

# 再現期間別 確率降雨強度式 算定에

## 關한 水文統計學的 考察

—清州 地方을 中心으로—

### A Review for Calculation of the Formula for Probable Rainfall Intensities Following Return Periods in the Hydrological Statistics.

—On Cheong-Ju district—

李 淳 赫\*  
Soon HYuk Lee

#### Summary

The author attempted to find most suitable formulas for probable rainfall intensities with analysis and consideration for characteristics of rainfall intensities according to the short and long period return periods at Cheong-Joo district.

Above mentioned formulas induced by this study can be contributed to the credibility of runoff estimation for urban sewerage system, drainage works in small catchment area and embankment works in the rivers. The results of this study are summarized as follows:

1. Calculation values by Gumbel-Chow method were selected as a mean values for the calculation of probable rainfall intensities according to return periods in the short period.
2. Calculations for probable rainfall intensities for long period are based upon to the result by Iwai's method.
3. Talbot type,  $I = \frac{a}{t+b}$  is confirmed as a most suitable formula for probable rainfall intensities among calculation methods in the short periods at Cheong-Joo district.
4. Specific coefficient method,  $I^{24} = R_N^{24} \beta_N$  was selected as a means of calculation for suitable formulas of probable rainfall intensities according to return periods in case of long period.
5. Runoff estimation with high credibility by rational formula can be anticipated by establishment for the most suitable probable rainfall intensities at Cheong-Joo district.

I. 序 論

中小河川에 있어서의 各種 水利構造物의 計劃 設計 및 施工을 爲한 河川 洪水量의 推定과 都市 下水道에서의 雨水流出量은 當該地方에 있어서의 降雨 特性에 依해 달라지게 된다. 特히 小流域을 對象으로 하는 排水計劃을 爲해서는 年, 月, 日 等の 長時間 繼續 降雨 보다 是 一連의 降雨中에서 2時間以內의 豪雨가 무엇보다도 重要하며 短 時間 降雨의 降雨 強度, 繼續時間과 頻度等을 명확히 把握 하므로서 合理的인 計劃과 設計가 가능케 한다. 또한 河川 洪水量과 같은 流域이 광활한 경우에는 長時間 降雨도 普通 日雨量을 單位로 하는 降雨強度가 쓰여지고 있는. 1960年代에 들어서서 一般의 治水, 排水計劃을 爲한 設計 基礎資料로서의 降雨強度를 從來의 관측치에만 依存해온 方法을 止揚하고 이들 관측치를 基礎로해서 將次 發生할 수 있는 量的인 推定과 各 水文量의 發生頻度の 推定을 追求해 나가는 水文 統計의 急進的인 發展으로 當該地方의 降雨特性을 代表할 수 있는 確率降雨 및 確率降雨強度에 對한 分析考察과 解析이 活潑히 進行되어왔다. 本 論文에서는 淸州地方을 對象으로해서 再現期間別에 따른 降雨強度 計算을 몇가지 方法에 依據 算出하여 比較 分析하고 最終의 都市 下水道 및 小區域·排水 工 等を 爲한 短時間 確率降雨強度의 最適式과 各種 水利 構造物 設計에 利用되는 流出量 算定을 爲한 長時間(日單位) 確率降雨強度式을 誘導하고자 한다.

表-1. 크기 순 강우강도 (mm/min)

시간 (분) 순위	5	10	20	30	40	60	80	120
1	120.0	103.2	93.6	75.2	57.5	47.5	46.7	32.1
2	100.8	97.2	82.2	61.8	52.4	39.2	32.9	28.5
3	99.6	84.0	57.6	51.2	47.6	38.6	29.9	2.76
4	78.0	78.0	52.5	48.6	43.4	34.2	27.3	22.6
5	97.2	56.4	48.3	45.8	41.7	32.4	27.2	20.5
6	63.6	54.6	47.4	39.4	35.3	30.8	24.5	20.4
7	57.6	54.0	46.2	38.0	30.6	24.7	22.4	19.7
8	55.2	54.0	45.3	37.0	29.6	23.7	22.1	17.2
9	54.0	51.6	42.3	34.6	29.1	23.6	20.1	16.3
10	51.6	49.8	41.4	31.8	27.0	23.5	19.6	15.8
11	50.8	43.8	31.5	29.0	25.9	22.3	18.9	15.7
12	45.6	43.2	31.2	27.6	23.9	20.8	16.5	12.7
13	43.2	42.0	30.6	25.8	20.9	16.0	12.0	10.7

등의 여러가지 方法이 있지만 우리가 必要로 하는 年 最大日雨量이나 年 最大洪水量 等の 度數分布曲線은 年 降雨量과 같은 正規分布를 나타내지 않고 非對稱分布를 表示하는 故로 確率密度曲線을 正規化 시키기 爲해 對數正規 分布로 假定하는 方法等이 主로 使用되고 있다. 水文統計에 있어서 頻度を 縱軸에 變量을 橫軸에 取하여 變量에 따른 確率과의 關係曲線을 作成하면 變量의 確率密度函數  $f(x)$ 는

$$f(x) dx = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-x_0)^2}{2\sigma^2}} dx$$

(但  $\int_{-\infty}^{\infty} f(x) dx = 1$ )

超過確率  $W(x)$ 와 非超過確率  $S(x)$ 는 다음式으로 表示된다.

$$W(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_x^{\infty} e^{-\frac{(x-x_0)^2}{2\sigma^2}} dx = 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{(x-x_0)^2}{2\sigma^2}} dx$$

$$\text{or } W(x) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{\xi}^{\infty} e^{-\xi^2} d\xi = 1 - \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{\xi} e^{-\xi^2} d\xi$$

$$S(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{(x-x_0)^2}{2\sigma^2}} dx = 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_x^{\infty} e^{-\frac{(x-x_0)^2}{2\sigma^2}} dx = 1 - W(x)$$

II. 降雨分析 對象地 및 降雨資料

忠北의 道廳 所在地인 淸州地方을 分析 對象地로 選定하고 短時間 降雨資料로서는 과거 10年間에 걸친 自記 降雨量 記錄中 日降雨量 80mm 以上の 豪雨를 表에서 보는바와같이 크기順 강우강도 로서 5, 10, 20, 30, 40, 60, 80, 120분으로하여 13개의 자료치를 발취하였고 장시간, 강우자료 로서는 과거 25년간에 걸친 25개 자료치(9)를 분석대상으로 하였다.

III. 再現期間別 確率降雨強度 分析에 關한 理論

水文資料의 頻度解析에는 正規分布, 對數正規分布 Gumbel-chow法, 極值分布, Gamma分布, 指數分布

本 研究에서는 다음의 4가지 方法으로 分析하였는데 이들에 關한 概要를 들면 다음과 같다.

