

調査編

第7章 氾濫解析

目次

第1節	総説	1
第2節	氾濫域調査	1
第3節	外水氾濫解析	3
3.1	総説	3
3.2	外水氾濫解析モデルの選定	3
3.3	外水氾濫の計算条件の設定	5
第4節	内水氾濫解析	10
4.1	総説	10
4.2	内水氾濫解析モデルの選定	11
4.3	内水氾濫の計算条件の設定	11
第5節	氾濫解析結果の活用	12
5.1	総説	12
5.2	洪水浸水想定区域図	12
5.3	リアルタイム氾濫シミュレーション	13
5.4	内水処理計画の策定	14

令和4年6月 版

適用上の位置付け

河川砂防技術基準調査編は、基準の適用上の位置付けを明確にするために、下表に示すように適用上の位置付けを分類している。

分類		適用上の位置付け	末尾の字句例
考え方	技術資料	●目的や概念、考え方を記述した事項。	「…ある。」「…いる。」 「…なる。」「…れる。」
必須	技術基準	●法令による規定や技術的観点から実施すべきであることが明確であり遵守すべき事項。	「…なければならない。」「…ものとする。」
標準	技術基準	●特段の事情がない限り記述に従い実施すべきだが、状況や条件によって一律に適用することはできない事項。	「…を標準とする。」 「…を基本とする。」 「…による。」
推奨	技術資料	●状況や条件によって実施することが良い事項。	「…望ましい。」 「…推奨する。」 「…務める。」 「…必要に応じて…する。」
例示	技術資料	●適用条件や実施効果について確定している段階ではないが、状況や条件によっては導入することが可能な新技術等の例示。 ●状況や条件によって限定的に実施できる技術等の例示。 ●具体的に例示することにより、技術的な理解を助ける事項。	「…などの手法（事例）がある。」 「…などの場合がある。」 「…などが考えられる。」 「…の場合には…ことができる。」 「…例示する。」 「例えば…。」 「…事例もある。…もよい。」

関連通知等	関連する通知やそれを理解する上で参考となる資料
参考となる資料	例示等に示した手法・内容を理解する上で参考となる資料

第7章 氾濫解析

第1節 総説

<考え方>

本章では、氾濫解析に必要な技術的事項を定める。

氾濫解析は、河川からの氾濫水や降雨・流出水等により生じる氾濫現象（氾濫範囲や浸水深・氾濫流速等）を再現・予測することにより、被害の想定や水害対策、避難方法、盛土構造等流域内地形の氾濫流制御効果等の検討に資することを目的とするものである。

従来より、氾濫現象は、堤防の決壊や越流により生じた河川氾濫水が地形等の影響を受けながら流下・拡散する現象と、堤内地に集まった雨水や下水等が排水機能を上回り湛水する現象に分類され、前者を「外水氾濫」、後者を「内水氾濫」とする。

氾濫解析は、河川からの氾濫水（外水）や降雨・流出水等（内水）により生じる氾濫範囲や浸水深・氾濫流速等を再現・予測するものであり、以下の項目より構成される。

- 1) 氾濫域調査
- 2) 外水氾濫解析
- 3) 内水氾濫解析

<参考となる資料>

「外水」、「内水」の定義は「河川用語集」、国土技術政策総合研究所の下記のサイト・資料が参考となる。

URL:<http://www.nilim.go.jp/lab/rcg/newhp/yougo/>.

<標準>

氾濫解析に当たっては、氾濫現象の特徴や検討目的に適した解析モデルの選定及び計算条件の設定を行うとともに、解析モデルの検定や設定した計算条件による再現性に関する検証を行い、精度を確認した上で、解析を実施することを標準とする。

解析モデルの検定としては、理論解との比較や水収支の確認等から、また、再現性に関しては既往の研究や過去の浸水実績との比較から検証する。

<推奨>

実際の浸水現象においては、外水氾濫と内水氾濫、降雨流出、下水道排水等の現象が複合しているのが一般的である。このため、氾濫解析においては、解析対象とする実現象の本質的特徴を捉えるという方向で解析モデル（要素モデル）を組み合わせることにより、実務上可能な限り実現象に忠実な解析を行うことを推奨する。

氾濫を含め降雨流出、河川内洪水流、下水道管路内の水理現象等は、近年要素モデルとして開発が進むとともに、オブジェクト指向のプログラム言語やそれらを利用したプラットフォームの普及により、これら要素モデルを組み合わせた統合化モデルの構築が比較的容易になってきている。

<参考となる資料>

たとえば、CommonMP は、国土技術政策総合研究所の下記のサイト・資料が参考となる。

- 1) URL:<http://framework.nilim.go.jp/>.

第2節 氾濫域調査

<考え方>

氾濫域調査は、氾濫解析モデルの選定、計算条件の設定、再現性の検証等に必要データ

の収集を目的としたものである。

<標準>

氾濫域調査では、河川における洪水の水理解析に用いる資料（水文資料を含む）のほか、主に地盤高（線的地形、構造物）、土地利用、下水道・排水路、地下空間・流域貯留施設、浸水実績等について、検討目的に応じて調査項目、調査範囲、調査方法を適切に設定するとともに、必要に応じて施設管理者の協力を得ることにより効率的に実施することを標準とする。

なお、河川における洪水の水理解析に用いる資料は、第3章 水理解析 第2節 流出解析 及び第5章 河川における洪水流の水理解析 に従うものとする。

<参考となる資料>

氾濫域調査は、踏まえるべき観点等について下記の資料が参考となる。

- 1) 土木学会水理委員会：水理公式集 [2018年版]，pp. 240-250，丸善出版，2019.

