

1. はじめに

地震による地すべり現象の主なものは落石、崖崩れ、表層滑落、崩壊性地すべり、大規模崩壊などがある。この中で、広く分布する表層崩壊と数少ない大規模崩壊に特に注目している。即ち崩壊の規模によって発生のメカニズムが異なるか。なぜ地震による小規模な表層崩壊は大面積に分布しているのか。大規模崩壊はどの程度の地震力を受ければどのような斜面で発生するのかなどの問題点がある。

一方、地震による地すべりは凸型の急斜面で多発し、その深度が浅く、規模が小さいなどの特徴がある。このような形状的な特徴は斜面の土質定数及び震度とどのような関係があるかも大きな課題である。

地震による地すべりの特徴を考えて、モデル斜面の縦横断形状、規模、表層の厚さ、斜面勾配、土質定数及び震度等6種類の要素を変化させ、それらの組み合わせ条件のもとで最小安全率の示すすべり面即ち臨界すべり面及び最小安全率の比較計算を行って、各要素の地震による影響を評価した。

2. 解析方法及び条件

本研究におけるモデル斜面の解析は動的計画法による臨界すべり面解析法を用いた。この臨界すべり面解析は、与えられた地形、地質、土質条件等に関して最小の安全率を与えるすべり面を極限平衡法の分割法による斜面安定解析法のうちの簡便 Janbu 法を用いて、最小安全率を持つ臨界すべり面を探索する方法である。解析に必要なデータは、斜面及び地層の形状データ、地盤の単位体積重量、せん断強度定数、震度である。

同じ地質状況かつ同じ長さの凸型、平衡型、凹型斜面の三ケースについてその臨界すべり面及び安全率を計算し、地震の地形効果を評価する。地震の地層効果を評価するために、表層と基盤が同じの均質断面、表層厚さ2m、4mの断面の三ケースについて比較計算を行った。また斜面長は10m及び50mの2ケース、

斜面勾配が30°及び45°の2ケースについて比較計算を行った。表層の粘着力は0tf/m²から5tf/m²まで変化させ、その影響力を評価した。表層の摩擦角は30°、35°の2ケースについて計算し、それによる影響を分析した。地震係数は水平震度係数を0から1.0まで変化させ、臨界すべり面及び安全率の変化を計算した。

3. 数値解析結果

3.1 縦横断形状による影響

凸型斜面におけるすべりの滑落崖は斜面の中部から山頂までの間に形成する。凸型斜面の地震によるすべり面の震度による位置変化は平衡型、凹型のより少ない。地震の影響を受けやすい順番は凸型>平衡型>凹型である。

3.2 表層厚さによる影響

一般に、斜面に弱層が存在すればそれに応じたすべり面になる。しかし、粘着力或いは震度係数が大きくなると、すべり面は基盤まで深くなる傾向がある。図-1は表層厚さ4m、斜面長50m、斜面勾配45°、凸型斜面において異なる震度による限界すべり面を示している。地震力が小さいとき、すべり面は境界層に沿って発達するが、地震力が大きくなると、すべり面は基盤の内部に発達することになる。更に粘着力が大きくなると、異なる地震力を受けでも全てのすべり面は基盤中に形成される。

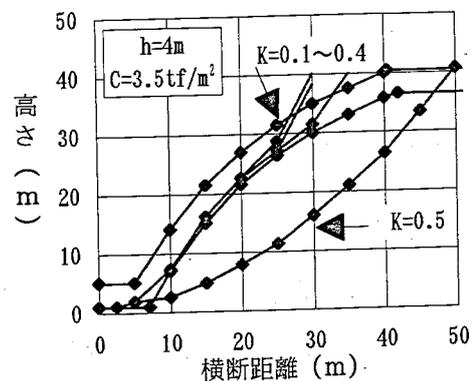


図-1 表層厚と地震によるすべり面の変化

3.3 斜面長による影響

斜面長が長くなると、震度によるすべり面の位置変化は少ない。長い斜面におけるすべり面の安全率は小さく、地震による安全率の低下度は大きい。図-2は長さ10m及び50mの平衡型モデル斜面における計算の結果である。AとBの斜面の長さは5倍の差があり、AとCの長さは同じである。Bの方が地震によるすべり面の位置変化は少ない。Cの長さと同着力の大きさはAの5倍であるが、この場合はすべり面の相対的な位置はほとんど同じである。

