

表面流による斜面侵食

飛島建設(株) 正会員 ○ 福間 守  
鳥取大学工学部 正会員 榎 明潔  
不動建設(株) 正会員 田中克実

1.はじめに

斜面において表面流の発生に伴うガリなどの斜面侵食は、特に人工斜面（盛り土、切り土）において景観を悪化させ、斜面を不安定な状態にしてしまう。本研究では、斜面侵食の発生条件である表面流の発生について理論的検討をし、模型斜面実験で表面流の発生条件について調べた。

2.理論的検討<sup>1)</sup>

1) 浸透能超過表面流

降雨が地表面から浸入し基岩に到達するまでの状態を非定常時（図-1）、基岩に到達してからの状態を定常時（図-2）とする。このときに、浸透能以上の降雨があったときに斜面のいたる所で発生する表面流を浸透能超過表面流とし、サクシオン $\phi$ を考慮した Darcy 則<sup>2)</sup>より浸透能  $v_i$ 、鉛直透水係数  $k_v$ 、地表面から W.F.(Wetting front) までの距離  $z$  として次の近似式で示される。

$$v_i = k_v(1 + \phi/z) \quad (1)$$

よって、表面流の発生条件は降雨強度を  $r$  とすると次式で示される。

$$r > v_i \quad (2)$$

2) 浸出点表面流

地下水位が層厚以上のときにその地点以降の斜面で発生する表面流を浸出点表面流とする。

① 降雨浸透のないときの浸出点表面流

図-3のように表層土厚  $H$ 、地下水位  $H_w$  とすると次式で表される。

$$H_w > H \quad (3)$$

② 降雨浸透があるときの浸出点表面流

図-4のように降雨浸透によって地下水位が形成され、この時の地下水位  $H_w$  は地下浸入量  $r$ 、土中の横方向の透水係数を  $k_h$ 、斜面角度  $\beta$ 、斜面長  $s$ 、初期地下水位を  $H_{w0}$  とすると、

$$H_w = r \cdot s / k_h \cdot \sin \beta + H_{w0} \quad (4)$$

上式の  $H_w$  が式(3)の条件のときに浸出点からの表面流が発生する。

以上のことを実験により確認する。

3.実験および考察

図-5に示す実験装置で、2mm ふるい通過のまさ土を間隙比 0.7、層厚 10cm で詰め、浸透能超過表面流、浸出点表面流の発生実験を行った。

1) 浸透能超過表面流

斜面角度  $\beta = 30^\circ$  で降雨強度を 3 種類に変えて、それぞれ開始から 1 分毎に表面流量を測定し、降雨強度から表面流量を引いた値をそのときの鉛直浸透能とし、その経時変化を図-6に示す。

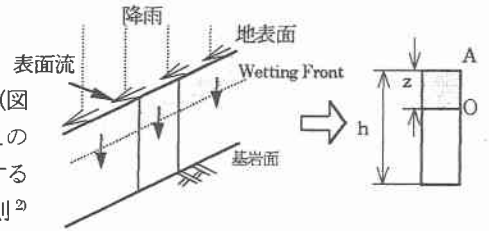


図-1 非定常時の浸透能超過表面流

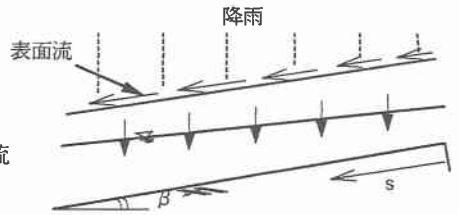


図-2 定常時の浸透能超過表面流

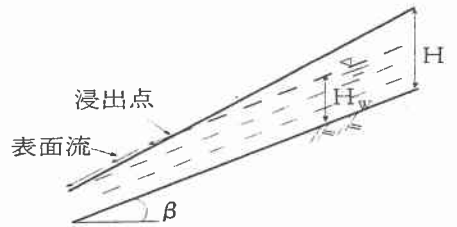


図-3 降雨がないときの浸出点表面流

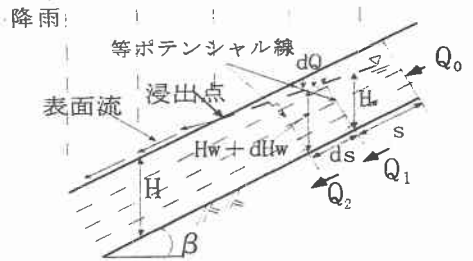


図-4 降雨があるときの浸出点表面流

この結果、非定常時の鉛直浸透能は除々に低下し、それに伴って表面流量は増加していき、定常になると浸透能はほぼ一定になることが確認できた。

また、降雨強度を5種類に変えてそれぞれの場合で鉛直浸透能が15(mm/h)のあたりで落ち着いているため、この時の表面流量と地下浸入流量を測定した結果、図-7に示すように浸透能以下の降雨強度のときは表面流はほとんど確認できず地下浸入流量のみが増加しているが、浸透能以上になると浸入量はほぼ一定となり表面流のみの増加関係となっている。この結果、表面流量は降雨強度から浸透能を引いた値になる。