洪水の水理解析は、下記の資料が参考となる。

- 2) (財)国土技術研究センター：河道計画検討の手引き，山海堂，2002.

<推奨>

氾濫解析の精度向上を図るためには、氾濫域や浸水深・流速の時間変化についても再現性を検証できることが望ましい。このため、浸水深計の設置による浸水深の時間変化の計測、画像解析による流速の計測、衛星データ等を利用した氾濫域の時間変化の把握等、検証データの収集についても検討することを推奨する。

<例示>

主な調査項目について、調査方法を以下に例示する。

1) 地盤高

地盤高データは氾濫水の挙動を的確に予測・再現できるよう、想定される氾濫域全体を包含する範囲においてデータを読み取る。地盤高は、基盤地図情報数値標高モデル (DEM5A 等)、都市計画図、国土基本図や活用できる場合は LP (航空レーザ測量) データを利用して、計算格子点の地盤高として設定する。また、道路や鉄道、二線堤等連続した盛土地形や、これらに設けられたボックスカルバートやアンダーパス等通路も氾濫水の挙動に大きく影響するため、連続盛土地形の線形や地盤高さ、ボックスカルバート等の位置、諸元 (幅、高さ) について把握する。

2) 土地利用

土地利用データは、氾濫解析における底面粗度や氾濫水の透過率等を設定する上で必要なデータであり、数値地図 2500 (空間データ基盤) 等信頼性の高い資料を活用する。また、近年の土地利用に関する資料が得られない場合は空中写真や現地調査により把握する。

3) 下水道・排水路

下水道・排水路は、氾濫水や内水を排除するものであり、特に内水氾濫においては、これらが氾濫現象に大きく影響する。下水道・排水路の施設特性や排水能力を把握するためには、マンホールの位置・諸元、管路や側溝等の諸元・敷設位置、排水ポンプの諸元・操作規則・排水先河川等の諸元等について調査し、排水系統として総合的に把握する。

4) 地下空間・流域貯留施設

氾濫区域内に地下空間や流域貯留施設等があり、これら施設への流出入を考慮する場合は、氾濫区域内に存在する地下空間等の規模、出入口等氾濫水の流出入位置や流出入口の諸元を把握する。

5) 浸水実績

浸水実績の調査では、痕跡調査や聞き取り調査から過去に生じた氾濫の範囲や浸水深等の把握を行う。なお、調査結果は、当該浸水を再現するための発生時の地形、降雨、河川水位等のデータを併せて整理しておく。

6) 河川における洪水の水理解析に用いる資料

河川における洪水の水理解析に用いる資料は、「第5章 河川における洪水流の水理解析」に従うものとするが、中小河川については、河道縦横断測量データを取得していない場合があることから、その場合には、航空レーザ測量データを収集して河道断面データを作成する。なお、通常時の水深が比較的大きい河川において、水面下の計測データが無いものを使用すると、河道断面積が著しく過小評価になるおそれがあることから、その場合には、グリーン・レーザ測量等により補正する。

<参考となる資料>

- 1) 国土交通省国土地理院：数値地図 2500（空間データ基盤）。
- 2) (財)日本建設情報総合センター：100m四方メッシュ延床面積データ。
- 3) 国土交通省国土地理院：基盤地図情報数値標高モデル。

第3節 外水氾濫解析

3.1 総説

<考え方>

外水氾濫は、堤防の決壊や越流等により生じた氾濫水が地形等の影響を受けながら流下する現象であり、氾濫水の運動方程式を解くことが氾濫解析の主要な課題となる。このため、解析に当たっては、解析目的や対象とする氾濫現象の特徴を踏まえて基礎方程式、離散化手法を選定するとともに、氾濫域特性に応じた計算条件を設定することが重要である。また、氾濫解析においては、河道内の流況計算と氾濫解析を並行して行うことにより、河道と堤内地において氾濫流量をやり取りし、互いに整合性を確保する。

計算の精度は空間メッシュのサイズの細かさや計算時間間隔に依存するが、これらは計算時間とトレードオフの関係になるため、解析目的に必要な精度や利用できる計算機の能力等を踏まえた上で適切な組合せを設定することが重要である。

3.2 外水氾濫解析モデルの選定

<標準>

外水氾濫解析モデルの選定においては、以下を標準とする。

1) 基礎方程式

外水氾濫は基本的に運動量を有する氾濫水が二次元的に流下・拡散していく現象であり、また浸水深とともに流速ベクトルも重要な情報となるため、基礎方程式には移流項を含む2次元不定流方程式(7-3-1)を用いることを標準とする。この方程式は、浅海域における高潮や津波の解析と同じ基礎方程式であり、海面のせん断力や海底地形変化を設定することにより、

