

濟州地方의 確率降雨强度式 誘導

Derivation of Probable Rainfall-Intensity Formula in the Cheju Districts

金哲淳* · 林炳大* · 金雲中** · 表永平***

Kim, Chul Soon · Rim, Byung Dae · Kim, Woon Joong · Pyo, Yong Pyoung

Abstract

It is desirable to utilize the result after studying the rainfall characteristics including the latest observation data in the districts for the sake of establishment of the more accurate plans for drainage or plans for hydraulic structures because the rainfall phenomena are different in their characteristics by regional groups and if we make a meteorological observation for a long period of time, the rainfall characteristics also change a great deal as compared with the preceding years.

Therefore, we selected only the annual maximum rainfall from the self-recording rain gauge of the main rainfall observation station (Cheju, Sogwipo, Songsanpo) in the Cheju districts in the last twenty years, extracted the rainfall by actual measurement by the rainfall duration, and induced the optimal probable rainfall-intensity formulas by regional groups in the Cheju districts, taking advantage of the rainfall formulas being in wide use in general, that is, Talbot type, Sherman type, Japanese type, and new Semi-log type. As the result, the return periods at Cheju station appeared to be three years to five years and the optimal probable rainfall-intensity formula at Cheju station, Japanese type and outside the city, Talbot type; Sogwipo, Sherman type; Songsanpo, Talbot type respectively.

요 지

강우현상은 지역별로 그 특성이 다르고, 장기간을 관측하여 보면 강우특성도 전에 비해서 많이 변화하므로 보다 정확한 배수계획의 수립이나 수공구조물계획을 위해서는 그 지역의 최근의 관측자료까지 포함한 강우특성을 연구하여 적용하는 것이 바람직하다. 따라서 제주지방의 주요 우량관측소(제주시, 서귀포, 성산포)의 최근 20年間의 자기우량기록지에서 年最大 강우량만을 골라서 우량지속기간별로 실측우량을 발췌하였으며, 강우강도식은 일반적으로 많이 사용하고 있는 Talbot型, Sherman型, Japanese型에다 새로운 Semi-log型을 추가해서 제주지방의 지역별 최적확률 강우강도식을 유도해 본 결과 제주시는 확률년이 3年~5年에는 Japanese型, 그 외는 Talbot型이고, 서귀포는 Sherman型, 성산포는 Talbot型으로 나타났다.

* 正會員 · 朝鮮大學校 工科大學 土木工學科 教授

** 正會員 · 朝鮮大學校 工科大學 土木工學科 助教授

*** 正會員 · 東新大學校 工科大學 土木工學科 副教授

1. 서론

중소하천의 홍수량 추정, 하천내수 배제, 도시하수도의 우수유출량 산정, 도로 및 철도의 측구, 암거, 노면배수의 계획설계에 있어서 가장 중요한 것은 강우특성에 맞는 확률강우량이다. 특히 중소유역의 배수계획은 2시간 이내의 집중강우가 결정적인 요소가 된다. 따라서 단시간에 대한 강우강도, 강우지속기간, 강우발생빈도, 강우지역특성 등을 명확히 파악해서 합리적인 계획설계가 가능토록 해야 한다. (1,2) 우리나라에서는 學界나 實務陣에서 상당기간 과거의 자료만으로 각 우량관측소별로 강우특성연구가 거의 완료된 상태이다. 그러나 제주도내에는 역사가 오래된 우량관측소가 제주시, 서귀포, 성산포 등에 설치되어 있음에도 불구하고 육지와 멀리 떨어져 있는 관계로 學界나 實務陣에서 등한시하여 강우특성연구가 미비한 상태에서 지금까지 이 지방의 수공구조물 설계나 배수계획을 세우고 있는 실정이다. (1,2,3) 그리고 강우 현상은 지역별로 그 특성이 다르고 최근 우량자료까지를 포함하여 분석해 보면 강우특성도 많이 변함을 알 수 있다. (4)