### 1. 岩井法

岩井氏は片側有限分布, 兩側有限分布 등을提唱했으나 여기에서는 가장 유용한 片側有限分布에 대해서論하기로 한다. 이 方法의 特色으로는 下限値  $b$ 가 있어서 이의 값이  $+, -, 0$ 을 取함에 따라서 確率紙上에서 曲線形狀이 變化해서 他方法에서 보다 適合性이 크다고 볼수있다. 이들 式을整理해보면 다음과 같다.

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{\xi} e^{-\xi^2} d\xi, \zeta = a \log_{10} \frac{x+b}{x_0+b} \quad (-b < x < \infty)$$

$$\log_{10}(x+b) = \log_{10}(x_0+b) + \left(\frac{1}{a}\right)\xi(a, b, x_0: \text{定數})$$

$$\log_{10}x_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log_{10}x_i, \quad b = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m b_i, \quad m \doteq \frac{n}{10}$$

$$b_i \doteq \frac{x_s x_t - x_0^2}{2x_0 - (x_s + x_t)}, \quad X_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log_{10}(x_i + b) \\ = \log_{10}(c + b)$$

$$\bar{X}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \{\log(x_i + b)\}^2$$

$$\frac{1}{a} = \sqrt{\frac{2}{n-1} \sum_{i=1}^n \left(\log_{10} \frac{x_i + b}{x_0 + b}\right)^2} = \sqrt{\frac{2n}{n-1} (\bar{X}^2 - X_0^2)}$$

式中  $x_s$ : 관측치에서 크기 順으로 배열시

1, 2, ..., m 번째의 값

$x_t$ : 관측치에서 작은 順으로 배열시

1, 2, ..., m 번째의 값

$n$ : 자료수  $m \doteq \frac{n}{10}$  (整數)

### 2. 對數正規分布型 解析

變量이 對數로 變換된 分布로서  $\log_{10}x_i (i=1, 2, \dots, n)$ 의 平均値 및 표준편차  $\sigma_0$ 를  $\log_{10}x_i = \log_{10}x_0 + \frac{1}{n}$

$$\sum_{i=1}^n \log_{10}x_i$$

$$\sigma_0 = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\log_{10}x_i - \log_{10}x_0)^2}$$
 로 나타낼 수 있다.

$$\text{상수 } a = \frac{1}{a} = \sqrt{\frac{2}{n} \sum_{i=1}^n (\log_{10}x_i - \log_{10}x_0)^2}$$

$$\log_{10}x = \log_{10}x_0 + \left(\frac{1}{a}\right)\xi$$

### 3. Hazen의 圖解法

年降雨量과 같이 그 分布가 正規에 가까운것은 正規確率 確率紙를 쓰고 年最大 日雨量과 같이 對數正規을 이루는 것은 對數確率紙를 使用한다. 確率紙에 依한 近似解法으로서는 Hazen plot外에 Thomas plot, California Plot法 등이 있으나 여기에서는 記錄이 적은 경우에 주로 쓰고있는 Hazen 方法에 依하기로 한다. 確率紙에 降雨量 記錄을 Plotting 하는데 있어서 記錄數가 적은 境遇에는 크기 順으로  $i$ 번째의 값을 다음式에 依해서 plotting한다.

$$W(x_i) = \frac{2i-1}{2n}$$

Hazen plot에 依한 非 超過確率은

$$S(x_i) = 1 - \left(\frac{2i-1}{2n}\right) \text{이다.}$$

### 4. Gumbel-chow 法

非對稱分布에 對해서 美國에서 많이 利用되고 있는 이 法은 다음 式으로 表示하였다.  $x = \bar{x} + \sigma K$

여기서  $\bar{x}$ : 變量  $x_i$ 에 관한 平均値

$\sigma$ : 표준편차

$K$ : 度數係數

表-2. 확률 年에 따른 K의 值

T	5	10	20	30	50	80	100	200	400
K	0.72	1.304	1.867	2.198	2.592	2.942	3.137	3.683	4.084

### 5. 降雨強度式型

降雨強度式型으로서는 Talbot의  $I = \frac{a}{t+b}$ ,

Sherman의  $I = \frac{a}{t^n}$ , 石黑氏의 嚴密法인  $I = \frac{a}{\sqrt{t+b}}$

와 近年에 石黑氏가 提唱한 特性係數法인  $I = \frac{a' \cdot R_N}{\sqrt{t+b}}$

을 들수있다. 石黑氏는 特性係數法이 嚴密法보다도 훨씬 正確度가 크다고 발표하였다. 本 論文에서는 上記한 4가지 式型中에서 最適式의 誘導을 試圖하였다. 여기에서 Talbot, Sherman type와 嚴密法의 概要는 省略하고 다만 近年에 發表된 石黑氏의 特性係數法에 關해서 略述하기로 한다. 降雨強度 曲線의 勾配를 表示하는 係數는 各 地方의 降雨特性에 依해서 決定되어 지기 때문에 이를 特性係數라 명명하고 이로부터 降雨強度式型을 다음과 같이 表示하였다.

$$I_N = R_N \cdot \beta_N$$

여기에서  $I_N$ :  $N$ 年 확률 강우 강도식

$R_N$ :  $N$ 年 확률 우량

$\beta_N$ :  $N$ 年 確率 特性係數

長時間으로 日雨量 單位의 確率 降雨強度式은 다음과 같이 表示된다.

$$I^{24} = R_N^{24} \cdot \beta_N = I_N^{24} \cdot \left( \frac{a'}{t+b} \right)$$

여기에서  $I^{24}$ : 確率 日降雨強度式

$R_N^{24}$ :  $N$ 年 確率의 24시간 雨量

$\beta_N$ : 特性係數  $\left( \frac{a'}{t+b} \right)$

$$a' = b + 24, \quad b = \frac{24 - \beta_N \cdot t}{\beta_N - 1}$$

$$\beta_N = \frac{I_N^t}{I_N^{24}}$$

#### IV. 結果 및 考察

確率降雨強度의 算定에는 前述한바와 같이 解析的 方法으로 岩井法, 對數正規法, Gumbel—Chow法을 圖解的 方法으로는 Hazen法을 適用하였다.

##### 1. 短時間(2시간 以內) 確率 強度計算

再現期間別로 算定된 結果值를 살펴보면 그림 1-1, 1-2, 1-3, 1-4, 1-5, 1-6, 1-7, 1-8에서 보는 바와 같이 30분 까지의 20년 이하의 재현기간

에 있어서는 Hazen法을 除外하고는 거의 유사하고 80분과 120분의 20년 以下의 재현기간 에서는 거의 모든 方法이 잘 一致될을 나타낸다.

