

複雑な下水道管網を考慮した内水氾濫解析モデルの高度化に関する研究

三井共同建設コンサルタント 正会員○山中威士, 霧生元道
中部大学工学部 正会員 武田 誠 フェロー 松尾直規

1. はじめに

近年, 日本の各地で, 洪水, 豪雨による水災が発生している. 特に, 都市域では, 豪雨による内水氾濫が多発しており, その対策が緊急の課題とされている. 都市の内水氾濫対策には, 下水道管および排水ポンプの整備, 貯留施設の建設などがある. これらを具体的に検討するためには, 雨水排水に関する都市機能(下水道システム)を十分に表現できる解析モデルが不可欠である. 著者らはA川流域を対象に内水氾濫解析を進めており, その中で次の2点が課題となった.

I. 都市域から下水道への水の受け渡しをマンホールでモデル化している. 解析には管径 600mm 以上の下水道管とそれに対応するマンホールを用いているが, マンホールが存在しない場所にも, 実際には小径の下水道管網や側溝が存在する. 解析ではそのような小規模の下水道システムの影響が表現できていない.

II. マンホール内は一つの空洞としてモデル化してきた. しかし, 実際にはマンホールの中にも複雑な水の輸送形態があり, 水量が増え水位が堰高を超えた場合にマンホール部の下部へと流れ, 別の下水道管へつながるものもある. 解析ではこのような詳細なマンホール内の水の輸送が表現できていない.

本研究では, この2点に焦点を絞り, それぞれのモデル化とそれらの解析結果に与える影響を考察した.

2. 氾濫解析法および計算条件

解析モデルの詳細は, 松尾ら¹⁾を参考にしていただきたい. ここでは, 議論の中心となるマンホールのモデル化を示す. マンホールの水位は, 次の連続式で求めている.

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

ここに, A_m はマンホールの面積, h_m は水深, $\sum Q$ はマンホールにつながっている下水道管からの正味の流入流量, Q_{in} は氾濫格子からの流入流量($KLh\sqrt{gh}$: K は流量係数, L はマンホールの円周, h は浸水深), Q_{out} はポンプが存在する場合の流出流量である. なお, マンホール内が満杯となった場合には, 氾濫格子からの流入流量を考慮せず, 噴き出した分を対応する氾濫格子の連続式で考慮して氾濫格子の水深(水位)を計算し, マンホールの水位(水深)を補正している.

ここで, 流量係数 K については, 松尾ら¹⁾の検討から, $K = K_0 \exp(-\alpha(h - h_0))$ を用いている. K_0 は 0.544, h_0 は 0.1m, α は 7.71 である. α の値は, 東海豪雨時の河川水位, 浸水深, 浸水域の観点から観測値に合うように設定されている.

図-1に計算領域を示す. 本研究では, 東海豪雨による浸水を対象とし, 境界条件として, 2000年8月11日2時~8月12日7時の降雨, 河口水位, 河川流量を与えている.

3. 下水道システムへの流入に関するモデル化

これまでの解析モデル(以後, 旧モデルとする)には, 上記Iの課題があった. そこで, 旧モデルの下水道

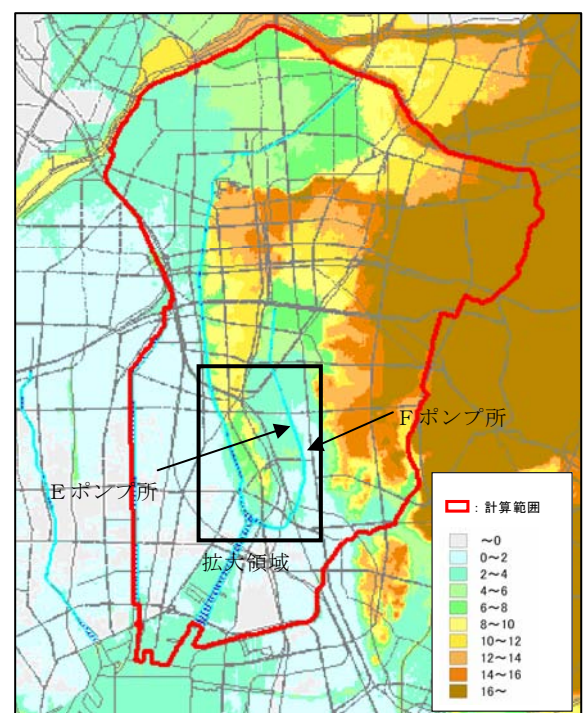


図-1 計算領域

への流入に関する取扱いを次のように改めた．なお，噴き出しなどの取り扱いは従来のおりであり，落ち込み流量が発生する格子とその値の設定が異なる．

「本研究の対象とした下水道システムが時間雨量50mmに対して計画されている」ことを適用し，解析上取り扱っていない小さな径を有する下水管網から，解析に用いているマンホールに流れ込む領域を予め求めておき，その領域から50mm/hに対応する流量（“50mm/h×格子の面積”（ V_0 ）の領域における総和（ V_T ）をマンホールへ輸送させた．ただし，格子に V_0 に相当する水量が無い場合には存在する水量を対象とし，マンホールに V_T 分の容積が無い場合には，許容できるマンホールの容積分に相当する水量を受け渡した．すなわち，マンホールが無い格子からも送り先のマンホールが満杯にならなければ，最大で50mm/hに相当する水量を受け渡し，マンホールが満杯になれば，雨水は排出できずに下水道へは輸送されないこととなる．

