

(社)地盤工学会
平成 16 年 7 月福井豪雨による地盤災害の緊急調査団報告書
－ 福井豪雨による河川上流部の被害について －

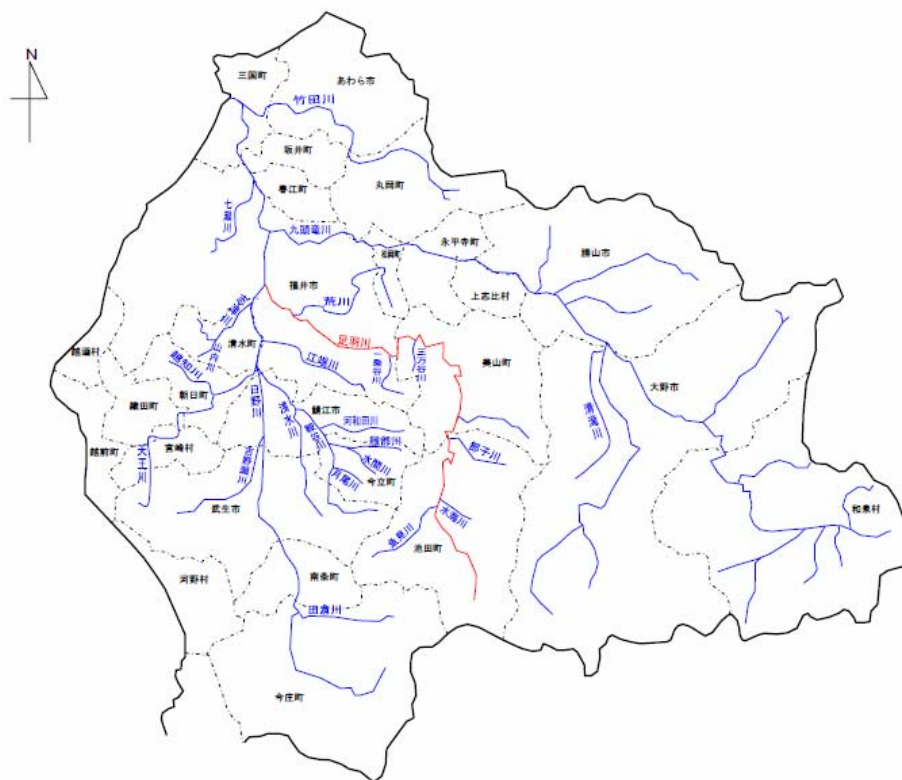
小高猛司，岡二三生（京都大学）
横田善弘，竜田尚希（前田工織(株)）
角南 進（(株)日建設計）

1. はじめに

2004 年 7 月の福井豪雨による災害の中で最も注目される被害を生じさせたのは、いうまでもなく足羽川の木田橋上流地点での破堤である。福井市中心部の市街地で破堤したため、甚大な被害をもたらす結果となった。しかしながら、足羽川流域ならびに日野川流域の河川を中心として、上流域においても堤防、護岸をはじめとして夥しい数の河川構造物に被害が発生している。本章では、福井県土木部河川課より提供を受けた豪雨発生直後に調査作成された応急復旧工事の事前資料を用いて、上流部の河川構造物の被害状況をまとめた結果を示す。しかしながら、事前資料自体が緊急に作成されたものであり、実際の被災地点が完全に網羅されているわけではない。また、今回まとめた資料は、河川の被害に限定した記録であり、例えば道路が築造されている護岸が被災している場合には、道路の被害に分類されていることが多く、ここで取り上げられていない事例も多い。また、土石流が主たる被害要因となっている事例においても道路と同様の扱いとなっており、取り上げられていない事例も多い。道路ならびに土石流による被害状況については別章を参照されたい。

2. 上流部の河川構造物被害の概要

図－1 は福井県内の九頭竜川水系の河川の位置図¹⁾である。福井県がホームページ上で公表している資料によれば、表－1 に示すような河川の被害概況¹⁾になっており、網掛けで示した足羽川流域の河川以外でも、河和田川や服部川といった日野川流域の河川においても多くの被害が発生している。表－1 の被災数は、小規模な護岸損壊等の被害件数が省略された数字であり、護岸損壊箇所は 36 箇所、河道埋塞 15 箇所とされている。しかしながら、福井県の事前資料から、10m 以下の護岸損壊等の小規模の被害箇所まで含めて集計すると、護岸損壊 85 地点、河道埋塞 57 地点にのぼる。また、同じ地点でもそれぞれ数カ所にわたり被害が発生している事例も多くあるために、さらに詳細にカウントすると、実に護岸損壊は 197 箇所、堤防損壊箇所は 32 箇所となる。ただし、ここで堤防と呼んでいるのは、河岸の盛土天端部が堤内地よりも高くなっているものすべてであり、堀込み河道の河川であっても、河岸部の盛土が破壊されている事例については、堤防の被害として分類した。この集計により、護岸・堤防の被害箇所の総延長は約 18.5km、河道埋塞の被害箇所の総延長は約 11.5km、埋塞土砂量は約 8 万 7 千 m^3 になる。以上の全被害地点をプロットしたものが図－2 である。河道埋塞の被害地点は紺色のプロットで示すが、各河川上流の溪流で発生した土石流が埋塞土砂の供給源となっていると見られる。以上の集計の地区毎、河川毎の被害箇所数を表－2 に示す。ただし、細かい被害箇所の中には、まとめて 1 箇所とカウントされている事例もあり、あくまで概数であることに注意されたい。表－2、図－2 より、美山町、池田町、今立町、鯖江市東部、福井市東部に被害が集中していることがわかる。これらの被害状況と降雨との関連を次節で述べる。

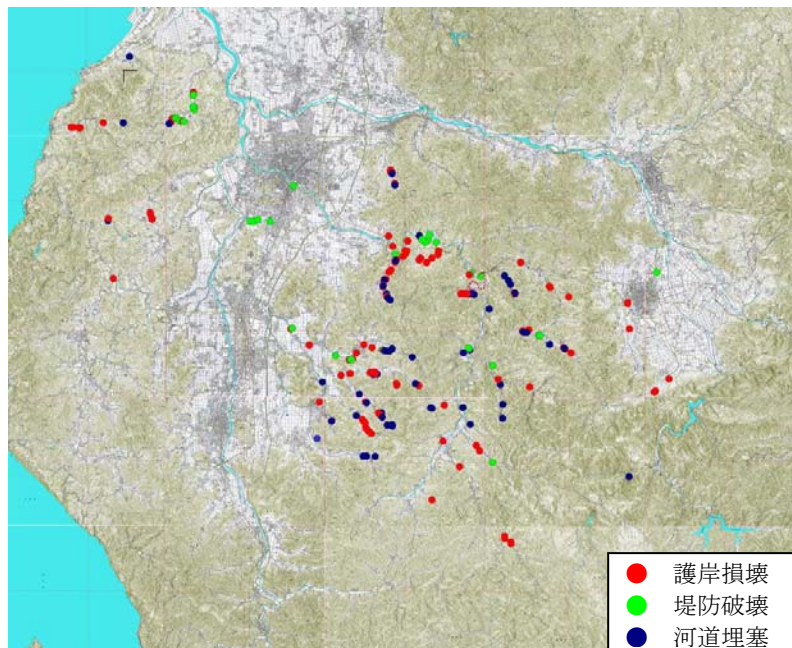


図－1 河川位置図¹⁾

表－1 福岡県公式発表の河川の被害状況²⁾

市町村名	河川名	決壊 (破堤)	護岸 破損	越水	漏水	閉塞 (埋塞)
福岡市	足羽川	1		7		
	荒川				1	
	江端川			1		1
	七瀬川		1	1		
	一乗谷川		7	6		6
大野市	清滝川	1			1	
鯖江市	鞍谷川			1		
	河和田川		10	1		1
美山町	足羽川		5			
	三万谷川		1			1
三国町	竹田川				1	
今立町	水間川		2	1		1
	月尾川					2
	服部川		4	3		3
池田町	足羽川		1			
	水海川		1			
	部子川		2			
清水町	志津川		1	1		
	越知川		1			
	山内川			1		
計		2	36	23	3	15

