

浸水想定区域図作成マニュアル（改訂版）

平成26年3月

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 危機管理技術研究センター 水害研究室

「浸水想定区域図作成マニュアル（改訂版）」について

国土交通省及び都道府県では、平成１３年から浸水想定区域の指定を進めてきたところであるが、平成２５年６月の水防法改正により、洪水予報河川及び水位周知河川について、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、浸水想定区域を指定することとされた。

また、浸水想定区域内にあり、洪水時の円滑かつ迅速な避難の確保又は洪水時の浸水の防止を図る必要がある施設として市町村地域防災計画に名称及び所在地を定められた地下街等、要配慮者利用施設（主として高齢者、障害者、乳幼児その他の特に防災上の配慮を要する者が利用する施設）、大規模工場等は、避難確保計画又は浸水防止計画の作成、訓練の実施、自衛水防組織の設置等を行うこととなり、市町村からは当該施設の所有者又は管理者及び自衛水防組織の構成員に洪水予報等が直接伝達されることとなった。

このため、浸水想定区域図の作成は、住民の避難だけでなく、地下街等、要配慮者利用施設、大規模工場等の自衛水防への取組の観点からもその重要性が一層高まっており、これに伴いより質の高い情報を備えたものであることが求められることとなる。

加えて、浸水想定区域をその区域に含む市町村の長は、浸水想定区域図を基に洪水予報等の伝達方法、避難場所その他洪水時の円滑かつ迅速な避難の確保を図るために必要な事項等を記載した洪水ハザードマップを作成し、その内容を印刷物の配布及びインターネットの利用等により、住民に周知しなければならないこととされている。

この洪水ハザードマップについては、洪水ハザードマップにおける情報等を踏まえて、住民が的確な避難行動を選択できる“実践的洪水ハザードマップ”を市町村が作成できるよう、平成２５年３月に「洪水ハザードマップ作成の手引き」が改定されたところである。

「洪水ハザードマップ作成の手引き（改定版）」では、従来河川管理者が市町村に提供していた浸水想定区域及び水深に加えて、洪水時の家屋倒壊による危険性に関する情報や浸水形態に関する情報、洪水ハザードマップに氾濫元となる河川が表示されないような、氾濫が広域に及ぶ河川について、当該市町村に影響を与えうる河川の範囲と、氾濫水の到達時間を模式化した図等も提供することとされている。その後、平成２５年６月に災害対策基本法が改正され、屋内での待避等の安全確保措置が規定されるとともに、市町村長が避難勧告等の判断に際し、河川管理者等に助言を求めることができるようになった。

平成１３年７月に公表された「浸水想定区域図作成マニュアル」は、平成１７年の水防法改正にあわせて一部変更が行われてきたところであるが、以上のような背景を踏まえ、今般改めて改訂することとなった。

なお、浸水想定区域の見直しにあたっては、浸水想定区域が様々な規制の基本的情報となっていることを考慮し、従前との整合性に十分留意することが重要である。

本マニュアルは、改正水防法に基づく浸水想定区域の指定に加え、災害対策基本法に基づく避難に関する助言、「洪水ハザードマップ作成の手引き（改定版）」に基づく洪水時家屋倒壊危険ゾーンの設定や情報提供を支援するものであり、本マニュアルを参考にして、洪水時の円滑かつ迅速な避難の確保及び浸水の防止のための措置が図られることが期待される。

目 次

1. 総説	P 1
1. 1 目的	P 1
1. 2 適用範囲	P 1
1. 3 用語の定義	P 1
1. 4 浸水想定区域図の作成にあたっての基本方針	P 2
2. 対象とする浸水範囲の特徴分析	P 5
2. 1 対象とする浸水範囲の設定	P 5
2. 2 対象とする浸水範囲における地盤高等の調査	P 5
2. 3 氾濫条件等の分析	P 6
3. 浸水解析	P 8
3. 1 浸水解析の基本的考え方	P 8
3. 2 浸水解析の条件設定	P 9
3. 3 浸水解析の実施	P 2 1
4. 浸水想定区域図の表示・提供・保管	P 2 1
4. 1 浸水深の設定	P 2 1
4. 2 浸水深の表示	P 2 2
4. 3 浸水想定区域図の縮尺と様式	P 2 2
4. 4 浸水想定区域図に明示する事項	P 2 3
4. 5 浸水想定区域図データの提供と保管	P 2 4
5. 洪水時家屋倒壊危険ゾーンの設定	P 2 6
5. 1 洪水時家屋倒壊危険ゾーンの考え方	P 2 6
5. 2 氾濫による家屋倒壊危険ゾーンの設定	P 2 6
5. 3 河岸侵食による家屋倒壊危険ゾーンの設定	P 2 8
6. 浸水想定区域図以外のデータの表示・提供・保管	P 3 2
6. 1 洪水時家屋倒壊危険ゾーンの表示	P 3 2
6. 2 氾濫想定地点別・時系列浸水情報の表示	P 3 3
6. 3 データの提供と保管	P 3 4

<参考資料>

1. 総説

1. 1 目的

国土交通大臣及び都道府県知事は、水防法（昭和 24 年法律第 193 号）第 14 条に基づき、洪水予報河川及び水位周知河川について、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、水防法施行規則（平成 12 年建設省令第 44 号）で定めるところにより、当該河川の洪水防御に関する計画の基本となる降雨（以下、「計画降雨」という。）により当該河川が氾濫した場合に浸水が想定される区域を浸水想定区域として指定するものとされている。

本マニュアルは、水防法第 14 条、水防法施行規則第 1 条及び第 2 条に基づき、浸水想定区域及び浸水した場合に想定される水深を表示した図面に浸水想定区域の指定の前提となる降雨が計画降雨であることを明示したもの（以下、「浸水想定区域図」という。）を作成するとともに、「洪水時家屋倒壊危険ゾーン」その他洪水時の円滑かつ迅速な避難の確保及び浸水の防止のために必要な情報を提供するための標準的な手法を定めたものである。

このため、河川ごとの個別の特性を勘案し、本マニュアルで定めている手法以外の独自の手法を用いることを妨げるものではない。

1. 2 適用範囲

本マニュアルは、洪水予報河川及び水位周知河川について浸水想定区域図を作成する場合に適用する。ただし、本マニュアルの「2. 対象とする浸水範囲の特徴分析」、「3. 浸水解析」及び「5. 洪水時家屋倒壊危険ゾーンの設定」は、主に大河川を対象として記述しており、流域の小さい中小河川については、「中小河川浸水想定区域図作成の手引き」¹⁾を参考にできる他、必要に応じて技術的検証を行ったうえで簡略化を図ることを可能とする。

なお、浸水想定区域は、洪水予報河川及び水位周知河川として指定された区間を対象に河川ごとに指定するものであり、同一水系において複数の河川が指定されている場合は、それぞれに浸水想定区域図を作成する必要がある。

1. 3 用語の定義

（1）洪水予報河川

水防法第 10 条第 2 項又は第 11 条第 1 項の規定により国土交通大臣又は都道府県知事が指定した河川をいう。

（2）水位周知河川

水防法第 13 条第 1 項又は第 2 項の規定により国土交通大臣又は都道府県知事が指定した河川をいう。

（3）計画降雨

河川法施行令（昭和 40 年政令第 14 号）第 10 条の 2 第 2 号イに規定する基本高水の設定の前提となる降雨をいう。

（4）浸水想定区域

対象とする河川が当該河川の計画降雨によって決壊又は溢水した場合に、その氾濫水により浸水することが想定される区域をいう。

(5) 決壊氾濫

堤防の決壊による氾濫をいう。

(6) 溢水氾濫

無堤区間からの氾濫をいう。

(7) 越水氾濫

堤防を越流する氾濫をいう。

(8) 洪水時家屋倒壊危険ゾーン

洪水時に家屋が流失・倒壊するおそれがある範囲をいう。洪水時家屋倒壊危険ゾーンには、その要因から洪水氾濫によるものと河岸侵食によるものがある。

- ・洪水時家屋倒壊危険ゾーン（洪水氾濫）：洪水氾濫流により、家屋が流失・倒壊するおそれがある範囲
- ・洪水時家屋倒壊危険ゾーン（河岸侵食）：洪水時の河岸侵食により、家屋が流失・倒壊するおそれがある範囲

洪水時家屋倒壊危険ゾーンは、市町村の長による災害対策基本法第 60 条第 3 項に基づく屋内での待避等の安全確保措置の指示等の判断に資するものである。

(9) 洪水ハザードマップ

水防法第 15 条第 4 項の規定により市町村地域防災計画において定められた事項を住民に周知させるための必要な措置として、浸水想定区域及び浸水した場合に想定される水深を表示した図面に市町村地域防災計画において定められた必要事項及び洪水時家屋倒壊危険ゾーン等を記載したものをいう。

1. 4 浸水想定区域図の作成にあたっての留意事項

浸水想定区域図の作成にあたっては、以下の点に留意するものとする。

(1) 浸水想定区域を指定する目的

浸水想定区域は、洪水予報河川及び水位周知河川について、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に指定するものである。

(2) 浸水想定区域図の位置づけ

浸水想定区域図は、水防法第 14 条の規定により国土交通大臣又は都道府県知事が浸水想定区域を指定、公表、関係市町村の長に通知する際に使用するものであり、水防法施行規則第 1 条及び第 2 条において指定及び公表が規定されている。

また、関係市町村や地下街等の所有者等が前述の浸水想定区域における円滑かつ迅速な避難の確保及び浸水の防止のための措置を行うために必要な資料となる。

(3) 浸水想定区域における円滑かつ迅速な避難の確保及び浸水の防止のための措置

浸水想定区域の関係市町村は、市町村地域防災計画において、少なくとも当該浸水想定区域ごとに、

- ・洪水予報等の伝達方法
- ・避難場所その他洪水時の円滑かつ迅速な避難の確保を図るために必要な事項

- ・ 浸水想定区域内にあり、洪水時の円滑かつ迅速な避難の確保又は洪水時の浸水の防止を図る必要がある地下街等、要配慮者利用施設（主として高齢者、障害者、乳幼児その他の特に防災上の配慮を要する者が利用する施設）、大規模工場等の名称及び所在地

を定めるものとされている。

また、浸水想定区域をその区域に含む市町村は、これらの事項を住民に周知させるため、浸水想定区域図にこれらの事項等を記載した洪水ハザードマップを作成し、印刷物の配布及びインターネットの利用等により住民に提供することとされている。

さらに、水防法に基づいて市町村地域防災計画に定められた地下街等、要配慮者利用施設、大規模工場等の所有者又は管理者は、避難確保計画又は浸水防止計画の作成、訓練の実施、自衛水防組織の設置等を行うこととなる。

したがって、浸水想定区域を指定することにより、洪水時の円滑かつ迅速な避難の確保及び浸水の防止のため、市町村が地域防災計画に必要な事項を定め、住民に周知されるとともに、地下街等、要配慮者利用施設、大規模工場等による自衛水防の取組が促進されることとなる。

（４）洪水ハザードマップ作成への支援

洪水ハザードマップは、平時に住民が見て水害リスクを認識し、どのように避難をするのかについて考え、いざという時に的確な避難行動につながるようにするためのものである。

浸水想定区域をその区域に含む市町村は、浸水想定区域図に市町村地域防災計画に定められた事項等を記載した洪水ハザードマップを作成し、印刷物の配布やインターネットの利用等により住民に提供することとされている。

このため、国又は都道府県は地形特性や浸水形態によって、市町村界を越えた広域的な避難計画が必要となる場合もあるため、浸水想定区域図の浸水域と浸水深、洪水時家屋倒壊危険ゾーン、氾濫水の到達時間や浸水継続時間等の浸水に関する情報等を市町村に提供し、市町村が適切な避難情報を重点的に記載できるよう、洪水ハザードマップの作成を支援することが重要である。

また、浸水想定区域図等を市町村に提供するにあたり、避難場所等必要な事項の記載や住民への配布を前提に適切な縮尺で作成することや、住民の避難行動につながる、わかりやすく統一された表示を整備することが必要である。

なお、「洪水ハザードマップ作成の手引き（改定版）」²⁾では、洪水ハザードマップの作成にあたって、国又は都道府県が市町村と行う調整や情報提供・意見交換について解説している。

（５）浸水想定区域が指定されていない区域における浸水可能性について

浸水想定区域は、計画降雨を前提として、河川の整備状況に照らして浸水が想定される区域を示すものであり、その他の区域との水災に対する安全性の違いを明確に分けるものではない。例えば、計画降雨を超える降雨が発生した場合や、支派川の氾濫、高潮、内水による氾濫等が発生した場合には、浸水想定区域に指定されていない区域において

も浸水が発生しうるものである。

したがって、浸水想定区域に指定されないことをもって、浸水の可能性が否定されるものではなく、浸水想定区域図の公表にあたっては、その旨について十分な周知が図られる必要がある。

(6) 市町村からの意見聴取について

浸水想定区域に関する現地の状況に精通している市町村からは、浸水解析の実施や浸水想定区域の指定に先立ち、浸水想定区域に影響を及ぼす現地の状況について確認する等の観点から、また、既存の浸水想定区域図を変更する場合は、市町村等による浸水想定区域における円滑かつ迅速な避難の確保及び浸水の防止のための措置を講じるための従前の取組との一貫性を確保する観点から、あらかじめ意見を聴く必要がある。

加えて、災害対策基本法第61条の2に基づき、市町村長は屋内での待避等の安全確保措置等の判断に際し、河川管理者等に助言を求めることができ、助言を求められた河川管理者等は、その所掌事務に関し、必要な助言をするものとされていることから、浸水想定区域図とあわせて、洪水時家屋倒壊危険ゾーンや計画降雨を超える降雨が発生した場合等に想定される状況についても情報提供しておくことが望ましい。

(7) 浸水想定区域図の変更について

浸水想定区域図の変更は、以下のような場合に行われる。

- ① 洪水調節施設、放水路の供用や堤防整備等河川整備の進捗により浸水想定区域の大幅な変更が見込まれる場合
- ② 河川整備基本方針の見直しに伴う計画降雨の変更により浸水想定区域の大幅な変更が見込まれる場合
- ③ 土地利用の大規模な変更、大規模構造物の建設、地形の大規模な改変等により、浸水想定区域の大幅な変更が見込まれる場合
- ④ 技術の進歩等により地形測量や氾濫解析等の精度が向上したことで、浸水想定区域の変更が必要と判断される場合
- ⑤ 上記のほか、浸水想定区域における円滑かつ迅速な避難の確保及び浸水の防止のための措置を講じるために必要と認められる場合

(8) 浸水想定区域図データ電子化について

浸水想定区域図の作成等に使用・作成したデータについては、浸水想定に関する情報をより有効に活用すること、河道や浸水域の将来の変化に応じた再計算等を前回の計算と整合性を確保しつつ容易に行うことを目的とし、作成主体において電子化し、保管する。

2. 対象とする浸水範囲の特徴分析

浸水想定区域及び浸水した場合に想定される水深の設定において行う浸水範囲の特徴分析は、現況の条件を基本として次の要領で行うほか、「河川砂防技術基準 調査編」³⁾等を参考とする。

2. 1 対象とする浸水範囲の設定

(1) 対象範囲

既往の浸水想定区域図等の検討結果を参考として、計画降雨によって決壊又は溢水氾濫が想定される地点（氾濫想定地点）を相当数選定し、各地点における最大浸水域を包含できるように対象範囲を設定する。

一般に各氾濫想定地点に対応する最大浸水域は、地形条件により規定されるが、河口付近の低地部では、隣接する河川の堤防等の人工的な構造物で浸水域が規定される場合等があり、既往の浸水解析の結果、治水地形分類図における氾濫平野、河川の計画高水位、地形標高の関係等を参考に、浸水する可能性のある範囲を分析対象範囲として設定する。

(2) 浸水解析モデルにおける浸水範囲の想定

氾濫による浸水深を適切に表現するためには、浸水解析において、地形標高や氾濫水の拡散を左右する連続盛土構造物、中小河川等の堤防を考慮するほか、氾濫水の主要な流路となる市街地内の道路等連続した空間を考慮する必要がある。

このため、現況条件を基本とし、浸水解析の結果に影響する道路や盛土構造物・ボックスカルバート等を把握する。

2. 2 対象とする浸水範囲における地盤高等の調査

浸水想定区域の設定に関して、必要とされる地形条件等の精度を確保するため、対象とする浸水範囲における地盤高・土地利用条件等を調査し、メッシュデータとして整理する。この場合のメッシュスケールは利用できる最も細密な地盤高データの間隔に準じるものとする。

(1) 地盤高の調査

地盤高調査の方法は、航空レーザー測量（レーザープロファイラ（LP）測量）等による数値標高モデル（DEM）データの使用を基本とするが、使用できない場合は「基盤地図情報 5mメッシュ又は10mメッシュ（国土地理院）」、「数値地図 50mメッシュ（標高）（（財）日本地図センター）」等を利用する。

ただし、数値地図の標高データは1/25,000地形図をベースに内挿計算により格子点標高を求めているので、1/25,000地形図において等高線がまばらにある低位部の地域や、標高が急変する氾濫区域境界では精度が低下する可能性がある。数値地図の標高データを用いる場合には、それらの区域や河道沿いのメッシュについて適宜大縮尺の図面等によりチェックする必要がある。

(2) 土地利用状況、建物占有率等の調査

浸水解析の実施にあたっては、流域の粗度や空隙率等を設定する必要がある。

このため、流域の土地利用状況や建物占有率等についても、メッシュごとに調査・整理しておく必要がある。「基盤地図情報2500（国土地理院）」、「基盤地図情報25000（国土地理院）」、「基盤地図情報1/10細分メッシュ（国土交通省）」、「数値地図5000（国土地理院）」等が使用できる。

2. 3 氾濫条件等の分析

（1）氾濫条件と流下能力（氾濫開始流量）の把握

河道断面ごとに、氾濫の発生するおそれのある水位（氾濫開始水位）を設定し、その水位に対応する流量（氾濫開始流量）を算出する。各断面に氾濫開始流量以上の流量が流下した時に決壊による氾濫が生じるものとする。

1）流下能力把握にあたって対象とする河道

氾濫開始流量を算定するにあたって対象とする河道は、算定時の現況河道とする。

2）氾濫開始水位の設定

氾濫開始水位は、原則、計画高水位とするが、河川の整備状況によりそれによりがたい場合は、以下の方法によるものとする。

有堤区間における氾濫開始水位は、原則として河川整備基本方針に定められた計画堤防高と計画高水位の差を現況堤防高から引いた高さ（計画高水位以下とし、背後地盤高を下回る場合は背後地盤高）とするが、現況流下能力が計画に対し大きく下回る場合は、当該河川の流下能力に相当する河川管理施設等構造令第20条の計画高水位に加える値を現況堤防高より引くほか、極端な断面不足等の場合については、当該箇所における堤防の高さ、浸透・漏水対策の有無、侵食対策の有無等の整備状況並びに当該箇所周辺の河道の整備状況を勘案し、適切に行うものとする。無堤区間における氾濫開始水位は、原則として背後地盤高とする。

