

京都大学工学部
京都大学大学院
京都大学大学院

学生員 ○花島 健吾
正会員 堀 智晴
正会員 椎葉 充晴

1. 序論

1896年の河川法制定以降の治水対策は、連続堤防とダムなどによって計画規模の洪水を河道内に閉じ込めるための河道対策・流域対策を中心として、一定の成果を挙げてきたといえる。

しかし全ての河川において洪水を河道に閉じ込めるだけの施策を行うには膨大な時間と費用がかかるため、事業の途中段階では目標規模より小さな洪水であっても氾濫被害が発生する可能性がある。さらに計画規模の洪水への対策が完了しても氾濫の可能性がなくなるわけではない。そこで流域の治水水準の時間軸上での変化を明確に把握し、段階施工計画を策定する研究[1]も行われてきた。

以上の事をふまえて治水計画を考えると、一旦氾濫が起こった際の被害の軽減方法について考えておく必要があると言える。そこで本研究では特に市街地での壊滅的な危機への対策として考えた場合の氾濫原対策の設計手法を提示することを目的とする。

2. 氾濫原対策の必要性

2.1 洪水流対策

洪水流対策は安全度を上げるにはより強固な施設の建設が必要で施設規模が大きくなってしまいうために実際の施工に多大な経費と時間がかかってしまうという側面を持っている。事業の途中段階では目標規模より小さな洪水であっても氾濫被害が発生する可能性もあり、その治水効果の低い時期が長期に渡るという問題点がある。計画規模の洪水の対策が完了しても被害が生じる確率を完全にゼロにすることは不可能であるため、氾濫の可能性がなくなるわけではない。

2.2 氾濫原対策を含む治水計画

前節に挙げたような諸問題に対して総合治水対策(1977年、河川審議会)が答申されて以降、洪水流対策の不十分な点を氾濫原対策で補い、流域全体で治水事業に取り組むことができるように治水計画方針の転換が求められていると考えられる。

2.3 被害の定義と定式化

河道対策が地域の特性や社会的公平性の見地から定められる外力レベルまで実施されているとすると、氾濫原対策はそれを超える外力が生じた場合への対応や何らかの原因で河道対策が当初の安全度レベルを保証できなかった場合のセーフティーネットの役割を担う。その場合は被害が生じて、それが壊滅的な被害にならないようにする施策が重要になり、人命の安全度が目的になる。本研究では、氾濫原対策の目的を、氾濫が生じ

た場合に、避難可能性を担保することと捉えた場合の、施策設計法を考えることにする。

本研究では、避難する事が必要であるにもかかわらず、避難を達成する事ができなかった人の数を人的被害として定義する。その上で避難可能な氾濫流条件をあらかじめ求めておくことができれば、上の問題は氾濫流の状態を避難可能な状態を満足するように制御する問題に帰着することができる。そこで研究では解くべき問題を以下のように定義する。

$$C(\mathbf{x}) \rightarrow \min$$

subject to

$$Pr(h_{mn} \geq h_{mn}^0) \leq K$$

ただし $\mathbf{x}$: 対策(複数の施策が組合わされたものであるためベクトルとして考える)、 C : 対策 $\mathbf{x}$ に必要な費用 h_{mn} : 対象領域内のメッシュ (m, n) の危険度、 h_{mn}^0 : メッシュ (m, n) の危険度の制限値、 Pr は確率を表す。 K : 制限値 $(0 < K \leq 1)$ となる。もちろん制約条件の左辺の確率は降雨規模によっても変動することは明らかである。適切に P_r を把握するためには無害流量とされる確率規模から超過洪水とされる確率規模までのうち代表的な確率規模のハイドログラフをいくつか抽出して検討対象とし、各ハイドログラフについて破堤箇所を複数ケース考えて氾濫ケースを網羅しておくことが望ましい。しかしそれには多大な労力を伴うため、本研究では、対象ハイドログラフを1つの降雨パターンに絞っても手法の適用性を評価すること自体には差し支えがないと考えて、1つの降雨パターンだけを対象にする。

3. 氾濫原対策の効果把握モデル

3.1 氾濫解析手法の種類

代表的な解析手法に大きく区分すると、デカルト座標系モデル・一般曲座標系モデル・非構造格子モデル・街路ネットワークモデルの4つに区分される。

3.2 本研究に用いる氾濫解析手法

本研究では氾濫流は平面二次元非定常とし、浅水方程式を基礎式としたデカルト座標系において氾濫解析法を用いる。この氾濫解析により得られた氾濫原内の浸水深と氾濫流の流速などの氾濫流特性を元に可能な氾濫原対策を提案し、検討していく。

3.3 氾濫解析から得る指標

本研究で検討する施策オプションは、氾濫時における住民の避難可能性の向上を一つの目的としたもので

ある。氾濫外力に起因する指標のうち、氾濫流到達時間・最大流速・最大浸水深・氾濫継続時間・浸水面積などが避難可能性に影響を与える指標として考えられる。これらの指標は全て(3.1)節の氾濫解析から得ることができる。実際にこれらの指標から避難可能性を決定する場合、各指標において避難を不可能とする値を定義すればよい。

