

42 水無川で発生した平成3年6月30日の土石流とその再現計算

(財)砂防・地すべり技術センター ○佐藤敏久

(株)ダイヤコンサルタント 高橋正昭

長崎県島原振興局 川下茂樹

1. はじめに

雲仙・普賢岳では平成3年6月3日、8日と大規模な火砕流が発生し、周辺の流域は降下火砕物で覆われた。その後、6月30日には2年確率程度の降雨があり、周辺の流域では土石流が発生した。

一般に、降下火砕物の影響を受けた地域では降下火砕物の細粒土砂を取り込んだ表面流が発生し、このような表面流は通常の表面流に比べ堆積層の侵食力が強く、土石流が発生し易いと考えられている。

本研究ではこのような降下火砕物の堆積域で発生した土石流の代表例として、水無川の細粒土砂を多量に含んだ土石流を再現すべく、その土石流の材料特性、流出特性について検討を行い、氾濫数値シミュレーションを実施して氾濫範囲や流下特性の再現を試み、このような場で発生した土石流の特性について検討した。

2. 平成3年6月30日に水無川で発生した土石流

平成3年6月30日に島原半島東北部は梅雨前線の活発化に伴う雷雨性の豪雨に見舞われ、島原振興局の観測データによれば最大時間雨量及び日雨量はそれぞれ72.5mm、215.5mmに達し、最大時間雨量を記録した18時30分頃に赤松谷川上流のワイヤーセンサーが切断されて土石流の発生が記録された。

土木研究所の調査によれば、土石流は水無川本線の水源部では発生せず赤松谷川・おしが谷で発生したのちに合流した。その後、火砕流堆積物の上を流下して、一部は水無川の河道を流下したが主流は水無川より低い左岸側を流下し有明海まで達したとされている。さらに、土石流の一部は島原鉄道の上流部で主流路より右岸側に分流したが、この流れは市街地内で停止している。このときの氾濫堆積土砂量は、火砕流堆積域内での堆積量が約15万 m^3 、これより下流では平均厚さ0.5mで堆積したとして概算23万 m^3 で合計38万 m^3 と推定されている。この地域は、警戒区域に指定されていたため人命への被害はなかったものの、住宅59棟・非住宅78棟（島原市消防本部の推計値）の大きな被害を受けた。8月8日撮影の空中写真の判読による土石流の氾濫範囲を図-1に示す。

土石流の流下跡を見ると、細粒土砂が（土木研究所の調査によると平均粒径10mm程度）厚く堆積し、被災した家屋は細粒土砂に埋まっている状態である。また、細粒土砂の堆積物の中には礫が含まれており、直径1m以上の礫も点在している。このような土砂の堆積状況と、この地域の地形勾配が $2^{\circ}\sim 3^{\circ}$ 程度であることから考えると礫分は土石流状態ではなく掃流状態あるいは掃流状集合流動の状態で運搬されたと想定される。

3. 土石流の再現

3.1 土石流特性の検討

水無川で発生した土石流は以下のような特性があったと考えている。

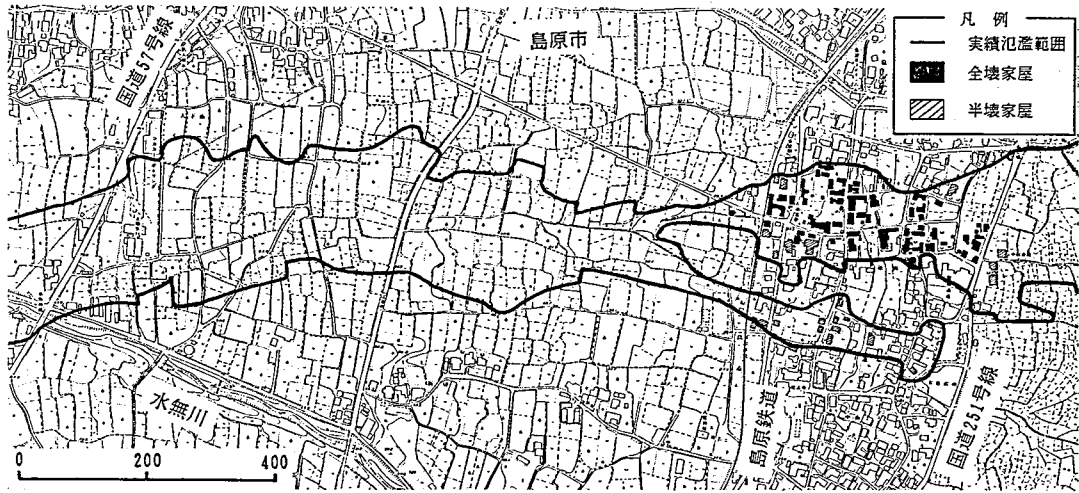


図-1 土石流氾濫範囲と被災状況(1991.8.8撮影空中写真より)

