下水道を考慮した都市域氾濫解析モデルに関する一考察

国土交通省　国土技術政策総合研究所　正会員　○水草　浩一
国土交通省　国土技術政策総合研究所　正会員　　廣木　謙三

１．目的

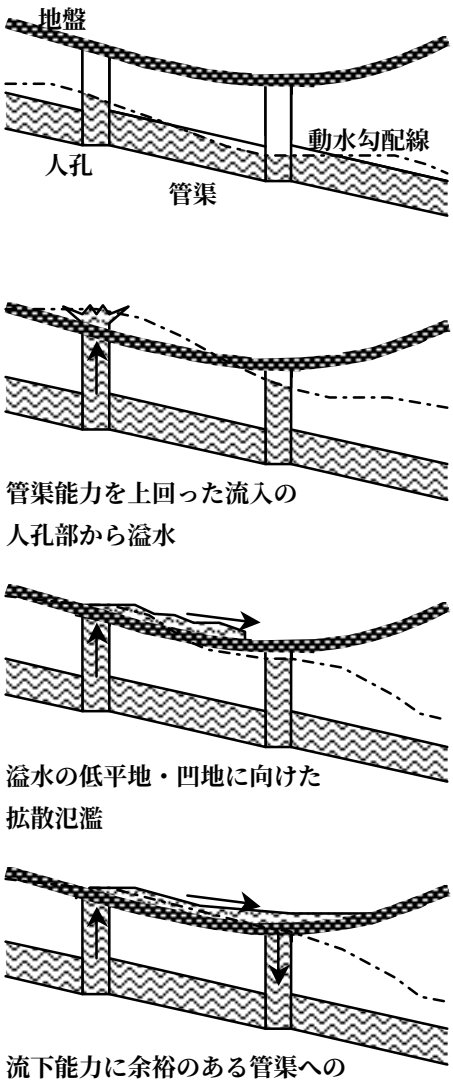
都市部における近年の著しい浸水被害対策を推進するため、平成１５年６月に特定都市河川浸水被害対策法が成立した。今後、各地で同法に基づいた都市浸水想定区域の指定がなされることとなる。この指定に当たっては、都市域での氾濫解析を実施することが必要となる。都市域での氾濫は、地表面を拡散するだけでなく、排水路・下水道による湛水排除効果、排水路・下水道からの湛水吹き出し等の各種現象により、複雑な挙動をするため、氾濫解析を行う場合にもこれらを充分に考慮する必要がある。

水害研究室では、地表面氾濫と下水道網等の相互影響関係を同時一体的に考慮可能な氾濫解析モデルとして、新総合氾濫解析モデル（ＮＩＬＩＭ）の開発を行ってきた。本考察では、下水道と地表面氾濫の同時考慮が可能なモデルを開発する場合に非常に重要な要素となる、人孔（マンホール）部における氾濫水の流出入現象に関するモデル上での表現方法について考察を行った。

２．ＮＩＬＩＭのモデル概要

ＮＩＬＩＭは、国土技術政策総合研究所水害研究室が独自にモデル構築を行っている下水道と地表面の同時一体氾濫解析モデルである[1)]。このモデルは、降雨流出、管渠内流下、人孔部噴出入、地表面拡散、放流先河川吐出の、一連の水の挙動を全て同時に解析可能であることが最大の特徴である。また動水勾配線が管頂部を越えて上昇した場合には、圧力を考慮した連続式を用いて管渠内の水理解析を行うようになっている。

下水道を考慮することが求められている流域において氾濫解析を行う際には、①下水道や水路等からの吹出しに由来する氾濫現象（内水氾濫）の解析と、②河川からの大量の氾濫水が下水道によって吸引もしくは下水道の下流方面で吹出す現象（外水氾濫）の解析の２種類に場合分けされる。前者①は下水道と地表面の同時解析を行えば良いのに対し、後者②に関しては下水道、地表面および河川の３つの現象を同時に行う必要があるほか、大量の氾濫水が下水道に流入することに対する、収束計算の解析上の安定性に係わる問題の解決が不可欠である。このため、本考察では、モデル開発の手始めとして、簡便な①の内水氾濫現象のみに着目した。また名称をＮＩＬＩＭ１．０として地表面を２次元不定流モデルで構築したものをモデル化した。



図－１　下水道からの氾濫

３．人孔部での流出入現象の表現（人孔部溢水解析）

一般に、地表面氾濫を考慮しない出水規模内で下水道モデルを構築する場合は、開水路流れと圧力流れの遷移状態があるものの、流路が管渠のみに固定されるため、モデル構築はさほど困難でない。ところが、管渠内の水位上昇に伴う人孔部での溢水を考慮し、さらに図－１に示すように、その溢水が人孔部から地表面を拡散する氾濫を表現する場合には、流下する経路が管渠と地表面の複数経路（２層構造）となり、非常に計算が煩雑となる。これは、水面が管渠内と地表面の２面現れるため、収束計算もループ計算となることに由来しており、計算時間の増大化や収束計算の発散を招くこととなる。

キーワード：都市浸水想定区域、都市氾濫解析、下水道管渠解析
連絡先：〒305-0804　つくば市旭１　国土交通省　国土技術政策総合研究所　水害研究室　Tel029-864-2211

また、溢水量の算定手法も氾濫解析結果に非常に重要な影響を及ぼす。ＮＩＬＩＭ１．０では、人孔部における水収支の整合をとるため、図－２に示すとおり、動水勾配線が地表面を越えた場合の人孔部からの溢水量 Q_{flow} は、着目人孔への管渠流入量 Qin、下流接続管の可能最大流下量 $Qout$ として、

$$Q_{flow} = Q_{in} - Q_{out} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