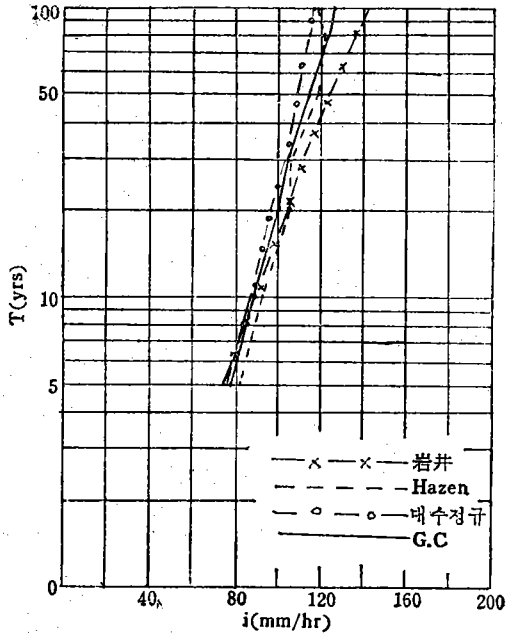


그림 1-2. 산정법에 따른 확률강우강도

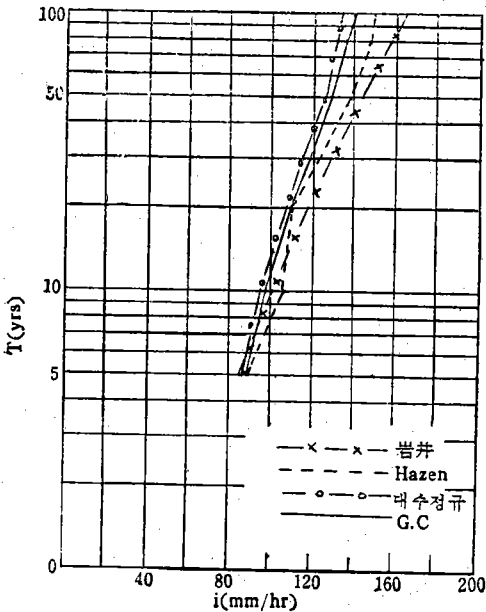


그림 1-1. 산정법에 따른 확률 강우강도

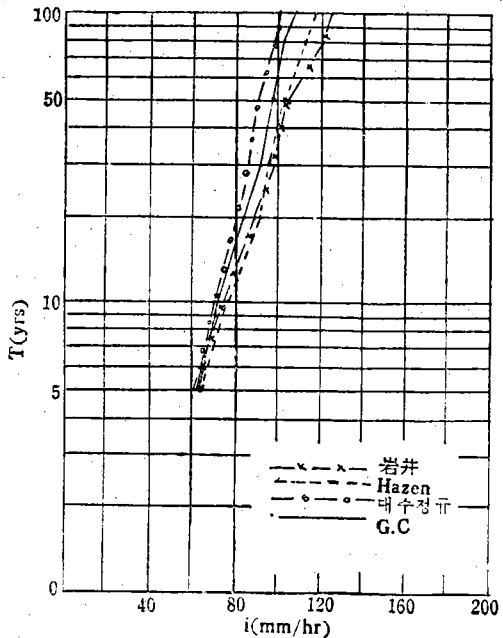


그림 1-3. 산정법에 따른 확률 강우 강도

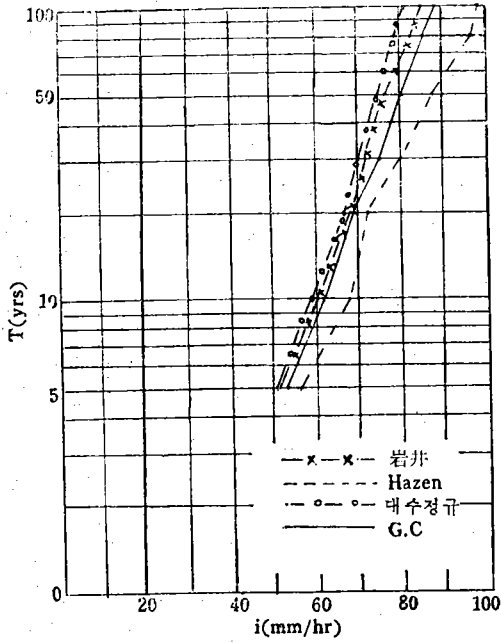


그림 1-4. 산정법에 따른 확률 강우 강도

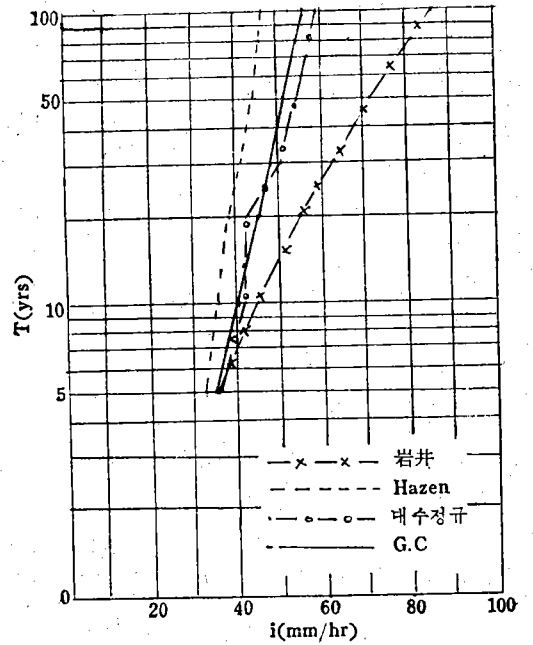


그림 1-6. 산정법에 따른 확률 강우 강도

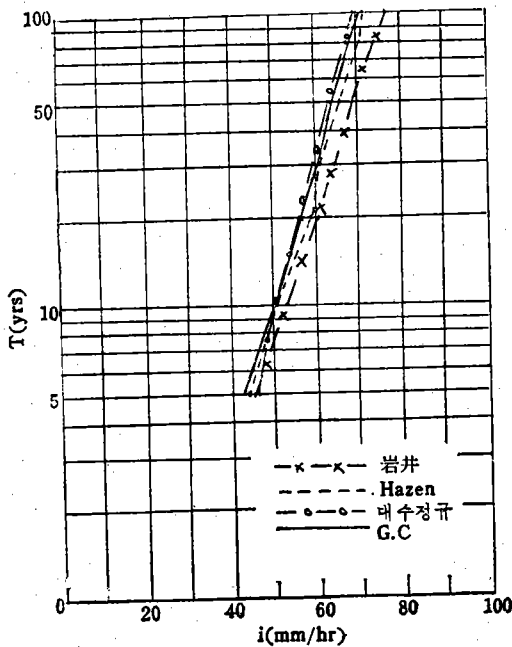


그림 1-5. 산정법에 따른 확률 강우 강도

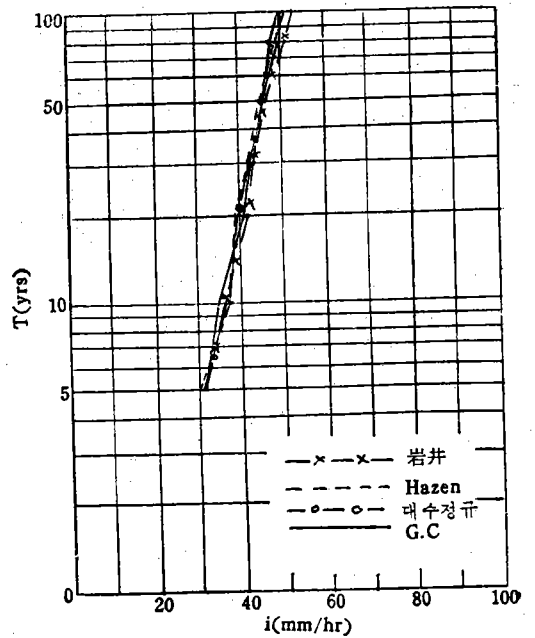


그림 1-7. 산정법에 따른 확률 강우 강도

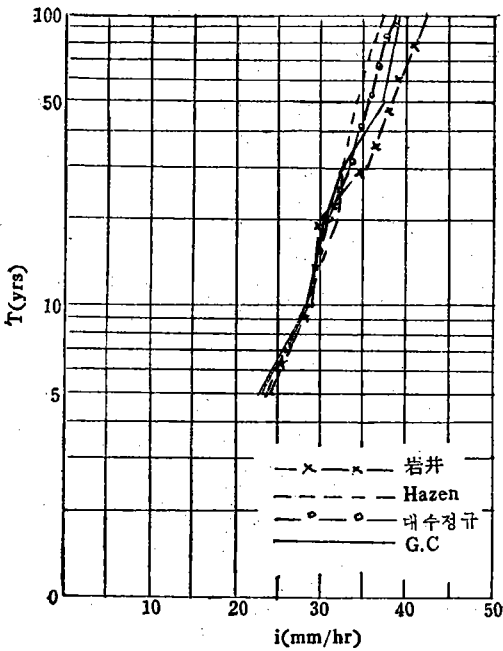


그림 1-8. 산정법에 따른 확률 강우 강도

각 시간(분)에 걸쳐서 평균적으로 보아 Hazen 法을 除外한 다른 方法은 거의 유사한 경향을 나타내고 있고 其中에서도 Gumbel-chow 法이 이들全體의 거의 中間值를 取하고 있는 點으로 미루어 이에 依한 值들을 代表值(表-3 參照)로서 採擇하고 確率降雨強度式型을 決定하였다.

表-3. Gumbel-Chow 法에 의한 재현기간별 강우강도

시간 (분)	5	10	20	30	40	60	80	120
확률년								
5	85.0	76.9	63.1	52.7	43.8	35.2	30.6	24.2
10	98.6	88.6	73.6	61.3	50.3	40.3	35.5	27.7
20	111.7	100.0	83.8	69.6	56.6	45.1	40.2	31.1
30	119.4	106.5	89.8	74.6	60.3	48.0	43.0	33.1
50	128.6	114.4	96.9	80.4	64.7	51.4	46.3	35.5
80	136.7	121.5	103.3	85.6	68.6	54.4	49.2	37.6
100	141.3	125.3	106.8	88.5	70.8	56.1	50.9	38.7

2. 長時間(24시간) 確率 降雨強度計算

淸州地方의 確率降雨強度式 決定을 爲한 確率日

