

中小都市河川における建造物を考慮した浸水氾濫解析

Inundation Analysis Considering Structures in Small and Medium-sized Urban Rivers

北見工業大学大学院工学研究科工学専攻 ○学生員 大村幹至 (Kanji Omura)

北見工業大学工学部社会環境系

正会員 早川 博 (Hiroshi Hayakawa)

1. はじめに

近年激甚化する豪雨災害に対して、一級河川などの大河川だけでなく二級河川や準用河川といった中小河川における洪水被害も激甚化する可能性が高まっている。

このように中小河川で被害が激甚化する理由としては、中小河川は大河川と比べて河川延長が短く、流域面積が小さいことから、短時間で増水し安全に避難するまでの時間が短くなるためである。また、都市域ではアスファルトなど雨水が浸透し難い場所が大半を占めるため、降雨がほとんど浸透せず河川に流れ込むことにより、より急激に水位や流量が上昇する傾向にある。さらに洪水ハザードマップの作成が各自治体で進んでいるが、未だに中小河川まで含まれたものは多くなく、近年頻発する局地的豪雨は予測が難しいことも併せて中小河川で被害が激甚化する可能性は高い。

現在、国土交通省では「浸水ナビ」という破堤した場合の浸水シミュレーション確認システムや、各自治体が定めた洪水ハザードマップを提供している。激甚化する水害に対してより実際に近い浸水氾濫解析が重要となっているが、上記のマップは建造物を取り除いた地形データで解析されたものである。そこで、本研究では建造物を考慮した地形データを作成し実際に近い浸水氾濫解析を進め、建造物を考慮した場合と考慮していない場合で浸水域などにどのような影響が及ぶか明らかにすることを目的とした。

2. 対象地域の概要

本研究の対象河川には北見市街地を流れる小町川を選定した。小町川は北海道が管理する二級河川で、一級河川常呂川水系の無加川へと合流する。小町川は近年の豪雨により計画高水位を超過する水位上昇が発生し、市街地としては治水安全度が低い状況にある。そのため、無加川合流点から上流 4.8 kmまでの区間が優先的に河川整備を行う区間とされている。

3. 浸水氾濫解析

3.1 地形・建造物データ

本研究では建造物を考慮するため、国土地理院基盤地図情報の 5m DEM (Digital Elevation Model; 数値標高モデル) と建築物の外周線ポリゴンデータを重ね、建築物重心位置の標高に建築物高を一律 3m とした 1m DEM を再構築した。なお、今回の浸水氾濫解析では建築物面積 25 m² 以下は無視した。

3.2 浸水氾濫解析モデル

建造物を考慮した地形データによる浸水氾濫解析には、詳細な地形情報を保持したまま計算メッシュを構築できる河道流解析ソフト HEC-RAS²⁾ を適用し、任意の地点が破堤したと想定して浸水域の拡がり方などを解析する。事前に図-1 に示す小町川の計画流量を与えて現地形において最初に越水する地点は図-2 の大正川との合流地点直下 (×地点) であった。以降の解析ではこの地点から破堤したと想定して浸水氾濫解析を進める。また、建造物を含む 1m DEM の計算メッシュサイズは 5m とし構築した。計算メッシュサイズを 10m~50m まで粗くしてもメッシュ内の建造物情報を保持した状態の解析結果は得られるものの、建造物を回り込むような流速ベクトルの再現には細かな計算メッシュサイズが必要であり、本研究では 5m の計算メッシュサイズで解析を進める。

