地點雨量 資料의 分布型 設定과 耐用安全年數에 따르는 確率降雨量에 關한 考察

─ 國內 3個地點 서울, 釜山 및 大邱를 中心으로 ─

李 元煥・李 吉春・鄭 然圭

ABSTRACT

This thesis is the study of the rainfall probability depth in the major areas of Korea, such as Seoul, Pusan and Taegu.

The purpose of the paper is to analyze the rainfall in connection with the safe planning of the hydraulic structures and with the project life.

The methodology used in this paper is the statistical treatment of the rainfall data in the above three areas.

The scheme of the paper is the following.

1. The complementation of the rainfall data

   We tried to select the maximm values among the values gained by the three methods: Fourier Series Method, Trend Diagram Method and Mean Value Method. By the selection of the maximum values we tried to complement the rainfall data lacking in order to prevent calamities.

2. The statistical treatment of the data

   The data are ordered by the small numbers, transformed into log, $\sqrt{\ }$, $\sqrt[3]{\ }$, $\sqrt[4]{\ }$, and $\sqrt[5]{\ }$, and calculated their statistical values through the electronic computer.

3. The examination of the distribution types and the determination of the optimum distibution types

   By the x^2-Test the distribution types of rainfall data are examined, and rejected some part of the data in order to seek the normal rainfall distribution types. In this way, the optimum distribution types are determined.

4. The computation of rainfall probability depth in the safety project life

   We tried to study the interrelation between the return period and the safety project life, and to present the rainfall probability depth of the safety project life.

In conclusion we set up the optimum distribution types of the rainfall depths, formulated the optimum distributions, and presented the chart of the rainfall probability depth about the factor of safety and the project life.

<要　　旨>

水工構造物의 計劃이나 安全한 設計에 必要한 計劃降雨量으로서 確率降雨量의 正確한 파악은 構造物의 耐用年數와 결부시켜서 研究 檢討되어야 할 問題라 생각되어 本 稿에서는 國內 主要地點 가운데 3個地點(서울 釜山 및 大邱)의 24時間 以下의 降雨量 資料를 基本資料로 取하여 解析한 內容이다.

本 研究의 主要內容을 略述하면 다음과 같다.

1. 旣往의 水文資料中 缺測된 資料에 대한 補完

① Fourier Series Method.

② Trend Diagram Method.

③ Mean Value Method.

上記 ①②③ 方法을 實施하여 算出한 値들 中에서 防災工學的인 面을 고려하여 最大値를 選擇하여 缺測된 資料를 補完하였다.

2. 資料의 統計値 算定

降雨量資料를 Computer에 依하여 작은 것 부터 크기 順位로 羅列하고 이와같이 整理된 資料値를 log, $\sqrt{\ }$, $\sqrt[3]{\ }$, $\sqrt[4]{\ }$과 $\sqrt[5]{\ }$의 값으로 變換시켜 必要한 統計値를 算定하였다.

3. 分布型 檢定과 最適分布型의 設定

x^2-test에 依하여 分布型을 檢定하고 資料의 棄却을 行하여 이 結果에 依하여 最適分布型을 設定하였다.

4. 耐用安全年數에 따르는 確率降雨量

確率年(再現期間)과 耐用安全年數와의 相關 關係를 考察하여 耐用安全年에 對한 確率降雨量을 提示하였다.

結論的으로 地點別 및 降雨繼續時間別로 降雨量의 最適分布型을 選定하여 最適分布式을 設定하였다. 또한 安全率과 耐用年數에 對한 確率降雨量을 計算하여 表로서 提示하였다.

1. 序　　言

水工構造物의 計劃이나 安全한 設計에 必要한 計劃降雨量으로서 確率降雨量의 正確한 파악은 構造物의 耐用年數와 결부시켜서 研究할 問題인 것이다.

水工構造物의 파괴력이 作用하는 경우는 大部分이 降雨에 依한 洪水等이다. 파괴력은 그 構造物의 機能을 정지시키는 것이므로 構造物의 파괴력보다 强한 耐力 또는 强度를 갖는 경우 파손될 위험성이 없게 될 것이다. 그러나 社會的, 經濟的인 合當性을 고려하면 어느 程度의 安全을 目標로 設計하면 좋은 가는 옛부터 土木技術者들이 當面했던 問題이다.[21]

現在 사용되는 水工構造物에서 볼 때 水工構造物 設計에 관련이 있는 構造材料의 許容應力度, 各種 設計荷重, 安全率 等은 오랜기간에 걸친 경험으로 많은 研究 成果의 結果에 依해서 選定됐으며[21] 水工構造物의 降雨에 依한 耐用安全年의 設定은 數年前부터 歐美 各國과 日本等地에서 現在까지 重要하게 研究되고 있으나, 아직까지 우리나라에서는 이 點이 뒤지고 있는 것으로 思料되는바이므로 本 稿에서 그 一部나마 다루어 보았다.

本 稿는 우리나라의 主要 3個 地點(서울, 부산 및 대구)을 中心으로 研究하였으며 水文資料는 중앙관상대의 自記雨量 記錄紙를 수집하여 每年 最大降雨量資料를 適出하였고 중앙관상대에서 發刊한 기상연보[3]와 建設部에서 發刊한 韓國水文調査書 雨量編[4]을 參考로하여 降雨量의 基本資料로서 採擇하였다.

