

洪水氾濫災害の防止・軽減に向けて —2004年の水害からの教訓—

TOWARDS THE PREVENTION AND MITIGATION FROM INUNDATION DISASTERS BY RIVER FLOOD WATER

— LESSONS FROM THE 2004 FLOOD DISASTERS —

中川 一

Hajime NAKAGAWA

京都大学防災研究所流域災害研究センター(〒612-8235 京都市伏見区横大路下三栖東ノ口)

1. はじめに

2004年にわが国でこれほど多くの水害が発生するのは誰が予想できたであろうか。6月21日に高知県室戸市付近に上陸した台風6号に始まり、7月には新潟・福島豪雨と福井豪雨があり、10月20日には台風23号が土佐清水市付近に上陸するなど、この間、観測史上最大となる10個(1951～2003年の53年間の平均上陸個数は2.8個¹⁾)の台風が日本に上陸し、各地で未曾有の水害を引き起こした。とくに、国土交通省管理の一級河川および県管理の一級河川で破堤による洪水氾濫が発生し、甚大な被害が発生したことが特徴的である。また、全国で227名もの死者・行方不明者が生じ、年齢が判明している194名の内の119名(61%)が65歳以上の高齢者であったことも特徴的である²⁾。

ここでは、足羽川、円山川で発生した洪水氾濫災害を中心に、災害の概要を示すとともに、災害の分析を通して分かったことや、これらの災害から得られた教訓を示し、今後の水害対策への提言としたい。

2. 気象・降雨の特性と治水水準

気象庁の資料¹⁾によると、1951～2003年の53年間に北太平洋で発生した台風の個数は1,416個で平均して27個/年である。2004年の発生個数が29個であり平均値とあまりかわらない。一方、日本に上陸した台風の数はいくつあるかは53年間で150個、年平均2.8個である。2004年はこれま

での記録である6個(1990年,1993年)を上回る10個が上陸したので平均の4倍近い数の台風が上陸したことになる。台風が日本に上陸するかどうかは日本周辺での偏西風の位置や気圧配置が大きく影響するため、この統計資料だけでは台風に関しては地球温暖化による影響を積極的に支持するものではないが、台風発生位置・規模・経路などが海水温の上昇やその分布等に影響されることから、少なからず地球温暖化の影響があると言われている。

台風の統計資料ではなく、結果として現われる降雨特性を見てみると、今回の豪雨の特徴(梅雨末期の集中豪雨を含む)が知れる。

7月12日夜から13日にかけて、日本海から東北南部にのびる梅雨前線の活動が活発となり、13日朝から昼頃にかけて、新潟県中越地方や福島県会津地方では新潟県栃尾で421mm(7月の月降水量の平年値242.6mm)を、福島県只見で325mm(同269.1mm)の日降水量を観測した。これらの降雨は、これまでの最大日降水量169mm(栃尾:1995年8月10日)、156mm(只見:1998年8月4日)の2倍を超える記録的な大雨であった。その結果、県管理の一級河川五十嵐川や刈谷田川で破堤氾濫による水害が発生した。

また、7月17日夜から18日にかけて、活発な梅雨前線が南下し、太平洋高気圧の縁を周りこむように前線の南側に当たる北陸西部沿岸部に暖かく湿った空気が流れ込んだ。これに伴い、18日朝から昼前にかけて福井県で非常に激しい雨が降り、美山では1時間に96mm、日

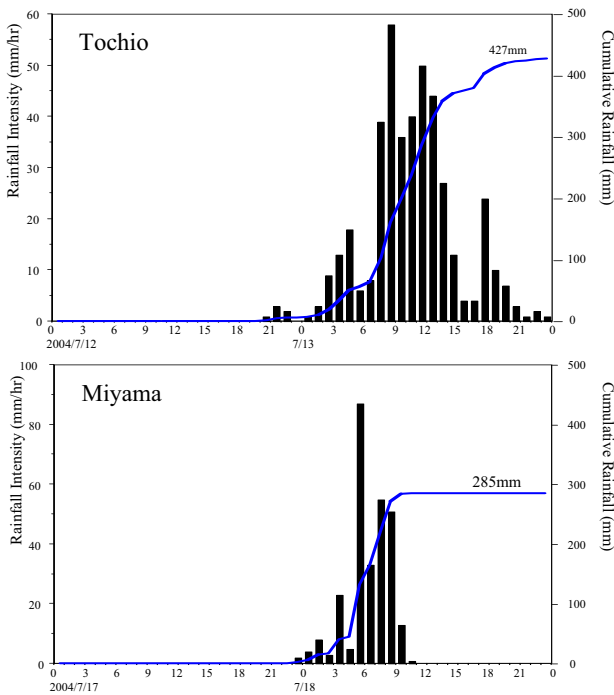


図-1 栃尾および美山におけるハイレートグラフ

降水量は7月の月降水量の平年値(236.7mm)を上回る283mmとなり、これまでの最大日降水量129mm(1995年7月3日)の2倍を上回る豪雨となった。その結果、県管理の一级河川足羽川が福井市内で破堤し、洪水氾濫が発生した(図-1参照)。

これらの梅雨末期の集中豪雨は、土木学会調査団の報告³⁾によると、栃尾における降雨は1時間雨量58mmの再現期間が208年、2時間雨量の97mmが279年、6時間雨量の267mmが500年、12時間雨量の452mmが763年、24時間雨量の422mmが530年である。また、五十嵐川(一新橋)の流域平均2日雨量が400mm(確率1/300)、刈谷田川(今町)の流域平均1日雨量が399mm(確率1/220)であり、治水計画(五十嵐川の治水安全度1/100:2日雨量340mm、刈谷田川の治水安全度1/100:1日雨量360mm)を大きく上回る降雨であった。

