

地震による斜面の不安定化に関する実験的考察

東京都市大学 学生会員○三國智温 正会員 末政直晃
(独) 労働安全衛生総合研究所 正会員 玉手 聡 正会員 堀 智仁
正会員 伊藤和也 正会員 吉川直孝

1. はじめに

本研究では地震により斜面が不安定化する過程を動的遠心模型実験により調べた。本実験では異なる勾配を与えた斜面に加振を繰り返し、その崩壊を比較するとともに表層部のせん断ひずみ増分の時刻歴変化を計測したので、その結果について述べる。

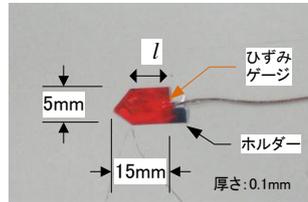


図1 小型表層ひずみ計 (SPS)



写真1 SPS を貫入する様子

2. 斜面表層のせん断ひずみ増分について

図1は実験に使用した小型表層ひずみ計¹⁾(以下、SPSという)を示す。SPSは長さ15mm、幅5mm、厚さ0.1mmの小型の薄鉄板の両面にひずみゲージを貼り付けたものである。SPSは写真1のように模型斜面に貫入し、表層部でのせん断変形をその曲げから換算して求めた。

SPSを片持ち梁条件でたわみ(s)を与え、SPSの有効長(l)に対するsの割合を換算せん断ひずみ(θ_i)と定義すると、その関係は式(1)により表される。そして、ひずみゲージの電気的な応答ひずみ(r_s)と θ_i の関係を実験的に調査し、式(2)の関係を得た。

$$\theta_i = \frac{s}{l} \quad (1), \quad \theta_i (\%) = 0.002 \times r_s (\mu\varepsilon) \quad (2)$$

表1 実験条件

実験名	初期勾配(α)
Cs1	45°
Cs2	60°

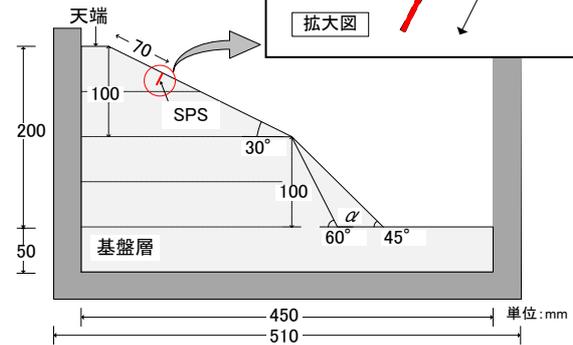
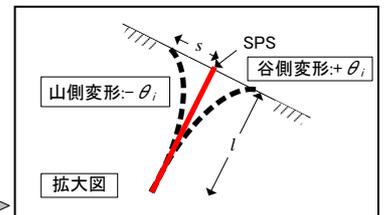


図2 模型地盤の概念図

3. 模型地盤の作製

斜面表層で発生する中小規模の土砂崩壊を動的遠心模型実験で再現した。試料には予め最適含水比に調整した関東ローム²⁾を用いた。試料を実験容器(縦450mm×横150mm)に投入し、密度が均一になるように5層に分けて静的に締め固めた。締め固め圧力は50kPaであり、12時間締め固め養生した。図2は実験を行った斜面モデルの断面図を示す。斜面の高さは200mmであり、基盤層の厚さは50mmである。天端から100mmには30度の共通勾配を与え、その下側には45度と60度の異なる初期勾配(α)を与えた。また、天端から70mmの位置にSPSを設置した。

4. 動的遠心模型実験

模型斜面に50gの遠心加速度を与えた状態で加振を行った。この加振では加速度振幅が15gで周波数が50Hzを標準とし正弦波を20波与えた。従って、実大換算では300galの加速度振幅で1Hzに相当する。なお20波中の前半と後半の各6波は振幅を漸増、漸減させて

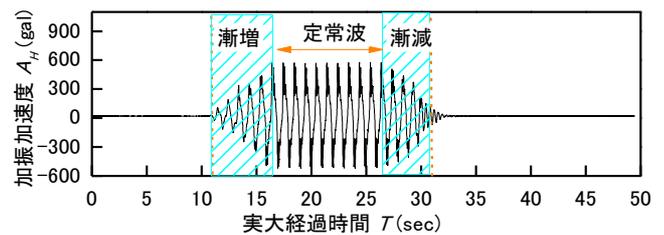
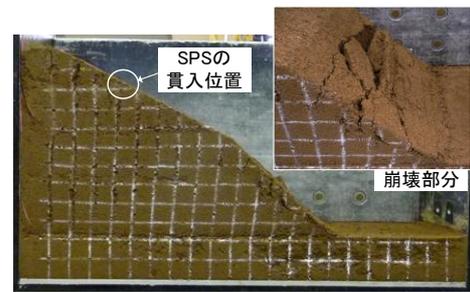