以上의 基本資料中에서 缺測値의 補完은 推計學的인 方法으로 Fourier Series Method, Thend Diagram Method와 Mean Value Method의 3가지 方法으로 算出하여 防災的인 面을 고려하여 最大値를 使用하였다. 또한 降雨量資料(實測 値)를 정규화 시키기 위하여 降雨量 資料를 log와 n乘根($\sqrt{\ }$, $\sqrt[3]{\ }$, $\sqrt[4]{\ }$ 및 $\sqrt[5]{\ }$)으로 變換하여 必要한 統計値를 Computer로 處理, 分析하였다.

降雨量資料(實測値)의 正規化를 이룬 分布型에서 降雨에 對한 最適分布式을 算定하였으며 確率年(再現期間)과 耐用安全年數의 相關 關係를 考察하여 耐用安全年에 對한 우리나라에서의 確率降雨量을 設定하였다.

2. 水文資料

2.1. 水文資料의 採取

降雨量과 같은 水文諸量을 水文學的으로 解析할 경우에는 資料의 採取가 가장 重要한 問題이며 水文資料의 確率頻度를 統計學的으로 解析하기 위해서는 資料들이 pure-random이어야 한다.[1]

即 資料採取 過程에 있어서는 全혀 偶然性에 依해야 하고 各 資料들이 獨立事象이어야 하며 全體的으로 同質性(homogeneity)을 가져야 한다. 그러나 資料는 測定計器의 誤差나 故障 및 人間의 過失등의 영향을 많이 받지만 本 稿에서 取扱한 降雨資料는 pure-random으로 간주하였다.

一般的으로 水文統計에 이용되고 있는 降雨量은 每

年最大値, 最小値를 採擇하는 것이 合理的이라고 알려져 있다.[2),7),8)12)]

本 稿에 利用된 降雨量 資料[3),4)]는 國內 主要 3個 地點(서울, 釜山 및 大邱)의 24時間 以下의 資料를 對象으로 하였으며 資料의 摘出은 中央觀象臺의 自記雨量 記錄紙를 蒐集하여 每年 最大値를 直接 摘出했으며 中央觀象臺의 氣象年報[3)]와 建設部의 韓國水文調査書[4)](雨量編)를 참고하였다. 이들 資料中 缺測된 資料는 缺測値 補完方法(2.2. 資料補完參照)에 의하여 補完하였다.

다음 表—2.1.은 地點別, 降雨繼續時間別 記錄年數이다.

表-2.1

降雨繼續時間(hr.) / 記錄年數(年) / 地點	1		2		6		24	
	기 록 년	결 측 년	기 록 년	결 측 년	기 록 년	결 측 년	기 록 년	결 측 년
中部地方(서울)	1915～1969	3年 {1951, 1952, 1953}	1915～1969	3年 {1951, 1952, 1953}	1915～1969		1908～1969	2年 {1951, 1952}
中南部地方(大邱)	1916～1969	1年 1939	1916～1969	1年 1939	1916～1969	2年 {1939, 1951}	1908～1969	
南部地方(釜山)	1941～1969		1941～1969		1941～1969		1904～1969	

2.2 水文資料의 補完

資料의 補完은 週期性(Periodicity)을 利用한 ① Fourier Series Method,[1),5),6)] 추세성(Trend)을 利用한 ② 추세도(Trend Diagram Method)와 그리고 旣往의 資料의 영향을 미치지 않게 하기위한 ③ 平均値(Mean Value)方法을 使用하여 防災面을 고려하여 그 中 最大値를 選擇하였다. 그러나 紙面關係로 本稿에서는 Fourier Series를 利用한 方法만 略述하였다. 水文現象에 있어서 降雨量 資料는 어떤 分散度를 가지고 진동하는 것을 알 수 있으므로 이것을 調和分析(Harmonic Analysis)으로 算定한다. 調和分析은 Fourier Series를 使用하며 週期의 길이 T를 갖는 時系列(Time Series x_1, $x_2, \cdots\cdots, x_n$은 다음 式으로 表示된다.

$$x_t=\frac{1}{2}A_0+\sum_{j=0}^{T/2}\left(A_j\cos\frac{2\pi jt}{T}+B_j\sin\frac{2\pi jt}{T}\right)\cdots(1)$$

A_0 : 定數(constant)

t : 資料 x_t의 順番

A_j, B_j : 係數(coefficient)

j : 週期 T의 順番

$$A_j=\frac{2}{N}\sum_{t=1}^{N}y_t\cos\frac{2\pi jt}{T}$$

$$B_j=\frac{2}{N}\sum_{t=1}^{N}y_t\sin\frac{2\pi jt}{T}$$

N : 資料의 總數

y_t : 算定된 週期의 中央線에서 x_i의 分散度

1個의 時系列에서 週期에 따르는 진폭은 各各 다르겠지만 평균진폭에서의 變動으로 고려하여 平均系列에서의 진폭인 平均振幅을 算出하여 使用하였다.

따라서 週期 T를 갖는 函數

$y_t=R_T\cos\left(\frac{2\pi t}{T}-\varepsilon\right)$을 取하고 여기서 R_T은 振幅이고 ε은 位相이다. 週期 T는 반드시 整數라고 할 수 없으나 每年 最大値(降雨量資料)를 使用하였으므로 年數 單位로 T에 가까운 H를 取하여 假週期로 하였다. 따라서 H의 값은 T와 同一한 값이 아니므로 平均系列의 振幅은 y_t의 振幅 R_T와 같다고 할 수는 없으나 H가 T와 거의 同一한 값이라면 큰 差는 없을 것이다.

