

都市河川における調節池の洪水ピーク流量低減効果

前橋工科大学 学生会員 ○石森久仁子
前橋工科大学 正会員 土屋 十圀

1. はじめに

近年、都市部の中小河川では、市街化に伴い雨水浸透機能の低下と、人口と資産の集中による「都市型水害」をもたらしている。かつては家屋の浸水にとどまっていた被害は、地下室・地下街における被害にまで拡大し、深刻化している。

東京都はこれらの被害を軽減するために、流域の雨水貯留・浸透機能の確保、増進を図る「総合治水対策」の推進に努めている。神田川環状七号線地下調節池は、この対策の降雨計画1時間50ミリ以上の1時間75ミリ計画を目指した治水施設である。

本研究では、東京都の神田川を対象に、短期的・局所的な集中豪雨による環状七号線地下調節池の洪水ピーク流量低減効果を検討することを目的とする。

2. 対象流域概要と調節池概要

神田川は、三鷹市の井の頭池を源とし、途中、善福寺川・妙正寺川を合わせ、日本橋川を分派して隅田川に注ぐ、河川延長約25km、流域面積約105km²の都市河川である。

環状七号線地下調節池は、平成8年度末に第一期事業、続いて平成17年に第二期事業が完成し、トンネル延長は2.0kmから4.5kmに、貯留量は24万m³から54万m³にまで拡大した。

3. 洪水流出解析

都市部の市街地では、地表面がコンクリートで覆われているため雨水浸透能力が低く、降雨に即応した短期的洪水流出が特徴である。したがって、短期流出解析に適したkinematic wave法を用いて解析を行った。

kinematic wave法は、流域をいくつかの矩形断面に分割し、それぞれの斜面流と河道流を運動方程式(1)と連続の式(2)により計算する。

$$\text{運動方程式} \quad h = kq^p \quad \text{—(1)}$$

$$\text{連続の式} \quad \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = r_e \quad \text{—(2)}$$

