小河川流域의 計劃洪水量 算定方法의 開發

A Methodology for the Estimation of Design Flood of a Small Watershed

尹 龍 男*
Yoon, Yong Nam
安 泰 鎭**
Ahn, Tae Jin

Abstract

This study is an effort to develop a series of empirical procedure for the determination of design flood for a small watershed based on the unit hydrograph theory. It is shown that a flood discharge of a watershed with a specific return period can be expressed as a product of its watershed area, rainfall factor, runoff factor and flood peak reduction factor. Since the procedures for the determination of rainfall factor and runoff factor were already developed in the previous study (13) a series of step-by-step procedure is devised to empirically determine the flood peak reduction factor in the present study. Using the methodology developed herein the 50-year design flood, which is of concern in the drainage of agricultural lands, is estimated for a watershed on upper Kyungan River and compared with the design floods by the existing methods now in use.

The flood peak reduction factor was correlated with the dimensionless parameter consisted of the rainfall duration divided by the basin lag time, which was computed from the derived unit hydrographs by the method of moment. The unit hydrographs of various durations were synthesized by the method of build-up and S-curve. A multiple correlation was also made between the basin lag time and the physiographic parameters of the watershed, i.e., the stream length and the average stream slope.

要 旨

本 硏究는 單位流量圖理論에 근거하여 小河川流域의 計劃洪水量을 결정할 수 있는 一聯의 經驗的인 節次를 개발한 것이다. 特定再現期間의 洪水量은 流域面積에 再現期間에 해당되는 降雨能係數와 降雨持續期間別 流出能係數 및 尖頭洪水量 減少係數의 곱으로 表示하였다. 降雨能係數와 流出能係數의 決定方法은 本 硏究以前에 수행된 硏究(13)에서 定立된 바 있어 本 硏究에서는 尖頭流量減少係數를 결정하는 方法을 開發한 후 慶安川의 한 地點流域에 대한 50年洪水量을 이 方法으로 算定하여 이를 他洪水量 推定方法과 比較 檢討하였다.

*正會員·高麗大學校 工科大學 敎授
**正會員·農業振興公社 勤務

尖頭洪水量 減少係數는 面積集成法에 의해 유도된 小流域別 單位圖로부터 算定된 流域의 遲滯時間 對比 降雨의 持續時間을 變量으로 하여 相關關係가 수립되었으며, 遲滯時間은 流域의 地形因子인 流路延長 및 平均流路傾斜와 相關시켰다.

1. 序 論

洪水時 小河川流域으로부터의 內水排除를 위한 遊水池 및 排水施設의 設計基準이 되는 尖頭洪水量의 決定을 위해서 여러 가지 方法이 國內外的으로 開發 사용되어 왔으나 國內에서 아직도 實務에 標準이 될만한 方法이 開發된 바가 없는 실정이다. 小河川流域의 尖頭洪水量 決定方法을 大別하면 單純洪水量 公式[1,5,6,10], 合理式[3,4], 單位流量圖 및 合成單位流量圖法[11,12] 및 相關關係 解析에 의한 方法[2,8] 等이 있다. 우리 나라에서 현재까지 사용되어 온 方法을 보면 單純洪水量公式에 속하는 가지야마(梶山) 公式 및 修正 가지야마 公式, 排水暗渠의 設計排水量 決定에 사용되는 合理式, 修正合理式 및 Standard Runoff Method[7] 等이 있고 單位圖方法은 小河川流域의 短期間 豪雨一流出關係 자료가 거의 없어 사용이 불가능하므로 주로 나까야스의 綜合單位圖法에 의해 單位圖를 合成하고 이에 物部公式[12]에 의한 時間別 設計雨量柱狀圖를 적용하여 設計洪水量을 결정하고 있다. 上述한 單純洪水量公式이나 合理式의 類型에 속하는 方法들은 降雨와 流出間의 關係에 대한 定量的인 고려가 빈약할 뿐 아니라 流出係數의 값을 정하는데 큰 어려움이 있고, 또한 設計洪水量의 生起頻度 부여에 어려움이 많아 水理構造物의 重要性에 의거 設計期間을 적절히 결정해야 하는 經濟的 設計가 可能하지 못하다. 나까야스의 綜合單位圖法은 원천적으로 日本內 河川流域을 대상으로 開發된 方法이므로 우리 나라 유역에 그대로 적용할 경우 어느 정도 정확할지는 아직 觀測資料가 없어 그 신뢰도가 입증되지 못한 상태에 있다.

따라서 本 硏究에서는 우리 나라 全域의 降雨特性과 地域別 流出特性을 고려하고 尖頭流出量의 減少特性을 流域의 地形因子와 결부시켜 이른바 相關關係 解析에 의해 計劃洪水量을 決定하는 方法을 開發코자 하였다. 本 硏究에 앞서 수행된 硏究課業[13]에서는 全國에 걸쳐 선정한 對象流域의 降雨能과 流出能을 單位流量圖 理論에 의거 定義 決定하고 流域의 地形因子로서 流域面積을 택하여 流域의 貯溜效果를 무시한 所謂 潛在流出量을 결정하는 方法을 提案하였다. 그러나 實際에 있어서는 設計雨量의 持續期間이 有限할 뿐 아니라 流出現象에 대한 流域의 貯溜效果때문에 流域으로부터의 實際 尖頭洪水量은 潛在流出量보다 크기가 減少되어 작게 나타나기 마련이므로 本硏究에서는 이 減少特性을 나타내는 減少係數를 流域의 遲滯時間과 相關시키고, 遲滯時間을 다시 流域의 地相因子인 河川傾斜 및 延長과 相關시킴으로서 한 流域의 尖頭洪水量 減少係數를 決定할 수 있는 方法을 開發하였다.

