

II-145

雨水貯留施設と支川合流部狭窄施設の流出抑制効果の検討

国土舘大学工学部 正会員 北川 善廣
早稲田大学理工学部 正会員 姓川 登
日本工営 萩原 崇

1. はじめに

X川は流域面積 27.1 km²の小河川であるが、河口部には市街地があり、過去において水害を受けてきた。また近年は流域の宅地開発が進み、洪水ピーク流量の増大が懸念されている。X川の流域では、流出抑制策として雨水貯留施設が設置され、Y支川には本川のX川との合流部に狭窄施設が設けられている。ここでは、流出解析を行い、X川の流出抑制効果について検討した結果を述べる。

2. 検討対象河川の概要

X川の流域地形は丘陵台地と河川沿いの低地からなる。X川の流域分割図を図-1に示す。検討対象とした地点1の流域面積は 24.9 km²で、1985年時点の土地利用状況は林・畑 59%、水田 8% および宅地 33%であり、同流域では下水道がほとんど未整備状態である。1960年代以降宅地開発が急激に進行し、流域には棟間貯留や駐車場貯留などの規模の小さい施設から規模の大きい防災調整池まで種々の雨水貯留施設が設置されており、その数は1993年時点で 189 になる。流域に占める雨水貯留施設の全集水面積の割合は 9% (宅地面積に占める割合は 14%) である。また、本川と支川のY川の合流地点には直径 1.9m のオリフィスが設置されており、出水時にはY川からの洪水流出を抑制している。

3. 流出モデルの概要

小流域の各土地利用地域からの流出を直接流出と地下水流出とに分けて考え、それらを合成することにより流量ハイドログラフを算出する。なお、雨水貯留施設が設置されている宅地については、流出計算で求めた宅地からの直接流出に対して雨水貯留施設の連続式に基づいた洪水調節計算を行い、雨水貯留施設がある場合の直接流出分を計算する。小流域に雨水貯留施設が数多く設置されている場合には、小流域内に存在する複数の雨水貯留施設を代表する雨水貯留施設を一つ定め、代表の雨水貯留施設について洪水調節計算を行う¹⁾。

面積Aからの小流域からの継続時間 t_r の一定強度の有効雨量 R_e の降雨による $Q(t)$ は次式で計算される。

$$Q(t) = \begin{cases} \beta \cdot A \cdot R_e \left\{ 1 - \left(1 + \frac{t}{K} \right) \exp \left(-\frac{t}{K} \right) \right\} & : t \leq t_r \\ \beta \cdot A \cdot R_e \left\{ \left(1 + \frac{t-t_r}{K} \right) \exp \left(-\frac{t-t_r}{K} \right) - \left(1 + \frac{t}{K} \right) \exp \left(-\frac{t}{K} \right) \right\} & : t > t_r \end{cases} \quad (1)$$

ここで、 K は貯留係数、 β は単位換算係数である。

地下水流出に対する貯留係数 K_g は、 $K_g = \text{const.}$ とし、直接流出に対する貯留係数 K_d は、kinematic wave 理論により次式で与える。

$$K_d = t_c / 4; \quad t_c = \begin{cases} \beta_1 \{ L / (\alpha R_{ed}^{2/3}) \}^{3/5} = t_{\infty} & : t_r \geq t_{\infty} \\ t_r + \beta_2 (3/5 \alpha) (L - \beta_3 \alpha R_{ed}^{2/3} t_r^{5/3}) / (R_{ed} t_r)^{2/3} & : t_r < t_{\infty} \end{cases} \quad (2)$$

ここで、 t_c は流域斜面の集中時間、 R_{ed} は直接流出に対する有効雨量、 L は流域斜面の長さ、 $\alpha = \sqrt{\sin \theta} / N$ 、 θ は流域斜面の傾斜角、 N は流域斜面の等価粗度、 $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ は単位換算係数である。

直接流出に対する有効雨量 R_{ed} は次式で算定する。

$$R_{ed} = f_d \cdot R; \quad f_d = f_{d1} : \Sigma R \leq R_c, \quad f_d = f_{d2} : \Sigma R < R_c \quad (3)$$

