Gamma 및 비Gamma군 분포모형에 의한 강우의 지점 및 지역빈도 비교분석 (I)

Comparative Analysis of Regional and At-site Analysis for the Design Rainfall by Gamma and Non-Gamma Family (I)

이 순 혁* · 류 경 식*

Lee, Soon Hyuk · Ryoo, Kyong Sik

Abstract

This study was conducted to derive the design rainfall by the consecutive duration using the at-site frequency analysis.

Using the errors, K-S tests and LH-moment ratios, Log Pearson type 3 (LP3) and Generalized Extreme Value (GEV) distributions of Gamma and Non-Gamma Family, respectively were identified as the optimal probability distributions among applied distributions. Parameters of GEV and LP3 distributions were estimated by the method of L and LH-moments and the Indirect method of moments respectively. Design rainfalls following the consecutive duration were derived by at-site frequency analysis using the observed and simulated data resulted from Monte Carlo techniques. Relative root-mean-square error (RRMSE) and relative efficiency (RE) in RRMSE for the design rainfall derived by at-site analysis in the observed and simulated data were computed and compared.

It has shown that at-site frequency analysis by GEV distribution using L-moments is confirmed as more reliable than that of GEV and LP3 distributions using LH-moments and Indirect method of moments in view of relative efficiency.

Keywords : L-moment, LH-moment, Monte Carlo simulation, At-site frequency analysis, Design rainfall

I. 서 론

우리나라는 1960년대부터 농업근대화 사업이 본격적으로 시작되면서 17,882개의 농업용 저수지와 65,582개의 농업용 수리시설물을 보유하게 되었다(농업생산기반정비사업 통계연보, 2002). 이러한 수공구조물의 설계시 기본자료로 이용되는 강우자료는 2003년을 기준으로 건설교통부 337개소, 기

* 충북대학교 농과대학 지역건설공학과
* Corresponding author. Tel.: +82-43-261-2576
Fax: +82-43-271-5922
E-mail address: aelsh@cbucc.chungbuk.ac.kr

상청 73개소, 한국수자원공사 130개소 및 농업기반공사 16개소로서 총 596개소의 강우관측지점으로부터 획득되어진다. 이들 강우관측지점들 중에서 수공구조물의 설계제원을 산출하기 위한 장기간의 연속적인 관측자료를 보유한 강우관측지점의 수는 대략 100여개 안팎인 실정이다.

이러한, 양질의 강우자료를 보유한 강우관측지점이 작기 때문에 양질의 강우자료를 보유하지 못한 강우관측지점이나 강우관측이 이루어지지 못한 미관측지점에서의 수공구조물 설계는 지점빈도분석만으로 해당 지점에서의 수리시설물에 대한 설계기준을 제시하기 어려운 실정이다.

따라서, 상기한 문제점을 보완하기 위해서 본 연구에서는 미관측 지점에 대해서도 적정 설계강우량의 제시가 가능한 지역빈도분석방법을 적용하고자 하였다. 그러나, Flood Estimation Handbook (1999)에 의하면 대상자료의 기간이 구하려는 재현기간 T보다 작을 때에는 지점빈도분석을 권장하며 대상자료의 기간이 T에서 2T일 때는 지점빈도분석과 지역빈도분석을 동시에 수행할 것을 권장하고 대상자료의 기간이 2T이상이면 지점빈도분석의 수행을 권장하고 있기에 지역빈도뿐 아니라 지점빈도 역시 분석할 필요성이 있을 것으로 사료된다.

따라서, 본 연구의 제 'I'보에서는 지점빈도분석을 중심으로 적정분포형과 매개변수를 선정하여 적정설계강우량을 제시하고자 한다. 이에 대해 상세히 기술하면 다음과 같다.

본 연구의 제 'I'보에서는 제주도과 울릉도를 제외한 전국을 대상으로 기상청의 기상관측자료를 수집하여 분석에 이용한다. 적용분포형은 Gamma군에 속하는 4개의 분포형과 비 Gamma군에 속하는 4개의 분포형을 적용하여 각각 적정 분포형을 선정하여 빈도분석에 이용하며 매개변수 유도방법으로는 Gamma군의 분포형에 대해 간접모멘트법과 5가지 방법을 적용하고, 비 Gamma군의 분포형에 대해 관행의 매개변수 유도방법보다 신빙도가 우월한 것으로 입증되고 있는 L 및 LH-모멘트법을 적

용한다. 또한, 상대평균제곱근오차의 비로서 나타나는 상대효율성 분석을 통해서 Gamma 및 비 Gamma군 분포형에 대한 적정분포형과 매개변수 유도방법을 선정하여 지점빈도분석에 따른 적정설계강우량을 제시하고자 한다.