本 硏究의 結果와 本硏究에 앞서 수행한 硏究結果[13]를 종합하여 小河川 流域의 計劃洪水量을 손쉽게 결정할 수 있는 실질적인 方法을 제안하였으며, 慶安川 本流의 한 地點流域에 대한 計算實例도 例示해 보았다.

2. 計劃洪水量의 基本公式

單位流量圖 理論을 도입하면 小流域으로부터의 計劃洪水量은 다음과 같이 표시할 수 있음을 밝힌 바 있다[13].

$$Q=AXYZ \tag{1}$$

式 1에서 Q는 計劃洪水量(m^3/sec)이며, A는 流域面積(km^2)이고 X, Y, Z는 각각 流出能係數, 降雨能係數 및 尖頭洪水量 減少係數이며 다음과 같이 표시된다.

$$X=\frac{R_{t}}{t} \tag{2}$$

여기서 R_{t}는 指標로 잡은 서울雨量觀測點에서의 再現期間別, 持續期間(t)別 確率雨量의 有

效雨量(mm)으로서 美國 SCS의 有效雨量 算定法[9]을 사용하여 確率雨量으로부터 計算한 것이다. 또한

$$Y=\frac{2.778R}{R_s} \tag{3}$$

여기서 R_s와 R은 各各 指標地點으로 잡은 서울雨量觀測所와 他 雨量觀測所의 再現期間別, 持續期間別 總雨量(mm)을 표시한다. 마지막으로

$$Z=\frac{P}{Q_e}=\frac{Pt}{2.778A} \tag{4}$$

여기서 Q_e는 降雨持續期間 t(hr)인 均等豪雨로 인한 流域의 平衡流出量(m^3/sec)이고 P는 持續期間 t(hr)인 單位圖의 尖頭流量(m^3/sec)을 표시한다.

3. 小流域의 潛在流出量 決定을 위한 研究結果 要約

式 1에서 尖頭洪水量 減少係數 $Z=1$인 경우, 即 流域의 貯溜效果에 의한 尖頭洪水量의 減少效果를 무시할 경우의 洪水量 $Q=AXY$를 潛在流出量이라 定義하여 이의 決定方法에 대한 研

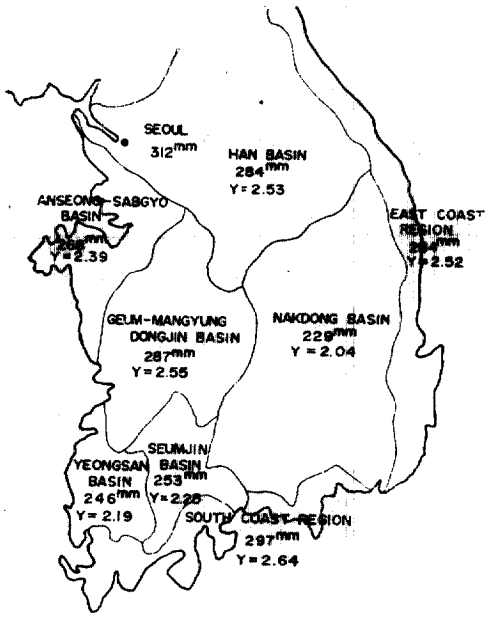

그림 1. Rainfall factor for 50-year one day Precipitation for 8 Climatological Regions.

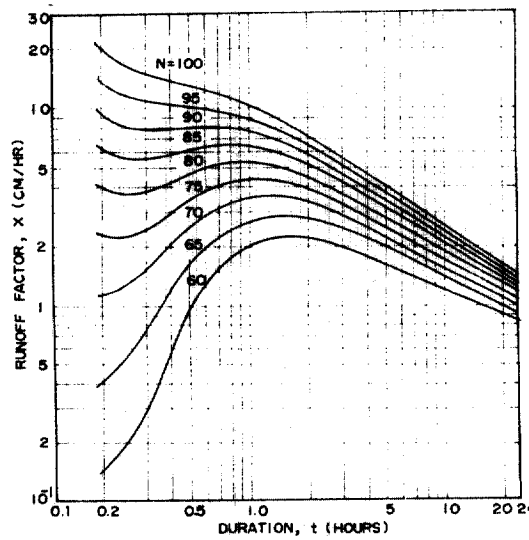

그림 2. Runoff factor for 50-year Frequency.

究結果를 이미 發表한 바 있다[13]. 降雨能係數 Y의 決定을 위해서는 基準降雨量으로 再現期間 50年의 日雨量을 선택하였고 流出能係數 X의 決定을 위해서는 再現期間 50年의 持續期間別 雨量을 선택 사용하였다.

降雨能 係數는 서울觀測所의 50年 日雨量을 指標로 하여 全國을 8個 氣候圈으로 區分, 各 圈域의 係數를 그림 1과 같이 결정할 수 있도록 하였으며, 流出能係數는 그림 2에서와 같이 降雨와 그로 인한 流出의 再現期間을 동일하게 보고 再現期間別로 降雨持續期間別, 流域의 流出能力을 표시하는 流出數(runoff number)別 流出能係數를 결정할 수 있도록 하였다.

