

振動台実験における対策工の補強効果について

兵庫県

株式会社ダイヤコンサルタント
神戸大学大学院
神戸大学都市安全研究センター

西原 玲二 竹下 洋一 中阪 雅洋

正会員 荒木 繁幸 正会員○鏡原 聖史
正会員 木村 裕之
正会員 沖村 孝

1.はじめに

兵庫県南部地震を契機に、兵庫県では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」の中で地震時の自然斜面の安定を目的に、鉄筋挿入工とネットおよび支圧板の組み合わせによる治山工法¹⁾の開発を推進している。本工法の特徴は地盤の変形に追随しながら斜面安定効果を持つことにあり、変形を考慮して安全性を評価することが求められている。そこで、表層が比較的ゆるい二層構造の斜面を模擬した模型斜面を対象に振動台実験を実施し、その実験結果を基礎資料として、無対策斜面の変位と安全率を関連付け、対策斜面の地震時の変形量を予測する手法を速報的に報告²⁾した。その報告では、対策工の効果を切土補強土工法設計施工指針³⁾に準じ一定値として取り扱った。本稿では実験結果をさらに分析し、表層地盤の滑動量と土の強度、対策工の軸力の発現について考察を行った。

2.模型実験

2.1.模型実験の概要

振動台実験⁴⁾は、独立行政法人港湾技術研究所の三次元水中振動台を用いて実施した。模型の縮尺は1/10とし、斜面勾配を45度とした。模型の形状寸法、計測位置、対策工の配置を図1に示す。加振実験は、2ケース（無対策と対策のある模型斜面）を並列に設置し行った。実験に用いた土試料は、兵庫県宍粟市(山崎断層周辺)に位置する自然斜面の強風化層を採取したもので、自然含水比は約20%である。模型斜面の上層(20cm)は湿潤密度で1.3g/cm³に締め固め、下層(40cm)は湿潤密度で1.65g/cm³に締め固めた。入力加振は、水平一方向に周波数5Hzの正弦波を50波与えた。一回の加振は10秒間とし、200Galから50Gal刻みで段階的に大きくしながら、模型斜面が破壊するまで加振した。対策斜面の対策工を模擬するため、鉄筋挿入工として斜面にφ3mmのアルミ棒を20cm千鳥に配置して、ネットとしてポリエステル製の漁網(□5cm×5cm)を斜面表面に設置した。また、支圧板として円形アルミ板φ30mmをアルミ棒頭部に取り付けた。

2.2.模型実験の結果

無対策斜面の場合は、0.3G加振時に肩部に亀裂が発生し、0.5G加振時に斜面全体がまとまって土塊としてす

キーワード 模型実験, 地盤変位, 対策工

連絡先 〒564-0063 大阪府吹田市江坂町1-9-21 株式会社ダイヤコンサルタント TEL06-6339-9141/FAX06-6339-9357

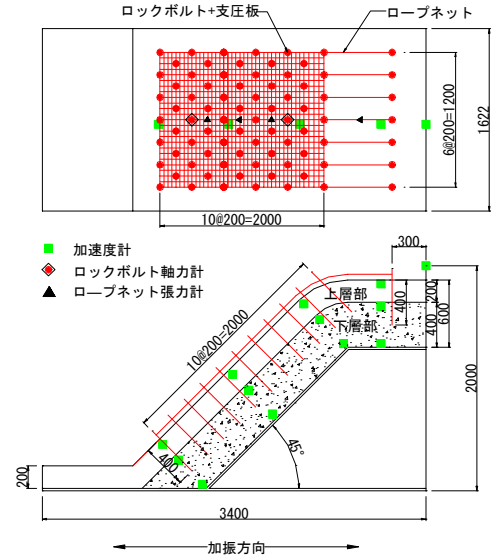


図1 模型斜面平面および側面 (単位: mm)

