

不連続性岩盤斜面の地震時トップリング崩壊に関する遠心力模型実験

電力中央研究所 正会員 ○石丸 真, 河井 正

1. はじめに

断層、節理、層理など多種多様な不連続面を含む岩盤斜面の崩壊形態のうち、トップリング（転倒）崩壊は垂直に近い節理の卓越した斜面あるいは高角度の差し目を有する斜面等でしばしば発生しており、斜面自体のみならず斜面付近の構造物等に多大な影響を及ぼしている。そのためトップリング崩壊に注目した崩壊機構の解明は、地震時を含む岩盤斜面の安定性評価と補強対策において重要な課題となっている。

崩壊機構の解明には現象を再現した模型実験が一つの有効な手段であり、トップリング崩壊に関してもこれまで主に自重時の崩壊を対象とした模型実験が行われている^(例えば1),2)。本研究では、従来あまり検討が行われていないトップリング崩壊に及ぼす地震動の影響に関して遠心力模型実験を実施した。

2. 実験条件

実験に用いた斜面模型形状を図-1に示す。本研究では、模擬岩盤材料（焼石膏、細砂、水を重量比1:7:3で混練）で作製した3cm各の立方体ブロックを、でんぷん糊を使って接着しながら積み上げることにより、直交性の不連続面を有する斜面模型（斜面勾配1:0.5、斜面高さ54cm、模型幅33cm）を作製した。なお、実験の遠心加速度は50Gであり、斜面高さは実規模換算では27m（立方体ブロックは1.5m）である。

立方体ブロックの作製に用いた模擬岩盤材料は、実斜面のトップリング崩壊を再現するため、遠心載荷試験装置の加振能力の範囲内で地震動入力時に変形・破壊する程度の物性とした。図-2に模擬岩盤材料のUU三軸圧縮試験結果（供試体サイズφ5cm×h10cm）を示す。また、図-3には斜面模型と同様の方法でブロックを積み上げ、その後整形した供試体（φ30cm×h60cm）のUU三軸圧縮試験結果を示す。拘束圧が小さい場合は不連続面（ブロック同士をでんぷん糊で接着した面）でブロック同士が離れるような形態で破壊するが、拘束圧が大きい場合は不連続面に関係のないすべり面を形成して破壊していることがわかる。

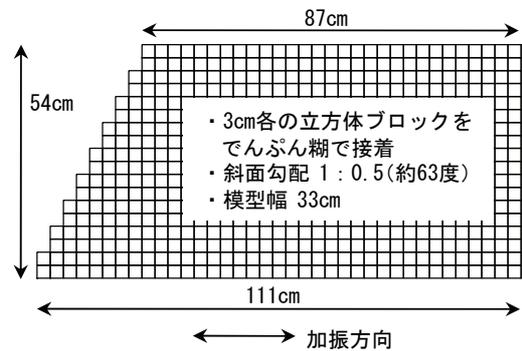


図-1 斜面模型形状

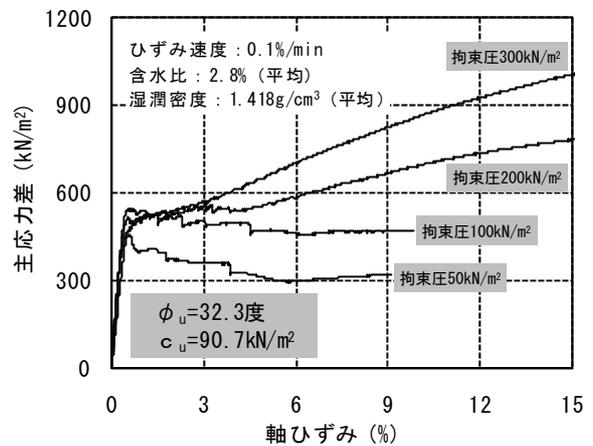


図-2 模擬岩盤材料の三軸圧縮試験結果

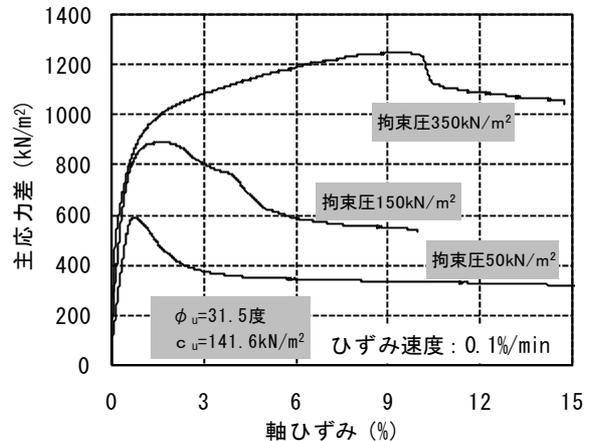
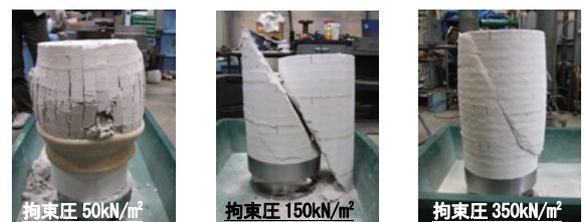