II. 수문자료와 분석방법

1. 수문자료

본 연구에서는 강우관측자료의 신빙도가 높은 기상청산하 65개 기상대 및 기상관측소(이하 강우관측지점이라 한다.)의 강우자료를 선정하였다. 선정된 강우관측지점에서 관측된 강우량 자료는 한국건설기술연구원의 수문 DB 및 기상청으로부터 수집하였고 지리학적 인자인 위도, 경도 및 표고는 기상연보 등에 의해 수집하였으며 전국에 걸친 강우관측지점의 지형 및 기후적 특성은 현지 방문에 의해 조사 분석하였다.

본 연구의 분석을 위해 선정된 강우관측지점들의 기본통계치를 조사한 결과, 기록년수, 연평균강우량 및 강우기의 평균강우량은 각각 11~41년, 967~1,837 mm 및 483~971 mm의 범위를 가졌고, 일강우량의 평균과 표준편차는 각각 93~181 mm, 21.3~95.5의 범위로 나타났다.

2. 분석방법

가. 강우의 지점빈도분석을 위해, 강우자료의 주기적인 측정과 지속적인 관리가 정기적으로 이루어지고 있는 기상청산하 65개 강우관측지점을 선정하였다.

나. 선정된 강우관측지점들의 강우자료를 지속기간 1, 3, 6, 12, 24, 36, 48 및 72시간에 대한 연최대치 시계열로 구성한다.

다. 선정된 강우관측지점의 지속기간별 연최대강우량의 적정분포형 선정은 Gamma군에 속하는

Gamma, Pearson type 3 (PT3), Log Pearson type 3 (LP3) 및 Generalized Gamma 분포형과 비 Gamma군의 분포형인 Gumbel (GUM), Generalized Extreme Value (GEV), Generalized Logistic (GLO) 및 Generalized Pareto (GPA) 분포형을 대상으로 각각 실시한다.

라. Gamma군에 속하는 분포형들을 대상으로 지점빈도분석을 실시하고 이를 오차분석에 의해 비교 분석함으로써 적정확률분포형 및 매개변수유도방법을 선정한다.

마. 비 Gamma군의 분포형들을 대상으로 L 및 LH-모멘트비도와 K-S 검정을 실시하여 적정한 확률분포형을 선정한다.

바. '라'항과 '마'항에서 선정된 적정 확률분포형에 의한 실측치의 지점빈도분석을 통해 빈도별 설계강우량을 유도한다.

사. Monte Carlo 기법에 의해 모의발생된 지속기간별 연최대강우량에 대한 지점빈도분석을 실시하여 빈도별 설계강우량을 유도한다.

아. 실측치 및 모의발생치의 지점빈도분석에 의한 설계강우량의 비교분석을 상대평균제곱근오차, 상대편의 및 상대효율성에 의해 수행하여 적정분포형과 매개변수유도방법을 선정한다.

자. 최종적으로 적정 분포형과 매개변수 유도방법에 따른 지속기간 및 재현기간별 설계강우량을 제시한다.

III. 결과 및 고찰

1. 적정 확률분포형의 선정

강우관측지점들의 지속기간별 강우량에 대한 적정 확률분포형을 선정하기 위해 Gamma 및 비 Gamma군에 대해 오차검정법, L 및 LH-모멘트비도와 Kolmogorov-Smirnov (K-S) 검정을 수행한다.

가. Gamma군에 대한 적정 확률분포형의 선정

본 분석에서는 Gamma군의 분포형중 적정한 분포형과 매개변수추정기법을 판정하기 위해서 각각의 분포형 및 매개변수 유도방법에 의해 유도된 설계강우량을 구하였고 이들에 대한 상대평균오차와 제곱평균제곱근오차의 비교에 의하여 적정확률분포형을 선정하고자 한다.

65개 기상관측지점중 표본 예로 추풍령 지점에서 지속기간별로 상대평균오차와 제곱평균제곱근오차를 구한 결과는 Table 1과 같다.

Table 1의 결과를 보면, 동일 지점내에서도 지속기간의 변화에 따라 상대평균오차와 제곱평균제곱근오차의 불규칙한 변화가 나타남으로서 적정분포형이 지속기간별로 달리 나타남을 볼 수 있다. 예를 들면, 추풍령지점 1시간 지속기간의 경우에 적정방법으로 Pearson 3 분포형과 모멘트법(CS2)이 선정되었으나 타 지속기간에서는 다른 방법이 적정방법으로 선정됨을 볼 수 있다. 이러한 현상은 표본 예의 추풍령지점뿐 아니라 65개 모든 지점에서 같은 양상을 나타내었다.

이에, 본 연구에서는 상기한 분석방법으로는 적정분포형과 매개변수 유도방법을 선정함이 어렵다고 판단되어 지속기간별로 적정분포형과 매개변수 유도방법을 선정하였고 이들의 결과를 지속기간별로 분석 정리하여 적정분포형과 매개변수 유도방법으로 선정된 횟수를 비율로 나타내었으며 이의 결과는 Table 2와 같다.