4. 流域의 尖頭洪水量 減少係數의 算定

한 流域의 尖頭洪水量 減少係數를 算定하기 위해서는 그 流域에 發生했던 既往의 豪雨로 인한 洪水水文曲線으로부터 單位圖를 유도하여 尖頭流量 P(式 4)를 결정하고 이를 그 豪雨로 인한 流域의 平衡流量 Q_e(式 4)로 나누는 것이 가장 정확하다. 그러나 本 研究의 主 關心流域은 中小 河川流域이므로 主要 豪雨別 流出記錄이 거의 없으므로 洪水水文曲線으로부터의 單位圖 유도는 거의 不可能하다. 따라서 合成方法(syn-

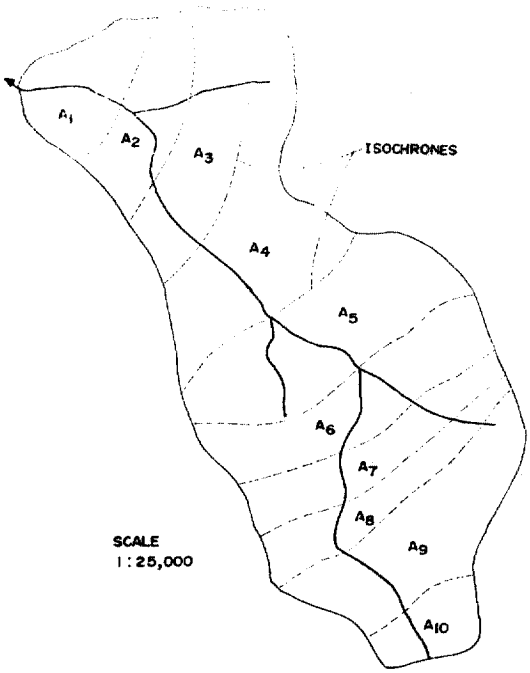

그림 3. Basin Map of Goyang Watershed.

thetic method)에 의해 單位圖를 얻을 수 밖에 없으며 이들 方法중 흔히 사용되고 있는 것은 나까야스의 綜合單位圖法[12], 合成單位圖法[11], 面積集成法(method of building-up)[2], 等이 있으며 本 硏究에서는 비교적 간편한 面積集成法을 사용키로 하였다.

4.1. 標本流域의 選定

本 硏究를 위해 선정된 小河川流域은 5大江流域에 골고루 分布되어 있는 未開發 혹은 農耕地域으로서 流域面積이 4~22 km² 되는 63 個 小河川流域이며 이들 流域중 경기도 高陽郡에 위치한 高陽流域圖는 그림 3과 같다.

4.2. 面積集成法에 의한 流域의 單位圖의 誘導와 減少係數의 算定

面積集成法에 의해 特定 持續期間의 單位圖를 유도하기 위해서는 우선 그림 3에서처럼 等時間線(isochrone)을 作圖하여야 한다. 等時間線은 流域의 出口까지의 流達時間이 동일한 點을 연결한 線으로서 到達時間 算定을 위한 經驗公式인 Kirpich 公式[11], Kraven 公式[12], Raja 公式[12] 等을 사용하면 그릴 수 있으며 本 硏究에서는 農耕地域에 비교적 적합한 것으로 알려진 Kirpich 公式을 사용하였다.

이와 같이 流域을 等時間線으로 여러개의 小區域으로 나눈 후 流域出口로부터의 累加到達時間別 累加面積을 구하고 이를 全 流域의 到達時間(t_c)와 總流域面積(A)으로 無次元化하면 그림 4와 같은 流域의 無次元 S-曲線을 얻게 된다. 表 1은 高陽流域의 無次元 S-曲線의 計算表이다.

이와 같이 流域別 無次元 S-曲線이 얻어지면 特定 持續期間의 單位圖는 S-曲線을 持續期間만

表 1. 高陽流域의 無次元 S-曲線計算表

等時間線到達時間 t_c'(min)	無次元到達時間 t_c'/t_c	小區域面積 A_i(km²)	累加流域面積 $\sum A_i$(km²)	無次元區域面積 $A_i/\sum A$	無次元累加面積 $\sum A_i/\sum A$	平衡流量 Q_e(m³/sec)
6.1	0.146	0.509	0.509	0.0652	0.0652	2.030
11.1	0.266	0.525	1.034	0.0673	0.1325	4.123
15.6	0.373	0.766	1.800	0.0981	0.2306	7.178
21.0	0.502	1.967	3.767	0.2520	0.4826	15.021
26.6	0.636	1.213	4.980	0.1554	0.6380	19.858
30.8	0.737	0.744	5.724	0.0953	0.7333	22.825
33.2	0.794	0.513	6.237	0.0657	0.7990	24.870
35.4	0.847	0.475	6.712	0.0609	0.8599	26.764
39.3	0.940	0.850	7.562	0.1089	0.9687	30.154
41.8*	1.000	0.244	7.806	0.0313	1.0000	31.127**

註 : * ; 流域의 到達時間 t_c=41.8 min.