본 연구에서는 제주도내에 있는 주요 우량관측소별로 최근까지 측정된 자기우량지에서 每年 최대치만 택해 이를 지속기간별로 실측우량을 발췌하여 통계적 및 확률이론에 입각해서 처리 검토하고, 보다 경제적이고 합리적인 안전한 치수·이수계획을 수립할 수 있도록 지역별, 재현기간별로 최적 확률강우강도식을 유도하였다. 이 식은 앞으로 제주도내의 하천이나 하수도, 배수 및 재해방지계획 등을 설계할 때 가장 합리적인 공식으로 활용할 수 있을 것이다.

2. 연구자료 및 분석

2.1 연구자료

본 연구에서 이용할 자료는 기상년보에서 지역별로 1일 연최대 발생일을 미리 조사한 후 그 전후의 자기기록지를 입수하였으며, 이와 동일한 scale로 지속기간을 그려 작성한 투사지를 이용하여 지속기간별(10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 180, 240, 300, 360, 720분) 연최대 강우량을 발췌하고 (5,6,7,8) 이를 확률강우강도공식 유도에 사용키로 한다. 그리고 우량관측소의 현황과 관측자료년수 등은 표 1과 같다.

2.2 지속기간별 확률강우량산정

일반적으로 하수도공사, 암거, 하천의 내수배제에 따른 각종 수공시설물 공사의 계획에 있어서 설계강우량은 대단히 중요한 요소이며 어느 변량이 발생하는 초과 확률강우량이 문제가 된다.

설계강우량 X 의 확률 밀도함수를 $f(X)$ 로 할 때 X 가운데 있는 특정치 X_0 를 초과하는 확률 $Q(X)$ 를 산정하는 공식은 여러 학자들에 의하여 발표된 것이 많으나, 본 연구에서는 정규분포법, 대수정규분포법, 적률법, Gumbel-chow法, Iwai法에 의하여 확률강우량을 계산하였다. (9) 그리고 지역별로 지속기간별 확률강우량을 표준편차가 가장 적은 오차만을 골라 부록 표 1, 2, 3에 정리하였다. 그 결과는 확률강우량이 제주시에서는 재현기간 3년~5년에는 대수정규분포법이, 제주시의 10년이상과 서귀포에서는 정규분포법이, 성산포에서는 Iwai法이 가장 오차가 적게 나타났다.

3. 확률강우강도식의 유도

3.1 제 형식의 상수

지역별 재현기간 최대강우량치들을 사용하여 확률강우강도식을 유도함에 있어서 종래 널리 활용되어 온 Talbot型, Sherman型, Japanese型에다 Semi-

표 1. 기상관측소 자료기간

觀測所	區分 觀測所位置		觀測種類	觀測期間		
	東經(E)	北位(N)		自	至	期間(年)
濟州市	126° 32'	33° 31'	自記	1971年	1990年	20年
西歸浦	126° 10'	33° 17'	自記	1971年	1990年	20年
城山浦	126° 34'	33° 14'	自記	1972年	1991年	20年

log型^(10,11)을 추가하였으며, 제 型式은 다음 (1)式과 같다.

$$\begin{aligned} \text{Sherman 型} : I &= \frac{a}{t^n} \\ \text{Japanese 型} : I &= \frac{a}{\sqrt{t+b}} \end{aligned} \quad (1)$$

$$\text{Talbot 型} : I = \frac{a}{t+b}$$

표 2. 확률강우강도식의 상수 (제주시)

