

11. 洪水流出에 관한 研究 - 洛東江 上流地域을 中心으로

東亞大學校	工科大學	教授	金 熙 鍾
東亞大學校	工科大學	助教	全 裕 燦
東亞大學校	工科大學	(碩士課程)	金 容 培

洪水流出에 관한 研究

- 洛東江 上流 地域을 中心으로 -

金 熙 鐘 *
金 裕 燦 **
金 容 培 ***

1. 序論

降雨量 資料에 의한 流出量 算定은 水文學에서 빠질 수 없는 사항이지만, 이의 추정은 地處에 따라 降雨特性과 流出特性이 달라서 이를 一律적으로 規定하기는 極 힘들다. 洛東江에는 現在 하구언을 비롯하여 ダム等이 建設 中에 있고, 또한 洪水로 부터 피해 방지를 위하여 洪水 豫報 system을 COMPUTER에 의하여 國家적으로 수립하고자 하고 있으므로 多幸하게 생각하고 있다. 本 研究는 洛東江의 上流에 속하는 임하(乙) 地處의 流量을 system model의 선형 model에 속하는 日本의 宗合單位 圖法과 simulation model 中 비교적 비 선형 效果를 나타내는 貯留 函數法으로 computer를 利用하여, 그 流域에 내린 降雨

* 東亞大學校 工科大學 土木工學科 教授

** 東亞大學校 工科大學 土木工學科 助教

*** 東亞大學校 工科大學 土木工學科 碩士過程

물로서 降雨을 解析하여 流出量을 수치 해석 방법으로 각각 추정하였을 때 이들과 함께 실제 流出量과의 사이에 얼마만한 誤差가 생기는 지 이를 구명하여 앞으로 洛東江 洪水 豫報時 선정 방법으로 할 것인가, 비 선정 방법을 택할 것인가를 決定함에 있어 참고 하고자 한다.

2. 基礎原理

2-1 單位圖法

單位圖를 作成하는 流量記錄은 다음 假定이 成立하여야 한다.

- (1) 計算對象流域內의 均一 降雨에 의한 流出일 것.
- (2) 降雨 지속시간이 비교적 짧은 降雨일 것.

(A) 單位圖의 作成方法

(1) 單位時間 t_0 와 單位量 R_0 를 設定한다. 通常 $t_0 = 2 \text{ hrs.}$, $R_0 = 10 \text{ mm}$ 로 하고 있다.

(2) 流量記錄으로 부터 單位時間마다의 基底流量 $Q_B(t)$ 를 빼고, 直接流量 $Q_F(t)$ 를 求한다.

(3) 直接流出量의 合을 求한다.

(4) 單位流量에 의한 對象流域으로 부터의 流出量 $Q_I (\text{m}^3/\text{sec})$ 를

$$Q_I = 1000^2 A (R_0/1000) / (60 \times 60 \times t_0) \quad (1)$$

에 의해 計算한다. 여기에서 A : 流域面積 (Km^2)

(5) $Q_F = \sum Q_F(K)$ 를 求한다.

(6) $Q_R = Q_I / Q_F$ 의 比率를 求하고 單位流量

$Q_u(t)$ 를

$$Q_u(t) = Q_F(t) \times Q_R \quad (2)$$

에 의해 계산한다. 이 $Q_u(t)$ 를 plot 하면 單位圖가 얻어진다.

2-2 Nakayasu의 方法

Snyder는 配分率 相互의 關係는 降雨 中心으로 부터 尖頭 流量 到達 時間 간격만에 의해서 定해진다고 생각하였다. 單位 時間 t_0 를 갖는 降雨의 尖頭 流量의 지체를 $0.8 t_0$ 의 時刻부터 測定하여 t_g (hr)로 한다. Nakayasu는 지체 時間 t_g 를 日本 河川에서 다음의 선형식이 成立된다고 보았다.

$$L \geq 15 \text{ Km 일때: } t_g = 0.4 + 0.058 L \text{ (hr)} \quad (3)$$

$$L < 15 \text{ Km 일때: } t_g = 0.21 L^{0.7} \text{ (hr)} \quad (4)$$

여기서 L 은 流路 延長 (Km)이다.