■ は足羽川流域河川



図－2 河川被害分布図

表－2 事前資料から求めた小被害も含めた河川の被災状況

市町村名	河川名	堤防	護岸	河道埋塞
福井市	足羽川	2	6	
	三本木川		5	1
	七瀬川	9	8	1
	一乗谷川		21	5
	滝波川		1	1
	江端川		2	
	その他の河川		1	2
大野市	清滝川	1	3	
	赤根川		3	
	その他の河川			1
鯖江市	河和田川	9	11	2
	尾花川		2	2
	天神川		2	
	鞍谷川	1	1	
美山町	足羽川	8	9	
	上味見川	2	10	2
	小当見谷山川		5	1
	赤谷川	2	2	1
	蔵作川		8	1
	三万谷川		2	
	奈良瀬川		2	
	羽生川		3	
	間戸川		2	4
	その他の河川		3	5
池田町	足羽川		5	
	水海川	1	3	
	金見谷川			2
	その他の河川	1	5	5
今立町	月尾川		24	
	水間川		6	4
	服部川	7	16	1
	岩窟谷川		3	2
	横住川		8	
	その他の河川		1	7
その他の地区			16	5
計				

は足羽川流域河川

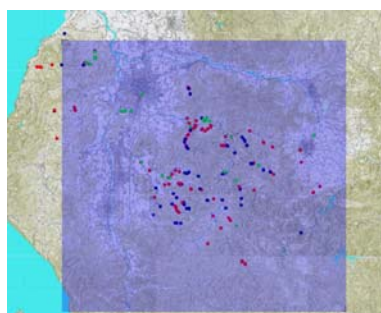
3. 降雨と被害範囲との関連

福井豪雨の最大の特徴は、すでに様々なところで指摘されているように、極めて短時間に局地的な雨の降り方をしたことである。特に、降雨は18日の午前中に集中しており、九頭竜川流域委員会の報告²⁾によれば、足羽川流域における天神橋地点上流域での6時間最大雨量は228.3mmが記録され、その降雨確率は数百分の1とも言われる。実に、2日間最大雨量268.8 mm（降雨確率1/25）の大部分が、午前4時頃からの6時間あまりで降ったことになる。ここでは、気象レーダーにより観測された降雨強度と、河川構造物の被害分布との関連を示す。

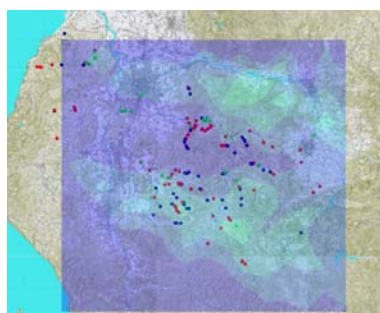
図-3は、18日0時から18時までの降雨強度分布を被害分布図に重ねたものである。正方形で着色された領域で降雨強度のコンター図（最大60mm/hr.）を示している。4時に美山町を中心に降雨が激しくなり、6時には福井市から美山町全域にかけて60mm/hr.以上の降雨強度が観測されている。7時頃に一旦収まるかに見えた雨は、8時から10時にかけて、被害地点全域にかけて再び強い降雨となっている。特に8時から9時にかけては福井市内を集中豪雨が直撃しており、その後さらに悪いことに集中豪雨は南東方向の足羽川上流域に移動した。その結果、10時半には足羽川の木田橋破堤地点では計画高水位に到達する結果を招いた。図-4は、8時から10時の被害分布図を、最大降雨強度を120mm/hr.として再表示したものである。8時頃には福井市内に100mm/hr.以上の降雨強度が観測されており、10時には足羽川上流部の池田町、美山町一帯で100mm/hr.近い降雨強度が観測されている。今回の豪雨においては、九頭竜川の方面では、河川の被害は美山町に隣接する大野市での清滝川で発生しているのみである。図-3の降雨強度分布を見ても、足羽川流域以北では、強い雨がほとんど降っていないことがわかる。その一方、被害が発生している地点のほとんどは、60mm/hr.以上の降雨強度を記録した領域に含まれている。図-5は17日21時から18日24時までの各時刻で観測された降雨強度の累積値の分布である。降雨強度は連続した降水量記録ではないので、その累積値は全体の降水量の分布を推し量るための目安でしかないが、分布形状に大きな隔たりはないと考えられる。この累積値の分布図より、18日一日で足羽川に沿って降雨が集中したことがよくわかり、河川の被害と累積降雨強度の分布はほぼ一致している。

4. 表層地質と被害範囲との関連

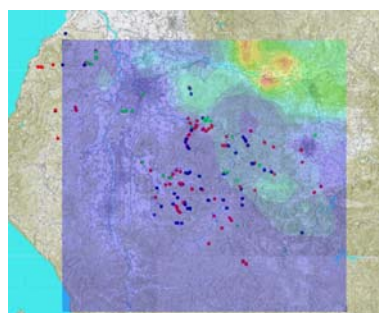
図-6に福井県の表層地質図³⁾と河川構造物の被害を重ね合わせたものを示す。山間部は新第三紀の安山岩が広く分布しており、洪水の濁流の茶褐色は、主に風化安山岩に由来するものである。この地帯の地質表層にはこれら風化土が堆積しており、各溪流部で土石流を引き起こす原因ともなっている。そのため、図-6にも示すように山間部で河道埋塞の被害が多く見られる。また、同時に埋塞被害のあった河川の下流域では、護岸損壊の被害も多く発生している。足羽川上流域は山間部の谷底平野を流れる河川の典型例であるが、その様子がこの表層地質図からもわかる。