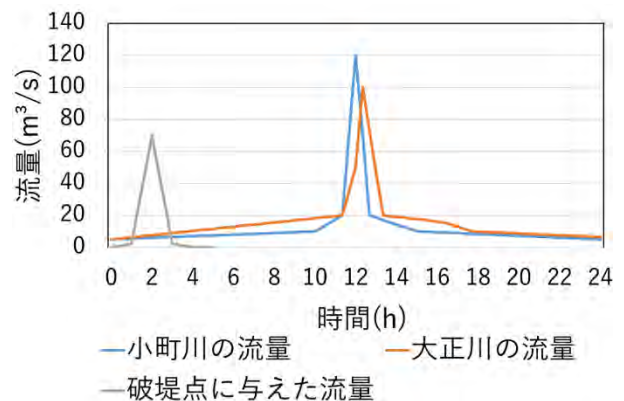


図-1 解析に用いたハイドログラフ



図-2 小町川の解析範囲と越水地点

4. 解析結果と考察

4.1 建造物を考慮した浸水氾濫解析

浸水氾濫解析において建造物の影響を把握するため、国土基盤情報 5m DEM と建造物を考慮した 1m DEM を用い、計算メッシュ 5m で解析を行った。破堤点に与える越水流量は、現在小町川上流域で 70 m³/s のピーク流量をカットする遊水地整備計画が進められており³⁾、事前解析で計画流量を与えて得られた越水流量ハイドログラフを参考に、図-1 に示すピーク流量 70 m³/s のハイドログラフとした。なお、氾濫解析では図-2 に黒線で示した支川のホリカン川に流入した流量が合流点から排水するため、浸水域は時間経過と共に徐々に減少する。

越水による浸水域は図-3、4 のように建造物を考慮していない場合の方が広範囲に広がる結果となった。一方、氾濫した水が最も標高の低い無加川合流点付近に到達する時間は、建造物を考慮した場合の方が 40 分程早く到達した。つまり、浸水域に建造物がない場合は流れが面的に広範囲に広がるが、建造物があると障害物となって面的な拡がりには抑制されるものの、流れが道路沿いに集中して速く伝わる傾向がみられた。次節では図中黒枠の若葉地区に注目し、建造物がある場合に浸水域が拡がり、氾濫水の到達時間も 10 分程早くなる要因を考察する。

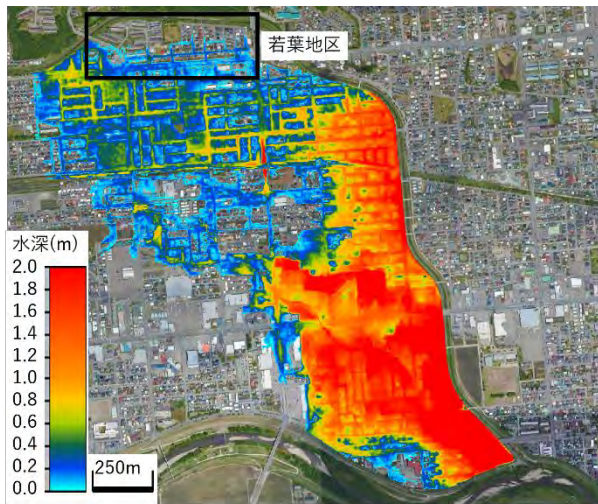


図-3 最大浸水深（建造物なし）

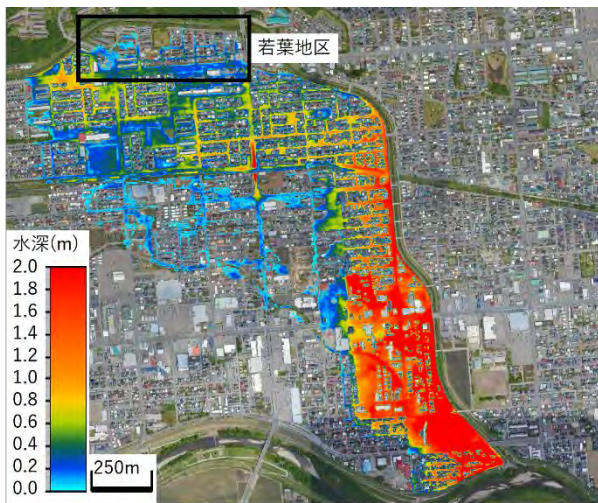


図-4 最大浸水深（建造物あり）

4.2 若葉地区の浸水氾濫

若葉地区では建造物を考慮した場合に浸水域が早く広がる傾向が顕著にあったので、図-5、図-6 に最大浸水深時点における水流と水位の状況を拡大して表示し、道路上の横断線（図中の横断線箇所）における水位や流速の経時変化を図-7 に示す。最高水位は建造物を考慮した場合の方が 0.2m 程高く、最大流速も建造物を考慮した場合の方が 0.1m/s 程速くなり、建造物を避けた水流が一段低くなった道路に集中する状況が確認できる。このように局所的に建造物で囲まれた道路に流れが集中するような場所では、建造物がない場合よりも道路に沿って浸水域がより遠方まで広がると考えられる。

