

堤防の破堤確率を考慮した洪水被害額の算定方法に関する基礎的考察

岐阜大学 ○森 寛典

岐阜大学 正会員 高木朗義

1. はじめに

我が国では現在、治水経済調査マニュアル(案)¹⁾に沿って治水事業の経済評価が行われている。このマニュアルに沿った方法(以下、「現行方式」と呼ぶ)では、河川水位(河道流量)が計画高水位に達すると、すべての破堤地点で破堤するという仮定で計算が行われている。しかし、実際には計画高水位に達したからといって100%破堤する訳ではなく、ある確率で破堤するはずである。そこで本研究では、堤防の破堤確率を考慮した算定式(以下、「新方式」と呼ぶ)を考案し、現行方式との比較・検討を通して、洪水被害額の算定方法を提案することを目的とする。

2. 洪水被害額算定方法

通常、対象とする地域には破堤する恐れのある地点が複数あり、その破堤地点の影響を受ける部分を氾濫ブロックとして分割する。現行方式では、河川水位が計画高水位に達した場合、すべての破堤地点で破堤すると考えられている。そのため、すべての氾濫ブロックの被害額を足し合わせたものを当該地域の被害額としており、被害額算定式は(1)式ようになる。

$$D = \sum_i \phi_i \sum_j \sum_m A_m \times \alpha \times \rho(h_m) \quad (1)$$

ここで、添字 i : 流量規模, ϕ : 流量生起確率, 添字 j : 氾濫ブロック, 添字 m : メッシュ, A : メッシュ面積, α : 単位面積当たり評価額, ρ : 被害率, h : 浸水深。

しかし、河川水位が計画高水位に達しても必ず破堤する訳ではなく、堤防の破堤は確率事象といえる。本研究では破堤確率として、河道流量に対する堤防の力学的な破堤確率(以下、「力学的破堤確率」と呼ぶ)と、複数の堤防が同時に破堤する確率(以下、「同時破堤確率」と呼ぶ)の二種類を捉え、以下のように表現する。

①力学的破堤確率(流量に応じた破堤確率)

現行方式における、河川水位が計画高水位に達すると必ず破堤するという仮定下では、破堤確率は図1の点線のようになる。しかし、破堤確率は河川水位によって変動すると考えられるため、新方式では図1の実線のように表せる。

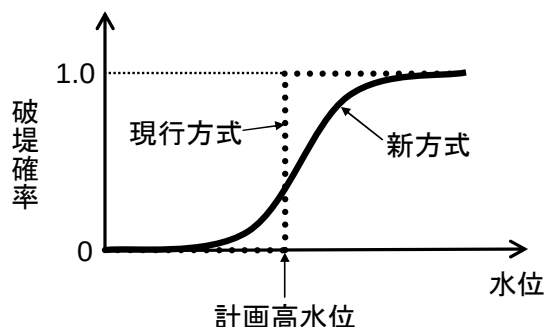


図1 現行方式と新方式の破堤確率

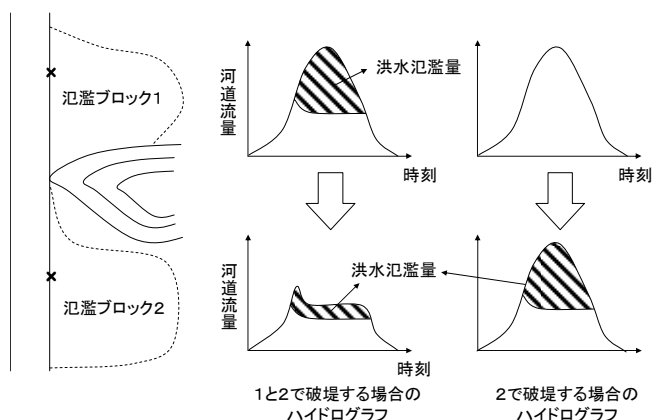


図2 流量低減のイメージ

②同時破堤確率(破堤時の流量低減)

図2に示したように、ある地点で堤防が破堤した場合、その下流では河道流量が減少するため、破堤地点より下流(氾濫ブロック)における破堤確率は低下する。新方式では、上流での破堤の有無に応じて下流の流量を変化させることによって、同時破堤が起こる確率を捉える。

これらを考慮すると被害額算定式は(2)式のように表現される。

$$D = \sum_i \phi_i \sum_j p(Q_j) \prod_k (1 - p(Q_k)) \sum_m A_m \times \alpha \times \rho(h_m) \quad (2)$$

ここで、 $p(Q)$: 河道流量に応じた破堤確率, 添字 k : 当該箇所より上流の破堤地点数。

3. 地域氾濫ブロックの想定

現行方式と新方式により算出される被害額を比較するため、図3に示す氾濫ブロックを想定した。氾濫ブロックは100mメッシュ(23個×12個=276個)に分割されている。この図は堤防が決壊し浸水した状況を表したものであり、メッシュ内の数字はそのメッシュ

