

先行降雨が地震時の盛土斜面の崩壊形態に及ぼす影響

立命館大学理工学研究科 ○角 宏一  
 独立行政法人労働安全衛生総合研究所 平岡 伸隆  
 立命館大学理工学研究科 野中 慎介

立命館大学理工学部 藤本 将光  
 立命館大学理工学部 深川 良一

1. 背景・目的

地震による斜面崩壊の規模は、地震動の特性と先行降雨による斜面内残存水分量が関係していることが指摘されている。しかし、先行降雨を考慮した斜面の耐震性について進められている研究は少ない。本研究は土壌水分量の差異が斜面の耐震性に及ぼす影響に関して、室内実験を用いて把握することを目的とした。本研究では時間雨量を一定にし、降雨継続時間および降雨後から加振を与えるまでの時間を変えることで土壌水分量の差異を作り出し、異なる先行降雨条件下での地震による斜面崩壊の形態、規模の違いを把握した。

2. 実験概要

実験では、高さ 40cm、横幅 65.6cm、奥行き 60cm の斜面を作製し(図-1)、人工降雨装置(大起理化学工業製, DIK-6000S)を用いて降雨を与えた後に振動試験装置(振研製, G-9210)を用いて加振を行った。斜面の背面・側面・底面は非排水条件である。実験で入力する加速度の周波数は、日本で実際に発生してきた地震を参考に 5Hz と設定した。加振する時間は 20 秒間である。斜面の土層には滋賀県信楽産真砂土を用いた。実験の初期条件は、 $Dr = 70\%$ 、初期含水比  $w = 10\%$ 、設定乾燥密度  $\rho_d = 1.60\text{g/cm}^3$ 、設定湿潤密度  $\rho_t = 1.76\text{g/cm}^3$ 、間隙比  $e = 0.631$ 、透水係数  $k = 2.09 \times 10^{-5}\text{m/s}$  である。斜面内には水分量を計測するために土壌水分センサ(Onset 社製, S-SMC-M005)を計 10 個設置した。斜面部の振動を計測するために小型低容量加速度計(東京測器研究所製, ARF-A)を計 8 個設置した。モデル斜面に与える加速度を計測するため、8 個のうち 2 個は振動試験装置に直接設置した。斜面部の変位を計測するため、アンプー体型・超小型 CCD レーザー変位センサ(マイクロエプシロン社製, ILD1300-200)を計 6 個設置した。

降雨条件、降雨後から加振までの経過時間を表-1 に、モデル斜面の寸法と計測機器の位置を図-1 に示す。

表-1 実験条件

	時間雨量	降雨継続時間	加振までの経過時間
実験①	30mm/hr	1hour	20 分
実験②			1 時間
実験③			1 日
実験④	30mm/hr	3hour	20 分
実験⑤			1 時間
実験⑥			1 日

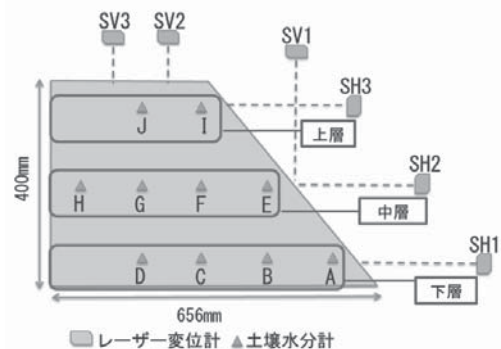


図-1 モデル斜面の寸法と計測機器の位置(側面図)

3. 実験結果

実験③, 実験⑥の下層における降雨開始から加振を行うまでの土壌水分計の計測結果を図-2 に示す。初期体積含水率を 16% に設定していることから、図-2 のグラフでは実験開始時の土壌水分の計測値を 16% に補正した結果を示した。2 つの実験において、下層の中で法肩部から一番近い位置に設置した A 点では体積含水率の減少幅が大きく、法肩部から一番遠い位置に設置した D 点では体積含水率の値が増加した後 1 日経過しても大きく値が減少しなかった。上層, 中層については、降雨後から 1 日が経過して

からも初期含水率の減少幅は小さかった。実験①～実験⑥における加振直前の初期体積含水率16%からの増減の分布図を図-3に示す。実験①では、実験②～⑥に比べて水分量が一樣に高い傾向を示した。

実験②～実験⑥では加振により最初に天端部が沈下し、続いて法肩部が崩壊し、最後にすべり崩壊が起きた。斜面内の水分分布が一樣でない実験②～実験⑥では、崩壊箇所に偏りが生じた。実験②～実験⑥のすべり面の位置を図-4に示す。降雨後から乾燥時間が長く体積含水率が低い実験③、実験⑥では、他の実験と比較してすべり面は深い位置に形成された。この結果から、斜面内の土壌水分量がすべり面の形成位置に影響を与えていると考えられる。

