

氾濫解析技術の課題から見た洪水災害リスクの考察

エンジニアリング本部 防災・環境解析部

梅津 貴弘

齊藤 憲一郎

1. はじめに

河川の氾濫による危険性を示す洪水ハザードマップ(浸水想定区域図)は、全国の河川で作成が進められている。氾濫による危険性は、氾濫解析を基本データとして評価されており、一般的な想定条件は計画降雨(河道計画において基本高水の設定規模の降雨)を想定して氾濫解析を行う。

一方、近年では想定を上回る被害となる事例が多くみられる。

想定被害を上回る要因としては、過去に例のない局地的豪雨や、最大級でなくとも、長期に大雨が継続していることが一因として挙げられる。

例えば、2011年に発生した台風12号(2011年8月30日～9月6日)は、紀伊半島を中心広い範囲で総降水量1000mmを超えた。奈良県上北山村上北山で最大72時間降水量が1652.5mmになったのをはじめ、北海道から四国地方にかけての多くの地点で降水量が観測史上1位を更新した。このため、多くの地点で土砂災害、浸水、河川氾濫等の水害が発生した¹⁾。

また、2010年7月5日には東京都練馬区、板橋区、北区を中心に局地的豪雨が生じた。北区堀船周辺では石神井川が氾濫し、浸水被害が生じた。また、石神井川流域で氾濫箇所に近い板橋区では最大時間降水量が107mmを記録した²⁾。石神井川の整備計画では時間雨量50mmを想定して

いるが、計画よりはるかに大きな降雨が生じていた。

ハザードマップ作成において、対象とする洪水は一つの降雨波形による想定である。近年の事例では、計画降雨を超える規模の降雨や、短時間集中豪雨にみられるように、ハザードマップの想定以上の現象が生じていると考えられる。

これらの現象に応じた対策を検討するには、様々な条件を検討する必要が考えられる。一般的な想定条件の計画降雨ケースだけではなく、想定以上の規模や、近年多発している特異な事例について検討し、被害リスクを推計していくことが必要と思われる。

2. 泛濫解析モデルの概要

2.1 泛濫解析の手順

洪水ハザードマップ(浸水想定区域図)を作成するにあたって、基本となる泛濫解析の主な作業手順は図1に示すとおりである。泛濫解析は、地形条件の精度、外力条件の考え方によって、結果が大きく変わってくる。

