

浸水解析モデルにおける小排水区の 溢水発生を考慮した集約化手法の検討

一般社団法人 全国上下水道コンサルタント協会

雨水流出解析モデル検討 WG 委員 ○山田 龍男

東京大学大学院 工学系研究科 古米 弘明

1. はじめに

河川流域単位を対象としたリアルタイム浸水予測を行うには、下水道管渠ネットワークを考慮したモデル解析が求められる。しかし、下水道施設の膨大な管渠情報を全てモデル化する詳細モデルでは、解析時間が非常に長くなり、そのまま使用することができない。過去の研究成果¹⁾において、解析時間を短縮するために管渠を小排水区単位で集約化するランピング手法を適用することが有効であり、李らの研究²⁾では、小排水区の属性値からモデルパラメータを補正することで解析精度の向上が図れることが示されている。しかし、管渠能力を上回る規模の降雨の場合、小排水区内において浸水が発生することで流出遅れが生じ、詳細モデルの解析結果とランピングモデルの解析結果が乖離する場合がある。

本検討は、浸水が発生する小排水区の集約化方法として流量制限モデルを導入し、その効果について流出解析モデルを用いて検証を行ったものである。

2. ランピングモデルの概要と構築にあたっての課題と解決策

(1) ランピングモデルの構築手法

解析対象とするモデル地区は、横浜市の鶴見川流域のうち、5つのポンプ場流域とし、代表的な3つの海外流出解析モデル（InfoWorksCS、Mouse、xpswmm）を用いて各流域ごとに詳細モデルとランピングモデルを作成した。ランピングモデルは、図-1に示すように、φ1000mm以上の管渠に接続する小排水区をその末端管渠（φ1000mmに接続する管渠）を残して省略する。省略した小排水区からの流出量は、地表面流出モデル（非線形貯留池モデル）のパラメータに李ら³⁾の補正を加え、この末端管渠の上流端に与えることで算定する。

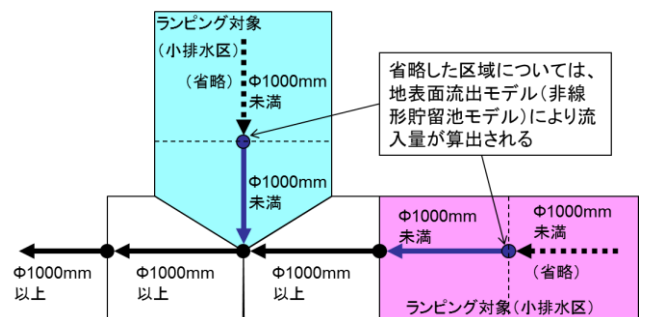


図-1 ランピングモデル構築イメージ

具体的には、遠藤ら¹⁾のランピングモデル構築システムを用いて小排水区の各種パラメータ（面積、最長管渠延長、平均地表勾配等）を自動計算により設定した上で、以下のように流域幅の補正を行った。

$$W(m) = 3.97 \times w', \text{ここに } W(m) : \text{流域幅、} w' (m) : \text{面積}(m^2) / \text{最長延長}(m)$$

各流域で適用した流出解析モデルと流域諸元を表-1に、モデルの作成例を図-2に示す。

表-1 詳細モデルとランピングモデルの諸元比較

流域	流域A		流域B		流域C		流域D		流域E	
	詳細	ランピング	詳細	ランピング	詳細	ランピング	詳細	ランピング	詳細	ランピング
面積 (ha)	1,340	1,340	948	948	1,205	1,205	700	700	720	720
ノード数	16,345	2,026	10,588	1,497	10,003	1,481	5,659	865	9,157	803
リンク数	16,376	1,990	10,573	1,484	9,987	1,468	5,766	863	9,137	783
管渠総延長 (m)	351,353	83,147	235,044	55,267	250,193	60,818	173,098	51,135	182,580	31,547
解析モデル	Mouse		InfoWorksCS				xpswmm			

