

1. はじめに

降雨による斜面表層崩壊の原因として、間隙水圧の増加、見かけの粘着力の減少、自重の増加など様々なものがあるが、その中でも間隙水圧の増加によるものが支配的な要因であると考えられる。よって、この間隙水圧の増加を抑えることができれば斜面崩壊の防止対策として大きな効果を得ることができると考えられる。

2. 植生の効果

腐葉土層が有していると考えられる斜面表層崩壊に対する抑止効果としては、雨滴の衝撃を緩和することによる表層侵食の防止、根系によるせん断・引張り強度の増加、樹木の蒸発散などによる排水の促進、地表面からの降雨浸透を遮断することで急激な間隙水圧の増加を抑止といったものが考えられる。腐葉土層には降雨浸透を遮断する際に、茅葺屋根のような効果が発生していると考えられる結果が得られている。本研究では茅葺屋根が有している雨水の移動現象、つまり表面張力による雨水の移動現象を「伝い流れ」と呼び、斜面の表層被覆である腐葉土層が有していると考えられるこの現象が間隙水圧の増加抑止に対しどのような効果を有するかについて実験的に調べる。

3. 実斜面での降雨実験

本研究を行うに当たり、実際の斜面においても「伝い流れ」が起こるかどうかを確認する必要がある。そこで、実際の斜面において降雨実験を行い「伝い流れ」が起こるかどうかの確認を行う。実際の斜面において図 1 のように区画分けを行い、各区画に対して全ての降雨が浸透する程度の降雨強度で雨を降らせることで、伝い流れが発生しているかどうかを調べる。現場透水実験から、斜面の透水係数は低く見積もっても 0.006cm/s 程度で降雨強度と同じ単位に換算すると 200mm/h 程度であるということがわかっている。 100mm/h , 200mm/h 相当の雨を斜面に降らせた場合、雨水は全量が表層土内へと浸透すると考えられる。実験結果を図 2 に示す。区画①, ②に雨を降らせた時、降雨強度が 100mm/h , 200mm/h のときに、断面から水が染み出しているという結果が得られた。これは「伝い流れ」が発生していることを示唆する結果となっている。

4. 水柱移動実験

実際の土の間隙中を水が移動するという現象は複雑なため、土をパイプの集合としてモデル化できるという仮定を用いる。斜面を想定し傾斜させたパイプの内部の水の流れは、流速が非定常に増加し定常な流れへと遷移していく。非定常な流れは取り扱いが定常なものよりも難しいので定常区間を取り扱いたい。その非定常な流れの区間と、定常な流れへの区間を明らかにするための実験を「水柱移動実験」と呼ぶことにする。図 3 に示すようなパイプ内の水柱の速

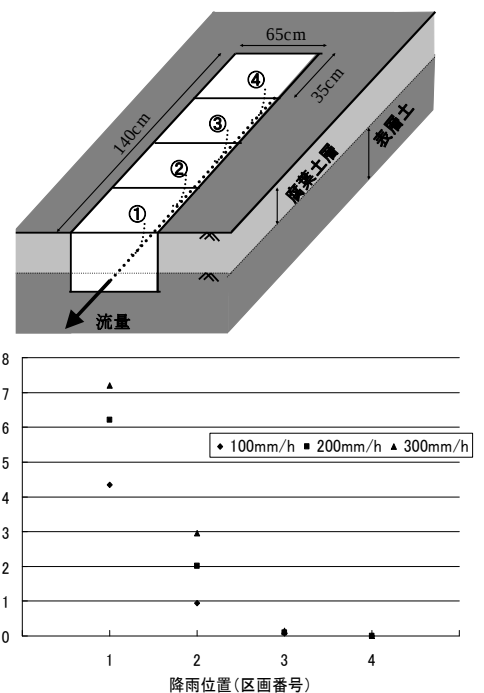


図2 実斜面での降雨実験結果

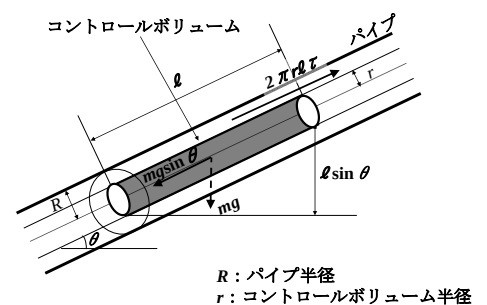


図3 パイプ内のコントロールボリュームに作用する力

度と移動距離の関係は、
$$x = \frac{g \sin \theta}{\left(\frac{8\mu}{r^2 \rho}\right)^2} \left(e^{-\frac{8\mu}{r^2 \rho} t} + \frac{8\mu}{r^2 \rho} t - 1 \right)$$

となり、図4にその関係を示す。アクリルパイプを用い、管径、傾斜角度、水柱の長さなどを変化させ幾度か実験を行ったが、その全てをここで示すことは叶わないので、管径 $\phi=2\text{mm}$ について傾斜角度と水柱の長さを変化させたものを図5に示す。縦軸の速度のスケールが大きく異なるが、非定常区間を経て定常区間へと移行する傾向は見ることができ、どの条件についても変位を10cm程度発生させると定常な流れへと遷移するという結果が得られた。