また、急流河川については、「急流河川における浸水想定区域検討の手引き」⁴⁾を参考にすることができる。

なお、各危険箇所の氾濫開始水位は、改修事業の進捗等、状況の変化に応じて適切に見直しを行うものとする。

3）氾濫開始流量の設定

氾濫開始流量の算定については、以下の記述等を参考に行う。

① 水理解析手法

河道計画で用いる水理解析手法により決壊氾濫開始流量を算定する。現在のところ、大河川の河道計画では樹木群を考慮した不等流計算（準二次元不等流計算）が一般的に用いられているため、大河川では準二次元不等流計算を基本とする。

② 水理条件

現況河道の決壊氾濫開始流量を判断する際の水理条件としては、河道計画での現況河道流下能力算定条件を用いる。具体的には、出発水位、粗度係数、樹木群等の死水域の範囲、境界混合係数、橋梁等の構造物によるせき上げ、砂州や小規模河床波、河道の湾曲による水位上昇、支川合流による水位上昇等について、河道計画との整合を図る。

③ H－Q式の作成

上述の水理解析手法並びに水理条件により、現況河道における流量（Q）規模ごとの各断面の水位（H）を計算し、 $Q = a(H + b)^2$ 形式等のH－Q式を作成する。

④ 氾濫開始流量の算定

2) で設定した氾濫開始水位に対応する流量を③で決定した当該断面のH－Q式から算定し、氾濫開始流量とする。

また、氾濫開始流量の妥当性をチェックするため、堤防位置における堤内地盤高か河道の高水敷高のいずれか高い方（決壊敷高となる標高）を H_0 として、それに相当する流下能力 Q_0 をH－Q式から算定し、決壊氾濫開始水位における流下能力 Q_1 と決壊敷高流下能力 Q_0 のいずれか大きい方を当該断面の決壊氾濫開始流量として設定する。

なお、各定期横断断面では捉えきれていない流下能力不足地点（橋梁部など現況堤防天端高が明らかに周囲よりも低い箇所等）については、断面を追加する等、適切に対処する必要がある。

4) 留意点

以上の氾濫開始流量の算定において、堰等の構造物の影響により流下能力が著しく過大又は過小に評価される場合には、水理計算結果から機械的にH－Q式を作成することなく、適正な流下能力評価となるよう当該区間の水理特性を勘案して、必要に応じてH－Q式を補正したり、後述する氾濫想定地点から除いたりするなどの配慮を行う。

(2) 氾濫想定地点の設定

浸水想定区域図の作成にあたっては、浸水域の最大浸水深を捉える必要があり、対象洪水流量が氾濫開始流量に達したすべての地点で氾濫させた場合と同等の浸水域となる必要最小限の地点を氾濫想定地点として設定するものとする。

なお、当然のことではあるが、氾濫開始流量に対して流下能力がある箇所では、氾濫しないものとする。

氾濫想定地点の設定にあたっては、氾濫ボリュームが大きくなる箇所が重要であることから、次の事項を考慮する必要がある。

- ・ 氾濫開始流量が小さい箇所
- ・ 決壊氾濫開始水位と決壊敷高の堤防天端から堤内地盤までの比高が大きい地点
- ・ 決壊幅が大きくなる合流点近傍

3. 浸水解析

浸水想定区域及び浸水した場合に想定される水深の設定において実施する浸水解析については次の要領で行うほか、「河川砂防技術基準 調査編」³⁾等を参考とする。

3. 1 浸水解析の基本的考え方

(1) 対象洪水波形

浸水解析を行う対象洪水波形は、計画降雨に対して基本高水の検討で使用した流出計算法を用いて算出するものとする。この流出計算を行う際には、ダムや放水路等の河川管理施設は現況とし、洪水調節の方法は現行の操作規則による。

(2) 浸水解析のケース

浸水解析は、2. 3 (2) で設定した氾濫想定地点の数だけ行うものとする。各ケースにおける氾濫想定地点は、1か所のみとする（よって、検討ケースの数は、氾濫想定地点数となる）。ただし、その他の地点で越水や溢水が生じる場合は、必要に応じて河道内不定流計算や浸水計算に反映させるものとする。

(3) 浸水解析方法

従前の浸水解析においては、地盤高データの制約や計算に要する時間制約から概ね250mのメッシュを基本として実施されてきた⁵⁾。しかし、氾濫水の広がりには地形のほか、道路空間や建物の配置の影響（建物による流下・拡散の阻害等）を受けるため、空間の特性をできる限り忠実に反映することが望ましいこと、またLP測量により流域のDEMデータが相当程度整備されてきたことから、今後は微地形や建物等の効果をできる限り考慮した浸水解析を行うとともに、浸水位の計算結果（地盤高+浸水深）からDEMデータ等の地盤高を差し引くことにより、細密な浸水深分布を算出することを基本とする。

ただし、個々の建物の形状を境界条件として取り込むことは、建物の配列や形状に応じた非構造格子の形成とそれに対応した浸水解析手法の確立が必要なこと、メッシュスケールをかなり小さくするため計算量が膨大になり現時点で通常利用できるコンピュータの性能では長時間を要すること、また個々の建物形状の反映は膨大な作業となる等の課題が残されており、現時点においてこのような方法を実務に適用するのは困難である。

このため、ここでは三浦等⁶⁾や内田・河原⁷⁾が行ったような建物や障害物の影響をメッシュ特性として考慮する解析方法を提示する。

3. 2 浸水解析の条件設定

(1) 計算領域の設定

浸水解析にあたっては、2. 1 より計算領域を設定する。なお、本解析では既往の浸水解析と異なるメッシュスケールや計算方法を前提としており、局所的な地形変化や構造物の影響により従前の浸水解析と結果が相当程度異なる場合も予想されるため、既往のシミュレーション結果を安易に踏襲しないよう注意が必要である。

(2) 地盤高の設定

地盤高については、2. 2 (1) に示すデータを使用し、5mメッシュ等のできる限り細密なデータを基本データとして設定する。また、計算に使用する地盤高は、計算格子点を取り囲む計算メッシュに属する地盤高の基本データの平均値とする。このとき、地盤高データは極力最新のものを使用し、さらに連続盛土上の地盤高等計算メッシュ内の土地標高を代表しない点を除く等、地形標高を適切に表現するように努める。

(3) 基礎方程式

浸水域内に建物が存在する場合は、以下の式(3.1)～(3.3)によるものとする。差分形式のものを式(3.4)～(3.6)に示す。建物により流れが影響を受けるとともに建物内に浸水が及ぶ現象を前提としており、詳細は＜参考資料＞1. を参照されたい。

$$\gamma \frac{\partial Q_x}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\gamma \frac{Q_x^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\gamma \frac{Q_x Q_y}{h} \right) + g \gamma h \frac{\partial (h + z_b)}{\partial x} + g m^2 \frac{Q_x \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2}}{h^{7/3}} + \frac{1}{2} C_D' (1 - \gamma) \frac{Q_x \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2}}{h} = 0 \quad (3.1)$$

$$\gamma \frac{\partial Q_y}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\gamma \frac{Q_x Q_y}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\gamma \frac{Q_y^2}{h} \right) + g \gamma h \frac{\partial (h + z_b)}{\partial y} + g m^2 \frac{Q_y \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2}}{h^{7/3}} + \frac{1}{2} C_D' (1 - \gamma) \frac{Q_y \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2}}{h} = 0 \quad (3.2)$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial (\gamma Q_x)}{\partial x} + \frac{\partial (\gamma Q_y)}{\partial y} = q \quad (3.3)$$

ここで Q_x, Q_y : x, y 方向の単位幅流量、 h : 水深、 z_b : 地盤高、 γ : 空隙率（空隙の密度分布）、 q : 降雨、下水道からの氾濫や地下浸透等、 n : 土地利用に応じた粗度係数、 $C_D' (= C_D / L)$: 抗力係数 ÷ 建物の代表長さである。式(3.4)～(3.6)において、添え字 i, j は x 方向 i 番目、 y 方向 j 番目の格子、 t は時刻 t の値であること、 γ_v はメッシュの平均空隙率、 γ_x, γ_y はそれぞれ x, y 方向の透過率（メッシュ境界における平均空隙率）を表す。また、 θ が 0, 1, 0.5 の場合、それぞれ陽解法、陰解法、Crank-Nicholson 法となる。

なお、式(3.4) , (3.5) では移流項について中央差分の形式で記述したが、風上差分法や数値粘性を適宜導入し、計算の安定化を図る必要があること、また式(3.4)～(3.6)を差分形式の基本とするものではないことに留意されたい。

$$\begin{aligned}
& \gamma_{v_{i+1/2,j}} \frac{Q_{x_{i+1/2,j}}^{t+\Delta t} - Q_{x_{i+1/2,j}}^t}{\Delta t} \\
& + \frac{1}{\Delta x} \left(\left(\gamma_x \frac{Q_x^2}{h} \right)_{i+1,j} - \left(\gamma_x \frac{Q_x^2}{h} \right)_{i,j} \right)^{t+\theta\Delta t} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\left(\gamma_y \frac{Q_x Q_y}{h} \right)_{i+1/2,j+1/2} - \left(\gamma_y \frac{Q_x Q_y}{h} \right)_{i+1/2,j-1/2} \right)^{t+\theta\Delta t} \\
& + g \gamma_{v_{i+1/2,j}} h_{i+1/2,j} \frac{\{(h+z_b)_{i+1,j} - (h+z_b)_{i,j}\}^{t+\theta\Delta t}}{\Delta x} \\
& + (g \gamma_v n_b^2 \frac{Q_x \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2}}{h^{7/3}} + \frac{1}{2}(1-\gamma_v) C_D \frac{Q_x \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2}}{h})_{i+1/2,j}^{t+\theta\Delta t} = 0
\end{aligned} \tag{3.4}$$

$$\begin{aligned}
& \gamma_{v_{i,j+1/2}} \frac{Q_{y_{i,j+1/2}}^{t+\Delta t} - Q_{y_{i,j+1/2}}^t}{\Delta t} \\
& + \frac{1}{\Delta x} \left(\left(\gamma_x \frac{Q_x Q_y}{h} \right)_{i+1/2,j+1/2} - \left(\gamma_x \frac{Q_x Q_y}{h} \right)_{i-1/2,j+1/2} \right)^{t+\theta\Delta t} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\left(\gamma_y \frac{Q_y^2}{h} \right)_{i,j+1} - \left(\gamma_y \frac{Q_y^2}{h} \right)_{i,j} \right)^{t+\theta\Delta t} \\
& + g \gamma_{v_{i,j+1/2}} h_{i,j+1/2} \frac{\{(h+z_b)_{i,j+1} - (h+z_b)_{i,j}\}^{t+\theta\Delta t}}{\Delta y} \\
& + (g \gamma_v n_b^2 \frac{Q_y \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2}}{h^{7/3}} + \frac{1}{2}(1-\gamma_v) C_D \frac{Q_y \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2}}{h})_{i,j+1/2}^{t+\theta\Delta t} = 0
\end{aligned} \tag{3.5}$$

$$\begin{aligned}
& \frac{h_{i,j}^{t+\Delta t} - h_{i,j}^t}{\Delta t} \\
& + \frac{\{(\gamma_x Q_x)_{i+1/2,j} - (\gamma_x Q_x)_{i-1/2,j}\}^{t+\theta\Delta t}}{\Delta x} + \frac{\{(\gamma_y Q_y)_{i,j+1/2} - (\gamma_y Q_y)_{i,j-1/2}\}^{t+\theta\Delta t}}{\Delta y} = q_{i,j}^{t+\theta\Delta t}
\end{aligned} \tag{3.6}$$

(4) 計算メッシュスケール

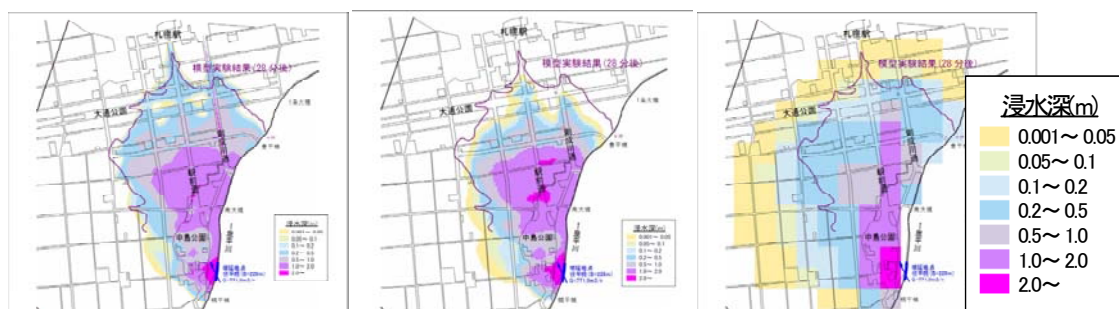
計算メッシュスケールは、当該浸水域の地形等特性に応じて 25m を目安に適切に設定する。その際、浸水解析においては計算領域が大きいこと、計算時間が概ねメッシュスケールの縮小率の 3 乗（例えば、250m から 25m メッシュに細分化する場合、 $10^3=1,000$ 倍）に比例して増加することに留意して、適切なメッシュスケールを設定する必要がある。

計算メッシュスケールの設定にあたり、平成 11 年度に開発土木研究所（現・寒地土木研究所）が豊平川氾濫による札幌市中心部の氾濫流況を把握するために 1/50 スケールで実施した氾濫模型実験⁸⁾（以下、「氾濫模型実験」という。）とメッシュスケールの異なる浸水解析の浸水範囲等を比較し、浸水解析の再現性を検証した。氾濫模型実験では、市販の住宅地図（縮尺 1/1,500、平成 10 年 10 月発行）に基づき区画ごとに一律の建物占有率をレンガで表現している。

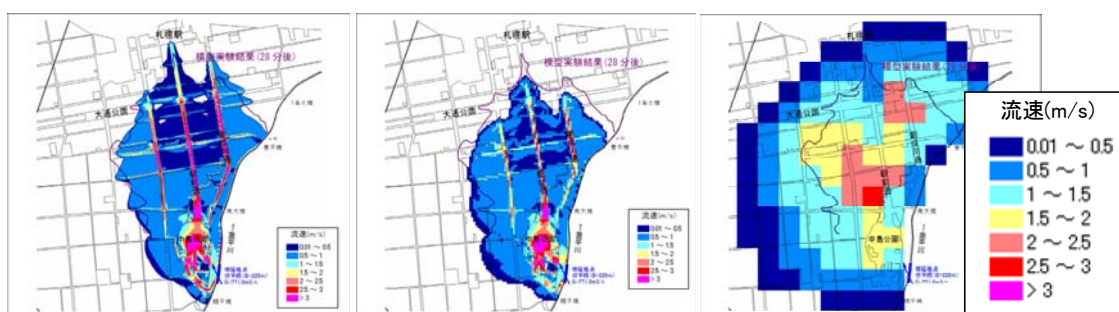
一方、浸水解析については式 (3.1)、(3.2) 及び、建物内に浸水が及ばない条件の連続式を用い 5m、25m、250m の計算メッシュスケールで実施した。なお、再現計算では氾濫模型実験と条件をあわせた建物占有率や粗度係数等を設定した（＜参考資料＞2.

(1) 参照）。

図-3.2-1 は、メッシュスケールごとの浸水解析結果（浸水深・流速分布）と氾濫模型実験による 28 分後の浸水範囲を比較したものである。この結果から、5mまでメッシュスケールを細密化した場合は、微地形のほか、建物や道路の配置による空間特性をより正確に表現することにより高い再現性が得られている。また、25mメッシュスケールの浸水解析については、道路と建物が明確に区分できないことから、道路を流下する氾濫水の到達が遅くなり氾濫模型実験より浸水範囲が小さくなっているものの、概ね再現できることがわかった。なお、250mメッシュでは氾濫模型実験より浸水範囲は大きく、浸水深は小さくなる傾向を示している。



浸水解析結果と氾濫模型実験による浸水範囲との比較（浸水深）



5mメッシュ

25mメッシュ

250mメッシュ

浸水解析結果と氾濫模型実験による浸水範囲との比較（流速分布）

図-3.2-1 メッシュスケールと計算結果（豊平川の例、三浦等(2011)⁶⁾を基に作成）

以上から、5mメッシュスケールの浸水解析を参考とし、25mメッシュスケールでも同様の計算結果が得られるよう比較検証する。ここで、図-3.2-2のように道路空間の連続性が表現できない箇所について、道路に位置するメッシュの空隙率と透過率を100%とすることにより連続した道路空間を表現する。25mメッシュスケールについては、メッシュスケールと道路幅員との関係や札幌市街地の道路状況を踏まえ、幅員20m以上の道路を対象に道路空間を表現する。平面図（平成22年度札幌市現況図（縮尺1/2,500））等を参考に道路中心線（道路リンク）を作成し、それらの道路リンクと交差する25mメッシュをGISの機能を用いて抽出し、空隙率100%として設定した。図-3.2-3は、25mメッシュスケールの建物占有率と、実際の建物配置に合わせて幅員約20m以上の道路メッシュを連続的に設定した場合の建物占有率を比較したものである。空隙率100%のメッ

シュが縦横方向に連続している。このメッシュ条件により浸水解析を実施する（＜参考資料＞2．（2）参照）。

図-3.2-4 をみると、図-3.2-3 で示した道路上の流れが卓越し、5mメッシュの計算結果との差違が小さくなることからわかる。このように、計算メッシュスケールを設定する際には、必要に応じて道路等空間の連続性に留意することとする。

