

内水の流出特性と内水災害

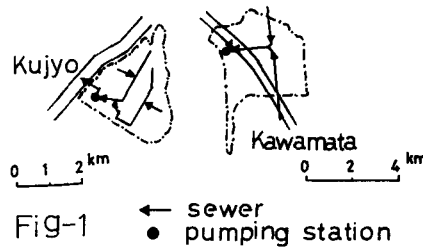
大阪大学工学部 正会員 室田 明
建設技術研究所 同 ○高橋潤利
大阪府 同 津田彰博

1. まえがき

本研究は、超過確率5年の計画降雨強度で、その排水能力を設計した下水道網を敷設する都市域について、内水の流出特性の解析を行ったものである。東大阪地区の低平地にある寝屋川流域を対象として、既往の内水災害と、流域特性を示す諸要素との関連性について考察を加えた。

2. 内水の流出特性

(i) 対象流域と対象降雨

都市域での内水排除システムとしては、下水道網と末端部でのポンプによる強制排水のパターンをとって、 いる2つの排水区を対象流域として選んだ。1つは、寝屋川水系の第2寝屋川に内水排除を行なう東大阪地区の川俣排水区であり、あと1つは安治川に内水排除を行なう西大阪地区の九条排水区である。昭和44年度の土地利用図をもとにして調べた両排水区の土地利用状況は、Table-1に示されている。また、現状の川俣排水区のポンプ排水能力は31.8 $\%$ 、九条排水区においては10.77 $\%$ である。対象降雨としては、川俣排水区で13個、九条排水区で3個のデータを与えた。(Table-2参照)

(ii) 降雨損失特性

降雨データは、両排水区内のポンプ場での観測資料を用いた。雨水排水域は、両排水区共に合流式であるので、次式で求めた。

$$\text{川俣雨水排水量} = (\text{川俣ポンプ場排水量}) + (\text{川俣処理場流入量}) - (\text{晴天時の時間平均家庭排水量})$$

$$\text{九条雨水排水量} = (\text{九条ポンプ場排水量}) - (\text{晴天時の時間平均家庭排水量})$$

(iii) 流出率の算定

総雨水排水量を流出高に換算し、それを総有効降雨量 R_e と定める。また、総降雨量を R とすれば、流出率 f は次式で与えられる。

$$f = R_e / R$$

初期損失量 l_i を考慮した場合の流出率 f' は次式で与えられる。 $f' = R_e / (R - l_i)$

(iv) 有効降雨強度の算定

有効降雨強度 r_e は次式で求めた。

$$r_e = f' \cdot i \quad (i; \text{降雨強度})$$

(v) 貯留関数法

Table-1

KAWAMATA district	Area (ha)	Pervious	Imperious
residence	262	262	0
commerce	8	8	0
factory	37	37	0
temple	5	2.5	2.5
school	25	12.5	12.5
field	165	0	165
total(ha)	502	322	180
imperviousness=322/502=0.64			
KUJYO district	Area (ha)	Pervious	Imperious
residence	90	90	0
commerce	40	40	0
factory	35	35	0
temple	7	3.5	3.5
school	3	1.5	1.5
field	19	0	19
total(ha)	194	170	24
imperviousness=170/194=0.88			

ここでは貯留関数を線形模型で仮
定し、基礎式を次式で与えた。

$$S = KQ, \quad \frac{dS}{dt} = r_e - Q$$

S ; 流域貯留量 r_e ; 有効降雨強度
 Q ; 流出量 K ; 降雨特性及び流域
特性によって決定される定数

$\Delta t = 1 \text{ hr}$ とし、両排水区ごとの定数
 K の最適値を、数値実験で求めた。

また、遅滞時間 T_d (hr) は、実測ハ
イドログラフのピーク生起時間と計
算ハイドログラフのピーク生起時間
との差をもって表わした。(K 値、 T_d 値は Table-2 を参照)

(vi) RRL 法*

対象流域として、ほぼ完全に下水管網が敷設されている九条排水区を選び、昭和47年9
月の20号台風による豪雨についてRRL法の適用を試みた。但し、この排水区では、下水
道幹線の自然流下能力 $Q_{s-\max}$ (6.45%) とポンプ能力
 $Q_{p-\max}$ (10.77%) との間に差があり、この強制排水
の影響を考慮した流出モデルⅠと、考慮しない流出
モデルⅡについて数値実験を行った。両モデルの基
礎式を Table-3 に、等到達時間域図を Fig-2 に、等
到達面積曲線を Fig-3 に、 S (管内貯留量) ~ Q 関係
を Fig-4 にとして数値実験の結果を Fig-5 にそれぞ
れ示している。