5. 伝い流れ実験

傾斜させたアクリルパイプの表面に水を流すことで、先に述べた腐葉土層における伝い流れでの水の移動の限界量を明らかにするための実験を「伝い流れ実験」と呼ぶことにする。こちら、先の実験と同様に管径、傾斜角度、水柱の長さ、そしてパイプの1本、2本と変化させ幾度か実験を行った。パイプ2本にしたときの配置は並列である。その全てをここで示すことは叶わないのでパイプ数1本 30° について管径を変化させたもの、パイプ2本 30° について管径を変化させたもの、パイプ2本 30° パイプ同士の間隔を変化させたものを図6～図8に示す。横軸について、本実験の際に用いた装置ではノズルから50ml/s程度しか水を供給できなかった。図6、図7で示したように、パイプ1本パイプ径 $\phi=2\text{mm}$ 傾斜角 30° のときと、パイプ2本パイプ径 $\phi=2\text{mm}$ 傾斜角 30° のときに伝い流れる流量は一定となった。図8に示されるように、パイプ同士の間隔あけた場合、図6から得られるパイプ1本あたりの伝い流れ量を単純に2倍した以上の伝い流れ量が発生

するということがわかった。

6. 結論

実際の斜面において腐葉土層が存在していれば、雨水の移動現象が発生するということを確認できたこと、腐葉土層の間隙をパイプで模擬し実験を行うに当たりパイプ内の水柱

についての理論モデルを提案できたこと、水柱移動実験を行い、実際にパイプ内の水柱が一定の速度で移動するまでに必要とする変位量から、パイプ実験で用いたパイプの長さ(1m)において、定常区間に比べて非定常区間が短いことがわかった。伝い流れ実験を行い、伝い流れには限界量があることを確認できた。

参考文献 榎 明潔：摩擦体としての土における安定と変形の解析法，2007。

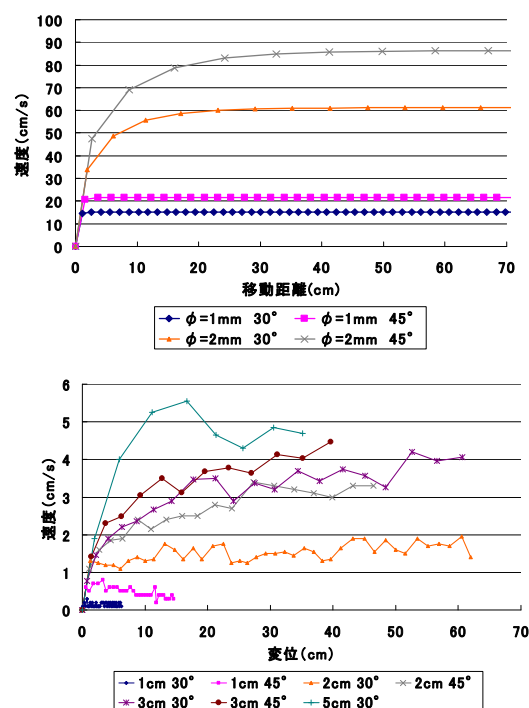


図5 水柱移動実験結果($\phi=2\text{mm}$)

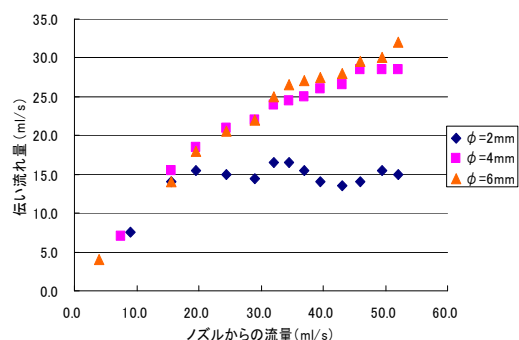


図6 伝い流れの実験結果(1本 30°)

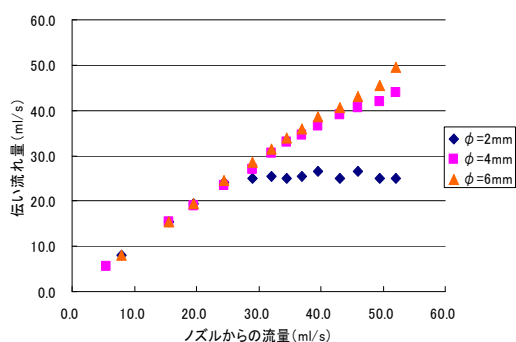


図7 伝い流れの実験結果(2本 30°)

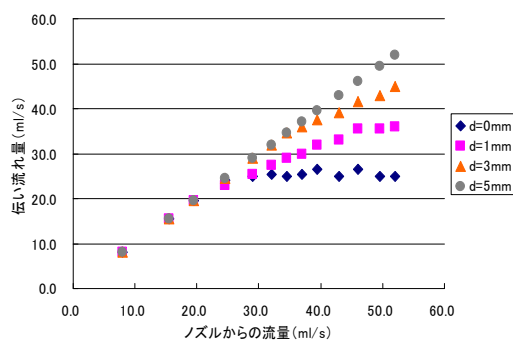


図8 伝い流れの実験結果(2本 30° パイプ間隔変化)