

まさ土斜面模型実験による斜面勾配の違いが降雨浸透に伴う変形挙動に及ぼす影響

(独) 防災科学技術研究所 ○ 酒井直樹
高知大学農学部 笹原克夫
アジア航測 (元高知大学) 土橋修司
(独) 防災科学技術研究所 植竹政樹
(独) 防災科学技術研究所 福岡輝旗

1. はじめに

近年、ゲリラ豪雨といわれるような短時間の豪雨や局地的な集中豪雨により土砂災害が多く発生している。これらの災害を軽減するために、いつを予測する技術の確立が必要である。そのためには、降雨時の崩壊のメカニズムを明らかにする必要がある。地下水が上昇して崩壊する飽和型の崩壊メカニズムは明らかになってきているが、地下水が上昇せずに崩壊する不飽和型の崩壊のメカニズムはよくわかっていない。特に急勾配斜面での崩壊では、不飽和型の崩壊が発生していることが指摘されており、実験的な検討も行なわれている¹⁾²⁾。

そこで本研究では、斜面勾配の違いが降雨浸透に伴う変形挙動に及ぼす影響を調べるために、マサ土斜面模型を用いて、降雨による斜面崩壊実験を行った。崩壊に至るまでの各パラメータとして、降雨浸透による 1) 地盤の体積含水率、2) 地下水位、3) 地表面および地中変位を計測した。それらのデータより、降雨浸透に伴う変形挙動を考察した。

2. 実験模型と崩壊実験の概要

模型実験装置の全景を示す (図 1)。土槽は、底面、上端面、右側面は鉄板 (不透水) 底面には約 50cm 間隔の横バーにて突起を設置し粗度としている。左側面は強化ガラスを用いており内部を観察することができる。斜面下部には長さ 2m の水平層、その末端部は土留め壁があり、パイプにて部分排水状態である。大きさは、30° 斜面模型では、斜面長 6m、幅 1.5m、地盤深 0.5m、傾斜 30° でありその下部に水平層が 2m 接続されている。40° 斜面模型では、斜面長 6m、幅 1.5m、地盤深 0.5m、傾斜 40° でありその下部に水平層が 2m 接続されている。地盤の作成方法は、含水比 8% 程度のマサ土を 20cm ごとに人力による締め固めを行った。完成した土試料の数カ所からサンプル採取して、単位体積重量が、平均 1.66g/cm³ であることを確認した。

センサーの設置状況を図 2、3 に示す。地表面変位計は 3 箇所 (D1-3)、地中内部ひずみ計 1 箇所 (6 深度)、土壌水分計 3 箇所 3 深度、地下水位計 6 箇所 (P1~P6) である。

計測は、斜面中央部の付近に計測を集中している。これは、模型装置が限られた大きさであることから、模型の境界条件の影響が少ない場所を考慮したものである。その時の浸透および地下水位の変化が斜面に一樣に上下の変化をしているのを各点における計測より確認した。



図 1 30° 斜面模型実験装置全景 (試験前と試験後)

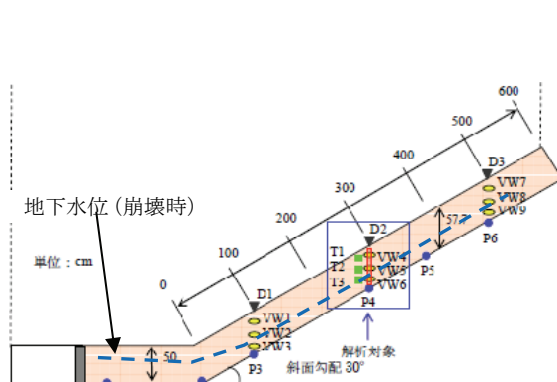


図 2 センサー設置位置 (30° 斜面)

