

大規模地震動に対応した治山工法の設計手法の提案

神戸大学都市安全研究センター
 兵庫県農林水産部農林水産局治山課
 兵庫県農林水産部農林水産局治山課
 株式会社ダイヤコンサルタント
 株式会社ダイヤコンサルタント

沖村 孝
 太田 雄一郎
 村上 晴茂
 荒木 繁幸
 ○鏡原 聖史

1. はじめに

1995年1月17日に淡路島北部を震源とするMj7.3の地震が発生した。この地震によって六甲山系で571箇所りの山腹崩壊が発生した。これら崩壊の多数は、表層の風化部分が厚さ1m程度で崩壊する表層崩壊であった。また、地震時には崩壊せずにクラックが発生した状態とどまったものも多数存在し、地震後の降雨によって新たに崩壊が発生し、多大な被害をもたらした。

この地震を契機に兵庫県は、大規模地震に対して、防災、減災を目的に地震時の自然斜面の予防対策が必要であると考え、平成9年度から林野庁の補助事業である「森林土木効率化等技術開発モデル事業」で、ロープネット・ロックボルト併用工法(以下、本工法)の検討を行ってきた。本工法の検討は、大規模地震動に対応した耐震設計手法を確立することを目的に、現地調査、振動台模型実験、動的数値解析などを実施した。その検討結果をもとに地震時の破壊状態(変形またはひずみ)に着目した新しい設計手法を「ロープネット・ロックボルト併用工法設計施工指針(案)」²⁾としてとりまとめた。本稿では、本工法の特徴、設計手法の特徴、特に地震時の設計手法について紹介する。

2. 本工法の特徴

本工法は、落石対策工としてすでに知られているロープネット工法にロックボルトを併用することによって自然斜面の安定を図る工法である。本工法の構造は、振動台模型実験の結果³⁾⁴⁾から図1のとおりとした。また、写真1に示すように本工法は、樹木を極力残し景観に配慮し、大型機械を用いず、地山の不陸にある程度合わせて施工できる特徴がある。



写真1 本工法の施工例(兵庫県神戸市須磨区)

3. 設計手法について

3.1. 設計の流れ

本工法の設計の流れを図2に示す。本工法の設計手法は、大きく計画(机上検討、現地踏査)、現地調査、設計、施工、維持管理に分かれる。机上検討は、危険地区および危険箇所を選定するために林野庁山地災害危険地区調査要領に準拠したスコア法により実施する。現地踏査は、机上検討のチェックと危険地区での表層崩壊の可能性を現地で判断する。現地調査は、崩壊する可能性のある土層(以降、潜在崩土層と呼ぶ)を把握する目的で、簡易貫入試験を主体とした調査を実施する。設計は、調査結果に基づき危険箇所を特定し、危険箇所に対策工を配置し、常時は計画安全率、地震時は変形量によって対策工の適用性を判断するという流れである。

3.2. 地震時の設計手法の特徴

ここでは、地震時の設計手法の特徴を中心に述べる。まず、地震時の検討に用いる地震動を設定する。地震動の設定は、本県の地域防災計画で想定されている断層とその規模から距離減衰式⁵⁾を用いて設計対象地点の最大水平加速度を算定する。算定された最大水平加速度が300gal以上の場合に対して地震時の検討を実施する。耐震設計範囲を規定する最大水平加速度は、これまでの振動台模型実験と兵庫県南部地震時の崩壊事例から300gal以下での崩壊が少ないことを考慮して設定した。次に算定された最大水平加速度を設計震度に換算して地形効果を考慮した多平面安定解析⁶⁾を実施し、斜面内で相対的に弱い部分を検出しその範囲を対策範囲として特定する。その特定された範囲に対して本工法を配置し、

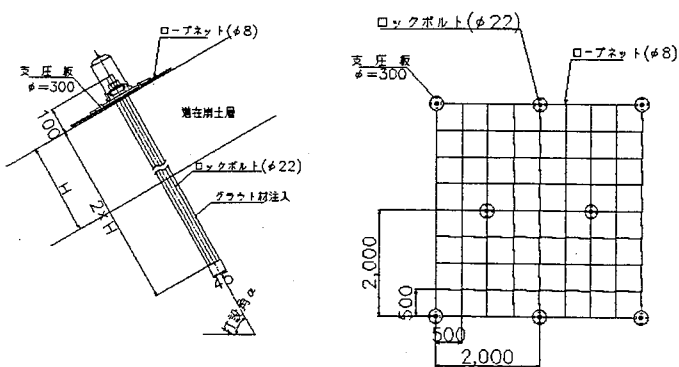


図1 本工法の構造

設計震度に対する変形量(あるいはせん断ひずみ)を変形計算により求める。想定地震時の変形量によって斜面の状態を判断し、本工法の適用性を判断する。さらに、想定以上の地震力が作用した場合も考えて、ロープネットが土塊を受け止められるか検討することになっている。本工法は、ある程度変形を許容することから完全な土砂の崩落を防ぐことはできない。そのため工法の組合せとして土留工などの補助工法を採用することになっている。