流域 面積을 A (Km^2)라 하면 t_k 는 다음 식으로 주어진다.

$$t_k = 0.47 (AL)^{0.25} \quad (5)$$

尖頭 流量 Q 는 單位 流量을 R_0 (mm)라 하면

$$Q_p = A R_0 / (3.6 (0.3 t_p + t_k)) \quad (6)$$

尖頭 流量 到達 時間 t_p , T_2 , T_3 를 各 各 다음과 같이 表示한다.

$$t_p = T_1 = 0.8 t_0 + t_g \quad (7)$$

$$t_{0.3} = T_2 = t_p + t_k \quad (8)$$

$$t_{0.3} = T_3 = t_p + t_k + 1.5 t_k \quad (9)$$

單位圖의 Hydrograph 들의 現象을 다음과 같이 整理하

였다.

$$0 \leq t \leq 0.8 t_0 + t_k = T_1 \quad (10)$$

① 上昇曲線

$$\frac{Q}{Q_p} = (t/t_p)^{2.4} \quad (11)$$

$t = t_p$ 일때 $Q = Q_{max}$ 이다.

② 下降曲線

$$0.8 t_0 + t_k < t < t_p + t_k$$

$$\frac{Q}{Q_p} = 0.3 (t-t_p)/t_k \quad (12)$$

$$T_2 < t < T_3$$

$$\frac{Q}{Q_p} = 0.3 \times 0.3 (t-T_2)/1.5 t_k \quad (13)$$

$$T_3 < t$$

$$\frac{Q}{Q_p} = 0.3^2 \times 0.3 (t-T_3)/2.0 t_k \quad (14)$$

이처럼 流域特性으로 부터 單位圖를 作成할 수 있으므로 單位圖法을 적용하여 洪水時의 流出量 Q_1 을 降雨 資料를 利用하여 추적할 수 있다.

2-3 貯留函數法

Kimura는 Horton의 貯留關係를 使用하고 流出이 늦어짐을 고려하여 貯留函數에 의한 解析을 研究하였다.

觀測된 雨量強度 r (mm/hr)를 流域으로의 流入量으로 생각하여 假定的인 流出量을 Q_0 (m^3/sec), 流域貯水量을 S_0 (m^3)라 하면 연속의 조건에서 다음식이 成립한다.

$$\frac{1}{3.6} f_k \cdot A \cdot r - Q_1 = \frac{dS_f}{dt} \quad (15)$$

실제에 있어서 流入量은 同時刻의 流出量과는 対応하지 않고 T_0 時間만큼 늦어진 時間이라 하고 실제의 流出量 Q (m^3/sec) 는

$$Q_1 = Q(t + T_0) \quad (16)$$

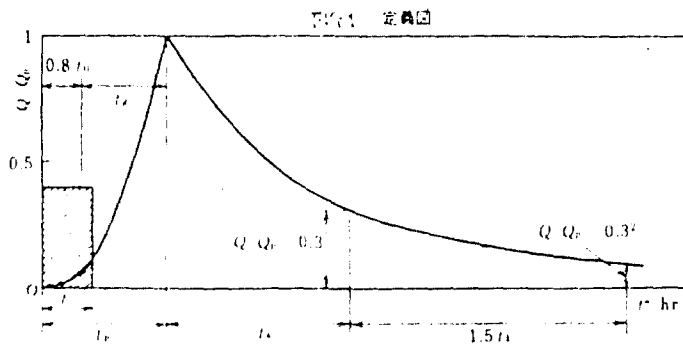
에 의해서 T_0 만큼 늦추면 된다. 여기서 A (Km^2)은 流域面積이고, f_k 는 流入係數이다. S (m^3/sec)는 貯留量이다.

$$S = KQ_0^P \quad (17)$$

여기서 K, P 는 상수이다. T_0, K, P 를 實測降雨와 다른 雨量 data에 流量은 式 (15)와 式 (16)로부터 計算할 수 있다.