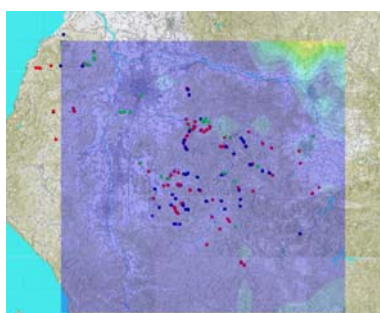
18日 0:00



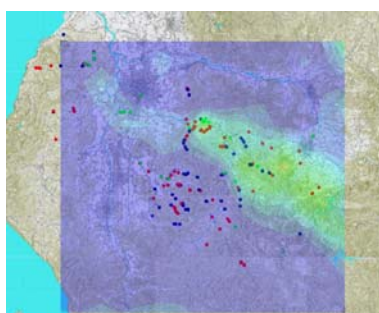
18日 1:00



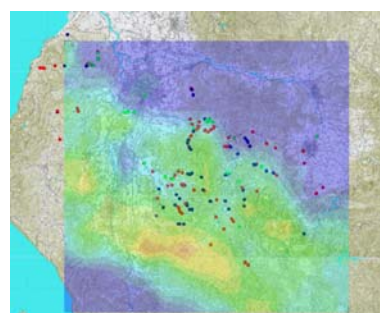
18日 2:00



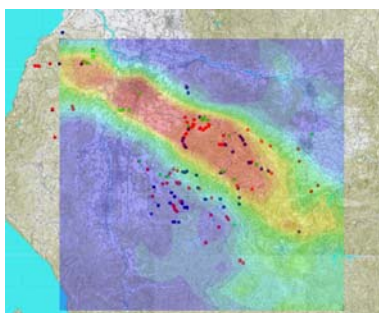
18日 3:00



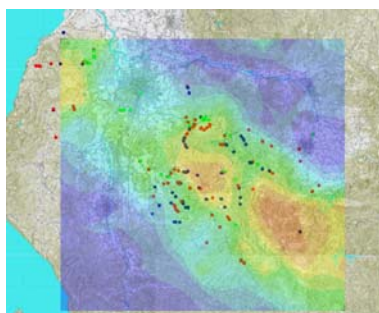
18日 4:00



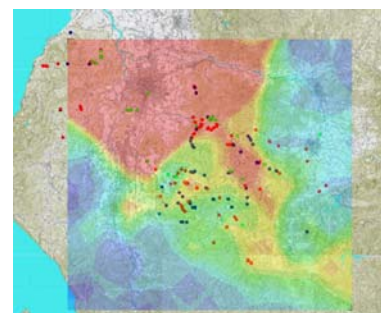
18日 5:00



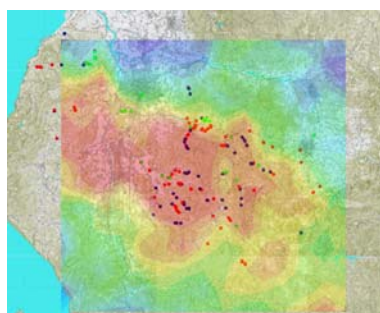
18日 6:00



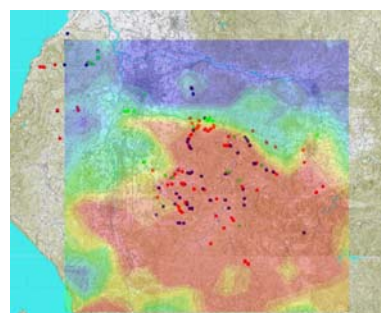
18日 7:00



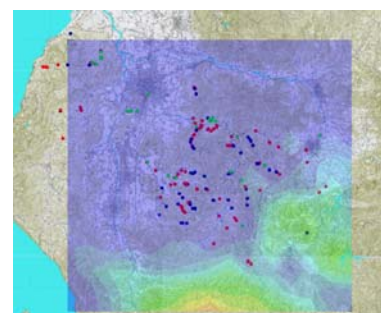
18日 8:00



18日 9:00



18日 10:00



18日 11:00

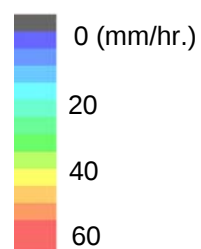
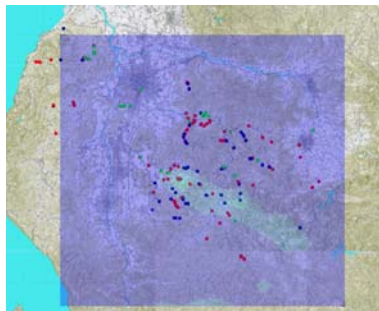
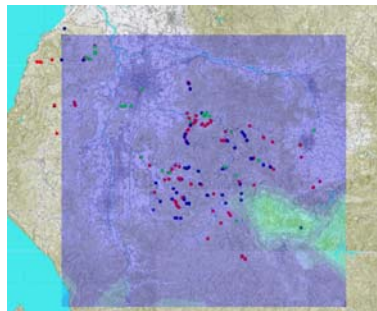


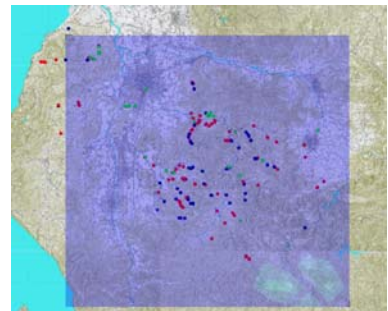
図-3 降雨強度の分布と河川の被害状況 (その1)



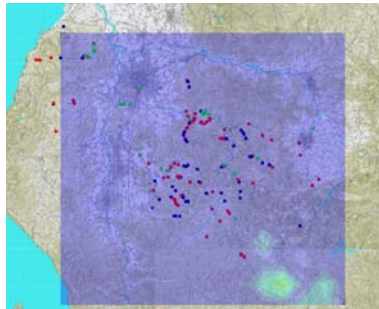
18日 12:00



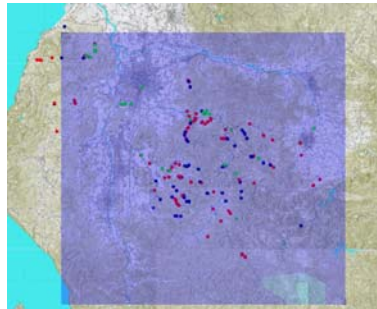
18日 13:00



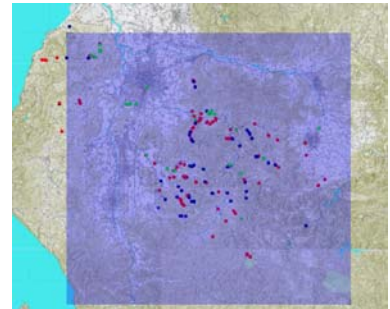
18日 14:00



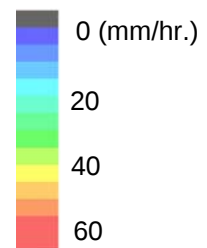
18日 15:00



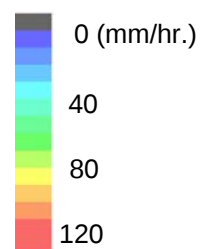
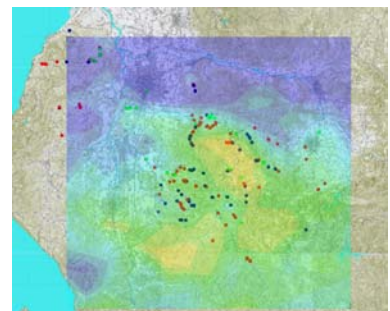
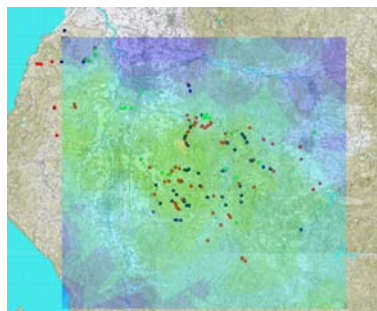
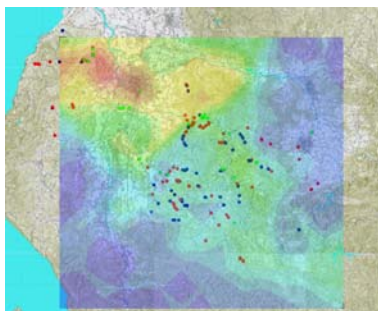
18日 16:00