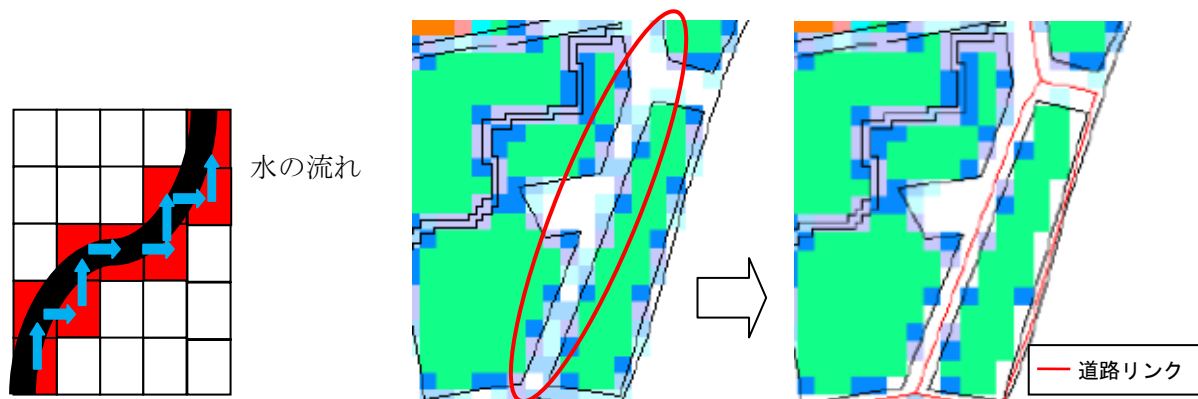


図-3.2-2 道路空間の連続性の確保

図-3.2-3 道路空間を反映した建物占有率

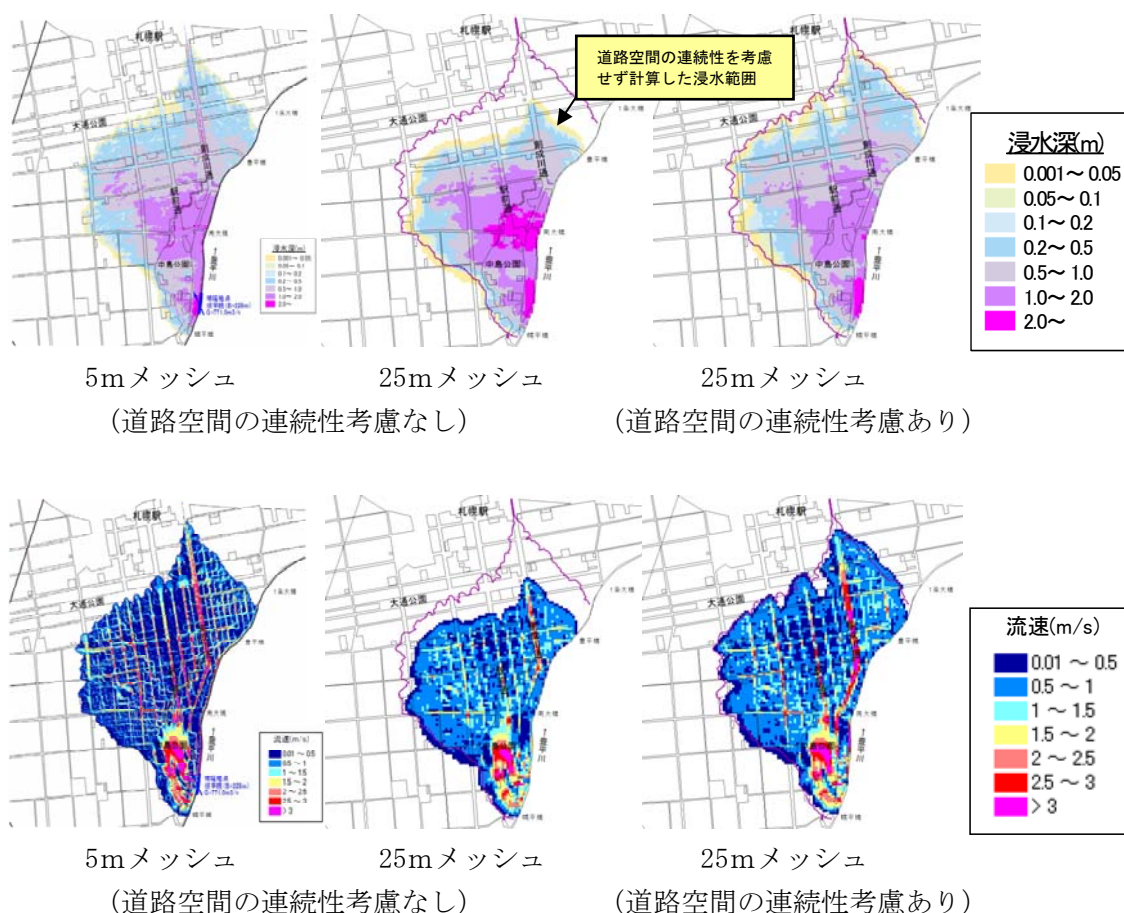


図-3.2-4 道路空間連続性確保の効果（豊平川、25mメッシュの例）

(5) 粗度係数、空隙率、透過率の設定

1) 粗度係数

式(3.1)、(3.2)で示した粗度係数に関しては、対象とする浸水域の土地利用状況、過去の洪水実績等から総合的に判断するものとする。再現計算における同定結果⁹⁾を踏まえた「津波浸水想定の設定の手引き」¹⁰⁾や既往の実験結果⁵⁾等を参考に、土地利用ごとの粗度係数について目安となる範囲を示す(表-3.2-1 参照)。住宅地等については、建物による抗力と底面摩擦力を考慮するものとし、粗度係数は建物周辺の土地利用等から、空地・緑地、道路等の値を設定する。

表-3.2-1 土地利用条件に応じた粗度係数の目安

土地利用	粗度係数 $m^{-1/3} \cdot s$
農地	0.02～0.060
林地	0.03～0.060
水域	0.025
空地・緑地	0.025～0.05
道路	0.015～0.047

2) 空隙率・透過率・抗力係数

空隙率・透過率・抗力係数の定義については、3. 2 (3) のとおりである。

空隙率については、メッシュ内の建物占有率を算定することにより式(3.7)、図-3.2-4のとおり設定する。 DX, DY はそれぞれ x 軸方向、 y 軸方向のメッシュスケール、 $S1, S2$ はメッシュ内の建物敷地面積である。設定にあたっては「基盤地図情報 2500」、「基盤地図情報 25000」等が利用できる。なお、空隙率が0%に近い場合は計算が不安定となるため、空隙率の下限値を設定する⁶⁾等により計算の安定化を図る。

透過率については、流量の計算格子点を囲むメッシュについて式(3.8)より空隙率の値を設定するほか、建物が境界上に集中する等メッシュ領域の占有とメッシュ境界の占有に大きな差が生じる場合は、必要に応じて式(3.9)やメッシュを縦横に道路が通過する場合の(3.10)等によることができる(図-3.2-4 参照)。 B_x, B_y はメッシュ境界上の建物占有延長である。

$C_D' (= C_D/L)$: 抗力係数÷建物の代表長さについては、「氾濫シミュレーション・マニュアル(案)」⁵⁾より、建物の代表長さを10mとして0.383が目安となる。

$$\gamma_v = 1 - (S1 + S2 + S3) / (DX \times DY) \quad (3.7)$$

$$\gamma_x = \gamma_y = \gamma_v \quad (3.8)$$

$$\gamma_x = 1 - B_y / DY, \quad \gamma_y = 1 - B_x / DX \quad (3.9)$$

$$\gamma_x = \gamma_y = 1 - \sqrt{1 - \gamma_v} \quad (3.10)$$

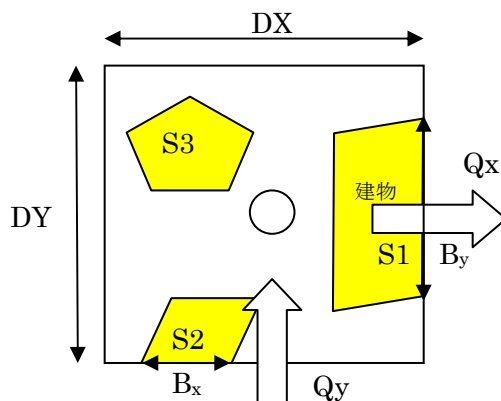


図-3.2-4 メッシュ内の建物と空隙率・透過率の設定

(6) 河川からの氾濫流量計算

氾濫流量の計算は横越流公式を適用することを基本とし、河道内不定流計算により算定された対象洪水による河道内水位、堤内敷高等から氾濫流量： Q 及び氾濫の方向角度： θ を求める（図-3.2-5 参照）。横越流公式及び正面越流公式による氾濫流量の計算においては、河道内不定流計算に氾濫流量を考慮する他、氾濫想定地点より上流部において溢水氾濫や越水氾濫が生じ、氾濫水が対象河川に戻ってこないような場合には、越水氾濫等による流下流量の減少を考慮する等、河道流量との収支を考慮する。

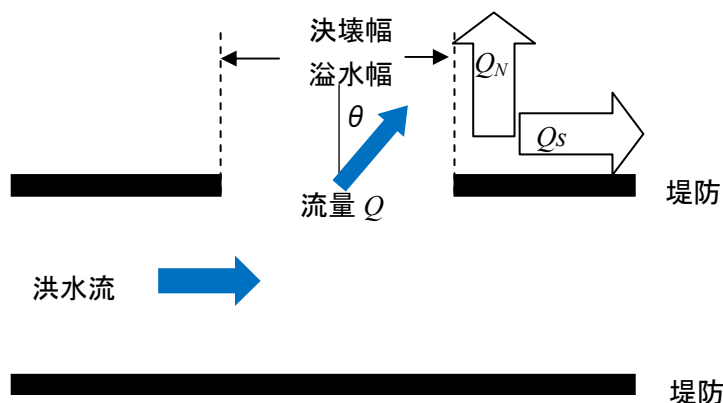


図-3.2-5 河川からの氾濫流

1) 横越流公式

横越流に関しては本来蛇行等の河道の平面形状の影響を受けるものと考えられるが、現状では直線河道において横越流量の公式が提案されているに過ぎない。ただし、秋山等¹¹⁾より、蛇行部の横越流についても本間の正面越流公式の流向補正により実験結果をある程度再現できることが示されているため（図-3.2-6 参照）、下記の方法①、②を参考として提示する。

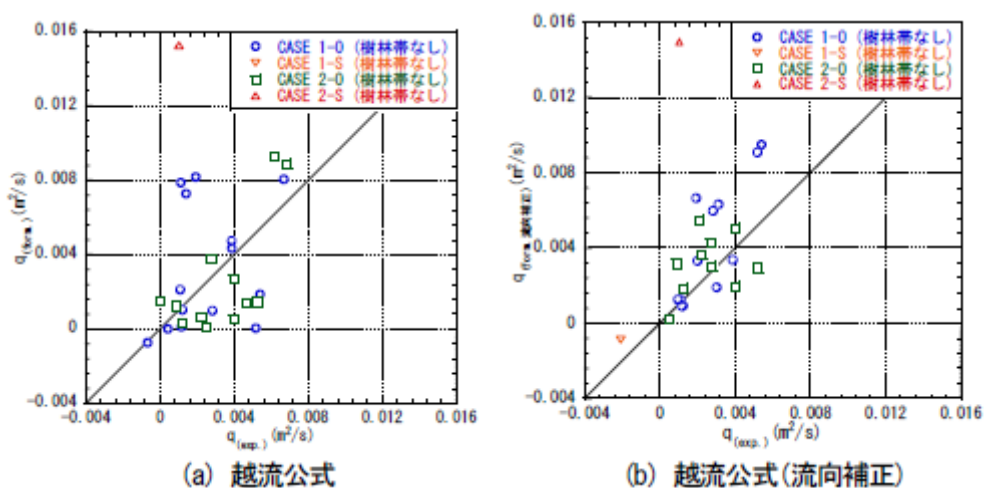


図-3.2-6 越流公式（左：正面越流、右：正面越流公式の流向補正）
と実験結果の比較（蛇行区間）（秋山等(2008)より）

① 栗城等の式¹²⁾

本間の正面越流公式による単位幅流量： Q_0 を方向角度： θ と、補正係数： α で修正することにより横越流量を定式化したものであり、河床勾配： I により流出角度、補正係数を表している（表-3.2-2 参照）。ここで、 Q_N , Q_S ：単位幅当たりの越流量の堤防法線方向成分及び堤防接線方向成分である（図-3.2-5 参照）。

$$\text{堤防法線方向成分} \quad Q_N = \alpha Q_0 \cos \theta \quad (3.11)$$

$$\text{堤防接線方向成分} \quad Q_S = \alpha Q_0 \sin \theta \quad (3.12)$$

表-3.2-2 横越流特性（栗城等¹²⁾より）

決壊氾濫	溢水に伴う越流
$I > 1/1,580$ $\alpha = 0.14 + 0.19 \times \log_{10}(1/I)$, $\theta = 48 - 15 \times \log_{10}(1/I) (^{\circ})$ $1/1,580 \geq I > 1/33,600$ $\alpha = 0.14 + 0.19 \times \log_{10}(1/I)$, $\theta = 0 (^{\circ})$ $1/33,600 \geq I$ $\alpha = 1$, $\theta = 0 (^{\circ})$	$I > 1/12,000$ $\alpha = 1$, $\theta = 155 - 38 \times \log_{10}(1/I) (^{\circ})$ $1/12,000 \geq I$ $\alpha = 1$, $\theta = 0 (^{\circ})$

② 秋山等の式¹¹⁾

直線河道における横越流の実験結果を基に、本間の正面越流公式を表-3.2.3に示す方向角度： θ と補正係数 α で修正する形で横越流量を定式化したものである（表-3.2-3 参照）。 $Fr = (Q_{IN}/B)/(gh^3)^{1/2}$ ：フルード数、 Q_{IN} ：河道内流量、 L ：決壊幅、 B ：河道幅である。

表-3.2-3 横越流特性（秋山等¹³⁾より）

完全越流状態	もぐり越流状態
$\alpha \cong 0.84 (\pm 0.03)$ (1)	$\alpha \cong 0.66(Fr)^{0.5}(L/B)^{0.1} + 0.3$ (3)
$\theta \cong 53.0(Fr)^{2.4}(L/B)^{1.3} + 7.5$ (2)	$\theta \cong 99.0(Fr)^{1.8}(L/B)^{1.1} + 12.0$ (4)

2) 正面越流公式（本間の公式）

$$\text{完全越流}(h_2/h_1 < 2/3) \text{の時} \quad Q_0 = 0.35 h_1 \sqrt{2gh_1} \quad (3.13)$$

$$\text{もぐり越流}(h_2/h_1 \geq 2/3) \text{の時} \quad Q_0 = 0.91 h_2 \sqrt{2g(h_1 - h_2)} \quad (3.14)$$

ただし、 h_1, h_2 は氾濫部の敷高から測った水深で、高い方を h_1 、低い方を h_2 とする（図-3.2-7 参照）。計算メッシュの細密化によりメッシュスケールが氾濫幅より小さくなる場合は、図-3.2-8 に示すとおり、氾濫幅、氾濫部の平均敷高、平均水位等から氾濫流の総量と方向角を算出し、氾濫部に位置する各メッシュに配分する（図-3.2-8 参照）。ここで、氾濫境界位置のメッシュが堤防上に設定される等、地盤高が不適切に高くなっていると h_2 が過大になる場合がある等、氾濫流量を過小評価してしまう場合があるため、細密な計算メッシュスケールの場合には留意する必要がある。

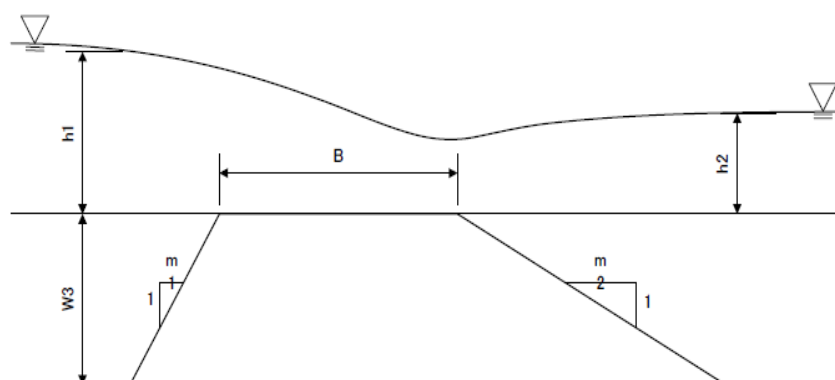


図-3.2-7 堤防断面と h_1, h_2 の関係

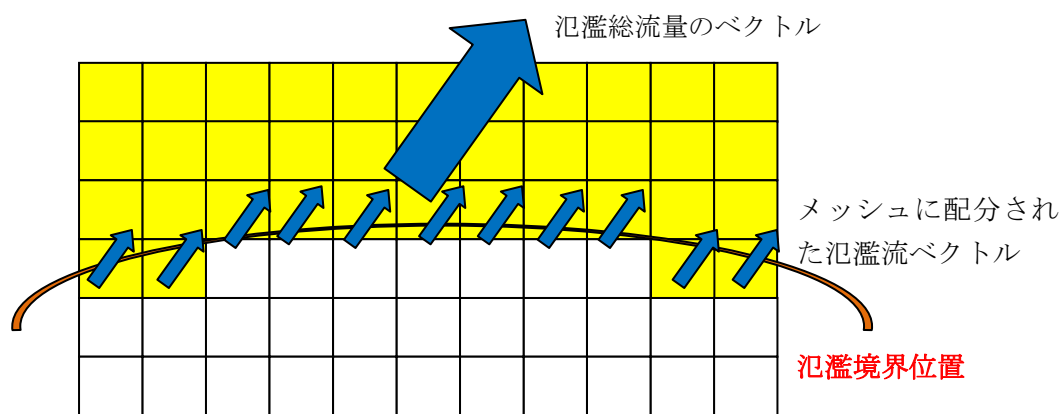


図-3.2-8 浸水解析における氾濫条件の設定

(7) 堤防の決壊等条件

氾濫想定地点の堤防の決壊形状等の条件設定については、当該河川における過去の決壊事例を参考とするほか、「氾濫シミュレーション・マニュアル（案）」⁵⁾を参考に以下にすることができる。また、急流河川においては「急流河川における浸水想定区域検討の手引き」⁴⁾によるものとする。

① 溢水幅

氾濫想定地点における溢水幅は、後述する決壊幅又は直下流決壊地点までの距離のいずれか小さい方とする。なお、溢水氾濫においては氾濫部の敷高の変化は生じないものとする。

② 決壊幅

決壊形状は実績値によることを基本とする。ただし、実績値がない場合は決壊箇所が合流点付近か否かに分けて、次式により川幅 x (m) から決壊幅 y (m) を算定する。

なお、合流点付近とは、合流の影響が無視できない規模の河川が合流している場合で、その目安は支川の川幅が本川の川幅の3割以上とし、影響区間は合流点から上下流に本川川幅の2倍程度の区間を目安とする。

$$(a) \text{ 合流点付近の場合} : y = 2.0 \times (\log_{10} x)^{3.8} + 77 \quad (3.15)$$

$$(b) \text{ 合流点付近以外の場合} : y = 1.6 \times (\log_{10} x)^{3.8} + 62 \quad (3.16)$$

