

京都大学農学部 ○笹原克夫 武居有恒 中島皇

1. はじめに

近年土石流対策としてスリットダムやオープンダムなどの砂防構造物の研究が盛んであるが、ここでは山腹崩壊土砂流動の防止・軽減策として森林を取り扱ってみた。つまり最近さかんに言われている森林の公益的機能の一つとも言える森林の土砂災害防止効果を評価しようとするものである。今日は森林モデルを使用した水路実験において、土砂流動を質点系で取り扱うことにより森林モデルの効果を評価してみた。

2. 実験方法

図1に示すような鋼製水路を使用した。なお水路床はPVC板である。 $\rho = 2.65$  g粒徑範圍2-8mmの川砂640gと水240g(容積濃度50.2%)を発生装置に入れ、発生装置の出口の板をすばやく開け、土砂流動を発生させた。下流水路には図2に示すような諸々の配列形のワギを並べて森林モデルとする。森林モデルにおいて流れ方向でのワギの間隔は5cmである。また水路の一断面中に占めるワギの断面積はほぼ等しくなるように1列あたりのワギの本数によってワギの径を変化させた。下流水路に堆積した土砂の堆積深を上流端より5cm毎に水路左岸・中央・右岸ではかりそれを平均したものをその距離での堆積深とする。また上流水路下端で流動土砂速度を測定した。

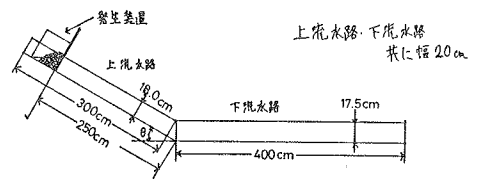


図1. 実験装置

3. 解析方法

流動土砂を質点として取り扱い、単純な質点運動モデルで考えることにする。つまり下流水路の堆積土砂の重心の位置(下流水路の上流端からの距離)をデータより求め、それと流動土砂速度より、様々な配列方法にワギを並べた下流水路床のまわりの係数を求めて森林モデルの土砂流動停止効果を評価した。以下に上流水路及び下流水路におけるまわりの係数を求めた式を挙げる。

上流水路： $\mu = \tan\theta - (V^2/2gX_1 \cos\theta)$

下流水路： $\mu = V_0^2/2gX_2$  ここで  $V_0 = V_{\text{center}}\theta$  より  $V_0$  を求めた。

$\mu$ : まわりの係数  $\theta$ : 上流水路の傾斜  $g$ : 重力加速度  $V$ : 流動土砂速度  $V_0$ : 下流水路への流入土砂速度

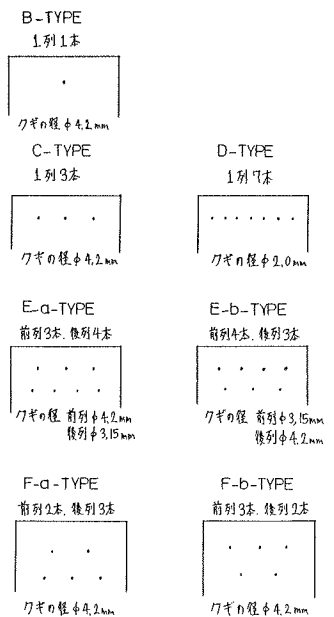


図2. ワギの配列形

$X_G$ :発生装置から上流水路下端までの距離 (2.5m)  $X_G$ :堆積土砂の重心の位置

#### 4. 解析結果

まず森林モデルの長い状態で同じ材質のバニヤ板をしいた上流水路及び下流水路床のまごの係数が等しいことを示し、次に土砂流動停止効果に関係すると思われた森林モデルの流下方向の長さ、位置とまごの係数との関係、下流水路への流入土砂速度や一列あたりのクズの間隔とまごの係数との関係について考察する。

##### 4.1 森林モデルの長いときの上流水路及び下流水路のまごの係数

表1に上流水路における $\theta$ と $V$ 、それより求まる $\mu$ の値を、表2に $\theta$ とそのときの下流水路における $V_0$ ,  $X_G$ ,  $\mu$ を示す。

$\theta$	$V$ (m/sec)	$\mu$
30°	2.67	0.409
35°	3.33	0.429
40°	4.00	0.413

表1. 上流水路における $\theta$ と $V$ ,  $\mu$

$\theta$	$V_0$ (m/sec)	$X_G$ (m)	$\mu$
30°	2.31	0.5869	0.464
35°	2.73	1.2579	0.302
40°	3.06	1.2988	0.368