2.2 モデル概要

泛濫解析に用いるモデルは「泛濫シミュレーション・マニュアル(案)³⁾に基づいて行う。マニュアルに準拠したモデルのフローを図2に示す。

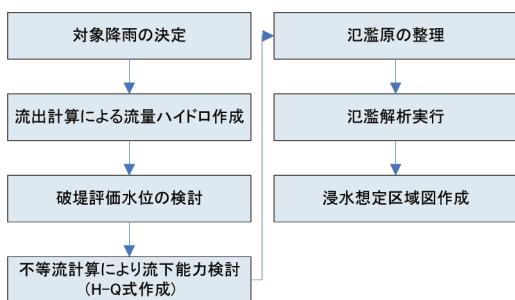


図1 洪溢解析の手順

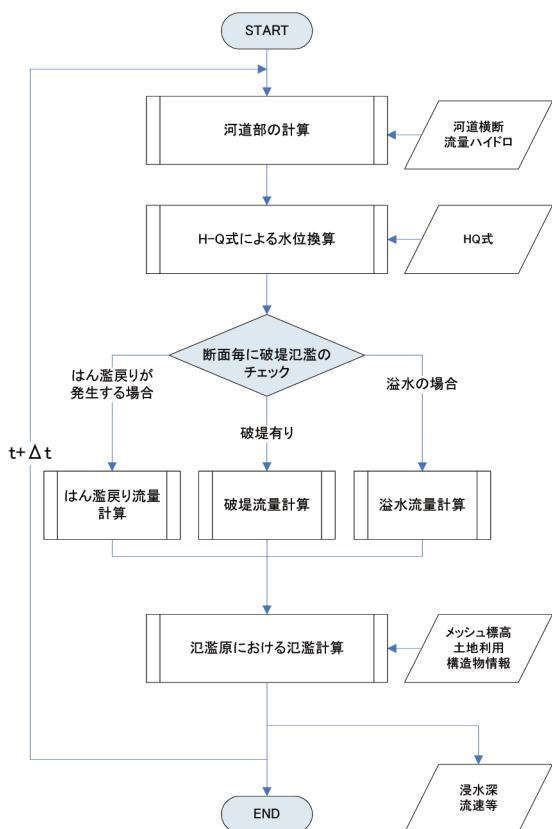


図2 洪溢解析のフロー

洪溢解析は図2に示す通り、河道部の計算と氾濫原の計算および破堤・溢水流量の計算の組合せで行われる。

洪溢解析モデルの各計算部分の主な機能は表1に示すとおりである。

また、計算に必要な主な入力情報を表2、出力情報を表3に示す。

表1 洪溢解析モデルの主な機能

項目	内容
河道の解析	1次元不定流による計算。河道から氾濫原への破堤流量、溢水流量による流量低減を考慮。 氾濫原から氾濫水の河道への戻りによる流量増加を考慮。
氾濫原の解析	メッシュ区分にして、河川からの破堤流量、溢水流量による氾濫水の拡散を2次元不定流によって計算。
破堤流量の計算	河道断面位置におけるメッシュ水位と河道水位(H-Q換算)から越流式により算出。

表2 主な入力情報

項目	内容
標高	地形データよりメッシュ標高値を作成。(中小河川では50m程度)
粗度係数	土地利用状況によって設定。 計算時は浸水深の影響を考慮。
流量ハイドロ	対象降雨より、流出計算を行い作成。
構造物	盛土や樋門、樋管等氾濫水の拡散に影響のある施設を考慮する。
河道	最新の測量情報を使用。流下能力を整理し、破堤箇所の選定や氾濫計算での河道部の計算に使用。
堤防	堤防の状況に応じて、破堤評価水位を作成。

表3 主な出力情報

項目	内容
浸水深	最大浸水深および時系列の計算結果。
流速	最大流速、時系列の流速および流向の計算結果。
洪水到達時間	破堤氾濫または溢水氾濫が発生してから、氾濫水が到達するまでの時間。
流体力	浸水深×流速×流速で示される物理量。 家屋倒壊等の危険度評価に使用される。

2.3 モデルの特徴および課題

洪溢解析モデルの特徴は以下の通りである。

- ・破堤条件を満たす断面全てを破堤対象箇所とし、1 ケースの計算につき、破堤地点は 1 箇所として計算。
- ・全ての破堤ケース結果よりメッシュ毎に最も大きい浸水深値を採用することで、氾濫原全ての大規模のリスクを評価する。

- ・対象洪水降雨は計画降雨として設定。
- ・外水氾濫を対象とし、内水氾濫は考慮しない。
(小排水路を考慮する場合あり)
- ・氾濫後、河道への戻りを考慮する。

洪水災害リスクを検討する際の課題としては、以下の点が挙げられる。

- ・洪水ハザードマップ(浸水想定区域図)では一つの洪水波形を対象としているため、氾濫解析は1パターンについての結果のみとなる。
- ・降雨波形の作成は、過去データ(計画対象降雨など)もしくは降雨強度式を用いて算出する。これらは、過去に生じた事例であり、定型(中央集中型等)の降雨波形であるため、近年頻発している、局地的豪雨や記録的な大雨のような現象が想定されていないことが多い。

2.4 ケーススタディの条件

一般的な想定条件を超える場合の洪水による浸水状況をみるため、本検討では、近年多発している一般的な想定条件を超える降雨条件において氾濫解析を実施し、一般的な想定条件との比較検討することとした。

ケーススタディとしては以下の2点について検討することとした。

- ①総雨量が想定条件を超える場合(計画降雨の長期化)
 - ②ピーク雨量が想定条件を超える場合(計画降雨を超える短期集中豪雨)
- ①については、長期的な降雨による堤防破壊のリスクが考えられるため、破堤を考慮するケース内容とした。