(A) f, T_0, K, P 의 決定方法

(1) t_1 과 t_2 의 選定, 實測한 洪水流量으로 부터 基底流量을 뺀 流出量 hydrograph와 降雨量 分布圖을 模式的으로 나타내면 그림과 같다.



이 hydrograph의 尖頭를 사이에 두고 $Q_1 = Q_2$ 가 되도록 t_1 과 t_2 를 選定한다.

(2) 流入係數 f_k 의 計算

式 (16)에서 近似的으로 T_0 로 하고 $Q(t) = Q(T)$ 로 한다. t_1 부터 t_2 까지 積分하면 $S = S_0$ 가 되므로 f_k 의 第一 近似値는

$$f = \frac{\int_{t_1}^{t_2} Q(t) dt}{(A/3.6) \int_{t_1}^{t_2} r(t) dt} = \frac{QT}{(A/3.6)RT} \quad (18)$$

로 주어진다. 더구나 $Q_0(t - T_0) = Q(t) - Q_0$
 (Q_0 : 基底流量 m^3/sec)

(3) 貯留量 S의 計算

얻어진 f_k 값을 使用하여 式 $= \frac{1}{3.6} f_k \cdot A \cdot r - Q_0 = \frac{dS}{dt}$ 로 부터 S와 Q_0 과의 關係를 求한다. 즉 $S(t_1) = 0$ 로 부터 任意의 時刻 t까지의 S는 다음式으로 주어진다.

$$\begin{aligned} S(t) &= \frac{A}{3.6} \int_{t_1}^t f_k r(t) dt - \int_{t_1}^t Q_0(t) dt = \int_{t_1}^t FR(t) - QS(t) \\ &= FI(t) - QS(t) \end{aligned} \quad (19)$$

Program에서는

$$\begin{aligned} FI(t) &= \frac{A}{3.6} \int_{t_1}^t f_r(t) dt \\ QS(t) &= \int_{t_1}^t Q_0(t) dt \\ FR(t) &= \int_{t_1}^t Q_0(t) dt \text{라 놓는다.} \end{aligned}$$

式 (19)에서 얻어진 $S(t)$ 와 同時刻의 실제 流出量 $Q_0(t)$ 를 圖示하면 loop 형태의 曲線이 된다. loop를 表示할 때에는 $T_0 \neq 0$ 이므로 loop가 最小가 되는 T_0 를 求한다.

(4) 지체 시간 T_0 의 計算

T_0 의 近似値를 求하는 데에 Kimura의 式을 이용한다. Kimura는 지체 시간 T_0 이 유로연장 L (km)의 函數로 表示되는 것으로 하여 다음式을 제안하였다.

$$L \geq 11.9 \text{ Km} : T_d = 0.047 L - 0.56$$

$$L < 11.9 \text{ Km} : T_d = 0$$

(20)

program에서는 最初에 式 (20)에 의해 T_d 를 구해 그 값을 TLK로 하고 $TL = TLK$ 로 하여 T_d 를 0에서 부터 $TL = TLK + 1$ 까지 T_d 를 1 시간씩 증가시켜 loop가 最小로 되는 T_d 를 選定하는 것으로 하였다. loop가 最小인 것을 判定하기 위해 $S(t)$ 를 t_1 부터 $S(t)$ 의 peak까지 그 上昇 曲線을 사다리꼴 법칙으로 積分하여 그 값을 SAR라 하고 다시 peak부터 t_2 까지의 下降 曲線의 積分值를 SAD라 한다. $SA = SAR + SAD$ 로부터 SA의 最小值 TPL (peak 時間), QTA (QT의 宗合), F (流入係數) SAR (上昇 loop의 積分值), SAD (下降 loop의 積分值) (음의 부호를 붙인다). $SA = SAR + SAD$ 를 出力 하고 다시 SA가 양일때는 loop가 時計方向으로 圓轉함으로 "clock wise loop"를 SA가 음일때 loop가 反時計方向으로 圓轉 "counterclockwise"라 하여 出力 시키도록 하였다. 또 $SA = 0$ 일때는 "Just Fitting"라고 出力 시킨다.