高潮や津波の解析に使用することができる。

ただし、谷底平野における河川氾濫による次元性の強い氾濫の場合に次元方程式を用いること、氾濫形態が窪地への貯留等で流速が問題にならない場合に移流項を含まない線形方程式を用いること、河川水位が堤防天端を越え河川水位と堤内地の水位が同程度となって相互に干渉しながら流下する氾濫形態の場合には、河道と堤内地を一体で解析する手法を採用すること等、氾濫の形態に応じて他の基礎方程式を用いることを妨げない。

$$\frac{\partial Q_x}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q_x^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{Q_x Q_y}{h} \right) + gh \frac{\partial(h+z)}{\partial x} + gn_x^2 \frac{\sqrt{Q_x^2 + Q_y^2}}{h^{7/3}} Q_x = 0$$

$$\frac{\partial Q_y}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q_x Q_y}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{Q_y^2}{h} \right) + gh \frac{\partial(h+z)}{\partial y} + gn_y^2 \frac{\sqrt{Q_x^2 + Q_y^2}}{h^{7/3}} Q_y = 0$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial Q_x}{\partial x} + \frac{\partial Q_y}{\partial y} = q_{in} - q_{out}$$

(7-3-1)

Q_x , Q_y : x 方向及び y 方向の単位幅流量、 h : 浸水深、 z : 地盤高、 n_x , n_y : x 方向及び y 方向の底面粗度、 q_{in} : 降雨、マンホールからの逆流等、 q_{out} : 下水道・排水路への排水等、 g : 重力加速度

2) 離散化手法

差分法、有限体積法、有限要素法等を使用することを標準とする。特に複雑な地形や家屋・構造物の配置等を反映する必要がある場合には、非構造格子による離散化手法（有限体積法、有限要素法等）を使用するか、地形等に応じて十分小さく設定した空間メッシュにより差分法を使用することとする。

< 推 奨 >

- I. 河川水位が堤防天端を越え河川水位と堤内地の水位が同程度となって相互に干渉しながら流下する氾濫形態の場合には、河道と堤内地を一体で解析する手法を採用することが望ましい。
- II. 谷底平野における次元性の強い流下型氾濫の形態を呈する中小河川については、次元不等流計算による手法を採用することができる。

< 参考となる資料 >

氾濫解析モデルは、下記資料が参考となる。

- 1) 土木学会水理委員会：水理公式集 [2018 年版]，pp. 237-250，丸善出版，2019。

堤防の決壊や越流等により生じた氾濫水が水位差をもって拡散氾濫する場合の氾濫解析モデルについては、下記資料が参考となる。

- 2) 国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課 水防企画室 国土技術政策総合研究所 河川研究部 水害研究室：洪水浸水想定区域図作成マニュアル（第 4 版），2015（2017 部分改定）。

河川水位が堤防天端を越え河川水位と堤内地の水位が同程度となって相互に干渉しながら流下する氾濫形態の場合の氾濫解析モデルについては、下記資料が参考となる。

- 3) 田端 幸輔, 後藤 岳久, 竹村 吉晴, 酒匂 一樹, 福岡 捷二: 令和2年7月球磨川豪雨における洪水流と氾濫流の一体解析による人吉市街地と狭隘区間の集落の被害分析, 河川技術論文集, 第27巻, 2021年6月

離散化手法は、下記資料が参考となる。

- 4) 小林敏夫 編: 数値流体力学ハンドブック, 丸善出版, 2003.

谷底平野における一次元性の強い流下型氾濫の形態を呈する中小河川の氾濫解析モデルについては、下記資料が参考となる。

- 5) 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課水防企画室 国土技術政策総合研究所河川研究部水害研究室: 小規模河川の氾濫推定図作成の手引き, 2020.

3.3 外水氾濫の計算条件の設定

<標準>

計算条件の設定においては、検討目的や対象とする氾濫現象の特徴に応じてモデル定数や流入条件等を設定することを標準とする。

<例示>

計算条件の設定方法を以下に例示する。

I. 堤防の決壊や越流等により生じた氾濫水が水位差をもって拡散氾濫する場合の氾濫解析の計算条件

1) 流入条件

流入条件は、越流・堤防決壊による流入地点、流入幅を設定するとともに、河川流況条件から流入流量や流向を設定する。河川流況は、河道と氾濫域との流量のやり取りを考慮した一次元不定流解析もしくは準二次元不定流解析により行う方法や、二次元不定流解析等による氾濫域との一体的解析による手法がある。前者の場合は下記等により a)～d) を設定し、後者の場合は、d) 流量ベクトルは一連の解析の過程で求められるが、それ以外の条件は下記等に従い、適切に設定することができる。河川流況の具体的計算方法は第5章 河川における洪水流の水理解析 を参照されたい。

a) 越流・決壊地点

決壊箇所は、発生可能性が高い箇所、危機管理上重要な箇所等検討目的に応じて設定する。なお、発生可能性の高い地点の設定においては、決壊実績から設定するほか、重要水防箇所のうち危険性が高い箇所、地形特性等から見て越流・決壊の危険性が高い箇所（流下能力が低い、旧川締切り箇所、落堀、旧扇状地面と現扇状地面が交差する箇所など）を設定する。また、越流地点は検討対象の洪水位と堤防高を比較し、水位が堤防高を越える箇所及び越流範囲を特定する。

b) 決壊幅・越流幅

決壊幅は過去の実績等から設定するが、実績等がない場合は式(7-3-2)の方法で設定することができる。また、越流幅は、河川水位と堤防天端高の関係から設定する。

<合流点の場合> $B_b = 2.0 (\log_{10} B)^{3.8} + 77$

<合流点以外の場合> $B_b = 1.6 (\log_{10} B)^{3.8} + 62$ (7-3-2)

