

第Ⅲ部門

盛土斜面における地震後の降雨の斜面安定性への影響

立命館大学理工学部 学生員○野中 慎介
 独立行政法人労働安全衛生総合研究所 正会員 平岡 伸隆
 立命館大学大学院 学生員 角 宏一

立命館大学理工学部 正会員 藤本 将光
 立命館大学理工学部 フェロー 深川 良一

1. はじめに

兵庫県南部地震（1995年1月17日）において、地震発生時では兵庫県の六甲山系で747箇所、斜面崩壊が起こり、その後、地震発生から約9ヶ月間に、地震後の降雨により同じ六甲山系で935箇所、斜面崩壊が起きたことが確認されているが、1995年の年間降水量は平年並みであった。このことから、地震後の降雨による斜面崩壊発生機構としては、地震動により斜面への亀裂（以下クラックと呼ぶ）が入り、そのクラックから降雨が浸透することによって地盤のゆるみが発生し、斜面崩壊が起こっていると考えられる。しかし、そのメカニズムは必ずしも明らかでない。そこで、本研究では、室内土槽実験により最大加振履歴と降雨時の斜面安定性との関係を明らかにすることを目的としている。

2. 実験概要

室内土槽実験においては、図-1に示すように、高さ5cmの層の上に高さ40cm、横65.6cm、幅60cmのモデル斜面を作製し、振動試験装置（振研製、G-9210）を用いて表-1のように4パターンの加振履歴を与えた後に、人工降雨装置（大起理化学工業製、DIK-6000s）を用いて初期降雨強度60mm/hrで降雨を与えた。なお降雨強度は3時間ごとに30mm/hr上げ、150mm/hrまで上昇させた。モデル斜面は滋賀県信楽産真砂土を用いて作製した。パラメータは相対密度 $D_r=78.0\%$ 、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 $\rho_r=1.76\text{ g/cm}^3$ 、間隙比 $e=0.631$ 、間隙率 $n=38.7\%$ となっている。実験で入力する加速度の周波数は、日本で実際に発生した地震を参考に5Hzに設定した。モデル斜面の背面、側面および底面は非排水条件となっている。モデル斜面内には斜面での土の振動を計測するために、小型低容量加速度計（ARF-A）を6つ設置し、またモデル斜面に与えられた加速度を計測す

るために、振動試験装置に加速度計2つを直接設置した。斜面部および天端部の変位を計測するために、アンプ一体型・超小型 CCD レーザー変位センサ（ILD1300-200）を計6個設置した。なお、降雨時にはレーザー変位センサは使用できないため、加振時のみ変位を計測した。降雨時におけるモデル斜面内の体積含水率を計測するため、土壤水分センサー（S-SMx-M005）を計10個設置した。側面からみたモデル斜面の寸法と3つの計測機器の設置位置を図-1に示す。

表-1 実験①～④の加振履歴

実験 No.	①	②	③	④	
加振	250 gal	0	60	30	70
時間	500 gal	0	30	40	0
(sec)	計	0	90	70	70
モデル斜面 の分類	加振 なし	クラック 小	クラック 大	クラック なし	

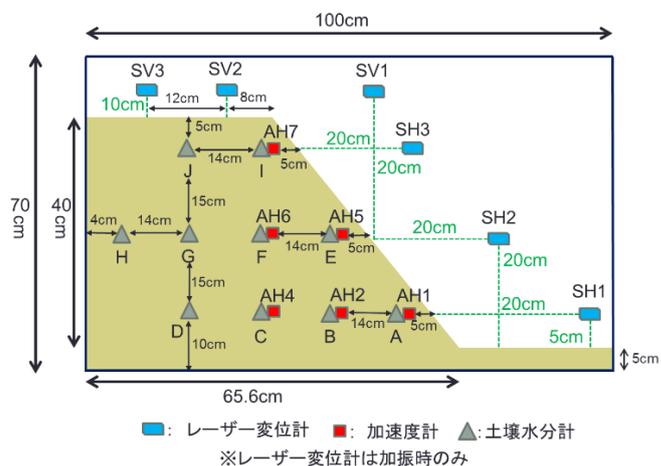


図-1 モデル斜面の寸法と計測機器の設置位置（側面図）

3. 実験結果および考察

加振後、実験②においては25cm以下のクラックが8本入り、実験③においては、45cm、30cmの大きなものを含むクラック5本が入った。4パターンの加振条件のもと、降雨を行ったが、いずれのパターンにお