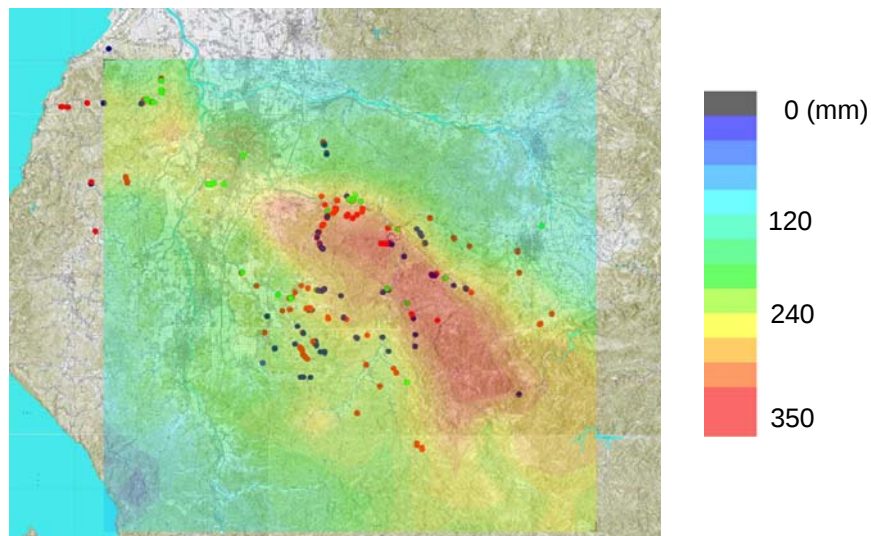
18日 17:00



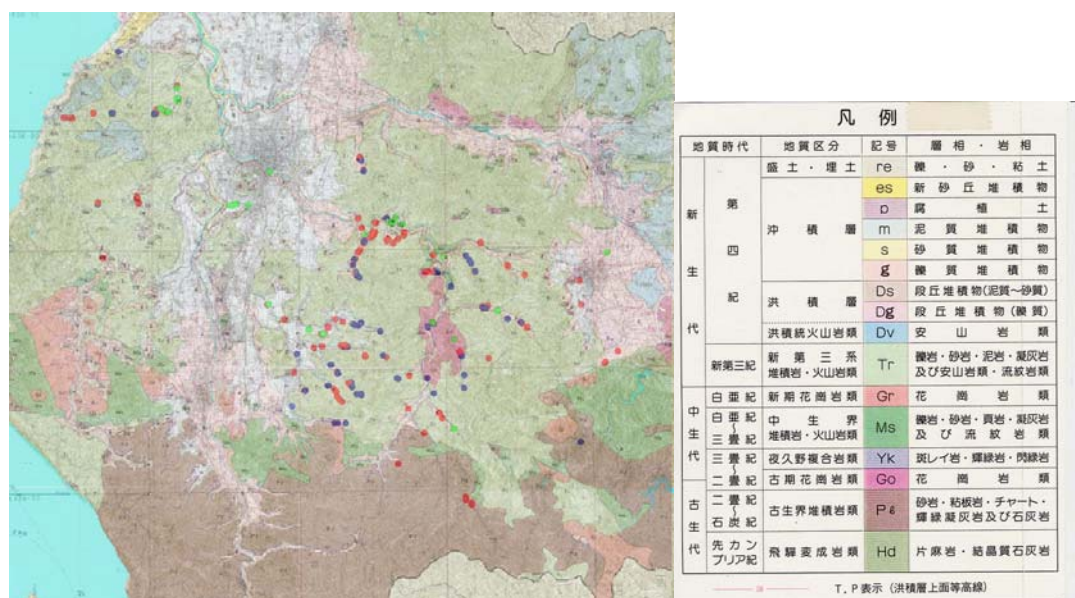
図－3 降雨強度の分布と河川の被害状況（その2）



図－4 降雨強度の分布と河川の被害状況（最大120mm）



図－5 降雨強度の累積値分布と河川の被害状況



図－6 表層地質と河川の被害状況(文献³⁾に加筆)

5. 護岸損壊について

河川上流部の被害は主に護岸である。ここでは、護岸の損壊位置、形態ならびに原因について整理する。

上流部においては、ほとんどの河川の河道が蛇行しており、そこを水が流下している。一般に、護岸の損壊箇所は河川の湾曲部で多く見られる。図-7 は、今回の豪雨による護岸・堤防の損壊場所、損壊の位置、外岸あるいは内岸の損壊位置における損壊原因について、それぞれの割合をまとめたものである。元データは、先述の福井県の応急復旧工事の事前資料である。その資料には、被災した河川におけるの損壊箇所、損壊断面、被害延長等のデータが平面図ならびに断面図を用いて記載されている。それらのデータはできる限り、次節にて説明する河川被災データマップに収録したので、詳細はそれを参照していただきたい。

今回の調査で分類した護岸、堤防の被災原因については、被災河川の断面図からの推測であり、実際とは異なる場合もあることをあらかじめ注意されたい。事前資料の河川断面図により、洪水時の水位が護岸の天端高さを上回っていたと記録されている箇所については、天端破壊が主因になると判断している。しかし、天端破壊をきっかけにして側岸侵食を受けて被災したと思われる事例も数多くあり、その一方で、河床洗堀をきっかけとして側岸侵食を受けたと考えられる被災事例も多い。このように複合的な被災要因が考えられる事例については、2 つ以上の要因を重複してカウントしているため、述べ被災要因数は、被災事例数よりもかなり多く、側岸侵食が占める割合は特に多くなっていることに注意する。平面図上の河川の損壊箇所については、図-8 のように区分しているが、入口部 A から湾曲部 B、湾曲部 B から出口部 C というように、損壊位置が広く跨っている場合には、やはり重複してカウントしている。

以上に注意して、図-7 に示す集計結果についてまとめると、以下の事項がわかる。

- ・被災した護岸・堤防の 50%は湾曲部の外岸であり、内岸の被害は 33%、直線部は 17%となっており、外岸、内岸をあわせた湾曲部の被害が 8 割以上となっている。
- ・湾曲部の外岸の被害の 62%が、出口部 C の被害であり、入口部 A の被害は 15%に留まる。
- ・湾曲部の内岸の被害においては、入口部 A が 44%、湾曲部 B が 40%であり、出口部 C の被害は 16%に留まる。

外岸・内岸の被害原因を位置別にまとめた 6 つの図を見ると、

- ・全般的に見て、側岸侵食による破壊が 5 割～7 割を占める。
- ・側岸侵食以外の被害原因を見ると、外岸では河床洗堀の割合が高く、内岸では天端破壊の割合が大きい。
- ・入口部 A の被害原因において、外岸・内岸に共通して天端破壊の割合が大きくなる。
- ・湾曲部 B の被害原因は、外岸・内岸に共通して側岸侵食が 7 割を占め、入口部、出口部と比べて最も大きい。さらに詳しく見ると、外岸では河床洗堀→側岸侵食、内岸では天端破壊→側岸侵食、となっていてケースが多いと考えられる。
- ・直線部の被害原因は、天端破壊が占める割合が比較的多い。

福井豪雨で被害を受けた上流域の河川は、谷底平野を流れる河川であり、ほとんどの河道が掘り込みとなっている。そのため今回の集中豪雨により急激に河川水位が上昇し、流下しきれなくなった洪水が広い範囲であふれ出した⁴⁾。図-9 は美山地区ならびに鯖江地区の福井豪雨時の河川の氾濫に伴い冠水した範囲を示すものである⁵⁾。谷筋と谷底平野のほとんどの箇所で溢水し、冠水していること

がわかる。護岸の破壊原因の分類において、天端破壊としているものは、事前資料の断面図から判断し、溢水により天端が破壊され、背面土砂が抜け出した形式で護岸が損壊を受けているものである。天端破壊と判断したほとんどの事例において、側岸侵食との複合作用により破壊したと判断している。今回のように、河川流域のほとんどの箇所ですべて溢水している場合には、このように天端破壊の割合が高くなると考えられる。特に、美山地区のように河川が大きく蛇行しているところにおいては、河道外にも濁流が流れているために、特に湾曲部の内岸においては、護岸が天端から引きはがされるような破壊形態となり、天端破壊の割合が高くなったと考えられる。

一般に、湾曲部の外岸では、2次流の効果により深堀れが生じ河床洗堀が発生することが多い⁶⁾。今回の被災原因を見ても、外岸部のどの位置においても河床洗堀による被災の割合が2割ほどあり、内岸に比べるとその割合は大きい。一方、湾曲部の流速分布は、蛇行の程度によって2次流効果のため外岸側の流速が大きくなる場合や、湾曲部の出口の外岸側で不連続に流速が増大する場合がある。逆に内岸側では、湾曲の入口から中央までの流速が外岸より大きく、また湾曲に沿った流速勾配も大きくなる場合が多い⁶⁾。今回の被災事例では、外岸では出口付近の被災数が6割を占め、内岸では逆に入口から中央までの被災が8割を占めている結果となっており、この事例を鑑みれば、河川の氾濫流の大きな流速または流速勾配が護岸損壊に強い影響を及ぼしていたと考えられる。