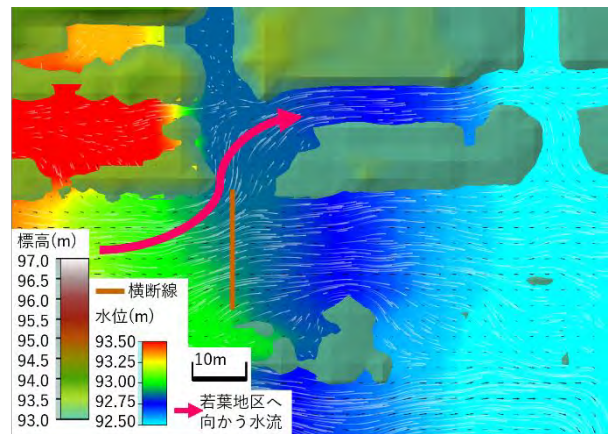


図-5 若葉地区へ向かう水流と水位（建造物なし）

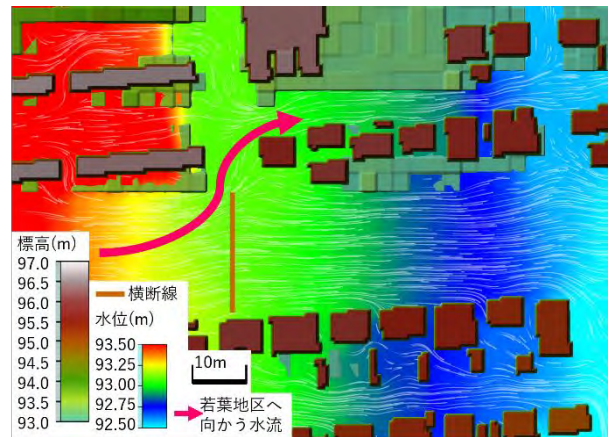


図-6 若葉地区へ向かう水流と水位（建造物あり）

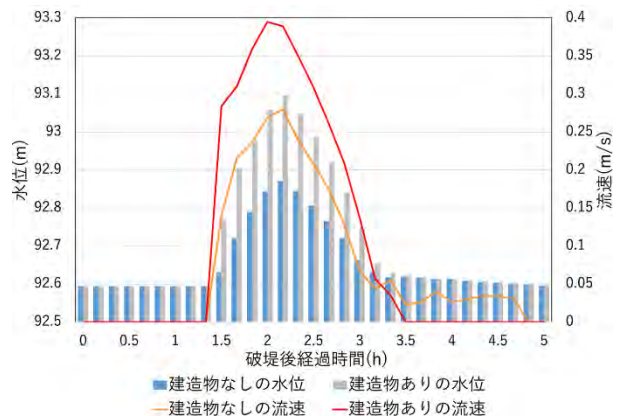


図-7 各場合の水位と流速の変化

5. 若葉地区における避難ルート解析

前述のように若葉地区では建造物を考慮する方が考慮しない場合よりも浸水に至る時間が早くなっている。そこで、破堤点に隣接するこの若葉地区を対象に、地区中央に位置する若葉公園から、最寄り避難所である高栄中学校までの避難ルート解析を行った。避難ルート解析は ArcGIS Geo Suite 道路網 2020 を用い、ArcGIS Pro の Network Analyst ルート解析を適用して、建造物を考慮した場合と考慮しない場合で避難ルートや避難所までの所要時間、移動距離の変化を可視化した。ここで、ルート検索において障害となる浸水域は、自動車での避難を想定し、前述の解析結果から確実に道路が通行止めとなる水深 20 cm 以上³⁾ の浸水域をポリゴンデータとして与えた。なお、図中上部のピンク色の道路は道路網データに含まれていない生活道路を独自に追加したもので、この生活道路も避難ルートの検索対象路線とした。

