

都市排水区を対象とした雨水流出解析

前橋工科大学 学生員 落合 繁
前橋工科大学 正会員 土屋 十圀

1. はじめに

日本は夏から秋にかけて梅雨や台風、秋雨前線などの影響で豪雨を受け、河川では洪水が発生することが非常に多い。また、都市部においてヒートアイランド現象等によって局所的に集中豪雨が発生することも大きな問題となっている。

治水という観点から見れば、過去の大河川に対する越水・破堤の防止という対策から近年の多大な損害を受ける都市型水害の防止へとその対策が変化している。したがって、近年、集中豪雨への対応が極めて重要になってくる。そこで本研究では集中豪雨に対し、都市域の下水道排水区の流出過程の特性を明らかにすることを目的とする。更に、都市河川の流出特性との違いを合理式によって検証する。

2. 対象流域

本研究で対象とする和田本町幹線区域は図-1の赤枠に示された善福寺川と神田川の合流点下流から北西に伸びるように位置している和田本町幹線へ雨水が集水される区域であり、神田川流域の一部である。

この神田川流域では、昭和初期から市街化が急激に進み、田畑および緑地が減少し、それに伴い、従来保持してきた雨水の貯留・浸透機能が低下し、雨が降ると一挙に大量の雨水が河川や下水道に流入し水害が頻発するようになった。この区域は排水区域面積が $1.162(\text{km}^2)$ であり、流域最上流から和田見橋の距離が $2000(\text{m})$ という区域である。

3. 降雨データ

本研究で用いる降雨データは東京都土木技術センターより収集したものを用いた。

また、降雨解析には本研究で用いる排水区域、河川流域をティーセン分割して算定した流域平均雨量を用いた。各雨量観測所の位置を図-1に示した。

4. 解析方法

本研究では流出解析に小流域や都市河川の計画洪水流量の算定に用いられている合理式を用いた。



図-1 対象流域

この解析手法の考え方は流域全体にある単位の降雨を考えた場合、流出量がゼロから直線的に増加し、到達時間 T_p に達した後最大となり、その後同様な割合で減少する単位図を基本としている。また実測流量は、東京都土木技術センターから収集した図-1に示す和田見橋における水位を用いた水位流量曲線式により算出した。

各数式は下記の式(1)~(3)に示す。

$$Q = 1/3.6 \cdot f \cdot r \cdot A \quad (1)$$

Q : 最大洪水流量 (m^3/s) f : 流出係数

r : 洪水到達時間内の降雨強度 (mm/h)

A : 流域面積 (km^2)

$$T_p = 2.40 \cdot 10^{-4} (L/\sqrt{i})^{0.7} \quad (2)$$

T_p : 洪水到達時間 (h) i : 平均流路勾配

L : 流域最上流から流量計算地点までの距離 (m)

$$Q = 0.001351 \cdot (H + 8.45222)^2 \quad (3)$$

Q : 実測流量 (m^3/s) H : 和田見橋における水位 (cm)

又、合理式で重要となる洪水到達時間の算定には下記に示すものがあり、式(2)は建設省土木研究所によって提案されている流路長と平均流路勾配を用いたものである。本研究では角屋らの式(式(4))を用いた。

$$T_p = C \cdot A^{0.22} \cdot r_e^{-0.35} \quad (4)$$

T_p : 洪水到達時間 (min) A : 流域面積 (km^2)

r_e : 有効雨量 (mm/h) C : 流域特性を表す係数

5. 解析結果

降雨解析、流出解析には以下の表-2に示す降雨イベントを選定した。また、この降雨イベントは比較的雨量の多い降雨を選定した。

表-2 降雨イベント

No	降雨期間	1h 最大降雨	総降雨
1	1998/9/15.16	29.7	170.6
2	1999/8/13.14	29.8	175
3	2000/7/7.8	23	195
4	2001/10/10	20.5	138
5	2004/5/19.20.21	11.8	85.9
6	2004/9/4.5	22.5	60
7	2004/10/8.9	43.3	247

単位(mm)

流出係数は直接流出に寄与した雨量の比率で表されるものである。排水区域内のみで降雨を考慮した場合、水位観測地点である和田見橋に流出する流量のうち、排水区域より上流から和田見橋へ流出する流量を考慮していないため正確な値を得ることができない。よって和田見橋に流出する神田川、善福寺川流域を集水区域(30.769km²)として流出解析を行う。

