

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検討

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
菊地 薫, 杉井良平, 田中秀幸, 福井康弘, 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⁾(以降, 本工法)が施工されるケースが増加している. この工法は, 通常の支圧板と鉄筋挿入工にネットまたはワイヤーを併用することで地盤変形の追従性を高め地盤の崩壊に至る変形を抑制する工法である. 大変形を抑止する工法であることから, 各部材の働きを理解する上では地盤の変形に追従して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^{2,3)}は, 簡易な土層を傾斜させ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している. 本稿は, 新たに地震による対策効果を視覚的に理解できるよう簡易な加振式傾斜土層模型装置の検討を行い, 作製したので, 報告する.

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⁴⁾がある.

3.模型教材の作製

これまでの検討から土層材料は, Kinetic Sand⁵⁾と呼ばれる特殊な砂を用いた. この材料は, 2016年から繰り返し使用しているが, 経年変化はなく, 長期間利用できている. また, ボルト・支圧板はトタン釘(長さ450mm), ネットは防鳥ネット(250mm目合)を用いた. 斜面基盤をイメージした傾斜板には, コルクマット(厚さ10mm)を設置した. このコルクマット上に土層を置き, トタン釘の先端がマットに刺さることで対策工が固定される.

模型構造は, 図2に示すように傾斜土層部、中間可動部(回転テーブル)と加振部を組み合わせたものである. 傾斜土層部は, 幅285mm, 長さ340mm, 高さ55mmで, これまで利用してきた装置³⁾と同様に無対策土層と対策工を設置した土層を傾斜板に載せ, ゆっくり傾斜させる装置とした. この傾斜装置は, ボールねじに可動式のヒンジを傾斜板に固定ヒンジをそれぞれ設置して, それらを梁で接続し, ボールねじを回転させることで可動式のヒンジが移動し, 傾斜板が上昇する構造とした. なお, 傾斜板の傾斜角は0から45度まで可変できる. また, 実験土層が落下する距離を設けることで, 土塊の移動の妨げになる端部の影響をなくし対策工が土塊の移動で変形抑止効果を観察しやすくした. 加えて, 落下した土塊の移動スピードや落下する土量の違いを視覚的に観察できる特徴を有している.

つぎに傾斜土層部下の加振部における加振装置は, 図2に示すように, 幅250mm, 長さ400mm, 高さ100mmである. スライドする振動台と円盤をクランクで接続する往復スライダクランク機構とした. 傾斜土層部の重量を考慮



図1 対策工施工斜面の状況

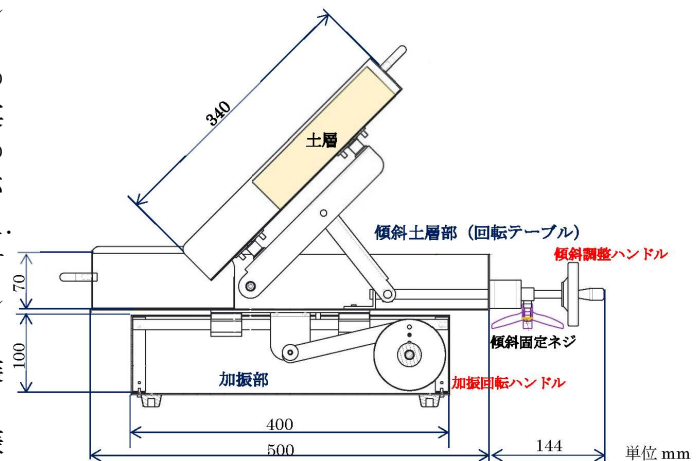


図2 模型装置の概要

しつつ、振動台が加振方向にスムーズに移動できるよう 2 本のシャフトにベアリングを付けた。また、 $\phi 90$ の加振回転円盤には、回転半径を変えられるように半径 15mm, 25mm, 35mm の位置にボルト固定用穴を設置し、同じ回転で周期を変えるよう工夫した。さらに振動を斜面方向、斜面直行方向の 2 方向から加えられるよう図 2 に示すよう中間可動部（回転テーブル）を設け、傾斜土層を載せる台を 90 度回転、固定させる構造とした。この中間可動部は、幅 300mm、長さ 500mm、高さ 70mm である。図 3 に中間可動部を回転したイメージ図を示した。