福井豪雨は図-1からもわかるように、4~6時間の降雨が支配的であり、土木学会調査団の報告では、足羽川上流域での流域平均6時間降水量209.5mmの再現期間は155年であるのに対し、48時間降水量268.3mmのそれは34年と小さい。ただし、国土交通省の資料では、6時間降水量が228.9mm(再現期間約1000年)、48時間雨量が268.8mm(再現期間約25年)である⁴⁾。なお、足羽川の治水安全度は計画で1/150(前波)、対象降雨は48時間雨量で376mmである。

以上より、新潟・福島豪雨では流域平均1日あるいは2日雨量が計画を上回る降雨であったのに対し、福井豪雨では2日雨量は計画をはるかに下回る規模であったものの、6時間雨量では計画を大きく上回っており、このよ

うな短時間の豪雨を計画にどのように盛り込むか、県直轄の一级河川で計画を大きく上回る豪雨が実績として発生したことを今後の治水計画にどのように盛り込むかなど、治水計画論上の検討が必要となる。

2004年に日本に上陸した10個の台風のうち、最後の10番目に上陸した台風23号(TOKAGE)は、10月下旬にもかかわらず、強い勢力を保ったまま高知県に上陸し、その後、近畿、東海甲信越地方を縦断し、関東地方で温帯低気圧となった。台風23号と前線の影響による総降水量は、四国地方で500mmを超え、近畿北部や東海甲信越地方でも300mmを超える大雨となった。特に雨の激しかった20日には、京都北部を始めとする多くの地点で日降水量の極値を更新する大雨となり(福知山の従来の日降水量の極値156mmが250mmに)、その結果京都北部の由良川では氾濫による被害が発生したほか、兵庫県北部の円山川、出石川の堤防が決壊、広範囲に浸水被害をもたらした。

ただし、円山川の立野基準点上流の計画雨量が2日間で327mm(1/100)であるのに対し、23号台風時には2日間で278mm(約1/40)、24時間で242mm(約1/60)、12時間で206mm(約1/80)といずれも1/100の降雨確率より規模の小さい降雨であった⁵⁾。なお、由良川では昭和57年8月の台風10号規模の雨を対象に整備計画の目標が立てられており、計画高水は昭和28年台風13号規模の雨で決められているが、それらの降雨確率については公表されていないためここでは割愛する。

昨年の由良川での豪雨は極値を超える降雨が多くの観測所で生じ、かつ、降雨のピークが流域の各地点でほぼ同時に発生していることが特徴的である。由良川では河川整備計画が平成15年8月に決定されている。その直後に発生した今回の水害に対して、再度災害防止の観点から、整備計画との整合をうまくとっていくことが重要である。

治水上の問題として、上記4事例では河川整備の遅れがあったことが挙げられよう。新潟県の五十嵐川での破堤地点(三条市)では洪水流下能力がHWで1,200m³/s(計画高水は2,400m³/s)、堤防満杯流量で1,700m³/sであったところに1,900~2,000m³/sの洪水が流れ、刈谷田川の破堤地点(中之島)では満杯流量が1,600m³/s程度の流下能力(計画高水は1,550m³/s)しかないところに1,700m³/s程度の洪水が流れたために越水破堤したと考えられている⁶⁾。福井県の足羽川の破堤地点(福井市春日1丁目)近傍での洪水流下能力はおよそ1,300m³/s(計画高水は1,800m³/s)であり、そこに約2,400m³/s程度の洪水が流れたために越水破堤したと

考えられている⁴⁾。今回の破堤氾濫は九頭竜川流域委員会で足羽川の流下能力向上のための方策や治水施設について種々検討されていた矢先のことであった。

一方、円山川の破堤地点(立野)での現況流下能力は $3,900\text{m}^3/\text{s}$ (計画高水は $5,400\text{m}^3/\text{s}$)、出石川の破堤地点近傍(引原)での現況流下能力は $800\text{m}^3/\text{s}$ であったところに、それぞれ $4,200\text{m}^3/\text{s}$ (氾濫戻し流量 $4,900\text{m}^3/\text{s}$)、 $1,000\text{m}^3/\text{s}$ の洪水が流下したためにそれぞれ越水破堤したと考えられている⁵⁾。

このように、破堤箇所では計画高水を越えていないところはあつても、いずれも現況の流下能力を超えた洪水が来襲しており、治水計画の実現に時間を要していることが問題点として挙げられる。

3. 破堤氾濫による被害の概要

(1) 足羽川での被害の概要

足羽川は岐阜県境の冠山に源を発し、池田町および美山町の中心部を経た後、下流の福井市街地を貫流し、日野川に合流する流域面積約 416km^2 (九頭竜川流域の約14%)、法河川延長 61.7km の県管理の一級河川である。

2004年(平成16年)7月福井豪雨による被害は福井県で死者4名、行方不明者1名、負傷者19名、家屋の全壊66棟、半壊135棟、一部損壊229棟、床上浸水 $4,052$ 棟、床下浸水 $9,674$ 棟(平成16年8月27日)である⁷⁾。五十嵐川・刈谷田川の破堤氾濫では15名の死者が出たが、福井市春日1丁目での足羽川の破堤氾濫では死者は生じておらず、4名の死亡は別の場所で生じている。なお、死者の4人全員が65歳以上である。また、五十嵐川・刈谷田川での氾濫による15名の死者の内、12名が65歳以上の高齢者であった。