また、流域平均雨量には洪水到達時間が短いため、時間雨量ではなく 10 分値雨量に換算して解析を行った。流量の実測値と合理式によって得られた計算流量を比較する際、合理式に含まれる洪水到達時間を様々な値で解析し両者の相関を検討した。

表-2 に選定した降雨イベントのうち代表として No.7 の降雨解析の結果を図-2 に示した。到達時間を 120 分としたときの相関係数が 0.955 と最も高い相関を示す結果となった。

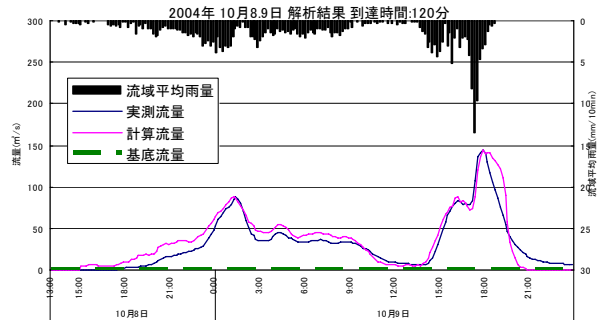


図-2 Case7 洪水流出解析

同様の解析を全ての降雨イベントについて行い、表-3 にまとめた。次に、和田本町幹線区域の雨水排水管から河川へ流出する実測の流量が存在しないため、表-3 で得られた洪水到達時間と流出係数をもとに角屋らの式(式(4))を適用し、降雨イベント No.7 において雨水排水管からの洪水流出を予測した結果、図-3 の結果が得られた。図中の点線には河川へ流出する雨水排水管の形状から、雨水管を流れることのできる許容量を示している。これは雨水管断面とマンニングの流速式により算出したものである。

雨水排水管から河川へ流出する部分の矩形断面の形状、勾配を SEMIS(下水道台帳情報システム)を用いて調べ、雨水排水管の仮想の水位・流量曲線(H-Q 式)を作成し、洪水流出予測を行った。

表-3 各降雨イベントの解析結果

No.	洪水到達時間(min)	相関係数	流出係数
1	130	0.976	0.546
2	150	0.964	0.797
3	120	0.973	0.611
4	130	0.981	0.617
5	180	0.971	0.405
6	150	0.948	0.371
7	120	0.956	0.577

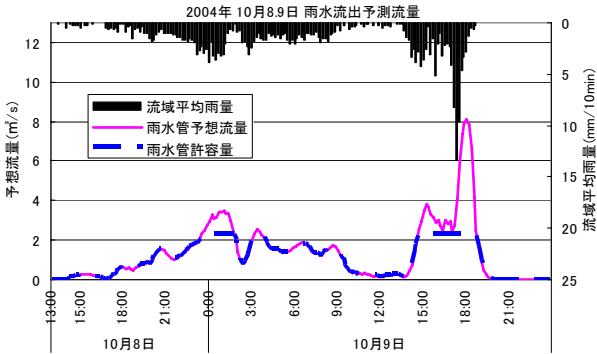


図-3 Case7 洪水流出予測

6.考察

合理式による流出解析においては計算上の到達時間がすべての降雨イベントにおいて約 2 時間のときの相関係数が最も高い数値となった。

相関係数は降雨イベントによってそれほど大きな違いはなかった。また、降雨波形が複雑なものほど実測流量と計算流量の波形が一致しにくいことがわかった。合理式の計算式上、ピーク流量を過ぎたときの計算流量が実測流量とのずれが目立ったケースがいくつかあったものの概ね実測値に近い流量を再現することができた。

和田本町幹線区域での流出は河川流域に比べ到達時間が短く、図-3 に示すように、降雨後、雨水は急速に流出するため、雨水排水管の流量が急激に増加することが考えられる。同時に流出量の減少も急激な減少であると推測できる。よって局地的な集中豪雨の際、雨水排水管へ流れきれなかった雨量が地上に逆流し、内水氾濫が発生することがわかる。

7.まとめ

河川流域における合理式を用いた洪水流出解析は比較的相関が高い数値を得ることができた。

和田本町幹線区における予想流量は洪水到達時間が短く、局所的な集中豪雨の際、雨水排水管からの溢水が予想される。

(参考文献)

- 1) 田中邦佳:山地河川・都市河川の水文流出解析 卒業論文
- 2) 河川工学:玉井信行編 オーム社出版 P.34～37
- 3) 基礎水理学 林 泰造著 鹿島出版会 P.232～239