

流域治水計画における上下流の関係を考慮した堤防整備の優先度順位決定方法

岐阜大学大学院 学生会員 森 寛典
 岐阜大学 正会員 高木朗義 倉内文孝

1. はじめに

近年, 社会資本の整備には重点的かつ効率的な推進が求められている. 河川整備においては上下流のバランスを考慮した整備や, 強度が弱い箇所や資産が集中している箇所の早急な整備などが必要とされている. 現在, 治水事業の経済性評価の際に, 治水経済調査マニュアル(案)¹⁾に沿って洪水被害額が算定されている. この方法では, 発生降雨に応じた各地域の河川水位によって破堤の有無が判断されており, 堤防の質や上下流の関係による安全度の差が考慮されていない. 一方, 洪水が多発した2004年以降, 堤防の詳細点検が進められており, 今後堤防の質的改善を評価する手法が必要である. そこで本研究では, 堤防の質や上下流の関係を表現するために破堤確率を考慮した洪水被害額算定方法を提案し, 堤防整備の優先度順位決定方法を開発することを目的とする.

2. 破堤確率を考慮した洪水被害額算定方法

治水経済調査マニュアル(案)では, 河川水位が計画高水位に達したら破堤するという仮定であるため, 破堤確率は図1の点線のように表される. しかしながら, 実際には計画高水位に達しても破堤しないことや達しなくても破堤することが考えられる. そこで本研究では, 図1の実線のように河川水位に応じた破堤確率を考慮し, これを力学的破堤確率と定義する.

また, 治水事業の便益は最大被害の防御という観点から, すべての破堤地点で発生降雨に対する最大被害が生じると仮定されている. すなわち, 上流の破堤の有無による下流の安全度の変化が考えられていない. そのため, 破堤確率を考慮しない方法では上下流のバランスを考慮することが難しいといえる. そこで本研究では, 図2のように上流の破堤に伴って河道流量が減少することを考慮する. このとき, 流量に応じた破堤確率(力学的破堤確率)を考慮することによって, 複数地点で破堤する確率が表現できる. これを空間的破堤確率と定義する.

破堤確率を考慮しない洪水被害額算定式を(1)式に, 破堤確率を考慮する洪水被害額算定式を(2)式に示す.

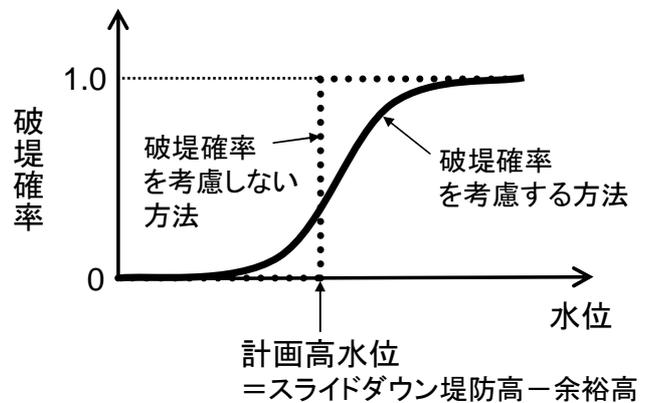


図1 力学的破堤確率の概念

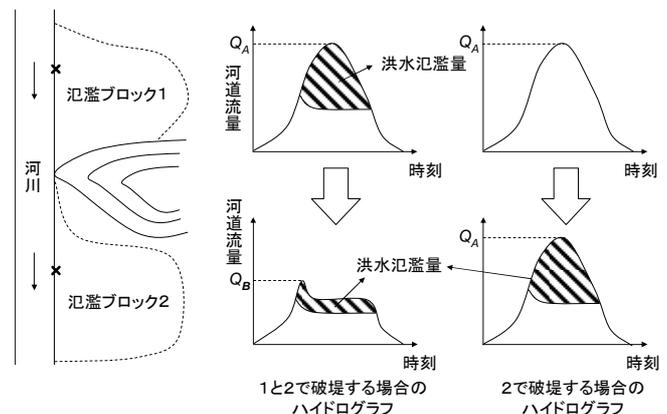


図2 空間的破堤確率の考え方

$$D = \sum_i \sum_j d_j \quad (1)$$

$$D = \sum_i \sum_j P_d^j \prod_k (1 - P_d^k) d_j \quad (2)$$

ここで, 添字 i : 流量規模, j : 流量生起確率, 添字 j : 氾濫ブロック, d : 氾濫ブロック当たり被害額, 添字 k : 対象破堤地点より上流の破堤地点.

3. 仮想氾濫源の設定

破堤確率を考慮する洪水被害額算定式を用いて堤防整備の優先度順位について検討するため, 図3のような仮想氾濫源を設定する. この氾濫源は同面積の氾濫ブロックが5箇所あり, 氾濫ブロック1, 4は農地, 氾濫ブロック2, 3, 5は住宅地とする. このような氾濫源に1/200流量(越流), 1/100流量(堤防高水位), 1/80流量(計画高水位), 1/50流量(危険水位)という4通りの流量が生起すると仮定する. それぞれの流量に対する力学的破堤確率を設定し, 各流量で破堤した場

合の被害額（住宅地，農地）を治水経済調査マニュアル（案）に沿って算出する．力学的破堤確率は越流で0.800，計画高水位で0.500とし，この2点を通るロジスティック曲線で表す．また，越流～計画高水位で破堤した場合は危険水位まで，危険水位で破堤した場合は無害流量まで流量が低下すると仮定する．なお，堤防の質的改善に伴い力学的破堤確率は右方に移動するものと仮定する．これらをまとめたものを表1に示す．