ここで、 h :水深、 q :単位幅流量、 x :斜面上端からの距離、 r :有効雨量強度とする。 i :斜面勾配、 n :粗度係数とすると、

$$\alpha = \frac{\sqrt{i}}{n}, m = \frac{5}{3}$$

と表現できる。

検討地点は善福寺川合流地点の和田見橋地点である。

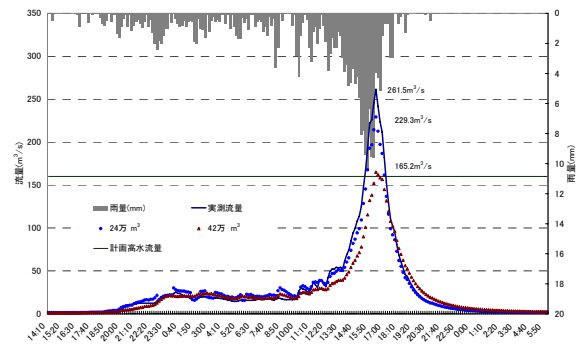


図1 No. 2 1982(S57)/9/11~9/13

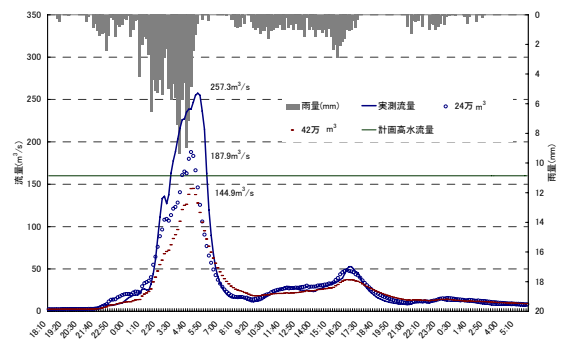


図2 No. 3 1989(H1)/7/31~8/2

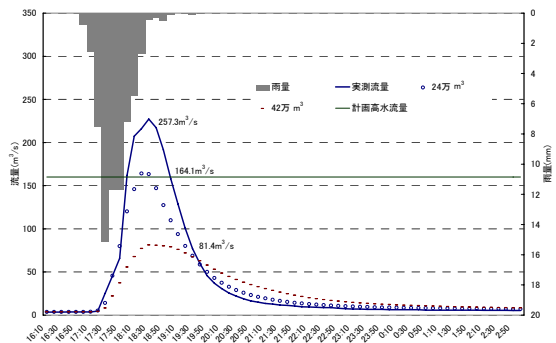


図3 No. 4 1989(H1)/8/10~8/11

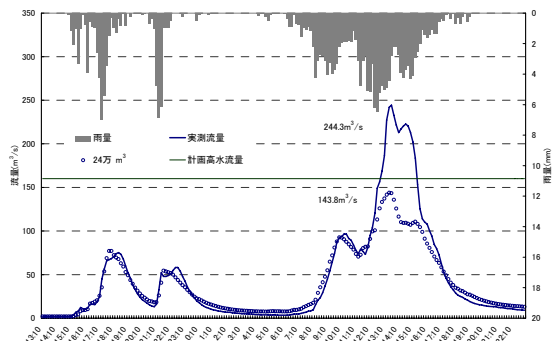


図4 No. 5 1993(H5)/8/26/~8/27

キーワード 調節池 洪水ピーク流量 低減効果 流出率 確率降雨

連絡先 〒371-0816 前橋市上佐鳥町460番地の1 前橋工科大学 TEL. 027(265)0111 E-mail: tsuchiya@maebashi-it.ac.jp

4. パラメータの同定と流出率の検討

kinematic wave 法により調節池完成前後の 15 の降雨イベントに対しパラメータの同定を行った。使用したプログラム内では、モデルパラメータは等価粗度係数 n のみであるが、それだけでは実測波形と計算波形との一致が困難であったことから流出率 f も変数とした。調節池完成前と後では実測流出率で約 0.12 の減少効果を示した。また完成後の計算流出率は約 0.69、実測流出率は約 0.45 であり、計算流出率の方が大きい値を示した。それは、プログラム上では地表面流のみの計算で、下水流は考慮されていないからであり、その差は雨水貯留管の整備により一時的に貯留管内に貯めこまれた量であると推測される。

5. 貯留能力の変化によるピーク流量低減効果

調節池完成前の大規模洪水に対し調節池が存在したと仮定し、シミュレーションを行い、善福寺川合流地点の計画高水流量 $160\text{m}^3/\text{s}$ を基準に、貯留能力条件を 24万m^3 （第一期事業）から 42万m^3 （2005 年 9 月 4 日の洪水の貯留量）へ段階的に変化させて評価を行った。シミュレーションに用いた降雨イベントを表 1 に、シミュレーション結果を表 2 に示す。表 2 の No. 1 は、1998 年 9 月の洪水で低減効果を発揮したパラメータを与えてシミュレーションを行った結果である。No. 2～No. 5（図 1～図 4）は、2004 年 10 月の洪水、No. 6 は、1999 年 8 月の洪水で以下同様に行い、計画高水流量に達しなかった洪水については、さらに 2005 年 9 月の洪水で低減効果を発揮したパラメータを与えてシミュレーションを行った結果である。No. 1～No. 5 はいずれもピーク流量がほぼ同規模であった降雨イベントの組み合わせでシミュレーションを行った。

No. 2, 3, 4 の降雨は、 24万m^3 の貯留条件では計画高水流量まで低減できなかった。No. 2, 4 は 1 時間 50 ミリ以上の降雨であったこと、No. 3 は、先行降雨の影響による流量の累積が低減を阻んだと推測される。また、 42万m^3 の貯留条件下では、No. 2 の降雨は計画規模まで低減できなかったが 54万m^3 の貯留能力を持つ現在では、さらに低減できることが期待できる。

6. 低減率と流出率の検討

ピーク流量低減効果は低減率と流出率 f により評価する。低減率を式(3)に示す。

$$R_{QP} = \frac{Q_{po} - Q_{pd}}{Q_{po}} \times 100 \quad \text{— (3)}$$

Q_{po} : 調節池がない場合のピーク流量、 Q_{pd} : 調節池がある場合のピーク流量

24万m^3 の貯留能力条件下では、10%から 40%、 42万m^3 の貯留能力条件下では、35%から 65%の低減率を示し、中でも一山降雨が比較的大きな低減率を示した。全体的に低減率は、降雨波形の違いにより異なり、総

