

河川堤防の破堤確率を考慮した堤防整備レベルと優先順位決定法の開発

岐阜大学 学生会員 ○大野峻
岐阜大学 正会員 高木朗義

1. はじめに

近年、治水対策において地域特性を考慮した整備が必要とされている。従来の治水計画は“流す治水”として下流より連続的に整備されてきた。一方で、霞堤や遊水地などといった“溜める治水”として伝統的に整備されてきた歴史も存在している¹⁾。以上の背景から治水対策における地域ごとの堤防整備レベル、整備箇所などについて考慮した評価手法が必要とされている。

本研究では、破堤を確率事象として捉えるとともに、流域における上下流の関係や土地利用を考慮した堤防整備レベルと優先順位の決定方法を開発し、効果的な治水計画の策定への寄与を目的とする。

2. 堤防整備レベルと優先順位決定法

2.1. 優先順位決定プロセス

優先順位決定の過程を図1に示す。対象とする氾濫原の設定を行い、仮定した洪水条件から氾濫原ごとの被害額と堤防の破堤確率を算出する。算出した被害額と力学的破堤確率から洪水被害のリスク評価を行い、優先順位の決定を行う。

2.2. 洪水被害のリスク評価

破堤を確率事象として捉えることで地域別の洪水被害のリスク評価を行う。洪水被害のリスクとはある氾濫ブロックにおける洪水被害額に堤防破堤確率を乗じた期待洪水被害額のことを意味する。そのため、河川水位に応じた堤防の破堤確率の設定を行う。堤防破堤確率の算出において応答曲面法を用いる。応答曲面法とは2次元浸透流解析プログラムによる堤防斜面の安定解析の結果から安全率の関数である応答曲面を作成し、応答曲面上にそれぞればらつきをもつ流量、土質定数データの組み合わせをモンテカルロシミュレーションによって乱数分布させることで破堤の確率表現を行う手法である。この手法を用いることで破堤メカニズムを表現し、現実的な破堤確率の値の算出を可能とする。

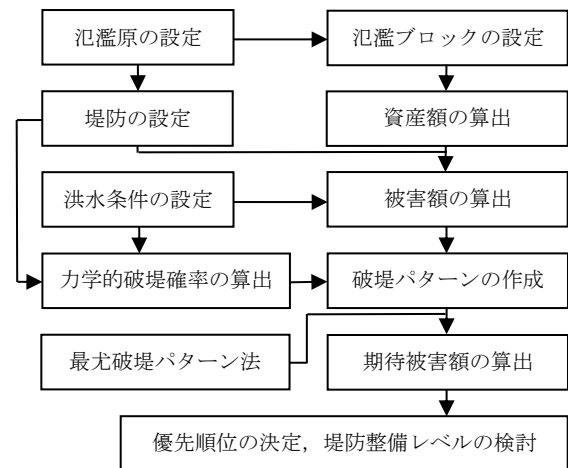


図1 優先順位決定プロセス

2.3. 上下流と土地利用の関係についての評価方法

本研究では、破堤パターンごとの期待洪水被害額に着目することで上下流と土地利用の関係についての評価を行う。破堤パターンとは各破堤地点における破堤状況の組み合わせを示したものである。そのため、破堤パターンすべてに対する氾濫シミュレーションを行う必要がある。しかし、この方法では破堤パターン数が多く、計算量が膨大になってしまう課題があげられる。そこで、森²⁾により提案された最尤破堤パターン法を活用する。最尤破堤パターン法とは膨大な破堤パターンの中から最も生じやすい破堤パターンを被災形態として捉える方法である。最尤破堤パターン法を用いることで、無数にある破堤パターンのすべてに対して氾濫シミュレーションを実行する必要がなくなり、簡略化が図られる。これにより、実際の治水計画策定に適用可能となる。

3. 仮想氾濫原における試算

上記で説明した手法を用いて仮想氾濫原における破堤パターンの生起確率の算出と優先順位の決定を試みる。本稿では、堤防形状の変化がなく、土地利用に差がある二つの氾濫ブロックを有する仮想氾濫原での試算結果を示す。