③ 決壊敷高

堤防は基部まで決壊するものとし、堤防位置における堤内地盤高又は河道高水敷高のいずれか高い方を決壊敷高とする。

④ 決壊の時間進行

決壊後瞬時に最終決壊幅の2分の1 ($y/2$) が決壊し、その後1時間で最終決壊幅まで拡大するものとする。また、この間の決壊幅の拡大速度は一定とし、上下流方向に拡大するものとする。なお、決壊敷高は瞬時に③の敷高となるものとする。

(8) 連続盛土等の設定

浸水現象をより適切に表現するため、メッシュ幅に対して盛土幅が小さく地盤高で十分表現できない連続盛土については、浸水位が盛土高を超えない場合は不透過境界、超える場合は越流が生じるものとしてモデル化する。逆にメッシュ幅に対して十分幅の広い連続盛土に対しては地形条件として与え、連続的に浸水計算を行うことができる（図-3.2-9 参照）。また、連続盛土の中にボックスカルバート等が存在する場合には、オリフィスとして扱う⁵⁾こと（図-3.2-10 参照）ができ、ボックスカルバートの高さ： H 、幅： B 、前後の水位 h_1, h_2 より流量： Q を計算する。

なお、堤内地における連続盛土等には必要に応じて氾濫流による侵食・決壊等の可能性について検討し浸水計算に反映することができる。その場合、連続盛土等の安定性に関する検討結果を明記するものとする。

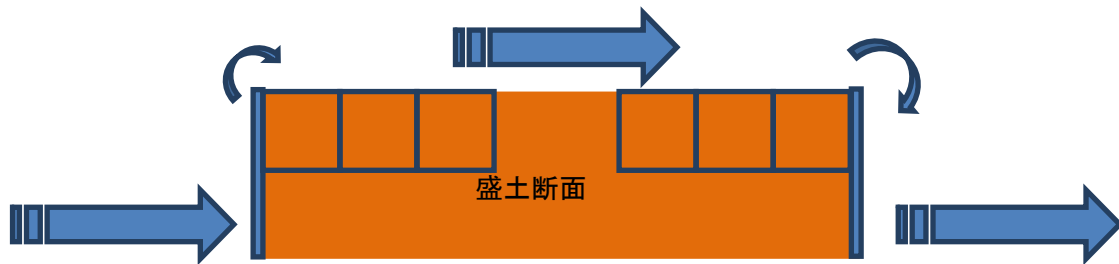
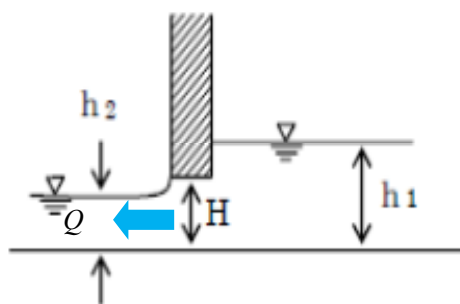


図-3.2-9 幅が広い連続盛土における計算



$$\begin{aligned}
 h_2 &\geq H & Q &= 0.75 BH \sqrt{2g(h_1 - h_2)} \\
 h_2 < H, \quad h_1 &\geq \frac{3}{2}H & Q &= 0.51 BH \sqrt{2gh_1} \\
 h_2 < H, \quad h_1 &< \frac{3}{2}H & Q &= 0.79 Bh_2 \sqrt{2g(h_1 - h_2)}
 \end{aligned}$$

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

図-3.2-10 ボックスカルバート、樋管等からの流出量

(9) 浸水域内の排水条件の設定

浸水継続時間を算定するためには、河川水位や潮位の時間変化のほか、浸水域内の排水条件を適切に設定する必要がある。浸水域内の大規模な河川については「排水河川」として設定を行い、氾濫水が当該河川へ流入することにより堤内地の排水が時系列で進行していく現象を表現する。排水河川以外の農業用排水路や道路側溝等小水路については排水流域を設定し、「小水路流下能力÷各流域内の浸水メッシュ数」により各メッシュの排水量を求め、堤内地の氾濫ボリュームを減少させる等の方法により排水現象を表現することができる（図-3.2-11 参照）。

排水施設の操作については、想定される浸水時に排水機能が確実に確保できる既設の水門等（水門・樋管・樋門）を対象とし、内水対策用の排水ポンプや排水ポンプ車等の危機管理対応については、必要に応じて考慮するものとする。

水門等については堤内水位が外水位よりも高い状況下において水門等から排水を実施し、外水位が高い場合は閉鎖する操作を基本とする。水門及び樋管からの排水量については外水位と堤内水位、水門幅等の施設諸元から、正面越流公式、ボックス通過流量の実験式（図-3.2-10 参照）を使用して算定することができる。

排水ポンプについては、ポンプ場ごとに集水区域を設定し、「ポンプ排水量÷集水区域内の浸水メッシュ数」で算定したボリュームを浸水メッシュより均等に差し引いて排水を実施する（図-3.2-11 参照）。排水ポンプ等の稼働を考慮する場合は、浸水時の稼働条件について、燃料補給体制やアクセス路の確保などを踏まえた排水機能の継続性にも留意する。なお、浸水想定区域図作成時点で浸水時の排水施設の機能が不確実な場合には、稼働条件や操作員のアクセス等を整理したうえで検討を行うこととする。

なお、小水路の流下能力やポンプ排水量については施設諸元と河川水位、堤内水位等から適切に与える。また、河道の水位が低下する等して、堤内側の水位が河道の水位より高くなった場合には、決壊部において堤内地から河道へ逆流するものとし、この場合の逆流量は正面越流公式により与える。

メッシュ毎に「小水路流下能力÷小水路毎の流域内の浸水メッシュ数」
又は「ポンプ排水量÷集水区域内の浸水メッシュ数」の排水量を設定

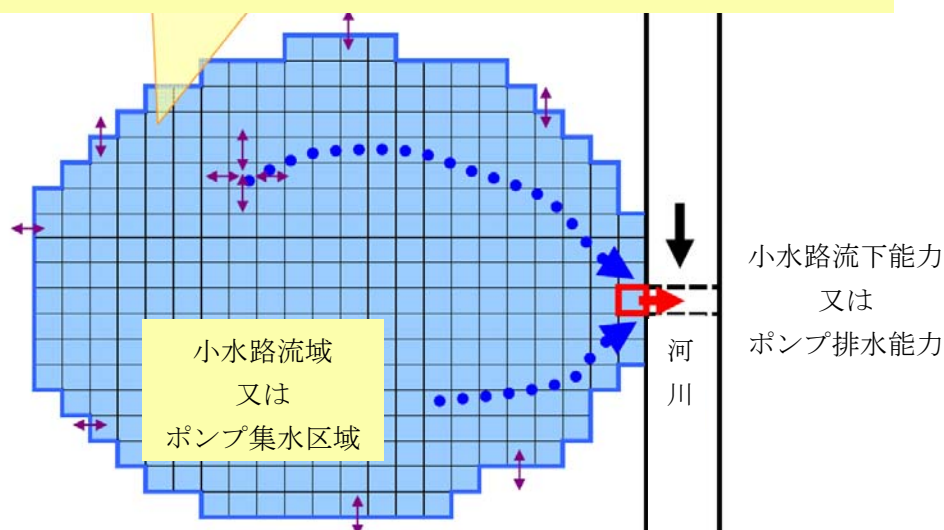


図-3.2-11 小水路・ポンプ排水のモデル化の例

(10) 計算時間間隔の設定

安定した計算を行うためには、メッシュスケールや発生する氾濫流速に応じて計算時間間隔を小さくする必要があるが、一方で計算時間間隔が小さいと計算量が多くなり計算時間が長くなる。このため、計算が安定する範囲で計算時間を考慮して計算時間間隔を設定する。

(11) 計算時間の設定

各地点の最大浸水深を算定するためには、洪水ハイドロが通過して河道からの流入が止った後、堤内地側の水面形が安定又は水位低下が見られるまで計算を行う。

また、浸水継続時間を算定するためには、目安となる浸水深を設定し、計算領域全体の浸水深がこの浸水深を下回るまで計算を行う必要がある。目安となる浸水深は、市町村や事業者等が浸水からの復旧を計画できるよう、例えば、0.3m（止水板等で浸水防止が可能な水深）、0.05m（清掃作業を開始できる水深）、0.01m（概ね浸水解消）等、複数設定することを基本とする。

ただし、計算時間が極めて長くなる場合においては、各地点の最大浸水深が得られた後、適宜浸水解析を打ち切り、あらかじめ排水過程において浸水解析と同等の精度を有することを確認した池モデル³⁾等の方法で浸水継続時間の算定を行うことができる。

3. 3 浸水解析の実施

浸水解析は、直行座標による差分法又は同等以上の精度が確保できる数値解析手法によるほか、解析の目的に応じて同等以上の精度を確保した上で、ネスティングや非構造格子等による方法を利用することもできる。

4. 浸水想定区域図の表示・提供・保管

水防法第14条に基づき、国土交通大臣又は都道府県知事は、浸水想定区域の指定又は変更をしたときは、指定の区域及び浸水した場合に想定される水深を公表するとともに、関係市町村の長に通知しなければならない。

なお、水防法施行規則第2条に基づき、浸水想定区域及び浸水した場合に想定される水深の公表は、当該区域及び当該水深を定めた旨を官報又は都道府県の公報に掲載するとともに、これらを表示した図面を関係地方整備局若しくは北海道開発局又は都道府県知事の指定する場所において閲覧に供することにより行うものとする。また、浸水想定区域図には、浸水想定区域の指定の前提となる降雨が計画降雨であることを明示しなければならない。

浸水想定区域及び浸水した場合に想定される水深等の表示等については以下のとおりとする。

4. 1 浸水深の設定

各計算メッシュについて、氾濫想定地点ごとの浸水計算結果による最大浸水位（最大浸水深＋地盤高）のうちで最も高い値をその計算メッシュの最大浸水位とする。

計算メッシュの最大浸水位から3. 2（2）で設定した地盤高の基本データを差し引いたものを最大浸水深とする（図-4.1参照）。

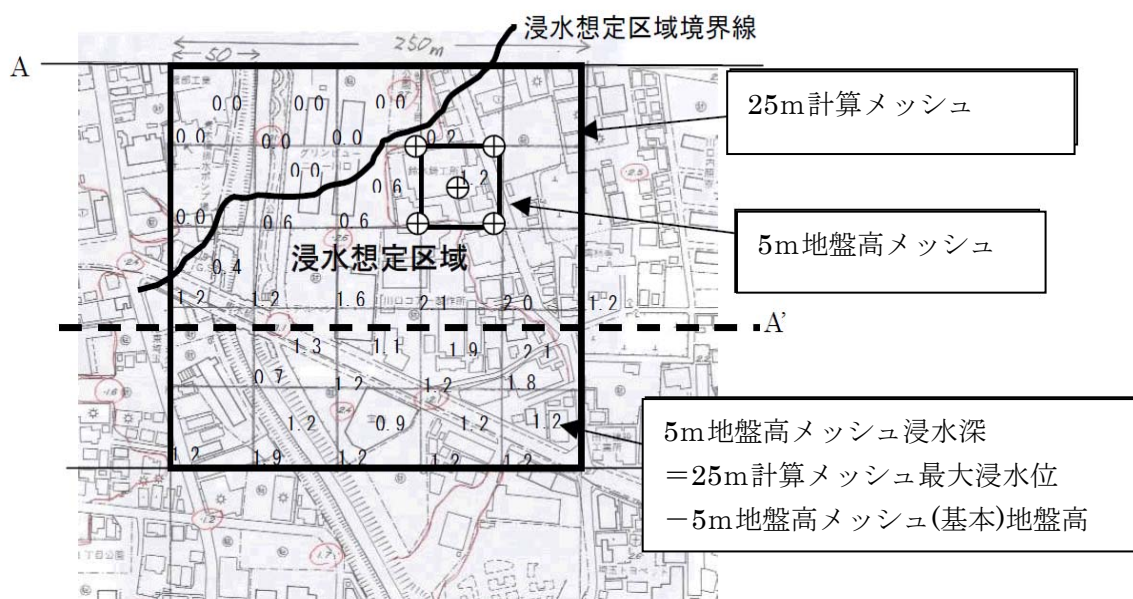


図-4.1 浸水深の設定の例（25mメッシュの場合）

4. 2 浸水深の表示

(1) 浸水深のランク区分

浸水深のランク区分は、表-4.2に示す浸水の目安を参考に0.5m未満、0.5m以上3.0m未満、3.0m以上5.0m未満、5.0m以上の4段階で表示することを標準とする²⁾。

表-4.2 浸水深のランク分け

浸水深	浸水の目安
0.5m	1階の床高
3.0m	1階の軒下まで浸水する程度
5.0m	2階の軒下まで浸水する程度

(2) 浸水深の描画方法

地盤高メッシュごとに求めた浸水深を地形図等に表現されている地形等と比較し、計算結果の妥当性を検証した上でメッシュごとに分類に従い彩色する

浸水ランクによる色分けの色見本（CMYK）は、以下を基本とする。

- ・ 5.0m以上 : 濃紫 色見本（C40 M75）
- ・ 3.0m以上 : 紫 色見本（C10 M35）
- ・ 0.5m～3.0m未満 : 青 色見本（C40）
- ・ 0.5m未満 : 黄 色見本（C10 Y60）

4. 3 浸水想定区域図の縮尺と様式

浸水想定区域図は、市町村が地域防災計画に必要な事項を定めるため、洪水時の円滑かつ迅速な避難の確保又は洪水時の浸水の防止を図る必要がある施設、避難場所、避難路等の安全性・的確性の評価や、住民へ浸水想定区域の周知等を行うにあたって必要とする縮尺と様式を有するものとする。

(1) 必要とする縮尺

浸水想定区域図の背景地図は、地形に応じた浸水状況が判読できる縮尺（概ね1/10,000縮尺程度で1/2,500縮尺相当の地形図の縮小編纂によるものが望ましい。）とすることを基本とする。

背景地図の複製・調整にあたっては、必要となる手続き（測量法、著作権法など）を行う。

(2) 図面として閲覧に供する様式

図面として閲覧に供する場合には、水系・河川別及び公表する主体別に公表されたものを容易に重ね合わせができるように、市町村として利用しやすい座標系に則った様式が望ましい。

(3) 浸水想定区域図に添付すべき事項

浸水想定区域図には、タイトル、索引図（当該図の位置又は隣接図との接続関係を示す図）及び凡例を添付する必要がある。

4. 4 浸水想定区域図に明示する事項

浸水想定区域図の公表にあたっては、浸水想定区域及び浸水した場合に想定される水深等の図示のほか、水防法施行規則第2条第2項に基づき「浸水想定区域の指定の前提となる降雨が計画降雨であること」を明示しなければならない。

また、「浸水想定区域に指定されていない区域においても浸水が発生しうるものであること」等、必要な事項について、図面上において文章により明示する必要がある。

(浸水想定区域図 記載事項例)

1 説明文

- (1) この図は、〇〇川水系〇〇川の〔洪水予報／水位周知〕区間について、水防法の規定により指定された浸水想定区域及び浸水した場合に想定される水深を表示した図面です。
- (2) この浸水想定区域等は、指定時点の〇〇川の河道及び洪水調節施設の整備状況を勘案して、洪水防御に関する計画の基本となる年超過確率 $1/〇〇〇$ (毎年、1年間にその規模を超える洪水が発生する確率が $1/〇〇〇$ (〇%))の規模の洪水により〇〇川が氾濫した場合の浸水の状況をシミュレーションにより予測したものです。
- (3) なお、このシミュレーションの実施にあたっては、支川の氾濫、想定を超える降雨、高潮及び内水による氾濫等を考慮していませんので、この浸水想定区域に指定されていない区域においても浸水が発生する場合や想定される水深が実際の浸水深と異なる場合があります。

2. 基本事項等

- | | |
|---|--|
| (1) 作成主体 | 国土交通省〇〇地方整備局〇〇河川事務所 |
| (2) 指定年月日 | 平成〇〇年〇〇月〇〇日 |
| (3) 告示番号 | 国土交通省〇〇地方整備局告示第〇〇号 |
| (4) 指定の根拠法令 | 水防法（昭和24年法律第193号）第14条第1項 |
| (5) 対象となる洪水予報河川 | 〇〇川水系〇〇川
(実施区間)
左岸：〇〇県〇〇市〇〇町〇〇番の〇地先から海まで
右岸：〇〇県〇〇市〇〇町〇〇番の〇地先から海まで |
| (6) 指定の前提となる計画降雨 | 〇〇川流域の〇日間の総雨量〇〇〇mm |
| (7) 関係市町村 | 〇〇市、〇〇町 |
| (8) その他計算条件等（計算メッシュ、地盤高メッシュ等について必要に応じて記述） | |

4. 5 浸水想定区域図データの提供と保管

浸水想定区域図の作成等に使用・作成したメッシュごとのデータについては、浸水想定に関する情報をより有効に活用すること、河道や浸水域の将来の変化に応じた再計算等を前回の計算と整合性を確保しつつ容易に行うことを目的とし、作成主体において電子化し、保管する。

浸水想定区域図データは「浸水想定区域図データ電子化ガイドライン」¹⁴⁾（以下、「電子化ガイドライン」という。）に基づいて電子化し、市町村が洪水ハザードマップ作成に利用できるようにするほか、浸水想定に関する情報を地理院地図などのWEBサイトでも利用しやすいデータ形式で保管することが望ましい。

なお、電子化ガイドラインに基づき、表-4.3については、市町村に提供することとし、さらに、本マニュアルで取り扱う浸水想定区域図以外のデータの表示・保管・提供については、6. で述べる。

また、浸水想定区域図は洪水時家屋倒壊危険ゾーンと合わせて作成主体がWEBサイトに掲載し、インターネットの利用により、住民等がその提供を受けることができる状態に置くものとする。この場合、浸水想定区域図に洪水時家屋倒壊危険ゾーンを重ね合わせて表示すると図面が煩雑になる場合には、図面を分けて掲載するなどの工夫が必要である。