図-3 ブロック積み上げ供試体の三軸圧縮試験結果

キーワード 岩盤斜面, トップリング崩壊, 不連続面, 耐震, 遠心力模型実験

連絡先 〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子1646 (財)電力中央研究所 地球工学研究所 地震工学領域

加振実験においては、実規模換算 1.2Hz の正弦波 20 波を 1 ステップとして、加速度振幅の大きさをステップ毎に段階的に大きくして入力した。各加振ステップの振幅は、約 30, 80, 100, 200, 300gal である。入力加振波の例 (300gal の場合) を図-4 に示す。

3. 実験結果

崩壊は 300gal 入力時に発生した。300gal 入力時に土槽側面から CCD カメラにより撮影した崩壊の様子、および倒れ込んだブロックを除去した後の斜面模型の様子を図-5 に示す。図より、斜面模型は法肩付近よりブロックが倒れこむようなたわみ性トップリングにより崩壊していることが確認できる。また、実験後の崩壊面の観察より、破壊は法肩前方で止まっており、崩壊面は法尻からおおよそ 45 度の角度であったことが確認された。

図-6 には崩壊前の加振ステップまでに模型に生じた累積変位を、図-7 には 300gal 入力時の法肩位置の水平変位の時刻歴波形を示す。200gal 入力時に水平変位が斜面前方へ 20cm (実規模換算) 程度発生していることから、この時点で接着面が剥がれてブロック同士が離れるなど、模型に何らかの損傷があったことが想定される。また、300gal 入力時の水平変位については繰返し振動により徐々に斜面前方へ大きくなり、崩壊に至っている。

4. 斜面模型の崩壊要因

本実験における崩壊要因として、まず斜面模型性状に関しては、直交性の不連続面を有する斜面模型であったこと、および斜面勾配が比較的急 (約 63 度) であったため、斜面前方へブロックが倒れ込みやすい (ブロック同士が離れやすい) 状態にあったことが考えられる。これに加えて本実験では地震動の影響として、加振により模型表面付近の拘束圧が低い箇所で大きな水平力が作用したため、引張りによりブロック同士がさらに離れやすい状態にあったと考えられる。

今後、実験結果に対する DEM (個別要素法) 解析等を行い、詳細に検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 江崎哲郎, 蔣宇静, 永富雅幸, 後藤直人: 不連続性岩盤斜面に生じる転倒崩壊機構に関する基礎的研究, 資源と素材, Vol. 113, pp. 233-240, 1997.
- 2) J. H. Zhang, Z. Y. Chen and X. G. Wang: Centrifuge Modeling of Rock Slopes Susceptible to Block Toppling, Rock Mechanics and Rock Engineering, Vol. 40, No. 4, pp. 363-382, 2007.

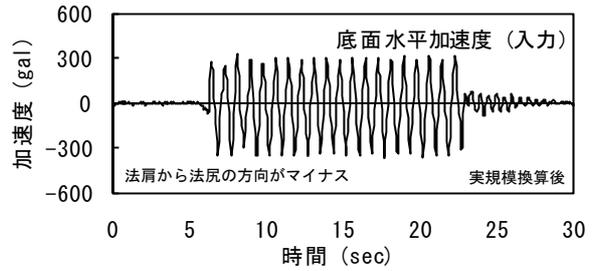
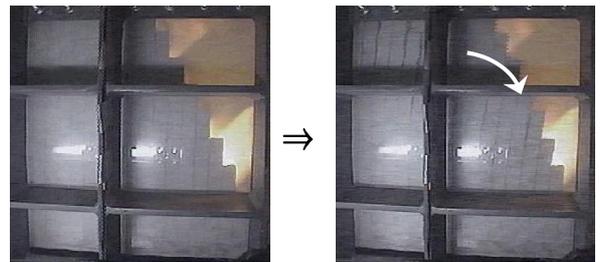


図-4 入力加振波の例 (300gal の場合)



(a) 崩壊の様子



(b) 崩壊ブロック除去後

図-5 斜面模型の崩壊の様子

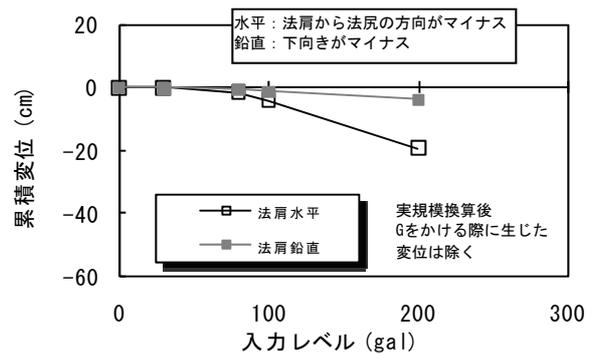


図-6 模型に生じた累積変位

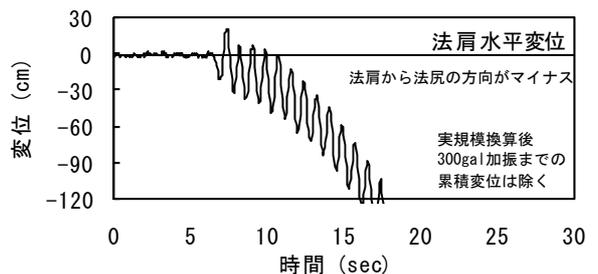


図-7 崩壊時の法肩位置水平変位の時刻歴