雨量은 岩井法에 依한 結果值를 採擇하였다.  
(表-4 參照)

表-4. 淸州地方의 재현기간별 확률 일우량(岩井法)

T(년)	5	10	20	30	50	80	100
확률 일우량(mm)	176.0	211.0	251.0	259.8	290.0	304.6	324.0

3. 確率降雨強度의 最適式 決定

1) 短時間의 境遇

前述한 바와 같이 Gumbel-chow 法에 依한 結果值를 使用하여 Talbot, Sherman, 罫 밀법(石黑), 특성 계수법(石黑)의 4가지 확률강우 강도식의 常數值들을 最少自乘法에 依해서 求한 結果는 表-5와 같다.

表-5. 確率 降雨強度式型別 常數值

式型	Talbot		Sherman		罫 밀법		특성 계수법	
	$I = \frac{a}{t+b}$	$I = \frac{a}{t^n}$	$I = \frac{a}{\sqrt{t+b}}$	$I = \frac{a' RN}{\sqrt{t+b}}$	a	b	a'	b
T								
5	3575	37.3	19.0	0.4	1310	0.95	8.48	0.73
10	4094	36.7	78	0.1	356	0.9	8.42	0.61
20	4902	37.6	89.6	0.09	407	1.0	8.34	0.60
30	5561	45.4	78	0.04	423	0.83	8.35	0.6
50	5236	35.8	292	0.419	543	1.75	8.32	0.57
80	1509	35.3	308	0.413	481	0.79	8.32	0.57
100	5720	35.4	303	0.418	496	0.78	8.32	0.57

또한 確率年에 따른 各 時間別 確率降雨強度式을 算出한後 실측 자료치에 對한 偏差를 求해서 最小인것을 各 再現 期間別確率降雨強度 最適式으로 採擇 하였다. 各種 降雨強度式型에 있어서는 表 6-1, 6-2, 6-3, 6-4, 6-5, 6-6, 6-7에서 보는 바와 같이 再現期間別 共히 Talbot 式型이 편차 범위가 1.55~5.73으로 가장 적었고 그 다음이 平均的으로 罫 밀법, 특성 계수법, sherman 法의 順인것으로 보아 淸州地方은 Talbot type이 最適式인 것으로 判定된다. (表-7 參照) 이는 光州 地方<sup>(1)</sup>에서도 比較的 適合한 것으로 나타났고 反面 서울 地方의 最適式<sup>(2)</sup>이 石黑氏의 嚴密法임에 비추어 地方의 降雨特性에 따라 차이가 있음을 읽을수 있다.

表 6-1.