表-4.3 電子化ガイドラインに基づき市町村に提供するデータ一覧

	データ名	データ内容	データ形式	格納フォルダ	市町村による利用場面
浸水想定区域図データ	浸水想定区域図 GIS・CADデータ	0.5m, 3.0m, 5.0mの浸水想定区域を図化したデータ	シェープDXF	『浸水想定区域図_SHAPE』 or 『浸水想定区域図_DXF』	浸水想定区域と避難に関する情報等の検討に利用
	浸水深・流速 GIS・CADデータ	時系列ごとの浸水深・流速を図化したデータ	シェープDXF	『BPnnn_SHAPE』 or 『BPnnn_DXF』	避難に関する情報等の検討に利用
	浸水想定区域図データ	メタデータや破堤点別の浸水深・流速、標高、緯度経度の数値データ	CSV	浸水想定区域図CSVデータは提供データに含まれる全てのCSVファイルの総称	浸水想定区域と避難に関する情報等の検討の際に数値で利用
その他の説明資料	浸水想定区域図データ電子化ガイドライン	浸水想定区域図のデータフォーマットを規定しているガイドライン	PDF	『浸水想定区域図』	参考資料
	浸水想定区域図データ電子化用ツール	浸水想定区域図データ作成支援ツールの実行ファイル	EXE	『浸水想定区域図』	参考資料
	浸水想定区域図データ電子化用ツール 操作マニュアル	支援ツールの操作マニュアル	PDF	『浸水想定区域図』	参考資料
	洪水ハザードマップ作成のための「浸水想定区域図データ」 利用ガイド	市町村向けに浸水想定区域図データを説明するガイド	PDF	『浸水想定区域図』	参考資料

5. 洪水時家屋倒壊危険ゾーンの設定

5. 1 洪水時家屋倒壊危険ゾーンの考え方

洪水時家屋倒壊危険ゾーンは、洪水時に家屋が流失・倒壊のおそれがある範囲を示すものであり、洪水時における屋内安全確保（垂直避難）の適否や立ち退き避難（水平避難）のタイミングの判断等に有効な情報となる。当該ゾーンの設定においては、氾濫による流体力の作用及び河岸侵食による基礎の流出による家屋倒壊危険性について評価し、それぞれについて設定・表示するものとする。

なお、基本的には、氾濫による倒壊等現象は堤防高の大きな堤防整備済み区間において、河岸侵食による倒壊等現象は掘込河道や高水敷の狭い区間において問題となる。同一の区間で双方の危険性がある場合は、それぞれについて明示することとする。

5. 2 氾濫による家屋倒壊危険ゾーンの設定

家屋の構造・強度は様々であるが、ここではモデル的な木造2階建て家屋を想定（＜参考資料＞3. 参照）し、氾濫に対する倒壊等の危険性を評価することにより、氾濫による家屋倒壊危険ゾーンを設定する方法を示す。家屋に作用する流体力については、氾濫流により発生しうる最大の流体力を算定するものとし、下記の条件で浸水解析を行い、各メッシュにおける流速・浸水深から流体力を算定する。

（1）検討箇所

無堤部や堤防天端から堤内地盤までの比高が比較的小さい箇所においては、水位差が小さく堤防の決壊に伴う河川水の流入する流速が比較的小さいため、それほど大きな流体力は発生しない。一方、比高の大きな堤防が堤防天端高の水位で瞬時に決壊する場合については、大きな流体力が発生すると考えられる。このため、流体力による家屋倒壊の検討については、堤防天端から堤内地盤までの比高が2m以上の箇所において検討する。

ただし、山間部の急流河川の湾曲部や掘込み河道沿川のように高速流れの氾濫が想定される箇所等では、これに限らず検討を行う必要がある。

（2）基礎方程式

基礎方程式については、透過率、空隙率を考慮しないことを基本とする。これは、堤防側の建物が倒壊等することにより遮蔽域に位置した背後の建物に氾濫流が直接作用する危険性を考慮したものである。また、底面粗度係数に関して表-3.2-1の空地・緑地又は道路の値を標準とする。

（3）氾濫条件

危機管理対応を検討するにあたり前提とする外力（計画降雨を上回るもの）が設定されている場合には、この危機管理対応上の洪水（降雨）における流量による河道内の水位変化を計算し、各断面でピーク水位時に氾濫が発生する場合を想定する。また、当該流量が設定されていない場合は、当該区間やそれよりも上流区間の堤防天端高相当の流下能力等を考慮してピーク流量を設定した上で、計画対象降雨に相当するハイドロ波形の引き延ばし等によりハイドロを設定する他、簡易的に堤防天端高を氾濫水位として与える等の条件を設定することができる。

また、堤防の決壊条件については越流開始後瞬時に堤防基部、最終決壊幅まで決壊するものとする。

(4) 計算メッシュスケール

堤内地の地形条件により、局所的に大きな流体力が発生する場合があるため、計算におけるメッシュスケールは、使用できる地盤高データの仕様、計算範囲、現象の時間スケール等を考慮したうえで、10～25m程度を目安に家屋のスケールと同程度に小さいものを基本とする。

(5) 建物の倒壊等条件

倒壊等限界の一例として、氾濫流が通過する過程で家屋が倒壊等に至る状況を想定し、木造2階建て家屋について倒壊等限界を試算した結果を図-5.2に示す。氾濫・浸水の過程において、対象とする地点の浸水深と流速が倒壊曲線に達した場合に倒壊等が生じると判定できる。

モデル的な木造家屋において氾濫流による荷重が家屋のせん断耐力を超える場合（倒壊）と、底面摩擦力を超える場合（滑動）の2通りを想定し、家屋のせん断耐力については新耐震基準（1981年）と旧耐震基準（1950年）に基づく2通りについて試算している（図-5.2参照）。あくまでもモデル的な家屋、荷重条件等を想定しての試算結果であることに留意されたい。試算の詳細は＜参考資料＞3．流体力による建物の倒壊等条件を参照されたい。

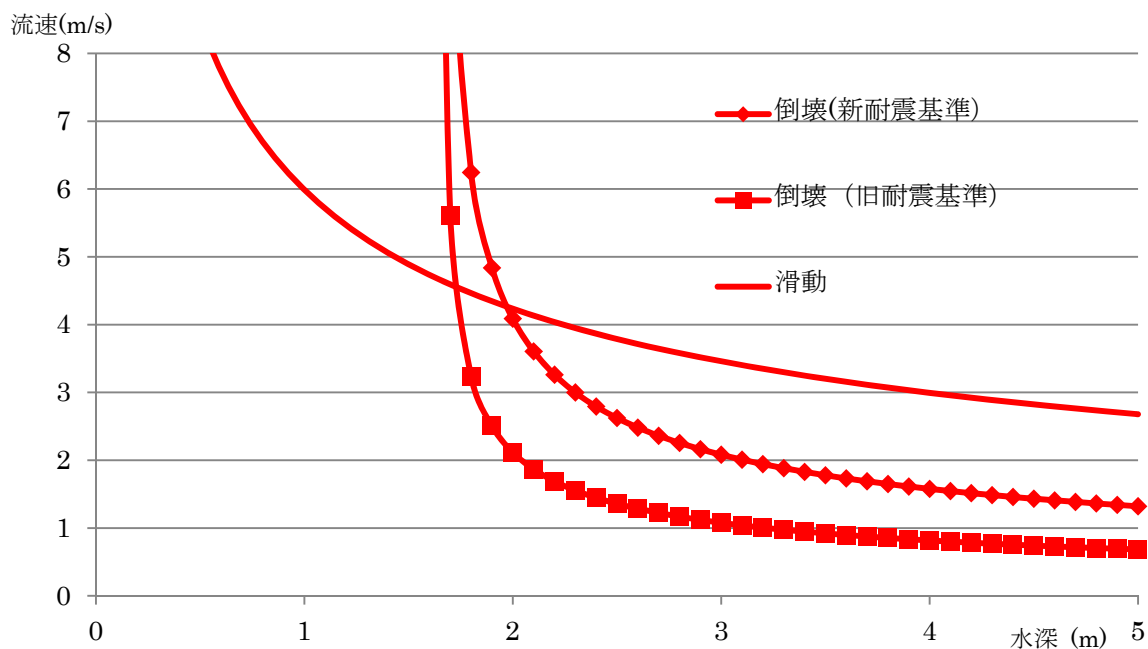


図-5.2 木造家屋の倒壊等限界の試算例
(◆：新耐震基準家屋、■：旧耐震基準家屋)

5. 3 河岸侵食による家屋倒壊危険ゾーンの設定

河岸侵食が生じると、家屋の基礎を支える地盤が流失し、侵食範囲にある家屋については、家屋本体の構造に依らず倒壊の危険が生じる。ここでは、出水時に生じ得る河岸侵食幅を算定し、倒壊の危険性のある家屋の範囲を河岸侵食による家屋倒壊危険ゾーンとして設定する。

(1) 河岸侵食幅の設定

図-5.3-1 は、直轄河川における河岸侵食事例（約 1,250 事例）を収集し、河床勾配との関係を整理した結果である（＜参考資料＞4 参照）。中小規模の出水で生じた河岸侵食事例も含め、異なる出水規模で生じた河岸侵食事例をプロットした結果であり、一洪水中に発生しうる最大の河岸侵食幅として、全プロットの包絡線を河岸侵食による家屋倒壊危険ゾーンの設定に適用することとした。川幅水深比に応じて、砂州の形成領域が異なることが知られている¹⁵⁾。(a) $B/h_b > 50$ は多列砂州、(b) $50 \geq B/h_b > 20$ は交互砂州、(c) $B/h_b \leq 20$ は砂州非形成と分類されているが、適用にあたっては川幅水深比を参考にしつつ、現地の砂州の形成状況によって、多列砂州が発生している場合には(a)、交互砂州が発生している場合には(b)、砂州が形成されていない場合には(c)と、図面を使い分けることが肝要である。なお、河床勾配が 1/2,000 以下のデータについては、河岸侵食幅が河岸高の 5 倍以下であり、その表示を割愛した。

河岸侵食幅の算定にあたっては、図-5.3-1 に示す黄色の包絡線を定式化した式 (5.1)～式 (5.3) を用いるとよい。その際、検討の対象とする河川の縦横断面図から、対象断面の河床勾配 i_b 、川幅 B 、水深 h 、河岸高 h_b を読み取り、河岸侵食幅を決定する。ここで、川幅、水深、河岸高については、以下のとおりとし、左右岸でそれぞれ評価する。図-5.3-2 に典型的な河道断面を示す。

(a) 掘込河道の場合

掘込河道においては、掘込河道満杯時の水位で生じる水面幅を川幅 B とし、同幅の平均河床高を Z_{abh} とすると、河岸高 h_b は掘込河道満杯時の水深 ($=Z_s - Z_{abh}$) である。

(b) 有堤区間かつ単断面河道の場合

有堤区間かつ単断面河道においては、河道満杯時の水位で生じる水面幅を川幅 B とし、同幅の平均河床高を Z_{abh} とすると、河岸高 h_b は堤内地盤高 Z_{teinal} と平均河床高の比高差である。

(c) 有堤区間かつ複断面河道の場合

有堤区間かつ複断面河道においては、低水路満杯時の水面幅 B_{low} を川幅 B とし、幅 B_{low} で平均した河床高 Z_{abhlow} を平均河床高 Z_{abh} 、低水路満杯時の水位 Z_{slow} を水位 Z_s とし、河岸高 h_b ($=Z_s - Z_{abh}$) を算定する。

(b) と (c) の使い分けは、樹木の繁茂状況や横断形状によって基本的に判断するが、セグメント 1 やセグメント 2-1 では明快な判断ができない場合がある。その場合には、堤防満杯時の水位で高水敷上の砂礫の移動の有無を確認し、移動すれば(b)を、移動しなければ(c)を用いることとする。具体的には、判断に迷う断面を分割し、準二次元不等流計算によって高水敷上の摩擦速度を算定し、砂礫の移動の有無を確認する。砂礫としては、低水路の代表粒径と同じ粒径を与えるものとする。

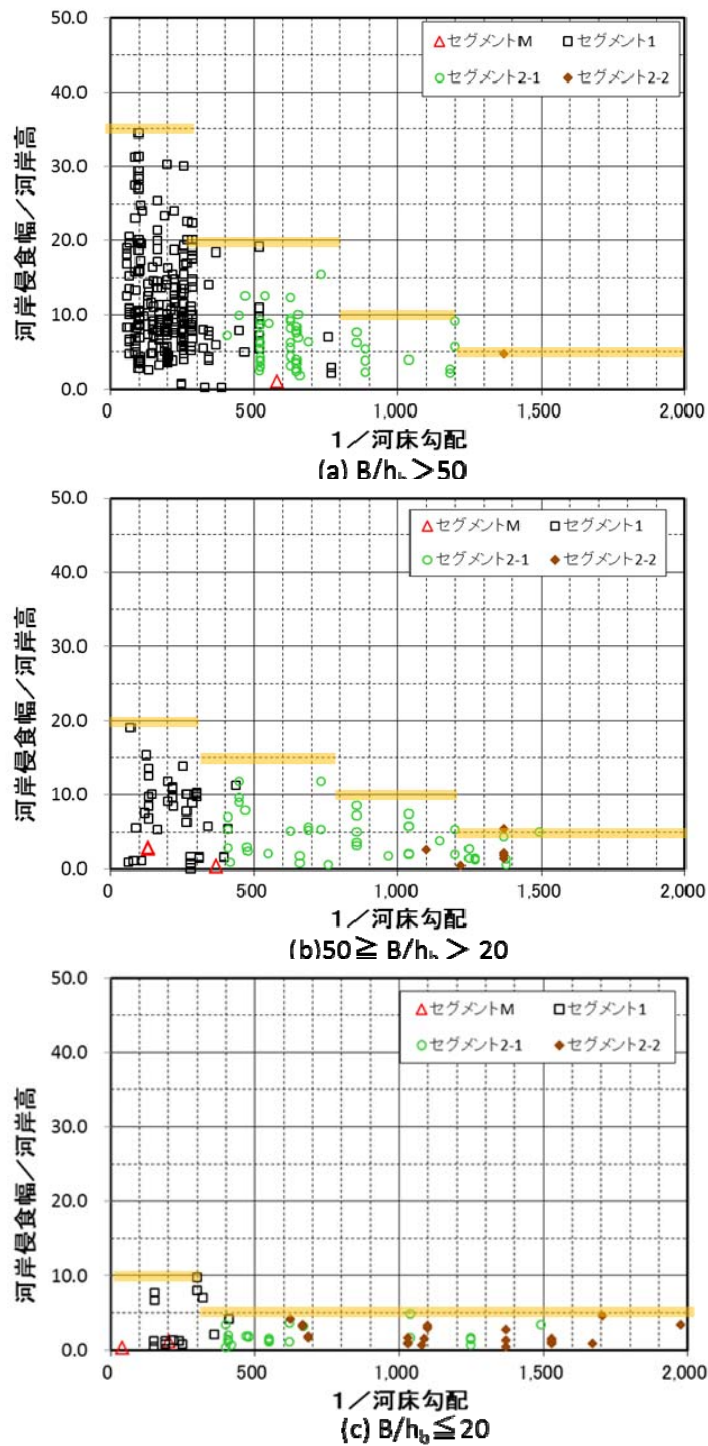


図-5.3-1 河岸侵食事例に基づく出水時における最大河岸侵食幅

利用にあたっての留意事項

- 異なる出水規模で生じた河岸侵食事例をまとめてプロットした結果であり、一出水で生じる河岸侵食幅としては全データの包絡線で捉えることが重要である。
- 川幅水深比に応じて、砂州の形成状況が異なることが知られている。(a) $B/h_b > 50$ は多列砂州、(b) $50 \geq B/h_b > 20$ は交互砂州、(c) $B/h_b \leq 20$ は砂州非形成と分類されているが、現地の砂州の形成状況によって、多列砂州が発生している場合には(a)、交互砂州が発生している場合には(b)、砂州が形成されていない場合には(c)と、図面を使い分けることが肝要である。
- セグメント3の事例については、河床勾配が1/2000よりも緩く、図中にはプロットされていないが、全て河岸高の5倍以下であったことから、河床勾配が1/2000の河道を対象とする場合には、河岸高の5倍を河岸侵食幅とする。

$$(a) Bb/h_b > 50 \text{ の場合} \quad : B_e = \begin{cases} 35 \times h_b & (i_b \geq 1/300) \\ 20 \times h_b & (1/300 > i_b \geq 1/800) \\ 10 \times h_b & (1/800 > i_b \geq 1/1,200) \\ 5 \times h_b & (1/1,200 > i_b) \end{cases} \quad (5.1)$$

$$(b) 50 \geq B/h_b > 20 \text{ の場合} \quad : B_e = \begin{cases} 20 \times h_b & (i_b \geq 1/300) \\ 15 \times h_b & (1/300 > i_b \geq 1/800) \\ 10 \times h_b & (1/800 > i_b \geq 1/1,200) \\ 5 \times h_b & (1/1,200 > i_b) \end{cases} \quad (5.2)$$

$$(c) 20 \geq B/h_b \text{ の場合} \quad : B_e = \begin{cases} 10 \times h_b & (i_b \geq 1/300) \\ 5 \times h_b & (1/300 > i_b) \end{cases} \quad (5.3)$$

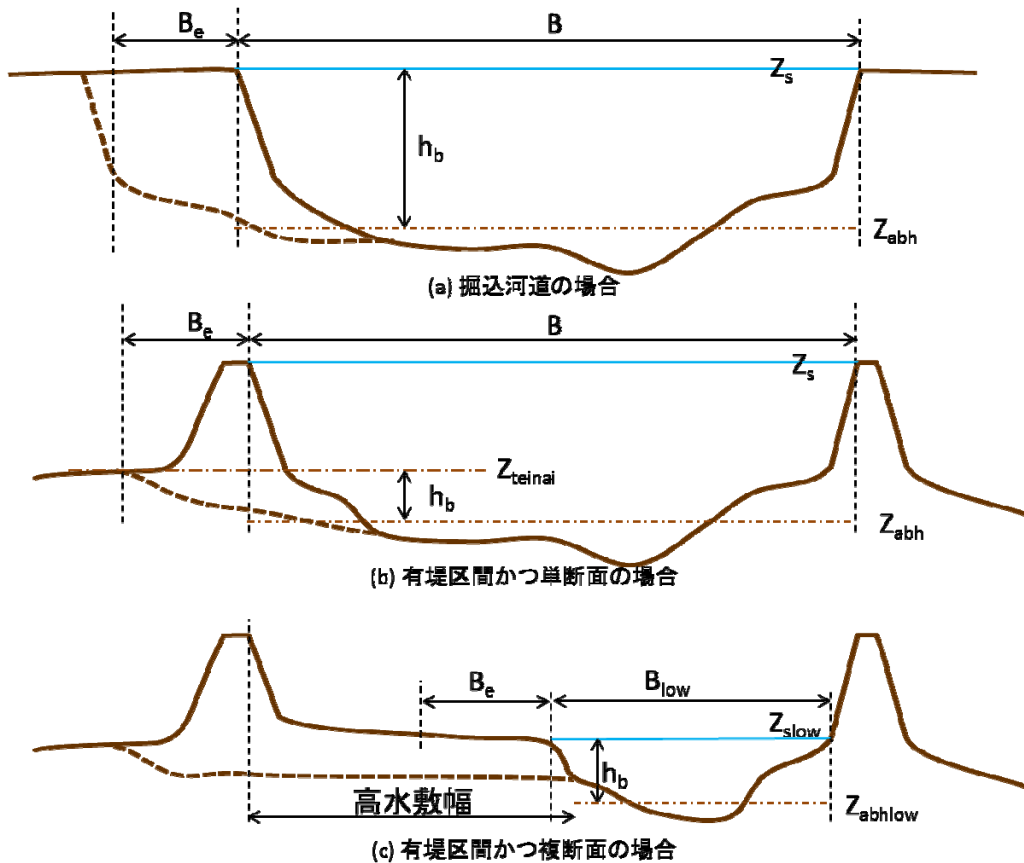


図-5.3-2 横断面図から読み取る川幅 B 、河岸高 h_b 、平均河床高 Z_{abh}

利用にあたっての留意事項

- (b)単断面と(c)複断面の使い分けについては、基本的には樹木の繁茂状況や横断面形状から判断する。セグメント1やセグメント2-1では明瞭な判断ができない場合がある。その場合には、堤防満杯流量時の摩擦速度を準二次元不等流計算によって算定し、河床材料の移動の有無から判断すると良い。分割断面上で低水路と同じ粒径の砂礫が移動すれば単断面として扱うものとする。
- 口付区間は検討の対象としない。片岸のみ口付の場合には、対岸のみ対象とする。
- 堤内地盤高や高水敷高については、左右岸それぞれの値を設定して河岸侵食幅の評価に用いるものとする。

