

下水道総合浸水対策計画のための 氾濫解析モデル



日本水工設計㈱
技術推進部部长

石川 高輝

1. はじめに

平成17年9月4日、東京・埼玉で発生した記録的な降雨により都市圏では雨水流出量が増大し、下水道施設排除能力を大きく上回り、各地で大規模な浸水被害が発生した。下水道には、社会資本整備の中で、国民の生命、財産を守る大事な役割があり、想定を超えた降雨に対しても被害を減災していく必要があることは言うまでもなく、いかにスピードや効率性を考え浸水対策事業を実施するかが問われてきている。この解決策としては、既存施設を十分に評価し、その活用方法や運用方法（RTC「リアルタイムコントロール」等）を考えるとともに、地域住民の協力や自助を促進させる手法として内水ハザードマップの作成・公表などが不可欠である。このため、氾濫解析をはじめとする流出解析手法が注目されている。

流出解析モデルは、1993年9月に東京大学総合研究奨励会（企画：アメケン、代表：市川 新）にて我が国に本格的な雨水流出解析技術が紹介され、すでに10年以上経過している。この間、（財）下水道新技術推進機構と（社）全国上下水道コンサルタント協会会員会社9社との共同研究等により、『流出解析モデル利活用マニュアル』が1999年3月に、改訂版が2003年6月に発刊され、多くの都市で浸水対策や合流改善業務に活用されている。

また、2回目の改訂（2006年3月発刊予定）では、氾濫解析モデルが加わるなど一層の内容充実が図られると聞いている。

下水道総合浸水対策計画（以下、総合的な浸水対策という）では、すでに雨水排除のためのインフラ（下水道など）が数多く整備されている都市域の氾濫現象を捉えるために、都市の持つ雨水排除インフラを考慮することが必要不可欠であるとともに、資産集積度に見合った細やかな解析手法が望まれている。

2. 総合的な浸水対策

総合的な浸水対策の目指すべき方向性として、下水道政策研究委員会・浸水対策小委員会提言「都市における浸水対策の新たな展開（平成17年7月）」（以下、提言という）が参考になる。この提言では、

- ① 「人（受け手）」主体の目標設定
- ② ハード対策の着実な推進とソフト対策の強化、自助の促進
- ③ 整備の重点化（選択と集中）

——が示されており、効果的な設計手法への転換として、従来の合理式を用いた設計手法から、降雨の時間的・空間的分布を再現した浸水シミュレーションを用いることが推奨されている。

このことは、下水道整備区域において、想定を

超えた降雨により発生する浸水を軽減させるため、従来のハード対策だけに頼るのではなく、既存の雨水排除システムを十分評価・活用して、能力不足分に対し貯留・浸透施設を組み込んだ整備計画、あるいはRTCの導入やソフト対策としての内水ハザードマップの作成・公表などが効率的事業の推進に不可欠であるとされている。新年度予算では、下水道総合浸水対策緊急事業の創設が盛り込まれており、緊急的かつ重点的に再度災害防止および浸水被害の最小化を目指していくことになっている。

3. 解析技術の必要性

既存の雨水排除システムを十分活用するためには、高い精度で既設雨水排除施設の評価を行えることが必要である。解析技術に求められる要件について整理すると、以下の項目が挙げられる。

<地表面流出量算定>

- ① 有効降雨計算
- ② 降雨の時間・空間分布の取り込み
- ③ 地表面流出量計算

<既存排除システム評価>

- ① 管路施設（逆勾配、ループ管、圧力管状態、など）の評価
- ② 制御施設（ポンプ、堰など）の評価
- ③ 雨水貯留・浸透施設の定量評価

<運用システムの活用>

- ① 多彩な水災シナリオでの解析
- ② RTCによる制御機能

<その他>

- ① 下水道と河川の統合解析
- ② 下水道と地表面氾濫流の連動解析
- ③ 浸水想定区域図作成
- ④ 結果のアニメーション表示

これらの多くは、『流出解析モデル利活用マニュアル』の中で、すでに紹介されている次元の解析モデルにより実現に至っている。しかし、次元解析と氾濫解析（二次元不定流モデル）の一体

化解析モデル（以下、一体型氾濫解析モデルという）に関しては、NILIM（国総研モデル）が平成16年に公表され、また、DHIからMike Urban Flood、XP-Software社からXP-Flood: 2Dがすでに発表されているに過ぎない。

4. 一体型氾濫解析技術の現状

解析技術は、ここ数年で急速な進化を遂げており、昨年12月に開催された「流域水物質循環モデル・ソフトウェア博覧会2005」では多くの技術が紹介されている。その中で、一般に入手が容易であり、信頼性が高いと思われる一体型氾濫解析技術について紹介する。

