

土質成分の変化と土砂流出特性

愛媛大学工学部
愛媛大学工学部
日本上下水道設計㈱
愛媛大学工学部
愛媛大学大学院

正 員
正 員
正 員
正 員
学生員

鈴木 幸一
渡辺 政広
○東 正史
C. サントス
上村 知広

1. はじめに

これまで主に植生のない裸地斜面を対象として、降雨による土砂流出を実用的にシミュレートし得る数値解析モデル（WESP モデル）^{1), 2)}についてその適用性の検討を進めている．本報告はその研究の一環として、土質成分の異なる 4 種類の土砂に対して降雨装置とモデル斜面を用いて、長期降雨後の定常状態における降雨侵食実験を行い、降雨による斜面侵食に及ぼす土質成分の影響について検討を行ったものである．

2. 実験の概要（図-1, 2）

①降雨装置は、長さ 164 cm、幅 101 cm、高さ 40 cm の塩化ビニル製の水槽の底面に外径 0.50 mm、長さ 20 mm の注射針を 20 mm 間隔で 3300 個取り付けたものである．側面には四角堰を設けており、降雨強度は越流水深を変えることにより設定している．②モデル斜面は長さ 150 cm、幅 90 cm、高さ 20 cm の塩化ビニル製のボックスの底面から 5 cm の高さに多数の小孔の開いた塩化ビニル板を敷き、その上に 5 cm の厚さのスポンジを置き、その上に 8 cm の厚さで土砂を敷き詰めたものである．③実験条件は表-1 に示す通りであり、斜面こう配を 5 通り、降雨強度を 3 通り、土砂の混合比を 4 通り（以下、各混合比の土砂に対する実験を表-1 のように RUN-A～D とする）に変えて合計 60 通りの実験を行った．実験は定常状態のもとで行っており、降雨の開始から斜面は飽和している．④採砂は図-2 に示すように下流端に設けた集水路で行い、RUN-A では 30 分間の総流出土砂を、RUN-B～D では 1 分ごとの土砂濃度を 20 分間測定した．

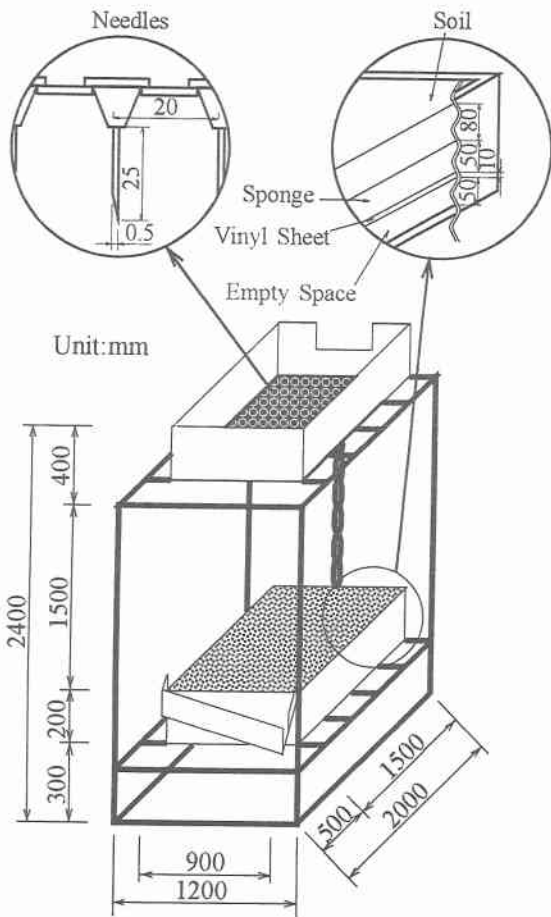


図-1 実験装置

表-1 実験条件

Degree of Slope, S_0		3, 5, 8, 10, 12%
Rainfall Intensity, r		40, 90, 150 mm/hr
Type of Soil Slope	RUN-A	100% sand
	RUN-B	55% sand and 45% clay
	RUN-C	32.5% sand and 67.5% clay
	RUN-D	10% sand and 90% clay

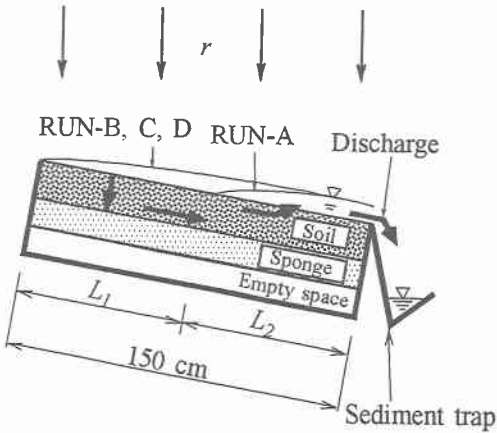


図-2 流出状況

3. 実験結果 (図-3)

流出状況は図-2 に示すように均一砂 (RUN-A) と混合土砂 (RUN-B, C, D) で異なり, また上述のように採砂方法も違う。そこで, ここでは実験結果を以下のように取り扱っている。
 ①降雨強度: 図-2 に示すように, RUN-A では上流の L_1 区間では降雨は全て浸透し, 下流の L_2 区間で浸出している。そこで, 上流の L_1 区間の降雨を下流の L_2 区間の降雨に加えたものを降雨強度として取り扱う。RUN-B~D では, 浸透能が非常に小さく斜面全体で表面流が発生しているので実際の降雨強度をそのまま降雨強度として取り扱う。
 ②流出土砂量: 均一砂 (RUN-A) では 30 分間の総流出土砂量から, RUN-B~D では平均土砂濃度と流出水量 (= 降雨量) から単位面積, 単位時間当たりの侵食量 ($\text{kg/m}^2/\text{hr}$) を求める。土質成分は, 粒径 $75\mu\text{m}$ 以上を砂成分, それ未満を粘土成分として取り扱う。