図3 正弦波の波形

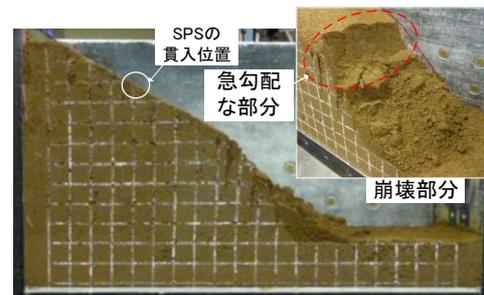
いる。図3に設定加速度(A_i)が300galの実大経過時間(T)と加振台で記録した加振加速度(A_H)を示す。Tが17~25(sec)では、 A_H が一定した加振となっている。なお、最大振幅は A_i よりも6割程度大きく生じた。模型斜面の初期勾配(α)は45度と60度の2種である。実験条件を表1に示す。模型斜面には、2回の加振を与えて不安定化させ、崩壊は2回目に発生した。

5. 斜面勾配の違いによる崩壊の比較

図4に崩壊後の斜面の様子を示す。図4a)は $\alpha=45$ 度を与えたCs1の様子である。斜面には亀裂を生じ、前倒しになるように大きく変形している。しかし、崩壊土は落下せず現斜面に留まっている。図4b)にCs2の様子を示す。法肩部が崩壊し法先に堆積している。崩壊した法肩部には急勾配な部分が新たに現れている。いずれのケースもSPSを設置した上方部分は崩壊に至らず、表面的な変形も目視では明確でなかった。



a) Cs1の崩壊後の様子($\alpha=45^\circ$)



b) Cs2の崩壊後の様子($\alpha=60^\circ$)

図4 Cs2の崩壊後の様子

6. せん断ひずみ増分の経時変化

図5にせん断ひずみ増分の経時変化を示す。それぞれ上段には1回目の応答、下段には2回目の応答を示す。加振はおよそ11~31秒までの間に行われた。 θ_i の値は谷側方向のせん断変形が正である。

図5a)はCs1の結果である。崩壊部分から離れた上部に設置した θ_i の応答を比較すると全体的に1回目より2回目の応答が大きい。1回目の加振では小さな波形が見られ、加振後には値が0.06増加している。2回目の加振では波形の振幅に顕著な増加が見られ、この時に崩壊は発生した。

図5b)はCs2の結果である。同様に設置した θ_i の応答を比較すると定常加振中に振幅が増加しており、1回目と2回目に共通して見られる。崩壊は2回目に発生したが、この振幅の増加より斜面の劣化は1回目から進行していたことがわかる。

以上より加振前後におけるせん断ひずみ(θ_i)の増加から斜面には加振によって塑性的なせん断変形を生じることが確認された。また、加振中には θ_i の振幅増加が表層部で確認され、この増加は斜面の劣化による応答の変化と考えられる。

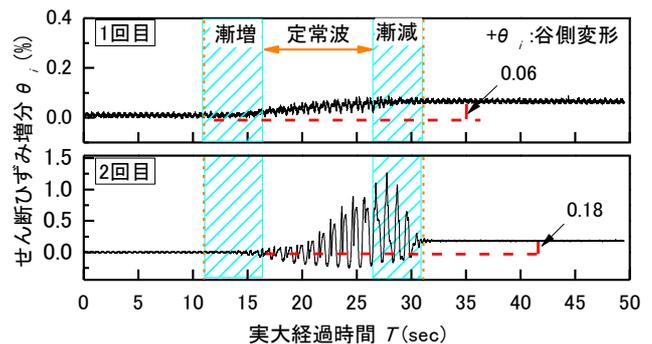
7. まとめ

本研究では地震により斜面が不安定化する過程を動的遠心模型実験により調べた。斜面に小型表層ひずみ計を貫入設置して加振により生ずるせん断ひずみ増分の変化を調べた。その結果以下のことが分かった。

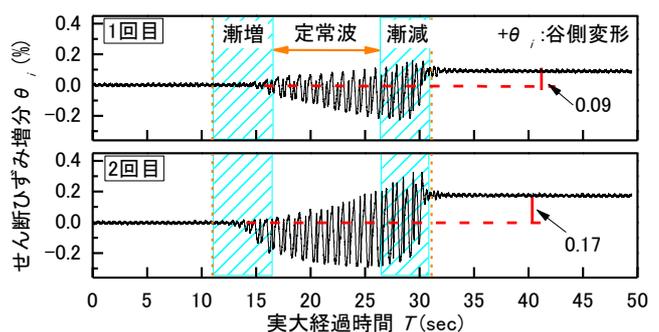
- 1)両実験ケースにおいて加振後の θ_i には増加が見られたことから、斜面には加振によって塑性的なせん断ひずみが蓄積することが確認された。
- 2) θ_i の応答振幅は1回目の加振時に比べて2回目に増加が見られた。この増加は斜面の劣化による応答変化と考えられ、いわゆる地震で地盤がゆるむ現象が実験的に確認された。

本考察は初期勾配(α)と設定加速度(A_i)に限られた条件のものであり、今後、条件を拡大するとともに再現性を含めた検討を行いたいと考えている。

参考文献 1)玉手聡, 伊藤直幸, 遠藤明:地盤の透水性と降雨



a) Cs1の応答($\alpha=45^\circ$)



b) Cs2の応答($\alpha=60^\circ$)

図5 せん断ひずみ増分の経時変化

強度の関係に着目した斜面の表層崩壊に関する実験的考察, 労働安全衛生総合研究所特別研究報告 JNIOH-SRR-NO.35(2007), pp33-58, 2008. 2)三國智温, 末政直晃, 玉手聡, 堀智仁:動的遠心模型実験による斜面崩壊の再現と観察, 第38回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集, CD-ROM, 2011.