

降雨時の斜面崩壊に対する植生の防止効果

日特建設 (株) (正) ○山本哲也 不動建設 (株) (正) 中村正邦
鳥取大学工学部 (正) 榎 明潔 鳥取大学大学院 (学) 池田勇司

1.はじめに 降雨による斜面崩壊機構は、①斜面表面からの雨水の浸入に伴い鉛直浸透が発生し、それに基づいて Wetting front が斜面深部方向へ下降していく。(鉛直浸透過程)

②Wetting front が基岩へ到達した後、基岩上にすぐに基岩面に平行な方向への浸透流が発生し、地下水面が形成される。斜面表面からの雨水の補給により、この浸透流の深さは斜面下方ほど厚く、間隙水圧も下方ほど高い。(基岩平行方向の浸透過程) ③斜面下方での表層土と基岩部の境界面をすべり面とする斜面崩壊の発生。(破壊過程) 以上の 3 過程からなる

1)。斜面崩壊を防止させる方法の一つに表層被覆効果がある 2)。表層被覆効果は、浸透特性に関するものと強度特性に関するものに分けられる。本研究では、浸透特性に関するものとして鉛直浸透減少効果と保水性、強度に関するものとして植生の根系による引張り強度、せん断強度について研究し、降雨時の斜面崩壊に対する植生の防止効果について調べた。

2.浸透特性に関する研究(鉛直浸透減少効果) 実験装置の概略図を図-1

に示す。土槽にまさ土 ($e=0.7$) を厚さ 10cm に敷き詰め傾斜角 30° にした。土槽に排水口を設け、表層被覆部分を通してきた水(上部排水量 q)と土槽底面まで達してきた水(下部排水量 Q)を水槽に貯め、水槽の重さを計測し各排水量を求めた。表層被覆材料として袋状のやしがら繊維、袋にまさ土 15kg を詰めたやしがら繊維、芝生の 3 種類を用いた。降雨量は 50、100、200、100、50mm/h を連続して変化させた。各排水量の定常状態部分について注目する。定常時の各排水量を合計の排水量で割った割合で示した実験結果を図-2 に示す。この結果、降雨強度が大きくなるにつれて上部排水量の割合が大きくなった。これは、斜面長が短いためと思われ斜面長が長くなれば異なる結果になると思われる。全体としてやしがら繊維は、雨水浸透減少効果が見られたが、芝生は雨水浸透減少効果あまり見られなかった。次に降雨を変化させた時の定常になるまでの時間に注目した。土を詰めたやしがら繊維は、やしがら繊維よりも定常になるまでも時間が長くなり保水性が大きいことが確認できた。しかし、表層被覆材料を用いた場合は、多層系の問題になるので、まず簡単と思われる土のみの一層系で非定常部分に注目し検討した。実験装置は上記と同様であるが、土槽の下流端部分の水位を降雨量の変化に伴い調整し降雨量を 50 から 100mm/h に変化させた時の流量に注目した。結果を図-3 に示す。下流端部分調整から降雨が変化したときに排水量が増加した。今後、土槽装置の下流端の調整について検討する必要がある。また、図-4 のモデルから V_t は斜線部分の体積、 V_b は



図-1 模型斜面土槽実験装置概略図

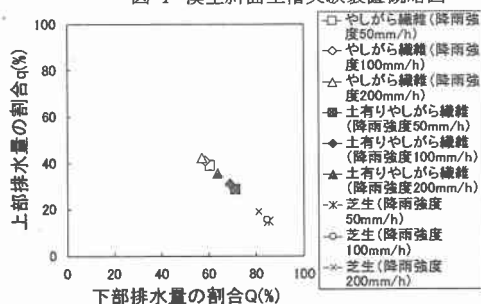


図-2 植生の雨水浸透減少効果

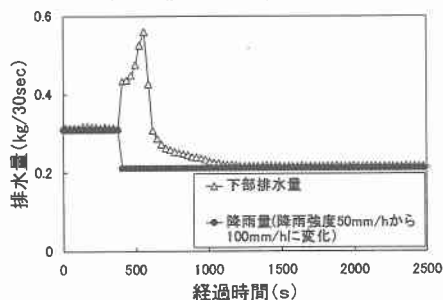


図-3 一層系による降雨量と排水量の変化

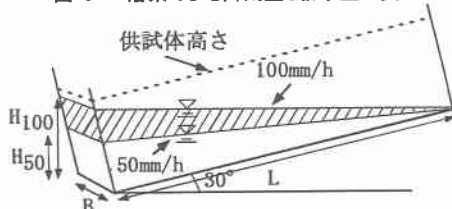


図-4 降雨変化時の水面形モデル

100mm/hの水面形より上部の体積、 θ を体積含水率とすると降雨量を変化させた時の排水量 Q は、 $Q=[(\theta_{飽和}-\theta_{50})Vt+(\theta_{100}-\theta_{50})Vb]/100$ で考えられる。排水量 Q と実験値を比較するとほぼ一致した。また、底面に平行方向の透水係数を k_b 、降雨強度50mm/hを R_{50} とすると定常になるまでの時間 T (s)を $T=Q/(k_b H_{50} B - R_{H100} L)$ と非常に簡易な式で考えた。この式より $T=531$ (s)となったが実験結果は $T=900$ (s)となり理論式と異なった。今後、この式を再度検討する必要がある。