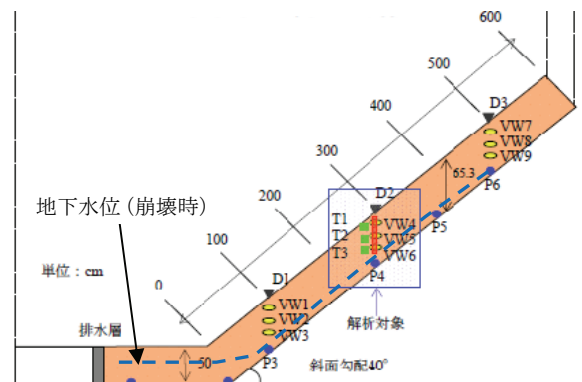


図 3 センサー設置位置 (40° 斜面)

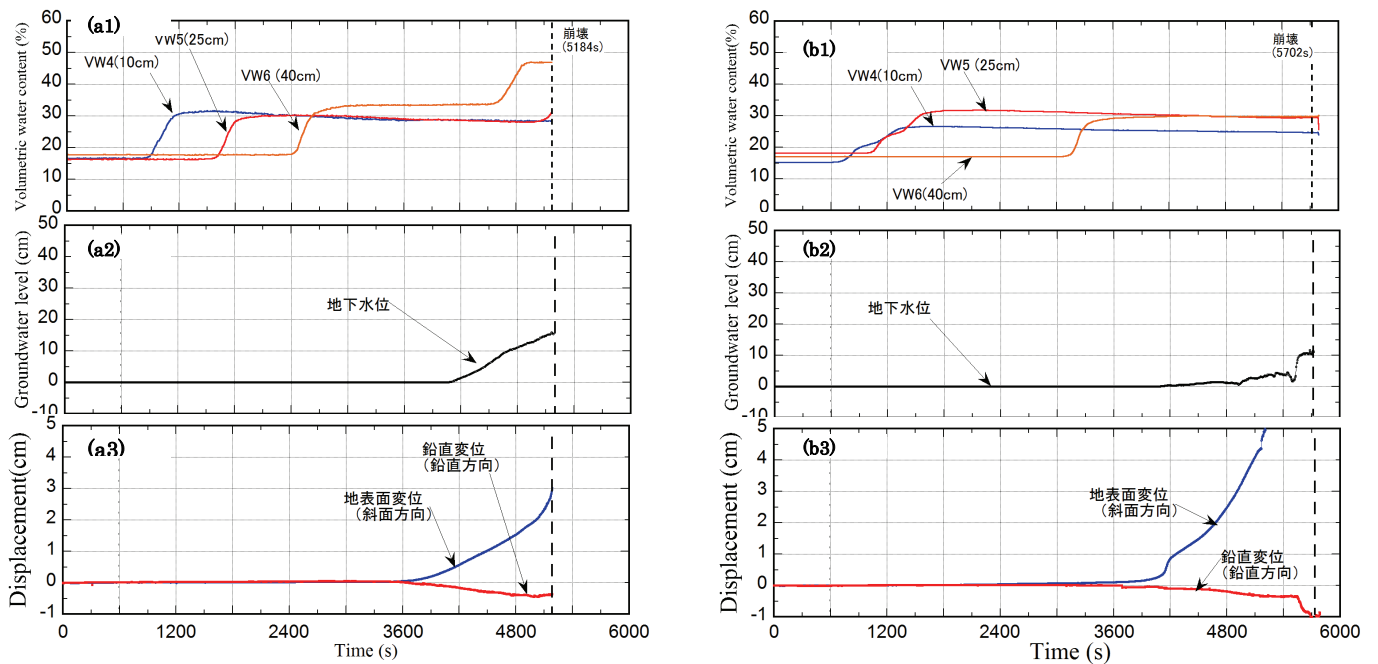


図 4 体積含水率，地下水位，地表面変位の時間変化 (a) 30° 斜面，(b) 40° 斜面

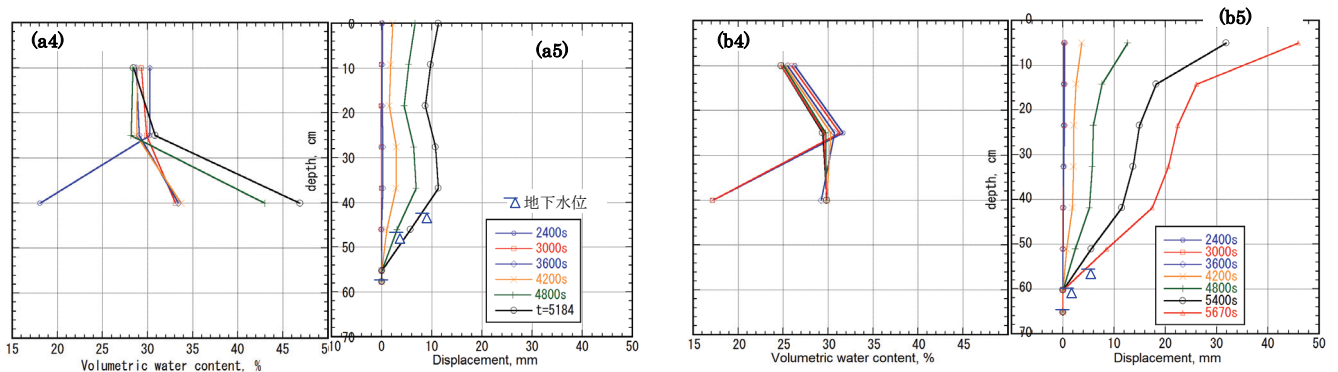


図 5 体積含水率および地下水位と地中内部変位の深度方向の変化 (a) 30° 斜面，(b) 40° 斜面

3. 実験結果と考察

図 4 に体積含水率，地下水位，地表面変位の関係を示す．図 4 (a1)(b1)より深度順に順次湿潤線が下降していき，体積含水率が一定で浸透が続いている．その後地下水が増加(図 4 (a2)(b2))を始めている．図 4 (a3)(b3)より地表面変位の変化を見てみると，いずれのケースでも，明らかに地下水の上昇よりも先に変形が起きている．ここで 30° 斜面では，地下水の上昇に応じて変形が加速しているが，40° 斜面では，特に地下水が急増しなくても変形が大きくなりそして加速していることがわかる．

次に降雨浸透時の斜面内部の変形と水分との関係を調べた．その結果を図 5 に示す．30° 斜面では，(a4)より， $t=2400s$ では湿潤線下降状態， $t=3000s$ から $4200s$ までは浸透状態， $T=4800s$ 以降は地下水位上昇過程であり，特に $4800s$ 以降は，地下水位の上の部分で，体積含水率が 45%程度まで上昇しほぼ飽和状態であることがわかる．