Table 2의 결과에서 보면, LP3 분포형에 간접모멘트법을 적용하여 유도된 설계강우량이 적정 설계강우량으로 선정된 비율은 27.7~40.8% 범위로 나타났으며 이는 전 지속기간에 걸쳐 타 방법들에 의해 적정 설계강우량으로 선정된 비율들보다 높은 것이다. 따라서, Gamma군에 대한 적정한 확률분포형과 매개변수 유도방법은 각각 LP3 분포형과 간접모멘트법으로 판정되었다.

Table 1 Relative Mean Errors and Root Mean Square Errors calculated by different distributions and parameters at Chupungnyeong station

	Distribution & Parameter Estimation	Durations							
		1	3	6	12	24	36	48	72
R M E	Ga/MM	0.0357	0.0362	0.0567	0.0517	0.0410	0.0408	0.0365	0.0349
	Ga/ML	0.0330	0.0350	0.0561	0.0510	0.0407	0.0386	0.0320	0.0305
	Ge/SAM	0.1211	0.0069	0.0068	0.0074	0.0087	0.0090	0.0151	0.1386
	P3/CS1	0.0102	0.0070	0.0078	0.0092	0.0100	0.0113	0.0100	0.0081
	P3/CS2	0.0095	0.0073	0.0065	0.0072	0.0075	0.0092	0.0079	0.0070
	P3/CS3	0.0097	0.0072	0.0069	0.0077	0.0079	0.0097	0.0085	0.0073
	LP3/DMM	0.0083	0.0073	0.0071	0.0088	0.0105	0.0102	0.0084	0.0063
	LP3/IMM	0.0080	0.0067	0.0067	0.0073	0.0083	0.0086	0.0074	0.0063
	LP3/MM1	0.0078	0.0068	0.0154	0.0080	0.0092	0.0192	0.0194	0.0059
R M S E	Ga/MM	7.981	13.448	29.966	36.596	36.371	43.886	43.113	44.378
	Ga/ML	7.345	12.908	29.093	34.825	33.724	39.284	36.643	38.821
	Ge/SAM	16.564	2.815	3.372	5.722	8.508	10.347	16.580	100.443
	P3/CS1	1.486	2.582	2.841	4.744	6.456	8.041	7.943	7.239
	P3/CS2	1.457	2.560	2.657	4.406	5.819	7.605	7.570	7.039
	P3/CS3	1.466	2.602	2.692	4.465	5.906	7.692	7.640	7.077
	LP3/DMM	1.340	2.616	2.819	4.754	7.508	8.274	7.941	6.819
	LP3/IMM	1.707	2.445	2.950	5.321	6.958	9.058	9.012	8.320
	LP3/MM1	1.437	2.510	7.555	4.860	6.593	19.329	20.667	7.201

Ga/MM : Gamma/Method of Moments

Ge/SAM : Generalized Gamma/Sundry Averages Method

P3/CS2 : Pearson 3/Method of Moments (Cs)₂

LP3/DMM : Log-Pearson 3/Direct Method of Moments

LP3/MM1 : Log-Pearson 3/Method of Mixed Moments

Ga/ML : Gamma/Maximum Likelihood

P3/CS1 : Pearson 3/Method of Moments (Cs)₁P3/CS3 : Pearson 3/Method of Moments (Cs)₃

LP3/IMM : Log-Pearson 3/Indirect Method of Moments

Table 2. Optimal distribution including estimation of parameter among Gamma Family (Unit: %)

Durations	Optimal rank					
	1		2		3	
	Method	Percentage	Method	Percentage	Method	Percentage
1	LP3/IMM	27.7	P3/CS2	23.1	LP3/DMM	14.6
3	LP3/IMM	32.3	P3/CS2	20.0	LP3/DMM	15.4
6	LP3/IMM	36.2	P3/CS2	19.2	Ge/SAM	13.8
12	LP3/IMM	37.7	P3/CS2	15.4	Ge/SAM	10.8
24	LP3/IMM	36.9	P3/CS2	19.2	Ge/SAM	12.3
36	LP3/IMM	40.8	Ge/SAM	16.2	P3/CS2	14.6
48	LP3/IMM	38.5	Ge/SAM	14.6	P3/CS2	13.1
72	LP3/IMM	37.7	Ge/SAM	17.7	LP3/DMM	12.3

나. 비 Gamma군 분포형에 대한 적정확률분포형의 선정

1) L 및 LH-모멘트비도에 따른 선정

비 Gamma군 분포형에 대한 적정분포형 선정방법으로서 도시적인 방법인 L 및 LH-모멘트비도를 작성하였으며 그 결과는 Fig. 2~Fig. 6과 같다.

