

下水道システムを考慮した氾濫解析の治水対策への適用

システム環境計画コンサルタント株式会社 正会員○森田 豊

中部大学工学部都市建設工学科 正会員 武田 誠

中部大学工学部都市建設工学科 フェロー 松尾直規

1. はじめに

近年、豪雨に伴う水災が多発しており、水災対策の見直しが進められている。水災対策の検討において、重要なツールとなるのが氾濫解析である。本研究では、都市域における氾濫解析モデルを構築し、その治水対策への適用として、下水道システムに着目しマンホールからの落ち込み流量の変化に伴う浸水状況の検討や合流式下水道管渠から噴出した汚水の分布を考慮した衛生面からの検討を行った。

2. 数値解析法

本研究で対象とする解析モデルは、河川、海域、都市域および下水道内の水理現象を表現するものである。それぞれに用いた解析手法を以下に示す。

海 域：平面二次元不定流モデル(直交格子) 河 川 域：一次元不定流モデル

都 市 域：平面二次元不定流モデル(非構造格子) 下水道管渠：スロットモデルによる一次元不定流モデル
なお、氾濫域と下水道域の水の受け渡しは、マンホール部の連続式で表現している。また、本解析では河川堤防、洗堰、小田井遊水池、庄内川・新川河口域の背割堤部における越流を考慮した。堤防における越流流量は本間の越流公式により求めた。

3. 東海豪雨の再現計算

解析モデルの妥当性検証のため、東海豪雨の再現計算を実施した。計算期間は2000年9月10日0:00から9月14日1:00までとした。また、河川上流端には当時の流量あるいは水位を与え、海域の開境界に四日市と常滑の潮位を平均して与え、都市域において降雨を考慮している。図1に名古屋市の浸水実績図を、図2に解析で得られた最大浸水深の分布を示す。両図から名古屋駅周辺や中村区、千年地区周辺の浸水の様子が再現されており、実際と同様の解析結果が得られている。図2から庄内川右岸にみられる越水による浸水や新川破堤に伴う浸水の様子がみられることから用いている解析モデルの妥当性が示された。

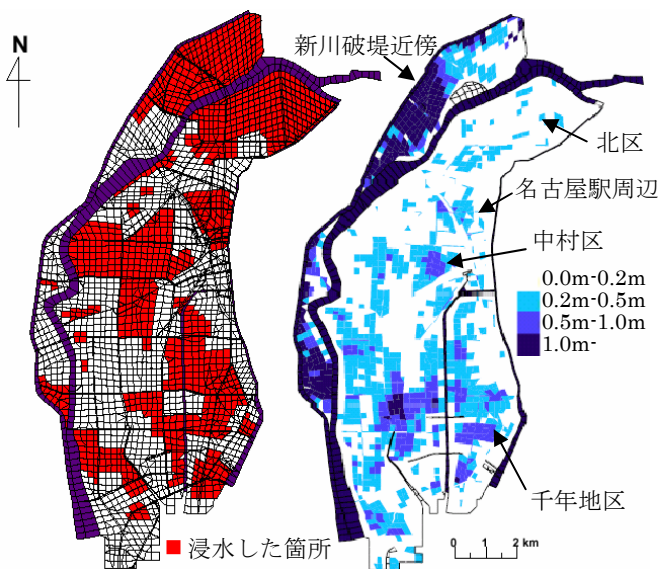


図1 浸水実績図¹⁾ 図2 最大深水深の分布

4. 解析モデルの治水対策への適用

構築されたモデルは下水道流れを詳細に解いていることが特徴の一つであり、下水道システムに関与する以下の事柄について検討する。

4.1 落ち込み流量の変化に伴う浸水状況の検討 氾濫域と下水道域の水の受渡しを考慮したマンホール部の連続式を以下に示す。

$$A \frac{\partial H}{\partial t} = \sum Q - Q_{out} + Q_{in} \quad (1)$$

ここで、 A ：マンホールの断面積、 H ：水位、 $\sum Q$ ：下水道による流入流量、 Q_{out} ：ポンプ排水流量、 Q_{in} ：氾濫域からの落ち込み流量

キーワード：浸水、氾濫解析、都市域、下水道、汚水

連絡先：中部大学、〒487-8501、愛知県春日井市松本町1200、TEL 0568-51-1111、FAX 0568-52-0134

落ち込み流量 Q_{in} は $KLh\sqrt{gh}$ (K は流量係数, L はマンホールの円周, h は浸水深) で計算されている. そこで, マンホールや側溝にゴミや泥などが溜まり排水機能が低下した場合や氾濫水を速やかに排水する施設が整備された場合を想定し, 流量係数を 1.0, 0.75, 0.544 (3.で使用), 0.25, 0.1 と変化させ, 氾濫状況を検討した.