各種 式型的 偏差比較

(5년 확률)

분	t	5	10	20	30	40	60	80	120	$\Sigma\alpha^2$	$\sqrt{\frac{\Sigma\alpha^2}{N}}$
확률계산에 의한자료치	$I_5$	85.0	79.6	63.1	52.7	43.8	35.2	30.6	24.2		
Talbot의 계산치	$i_5$	84.53	75.59	62.4	53.13	46.25	36.75	30.48	28.89		
$i_5 - I_5$	$\alpha$	-0.47	-4.01	-0.7	0.43	2.45	1.55	-0.12	-0.131		
$(i_5 - I_5)^2$	$\alpha^2$	0.221	16.080	0.48	0.185	6.003	2.403	0.014	0.096	25.492	1.785
Sherman의 계산치	$i_5$	98.09	75.57	55.58	47.06	41.83	35.42	31.48	26.66		
$i_5 - I_5$	$\alpha$	13.09	-2.02	-2.52	-5.64	-1.97	0.22	0.88	2.46		
$(i_5 - I_5)^2$	$\alpha^2$	711.348	4.08	56.55	31.81	3.881	0.448	0.774	6.052	274.543	5.85
엄밀법의 계산치	$i_5$	97.45	75.5	57.26	48.31	42.68	35.70	31.38	26.08		
$i_5 - I_5$	$\alpha$	12.45	-4.1	-5.84	-4.39	-1.13	0.5	0.78	1.88		
$(i_5 - I_5)^2$	$\alpha^2$	155.0	16.81	34.106	19.272	1.277	0.25	0.608	3.634	230.86	5.372
특성계수법 의 계산치	$i_5$	100.64	76.70	57.38	48.09	42.31	35.22	30.86	25.55		
$i_5 - I_5$	$\alpha$	15.64	-2.9	-5.72	-4.61	-1.49	0.02	0.26	1.35		
$(i_5 - I_5)^2$	$\alpha^2$	244.61	8.41	32.72	21.252	2.22	0.0004	0.068	1.823	311.1034	6.236

$T:I = \frac{3575}{37.3}$     
  $S:I = \frac{190}{t^{0.11}}$     
 엄밀(石黑): $I = \frac{310}{\sqrt{t+0.95}}$     
 특성(石黑): $I = \frac{299}{\sqrt{t+0.73}}$

表 6-2.

各種 式型的 偏差比較

(10년 확률)

분	t	5	10	20	30	40	60	80	120	$\Sigma\alpha^2$	$\sqrt{\frac{\Sigma\alpha^2}{N}}$
확률계산에 의한자료치	$I_{10}$	98.6	88.6	73.6	61.3	50.3	40.3	35.5	27.7		
Talbot의 계산치	$i_{10}$	98.17	87.66	72.20	61.37		42.33	35.08	26.12		
$i_{10} - I_{10}$	$\alpha$	-0.43	-0.94	-1.4	6.07	3.07	2.03	-0.142	-1.58		
$(i_{10} - I_{10})^2$	$\alpha^2$	0.185	0.884	1.96	0.005	9.425	4.121	0.176	2.486	19.252	1.551
Sherman의 계산치	$i_{10}$	65.44	60.15	56.22	53.74	52.09	49.80	48.26	46.16		
$i_{10} - I_{10}$	$\alpha$	-33.16	-28.45	-17.38	-2.56	1.79	9.5	12.76	18.46		
$(i_{10} - I_{10})^2$	$\alpha^2$	1099.59	809.4	202.06	57.15	3.20	90.25	162.82	340.77	2865.24	18.925
엄밀법의 계산치	$i_{10}$	113.40	87.51	66.17	55.94	49.20	41.11		29.99		
$i_{10} - I_{10}$	$\alpha$	14.8	-1.09	-7.43	-5.36	-1.1	0.81	0.61	2.99		
$(i_{10} - I_{10})^2$	$\alpha^2$	219.04	1.188	55.205	28.23	1.21	0.656	0.372	5.244	311.645	6.2414
특성계수법 의 계산치	$i_{10}$	116.71	88.55	65.99	55.21	48.51	40.32	35.30	29.20		
$i_{10} - I_{10}$	$\alpha$	18.17	-0.05	-7.11	-6.09	-1.79	0.02	-0.2	1.5		
$(i_{10} - I_{10})^2$	$\alpha^2$	330.149	0.0025	50.55	37.088	3.204	0.0004	0.04	2.25	423.284	7.274

$T:I = \frac{4094}{t+36.7}$     
  $S:I = \frac{78}{t^{0.11}}$     
 엄밀(石黑): $I = \frac{356}{\sqrt{t+0.9}}$     
 특성: $I(石黑) = \frac{393}{\sqrt{t+0.57}}$

表 6-3.

各種 式型의 偏差比較

(20년 확률)

분	t	5	10	20	30	40	60	80	120	$\Sigma\alpha^2$	$\sqrt{\frac{\Sigma\alpha^2}{N}}$
확률계산에 의한자료치	$I_{30}$	111.7	100	83.8	69.6	56.6	45.1	40.2	31.1		
Talbot의계산치	$i_{30}$	114.99	102.92	82.06	72.48	63.15	50.21	41.67	31.1		
	$\alpha$	3.29	2.92	1.26	2.88	1.12	5.11	1.47	0		
	$\alpha^2$	10.82	8.53	1.59	8.29	1.25	26.11	2.16	0	58.75	2.710
Sherma계산치	$i_{30}$	76.687	71.434	67.672	65.328	63.594	60.886	59.737	57.64		
	$\alpha$	-35.013	-28.566	-16.128	-4.272	-6.994	15.786	19.537	26.54		
	$\alpha^2$	1225.91	816.016	260.113	18.205	48.916	249.197	381.69	704.37	3964.58	22.2615
밀법의계산치	$i_{30}$	125.73	97.75	74.35	62.82	55.54	46.52	40.91	34.03		
	$\alpha$	14.03	-2.25	-9.45	-6.78	-1.06	1.42	0.71	2.93		
	$\alpha^2$	196.84	5.60	89.30	45.97	1.12	2.02	0.5	8.849	350.19	6.616
특성계수법 의계산치	$i_{30}$	132.63	99.98	74.16	61.89	54.32	45.07	39.41	32.55		
	$\alpha$	20.93	-0.02	-2.64	-7.71	-2.28	-0.03	-0.79	1.45		
	$\alpha^2$	438.065	0.0004	58.370	59.444	5.198	0.0009	0.624	2.103	563.80	8.395

$T: I = \frac{4902}{t+37.6}$    
  $S: I = \frac{89}{t^{0.09}}$    
 엄밀(石黑):  $I = \frac{407}{\sqrt{t+1}}$    
 특성(石黑):  $I = \frac{376}{\sqrt{t+0.6}}$

表 6-4.