この手法は、都市の雨水排除インフラを含めたうえで氾濫解析を行う手法を指し、具体的な例をあげれば、「下水道から溢水」→「溢水した水による地表面氾濫」→「氾濫流の下水道への戻り」といった氾濫発生から終息までの一連の水理現象を連続的にかつ、地下の下水道流れと地表面の氾濫流を連動させて解析するものである。

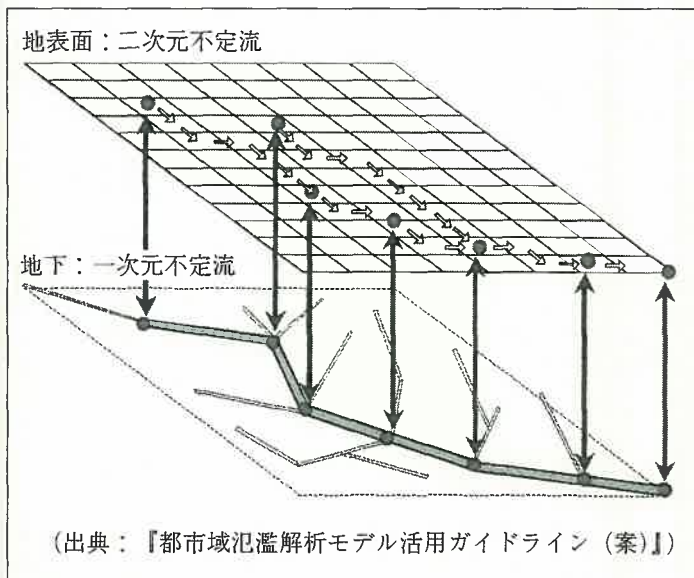
現在、一体的に氾濫現象を解析する手法としては、大きく2つが存在する。

1つは、雨水排除施設を一次元不定流により解析し、地表面をメッシュ分割し二次元不定流により解析する手法である（図-1）。

もう1つは、既存の次元解析モデルを活用し、雨水排除施設の流れと地表面氾濫の両方を一次元不定流により解析する手法である（図-2）。地表面の氾濫現象を捉えるにあたり、主に道路など都市域の氾濫流の流路となるものを想定し、地表面に仮想の水路を構築する（図-3）ことで対応を図っている。

従来、都市域において二次元不定流解析を行うにあたっては、ある程度小さなメッシュサイズとすることが重要であり、そのための細かな標高データの入手が難しいこととその解析に膨大な時間を要することが課題であった。しかしながら、近年ではレーザープロファイラーなど測量技術の発展とともに、国土地理院から一部地域の「数値地

図一 1 氾濫解析手法のイメージ (二次元不定流)



図一 2 氾濫解析手法のイメージ (一次元解析モデルの活用)

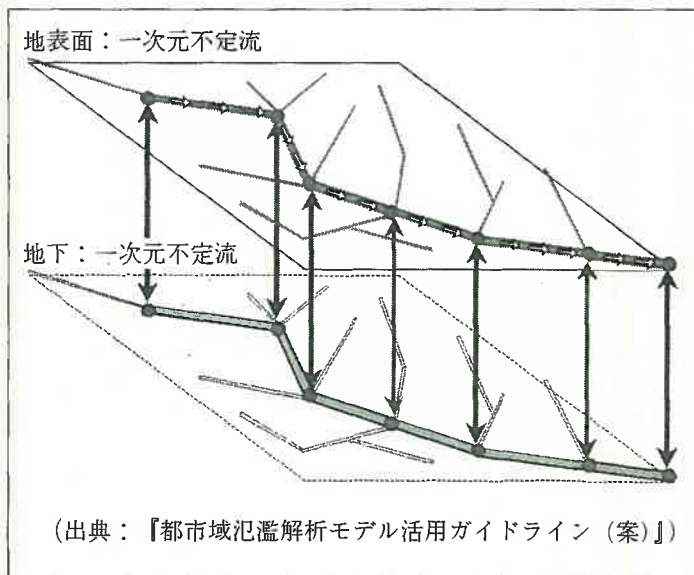
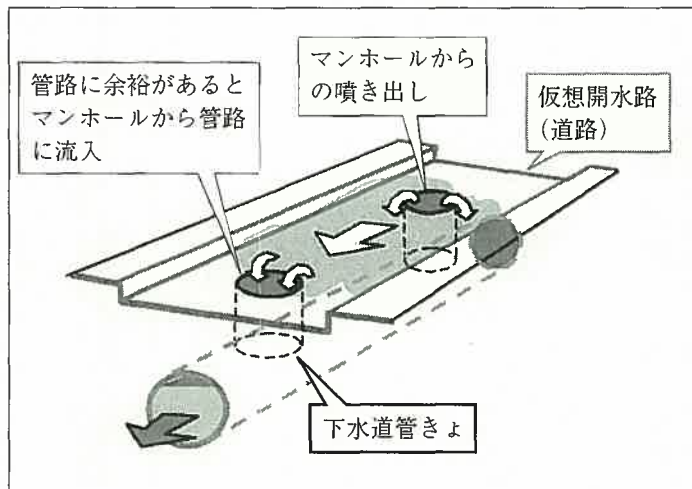