** ; 平衡流出量 $Q_e=\frac{2.778\,A}{t_c}=\frac{2.778\times 7.806}{41.8/60}=31.127$ m³/sec

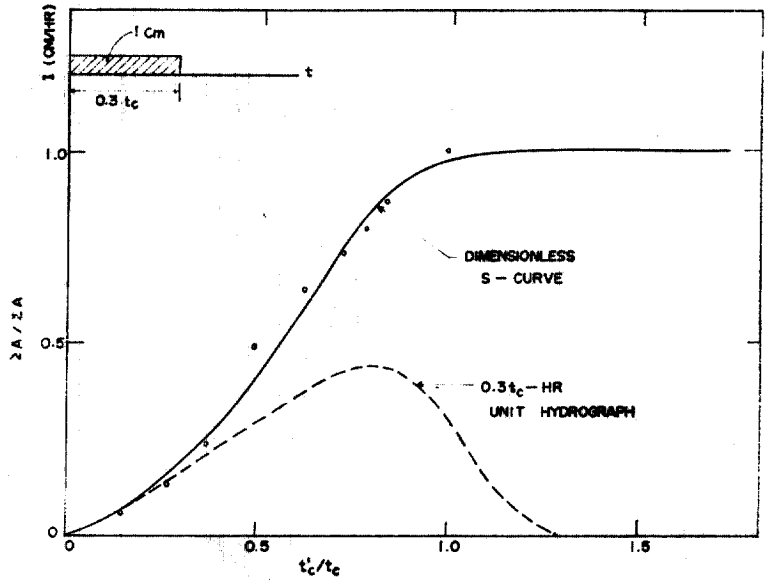

그림 4. Dimensionless S-Curve for Goyang Basin.

表 2. 高陽流域의 0.3 t_c 無次元 單位圖計算

$\frac{t_i}{t_c}$	Smoothed S-Curve (그림 4)	Offset S-Curve	0.3$t_c$hrU.G (Q_i/Q_e)	Moment $\left(\frac{Q_i}{Q_e}\right)\left(\frac{t_i}{t_c}\right)$
0.1	0.044		0.044	0.0044
0.2	0.104		0.104	0.0208
0.3	0.180	0.0	0.180	0.0540
0.4	0.278	0.044	0.234	0.0936
0.5	0.396	0.104	0.292	0.1460
0.6	0.536	0.180	0.356	0.2136
0.7	0.695	0.278	0.417	0.2919
0.8*	0.852	0.396	0.456*	0.3648
0.9	0.944	0.536	0.408	0.3672
1.0	0.990	0.695	0.305	0.3050
1.1	1.000	0.852	0.148	0.1628
1.2	1.000	0.944	0.056	0.0672
1.3	1.000	0.990	0.010	0.0130
1.4	1.000	1.000	0.0	0.0
			Σ=3.010	Σ=2.1043

註 : $\frac{\bar{t}}{t_c}=\frac{2.1043}{3.010}=0.699$, $\frac{t_0}{t_c}=0.699-\frac{1}{2}(0.3)$

$=0.549$. $\frac{t}{t_0}=\frac{t/t_c}{t_0/t_c}=\frac{0.3}{0.549}=0.547$일 때

$Z=0.456$*. 따라서 $(Z, t/t_0)=(0.456,\ 0.547)$

큼 遲滯시켜 얻어지는 縱距差로 얻어지며 高陽流域의 0.3 t_c (0.3×41.8=12.54 min) 無次元 單位圖의 計算表및 結果는 各各 表 2와 그림 4에 표시되어 있다. 表 2의 計算에서 t/t_c=0.80일 때의 無次元 單位圖의 縱距 Q/Q_e=0.456이 最大이며 이 값이 바로 0.3 t_c 單位圖의 $P/Q_e=Z$ 이며 尖頭洪水量減少係數인 것이다. 同一한 요령으로 63個 標本流域에 대해 여러 持續期間別 (0.05 t_c, 0.10 t_c, 0.20 t_c…等)로 Z 값을 결정할 수 있었다.

5. 減少係數와 豪雨 및 流出特性因子間의 關係

尖頭洪水量의 減少特性은 流域의 流出特性 및 豪雨特性과 밀접한 關係를 가질 것임은 분명하다. 本 硏究에서는 流出特性을 대표하기 위해 流域의 遲滯時間 (lag time) t_0를 택하였으며 豪雨特性 因子로는 有效雨量의 持續時間(單位圖의 持續期間과 同一) t를 택하였다.

流域의 遲滯時間은 豪雨의 有效雨量柱狀圖의 圖心으로부터 水文曲線아래의 面積의 圖心까지의 時間間隔으로 定義되는 바 前述한 方法으로 유도된 流域別, 持續期間別 無次元 單位圖로부터 그림 5에서와 같이 算定하였다. 卽, 그림 5에서

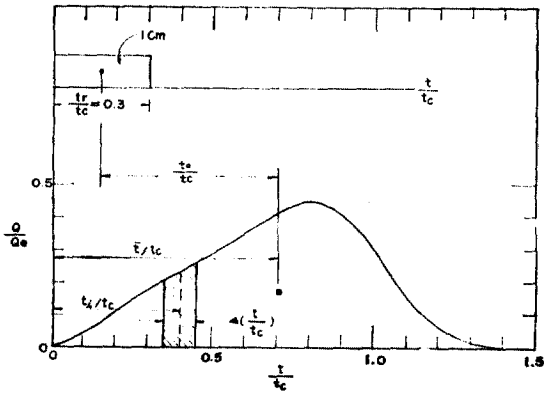

그림 5. Schematic Drawing for the Compution of Basin Lag Time (for $t=0.3\,t_c$)

$$\frac{t_0}{t_c}=\frac{\bar{t}}{t_c}-\frac{1}{2}\left(\frac{t_r}{t_c}\right) \tag{5}$$

