洪水流量圖 基底流量의 適正 分離方法에 관한 연구

(A Study on an Optimum Separation of Base Flows from Flood Hydrographs)

중앙대학교 토목과 교수 이 배 호
중앙대학교 석사과정졸업 강 인 석

I. 序 論

流出現象은 크게 地表面 流出(surface runoff)과 地表下 流出(subsurface runoff), 地下水 流出(groundwater runoff) 등의 3개要素로 區分할 수 있는데, 流量圖 分析에는 地表面流出(surface runoff)과 中間流出(interflow) 에 해당하는 直接流出(direct runoff)과 地下水流出을 대표하는 基底流出(base runoff)로 구분하는 것이 상례이다. 本 論文에서는 直接流出量은 單位圖法을 使用하여 再生이 可能하다고 假定하여 3가지의 單位圖 模型 즉, Pearson Type Ⅲ 確率分布 模型, 二重三角形 模型, 單一三角形 模型을 適用하고 그림-1에 보인 3가지의 分離方法, 즉 水平分離法, 直線分離法, 折線分離法에 대하여 適合性을 比較하여 檢討하고 分離線을 決定하는 最適方法을 제시하는데 目的이 있다.

Ⅱ. 調査資料 및 分析過程

本 硏究에 適用된 對象 流域은 北漢江의 支流인 洪川江의 上流部分에 位置한 洪川地域으로, 流域 面積은 877 (km^2), 流路 延長은 78.5 (km) 로 서, 水位標 地點의 水位는 上流의 댐이나 本流의 背水影響을 받지않는 地點이다.

Ⅱ-1. 流出量 計算公式

降雨期間中의 直接 流出量을 計算하는데 使用하는 式은, 지금까지는 美國土壤保全廳 (U.S.D.A. Soil Conservation Service, SCS)의 流出量公式인 式 (1)을 많이 使用하고 있으나, 本 研究에서는 SCS式을 보완한 Lee의 直接 流出量 公式[2] (2)을 사용하였다.

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S} \quad (P \geq I_a) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (1)$$

$$Q = (P - I_a)\left[1 - \frac{S}{P - I_a}\left(1 - e^{-\frac{P - I_a}{S}}\right)\right] \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (2)$$

여기서, Q =降雨期間中의 어느時點의 累加 流出量(mm)

P =降雨期間中의 어느時點의 累加 降雨量(mm)

S =流域의 初期 貯留能力(mm)

I_a =初期 損失量 (=0.25 S) (mm)

1. 1977. 7. 8. 降雨

$S = 65.47$ (mm)

$I_a = 0.25S = 16.37$ (mm)

2. 1977. 8. 6. 降雨

$S = 60.17$ (mm)

$I_a = 0.25\ S = 15.04$ (mm)

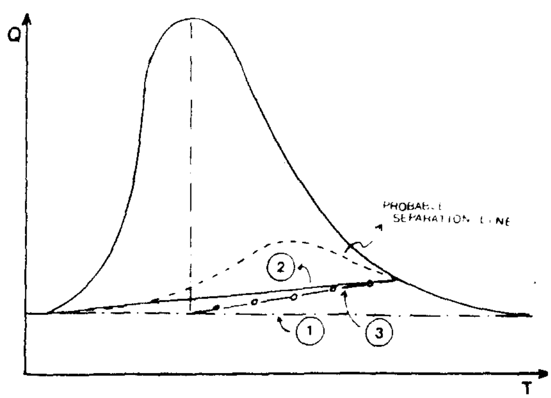


그림 - 1 基底流量 分離方法

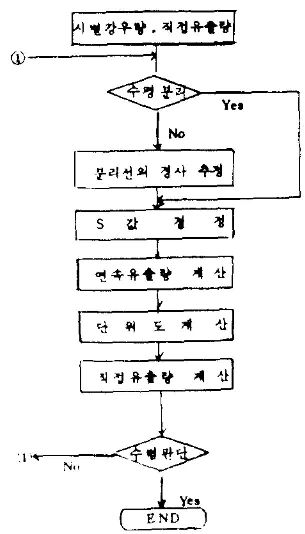


그림 - 2 全體模型의 分析節次

Ⅱ-2. 分析 節次

入力 資料로 부터 洪水 流量圖의 分離過程을 거쳐 單位 流量圖를 구하는 過程이 그림-2에 나타나 있다.

그림-2에서 READ DATA 로는 時間別 降雨量과 時間別 流出量이 들어가게 되며, 流域의 初期 貯留能力 S 값은, 總 降雨量과 總 流出量을 利用하여 앞의 式(2)를 써서 구하게 된다.