ここで、 B_b : 最終決壊幅(m), B : 川幅(m)である。

決壊幅の時間的变化についても実績等を参考として設定することを基本とするが、データがない場合は、以下の式(7-3-3)を使用することができる。

$$\begin{aligned} t=0 & \quad B_b' = 0.5B_b \\ 0 < t \leq 60 \text{ 分} & \quad B_b' = 0.5 (1 + t/60) B_b \\ t > 60 \text{ 分} & \quad B_b' = B_b \end{aligned} \quad (7-3-3)$$

ここで、 t : 決壊後の経過時間(分)、 B_b' : ある時刻 t における決壊幅(m)、 B_b : 最終決壊幅(m)である。

c) 決壊部の敷高

堤防決壊部の敷高は実績に従うことを基本とするが、実績値がない場合はその地点の高水敷高若しくは背後地盤高の高い方の値とすることができる。また、決壊後瞬時にその敷高まで決壊するものとして設定できる。

d) 流入地点の流量ベクトル

流入地点の流量ベクトルは、河道内洪水モデルと氾濫解析モデルを二次元不定流による一体的な解析の過程の中で求める方法のほか、河道内水位と堤内地の浸水位との関係から、本間公式(7-3-4)や河道の平均河床勾配(I)を考慮した式(7-3-5)を用いて流入量(Q)及び流向(θ)を設定することができる。

流入量(Q) : 越流堰における越流量 Q_0 は本間公式(7-3-4)により与えられるが、栗城等はさらに河床勾配がある場合の横越流量を本間公式を補正する形で与えている。この場合、式(7-3-4)の h_1 , h_2 は盛土地盤高からの水位とし、 h_1 の方が高いものとする。

$$\begin{aligned} h_2/h_1 < 2/3 \text{ のとき} & \quad Q_0 = 0.35h_1B_b\sqrt{2gh_1} & : \text{完全越流} \\ h_2/h_1 \geq 2/3 \text{ のとき} & \quad Q_0 = 0.91h_2B_b\sqrt{2g(h_1-h_2)} & : \text{潜り越流} \end{aligned} \quad (7-3-4)$$

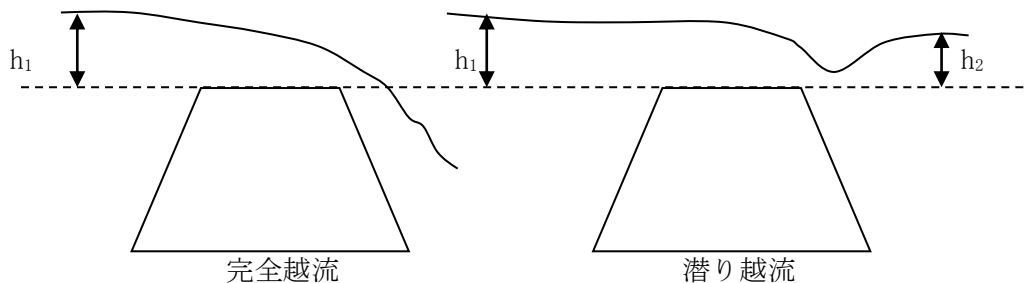


図 7-3-1 越流と本公式の諸元の関係

堤防決壊に伴う氾濫流量

$$\begin{aligned} I > 1/33600 \text{ の場合} & \quad Q = \{0.14 + 0.19\log_{10}(1/I)\}Q_0 \\ 1/33600 \geq I \text{ の場合} & \quad Q = Q_0 \end{aligned} \quad (7-3-5)$$

$$\text{越流に伴う越流量 } Q = Q_0 \quad (7-3-6)$$

また、横越流堰の越流量は、多くの研究者が実験と理論から越流量式を提案しており、たとえば、鬼束等(2007)は、堤防を考慮した台形断面水路での実験結果から以下の式を提案している。ここで、 q ：単位幅越流量、 C_M ：流量係数、 h ：堰上流河川水位、 S ：堰高、 T ：水面幅、 L ：堰長、 m ：側壁勾配、 Fr_1 ：上流側フルード数、 g ：重力加速度である。

$$q = \frac{2}{3} C_M \sqrt{2g(h-S)^3}, \quad C_M = 0.479 - 0.351m - 0.36Fr_1 + 0.089 \frac{L}{T} + 0.12 \frac{h}{L}$$

$$0.2 \leq Fr_1 \leq 0.8, \quad 0.45 \leq \frac{L}{T} \leq 1.74, \quad 0.125 \leq \frac{h}{L} \leq 0.905, \quad 0 \leq m \leq 0.7$$

流向(θ)：流向は、栗城等(1996)、末次(1998)が式(7-3-7)、(7-3-8)のとおり河床勾配から設定する方法を提案している。

$$\begin{aligned} I > 1/1580 \text{ の場合} & \quad \theta = 48^\circ - 15 \log_{10}(1/I) \\ 1/1580 \geq I \text{ の場合} & \quad \theta = 0^\circ \end{aligned} \quad (7-3-7)$$