여기서

$$\frac{\bar{t}}{t_c}=\frac{\sum_{i=1}^{N}\frac{Q_i}{Q_e}\Delta\left(\frac{t}{t_c}\right)\frac{t_i}{t_c}}{\sum_{i=1}^{N}\frac{Q_i}{Q_e}\Delta\left(\frac{t}{t_c}\right)}=\frac{\sum_{i=1}^{N}\frac{Q_i}{Q_e}\frac{t_i}{t_c}}{\sum_{i=1}^{N}\frac{Q_i}{Q_e}} \tag{6}$$

式 5에 의한 流域의 遲滯時間 t_0를 계산하는 方法이 表 2에 例示되어 있다.

이상과 같은 과정을 거쳐 算定된 流域別, 持續期間別 遲滯時間 t_0를 사용하여 單位圖의 持續期間 t를 無次元化한 變量 t/t_0(表 2의 註參照)와 그에 상응하는 尖頭流量 減少係數 Z間의 相關關係를 63個 標本流域에 대해 수립해 본 결과는 그림 6과 같다. 그림에서 볼 수 있는 바

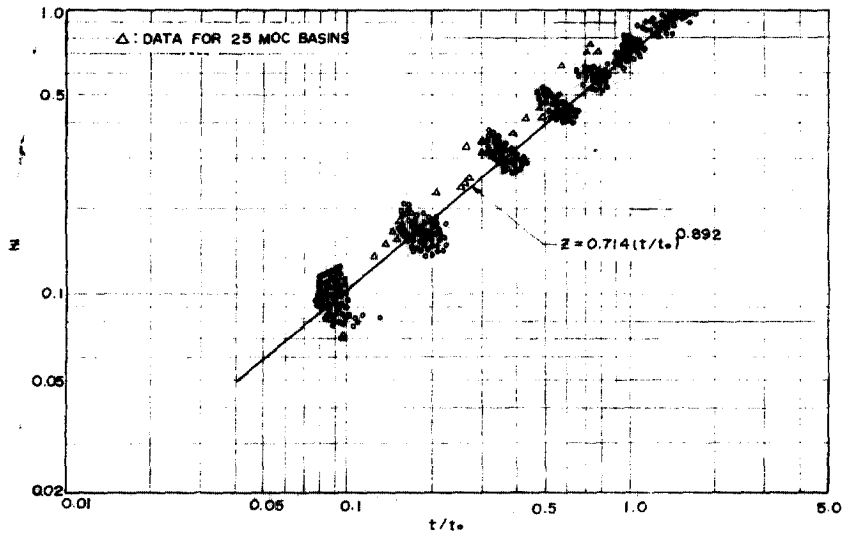

그림 6. Z-t/t_0 Relations for 63 Sample Watersheds.

와 같이 $Z\sim t/t_0$ 關係는 선정된 流域 및 豪雨持續期間에 따라 상당한 分散을 보이는 것이 사실이나 대체로 멱함수 關係로 나타낼 수 있으며 回歸分析에 의한 回歸方程式은 그림에 표시되어 있다.

標本流域으로 선정된 流域보다 面積이 훨씬 큰 流域의 $Z\sim t/t_0$ 관계와 비교하기 위해 그림 6에는 建設部의 河川整備基本計劃[15,16,17,18]에 포함되어 분석된 25個 流域에 대한 $Z\sim t/t_0$ 관계도 표시하였다. 선택된 25個 流域은 漢江, 錦江 및 蟾津江의 支流流域으로서 流域面積은 100~500 km² 規模이고 整備基本計劃수립의 一環作業으로 나까야수의 綜合單位圖法 혹은 Snyder 型의 合成單位圖法으로 單位圖(持續期間 t=1, 2, 4 hrs)를 合成한 바 있다. 따라서 本 硏究에서는 유도된 單位圖를 그대로 사용하여 前述한 方法으로 流域別 t/t_0에 상응하는 Z를 계산하여 그림 6의 資料點을 얻었다. 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 建設部에서 分析한 流域에 대한 資料는 63個 標本流域에 대한 資料와 대체로 유사한 相關性을 보이나 같은 t/t_0 값에 대해 Z값이 약간 큰 것으로 나타나고 있다. 이는 尖頭流

量 減少係數 Z 값의 결정방법이 相異하기 때문에 생긴 결과라고 풀이되며 本 流域面積의 範圍內에서는 그 差異를 거의 무시해도 무방할 것으로 판단된다. 따라서 63個 標本流域에 대하여 導出한 回歸直線과 方程式을 本 硏究의 결과로 얻은 $Z\sim t/t_0$ 關係로 채택키로 하였다.

6. 流域의 遲滯時間과 地形因子間의 關係

한 流域의 遲滯時間 t_0는 그 流域의 流出特性을 대표하는 特性因子이므로 流出特性에 지배적인 영향을 미치는 地形因子인 流域의 流路延長 L 및 流路의 平均傾斜 S와 밀접한 相關性을 가질 것이다. 따라서 本 硏究에서는 $Z\sim t/t_0$ 關係 樹立을 위해 구하였던 63個 標本流域의 單位圖와 그로부터 計算한 t_0에 상응하는 流域別 L, S 資料를 사용하여 $t_0\sim L\sim S$ 相關關係를 그림 7과 같이 수립하였으며 複合線形回歸分析에 의해 얻은 相關式은 그림 7에 표시한 바와 같다. 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 流域의 遲滯時間 t_0는 L의 멱승에 비례하고 S의 멱승에 反比例한다. 그림 7의 關係를 $t_0\sim L/\sqrt{S}$ 관계로 표시하면 그림 8과 같으며 좋은 相關性을 보여 주고 있다.