図-8～図-17 までが、水深 20 cm 以上の浸水域の時間経過とそれに伴う避難所までの避難ルートの変化を示している。建造物を考慮していない場合は破堤後 1 時間 40 分、考慮した場合は 1 時間 30 分までの避難ルートが、障害物がない場合の通常最短ルートと同じとなった。しかしながら、建造物を考慮した場合は破堤後 2 時間 10 分で想定される避難ルートが全て水没して孤立してしまった。また、建造物を考慮していない場合も破堤後 2 時間 30 分で避難ルートが全て水没した。このように若葉地区においては建造物を考慮した場合の方が水の到達時間が早くなるため、考慮しない場合よりも早く孤立してしまう結果となった。また、避難ルートの変化に伴う所要時間や移動距離の変化を図-18 に示すが、いずれにし

ても、若葉地区では破堤後 2 時間以内の避難行動が求められる。

このように時々刻々変化する浸水域に対して最適な避難ルートの把握は、今後の住民避難計画立案にも不可欠となる。

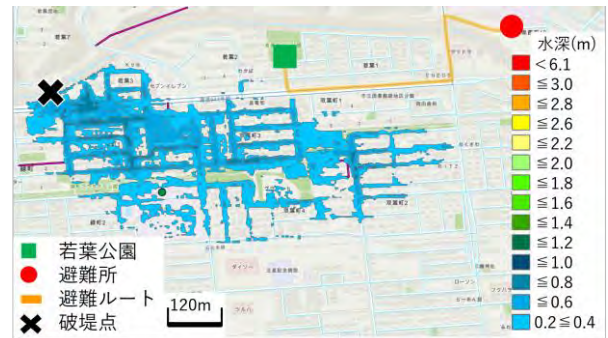


図-10 破堤後 1 時間 40 分の避難ルート（建造物なし）
所要時間；2 分 移動距離；774m

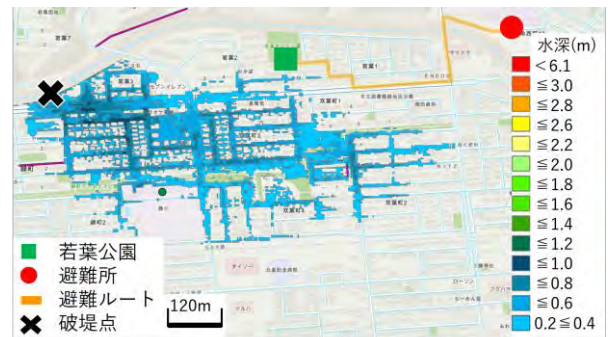


図-11 破堤後 1 時間 40 分の避難ルート（建造物あり）
所要時間；4 分 移動距離；777m

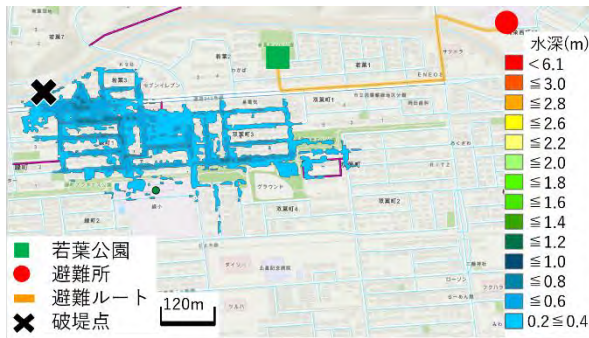


図-8 破堤後 1 時間 30 分の避難ルート（建造物なし）
所要時間；2 分 移動距離；774m

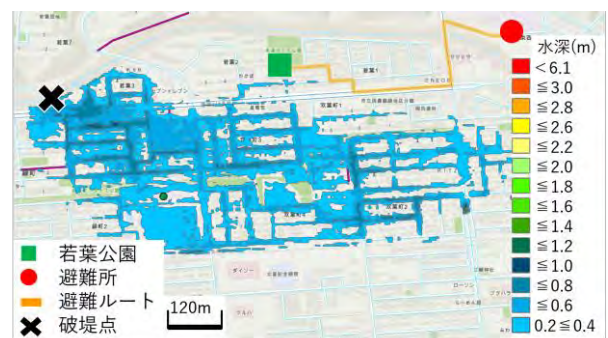


図-12 破堤後 1 時間 50 分の避難ルート（建造物なし）
所要時間；4 分 移動距離；777m