(2) 河岸侵食を考慮しなくてもよい範囲

以下の特徴を有する区間においては、河岸侵食による家屋倒壊危険ゾーンを設定しなくてもよい。

1) 堤防防護に必要な高水敷幅を有する区間

図-5.3-2(c)で、堤防満杯時に高水敷上の砂礫の移動が生じず、低水路満杯時の河岸侵食幅を評価した結果、河岸侵食幅よりも広い高水敷が確保されている断面については、家屋倒壊危険ゾーンを設定しなくてもよい。

2) 河岸に難侵食性の岩が露出しており、河岸の侵食が急激に進行するおそれのない区間(山付区間を含む)

3) 川幅が局所的に拡大し、死水域となる箇所

死水域となる範囲は、図-5.3-3を参考にして設定できる。

4) 湾曲部内岸等の水裏部で、河岸を十分な高さで覆うような寄り州の発達が見られ、その状況が大きな規模の洪水によっても変わらないと想定される区間

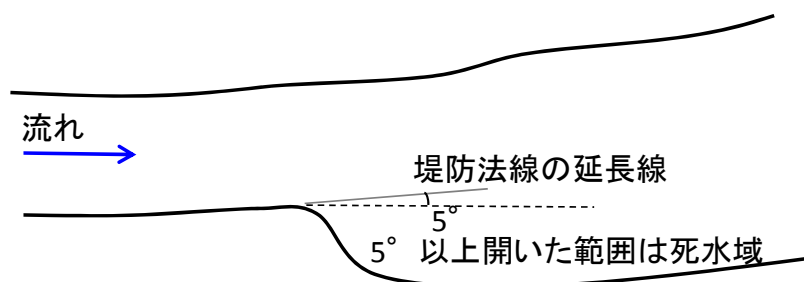


図-5.3-3 急拡部での死水域の設定

6. 浸水想定区域図以外のデータの表示・提供・保管

水防法第14条に基づく浸水想定区域の指定にあたり必須となる浸水想定区域図以外で、住民の円滑な避難や事業所等の自衛水防の促進に寄与するデータについての表示・提供・保管方法は以下のとおりとする。

6. 1 洪水時家屋倒壊危険ゾーンの表示

洪水時家屋倒壊危険ゾーンについては「洪水ハザードマップ作成の手引き（改定版）」²⁾に従い、氾濫によるものについては○で、河岸侵食によるものについては半透明の着色で、市町村が作成する洪水ハザードマップ上に描画し表示する。また、氾濫によるものについては、必要に応じて「色の濃淡」により危険性の程度を表現する（図-6.1-1参照）。

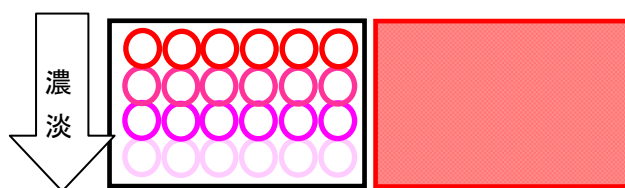


図-6.1-1 洪水時家屋倒壊危険ゾーンの描画
(左：氾濫によるもの、右：河岸侵食によるもの)

(1) 氾濫による洪水時家屋倒壊危険ゾーン

氾濫による家屋倒壊ゾーンについては、設定した倒壊等限界地点の包絡線を図示する（図-6.1-2参照）。包絡線の設定においては道路や学校区等の境界を適宜利用するものとする。

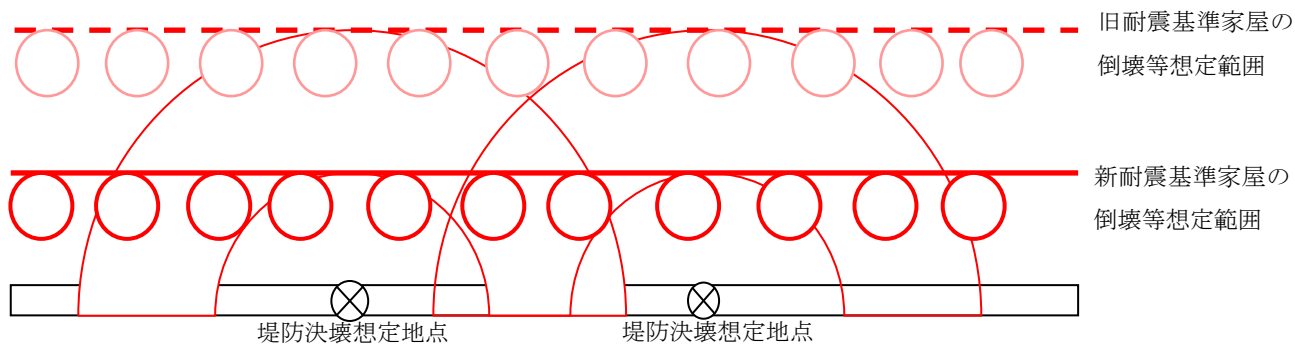


図-6.1-2 洪水時家屋倒壊危険ゾーン（家屋倒壊）の描画例

(2) 河岸侵食による洪水時家屋倒壊危険ゾーン

河岸侵食による家屋倒壊ゾーンについては、測線ごとに算定された河岸侵食幅を上下流で直線又は堤防法線と平行な線で結ぶことで、図-6.1-3のとおり堤防法線に沿って描画する。この危険ゾーンの着色にあたっては、下絵の建物や道路の位置が判読できるように、内部の色を半透明とする。

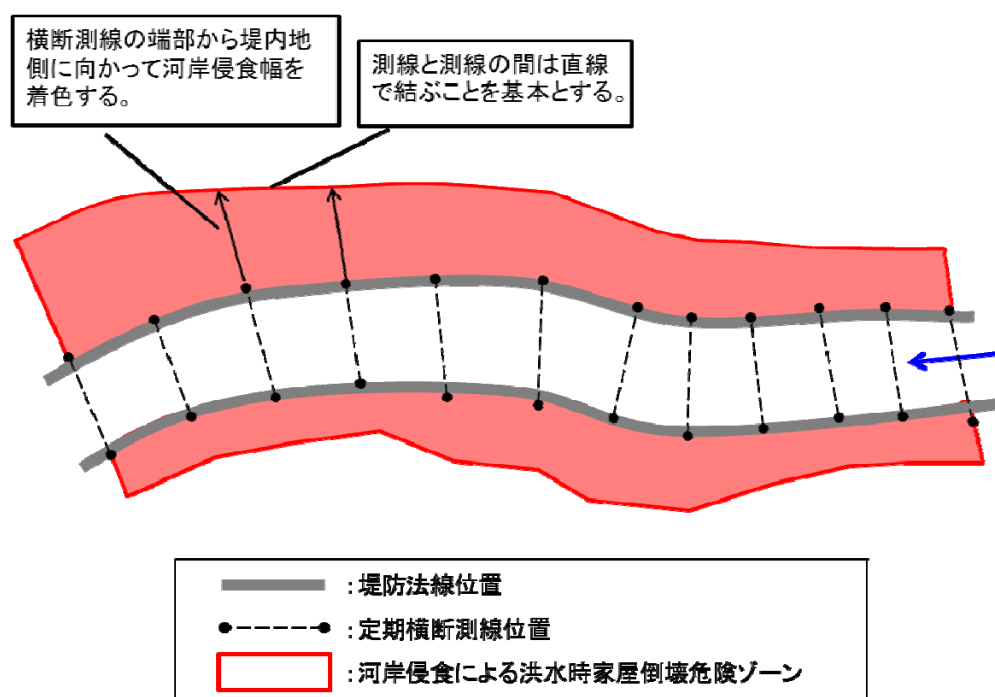


図-6.1-3 洪水時家屋倒壊危険ゾーン（河岸侵食）の描画例

6. 2 氾濫想定地点別・時系列浸水情報の表示

事業所等が自衛水防を検討するにあたり、当該事業所等に浸水をもたらす氾濫想定地点や当該地点に関連する水位観測所、浸水到達までの時間を事前に把握しておくことが重要である。

このため、表-6.2の氾濫想定地点別・時系列浸水情報について、事業所等の所有者又は管理者がその提供を受けることができるよう、インターネットの利用及びその他の適切な方法で表示する。

項目	インターネット上に表示する情報
電子化ガイドラインに基づき保存されるデータ	○氾濫想定地点別の浸水想定最大の範囲、最大浸水深 ○氾濫想定地点別の時系列浸水想定（範囲・浸水深・氾濫後経過時間）の個別図（氾濫後10分、20分、30分、1時間、2時間、3時間、6時間、12時間、24時間、以後24時間ピッチを基本に、最大範囲（到達時間表示）まで。氾濫特性に応じ適宜追加してもよい。）
上記以外で新規に作成が必要なデータ	○氾濫想定地点の位置（左右岸、距離標、住所（○○地先）） ○氾濫想定地点を受け持ち区間とする水位観測所名（「川の防災情報」とリンク） ○氾濫想定地点別の時系列コンター図（氾濫想定地点別の最大範囲・最大浸水深に時系列コンターを重ね合わせた図）

表-6.2 氾濫想定地点別・時系列浸水情報の表示情報例

6. 3 データの提供と保管

6. 1（洪水時家屋倒壊危険ゾーン）及び6. 2（氾濫想定地点別・時系列浸水情報）の表示データについては、浸水想定区域図の作成主体が、電子化ガイドラインを準用し、CSVファイル、シェープファイル、DXFファイルによるデータの提供と保管を行う。

また、地理院地図上で他のハザードマップ等と重ね合わせ表示が可能となるよう、タイル地図画像を作成し、国土地理院に提供（タイル地図データの形式や提供方法等については国土地理院に確認）するものとする。

6. 2（氾濫想定地点別・時系列浸水情報）の表示データについては、地理院地図などのWEB地図とのリンクにより、任意の事業所等の位置から関係する氾濫想定地点別・時系列の浸水想定を検索が可能となるよう、作成主体が利用するサーバに上記のファイル形式で保管するものとする。

また、氾濫想定地点別の時系列浸水想定に関しては、事業所等の自衛水防の詳細な検討のために短い時間間隔（10分間隔以下）での時系列情報が求められる場合があることから、上記ファイル形式に加え、比較的小さな情報容量で時系列情報の保存が可能なNetCDF形式での保管を行うものとする。

なお、6. 2（氾濫想定地点別・時系列浸水情報）の表示データのうち、現行の電子化ガイドラインにおいて保管方法が定められていないものについては、平成26年8月までに電子化ガイドラインの改訂を行い、具体的な保管方法について示す予定である。

今後、情報技術の進歩や電子データの活用取組状況に応じて、求められるデータ形式等の変更が生じることが想定されるため、データの表示・提供・保管にあたっては、従前の電子化ガイドライン等だけでなく、電子データの活用にかかる最新の取組状況を確認しておく必要がある。

＜参考資料＞

1. 透過率・空隙率を考慮した基礎方程式

氾濫流が市街地を通過する場合は、地形の影響だけでなく、建物等により氾濫を阻止され、道路等空間に流れが集中することがわかっている。ただし、浸水解析において広大なエリアを対象とした場合、個々の構造物を境界条件とすることは実務上困難であるため、三浦等⁶⁾、内田・河原⁷⁾によるメッシュに空隙率等を設定する方法、橋本等¹⁶⁾による物体の抗力を導入する方法を参考とする。

構造物が流れに及ぼす効果には、幾何学的効果と物理的効果があるため、榊山・鹿島¹⁷⁾を参考にして式(1)～(4)のとおり表現し、鉛直方向に積分することにより、基礎方程式を導いている。ただし、連続な物体中を想定し透過率を全て空隙率に書き換えた。氾濫流については一般に浅水流れの条件が成り立つため、 z 方向の運動方程式は静水圧の式(4)となる。

$$\frac{\partial(\mu)}{\partial t} + \frac{\partial(\mu^2)}{\partial x} + \frac{\partial(\mu v)}{\partial y} + \frac{\partial(\mu w)}{\partial z} + \gamma \frac{\partial p}{\partial x} - \frac{\partial \tau_x}{\partial z} + R_x = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial(\mu)}{\partial t} + \frac{\partial(\mu v)}{\partial x} + \frac{\partial(\mu^2)}{\partial y} + \frac{\partial(\mu w)}{\partial z} + \gamma \frac{\partial p}{\partial y} - \frac{\partial \tau_y}{\partial z} + R_y = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial(\mu)}{\partial z} + \frac{\partial(\mu)}{\partial x} + \frac{\partial(\mu)}{\partial y} = 0 \quad (3)$$

$$p = g(h + z_b - z), \quad z_b \leq z \leq h + z_b \quad (4)$$

式(1)について、鉛直方向に積分する。

$$\begin{aligned} & \int_{z_b}^{h+z_b} \left\{ \frac{\partial(\mu)}{\partial t} + \frac{\partial(\mu u)}{\partial x} + \frac{\partial(\mu v)}{\partial y} + \frac{\partial(\mu w)}{\partial z} + \gamma \frac{\partial p}{\partial x} - \frac{\partial \tau_x}{\partial z} + R_x \right\} dz \\ &= \gamma \frac{\partial Q_x}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\gamma \frac{Q_x^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\gamma \frac{Q_x Q_y}{h} \right) - \left(\gamma \frac{\partial h}{\partial t} + \mu \frac{\partial h}{\partial x} + \mu \frac{\partial h}{\partial y} \right) u + \mu (w_{h+z_b} - w_{z_b}) + g \mu h \frac{\partial h}{\partial x} + g \mu h \frac{\partial z_b}{\partial x} - \tau_{sx} + \tau_{bx} + h R_x \\ &= \gamma \frac{\partial Q_x}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\gamma \frac{Q_x^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\gamma \frac{Q_x Q_y}{h} \right) + g \mu h \frac{\partial(h+z_b)}{\partial x} - \tau_{sx} + \tau_{bx} + h R_x + \mu \left(\frac{\partial h}{\partial t} + u \frac{\partial h}{\partial x} + v \frac{\partial h}{\partial y} \right) - \left(\gamma \frac{\partial h}{\partial t} + \mu \frac{\partial h}{\partial x} + \mu \frac{\partial h}{\partial y} \right) u \\ &= \gamma \frac{\partial Q_x}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\gamma \frac{Q_x^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\gamma \frac{Q_x Q_y}{h} \right) + g \mu h \frac{\partial(h+z_b)}{\partial x} - \tau_{sx} + \tau_{bx} + h R_x \\ &\because w_{h+z_b} = \frac{\partial(h+z_b)}{\partial t} + u \frac{\partial(h+z_b)}{\partial x} + v \frac{\partial(h+z_b)}{\partial y}, \quad w_{z_b} = \frac{\partial z_b}{\partial t} + u \frac{\partial z_b}{\partial x} + v \frac{\partial z_b}{\partial y} \text{より、} w_{h+z_b} - w_{z_b} = \frac{\partial h}{\partial t} + u \frac{\partial h}{\partial x} + v \frac{\partial h}{\partial y} \end{aligned} \quad (5)$$

τ_{sx} は水面に作用するせん断力、 τ_{bx} は底面摩擦力に相当し Manning 式で表すことができる。また、式(2)についても同様に変形できる。

$$\begin{aligned}
& \int_{z_b}^{h+z_b} \left\{ \frac{\partial(\gamma)}{\partial t} + \frac{\partial(\gamma u)}{\partial x} + \frac{\partial(\gamma v)}{\partial y} + \frac{\partial(\gamma w)}{\partial z} + \gamma \frac{\partial p}{\partial y} - \frac{\partial \tau_y}{\partial z} + R_y \right\} dz \\
& = \gamma \frac{\partial Q_y}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\gamma \frac{Q_x Q_y}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\gamma \frac{Q_y^2}{h} \right) + g \gamma h \frac{\partial(h+z_b)}{\partial y} - \tau_{sy} + \tau_{by} + h R_y
\end{aligned} \tag{6}$$

$$\begin{aligned}
& \int_{z_b}^{h+z_b} \left\{ \frac{\partial(\gamma w)}{\partial z} + \frac{\partial(\gamma u)}{\partial x} + \frac{\partial(\gamma v)}{\partial y} \right\} dz \\
& = \gamma (w_{h+z_b} - w_{z_b}) + \frac{\partial(\gamma u h)}{\partial x} - \gamma u \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\partial(\gamma v h)}{\partial y} - \gamma v \frac{\partial h}{\partial y} \\
& \quad \gamma \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(\gamma Q)}{\partial x} + \frac{\partial(\gamma Q)}{\partial y} = q
\end{aligned} \tag{7}$$

式(3)について同様に積分すると式(7)が得られる。ここで、建物内に浸水が生じ瞬時に建物内外の水位が等しくなると仮定すると、 q に $-(1-\gamma) \frac{\partial h}{\partial t}$ が加わるため式(7)は式(8)となる。

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(\gamma Q)}{\partial x} + \frac{\partial(\gamma Q)}{\partial y} = q \tag{8}$$

