

下水道を考慮した都市型水害解析モデルの構築

八千代エンジニアリング(株)

正会員　○石徹白伸也
正会員　北野　真広

1. はじめに

近年、都市部の河川流域においては市街化に伴う保水・遊水機能の低下、さらに局所的な集中豪雨の多発により、都市型水害が各地で相次いでおり、都市部での浸水被害対策が重要な課題となっている。また、こうした背景を受けて、「特定都市河川浸水被害対策法（平成16年5月）」が施行され、河川管理者と下水道管理者が共同して外水・内水対策を講じることが必要となってきている。

一方、都市部の浸水は、河川からの破堤・越水・溢水等による外水氾濫、地形的な要因や下水道等の排水能力不足による内水氾濫が混在し、複雑な状況を呈している。こうした中で、浸水被害対策を検討するためには、この複雑な浸水現象を氾濫解析によって予測する必要があるが、従来の氾濫解析モデルでは、下水道網を詳細に表現したモデルがなく、また、下水道網の雨水流出解析においても下水道管から溢れた後の地表の流下、貯留等の現象の再現には至っていない。今回紹介する都市型水害解析モデルは、特に都市部での浸水状況を予測するために、地表面の流出・氾濫解析、下水道管路流解析及び河川流解析を同一の場で解析することができ、河川、下水道を一体的に捉えることが可能となった。また、既往洪水による浸水状況の再現性について検証を行った。

2. 都市型水害解析モデルの概要

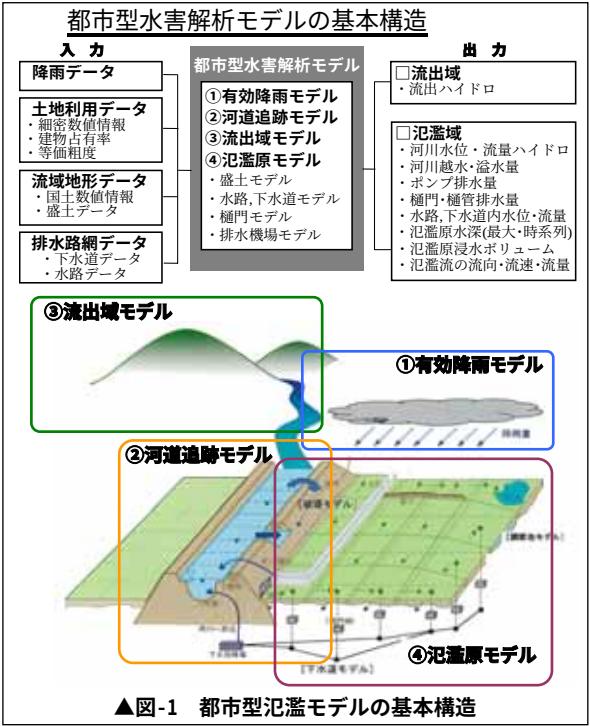
都市型水害解析モデルの基本構造の模式図および概要一覧について図-1、表-1にそれぞれ示す。本モデルの基本構造は、流域全体を流出域と氾濫原に分離し、流出域から氾濫原に流量を受け渡す構造となっており、大きくは①土地利用別の損失現象を考慮、全流域（メッシュ）に時系列分布を考慮した『有効降雨モデル』、②河川への強制排水、河口潮位を反映し、越流・破堤を表現した『河道追跡モデル（一次元不定流）』、③山間部の地形特性、流路に従い洪水を追跡した『流出域モデル（Kinematic Wave法）』、④平地部における地形特性の他に水路・下水道・排水機場による排水路網、盛土等が与える影響下で氾濫流の伝播を追跡した『氾濫原モデル（平面二次元不定流）』からなり、降雨を与えるだけで、流出過程、氾濫過程を一体的に解析することができるモデルとなっている。

3. 実流域における適用性の検討

1) 対象流域の概要

対象流域として、上流域に流出部(山地)を有し、下流域には市街化された氾濫原が広がる実在流域（流域面積約100km²）を選定した。当該流域には市街地を貫流する都市河川があり、下流部には流域の約2割を占めるポンプ排水域が分布し、氾濫原には膨大な人口と資産が集積されている。