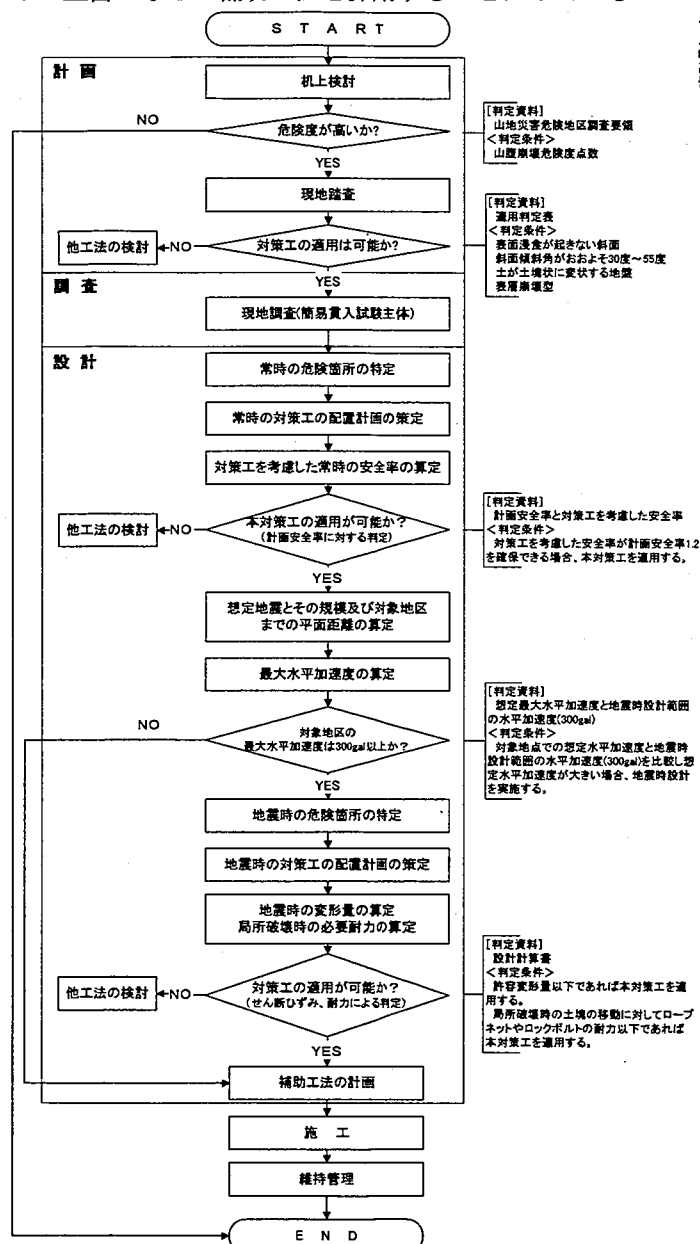


図2 設計の流れ

3. 3. 地震時の適用性の判定

本設計手法の適用例として変形計算によって求められた結果とその変形に対する破壊の状態のイメージを図3に示した。計算で得られた変形曲線は、地震動によって発生する残留変形量を示しており、この変形量がある変形量になると斜面に亀裂が発生したり、一部が崩落したり、全体的に崩壊したりする。そこで、活断層からの距離で地震外力を設定し、現地調査によって斜面に分布する潜在崩土層(崩壊が予想される土層)の厚さやその土の

変形特性などによって変形量を決定する。適用性の判定は、想定される地震時に斜面の一部が崩落する程度までの変形量を許容できる場合にのみ、本工法を適用するものとした。

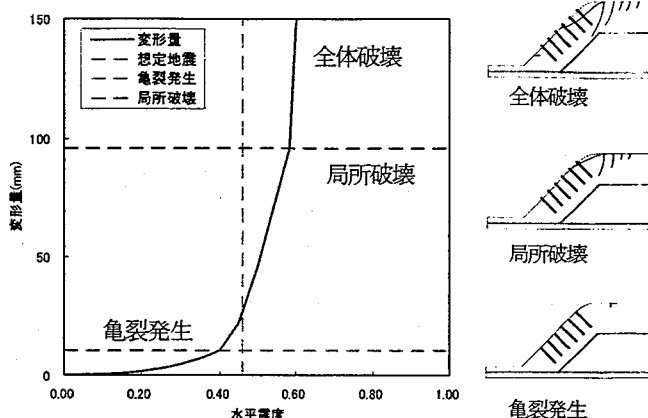


図3 地震時の変形量と破壊状態のイメージ

4. おわりに

自然斜面の表層崩壊にターゲットを絞った大規模地震動に対応した治山工法の設計手法について紹介した。紙面の関係で詳細に記載することが出来なかったため、詳細については参考文献を参照していただきたい。

現在、今回提案した安定性の指標の妥当性を確認する目的で現地斜面のモニタリングを実施している。今後、モニタリングデータの蓄積を行い、妥当性の確認を行うとともに維持管理の手法についても検討を進めたいと考えている。さらに現在、今回検討を実施した土質(マサ土)以外に対して本手法の適用性について検討を進めているところであり、検討結果がまとまり次第順次発表していく予定である。また、今回検討した地震波は、短周期が卓越するものであるため、今後発生する確率が高まっている東海・東南海・南海地震のようなプレート境界で発生する長周期・長継続時間の地震に対しても検討が必要と考えられる。

(参考文献)

- 1) <http://web.pref.hyogo.jp/rokko/html/shinsai/html>
- 2) 兵庫県農林水産部農林水産局治山課(2004): ロープネット・ロックボルト併用工法設計・施工指針(案)
- 3) 福政ほか(2001): 自然斜面の耐震工法に関する実験と解析(その1), 第36回地盤工学研究発表会, 1172.
- 4) 福政ほか(2001): 自然斜面の耐震工法に関する実験と解析(その2), 第36回地盤工学研究発表会, 1173.
- 5) Joyner W.B. et al (1981): Peak horizontal acceleration and velocity from strong motion records including records from the 1979 Imperial Vally, California, earthquake, Bull. Seism. Soc. Am., Vol. 71, pp. 2011-2038.
- 6) 沖村ほか(2004): 自然斜面を対象にした地震時の斜面安定検討方法, 第39回地盤工学研究発表会, 991.
- 7) 村上ほか(2002): 地震時斜面安定のためのロックボルト・ロープネット併用工法に関する変形量を基にした設計法の提案, 土木学会第57回年次学術講演会, III, 418.