

繰り返し降雨履歴が降雨時の斜面変形に与える影響

高知大学大学院○山口純平

高知大学農学部 笹原克夫

(独) 防災科学技術研究所 酒井直樹

(独) 防災科学技術研究所 植竹政樹

(独) 防災科学技術研究所 福園輝旗

1. はじめに

自然斜面の降雨による崩壊の発生を考える際に、自然斜面の特性として、斜面形成から非常に長い時間が経過しているため、数え切れない回数の繰り返し降雨履歴を有することに留意する必要がある。よって自然斜面の降雨に伴う変形や破壊を考える時には、この繰り返し降雨履歴が斜面の変形・破壊特性に与える影響を知ることが必要である。そこで繰り返し降雨履歴が斜面の降雨に伴う変形に与える影響を検討するために、筑波山まさ土を用いた模型斜面に複数回の人工降雨を与えて斜面の変形を計測した。その結果を報告する。

2. 模型斜面および崩壊実験の概要

模型斜面の形状およびセンサーの設置状況を図-1に示す。模型斜面の作成には、水平部の長さ300cm、幅150cm、高さ50cm、斜面部の長さ600cm、幅150cm、高さ50cmの実験用土槽を用いた。実験用土槽は鉄製であるが、側壁はガラスでできており、側面から斜面内部を観察できる。斜面下部の水平層は長さ200cmで、末端部には土留め壁があり、底面から5cm上に接続した3本のパイプ（外径5cm）によって部分排水条件となっている。斜面の作成方法は、水平に20cmごとに土を敷き、人力による締固めを行った。また、土のサンプリングによる単位体積重量の計測を行い、均等に踏み固められていることを確認した。斜面作成時の土の単位体積重量は約16.3kN/m³である。斜面の挙動は図-1に示すような計測装置で計測したが、今回の報告では斜面下から150cmの位置の土壌水分計による深さ10cm毎の体積含水率、および底面間隙水圧計により斜面内の土壌水分を検討し、150cmの位置の斜面変位計と200cmの位置の鉛直変位計により、深さ10cm毎の土層の鉛直方向の圧縮・膨張を、150cmの位置の伸縮計で斜面方向の地表面変位を検討する。