(vii) 流域貯留(貯留係数法)と管内貯留(RRL 法)

九条排水区で、昭和47年9月の20号台風の豪雨に
ついて $S \sim Q$ 関係は次のように求められた。

貯留係数法 ; $S_{\text{basin}} = 0.8Q$ RRL 法 ; $S_{\text{sewer}} = 0.6Q$

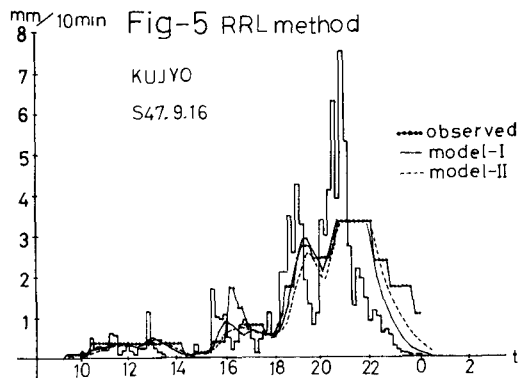


Table-2

	DATE	R(mm)	R-li	l_e	R_e	f	f'	K	T_d
KAWAMATA	S47. 7.11	59.5(25.5)	59.0	0.5	45.69	0.77	0.77		
	S47. 7.12	189.0(15.5)	187.5	1.5	242.0	1.28	1.29	3.0	1
	S47. 8.21	50.0(12.5)	44.0	6.0	39.40	0.79	0.90	0.6	0
	S48. 4.21	50.5(8.5)	49.5	1.0	39.47	0.78	0.80		
	S48.10.13	71.0(25.5)	68.5	2.5	49.66	0.70	0.73	0.5	1
	S49. 6.17	60.0(10.5)	50.5	9.5	36.56	0.61	0.72		
	S49. 6.21	45.0(17.0)	41.5	3.5	32.45	0.72	0.78	0.7	1
	S49. 6.30	119.5(13.0)	112.0	7.5	91.62	0.77	0.82		
	S49. 7. 7	41.5(9.5)	41.5	0.0	35.74	0.86	0.86		
	S49. 7.24	37.5(15.0)	31.5	6.0	22.69	0.61	0.72	0.8	1
KUJYO	S49. 8.12	27.0(27.0)	27.0	0.0	9.73	0.36	0.36		
	S49. 8.17	23.5(7.5)	16.0	7.5	9.97	0.42	0.62		
	S49. 8.20	25.0(12.0)	25.0	0.0	19.85	0.79	0.79		
	S47. 7.11	253.4(28.2)	253.4	0.0	271.9	1.07	1.07	0.4	0
KUJYO	S47. 9.16	91.5(29.6)	91.5	0.0	100.9	1.10	1.10	0.8	0
	S49. 4. 7	153.6(15.4)	151.2	2.4	148.0	0.96	0.98	0.4	0

Table-3 RRLmethod

	model-I	model-II
basic eq.	$\frac{dS}{dt} = P - Q$ $S = 2.1Q$ $Q \leq 333$	$\frac{dS}{dt} = P - Q$ $S = 3.6Q$ $Q \leq 3.33$
inflow hydro.	$P = 0.44i_{in} + 0.43i_{in-1} + 0.18i_{in-2} + 0.01i_{in-3}$ (i_{in} ; rainfall intensity)	$P = 0.14i_{in} + 0.45i_{in-1} + 0.35i_{in-2} + 0.06i_{in-3}$

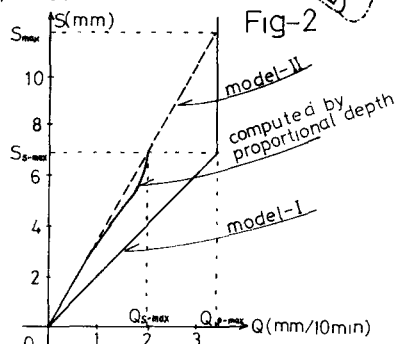
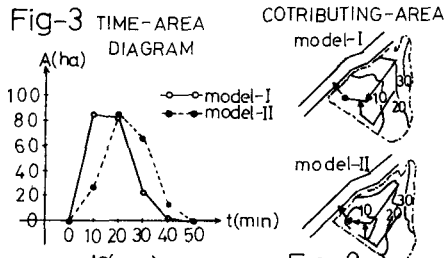
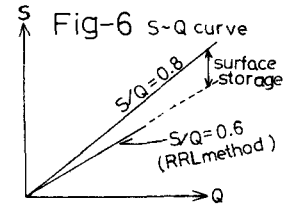