5. 適用と考察

5.1 新川破堤による外水氾濫解析

名古屋の中心市街地である名古屋市区周辺の新川流域を対象とする。当地域は2000年9月に起きた東海豪雨災害で深刻な洪水被害を被った地域である。3.1節に示したデカルト座標系モデルによって、新川流域の氾濫解析を行う。

5.2 避難可能性の決定

対象とする氾濫原において氾濫解析を行い、各メッシュにおける氾濫外力の挙動を示す指標をいくつか得る。これらの指標のうち浸水深、流量フラックスを元に避難可能性を考察していく。

まず各メッシュについて避難困難度を定めた。これは各メッシュにおいて得られた浸水深と流速の値双方を考慮して各メッシュが避難可能(移動可能)かどうかを示すものである。避難困難度は全タイムステップで不可能、可能そして困難の3段階で評価した[2]。これらの関係を表1に示す。

	$1.0 \leq h$	$0.5 \leq h < 1.0$	$h < 0.5$
$1.0 \leq V$	不可能	不可能	困難
$0.5 \leq V < 1.0$	不可能	困難	可能
$V < 0.5$	困難	可能	可能

表1 避難困難度と水理量

5.3 考察

表1に従って対象領域を不可能・可能・困難の3つのエリアに区分して避難困難度を示す。破堤60分後の対象領域の避難困難度を図1に例示する。この避難困難度を用いて各メッシュより避難ポイントへのまでの避難可能性を調べた。簡単のため氾濫原は平地とし実際の地理、施設を考慮せず考察を進めた。さらに氾濫が発生した段階で全ての人々が任意に設定した避難ポイントに向けて避難するとし、避難速度は一律で一分間に50mとし、各メッシュから避難ポイントへの避難経路は一通りとした。上記の条件で避難者が避難ポイントを目指して各メッシュから避難を開始する。その途上で表1に定義した『困難』・『不可能』の状態にあるメッシュに差し掛かった場合、そのメッシュからの避難は不可能と定める。『困難』・『不可能』の状態にあるメッシュに差し掛かることなく、避難ポイントまでたどり着くことができる場合はそのメッシュからの避難を可能と定める。このように全対象領域内の各メッシュの避難可能性を定める。図2に避難可能性の具体例を示す。

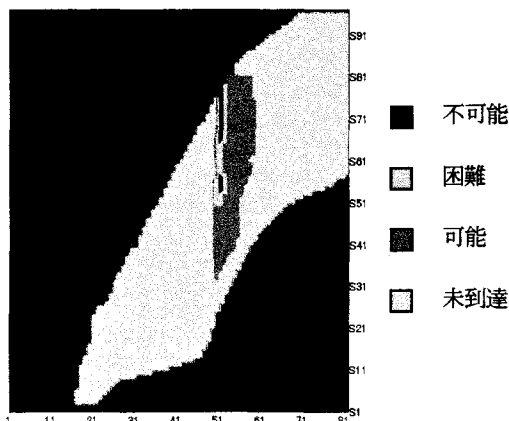


図1 破堤60分後の避難困難度

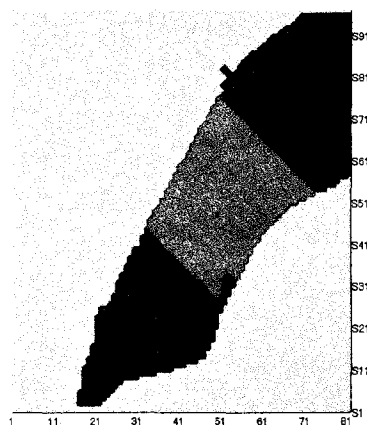


図2 避難ポイント(50,50)

破堤点の座標は(50,81)とし、図中に黒×印で示している。なお、図の上には想定した避難ポイントの座標を黒点で示した。黒点の周囲のエリアは避難可能なエリアで、濃いグレーのエリアは避難不可能なエリアである(それ以外のエリアは計算領域外)。

6. 結語

本研究では氾濫解析から得たデータを元に、避難可能性を確保する氾濫原内治水対策を提示する手法を検討した。今後の課題を以下に挙げる。①さまざまな施策による氾濫流特性の変化を、氾濫解析で明らかにする方法を検討する。②氾濫流特性から避難可能性を決定する際により詳細な検討をし、実際に即した避難可能性の決定手法を提示する。また多数の氾濫ケースによる氾濫解析を行い、確率的な考え方を避難可能性決定の際に取り入れる。③GA・SQG両手法を用いた最適化手法のモデルを作成して両手法を比較検討する。

参考文献

- [1] 堀智晴、池淵周一、小尻利治：氾濫確率を安全度指標とした治水システムの策定法、1987
- [2] 平成13年度 新治水計画検討業務報告書、(財)防災研究協会、2002