

## 流出解析モデルを活用した効果的な浸水対策の検討事例

(株)日建技術コンサルタント 浅沼則行

近年の集中豪雨や市街化の進展による A 市の浸水被害を軽減するために、氾濫解析手法を用いた浸水対策の立案を行った。モデルの作成に際し、浸水を細部まで再現するために下水道施設以外の排水施設（河川、道路側溝等）についてもモデル化を行った。また、A 市の特性である山麓から連なる緩やかな傾斜地に市街地が形成され、農地も多く点在している地形状況を考慮し、実際の浸水状況の再現性を高めるために、宅地部の地盤高及び農地部の浸透についてもモデル化を行った。浸水軽減目標については、地域特性を考慮した上で、住民の安全面を考慮した目標（浸水深）を設定した。

**Key Words** : 浸水対策、流出（氾濫）解析、浸水軽減目標、整備計画

### 1. はじめに

近年、局所的な集中豪雨の多発や市街化の進展による雨水流出量の増加により、市街地での内水による浸水被害が多く発生しており、下水道施設のみでの対応が困難となっている。そのような中で、早急な浸水被害の軽減や市民の安全の確保を目的に下水道施設以外の排水施設も活用した浸水対策が必要となっている。

浸水被害は、都市化が進む市街地において多く発生する傾向にあり、A 市においても近年の大規模な豪雨により浸水被害が多発しており、被害軽減を目的に浸水対策の検討を行うこととなった。

### 2. A 市の概要（地形特性・下水道施設）

本市の地形は、市域北側の約 2/3 が山間部であり、山麓から連なる緩やかな傾斜地に市街地が形成されている。また、山間部も含め民間の宅地造成や土地区画整理事業により、宅地化が進展してきた。地盤高については、北東から南西へ向かい傾斜しており、標高 30m～300m 程度と高低差が大きく、山麓部の道路は急勾配となっている。下水道施設（雨水）については、管渠：約 160km、調整池：51 箇所（内、民間施設 24 箇所）であり、雨水整備率は約 74%となっている。

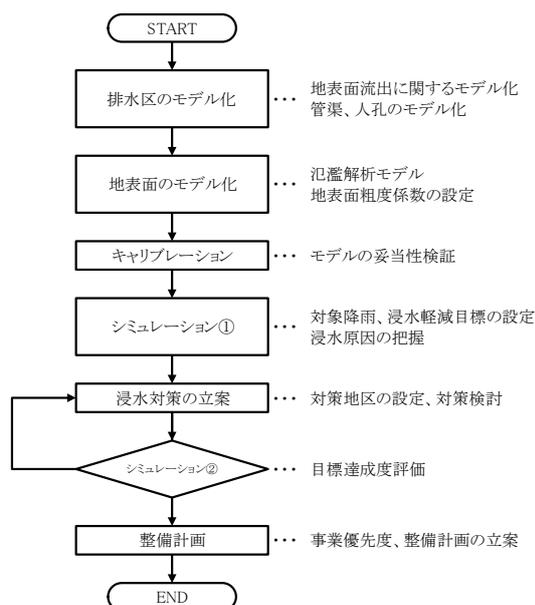


図 3-1 浸水対策の検討フロー

### 3. 浸水対策の検討方法

流出解析モデルを活用して浸水被害の原因を把握し、その地域の浸水被害の軽減を図るための最適な対策案を立案するために、図 3-1 の検討フローにより検討を行った。しかし、検討過程において以下のような課題が生じたため、解決策を含めた検討内容について次項以降に示す。

#### 【検討過程で生じた課題】

課題 1：下水道施設のみでのシミュレーションでは、実際の浸水状況を細部まで再現できない。

課題 2：国土地理院の標高データを用いた氾濫解析モデルでは、実際の浸水状況との整合が図れない。

課題 3：市全域でのシミュレーションのため、各排水区での流出係数の偏在性が強い。

課題 4：A 市の地形特性として、山麓部では急勾配の道路網となっているため、氾濫流に対する住民の安全性を考慮した浸水軽減目標の設定が必要である。

課題 5：早期の浸水軽減を図るための整備優先順位の設定が必要である。

### 4. 排水区のモデル化

本検討では、InfoWorks ICM を用いて下水道施設である管渠・水路、人孔及び調整池等のモデル化を行い、各人孔に対して排水区域の設定を行った。

#### 【課題 1】

A 市の浸水状況は下水道施設以外の排水施設が原因と思われる浸水被害の発生も多くあり、下水道施設のみでの解析では細部まで浸水を再現できなかった（図 4-1 参照）。

