

平面破壊の可能性のある岩盤斜面の地震時挙動に関する実験的検討

中電技術コンサルタント(株)	非会員	○清田 亮二
中電技術コンサルタント(株)	正会員	岩田 直樹
中電技術コンサルタント(株)	非会員	足立 光
中電技術コンサルタント(株)	非会員	高橋 裕徳
琉球大学	正会員	藍壇 オメル
琉球大学島嶼防災研究センター	正会員	渡嘉敷 直彦

1. はじめに

岩盤斜面の耐震安定性評価は、一般的にすべり安全率により評価されてきたが、近年の地震動の増大に伴って変形照査が求められるようになってきた。岩盤斜面の挙動は、内在する不連続面分布の影響が大きいことが知られており、地震時挙動を適切に評価するためには、不連続面で分割されたブロックの挙動を把握することが重要である。

そこで本検討では、緩やかなすべり面上のブロックの地震時挙動を把握するため、岩石模型による振動実験を行った。すべり面上のブロックは、層状に積み重ねたブロックを用いて、不連続面のないシングルブロックによる既往の実験結果¹⁾との比較により、すべりブロックの不連続面分布の有無による影響を検討した。

2. 実験概要

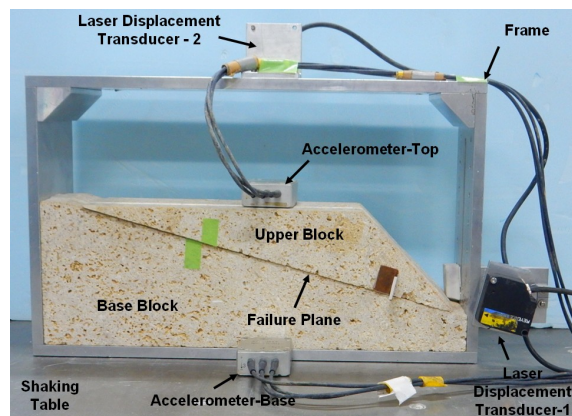
振動台実験装置および実験模型を写真-1に示す。実験模型は図-1に示すとおり、想定する岩盤斜面(高さ50m、すべり角度 15°)の1/500スケールとして、琉球石灰岩により作成し、上部ブロックは層状とした。模型は振動台の上にフレームにより固定し、レーザー変位計および加速度計をフレームおよび上部ブロックに設置した。なお、斜面下端には、上部ブロックの破損を防止するためのストッパーを設置している。このため、ブロック全体のすべり変位の上限は10mm程度となる。

振動実験において入力する地震動は水平動のみとし、周波数2.1Hzの正弦波として段階的に加速度の振幅を増加させた。

なお、振動実験に先立ち、不連続面の摩擦特性を把握するため、傾斜試験により不連続面の静的摩擦角が 31° 、動的摩擦角が 27° であることを確認した。また、斜面模型の固有振動数特性を把握するため、入力加速度を100Gal一定として、振動数を1~50Hzに変化させた実験により、斜面模型の固有振動数が約43Hzであり、シングルブロックによる実験結果と同程度であることを確認した。

3. 実験結果および考察

写真-2に振動実験前後の模型の様子を示す。また、図-2に各箇所の加速度および上部ブロックの変位の時刻歴を示す。5秒付近で上方に若干変位した後、26秒付近から上部ブロックの中間層ですべりが発生し、その後段階的に変位が増大している。中間層でのすべりは、すべり面上のブロックが一体で挙動し、シングルブロックによる実験結果と同様に、すべり開始時に静的摩擦角から動的摩擦角に低下した状態ですべっているものと考えられ、ストッパーに接触するまですべり続ける。



注) 写真はシングルブロックの場合

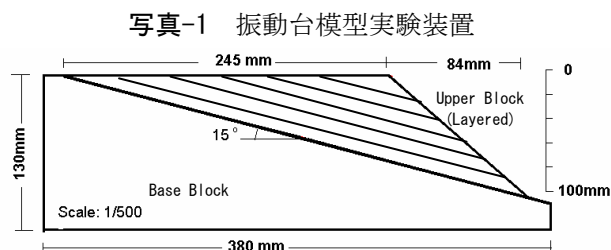
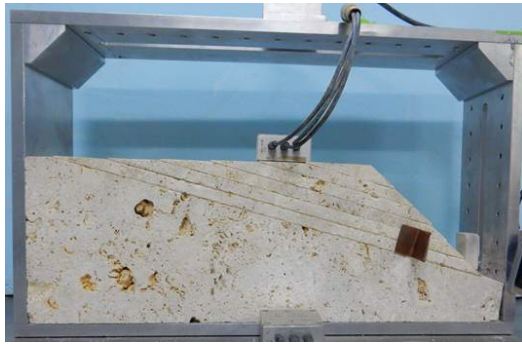