確率年 係數	公式 I=a/(t+b)		I=a/t ⁿ		I=a/(√t+b)		I=a+b · logt	
	a	b	a	n	a	b	a	b
3	6343.34	71.23	330.23	0.51	315.76	-0.01	124.89	-43.58
5	7377.50	71.89	391.20	0.51	364.52	-0.06	144.62	-50.39
10	8708.69	71.93	473.21	0.52	426.61	-0.14	170.70	-59.39
20	9955.22	71.39	553.78	0.52	484.16	-0.24	195.91	-68.09
30	10837.26	70.74	613.07	0.53	524.58	-0.32	214.26	-74.42
50	11528.99	70.12	660.91	0.53	556.11	-0.38	228.95	-79.49
100	12686.01	68.89	743.64	0.53	608.58	-0.49	254.16	-88.19
200	13824.34	67.52	828.88	0.53	659.88	-0.61	279.74	-97.02

표 3. 확률강우강도식의 상수 (서귀포)

確率年 係數	公式 I=a/(t+b)		I=a/t ⁿ		I=a/(√t+b)		I=a+b · logt	
	a	b	a	n	a	b	a	b
3	5940.14	53.54	453.76	0.57	303.18	-0.74	147.03	-52.83
5	6874.14	56.13	494.08	0.56	348.67	-0.65	164.57	-58.94
10	8094.88	58.99	543.65	0.55	407.70	-0.54	186.80	-66.64
20	9259.91	61.28	588.33	0.54	464.64	-0.46	207.44	-73.77
30	10098.19	62.72	619.17	0.53	503.68	-0.41	221.99	-78.77
50	10763.93	63.76	643.00	0.53	535.36	-0.37	233.41	-82.69
100	11894.22	65.33	682.25	0.52	588.92	-0.32	252.53	-89.23
200	13026.73	66.71	720.25	0.52	642.34	-0.28	271.40	-95.66

표 4. 확률강우강도식의 상수 (성산포)

確率年 係數	公式 I=a/(t+b)		I=a/t ⁿ		I=a/(√t+b)		I=a+b · logt	
	a	b	a	n	a	b	a	b
3	6180.62	47.83	577.12	0.60	312.52	-1.14	166.54	-60.25
5	7000.81	42.44	747.19	0.62	356.45	-1.36	250.86	-75.27
10	8060.92	36.85	998.70	0.64	413.25	-1.60	261.22	-96.57
20	9065.50	32.59	1269.16	0.66	467.09	-1.79	318.04	-118.57
30	9786.14	30.01	1482.04	0.68	505.71	-1.90	361.24	-135.37
50	10357.88	28.18	1661.93	0.68	536.36	-1.99	396.89	-149.27
100	11328.53	25.45	1989.28	0.70	588.41	-2.11	460.07	-173.99
200	12302.26	23.09	2344.93	0.71	640.63	-2.22	526.66	-200.12

Semi-log 型 : $I = a + b \cdot \log t$]

여기서 a, b, n는 각 型式에 따른 지역의 상수이며 각 공식에 필요한 상수를 최소자승법으로 구하기 위하여 Program을 작성해 전산처리^(12,13)하였으며, 각 지역별 재현기간별로 각 型式의 상수를 산정한 결과는 표 2, 3, 4과 같이 나타났다.

3.2 최적 확률 강우강도공식의 추정

일반적으로 실측치에 의해 정규분포법, 대수정규분포법, 積率法, Gumbel-chow法 및 Iwai法으로 구한 지속기간별 확률년 최대강우량과 4型式(Talbot型, Sherman型, Japanese型, Semi-log型)의 추정공식에 의한 추정치가 실측치에 얼마만큼 접근하였는가에 대하여는 통계학적으로 추정의 정도지수 또는 추정

정도를 표현하는 기준으로 지금까지 주로 확률오차(편차), 자승평균오차(표준편차), 절대치 평균오차(평균편차) 등이 많이 사용되고 있다. 이상의 기준을 사용하는 경우는 추정공식에 의해 계산된 추정치와 매년 관측된 관측치와의 오차관계를 취급한 경우이다. 본 연구의 경우는 추정코자 하는 강우강도치가 지속기간별로 13個(10, 20, ..., 720분)나 되며 각 공식의 확률강우량(정규분포법, 대수정규분포법, 적률법, Gumbel-chow법, Iwai법)과 추정치에 대한 확률강우량(Talbot, Japanese, Sherman, Semi-log형)에 대한 오차를 다음과 같이 비교하였다.

