

すべり発生層の特性に応じた岩盤斜面模型の地震時変形性状に関する検討

原子力安全基盤機構	正会員	○中村 英孝, 村田 雅明
鉄道総合技術研究所	正会員	篠田 昌弘, 渡辺 健治, 佐名川太亮
電力中央研究所	正会員	河井 正
日本大学	正会員	中村 晋

1. はじめに

従来の斜面の安定性評価においては、円弧すべり法等による力の釣り合いから求める安全率を用いるのが一般的であった。しかしながら、円弧すべり法による安全率による評価は簡易である反面、損傷の程度を定量的に評価できないため、実務設計では問題となっていた。一方、兵庫県南部地震以降、設計地震動の見直しが各機関で行われ、既往の設計地震動よりも大きい最大加速度が採用されるようになり、許容応力体系から性能規定体系への移行が行われている。そこで、斜面の安定性評価においても力の釣り合いから求める安全率のみではなく、変形量による照査が重要と考え、岩盤斜面模型を対象とした振動台実験を実施し、斜面の応答変位や崩壊モードに着目した検討を行った。

2. 振動台実験

実験ケースの一覧を表1に示す。斜面模型は、基盤層、弱層、表層で構成され(図1)、主な実験パラメータは、弱層の勾配、や材料特性、入力波形、模型スケールである。また、Case1, 2の結果を踏まえて、Case3以降では土槽側壁摩擦の影響を完全に排除するために、土槽壁面と弱層、表層の間に隙間を設けて構築を行った。

基盤層、弱層、表層の物性を表2に示す。基盤層は安定した地山を想定しているため、セメント安定処理した粒度調整碎石を十分に締め固めることによって作成し、加振中の滑動を抑制するため、アンカーにより土槽と完全に固定



図1 岩盤斜面模型

表2 地盤材料物性

		単位体積重量 (kN/m ³)	内部摩擦角 (度)	粘着力 (kN/m ²)
基盤層		18.9	57.3 (53.4)	280.5 (5.4)
弱層	材料A	16.6	39.5 (36.3)	2.9 (1.7)
	材料B	21.8	40.3 (34.0)	5.8 (3.4)
表層		30.0	0 (28.4)	107.4 (34.4)

表1 実験ケース一覧

	実験条件									
	模型諸元			入力波	加振振動台	模型サイズ	備考			
	弱層勾配	弱層厚さ	弱層材料							
Case1	崩壊に至らず									
Case2	崩壊に至らず									
Case3	35 度	薄い	材料A	正弦波	小型振動台	小型	のり先補強あり			
Case4	45 度						—			
Case5	45 度	厚い					—			
Case6	40 度						—			
Case7	35 度	薄い					不規則波	中型振動台	中型	—
Case8										—
Case9				—						
Case10				—						
Case11	45 度		材料B	正弦波	表層部分も弱層材料で構築					
Case12				不規則波	—					
Case13				—						
Case14	40 度			—						

キーワード 斜面, 振動台実験, 地震時変形

連絡先 〒105-0001 東京都港区虎ノ門4-3-20 (独)原子力安全基盤機構 耐震安全部 土木・建築グループ TEL 03-4511-1561

した．弱層には，軟化度の異なる材料Aと材料Bの2種類の材料を用いており，表層には起動力確保のため，鉄粉にベントナイトを重量比10%で混合した材料を用いて作成した．また，基盤層—弱層間，弱層—表層間の層境でのすべりの発生を防ぐために，境界部を段切り構造とした．

3．実験結果

各ケースにおいて実験結果の概略を表2に，また代表的なケースの大変形後の状況を図3に示す．なお，表2では崩壊に至らなかったCase1,2，およびのり先の補強を行っているCase3,4の結果については除外した．