足羽川洪水災害調査報告書⁴⁾及び宮本⁸⁾によると、図-2に示すように足羽川の水位観測点である九十九橋(日野川との合流点から上流約 3.1km)では7月18日11時40分頃に計画高水位 9.79m を越え、12時50分頃にピ

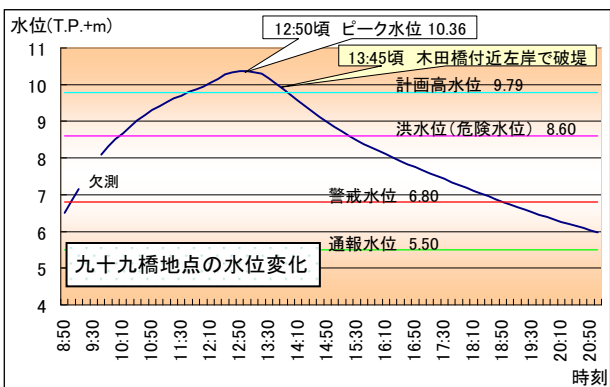


図-2 九十九橋地点の水位変化⁸⁾

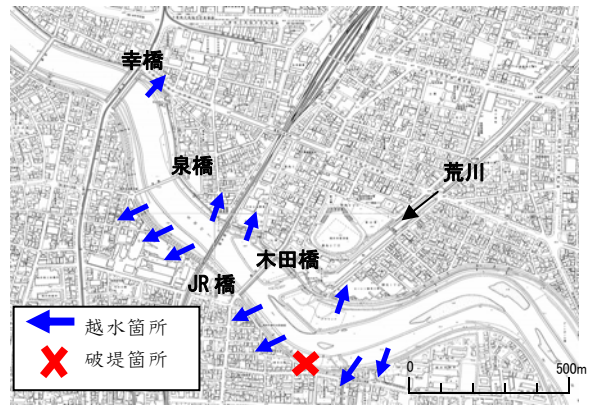


図-3 足羽川下流部の越水・破堤箇所⁴⁾



写真-1 足羽川左岸福井市春日1丁目付近での破堤の状況(2004年7月18日14:30頃)⁴⁾

ーク水位 10.36m に達した。破堤地点である 4.6km 付近では12時頃に水位が堤防天端高(11.73m)を越え、図-3に示すように、左岸では破堤箇所の上流から泉橋までの約 900m の区間で越水し、右岸では幸橋上流、JR橋上下流、荒川合流点上流の4箇所⁴⁾で越水した。そして、13時45分頃に左岸 4.6km 地点で幅約 54m にわたって破堤した(写真-1)。

破堤の原因については、堤防および地盤の調査、越水洗掘破壊に対する照査、浸透破壊に対する検討、飽和・不飽和浸透流解析、円弧すべり計算によるすべり破壊の検討、限界動水勾配によるパイピング破壊の検討、および土-水連成地盤解析による堤体崩壊の検討など

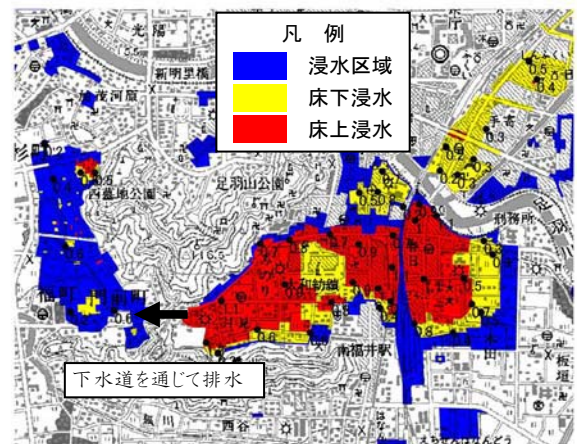


図-4 足羽川下流部での浸水区域⁴⁾

を行った結果、2時間弱も越水が続いたため、越水による侵食(洗掘)破壊と浸透による脆弱域の発生が複合的に作用し、局所的な破壊が進行して破堤に至ったと考えられている。この結果、越水・破堤による浸水区域は概ね260haと推定された(図-4)。

なお、破堤付近の堤防天端はアスファルト舗装が施されておらず、降雨・越水による天端付近の飽和度が広がり、河道内水位からの浸透域を助長し、裏法表層部に浸潤域が及んだと推定されている。また、破堤地点では越流水深が32cm程度であり、天端におけるせん断力は許容値($\tau_a = 2.2 - 3.5 \text{ kgf/m}^2$:被度1~3)を下回ったものの($\tau = 1.85$)、裏法面でのせん断力は許容値($\tau_a = 3.5 - 7.7$:被度3~5)を大きく上回っており($\tau = 30.6 - 35.8$)、越水洗掘の可能性があると判断された。降雨による浸透を抑え、越流による天端や裏法面の耐侵食性をさらに増すために、堤防天端の舗装や裏法面の洗掘対策が求められる。

今回の破堤の主要な原因はこの付近の洪水流下能力(約1,300m³/s)を越える規模の洪水(ピーク流量約2,400m³/s)が流下したことによるが、図-3に示すように足羽川下流部には多くの橋が架かっており、また、一部は架け替えのために仮設橋(幸橋とJR橋)であったことや、福井駅周辺の整備工事に伴う交通渋滞解消のために、迂回道路が足羽川右岸の高水敷に盛土構造物として仮設置されていたこと、荒川からの排水も河道内水位を高めた原因と考えられた。これらによる水位上昇はそれぞれ、橋桁が14cm、排水が9cm、盛土構造物が4cmと推定されている。