3.2.1 실측치와 추정치 비교

각 지역별, 재현기간별 지속강우량(부록 표 1, 2, 3)과 추정공식에 의해 계산된 추정치⁽¹³⁾(표 2, 3, 4)를

표 5. 확률지속강우량과 추정치의 오차비교 (제주시)

公式	Talbot型			Sherman型			Japanese型			Semi-log型			確定公式의 形式
	相對 誤差率	標準 偏差	χ^2 -test 值	相對 誤差率	標準 偏差	χ^2 -test 值	相對 誤差率	標準 偏差	χ^2 -test 值	相對 誤差率	標準 偏差	χ^2 -test 值	
3	8.58	5.4	5.7	4.70	2.6	1.6	4.42	2.2	1.4	17.06	5.9	259.6	Japanese型
5	7.50	5.2	4.7	5.34	4.0	2.7	5.32	3.4	2.3	16.14	5.9	186.5	Japanese型
10	6.65	4.9	4.0	6.54	6.3	5.1	6.66	5.9	4.9	15.34	6.1	151.6	Talbot型
20	6.27	4.8	3.7	7.56	9.0	8.6	7.83	9.1	8.9	15.57	6.5	137.4	Talbot型
30	6.18	4.7	3.6	8.23	11.1	11.7	8.63	11.7	12.9	15.74	7.0	132.4	Talbot型
50	6.13	4.7	3.5	8.72	12.8	14.6	9.25	14.0	16.8	15.87	7.6	130.2	Talbot型
100	6.05	4.7	3.5	9.49	16.0	20.2	10.26	18.4	24.9	16.07	8.8	129.1	Talbot型
200	5.99	4.8	3.5	10.20	19.4	26.9	11.26	23.5	35.2	16.28	10.4	130.5	Talbot型

표 6. 확률지속강우량과 추정치의 오차비교(서귀포)

公式	Talbot型			Sherman型			Japanese型			Semi-log型			確定公式의 形式
	相對 誤差率	標準 偏差	χ^2 -test 值	相對 誤差率	標準 偏差	χ^2 -test 值	相對 誤差率	標準 偏差	χ^2 -test 值	相對 誤差率	標準 偏差	χ^2 -test 值	
3	9.02	6.5	7.6	3.34	2.9	1.3	4.55	3.3	1.9	21.55	8.2	57.0	Sherman型
5	9.64	7.1	8.6	2.98	2.8	1.0	3.40	3.1	1.4	21.94	9.3	84.6	Sherman型
10	10.46	8.0	10.3	2.80	2.9	1.0	3.02	3.1	1.3	20.93	10.5	130.1	Sherman型
20	11.18	9.0	12.3	2.93	3.1	1.2	3.11	3.2	1.3	20.77	11.6	186.3	Sherman型
30	11.67	9.7	14.0	3.02	3.3	1.3	3.19	3.4	1.4	20.69	12.3	236.8	Sherman型
50	12.03	10.3	15.5	3.10	3.4	1.5	3.24	3.6	1.6	20.64	12.8	284.7	Sherman型
100	12.65	11.4	18.2	3.24	3.7	1.7	3.32	3.8	1.8	20.58	13.6	387.3	Sherman型
200	13.47	12.6	21.2	3.41	4.0	1.9	3.47	4.1	2.0	20.58	14.4	528.9	Sherman型