各種 式型의 偏差比較

(30년 확률)

분	t	5	10	20	30	40	60	80	120	$\Sigma\alpha^2$	$\sqrt{\frac{\Sigma\alpha^2}{N}}$
확률계산에 의한자료치	$I_{30}$	119.4	106.5	89.8	74.6	60.3	48.0	43.0	33.1		
Talbot의계산치	$i_{30}$	112.57	100.38	85.03	73.75	65.12	52.76	44.35	33.62		
	$\alpha$	-6.83	-6.12	-4.77	-0.85	4.82	4.76	1.35	0.52		
	$\alpha^2$	46.15	37.45	22.75	0.72	23.23	22.66	1.82	0.27	262.4	5.727
Sherman의계산치	$i_{30}$	72.98	70.343	68.487	67.949	67.187	65.547	65.327	60.224		
	$\alpha$	-46.42	-36.157	-21.313	-6.651	6.887	17.547	22.327	27.124		
	$\alpha^2$	2154.81	1307.32	454.244	44.236	44.431	307.897	498.495	735.711	555.035	31.035
엄밀법의계산치	$i_{30}$	137.87	105.89	79.73	67.02	59.12	49.32	43.32	35.88		
	$\alpha$	18.47	-0.61	-10.07	7.58	-1.18	1.32	0.27	2.78		
	$\alpha^2$	341.14	0.372	107.405	57.456	1.392	1.7420	0.729	7.729	511.31	8.055
특성계수법 의계산치	$i_{30}$	141.33	106.54	79.02	65.95	57.88	48.02	42.00	34.69		
	$\alpha$	21.93	0.04	-10.78	-8.65	-2.42	0.02	-1	1.59		
	$\alpha^2$	480.925	0.001	116.21	74.82	5.856	0.0004	1	2.528	681.34	9.246

$T: I = \frac{5561}{t+45.4}$    
  $S: I = \frac{78}{t^{0.04}}$    
 엄밀(石黑):  $I = \frac{423}{\sqrt{t+0.83}}$    
 특성(石黑):  $I = \frac{401}{\sqrt{t+0.6}}$



表 6-5.

各種 式型的 偏差比較

(50년 확률)

분	t	5	10	20	30	40	60	80	120	$\Sigma\alpha^2$	$\sqrt{\frac{\Sigma\alpha^2}{N}}$
확률계산에 의한자료치	$I_{50}$	128.6	114.4	96.9	80.4	64.7	51.4	46.3	35.5		
Talbot의 계산치	$i_{50}$	128.3	114.3	93.8	79.6	69.1	54.7	45.2	33.6		
$i_{50}-I_{50}$	$\alpha$	-0.3	-0.1	-3.1	-0.8	4.4	3.3	-1.1	-1.9		
$(i_{50}-I_{50})^2$	$\alpha^2$	0.09	0.01	9.61	0.64	19.36	10.89	1.21	3.61	46.42	2.383
Sherman의 계산치	$i_{50}$	149.18	111.67	83.61		62.62	52.94	46.94	39.6		
$i_{50}-I_{50}$	$\alpha$	20.58	-2.73	-13.29	-9.75	-2.08	1.54	0.64	4.1		
$(i_{50}-I_{50})^2$	$\alpha^2$	423.54	2.45	176.62	82.06	4.33	2.37	0.41	16.81	726.59	9.530
업밀법의 계산치	$i_{50}$	136.02	110.38	87.14	75.02	67.14	57.10	50.7	42.68		
$i_{50}-I_{50}$	$\alpha$	7.42	-402	-9.76	-5.38	2.44	5.7	4.4	7.18		
$(i_{50}-I_{50})^2$	$\alpha^2$	55.06	16.16	95.26	28.94	5.95	32.49	19.36	51.55	294.71	5.586
특성계수법 의 계산치	$i_{50}$	125.53	114.68	84.98	70.78	62.07	51.47	44.99	34.14		
$i_{50}-I_{50}$	$\alpha$	307	0.28	72.01	-9.62	-2.63	0.07	-1.31	1.64		
$(i_{50}-I_{50})^2$	$\alpha^2$	9.42	0.08	144.84	92.54	6.92	0.005	1.72	2.67	257.62	5.674

$T: I = \frac{5236}{t+35.8}$     
  $S: I = \frac{292}{t^{0.417}}$     
 업밀(石黑):  $I = \frac{543}{\sqrt{t+1.75}}$     
 특성(石黑):  $I = \frac{428}{\sqrt{t+0.51}}$

表 6-6.

各種 式型的 偏差比較

(80년 확률)

분	t	5	10	20	30	40	60	80	120	$\Sigma\alpha^2$	$\sqrt{\frac{\Sigma\alpha^2}{N}}$
확률계산에 의한자료치	$I_{80}$	136.7	121.5	103.3	85.6	68.6	54.4	49.2	47.2		
Talbot의 계산치	$i_{80}$	136.7	121.6	99.6	84.4	73.2	57.8	47.8	35.5		
$i_{80}-I_{80}$	$\alpha$	0	0.1	-3.7	-1.2	4.6	3.4	-1.4	11.7		
$(i_{80}-I_{80})^2$	$\alpha^2$	0	0.01	13.69	1.44	21.16	11.56	1.96	136.89	186.71	4.831
Sherman의 계산치	$i_{80}$	158.62	118.88	89.38	75.58	85.84	56.75	50.41	42.64		
$i_{80}-I_{80}$	$\alpha$	21.93	-2.62	-13.92	-10.02	17.24	2.35	1.21	4.56		
$(i_{80}-I_{80})^2$	$\alpha^2$	480.92	6.86	193.77	100.4	297.22	5.52	1.46	20.79	1106.94	11.763
업밀법의 계산치	$i_{80}$	158.9	121.7	81.4	76.7	67.6	56.3	49.4	40.3		
$i_{80}-I_{80}$	$\alpha$	22.2	0.2	-11.9	-8.9	-1	1.9	0.2	-6.25		
$(i_{80}-I_{80})^2$	$\alpha^2$	492.84	0.04	141.61	79.21	1	3.61	0.04	39.04	757.41	9.730
특성계수법 의 계산치	$i_{80}$	161.44	121.38	89.85	74.91		65.47	47.61	39.31		
$i_{80}-I_{80}$	$\alpha$	24.74	-0.12	-13.45	-10.69	-29	0.07	-1.59	-7.89		
$(i_{80}-I_{80})^2$	$\alpha^2$	612.06	0.01	180.9	114.27	8.41	0.005	2.53	62.25	980.44	11.07

$T: I = \frac{5509}{t+35.3}$     
  $S: I = \frac{308}{t^{0.416}}$     
 업밀(石黑):  $I = \frac{481}{\sqrt{t+0.79}}$     
 특성(石黑):  $I = \frac{453}{\sqrt{t+0.57}}$

表 6-7.