## 2) 表面流による斜面侵食の領域

表面流が発生しても流量がわずかな場合は、ガリ侵食のような溝を形成する斜面侵食は起こらない。そこで、表面流量を測定することによってガリ侵食が起こる時と起きない時の領域を縦軸に降雨強度、横軸に斜面角度として図示した結果が図-8である。この結果、角度が大きくなるほど小さい表面流量でガリ侵食が発生することがわかる。

## 4. 結論

土の浸透能はサクシンの影響でW.Fの降下とともに小さくなっていき、基岩に雨水が到達し定常状態になるとサクシンの影響は小さくなり、鉛直浸透能は鉛直透水係数 $k_v$ に落ち着いていく。降雨強度が浸透能以上のときは、降雨強度の増加とともに表面流量が増加する。斜面角度が大きくなるほど表面流量が少なくてもガリ侵食は発生する。表面流の発生条件には、今回検討した浸透能超過表面流と浸出点表面流のほかに浸透流の水位によって斜面が破壊しない条件 $\gamma$ をも満たさなければならない。この破壊条件を満たさなければ、法面に表面流が発生する以前に斜面が破壊してしまう。

実際の人工斜面についても以上のことが考えられ、 $k_v$ より大きな雨が降っても地盤が乾燥していれば、 $k_v$ 以上の浸透能を持っており、表面流は発生しない。また盛り土、切り土の設計段階で浸出点を発生させないために地盤の透水係数にあわせた斜面長に調整することも必要である。

**参考文献** 1) 榎明潔他：降雨による斜面表層崩壊の理論モデル、

第32回地盤工学研究発表会発表講演集、pp.1865-1866、1997。 2) 河野伊一郎・八木則男・吉国洋：土の力学、pp.23-24

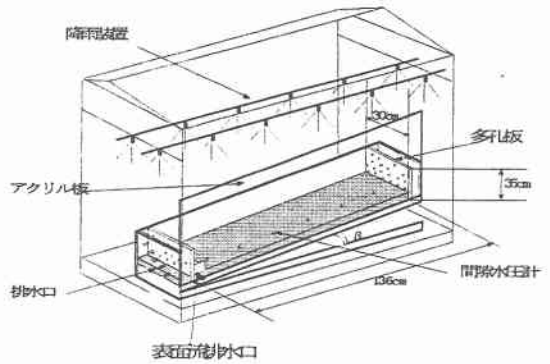


図-5 実験装置概略図

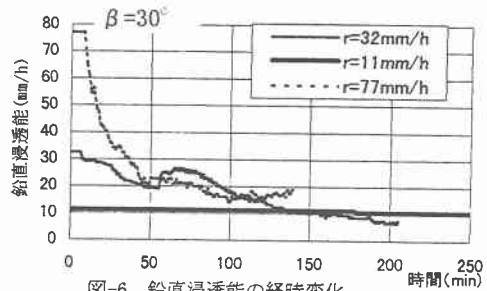


図-6 鉛直浸透能の経時変化

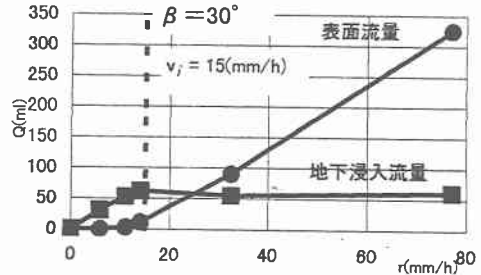


図-7 降雨と流量変化

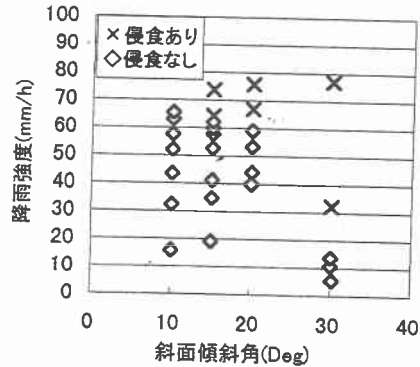


図8 斜面侵食の発生と降雨強度との関係