いずれの河川においても、河川整備計画がたてられて整備が完了するまでには早くも15~20年程度を要するであろう。この間、足羽川の場合と同様、水位上昇につながる工事を実施せざるを得ないことも十分考えられる。そのような場合において、いかに治水安全度を確保しつつ(少なくとも現状より治水安全度を下げることなく)工事を実施するか、想定を上回る洪水にどう対応するか、今回の災害を教訓にして工事計画・工法・対策を検討することが重要である。

兵庫県尼崎市で起きたJR福知山線の脱線事故、整備ミスや運行規定違反が続く日本航空の事例は、最優先すべき「安全」を二の次にしたことによるとも言える。また、そうしていてもこれまでは上手くいっていたのかもしれない。しかし、一度でも上手くいかない場合は、瑕疵が有ろうが無かろうが、それは取り返しがつかない事態を生むことを肝に銘じておかねばならない。

(2) 円山川での被害の概要

円山川は兵庫県朝来郡生野町円山にその源を発し、

豊岡盆地で出石川、奈佐川など大小の支川と合流した後、北流して日本海に注ぐ、流域面積約1,300km²、幹川流路延長約68kmの一級河川である。

台風23号がもたらした豪雨により、円山川の下流域の1市3町(豊岡市、城崎町、日高町、出石町)では、死者5人、負傷者15人、家屋の全壊22棟、半壊及び一部損壊1,520棟、床上浸水4,974棟、床下浸水5,358棟、浸水面積4,083haに及ぶ大災害となった⁵⁾。

10月20日23時30分頃、出石川鳥居橋左岸上流および円山川立野橋右岸上流で堤防が決壊し、洪水氾濫が生じた(写真-2、3)。



写真-2 円山川立野地先での破堤氾濫
(国土交通省 近畿地方整備局 提供)



写真-3 出石川鳥居橋付近での破堤
(国土交通省 近畿地方整備局 提供)

また、円山川の堤防では左岸で1,480m、右岸で1,550mの区間で、出石川堤防では左岸で830m、右岸で3,510mの区間で越水が生じた(図-5)。

立野地点および鳥居地点の現況流下能力はそれぞれ3,900m³/s、600m³/sであるのに対して、今回それぞれ4,200m³/s、1,000m³/sの流量があったと推定されている。このような現況の流下能力を上回る洪水によって堤防で越流が生じ、これによる堤防裏法面の侵食が破堤原因と推定されている。なお、この豊岡盆地には粘土層が厚く堆積しており、この10年間で約20cmの地盤沈下が生じ、堤防の整備に困難が伴ってきた。



図-5 円山川(上図)と出石川(下図)における破堤、越水箇所⁵⁾

円山川右岸13.2k地点における破堤の経緯は以下のように推定されている。図-6は破堤地点直下流の立野地点(13.0k)における水位の時間変化である。10月20日午後9時頃に最高水位8.29mを記録し、破堤地点では幅30m、高さ40cmに達する堤防を越流する流れが確認されていた。22時頃には水位が立野水位観測点では水位が低下し始めていたが、破堤地点(13.2k)では堤防上の道路の2/3が崩れていることが確認されていた。

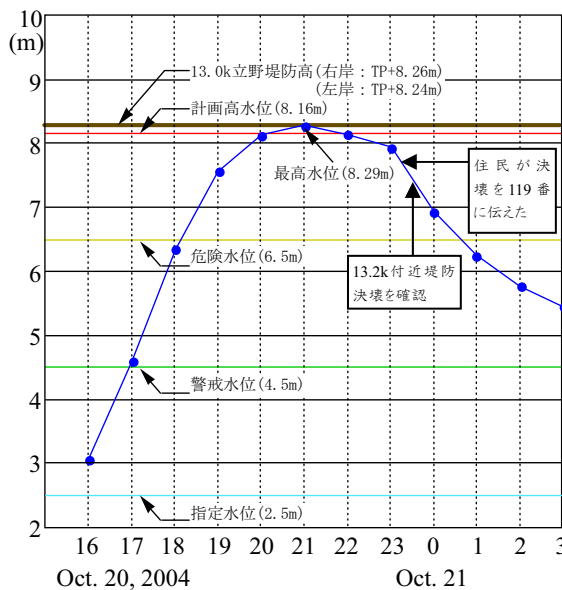


図-6 立野水位観測点(13.0k)での水位変化。参考文献⁸⁾の図を一部変更。

その後水位がさらに低下してきたところ、23時15分頃に住民から破堤したとの連絡が119番にあり、23時30分頃に破堤が確認された(破堤幅約150m⁹⁾)。破堤の過程をイメージ的に表わしたものを図-7に示す。