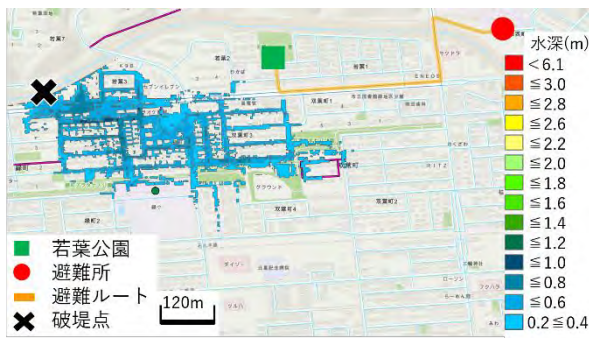


図-9 破堤後 1 時間 30 分の避難ルート（建造物あり）
所要時間；2 分 移動距離；774m

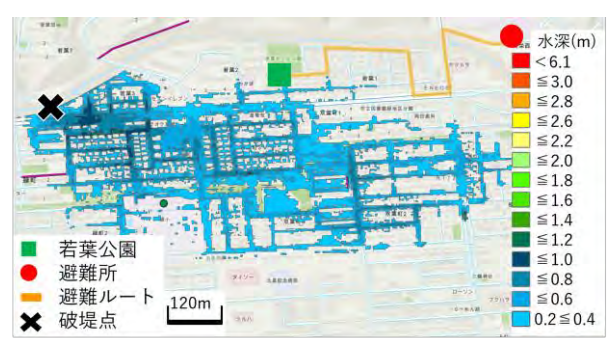


図-13 破堤後 1 時間 50 分の避難ルート（建造物あり）
所要時間；4 分 移動距離；903m

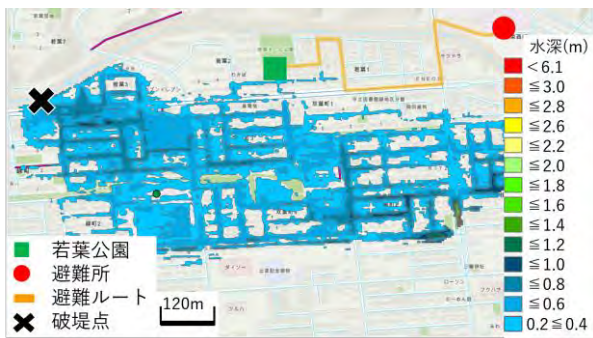


図-14 破堤後2時間の避難ルート（建造物なし）
所要時間；4分 移動距離；921m

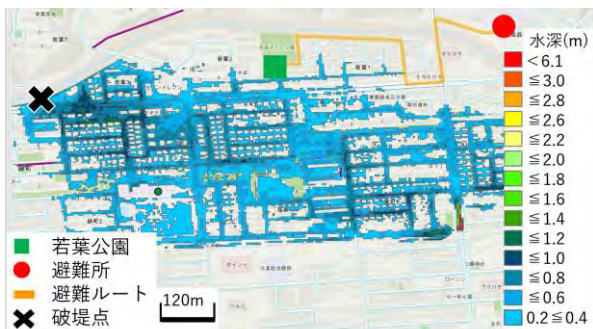


図-15 破堤後2時間の避難ルート（建造物なし）
所要時間；4分 移動距離；903m

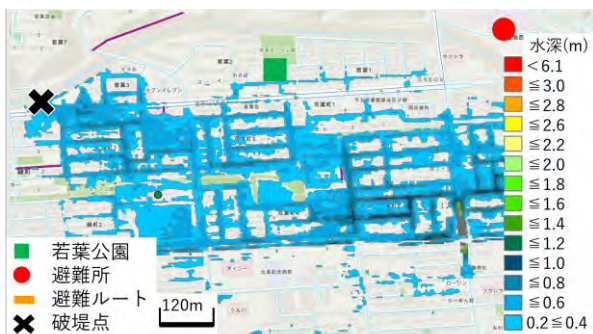


図-16 破堤後2時間30分の避難ルート（建造物なし）
ルート解析不可

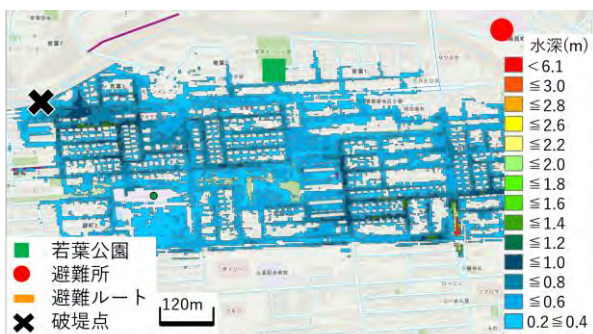


図-17 破堤後2時間10分の避難ルート（建造物あり）
ルート解析不可

6. おわりに

本論文では建造物を考慮した場合と考慮していない場合で浸水氾濫解析とそれに伴う避難ルート解析を行った。結果を以下にまとめると、

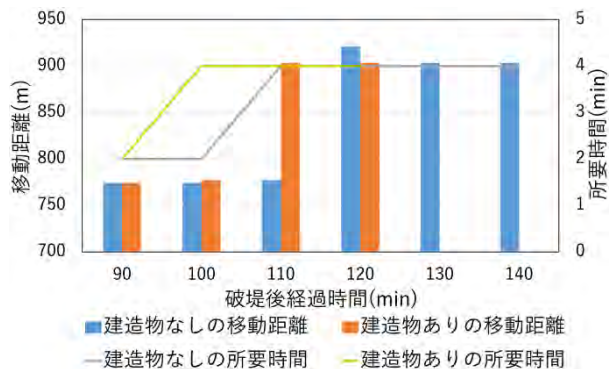


図-18 破堤後経過時間と移動距離、所要時間の変化

- 1) 浸水氾濫解析において建造物を考慮することによって建造物周りの流況に差が生じ、その影響で局所的には浸水域の範囲は小さくなるものの、広がる速度は大きくなる。
- 2) 建造物を考慮した場合に、浸水域が広がる速度が大きくなる要因として、建造物周辺の地盤より低い道路に流れが集中するためであり、その結果道路沿いに浸水域が広がる。