Fig. 2~Fig. 6에 나타난 바와 같이 지속기간별 연최대강우량 계열인 40개의 L 및 LH-모멘트비의 플로팅이 GEV 분포형의 곡선에 고루 산재해 있고 L-왜곡도를 평균한 값이 0.23, L1-왜곡도를 평균한 값이 0.28, L2-왜곡도를 평균한 값이 0.29, L3-왜곡도를 평균한 값이 0.30 및 L4-왜곡도를 평균한 값이 0.30으로써 타 확률분포형의

Fig. 2 Identification of distributions by L-skewness and L-kurtosis

Fig. 3 Identification of distributions by L1-skewness and L1-kurtosis

Fig. 4 Identification of distributions by L2-skewness and L2-kurtosis

Fig. 5 Identification of distributions by L3-skewness and L3-kurtosis

Fig. 6 Identification of distributions by L4-skewness and L4-kurtosis

L 및 LH-모멘트비 곡선 보다 GEV 분포형의 L 및 LH-모멘트비 곡선에 보다 근접되어 있음을 볼

수 있다.

따라서, 지속기간별 연최대강우량 계열에 L 및 LH-모멘트법을 적용하여 L 및 LH-모멘트비를 플로팅한 결과 GEV 분포형이 타 확률분포형에 비해 보다 적절한 확률분포형으로 판정되었다.

2) Kolmogorov-Smirnov 검정에 의한 적정 확률분포형의 선정

강우관측지점 및 지속기간별 적정 확률분포형의 선정을 위해 Kolmogorov-Smirnov (K-S)검정을 실시하였으며, 표본 예로 L 및 LH-모멘트법에 의한 강우관측지점별 24시간 지속기간에 대한 검정 결과는 Table 3과 같다.

Table 3 Identification of optimal distribution for Gamma Family

Estimator	Number of Inadequacy (24h)			
	GUM	GEV	GLO	GPA
L-Moments	-	-	-	-
L1-Moments	1	-	-	-
L2-Moments	3	-	-	1
L3-Moments	12	-	-	12
L4-Moments	19	-	3	21

Table 3에서 보는 바와 같이 L-모멘트법에 의한 강우관측지점별 24시간 지속기간의 연최대강우량은 GUM, GEV, GLO 및 GPA 분포형 모두 적합성이 인정되었다.

그러나, LH-모멘트의 차수가 증가함에 따라 일부 강우관측지점에서 적용 분포형의 적합성이 인정되지 않음을 볼 수 있다. 표본 예로 GUM 분포의 경우, L1, L2, L3 및 L4-모멘트로 차수가 증가함에 따라서 적합성이 인정되지 않은 강우관측지점의 수는 각각 1, 3, 12 및 19개로 증가한 반면 GEV 분포만은 부적합한 강우관측지점의 수가 전혀 나타나지 않았으며 타 지속기간의 연최대강우량에서도 유사한 결과를 나타내었다.

결론적으로, 본 연구에서는 L 및 LH-모멘트비도와 K-S 검정에서 함께 적합성이 인정된 GEV

분포를 적정분포형으로 선정하였다.

2. 적정 확률분포형에 의한 실측치의 지점빈도 분석

본 분석에서는 LP3 분포형에 간접모멘트법과 GEV 분포형에 L 및 LH-모멘트법을 적용하여 지속기간 및 빈도별 매개변수를 각각 유도하고 이를 각 분포형의 확률밀도함수 및 확률밀도함수의 역함수에 적용하여 65개 강우관측지점에 대한 지속기간 및 빈도별 설계강우량을 유도하였다.

표본 예로, 65개 강우관측지점중 춘천, 서울, 청주, 광주 및 부산지점에 대해 24시간 지속기간의 빈도별 설계강우량을 분포형 및 매개변수별로 유도한 결과는 Table 4와 같다.

3. Monte Carlo 모의발생에 의한 지점빈도분석

실측치에 의한 지속기간 및 빈도별 설계강우량과 모의발생된 지속기간 및 빈도별 설계강우량과의 비교분석을 수행하기 위해서 Monte Carlo 알고리즘에 의해 모의발생된 강우관측지점들의 지속기간별 연최대강우량을 지점빈도분석에 의해 추정된 각각의 빈도별 설계강우량과 실측자료에 의한 지점빈도분석에 따른 지속기간 및 빈도별 설계강우량과의 오차분석을 상대평균제곱근오차(RRMSE)와 상대편의(RBIAS)에 의해 수행함으로써 적절한 빈도분석법과 이에 의한 지속기간에 따른 빈도별 적정 설계강우량의 제시가 가능하게 된다.

강우관측지점들의 지속기간별 연최대강우량의 지점빈도분석을 위한 Monte Carlo 모의발생기법은 Fig. 7에 도시된 절차에 의해 수행한다.