다음 單位圖와 洪水 流量圖와의 관계에서 單位 流量圖가 가지는 母數의 最適値는 時間別 觀測 流出量과 豫測 流出量의 誤差의 自乘의 合이 最小가 되는 경우로서 母數값을 찾기 위하여 Pattern Search Program (PATSEAR)[1]를 利用하고 있다.

Ⅱ-3. 單位圖 模型

(1) Pearson Type Ⅲ 確率分布函數 Model

이 模型에서는 그림-3에 나타난 頂點까지의 거리 M과 頂點에서 流量圖의 重心까지의 거리 G, 즉 2개의 母數가 必要하다.

그림-3에서 $q_t = Q_o \left(1+\frac{t}{M}\right)^{\frac{M}{G}} e^{-\frac{t}{G}} \quad (t=-M\sim\infty)$ .... (3)

또는, $q_T = Q_o \, e^{\frac{M}{G}} \left(\frac{T}{M}\right)^{\frac{M}{G}} e^{-\frac{T}{G}} \quad (T=0\sim\infty,\ T=M+t)$ ... (4)

式(4)를 積分하면, $V = \dfrac{Q_o}{G_{T=M}\left(\frac{M}{G},\ \frac{1}{G}\right)}$ .... (5)

(式 4)에서

$$q_T = Q_o \frac{G_T\left(\frac{M}{G},\ \frac{1}{G}\right)}{G_{T=M}\left(\frac{M}{G},\ \frac{1}{G}\right)} \cdot \frac{T}{M} \quad \text{.........................} \quad (6)$$

따라서, 단위도의 개념에서

單位流出量 $V = \dfrac{A}{3.6}$ (㎥/sec) (A : ㎢)

尖頭流量 $Q_o = \dfrac{A}{3.6} G_{T=M}\left(\frac{M}{G},\ \frac{1}{G}\right)$ (㎥/sec) .... (7)

종 거 $q_T = \dfrac{A}{3.6}\left(\frac{T}{M}\right) G_T\left(\frac{M}{G},\ \frac{1}{G}\right)$ (㎥/sec) .... (8)

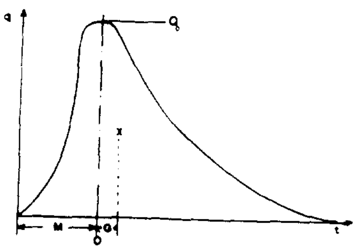


그림 - 3　Pearson Type Ⅲ 確率分布

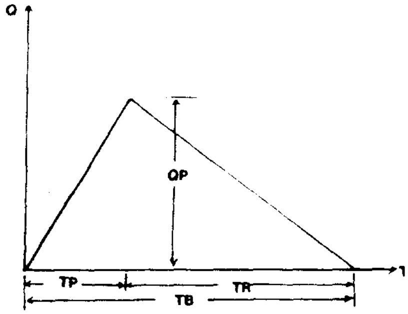


그림 - 5　單一三角形　模型

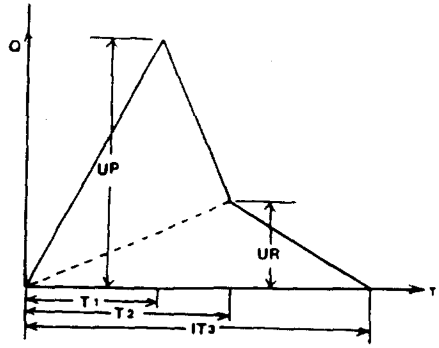


그림 - 4　二重三角形　模型

(2) Double Triangle Model

여기서는 그림 - 4에 나타낸 UP, T1, T2 3개의 母數가 必要하며, 이들의 값이 決定되면 UR은 單位圖의 全體面積을 流域 平均流出量 깊이로 환산하고 1 ㎜와 같다고 놓으면 다음식으로 나타낼 수 있다.

$$UR = \frac{2Q_o - UP \cdot T2}{IT3 - T1} \quad \cdots\cdots (9)$$

여기서　IT3 = NOBS − NRAIN + 1

NOBS = 觀測流量圖 종거의 數

NRAIN = 降雨의 數

Q_o = AREA/3.6 (AREA : ㎢)

(3) Single Triangle Model

그림-5에서 $QP = \frac{2.082 \times AREA}{TP}$ (AREA = ㎢ , QP = ㎥/sec) ······ (10)

SCS 에서는 經驗에 의해 TR = 1.67 TP와 같이 定義하고 있다.