図-10に個々の湾曲部の角度と被災の割合を示す。湾曲角度の測定は、図に示すように流線方向に沿って、湾曲部を挟んで流線がほぼ直線になる部分を延長した2本の直線の角度とした。10度以下には直線部での被災箇所も入れてある。湾曲角度50度までは、角度が大きくなるほど被災事例の割合が大きくなっていく。それ以上になると、被災の有無に関係なく、それほど大きく湾曲している箇所自体が減少するために、割合も減少してくると思われる。本来、湾曲角度毎の被災した部分と被災していない部分の割合を調査すべきであるが、今回対象としている中小河川数は非常に多く、被災していない部分の湾曲角度まで把握することは不可能に近いため実施していない。しかし、1974年7月の台風8号および梅雨前線による東瀬戸地区の豪雨災害の際に、京都大学の調査グループが淡路島の新川ならびに宝珠川の全河道を対象に湾曲角度と被災率について詳細に調査している⁷⁾。それによると、平均の湾曲角度がそれほど大きくない新川においては、湾曲角度が大きくなるほど被災率が高く、特に外岸部で被災率が高かったことが確かめられている。一方、平均湾曲角度が新川より大きな宝珠川においては、湾曲角度と被災率との明確な相関は見ることができなかったものの、被災率自体は新川に比べて明らかに高く、急な湾曲が多い河川ほど被災率が高まることが示されている。今回の福井豪雨で被災した上流部の河川は湾曲部も多く、そのことが被災数の増加につながっているとも考えられる。

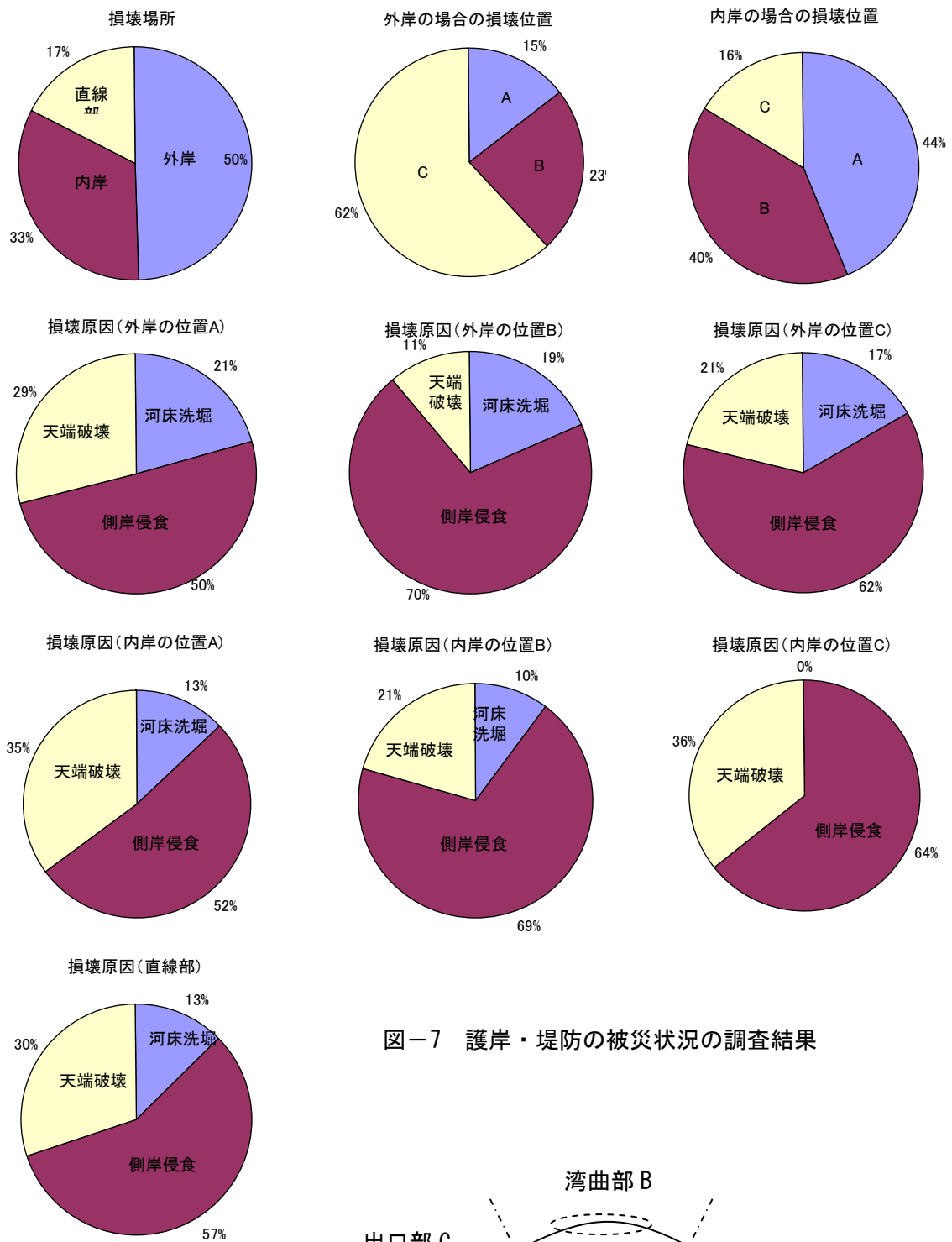


図-7 護岸・堤防の被災状況の調査結果

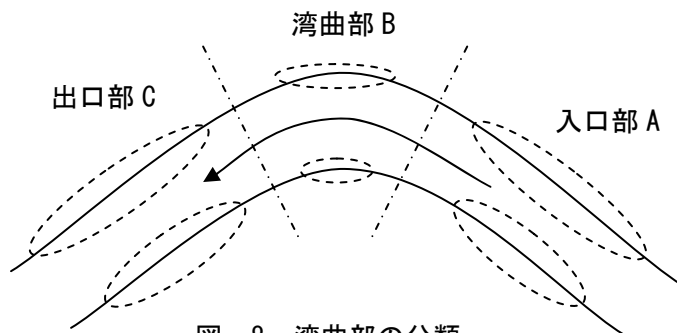
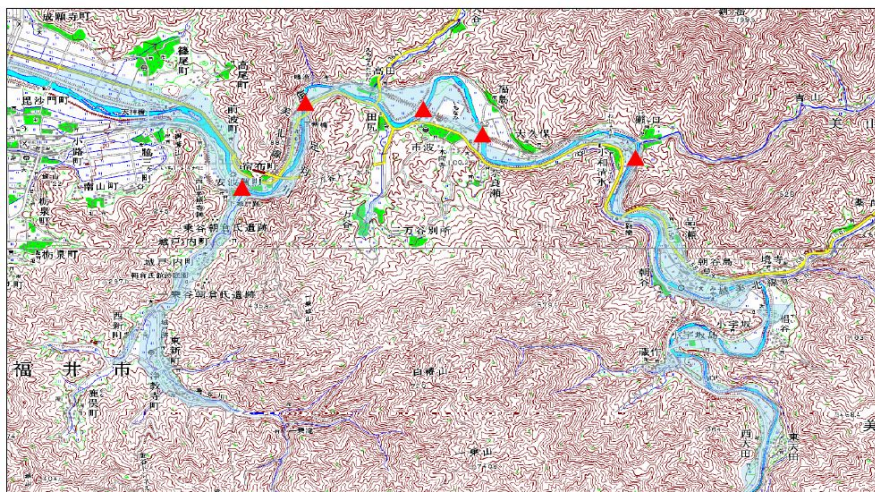
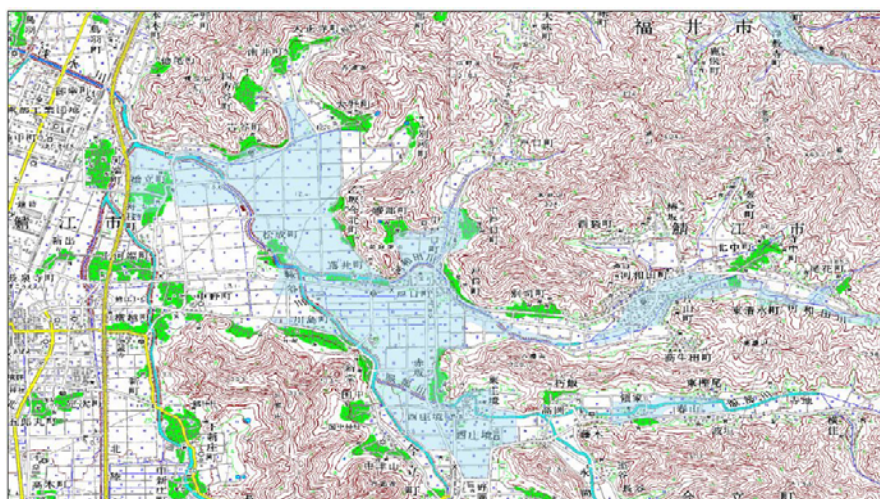