그러므로 다음과 같은 方法으로 週期 T를 推定하여 그 函數값을 設定하였다.

1) 週期 T에 接近시키기 위하여 數個의 假週期 H_i ($H_1, H_2, \cdots\cdots, H_n$)를 選擇했다.

2) 水文資料를 年度順으로 H_i個씩 橫으로 羅列하여 縱으로 j個의 列을 만들었다. 여기서 縱의 各 行의 算出平均을 求하여 平均系列(y_0, $y_1, \cdots\cdots, y_{H-1}$)을 算出했다.

3) 平均系列의 振幅을 구하였다(證明省略).

$$A_0=\frac{1}{H}\sum_{t=0}^{H-1}y_t$$

$$A_j=\frac{2}{H}\sum_{t=0}^{H-1}y_t\cos\frac{2\pi}{H}\cdot t$$

$$B_j=\frac{2}{H}\sum_{t=0}^{H-1}y_t\sin\frac{2\pi}{H}\cdot t$$

$R_H=\sqrt{A^2+B^2}$ R_H : 假振幅

4) 같은 方法으로 다른 週期들을 計算하여 各 週期 ($H_1, H_2, \cdots\cdots, H_n$)의 振幅을 算出하였다.

5) 各 週期에서 最大振幅을 갖는 週期 H를 眞正한

週期 T 로 採擇하였다.[5]

6) 그에 따른 函數값을 算定하였다.

7) 實際에 計算例

서울 1時間에서 採擇된 最大振幅을 갖는 函數를 計算例로 選擇하였다.

다음 表—2.2.～表—2.5. 는 서울 1時間에 對한 最大振幅의 計算例이다.

表-2.2 서울 1時間 H_8 에서의 計算例

주기수(j) \ H_8	1	2	3	4	5	6	7	8
1	45.0	51.7	51.2	56.6	34.0	55.6	18.5	27.2
2	60.2	24.7	35.8	59.0	43.0	44.4	61.4	35.2
3	18.5	52.2	35.2	38.5	27.4	32.4	36.6	19.4
4	28.5	38.9	29.3	118.6	20.2	33.5	32.5	25.2
Total	152.2	167.5	151.5	272.7	124.6	165.9	149.0	107.0
Mean	38.05	41.88	37.88	68.18	31.15	41.48	37.25	26.75

表- 2.3 H_8 에서 振幅計算

	$\psi(t)$	cos (t)	$\psi(t)\cos t$	sin (t)	$\psi(t)\sin t$
1	38.05	0°＝ 1 [16]	38.05	0°＝ 0 [16]	0
2	41.88	45°＝ 0.7071068	29.61	45°＝ 0.7071068	29.61
3	37.88	90°＝ 0	0	90°＝ 1	37.88
4	68.18	135°＝−0.7071068	−48.21	135°＝ 0.7071068	48.21
5	31.15	180°＝−1	−31.15	180°＝ 0	0
6	41.48	225°＝−0.7071068	−29.33	225°＝−0.7071068	−29.33
7	37.25	270°＝ 0	0	270°＝−1	−37.25
8	26.75	315°＝ 0.7071068	18.92	315°＝−0.7071068	−18.92
Total	322.62	0	−22.12	0	30.20
Mean	40.33				

$A_0=40.33$

$$A=\frac{2}{8}\times(-22.12)=-5.53$$

$$B=\frac{2}{8}\times 30.20=7.55$$

$R^2=A^2+B^2=87.58 \quad R=9.36$

$$y_t=40.33-5.53\cos\frac{2}{8}\pi t+7.55\sin\frac{2}{8}\pi t$$

$$=40.33+9.36\sin\left(\frac{2}{8}\pi t+36°13'\right)$$

表-2.4 y_t 의 計算

t	0	1	2	3	4	5	6	7
y_t	34.80	41.76	47.88	49.58	45.86	38.9	32.78	31.08

이와 같은 方法으로 다른 진폭 H_i 를 구하여 整理하면 다음 表-2.5 와 같다.

表-2.5 서울 1時間의 週期計算

H_i (주기)	3	4	5	6	7	8	9	10
R (진폭)	7.39	2.32	7.40	6.76	1.50	9.37	5.50	0.27

같은 方法으로 他資料들을 計算하여 算出한 週期函數는 다음 表-2.6. 과 같다.

表-2.6 他 資料들의 週期函數

地點	時間	週期 (H_i)	週 期 函 數 (y_t)
서울	1	8	$y_t=40.33-5.53\cos\frac{2}{8}\pi t+7.55\sin\frac{2}{8}\pi t$ $=40.33+9.36\sin\left(\frac{2}{8}\pi t+36°13'\right)$
	2	8	$y_t=54.46-9.74\cos\frac{2}{8}\pi t+10.68\sin\frac{2}{8}\pi t$ $=54.46+14.45\sin\left(\frac{2}{8}\pi t+42°23'\right)$
	24	5	$y_t=147.91-35.83\cos\frac{2}{5}\pi t+7.10\sin\frac{2}{5}\pi t$ $=147.91+36.53\sin\left(\frac{2}{5}\pi t+78°46'\right)$
大邱	1	4	$y_t=33.46+5.49\cos\frac{2}{4}\pi t-4.03\sin\frac{2}{4}\pi t$ $=33.46+6.81\sin\left(\frac{2}{4}\pi t+233°43'\right)$
	2	9	$y_t=45.04+1.08\cos\frac{2}{9}\pi t-7.88\sin\frac{2}{9}\pi t$ $=45.04+7.96\sin\left(\frac{2}{9}\pi t+187°48'\right)$
	6	10	$y_t=62.44+1.05\cos\frac{2}{10}\pi t+9.71\sin\frac{2}{10}\pi t$ $=62.44+9.76\sin\left(\frac{2}{10}\pi t+06°11'\right)$

따라서 세가지 방법으로 補完한 値들은 表-2.7. 과 같다.

