

京都大学防災研究所

正 員 高橋 保

京都大学防災研究所

正 員 里深 好文

関西電力(株)

○学生員 太田 耕一

1.はじめに 土石流中の流木の影響を水路実験によって解明した。最初の実験では、流木を含む土石流と含まない土石流との抵抗則の差異や土石流中の流木の運動を検討し、次の実験では、水路中流部に堆積地を作り、その中の流木が侵食速度に与える影響を検討した。

2.抵抗則に関する実験的研究

2.1 実験の条件・方法 水路は、幅10.5cm、長さ4.0m、勾配可変の矩形断面開水路(水路勾配 $\theta=18^\circ$ で固定)を用い、水路床には実験に使用した砂を貼り付けた。実験に用いた砂は非粘着性であり、中央粒径 $D_{50}=0.265\text{cm}$ 、内部摩擦角 $\Phi_s=38.5^\circ$ 、密度 $\sigma=2.64\text{g/cm}^3$ である。一方、流木のモデルは、長さ3cm、直径0.4cmの亚克力質の棒で、ビデオ撮影時の見易さを考慮して深緑色のスプレーペンキで着色した。よって、流木の密度は多少ばらつきがあるものの、亚克力本来の密度 1.20g/cm^3 をもって流木の密度とした。実験は、流木を含んだ土石流の流下の様子を側面から高速度ビデオカメラで撮影し、流速の鉛直分布を得、また下流端付近でポイントゲージにより流動深を測定した。ここで、流木の供給は水の供給地点と砂の供給地点の中間点において手動により行った。

2.2 実験の結果・考察 図-1、2はそれぞれ流速の鉛直分布及び抵抗則の実験結果を示している。図-1中の白丸は砂粒子の、黒丸は流木の流速分布を表し、図-2中の白丸は流木を含まない場合、黒丸は流木を含む場合である。また、 c_w は流木の流量に対する濃度、 c_s は流木の砂粒子流量に対する濃度である。図中の理論曲線は全て高橋¹⁾による式である。これより分かることは、本実験で扱ったような、流木の濃度が土砂の容積に対して0.10~0.15程度の範囲では、土石流の抵抗則は流木によって顕著な影響を受けないということである。換言すると、流木は抵抗則に対して粒子と同じ影響を与えているということである。この理由は、流木は等流部において、その中心軸を流下方向に向け、水面付近をスムーズに流下するため、土石流内部の構成は流木によってほとんど乱されないためと考えられる。また、ゆる分級作用により、供給されてから非常に短い時間(正確なデータは得られていない)で水面まで浮上することも確認できた。

3.側岸侵食に関する実験的研究

3.1 実験の条件・方法 実験は、まず下流端から60cmの箇所より上流側に長さ100cm、幅6.0cmの囲いをして、その中に横断面が直角三

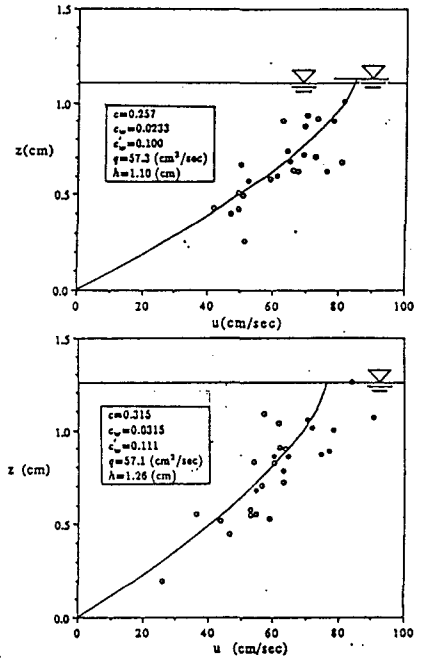


図-1 流速分布

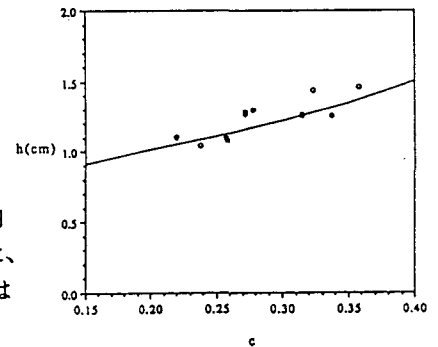


図-2 抵抗則

角形になるように三角柱状の堆積地を作り(前実験と同じ水路の中流部)、上流より土石流を発生させてから囲いを取り除き、侵食を開始する。侵食の様子は天井に吊るしたビデオカメラで撮影し、得られた映像より水際線の後退速度を読み取り、次式により侵食速度 E に変換し(図-3参照)、実験データを得た。

$$E = (\Delta y / \Delta t) c_s \sin \theta_2$$

$\Delta y / \Delta t$: 水際線の後退速度、 c_s : 0.6、 θ_2 : 砂の内部摩擦角で 38.5° 。但し、流木は堆積地にのみ濃度0.10で一様に含ませ、供給される土石流には含まれていない。