表2.  $\theta$ とそのときの下流水路の $V_0$ ,  $X_G$ ,  $\mu$

$\mu$ の値はやや低5つを材角が、ほぼ $\mu=0.4$ の一定値をとるとみられた。これより同じ材質のバニヤ板を水路床に使用した上流水路と下流水路のまごの係数は等しく、流動土砂速度に無関係に一定の値をとることを確認された。

##### 4.2 森林モデルの長さ(クズの列数)とまごの係数

○: C-Type  
 △: D-Type  
 ×: E-a-Type  
 +: E-b-Type  
 □: F-a-Type  
 ◇: F-b-Type

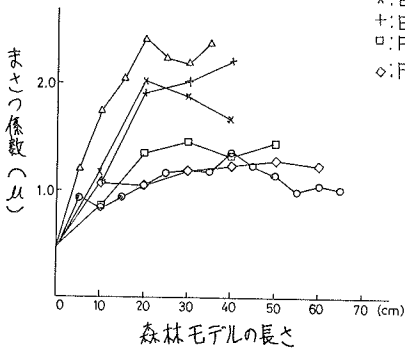


図1. 森林モデルの長さ(クズの列数)とまごの係数 ( $\theta=30^\circ$ )

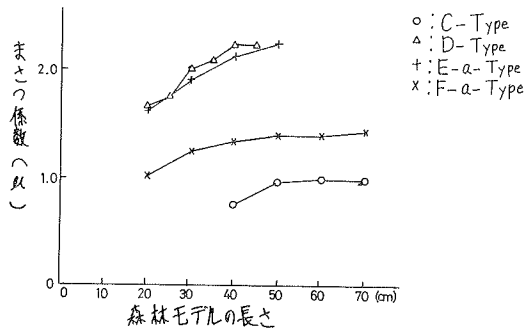


図2. 森林モデルの長さ(クズの列数)とまごの係数 ( $\theta=40^\circ$ )

C~F-TYPEの各配列形について流下方向への長さ(クズの列数)とまごの係数の関係を示すのが図1, 2である。グラフの各々は始め急勾配で立ち上がり長さが大きくなるにつれ勾配が小さくなりある長さ以上では勾配が0でまごの係数が一定になるような曲線に近似できる。図1より $\theta=30^\circ$ におけるC~F-TYPEの配列形でまごの係数の一定になる長さ $L$ とそのときのまごの係数 $\mu$ の値を $\mu$ の大きさの順にあらわすと表3のようになり、 $\theta=40^\circ$ では表4のようになる。ここでE-aとE-b, F-aとF-bは各々前者の方が $\mu$ がやや大きいほぼ等しい値とみ出す。

TYPE	l (cm)	$\mu$
D	20	2.3
E-a	20	2.0
E-b	20	2.0
F-a	30	1.4
F-b	40位	1.2
C	30	1.2

表3.  $\theta=30^\circ$ の配列形と $l, \mu$

TYPE	l (cm)	$\mu$
D	40	2.2
E-a	40位	2.2
F-a	50	1.4
B	60	1.0

表4.  $\theta=40^\circ$ の配列形と $l, \mu$

4.3 森林モデルの位置とまぜの係数  
 森林モデルの位置(2列以上に及びときは森林モデルの最下流の列の位置)とまぜの係数との関係を示したのが図3~5である。森林モデルの位置が下流へ行くにつれてまぜの係数が減少していく傾向がみられる。実験の範囲以上に森林モデルを下流にいくと $\mu$ は減少して行き森林モデルの長いとき $\mu=0.4$ に近づいて行くと考えられる。

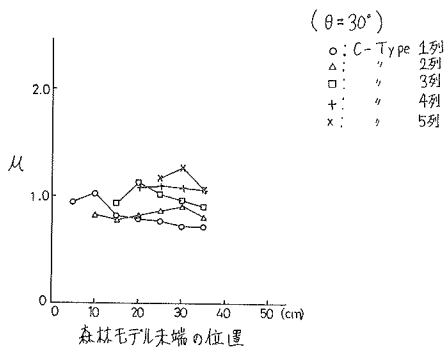


図3. 森林モデルの位置とまぜの係数 (C-TYPE)