表-2.7 缺測値 補完

地點	時間	補完方法	缺測年 1939	1951	1952	1953
서울	1	Fourier Series Method		45.9	38.9	32.8
		Trend Diagram Method		31.6	34.9	38.1
		Mean Value Method		43.1	43.1	43.1
	2	Fourier Series Method		64.2	53.8	43.8
		Thend Diagram Method		43.9	50.1	56.3
		Mean Value Method		58.3	58.3	58.3
	24	Fourier Series Method		172.9	130.1	
		Trend Diagram Method		150.5	197.5	
		Mean Value Method		145.0	145.0	
大邱	1	Fourier Series Method	37.5			
		Trend Diagram Method	19.7			
		Mean Value Method	33.3			
	2	Fourier Series Method	46.7			
		Trend Diagram Method	28.6			
		Mean Value Method	45.2			
	6	Fourier Series Method	71.4	61.4		
		Trend Diagram Method	49.0	54.7		
		Mean Volue Method	63.7	63.7		

2.2. 水文資料의 統計値 算定

資料의 分布型 檢定에 있어서 最適分 布型을 擇하기 위하여 資料 x_i 를 $\log x_i$, $\sqrt{x_i}$, $\sqrt[3]{x_i}$, $\sqrt[4]{x_i}$, $\sqrt[5]{x_i}$ 等의 値로 變換[7,8]하고 各 資料들의 統計處理에 必要한 順位(ordering)決定, 資料 各各의 分散度(variance), 總計(sum, Σx_i), 平均値(mean) 그리고 標準偏差(standard deviation) 等을 K.I.S.T.의 Computer(CDC 3300)에 依하여 處理했다.[17]

여기서 Flow Chart 와 Programming 은 省略한다.

3. 分布型 設定

水文資料의 頻度解析을 하기 爲한 確率分布에는 i) Rectangular Distribution(矩形分布) ii) 二項分布(Binomial Distribution) iii) Poisson 分布 iv) 正規分布(Normal Distribution) v) Gamma Distribution 等[1,7,8,10,11,13,15] 여러 形態가 있다.

이 分布들 中 本稿에서는 資料가 正規分布를 이룬다고 假定(hypothesis)하고 이 假說을 x^2-Test(Chi-Square Test)로 檢定하였다.

3.1. 分布型 檢定

資料(x_i)와 變換한 資料($\log x_i$, $\sqrt{x_i}$, $\sqrt[3]{x_i}$, $\sqrt[4]{x_i}$ 및 $\sqrt[5]{x_i}$)가 正規分布를 이룬다고 假定하고 x^2-Test 와 F-Test 中 x^2-Test 로 檢定하였다.[9,10,11,13,14,15]

그 過程을 略述하면 아래와 같고 計算 例는 紙面關係로 서울 1 時間을 擇하였다.

1) 假說에 對한 有意水準을 5%로 定하였다.

2) $m=1+3.322\times\log N$ ……………………………(2)

m : 區間

N : 資料의 數

3) Range=資料의 最大値—資料의 最小値 ($X_{max}-X_{min}$)

4) I (class interval)=Range÷m

5) $x^2=\sum_{i=1}^{m}\frac{(y_i-f_i)^2}{y_i}$ ……………………………(3)

f_i : 觀測度數

y_i : 期待度數

6) 自由度(Degrees of Freedom)[9,10] : DF

DF=$m-d-1$

d : 媒介變數(Parameter: $\bar{X}$, S^2 等)

表-3.1 x^2-Test. (서울 1時間, X_i)

m(구간)$=1.3322\times\log 55=1.3322\times1.7403627$[16)]

$=6.7814848894\fallingdotseq7$

Range=최대치−최소치=118.6−16.3=102.3

I(class interval)$=R/m=102.3/7=15$

N(자료수)=55개, $\bar{X}$(평균)=43.18,

S(표준편차)=21.01

c	$x_i-\bar{x}$	z	p_i	$p_{i+1}-p_i$	f_i	y_i	y_i-f_i	$(y_i-f_i)^2$	x^2
15	−28.28	−1.34	0.09012						
				0.17418	16	9.5799	−6.4201	41.217684	4.30252
30	−13.18	−0.63	0.2643						
				0.2716	18	14.938	−3.062	9.37584	0.62765
45	1.82	0.09	0.5359						
				0.2522	13	13.871	0.871	0.75864	0.05469
60	16.82	0.80	0.7881						
				0.14764	4	8.1202	4.1202	16.97605	2.09059
75	31.82	1.52	0.93574						
				0.05139	2	2.82645	0.82645	0.68302	0.24165
90	46.82	2.23	0.98713						
				0.011229	0	0.617595	0.617595	0.38142	0.617595
105	61.82	2.94	0.998359						
				0.0015149	2	0.0833195	−1.91668	3.67366	44.09129
120	76.82	3.66	0.9998739						
									Σx^2 51.81911

$Z=\dfrac{X_i-\bar{X}}{S}$, P_i : 正規分布에서 Z까지의 確率

7) 各 自由度에 對應하는 5%의 有意水準(假說의 棄却域)

釜山 1,2 및 6時間 : $m=6$, $DF=3$, $x^2_{0.05}=7.81473$

釜山 24時間 : $m=8$, $DF=5$, $x^2_{0.05}=11.0705$

기타 : $m=7$, $DF=4$, $x^2_{0.05}=9.4877$

같은 方法으로 他資料들을 x^2-Test 한 結果値는 表-3.2.와 같다.