表 1 シミュレーションに用いた降雨イベント

No.	解析期間	総降雨量 (mm)	時間最大 雨量(mm)	貯留量 (m^3)	実測ピーク 流量(m^3/s)	再現ピーク 流量(m^3/s)
1	1981(S56) 10/22/7:10~10/23/22:50	182.4	32.4	—	154.5	—
2	1982(S57) 9/11/14:10~9/13/5:50	237.5	53.2	—	261.5	—
3	1989(H1) 7/31/18:10~8/2/5:50	211.9	43.3	—	257.3	—
4	1989(H1) 8/10/16:10~8/11/2:50	66	58.6	—	227.2	—
5	1993(H5) 8/26/13:10~8/27/23:50	249.7	32.6	—	244.3	—
6	1996(H8) 9/22/0:10~9/23/14:50	220.2	28.5	—	160.3	—
7	1998(H10) 9/15/20:10~9/15/23:50	158.3	29.6	147,200	123.6	148.4
8	1999(H11) 8/13/15:10~8/15/20:50	149.5	32.6	52,000	152.9	177
9	2004(H16) 10/8/10:10~10/10/1:50	240.5	39.9	215,270	148.3	219.7
10	2005(H17) 9/4/18:10~9/5/2:50	181.3	73.6	420,000	268.1	370.4

表 2 シミュレーション結果

No.	シミュレーション期間	実測ピーク 流量(m^3/s)	流出率 f	24万m^3 ピーク流量 流量(m^3/s)	ピーク流量 低減率(%)	流出率 f	42万m^3 ピーク流量 流量(m^3/s)	ピーク流量 低減率(%)	流出率 f
1	1981(S56) 10/22/7:10~10/23/22:50	154.5	0.471	134.8	12.8	0.47	—	—	—
2	1982(S57) 9/11/14:10~9/13/5:50	261.5	0.518	229.3	12.3	0.508	165.2	36.8	0.443
3	1989(H1) 7/31/18:10~8/2/5:50	257.3	0.625	187.9	27	0.519	144.9	43.7	0.439
4	1989(H1) 8/10/16:10~8/11/2:50	227.2	0.582	164.1	27.8	0.503	81.4	64.2	0.422
5	1993(H5) 8/26/13:10~8/27/23:50	244.3	0.624	143.8	41.1	0.528	—	—	—
6	1996(H8) 9/22/0:10~9/23/14:50	160.3	0.587	143.9	10.2	0.575	—	—	—

降雨量や時間最大雨量には関係が見られない結果を示した。

また、貯留能力がない場合の流出率は約 0.57 であるのに対し、 24万m^3 の貯留能力条件下では約 0.52 に、さらに 42万m^3 の貯留能力条件下では約 0.43 にまで低減効果を示した。

7. 降雨解析

低減効果の限界を確率年で評価した。昭和 53 年から平成 17 年までの 28 年間で 60 分雨量の各年最大値を抽出し、Gumbel法で確率計算した。 24万m^3 の貯留条件下では、60 分最大で 4.7 年の確率降雨規模まで、さらに 42万m^3 の貯留条件下では、15 年の確率降雨規模まで低減効果に寄与できる結果となった。

8. まとめ

24万m^3 の貯留条件下では 60 分値最大で確率降雨 4.7 年までのピーク流量低減能力であったが、 42万m^3 の貯留条件下では、15 年まで低減能力を向上できることがわかった。

降雨強度の違いが洪水ピーク流量低減効果を示すことが明らかになった。また、先行降雨の有無や降雨波形にも低減流量の違いに影響を及ぼすことが考えられる。よって、ある一定の時間間隔で抽出した降雨強度に着目して解析を行い、降雨特性と低減効果の関係を解明することを今後の課題とする。

参考文献

- 土木学会：水理公式集 CD-ROM 例題プログラム集：立川康人
- 山地森林小流域における kinematic wave 法による洪水流出解析：砂口真澄
- 水工学論文集第 49 巻：雨水貯留施設の規模の違いが洪水調節効果に及ぼす影響の評価：北川善廣・久保田康司・植野工博・鮎川登 p. 193
- 平成 17 年土木技研年報：神田川流域の豪雨出水時の地下調節池洪水制御効果：増田信也、高崎忠勝