본 분석에서는 Monte Carlo 기법에 의해 강우관측지점별로 표본크기(sample size)를 20, 40, 60 및 100으로 구분하고 각각의 경우에 대하여 1,000회 모의발생 결과치를 얻었으며, 이들 모의발생치를 이용하여 지점빈도분석을 수행함으로써 지속기

Table 4 Design rainfall following the return period for 24-h consecutive duration of LP3 and GEV distribution by at-site frequency analysis using different methods for parameters (Unit : mm)

Distribution & Parameter Estimation	Station	Return period						
		5	10	20	50	100	200	500
LP3 & IMM	Chuncheon	197.9	240.9	284.8	345.7	394.7	446.5	520.0
	Seoul	214.3	268.4	327.6	416.0	492.2	577.7	707.3
	Cheongju	162.7	194.7	228.8	278.5	320.3	366.2	434.3
	Gwangju	185.3	221.9	258.5	308.4	347.7	388.8	446.2
	Busan	218.2	267.1	316.8	385.2	439.8	497.4	578.4
GEV & L-moments	Chuncheon	196.5	240.2	285.8	350.9	404.5	462.5	546.6
	Seoul	208.9	263.8	327.5	429.7	524.2	636.8	820.1
	Cheongju	159.7	192.8	230.1	288.4	340.8	401.8	498.4
	Gwangju	184.3	220.9	257.9	309.0	349.8	392.6	452.8
	Busan	217.2	266.0	316.3	386.9	444.1	505.1	592.2
GEV & L1-moments	Chuncheon	200.7	243.4	285.4	341.3	384.5	428.5	488.3
	Seoul	210.2	265.2	328.1	427.7	518.4	625.2	796.6
	Cheongju	161.1	194.1	230.6	286.0	334.5	389.7	474.9
	Gwangju	181.2	218.3	257.9	315.8	364.7	418.6	498.9
	Busan	218.6	267.1	316.2	383.8	437.5	493.9	572.9
GEV & L2-moments	Chuncheon	205.3	247.6	286.2	333.3	366.7	398.3	437.8
	Seoul	212.8	268.7	330.7	425.3	508.7	604.1	752.0
	Cheongju	163.0	196.4	232.0	283.7	327.2	374.9	445.4
	Gwangju	179.2	215.7	256.3	318.1	372.4	434.6	530.8
	Busan	219.2	267.8	316.5	382.7	434.9	489.1	564.2
GEV & L3-moments	Chuncheon	209.0	251.4	287.3	327.8	354.2	377.6	404.6
	Seoul	215.0	272.2	333.6	424.1	501.0	586.3	714.0
	Cheongju	164.2	198.2	233.3	282.7	323.0	366.0	427.5
	Gwangju	178.3	214.3	255.0	318.3	375.2	441.4	546.1
	Busan	218.8	267.2	316.1	383.2	436.4	492.1	570.0
GEV & L4-moments	Chuncheon	211.7	254.6	288.5	324.2	345.8	363.8	383.1
	Seoul	216.7	275.4	336.6	423.6	495.1	572.3	683.8
	Cheongju	164.6	199.0	234.0	282.5	321.3	362.3	420.0
	Gwangju	177.9	213.3	253.9	318.1	376.6	445.7	556.5
	Busan	217.8	265.5	314.6	383.7	439.9	499.9	585.8

간에 따른 빈도별 설계강우량을 유도하였다.

4. 실측치 및 모의발생치에 대한 지점빈도분석 결과 비교분석

본 분석에서는 실측치와 모의발생치에 의해 추정된 지점별 설계강우량을 상대평균제곱근오차와 상대편의에 의해 오차분석을 실시하고 상대평균제곱근오차의 비인 상대효율성(relative efficiency,

RE)을 이용하여 LP3 분포형에 대한 간접모멘트법과 GEV분포형에 대한 L 및 LH-모멘트법을 적용한 지점빈도 결과들의 상대적인 우열을 판정하고자 한다.

상대효율성, ϕ_i 는 GEV 분포형과 L-모멘트법에 따른 상대평균제곱근오차와 타 방법에 의한 상대평균제곱근오차의 비로서 나타내는 척도이다. 이와 같은 상대효율성은 GEV 분포형과 LP3 분포형에

Fig. 7 At-site frequency analysis procedure by optimal distribution using Monte Carlo simulation

대해 각각 다음의 식(1) 및 식(2)로 나타낸다.

$$\phi_i = \frac{\text{RRMSE in estimate using L-moment}}{\text{RRMSE in estimate using Li-moment}} \quad (i = 1, 2, 3, 4) \dots \dots \dots (1)$$

$$\phi_i = \frac{\text{RRMSE in estimate using L-moment}}{\text{RRMSE in estimate using Indirect Method of moments}} \dots \dots \dots (2)$$

LP3 분포형의 간접모멘트법과 GEV 분포형의 LH-모멘트법에 따른 상대평균제곱근오차에 대한 GEV 분포형의 L-모멘트법에 따른 상대평균제곱근오차의 비인 상대효율성을 지점, 지속기간 및 표본크기별로 구하였고 표본 예로 추풍령지점에 대한 24시간 지속기간 및 표본크기별로 상대효율성을 도시한 결과는 Fig. 8과 같다.

