

入力波の相違が岩盤斜面模型の変形性状へ及ぼす影響

鉄道総合技術研究所
原子力安全基盤機構
電力中央研究所
日本大学

正会員
正会員
正会員
正会員

○篠田 昌弘・渡辺 健治・佐名川太亮
中村 英孝・村田 雅明
河井 正
中村 晋

1. はじめに

原子炉建屋周辺斜面の安全性評価にあたっては、地震による崩壊が原子炉施設等に波及的な影響を及ぼさないことを確認する必要がある。原子炉建屋周辺斜面は、斜面のり尻と原子炉建屋との離間距離が約 50m 以内の斜面、あるいは斜面の高さの約 1.4 倍以内の斜面を対象とする。原子力発電所耐震設計技術指針¹⁾によれば、原子炉建屋周辺斜面の地震時安定性評価は、弱層沿い又は不安定領域のすべりなどを考慮し、原則として、すべり安全率により行うものとしている。すべり面法を用いた評価基準値として、上記指針では 1.5 を明示している。この基準値を用いた検討において、斜面の崩壊が、原子炉建屋に波及的な影響を及ぼさないと想定される斜面であっても、安全率が下回る場合には、対策工を施すこととなり、経済的な負担が大きいことが問題となっている。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、従来の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、斜面模型を用い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て実験結果の分析を実施した。本報告は、これまで実施した振動台実験のうち、入力波の相違が岩盤斜面模型の変形性状へ及ぼす影響について検討したものである。

2. 振動台実験

本実験で用いた斜面模型を図 1 に示す。斜面模型は、基盤層、弱層、表層で構成され、のり面の角度は 60 度、弱層の角度は 35 度である。入力波の相違による変形性状へ及ぼす影響を検討するため、同一の模型を 2 体製作した。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した。弱層は、珪砂 6 号にベントナイトを重量比 1% で混合した材料、表層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。表 1 に各種地盤材料特性を示す。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。模型の製作は 1 層（高さ 5cm）毎に所定量の基盤材料を敷き均し、人力による締め固めをしながら構築した。

弱層、表層部分においては、変位に対する土槽側壁摩擦の影響を完全に排除するために、土槽側壁と模型地盤間に 4mm の隙間を設けて作成した。模型内の各所に画像解析用の標点を設置し、高速度カメラを用いて、加振中の模型の 2 次元変形量を測定した。振動台実験にお

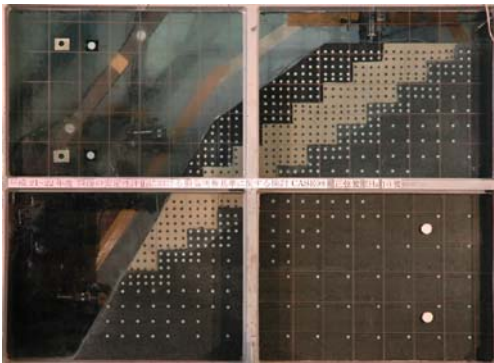


図 1 岩盤斜面模型

表 1 地盤材料特性

項目	単位体積重量 (kN/m ²)	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	16.6	39.5 (36.3)	2.9 (1.7)
表層	30.0	0 (28.4)	107.4 (34.4)

キーワード 斜面，振動台実験，安定解析

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (財) 鉄道総合技術研究所 基礎・土構造 TEL042-573-7261

ける入力波形は、正弦波と不規則波の2種類を用いた。正弦波は、5Hzの正弦波10波とし、100galから100galずつ段階的に増加させた。不規則波はモデル地震動を用いた。振動台実験は、斜面模型が大崩壊に至った段階で実験を終了した。

3. 実験結果

図2に最大加速度600galの正弦波入力後の変形状況を、図3に最大加速度900gal(2回目)の不規則波入力後の変形状況を示す。表層と弱層の境界からテンションクラックが発生した後、進行的に変形した。斜面ののり尻は変形に伴い滑落した。最大加速度600galの不規則波を入力した場合には、ほとんど変形が生じなかった。これは、地盤の進行的変形等に寄与する入力波の加速度振幅の大きさや継続時間が正弦波と不規則波で異なるためであると考えられる。ここで地盤変形に寄与する入力波の指標として、振幅の経時変化総量(以下、入力パワーと呼ぶ)で表される下記のArias Intensity (I_A)を求めた。

$$I_A = \frac{\pi}{2g} \int_0^t a(t)^2 dt \quad (1)$$

正弦波の周波数5Hz、最大加速度600galで10波の I_A は、462cm/sであった。一方、最大加速度600galの不規則波の I_A は、177cm/sであった。正弦波の入力パワーは、不規則波の2.6倍であることから、最大加速度600galの正弦波だと模型が変形しやすく不規則波だと模型が変形しにくいことが分かる。