ここで、 f_d は直接流出率、 f_{d1} は 1 次直接流出率、 f_{d2} は 2 次直接流出率、 R は雨量、 ΣR は累加雨量、 R_c は直接流出率が f_{d1} から f_{d2} に変わるときの累加雨量である。

地下水流出に対する有効雨量 R_{eg} は次式で算定する。ただし、 f_g は地下水流出率であり、 f_g' は一定とする。

$$R_{eg} = f_g \cdot R; \quad f_g = f_g' (1 - f_d) \quad (4)$$

本川との合流点に設置されている支川のY川の狭窄施設については、オリフィスがあることにより図-1のY川の地点F2と本川の地点Fとの河道区間に流出水が貯留されると考え、洪水調節計算を行ってオリフィスからの流出量を求める。

4. 流出抑制効果の検討

5つの出水事例について流出計算を行った。図-1に示す各小流域の土地利用地域ごとの流域斜面の長さ L および傾斜角 θ は 1/10,000 の地形図から計測

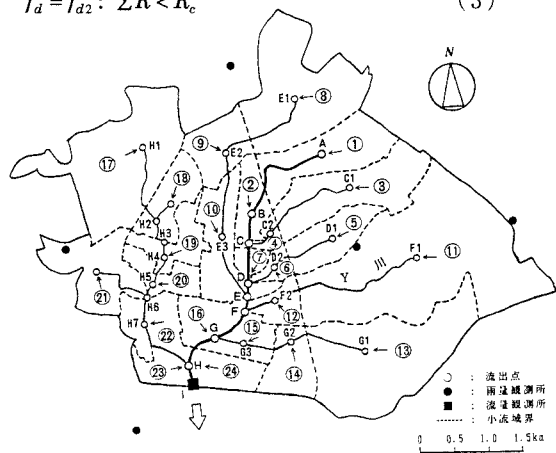


図-1 X川の流域分割図

して与えた。流出モデルのパラメータは、林・畑および水田の直接流出率 f_{d1} 、 f_{d2} 、 R_c と流域斜面の等価粗度 N は参考文献で用いた値を使用し、宅地の直接流出率と等価粗度、地下水流出に関する直接流出率 f_g' と貯留係数 K_g の値は試算により定めた。その結果を表-1に示す。流量ハイドログラフの計算値と観測値を比較した結果の一例を図-2に示す。図-2によると、計算値と観測値はほぼ一致していることがわかる。

つぎに、5つの出水事例について、流域に全ての雨水貯留施設と支川のY川に狭窄施設が設置されているものとした場合（ケースA：現状）、雨水貯留施設のみが設置されているものとした場合（ケースB）、支川のY川の狭窄施設のみが設置されているものとした場合（ケースC）、およびこれらの施設が設置されていないものとした場合（ケースD）の4ケースに対して流出計算を行い、ケースA～CとケースDの流量ハイドログラフを比較することにより流出抑制効果を評価する。図-2に示した出水事例に対してケースA～Dについて流出計算を行って求めた地点Iにおけるピーク流量付近の流量ハイドログラフを比較した例を図-3に示す。ケースAとケースDの流量ハイドログラフを比較することにより、出水時に存在した全ての施設による流出抑制効果を評価することができ、ケースB、CとケースDの流量ハイドログラフを比較することにより流域に雨水貯留施設のみが設置されている場合と支川のY川の狭窄施設のみが設置されている場合について各々の流出抑制効果の違いを評価することができる。

流出抑制効果をピーク流量の低減率 $\Delta Q_{pd}/Q_{po}$ （ $\Delta Q_{pd}=Q_{po}-Q_{pd}$ ：ピーク流量の低減率、 Q_{po} ：施設がない場合のピーク流量、 Q_{pd} ：施設がある場合のピーク流量）で表示することにし、5つの出水事例に対する流出計算によりケースA～Cについて地点Iにおけるピーク流量低減率を求めた結果を表-2に示す。図-3および表-2によると、X川の場合には、ピーク流量の低減率は出水事例によって異なるが、流域に雨水貯留施設のみが設置されているとした場合は流域面積に対する雨水貯留施設の全集水面積の割合程度の値を示すこと、支川のY川の狭窄施設による流出抑制効果はかなりあることが認められる。

