

地震による斜面表層崩壊対策工の効果を視覚的に理解する簡易な模型実験教材の電動化

ロープネット・ロックボルト併用工法研究会

○鏡原聖史, 西原玲二, 寺岡克己, 川上博行, 佐柳 武
杉井良平, 田中秀幸, 小林勇希, 岡崎敬佑, 沖村 孝

1. はじめに

近年, 地震や豪雨によって自然斜面が表層崩壊することを予防する対策工として, 樹木を残したまま自然斜面を補強できるロープネット・ロックボルト併用工法¹⁾が施工されるケースが増加している.

この工法は, 通常支圧板と鉄筋挿入工にネットまたはワイヤーを網目状に組み合わせて施工することで地盤変形の追随性を高め, 崩壊に至る地盤変形を抑制する工法である.

大変形を抑制する新たな工法であることから, 地盤の変形に追随して各部材がどのように働き, 対策の効果がどのように発現されるかを理解することが重要である. 著者らは, 簡易な土層を傾斜及び加振させることが出来る模型装置を作製し, 対策工の効果を視覚的に理解できる一般向け教材として活用^{2),3),4)}している.

本稿は, 前報で紹介した地震による斜面表層崩壊対策の効果を視覚的に理解する簡易な模型実験教材を手動から電動に改良したので報告する.



図1 対策工施工斜面の状況

2. 本工法の概要

本工法は, ロックボルトを斜面直角方向に打設し, その頭部を支圧板とロープネットによって連結することにより斜面安定を図るもので樹木を残したまま斜面を補強できる特徴がある(図1参照). この工法は, 豪雨, 地震時において, 斜面の変形および破壊状態に対応して各部材が効果を発揮することにより, 変形抑制する機能を有する構造で, 変形の度合いにより安定性を判断する設計手法を採用している特徴⁵⁾がある.

3. これまでの模型教材の概要

模型教材は, 静的な斜面傾斜模型実験装置と動的な加振式傾斜土層模型実験装置の2つである. いずれも模型材料として, 土層材料はスウェーデンで開発された特殊な砂で98%が純粋な砂で出来ており, 特許技術(2%)によって乾燥せず, 締固まり, 土塊を維持できるKinetic Sand⁶⁾を用いている. ボルト・支圧板はトタン釘, ネットは防鳥ネットを用いている. 傾斜台には, 斜面基盤をイメージして, コルクマットを設置し, ボルトの先端がマットに刺さることで固定できる構造としている.

本報告では, 図2, 図3に示すように動的な加振式傾斜土層模型実験装置について, 述べることとする. この装置は, 静的な斜面傾

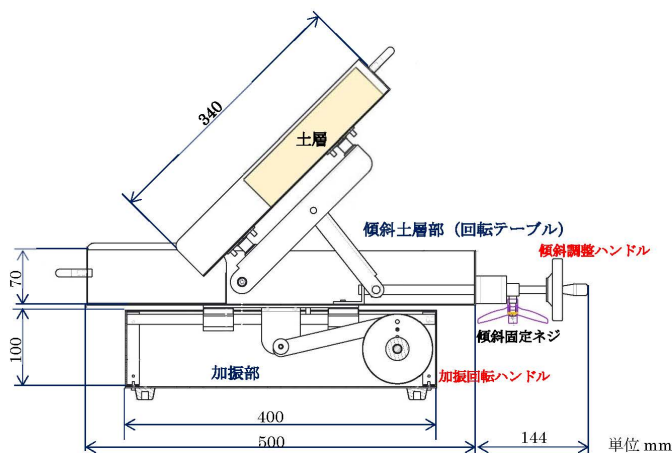


図2 動的な斜面傾斜模型実験装置(手動)の概要³⁾

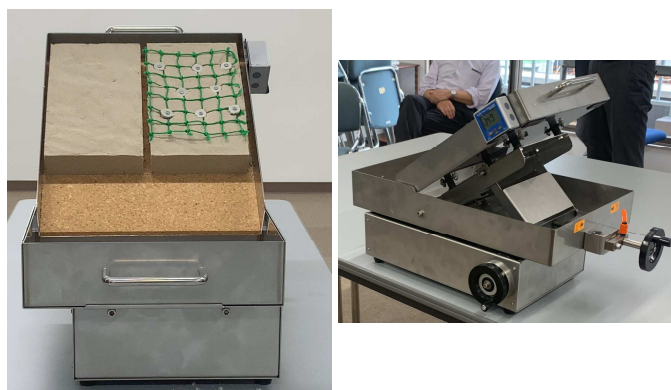


図3 動的な斜面傾斜模型実験装置(手動)の概要

斜模型実験装置を傾斜土層部として、中間可動部（回転テーブル）と加振部の3つを組み合わせることで、傾斜、加振実験（加振方向も2方向）が可能な装置である。無対策、対策斜面を同時に実験ができ、土層の変形状況の変化を比較、観察ができる特徴がある。

