

変形量を考慮した盛土などの土構造物の地震リスクの評価手法に関する研究

日本大学工学部土木工学科 学生会員 ○芳賀 翔平
日本大学工学部土木工学科 橋口 尚幸
日本大学工学部土木工学科 正 会 員 中村 晋

1. はじめに

レベル2地震動に対して、全ての土構造物の安定性を十分に確保した設計をすることは、不経済かつ現実的に困難である。土構造物では、斜面崩壊または法面崩壊時の変形量が許容範囲に収まるという性能を考慮した設計が実用的である。さらに、オーストラリアでは地すべりによる斜面の崩壊をもたらす構造物の損傷や人的損傷のリスクを考慮した設計ガイドライン¹⁾が示されている。我が国は地震の多発国であることから、地震に対する盛土などの土構造物のリスク評価手法を確立することは重要であると考えられる。

ここでは、土構造物の地震リスク評価手法を確立することを目的として、盛土の地震時永久変形に応じた被災度に基づく損傷度特性の評価手法を提案し、崩壊確率に基づく損傷度特性と比較を行う。

2. 盛土の変形量を考慮した損傷度曲線の評価方法

2.1 盛土の変形量に関する制限値

道路や鉄道盛土には、天端部における車両走行性が機能として必要である。その機能は、斜面崩壊などに起因して天端部に生じる段差また、沈下により損なわれることになる。道路盛土では、段差が20cm以上の被災(被災度B以上)で交通規制を行うことが必要となる²⁾。よって、ここでは、盛土の限界状態を天端部の段差により定義する。限界状態関数 g は、その制限値を20cmとすることにより、次式で表す。

$$g=0.2-D \quad (1)$$

ここで、 D は地震後に生じた段差(m)を表す。

2.2 盛土材料の不均質性および地震動特性を考慮した盛土の永久変形の評価方法

盛土の永久変形の評価方法は、Lingらが変分原理に基づいて示した単一地盤材料からなる斜面に対する対数らせん形状の臨界すべり面の評価方法とNewmarkに基づく変形量の評価法を組み合わせた手法を、多層地盤における複合すべり面を考慮し、斜面内での地震動の増幅を考慮できるように拡張した手法を用いる³⁾。

2.3 盛土の損傷度曲線の評価方法

ここでは、斜面崩壊の生じる確率と斜面への作用震度の関係を崩壊確率の損傷度曲線、式(1)で定義した盛土の永久変形に基づく被災の生じる確率と斜面への作用震度の関係を被災確率の損傷度曲線と呼ぶ。前者の損傷度曲線は、作用震度 C_s に対する崩壊確率 $F(C_s)$ をすべり安全率が1.0となる地震動強さである降伏震度の確率密度関数 $f(C_{s,j})$ により式(2)より求めることができる。ここで U はステップ関数を表す。後者の損傷度曲線は、地盤特性のばらつきと作用地震動に応じた地震動増幅の差異を考慮し、式(3)に示すようにモンテカルロ法により全ケース数と式(1)で定義した限界状態関数が負となるケース数 n の比として所要の震度に対する被災確率を求める。

$$\text{斜面崩壊 } Pf(C_s) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n U [C_s - f(C_{s,j})] \quad (2)$$

$$\text{被災確率 } Pd(C_s) = \frac{n(g \leq 0)}{N} \quad (3)$$

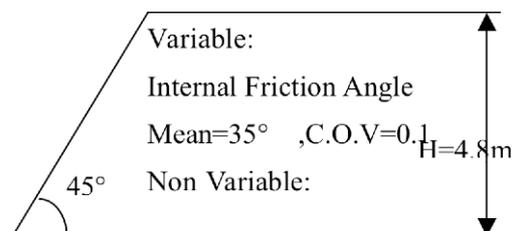


図-1 Analytical Model

3. ケーススタディー

3.1 解析モデルと盛土材料の不均質性のモデル化

提案手法の特性を把握するため図-1に示す単純な斜面モデルを対象とし、地盤材料の不均質性および地震動の増幅が臨界すべり面や永久変形に及ぼす影響について、円弧すべりをすべり面とする従来法と比較する。地盤特性のうち空間変動を考慮するパラメーターは、内部摩擦角とし、空間分布には、その空間