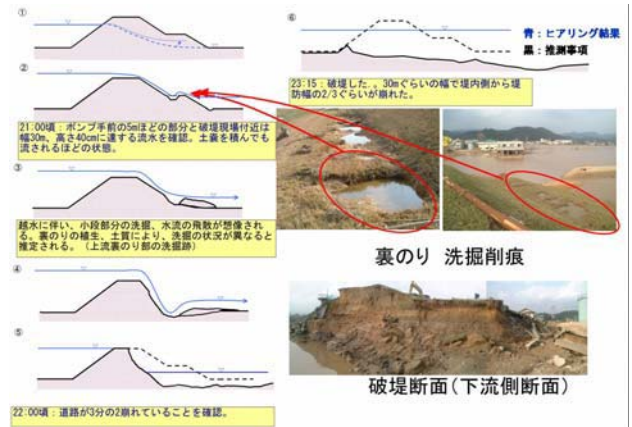


図-7 立野地点(13.2k)における破堤のイメージ⁸⁾

破堤の原因については、破堤地点直上下流での土質調査、これに基づく土質定数を用いた浸透流解析、法面安定解析、堤体断面変化と局所安全率の計算、越流による堤防裏法面の崩壊危険度評価を行って推定された⁵⁾。その結果、表法・裏法のすべり及びパイピング破壊に対する安全率はいずれも確保されていることが判明した。一方、ヒアリング結果による越流水深(40cm)から、裏法面に作用するせん断力 τ は、破堤の上流断面で $\tau = 39.8 \text{ kgf/m}^2$ 、下流断面で $\tau = 38.8 \text{ kgf/m}^2$ であり、良好な繁茂状況(被度5)の芝の許容せん断力 $\tau_a = 7.7 \text{ kgf/m}^2$ を大きく上回った。また、法先での洗掘や侵食も破堤を助長した可能性があるが、越水による裏法面での侵食が大きく許容値を上回っており、越流水により堤防裏法面において侵食・洗掘破壊が生じた可能性が高いと判断された。

結局、円山川右岸13.2k地点における破堤原因は、以下のように特定された。すなわち、「越流による裏法面侵食」後に「浸透」が加わる複合的要因により破堤したものと推定される。この地点の堤防法線は直線形状であるが、堤防・河道等が完成していないため、計画高水流量以下の洪水で越流して裏法面(小段も含む)が侵食し、これに浸透が加わり破堤したものと推測された。

出石川左岸5.4k地点における破堤の経緯は以下のように推定されている⁵⁾。すなわち、20日午後6時前に、鳥居橋による堰上により水位が上昇し、鳥居橋上流左岸で越水が始まった。午後8時頃、鳥居橋付近の水位がピークに達した。二次元平面流れの解析より、このとき最大越流深約50cm、越流幅約100m、最大流速約1.7m/sで越水したものと推定された。なお、地元住民によると午後7時~7時30分頃に鳥居橋付近の堤防の一

部が欠損した。午後11時20分頃、越水開始から約5時間後に侵食が進んだ鳥居橋上流左岸で破堤した(破堤幅約100m⁹⁾)。二次元平面流れの解析による鳥居橋近傍の水位及び堤防天端での越流水深の計算結果を図-8に示す⁸⁾。

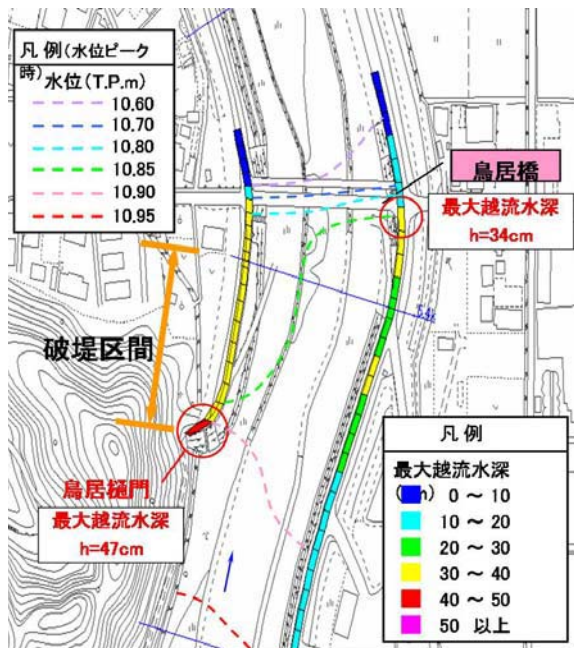


図-8 二次元平面流れの解析による鳥居橋近傍の水位及び堤防天端での越流水深の計算結果⁸⁾

この地点においても破堤点直下流の断面でボーリング調査と採取資料の室内試験による分析が行われ、これによる土質定数を用いた浸透流解析、法面安定解析、堤体断面変化と局所安全率の計算、洪水流解析による越流破堤危険度評価および越流による破堤危険度の評価が実施された。

その結果、表法・裏法のすべり及びパイピング破壊に対する安全率はいずれも確保されていることがわかった。堤体の局所安全率については堤体幅比率(=残存堤体幅/崩壊前の堤体幅)が0.86の状態、局所安全率は1.5以下となり、堤体幅比率が0.47以下の状態では局所安全率が1.0以下になるなど、堤体幅の減少に伴って安全率が徐々に低下することが判明した。ここに、堤体幅とは表法と裏法の法尻距離である。

二次元平面流れの解析により、鳥居橋直上流区間の越流水深は概ね30~40cm程度であり、最大水深は鳥居樋門地点で約50cmとなった(図-8)。また、越流流速は概ね1.0~1.5m程度であり、最大値は左岸で1.7m/s、右岸で1.9m/sであった。この結果を用いて最大越流水深と越流継続時間との関係を見たのが図-9である⁵⁾。

同図より、鳥居橋上流左岸(破堤)と右岸(非破堤)では、破堤した左岸の越流区間は破堤の危険度が高いことがわかる。同図には円山川右岸13.2kでの値も示されている。同地点では破線より下にプロットされているもの