#### 【解決策】

A 市は、過去に民間の宅地開発や土地区画整理事業が進められた背景、また、多くの農地が残っていることから下水道施設以外の排水施設（道路側溝、農業用水路等）が多くあり、複雑な排水系統となっている。そのため、下水道施設以外の表 4-1 に示す施設についてもモデル化を行うことで、道路側溝や農業用水路における浸水を再現でき、浸水実績との整合を図ることができた（図 4-2 参照）。



図 4-1 下水道施設のみでの解析結果



図 4-2 その他排水施設も含めた解析結果

表 4-1 モデル化対象施設一覧（下水道施設以外）

施設	資料名	備考
河川	河川計画資料	現況縦断図
農業用水路	測量成果	横断測量データ
道路側溝	道路台帳	勾配:地表勾配、断面:現地調査により測定
調整池	竣工データ	

## 5. 地表面のモデル化

地表面のモデル化は、メッシュで表現する方法により氾濫解析を行うものとした。なお、地盤高データは国土地理院の標高データ（5m メッシュと 10m メッシュの合成）を使用し、土地利用状況を基に地目別面積（農地、道路、宅地、その他）から地表面粗度係数を設定した。

### 【課題 2】

A 市における地形の特徴として、市域北側の約 2/3 が山間部であり、山麓から連なる緩やかな傾斜地に市街地が形成されているため、実際の浸水状況は氾濫流が道路を流れた上で、宅地部に浸入して浸水している。しかし、国土地理院の標高データで地表面モデルを作成すると、各標高値を補間して地表面を形成するため、道路を再現できず、溢水した箇所周辺のみが浸水するといった現象が起り、実際の浸水状況と整合しない結果となった。また、農地部についても浸透を考慮せず、一律の地表面粗度係数により処理されてしまうため、実際の浸水状況と整合が図れなかった。

### 【解決策】

実際の宅地部の状況を考慮し、宅地部の地盤高を数十cm高くしたモデル（メッシュゾーンの設定）を作成した。また、農地部についても浸透を考慮したモデル（浸透ゾーンの設定）を作成し、下流側への地表面氾濫を軽減する設定とした（図 5-1 参照）。以上のことより、急勾配の道路上での氾濫流の流れを再現でき、実際の浸水状況と整合を図ることができた。

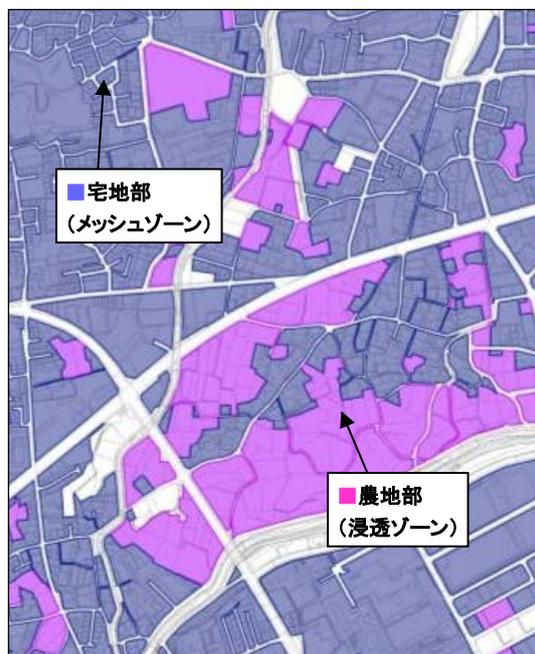


図 5-1 地表面モデルの設定

## 6. キャリブレーション

キャリブレーションは、構築したモデルの妥当性を判断するとともに、地域の特性を反映しシミュレーションの精度向上を図る上で重要となるものである。本検討では A 市全域で

のモデルを作成することから、河川流域別に代表的な排水区を選定して行ったモニタリング（水位測定）の調査結果を用いてキャリブレーションを行った。なお、モニタリングは 3 ヶ月間実施し、対象降雨としてはある程度の水位上昇を確認できた 3 降雨を選定した（2 山降雨である長期降雨を含む）。

(1) キャリブレーション手法

キャリブレーションは、流出係数をパラメータ項目とし、0.5～0.6 の範囲で変動させモニタリング結果と比較して、実測水位に対する再現性の高いものを採用することとした。