ここで、 Q_x, Q_y : x, y 方向の単位幅流量、 u, v, w : x, y, z 方向の流速、 h : 水深、 z : 地盤高、 R_x, R_y : 抗力項、 τ_x, τ_y : セン断力、 τ_{bx}, τ_{by} : 底面摩擦力、 γ : 空隙率の密度分布（ただし、鉛直方向に一定）、 q : 降雨、地下浸透等である。さらに、式(9)、(10)の抗力と底面摩擦力については、メッシュ内に建物がある場合、建物による抗力と建物周辺の土地利用に対応する底面摩擦力をあわせて考慮するものとする。

$$h R_x = \frac{1}{2} C_D' (1-\gamma) \frac{Q_x \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2}}{h}, \quad h R_y = \frac{1}{2} C_D' (1-\gamma) \frac{Q_y \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2}}{h} \tag{9}$$

$$\tau_{bx} = g \gamma n^2 \frac{Q_x \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2}}{h^{7/3}}, \quad \tau_{by} = g \gamma n^2 \frac{Q_y \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2}}{h^{7/3}} \tag{10}$$

2. 浸水解析の精度検証

(1) 氾濫模型実験⁸⁾の再現

平成 11 年度に開発土木研究所（現・寒地土木研究所）では、豊平川氾濫による札幌市中心部の氾濫特性を把握するため、札幌市中心市街地を再現した氾濫模型実験（以下、「氾濫模型実験」という。）を実施した。氾濫模型実験では、豊平川氾濫による札幌市中心部の氾濫流況を把握するために、実勢建蔽率を市販の住宅地図（縮尺 1/1,500、平成 10 年 10 月発行）から判読し、市街地の建物全般をレンガの配置によって $S=1/50$ で再現された。三浦等⁶⁾は、この氾濫模型実験結果を用いて氾濫解析手法の検証を行い、氾濫流が集中する道路等の通水域と、氾濫流が通過しにくい市街地等をモデル上で明確に区分し、この実験の再現計算を行っている。

ここでは、本マニュアルで提示した浸水解析手法を用いて 5m、25m、50m メッシュスケールの再現計算を行い、三浦等を参考に氾濫模型実験結果との比較により精度検証した。ただし、この氾濫模型実験ではレンガにより建物を表現しているため、建物内への浸水が生じない条件で計算した。基礎方程式については、以下の式(11)～(13)を用いて、これを式(14)～(16)のように離散化した。なお、式(14)、(15)の移流項については風上差分を適用している。

$$\gamma \frac{\partial Q_x}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\gamma \frac{Q_x^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\gamma \frac{Q_x Q_y}{h} \right) + g h \frac{\partial(h+z_b)}{\partial x} + g m^2 \frac{Q_x \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2}}{h^{7/3}} + \frac{1}{2} C_D (1-\gamma) \frac{Q_x \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2}}{h} = 0 \quad (11)$$

$$\gamma \frac{\partial Q_y}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\gamma \frac{Q_x Q_y}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\gamma \frac{Q_y^2}{h} \right) + g h \frac{\partial(h+z_b)}{\partial y} + g m^2 \frac{Q_y \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2}}{h^{7/3}} + \frac{1}{2} C_D (1-\gamma) \frac{Q_y \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2}}{h} = 0 \quad (12)$$

$$\gamma \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(\gamma Q_x)}{\partial x} + \frac{\partial(\gamma Q_y)}{\partial y} = q \quad (13)$$

$$\begin{aligned} & \gamma_{v, i+1/2, j} \frac{Q_{x, i+1/2, j}^{t+\Delta t} - Q_{x, i+1/2, j}^t}{\Delta t} \\ & + \frac{1}{\Delta x} \left\{ \left(\gamma_x \frac{Q_x^2}{h} \right)_{i+1, j} - \left(\gamma_x \frac{Q_x^2}{h} \right)_{i, j} \right\}^{t+\theta \Delta t} + \frac{\partial}{\partial y} \left\{ \left(\gamma_y \frac{Q_x Q_y}{h} \right)_{i+1/2, j+1/2} - \left(\gamma_y \frac{Q_x Q_y}{h} \right)_{i+1/2, j-1/2} \right\}^{t+\theta \Delta t} \\ & + g \gamma_{v, i+1/2, j} h_{i+1/2, j} \frac{\{(h+z_b)_{i+1, j} - (h+z_b)_{i, j}\}^{t+\theta \Delta t}}{\Delta x} \\ & + (g \gamma_v n_b^2 \frac{Q_x \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2}}{h^{7/3}} + \frac{1}{2} (1-\gamma_v) C_D \frac{Q_x \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2}}{h})_{i+1/2, j}^{t+\theta \Delta t} = 0 \end{aligned} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} & \gamma_{v, i, j+1/2} \frac{Q_{y, i, j+1/2}^{t+\Delta t} - Q_{y, i, j+1/2}^t}{\Delta t} \\ & + \frac{1}{\Delta x} \left\{ \left(\gamma_x \frac{Q_x Q_y}{h} \right)_{i+1/2, j+1/2} - \left(\gamma_x \frac{Q_x Q_y}{h} \right)_{i-1/2, j+1/2} \right\}^{t+\theta \Delta t} + \frac{\partial}{\partial y} \left\{ \left(\gamma_y \frac{Q_y^2}{h} \right)_{i, j+1} - \left(\gamma_y \frac{Q_y^2}{h} \right)_{i, j} \right\}^{t+\theta \Delta t} \\ & + g \gamma_{v, i, j+1/2} h_{i, j+1/2} \frac{\{(h+z_b)_{i, j+1} - (h+z_b)_{i, j}\}^{t+\theta \Delta t}}{\Delta y} \\ & + (g \gamma_v n_b^2 \frac{Q_y \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2}}{h^{7/3}} + \frac{1}{2} (1-\gamma_v) C_D \frac{Q_y \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2}}{h})_{i, j+1/2}^{t+\theta \Delta t} = 0 \end{aligned} \quad (15)$$

$$\begin{aligned} & \gamma_{v, i, j} \frac{h_{i, j}^{t+\Delta t} - h_{i, j}^t}{\Delta t} \\ & + \frac{\{(\gamma_x Q_x)_{i+1/2, j} - (\gamma_x Q_x)_{i-1/2, j}\}^{t+\theta \Delta t}}{\Delta x} + \frac{\{(\gamma_y Q_y)_{i, j+1/2} - (\gamma_y Q_y)_{i, j-1/2}\}^{t+\theta \Delta t}}{\Delta y} = q_{i, j}^{t+\theta \Delta t} \end{aligned} \quad (16)$$

氾濫模型実験の再現計算においては式(14)～(16)における各定数について、実験条件に従い以下のとおり設定している。

地盤高 z_b : 氾濫模型実験モデル作成データ(250mメッシュ)よりTIN(Triangulated Irregular Network)を生成し、TINから各メッシュ中央の地盤高を設定
底面粗度係数 n_0 : 0.02 (模型がモルタル仕上げ)
空隙率 γ_v : 各メッシュ内の氾濫模型実験の空隙率(1－建物占有率)を算定
透過率 γ_x, γ_y : $1 - \sqrt{1 - \gamma_v}$ で設定
抗力係数 : 合成等価粗度に使用されている 3.83
建物の代表長さ : 10m
 C_D' : 0.383(=3.83÷10)
破堤地点 : 幌平橋下流
破堤流量条件 : 氾濫流量771m³/s 一定(破堤メッシュに均等に分割して流量を与える)
排水条件 : 排水は考慮しない
計算時間間隔 : 5mメッシュ 0.1 秒、25mメッシュ 0.5 秒、250mメッシュ 1 秒

氾濫模型実験結果との比較の結果、5mメッシュスケールの再現計算については、微地形のほか、建物や道路の配置による空間特性をより正確に表現することにより高い再現性が得られた。また25mメッシュスケールの再現計算については、浸水解析では道路と建物が明確に区分できないことから、道路を流下する氾濫水の到達が遅くなり模型範囲より浸水範囲が小さくなったものの、概ね再現できることがわかる。また、250mメッシュでは、氾濫模型実験より浸水範囲は大きく、浸水深は小さくなる傾向を示している。

(2) 実際の建物配置を想定した道路空間の効果検証

(1)の検証において、25mメッシュスケールの再現計算では、主要な道路上に発生する大きな流速や、それに伴う浸水域のフロントの拡がりを再現できなかった。このため、特に幅員の大きな道路上の流速を再現する工夫として、歩道を含め幅員約20m以上の道路を対象に、道路位置に相当するメッシュの空隙率を100%とする修正を行い、浸水解析の再現性向上について検証した。ここで、建物と道路配置については、実際の建物配置を想定した道路メッシュの効果を検証するために、平成22年度札幌市現況図(縮尺1/2,500)を利用した。この建物配置の条件のもと、道路空間の連続性を反映した25mメッシュスケールの再現計算結果と(1)の検証にて氾濫模型実験の高い再現性が確認された5mメッシュスケールの再現計算結果を比較した。

なお、本計算においても、上記道路空間の設定以外では(1)の検証と同様の計算条件、計算方法を用いている。

この結果、25mメッシュスケールの再現計算において、道路上の流れが卓越し、5mメッシュスケールの計算結果との差異が小さくなる傾向が見られる。

3. 流体力による建物の倒壊等条件

家屋の倒壊については、垂直避難の適否の観点から検討するものとし、家屋の倒壊等として木造家屋2階等の屋内での待避者の生命に危険が及ぶような状況を想定する。倒壊等の判定は以下の条件より設定している。

○旧耐震基準対応及び新耐震基準対応の2階建て木造住宅を対象とする。

○河川氾濫による流体力については、高橋等¹⁸⁾に従い与える。

○木造家屋の安定計算については、①倒壊（作用荷重が家屋の終局せん断力を上回る）、②滑動（作用荷重が基礎底面の摩擦力を上回る）、③転倒（作用モーメントが家屋自重等による抵抗モーメントを上回る）に対する検討を行う必要があるが、「津波避難ビル等の構造上の要件の解説」¹⁹⁾を参考に、流体力による建物の倒壊条件を検討した結果から、今回検討対象としたモデル家屋のような構造については、③転倒に先んじて、①倒壊又は②滑動が生じることが判明したため、①倒壊及び②滑動に対する安定性から家屋倒壊を判定することとする。

流木等漂流物による衝撃力については、家屋に破損等及ぼすものの、局所的で家屋の倒壊等に至る可能性は小さいと考えられることから考慮していない。また、浮力については、氾濫水が基礎の下面全体に回り込むことは考えにくいこと、また、床下からの浸水が床を押し上げる場合は浮力が家屋の自重及び基礎と土台の緊結力に釣り合う以前に床が崩壊し、家屋内が浸水することにより浮力が打ち消されると考えられることから、倒壊、滑動ともに考慮していない。

これらを踏まえ、氾濫流が通過する過程で家屋が倒壊等に至る場合について検討する。

（1）氾濫流が通過する過程で家屋が倒壊等に至る場合

作用荷重については流体力のみとし、静水圧は家屋内外で釣り合うものとする。

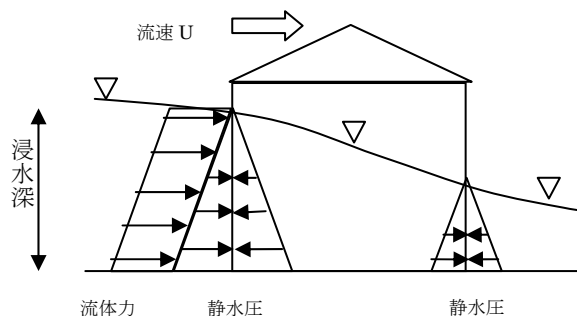


図-3.1 流体力と静水圧の作用状況

1) 倒壊について

「津波避難ビル等の構造上の要件の解説」¹⁹⁾の「津波により浸水の恐れがある地域における住宅の設計例2（2階建て木造住宅）」より、洪水による荷重時の水平耐力算定用の抗力は、2階の床位置に集中して働くものとする。この場合に働く外力は、1階の階高の1/2の高さより上部に作用するとしている（図-3.2の斜線部分）。

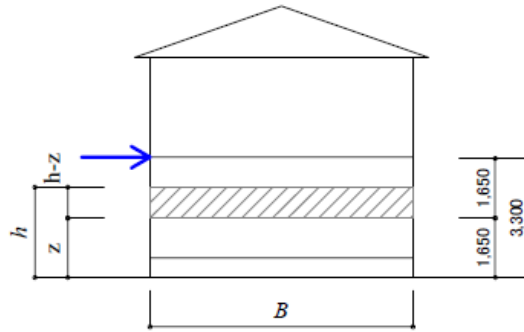


図-3.2 家屋の倒壊に関わる外力

a) 流体力による荷重

$$F_a = \frac{1}{2} \rho C_D B (h - z) U^2 \quad z < h$$

流体の密度： $\rho = 1,000 \text{ kg/m}^3$ 、流速： U 、抗力係数： C_D 、浸水深： h 、2階床高の1/2の高さ： z 、受圧幅： B 、受圧面積： $A = B(h - z)$

b) 倒壊限界

流体力 F_a と終局せん断耐力 P_u と等しくなったとき、家屋が倒壊すると考える。したがって、 $P_u = F_a$ が成り立つ時の浸水深と流速の関係を算出する。

$$F_a = \frac{1}{2} \rho C_D B (h - z) U^2 = P_u$$

$$U^2 = \frac{2P_u}{\rho C_D B (h - z)} = \left(\frac{2P_u}{\rho C_D B} \right) \frac{1}{(h - z)}$$

$$U = \sqrt{\left(\frac{2P_u}{\rho C_D B} \right) \frac{1}{(h - z)}} \quad z < h$$

2) 滑動について

滑動については、作用加重の合計が基礎底面に作用する摩擦力を上回り、基礎底面から家屋全体が横滑りする限界について検討する。

a) 流体力による荷重

$$F_c = \frac{1}{2} \rho C_D B h U^2$$

b) 滑動限界

流体力 F_c と摩擦力 μW と等しくなったとき、家屋が滑動すると考える。したがって、 $\mu W = F_c$ が成り立つ時の浸水深と流速の関係を算出する。

$$F_c = \frac{1}{2} \rho C_D B h U^2 = \mu W$$

$$U^2 = \left(\frac{2\mu W}{\rho C_D B} \right) \frac{1}{h}$$

$$U = \sqrt{\left(\frac{2\mu W}{\rho C_D B} \right) \frac{1}{h}} \quad 0 < h$$

(2) モデル家屋による倒壊限界の試算

上記の倒壊等条件について、具体的にどの程度の浸水深及び流速の値となるか把握するため、家屋の重量 W 、家屋幅 B 、終局せん断耐力 P_u 等を設定し代入する。

試算に使用したモデル家屋の諸元は以下のとおりである。

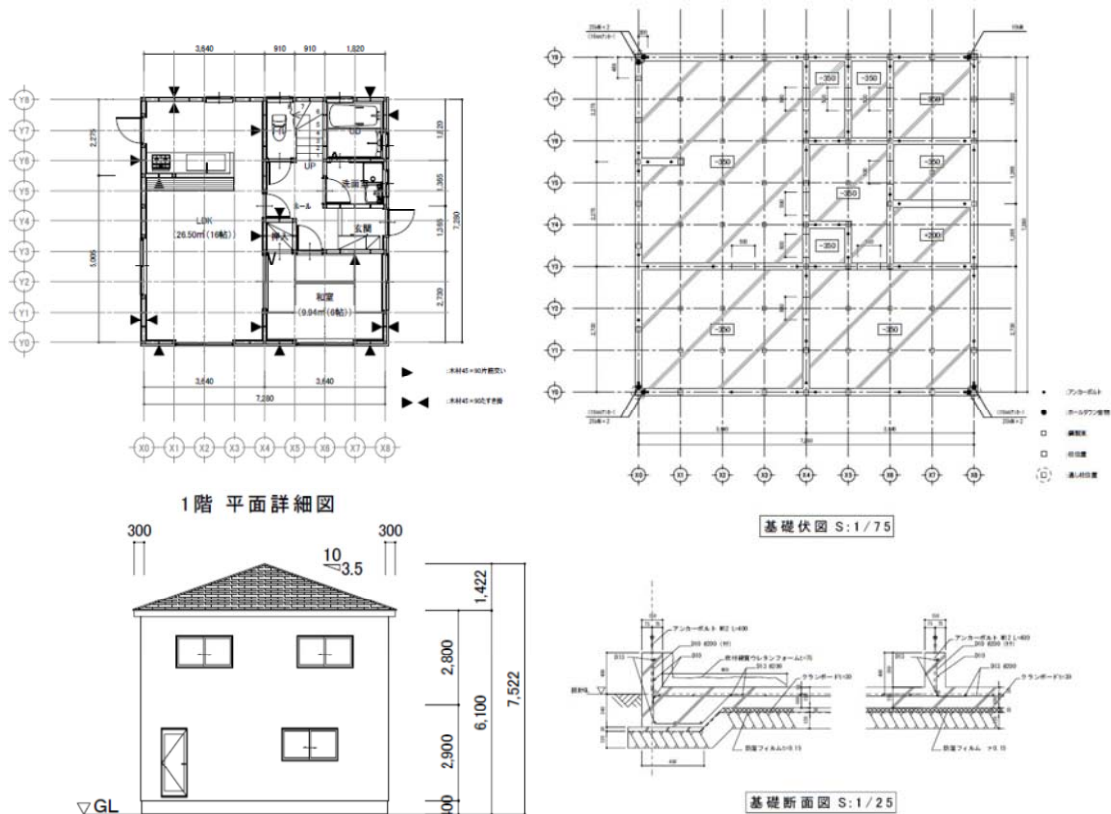


図-3.4 モデル家屋の平面図、立面図、基礎伏図

■モデル家屋の諸元

- ・用途：一戸建ての住宅
- ・階数：地上2階建て
- ・建築面積：53.00m²
- ・延べ面積：106.00m²
- ・軒高：6,100m
- ・1階階高：2,900m
- ・構造種別：木造（製材：スギ）
- ・構造形式：桁行方向 木造軸組工法
梁間方向 木造軸組工法
- ・主な耐震要素：筋かい（45×90）
- ・基礎形式：直接基礎（べた基礎）
- ・屋根：スレート葺
- ・床：フローリング
- ・外壁：窯業系サイディング
- ・内壁：石こうボード下地クロス貼

■使用材料

- ・製材：スギ 無等級
- ・柱（スギ）：105×105
- ・間柱（外壁）（ひのき）：30×105（2 丁合わせ）
- ・主要な梁（ベイマツ）：120×240
- ・土台（カラマツ）：120×120
- ・コンクリート：Fc 21N/mm²
- ・鉄筋：SD295A D10、D13