越流に伴う越流量と流向

$$\begin{aligned} I > 1/12000 \text{ の場合} & \quad \theta = 155^\circ - 38 \log_{10}(1/I) \\ 12000 \geq I \text{ の場合} & \quad \theta = 0^\circ \end{aligned} \quad (7-3-8)$$

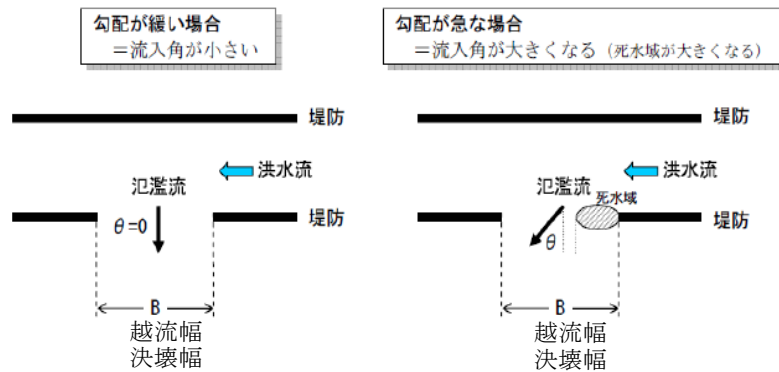


図 7-3-2 河床勾配と越流量、流向の関係

2) 粗度係数・透過係数

避難経路の氾濫状況のように、比較的狭い範囲の氾濫現象を詳細に解析する場合は、地表の性状に応じて粗度係数を設定するとともに、家屋や構造物等については領域内の境界条件として扱う。一方、広域的な氾濫現象の把握においては、家屋占有率を粗度に換算する、若しくは透過率で表現するなどのほか、計算格子内の異なる土地利用を合成粗度で代表させるなどの簡略化を行うことができる。家屋占有率の粗度換算及び合成粗度の考え方としては式(7-3-9)がある。

なお、土地利用に応じた粗度係数は、モデルの特性を踏まえた上で設定する。

$$n_o^2 = \frac{n_1^2 A_1 + n_2^2 A_2 + n_3^2 A_3}{A_1 + A_2 + A_3} \quad , \quad n^2 = n_o^2 + 0.02 \left(\frac{\theta}{100 - \theta} \right) h^{4/3} \quad (7-3-9)$$

n_o : 合成粗度、 $A_1, A_2, A_3, n_1, n_2, n_3$: メッシュ内の占有面積率とそのエリアの粗度
 n : 建物占有率を考慮した合成粗度、 θ : 建物占有率 (%)

3) 連続盛土地形条件

道路や鉄道、二線堤等の連続的な盛土地形も氾濫水の挙動に大きく影響するため、このような地形は境界条件として計算に反映する。当該地点の水深が盛土地盤高を超えない範囲では不透過境界とし、超えた場合は式(7-3-4)に従い越流が生じるものとする。また、道路盛土等にボックスカルバート等通路が設けられている場合は、そこから氾濫水の流出が可能となるため、境界条件に反映する。ボックスカルバート等からの流出量の算定方法は、式(7-3-10)を用いることができる。ここで、 Q : 流出量 (m^3/s)、 B : 樋門・カルバートの幅 (m)、 H : 樋門・カルバートの高さ (m)、 h_1 : 高いほうの水位 (m)、 h_2 : 低い方の水位 (m)、 g : 重力加速度である。

$$\begin{aligned} h_2 \geq H & \quad Q = 0.75BH\sqrt{2g(h_1 - h_2)} \quad : \text{潜り流出} \\ h_2 < H \quad h_1/H \geq 3/2 & \quad Q = 0.51BH\sqrt{2gh_1} \quad : \text{中間流出} \\ h_1/H < 3/2 & \quad Q = 0.79Bh_2\sqrt{2g(h_1 - h_2)} \quad : \text{自由流出} \end{aligned}$$

ただし、 $h_1/h_2 \geq 3/2$ の場合は、 $h_2 = 2/3h_1$ と置き換える。

(7-3-10)

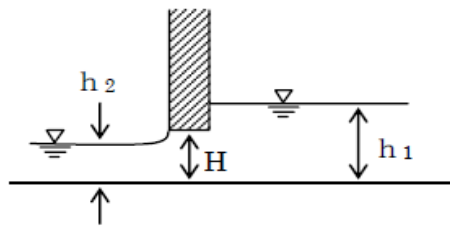


図 7-3-3 樋門等における流出形態と諸元

4) 下水道・ポンプ

比較的小規模な氾濫の場合や、ピーク流量後の氾濫域の縮小に関しては、下水道やそれに接続するポンプ施設が大きく影響する場合がある。

下水道管路のモデルは、汎用的なモデルも普及し、管路の大きさやネットワーク等の現地の条件を取り込み、氾濫計算と接続することも可能であるが、下水道データの収集、モデルへの反映、計算時間等に係るコストに対して、計算結果の精度が有意に向上するとは必ずしも言えないため、検討目的に応じて適宜簡略化(ランピング)する。