謝辞 本研究の遂行にあたり貴重な資料を提供して下さいました関係各位に謝意を表します。

参考文献 1) 鮎川・北川：都市周辺の中小河川の洪水流出解析、土木学会論文集、No443/II-18, pp.1～8, 1992.2

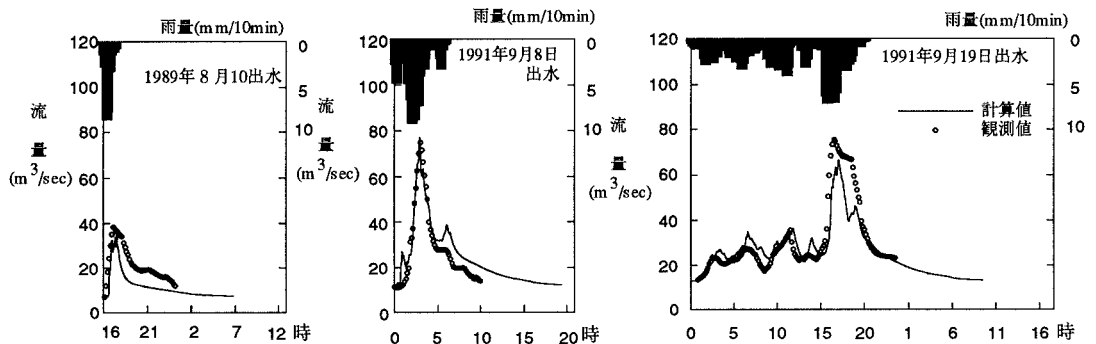


図-2 流出計算例

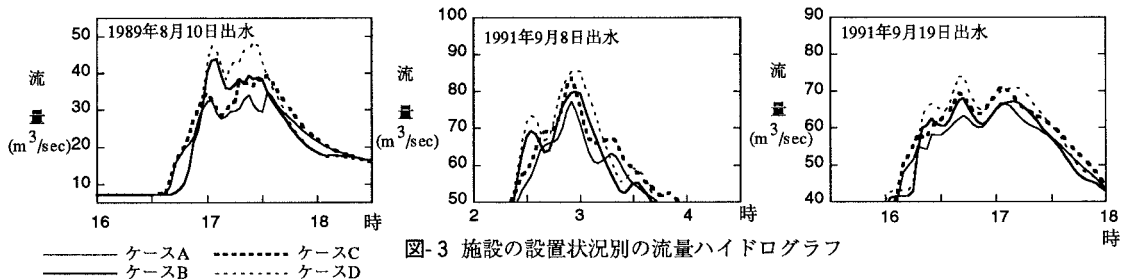


図-3 施設の設置状況別の流量ハイドログラフ

表-2 施設の設置状況別のピーク流量低減率

土地利用 形態	直接流出				地下水流出	
	流出率			等価粗度 N	流出率 f_g'	貯留係数 K_g (min)
	f_{d1}	f_{d2}	R_c (mm)			
林・畑	0.15	0.30	100	0.3	0.2	150
水田	0	1.00	20	1.0	0.2	150
宅地	0.35	0	∞	0.05	0.2	150

表-1 流出モデルのパラメータの値

出水事例	ピーク流量低減率 (%)		
	ケース A	ケース B	ケース C
1979年10月 6日	10.7	7.4	4.4
1979年10月19日	7.5	5.9	1.5
1989年 8月10日	27.9	9.6	18.4
1991年 9月 8日	9.9	6.9	2.5
1991年 9月19日	14.4	8.1	7.2

※ケースA：全ての施設がある場合 ケースB：雨水貯留施設のみがある場合
ケースC：支川狭窄施設のみがある場合