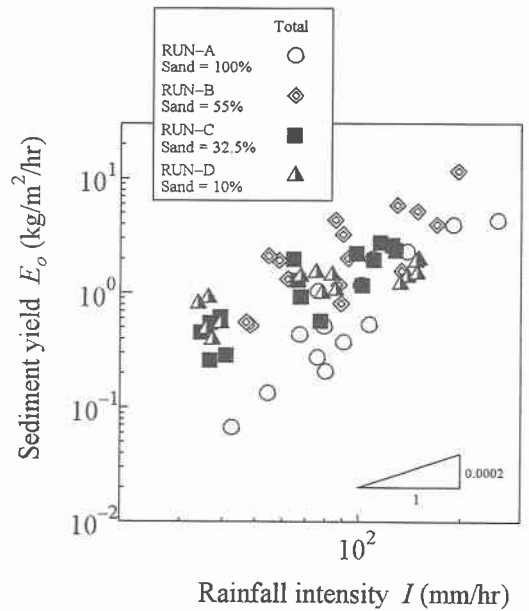


図-3 実験結果

4. 斜面侵食特性

雨滴・層状・リル侵食に関する既往の研究³⁾によると, 流出土砂量 E ($\text{kg/m}^2/\text{hr}$) は, 次式のように表される。

$$E = \alpha L^{\beta_1} S_0^{\beta_2} I^{\beta_3} \quad (1)$$

ここに, E : 流出土砂量($\text{kg/m}^2/\text{hr}$), L : 斜面長(m), S_0 : 斜面こう配(%), I : 降雨強度(mm/hr), α : 土壌特性による係数, $\beta_1, \beta_2, \beta_3$: ベキ数。

総流出土砂量とその砂成分および粘土成分について, 各 RUN ごとに実験結果を上式に適用し, 最小 2 乗法により各指数を求めた。その結果以下のようなことが明らかになった (図 4, 5)。
 ①砂成分では, 斜面こう配のベキ数 β_2 および降雨強度のベキ数 β_3 は, 土砂の混合比に関係なくほぼ一定の値となっていることが分かる。つまり, 砂成分では土質成分の構成に関係なく, 斜面侵食に対する斜面こう配, 降雨強度の影響は一定であると考えられる。
 ②一方, 粘土成分では, 混合土砂中の砂成分の割合が多くなると, β_2, β_3 が大きくなっていることが分かる。RUN-D (砂成分 10%, 粘土成分 90%) の結果から分かるように, 本来, 粘土成分の侵食は斜面こう配にほとんど影響を受けず, 降雨強度のみに影響されるが均一砂の場合ほどその影響は大きくないと考えられる。しかし, 砂成分が多くなると砂粒子の作用を受けて, 斜面こう配にも影響されるようになり, 降雨強度の影響も大きくなると考えられる。
 ③その結果, 混合土砂全体では, 砂成分が多くなれば, 斜面侵食に対する斜面こう配, 降雨強度の影響が大きくなると考えられる。

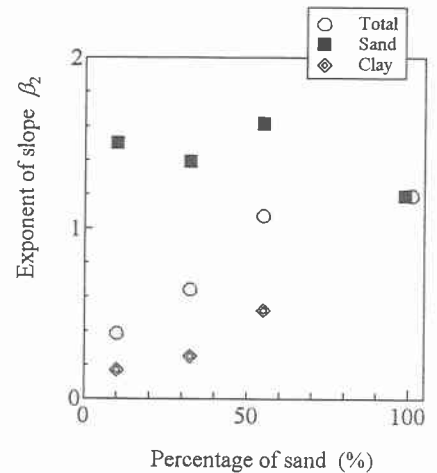


図-4 砂成分の割合と β_2 の関係

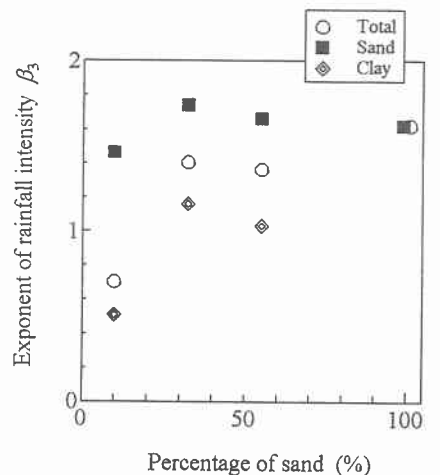


図-5 砂成分の割合と β_3 の関係

参考文献: 1) Srinivasan V. S., C. Santos, K. Suzuki, and M. Watanabe: Sediment yield observed in small experimental basin and its simulation by runoff erosion modeling, Proc. Hydr. Eng., JSCE, Vol. 37, pp.717~722, 1993.

2) C.Santos, Koichi Suzuki, Masahiro Watanabe, Masafumi Azuma, Vajapeyam Srinivasan: Study on slope erosion by simulated rainfall, 愛媛大学工学部紀要第 15 巻, pp.365~374, 1996 年。3) (社)砂防学会監修: 砂防学講座第 3 巻 斜面の土砂移動現象, 山海堂, pp.26~30, 1992 年。