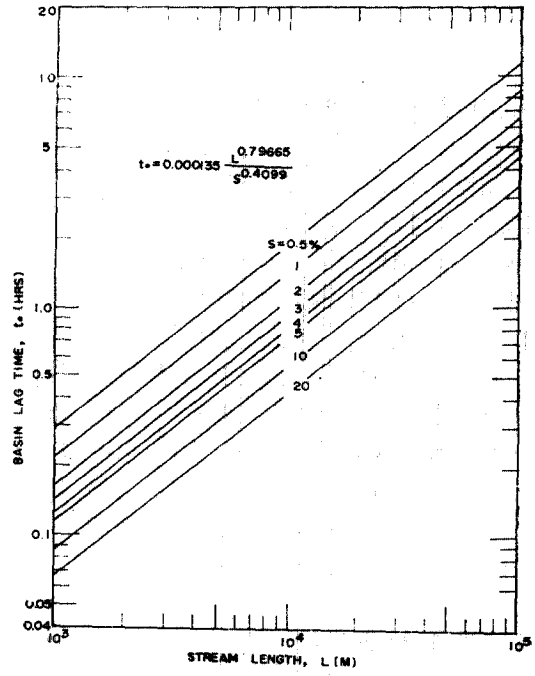

그림 7. Relationship for Basin Lag Time-Stream Length-Stream Slope.

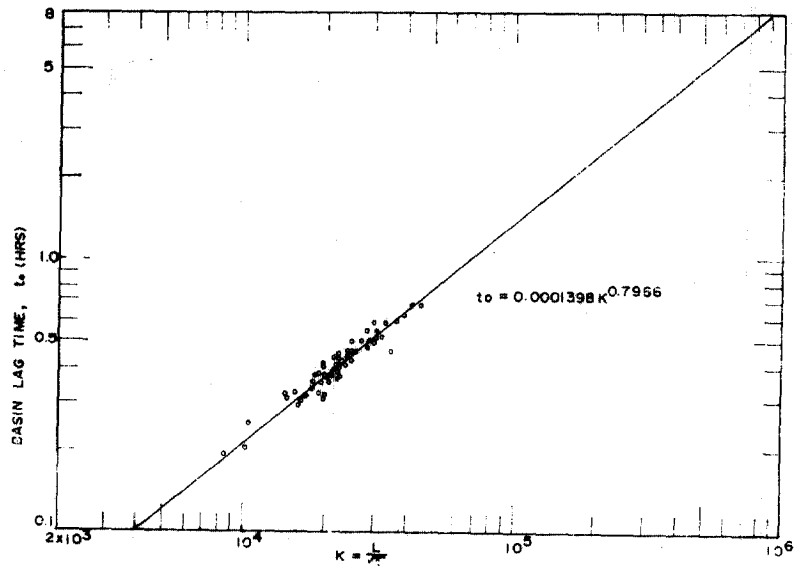

그림 8. Relationship for t_0-K

따라서 任意의 小河川流域에 대한 遲滯時間 t_0를 算定하기 위해서는 그 流域의 流路延長과 流路傾斜를 地形圖로부터 구하여 그림 7 혹은 그림 8을 사용하면 쉽게 구할 수 있음을 알 수 있다.

7. 小河川流域의 計劃洪水量 決定節次

本 硏究의 結果를 사용하여 河川流域의 計劃洪水量을 결정하는 절차를 살펴보면, 우선 水工構造物의 重要性에 따라 設計期間(design period)을 선정하고 流域의 地理的 位置에 따라 降雨能係數 Y를 그림 1과 같은 결과로부터 결정한다. 다음으로, 流域의 土壤 및 被覆狀態에 따라 土壤圖를 사용하여 [13] 流域의 平均流出數(runoff number)를 계산한 후 그림 2를 사용하여 降雨持續時間別 流出能係數 X를 算定하게 된다. 이와 같이 Y와 X가 산정되면 流域의 流路延長 L과 平均流路傾斜 S를 地形圖로부터 측정하여 그림 7 혹은 그림 8을 이용하여 t_0를 구하고 降雨持續期間別로 t/t_0에 상응하는 尖頭洪水量 減少係數 Z값을 그림 6으로부터 결정하게 된다.

따라서 降雨持續期間 t 別로 流出能係數 X와 減少係數 Z가 決定되고 流域의 降雨能係數 Y는 流域의 位置와 設計期間(혹은 降雨의 再現期間)에 따라 固有의 값을 가지므로 各 持續期間 t에 해당하는 洪水量을 $Q=AXYZ$로부터 計算할 수 있다. 이와 같이 計算된 洪水量중에서 最大洪水量이 바로 計劃洪水量이 되며 이 洪水量에 해당하는 豪雨의 持續期間이 바로 計劃持續期間(critical period)인 것이다.