(5) K와 P의 決定

$$P = \frac{(\sum x_i \sum y_i - \sum x_i y_i)}{(\sum x_i \sum x_i - E \sum x_i^2)}$$

$$K_0 = \frac{\sum y_i - P \sum x_i}{E}$$

$$K = \exp(x_0)$$

$S = K Q_0^P$ 의 양변에 對數를 취하면

$$\ln S = \ln K + P \ln Q_0 \quad \text{여기에서} \quad \ln S = Y \quad \ln K = K_0$$

$$\ln Q_0 = X \quad \text{라 하면}$$

$$Y = K_0 + PK \quad (21)$$

(X_i, Y_i) 의 E 조의 data 가 있으면 normal equation 는 다음 식으로 된다.

$$K_0 E + P \sum X_i = \sum Y_i \quad (22)$$

$$K_0 \sum X_i + P \sum X_i^2 = \sum X_i Y_i \quad (23)$$

이들 두식으로부터 K_0 와 P 가 얻어지므로 貯留函数는 $S = KQ_0^P$ 이 된다.

3. 対象流域特性 및 水文資料

3-1 対象流域

本研究는 洛东江 上流 만변천에 위치한 임라(乙) 地畵의 流域을 挾하였다. 임라 水位 觀測所는 安東으로부터 34番 國道를 따라 등쪽으로 約 10Km 地畵, 우안측 4도변에 위치하고 있다. 本 水位 觀測所는 1962. 7. 에 洛东江 流域 조사단에 의하여 設치되었으며, 관측 소 부근에 하도는 우안쪽으로 편기되어 있으며, 河床은 모래, 자갈이 혼합 형성되어 있고, 일부 左岸측 高水부지는 浸漕가 生育하고 있다. 임라(乙) 지점의 流域의 特性은 다음과 같다.

Table - 1 流域 特性

River system	洛东江	River width	210 m
Stream	만 변 천	shape factor	0.2658
River slope	0.0078	River bed coeff.	341.* 136.42*
River length	72 Km		

※

81年度

341.

82年

136.42

3-2 水文資料

3-2-1 降雨資料

降雨量 觀測所는 청송, 진보, 길안, 석흥, 수미, 재산, 부남, 예안, 임동, 명양, 남회릉이다. 82年度 觀測雨量이 보고된 지점은 예안, 임동, 명양, 3개 지역의 값이 없고, 나머지 지점은 유로한 것으로 보고 이를 Thiessen 法에 의하여 평균우량을 구했다. 資料는 매시간 觀測雨量이 있으나 이를 單位時間 2時間으로 보고 다음과 같이 表示하였다. 나머지 강우자료는 판독수 없서 이를 사용하지 않았다.

Table-2 우량자료

시간	8.13 12시	14시	16시	18시	20시	22시	24시	8.14 2시	4시	6시	8시	10시	12시	14시
평균우량 (mm)	0.1	0.2	0.6	1.2	0.4	1.7	5.1	5.8	28.9	17.8	14.8	1.5	1.1	1.0
	16시	18시	20시	Σ 83.4 mm										
	1.3	0.4	1.5											

3-2-2 流量資料

流量資料는 건설부의 水文調查年報에 水位記錄資料가 있으므로 이 지점의 rating-curve에 의하여 流量을 다음과 같이 算定하였다.

