

長谷川（松山市）土石流発生時の流量解析

愛媛大学工学部 正 員 鈴木 幸一
 愛媛大学工学部 正 員 渡辺 政広
 愛媛大学大学院 学生員 瀨川 利明
 (株)エイトコンサルタント 正 員 田中 伸浩

1. はじめに

1991年 7月 5日午後 3時30分頃発生した松山市上伊台町にある長谷川の土石流・泥流は 3名の命を奪い下流部の家屋一戸を全滅させた。本研究では、災害発生時の流水及び土石流の移動現象に関する現地調査及び目撃者への聞き込み調査結果を基に、長谷川における土石流・泥流の解析について検討を行った。

2. 長谷川流域の土砂移動

図-1は長谷川の流域図である。流域は幅 80 ～ 200m 程度で長さ約 1km の細長い羽状をしており、長谷川自体は幅数メートルの小溪流である。図-2は長谷川の河床縦断形状の概略を示したものである。上流端A地点付近は、畑地として人工的にやや緩傾斜地となっている。土砂はこのA地点で崩壊し、兩岸の崩壊とそれに伴う杉の流出を誘発した。B地点には長谷池があるが、この付近の痕跡によれば長谷池の土手は一部決壊したものの土砂の越流はみられなかったと思われる。また、越流水位は 2～3m に及んだことが周辺の草木の状態から認められた。したがって、今回の土石流の主な原因はB地点にある長谷池の堤防決壊、あるいは、樹木や土砂などによって形成された自然堤防の決壊にありA地点での土砂崩壊はその引き金に過ぎなかったと推測できる。その下流C地点まではV字谷となっているが、ところどころ岩が露出しており兩岸の侵食は顕著でない。C地点からD地点では、右岸の地形は依然として急峻なものの、左岸側は河床より約 2m 高いところで台地となっており畑地として利用されている。D地点のところでは逆に左岸側の傾斜がきつく、右岸側は緩やかで畑地となっておりとともに、やや狭窄部となっている。C地点からE地点までは台地の一部でも水が流れ、流木とともに畑地からかなりの土砂を侵食流送した。この台地部に石・岩や流木の一部を残している。E地点より下流では、小さな扇状地となっており20戸程の集落があるが、主に泥流の堆積域となっていて大量の流木や泥流の堆積により多大な被害を及ぼした。なお、図-1の斜線部分は災害発生直後の現地調査や、目撃者への聞き込み調査による土砂の移動・堆積の痕跡である。

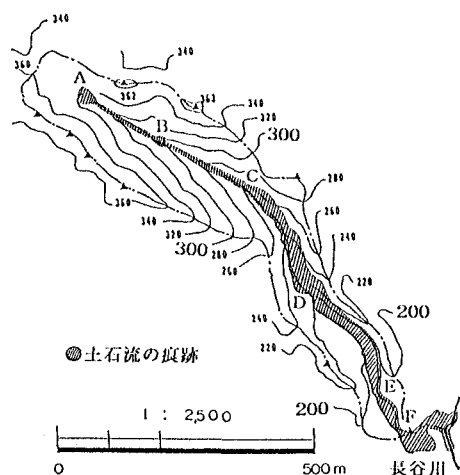


図-1 長谷川流域図

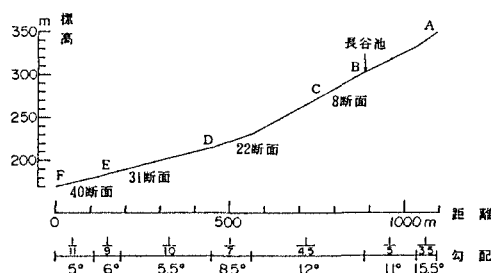


図-2 河床縦断面図

3. 長谷川の洪水解析

ここでは、まず、泥流を水だけの kinematic wave 流れとみなし、土石流発生時の洪水流の河道追跡計算を行った。ここで、洪水流の追跡計算には特性曲線法を用いた。解析範囲は図-1のB地点からF地点とした。その理由は、土石流の主な原因が長谷池の堤防決壊による大量の水の流出にあると考えられるからである。まず、B～F間 800m を 20m 間隔の 40 断面に分割した。その断面形の一例を図-3(a)～(d)に示す。

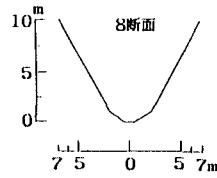


図-3(a) B～C断面

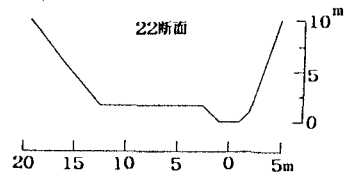


図-3(b) C～D断面

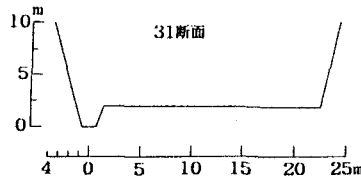


図-3(c) D～E断面

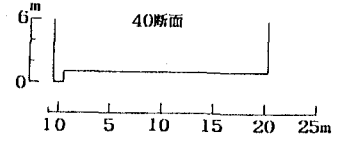


図-3(d) E～F断面

次に、長谷池からの流出計算は、幅 $B=20\text{m}$ 、高さ $H=3\text{m}$ の堤防が一挙に崩壊したと仮定し、全幅堰の流量公式 $Q=KBH^{3/2}$ (ここで、 K :流量係数に関する定数)を用いて行った。

追跡計算の結果得られた代表断面での流量ハイドログラフを図-4に示す。これによると、短時間のうちに長谷池からのピーク流量が下流へと伝播していった様子がよく分かる。

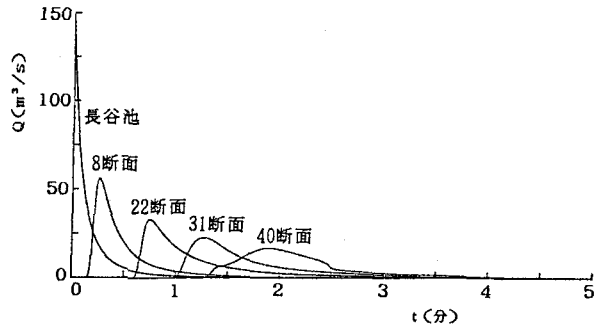


図-4 ハイドログラフ

4. 解析結果の考察

上述した洪水追跡計算結果をもとに河床に作用する掃流力を求め、これに

より移動しうる掃流砂の最大粒径を求めた。潤辺には平均して掃流力 $\tau_o = \rho g R I$ (ここで、 ρ :水の密度、 g :重力加速度、 R :径深、 I :河床勾配)が働く。 τ_o を限界掃流力 τ_c におきかえると動きうる掃流砂の最大粒径は $d = u_{*c}^2 / 0.05 s g$ (ここで、 u_{*c} :限界摩擦速度、 s :岩の水中比重)と表されることになる。計算の結果、最大流量が流れているとき、最上流の長谷池近くでは流速 10.4m/s で直径 3.1m の、D地点付近では流速 7.2m/s で直径 1.4m の、最下流部のF地点付近では流速 1.9m/s で直径 0.5m の岩が移動したと考えられる。これらから、洪水流は凄まじい速さと破壊力で流下したことがわかる。

5. おわりに

本研究では、1991年7月に発生した松山市・長谷川流域での土石流・泥流を対象として、現地調査や聞き込み調査の情報を基に、河道における洪水ハイドログラフを求め、これより掃流力を計算して土砂移動の限界粒径を求めた。今後は、非定常状態での流砂の移動について解析を進める必要がある。