（3）試算結果

（2）のモデル家屋の諸元を代入して、倒壊等の限界流速値を試算する。

1）入力諸元

家屋の諸元については、家屋幅： $B=7.280m$ 、抗力係数： $C_D=2.128$ （高橋等より¹⁸⁾）、浸水深： h 、2階床高の1/2の高さ： $z=1.650m$ である。

また、家屋重量： $W=554.028kN$ 、摩擦係数： $\mu=0.5$ である。

2）終局せん断耐力

家屋の終局せん断耐力 P_u については、「津波避難ビル等の構造上の要件の解説」の「津波により浸水の恐れがある地域における住宅の設計例2（2階建て木造住宅）」¹⁹⁾より短期許容せん断耐力 P_a の1.5倍とし、短期許容せん断耐力については、図-3.4に示すモデル家屋の存在壁量からではなく、新耐震基準（1981年）及び旧耐震基準（1950年）の必要壁量を適用し、軽い屋根形式の2階建て家屋における1階部分のせん断耐力を算定した。

表-3.1 単位壁量の変遷（単位：cm/m²）

屋根形式	階層	1950年 (旧耐震基準)	1959年 (旧耐震基準)	1981年 (新耐震基準)
軽い屋根の場合	2 F	8	1 2	1 5
	1 F	<u>1 2</u>	2 1	<u>2 9</u>
重い屋根の場合	2 F	1 2	1 5	2 1
	1 F	1 6	2 4	3 3

短期許容せん断耐力は、基準耐力×単位壁量×床面積となる。このため、基準耐力については新耐震基準については2001年以降の $1.96kN/m$ 、旧耐震基準については2000年以前の $1.27kN/m$ を適用する。

$$\text{新耐震基準} \quad P_u = 1.5 \times P_a = 1.5 \times 1.96 \times 0.29 \times 53 = 45.19kN$$

$$\text{旧耐震基準} \quad P_u = 1.5 \times P_a = 1.5 \times 1.27 \times 0.12 \times 53 = 12.12kN$$

2) 試算結果

試算した結果を、USACEの木造2階建て建物の倒壊基準²⁰⁾及び佐藤等²¹⁾による「住居不可能な家屋が出現する値」としての $U^2h=2.5$ を参考として併せて表示する。

流体力がある程度の時間作用することにより家屋の倒壊等が生じる場合

$$\text{倒壊（新耐震基準）：} \quad U = \sqrt{\frac{5.83}{(h - 1.650)}} \quad 1.65 < h$$

$$\text{倒壊（旧耐震基準）：} \quad U = \sqrt{\frac{1.56}{(h - 1.650)}} \quad 1.65 < h$$

$$\text{滑動（新・旧耐震基準）：} \quad U = \sqrt{\frac{35.76}{h}} \quad 0 < h$$

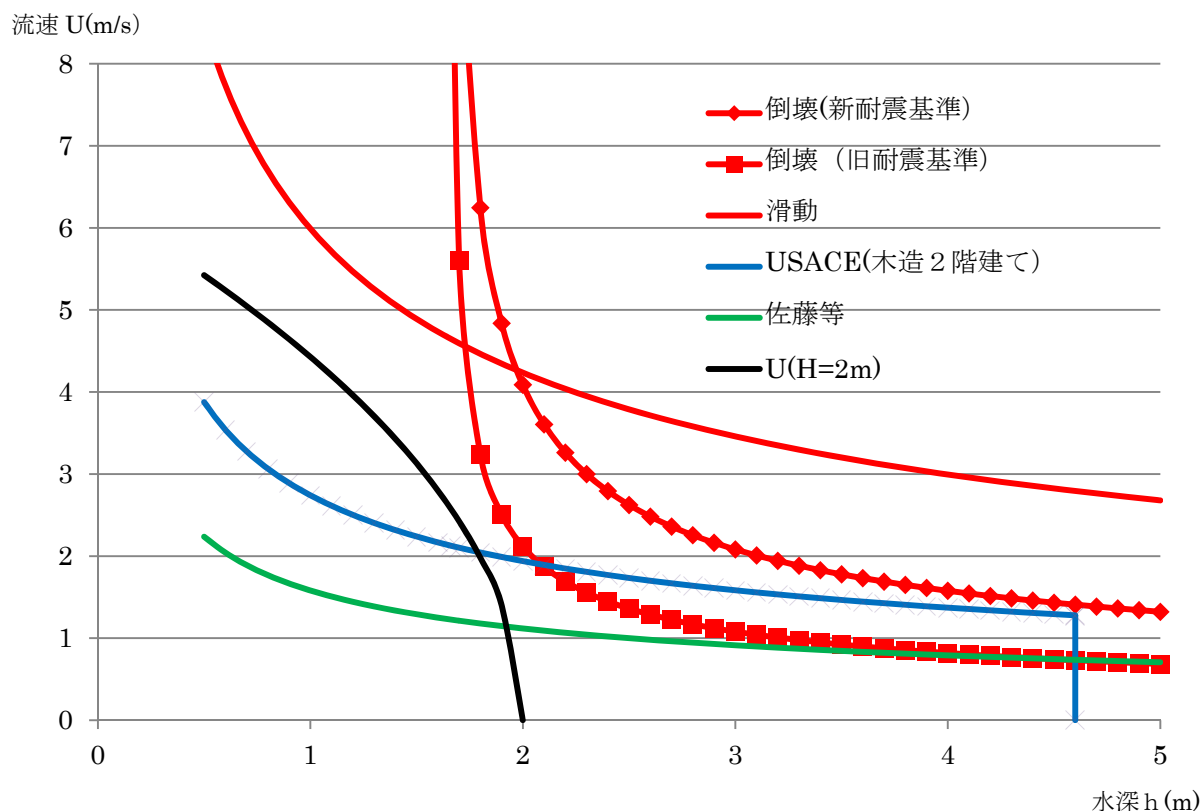


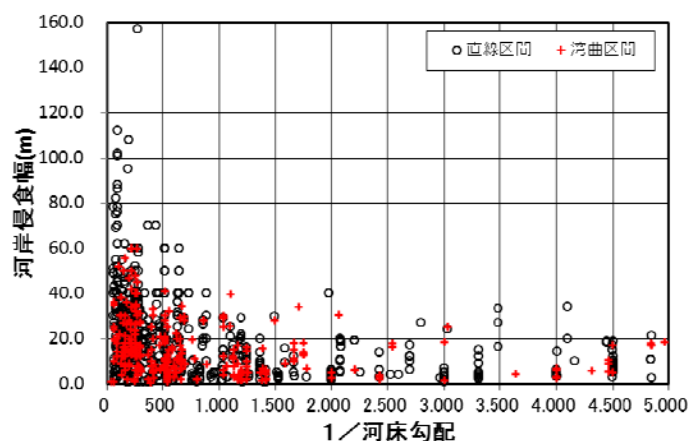
図-3.4 木造家屋の倒壊限界の試算例

（３）堤防高と流体力

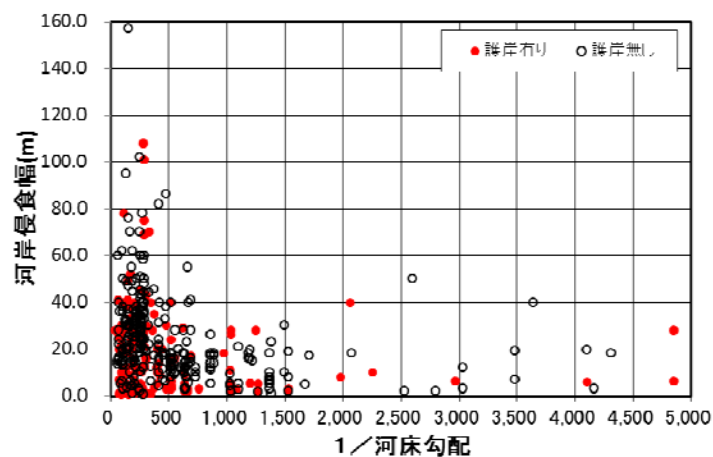
山間急流部等を除いては、無堤部や堤防天端から堤内地盤までの比高が比較的小さい箇所においては、河川の水位上昇に伴い比較的徐々に氾濫が生じるため、それほど大きな流体力は発生しない（図-3.4参照）。むしろ比高の大きな堤防が満水状態で瞬時に決壊する場合において大きな流体力が発生すると考えられる。

4. 河岸侵食実績の特徴

洪水中に生じる河岸侵食幅は、洪水の規模や継続期間、河道の平面形状、河岸の地質、護岸の有無などによって異なり、その幅を定量的に評価することはできない。そこで、直轄河川を対象として過去に発生した河岸侵食の事例（約 1,250 件）、主に高水敷の侵食事例を収集・整理し、洪水時に生じ得る侵食幅を設定することとした。図-4.1 は、河岸侵食幅と河床勾配との関係を整理した結果である。湾曲の有無を確認できた約 1,150 事例をプロットしたのが(a)図、護岸設置の有無を確認できた約 450 事例をプロットしたのが(b)図である。河床勾配が急な河川ほど、河岸侵食幅が大きくなることを確認できるが、湾曲や護岸の有無と河岸侵食幅との関係は明確でない。



(a) 湾曲の有無による河岸侵食幅の違い



(b) 護岸の有無による河岸侵食幅の違い

図-4.1 河岸侵食幅と河床勾配との関係

次に、河岸侵食に影響する砂州の有無を最低限考慮して、データを整理することとした。砂州の有無を推定するため、川幅水深比によってデータを分類した。河岸高で無次元化した河岸侵食幅と河床勾配との関係をプロットしたのが図-4.2である。川幅水深比が大きくなり、交互砂州や複列砂州の形成が予想されるに伴って、河岸侵食幅も大きくなる傾向を確認できる。図中の黄色の直線は、河岸侵食幅の実績を包含するように、河床勾配に応じてステップ状に設定した包絡線である。ここにプロットされたデータには中小規模の出水で生じた河岸侵食事例も多数含むが、侵食実績の包絡線を一洪水中に発生しうる最大の河岸侵食幅と考え、河岸侵食による家屋倒壊危険ゾーンの設定に適用するものとした。なお、砂州の発生の有無で区分した図面であり、実際の河道においては、川幅水深比を参考にしながら砂州の形成状況を確認し、図面を使い分けることが肝要である。また、セグメント3のデータが表示されていないのは、河床勾配が1/2,000以下と緩やかであったためであり、その他の区間のデータも含め、河床勾配が1/2,000以下のデータについては、河岸侵食幅が河岸高の5倍以下であった。

河岸侵食幅の無次元化において、川幅の拡大に伴う無次元掃流力の減少が川幅の決定に影響していると考え、川幅による無次元化も検討した。しかしながら、砂州の発生条件との関係は明確でなく、セグメント1においても河岸侵食後の無次元掃流力が河床材料の移動限界掃流力以下に低下する状況は確認されなかった。そこで、「河道計画検討の手引き」²²⁾と同様に、河岸高に対する河岸侵食幅の比で整理した。なお、この手引きでは、セグメント1の河岸侵食幅を最大で40mとしているが、上述したように最大で160m程度の河岸侵食幅が記録されており、家屋倒壊危険ゾーンの設定においては、危険ゾーンの見逃しを防止する観点から、図-4.2に示した河岸侵食の実績値を採用することとした。

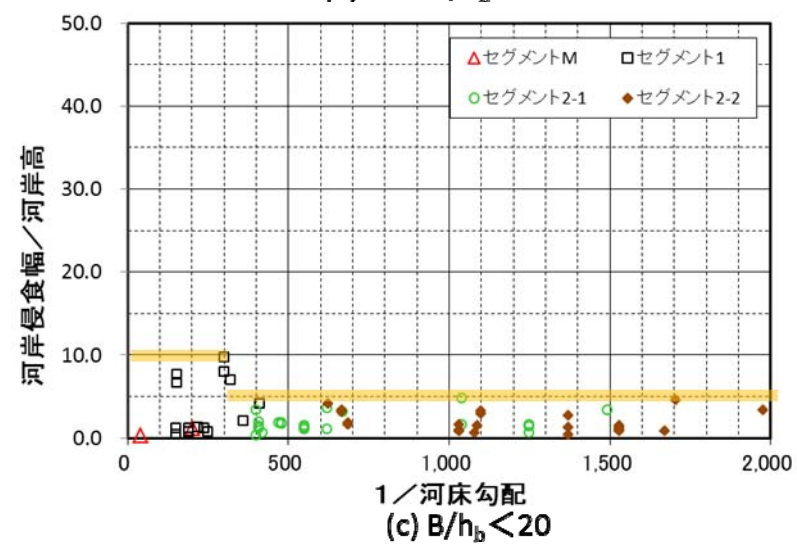
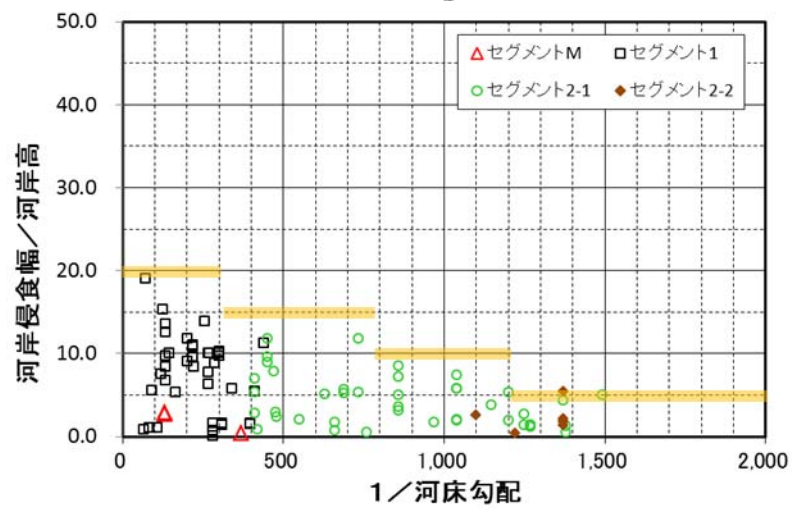
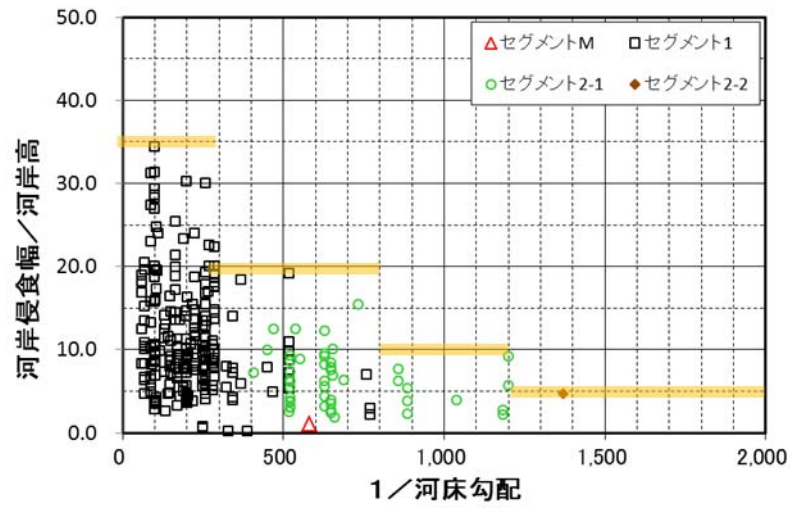


図-4.2 河岸侵食事例に基づく出水時における最大河岸侵食幅図-5. 3-1 河岸侵食事例

参考文献

- 1) 国土交通省河川局治水課：中小河川浸水想定区域図作成の手引き，2005年6月。
- 2) 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課水防企画室：洪水ハザードマップ作成の手引き（改定版），2013年3月。
- 3) 国土交通省水管理国土保全局・国土技術政策総合研究所・独立行政法人土木研究所：河川砂防技術基準調査編，2012年6月。
- 4) 国土交通省北陸地方整備局：急流河川における浸水想定区域検討の手引き，2003年9月。
- 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，土研資料第3400号，1996年。
- 6) 三浦心，川村育男，木村一郎，三浦敦禎：扇状地に発達した密集市街地における氾濫解析手法に関する検討，水工学論文集，第55巻，2011年。2月。
- 7) 内田龍彦，河原能久：任意の境界形状を有する二次元浅水流の高精度解析手法の開発，水工学論文集，第50巻，pp. 799-804，2006年2月。
- 8) 北海道開発局開発土木研究所，株式会社水工リサーチ：平成11年度施行豊平川氾濫模型実験業務報告書，2000年3月
- 9) 小谷美佐，今村文彦，首藤伸夫：GIS を利用した津波遡上計算と被害推定法，海岸工学論文集，第45 巻，pp. 356-360，1998年。
- 10) 国土交通省水管理・国土保全局海岸室，国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究部海岸研究室：津波浸水想定の設定の手引き（Ver. 2. 00），2012年10月。
- 11) 秋山壽一郎，重枝未玲，津崎周平：蛇行河川での溢水・越水氾濫流量とその予測に関する研究，水工学論文集，第52巻，2008年2月。
- 12) 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年。
- 13) 秋山壽一郎，重枝未玲，大庭康平：直線河道における破堤氾濫流の横越流特性と流量式の改善，水工学論文集，第55巻，2011年2月。
- 14) 国土交通省河川局：浸水想定区域図データ電子化ガイドライン，2006年9月。
- 15) 山本晃一：構造沖積河川学ーその構造特性と動態ー，山海堂，pp. 81-100，2004年。
- 16) 橋本晴行，朴埼璨，加藤修二，山崎一彦，天方匡純：1999年6月福岡水害における博多駅周辺の洪水氾濫解析，河川技術論文集，第8巻，2002年6月。
- 17) 榊山勉，鹿島遼一：ポーラスモデルによる透過性構造物周辺の波動解析手法の開発，電力中央研究所報告U91048，1992年。
- 18) 高橋保，中川一，加納茂紀：洪水氾濫による家屋流出の危険度評価，京大防災研究所年報第28号B-2，1985年4月。
- 19) 国土交通省国土技術政策総合研究所，一般社団法人建築性能基準推進協会，（協力）独立行政法人建築研究所：津波避難ビル等の構造上の要件の解説，2012年2月。
- 20) USACE：Business Depth-Damage Analysis Procedures, Engineer Institute for Water Resources, Research Report 85-R-5, p.98, 1985.
- 21) 佐藤智，今村文彦，首藤伸夫：洪水氾濫の数値計算および家屋被害についてー8610号台風による吉田川の場合ー，第33回水理講演会論文集pp. 331-336，1989年2月。
- 22) 一般財団法人国土技術研究センター：河道計画検討の手引き，山海堂，pp. 168-172，

2002年.