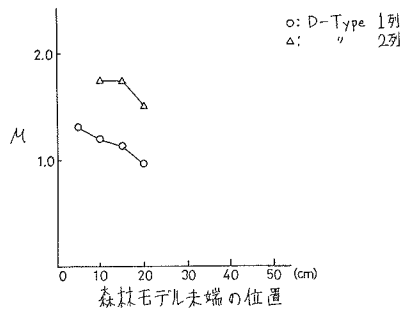


図4. 森林モデルの位置とまぜの係数 (D-TYPE)

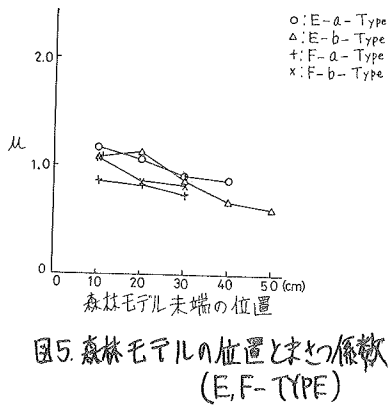


図5. 森林モデルの位置とまぜの係数 (E, F-TYPE)

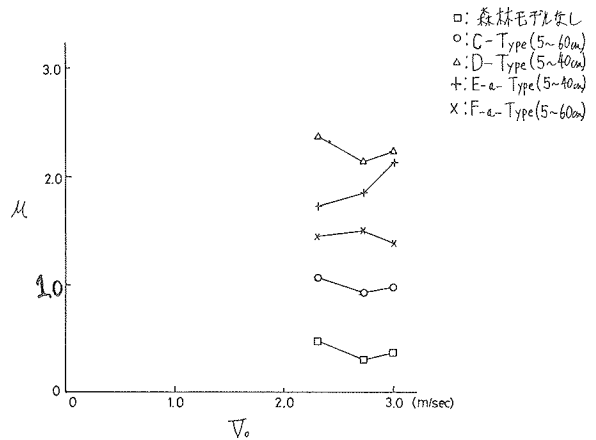


図6. 下流水路への流入速度 $V$ とまぜの係数

#### 4.4 下流水路への流入速度とまぜの係数

下流水路への土砂流入速度 $V$ と森林モデルの長さを十分大きくして一定値をとるようにした $\mu$ との関係を示すのが図6である。これより $\mu$ は森林モデルの配列形により定められる値で $V$ に無関係に一定と言えさる。この $\mu$ の値をその大きさの順に示すと D-TYPE: 2.2 E-a-TYPE: 2.0 F-a-TYPE: 1.4 C-TYPE: 1.0 となる。

#### 4.5 クズの間隔とまぜの係数

森林モデルなしのときのまさつ係数 $\mu$ 及びB, C, D-TYPEの森林モデルの長さを十分大きくして一定値をとるようになったまさつ係数 $\mu$ と、各々の一断面あたりのワギの間隔 $S$ との関係を示したのが図7である。なおB-TYPEについては森林モデルの長さを大きくする実験を行っていないので推定値である。また間隔 $S$ については試料の最大粒径 $D_{max}(=8mm)$ で割って無次元化したものの逆数をとっている。サンプルの数が非常に少ないのであくまでも推測になるが $\mu$ と $D_{max}/S$ には反比例の関係があるようである。

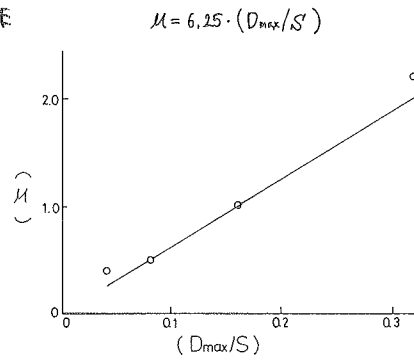


図7. 無次元化したワギの間隔の逆数( $D_{max}/S$ )とまさつ係数 $\mu$ の関係

## 5. おわりに

本報では土砂流動とその堆積を質点系の取り扱いで解析し、まさつ係数により森林モデルの土砂流動停止効果を評価した。しかし堆積土砂の重心しが取り扱えず最も重要な堆積土砂先端の到達距離は扱えないことや堆積形状を無視していることなど問題が多い。やはり流体として土砂流動を扱い、解析・考察することが必要である。