3.1. 試算における前提条件

今回の試算においてこの仮想氾濫原では氾濫プロ

ック 1 が上流に位置しているとし、破堤後流量は無
害流量まで低減すると仮定する。また、被害額は森²⁾
によって考案された近似式を活用し、算出した。

$$D_{house} = 0.0227V \dots\dots\dots (1)$$

$$D_{agri} = 0.0000227V \dots\dots\dots (2)$$

ただし、 D_{house} ：住宅地被害額（百万円）、 D_{agri} ：農地被害額
（百万円）、 V ：氾濫量（ m^3 ）。

なお、洪水は 7.5 時間でピーク流量に達し、7.5 時間
かけて減衰するものとし、堤防整備には 50000(百万
円)の費用がかかるものとする。

3.2. 計算結果の考察

表 1 より、整備前仮想氾濫原において氾濫ブロック 1
が浸透破壊する破堤パターンの期待被害額が期待被害
額全体の 9 割以上を占めていることがわかる。これ
は資産額の少ない氾濫ブロック 2 の被害額に対し、
住宅地として利用している氾濫ブロック 1 の被害額
が非常に大きな値を示しているためだと考えられる。
そのため、この仮想氾濫原では氾濫ブロック 1 から
優先的に整備していくべきだと考えられる。氾濫ブ
ロック 1 を整備した場合の期待被害額を表 2 に示す。
整備によって氾濫ブロック 1 の破堤確率が小さくな
り、期待被害額も小さくなっていることがわかる。
ここで、期待被害額の減少分を堤防整備による便益
ととらえると費用対効果が 1 以上となるため、氾濫
ブロック 1 の堤防整備は有益であるといえる。続い
て、氾濫ブロック 1 整備後に氾濫ブロック 2 を整備
した場合の期待被害額を表 4 に示す。表 4 より、氾
濫ブロック 1 のみを整備した場合に比べて期待被害
額が小さくなっていることがわかる。しかし、氾濫
ブロック 2 を整備することは費用対効果の面から考
えると損失のほうが大きいいため、氾濫ブロック 2 で
は整備をせずに遊水地としての活用を図るべきだと
考えられる。

4. おわりに

本稿では、堤防破堤確率の算出方法と堤防整備の
優先順位決定法を提案した。また、仮想氾濫原を用
いた破堤パターンの生起確率の算出と優先順位の決
定を行った。今後は複数の氾濫原における氾濫シミ
ュレーションを行うことで最尤破堤パターン法の有
用性の検証を行うとともに整備レベルの差異による
破堤確率の変化をみていく。

表 1 整備を行っていない場合の期待被害額

氾濫ブロック1(住宅地)			氾濫ブロック2(農地)			期待被害額 (百万円)
パターン	被害額 (百万円)	生起確率	パターン	被害額 (百万円)	生起確率	
越流	7458	0	越流	1.8	0	0
越流	7458	0	越流+浸透破壊	94	0	0
越流	7458	0	浸透破壊	80	0	0
越流	7458	0	無害	0	0	0
越流+浸透破壊	438113	0.006	越流	3.7	0.0000018	2628.678007
越流+浸透破壊	438113	0.006	越流+浸透破壊	121	0.0000114	2628.679379
越流+浸透破壊	438113	0.006	浸透破壊	109	0.0000108	2628.679177
越流+浸透破壊	438113	0.006	無害	0	0.005976	2628.678
浸透破壊	206742	0.2288	越流	3.7	0.00006864	47302.56985
浸透破壊	206742	0.2288	越流+浸透破壊	121	0.00043472	47302.6222
浸透破壊	206742	0.2288	浸透破壊	109	0.00041184	47302.61449
浸透破壊	206742	0.2288	無害	0	0.2278848	47302.5696
無害	0	0.7652	越流	0.56	0	0
無害	0	0.7652	越流+浸透破壊	414	0.0045912	1.9007568
無害	0	0.7652	浸透破壊	368	0.17507776	64.42861568
無害	0	0.7652	無害	0	0.58553104	0

