# 振動台模型実験による斜面上の岩盤ブロックの地震時挙動

- 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) 正会員 岩田 直樹
- 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) 非会員 髙橋 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

主要な道路や原子力発電所などの重要土木構造物に隣接する岩盤斜面は,動的 FEM 解析により耐震安定性評価 が実施されている.この際,岩盤は均質な弾性体として評価されることが一般的である.しかしながら,岩盤の挙 動は,内在する不連続面分布の影響を大きく受けた不連続体的な挙動を示すことが知られており,岩盤斜面の耐震 安定性を適切に評価するためには,この不連続体的挙動を把握することが必要となる.本研究では,すべり面を有 する岩盤斜面の地震時挙動の把握のため,斜面上にブロックを設置した模型を作成し振動台実験を行い,ブロック に生じるすべりや剥離といった不連続体的挙動の計測を行った.

### 2.実験概要

実験装置および実験模型を写真-1 に示す.実験模型は想定する岩盤斜面(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た.模型は振動台の上にフレームにより固定し,上部ブロックの応答加 速度,すべり量を計測するため,レーザー変位計(水平方向,鉛直方向,すべり方向)および加速度計(水平方向, 鉛直方向)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,すべり変位の上限は10mm程度となる.

入力する地震動は水平動のみとし,周波数を2Hzとして加速度を最大670Galまで段階的に増加させる地震波Aと,2008 年岩手・宮城内陸地震の振幅を50%に低減した地震波Bの2 波により実験を行った.

なお,振動台実験に先立ち,すべり面の強度特性を把握するため,写真-2に示すように傾斜実験を行い,すべり面の摩擦角が約41°であることを確認した.

### 3.実験結果

図-1 に地震波 A における加速度および変位の時刻歴応答 波形を示す .9.5 秒付近の下部ブロックの加速度-475Gal の際 にすべっており,1度のすべりで10mmを超えるすべりが生 じている.水平加速度について,すべりが生じていない時刻 では,ピーク付近で上部ブロックの応答が若干大きくなって いるものの,すべりが生じる時刻付近に着目すると,すべり 開始直後で下部ブロックの加速度が上部ブロックより大き くなり,すべり停止直前では逆に下部ブロックの加速度が上



写真-1 実験模型と計測機器



写真-2 傾斜実験

キーワード 岩盤斜面,斜面安定,振動台実験,不連続面,地震時挙動,残留変形 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

## T E L 082-256-3416

部ブロックより小さくなっている.鉛直加速度については, 上部ブロックにすべりが生じていない時刻では,加速度は 生じていないが, すべり開始直後で鉛直下向きの, すべり 停止直前で鉛直上向きの加速度が生じている.

図-2 に地震波 B における加速度および変位の時刻歴応答 波形を示す.16.65 秒の下部ブロックの加速度-527Gal (図-2

)の際にすべっており,地震波Aとは異なり,段階的にす べりが生じている.なお,一つ前の下部ブロックの加速度 -462Gal (図-2 ) ではすべっていないことから, すべり始 める限界加速度は,地震波 A と同様の-475Gal 程度と考えら れる.また,2回目以降のすべりでは,-475Galより小さい加 速度ですべりが生じている(図-2 ~ ,-362Gal~-428Gal).

実験結果をもとにすべり開始時の挙動について整理する.∛-400 上部ブロック滑動時の力のつり合いのイメージを図-3 に示 す.すべり開始直後は,起動力Fsが抵抗力Frより大きいた め,力のつり合いを考えると上部ブロックには斜面上向き に Fs - Fr の力が作用する.このため,滑動時にはこれに相 当する加速度が斜面下向きに作用することから,上部ブロ ックの水平加速度は下部ブロックよりも小さくなるととも に,鉛直下向きの加速度が生じる.一方,すべりが停止す る直前では、起動力 Fs が抵抗力 Fr より小さくなるため、作 用する加速度もすべり開始時と逆方向となる.

地震波 B の実験結果より,段階的にすべりが生じるよう な場合,2回目のすべりから限界加速度が低下する現象が確 認されるが、これはすべり面の強度が当初のピーク強度か ら残留強度に低下したためと考えられる .-362Gal(図-2 ) ですべり,-354Gal(図-2)ではすべりが生じていないこ とから,残留強度時における限界加速度は-360Gal 程度と考 えられる.なお,ブロックを剛体と仮定して摩擦角を算定 **すると**, ピーク強度は <sub>p</sub>=40~41°, 残留強度は <sub>r</sub>=35~ 36°程度と推定される.この結果は別途実施した傾斜実験 の結果とも一致している.

#### 4.おわりに

本研究では,斜面上にブロックを設置した模型を作成し 振動台実験を行い、その応答を計測し整理することで、ブ ロックの地震時挙動について基本的なメカニズムの把握を 行った.また,段階的にすべりが生じる場合,2回目以降の すべりでは, すべり面の強度がピーク強度から残留強度へ 低下することも分った.

今後は,琉球石灰岩以外の岩種での実験やすべり面に粘 土などが介在した場合の検討などについても実施していく 予定である.





15

20

25

0 -2

-4

30

-400

-600

-800

0

5

10

図-2 地震波 B における観測結果