以上의 節次에 의한 計劃洪水量의 算定方法을 例示하기 위하여 漢江下流部의 支流流域인 慶安川의 한 地點流域을 선정하여 50年 計劃洪水量을 算定해 보았다. 流域의 流路延長 $L=11,200$ m, 平均流路傾斜 $S=0.023$, 流域面積 $A=20.8$ km² 이고 槪略土壤圖[14]를 사용하여 결정한 流域의 平均流出數 $N=74.5$이며 本流域은 京畿道 龍仁郡 龍仁面 一帶에 위치하고 있으므로 50年 日雨量인 247.79 mm와 指標地點인 서울의 312 mm를 사용하여 式 3으로부터 降雨能係數 Y를 계산하면 $Y=2.204$를 얻는다(그림 1의 $Y=2.53$은 漢江流域 全體를 平均한 값임). 따라서 慶安川의 한 地點流域에 대한 洪水量은 表 3과 같이 計算할 수 있으며 50年 頻度의 計劃洪水量은 表 3에서 계산된 洪水量중 最大値인 181.60 m³/sec 이다.

表 3. 慶安川流域의 50年 設計洪水量 計算

($Y=2.204$, $A=20.8$ km²)

降雨持續期間 t(min)	t(hr)	流出能係數 X(cm/hr)	減少係數 Z	洪水量(m³/sec) $Q=AXYZ$
10	0.167	2.12	0.136	13.22
20	0.333	2.39	0.252	27.61
30	0.500	3.32	0.362	55.09
40	0.667	3.79	0.468	81.30
60	1.000	4.28	0.672	131.84
80	1.333	4.15	0.868	165.13
90	1.500	4.08	0.971	181.60*
120	2.000	3.81	1.000	174.65
180	3.000	3.13	1.000	143.48
240	4.000	2.71	1.000	124.23
360	6.000	2.16	1.000	99.01

註 : X; 그림 2로부터 $N=74.5$일 때 $t$hr 別로 流出能係數 X값을 읽음.

Z; 경안천 유역의 $t_0=0.000135\ (11,200)^{0.79655}\ (0.023)^{-0.4099}=1.066$ hr 이므로 t/t_0 別로 그림 6에서 尖頭洪水量 減少係數 Z값을 읽음.

* ; 50年 計劃洪水量은 降雨持續期間이 1.5時間일 때의 181.60 m³/sec 임.

8. 他方法에 의한 計劃洪水量과의 比較

本 方法에 의한 計劃洪水量의 신빙성을 정확하게 검사하기 위해서는 慶安川 地點流域에 대한 實測資料를 가지고 單位圖法이나 頻度分析法等에 의하여야 할 것이나 流量資料가 전혀 없는 실정이므로 現在 國內에서 實務에 많이 사용하고 있는 몇 가지 洪水量 決定方法[12]에 의한 結果와 比較檢討하였으며 各方法의 基本公式과 사용된 變數의 값 및 50年 洪水量은 表 4와 같다.

表 4에서 볼 수 있는 바와 같이 가지야마 公式에 의한 50年 計劃洪水量은 他方法에 의한 값보다 상당히 크게 나타났으며 이는 現在까지 가지야마公式의 사용에서 밝혀진 性向을 그대로 再

表 4. 各種方法에 의한 50年 洪水量의 比較

方法	基本公式	常數 및 變數値	50年洪水量 (m^3/sec)
가지야마公式	$Q=F(310+r)\left(4+\frac{A}{L^2}\right)A^{1.016-0.1135\log_{10}A}$	$F=0.008$ $r=247.49$ mm $A=20.8$ km² $L=11.2$ km	257.70
나까야스綜合單位圖法	$t_g=0.21(L)^{0.7}$ $t_h=0.47(AL)^{0.25}$ $t_p=0.8t_0+t_g$, $Q_p=\frac{2.778RA}{0.3t_p+t_h}$	$A=20.8$ km² $L=11.2$ km² $t_0=24$ hr $R=24.749$ cm	180.06
修正合理式	$t_c=0.06626\frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$ $I=\frac{R}{24}\left(\frac{24}{t_c}\right)^{2/3}$, $Q=0.2778CIA$	$L=11.2$ km $S=0.023$ $R=247.49$ mm $C=0.60$	199.56
本研究에 依한 方法	$Q=AXYZ$	$A=20.8$ km² $Y=2.204$ X, Z ; 表 3 參照	181.60

立證해 주고 있다. 한편 나까야스의 綜合單位圖法이나 修正合理式에 의해 計算된 洪水量과 本研究結果를 사용하여 算定한 洪水量은 表 4에서 보는 바와 같이 큰 差異를 나타내지 않았으며, 따라서 本 方法의 實務에의 適用可能性을 어느 정도 支持해 준다고 말할 수 있겠다.

가지야마 公式이나 나까야스方法 및 修正合理式에 의한 洪水量 計算에서는 流域의 流出特性을 대변하는 常數 F 혹은 C 等(表 4 參照)의 값에 洪水量의 크기가 직접 비례하므로 이들 값의 적절한 선택에 큰 문제가 있을 뿐 아니라 우리나라 流域을 對象으로 하여 開發된 方法들이 아니므로 實測流量資料로서 檢定하지 않는 以上 어느 정도 정확한 洪水量의 推定을 보장할 것인가는 알 수 없는 일이다. 이에 反해 本 研究로 얻은 洪水量 推定方法에서는 流域의 降雨能을 既往의 雨量資料의 頻度分析으로 결정했을 뿐 아니라 流域의 土壤型 및 地被狀態를 平均的으로 고려하여 결정한 流出數를 기준으로 流域의 流出能을 구하고 또한 流域의 貯溜効果를 고려해 주기 위해 流域의 地相學的 因子와의 相關性에 의해 尖頭洪水量의 減少係數를 導入한 點等은 上述한 單純洪水量公式에 비하면 훨씬 더 理論的 바탕이 튼튼할 뿐 아니라 우리 나라에 實存하는 63個 小流域의 分析에 의했다는 點에서도 向上된 洪水量 推定法이라 생각된다.