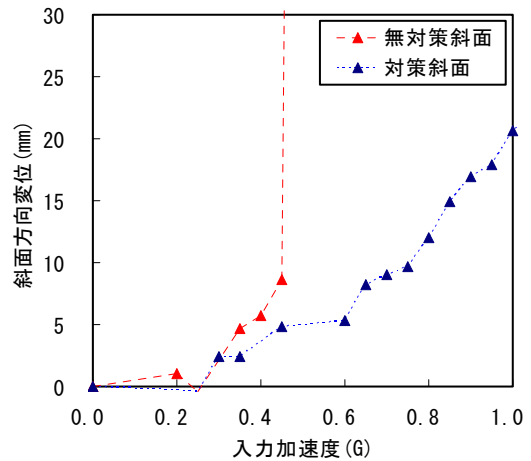


図2 模型実験の正面変位

べる崩壊が発生した。これに対して対策斜面の場合は、0.45Gで肩部に亀裂が発生し、0.85G加振時に斜面中腹部に亀裂が発生したが、その後の加振で無対策斜面のような斜面全体がすべる崩壊は発生しなかった。模型実験の正面から計測した変位(図2)で見ると対策斜面は、無対策斜面が崩壊した後も変位を抑制し全体的な崩壊に至らせていないことが分かった。また加振ごとの模型斜面の挙動を側面マーカの動きに着目し、斜面方向変位を調べた結果、無対策斜面および対策斜面の変位は、双方とも深度20cmを境に上層が斜面に沿って土塊としてすべる形態を示していたことを確認している。次に、対策斜面の地盤変位と計測軸力の関係を図3に示した。

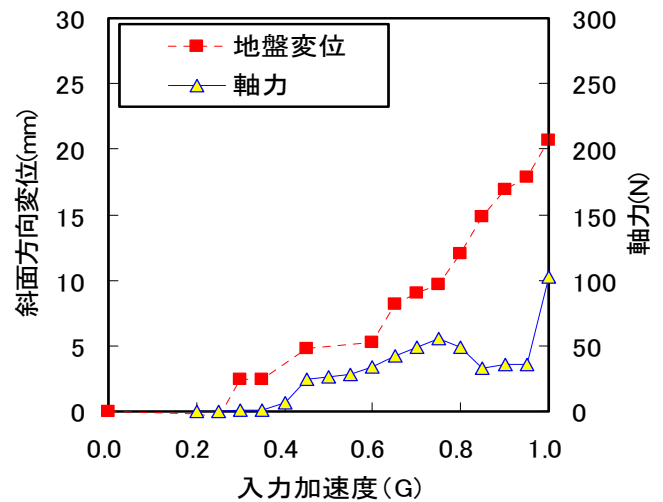


図3 対策斜面の正面変位と軸力

対策斜面の地盤の変位は、無対策斜面の肩部に亀裂が発生が加速度0.3Gから増加し始める。これに対して軸力は、対策斜面の肩部に亀裂が発生した加速度0.45Gから増加し始め、変位量10mm程度のときに最大軸力を計測している。この変位量は、無対策斜面が崩壊する直前の変位量とほぼ等しい。このことから、表層の滑動による変位は10mm程度までで、それ以降は表層の滑動から表層のせん断変形に移行し、斜面中腹部に亀裂が発生したものと考えられる。

3. 対策工の補強効果について

無対策斜面の変位と安全率を関連付け、対策工の効果を切土補強土工法設計施工指針³⁾に準じ一定値として取り扱うことによって、対策斜面の地震時の変形量を予測する手法を速報的に報告²⁾した。しかし、模型実験の軸力計測結果から考えると、変位に応じて軸力が発揮されていることから一定値であるとは考えにくい。そこで変位による土と補強材の相互の関係に着目して西原ら⁵⁾が本実験と同じ材料で実施した静的な実験結果を参照すると無対策の場合は変位に伴って、土の強度はピーク強度以降徐々に強度が低下するが、対策工を設置している場合は、土のピーク強度が発揮される変位以降においても強度が一定、あるいは増加する傾向が認められている。以上のことから外力が大きくなると表層の変位が増加し、その変位に伴って、土の強度が低下するが、その強度低下分を補うように対策工の補強効果が発揮されるメカニズムであると考えられる。

4. まとめ

対策斜面の振動台実験結果を整理し、表層地盤の滑動量と土の強度、対策工の軸力の発現機構について考察を行った。その結果、外力が大きくなると変位に伴って、土の強度が低下し、その強度低下分を補うように対策工の補強効果が発揮されるものと考えられた。従って、対策工の効果を切土補強土工法設計施工指針³⁾に準じ一定値として取り扱うことによって、変位による土の強度低下が対策工の補強効果の増加分で相殺され、模型実験の対策斜面の変位を予測できていたものと考えられる。今後、変位と安全率の関係についてさらに検討を進め、変位を許容した設計手法を確立していく予定である。

参考文献

- 1) 兵庫県：ロープネット・ロックボルト併用工法の設計・施工指針(案), 2004.
- 2) 西原ら：振動台実験における模型斜面の変形量と安全率の関係, 第42回地盤工学研究発表会, 投稿中.
- 3) 日本道路公団：切土補強土工法設計・施工指針, 2002.
- 4) 西原ら：粘性土の自然斜面を対象とした耐震工法に関する振動台実験, 第41回地盤工学研究発表会, 1048, 2006.
- 5) 西原ら：のり面工によるロックボルト引抜抵抗の補強効果, 第42回地盤工学研究発表会, 投稿中.