평균 상대오차율과 표준편차 및 χ^2 -test值를 계산하여 표 5, 6, 7에 정리하였으며, 그 결과 제주시에서는 확률년이 3年~5년에는 Japanese型, 10年 이상은 Talbot型으로, 서귀포에서는 Sherman型이, 성산포에서는 Talbot型이 오차가 가장 적게 나타났다. 이 계산에 적용한 식은 다음 (2)式과 같다.^(14,15)

$$\left. \begin{aligned}
 p_i &= \Sigma \left(\frac{f_i - e_i}{f_i} \times 100 \right) / N \\
 S_x &= \sqrt{\frac{\Sigma (X_i - \bar{X})^2}{N}} \\
 \chi^2\text{-test} &= \Sigma \frac{(X_i - T)^2}{T}
 \end{aligned} \right\} (2)$$

여기서 p_i 는 상대오차율, f_i 와 X_i 는 재현기간별 지속강우량(mm), e_i 와 \bar{X} 및 T 는 추정치(mm), N 은 자료수, S_x 는 표준편차, χ^2 -test는 χ^2 -檢定值이다.

3.2.2 기제안 공식과 비교

현재 제주도내에서 기제안되어 사용되고 있는 확률강우강도식은 복제준군 하수도기본계획서에 제안⁽¹⁶⁾되어 있으므로 본 연구에서 제시된 확률강우강도 공식과의 오차에 대한 비교를 제주시에 국한하여 계산해 보면 표 8과 같다. 그 결과 기제안된 공식보다 본 연구에서 유도된 공식이 오차가 적음을 확인하였다.

표 7. 확률지속강우량과 추정치의 오차비교(성산포)

公式	Talbot型			Sherman型			Japanese型			Semi-log型			確定公式의 形式
	相對 誤差率	標準 偏差	χ^2 -test 值	相對 誤差率	標準 偏差	χ^2 -test 值	相對 誤差率	標準 偏差	χ^2 -test 值	相對 誤差率	標準 偏差	χ^2 -test 值	
3	6.12	3.7	2.7	6.84	8.0	7.2	10.39	10.3	12.3	20.88	6.2	57.0	Talbot型
5	6.16	4.1	3.0	6.60	9.8	8.8	10.43	13.3	16.5	21.95	7.9	43.7	Talbot型
10	6.00	4.6	3.5	6.42	12.0	10.9	10.36	17.2	22.0	22.57	9.6	49.7	Talbot型
20	6.06	5.3	4.1	6.36	14.2	13.1	10.34	20.8	27.3	22.59	11.1	56.6	Talbot型
30	6.21	5.8	4.6	6.33	15.5	14.4	10.54	23.3	31.0	22.39	12.1	62.3	Talbot型
50	6.32	6.2	5.1	6.30	17.1	16.0	10.69	25.2	34.0	22.14	12.9	67.3	Talbot型
100	6.48	7.0	6.0	6.26	19.2	18.2	10.93	28.4	39.0	21.58	14.1	77.0	Talbot型
200	6.71	7.9	7.1	6.24	21.4	20.4	11.17	31.6	44.1	20.90	15.4	89.0	Talbot型

표 8. 기존식과 추정공식 비교

區分	本 研究 推定 公式				既 存 公 式			
	公 式	相對 誤差 (%)	標準 偏差 mm/hr	χ^2 -test 值	公 式	相對 誤差 (%)	標準 偏差 mm/hr	χ^2 -test 值
3	$315.76/(\sqrt{t}-0.01)$	4.42	2.2	1.4	—	—	—	—
5	$364.52/(\sqrt{t}-0.06)$	5.32	3.4	2.3	$379.249/(\sqrt{t}-0.000023)$	5.67	4.0	2.7
10	$8708.69/(t+71.93)$	6.65	4.9	4.0	$438.803/(\sqrt{t}-0.000012)$	6.60	5.3	4.1
20	$9955.22/(t+71.39)$	6.27	4.8	3.7	$495.668/(\sqrt{t}-0.000042)$	7.52	7.2	7.1
30	$10837.26/(t+70.74)$	6.18	4.7	3.6	$528.328/(\sqrt{t}-0.000020)$	8.51	8.9	11.1
50	$11528.99/(t+70.12)$	6.13	4.7	3.5	$569.127/(\sqrt{t}-0.000013)$	8.85	10.3	13.3
100	$12686.01/(t+68.89)$	6.05	4.7	3.5	$624.295/(\sqrt{t}-0.000017)$	9.72	13.1	19.7
200	$13824.30/(t+67.52)$	5.99	4.8	3.5	—	—	—	—
平均		5.9	4.3	3.2		7.81	8.1	9.7