振動台実験では、最大加速度900galの不規則波で斜面模型が変形したことから、その不規則波の I_A を求めると、368cm/sとなる。実験では、最大加速度900galの1回目の加振ではそれほど変形しなかったが、2回目の加振で変形したことから、1回目と2回目の累積パワーが736cm/sとなり、正弦波で変形した I_A の462cm/sを越えることになる。よって、入力波の相違により斜面模型の変形状況が異なることを入力パワーの観点から説明できることが分かった。

図4と図5に最大加速度600galの正弦波と最大加速度900gal(2回目)の不規則波入力後の大変形時のせん断ひずみコンター図を示す。せん断ひずみは、のり肩にテンションクラックが発生した後、すべり線がつながってから変形に至ったことが判明した。なお、変形前のひずみのコンター図から、大変形が生じる前のひずみの発生量は入力波の違いによらず2%から5%であることが分かった。

4. まとめ

斜面の安定性評価のために、入力波を変えて同じ岩盤斜面模型に対して振動台実験を実施した。その結果、入力波の違いによる変形状況は、入力波の入力パワーの相違により説明できることが分かった。さらに、大変形が生じる前に発生する最大せん断ひずみ量は2%から5%であることが分かった。

参考文献 (1) 電気技術基準調査委員会, 原子力発電所耐震設計技術指針, JEAG4601-1987, 日本電気協会, 1987.

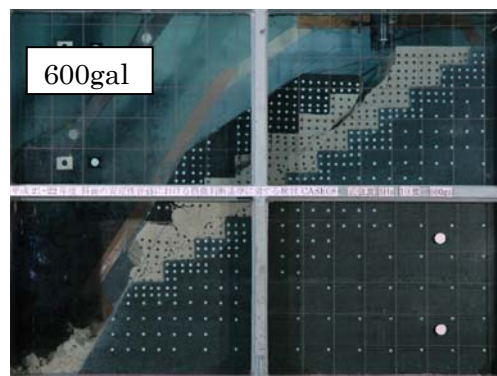


図2 正弦波入力後の変形状況

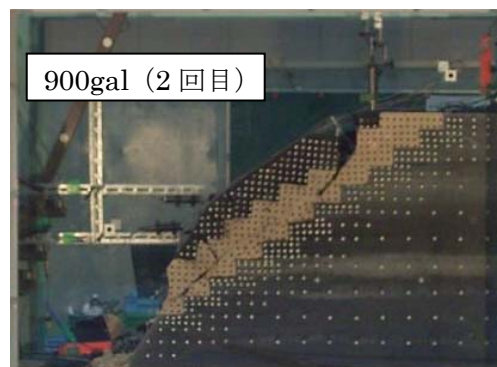


図3 不規則波入力後の変形状況

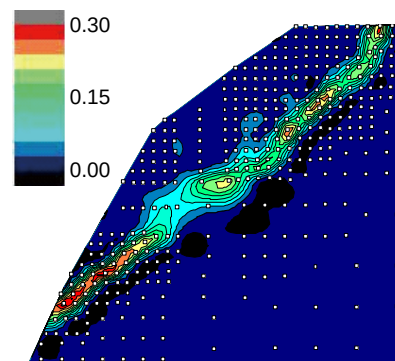


図4 正弦波入力時の大変形時の最大せん断ひずみコンター図(600gal)

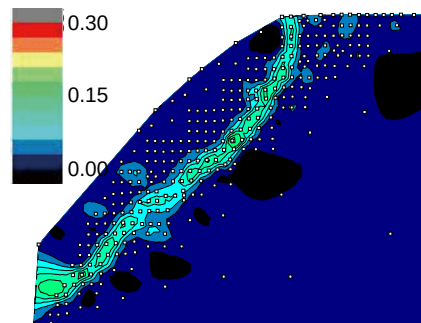


図5 不規則波入力時の大変形時の最大せん断ひずみコンター図(900gal)