表-3.2 x^2-Test 結果

地 點	時 間	x_i	$\log x_i$	$\sqrt{x_i}$	$\sqrt[3]{x_i}$	$\sqrt[4]{x_i}$	$\sqrt[5]{x_i}$
서울	1 時間	51.81911	1.761961	11.642585	4.740981	3.972418	3.071991
	2 〃	26.12587	0.981537	10.546536	8.535458	8.396477	7.00749
	6 〃	7.5265	3.466999	4.139782	7.269008	4.062359	3.912246
	24 〃	42.577913	5.171393	6.282746	2.750949	4.256048	10.2787391
大邱	1 〃	25.994511	3.664923	3.866859	7.036128	8.9057556	13.39733
	2 〃	14.72927	6.606819	3.429704	10.91427	13.461666	13.023242
	6 〃	6.975194	3.740742	2.299668	3.354667	3.680221	2.7732084
	24 〃	9.939183	5.761844	10.271541	18.745242	6.945226	8.6709003
釜山	1 〃	17.85057	9.810126	②6.69579 ①9.667611	10.248888	10.511412	10.281551
	2 〃	10.22481	②7.52371 ①9.351776	10.966511	12.283222	10.511109	11.482822
	6 〃	5.774735	1.215591	8.71184	7.810897	5.596782	4.0848629
	24 〃	7.439951	9.48453	2.826926	9.608136	7.8232099	7.766862

x^2-Test 結果 表에서 各 資料들을 分析해 보면 다음과 같다.

1) 資料 自體(x_i)보다 變換된 資料($\log x_i$, $\sqrt{_i x}$, $\sqrt[3]{x_i}$, ……)에서 最適正規 分布型을 이루며 大體的으로 $\log x^i$가 最適正規分布型을 이루고 있다.

또한 各 資料들의 最適正規分布를 이루는 變換된 資料는 다음과 같다.

서울 1時間, 2時間 및 6時間 ; $\log x_i$

서울 24時間 ; $\sqrt[5]{x_i}$

大邱 1時間, 24時間 ; $\log x_i$

大邱 2時間, 6時間 ; $\sqrt{x_i}$

釜山 1時間, 24時間 ; $\sqrt{x_i}$

釜山 2時間, 6時間 ; $\log x_i$

2) 選擇된 基本資料(서울, 大邱 및 釜山에서의 1, 2, 6, 및 24時間동안 내린 降雨量資料)들 中에서 變換된 資料들은 大體的으로 降雨正規分布型을 이루나 $\sqrt[4]{x_i}$와

$\sqrt[3]{x_i}$에서 最適分布型을 이루고 있지 않으므로 $\sqrt[4]{x_i}$ 以上의 變換은 時間의 消耗와 努力의 낭비를 防止하기 위하여 使用할 必要가 없다고 思料되는 바이다.

3) 變換하지 않은 資料들 中에서 各 地點의 6時間(降雨繼續時間)이 他 時間에 比해 가장 좋은 正規分布型을 이루었다.

3.2. 資料의 棄却

X^2-Test 結果 有意水準 5%[9)10)11)13)14)15)]를 超過하는(假說이 棄却되는) 釜山 1時間과 2時間의 資料를 正規分布化 시키기 위하여 資料의 一部를 棄却하였다.

그 內容은 다음과 같다.

1) 正規分布型에 가장 가까운 資料(釜山 1時間 資料 $\sqrt{x_i}$, 釜山 2時間 資料 $\log x_i$)에서 棄却을 行하였다.

2) 防災面을 考慮하여 작은 값을 위주로 棄却하였다.

3) 다시 Computer에 依하여 統計處理 하였다.

4) x^2-Test를 行하였다.

5) 有意水準 5%內에 들어가는 값을 表-3.2에 再記入하였다.

6) 釜山 1時間은 4個, 釜山 2時間은 2個가 棄却되었다.

3.3. 最適降雨分布型式

各 資料들이 全部 5% 有意水準內에 있으므로 正規分布型式[9)10)11)13)14)15)]으로 다음과 같이 設定하였다.

$$F(x_i)=\int_{-\infty}^{\infty}f(x_i)dx$$
$$=\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma}\int_{-\infty}^{\infty}exp\left[-\frac{(x_i-\mu)^2}{2\sigma^2}\right]dx_i\cdots\cdots(4)$$
$$=\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_{-\infty}^{\infty}exp\left[-\frac{1}{2}\frac{(x_i-\mu)^2}{\sigma^2}\right]d\frac{x_i-\mu}{\sigma}$$
$$=\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_{-\infty}^{\infty}exp\left(-\frac{z^2}{2}\right)dz$$

서울 1時間：

$$F(X_i)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}+0.19292}\int exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\log x_i-1.5912}{0.19292}\right)^2\right]d(\log x_i)$$