各パラメータが変形モードに与える影響についての考察を以下に示す．

- 弱層勾配の比較(Case5,7,8)：変形モードは大きく3つに分けられ，これは弱層勾配による影響が大きい．
 弱層角度35度の場合：すべり面の発生後慣性力が作用時にのみ変形が進行する「進行的変形」
 弱層角度45度の場合：すべり面形成後に土塊の自重によりすべり変形が生じる「滑落」
 弱層角度40度の場合：すべり面形成後初期は進行的変形を示すが，変位の進行に従って抵抗面積が減少するため滑落モードに移行する「進行的変形＋滑落」
- 表層によるすべり面発生位置の拘束(Case10,11)：表層を構築しているケースにおいてはすべり面位置が弱層のみに制限されているのに対し，表層まで弱層材料を用いて構築した場合には，基盤層と弱層の境ですべり面が発生した後，強度低下を起こしたのり尻部を発端として新たなすべり面が発生する．
- 入力波形の比較(Case8,9)：正弦波の場合に大変形発生時の加速度が600galであるのに対し，不規則波の場合は900galであった．これは，正弦波と不規則波のエネルギーの相違によるものである．¹⁾
- 弱層の厚さによる影響(Case6,7)：弱層が厚くなることにより，局所的なすべり面の発達から一連のすべり面の形成までにより多くのエネルギーが必要となる．
- 弱層材料の特性(Case12,13)：大変形に至る直前のひずみレベルは，材料の変形特性に依存する．
- 模型スケールによる影響(Case8,10)：Case10において，すべり変形が進むとともに表層の崩壊が発生した．これはスケールが大きくなることにより，地盤材料の強度が見かけ上低下するためである．

表2 実験結果

	大変形発生時の最大加速度	大変形発生時の表層天端の移動距離	崩壊パターン
Case5	400 gal	—	滑落
Case6	500 gal	178 mm	進行的変形
Case7	500 gal	70 mm	進行的変形＋滑落
Case8	600 gal	142 mm	進行的変形
Case9	900 gal	—	滑落
Case10	300 gal	—	進行的変形＋表層崩壊
Case11	450 gal	155 mm	進行的変形＋のり尻崩壊
Case12	200 gal	—	滑落
Case13	300 gal	—	滑落
Case14	500 gal	150 mm	進行的変形＋滑落

4．まとめ

弱層を有する岩盤斜面の模型供試体を対象とした一連の振動台実験を行い，各実験パラメータが崩壊挙動に与える影響について検討を行った．今後，さらに模型サイズを大きくして，スケールの影響について検討していく予定である．

参考文献 1)篠田ら：入力波の相違が岩盤斜面模型の変形性状へ及ぼす影響，土木学会第66回次講演会，2011.9. (投稿中)

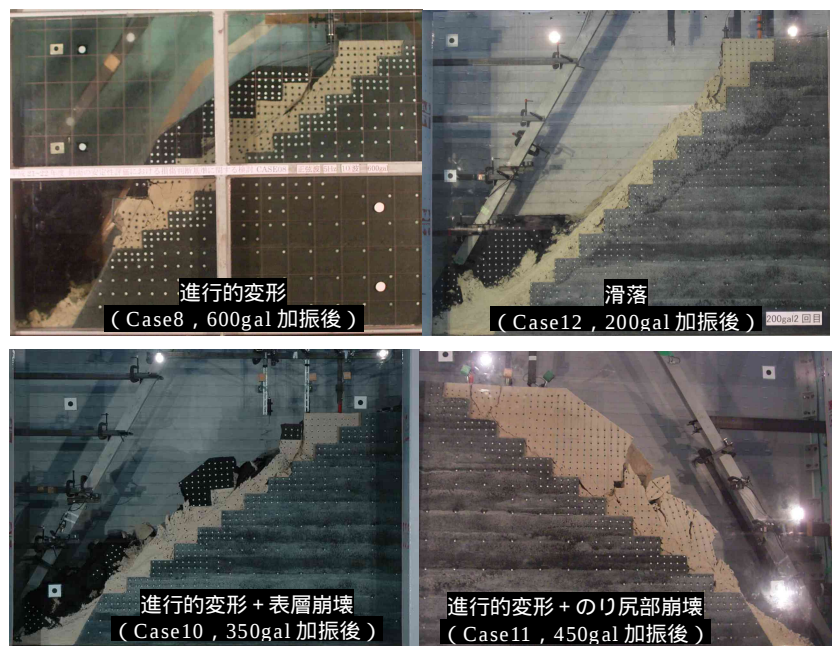


図3 大変形発生後の模型供試体状況