표 9. 최적 확률강우강도식

確率年\地域	濟州市	西歸浦	城山浦
I_3	$315.76/(\sqrt{t} - 0.01)$	$453.76/t^{0.57}$	$6180.62/(t + 47.83)$
I_5	$364.52/(\sqrt{t} - 0.06)$	$494.08/t^{0.56}$	$7000.81/(t + 42.44)$
I_{10}	$708.69/(t + 71.93)$	$543.65/t^{0.55}$	$8060.92/(t + 36.85)$
I_{20}	$9955.22/(t + 71.39)$	$588.33/t^{0.54}$	$9065.50/(t + 32.59)$
I_{30}	$10837.26/(t + 70.74)$	$619.17/t^{0.53}$	$9786.14/(t + 30.01)$
I_{50}	$11528.99/(t + 70.12)$	$643.00/t^{0.53}$	$10357.88/(t + 28.18)$
I_{100}	$12686.01/(t + 68.89)$	$682.25/t^{0.52}$	$11328.53/(t + 25.45)$
I_{200}	$13824.30/(t + 67.52)$	$720.25/t^{0.52}$	$12302.26/(t + 23.09)$

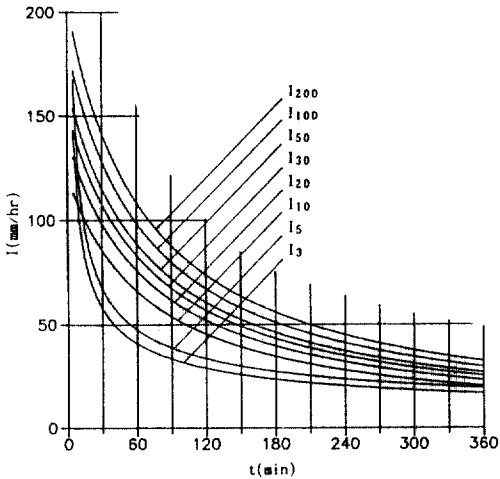


그림 1. 강우강도-지속기간-빈도 곡선(제주시)

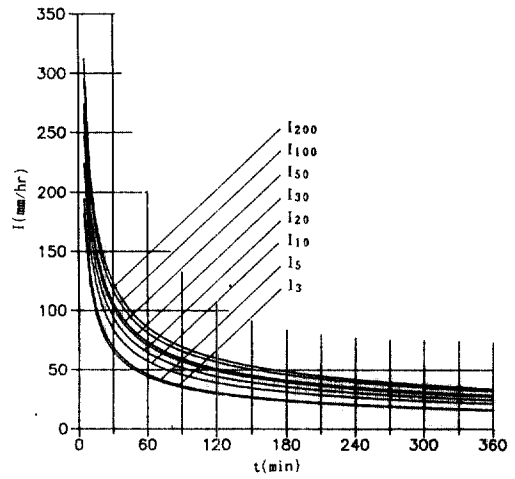


그림 2. 강우강도-지속기간-빈도 곡선(서귀포)

3.2.3 지역별 최적공식의 확정

각 지역별 최적공식은 표 5, 6, 7에서 오차가 가장 적은 것을 발췌해 보면 제주시에서는 확률년이 3년~5년이 Japanese형이고, 10년~200년까지는 Talbot형이며, 서귀포에서는 확률년이 3년~200년 전부 Sherman형이고, 성산포에서는 확률년이 3년~200년 전부 Talbot형이 오차가 가장 적게 나타났다. 그에 대한 각 형식의 적합도는 제주시 93.7%, 서귀포 96.9%, 성산포 94.1%이고, 전 지역의 평균은 94.9%로 상당히 높은 적합도를 나타내므로 이들을 최적공식으로 확정하였다. 그 결과는 표 9와 같으며, 강우강도-지속기간-빈도 곡선도는 그림 1, 2, 3과 같다.