Fig. 8의 결과를 보면, 상대효율성의 값은 대체적으로 1 보다 작은 값을 나타내고 있다. 이와 같은 상대효율성의 변화를 보면 GEV 분포형의 경우 비초과확률 0.95인 재현기간 20년 이전에서는 점차적으로 커지다가 재현기간 20년 이후 감소함을

보여주었고 LP3 분포형의 경우는 비초과확률 0.98인 재현기간 50년을 기준으로 GEV 분포형과 반대되는 양상을 나타내었다. 또한 GEV 분포형의 재현기간 20년 이전의 경우 L1-모멘트법의 값보다는 L2-모멘트법의 값이, L2-모멘트법의 값보다는 L3-모멘트법의 값이, L3-모멘트법의 값보다는 L4-모멘트법의 값이 점차적으로 커지는 경향을 나타내고 있으나 재현기간 20년 이후에서는 반대되는 모습을 나타내었다.

결론적으로, 상대효율성은 일부 경우를 제외하고는 공히 1보다 적게 나타났기 때문에 GEV 분포형에 L-모멘트법을 적용하여 지점빈도분석을 실시하는 것이 타 방법들에 의한 지점빈도분석 결과보다 효율성이 높게 나타났음을 볼 수 있다. 이와 같은 결과는 타 지점에 대해서 구한 상대효율성에서도 동일한 양상을 나타내었다.

5. 지점 및 지속기간별 적정 설계강우량의 유도

전술한 결과에서 언급한 바와 같이 우리나라의

Fig. 8 Comparison of relative efficiency for 24-h consecutive duration in Chupungnyeong

지속기간에 따른 빈도별 적정한 설계강우량의 유도는 GEV 분포형과 L-모멘트법을 사용하여 지속기간 및 빈도별 설계강우량을 유도하는 것이 가장 신빙성이 높은 것으로 입증되었다. 따라서, 지점빈도 분석을 GEV 분포형과 L-모멘트법을 사용하여 지속기간 및 빈도별 설계강우량을 유도하였으며 표본 예로, 24시간 지속기간에 대한 지점 및 빈도별 설계강우량의 결과는 Table 5와 같다.

Table 5의 결과를 보면, 65개 지점중 서해 및 남해지역인 강화, 부여, 해남, 고흥 지점의 24시간 지속기간에서 타지점에 비해 상대적으로 높은 빈도별 설계강우량을 나타냈으며 경북 지역인 점촌, 영천, 안동 지점이 타지점에 비해 상대적으로 낮은 빈도별 설계강우량을 나타내고 있다.

본 연구 결과의 신빙성을 증대시키기 위해 Table 5의 결과와 건설교통부에서 2000년에 발간한 수자

Table 5 Design rainfall following the return period for 24-h consecutive duration of GEV distribution by at-site frequency analysis using L-Moments (Unit : mm)