すべての斜面は長さが異なっても、同じ摩擦角 ϕ のときには、Cが5倍になると規模が5倍のモデル斜面におけるすべり面の相対的な位置は同じで、安全率も同じである。

3.4 斜面勾配による影響

斜面勾配が小さくなるほど震度によるすべり面位置の変化は大きくなる。急勾配斜面におけるすべり面の位置は震度の大きさによる影響は少ない。斜面勾配が大きくなるほど安全率は小さくなる。このことは地震時において実際の崩壊等が急勾配斜面の表層で発生し易いことによく説明できる。

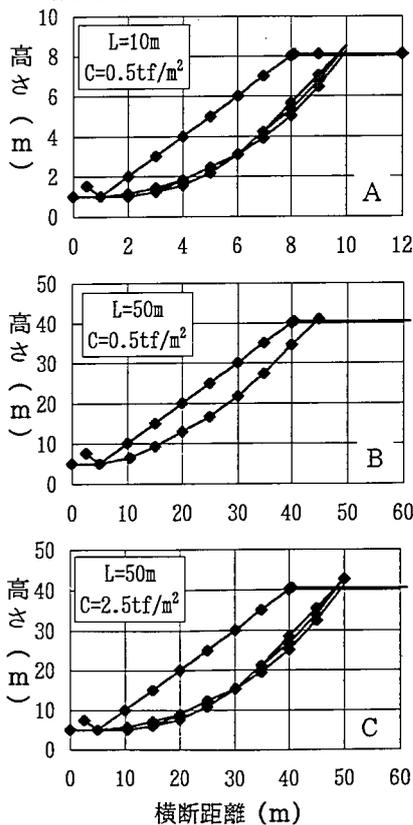


図-2 斜面長とすべり面の変化

3.5 土質定数による影響

土質係数について、C、 ϕ が大きくなるほど地震時のすべり面位置は深くなる。均質斜面の場合には、Cが大きくなると、すべり面は深くなるが、この場合 ϕ が大きくなっても、すべり面の位置は変わらない。しかし安全率は小さくなる。図-3は表層のCがそれぞれ1.0、2.0、2.5 tf/m^2 の3ケースで、表層の ϕ は 30° 、 35° の2ケースの異なる表層のC、 ϕ の組み合わせによる安全率およびその震度による影響を示している。図に示すように、C、 ϕ が大きいほど安全率は当然大きくなるが、表層のCが小さいとき、すべり面は表層に限定され、表層の ϕ が大きい場合には、すべり面の安全率は大きくなる。表層のCが大きくなると、すべり面は基盤まで達し深くなって、斜面の安全率は表層のC、 ϕ と関係なくなる。

4. まとめ

地震による地すべりは表層地すべり（表層崩壊）と基盤地すべりの2種類に分けられる。

斜面に境界層が存在すればそれに応じたすべり面になる。しかし、表層の粘着力と摩擦角がある程度大きい場合、或いは震度係数が大きい場合には、すべり面位置は表層厚さに関係なく基盤まで達し深くなる傾向がある。即ち、土質或いは震度によって、地すべりの種類が区分される。表層地すべりの安全率は小さく、深層地すべりの安全率は大きい。

表層崩壊が発生しやすい条件は表層土壌（風化層）が厚く、粘着力が小さく、地震力が小さい場合である。一方、風化層が薄く、土質定数が大きくかつ大きな地震を受けると斜面に深い地すべりが発生する可能性が高くなると考えられる。

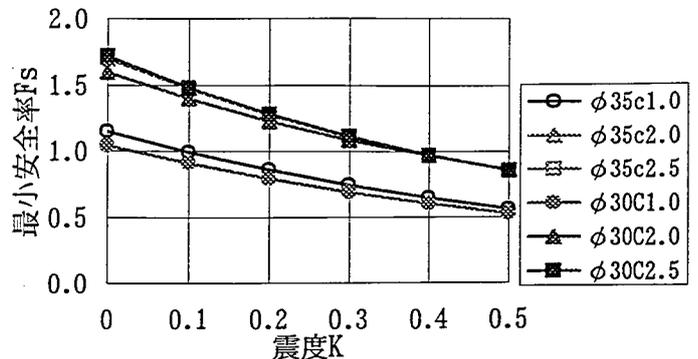


図-3 土質係数による安全率の変化