- ①水無川流域はルーズな降下火砕物に覆われており、これらの堆積物は降雨初期には浸透が見られるが、土石流が発生した頃には飽和していて降雨の損失はなかった物と考えられる。
- ②流水は、降下火砕物の微細な土砂を取り込んで、水無川扇状地ではその濃度 C_T が0.13程度¹⁾にもなると考えられる。この時、微細土砂を含む流水の見かけ密度は $\rho' = 1.2$ となる。
- また、微細土砂を含む流出流量 Q_m も同様に微細土砂分だけ増加するため清水流量 Q_w は(1)式となる。

$$Q_m = Q_w / (1 - C_T) \quad (1)$$

- ③土石流の発生・流動は、表面流が h_0 の時に作用する切断力が、堆積層または流動層内部の深さ $n d$ の位置で切断抵抗力とつり合うときに発生または流動を続けるとすれば、土石流は式(2)の条件を満たすときその断面を流下する事になる。

$$\frac{h_0}{n d} = \frac{C_* (\sigma / \rho - 1) \tan \phi - \{C_* (\sigma / \rho - 1) + 1\} \tan \theta}{\tan \theta} \quad (2)$$

ここで、 h_0 :表面流の水深、 d :堆積土砂(土石流)の代表粒径、 C_* :堆積土砂の容積濃度(=0.6)、 σ :砂礫密度(=2.65)、 $\tan \phi$:砂礫の内部摩擦係数(=0.70)、 $\tan \theta$:河床勾配である。

また、 n は堆積土砂の移動層厚と代表粒径との比でありここでは2を用いている。

- ④発生した土石流の土石流量は③の条件が満足されている期間内に対して土石流状態で流出し、その時の土砂濃度は高橋の濃度式²⁾に従う。

3.2 土石流ハイドログラフの特性

島原振興局で観測された実績の雨量資料を用いて中安の総合単位図法により清水流量を算出し、前項で述べた土石流の特性に基づき土石流のハイドログラフを作成すると図-2のようになる。

3.3 流下過程の再現

土石流の氾濫・流下特性を再現するために、①二次元平面上の連続流体の漸変流の運動方程式、②土砂および水の連続式を差分化したシミュレーションモデルを用いて計算を行う。

使用する地形データは国土地理院作成の1/25,000の地形図のDEMデータ(メッシュ間隔:25m×25m)である。計算範囲は、おしが谷・赤松谷川の谷出口より河口までの範囲とした。この範囲のDEMデータの標高を

部分的に修正して使用した。

①計算結果の最大水深と実績の氾濫範囲とを比較する(図-3)と、土石流の主流は実績の土石流の流路を流下していることが分かり、実績と比較的よく一致している。計算結果の氾濫範囲は実績の氾濫範囲よりやや広がっているが、これは計算流量に対してメッシュ間隔が広いことため微地形が反映されにくかったためであると考えている。

②計算結果(図-4)によれば、下流部は堆積厚0.1m以下の堆積区域となった。

6月30日の土石流では、この地域は礫径10mm程度の細流土砂が厚く堆積している

ものの、礫は点在する程度でほとんど堆積しておらず、計算結果と適合している。

③土石流流体力

最大流体力図(図-5)より土石流の主流路における流体力は1.0~10.0tf/mであることがわかり、被災状況図(図-1)と比較すると、この地域では家屋の全壊が発生し、さらにこの地域より流体力の小さい周辺地域では家屋が半壊しているという関係が見いだされた。これは、土石流のもつ流体力が0.5tf/m未満では損壊以上の被害は発生せず、1.0tf/m以上になると半壊及び全壊と言った被害が発生するという報告³⁾と一致している。

5. おわりに

降下火砕物の堆積域で発生するような土石流の材料特性、流出特性について検討を行ったが、本検討で実施したような再現手法により、水無川で発生した6月30日の土石流の特性が比較的よく説明され、この土石流は本研究で表現される特性を持っていたと考えている。