Fig-4 S~Q relations

両者の差は、地表面貯留； $S_{\text{surface}} = 0.8Q - 0.6Q = 0.2Q$ となる。このように都市域で下水道システムが整備されれば、豪雨時においても、排水路網の管内貯留効果が、流域地表面貯留効果を卓越することがわかる。(Fig-6 参照)



3. 内水災害

寝屋川流域では、急激な都市化現象のため、農業用排水路が、市街地排水路として代用される排水区も多く、このような不十分な内水排除能力のために、内水災害が頻発に発生するものと考えられる。しかし寝屋川流域の場合、地形的及び地質的な悪条件とその他にも様々な要素が関連して、内水災害の発生、被害の拡大を促しているものと思われる。以下において、寝屋川流域の様々な流域特性と既往の内水災害との関連性について調べる。内水災害を発生させた3個の対象豪雨は、

Flood 1；S.28.9.28の豪雨 ($R = 151.9 \text{ mm}$, $i_{\text{max}} = 31.3 \text{ mm/hr}$)

Flood 2；S.47.7.12の豪雨 ($R = 237.5 \text{ mm}$, $i_{\text{max}} = 20.5 \text{ mm/hr}$)

Flood 3；S.47.9-20号台風 ($R = 110.5 \text{ mm}$, $i_{\text{max}} = 11.5 \text{ mm/hr}$)

また、過去8回の被災で浸水頻度の高い浸水常習地区を“Flood 4”で表示する。

内水災害に関連すると思われる15個の要素を、以下に示す。

E1；下水管網の現況図

E8；後背湿地

E2；S.40～45間での人口集中地区

E9；高地盤地区 (TP 10 m 以上)

E3；区画整理地区及び宅地開発地区

E10；田畑地の分布 (S.44年度調査)

E4；河川近接地区 (500m 以内)

E11；沖積層厚 (10 m 以上)

E5；地盤沈下大の地区 (総沈下量 80cm 以上)

E12；沖積層厚 (15 m 以上)

E6；地盤沈下大の地区 (80mm/S.28～S.44

E13；沖積層厚 (20 m 以上)

or 40mm/S.46～S.47 以上)

E14；扇状地、自然堤防、旧天井川の河床

E7；低地盤地区 (TP 2 m 以下)

E15；氾濫原、三角州、谷底平野等の低地

資料の整理と検討は、まず、2700haの流域面積を持つ寝屋川流域を500m X 500mの大きさのメッシュで1076ブロックの地区に分割し、各メッシュについて、浸水被害地区と諸要素との関連性を調べた。ここでは、ユールの関連係数Qを用い、Flood M (M=1~4)とE N (N=1~15)との関連度を調べている。但し $-1 \leq Q \leq 1$ で、 $Q = -1, 0, 1$ は、それぞれ属性Flood MとE Nとの負の最大、無関連、正の最大関連を意味する。

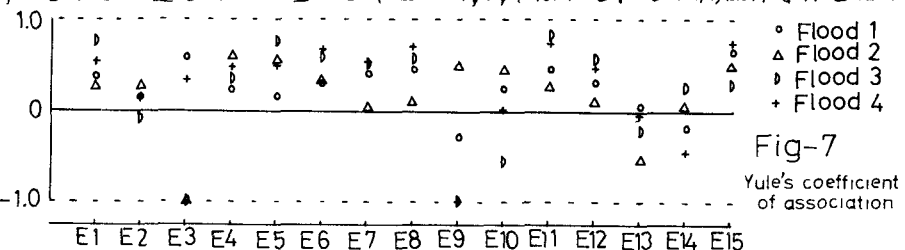


Fig-7

Yule's coefficient of association

4. あとがき

都市域での内水災害の発生は、都市自身もつダイナミックな要素に起因する事が多く、ここで挙げた評価モデルはまだ不十分であり、今後の課題としたい。

<参考文献> ※ Michael L. Tenstrip, John B. Stall; "Urban Runoff by Research Laboratory Method" HY6, J of ASCE, 1969, 11