本 論文에서는 TR을 1.67 TP로 고정하지 않고 QP와 TP 2개

의 母數로서 TR을 定하고 있다.

$$\text{즉,} \quad TR = \frac{2Q_o}{QP} - TP \qquad \cdots\cdots (11)$$

여기서, Q_o = AREA/ 3.6 (AREA : ㎢)

위의 3개의 單位圖를 利用하여 單位圖가 구하여지면 식 (12) 의 matrix 해법으로 各各에 대한 直接 流量圖를 구할수 있다.

$$q = R \cdot U + e \qquad \cdots\cdots (12)$$

여기서, R = 有效 降雨벡터

U = 單位圖 종거벡터

q = 直接 流量圖 벡터

Ⅲ. 分析結果 및 結論

Ⅲ-1. 分析의 結果

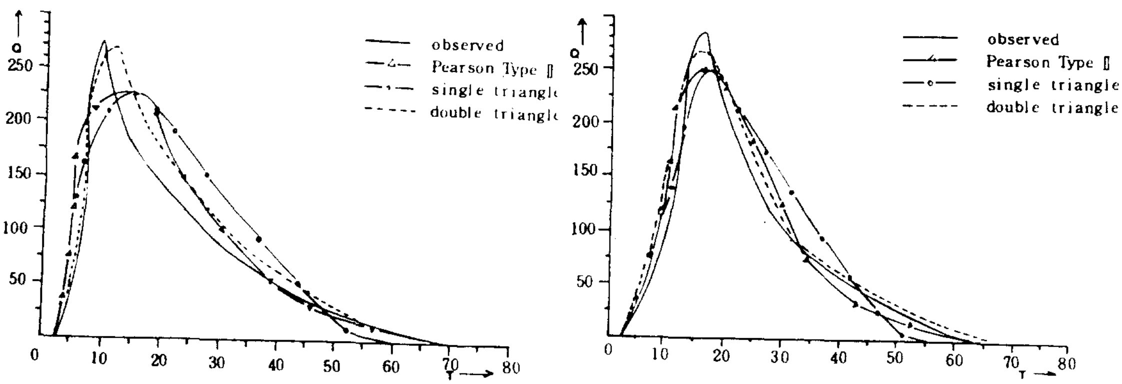
洪水 流量圖의 觀測値와 最適解로 구해진 豫測値를 比較한 것이 그림 6 ~ 8 에 나타나 있다. 分析結果 각 방법에 따른 分離線의 傾斜變動率은 直線 分離의 경우보다 平均 0.2175 가량 折線 分離의 경우에서 높은 것으로 나타났다. 이 사실과 더불어 表 - 1 의 洪水 1 과 洪水 2 의 상관계수 (correlation coefficient)를 比較해 보면 水平分離의 경우 平均값은 0.9593 에서 절선분리의 경우 0.9814 로 增加하였으며, 水平分離方法으로는 尖頭流量의 豫測値가 다른 方法에 비하여 誤差가 클것으로 생각된다. 또한 이 表에서 알 수 있듯이 單位圖 模型에 관계없이 상관계수는 折線分離의 경우 가장 좋게 나타나며 水平分離의 경우가 가장 낮고 직선 분리 일때의 상관계수는 3가지 방법의 中間値에 해당한다.

또한, 그림 6 ~ 8 에서 알수 있듯이 3개의 單位圖 模型中 二重三角形 模型이 직접유출량의 觀測値와 가장 잘 일치하는것을 알 수 있으며, Pearson 模型 이나 單一三角形 模型은 水文曲線의 하강부에서는 대개 일

치하나, 尖頭流量을 豫測하는데는 적지않은 誤差가 있음을 알 수 있다.

