

群馬県庁 正員 林 賢司
群馬大学 正員 小栗竹重機

1. まえがき : 山腹の表層崩壊に中間流が大きく関与していることは疑いがない。とくに1つの斜面中でも微地形の凹地では水が集まり易く、中間流の水深上昇は急激となり、このような場所がまず崩壊することが予想される。本報告は1つの斜面中のこのような微地形の谷地を対象として、中間流水深と崩壊の長さ、幅との関係などについて考察を行ったものである。

2. 地形モデル : 対象とする地形は図-1の上に示すような、一次谷の斜面の中でさらに微地形の二次谷であり、これを下図のようにモデル化する。基岩の上にある表層中に、図のようは三角錐の形で中間流が発生するものとし、崩壊は基岩との境界で発生するものとする。

3. 安定解析モデル : 斜面安定解析には、すべり面を予め設定し、すべり土塊内では土塊の相対変位はないものと仮定した限界平衡法を適用した。すべり面は円弧すべりとした。この解析法の代表的な手法は簡便分割法であるが、この方法は横方向の一様性を仮定し一次元的な取扱いをしているために、崩壊の横方向の規模・形状を推定することができない。しかし、図-1のように横方向の水深分布を与え、さらにすべり面側面の粘着力を考慮に入れることによって、簡便分割法の概念を用いた崩壊の規模の推定が行えるようになる。

(1) 簡便分割法における C の表示式 (図-2参照)

$$F_s = \frac{1}{\sum W_i \cdot \sin \alpha_i} \sum [c' l_i + (W_i \cdot \cos \alpha_i - U_i \cdot l_i) \tan \phi'] \quad \text{--- ①}$$

ここに、 F_s : 安全率、 c' : 粘着力、 ϕ' : 摩擦角、 W_i : 帯片 i に働く重力、 l_i : 帯片 i のすべり面長、 α_i : 帯片 i のすべり面と水平面との角度、 U_i : 帯片 i に働く間隙圧、但し $U = h \cdot \gamma_w$ 、 h は図-2において等ポテンシャル線が帯片中のすべり面と水面とに交わる点の鉛直距離、 γ_w は水の単位重量、である。

(2) 側方の粘着力を考慮した式

$$A_j = \sum [c' l + (W_i \cdot \cos \alpha_i - U_i \cdot l_i) \tan \phi']$$

$$B_j = \sum (W_i \cdot \sin \alpha_i)$$

$$F = \frac{\sum_{j=1}^n A_j + S_i \cdot c'}{\sum_{j=1}^n B_j} \quad \text{--- ②}$$

ここに、 F : 安全率、 A_j : 図-2の下部において横方向分割片 j における側面粘着力を考慮した時の最小 F_s 時の①式の分子、 B_j : 同じくこの時の分母、 S_i : 横方向分割片の i における前記最小 F_s 時のすべり円弧の側面積、である。すなわち、この方法は各々の横方向分割片に相当する水深を与え、①式の簡便分割法に側方粘着力 $S_i c'$ を入れて最小安全率を求め、その時の分子の値から $S_i c'$ を引いた値(①式の分子に相当)を A_j 、分母の値を B_j とする。 $S_i c'$ を引いておくのはすべり土塊内での側方粘着力を2重に計算しないためである。すべり面側面積は $j=1$

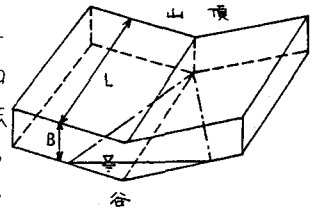
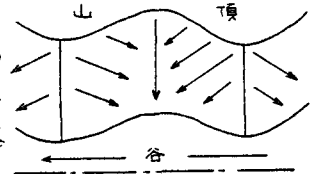


図-1 地形モデル

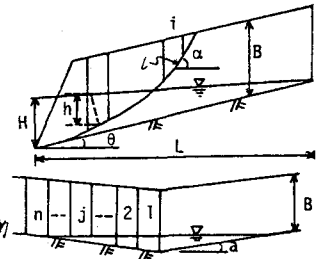


図-2 安定計算モデル

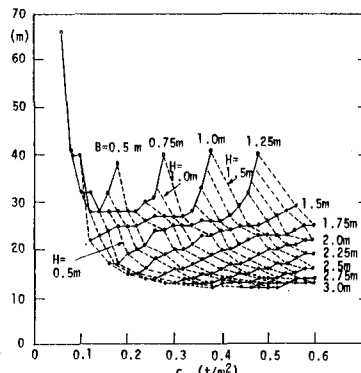


図-3 簡便分割法による崩壊長さ c の関係

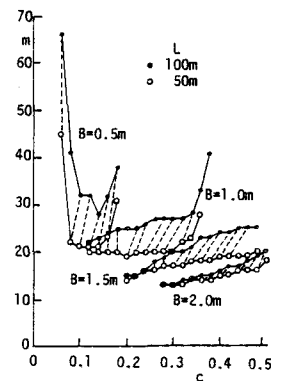


図-4 斜面長の違いによる崩壊長さ比較

の場合が常に最大値を与えるので、これを S_1 として②式の分子の最後に加えておく。 $j=1$ から始め、順次②式の計算を行い、 $F < 1$ とした j をもって横方向崩壊規模とする。