図5 mメッシュ (標高)」が刊行され始めるなどデータ整備が進むなか、PC性能の飛躍的な向上の恩恵により解析時間も大幅に短縮されるなど、課題が解消されつつある。そこで、今後は二次元不定流解析が主流になると考えられる。

5. 氾濫解析モデルの表現例

解析結果 (写真一 1 ~ 4) は、二次元不定流解析により一体型氾濫解析を行った事例である。す

図一 3 道路を仮想水路にモデル化するイメージ (一次元解析モデルの活用)



べての下水道管きよを組み込み、地表面は、前述の数値地図の標高データを基に5 mメッシュとしている。

事例の流域は高低差のほとんど無い平坦な地形であるが、溢水発生後 (写真一 1)、最初は道路伝いに浸水域が広がり (写真一 2)、その後水位が上昇し (写真一 3)、宅地内へ浸水が広がっていく (写真一 4) 様子が表現されている。

6. 今後の課題

一般に氾濫解析モデルは、洪水ハザードマップ作りなどで幅広く利用されているが、都市域での流出、既存施設のシステムを組み込んだ一体型氾濫解析モデルは少ない。ここで紹介したモデルは、河川流域規模での応用も可能であるが、取り扱うPCの能力、データ量、既存施設システムの組み込み範囲には、十分に注意が必要である。

また、降雨の時間、空間分布などの地域特性のモデル化、RTCの運用など、今後ノウハウの蓄積が必要となってくる。

今回は、既存施設の評価と活用について、具体的事例について触れなかったが、総合的な浸水対策を進めていくうえで、完全なドライ化から、記録的な降雨に対しては多少の浸水を許容するウェット型への発想の転換が必要であると思われる。

一体型氾濫解析結果

写真-1 溢水発生後

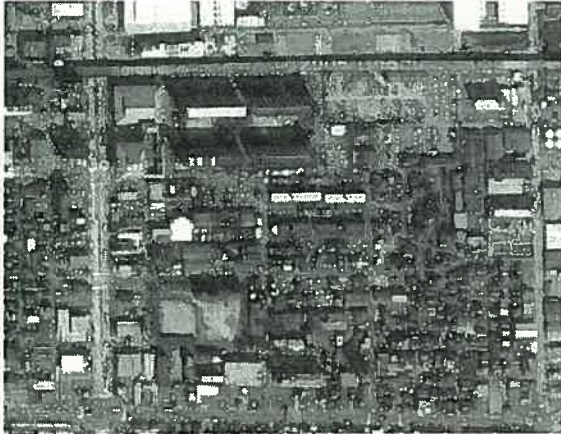


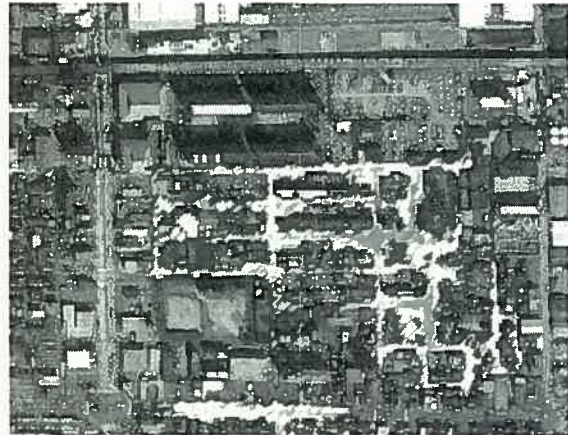
写真-2 浸水域が道路沿いに広がる



写真-3 水位の上昇



写真-4 宅地内への浸水



そのためには、既存排水システムの役割を十分評価し、上手に活用していくための知恵と工夫が一層必要になってくる。

7. おわりに

本誌2005年7月号では、「まちづくりにおける雨水計画～市民の視点に立った雨水対策～」と題して述べた。これからは、一体型氾濫解析モデルを活用し、雨水の持つマイナス面についてもリスクの特定を行い、内水ハザードマップの作成、公表など、効率的な雨水整備計画を、住民とともに快適なまちづくりのために立案していきたい。

最後に、いち早く流出解析モデルの普及拡大に取り組まれた藤田昌一氏（元・長岡技術科学大学教授）をはじめとする雨問題の関係者の努力により、我が国の流出解析技術が培われ築き上げられてきたこと、また、これからが真価を示すときであることを付け加えておきたい。

<参考文献>

- 流出解析モデル利活用マニュアル（財）下水道新技術推進機構、1999年、2003年）
- 下水道政策研究委員会浸水対策小委員会提言「都市における浸水対策の新たな展開」（平成17年）
- 都市域氾濫解析モデル活用ガイドライン（案）（国土技術政策総合研究所資料、平成16年）