図3に解析結果の一例として, 流量係数に伴う氾濫水の総体積を示す. 本図から流量係数が小さい場合は, 下水道管渠に氾濫水が落ち込まず氾濫水の総体積が大きくなることが示されており, 流量係数が0.1から0.25と変化するだけで総体積に大きな差が生じている

ことが分かる. しかし, 0.544, 0.75, 1.0 と流量係数を変化させた場合, 総体積に大きな差が生じないことが示されている. これは, 下水道管渠に流入させる氾濫水量を大きくしたくても, 下水道管渠が満管状態であれば流入させることはできず, 氾濫水量が低下しないためと考えられる. このことから, 単に落ち込み口を大きくしたとしても, 氾濫水量を低下させることに効果がない場合も考えられ, 落ち込み流量(落ち込み口)の増加と同時に, 下水道管渠の貯留できる容積および排水流量を考慮する必要があるだろう. また, 落ち込み流量の低下により浸水が明らかに増大していることから, 清掃活動などの側溝の機能維持は非常に重要である.

4. 2 汚水の分布に関する検討

氾濫時にマンホールから噴出す汚水分布を検討することで, 重点的に衛生管理を必要とする地域が検討できるものと考えた. 拡散を省略した汚水の収支式を以下に示す. なお, 合流式下水道内の汚水の変化は考慮せず, 噴出したものを汚水とみなした.

$$\frac{\partial Ch}{\partial t} + \frac{\partial CM}{\partial x} + \frac{\partial CN}{\partial y} = 0 \quad (2)$$

ここで, x, y : 平面座標, t : 時間, h : 水深, C : 汚水割合(0 から 1 の値をとる), M, N : それぞれ x, y 方向の流量フラックス($M = uh$, $N = vh$)であり, マンホールから噴出した水量に汚水割合 1 を与え, 降雨や河川からの越水は汚水割合 0 を持って流入する. 式(2)を氾濫域の非構造格子で展開し用いた.

図4に下水道状況図(赤: 満管状態, 黒: 開水路

状態)と汚水の割合(100%表示)の分布を示す. 図から汚水の割合が濃くなっている箇所は下水道状況図でも満管になっており, マンホールからの噴出しによって汚水の割合が高くなっていると考えられる. 満管になっている堀川右岸域で高い汚水割合がみられないのは, 雨水吐から氾濫水が河川へ排水されることによって水が集まり満管となっており, 都市域に噴出ししているのではないことが考えられる. また, 紙面の都合上示せないが, 単位面積あたりの汚水量を汚水の割合×浸水深から求め, 図化した. 汚水量と浸水深の分布から, 汚水の割合が高い地域では浸水深も大きかったが, 両者が一致していないところもあった. さらに, 汚水量が多く存在している場所は水災後において衛生面の検討を重点的に行わなければならない地域と考えられる.

5. おわりに

本研究では, 都市域の氾濫解析モデルを構築し下水道システムに着目した適用法について検討した. 落ち込み流量の違いによる浸水状況の変化から, ゴミが詰まるなどの落ち込み流量の低下が浸水深の増加を招くことが示された. さらに, 浸水後の衛生対策のために汚水の分布を示す一手法を示し, その分布状況が得られた.

参考文献 1) 平成 15 年 12 月現在, 名古屋市ホームページ: <http://www.city.nagoya.jp>

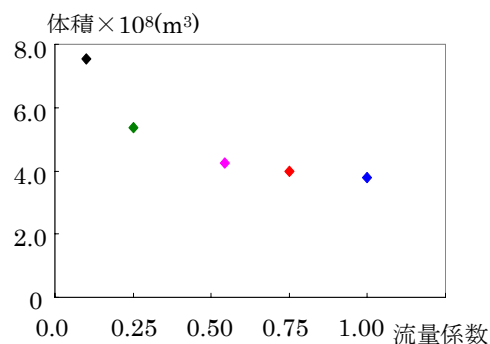


図3 流量係数と氾濫水の総体積

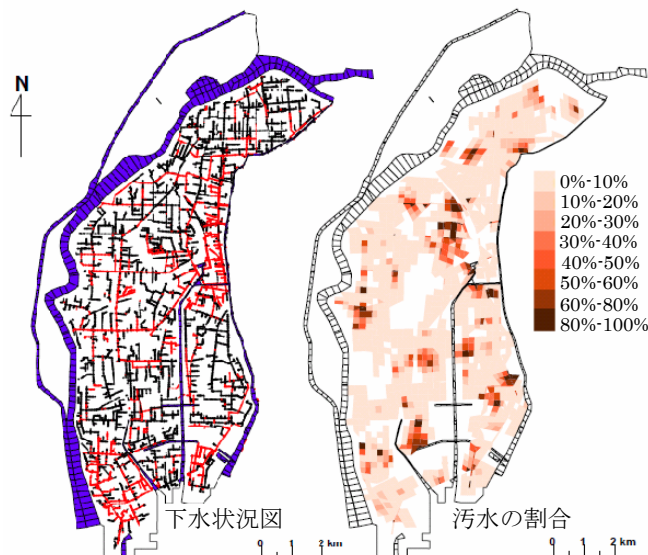


図4 9月11日07:00の下水道状況と汚水の割合