以上、すべて手動で傾斜変更、加振できる模型装置とし、傾斜土層部の重さや振動を考慮しステンレス製の模型を製作した。あわせて、傾斜、加振実験が毎回同様な条件で実験ができるよう実験土層作成用の箱（130mm×225mm×40mm×2）を製作し、箱内に Kinetic Sand を敷き詰めることで、毎回同様な土の量で実験ができるよう工夫した。対策工の設置は、箱内に Kinetic Sand を敷き詰めたのち、突起を付けた実験土層作成用の箱の蓋を用意し、その蓋を Kinetic Sand に押し当て対策工の設置位置をマーキングでき、すばやく決められた位置にトタン釘が設置できるようにした。このような工夫を行うことで、実験の熟練者でなくとも素早い実験準備が可能となっている。

さらに、実験装置が運搬できるよう外寸幅 400mm×長さ 700mm×高さ 300mm の梱包箱にすべて収められるようにした。重さは、およそ 20kg で容易に運搬が可能である。

4.新しく製作した模型装置を用いた実験

製作した模型装置を用いて実験を行った。まずこれまでと同様³⁾、加振しない状態で、無対策斜面と対策工斜面の崩壊角を確認したところ、無対策斜面は、これまで同様 35 度以上になると急激に滑動することを確認した。一方、対策斜面では 45 度にしても急激に滑動することなく、徐々に変形し、小規模な土砂が崩落することを確認した。つぎに、加振実験を行い、無対策斜面と対策斜面の状況を確認した。傾斜は、無対策斜面が滑動しない 34 度に合わせ、斜面方向に加振させた。加振後すぐ、図 4 に示すように無対策斜面が滑動した。また対策斜面は、加振を続けても大きな変状は認められなかった。斜面直行方向に加振した場合も同じであった。このことから、地震による斜面崩壊に対して、対策工の崩壊防止効果が確認できる実験が行えた。

5.おわりに

新しく製作した模型実験装置は、傾斜実験と異なり、傾斜土層が振動し、動きのある実験であり、かつ崩壊や対策工の効果が視覚的にわかりやすいと考える。今後、この装置を活用し、地震時の斜面崩壊と対策工の効果について、多くの方に見ていただきたい。最後に、模型設計、製作に関して、TM3D Design 高橋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) 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）,2015.
- 5) Kinetic Sand web :
<http://www.rangsjapan.co.jp/item/fun/kinetic-sand/>

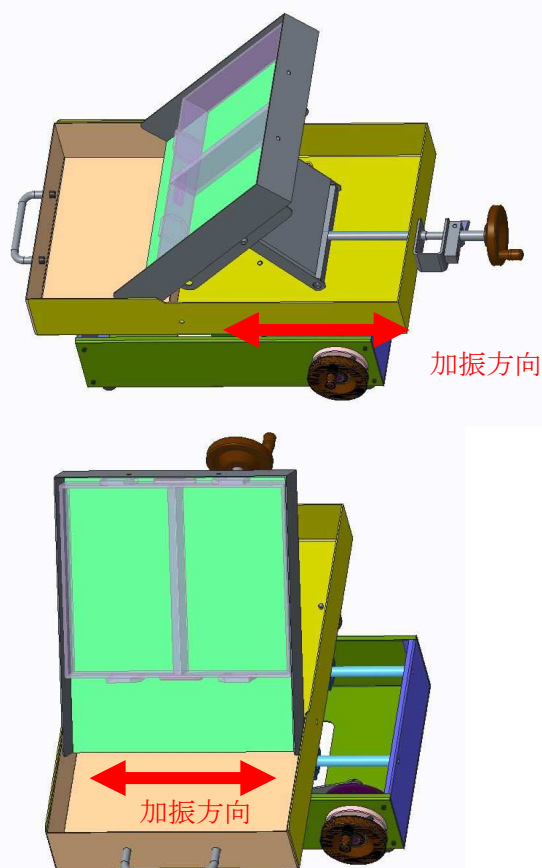


図 3 傾斜土層部を回転したイメージ



図 4 模型実験を用いた加振実験の状況