各種 式型의 偏差比較

(100년 확률)

분	t	5	10	20	30	40	60	80	120	$\Sigma\alpha^2$	$\sqrt{\frac{\Sigma\alpha^2}{N}}$
확률 계산에 의 하 자료치	$I_{100}$	141.3	125.3	106.8	88.5	70.8	56.1	50.9	38.7		
Talbot의 계산치	$i_{100}$	141.6	125.9	103.2	87.5	75.9	59.9	49.6	36.8		
$i_{100}-I_{100}$	$\alpha$	0.3	0.6	-3.6	-1	5.1	3.8	-1.3	-1.9		
$(i_{100}-I_{100})^2$	$\alpha^2$	0.09	0.36	12.96	1	26.01	14.44	1.68	3.61	60.16	2.742
Sherman의 계산치	$i_{100}$	154.54	115.55	86.46	72.9	64.57	54.54	48.29	40.8		
$i_{100}-I_{100}$	$\alpha$	13.24	-9.75	-20.34	-1.56	-6.23	-1.56	-2.61	2.1		
$(i_{100}-I_{100})^2$	$\alpha^2$	175.3	95.06	413.72	324.36	38.81	2.43	6.81	4.41	979.9	11.067
엄밀법의 계산치	$i_{100}$	164.39	125.77	94.40	79.24	69.78	58.15	50.98	42.25		
$i_{100}-I_{100}$	$\alpha$	23.09	0.47	-12.4	-9.26	-1.02	2.05	0.08	3.55		
$(i_{100}-I_{100})^2$	$\alpha^2$	533.14	0.229	153.76	85.747	61.040	44.202	50.006	412.602	760.73	9.751
특성계수법 의 계산치	$i_{100}$	166.4	125.1	92.6	77.2	87.7	56.2	49.1	40.5		
$i_{100}-I_{100}$	$\alpha$	25.1	-0.2	-14.2	64	16.9	0.1	-1.8	1.8		
$(i_{100}-I_{100})^2$	$\alpha^2$	630.01	0.04	201.64	40.96	285.61	0.01	3.24	3.24	1164.75	12.066

$T: I = \frac{5720}{t+35.4}$

$S: I = \frac{303}{t^{0.419}}$

엄밀(石黑):  $I = \frac{496}{\sqrt{t+0.78}}$

특성(石黑):  $I = \frac{467}{\sqrt{t+0.57}}$

表-7.

청주地方의 확률 강우강도 최저식

확률년	5	10	20	30	50	80	100
최 적 식	$\frac{3575}{t+37.3}$	$\frac{4094}{t+36.7}$	$\frac{4902}{t+37.6}$	$\frac{5561}{t+45.4}$	$\frac{5236}{t+35.3}$	$\frac{5509}{t+35.8}$	$\frac{5720}{t+35.4}$

算定되어진 各 確率降雨強度式 型을 再現期間別로 曲線을 그리던 그림 2-1, 2-2, 2-3, 2-4, 2-5, 2-6, 2-7과 같다. 再現期間別 各種 式型에 따른 曲線과 Plotting 된 實測資料值과 比較해 보드라도 Talbot 式型이 가장 適合함을 알을수 있으며 Sherman 型의 再現期間 10年 20年 및 30年の 曲線型은 隔差 크기에서 보여주는 바와같이 他式型에 比較해서 甚한 差異를 나타낼을 볼수 있다.

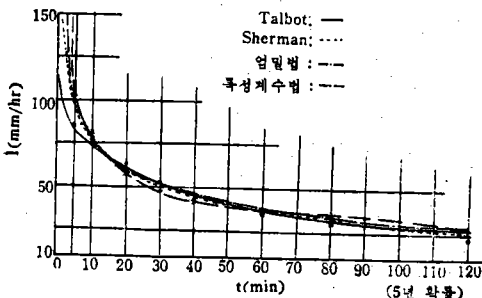


그림 2-1. 확률 강도 곡선 그림 (5년 확률)

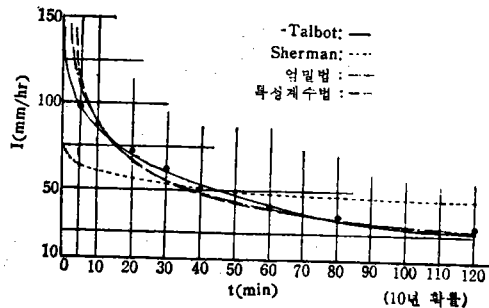


그림 2-2. 확률 강우 강도 곡선 (10년 확률)

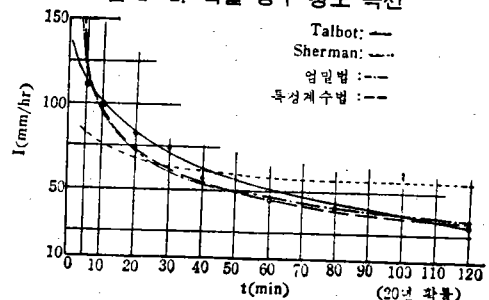


그림 2-3. 확률 강우 강도 곡선 (20년 확률)

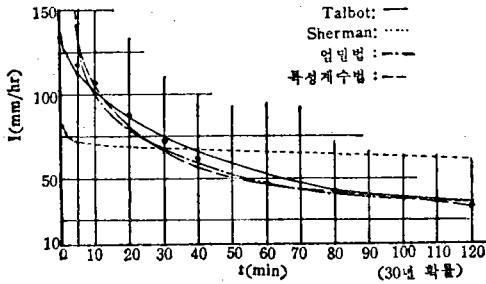


그림 2-4. 확률 강우 강도 곡선 (30년 확률)

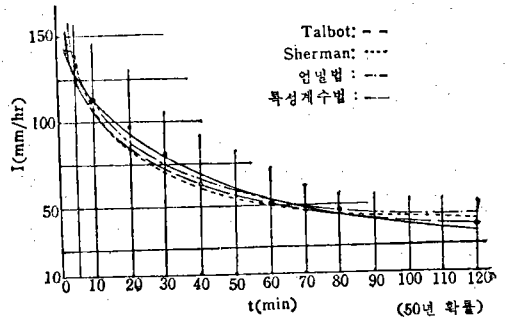


그림 2-5. 확률 강우 강도 곡선 (50년 확률)