図-8 湾曲部の分類

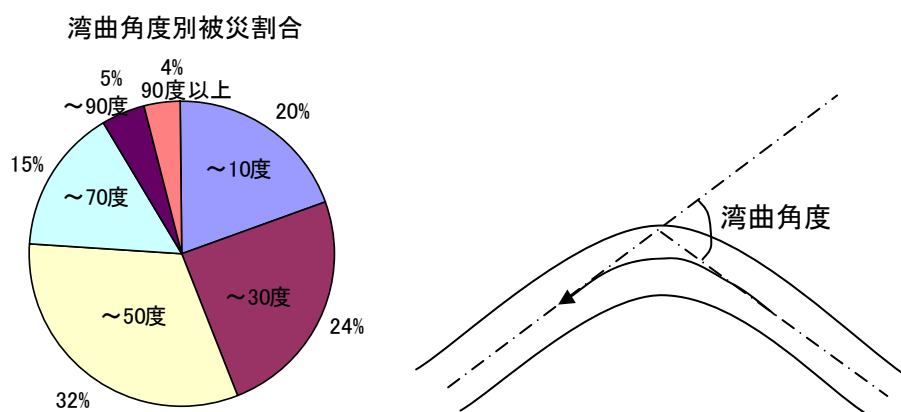


(a) 美山地区



(b) 鯖江地区

图一9 浸水地域图⁵⁾



图一10 湾曲角度別被災割合

6. 河川被災データマップ

河川上流部での護岸損壊、堤防破壊、河道埋塞の各被災データを用いて、デジタルデータマップを作成したので、それについての簡単な説明を記す。データマップは、下記ホームページからダウンロードできるようにしてあるので利用していただきたい。

http://nakisuna2.kuciv.kyoto-u.ac.jp/fukui_map.htm

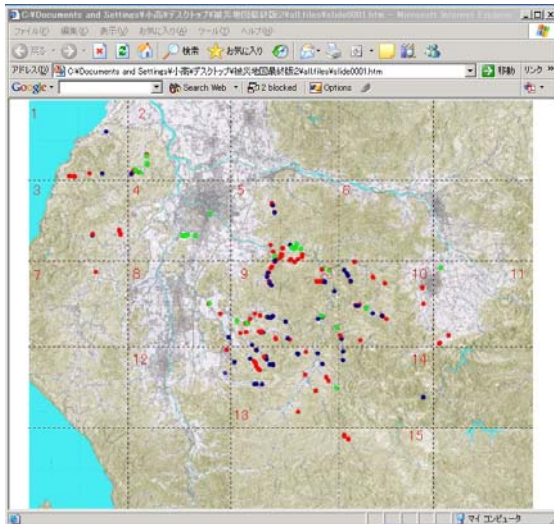
以下、図-11 を用いて説明する。メインフォルダ内の「all.htm」を開くと図-11 (a)のように、福井県全域の被災位置がプロットされた地図が現れる。すべての被災位置を網羅するように、地図はさらに15ブロックに分割されている。詳細を見るためには、目的の区画にマウスカーソルを持ってゆきクリックする。例えば、9の河和田地区をクリックすると、図-11 (b)のように拡大された河和田地区の地図が現れる。さらに、4ブロックに分割された中の目的のブロックをクリックすると、図-11 (c)に示す詳細図が現れる。この詳細図中の目的地点の●印のプロット（赤：護岸損壊、緑：堤防破壊、紺：河道埋塞）にマウスカーソルを当ててクリックすると、図-11 (d)に示すように、被害地点、被害の状況などの詳細を見ることができる。一方、被災地図上に記載された番号は、メインフォルダ上にある「table.htm」に記載されている一覧表の冒頭の番号である。それぞれの被害地点の詳細を知りたい場合は、「table.htm」の文字情報を用いる。このファイルには、それぞれの被災地点の河川名、被災地の住所、被災構造物、被災延長、河道埋塞の場合は埋塞土砂量、被災地点の外岸・内岸の別、被災箇所、湾曲角度、被災原因についてのデータが入力されている。さらに、このファイルから被災データマップへリンクが貼られており、どの地点の情報かがわかるようになっている。また、主要な被害写真へのリンクも貼ってあるため、どのような被害状況であったのか、写真でも容易に理解できるようになっている。

7. 被害事例の紹介

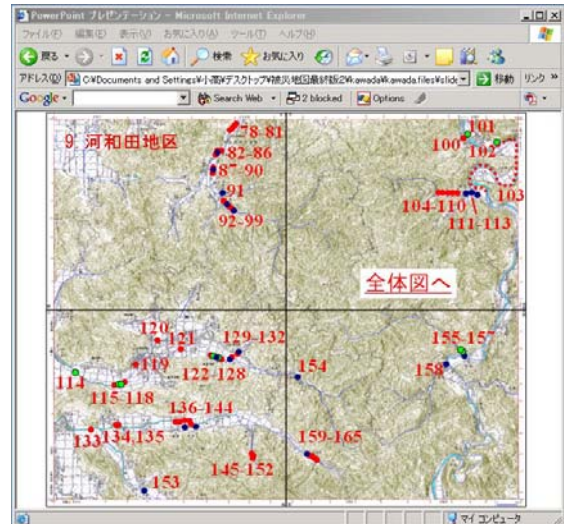
本節では、上流域での河川の被災事例のうち、特徴的なものを数例あげて説明し、その個々の被災原因について考察する。

7.1 福井市安波賀町の堤防破壊

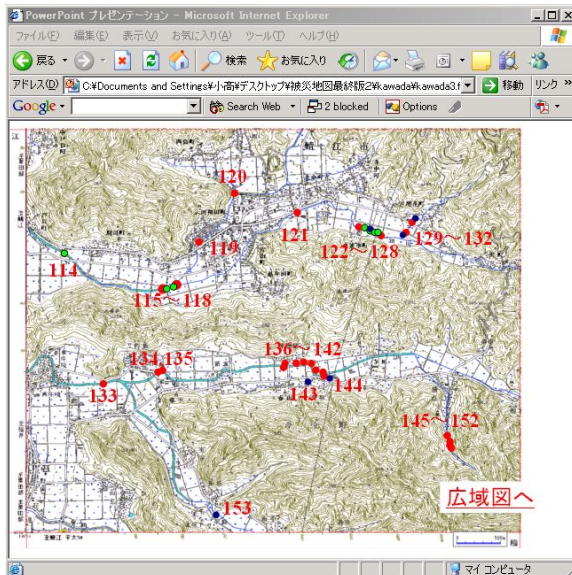
現場は図-12 に示すように、谷底平野を流れてきた足羽川が福井市街の平野部に出る直前の最後の大きな湾曲の出口部にあたる。その湾曲部は、上流域で大被害を引き起こした一乗谷川との合流地点でもあり、また越美北線の鉄橋のひとつが流された地点でもある。図-13 にデータマップにおける現地図を示す。図中の No.49 の被害箇所に注目する。写真-1 は被害直後の航空写真であり、上流側から下流側左岸を見たものである。左上部より一乗谷川が合流していることがわかる。写真-2 は濁流によって鉄道橋梁の橋桁が流された跡である。写真-3 は下流部に残された破壊した堤防の断面である。堤防盛土に練積みの護岸が張られていたが、護岸ごとすべて流されている。破壊の直接の原因は越流水により、裏法が侵食されたことによると考えられるが、写真-4 のように鉄道橋梁の橋桁が、破壊した堤防の裏側まで流されてきていることから、流された橋桁が堤防を直撃したことも破壊の要因のひとつに挙げられている。いずれにせよ、橋桁流失前から堤防天端が見えなくなるほど河川水位は上昇し堤内地に越水しており、堤防は壊れやすくなっていたものと考えられる。