キーワード：流出・氾濫解析、複合氾濫、擬似下水道モデル
連絡先：〒161-8575 新宿区西落合 1-18-12 八千代エンジニアリング(株)総合事業本部河川部、Tel03-5906-0461



▲図-1 都市型氾濫モデルの基本構造

▼表-1 都市型氾濫モデルの概要一覧

	項 目	概 要
地形	基本メッシュ	50m×50m
	地盤高	国土数値情報、氾濫原については都市計画基本図(S=1/2,500)をもとにメッシュ内平均地盤を算出
	土地利用	細密数値情報(10mメッシュ単位)を使用
	①有効降雨モデル	□f1-Rsa-fsa法（※土地利用状況による損失を反映）
解析モデル	②河道追跡モデル	□一次元不定流（Dynamic wave） ・河口潮位、橋梁（橋脚・橋桁）、河川への強制排水、 ・河川からの越水、溢水、破堤を考慮
	③流出域モデル	□Kinematic wave法 ・くぼ地、ため池、貯留施設考慮可能
	④氾濫原モデル	□平面二次元不定流（Dynamic wave）
	盛土（鉄道・道路）	国道・主要地方道・一般県道および鉄道（0.5m以上対象）
	水路（開水路）	水路台帳等より抽出（幅1m以上の水路対象）
	下水道（暗渠）	下水道台帳より抽出（幅1m以上の下水道管対象）
	排水機場	実績排水量、もしくは吐出量・揚程曲線の反映
	樋門・樋管	内外水位差を考慮した排出計算
	貯留施設	雨水貯留管、洪水調節池を考慮

2) 検討概要

本モデルでは、降雨～流出～氾濫現象について広範囲な氾濫解析を目的としていることから、計算時間の軽減を図るため、都市部の下水道管渠網を幹線(φ1,000mm 以上)についてモデル化を行った。本モデルにおいて既往洪水で検証を行った場合、都市部において飛び地に浸水が残る現象が生じた(図-2)。また、下水道流末において、浸水位時系列の遅れが見られた。これらは下水道の組み込み密度によるものと考えられ、また、下水道による集水効果をモデル化(表現)できていないのが要因であると思われる(図-3)。そこで、極力、計算時間の軽減を図りつつ、φ1,000mm 未満の小規模下水道のモデル化について検討した。

図-4に示すように、各メッシュに擬似マンホール(排水口)を設置し、下水道区割図に従い、排水先の下水道管に直接流入(ワープ)させる。排水先の下水道管が満管になった時点、または、自メッシュにおける小規模下水道の集水能力を上回った時点において流入を停止し、表面流として挙動するようにした。また、遅れ時間の概念を導入した場合には計算時間の増大につながる事から、φ600mm 以上の下水道管をモデル化し、擬似下水道による遅れを1分以内に抑えるようにした。