また、排水ポンプは、排水先の河川水位等による排水能力の変化、操作ルールにより排水規制を受ける場合があるほか、電気系統や操作室の浸水、燃料切れ等による運転停止等も考えられるため、施設特性や操作規則を把握した上で適宜現実的なシナリオを設定し、計算条件に反映する。

5) 河川・排水路等

計算対象領域内の主要な河川は、不定流計算モデル等により排水機能を明示的にモデル化する一方、明示的なモデル化が困難な多数の小河川・排水路等の集水域について、堤内排水が正しく表現されないことにより、計算結果において、実現象としてあり得ないような長期間の浸水が続く場合は、氾濫水が適宜主要河川を通じて又は直接に海に排水されるよう仮想的な排水路を設定する。

6) 地下空間・貯留施設

氾濫区域内に貯留施設等が存在する場合は、流入敷高や貯留量等施設特性を把握した上で、貯留効果を氾濫解析に反映する。同様に、地下空間への流入が生じる場合も、その流入規模によっては地表面の氾濫状況に大きく影響する可能性があるため、必要に応じて地下空間への流入等を計算に反映させる。

7) 降雨分布

外水氾濫解析においては、計算対象エリアの降雨量に比べて氾濫流の規模が大きいため、計算対象エリアの降雨を無視するが多い。

しかし、避難方法の検討等においては、氾濫流が到達する以前の内水氾濫の状況や避難途中の降雨状況を把握し、避難経路の安全性等を評価することも重要であるため、解析の目的に応じて計算対象エリアの降雨分布を考慮する必要がある。この場合レーダ雨量計のデータを、精度の確認や補正をした上で適宜活用する。

8) その他

I. 氾濫現象においては、上記以外にも水防活動やポンプ車の稼働等様々な要因が影響するため、検討目的に応じて考慮すべき要因を抽出し、それらに係るシナリオを作成した上で計算に反映する。

II. 河川水位が堤防天端を越え河川水位と堤内地の水位が同程度となって相互に干渉しながら流下する氾濫形態の場合の氾濫解析の計算条件については、例えば、田端ら（2021）を参考とすることが考えられる。

III. 谷底平野における一次元性の強い流下型氾濫の形態を呈する中小河川の氾濫解析の計算条件については、既存の取得データ等に基づき設定する。なお、河道の粗度係数に関するデータが存在しない場合には、一律 0.033 を採用することが考えられる。また、連続盛土については、数値標高モデル（国土地理院の DEM5A 等）に基づき横断測線上の地表面の凹凸として考慮する。

<参考となる資料>

氾濫解析の計算条件の設定については、下記資料が参考となる。

- 1) 土木学会水理委員会：水理公式集 [2018 年版]，pp. 237-250，丸善，2019.
- 2) 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課水防企画室 国土技術政策総合研究所河川研究部水害研究室：洪水浸水想定区域図作成マニュアル（第 4 版），2015（2017 年 10 月部分改定）.
- 3) 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課水防企画室 国土技術政策総合研究所河川研究部水害研究室：小規模河川の氾濫推定図作成の手引き，2020.

二次元不定流計算等における流入条件の設定、合成粗度、線的盛土地形の計算条件設定方法については、下記資料が参考となる。

- 4) 栗城稔, 末次忠司, 海野仁, 田中義人, 小林裕明: 氾濫シミュレーション・マニュアル(案)ーシミュレーションの手引き及び新モデルの検証ー, 土木研究所資料, 第 3400 号, 1996.

越流・氾濫時の流量・流向の設定方法については、下記資料が参考となる。

- 5) 栗城稔, 末次忠司, 海野仁, 田中義人, 小林裕明: 氾濫シミュレーション・マニュアル(案)ーシミュレーションの手引き及び新モデルの検証ー, 土木研究所資料, 第 3400 号, 1996.
6) 栗城稔, 末次忠司, 小林裕明, 田中義人: 横越流特性を考慮した破堤氾濫流公式の検討, 土木技術資料, 38-11, pp. 56-61, 1996.
7) 末次忠司: 氾濫原管理のための氾濫解析手法の精度向上と応用に関する研究, 九州大学博士論文, p. 54, 1998.
8) 鬼束幸樹, 秋山嘉一郎, 井田千尋, 保賀円: 台形断面水路に設置された横越流堰の流量式および流量係数, 応用力学論文集, Vol10, 2007.

透過係数の設定方法については、下記資料が参考となる。

- 9) 榊山勉, 阿部宣行, 鹿島遼一: ポーラスモデルによる透過性構造物周辺の非線形波動解析, 海岸工学論文集, 第 37 巻, pp. 554-558, 1990.

下水道・ポンプの計算条件設定については、下記資料が参考となる。

- 10) (公財)日本下水道新技術機構: 流出解析モデル活用マニュアル(雨水対策における流出解析モデルの運用の手引き), 2017.
11) 国土技術政策総合研究所水害研究室: NILIM2.0 都市域氾濫解析モデルマニュアル, 2012.

破堤氾濫流の横越流特性と破堤口拡大過程については、下記資料が参考となる。

- 12) 秋山壽一郎, 重枝未玲, 梅木雄大, 伊藤雄亮: 破堤氾濫流の横越流特性と河道・氾濫域包括解析の適用性の検討, 水工学論文集, 第 54 巻, pp. 853-858, 2010.
13) 辻本哲郎, 北村忠紀, 岸本雅彦: 砂質堤防の破堤口拡大過程のシミュレーションと破堤水理, 河川技術論文集, Vol. 8, pp. 31-36, 2002.