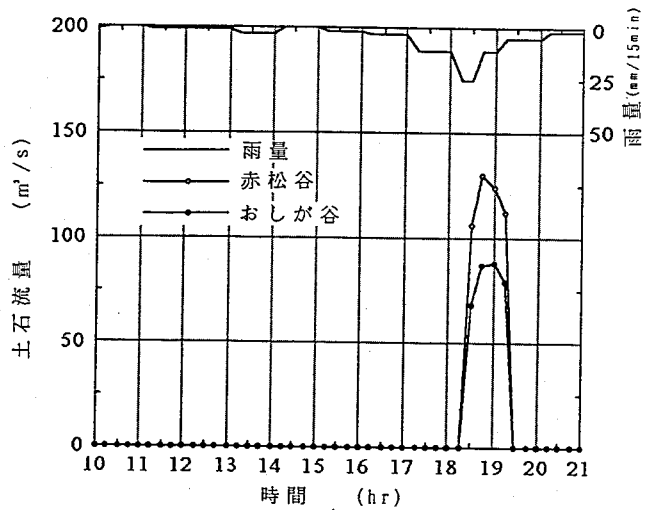


図-2 雨量-土石流流量図

参考文献

- 1) 平野宗夫、橋本晴行他：泥流の特性に関する実験的研究、土木学会第44回年次学術講演会
- 2) 「土石流対策技術指針(案)」(建設省河川局砂防部砂防課：平成元年10月)
- 3) 水山高久、石川芳治、福澤誠：土石流による家屋の被災度の推定、土木技術資料31-6(1989)

図-3
土石流最大水深

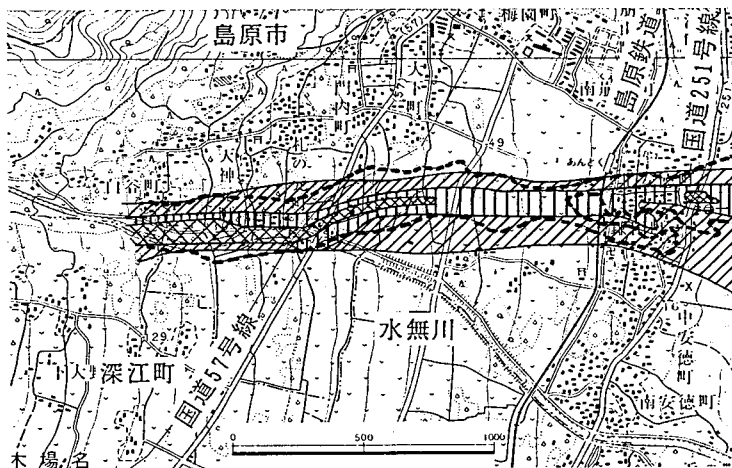
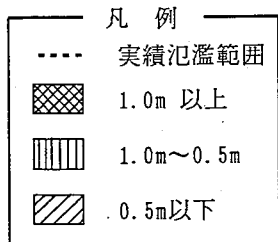


図-4
土砂堆積深

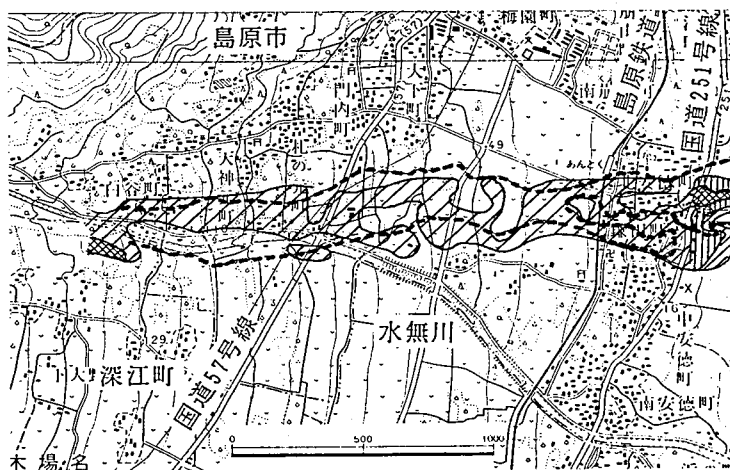
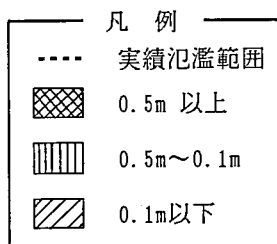


図-5
最大流体力図