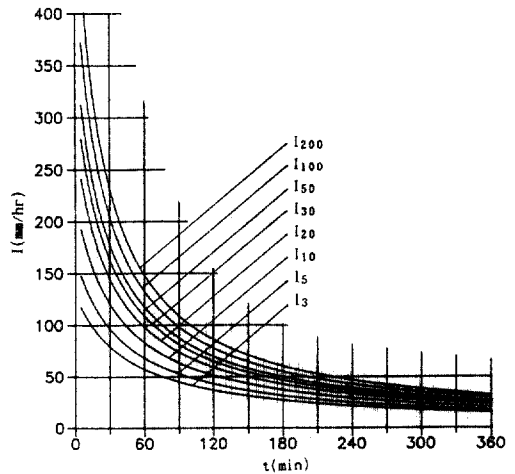


그림 3. 강우강도-지속기간-빈도 곡선(성산포)

5. 결 론

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 본 연구에서 제안한 제주지방의 지역별 최적 확률강우강도식에 대한 적합도는 제주시 94.1%, 서귀포 96.9%, 성산포 93.7%로서 대단히 높음을 나타냈다.

2) 본 연구의 식을 기제안식과 오차를 비교한 결과 본 연구의 식이 기제안식 보다 적합도가 높았다.

3) 지역별 최적강우강도식은 제주시에서 확률년이 3년~5년에는 Japanese型이고, 그외는 Talbot型이며, 서귀포에서는 Sherman型, 성산포에서는 Talbot型으로 나타났다.

4) 본 연구에서 새로 제안한 식은 제주지방의 각종 수공구조물의 계획 및 설계시에 활용할 수 있다.

본 논문은 조선대학교의 92년도 연구비 지원에 의하여 연구한 것이며, 이에 감사드립니다.

参 考 文 獻

1. 南濟州郡, “下水道整備基本計劃書”, 南濟州郡, 1984, pp. 71~74.
2. 濟州市, “下水道整備基本計劃書”, 濟州市, 1980, pp.

301~304.

3. 李元煥, “都市河川 및 下水道 改修計劃上의 計劃 降雨量設定에 關한 推定計劃의 解析”, 大韓土木學會誌, 第28卷, 第4號, 1980, p. 85.
4. 金哲淳外2人, “地域別 最適 確率降雨強度式의 誘導”, 朝鮮大學校 國土開發研究所, Vol.9, No.1, 1989, pp.1~18.
5. 中央氣象廳, “韓國 氣象年報”, 1968~1989.
6. 濟州氣象臺, “自記雨量記錄集”, 1971~1990.
7. 西歸浦觀測所, “自記雨量記錄集”, 1971~1990.
8. 城山浦觀測所, “自記雨量記錄集”, 1972~1991.
9. 崔榮博, “河川水文과 水理”, 螢雪出版社, 1965, pp. 65~85.
10. 石黑政儀, “日本の降雨強度式型の地域的特性について”, 日本水道協會誌, 第311號, 1960.
11. 朴成宇 外5人, “應用水文學”, 鄉文社, 1984, p. 56.
12. 石黑政儀, “日本主要都市の確率降雨強度式について”, 日本土木學會論文集, 第64號, 1959, pp.21~27.
13. 河村三郎, “水文·水理1(實用프로그램과 그래픽표시)”, 희성出版社, 1984, pp.2~26.
14. 尹起重, “統計學”, 法文社, 1987, p. 78, pp. 432~434.
15. 岸根卓郎, “理論統計學”, 養賢堂 版, 東京, 1970, pp. 354~383.
16. 北濟州郡, “下水道 整備基本計劃書”, 北濟州郡, 1986, pp. 307~311.