の、破線近傍に位置しており、破堤の危険性が高いことがわかる。

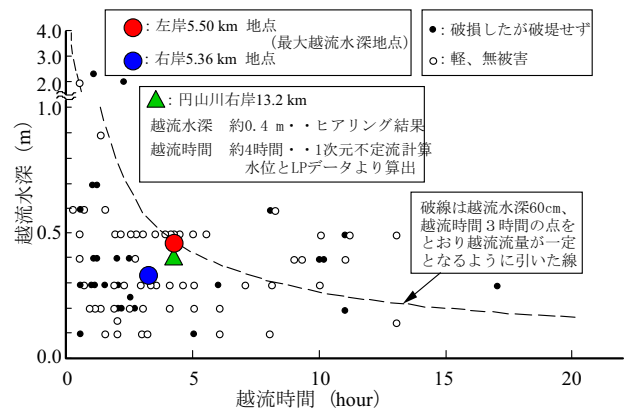


図-9 越流時間と越流水深との関係⁵⁾

足羽川における福井市春日1丁目左岸での破堤と円山川立野地点右岸・出石川鳥居橋地点左岸での破堤の原因は、いずれも越水と浸透との複合的要因によるものであり、ひとたび越水が発生すると、越水深や越水継続時間にもよるが、堤防裏法面が比較的容易に侵食されることがわかった。また、破堤地点の堤防天端はいずれもアスファルトによる舗装は施されておらず、越流に対して堤防天端自身のせん断抵抗力はあったとしても、法肩近傍での局所的な崩壊危険性は少なからずあったと考えられ、ひいてはこれが裏法面の侵食崩壊へと拡大した可能性も考えられる。現時点では土-水連成地盤解析でも破壊プロセスを追跡することはできないため、法肩での局所的な崩壊から裏法面全体の崩壊過程はあくまでも推測でしかない。この方面の解析技術の向上が望まれる。また、法肩での局所的な崩壊を防止するために、堤防天端をアスファルト舗装するなどの対策が有効であろう。

4. 破堤氾濫災害の防止・軽減に向けて

破堤氾濫災害を防止・軽減するためには、堤防自身を強化して超過洪水による越水に対しても破堤しにくい構造にすること、河川改修やダム・遊水地等の整備により河道水位を低減させ、越水現象そのものを抑制すること、堤防の高さ管理をきめ細かく実施し、高さが確保されていない場合などは盛土と沈下対策を施すこと等のハード対策を実施するとともに、万一、超過洪水によって破堤した場合にも被害を最小限に抑えるためのソフト対策、例えば建物の耐水化、治水計画と適合した土地利用への移行、洪水情報や避難情報の適切な収集・伝達手段の確保、洪水ハザードマップを活用した避難ルート・避難場所の周知徹底などが重要である。また、気象予報や洪水予報の精度向上とこれらの情報を効果

的に利用したシステムチックな洪水対応も重要である。

昨年発生した破堤氾濫災害から得た教訓、課題を思いつくままに列挙すると以下のようである。

(1) 短時間豪雨の治水計画への反映

福井豪雨では2日雨量は計画をはるかに下回る規模であったものの、6時間雨量では計画を大きく上回っており、このような短時間の豪雨を計画にどのように盛り込むか検討する必要がある。

(2) 計画を上回る降雨の治水計画への反映

新潟・福島豪雨では、県直轄の一级河川で計画を大きく上回る豪雨が実績として発生したことを今後の治水計画にどのように盛り込むかなど、治水計画論上の検討が必要である。

(3) 高齢者・災害弱者への対応

足羽川の破堤氾濫では死者は生じなかったが、福井県での死者4名全員が65歳以上であった。また、五十嵐川・刈谷田川での氾濫による15名の死者の内、12名が65歳以上の高齢者であった。今後益々高齢化社会になっていくことを考えると、高齢者・災害弱者に対する抜本的な防災支援対策が必要である。これには公的な支援のみならず、地域住民の協力が不可欠である。

(4) 気象・洪水予報を利活用した危機管理

福井豪雨では、足羽川上流での豪雨により最初に土砂災害や洪水災害が発生し、行政は多くの人員を派遣するなどしてその対応に追われたため、洪水の伝播により下流で水害が生じる危険性に気がついた頃には、人手不足に陥ったようである。気象・洪水情報を利活用して、現象の全体像を認識し、対応することが重要である。また、都道府県では(財)河川情報センターから提供される各種洪水情報を、これを利用できない市町村に正確に伝え、役所間で情報を共有することが重要である。財政的な制約があるかもしれないが、市町村でもこの情報の提供を受けることが望まれる。

洪水予測に基づいて、生じ得る災害、例えば、洪水氾濫危険箇所、越水場所、越水開始時刻等を推定し、適切な監視、避難・誘導等の危機管理を行うことが重要である。足羽川では福井市内の右岸堤防(福井市中心部を防御)が決壊する危険性があったため、この地点での監視が強化されていた。しかしながら、実際には対岸の左岸堤防が決壊した。右岸側に位置する順化地区、宝永地区、湊地区、日新地区などは7月18日午前11時38分に避難勧告が出されたが、破堤側に位置する木田地区、豊地区、足羽地区などは12時22分に避難勧告が、13時34分に避難指示がそれぞれ出されるなど、右岸側よりも避難勧告の発令が遅かった。そして、13時45分頃に左岸堤が木田地区春日1丁目が決壊したため、避難に十分な余裕がとれなかった。避難指示が出された頃

の破堤地点の様子を写真-4に示す。このような状況で避難するのはかえって危険であり、家屋流失の危険性が無い所では自宅の二階などに緊急避難するほうが安全であろう。平屋建ての家屋の場合は屋根に緊急避難することも可能であろうが、風雨が強い場合は長時間耐えられないことがあるので、写真のようになる以前に避難する必要がある。