今回の実験では模型斜面に繰り返し降雨履歴を与えるため、表-1に示す3回の予備降雨を与え、その後4回目の降雨により斜面を崩壊させた。

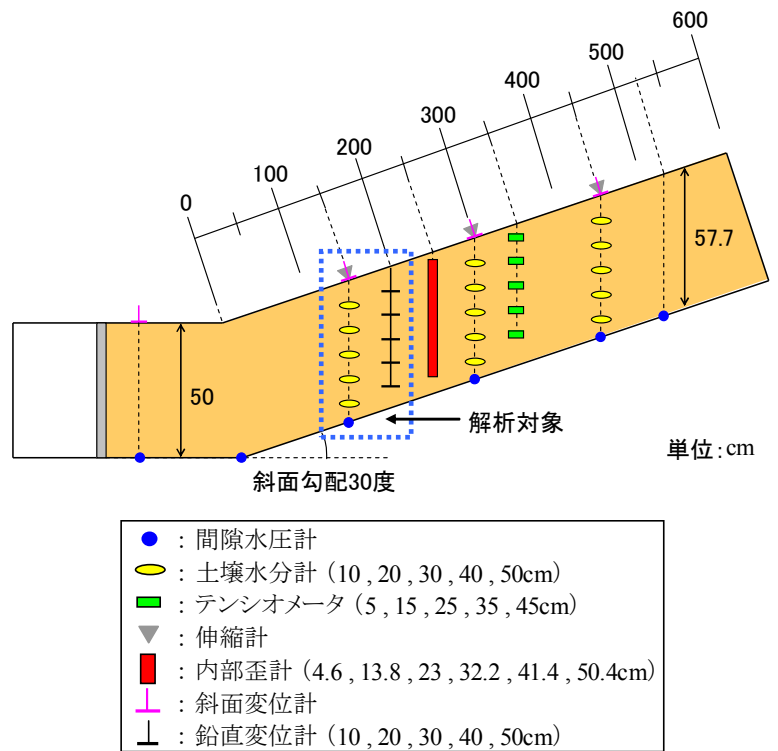


図-1 模型斜面センサー設置位置

表-1 降雨条件

	降雨開始時刻	降雨終了時刻	10分間雨量 (mm/10min)	降雨継続 時間 (min)
初回 (予備降雨)	10/20 11:00:36	10/20 14:00:00	30	179.6
二回目 (〃)	10/23 09:34:25	10/23 11:15:00	30	100.6
三回目 (〃)	10/26 09:45:00	10/26 12:42:43	15	177.7
最終 (本実験)	11/04 11:00:00	11/04 15:00:00	30	240.0