- 3) 浸水氾濫エリアは、建造物を考慮することによってその拡がり方に影響を受けることが示された。その影響は避難ルートにも波及するため、より詳細な浸水氾濫解析によるハザードマップの作成が必要となる。

以上のことから、中小都市河川における洪水被害の激甚化から住民を守るために、想定浸水区域の設定が各自治体で急務となっているが、建造物まで考慮した浸水氾濫解析をした上でハザードマップなどの作成にあたるべきと考えられる。

最後に、本論文の浸水氾濫解析は河川からの外水越水条件のみであり、氾濫区域への降雨等による内水の集水過程や地下埋設の下水道などの影響は考慮していない。HEC-RASは降雨条件を付加する機能もあり、降雨を伴う解析を進めている。

参考文献

- 1) 北海道オホーツク総合振興局；常呂圏域河川整備計画について；常呂圏域河川整備計画（変更）（原案）－概要版－，
https://www.okhotsk.pref.hokkaido.lg.jp/fs/2/1/8/8/8/2/6/_/tokorokawa_seibikeikakugaiyou.pdf,
(閲覧日；2022年12月8日)
- 2) HEC-RAS; Hydrologic Engineering Center, US Army Corps of Engineers,
<https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>,
(閲覧日；2022年12月8日)
- 3) 総務省；道路冠水時における事故の防止対策に関する調査－アンダーパス等道路冠水想定箇所を中心として－の結果，
https://www.soumu.go.jp/main_content/000542085.pdf,
(閲覧日；2022年12月8日)