表 2 氾濫ブロック 1 を整備した場合の期待被害額

氾濫ブロック1(住宅地)			氾濫ブロック2(農地)			期待被害額 (百万円)
パターン	被害額 (百万円)	生起確率	パターン	被害額 (百万円)	生起確率	
越流	3010	0.0002	越流	2.9	0.00006902	0.602200158
越流	3010	0.0002	越流+浸透破壊	278	0.00008804	0.62647512
越流	3010	0.0002	浸透破壊	233	0.00003756	0.61075148
越流	3010	0.0002	無害	0	5.38E-06	0.602
越流+浸透破壊	156811	0.0002	越流	5.2	0.00002494	31.36232969
越流+浸透破壊	156811	0.0002	越流+浸透破壊	164	0.0000175	31.36507
越流+浸透破壊	156811	0.0002	浸透破壊	130	0.00003386	31.3666018
越流+浸透破壊	156811	0.0002	無害	0	0.0001237	31.3622
浸透破壊	88509	0.0001	越流	5.2	0.00001247	8.850964844
浸透破壊	88509	0.0001	越流+浸透破壊	164	0.00000875	8.852335
浸透破壊	88509	0.0001	浸透破壊	130	0.00001693	8.8531009
浸透破壊	88509	0.0001	無害	0	0.00006185	8.8509
無害	0	0.9995	越流	0.56	0.2112943	0.118324808
無害	0	0.9995	越流+浸透破壊	414	0.17821085	73.7792919
無害	0	0.9995	浸透破壊	368	0.3020489	111.1539952
無害	0	0.9995	無害	0	0.30794595	0

表 3 氾濫ブロック 2 を整備した場合の期待被害額

氾濫ブロック1(住宅地)			氾濫ブロック2(農地)			期待被害額 (百万円)
パターン	被害額 (百万円)	生起確率	パターン	被害額 (百万円)	生起確率	
越流	7458	0	越流	0.21	0	0
越流	7458	0	越流+浸透破壊	49	0	0
越流	7458	0	浸透破壊	37	0	0
越流	7458	0	無害	0	0	0
越流+浸透破壊	438113	0.006	越流	0.07	0.0000006	2628.678
越流+浸透破壊	438113	0.006	越流+浸透破壊	44	0.0000006	2628.678026
越流+浸透破壊	438113	0.006	浸透破壊	32	0.0000012	2628.678038
越流+浸透破壊	438113	0.006	無害	0	0.0059976	2628.678
浸透破壊	206742	0.2288	越流	0.07	0.00002288	47302.5696
浸透破壊	206742	0.2288	越流+浸透破壊	44	0.00002288	47302.57061
浸透破壊	206742	0.2288	浸透破壊	32	0.00004576	47302.57106
浸透破壊	206742	0.2288	無害	0	0.22870848	47302.5696
無害	0	0.7652	越流	0.19	0.00015304	2.90776E-05
無害	0	0.7652	越流+浸透破壊	128	0.00015304	0.01958912
無害	0	0.7652	浸透破壊	112	0.00007652	0.00857024
無害	0	0.7652	無害	0	0.7648174	0

表 4 氾濫ブロック 1 と 2 を整備した場合の期待被害額

氾濫ブロック1(住宅地)			氾濫ブロック2(農地)			期待被害額 (百万円)
パターン	被害額 (百万円)	生起確率	パターン	被害額 (百万円)	生起確率	
越流	3010	0.0002	越流	2.6	0.00008798	0.000228788
越流	3010	0.0002	越流+浸透破壊	136	0.00007468	0.01015652
越流	3010	0.0002	浸透破壊	116	0.00003048	0.00353572
越流	3010	0.0002	無害	0	0.00000686	0.00000004
越流+浸透破壊	156811	0.0002	越流	4.7	0.0000004	0.00000192
越流+浸透破壊	156811	0.0002	越流+浸透破壊	124	0.00000034	0.0000422
越流+浸透破壊	156811	0.0002	浸透破壊	115	0.00000028	0.00003224
越流+浸透破壊	156811	0.0002	無害	0	0.00019898	0.00000004
浸透破壊	88509	0.0001	越流	4.7	0.0000002	0.00000095
浸透破壊	88509	0.0001	越流+浸透破壊	124	0.00000017	0.00002109
浸透破壊	88509	0.0001	浸透破壊	115	0.00000014	0.00001611
浸透破壊	88509	0.0001	無害	0	0.00009949	0.00000001
無害	0	0.9995	越流	0.19	0.0001999	0.999038231
無害	0	0.9995	越流+浸透破壊	128	0.0001999	1.02458745
無害	0	0.9995	浸透破壊	112	0.00009995	1.01019465
無害	0	0.9995	無害	0	0.99900025	0

【参考文献】

- 1) 今後の治水対策のあり方に関する有識者会議：今後の治水対策のあり方について 中間とりまとめ，2010。
- 2) 森寛典：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，岐阜大学学位論文，2008。