(接受 : 1993. 1. 8)

부록 표 1. 재현기간 및 지속기간별 확률강우량(제주시)

단위: mm/분

分 確率年	10	20	30	40	60	80	100	120	180	240	300	360	720
3	16.1	22.1	28.6	33.6	45.0	50.2	54.7	60.2	70.9	80.8	92.5	100.8	119.5
5	18.1	25.7	34.2	40.6	52.0	58.8	63.7	69.4	81.3	92.9	106.8	116.5	135.7
10	23.8	37.4	50.5	66.2	73.9	83.4	88.9	94.7	106.4	122.0	139.5	151.9	170.3
20	26.3	42.3	57.5	68.6	83.3	94.1	100.1	106.0	118.3	135.8	155.3	169.1	187.8
30	28.0	45.4	62.0	74.1	89.3	101.0	107.3	113.4	126.0	144.7	165.5	180.2	199.1
50	29.2	47.8	65.4	78.1	93.8	106.2	112.6	118.8	131.6	151.3	173.1	188.4	207.5
100	31.1	51.4	70.6	84.4	100.8	114.2	120.9	127.3	140.6	161.6	184.9	201.3	220.6
200	32.9	54.8	75.4	90.2	107.2	121.5	128.6	135.0	148.7	171.1	195.7	213.1	232.6

부록 표 2. 재현기간 및 지속기간별 확률강우량(서귀포)

단위: mm/분

分 確率年	10	20	30	40	60	80	100	120	180	240	300	360	720
3	20.3	28.8	34.8	41.0	52.4	59.2	63.6	68.8	79.8	90.5	100.9	109.2	137.9
5	22.9	32.6	39.8	47.9	59.0	66.7	71.7	78.2	92.0	105.6	119.6	130.4	164.2
10	25.9	37.0	45.6	55.7	66.5	75.1	80.8	88.7	105.7	122.5	140.6	154.2	193.6
20	28.4	40.5	50.3	62.0	72.6	82.0	88.3	97.5	117.0	136.5	158.0	173.9	218.0
30	29.9	42.8	53.4	66.2	76.6	86.5	93.2	103.1	124.3	145.5	169.2	186.6	233.7
50	31.1	44.5	55.6	69.3	79.5	89.9	96.8	107.3	129.7	152.2	177.5	196.0	245.4
100	33.0	47.2	59.2	74.1	84.1	95.0	102.4	113.8	138.1	162.7	190.5	210.8	236.6
200	34.6	49.7	62.4	78.5	88.3	99.8	107.6	119.8	145.9	172.3	202.4	224.3	280.3

부록 표 3. 재현기간 및 지속기간별 확률강우량(성산포)

단위: mm/분

分 確率年	10	20	30	40	60	80	100	120	180	240	300	360	720
3	19.2	30.2	37.5	45.1	55.1	60.8	64.4	68.8	76.2	83.7	89.2	98.1	120.1
5	22.7	36.4	45.3	54.0	65.2	70.2	74.9	79.8	89.4	98.9	104.4	114.9	140.2
10	27.1	44.2	55.4	65.6	78.9	82.4	89.1	94.5	107.7	120.7	125.9	138.0	165.6
20	31.2	51.5	65.0	76.6	92.4	94.2	103.0	109.0	126.2	143.5	147.8	161.1	187.2
30	34.0	56.8	72.0	84.5	102.4	102.7	113.3	119.5	140.1	161.0	164.5	178.3	205.9
50	36.3	60.9	77.5	90.8	110.5	109.5	121.6	128.0	151.4	175.6	178.3	192.4	219.0
100	40.0	67.8	86.8	101.4	124.6	121.0	135.9	142.7	171.4	201.6	202.7	217.0	251.0
200	43.7	74.7	96.2	112.0	139.1	132.6	150.5	157.7	192.2	229.4	228.5	242.5	262.7