

人工降雨装置による斜面侵食に関する研究(V)

一流出土砂におよぼす土の粒度の影響

愛媛大学農学部 井上章二

1. はじめに

ノリ面の表面侵食機構を定量的に解明するため、人工降雨装置を利用した一連の侵食実験をおこない、これまでに、降雨強度、地表流下水の掃流力などの侵食の外力要因に関して、それらと侵食との関係等について報告^{2,3)}した。今回、侵食に対する抵抗力となる土質因子のうち土の粒度分布について、それがどのように侵食に影響するのかを明らかにするために、新たに実験を開始したので、実験の概要とこれまでに得られた結果を報告する。

2. 実験方法

実験に使用している人工降雨装置は前報²⁾の通りであるが、今回の実験では、雨滴発生部を実験斜面上方約1.5 mのところと設置し、水滴の落下速度が一定となる、いわゆる終末速度を得るのに十分な高さをとっている。

実験斜面は木製の箱に供試土を入れて締めたもので、前回までの実験²⁾とはほぼ同様であるが、箱の側面の影響を除くために、箱の幅を50 cmとし、中央30 cm、両端10 cmずつに分割して流出土砂と地表流下水を採取できるようにし、中央30 cm部分から流出したものをデータとして採用した。

供試土としてはマサ土を用い、一度フルイ分けし、それを再度混合することによって、標準偏差がほぼ一定、中央粒径が3段階となるように粒度分布を調整した。それぞれの供試土の諸元は表-1に示すようである。また、地表流下水量、流出土砂量の測定方法については、前回までと同様であり、降雨強度は60 mm/hrの1種類で、降り始めの強度をそのまま維持する矩形波形として与え、斜面こう配は30°と40°の2種類で実験を行った。その他実験条件を整理すると表-2に示すとおりである。

表-1 供試土の諸元

供試土	中央粒径 (mm)	標準偏差	最大粒径 (mm)	比重
I	0.2	5.7	0.84	2.64
II	0.4	5.9	4.76	2.64
III	0.6	5.8	9.52	2.64

表-2 実験条件

実験	降雨強度 (mm/hr)	供試土	こう配 (°)	土壌硬度 (mm)	含水比 (%)
RUN-1	60	I	30	21	19.0
RUN-2	60	II	30	22	19.3
RUN-3	60	III	30	23	20.3
RUN-4	60	I	40	18	14.3
RUN-5	60	III	40	19	21.5

*土壌硬度は山中式土壌硬度計による

3. 実験結果および考察

図-1は流出土砂量の10分ごとの経時変化を示したものである。斜面こう配が30°の場合は、RUN-1、RUN-2、RUN-3の順に流出土砂量は多くなっており、分散分析の結果、危険率0.1%レベルで有意差が認められた。すなわち、中央粒径が小さいほど流出土砂量は多くなり、マサ土における野外実現の場合と同様になった。これに対して40°の場合は流出土砂量に有意な差はみとめられなかった。これは、表-2に示されているように、実験直前の土の含水比に大きな差があったことに起因していると考えられるが、さらに詳しく原因を究明する必要がある。また、同じ供試土で30°と40°の場合を比較してみると、供試土Iのときは流出土砂量に有意差はなかったが、供試土IIIでは危険率0.1%レベルで有意差がみとめられた。こう

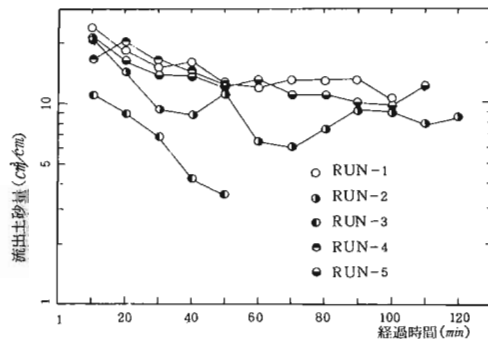


図-1 流出土砂量の経時変化

配が急になれば、表面土砂は下方へ移動しやすい状態になる。これとは逆に、ノリ面の鉛直投影面積は小さくなるので、水滴が鉛直に落下している場合は、ノリ面の降雨量（降雨強度）は小さくなる。供試土Ⅰの場合は両者の効果が相殺されたものと判断され、供試土Ⅲについては、こう配の影響が大であるという結果になっているが、この相違の原因については今後明らかにしなければならない。