いても最終的には、崩壊が確認できなかった。そこで体積含水率の変化が最も大きかった降雨開始1時間後における降雨の浸透過程に着目した。実験①～④における、降雨開始1時間後の下層(土壌水分センサーA～D)の体積含水率の変化を図-2に示す。グラフを比較すると、初期の体積含水率上昇の変動が緩やかになるまでのタイミングに差があり、実験②、実験③のクラック有のパターンは30分、実験①、実験④のクラックなしのパターンでは35分と、クラック有のパターンの方が5分早いことが確認できる。

降雨開始30分後における実験①～④の体積含水率分布図を図-3に示す。分布図を比較すると、実験①では下層部において体積含水率が上昇しており、与えた降雨は、ほぼ底面まで浸透していることが確認できる。実験②では、天端部と法尻において体積含水率の局所的な上昇が確認できた。実験③では他のパターンと違い、体積含水率の全体的な上昇が確認できた。実験④においては、下層部の体積含水率が上昇しているが、これは実験①と比べると上昇が少なくなっていた。

実験結果から、降雨開始1時間後のモデル斜面下層部において、初期の体積含水率上昇の変動が緩やかになるまでの時間は、クラック有のパターン(実験②、実験③)に比べて、クラックなしのパターン(実験①、実験④)が約5分早いこと、またクラックがない場合には体積含水率上昇までの時間が遅くなり、クラックが入った場合には大きいクラックが入っている程、体積含水率の上昇が大きくなると考えられることを結論付けることができた。

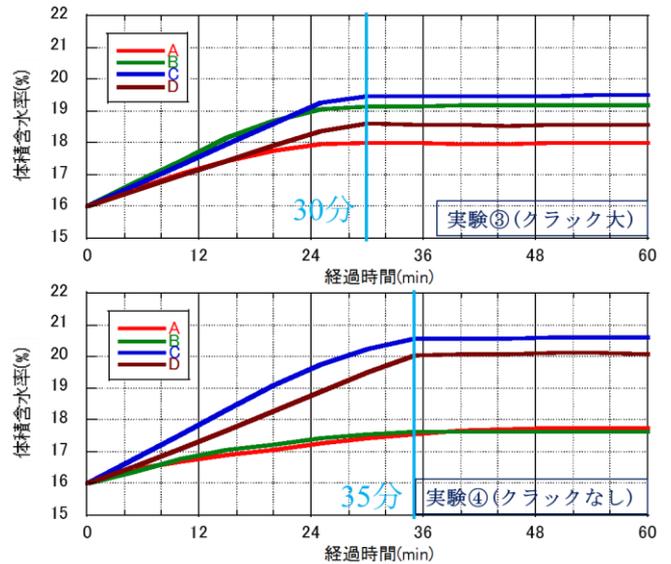


図-2 降雨開始1時間での体積含水率の変化(下層)

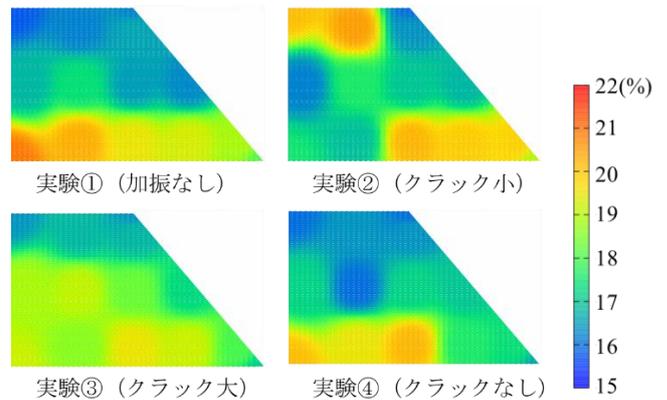


図-3 降雨開始30分後における体積含水率分布図

4. おわりに

実験①～④より、クラックは体積含水率の変化する時間および上昇の幅に影響を与えることがわかった。今後は、クラックの詳細な定量化および降雨時での斜面表面の変位の計測を行い、クラックの斜面崩壊へ及ぼす影響について、さらに調べていこうと考えている。また、実際の斜面へ実験結果をどう反映させていくかを検討していく必要がある。

<参考文献>

- 1)鳥居 宣之：地震を起因とする盛土ならびに自然斜面の崩壊発生機構とその危険度評価に関する研究 平成20年1月: <http://www.lib.kobeu.ac.jp/repository/thesis/d1/D1004220.pdf>. (2016.2.23 現在)