Station Number	Station	Return period						
		5	10	20	50	100	200	500
1	Sokcho	210.3	254.1	299.8	365.1	418.9	477.1	561.5
2	Cheorwon	194.2	240.0	290.7	367.8	435.6	513.1	632.8
3	Daegwallyeong	270.9	317.4	357.9	404.7	436.1	464.6	498.3
4	Chuncheon	196.5	240.2	285.8	350.9	404.5	462.5	546.6
5	Gangneung	209.6	255.6	302.2	366.6	417.9	471.9	547.5
6	Donghae	181.4	217.6	250.1	289.3	316.5	342.0	373.4
7	Seoul	208.9	263.8	327.5	429.7	524.2	636.8	820.1
8	Incheon	187.4	241.7	305.8	410.9	510.0	630.5	830.6
9	Wonju	175.9	208.4	245.8	305.5	360.2	425.2	530.2
10	Suwon	212.4	269.2	335.3	441.9	540.8	659.4	853.2
11	Seosan	186.3	222.6	256.6	299.5	330.8	361.3	400.5
12	Ulsan	146.9	188.3	239.3	326.8	413.0	521.7	710.5
13	Cheongju	159.7	192.8	230.1	288.4	340.8	401.8	498.4
14	Daejeon	190.6	236.9	288.5	367.6	437.5	517.8	642.8
15	Chungcheong	157.7	187.5	217.9	260.2	294.2	330.2	381.1
16	Andong	124.3	140.8	156.7	177.3	192.8	208.3	228.8
17	Pohang	168.0	220.1	286.0	402.5	520.7	673.7	947.3
18	Gunsan	156.0	186.9	219.3	265.7	304.0	345.5	405.7
19	Daegu	152.1	179.2	204.7	237.1	261.0	284.3	314.5
20	Jeonju	170.9	195.1	215.5	238.4	253.3	266.4	281.4
21	Ulsan	198.1	252.3	315.2	416.0	509.1	620.0	800.4
22	Masan	211.4	241.2	267.5	298.3	319.2	338.4	361.5
23	Gwangju	184.3	220.9	257.9	309.0	349.8	392.6	452.8
24	Busan	217.2	266.0	316.3	386.9	444.1	505.1	592.2
25	Chungmu	195.4	238.8	285.8	355.8	415.9	483.2	584.9
26	Mokpo	161.0	198.0	240.0	305.5	364.5	433.3	542.5
27	Yeosu	202.5	243.5	285.7	344.7	392.5	443.5	516.1
28	Wando	189.3	236.5	293.2	387.7	478.5	590.4	779.7
29	Jinju	197.8	232.4	265.8	309.0	341.6	374.1	417.1
30	Ganghwa	252.2	326.4	418.6	578.3	737.3	939.5	1,294.3
31	Yangpyeong	215.1	271.3	332.0	421.9	498.7	584.4	713.2
32	Icheon	204.0	251.0	300.9	373.2	433.8	500.3	598.3
33	Inje	187.2	224.6	260.5	306.9	341.6	376.1	421.6
34	Hongcheon	194.1	243.2	296.2	374.9	442.2	517.4	630.6
35	Samcheok	202.5	250.1	298.7	366.0	420.0	477.0	557.5
36	Taebaek	195.4	241.9	292.0	365.9	428.9	499.0	604.2
37	Jecheon	186.7	224.8	262.2	311.8	349.8	388.5	440.8

Station Number	Station	Return period						
		5	10	20	50	100	200	500
38	Chungju	162.2	199.7	242.2	308.5	368.3	438.1	548.7
39	Boeun	188.8	244.9	313.0	428.3	540.4	680.2	920.0
40	Onyang	195.9	225.2	250.2	278.9	297.8	314.7	334.4
41	Daecheon	185.9	237.6	296.7	389.8	474.4	574.0	733.3
42	Buyeo	169.9	214.8	276.2	395.0	526.6	710.3	1,069.6
43	Geumsan	177.7	200.3	219.5	241.2	255.4	267.9	282.4
44	Buan	176.9	198.3	215.7	234.5	246.2	256.1	267.0
45	Imsil	155.0	177.7	198.5	223.9	241.9	259.0	280.4
46	Jeongju	162.7	193.3	224.4	267.1	301.0	336.6	386.4
47	Namwon	157.6	178.7	197.7	220.5	236.3	251.0	269.1
48	Jangsu	173.8	191.7	205.3	218.7	226.4	232.5	238.7
49	Seungju	209.4	249.0	287.0	336.5	373.7	411.0	460.3
50	Jangheung	225.0	286.5	356.6	467.0	567.2	684.8	872.7
51	Haenam	198.6	259.1	332.8	457.6	579.3	731.2	991.9
52	Goheung	223.7	286.7	359.3	475.0	581.4	707.6	911.8
53	Chunyang	176.9	219.0	264.5	332.0	389.6	454.0	550.9
54	Yeongju	171.5	205.4	239.2	284.8	320.4	357.1	407.6
55	Jeomchon	140.1	155.2	168.2	183.2	193.1	202.1	212.6
56	Yeongdeok	143.5	176.8	214.6	273.5	326.6	388.5	486.6
57	Uiseong	134.1	155.5	176.6	204.8	226.5	248.8	279.0
58	Seonsan	132.4	155.7	181.4	220.3	254.3	293.0	352.3
59	Yeongcheon	150.6	166.6	179.3	192.6	200.6	207.3	214.5
60	Geochang	160.7	183.6	204.5	230.3	248.7	266.3	288.3
61	Hapcheon	175.8	209.0	241.6	284.8	318.0	351.8	397.4
62	Miryang	198.6	230.8	258.7	290.9	312.5	332.1	355.2
63	Sancheong	234.3	293.3	356.7	449.9	529.1	616.8	748.0
64	Geoje	241.1	294.4	352.7	440.6	517.0	603.4	735.6
65	Namhae	255.9	306.8	356.9	423.6	475.0	527.3	598.3

원관리기법개발연구조사 보고서(이하 보고서라 함)의 결과를 비교하고자한다.