서울 2時間：

$$F(X_i)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}\times 0.19303}\int exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\log x_i-1.7238}{0.19303}\right)^2\right]d(\log x_i)$$

서울 6時間：

$$F(X_i)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}\times 0.169}\int exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\log x_i-1.9346}{0.169}\right)^2\right]d(\log x_i)$$

서울 24時間：

$$F(X_i)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}\times 0.703846}\int exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\sqrt[3]{x_i}-5.17977}{0.703846}\right)^2\right]d(\sqrt[3]{x_i})$$

大邱 1時間：

$$F(X_i)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}\times 0.19946}\int exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\log x_i-1.4810}{0.19946}\right)^2\right]d(\log x_i)$$

大邱 2時間：

$$F(X_i)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}\times 1.4062}\int exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\sqrt{x_i}-6.5768}{1.4062}\right)^2\right]d(\sqrt{\pi_i})$$

大邱 6時間：

$$F(X_i)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}\times 1.35826}\int exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\sqrt{\pi_i}-7.8756}{1.35826}\right)^2\right]d(\sqrt{x_i})$$

大邱 24時間：

$$F(X_i)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}\times 0.15435}\int exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\log x_i-1.985}{0.15435}\right)^2\right]d(\log x_i)$$

釜山 1時間：

$$F(X_i)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}\times 1.09306}\int exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\sqrt{x_i}-6.2011}{1.09306}\right)^2\right]d(\sqrt{x_i})$$

釜山 2時間：

$$F(X_i)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}\times 0.16289}\int exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\log x_i-1.7162}{0.16289}\right)^2\right]d(\log x_i)$$

釜山 6時間：

$$F(X_i)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}\times 0.15303}\int exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\log x_i-1.9527}{0.15303}\right)^2\right]d(\log x_i)$$

釜山 24時間：

$$F(X_i)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}\times 2.19651}\int exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\sqrt{x_i}-11.9465}{2.19651}\right)\right]d(\sqrt{x_i})$$

4. 耐用年數에 따르는 確率降雨量의 算定

耐用年數와 安全率에 따르는 確率 降雨量은 構造物의 設計에 重要한 要素인 것이다.[18][19][20][21]

먼저 再現期間 γ 年의 確率降雨量 X 는, X 와 같던가 또는 이것을 넘는 降雨量이 γ 年에 1回 比率로 일어난다는 것 뿐이지 그와 같은 降雨量이 꼭 1回 일어난다고도 또 1回以上 일어나는 確率이 얼마가 된다는 것도 아니다. 더우기 X 를 超過하는 降雨量은 결코 γ 年의 時間的 等間隔으로 나타나는 것은 아니고 豪雨時에는 群發性이 있다. 따라서 確率降雨量을 設計値로 使用할 때에는 이러한 事實에 充分히 注意해서 使用해야 한다.

그런데 設計雨量으로서는 構造物의 耐用年數內에서 나타나지 않는 雨量을 基準으로 採用하는 것이 좋다. 이제 耐用年數 a 年間에 그 값 미만의 雨量밖에 나타나지 않는 確率이 P%인 雨量을 X_{ap} 로 表示하면 X_{ap} 를 耐用年數 a 年이고 安全率이 P%인 耐用安全値라 부른다.

降雨量의 年最大値 x 의 分布函數를 $F(x)$라 하면 임의의 年의 x 가 X_{ap} 의 값이 되는 確率은 $F(X_{ap})$이다. $\frac{P}{100}$은 x 의 母集團에서 a 回 無作爲 抽出해서 各 回 모두 x 의 값이 X_{ap} 以下인 確率이다. 各 回의 抽出이 各各 獨立됐다고 가정하면 a 回의 모든 x 가 X_{ap} 以下인 確率은 $\{F(X_{ap})\}^a$ 이 된다.

따라서 $\frac{P}{100}=\{F(X_{ap})\}^a$ [18][19][20] ....(5)

x 의 分布函數를 알으므로 a 와 p 를 代入하면 耐用安全値 X_{ap} 를 求할 수 있다.

그런데 再現期間 γ 年의 確率降雨量 X 는 x 가 年最大雨量이므로,

$$1-F(X)=\frac{1}{\gamma} \quad\cdots\cdots(6)$$

$X_{ap}=X$ 이므로 式(5)와 式(6)에서

$$\log p-2=a\cdot\log\left(1-\frac{1}{\gamma}\right) \quad\cdots\cdots(7)$$

따라서 本稿에서는 서울의 1時間에 對해서 耐用年數와 安全率에 따르는 再現期間과 確率降雨量을 算出했으며 그 結果値를 表-4.1.로 作成하였다. 計算例는 安全率(P) 25%를 갖고 耐用年數(a)가 80年인 構造物의 設計에 必要한 再現期間과 確率降雨量의 算出을 略述하면 다음과 같다.

$$\log\left(1-\frac{1}{\gamma}\right)=\frac{\log p-2}{a}$$

$$=\frac{\log 25}{80}=\frac{-0.60206}{80}=\bar{1}.992474^{16)}$$

$$=\log 0.98282$$

$\therefore\ \gamma=58.2$(年)

確率 $1-\frac{1}{\gamma}=0.98282$ 은 正規分布函數式(4)에서의 $Z=\frac{X_i-\bar{X}}{S}$ 의 값은 2.12 이다.