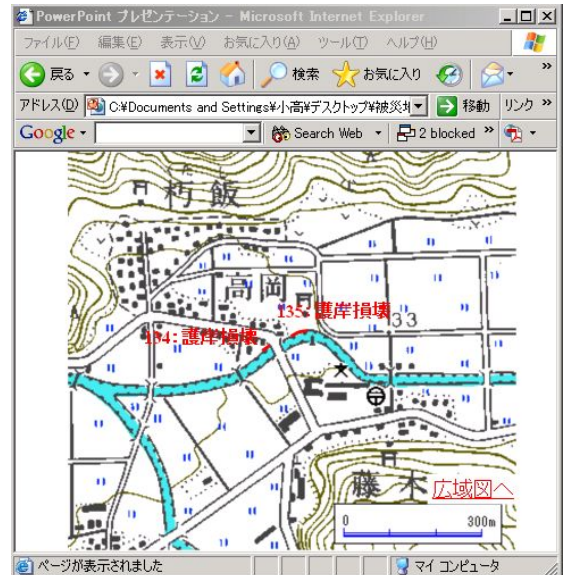
(a) 福井全域



(b) 河和田地区



(c) 河和田地区南西部



(d) 河川の被災状況の詳細図

図-11 河川被災データマップの説明

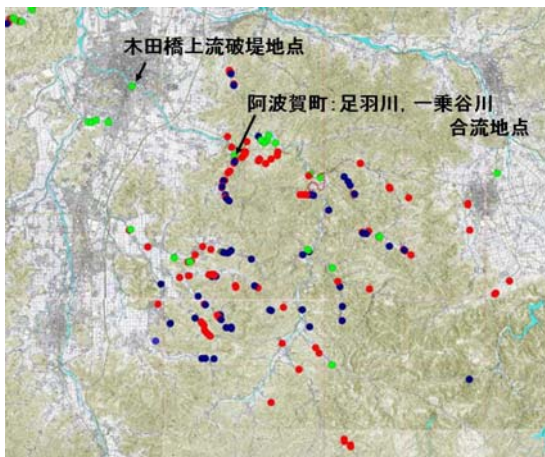


図-12 福井市阿波賀町の地点



図-13 データマップでの詳細図



写真－1 被災堤防の航空写真（福井県提供）



写真－2 流された鉄道橋梁



写真－3 被災堤防の断面



写真－4 堤内地側まで流されていた橋桁



写真－5 足羽川合流地点から一乗谷川を望む（福井県提供）

7.2 福井市の一乗谷川の氾濫

一乗谷川は、佐々木小次郎がツバメ返しの鍛錬を積んだとの伝説がある一乗滝を上流にもつ川であり、上記の阿波賀町にて足羽川に合流する。写真－5 は、足羽川との合流地点の方角から一乗谷川の上流を見たものである。写真－6 は図－14 の No.58 の地点における護岸損壊の様子である。堀込みの河道から水が溢れた痕跡が植物に残されているが、その溢れた洪水流により、天端から護岸背面の土砂が流されてしまっている。写真－7 は、さらに上流に進んだ図－15 の No.82～85 で示される湾曲部の上流方向を見たものである。写真中央付近に元の河道の護岸が見えるが、河道が土砂に埋塞されとともに、洪水時の侵食により流れが変わってしまっている。さらに上流の浄教寺町は甚大な土石流被害の被災地であるが、写真－8、写真－9 のようにいたるところの護岸がはがれて流されているとともに、溢水の流れにより両岸ともに侵食をうけている。このように土石流の被害が著しい場所では、埋塞した河道から水が溢れ、より大きな被害を生み出すことになる。

7.3 美山町蔵作から朝谷島までの湾曲部での氾濫

冠山を源流として北上してくる足羽川は、蔵作から朝谷島にかけて何度も蛇行しながら進路を西へと変えてゆく地点である。この地点は比較的広い谷底平野になっており、図－9(a)の浸水図を見てもわかるように、その平野部のほとんどが浸水する事態に至った。図－16 に当該地区の被害状況を示す。美山町役場を中心に朝谷島は完全に水没したが（写真－10）、すでに流下能力を超えた洪水が河道からあふれ出していたが、図－16 の No.102 の位置の堤防が破堤したことが、朝谷島の水没を決定的なものにした。大きな蛇行の中で、外岸の出口部でもあり、次の湾曲にとっては内岸の入口部にあたり、今回の豪雨の損壊事例においては、最も損壊件数が多い部分にあたる。写真－11 は損傷を受けた堤防を対岸からより見たところである。元々の河道が低いのに加え、平時には高水敷が広いために、堤防天端と堤内地との高低差はあまり大きくなく、堤防の破堤というよりは護岸が損壊したとのイメージに近い。写真－12 は図-16 の破線の楕円部における護岸損壊の様子である。ただし、ここでは護岸上の道路が流失した（写真－13 参照）ために、道路の被災として記録されており、データマップには掲載されていない。このように護岸上にある道路が被災する事例は、豪雨時の典型例の一つであり、美山町折立の称名寺前の道路流失（写真－14 参照）も全く同じ被災パターンと言える。すなわち、いずれもすぐ背面に山を持つ谷底にあり、道路の幅をとるために護岸は盛土となっている。そのため、豪雨時には降雨による浸潤のみならず、隣接する山地に浸潤した雨水が地下水流となって、このような谷地の盛土に水が集まることになる。結果として盛土自身のせん断強度も地盤材料の飽和化により急激に低下することとなり、護岸としての安定性も当然のことながら低下するものと考えられる。護岸損壊の直接の原因は、側岸侵食によるものであるが、以上のような状況で背面地盤のせん断強度が低下していたことが、被災規模を拡大したということもできる。

7.4 鯖江市落井町の護岸損壊

図－17 の護岸損壊に着目する。データマップでは No.76 の地点にあたる。この場所の鯖江市落井町は河和田川の最下流域であり、損壊地点は鞍谷川との合流部から 420m 余りの場所である。図－9(b)の浸水図で見ると、上流を含めて非常に広い範囲で浸水をしている。間近の河和田川は両岸とも至る所で溢水していたが、そのみならず図－17 中に示した鞍谷川右岸堤防からも越水しているため（写真－15 参照）、合流部に近いこの辺りは氾濫した水が最も集まりやすく遊水池化していたと考え

られる。損壊地点の河和田川左岸側に民家が集まるエリアがあるが、その辺りの浸水状況は護岸部付近の若干高い位置にある民家で床上 1m 以上、少し南側の奥に入った位置では、民家の 2 階にせまるほど水につかる被害となった。写真－16 は被災した護岸である。擁壁護岸であるが、コンクリートの打ち継ぎからの破損が目立つ。写真の民家の住人の証言によると、床上 1m ほどまで水位が上昇したのちに、18 日の夕方になって河和田川の水位が下がり始めた後も、堤内地の水位は下がらないままの状態が継続した。その結果、ついには「ボン」という大きな破裂音とともに護岸が損壊し、排水されずに堤内地に溜まっていた水が、破裂した護岸の隙間から一気に河和田川に流れ出したとのことである。すなわち、堤内地の水が速やかに排水される術がなかったために、堤内地と河川との水位差が開き、それによる残留水圧に耐えきれなくなった護岸が内側から損壊したという事例である。浸水域の広さや形からも、この辺りでは一旦浸水した堤内地の水位がなかなか下がらない悪条件が重なったと思われる。護岸の構造的な面から見ると、この種の擁壁護岸の場合はブロック積み護岸と同様に、大きな残留水圧が作用しつづけないように、水抜き工の設置や、砕石のような裏込め材を背面に敷設することが望ましいが、橋を挟んですぐ下流側の破壊しなかった同形式の擁壁護岸（写真－17）を見る限り、写真に撮影されている古橋からブロック式護岸とのすりつけ部までの約 60m の範囲内には矢印で示す位置に排水口が一つあるだけであり、今回のような想定外の浸水時には、数および排水性能の面から見ても、とても間に合うものではない。また、写真－17 は、損壊した護岸の擁壁背面の状況である。擁壁の損壊によるはらみだしにより背面の土砂が沈下しているが、その背面の土砂は宅地と同じものであり裏込め材が入っていた形跡はない。この種の擁壁護岸は、水抜きや裏込め材の有無に拘わらず、水圧が作用しても壊れない条件で設計されているはずであるが、今回の事例のように地表面よりも高い水位の想定外の残留水圧が、それも長時間作用し続けたことにより、ついには損壊に至ったものと考えられる。

