

雨水浸透時の斜面崩壊機構

筑波大学大学院 学 山本 浩司
 工学部 正 八木 則男
 工学部 正 矢田部 龍一
 大学院 学 萩野 芳章

1. まえがき

我々は、国土が狭い上5分の4が山地に占められ、居住区は山すそにまで至っている。その様な所で集中豪雨時には常時、斜面崩壊の危険にさらされていると言っても過言ではない。我々はこれまで¹⁾モデル地盤への降雨実験を通して雨水浸透による斜面崩壊機構解明への手がかりを得ることを主眼として研究を進めているが、今回、自然斜面の地盤の特徴を考慮した斜面降雨実験を行ない有意義な結果を得たので、ここに報告する。

2. 試料、実験装置、実験方法

試料には、豊浦標準砂とまさ土を用いた。まさ土の物性は、最大粒径4.5mm、平均粒径 $D_{50}=1.4\text{mm}$ 、均等係数 $U_c=5.3$ 、土粒子比重 $G_s=2.68$ である。

本実験に用いた実験土槽と降雨装置の概要を図-1に示す。なお、高さ30cmの土留壁には、下から20cmのところに木板の孔を設け排水量の測定も同時に行、た。

実験は、5のシリーズについて 各シリーズ数ケースずつ行、た。

シリーズI：斜面後部から水頭による浸透を行、た場合

シリーズII：全斜面浸透雨量と地下水へ直接供給した場合

シリーズIII：斜面内に不透水層を設けた場合

シリーズIV：斜面上部に亀裂を設けた場合

シリーズV：雨水浸透及び木のぬけ道による地下水面の同時上昇を考慮した場合

なお、表-1に示す地盤の諸定数は、ここに紹介する結果に關するもののみである。

3. 実験結果および考察

これまでの実験結果から、進行潤滑面がはね返、た後、のり先部では静水圧以上の過大な間隙圧が発生し、それで、標準砂地盤ではのり先部の小崩壊が起り、それに続いて次々と逐次崩壊してゆくという結果が得られている。まず、シリーズI、IIで、降雨を伴わない斜面内部よりの浸透による斜面崩壊実験を行、た。図-2にシリーズIのモデル地盤の概略図を示す。シリーズIでは、斜面後部に透木板を設け斜面高さに相当する水位を与え斜面内へ強制透水させた。その結果傾斜角35°標準砂乾燥地盤では、測点1で約18g/cm²、測点2で約14g/cm²もの過剰間隙圧が発生し、崩壊もののり先部より短時間のうちに斜面全体にひろが、た。シリーズIIでは、降雨強度100mm/hに相当する斜面への浸透雨量を地下水へ直接供給した。

図-3に傾斜角30°まさ土湿潤地盤の経過時間と発生間隙圧の關係を示す。この場合、のり先部の測点1では、静水圧相当の間隙圧しか発生していない。図示はしていないが、傾斜角30°まさ土乾燥地盤、傾斜角35°標準砂乾燥地盤も同様の結果を示し斜面崩壊も起らなかった。このことから、のり先部の過剰間隙圧の発生は、降雨浸透に大きく関係していると言える。

シリーズ	I	II	III	IV	V
e	0.83	0.75	0.78	0.72	0.68
$k_{15}(\text{cm/sec})$	3.7×10^{-2}	0.5×10^{-2}	0.6×10^{-2}	0.4×10^{-2}	0.3×10^{-2}
$w_0(\%)$	0.23	10.31	1.84	1.46	1.66
ϕ	41°	44°	44°	44°	44°

表-1 地盤の諸定数

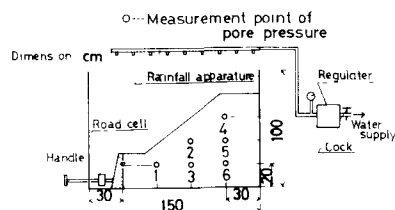


図-1 実験装置の概要

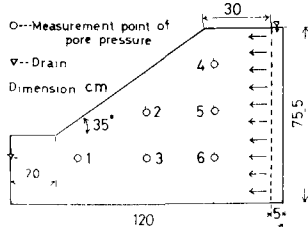


図-2 モデル地盤の概要(シリーズI)