따라서 $X_i=\log x_i=S\times Z+\bar{X}=0.19292Z+1.5912$

$=0.19292\times 2.12+1.5912$

$=2.0001904$[16]

그러므로 $x_i=100.05$(mm)이다.

앞으로 다른 地點과 다른 時間에 對한 資料들을 Computer 에 依하여 上記 結果値를 算出할 계획이다.

表-4.1 耐用年數와 安全率에 必要한 再現期間과 確率降雨量 (서울 1時間)

a(年)	1		2		5		10		20		25		30	
P(%) \ γ, x_i	γ(年)	$x_i(mm)$	γ(年)	$x_i(mm)$	γ(年)	$x_i(mm)$	γ(年)	$x_i(mm)$	γ(年)	$x_i(mm)$	γ(年)	$x_i(mm)$	γ(年)	$x_i(mm)$
99	100	109.82	200	122.71	500	140.22	1000	154.62	2000	168.62	2500	172.78	3333	179.03
95	20	80.83	40	93.18	98	109.35	196	121.64	400	135.93	488	139.60	588	143.37
90	10	68.89	20	80.83	48	96.55	95	108.86	189	121.64	238	126.04	286	129.44
80	5	56.66	9.5	67.98	23	83.39	45	95.27	90	107.41	113	111.79	135	114.82
75	4	52.54	7.5	63.88	18	79.06	35	90.73	71	103.20	87	107.41	105	110.32
70	3.3	49.15	6.1	60.29	15	75.96	29	87.56	57	99.60	70.6	103.20	85	106.94
60	2.5	43.79	4.4	54.44	10	68.89	20	81.19	40	93.18	49.4	96.98	59	100.05
50	2	39.01	3.4	49.59	7.7	64.45	15	75.96	29	87.56	37	91.95	44	94.85
40	1.7	35.38	2.7	45.17	6.0	60.03	11	70.75	22	82.65	27.8	86.79	33	89.93
30	1.4	30.29	2.2	40.97	4.7	55.66	8.8	66.76	17	78.36	21.3	82.28	26	85.64
25	1.3	28.08	2	39.01	4.1	53.01	8	65.02	14.9	75.96	18	79.06	22.1	82.65
20	1.3	28.08	1.8	36.66	3.6	50.70	6.7	61.92	13	73.63	16	76.98	19	80.12
10	1.1	21.56	1.4	30.29	2.7	45.17	4.9	56.41	9.2	67.37	11.4	68.51	14	74.95
5	1.05	18.58	1.3	28.08	2.2	40.97	3.9	52.07	7.2	63.31	8.8	66.78	10.5	69.81
1	1.01	13.86	1.11	22.09	1.66	34.76	2.7	45.17	4.9	56.41	6	60.03	7	62.75

a(年) / γ, x_i / P(%)	40		50		60		70		80		90		100	
	γ(年)	$x_i(mm)$	γ(年)	$x_i(mm)$	γ(年)	$x_i(mm)$	γ(年)	$x_i(mm)$	γ(年)	$x_i(mm)$	γ(年)	$x_i(mm)$	γ(年)	$x_i(mm)$
99	4000	183.05	4761	187.16	6250	193.02	7143	196.53	7693	198.28	9091	201.84	11111	205.46
95	769	148.56	1000	153.93	1250	158.79	1428	160.94	1563	163.08	1755	165.27	2000	168.62
90	385	135.32	476	138.98	588	143.37	667	145.94	758	148.55	855	150.55	940	152.57
80	179	120.54	222	124.37	270	128.30	313	131.87	359	134.18	404	135.93	455	138.36
75	140	115.84	175	120.03	210	123.27	244	126.04	279	128.87	314	131.18	345	132.94
70	112	111.79	141	115.84	170	119.50	196	122.18	244.7	124.37	252.5	126.60	278	128.87
60	79	105.52	98	109.35	118	112.80	137	115.40	157	117.92	176.7	120.03	196	121.64
50	58	99.38	73	104.01	87	106.91	102	109.34	115.9	112.29	130.4	114.31	145	116.35
40	44	94.85	55	98.73	66	102.29	77	105.06	87.8	103.66	98.7	109.34	110	111.30
30	34	90.33	42	94.01	50	96.98	59	100.05	66.9	102.29	75.3	104.59	83	106.22
25	29.3	87.56	37	91.95	43.9	94.85	51	97.41	58.2	100.05	65.4	101.84	72	103.66
20	25	94.88	32	89.13	38	92.36	44	94.85	50.2	96.98	56.4	99.16	63	101.38
10	18	79.06	22	82.65	27	86.40	31	88.74	35.2	90.73	39.6	92.77	44	94.85
5	13.9	74.62	17.2	78.36	20.4	81.19	23.8	84.13	27	86.02	30.3	87.95	33.9	90.33
1	9.2	67.35	11	70.75	13.5	74.29	15.7	76.98	17.9	79.06	20.1	81.19	22	82.65