河川水位が堤防天端を越え河川水位と堤内地の水位が同程度となって相互に干渉しながら流下する氾濫形態の場合の氾濫解析の計算条件の設定については、下記資料が参考となる。

- 14) 田端 幸輔, 後藤 岳久, 竹村 吉晴, 酒匂 一樹, 福岡 捷二: 令和 2 年 7 月球磨川豪雨における洪水流と氾濫流の一体解析による人吉市街地と狭隘区間の集落の被害分析, 河川技術論文集, 第 27 巻, 2021 年 6 月

第4節 内水氾濫解析

4.1 総説

<考え方>

内水氾濫は、降雨や降雨流出による流入量が排水量を上回るために生じる比較的静的な氾濫現象であり、流入量、排水量の設定が主要な課題となる。このため、流出解析モデル、下水道モデル、河川内洪水モデル等を組み合わせることにより、氾濫と併せて一連の現象を解析の対象とするのが一般的である。

なお、内水氾濫は、①内水の排水元河川(以下、「内水河川」という。)と比べて排水先河川(以下、「外水河川」という。)の水位が高いために生じる排水不良が原因となる場合と、

②豪雨によりもたらされた降雨や流出量が下水道施設等による排水機能等を大きく上回ることが原因となる場合とがあり、主に前者①が河川事業の対象とされてきた。しかし、これらは流入量、流出量の設定方法が異なるものの、現象のメカニズムとしては同様であるため、以下では一体的に記述する。

<参考となる資料>

内水現象の一般的解説については、下記資料が参考となる。

- 1) 国土交通省水管理・国土保全局下水道部:内水浸水想定区域図作成マニュアル(案), 2021.

4. 2 内水氾濫解析モデルの選定

<標準>

内水氾濫解析における解析モデルの選定は以下を標準とする。

1) 基礎方程式

内水氾濫解析は、氾濫区域内の流速や水面勾配等が問題とならない場合の解析については、運動方程式を考慮せず池モデルで解析することを標準とする。

式(7-4-1)で示すとおり氾濫現象を一つの氾濫域で表現する場合は1池モデル、また、氾濫域を多数の池で代表させ、湛水状況のある程度細かく表現しようとする場合は多池モデルと呼ばれる。

$$\frac{\partial V(h)}{\partial t} = Q_{in} - Q_{out} \quad (7-4-1)$$

V : 浸水ボリューム (浸水深の関数として表される)、 Q_{in} : 流域流出水、降雨、水路氾濫水等、 Q_{out} : 下水道・排水路への流出量

なお、氾濫区域内の流速や流速ベクトルの算定が必要な場合は、運動方程式を導入する必要があり、この場合は、本章 第3節 外水氾濫解析の方法を標準とする。

2) 離散化手法

池モデルを使用する場合は、離散化手法は特に問題とならない。運動方程式を導入する場合は、本章 第3節 外水氾濫解析を標準とする。

<参考となる資料>

内水解析の基礎方程式については、下記資料が参考となる。

- 1) 建設省河川局治水課監修, (財)国土開発技術研究センター編集:内水処理計画策定の手引き, 山海堂, 1995.

4. 3 内水氾濫の計算条件の設定

<標準>

内水氾濫の計算条件の設定においては、検討目的や解析モデルに応じて適切なモデル定数や流入条件を設定することを標準とする。

<例示>

計算条件の設定方法を以下に例示する。

- 1) 池モデルにおける氾濫域諸元 (H-V-A 曲線)

池モデルにおける氾濫域諸元としては、浸水位と湛水量と湛水面積の関係式を適切に与える必要がある。H-V-A 曲線の作成方法については、地形図、測量成果等より等高線を描き、H（浸水位）と V（湛水量）、A（湛水面積）の関係を整理する。

なお、池モデルでなく運動方程式を導入する場合は、外水氾濫の計算条件の設定(3.3)を参照する。

2) 流入条件・流出条件

内水氾濫の計算においては、式(7-4-1)右辺の流入量、流出量を与える必要があるが、氾濫解析モデルと流出モデル、河道モデル、下水道モデル等を組み合わせて、流入条件や流出条件の設定と氾濫解析を一体的に行うことが一般的である。流出モデル、河道モデルの計算条件の設定については、第3章 水文解析 第2節 流出解析、第5章 河川における洪水流の水理解析を参照する。

特に都市域での氾濫解析において重要となる下水道モデルについては、雨水等の流入（又は流出）地点であるマンホールと流下現象の生じる管路、排水ポンプとの組合せとしてモデル化されるが、複雑な管路網にも対応できるモデルが開発されており、これらを利用することができる。

<参考となる資料>

池モデルに関する計算条件の設定については、下記資料が参考となる。

- 1) 建設省河川局治水課監修，(財)国土開発技術研究センター編集：内水処理計画策定の手引き，山海堂，1995.

下水道の解析については、下記資料が参考となる。

- 2) (公財)日本下水道新技術機構：流出解析モデル利活用マニュアル（雨水対策における流出解析モデルの運用の手引き），2017.
- 3) 国土技術政策総合研究所水害研究室：NILIM2.0 都市域氾濫解析モデルマニュアル，2012.