擁壁護岸が多く被災した過去の事例としては、1988 年 7 月豪雨による島根県の下府川、青川川および三隅川支川においての水害⁸⁾や 1990 年 19 号台風による兵庫県下の水害⁹⁾などが挙げられる。前者の災害に対して、藤田・木下(1989)⁸⁾は模型実験を行い、法勾配の大きな護岸では比較的低流速であっても、溢水により堤体が水を含むだけでも護岸が前方に傾くこと示し、急傾斜の護岸は上流からの水流の供給状態次第で大きな被害が発生する危険性を指摘している。また、後者の災害では、空石積み護岸の被害が比較的軽微であったのと対照的に、擁壁護岸の被害が大きかった⁹⁾。このように、溢水に起因する擁壁護岸の被災は過去においても多く発生している。今回被災していない地点においても、同種の構造物はより厳しい条件で安定性を再検討することが望まれる。

先述の 1988 年 7 月豪雨において大きな被害を受けた三隅川支川では、実は 1983 年と 1985 年にも大きな被害を受けている。擁壁護岸に限らず、被災の度に改良復旧がなされながらも、同一箇所護岸が災害の度に酷似した被害を受けたと報告されている。この川の被災箇所のほとんどは河道屈曲部であり、そのような河川の脆弱部では改良復旧の効果が十分に現れない場合が多いと指摘されている⁸⁾。福井豪雨で被災した護岸のほとんども、中小河川の河道屈曲部の脆弱部に位置していることを鑑みれば、今後の復旧後も、同規模の豪雨の際には細心の注意を払う必要がある。



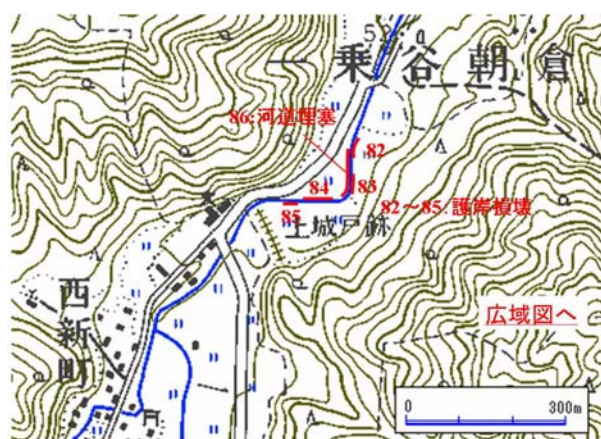
写真－6 天端から背面土砂が流出した護岸



図－14 データマップでの詳細図



写真－7 土砂埋塞した河道



図－15 データマップでの詳細図



写真－8 浄教寺町での被害 1



写真－9 浄教寺町での被害 2

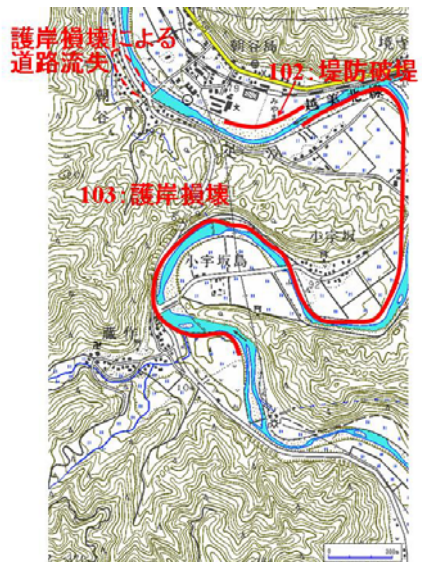


図-16 データマップでの詳細図



写真-10 美山町役場付近の被害¹⁾



写真-11 美山町朝谷島の堤防被害



写真-12 美山町朝谷の護岸損壊



写真-13 護岸損壊による道路流失



写真-14 美山町折立での護岸損壊



写真－15 鯖江市川島町での鞍谷川右岸堤防での越水（福井県提供）



図－17 鯖江市落井町の被災地点



写真－16 鯖江市落井町での擁壁護岸の損壊



写真－17 被災しなかった擁壁護岸の状況



写真－18 擁壁護岸の背面の状況

8. おわりに

福井豪雨による上流域の河川の被害を中心に調査を行った。溪流ならびに谷底平野を流れる堀込み河道の中小河川がほとんどであるため、被災した河川構造物の中心は護岸であり、被災の主要因も氾濫流によるものであった。しかし、護岸を兼ねた道路盛土の流失や、残留水圧による擁壁護岸の損壊など、地盤工学的に今後検討すべき問題も明らかになった。

福井に限らず日本各地の山間部の中小河川沿いには道路が建設されていることが多く、その道路が護岸を兼ねている事例が多い。河川沿いの谷地には盛土部を作らざるを得ない箇所も多く、同種の被害は、同年 10 月に発生した平成 16 年台風 23 号による豪雨においても兵庫県各地で頻発した。地形的にもこのような谷地の盛土は豪雨時に間隙水圧が上昇しやすく、結果として構成する地盤材料のせん断強度の低下をまねき、なんらかの被害につながると考えられる。山間地の河川沿いの道路が流失して寸断された場合には、そこにつながる集落は即、陸の孤島化するおそれもあり、緊急避難経路となる道路においては、その護岸をより災害に強いものに整備するなどの検討も必要である。

護岸や堤防の被災は河川の線形や河道条件に密接に関連しており、河川工学の見地から被災の原因を十分に検討する必要があることは言うまでもないが、護岸の被災事例には道路盛土や擁壁などの人工の土構造物が密接に絡んでいる場合も多く、それらの品質評価も含めて河川上流部における豪雨災害の減災対策に、地盤工学が今後さらに積極的にかわかってゆくべきであることを、本調査を通じてあらためて痛感した次第である。

最後になりましたが、福井県土木部河川課をはじめとして、本調査に惜しみないご協力をいただきました関係各位に記して感謝の意を表します。また、本調査を進めるあたり、河川工学の専門家の立場から多くの貴重なご助言を頂きました細田尚京都大学教授（本調査団委員）、ならびに、本稿をご精読の上、大変貴重なご意見を頂きました村本嘉雄京都大学名誉教授に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 平成 16 年 7 月福井豪雨足羽川洪水災害調査対策検討会：足羽川洪水災害調査対策検討報告書，2005.3.
- 2) 国土交通省近畿地方整備局福井河川国道事務所：第 23 回九頭竜川流域委員会資料，2004.8.
- 3) 福井県：福井県地震被害想定調査総合報告書，付図，1989.
- 4) 細田尚：都市社会工学専攻ニューズレター，No.1，京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻，2005.
- 5) 国土地理院：平成 16 年 7 月福井豪雨関連のページ，2004.
- 6) 土木学会関西支部編：川のなんでも小辞典，第 2 章，1998.
- 7) 京都大学・東瀬戸内地区洪水災害研究グループ：東瀬戸内地区の洪水災害，昭和 49 年 7 月集中豪雨災害の調査研究総合報告書，pp.72-92，1975.
- 8) 藤田裕一郎・木下晴由：超過洪水による中小河川の河道災害，京都大学防災研究所年報，第 32 号，B-2，571-593，1989.
- 9) 村本嘉雄：擁壁護岸の災害に関する私信，2005.