平成 21 年山口豪雨災害時に剣川で発生した土石流に関する一考察

（独）土木研究所　○山越隆雄，中野陽子，田村圭司
（財）建設技術研究所　長谷川祐治，正沢勝幸

1.　はじめに

平成 21 年 7 月 21 日、山口県防府市及び山口市を襲った豪雨により、防府周辺の山域の多くの渓流で土石流が発生し、多くの人命を奪うとともに、下流の集落、道路に甚大な被害をもたらした。特に、佐波川水系剣川では、上勝坂橋が閉塞し、床版が持ち上がるという事態が生じ、土砂が氾濫して周辺住宅および国道に大きな被害を与えた。そのため、山口市と防府市を結ぶ幹線である国道 262 号は 47 日間通行止めを余儀なくされた。

発表者らは、剣川で発生した土石流の実態を明らかにするため、災害後に痕跡水位調査を行うとともに、災害発生当時現場にいた県土木事務所職員等にヒアリングを行った。本報は、現時点での取りまとめ結果を報告するものである。

2.　剣川の流域概要と災害当日の気象状況

2.1　剣川の流域概要

剣川は、防府市と山口市の間に分布する最高標高 426m 程度の低山域に源を発する佐波川右支川である。佐波川合流点から上流の流域面積は 4.9km²、流路延長は 4.5km である。表層地質は、主に花崗岩である [1)]。

剣川の中・下流区間は両岸とも護岸が施された人工河道区間で、並行する国道 262 号線の下を何度かボックスカルバートで横過しつつ、蛇行して南流し、佐波川に合流している。剣川の内、上勝坂橋から上流域（1.82km²）は、ほとんど天然河道であり、上流に 2 基の砂防えん堤が災害前から建設されていた。本検討では、剣川上流域を主に調査対象とした。

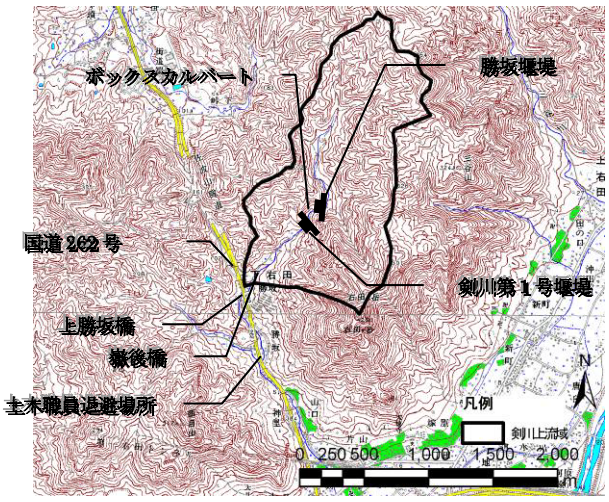

図-1　剣川流域図

2.2　災害当日（2009 年 7 月 21 日）の気象状況

災害当日は、朝 6 時頃から強い雨が降り出した。剣川周辺では、朝 8 時半頃に一度降雨のピークを迎え、一度小康状態になった後、再び 11 時前と 12 時頃にそれぞれ、2 度目、3 度目の降雨ピークを迎えた。しかし、強い前は 12：10 を最後に止んだ。この間の流域平均総雨量は 260mm であった。

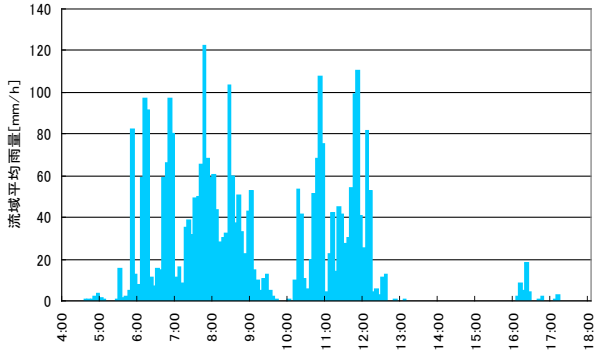

図-2　災害当日の剣川上流域直上メッシュの流域平均レーダー雨量計（オフライン合成値）データ

3.　痕跡水位調査

3.1　調査方法

土石流の流下痕跡より、土石流が流下したと考えられる断面の測量を行い、その断面積、潤辺、断面上下流の河床勾配から流量を推定した。また、砂防えん堤直下流のボックスカルバート内の痕跡水位国道 262 号付近の嶽後橋の桁下高さからも流量を推定した。

3.2　ピーク流量の推定

流量の計算には、現地調査の際に巨礫がほとんど見られなかったことから今回の土石流が泥流型と考えて *Manning* の式を使用した。ここで、河道断面における粗度係数は、現地の状況から n=0.03-0.05 とした。また、ボックスカルバートや橋梁は、周辺の整備状況からコンクリートの経年変化を考慮した n=0.025 を用いた [2)]。

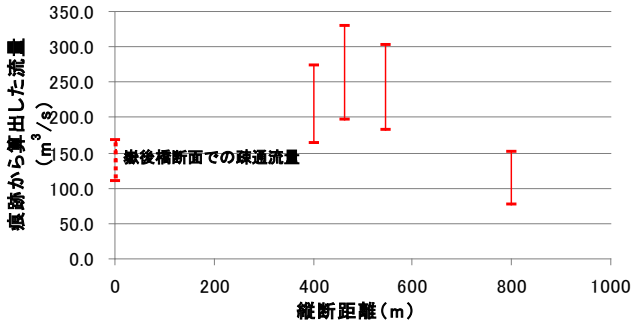

図-3 嶽後橋からの縦断距離と推定ピーク流量

表-1　推定ピーク流量(L1-3：上段 n=0.03、下段 n=0.05)