次に、供試土の粒度分布と流出土砂の粒度分布との関係を調べた結果、一定の傾向があることが判明した。図-2には、供試土Ⅰ（RUN-1）と供試土Ⅱ（RUN-2）の結果を示している。供試土Ⅰの場合は、各粒径界、ほぼ一律な割合で流出しており、供試土Ⅰの最大粒径0.84mm以下の粒径の土粒子は流出しやすいと考えられる。供試土Ⅱの場合は、0.84mm以上の粒径の土粒子が25%も含まれているにもかかわらず、流出土砂に占める割合は0~15%しかなく、ほとんどが0.84mm以下である。供試土Ⅲも供試土Ⅱの場合と同様の結果であり、流出土砂の粒径には限界があると推察される。ここで、流出土砂量の算定式について若干検討を加える。

$$\frac{q}{U_* \cdot d_{50}} = A_0 \left\{ \frac{U_*^2}{(\sigma/\rho - 1) \cdot g \cdot d_{50}} \right\} A_1 \quad (1)$$

$$\frac{E}{r \cdot d_{50}} = B_0 \left(\frac{i^2}{g \cdot d_{50}} \right) B_1 - B_2 \quad (2)$$

ただし、 q は単位時間単位幅あたり流出土砂量、 U_* は摩擦速度、 d_{50} は中央粒径、 σ は土の密度、 ρ は水の密度、 g は重力の加速度、 E は単位面積あたり流出土砂量、 r は土の単位体積重量、 i は10分間最大降雨強度、 A_0 、 A_1 、 B_0 、 B_1 、 B_2 は定数である。

(1)式は侵食土砂を掃流砂としてとらえ、岩垣らが提案⁴⁾した実験式であり、(2)式は自然降雨による野外実

験より、10分間最大降雨強度と流出土砂量との強い相関関係を見出し、筆者らが以前に提案¹⁾した実験式である。前回までの実験では、(1)式よりも(2)式の方が適合度が高く、また、(1)式では供試土の粒径が比較的大きいときに適合度が低くなるということから、(1)式は供試土の粒度分布に対する適用範囲が(2)式よりも狭いという結果になっている。ただ、(2)式は(1)式と比較して物理的に不明確な部分があることと、こう配の因子を含んでいないということが欠点として残されている。今回の実験結果に(1)式および(2)式を適用し、回帰分析をおこなうと両式とも相関係数は有意水準99.9%レベルとなり、適合度は非常に高かった。これは、実験にもちいた供試土の粒度分布が両式の適用範囲内であるということの意味しているが、前述のように、流出土砂の粒径には限界があるということから、適用範囲を明確にし、実験式における代表粒径のとり方、さらには前述のような(2)式の欠点についても再検討し是正すれば、より高い精度で、より普遍的に利用できるようにになると考えられる。

4. おわりに

実験を開始したばかりでデータが少なく、疑問点もいくつか残されているが、一応の傾向はとらえることができた。今後は実験を重ねるとともに、供試土の標準偏差の影響についても検討していくつもりである。

引用文献

- (1)江崎次夫、井上章二：愛媛大演報 15, 109~126, 1978
- (2)井上章二：日林九支研論 34, 299~300, 1981
- (3)———：92回日林論, 423~424, 1981
- (4)岩垣雄一ほか：土木学会論文集 51, 34~40, 1957

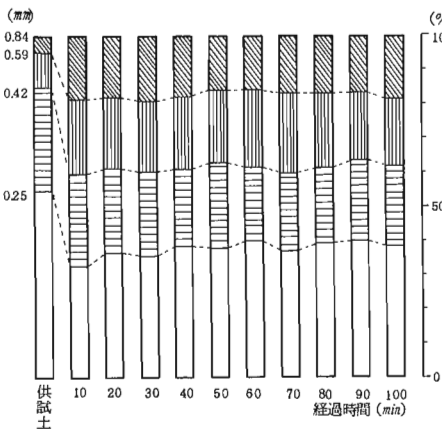


図-2-1 流出土砂の粒度分布 (RUN-1)

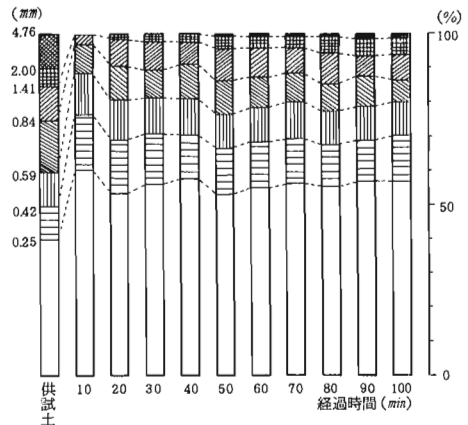


図-2-2 流出土砂の粒度分布 (RUN-2)