図-2は拡大領域における最大浸水深の分布を示しており，ここでは床上浸水があった地域も含めて記載している．本図から，旧モデルよりも改良モデルの方が，浸水深が大きく現れ，床上浸水も再現されていることから，改良モデルの妥当性が示された．

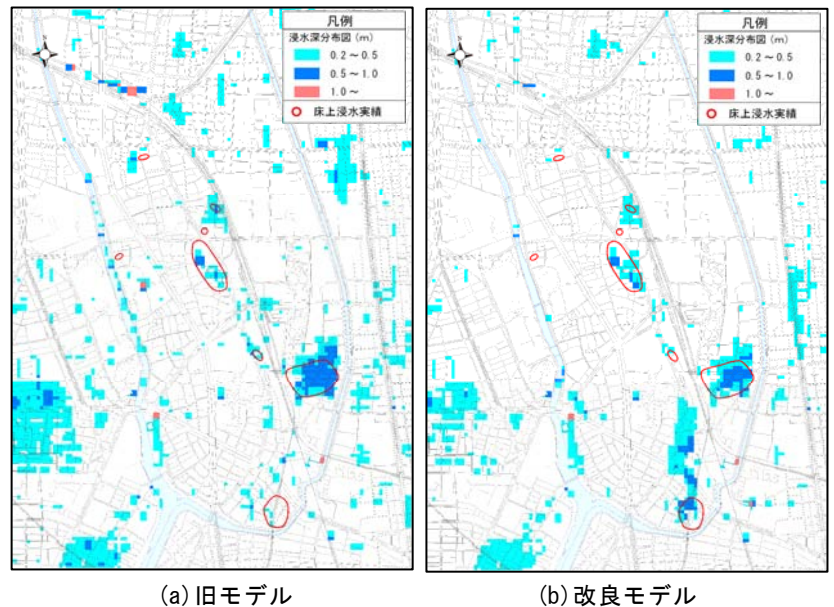


図-2 最大浸水深の分布（拡大領域）

4. マンホールの水輸送モデルの高度化

下水道管網は複雑であり，マンホール内に堰室が存在する事例も多い．このような場合，堰室を考慮しないと，下水道管を通じて流入した水は，マンホールの最も低い箇所に位置する下水道管（幹線下水道管または貯留施設へ向かう下水道管）を伝って流れることとなる．ここでは，堰室のあるマンホールを2つに分け，その間を仮の管路（断面は越流断面を設定，長さは1mを仮定）でつなげ，堰室のある約300個のマンホールを個々にモデル化し，下水道データを改良した．東海豪雨を対象とした計算結果は，改良モデルの計算結果と比べて浸水深にはあまり大きな変化は見られなかったが，図-3に示すように，河川水位は降雨に対する感度が良くなり，実測値に近くなった．このことから，マンホールの高度化は妥当なものであると考えている．なお，貯留施設の水位にも時間遅れが現れており，妥当な結果であろう．

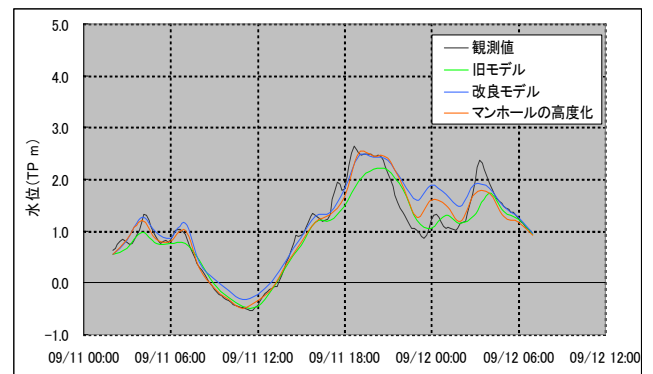


図-3 河川水位（A川）

5. おわりに

都市域における内水氾濫を対象とした解析モデルについて，特に，落ち込み流量の表現と下水道モデルの高度化に焦点をあてて検討した．得られた結果から，氾濫解析モデルに下水道の影響を反映させる場合には，「落ち込み流量の表現に関して，大まかなモデル化であっても詳細な下水道システムの全体の影響を考慮した方が適切であること」，「マンホール内の堰室を含めたモデル化を行う必要があること」が示された．これらは，内水氾濫解析モデルの精度向上に関する重要な情報を与えているといえる．

参考文献 1)松尾直規，武田誠：都市域における氾濫解析システムの適用と下水道流入モデルに関する検討，河川技術論文集第12巻，pp.97-102，2006．