②については、短期的な降雨であり、急激な水位上昇によるリスクを考えるため、破堤が生じないものとして、溢水のみによるケース内容とした。

それぞれのケース内容は表4、5のとおりである。また、各ケースで設定した流量ハイドロ(下流区間)を図3に示す。

表4 計画降雨の長期化ケースの内容

No.	内容
①-1	一般的な想定条件。 中央集中型ハイドロ(流量I)。 破堤あり。
①-2	総雨量が①-1を超える規模の降雨を想定。 ピーク流量を継続し、基本型の2倍の降雨量を想定(流量II)。 破堤あり。

表5 短期集中豪雨ケースの内容

No.	内容
②-1	一般的な想定条件。 中央集中型ハイドロ(流量I)。 破堤なし。
②-2	ピーク雨量が②-1を超える規模の降雨を想定。 総降雨量は基本型と同じ、ピーク時に降雨量が1.5倍程度になる波形を想定(流量III)。 破堤なし。

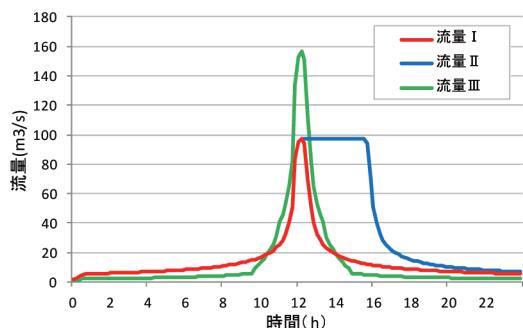


図3 流量ハイドロ(下流区間)

これらの検討を行うために、図4に示す氾濫原において、氾濫解析を行うこととし、主な計算条件は表6に示す通りである。

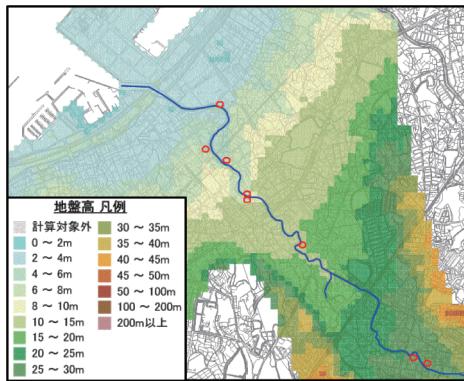


図4 地盤高(赤丸:破堤想定位置)

表6 主な計算条件設定

項目	内容
標高データ	LPデータより50mメッシュ標高値を作成。 解析範囲: 4km × 3km
流量ハイドロ	中央集中型降雨量条件より作成。 (基本型)
河道条件	100m間隔で横断面を設定。
破堤条件	河川水位が破堤水位(堤防高-余裕高)を超えた場合。
溢水条件	河川水位が堤防高を超えた場合。
土地利用	国土交通省のデータより設定。
建物占有率	国土地理院のデータより設定。

3. 結果と考察

3.1 泛濫解析の結果

各ケースの計算結果(最大浸水深、洪水到達時間)を以下に示す。

表7 泛濫解析結果出力項目

項目	内容
最大浸水深	氾濫源の各メッシュにおいて、各破堤点全てのケースの計算結果(浸水深)を比較し、最大包絡として作成。
洪水到達時間	破堤氾濫または溢水氾濫が発生してから、氾濫水がそれぞれのメッシュに到達するまでの時間。

<ケース①について>

- ・①-1、①-2 共に同じ位置で破堤が発生した。破堤位置については図4の位置で発生した。
- ・溢水氾濫は降雨波形がピークとなる約 30 分前から発生した。

・中流、上流域は標高差が大きく、氾濫原が小さい地形のため、浸水範囲が似る結果となった。下流域は平地であり、氾濫原が広域で氾濫水が拡散しやすい形状である。そのため①-1と比較すると、①-2 では氾濫流量が多い分、浸水範囲(浸水メッシュ数)は約 2 倍となった。特に 0.5m~1.0m 未満区域、1.0m~2.0m 未満区域では約 2.7~4.0 倍となり、浸水域が広がるとともに、浸水深が深くなる傾向となった。

・降雨波形がピークとなる約 20 分前から氾濫が発生した。

・洪水到達時間について、0~20 分の浸水範囲は降雨波形がピークに到達する前であり、到達時間は同じ傾向となった。また、①-2 については、下流域での浸水範囲が広く、最遠では 2 時間以上の時間を要する結果となった。