a(年) / $\gamma \cdot x_i$ / P(%)	150		200		250		300		500		1000	
	γ(年)	$x_i(mm)$	γ(年)	$x_i(mm)$	γ(年)	$x_i(mm)$	γ(年)	$x_i(mm)$	γ(年)	$x_i(mm)$	γ(年)	$x_i(mm)$
99	14286	211.95	20000	219.62	25000	225.54	33334	231.64	50000	240.12	100000	241.09
95	2942	176.65	4000	183.05	4762	187.99	6250	193.07	10000	203.64	20000	219.62
90	1429	162.36	2000	168.24	2381	172.01	3333	179.02	4762	187.16	9091	201.84
80	672	145.94	909	151.89	1124	156.69	1429	161.64	2223	170.49	4546	186.33
75	521	140.84	695	146.59	870	151.22	1042	154.62	1725	165.27	3449	179.83
70	420.2	136.53	556	142.10	704.2	147.24	833	148.55	1639.3	163.82	2777.8	175.09
60	294.1	130.02	400	135.93	490.2	135.32	588	142.43	980.4	153.25	1960.8	167.48
50	216.9	123.82	286	129.44	361	134.14	435	137.14	719.4	147.24	1449.3	161.64
40	164.2	118.97	222	123.82	273.2	128.30	323	131.77	546.4	142.10	1087	156.00
30	125.2	113.80	167	118.97	208.3	123.27	250	127.16	413.2	136.53	833.3	148.55
25	108.7	111.30	144.7	116.35	180.8	120.56	216.9	123.82	361	133.53	719.4	147.24
20	93.7	108.37	125	113.80	155.8	117.39	189	121.64	311.5	130.60	621.1	144.65
10	65.7	101.84	88	107.41	109.2	111.30	147	116.36	217.8	123.82	434.8	137.14
5	51.1	97.64	67.2	102.29	86.7	106.94	100.6	109.83	167.5	118.97	334.5	132.35
1	33.1	89.93	44	94.85	54.8	98.72	65.7	101.84	109.1	111.30	217.9	124.37

※ 주 : P=안전율(%)
a=내용연수(年)
γ=재현기간(年)
x_i=확율강우량(mm)

5. 結　　言

本 稿의 內容을 要約하여 記述하면 아래와 같다.

1) 確率降雨量의 最適分布式은 主로 對數正規分布式 ($\log x_i$)과 平方根正規分布式($\sqrt{x_i}$)이 設定되었다.

2) 1)項의 結果는 從來 確率降雨量分布式과는 약간 相異하나 이는 資料의 補完方法에서 오는 結果로 생각된다.

3) 耐用年數와 安全率을 고려한 경우의 確率降雨量은 從來의 再現年數만을 고려한 경우에 比하여 훨씬 增大値를 取해야 할 것으로 생각된다.

耐用年數와 安全率에 따르는 確率降雨量은 分量關係로 서울 1時間의 경우 만을 對象으로 하여 表로서 提示하였다.

參 考 文 獻

1. V.T.CHOW : Hand Book of Applied Hydrology McGraw-Hill, U.S.A. 1964. p.8-9～p.8-13
2. 角屋睦 : 雨量分布と年最大値の分布
京都大學防災硏究所年報 第 4 號
〃　　〃　　, 日本. 1961. p.6., p.10.

3. 中央觀象臺：氣象年報(1970年度까지)
中央觀象臺
4. 建設部：韓國水文調査書(雨量編)
建設部
5. 朴成宇：週期性函數를 利用하여 年降雨와 年氣溫變化의 週期發見에 관한 研究
韓國農業土木學會誌 第六卷 第一號
韓國農業土木學會, 1964. 5.
6. CHURCHILL：Fourier Series and Boundarg Value Problems. McGraw-Hill. U.S.A. 1963. pp. 77～p.101
7. 李元煥, 李吉春：우리나라 地點雨量資料의 分布型設定에 관한 研究(1)
大韓土木學會誌 第19卷 第1號
大韓土木學會, 1971. p.28～p.40
8. 李元煥：우리나라 地點雨量資料의 分布型設定에 관한 研究(2)
大韓土木學會誌 第19卷 第2號
大韓土木學會 1971 p.19～p28.
9. ERWIN KREYSZIG：Advauced Engineering Mathematics. Wiley International Edition, U.S.A. 1967 p·710～p715, p.817～p.819
10. D.A.S. FRASER：Statistic:An Introduction
Wiley Toppan, Canada, 1958. p.38～p.49, p.68～p.71, p.268～p.272
11. 後藤憲章：實務家のための數理統計學
共立出版株式會社, 日本. 1967. p.21～p.36, p.57～p.61, p.91～p.139, p.178～p.182
12. 本間仁, 春日屋 伸昌：次元解析・最小2乘法と實驗式. コロナ社, 日本. 1956. p.61～p.112
13. 李廷煥, 鄭翊周：新統計學
法文社, 1962, p.85, p.214～p.246
14. 朴成宇：韓國에 있어서 諸 水文構造物의 設計의 基準을 주기 위한 水文學的 研究(降水, 旱魃 編)
農工學會誌
農工學會, 1964.
15. 岩井重久, 石黑政儀：應用水文統計學
森北出版株式會社, 日本. 1970. p.64～p.73, p.135～p.137 p.147～p.172
16. 柴垣和三雄：丸善對數表
丸善株式會社, 日本. 1961. p.2～p.201, p.265～p.310
17. 한혜식：콤퓨터 프로그래밍 FORTRAN SYSTEM 연세대학교 1969. p.16～p.104
18. LINSLEY KOHLER PAULHUS：Hydrology for Engineers.
McGraw-Hill, U.S.A. 1958. p.245～p.259
19. 川畑幸夫：水文氣象學
地人書館, 日本, 1961, p.106～p.138
20. 畠山久尙：氣象災害
共立出版株式會社, 日本. 1966, p.97～p.105
21. 防災ハンドブック編集委員會：防災ハンドブック
技報堂, 日本. 1969. p.58～p.64