(2) キャリブレーション結果

モニタリングを行った地点においては、流出係数 0.5 のモデルで再現性を確認できた。

【課題 3】

市全域でのモデルでは各排水区での流出係数について、流出係数 0.5 では実際の浸水状況に対する再現性が低い排水区があった。

【解決策】

モニタリングを実施した排水区については、流出係数 0.5 を用いるものとし、それ以外の排水区については流出係数 0.5 を基本に、浸水実績との整合を図った上で、流出係数を設定するものとした（流出係数は 0.4～0.7 の範囲で設定した）。

## 7. シミュレーション

(1) 対象降雨の設定

本検討においては、市全域でのシミュレーションであり、河川からの背水影響も考慮した上で、再度、浸水被害の防止の観点から近年の降雨特性を踏まえた対象降雨を選定する必要があった。そのため、以下の 2 降雨を対象とすることとした。

①河川計画における 100 年確率降雨（図 7-1 参照）

②既往最大降雨（図 7-2 参照）

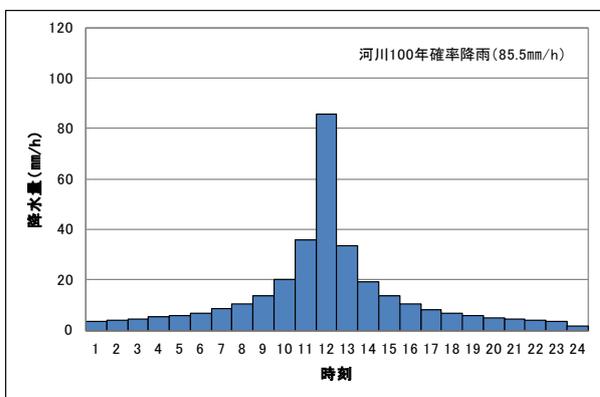


図 7-1 河川 100 年確率降雨ハイエトグラフ

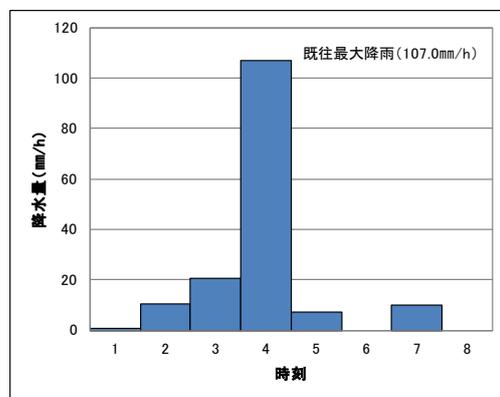


図 7-2 既往最大降雨ハイエトグラフ

(2) 浸水軽減目標の設定

「下水道浸水被害軽減総合計画策定マニュアル（案）平成 28 年 4 月 国土交通省水管理・国土保全局下水道部」によれば、乗物の移動限界はおよそ 20 cm（図 7-3 参照）、床上浸水を防止するための機能保全水深は 45 cm 程度とされている。