その時変形図 5 (a5)より特に飽和度の高い深さ 40cm 以深で大きく変形しており，それより上の変形は小さい．これは，この変形が飽和度が特に高い（地下水位が高い）部分で変形が進む飽和型変形であることがわかる．一方，40 度斜面では，図 5 (b4)より，体積含水率が 25%から 33%程度でそれ以上に上がるような傾向はみられず，地下水位も崩壊直前までほとんど上がっていない．その時の変形状況（図 5 (b5)）をみると，深さ 40cm 以深で，変形が大きくすすんでいる．さらに 20-40cm の部分でも変形が大きくなりつつあるのがわかる．また，表層から 15cm 程度まで，特に変形が大きく進んでいるのがわかる．このケースでは，地下水の上昇がほとんどない不飽和状態で大きく変形をしていることが明らかである．

4. まとめ

以上のことより，傾斜が急になると，地盤が不飽和状態においても変形がすすみ，深度により不飽和変形挙動の傾向が異なることが示唆される結果となった．よって地盤中の含水状態を正確に把握する必要がある．

参考文献

- 1) 笹原克夫・海老原和重・綱木亮介，1996，急勾配斜面の崩壊発生機構に関する実験的研究，地すべり，Vol.32，4，1-8．
- 2) 酒井直樹・内田太郎・田村圭司，2007，降雨による不飽和斜面模型実験とその飽和度変化による崩壊予測に関する検討，斜面災害シンポジウム，土木学会西部支部，pp.247-250．