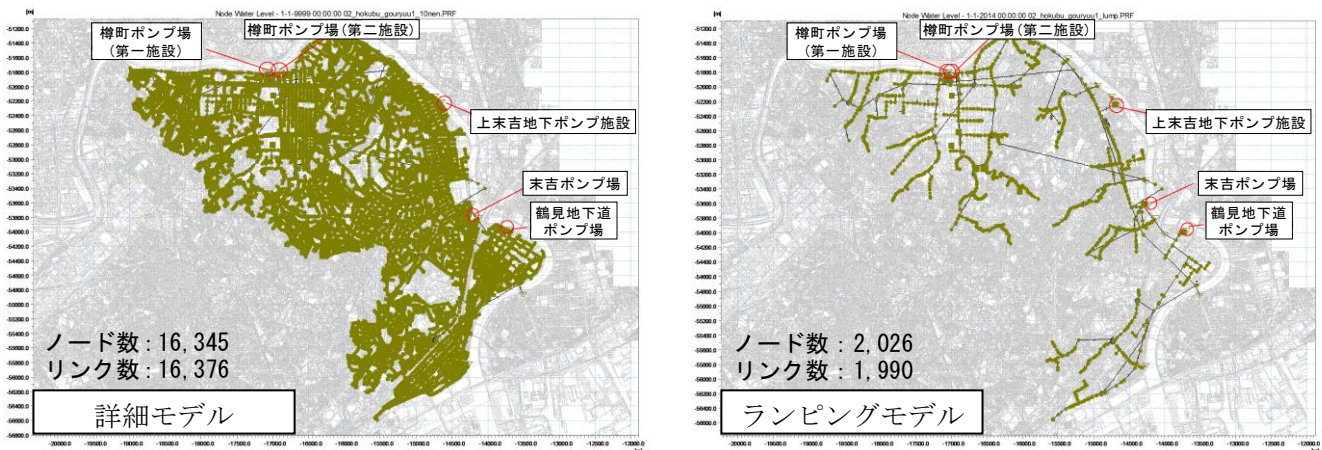


図-2 詳細モデルとランピングモデルの作成例（流域A）

(2) ランピングモデルの課題

小排水区からの流出ハイドログラフは、小流域内で浸水が発生しない（管渠の流下能力が十分ある）場合には、地表面流出計算のハイドログラフとほぼ同じ形で得られるが、小流域内で浸水が発生する（管渠の流下能力が不足する）場合には、図-3に示すように管渠の流下能力に応じた流出遅れが生じ、ハイドログラフは扁平になる。

この現象は、非線形貯留池モデルのパラメータ補正だけでは再現することができないため、別途、流出遅れを表現する方法が必要となる。

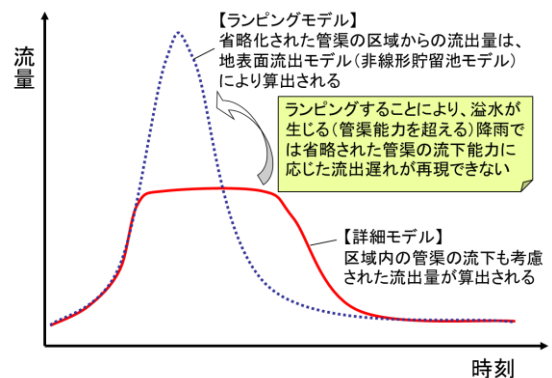


図-3 浸水発生による流出遅れのイメージ

(3) 解決方法

小排水区での流出遅れは、小排水区内の管渠の流下能力に影響を受けると考え、省略する小排水区の末端管渠部に小排水区内の流下能力をもとにした制限流量を設定する方法を試みた。各小排水区の制限流量は、詳細モデルにおける各小排水区からの最大流量とした。ただし、制限流量として設定する最大流量は、管渠の流下能力に支配されるような流量とする必要がある。そこで、最大流量を算定する降雨規模は、計画降雨(57.9mm/hr)より十分大きな100mm/hr降雨とした。

