

破堤危険度の評価について

京大防災研究所 石原 安雄
 " " 瀬能 邦雄
 鹿島建設 K.K. O上野 慎治

1. 破堤条件と洪水ピーク流量の変化

一般に出水時の破堤形態には浸透破壊、洗掘破壊、越水破壊があるといわれている。しかしある程度堅固な堤防をつくり維持管理を十分に行なえば、越水破壊だけを考えればよいはずである。さらに越水の条件は、第1義的には河道のもつ洪水疏通能力とその河道内を流下する洪水のピーク流量との大小関係によって与えられると考えてよい。

つぎに、出水時に水系内のある地点を流下する洪水のピーク流量の大きさは、その地点より上流地域における降雨状況、流域状況、河道状況、洪水調節状況などによって変化する。降雨状況はいわば出水過程の入力を与えるものであって、現在のところ自然現象としてとらえざるをえない。流域状況とは雨水流出場の性質であって、集水面積、地形、地質、植生、支川分布などである。大規模な土地利用形態の変化、大面積に及ぶ森林の伐さ、流域変更などによって、下流部の出水状況はかなりの変化を受ける。また、上流地区で河道改修が行なわれたり、洪水調節池や遊水池が築造されたりすると、下流部の洪水が変化することも周知のとおりである。

このように、水系内の特定の地点を対象として、洪水時のピーク流量したがって越水破堤の評価は、貯水池入口付近などの特殊な場合を除いて、それより上流地域における自然のおよび人工的状況を総合的に把握してはじめて正確に行なうことができ、水系一貫計画のための基礎資料がえられると考えられる。そこで本研究はその第1段階として、降雨状況と流域状況はそのまゝとし、河道状況と洪水調節状況の変化によって、下流部の破堤危険度がどのような影響を受けるかを検討したものである。

2. 洪水ピーク流量の生起確率

河川はかなり複雑な集水系を構成しており、しかもその中に点々と防災対象地区が存在していて、その大部分のものは河川堤防によって守られている。また洪水調節池や遊水池が造られている場合もある。このような条件下では、下流部の洪水ピーク流量は降雨と流出状況によって単純に決まるものではなく、人為的な洪水調節と上流部での破堤遊水がある場合にはその影響を大きく受ける。したがって、水系内の特定の地点を対象として、洪水時のピーク流量の生起確率を評価する場合には、こうした関係を導入する必要がある。

いま簡単のために、図-1のようにA、Bの2つの有堤部があり、A地区の集水域をI、B地区までの残流域をIIとして説明しよう。I、IIの各流域からの出水のピーク流量を Q_1 、 Q_2 とし、その同時生起確率分布関数を $f(Q_1, Q_2)$ とすると、B地区での破堤はんらん確率は形式

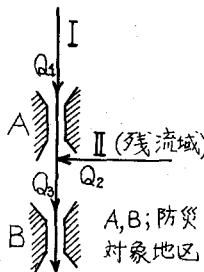


図-1

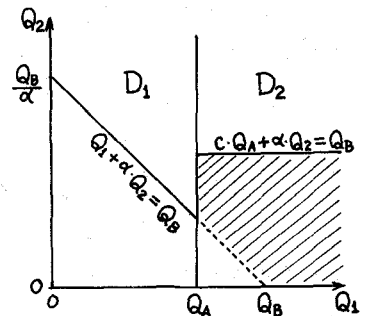


図-2

的に次式で与えられる。

$$p_0 = \iint_{D_1+D_2} f(Q_1, Q_2) dQ_1 dQ_2 \quad (1)$$

ここに、積分範囲 D_1, D_2 は図-2に示す領域であって、 D_1 はA地区で破堤がなく、B地区のみ破堤がある場合、 D_2 は両者とも破堤する場合である。すなわち、A地区の破堤を考慮すると、考慮しない場合に比して、ハッチングを施した領域に含まれる確率だけ、B地区の破堤確率が減少することとなる。ただし、 Q_A, Q_B はそれぞれA、B地区の河道疏通能力、 α は合流係数、 C はAの破堤はんらんによるピーク流量の減少の割合を示す係数である。なお、複雑な水系の場合は多次元同時確率分布を用いて同様の計算を行なうことができる。

3. 計算例

実河川をモデル化した図-3について計算した2,3の結果について述べよう。流域分割の諸元は表-1のとおりである。まずこの計算に際しては、資料が十分なかったことと大略の性質をみることを目標としたので、各分割流域間の出水は無相関で、かつ出水のピークは同時合流するものとして、 $\alpha=1.0$ と仮定した。ただし、残流域VIIからの出水は本川のピークに対してその $1/2$ が関与するとした。

表-2は、さらに $C=1.0$ と仮定して、I、II、IIIの流域のみを対象とし、2, 12, 3の有堤区間で囲まれた地域の危険確率の計算を行なった結果である。たとえば第6段目は、2の区間は破堤せず12と3の区間で同時に破堤する確率が 2.8×10^{-3} であることを示している。その組合せ数は $2^3-1=7$ であるが、この地区がはんらん災害を受ける確率は各場合の確率の和で与えられ、 1.54×10^{-1} であり、6.5年に1度の割合という結果になる。同様の計算を図-3の7の有堤区間が破堤する場合について計算すると、組合せ数は $2^7=127$ であって、破堤の確率年は520年となった。

つぎに、全水系を対象として、特定の有堤区間と有堤部7が破堤する確率 p を C の値を変化させて計算した結果が図-4である。図中、()内の数値は破堤する有堤部の番号を示す。 C は破堤があった場合に下流部に伝達される流量の大小を示すので、たとえばより高い築堤をすることは C の増大と同等であり、洪水調節を行なうことは C の減少を意味する。そのような場合には下流部の危険性がほぼ指数関数的に増減し、その増減の割合は水系内での存在位置によって異なることがわかる。その他いろいろの条件の計算を行なうことができるが、こうした結果は水系全体の現状の診断とともに、治水計画を考へる場合の有用な基礎資料を与えるものと考えられる。

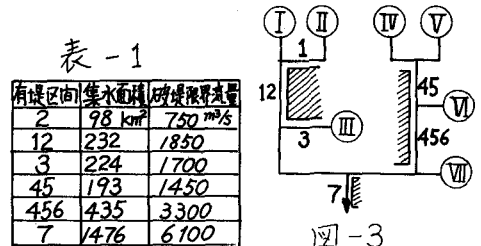


図-3
表-2

破堤箇所	破堤確率	確率年
2	5.0×10^{-3}	200
12	5.8×10^{-2}	17
3	8.8×10^{-2}	11
2,3	2.4×10^{-4}	4200
2,12	2.6×10^{-4}	3800
12,3	2.8×10^{-3}	360
2,12,3	1.2×10^{-1}	83000
計	1.54×10^{-1}	6.5

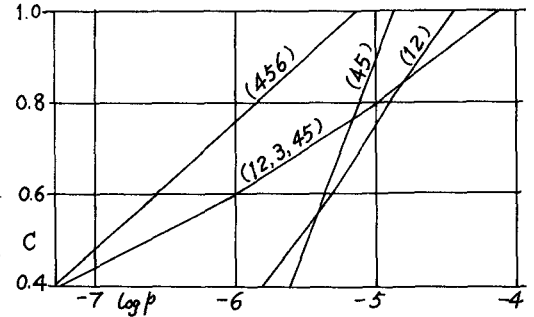


図-4