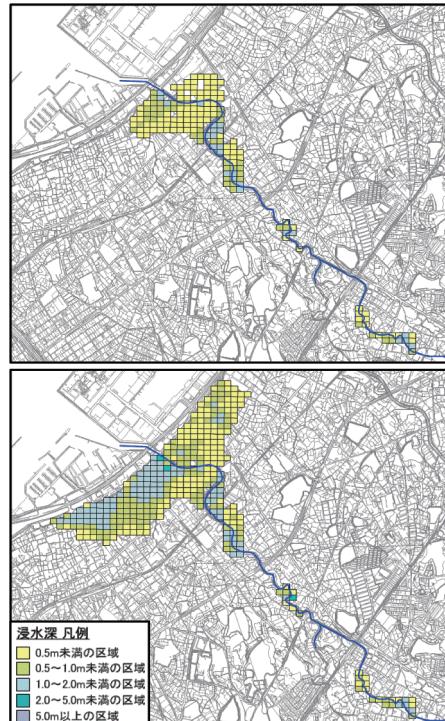


図5 最大浸水深(上:①-1 下:①-2)

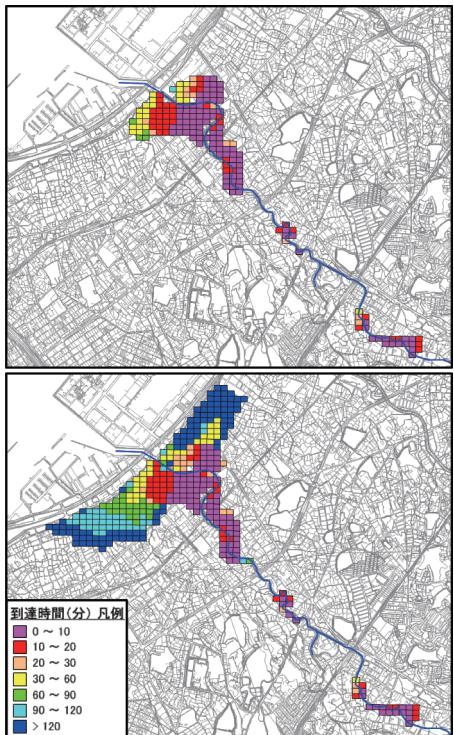


図6 洪水到達時間(上:①-1 下:①-2)

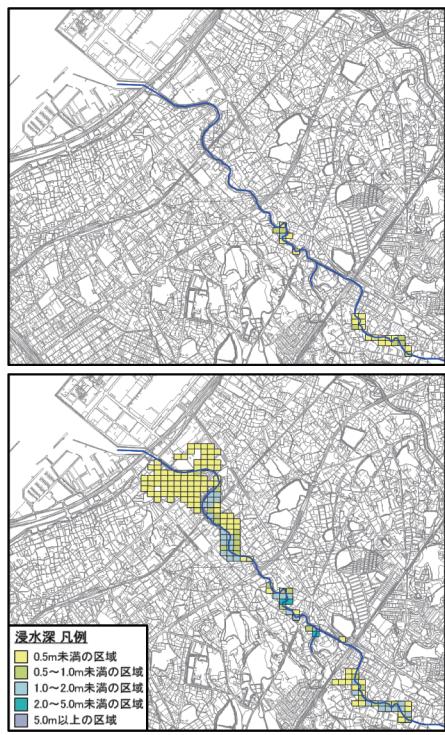


図7 最大浸水深(上:②-1 下:②-2)

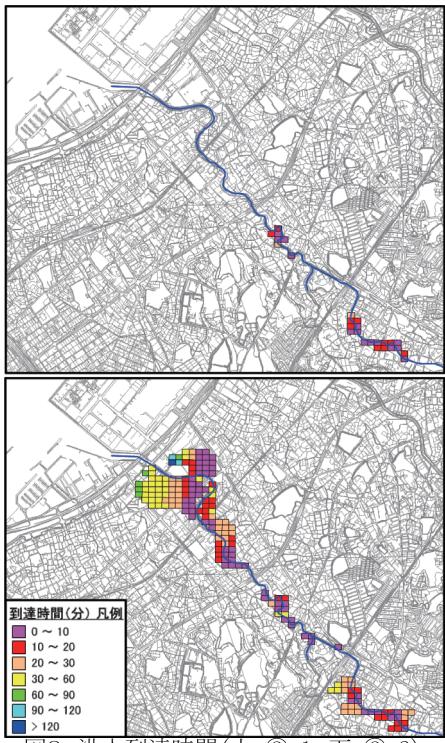


図8 洪水到達時間(上:②-1 下:②-2)