4．堤防整備の優先度順位決定方法と試算

破堤確率を考慮する洪水被害額算定方法を用いた堤防整備の優先度順位決定方法を示す．まず，各氾濫ブロックを整備したと仮定したときの被害額を算定し，最も洪水被害額が小さくなる氾濫ブロックを探る．次に，その氾濫ブロックの堤防を整備することによって力学的破堤確率が低下すると設定する．さらに，残りの破堤地点のうち堤防整備によって最も洪水被害額が小さくなる氾濫ブロックを探る．これを繰り返すことによって，堤防整備の優先度順位を決定する．

ここで，堤防整備後の力学的破堤確率として越流で0.600，計画高水位で0.300の2点を通るロジスティック曲線を設定し，堤防整備によって確率曲線が右方に移動する場合の仮想氾濫源の堤防整備優先度順位について検討する．堤防整備前を0期としたとき，氾濫ブロック3の堤防を整備した場合の洪水被害額が最小となるため，これが最も優先度が高い．次に，氾濫ブロック3の堤防整備後を1期としたとき，氾濫ブロック2の堤防を整備すると洪水被害額が最小となる．同様に，2期の場合は氾濫ブロック5の堤防を整備する場合，3期の場合は堤防整備しない場合の洪水被害額が最小となる．このことから，資産が高い地域を重点的に整備することが流域全体の期待被害額を軽減するといえる．ここで，0期から3期における氾濫ブロックごとの洪水被害額を図4に示す．1期に氾濫ブロック3を整備すると氾濫ブロック5の洪水被害額が，2期に氾濫ブロック2を整備すると氾濫ブロック3,5の洪水被害額が増加していることがわかる．このことから，堤防整備後は下流の期待被害額が高くなるため，整備対象ではない氾濫ブロックの治水安全度を保ったまま対象氾濫ブロックの洪水被害額を減少させるパレート改善は困難であるといえる．なお，3期に最下流の氾濫ブロック5を整備した場合はパレート改善となっている．

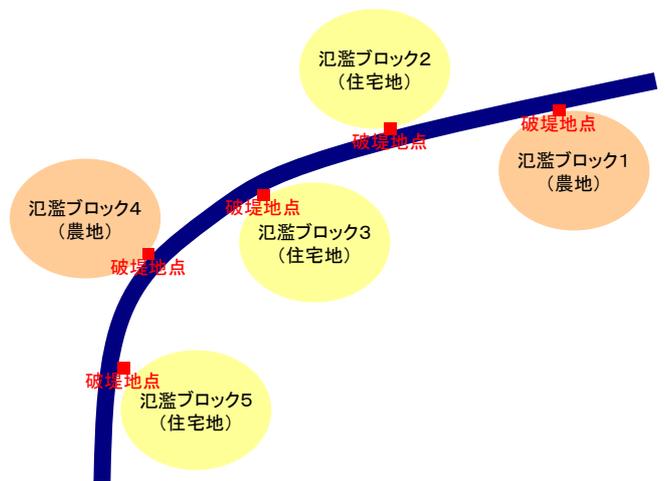


図3 仮想氾濫源

表1 生起流量に対する破堤確率と被害額

生起流量	1/200流量	1/100流量	1/80流量	1/50流量
河川水位	越流	堤防高水位	計画高水位	危険水位
力学的破堤確率	0.800	0.667	0.500	0.373
一回破堤後流量	危険水位	危険水位	危険水位	無害流量
(二回破堤後流量)	(無害流量)	(無害流量)	(無害流量)	
被害額	住宅地	住宅地	住宅地	住宅地
(百万円)	474,384	266,927	125,117	46,456
	農地	農地	農地	農地
	544	348	199	96

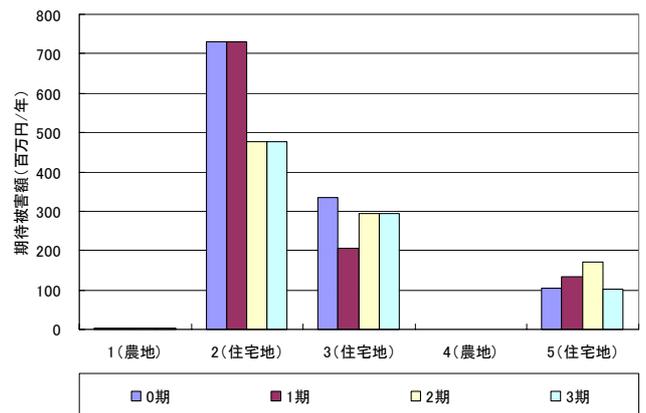


図4 氾濫ブロックごとの期待被害額

5．おわりに

本研究では，堤防の破堤確率を考慮した洪水被害額算定方法を考案した．これにより，堤防の質的改善を洪水被害額に反映させることが可能となった．また，この算定方法を用いた堤防整備の優先度順位決定方法を提案し，仮想氾濫源への適用から流域における上下流の関係や後背地の資産を考慮した堤防整備計画が必要であることを示した．

今後の課題として，実際の流域を対象とした試算を行い，流域の特性に合った堤防整備の優先度順位について検討することが挙げられる．

参考文献

1) 建設省河川局，治水経済調査マニュアル（案），2000.