第5節 氾濫解析結果の活用

5.1 総説

<考え方>

氾濫解析結果の活用においては、例えば、住民等の円滑な避難や防災・減災のための土地利用促進、企業の事業継続計画に活用できるよう、水害リスク情報として目的に応じて表現方法を工夫するなど、活用がより効果的になるよう適宜加工することが重要である。

<参考となる資料>

氾濫解析結果の活用方法は、下記が参考となる。

- 1) 社会資本整備審議会：気候変動を踏まえた水災害対策のあり方～あらゆる関係者が流域全体で行う持続可能な「流域治水」への転換～，答申，2020.
- 2) 特定都市河川浸水被害対策法等の一部を改正する法律（令和3年法律第31号）
- 3) 国土交通省都市局 水管理・国土保全局 住宅局：水災害リスクを踏まえた防災まちづくりのガイドライン，2021.

5.2 洪水浸水想定区域図

<例示>

洪水浸水想定区域とは、水防法第14条及び同法施行規則第1条から第3条に基づき、洪水

時の円滑かつ迅速な避難を確保し、又は浸水を防止することにより、水災による被害の軽減を図るため、当該河川が氾濫した場合に浸水が想定される区域を指すものであり、想定される氾濫区域や浸水深等を着色で示したものを洪水浸水想定区域図と呼ぶ。

洪水浸水想定区域図は、様々な危険性を考慮して複数の堤防決壊地点や越流地点を設定して氾濫解析を行い、算定された氾濫域や浸水深の最大値を包含する区域や浸水深、想定される浸水の継続時間を表す。

市町村長は、洪水浸水想定区域図等をもとに河川堤防の決壊、越流等による浸水情報及び避難に関する情報を住民に分かりやすく提供することにより人的被害を防ぐことを主な目的とした「洪水ハザードマップ」を作成し、住民へ公表・周知を行うこととなっている。

洪水ハザードマップは、住民にとって、平常時には、自分の住んでいる地域の浸水履歴、浸水の可能性について認識を深める、水害に備えて非常持ち出し品の準備等被害軽減の工夫をする、土地の水害危険度に見合った土地利用や建築様式をとる等のほか、災害時には、洪水ハザードマップに盛り込まれた情報と気象情報、市町村からの避難情報を基に的確な避難行動をとるといった活用を期待されるものである。

また、想定最大規模の降雨に対する洪水浸水想定区域図等に加えて、より頻度の高い降雨も含めた多段階の洪水浸水想定を作成し、浸水の発生しやすさを評価することで、場所ごとの水害リスクが評価できるようになり、土地利用や住まい方の工夫、企業の事業継続計画などへの水害リスク情報の活用が考えられる。

<参考となる資料>

洪水浸水想定区域図の作成方法については、下記資料が参考となる。

- 1) 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課水防企画室，国土技術政策総合研究所河川研究部水害研究室：洪水浸水想定区域図作成マニュアル（第4版），2015（2017年10月部分改定）。
- 2) 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課水防企画室，国土技術政策総合研究所河川研究部水害研究室：小規模河川の氾濫推定図作成の手引き，2020。

洪水ハザードマップの作成については、下記資料が参考となる。

- 3) 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課水防企画室：水害ハザードマップ作成の手引き，2016。

5.3 リアルタイム氾濫シミュレーション

<例 示>

堤防の決壊等に伴う浸水発生時において、その後の氾濫域の拡大状況等を予測し、避難誘導や危機管理対策に資するものをリアルタイム氾濫シミュレーションと呼ぶ。

氾濫域が広大若しくは地形勾配が緩やか等により、人口や資産の密集地域への浸水到達時間に一定程度以上の時間を要する場合は、浸水の到達域、到達時刻等に関する予測を行うことにより、浸水到達時間を避難等のためのリードタイムとして有効に活用することが可能となる。

<参考となる資料>

リアルタイム氾濫シミュレーションについては、下記資料が参考となる。

- 1) 国土交通省河川局：リアルタイム浸水予測シミュレーションの手引き（案），2005。

5.4 内水処理計画の策定

<例 示>

内水氾濫解析の活用事例としては、治水事業における内水処理計画の策定が挙げられる。内水河川の水位上昇は、内水河川と外水河川のハイドロの規模・波形及びこれらの相対関係によるものであり、内水処理計画とは、内水河川の水位上昇が内水氾濫の直接の原因となる場合の対策を図るものである。対策としては、合流点に水門等を設置し外水位と内水位のピーク時間差を考慮した水門操作を行うことにより外水位の上昇が内水位に及ばないようにするか、若しくは上記による内水位上昇の回避が困難な場合は、ポンプ施設を設置し内水を排水することにより、内水位の低下を図ることが一般的である。

このため、内水処理計画の策定に当たっては外水河川及び内水河川の水力条件と堤内地の氾濫解析モデルを適切に接続することにより、当該内水現象及び対策を講じた場合の効果を、所要の精度で再現できる解析モデルを構築する必要がある。

<参考となる資料>

内水処理計画の策定については、下記資料が参考となる。

- 1) 建設省河川局治水課監修，(財)国土開発技術研究センター編集：内水処理計画策定の手引き，山海堂，1995.