写真-4 足羽川破堤地点の13時35分頃(推定)の様子⁴⁾

(5) 洪水ハザードマップの充実

平成16年10月現在、全国で361の自治体で洪水ハザードマップを作成・公表している¹⁰⁾。洪水ハザードマップには複数の破堤地点を想定した場合の浸水深分布、避難所、避難に係わる情報等が記載されている。要避難者全員が避難所に避難することを前提としているが、足羽川での破堤氾濫のように、避難指示が破堤時刻間際に出されたことを考慮すれば、このような事態が今後もどこかで生じると推測され、自宅の二階や屋根に緊急避難せざるを得ない事態が生じることも考えられる。その際、家屋流失の危険性がどの程度かを知っておくことは重要であり、住民には余裕を持った事前避難の重要性が認識されよう。したがって、洪水ハザードマップには、破堤した場合どの範囲の家屋が流失の危険性があるかを明示することが重要と思われる。そのためには家屋構造や建築年を基にした流体力に対する家屋の耐力を算定し、流失危険度を評価する必要がある。木造家屋の流失危険度評価に対しては著者も検討したことがあるので参考にしてもらいたい^{11),12)}。

(6) 防災意識の向上を

福井豪雨災害において、福井市街地で避難勧告・指示が発令された地域の住民500人(回収数402人)に対して、平常時における水害に関する意識、7月18日当日の行動、今後の行政に対する要望などについてアンケート調査が実施された⁴⁾。その結果、とくに防災意識に関する調査結果から、「足羽川・荒川がまさか氾濫するとは思っていなかった」と回答した割合が65.2%もいた。その理由としては「最近、川が氾濫したことが無いから」、

「なんとなく川が氾濫することなど無いと考えていた」という回答が多くを占めている。また、大雨が降っていた7月18日の午前中においてさえ、「不安を感じていなかった」とした人が50.5%と約半数を占め、その理由としては「まさか川が決壊するとは思わなかったから」「まさか川の水が溢れるとは思わなかったから」という回答が多数を占めている。一方、行政側は堤防決壊の危険性がある越水・漏水対策などの対応に追われるなど、大変な危機感を持っていた。このように、住民と行政との間で危機意識の乖離があった。福井地方気象台から18日午前8時15分に大雨・洪水警報が出されたが、浸水が始まる前にこの警報を知っていたのは36.3%であり、避難勧告・指示を水害が発生する前に聞いたのは33.6%にすぎなかった。そして、18日に避難したのは37.9%であった。このように、せっかく出された警報や避難勧告・指示の情報を活かしてきれていないことから、情報の受け手側である住民が積極的に情報を入手する努力をするなど、防災意識の向上が望まれるとともに、住民にわかりやすく、かつ、確実に情報が伝わるようなシステムの構築が望まれる(図-10)。

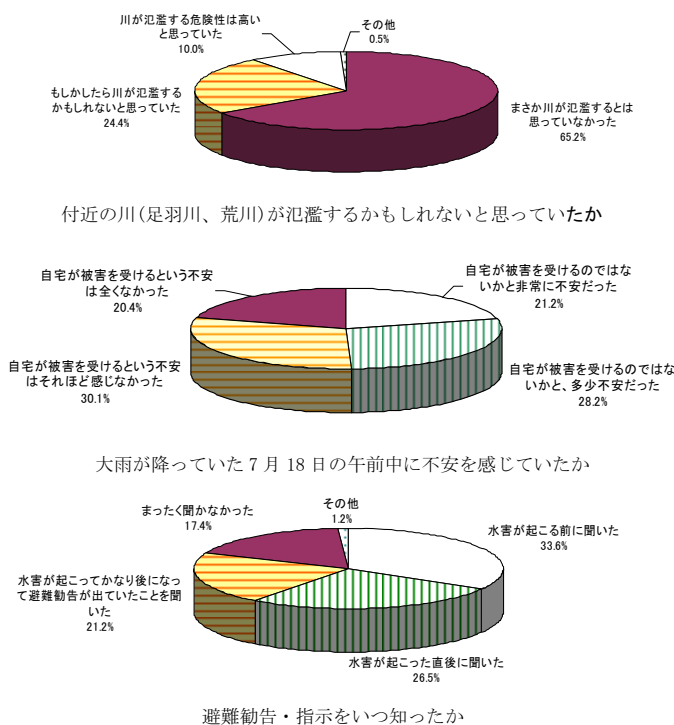


図-10 防災意識に関するアンケート結果⁴⁾の一部

(7) 越水しても破堤しにくい堤防

今回破堤した箇所はアスファルトによる舗装が施されていない。堤防天端をアスファルト舗装するだけでも法肩での局所的な崩壊を防止するには有効であると考えられる。また、浸透と越流による裏法面の侵食が今回の破堤の原因であることから、河川水や雨水の浸透

抑制や法尻でのドレーンなどの浸透対策を推進するとともに、越水しても侵食されにくい(崩壊しにくい)法面対策についても有効な工法を開発する必要がある。

(8) 堤防管理の徹底

堤防は洪水から生命と財産を守る重要な河川施設である。通常、堤防の高さや状態を河道横断面形状等の測量も含め、200m間隔で調査されている。足羽川や円山川・出石川での破堤幅は50~150mであった。もし、堤防天端が一部低くなっているなど異常個所があったとしても、200m間隔の測量では抜け落ちる可能性がある。河道横断面形状は200m間隔の測量で良いとしても、堤防天端高さの測量や堤防の状態調査は20m間隔で実施するなど、きめ細かな管理が必要である。そして、異常が見つかったときには速やかに改修する必要がある。

