

II-43

低地部都市流域の洪水流出解析

東京都立大学工学部 正員 藤村和正

東京都立大学工学部 正員 安藤義久

東京都下水道局

大迫健一

1. はじめに

低平地の洪水流出解析は、流れが下流条件に影響されるため、運動方程式は Dynamic wave（以下DW）式等を用いるのが一般的である。しかし、DW式等は数値解析において計算式が複雑となり計算時間も多大にかかるため実用面では困難が伴う。一方、Kinematic wave（以下KW）式は流れが下流条件に影響されない急勾配流域においては有効とされ、その再現性は良好と言える。筆者等の研究¹⁾では、斜面勾配が3.1%～10.2%、河道勾配が1.6%～9.7%をもつ台地部都市流域の谷端川試験流域においてKW法により流出解析を行った結果高い適合性を示した。KW式はDW式等に比べると計算式が扱いやすく計算時間も短いため、KW式がどのような地形において適用可能であるかを知ることは、簡便で再現性のよい流出モデルの開発に向けて重要なことと言える。そこで本研究では、KW法によって低地部の都市流域である新小松川試験流域の流出解析を行いその適合性について検討し、KW式の適用範囲の1つの指標を示すことを試みた。

2. 対象流域

新小松川流域は、荒川の河口から約7 km上流に位置し、旧中川と荒川で囲まれた流域面積2.04km²の都市流域である（図-1）。地質的には沖積層の東京低地に属し、被覆は関東ロームで覆われているが、流域の約60%は屋根（建物）や道路等の不浸透域となっている。この地域はゼロメートル地帯であるため、流域への降雨および生活排水はすべて合流式下水道を通じて下流端のポンプ排水場で排除しなければならない。KW法で斜面モデルと河道モデルで計算を行うため、流域をいくつかのブロックに分割する。本流域は低平地であり枝線下水道は分合流をなしており流域のブロック化は困難であるが、幹線下水道を河道とし、そこへ流入する枝線下水道網を大概において考慮しブロック化を行った（図-2）。本流域の勾配特性は、斜面勾配は1.2%～63.2%で平均7.3%となっている。河道勾配は0.43%～6.8%で平均2.1%であるが、8ブロック中4ブロックの河道が1%以下の勾配であるのが本流域の特徴である。

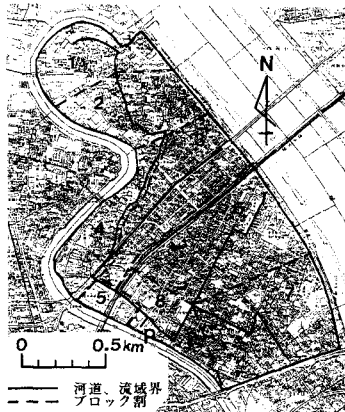


図-1. 新小松川流域

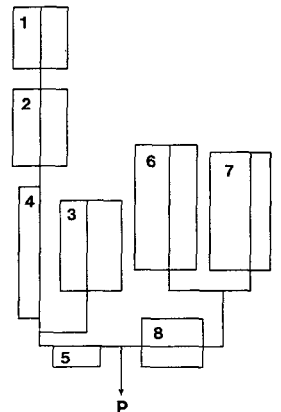


図-2. 流域のモデル化

3. 流出モデル

有効降雨の扱いは、土地利用別終期浸透能と初期損失を考慮する。表-1に流域の土地利用面積率および散水実験で得られた終期浸透能の中央値²⁾を示す。なお、初

表-1. 流域特性²⁾

土地利用区分	グランド等	民家、寺社の間地等	道路、駐車場、屋根等
面積率(%)	6.4	33.2	60.4
終期浸透能(mm/hr)	2.3	5.1	—

期損失量は不浸透域については $2\text{mm}^{9)}$ とするが、その他については計算ハイドログラフの波形が実測ハイドログラフに近似する値を試算により得るものとする。また、雨量データは流域内7地点に設置した転倒杓型自記雨量計の1分雨量データを最も近いブロックに割り当て、降雨域の分布が考慮できるモデルとする。基礎方程式は斜面流および河道流について以下の運動方程式および連続式を用い、これらを差分式に直して計算を行う。等価粗度の値は $N=0.008$ 、マンニングの粗度係数は $n=0.02$ を用い、時間ステップは4秒、距離ステップは斜面流、河道流とも 10m とする。