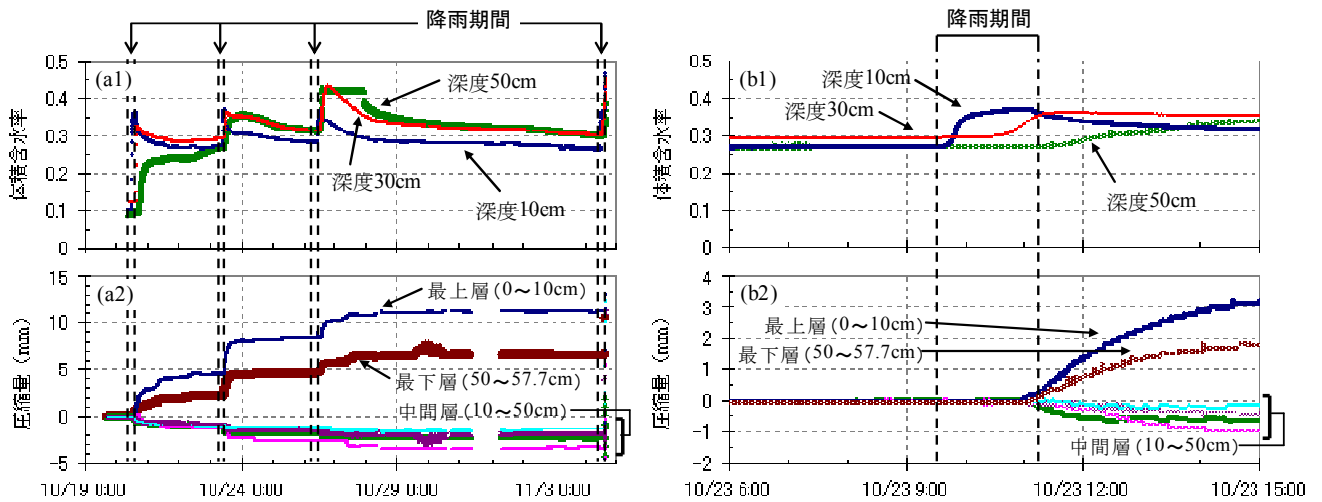


図-2 体積含水率，各土層の圧縮量の経時変化 (a) 実験期間全体，(b) 二回目降雨時

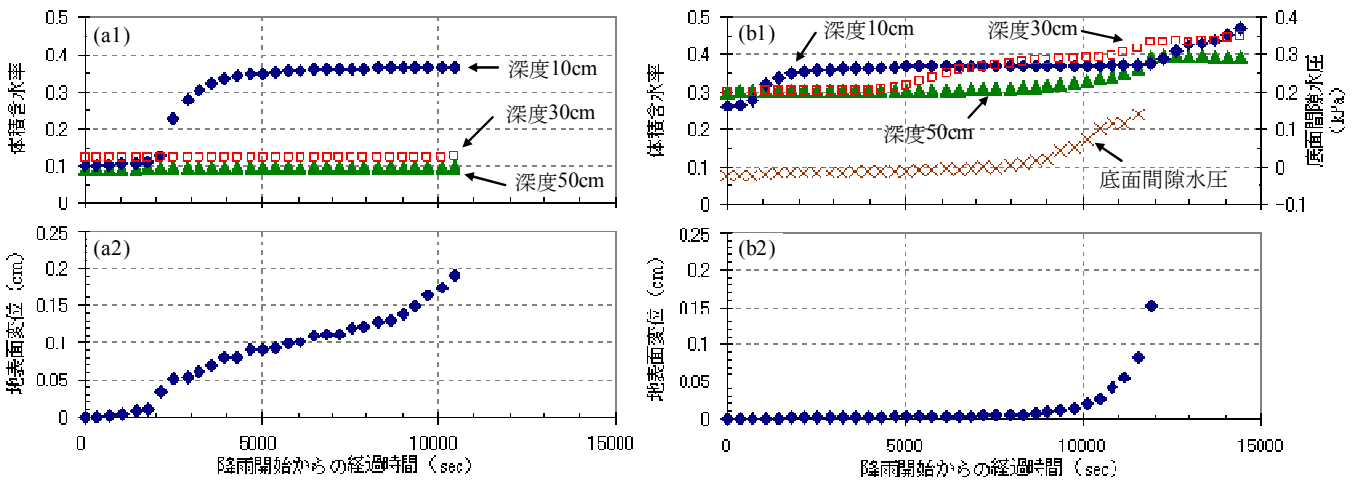


図-3 体積含水率，底面間隙水圧，地表面変位の経時変化 (a) 初回降雨時，(b) 最終降雨時

3. 結果および考察

3.1 繰り返し降雨に伴う変形の進行

図-2 に実験期間全体および二回目降雨時の体積含水率，各土層の圧縮量の関係を示す。図-2 (a1) (a2) から，降雨によって体積含水率が増加し，これに追従して各土層の圧縮量も変化していることが確認できる。また，繰り返し降雨時の各土層の圧縮量の変化として，最上層の0~10cmの層および最下層の50~57.7cmの層では圧縮，その中間の層では膨張する傾向にあることも確認できる。降雨による土層の圧縮を図-2 (b1) (b2) でより詳しく見ると，降雨期間中に深度10, 30cmの体積含水率の増加が認められるが，このとき，各土層の圧縮量にはほとんど変化が見られず，土層の圧縮は降雨後の体積含水率の減少に伴って変化していることが確認できる。

したがって，繰り返し降雨に伴う斜面の変形として，地表面および底面付近の土層は圧縮，その間の土層は膨張する傾向にあり，これらの圧縮・膨張変形は降雨による体積含水率の増加による影響を受けず，降雨後の排水に伴う体積含水率の減少に伴い進行すると考えられる。

3.2 繰り返し降雨履歴の有無による斜面の挙動の相違

図-3 に初回降雨時および最終降雨時の体積含水率，底面間隙水圧，地表面変位の関係を示す。初回降雨時(図-3 (a1) (a2))においては，降雨開始2000secからの深度10cmの体積含水率増加により地表面変位が増加し始め，深度10cmの体積含水率が約0.37で定常となった後も増加し続けていることが確認できる。しかし，最終降雨時(図-3 (b1) (b2))においては，降雨開始1000secからの深度10cmの体積含水率増加では地表面変位が増加せず，降雨開始8000~9000secからの底面間隙水圧の増加に伴って地表面変位が増加していることが確認できる。

したがって，繰り返し降雨履歴の有無による斜面の挙動の相違として，繰り返し降雨履歴のない斜面(初回降雨時)においては，降雨による斜面内部の体積含水率の増加に伴って地表面の変位が進行し，繰り返し降雨履歴のある斜面(最終降雨時)においては，底面間隙水圧の増加に伴って地表面の変位が進行すると考えられる。