断面No.	縦断距離(m)	河床勾配	流動深(m)	平均河道幅(m)	流速(m)	土石流ピーク流量(m^3/s)
L1	400.635	1/15.9	1.53	16.0	11.1 (6.7)	272.4 (163.5)
L2	464.438	1/15.2	2.42	8.8	15.4 (9.2)	328.4 (197.0)
L3	546.705	1/10.5	1.88	13.2	14.2 (8.5)	302.4 (181.4)
ボックスカルバート	800.281	1/26.5	2.35 (1.50)	4.7 (5.1)	13.7 (10.2)	150.5 (77.0)

また、構造物周辺は基礎部が露出していたため、土石流流下前は、基礎部が覆われていたと仮定し、その結果も併せて算出した。結果を図-3、表-1 に示す。

調査区間においては、ほぼ全区間が自然河道であり、河床位も大きく変動していることから、勝坂砂防堰堤下流のボックスカルバート地点で推定されたピーク流量 77～150m^3/s が最も数値としては信頼できると考えられる。一方、その他の計測点では、河床の浸食を考慮していないことや痕跡水位の最高到達点を計測していることに加えて、L2 と L3 の間で、支川で発生した土石流が合流しているため、ピーク流量が大きくなりやすいと考えられる。

4.　ヒアリング調査

災害当日、現地で現象の推移を目撃した山口県防府土木建築事務所職員（以下、土木職員という）らに対してヒアリング調査および災害当日の国道 262 号を中心とした現地写真の収集を行い推定した。ヒアリング結果を表－2 に示すとともに、出水中に現地で撮影された写真を写真 1 に示す。これらの写真やヒアリング結果から当日の現象の推移は以下のように推定される。

9 時頃に一度ピークを迎えた雨は 11 時以降再び激しさを増した。しかし、土木職員らはその後も往来をしており、12:00 位までは上勝坂橋は閉塞していなかったと考えられる。その後、12 時頃になると剣川中流域で相次いで土石流の発生が目撃された。12 時直前まで通行可能だった上勝坂橋は、写真 1 によれば、12: 26 の時点で床版が持ち上がっており、12:00 頃～12:26 の間に剣川の氾濫が始まったものと推定される。

土木職員らは、上勝坂橋から約 550m 下流の国道 262 号の中央分離帯(図 1 に「土木職員退避位置」と示す)に避難していたが、証言によると、その地点では 12 時半頃に急に流量が増大したとのことである(写真 2, 3)。

たとえば、上勝坂橋または獄後橋が、支川で発生した土石流のために、12 時半頃にほぼ完全閉塞し、剣川の氾濫が始まったものと考えると、先の証言と符合するが、他の解釈も可能であることから、現時点では仮説の一つに過ぎない。

表-2　7 月 21 日の状況のヒアリング結果

	ヒアリング内容
11:00 頃	下り車線通行止め、下り車線の一車線規制を整備課に報告
11:10 頃	下り車線(2 車)通行止め開始 (山口市下小鯖信号～防府市新幹線前信号)
11:20 頃	上り車線(2 車)通行止め着手
11:30 頃	土木職員上り車線を通過(路面水はそれほど多くなく走行に特に問題なく通り抜けた。)
11:50 頃	土木職員上勝坂橋を渡って下流へ移動
12:00 頃	砲台跡地付近(右田ヶ岳方面)からの土石流発生 反対の山から土石流発生 ・土石流に巻き込まれた車の男性救出 ・中央分離帯へ避難
12:30 頃	流量が増加(写真 2 から 3)
14:30 頃	路面を流れる土石流が少なくなってきたので現場から離れる。途中の避難者を誘導しながら移動

写真 1
12:26 の上勝坂橋
国道 262 号上り車線側の床版が上昇している

写真 2
12:26 の土木職員待避位置付近の国道 262 号の状況

写真 3
12:40 の写真 2 と同位置の状況
国道 262 号上を流れる流量が増し、パトロール車は流失している。

※写真１～３　山口県防府土木建築事務所金子隆氏撮影

5.　おわりに

ここまでの調査の結果、2009 年 7 月 21 日に剣川で発生した土石流について以下のことが考えられる。

①痕跡水深から推定されたピーク流量は、勝坂堰堤で、約 77～150m^3/s と推定されるが、その下流部では、推定されるピーク流量が倍増する。支川からの土石流の影響が考えられる。

②剣川から国道への氾濫流量は 12 時半頃急激に増大した。上勝坂橋の閉塞は 12 時半ごろに発生した可能性がある。

なお、本調査を行う上で、山口県防府土木建築事務所維持管理課、藤本工業（株）の皆さまには当日の状況写真等をご提供いただくとともに、当時の状況についてご教示いただいた。また、国土交通省中国地方整備局河川部、山口河川国道事務所、山口県土木建築部砂防課には、調査資料全般についてご提供いただいた。ここに記して感謝いたします。

参考文献：1）防府市環境基本計画平成 18 年 3 月
2）水理公式集平成 11 年度版