

地震時における斜面表層土のすべりに関する研究

（株）井木組（正） ○森本 好博
鳥取大学大学院（学） 江本 宏明
鳥取大学工学部（正） 榎 明潔

1.はじめに

筆者らが提案する地震時の斜面表層土の運動¹⁾では、斜面表層土と基岩との相対運動モードを（一体運動、すべり落ち、上がり、分離）の4つに分けた。図1に示した表層土モデルの特徴は、無限斜面の仮定、ダランベールの原理、加速度の連続条件式の3つである。この解析方法を用いることで、鳥取西部地震で多く見られたクラックの発生メカニズムを説明できる。本研究の目的は、地震時の斜面表層土のすべりに関する理論を用いて、モデル実験によりクラックの発生メカニズムを確認することである。

2.地震時における斜面のクラックの発生メカニズム

斜面傾斜角が変化すれば、変化地点の前後の基岩と表層土の相対変位量が異なる。例えば、尾根に生じたクラックの幅は、一方の斜面の変位量と、他方の斜面の変位量を加えたものになるはずであるし、凸型に勾配の変わる山腹に生じたクラックの幅は、下方の急斜面の変位から上方の緩斜面の変位を差し引いた値となるはずである。

3.実験方法

振動台上に図2に示すような下方、上方の斜面傾斜角 β 、 β' が可変な斜面装置を置き、振動台の振動数を変えて実験を行った。表層土には豊浦標準砂(湿潤状態)を用い、表層厚5cmの土塊を作成した。なお、斜面装置に三角アクリル棒を貼り付け、土塊と装置の接地面ですべらないようにしている。

実験条件を表1に示す。実験データは、基岩(斜面装置の裏)と表層土の上面に加速度計を設置し、斜面平行方向・垂直方向の加速度($\alpha_\beta, \alpha_{\beta'}$), ($\alpha_n, \alpha_{n'}$)を、レーザー変位計を斜面装置に設置し、下方、上方の表層土の変位量とともにデータロガーによって1msの時間間隔で収録したものである。

4.実験によるクラックの確認

実験での加速度波形を図3に示す。この図から上方、下方の斜面ともにすべり落ちが生じていることが確認される。なお、この斜面の幾何形状では下方斜面の基岩と表層土の相対変位量が上方斜面の相対変位量を差し引いたものがクラック幅となる。また、相対加速度の2回積分により両斜面における相対変位量を求め、計算したクラック幅と測定したクラック幅を比較したものを図4に示す。図5は実験後の写真である。

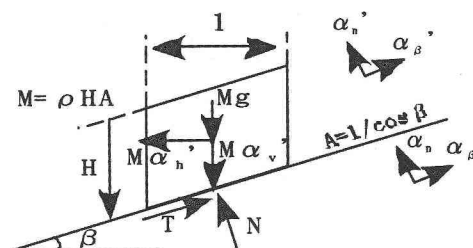


図1 無限斜面表層土モデル

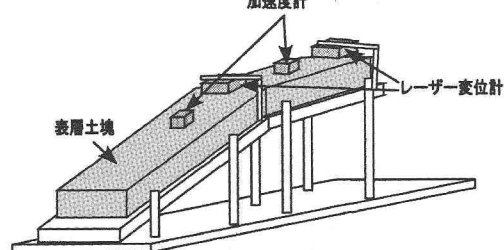


図2 実験装置の概略図

表1 実験条件

	下方	上方
傾斜角(°)	35	20
斜面長(cm)	50	30
最大水平加速度	約 1126gal	

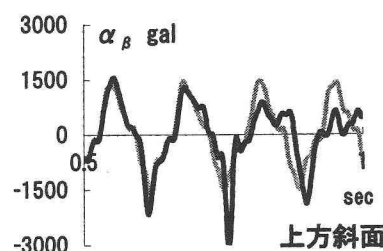
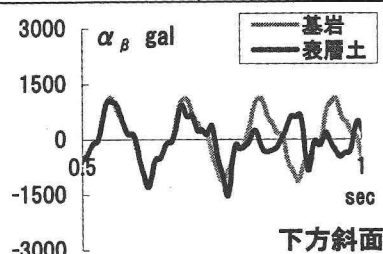


図3 各斜面の加速度波形

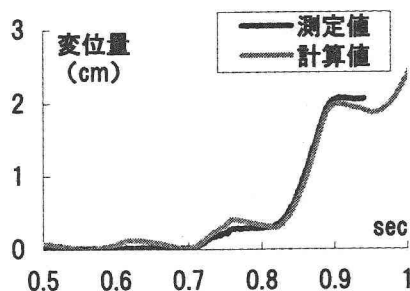


図4 クラック幅



図5 発生したクラック

5. すべり出すまでの時間と斜面長の関係

クラック確認実験の際、斜面長を変化させることによってすべり始めるまでの時間が異なる結果になった。図6は最大水平加速度 981 gal、斜面傾斜角度 $\beta = 35^\circ$ で実験を行った時の斜面平行方向の加速度結果である。振動台を 2 sec 間振動させたところ、斜面長 10 cm の実験においては表層土が基岩からすべり出す時間は約 0.1 sec すべり出しているのに対し、斜面長 20 cm の実験においては約 1 sec であり、斜面長 50 cm では一体運動をしている。このように表層土塊の斜面長によるすべり出し時間の違いが生じているのがわかる。このような現象の要因を調べるため、以下のような検討を行った。