$$\text{斜面流} \left\{ \begin{array}{l} q = \frac{1}{N} h^{\frac{5}{3}} s^{\frac{1}{2}} \\ \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = r \end{array} \right. \quad \text{河道流} \left\{ \begin{array}{l} Q = \frac{1}{n} A R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \text{ (矩形水路) }、A = K Q^P \text{ (管渠)} \\ \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial X} = q \end{array} \right.$$

ここに、 t ：時間、 h ：雨水流の水深、 r ：有効雨量強度、 q ：斜面単位幅流量、 Q ：河道流量、 A ：河道流水断面積、 K 、 P ：定数、 s ：斜面勾配、 S ：河道勾配

4. 解析結果と考察

対象降雨は1988年8月～9月の降雨時間2時間～4時間の3降雨であり、使用した計算機は28.5 MIP SのEWSで、3降雨（9時間）の解析時間は102秒で1時間データ当たりの解析時間が約11秒である。解析結果を図-3にハイドログラフの一例を示し、表-2にピーク流量および総流出量の相対誤差を示す。本研究では、対象洪水が3例と少ないので検証的な価値は薄い、実測値がポンプ運転の伝播の影響と思われることで乱れが生じていることなどにより、計算ハイドログラフが実測ハイドログラフに正確に一致はしていない。そのため、総流出量およびピーク流量の相対誤差は良好とはならず、とくに、総流出量に関しては計算値が実測値より小さな値となる傾向がある。しかし、計算ハイドログラフの波形は実測ハイドログラフの波形におおそ近似していることが3洪水について言える。結論として、本研究により低平地におけるKW法による流出計算が流域によっては必ずしも不可能でないことが言える。

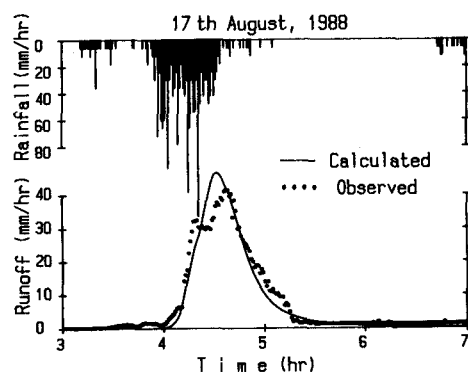


図-3. ハイドログラフの一例

表-2. 相対誤差

洪水年月 / 時間	総雨量 (mm)	総流出量(mm)			ピーク流量(mm/h)			初期損失 (mm)
		実測値	計算値	相対誤差 (%)	実測値	計算値	相対誤差 (%)	
1988.8.11 / 18-21 時	40.4	42.6	28.2	-33.8	42.1	35.0	-16.9	10.0
1988.8.17 / 3-7 時	35.5	29.6	27.3	-7.8	41.6	46.8	12.5	10.0
1988.9.11 / 8-10 時	13.7	11.0	8.8	-20.0	16.3	16.8	3.1	5.0

5. おわりに

今後は、本流域においては対象洪水の数を増やし解析事例を多くしてパラメータの調整等により本モデルの適合性を高めることを考えている。さらに、DW法による解析結果との比較検討を行い、両者の特徴をとらえ低平地における有効な流出モデルの開発が必要と考えている。

参考文献

- 1) 藤村・安藤・横山：台地部の都市試験流域における洪水流出解析、水工学論文集第36巻、pp. 635-640、1992. 2.
- 2) 安藤義久：都市域の浸透能と地形・土質・土地利用との対応関係、水工学論文集第35巻、pp. 123-128、1991. 2.
- 3) 山口・松原・山守：都市流出調査-降雨損失機構の検討-、土木技術資料、vol. 13、No. 10、pp. 11-15、1970.