3. 結果と考察

(1) 検討ケース

本検討における解析条件を表-2に示す。計算ケースは、詳細モデルとランピングモデル（流量制限の有無）の3ケースとした。

(2) 小排水区末端管渠の最大流量の再現性

表-3に各解析結果として、解析時間、流域内の最大溢水量、小排水区末端管渠の最大流量の相関係数およびその近似直線の傾きを示す。

表-2 解析条件

項目	内容
対象降雨	10年確率降雨(時間最大降雨強度57.9mm/hr) $I=1,452/(t^{0.7}+7.5)$ I: 降雨強度(mm/hr)、t: 降雨継続時間(min)
放流先河川水位	考慮しない
地表面流出	現況土地利用より浸透域・不浸透域を計測・設定 浸透域はホートン式を適用(初期浸透能20mm/hr、 最終浸透能8mm/hr、減衰係数3.6hr ⁻¹)
計算ケース	ケース1 詳細モデル
	ケース2 ランピングモデル・流入管渠流量制限なし
	ケース3 ランピングモデル・流入管渠流量制限あり
計算ピッチ	1.0秒(モデルにより0.5秒)

表-3 解析結果

流域	流域A				流域B				流域C				流域D				流域E			
	計算時間(s)	流域内の最大溢水量(m ³)	近似直線傾き	相関係数	計算時間(s)	流域内の最大溢水量(m ³)	近似直線傾き	相関係数	計算時間(s)	流域内の最大溢水量(m ³)	近似直線傾き	相関係数	計算時間(s)	流域内の最大溢水量(m ³)	近似直線傾き	相関係数	計算時間(s)	流域内の最大溢水量(m ³)	近似直線傾き	相関係数
1.詳細モデル	28,140	182,549	—	—	584	74,869	—	—	1,175	93,296	—	—	2,024	47,840	—	—	3,000	55,248	—	—
2.流量制限無	313	188,768	1.50	0.79	65	48,483	1.52	0.83	131	61,062	1.48	0.81	340	18,299	1.59	0.72	300	59,256	1.16	0.99
3.流量制限有	277	215,122	1.19	0.93	73	59,064	1.27	0.93	149	91,082	1.19	0.97	325	50,702	1.19	0.74	300	58,628	1.13	1.00

まず、各小排水区末端管渠の最大流量について、詳細モデルとの整合性を確認するため、流量制限の有無でそれぞれ、詳細モデルの最大流量との相関をとり、相関係数と近似直線の傾きを調べた。

いずれのケースでも相関性は流量制限ありの方が高くなっており、解析精度が向上している。また、流量制限ありの方が、近似直線の傾きも 1 に近くなっている。図-4 に流域 A の最大流量の相関図を例として示す。他の流域もほぼ同じ傾向を示している。

また、図-5 に代表地点の流出ハイドログラフを示す。流量制限を設定することで、詳細モデルのハイドログラフを概ね再現できていることがわかる。

(2) 溢水状況の再現性

次に、各解析モデルの最大溢水量を確認すると、概ね、「流量制限なし」より「流量制限あり」の方が詳細モデルに近い値となっており、流量制限を設定することで解析精度が向上していることがわかる。しかし、流域によってその傾向が異なるものがある。この原因については、ランピングにより削除された管渠の管内貯留量や下流管渠の流下能力の余裕などが影響していると考えられるが、小流域単位で傾向を分析するなど、さらに詳細な検討を行う必要がある。

4. 結論

本研究により、ランピングモデルにおいて、集約化された小排水区における非線形貯留池モデルのパラメータ補正に加え、流量制限を行うことで、解析精度を向上させることができることが明らかとなった。ただし、流域によって最大溢水量の多寡の傾向が異なっており、今後、その原因を究明し、適切にモデルに反映する方法を検討していく必要がある。