- ① 底面積がすべり出す時間に及ぼす影響
- ② 分離・転倒がすべり出す時間に及ぼす影響
- ③ 剛体を用いた実験による確認

①～③について実験的検討を行った結果、これらの影響は考えられないことがわかった。

表層土がすべり出す前の時間に、塑性的なものとは考えられない変位をレーザー変位計により読み取れたことから、表層土は弾性変形を繰り返しているのではないかと考えた。また、斜面長の長さによって弾性変形をしている時間が長くなっていることから、すべり出すまでの時間と関係があると考えた。そこで、表層土の弾性変形を調べるため、図7のように表層土上部と下部にレーザー変位計を照射させ、実験を行った。結果を図8に示す。(a)～(d)は変位計の測定値から表層土の弾性変形の挙動を示したものである。この図から分かるように、レーザー変位計の測定値は表層土上部の方が下部よりも大きな値を示している。(a)と(c)、(b)と(d)を比較すると、変形量 ΔL が時間とともに大きくなっているのが分かる。したがって、 ΔL が限界に達した時にすべりが生じているのではないかと考えられる。また、 ΔL の限界が斜面長によって異なるために、すべり出す時間が異なると考えられる。しかし、この ΔL が表層土のすべり出し時間になぜ影響するのかという理由は、現状では解明されておらず、今後の課題である。

6. 結論

- (1) 振動台を用いたモデル実験により、地震時に斜面勾配の変化するところでのクラック発生メカニズムを確認できた。
- (2) 斜面長によって表層土が基岩からすべり出すまでの時間が異なる結果となった。そこで、実験的検討から、表層土はすべり出すまでの時間は弾性変形をしており、それが斜面長に影響していると考えられる。

参考文献

- 1) 江本 宏明：地震時の斜面表層土の運動に関する研究、第37回地盤工学研究発表会発表講演集、pp2065-2066、2002

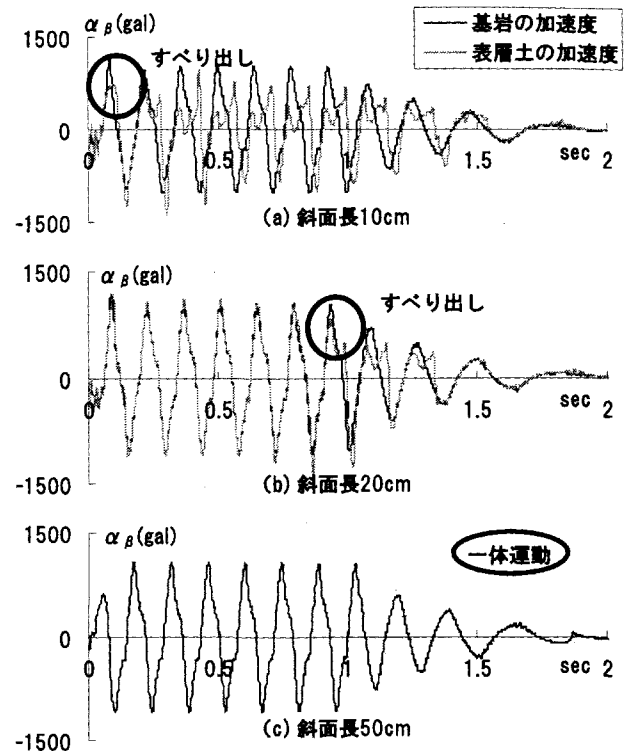


図6 斜面長によるすべり出し時間の違い

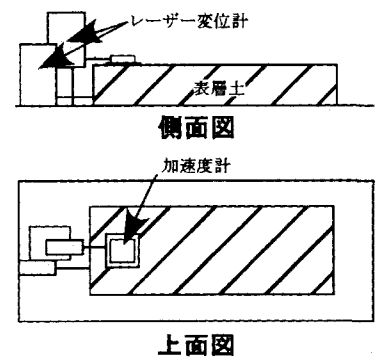


図7 実験方法

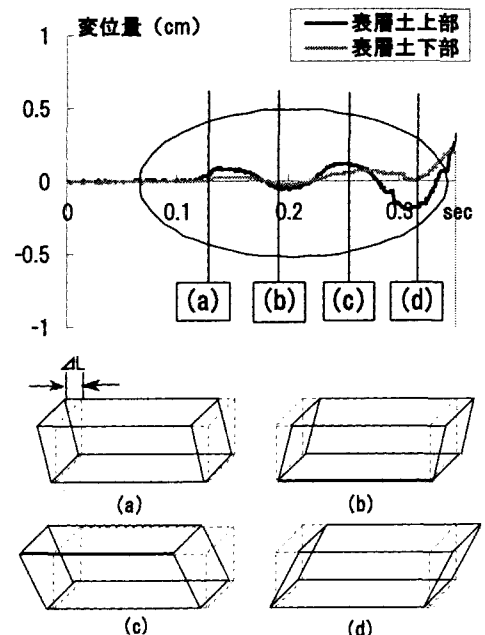


図8 すべり出すまでの表層土の挙動