で表している。この際、Q_{in} は動水勾配 h_{all} から算定されるが、下流接続管の可能最大流下量 Q_{out} は、圧力勾配が氾濫水面（土かぶり厚 h_{ground} と氾濫水深 h_{depth} の和）と同等の場合の流量になり、

$$Q_{out} = f(h_{depth}) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (2)$$

で表される。h_{depth} は、Q_{flow} により決定することから、

$$h_{depth} = f(Q_{flow}) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (3)$$

で表されるため、結局浸水深 h_{depth} を算定するには、式（１）～（３）を用いた収束計算が必要である。ただし、$h_{depth} \ll h_{ground}$ で h_{depth} が無視できる場合は収束計算が不要となり、解析の高速化を図ることが可能である。

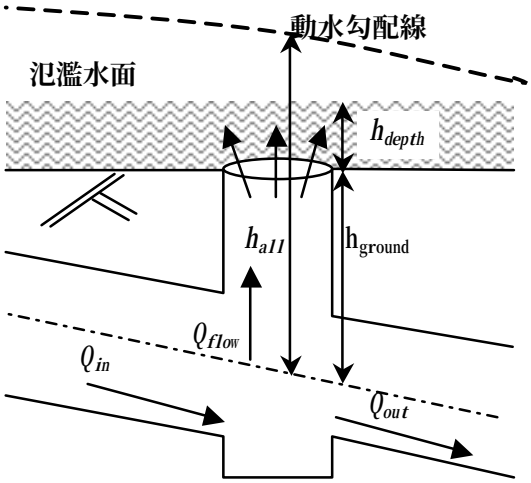


図-２　人孔部での水収支

４．解析結果

ＮＩＬＩＭ１．０による氾濫解析を、図－３に示す仮想流域において行った。諸元は、図－３の東方向が下流で地表面 1/1000 勾配で中央部東西に幹線管渠１本、南方向が地表面 1/500、北方向が地表面 1/1000 勾配で適宜南北方向へ準幹線を設定した。

30 分間で 100mm/hr に達し、そのまま 30 分降り続け、その後 30 分で晴天となる台形降雨を与えた図－３解析結果からは、流下能力の不足する管渠直上流の人孔部から氾濫水が溢水し、地表面勾配に沿って地表面を拡散・移動しながら、流下能力に余裕のある他の人孔から管渠へ再流入する様子が良好に表現されていることがわかる。

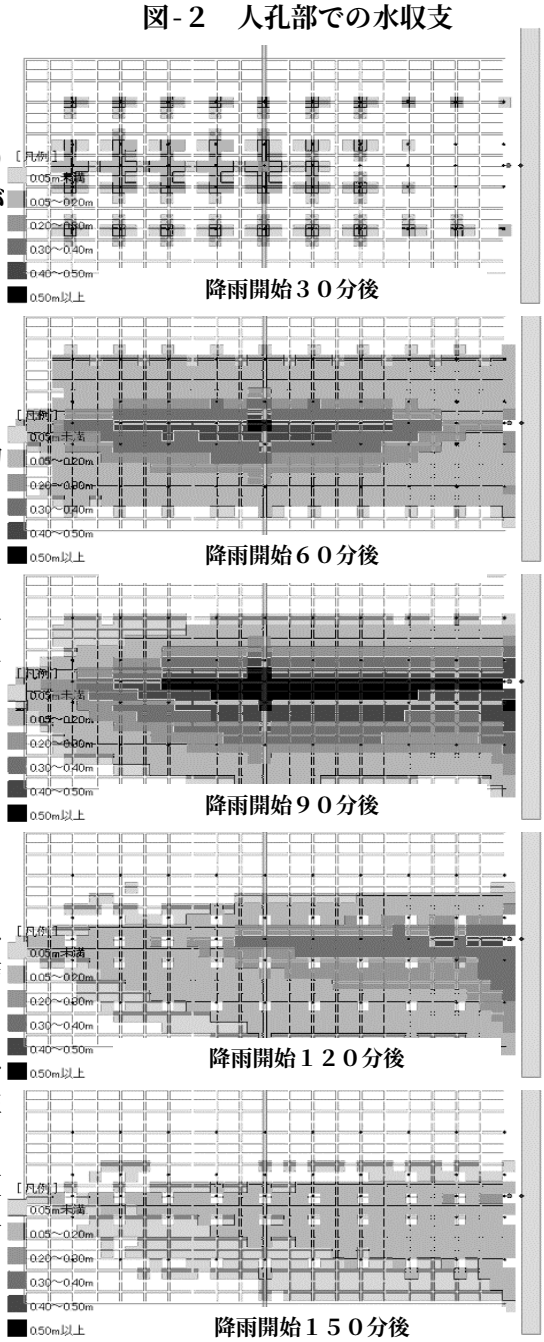


図-３　仮想流域氾濫解析結果

５．まとめ

仮想流域における解析結果からは、下水道を考慮した場合の氾濫状況について、ＮＩＬＩＭ１．０を用いることにより良好な結果を得ることが可能であることが判明した。つまり、より複雑な現象やシナリオに基づいて、都市域における下水道を考慮した氾濫解析の一手法として、ＮＩＬＩＭ１．０を用いることの可能性が示されたといえる。

ただし、これはあくまで仮想流域での結果であり、ＮＩＬＩＭ１．０において表現されている物理現象の妥当性については、今後、氾濫実績収集、管渠内水位観測、模型実験等を行うことによって、実現象との整合性について、充分な検討を加える必要があると考えれる。

【参考文献】

1)水草浩一,三輪準二,金木誠：下水道を考慮した都市域における氾濫シミュレーション技術（ＰＷＲＩモデル）の開発、第５７回年次学術講演会講演概要集、Ⅱ-284、2002.09