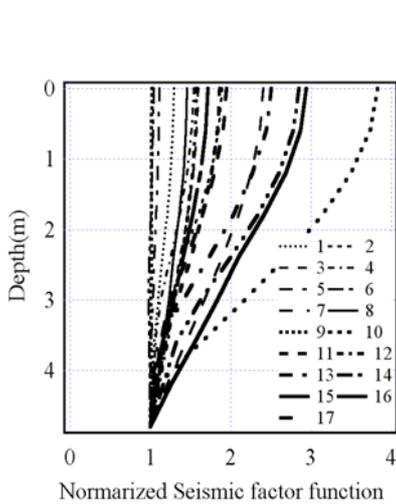


図-2 震度分布関数

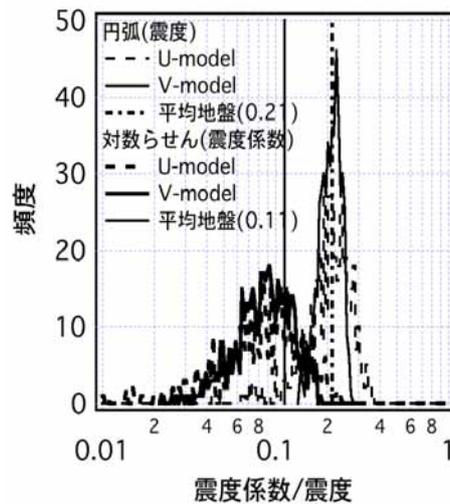


図-3 降伏震度の確率密度関数
(提案法と従来法の比較)

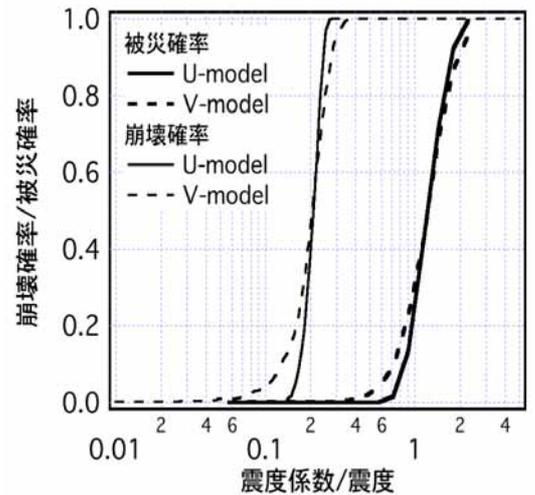


図-4 従来法による損傷度曲線の比較

分布を考慮せず斜面全体を一様な強度特性を用いて表すモデル (U-model) と強度特性の空間分布を考慮したモデル (V-model) の2つを用いる。U-model は内部摩擦角のばらつき統計的性質が正規分布に従うものとし、正規乱数を用いて500ケース作成した。

3.2 入力地震動とその増幅特性

入力地震動には、地震被害をもたらした最近の地震で観測された17の地震記録を用い、盛土底面に作用することにより得られた盛土内の最大加速度分布を底面の最大加速度で基準化した図-2に示す震度分布関数を用いた。

3.3 すべり面形状が損傷度曲線に及ぼす影響

まず、崩壊確率の損傷度特性を算出するために必要な降伏震度の確率密度関数について、円弧すべりをすべり面とする従来法と対数らせんをすべり面とする提案法の比較を図-3に示す。従来法の場合単一の円弧をすべり面とし、盛土内の震度分布が一様であることから入力地震動の差異や地盤物性の空間分布に起因する震度のばらつきが小さい。次に、従来法により得られた損傷度曲線と提案法により得られた損傷度曲線を図-4,5に示す。従来法では、崩壊の生じる震度レベルは0.2前後であり、変形を考慮した被災の生じる震度レベルは0.8程度以上と大きい。一方、提案法では、崩壊の生じる震度レベルは0.04以上と小さいが、変形を考慮した被災の生じる震度レベルは0.3程度以上である。ここで、提案法による震度とは盛土底面位置における震度の値である。変形を考慮した被災の生じる震度は、崩壊の生じる震度より大きく、提案法によるそれらの値はいずれも従来法に比べて小さい。

4. まとめ

地震により生じる盛土天端の変形に応じた被災度に基づく盛土のような土構造物の損傷度曲線の評価手法の提案を行った。崩壊の生じる確率に基づく損傷度特性との比較により、すべり面形状のそれらに及ぼす影響を明らかにした。

参考文献

- 1) AUSTRALIAN GEOMECHANICS SOCIETY, LANDSLIDE RISK MANAGEMENT CONCEPTS AND GUIDELINES
- 2) 社団法人日本道路協会 (1988): 道路震災対策便覧 p51-p61
- 3) 中村晋 (2006): 盛土の崩壊確率に及ぼす土の強度特性の不均質性と崩壊機構のモデル化の影響、第12回日本地震学シンポジウム論文集、pp598-601

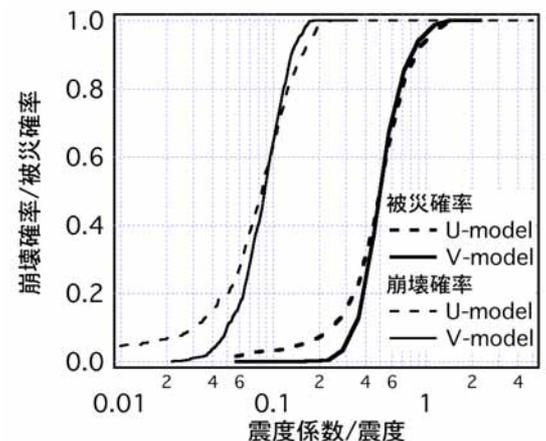


図5 提案法による損傷度曲線の比較