$$Q = 45.5 + 111.71h + 73.9h^2 \quad (1982年度)$$

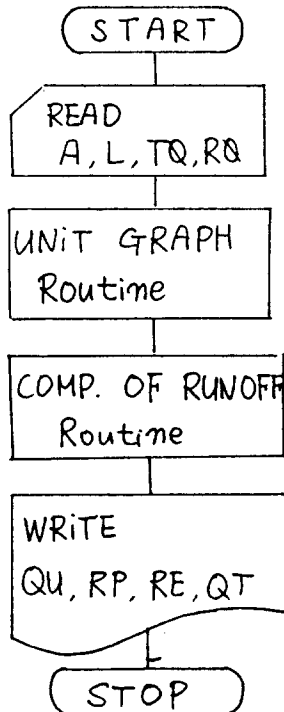
Table-3 유량자료

t	8.14 9시	11시	13시	15시	17시	19시	21시
수위(H) m	1.92	2.33	2.57	2.74	3.03	3.03	2.87
유량(Q) m ³ /s	103.59	186.63	246.78	294.53	385.85	385.85	333.93
	23시	8.15 1시	3시	5시	7시	9시	11시
	2.77	2.69	2.60	2.52	2.43	2.36	2.30
	303.40	280.04	254.89	233.54	210.65	193.68	179.71
	13시	15시	17시	19시	21시	23시	
	2.23	2.18	2.15	2.12	2.10	2.08	
	164.08	153.36	147.11	141.10	136.98	133.04	

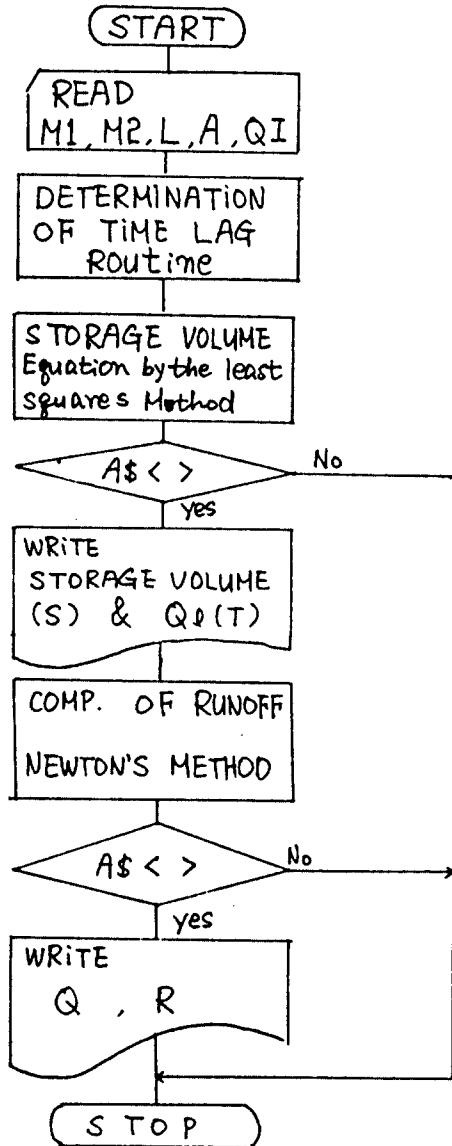
4. Flow chart

4-1 單位圖法

Nakayasu의 단위도법



4-2 貯留函数法



6. 結論

6-1 單位圖法

1) Nakayasu의 單位圖法에 의한 單位圖는 고찰에서 보는 바와 같이 임라(乙) 지점 上流部에서는 너무 클 것으로 사료된다.

2) 지체시간 (TL) 算定公式은 실제와 잘 맞지 않으므로 이를 수정할 것을 제안한다.

* Nakayasu 單位圖法 : $T_p = 6.176 \text{ hr}$

Collrims 單位圖法 : $T_p = 7. \text{ hr}$

3) Nakayasu 方法에 의한 單位圖는 雨量의 크기에 따라 구분하여야 한다고 본다.

6-2 貯留函數法

1) 本方法에 의한 P 의 값은 양의 값이 필요란 것으로 사료된다. 따라서 그 값은 1 보다 크야 할 것이다.

2) 本資料는 $P = 0.09167$ 로서 1보다 적으므로 음의 값이 나와 計算이 不可能하였다.