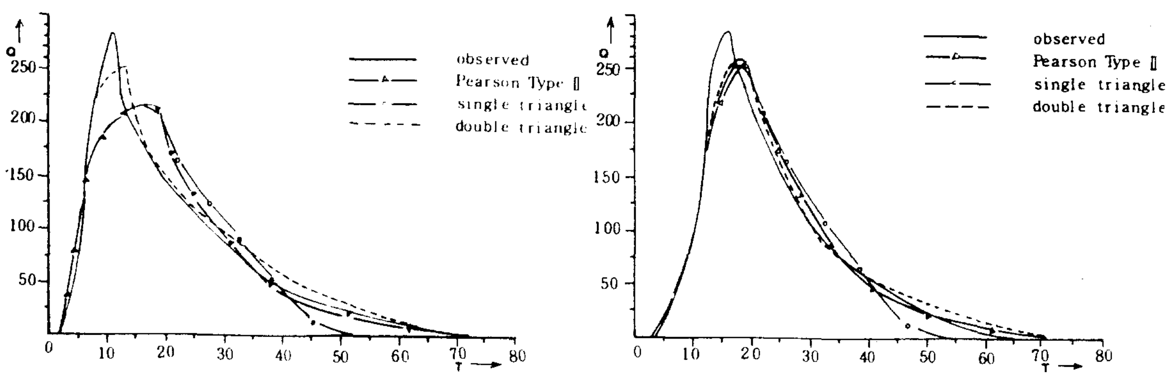
表 - 1 分離方法에 따른 相關係數

分離方法	PEARSON TYPE Ⅲ 確率分布模型		單一三角形模型		二重三角形模型	
	相關係數		相關係數		相關係數	
	FLOOD.1	FLOOD.2	FLOOD.1	FLOOD.2	FLOOD.1	FLOOD.2
水平分離	0.91745	0.98037	0.86752	0.91320	0.95512	0.96347
直線分離	0.93491	0.97059	0.91070	0.94600	0.98077	0.97134
折線分離	0.94296	0.96532	0.91084	0.94682	0.98354	0.97928



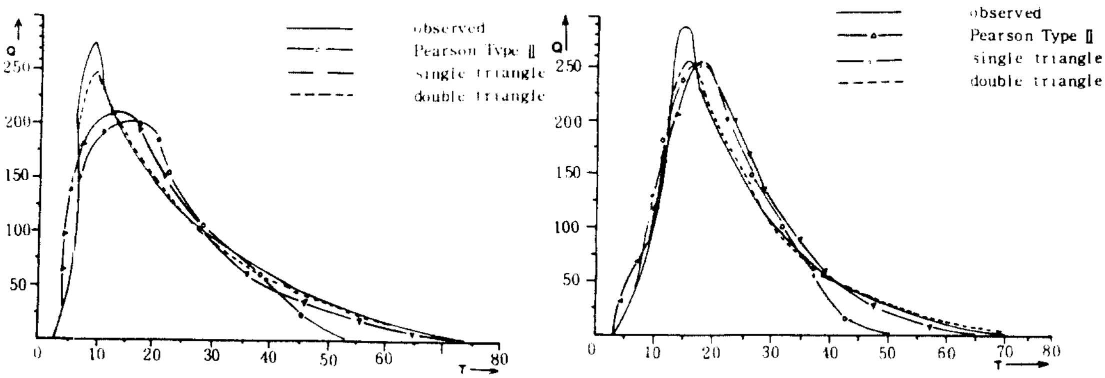
(a) 1977.7.8 洪水 (b) 1977.8.6 洪水

그림 - 6 洪水流量圖의 比較 (水平分離)



(a) 1977.7.8 洪水 (b) 1977.8.6 洪水

그림 - 7 洪水流量圖의 比較 (直線分離)



(a) 1977.7.8 洪水

(b) 1977.8.6 洪水

그림 - 8 洪水流量圖의 比較 (折線分離)

Ⅲ - 2 結論

이 硏究에서 發見된 사항을 結論으로 종합하면 다음과 같다.

1. 流量圖의 分析에 使用된 Lee 의 降雨 - 流出量公式과, 3 개의 단위유량도는 直接流出量圖를 再生하는 結果로 보아, 活用하는데 適合하다고 나타났다. 特히 3 개의 單位流量圖 模型中에서 二重三角形에 의한 단위유량도는 中小河川의 直接流量圖를 再生하는데 탁월하게 나타났다.

2. 基底流量의 分離線으로 가정한 수평분리선, 직선분리선, 절선분리선중 折線分離線이 가장 適合하다고 보아지며 傾斜線의 勾配 또는 경사선의 기간 (첨두시점에서 분리선의 最終시점까지의 기간)을 구체적으로 決定하는 方法을 제시하기 위해서는 많은 洪水資料를 活用한 分析이 必要하다.

* Reference *

1. Green,R.F, "Optimization by the Pattern Search Method". Rasearch Paper No. 7,Tennessee Valley Authority, Knoxiville,Tennessee,January,1970.
2. Lee,B.H, "A Method of Predicting Incremental Runoffs", Ph.D. Thesis Civil Engineering,The Pennsylvania State University, University Park, Pennsylvania, 1973.