は $V50(5^\circ)$, $V150(10^\circ)$ と $V50(10^\circ)$ との比較を示したも

ので、層厚が厚い場合には β が緩くなるとほぼ一定の比率で

崩壊土量は増大するが、斜面長が長くなった場合には崩壊土

量はほとんど変化しないことが分る。これは図-6 から当然予

想される。図-8 は斜面長 50 m, $\theta = 10^\circ$ の場合の崩壊時

の水深 $H50(10^\circ)$ (H の定義は図-3 参照) と $H150(10^\circ)$, H

$50(5^\circ)$ との比較を示したものである。斜面長が長くなると

も、また β が緩くなっても中潮流の水深は小さいとそこで崩

壊が発生することが分る。これを崩壊までに必要な積算雨量

で表したものが図-9 である。この図は表層が

δ_{sat} の状態になった後に 50 mm/h の定常降雨が降

り続くとして求めたものである。横方向斜面長を

片側 50 m、雨水の伝播速度は β 、水両方向ともに

0.1 cm/sec 、空隙率は 0.6 としている。図示の通

に、ほぼ δ_{sat} の状態になるまでに必要な降雨量を

加える必要があるが、積算雨量はほぼ妥当な範囲

にあると考えられる。

各) 1) 60 年度年次調査会調査結果

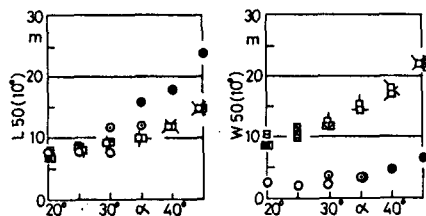


図-5 崩壊長と崩壊巾の計算例

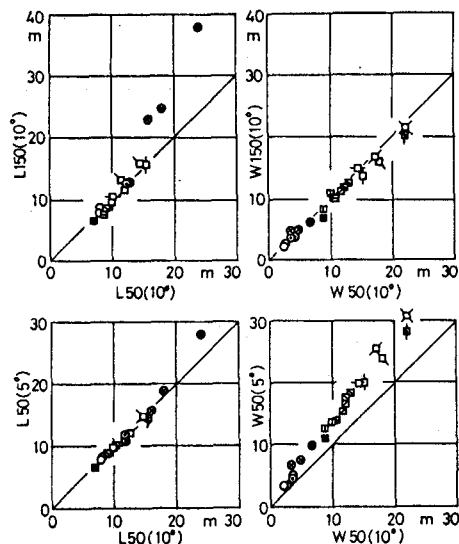


図-6 斜面長の効果(上図)と θ の効果(下図)

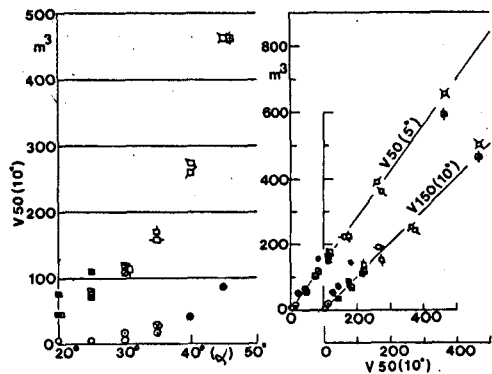


図-7 崩壊土量の計算例と斜面長及び θ の効果

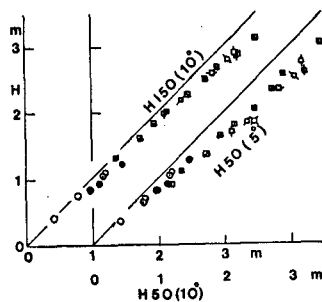


図-8 崩壊時の水深の比較

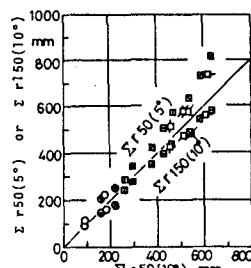


図-9 積算雨量に β による
斜面長と θ の効果