備考：本研究は、国土交通省河川技術研究開発制度 平成 24 年度河川砂防技術研究開発（河川技術分野）研究課題「沿岸低平地における河川、下水道、海岸のシームレスモデルに基づく実時間氾濫予測システムの構築（代表者：佐藤慎司）」の枠組のなかで、全国上下水道コンサルタント協会に設置された上下水道コンサルタント 6 社（(株)東京設計事務所、オリジナル設計(株)、日本上下水道設計(株)、(株)日水コン、中日本建設コンサルタント(株)、日本水工設計(株)）による雨水流出解析モデル検討ワーキンググループにて行ったものである。

参考文献

- 1) 遠藤雅也ら：第 51 回下水道研究発表会講演集 pp. 214-216, 2014
- 2) 李 星愛ら：第 51 回下水道研究発表会講演集 pp. 211-213, 2014
- 3) 李 星愛ら：第 52 回下水道研究発表会講演集 「末端管渠の集約化による小排水区非線形貯留池モデル係数の設定手法の提案」, 2015

問合わせ先： 〒116-0013 東京都荒川区西日暮里 5-26-8 一般社団法人 全国上下水道コンサルタント協会
 雨水流出解析モデル検討 WG 委員 山田 龍男（所属：日本水工設計株式会社）
 E-mail：t-yamada2@n-suiko.co.jp

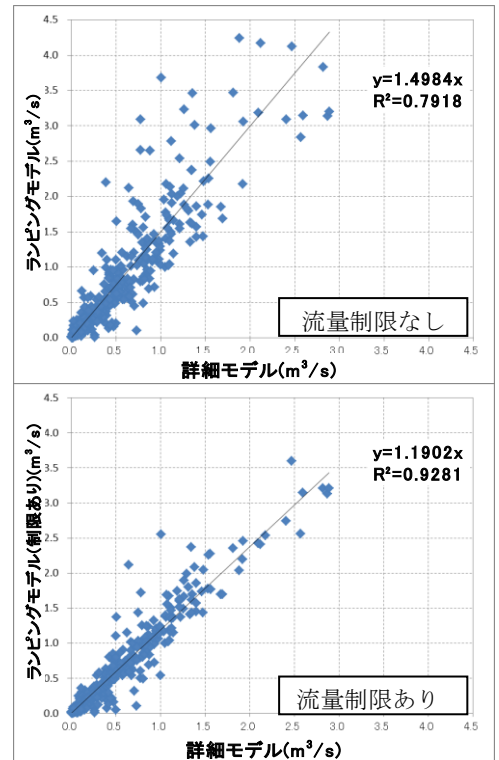


図-4 詳細モデルとランピングモデルの最大流量比較結果（流域 A）

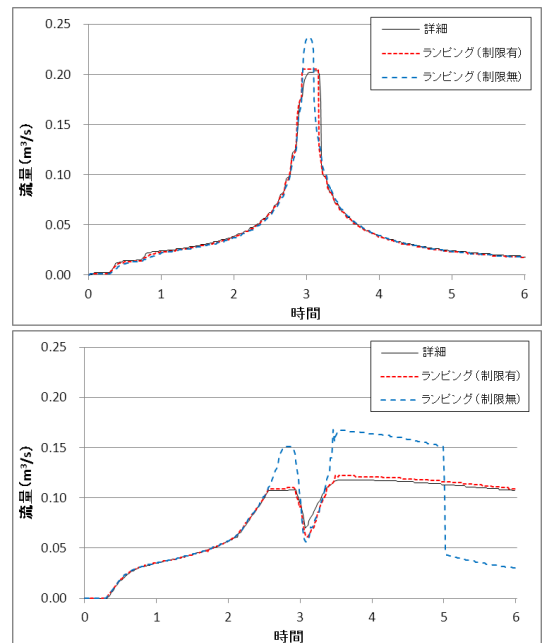


図-5 代表地点の流出ハイドログラフ