降雨直後で斜面内の水分量が比較的一様に高い実験①では天端部沈下、法肩部崩壊は起きたが、すべり面崩壊は形成されず、斜面全体が振動しながら崩壊した。降雨後から加振を行うまでの時間が短い実験①、実験④では他の実験と比較して、下層における体積含水率の増加幅が大きく、崩壊土砂の流動距離が大きい結果となった。また、天端部の沈下量についても同様に実験①、実験④では他の実験と比較して大きい傾向を示した。これらの結果は下層の体積含水率の上昇により、耐震性が低下したからであると考えられる。

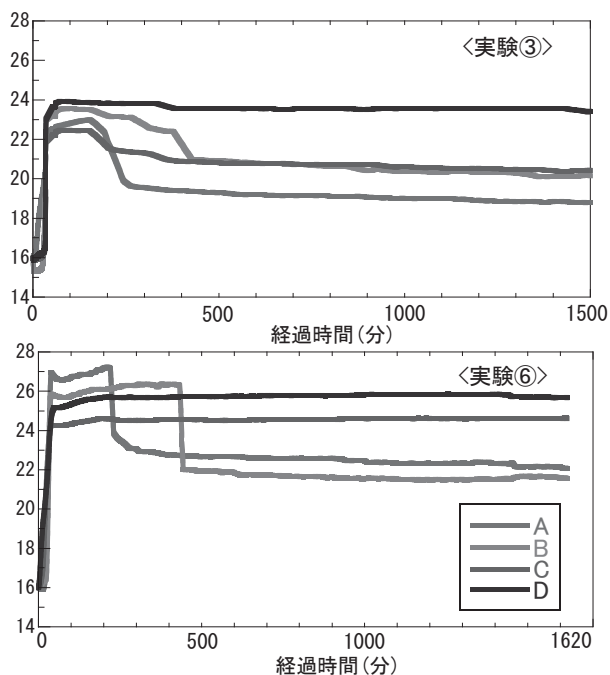


図-2 降雨開始後の土壌水分の変動(実験③, 実験⑥)

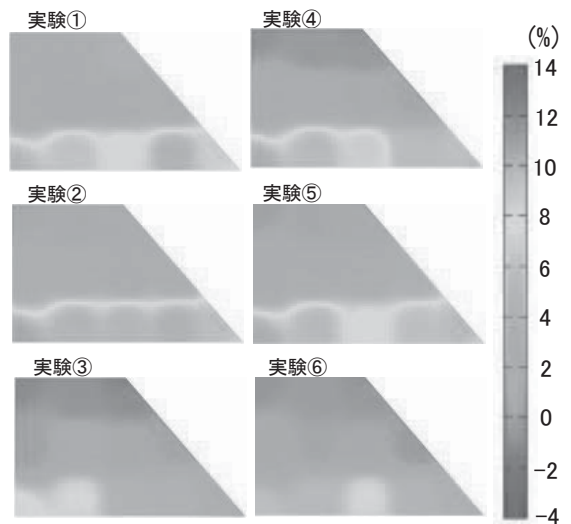


図-3 初期体積含水率からの増減(加振直前)

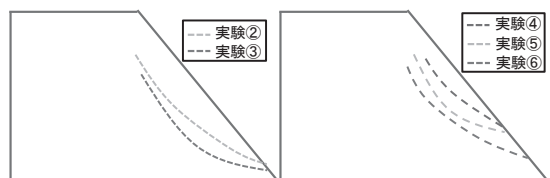


図-4 実験②～実験⑥におけるすべり面の位置

#### 4. 結論と今後の課題

崩壊土砂の到達距離や崩壊に至るまでの所要時間の結果から、土中の体積含水率が高い状態であると崩壊の規模を増大させ、より早く崩壊に至ることが示された。また、崩壊後の斜面の形状やすべり面の位置から、土壌水分分布の偏りが斜面の崩壊形態に大きく影響を及ぼすことが認められた。室内実験により土壌水分の空間分布と崩壊形態との関係性について傾向を掴むことはできたが、実地盤スケールにおける崩壊挙動については把握することができていない。そこで、数値シミュレーションにより本研究の実験結果の妥当性を確認し、実地盤における適用性を検証する予定である。

#### <参考文献>

- 1) 田邊友章, 平岡伸隆, 角宏一, 藤本将光, 深川良一: 先行降雨を考慮した地震による斜面安定性に関する実験的考察, Kansai Geo-Symposium 2014 論文集, pp149-152, 2014.