건설교통부의 보고서에서 강우자료의 지점빈도분석을 위해 적용된 분포형은 Gumbel과 GEV 분포이고 적용 분포의 매개변수 유도방법은 모멘트법, 최우법 및 확률가중모멘트법으로서, 본 연구에서 적용한 분포와 매개변수유도방법의 종류에 비해 제한되어 있어 본 연구의 결과에 대한 적용성이 상기 보고서에 비해 범용적일 것으로 사료된다. 보고서의 결과에서 타 지점에 비해 높은 설계강우량을 나

타낸 지점은 서해 및 남해지역인 강화, 철원, 완도 등에서 나타난 반면 타지점에 비해 낮은 설계강우량을 나타낸 지점은 경북지역인 안동, 구미, 의성, 점촌 지점 등으로 나타나 본 연구의 분석결과와 유사한 결과를 보였다. 여러 빈도년 중에서 특히, 200년 빈도 설계강우량의 범위는 높은 설계강우량을 보인 강화, 부여, 해남, 고흥지점들이 539.5~605.4 mm로 나타났으며 낮은 설계강우량을 보인 점촌, 영천, 안동지점들이 177.7~235.2 mm으로 나타난 반면 Table 5의 결과에서와 같이, 본 연구의

200년 빈도 설계강우량의 범위는 높은 설계강우량을 보인 강화, 부여, 해남, 고흥지점들이 707.6~939.5 mm로 나타났으며 낮은 설계강우량을 보인 점촌, 영천, 안동지점들이 202.1~208.3 mm으로 각각 나타났다.

이상의 비교사례를 종합하면, 타지점에 비해 높은 설계강우량 및 낮은 설계강우량이 발생하는 지점의 위치에 대해서는 큰 변화가 없지만 설계강우량의 크기는 상대적으로 본 연구에 의해 추정된 설계강우량이 크게 나타남을 보여주고 있다. 이는 적용분포형과 매개변수유도방법의 차이에서 발생하는 것으로 사료되며, 최근 우리나라의 극한 강우와 홍수의 재현으로 볼 때 적절한 결과인 것으로 판단된다.

V. 결 론

본 연구는 제주도와 울릉도를 제외한 전국을 대상으로 기상관측자료를 수집하여 분석에 이용하였으며, 적용분포형으로 Gamma 및 비 Gamma군의 분포형을 대상으로 하였다. 매개변수 유도방법으로는 관행의 간접모멘트법외 5가지의 방법과 L 및 LH-모멘트법을 적용하여 각각에 대한 설계강우량을 오차분석법에 의해 비교 분석함으로써 적정 매개변수 유도방법과 빈도분석 방법을 제시하고 이에 의한 지속기간 및 빈도별 설계강우량을 유도하였으며 이의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. Gamma군에 속하는 분포형을 대상으로 상대평균오차와 절대평균제곱근오차분석에 의해 비교분석하여 적정분포형으로 LP3 분포형을 선정하였으며 비 Gamma군에 속하는 분포형을 대상으로 L 및 LH-모멘트빈도와 K-S 검정을 실시하여 적정 분포형으로 GEV 분포형을 선정하였다.

2. 실측치와 모의발생치의 지점빈도분석에 의한 각각의 빈도별 설계강우량을 유도하고 이들간의 상대평균제곱근오차에 의한 오차분석을 실시하였다.

3. 상대평균제곱근오차의 비로서 나타나는 상대효율성 분석을 통해서 LP3 분포형에 대한 간접모

멘트법과 GEV 분포형에 대한 L 및 LH-모멘트법에 따른 지점빈도분석을 수행한 결과, GEV 분포형에 L-모멘트법을 적용하여 지점빈도분석을 실시하는 것이 타 방법에 의한 지점빈도분석보다 신빙도가 높게 판정되었다.

4. 최종적으로 적정 분포형과 적정 매개변수 유도방법으로 판정된 GEV 분포형에 L-모멘트법을 적용하여 지점, 지속기간 및 빈도별 설계강우량을 유도하였다.

이 논문은 2004년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

References

1. Bobe'e, B. and F. Ashkar, 1991. The Gamma Family and Derived Distributions applied in Hydrology. *Water Resources Publications*.
2. Duncan R., 1999. Flood Estimation Handbook, *Institute of Hydrology UK*.
3. Hosking, J. R. M., 1990. L-Moments : Analysis and Estimation of Distributions using Linear Combinations of Order Statistics. *J. R. Stat. Soc., Ser. B* 52(2): 105~124.
4. Lee, S. H., S. J. Maeng, Y. S. Jong and K. S. Ryoo, 1997. Comparative Studies on the Design Floods Derived by Different Methods for the Parameters of the Log Pearson Type III Distribution. *Journal of the Korean National Committee on Irrigation and Drainage* 4(1): 34~50. (in Korean)
5. Wang, Q. J., 1997a. LH Moments for Statistical Analysis of Extreme Events. *Water Resources Research* 33(12): 2841~2848.
6. Wang, Q. J., 1997b, Using Higher Probability Weighted Moments for Flood Frequency Analysis. *Journal of Hydrology* 194: 95~106.