図-4, 5, 6にそれぞれシリーズⅢ, Ⅳ, Ⅴの代表的なケースの経過時間と斜面内発生間隙圧の関係を示す。3ケースとも傾斜角 30° または乾燥地盤である。各ケースとも降雨強度は 100 mm/h とし、シリーズⅤの地下水面への供給量は、全斜面の約半分の降雨量とした。

斜面内に不透水層を設けたシリーズⅢの場合、斜面内発生間隙圧は、これまでと同様のり先部の測点1, 2, 3で約 $5\sim 8\text{ g/cm}^2$ の静水圧以上の値を示した。崩壊の生じた地盤は、標準砂の 25° , 35° 斜面とまさエの 35° 斜面で、標準砂地盤では均一地盤の崩壊形態と何ら変わりはない。また、間隙圧が定常値に達するまでの時間は、進行浸潤面が不透水層に達した部分からそれ以降、た流れが生じるため均一地盤と比べ早く、シリーズⅢの様な地盤の方がより早く危険な状態を呈するといえる。なお、まさエ地盤の場合、傾斜角が急になるほど、はね返りが早く生じた。

斜面上部に亀裂を設けたシリーズⅣの場合も、均一地盤の場合とほぼ同様の間隙圧の発生状況を示している。しかし、測点5に関しては静水圧相当の値を示し均一地盤と比べ約 8 g/cm^2 も大きい。これは、亀裂内に湛水が生じたためであり、今回は乾燥、湿潤地盤とも崩壊に至らずに、たが、シリーズⅣの様な地盤では、斜面上部よりの表層崩壊の危険性もより多く含んでいるといえる。

雨水浸透及び水のぬけ道による地下水面の同時上昇を考慮したシリーズⅤの場合、発生間隙圧は、最終値で、均一地盤の場合とほぼ同様の値を示しているにもかかわらず、図-7に示す様な激しい崩壊を生じた。湿潤地盤でも同様に崩壊が起った。これは、斜面内への給水量が降雨によるものの1.5倍と多く、斜面内の飽和領域がより広く生じたためと考えられる。自然斜面で観測された地下水位変動のデータを降雨状況と比較した場合、ほとんど対応性がみられ、このことからシリーズⅤの様な崩壊形態は、自然斜面において十分考えられる。

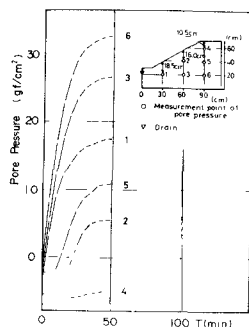


図-3 経過時間と発生間隙圧 (シリーズⅡ)

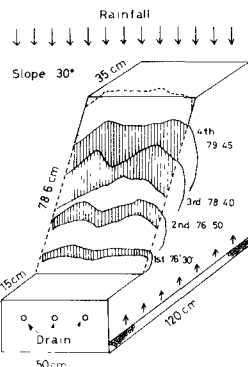


図-7 崩壊形態(シリーズⅤ)

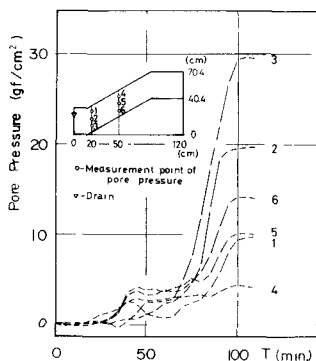


図-4 シリーズⅢ

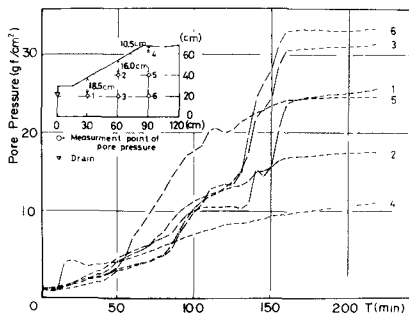


図-5 シリーズⅣ

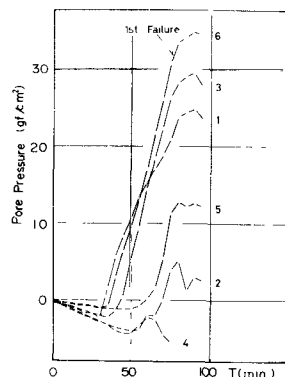


図-6 シリーズⅤ

図 経過時間と発生間隙圧の関係