【課題 4】

A 市の場合、山麓部において急勾配の道路が多くあり、氾濫流速が速くなることを考慮した水深の設定が必要であった。

【解決策】

下水道計画における計画降雨に対しては浸水被害がほとんどないことから、超過降雨に対して、シミュレーション結果を基に以下の 2 つの目標を設定した。

目標値は、急勾配の道路では氾濫流速が速くなるため、避難者の歩行等の安全性が確保でき、また、A 市の財政状況を勘案して早期の浸水軽減が図れる浸水深とした。

・浸水被害軽減目標

【目標 1】①の降雨（河川 100 年確率降雨 85.5 mm/h）に対して浸水深 1.0 cm 未満

【目標 2】②の降雨（既往最大降雨 107.0 mm/h）に対して浸水深 10 cm 未満

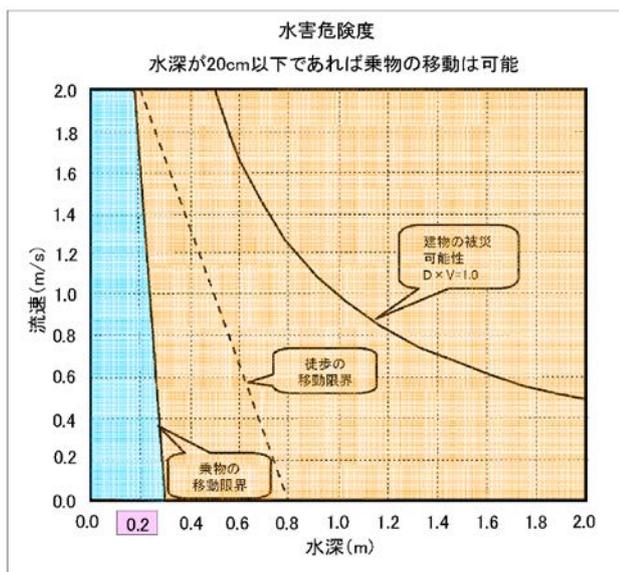
8. 浸水対策の立案

(1) 対策地区の設定

対策地区については、浸水被害実績のある地区を考慮した上で、対象降雨に対するシミュレーション結果を基に設定した。

(2) 浸水対策

対策地区について、経済性を考慮した実施可能な対策案を立案し、各浸水軽減目標を達成できているか評価する。達成できていない場合は、再度対策案の立案を行った。



【ニュージーランドにおける調査結果例】

浸水区域内の移動限界、建物の被災の可能性について、水深と流速から上図を示している。

出典「Draft Catchment Management Plan Opanuku Stream, henderson Valley Summary Report & Drawing」中の図を加筆・修正

出典：下水道浸水被害軽減総合計画策定マニュアル（案）平成 28 年 4 月 国土交通省水管理・国土保全局下水道部

図 7-3 氾濫流速及び水深と移動限界との関係

表 8-1 対策概要一覧表（一部抜粋）

対策地区	浸水原因	対策内容	備考
1	雨水幹線の流下能力不足	管渠の新設 雨水幹線の改修	下水道計画
2	雨水管渠、側溝及び街渠の流下能力不足	側溝の改修 側溝の新設 接続管の新設	
3	側溝の流下能力不足	側溝の改修 側溝の新設	
4	側溝の流下能力不足	側溝の改修 側溝の新設	
5	水路の流下能力不足	水路の改修 側溝の新設 分水構造の変更	

なお、対策方針としては基本的に下水道計画と整合を図るものとし、浸水軽減が図れない場合は対策（バイパス管の新設、管渠断面の拡大等）の検討を行った。また、計画がない箇所については各浸水箇所のネックとなる部分（能力不足箇所、流出量が多い箇所の上流部等）に対して、道路側溝の新設・改修及び接続管の布設等の検討を行った（表 8-1 参照）。なお、次項の整備計画を考慮し、整備後の下流への影響を考えた対策案とした。

## 9. 整備計画

各対策ごとに「位置」、「浸水原因」、「対策内容」、「概算事業費」、「浸水面積」を整理し、整備計画を立案した。

### 【課題 5】

下水道施設以外の対策も含めて、早期の浸水軽減を図るために市の財政状況も考慮した最適な整備計画の立案が必要であった。

### 【解決策】

整備優先順位については、浸水面積が 1ha 以上の対策地区を A ランクと設定し、早期に整備を進める方針とした。また、1ha 未満の対策地区については費用対効果を考慮した上で効果的な箇所から整備を行うものとするが、実際の浸水状況にあわせて随時見直すものとした。

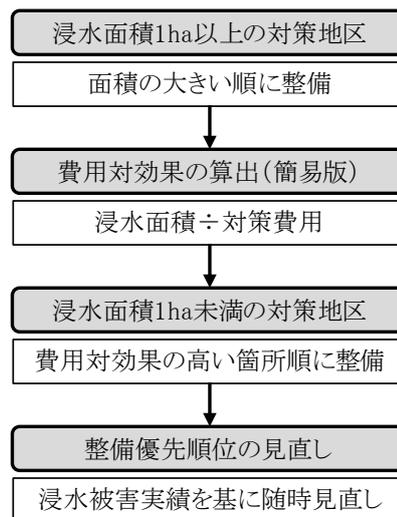


図 9-1 整備優先順位設定フロー

## 10. おわりに

市全域を対象とした氾濫解析手法を用いた浸水対策の立案では、各市町村の地形条件や浸水状況等を考慮し、手法を変えてシミュレーションモデルを構築する必要があり、実際の浸水状況を再現するために下水道施設以外の排水施設のモデル化、浸透や宅地部の地盤高を考慮したモデル化も必要となる。浸水対策を行う場合は、事業種別にとらわれず全ての排水施設を用いて対策を実施することが早期の浸水軽減につながると考えられる。

また、浸水軽減目標についても地域特性を考慮した上で「生命の保護」、「都市機能の確保」、「個人財産の保護」の観点から住民の安全面を優先に設定する必要がある。

〈参考文献〉

- ・下水道浸水被害軽減総合計画策定マニュアル（案）平成 28 年 4 月 国土交通省水管理・国土保全局下水道部