4. 動的な加振式傾斜土層模型実験装置の電動化と実験の条件

4.1. 動的な加振式傾斜土層模型実験装置の電動化

これまで加振は、図2に示す加振回転ハンドルを手動で回転させて傾斜土層部が乗っている台を反復運動させていた。手動の場合、回転のスピードが、一定ではないためどの程度の回転数であるか説明できない課題があった。併せて、数多く実験を行うと実験者の手首の疲労も蓄積するため、複数人の実験者が必要となってくる。そのため、回転数が制御でき、実験者の疲労がなく、数多く実験ができるように加振回転ハンドル部分を電動モーターに置き換えて電動化することとした（図4参照）。電動化に当たって、加振回転ハンドル部をモーターに置き換えた。また、電動モーターの規格は、傾斜土層部を振動させるために必要なトルクと速度が十分制御できるものとして、電動モーター（オリエンタルモーター社製：SCM560GVH-JA）、ギアヘッド（オリエンタルモーター社製：5GVH9B）を採用した。この電動モーターで、回転数を1分間に30から130回まで制御でき、回転数の設定は、コントロールボックスのデジタル画面を確認しながら行えるようにした。加振のオン、オフは、ハンドルスイッチでおこない、スイッチを押している間動作するようにした。また、実験中の安全対策として、アクリルカバーで試験装置周りを囲うように配慮した（図4参照）。なお、電動モーターを駆動させるために100Vの電源が必要である。

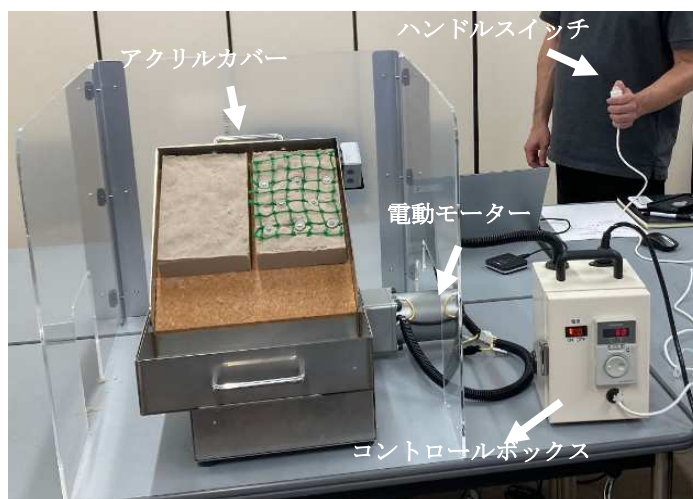


図4 動的な斜面傾斜模型実験装置（電動化）の概要と実験状況

図4 動的な斜面傾斜模型実験装置（電動化）の概要と実験状況

4.2. 電動化した動的な加振式傾斜土層模型実験装置の実験条件の検討

電動化した動的な加振式傾斜土層模型実験装置を用いて、傾斜角や回転数などを変えて複数回実験を行った。まず、これまでの静的な実験の結果から傾斜角37度程度で無対策斜面側が崩壊したことから、傾斜角をゆるくして、土砂災害が発生する可能性のある傾斜角30度、1.0Hzで振動させた。実験の結果、無対策斜面、対策斜面とも変状が進行しなかった。つぎに傾斜角は変えずに、2.0Hzの振動を与えて実験を行った。この実験の結果、振動開始直後に無対策斜面側が崩壊して、実験中の説明をする時間がとれないことがわかった。その後、傾斜角や振動を変え、実験を見学する人が崩壊のタイミングを待つ時間、説明時間が確保できる実験条件は、傾斜角35度、1.5Hzであった。この条件で実験した場合、無対策斜面が1分程度で崩壊し、対策斜面はさらに2分程度振動させても崩壊せずに僅かな変形でとどまり、対策工の変形抑制効果が理解できる結果であった。

5. おわりに

地震による斜面表層崩壊対策の効果を視覚的に理解する簡易な模型実験教材を手動から電動に改良し、対策工の変形抑制効果が理解しやすい実験条件を検討した。今後は、本装置を活用した実演で、見学者の反応を見たいと考えている。最後に、本装置の改良には、TM3D Design 高橋孝昌氏のご協力をいただきました。ここに記して深く感謝致します。

参考文献

- 1) R・R工法研究会 web : <http://www.rr-kouhou.com/index.html>
- 2) 鏡原ら：斜面表層崩壊対策工の効果を視覚的に理解する簡易な模型実験教材の検討,P2-117,平成28年度砂防学会研究発表会,2016.
- 3) 鏡原ら：斜面表層崩壊対策工の効果を視覚的に理解する簡易な模型実験教材の活用,Pb-28,平成29年度砂防学会研究発表会,2017.
- 4) 鏡原ら：地震による斜面表層崩壊対策工の効果を視覚的に理解する簡易な模型実験教材の活用事例,R9-004,2020年度砂防学会研究発表会,2020.
- 5) 兵庫県：ロープネット・ロックボルト併用工法 設計・施工指針（案）,2021.
- 6) Kinetic Sand web : <https://www.kineticsand.com/>