<ケース②について>

- ・②-1 の通常の降雨波形では、下流域では浸水が起らなかった結果となった。つまり、下流域では築堤による効果が十分にある河川であると考えられる。
- ・②-2 のような集中豪雨により、河道内水位が急激に上昇することにより、築堤区間においても溢水氾濫が発生することが分かった。
- ・②-2 の浸水範囲は、破堤した場合(①-1)と同等の範囲まで広がる結果となった。到達時間も 10 分以内の範囲が②-1 に比べて 4 倍以上に増え、早期避難の重要性が問われる結果となった。

3.2 考察

総雨量が計画降雨を想定したケースの 2 倍の雨量とした場合、氾濫流量が大きくなることから、平地である下流域で氾濫水が広がり、浸水域が約 2 倍となった。また、浸水深が 0.5m 以上の浸水域に限ると 2.7 倍以上となる結果となった。0.5m 以上の浸水は床上浸水に該当する⁴⁾。よって、降水量が増えることにより、浸水域が広がるリスクは大きくなるが、それ以上に、床上浸水のリスクが大きくなる可能性があると考えられる。

短期集中豪雨が生じた場合は、破堤を想定していないにも関わらず、計画降雨では氾濫が生じていなかつた箇所で、溢水氾濫が生じる結果となつた。

降雨が短期に河川に集中しやすい中小河川では、降雨に伴い急激な河川の水位上昇があり、築堤部においても溢水が生じる可能性があることが考えられる。また、到達時間が 10 分以内の範囲が計画を想定したケースの 4 倍以上に増えることから、避難の早期判断が必要になると考えられる。

4.まとめ

洪水ハザードマップ(浸水想定区域図)を作成するための氾濫計算を行うには、計画降雨等の 1 洪水パターンで評価していたが、近年、想定外の豪雨が多発している。そのため、一般的な想定条件に対して想定以上の豪雨が生じた場合のリスクの違いを検討した。

ケーススタディは、一般的な想定の降雨条件と想定以上の降雨条件について氾濫解析を行い、総雨量が既往最大の降雨(総降雨量 2 倍、破堤有り)、短期集中の降雨(総降雨量は同じ、破堤無し)

の 2 パターンそれぞれについて検討を行った。

どちらのケースも、一般的な想定条件では浸水しないエリアに浸水することとなり、浸水想定区域図や洪水ハザードマップに記載されている以上のリスクが内在する可能性があることがわかつた。

今後は、リスク管理の視点からすると、降雨条件を様々な状況における影響可能性を検討していく必要があると考えられる。

加えて、浸水域・浸水深の精度を上げるために、メッシュサイズを小さくし、微細な地形や粗度を表現していくことが必要と考えられる。

また、氾濫原にある小河川や小排水路は、満杯として氾濫水の拡散には影響しないとすることが多いが、短期降雨の場合は、水位が満杯まで達していないことも考えられる為、これらを考慮すると浸水リスク箇所の移動が考えられる。より精度を上げるために、降雨条件に応じて、小河川等の氾濫原内の前提条件も検討していくことが今後の課題として重要と考える。

＜参考文献＞

- 1) 「災害をもたらした気象事例(平成 23 年台風第 12 号による大雨)」(気象庁、2011)
http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosa_i/report/new/jyun_sokuji20110830-0906.pdf
- 2) 「平成 22 年 7 月 5 日石神井川豪雨における MP レーダを活用した水防活動」(防災科学技術研究所研究報告 第 79 号、2012 年 1 月)
- 3) 「氾濫シミュレーション・マニュアル(案)」(土木研究所資料、建設省土木研究所、平成 8 年 2 月)
- 4) 「治水経済調査マニュアル(案)」(国土交通省河川局、平成 17 年 4 月)