4. 解析結果 : 実際の計算では、すべり面は斜面下端が基岩との境界に接するという仮定を設けた。このように仮定することは限界平衡法の正しい適用とは言えないが、全体として傾向把握のために簡単な方法をとった。

(1) **一次元解析結果** : 図-3は斜面長 $L=100\text{m}$ の場合の①式に基づいた、粘着力 c' と崩壊の縦長さとの関係を示したものである。実線は等しい層厚を結んだものであり、破線は等しい水深を結んだものである。ここで他の定数は $\phi = 30^\circ$ 、土の単位飽和重量 $\gamma_{\text{sat}} = 1.92\text{t/m}^3$ 、斜面勾配 $\beta = 35^\circ$ を用いている。同じ c' に対しては層厚が厚くなるほど崩壊の長さは短く、またその時の中間流水深は小さくなる事がわかる。ある層厚について、崩壊長さが急激に大きくなる点は中間流水深が層厚に等しくなった時に相当する。表面流が発生すると崩壊の発生形態は異なり、こゝろは必ずであるから、これ以後の計算結果は現実との対応を欠くと思われる。図-4は $L=100\text{m}$ と $L=50\text{m}$ の場合の比較である。破線は同様に等しい水深な点を結んだものである。斜面長が短いほど、崩壊の長さも短くなる事がわかる。

(2) **二次元解析結果** : 図-5はすべり面側面に粘着力を考慮した③式に基づいて計算を行った結果を、粘着力 c' と $j=1$ 分割片の崩壊長さとの関係で示したものである。こゝで0次谷斜面勾配は $1/10 (5.7^\circ)$ であり、他の定数は図-3の場合と同じものを用いている。但し、こゝにあることによって生ずる力は無視している。計算量が膨大となるため解析 case は少ないが、図-5の傾向は図-3のものと同様の傾向である。また斜面長 $L=100\text{m}$ 、 50m の比較についても図-4と同様の傾向となる。図-3と図-5から同じ層厚のものを抜き出し比較を行ったものが図-6である。○印は図-3に、●印は図-5のものに対応する。破線は同じ水深の点を結んだものである。中間流水深が表層厚と越えるまでは、同じ c' に対しては側面の粘着力を考慮した方が崩壊長さは短いが、その時の水深は深く必要ということがわかる。図-7は、図-5の場合の崩壊の幅と粘着力 c' との関係を示したものである。層厚が厚くなるほど、崩壊の幅が大きくなる事がわかる。なお、結果が 1m 未満となっているのは横方向のすべり幅を 1m としたこゝによるものである。以上の結果を二次元形状で示したものが図-8である。

層厚 0.5 、 1.0 、 2.0m の各場合について c' による変化を示したものである。左半分は $L=100\text{m}$ 、右半分は $L=50\text{m}$ の場合である。 c' が小さくなると当然崩壊の規模も小さくなる。また、層厚が薄いほど細長い形状となり、層厚が厚くなると長さは短く、幅は大きくなるという、これまでの災害調査の結果とも矛盾しない結果が得られる。

5. あとがき : 地形にある条件を与え、すべり面へ側面に粘着力を考慮することによって崩壊の規模の推定が行えるようにしたものであるが、今後は、すべり面へ仮定の検討を行い、さらに、0次谷の分布等も考慮して崩壊土量の推定を行いたい。

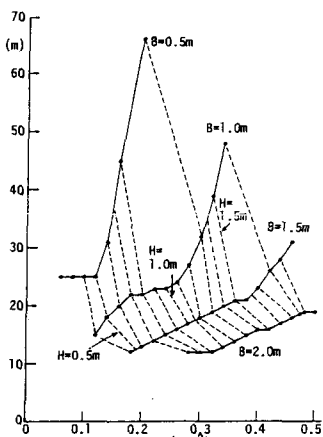


図-5 図-3面粘着力を考慮した崩壊長さとの関係

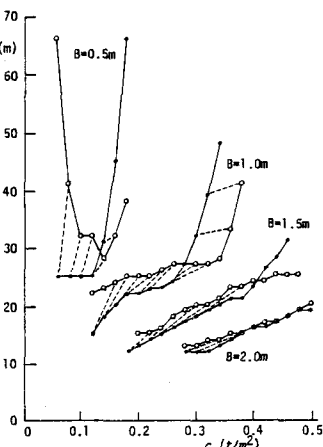


図-6 ①式と③式による崩壊長さの比較

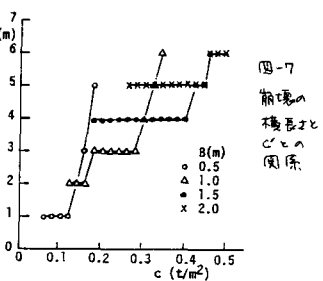


図-7 崩壊の幅と粘着力との関係

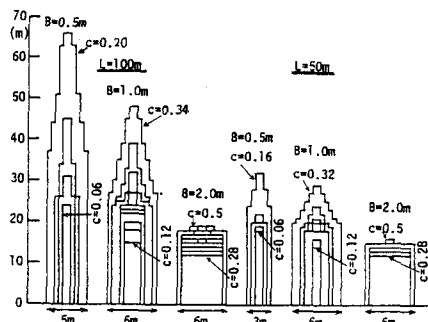


図-8 崩壊の二次元形状