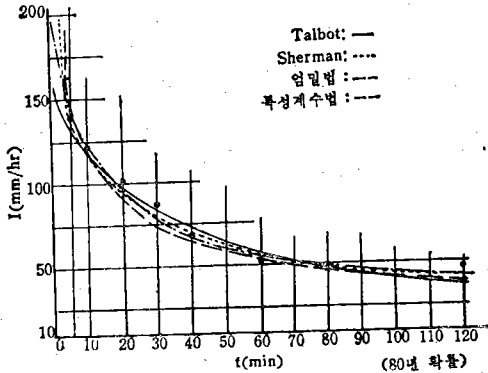


그림 2-6. 확률 강우 강도 곡선 (80년 확률)

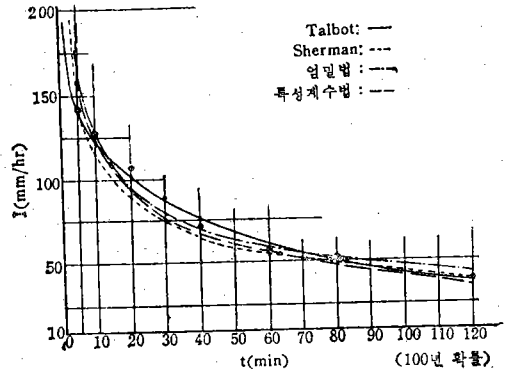


그림 2-7. 확률 강우 강도 곡선 (100년 확률)

2) 長時間의 경우

河川 洪水量과 같이 流域이 넓은 경우에는 長時間(24時間)의 降雨을 對象으로 해서 降雨強度式을 使用하고있다. 이와같이 日雨量을 單位로 하는 강우 강도식은 石黑의 特性係數法이 신빙성이 높아 一般

的으로 많이 使用되고 있고 本 研究에서도 이를 適用하였다. 表-4에서의 청주지방 재현기간별 확률 일우량을 근거로 하여 各 確率年에 따른 特性係數值를 計算한 結果는 表-8와 같다.

表-8. 再現期間別 特性係數值

N(년)	5	10	20	30	50	80	100
$R_N^{24}$	176.0	211.0	251.0	259.8	290	304.6	324
$R_N$	36.0	44.9	55.4	62.3	71.8	81.6	86.5
$\beta_N$	4.9	5.1	5.3	5.8	5.9	6.4	6.6

表-9. 再現期間別 確率降雨 強度式

N(년)	5	10	20	30	50	80	100
확률 강우 강도식	$\frac{5083}{t+4.9}$	$\frac{6035}{t+4.8}$	$\frac{7116}{t+4.4}$	$\frac{7233}{t+3.8}$	$\frac{8020}{t+3.7}$	$\frac{8296}{t+3.2}$	$\frac{8780}{t+3.1}$

日雨量 單位의 確率降雨強度는 그림-9에서 보는 바와같이 再現期間이 작은 順으로 또한 經過時間이 길어질수록 작게 나타남을 볼수있다.

表-3에 의거하여 各 再現期間別로 確率降雨強度式을 求한 結果는 表-3와 같으며 이를 圖示하면 그림3과 같다.

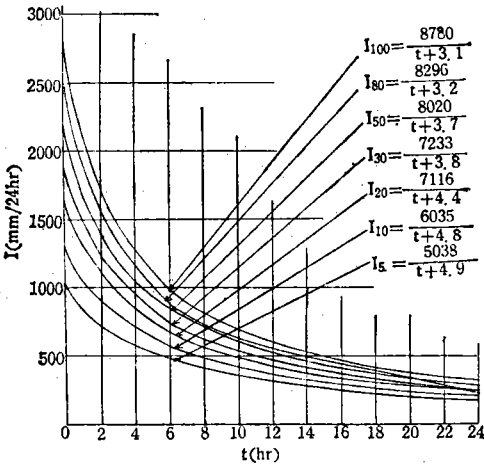


그림 3. 확률 강우 강도 곡선

## V. 結 論

淸州地方에 있어서 再現期間別에 따른 短時間(2時間)과 長時間(24時間)別 降雨強度 特性을 分析考察하여 이들에 關한 確率 降雨強度의 最適式을 誘導

해 내므로서 都市 下水道와 小區域 排水工 및 河川 治水, 利水工事를 爲한 신빙성 있는 流出量 算定에 기여코져 本試驗을 試圖한바 다음과 같은 結果를 얻었다.

1. 短時間을 爲한 確率降雨強度 計算은 再現期間別로 거의 平均例가 되는 Gumbel—Chow法에 의한 計算值를 이들의 代表值로서 採擇하였다.

2. 長時間을 爲한 確率降雨強度 計算은 岩井法에 의한 結果值를 採擇하였다.

3. 短時間의 境遇 降雨強度式型別 偏差比較 結果 各 再現期間別 共히 Talbot type인  $I = \frac{a}{t+b}$ 가 最適 確率降雨強度式으로 나타났음에 비추어 이의 使用을 권장하며 다음이 嚴密法, 特性係數法, Sherman法의 順이었다.

4. 長時間의 境遇 一般的으로 신빙성이 높은 石黑의 特性係數法인  $I^2 = R_N^{2.4} \cdot \beta_N$ 式을 採擇하여 再現期間別로 確率降雨強度式을 誘導하였다.

5. 3, 4, 項의 確率降雨強度式 定立으로 淸州地方에 있어서 合理式에 의한 보다 신빙성이 높은 流出量 算定을 期待 할 수 있다.

## 參 考 文 獻

1. 角屋睦(1955): 計劃降雨量에 關한 順序統計學的 考察. 農業土木研究 Vol. 22, No6.
2. ——(1964): 水文統計論, 水文學 시리즈
3. 石黑政儀(1959): 日本主要都市의 確率降雨強度式에 關한 土木學會 論文集. 第64號, pp. 21~27.
4. ——, 岩井重久(1972): 應用水文統計學, 森北出版株式會社, pp. 148~147.
5. 李淳赫外(1973): 新制 水文學, 鄉文社, pp. 95~104.
6. ——(1974): 再現期間別 確率日雨量 算定에 關한 水文 統計學的 比較分析(忠北地方을 中心으로), 忠北大論文第八輯, pp. 135~141.
7. 尹龍男(1974): 水文學, 理工產業社, pp. 299~329.
8. 朴成宇(1966): 韓國에 있어서 降水 및 流出, 洪水旱魃에 關한 水文學的 研究, 서울대 농학박사 학위논문 第1部.
9. 安守漢, 申應培(1965): 서울地方의 降雨特性에 關한 研究. 大韓土木學會誌, Vol. 12, 第4號, pp. 17~35.
10. Gumbel, E.J.(1928): The return period of flood flows, Ann. Math. Stat. Vol. 12, pp. 163~190.
11. Linsley, R.K. (1958): Hydrology for Engineers McGraw-Hill Book Co. pp. 245~277.
12. Wilson, E.M.(1969): Engineering Hydrology, Macmillan, pp. 153~164.