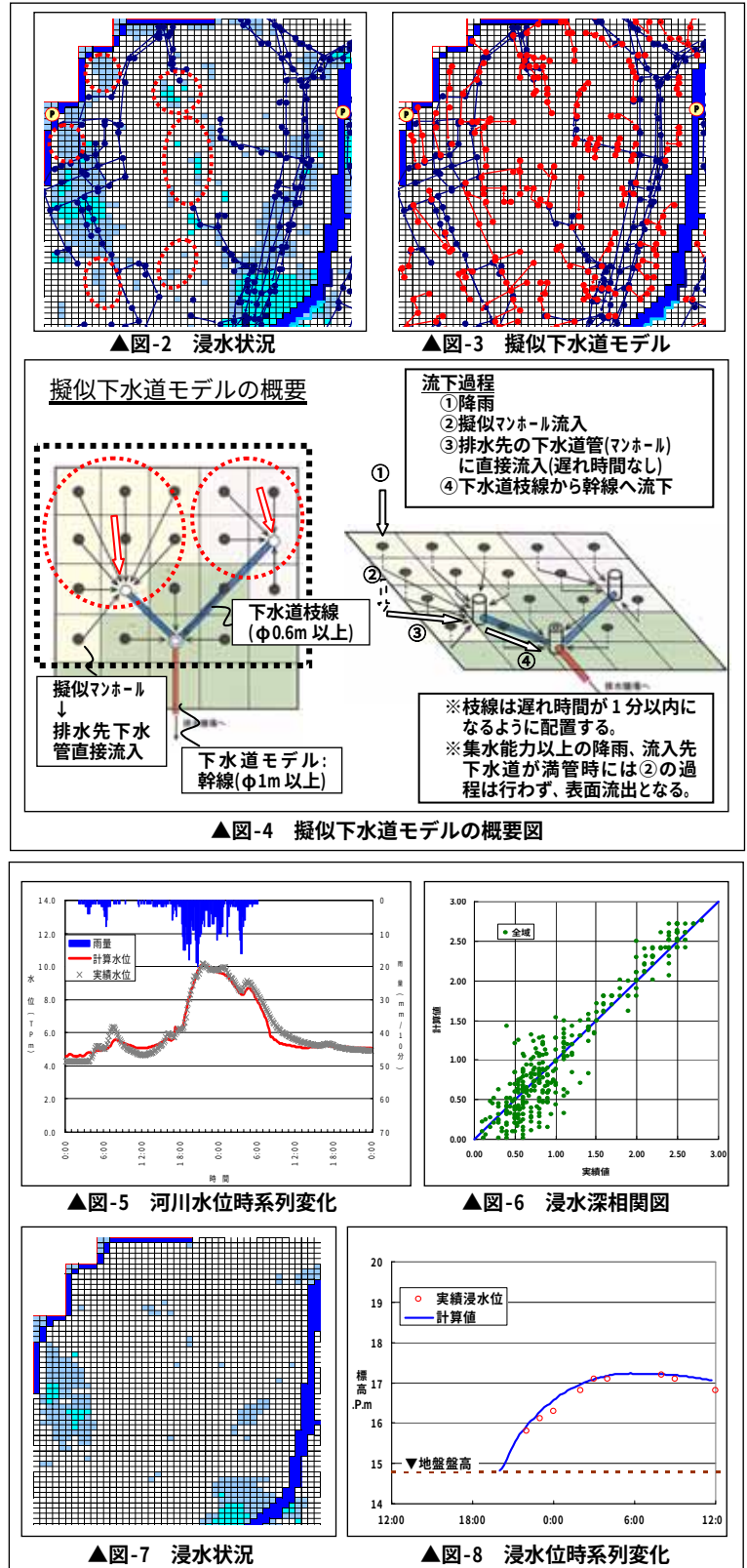
3) 検討結果

対象流域には複数の河川が合流しており、そのうちの一観測所における河川水位を図-5に示す。解析結果はピーク水位、発生時間をほぼ捉えており、他の観測所においても同様に良好な再現性が得られた。

浸水深については実績浸水深を対象とした二乗平均誤差 S が約 20cm 程度となり、ばらつきはあるものの氾濫状況について高い再現性が得ることができたと考えられる(図-6)。また、擬似下水道モデルによる下水道密度、集水性の向上により、飛び地での浸水域を実現象にあったかたちで表現することができた(図-7)。浸水水位の時系列変化について、課題となっていた立ち上がりの遅れも対応することができた(図-8)。

4. おわりに

改良モデルの特徴について右枠に示す。今後はさらに小排水区での氾濫解析や、小規模洪水による氾濫現象の精度向上のために、計算時間の短縮化を図りつつ、擬似下水道の遅れ時間を考慮したモデルの構築を行っていく予定である。将来的には「特定都市河川浸水被害対策法」への解析ツールとして適応できると考えている。



■都市型水害解析モデルの特徴

(1)盛土構造物や微地形を考慮した解析が可能

- ・水路、盛土構造や微細地形等による影響を考慮できる。
- ・氾濫流の伝播は土地利用や家屋の密集度を考慮した流下抵抗等を再現できる。

(2)様々な氾濫形態に対応した解析が可能

- ・内水氾濫と外水氾濫の複合型氾濫現象を再現する事が可能

(3)河川と下水道のトータルな解析が可能

- ・河川、下水道に加えて地表氾濫流も同時に解析ができる
- ・これまで個別に管理していた河川、下水道を一体的に捉えることができる