3.2 実験の結果・考察 囲いにより水路幅が著しく狭められるため、侵食を開始すると極めて非定常性の強い流れが侵食域に流れ込み、侵食速度を解析するに当たってこの非定常性を消去する必要があった。このために、ビデオカメラから表面流速 u_s を読みとり、 $v = 0.6u_s$ を用いて断面平均流速 v を求め、侵食速度 E を v で除した。図-4が $E-c$ 図、図-5が $E/v-c$ 図である。但し、 c は供給される土石流の濃度である。これより $E-c$ 図では、 E の変化に対して c の影響よりも上記の非定常性のほうが卓越し、非定常性は c が大きくなる程強くなるため、 $E-c$ 図は単調に増加しているが、 $E/v-c$ 図に至っては、この非定常性も消去され、 E/v は減少傾向にあるという良いデータが得られた。ここで E は、実験中の時間的変化を読みとり(実験結果は紙面の都合上省く)これらの値の平均値としている。また、侵食速度式²⁾

$$E/v_s = c_s (\tan \theta - \tan \theta_s)$$

の中の v_s を $v_s = kv$ と置き、実験定数 k を求めると、本実験の場合、 $k=0.2$ とすると流木を含む側岸侵食速度の実験値を良好に説明できることが分かった。但し、 v_s : 侵食された砂粒子の侵食速度、 θ : 水路勾配、 θ_s : 平衡勾配である。

4. 終わりに 本実験で得られた結果は、水路勾配、流量、流木の材質、流木の含有濃度、堆積地における流木の混入状態等がごく限られたものであるので、更にこれらの条件を変えた実験を行う必要がある。また、囲いによる水路幅減少の影響を小さくする努力が必要である。幅の大きな水路を使用すればよいと考えられるが、作業能率と流れが横断方向に一樣にならないことなどの問題があるため、困難が予想される。

参考文献

- 1) 高橋保 ; 土石流・泥流の流動機構、土砂移動現象に関するシンポジウム論文集、1992
- 2) 寺西直之 ; 土石流の河床侵食と堆積の機構に関する研究、京都大学修士論文、1993

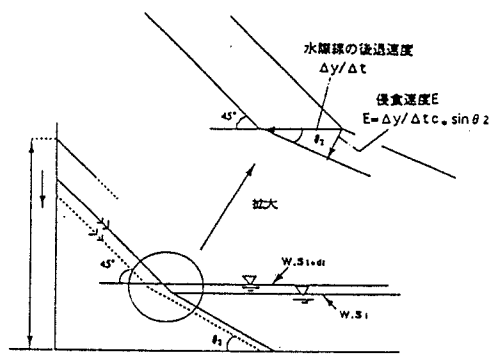


図-3 侵食域の横断面模式図

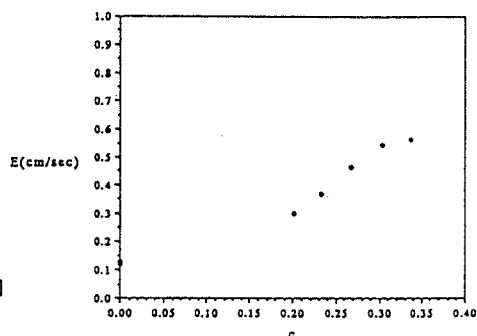


図-4 $E-c$ 図

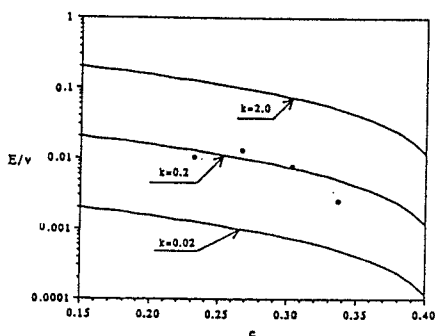


図-5 $E/v-c$ 図