図-1 岩盤斜面の模型

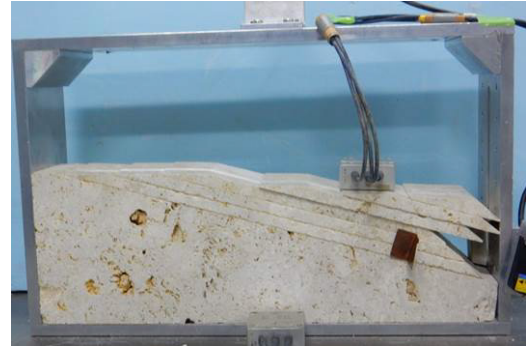
キーワード 振動模型実験, 岩盤斜面, 斜面安定, 不連続面, 地震時挙動

連絡先 〒734-8510 広島市南区出汐2丁目3番30号 中電技術コンサルタント株式会社 原子力プロジェクト室

TEL 082-256-3416

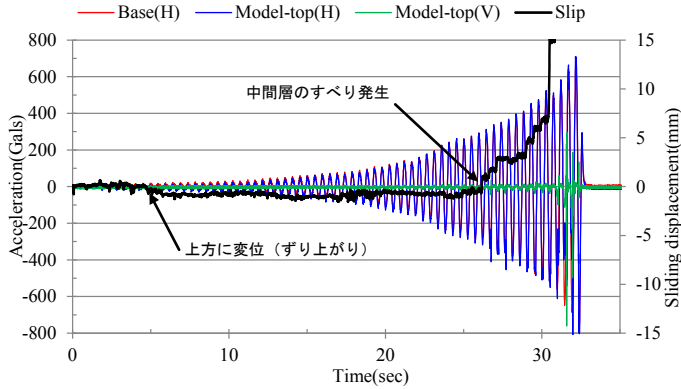


a) 振動前

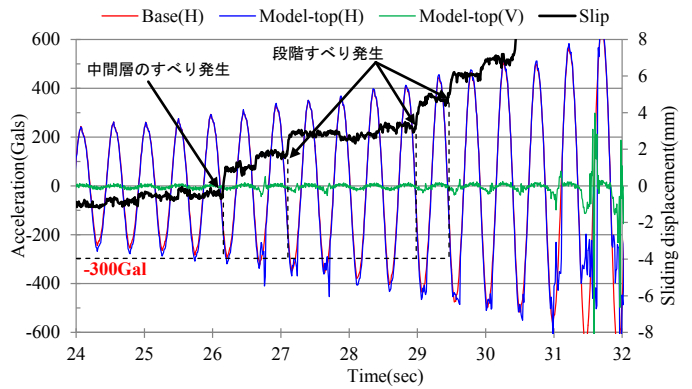


b) 振動後

写真-2 振動実験前後の模型の様子



a) 全体



b) 26 秒付近の拡大

図-2 振動実験観測結果

また、ブロックの鉛直加速度および変位は微小に振動しながら推移しているが、この現象はシングルブロックによる既往実験では確認できなかったことから、層状による何らかの影響があるものと考えられる。

上部ブロックの中間層のすべり開始時およびその後の段階的にすべりが発生する時の加速度は-300Gal 程度（図-2 参照）となっているが、図-3 に示す起動力と抵抗力が釣り合った状態（すべり開始時の状態）を仮定して、摩擦角を逆算すると $\phi_s = 31.7^\circ$ となり、傾斜試験により求めた摩擦角 31° と概ね整合する。なお、シングルブロックによる既往の実験結果においても、同手法により摩擦角を逆算すると傾斜試験結果と整合する結果が得られた。したがって、すべりの開始については、シングルブロック、層状ブロックに関わらず、加速度、不連続面の摩擦角、斜面傾斜角により推定することができる。

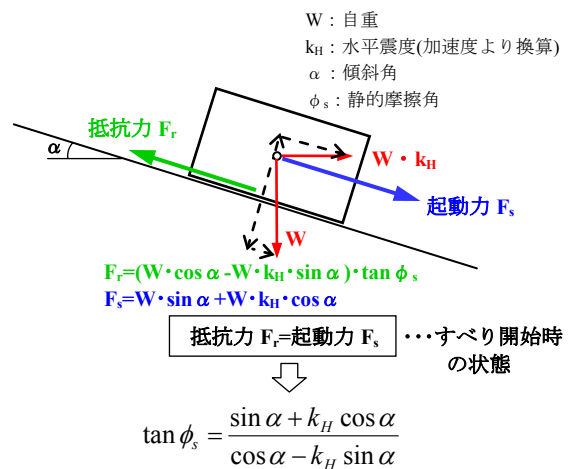


図-3 抵抗力と起動力の関係

なお、模型斜面の固有振動数はシングルブロックと同程度の約 43Hz でブロック全体が剛体と考えられ、上部ブロックにおいて地震動の増幅も生じていない。したがって、層状ブロックの各層の摩擦角が同じ場合、層状の不連続面の有無による応答の差異は無いため、本実験で層状ブロックの中間層ですべりが発生したように、必ずしも最下層ではなく、何れの層でもすべりが発生する可能性があると考えられる。

4. おわりに

今後は、実験結果に対する不連続変形法等による数値シミュレーションを行うとともに、実斜面への適用に向けた検討を行っていく予定である。

参考文献

- 1) 足立光・岩田直樹・清田亮二・藍檀オメル・渡嘉敷直彦：不連続面を有する岩盤斜面の地震時安定性に関する実験的および解析的検討，第 14 回岩の力学国内シンポジウム講演集，講演番号 54，2017。