9. 結 論

本研究는 이미 發表된 바 있는 "小河川流域의 潛在流出量 決定"[13]에 關한 研究를 完成시키기 위한 것으로서 流域의 貯溜効果를 고려치 않은 潛在流出量에 貯溜効果를 代表하는 尖頭洪水量 減少係數를 곱하여 計劃洪水量을 決定할 수 있도록 한 것이다. 尖頭洪水量 減少係數는 流域의 遲滯時間과 豪雨의 持續期間으로 얻어지는 無次元變量과 역함수관계로 표시되었으며, 流域의 遲滯時間은 面積集成法에 의해 얻어진 流域別 單位圖로부터 모멘트의 原理에 의해 계산되었다. 流域別로 計算된 遲滯時間은 해당 流域의 地形因子인 流路延長 및 流路傾斜와 상관시킴으로서 역함수 관계로 표시되는 경험공식을 유도하였다.

따라서 任意 小流域의 流路延長 및 平均河川傾斜를 地形圖로부터 결정하면 遲滯時間을 결정할 수 있고 따라서 降雨持續期間別 減少係數를 相關關係圖로부터 결정할 수 있게 된다. 流域의 潛在流出量은 流域面積에 再現期間別 降雨能係數와 降雨持續期間別 流出能係數를 곱한 것이므로 이에 降雨持續期間別 減少係數를 곱함으

로써 特定 再現期間에 대한 降雨持續期間別 洪水量을 얻게 되며 이중 最大洪水量이 바로 設計洪水量이 되는 것이다. 本 方法에서 얻어진 각종 노모그램과 相關經驗式 等은 流域面積 4~22 km^2되는 自然狀態 혹은 農耕地 流域을 對象으로 얻어진 것이므로 本 方法의 適用에 있어서도 類似한 條件이 前提되어야 할 것이다.

本 方法의 實務에의 適用可能性을 검사하기 위해 가지야마 經驗式, 나까야스 綜合單位圖法 및 修正合理式과 比較해 본 결과 나까야스方法 및 修正合理式에 의한 결과와는 거의 一致하였다. 本 方法은 國內 小河川流域을 거의 全國的으로 포괄하고 있고 單位圖理論을 基礎로 하고 있어 理論的 근거도 他方法보다 타당하다고 생각되나 앞으로 國內 小河川流域에 대한 雨量 및 流量의 實測資料가 集積되면 檢正되어야 할 것으로 믿는다.

參 考 文 獻

1. Cleemann, T.M., "Proper Amount of Waterway for Culverts", *Proceedings, Engineer's Club of Philadelphia, Vol. 1*, 1879.
2. Chow, V.T., "Hydrologic Determination of Waterway Areas for the Design of Drainage Structures in Small Drainage Basins", *University of Illinois Engineering Experiment Station, Bulletin No. 462*, 1962.
3. Kuikling, e., "The Relation Between the Rainfall and the Discharge of Sewers in Populous Districts", *Transactions, American Society of Civil Engineers, Vol. 20*, 1889.
4. Lloyd-Davis, D.E., "The Elimination of Storm Water from Sewerage Systems", *Minutes of Proceedings, Institution of Civil Engineers, Vol. 164*, 1906.
5. Merriman, T. and Wiggin, T.H., *America Civil Engineers' Handbook*. 5th Ed., John Wiley & Sons, Inc., New York, 1930, p. 2009.
6. Ibid., p. 2010.
7. Ministry of Construction, *Design Guidelines, Drainage*, Vol. 2, Louis Berger, Inc., Seoul, 1974.
8. Rowe, R.R. and Thomas, R.L., "Comparative Hydrology Pertinent to California Culvert Practices", *California Highways and Public Works, Vol. 20*, 1942.
9. Soil Conservation Service, *Hydrology, National Engineering Handbook, Section 4*, U.S. Department of Agriculture, Government Printing Office, Washington, D.C., 1972.
10. Talbot, A.N., "The Determination of waterway for Bridges and Culverts", Selected Papers of the Civil Engineers' Club, Technograph No. 2, University of Illinois, 1887~1888.
11. 尹龍男, 水文學, 淸文閣, 1975.
12. 崔榮博, 水文學·河川工學(I), 螢雪出版社, 1975.
13. 尹龍男, 洪昌璿, "小河川流域의 潛在流出量 決定", 大韓土木學會 論文集, 第2卷, 第1號, 1982.
14. 農村振興廳 植物環境硏究所, 槪略土壤圖, 1971.
15. 漢江河川整備基本計劃, 建設部, 1977~1978.
16. 錦江河川整備基本計劃, 建設部, 1974~1975.
17. 蟾津江河川整備基本計劃, 建設部, 1978.
18. 榮山江河川整備基本計劃, 建設部, 1978.

(接受 : 1984. 1. 20)