の浸水深を表している。このような仮想氾濫ブロックにおいて、河道流量を $1,000\text{m}^3/\text{s}$ 、 $800\text{m}^3/\text{s}$ 、 $600\text{m}^3/\text{s}$ 、 $400\text{m}^3/\text{s}$ の 4 ケース想定し、河道流量に対する流量生起確率および破堤確率は表 1 のように仮定する。図 3 の浸水状況を流量 $1,000\text{m}^3/\text{s}$ の場合とし、流量が小さくなるにつれて浸水深は 1m ずつ浅くなるとした。各流量規模で破堤したときの被害額の算定結果を表 1 に示す。

本研究では、上記の仮想氾濫ブロックを5箇所有する仮想地域を対象とする。氾濫ブロック名は上流からA, B, C, D, Eとし、複数の破堤地点の影響を受けるメッシュはないものとする。また、破堤による流量低減を以下のように仮定する。

- ・ 流量 $1,000\text{m}^3/\text{s}$ で破堤 → 下流の流量 $400\text{m}^3/\text{s}$
- ・ 流量 $800\text{ m}^3/\text{s}$ で破堤 → 下流の流量 $400\text{m}^3/\text{s}$
- ・ 流量 $600\text{ m}^3/\text{s}$ で破堤 → 下流の流量 $400\text{m}^3/\text{s}$
- ・ 流量 $400\text{ m}^3/\text{s}$ で破堤 → 下流では破堤しない

破堤確率と流量低減を捉えた新方式では、上流の破堤地点から順に、破堤するなら下流で流量が低減し、破堤しないなら流量は変化せず、次の破堤地点に移るとする。このように破堤パターンを全通り挙げ、それぞれの確率・被害額などを算出した。例として**表2**にCase3における破堤パターンを示す。

4. 仮想地域における被害額の比較

被害額に破堤確率を乗じたものを累計し、新方式の期待被害額として算定した。現行方式ではすべての破堤地点で破堤すると仮定するため、**表1**の被害額を氾濫ブロックの数だけ足し合わせて算出した。Case1～Case4の現行方式と新方式による期待被害額を**表3**に示す。

表1の流量生起確率と**表3**の期待被害額の関係を示した曲線をイベントカーブという(**図4**)。また、生起確率と被害額を乗じたものを累計することで年平均被害額が算出される。本仮想地域における年平均被害額は、現行方式で2,246(百万円/年)、新方式で511(百万円/年)となり、新方式の年平均被害額は現行方式の4分の1程度となった。

5. おわりに

本研究では現行の洪水被害額算定方法を改善するために、堤防の破堤確率を考慮した被害額算定式を提案し、同時破堤確率に焦点を当て、仮想地域における分析を行った。今後は力学的破堤確率についても焦点

[illegible]

図3 仮想氾濫ブロック

表1 河道流量の想定と被害額

	Case1	Case2	Case3	Case4
河道流量(m ³ /s)	1,000	800	600	400
流量生起確率	1/200	1/100	1/80	1/50
破堤確率	1.0	0.8	0.6	0.4
被害額(十億円)	71.4	40.1	18.8	7.0

表2 Case3 における破堤パターン

氾濫ブロック					確率	被害額 (十億円)	期待被害額 (十億円)
A	B	C	D	E			
× ×	×				0.240	25.8	6.19
× ×		×			0.144	25.8	3.72
× ×			×		0.086	25.8	2.23
× ×				×	0.052	25.8	1.34
× ×					0.078	18.8	1.46
	× ×	×			0.096	25.8	2.48
	× ×		×		0.058	25.8	1.49
	× ×			×	0.035	25.8	0.89
	× ×				0.052	18.8	0.98
		× ×	×		0.038	25.8	0.99
		× ×		×	0.023	25.8	0.59
		× ×			0.035	18.8	0.65
			× ×	×	0.015	25.8	0.40
			× ×		0.023	18.8	0.43
				× ×	0.015	18.8	0.29
					0.010	0.0	0.00

表3 現行方式と新方式による期待被害額(十億円)

	Case1	Case2	Case3	Case4
現行方式	357	201	94.1	34.9
新方式	77.4	46.0	24.1	6.44

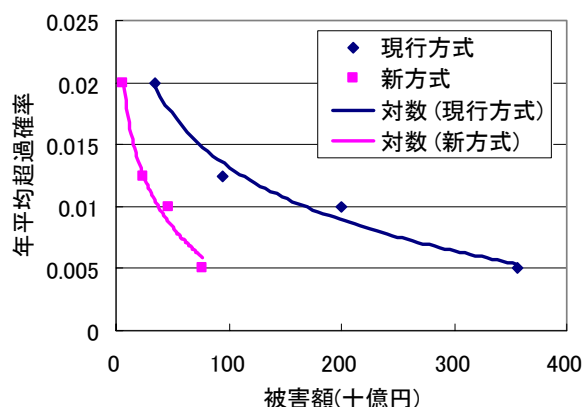


図4 イベントカーブ

を当てた被害額算定方法を考案し、実際の河川への適用を検討したい。

参考文献

- 1)建設省河川局，治水経済調査マニュアル(案)，2000.