3.強度特性に関する研究 実際の斜面での根系の引張り強度を把握するために、根系による引張り強度、せん断強度を現場で測定する方法が必要である。そこで、室内模型引張り試験装置を作成し検討した。その概略図を図-5に示す。この試験装置は、くぎ(25本)を突き刺した板を斜面表面に設置しジャッキにより変位させ引張り試験を行うものである。また、引張り試験を行う際、板が浮き上がらないようにおもりを載せた。この装置の引張り力 F は、図-6から底面のせん断力、上辺の引張り力、側面のせん断力の各側面の力からなる。各側面の力を検討するために板の周囲に隙間をあけ図-7の条件で試験を行った。この装置の検討を行うために各側面の引張り及びせん断の要素試験を行い、条件2の場合の引張り力に着目し検討した。 f_p を上辺の引張り応力とすると要素試験より引張り力 F は、 $F=(\sigma \tan \phi + c)LB + f_p BH$ の式で考えた。

この式に要素試験の値を代入した値と実験値を比較するために図-6の各断面を条件①($B10_{(cm)} \times L10_{(cm)} \times H5_{(cm)}$)条件②($B10 \times L10 \times H3$)条件③($B5 \times L10 \times H5$)の3つの条件で引張り試験を行った。引張り試験結果を図-8に示し理論式と比較した。理論式より得られた値は、条件①6.66kgf、条件②6.46kgf、条件③3.77kgfとなった。順序は、実験値と同じになったが、引張り力 F は実験値の方が小さく、各条件の力の差の程度も実験値と理論式とは異なった。例えば、理論式では条件③は条件①の半分程度に対して実験での条件③は条件①の1/4程度となった。次に、室内模型装置をもとに現場引張り試験装置を作成し、図-7の条件で現場引張り試験を行った。実験結果を図-9に示した。また、現場引張り試験でも要素試験を行い各側面の力の妥当性を検討した。その結果、例えば条件1と条件2の差は上辺の引張り力6.7kgfであるのに対して上辺での要素引張り試験では1.5kgfであった。現場試験では、条件による強度の違いは生じたが、現場の根系による不均一性が大きいので、要素試験の値を評価することが出来なかったと思われる。

4.おわりに 浸透特性に関する研究では、やしがら繊維は雨水浸透減少効果が見られたが、芝生はあまり見られなかった。また、やしがら繊維より土を詰めたやしがら繊維の方が保水性が大きいことが確認できた。しかし、この土槽は斜面長が短いために斜面長と上部排水量の割合について検討する必要がある。また、一層系のモデルでは、非定常を考える場合土槽装置の下流端部分の調整を検討する必要がある。また、降雨が変化したときの流量 Q は簡単な式で表すことができたが、定常になるまでの時間 T は再度検討する必要がある。模型引張り試験では、理論式と実験値は、定性的には評価できたが定量的には評価できなかった。また、現場引張り試験装置についても、条件の違いによる各側面の力の差は生じたが、土の不均一性が高いために値の評価は出来なかった。今後、板の形状、装置など再度検討する必要がある。

参考文献 1) 榎:降雨時の斜面表層崩壊、土と基礎、Vol.47、No.5、Ser、No.496、pp.17-20、1996。

2) 植木:植生の斜面崩壊防止効果、土木学会中国支部第51回研究発表概要集、pp.387-388、1999

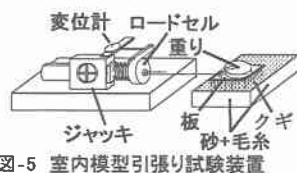


図-5 室内模型引張り試験装置



図-6 板の形状



図-7 引張り条件

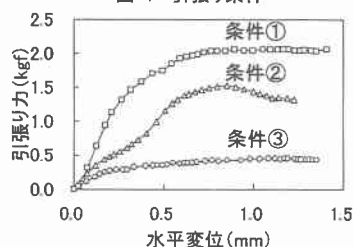


図-8 室内模型引張り試験結果

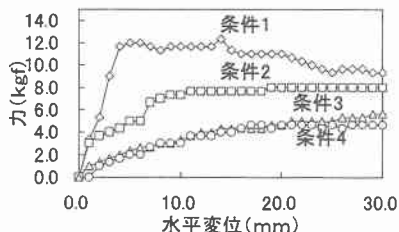


図-9 現場引張り試験結果