円山川では地盤の状態が悪いため、堤防が沈下することに長年悩まされてきた。「蟻の穴から堤も崩れる」との格言にもあるように、沈下によりほんの一部の堤防天端が低くなっても、今回のような洪水ではそこに越水した流れが集中し、破堤に至ることも想定される。堤防の沈下対策と沈下が発見されたときには少なくとも応急的な対応を速やかに講ずる必要がある。

(9) 河川整備の早期完成

越水による裏法面の侵食対策については、現在、確立された越流対策工法が認められていないため、越水現象そのものを抑制することが重要である。そのために、河道掘削、洪水流下能力を低下させている橋梁の架け替えや堤外地内の工作物の撤去等による洪水流下能力の向上、遊水地・ダム等による洪水調節能力の確保等を図る必要がある。

通常、河川整備計画がたてられて整備が完了するまでには早くて15~20年程度を要する。この間、水位上昇につながる工事を実施せざるを得ないことも生じる。そのような場合において、いかに治水安全度を確保しつつ工事を実施するか、想定を上回る洪水にどう対応するか、今回の災害を教訓にして工事計画・工法・対策を検討し、早期に河川整備を完了させることが重要である。また、整備の年次計画を地域の住民に広報し、整備の進捗状況も報告するなど、河川整備に係わる工事に対するアカウンタビリティーを高めることも重要と考える。

(10) 洪水モニタリングシステムの整備

福井豪雨災害や円山川での水害を検証する際に、点ではなく線的な河道水位、越水開始時刻、破堤時刻等を正確に特定することに困難があった。洪水監視カメラの設置や複数地点における水位観測など、洪水現象をモニタリングするシステムの整備が望まれる。そして、避難勧告・指示の基準を明確にした上で、このモニタリング情報を基に、警戒配備体制や避難勧告・指示の発

令への利用, 危機管理や住民への提供情報としての利用などを図ることが可能となろう。

5. おわりに

2004年に発生した足羽川と円山川における破堤氾濫災害を中心に, 降雨特性, 河道計画, 被害の概要について示すとともに, 水害の特徴とこれから得られた教訓, 課題について取りまとめた。古来より営々と続けられてきたわが国の治水事業が, こんなにも脆く打ち砕かれるのかと, 災害発生当時は感ぜざるを得なかった。しかし, 今回の災害は言わばこれで膿みが出たとも言えるかもしれない。また, そう思いたい。

4. では破堤氾濫災害の防止・軽減に向けて, 思いつくまま, 河川整備に係わる課題と今後の対策について示した。ここで示したものの意外でも重要な課題が抜け落ちているかもしれないことを断っておく。これらの課題の中には早期実現が難しいものも含まれていよう。しかしながら, どのような課題があるのか, そしてどれが最重要課題か, 認識を深めておくことが重要と考える。ややもすれば, 予算上の制約から, 見栄えのする, 低コストな, しかし治水安全度向上の抜本的な解決にはなっていないような事業しかできない状況に陥ってしまう。治水事業は国民の生命と財産を守る言わば安全保障の事業である。防衛・外交と同様, 国策として治水事業を主導的に推進することが重要であると考え。もちろん, 利水や河川環境にも配慮しなければならないことは論を待たない。

国直轄の一級河川と都道府県管理の一級河川とでは, 治水事業に投資可能な財源が大きく異なる。そのため, 都道府県管理の多くの河川では整備がなかなか進まず, 治水水準が低いところが存在する。そのような河川で最近水害が多発しているのも事実である。4. に挙げた課題を認識し, 国と都道府県が協力して早急に解決することが望まれる。

謝辞: 本報告をまとめるにあたり, 国土交通省近畿地方整備局および福井県から貴重な資料の提供およびご意見をいただいた。ここに, 関係各位に記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 気象庁の台風統計資料による(<http://www.data.kishou.go.jp/~yohou/typhoon/statistics/index.html>)
- 2) 国土交通省資料「平成 16 年風水害の特徴と今後の課題」(<http://www.nilim.go.jp/japanese/technical/suigai/h16suigai.htm>)

- 3) 玉井信行(調査団長):2004 年北陸豪雨災害について—土木学会調査団報告, 平成 16 年度河川災害に関するシンポジウム, 自然災害研究協議会・(社)土木学会水工学委員会, pp. 1-14, 2005.
- 4) 平成 16 年 7 月福井豪雨足羽川洪水災害調査対策検討会(福井県):足羽川洪水災害調査対策検討報告書, 2005.
- 5) 円山川堤防調査委員会報告書, 国土交通省近畿地方整備局豊岡河川国道事務所, 2005.
- 6) http://www.pref.niigata.jp/doboku/engawa/sosiki/honcho/kak/kak_pdf/iinkai_3/komento.pdf
- 7) 消防庁:平成 16 年 7 月福井豪雨による被害状況(第 34 報), <http://www.fdma.go.jp/html/infor/index.html>.
- 8) 宮本博司:近畿地方の昨年の水害を振り返って, 内外 4 豪雨災害に関するフォーラム in 京都での発表資料, 土木学会水工学委員会, 2005.
- 9) http://www.bousai.go.jp/oshirase/h16/041125gouushienkentou/sankou_shiryos3.pdf
- 10) <http://www.pwri.go.jp/jpn/news/20050125/20050125.pdf>
- 11) 高橋 保・中川 一・加納茂紀:洪水氾濫による家屋流失の危険度評価, 京大防災研年報, 第 28 号 B-2, pp.455-470, 1985.
- 12) 中川 一:洪水および土砂氾濫災害の危険度評価に関する研究, 第 2 章「河川堤防の決壊に伴う木造家屋の流失危険度に関する研究」, 京都大学学位論文, pp.57-108, 1989.

(2005. 5. 10 受付)