

# 지점 및 지역빈도분석에 의한 설계강우량의 추정

## Estimation of Design Rainfall derived by At-site and Regional Frequency Analysis

류경식\*, 이순혁\*\*, 맹승진\*\*\*

Kyong Sik Ryoo, Soon Hyuk Lee, Sung Jin Maeng

---

### Abstract

This study was conducted to derive the regional design rainfall by the regional frequency analysis based on the regionalization of the precipitation.

For the estimation of the regional design rainfall, classification of the climatologically and geographically homogeneous regions should be preceded preferentially. The optimal regionalization of the precipitation data were classified by the above mentioned conditions for all over the regions except Jeju and Ulleung islands in Korea. Relative root mean square error(RRMSE), relative bias(RBIAS) and relative reduction(RR) in RRMSE for the design rainfall were computed and compared between the regional and at-site frequency analysis.

Consequently, optimal design rainfalls following the classified regions and consecutive durations were derived by the regional frequency analysis using GEV distribution which was identified to be more optimal one than the other applied distributions.

*Key words:* L-moment, LH-moment, Monte Carlo simulation, Regional frequency analysis, Design rainfall

---

## 1. 서론

치수 및 이수를 위한 저수지, 하천제방, 암거와 같은 각종 수공구조물의 안정적인 설계를 위한 신빙성 있는 빈도별 설계수문량의 제시가 무엇보다도 우선하여야 한다는 것은 누구나 공감하는 사실이다. 그러나 불행하게도 우리나라는 아직까지도 장기간의 수문량기록이 없는 곳이 많고 있더라도 몇 개 지점을 제외하고는 관측기간이 짧아서 이에 의한 설계수문량의 신빙도가 떨어지는 것이 사실이다.

수문관측기록이 없거나 있더라도 단기간 기록으로 유도된 불확실한 설계수문량의 문제점을 보완하기 위해서는 비교적 장기간의 관측기록과 관측소가 널리 분포되어있는 강우량으로부터 지역빈도분석을 통해 재현기간별 설계강우량을 추정하고 이를 이용하여 합리식, 단위유량도 및 유출모델 등에 의해 설계홍수량을 추정하는 방법을 취하는 것이 매우 합리적인 방법이라고 사료된다.

따라서, 본 연구에서는 Gamma Family 분포형들과 Gumbel, Generalized extreme value, Generalized logistic, 및 Generalized pareto 분포형들중 적절한 분포형을 선정하고 또한 관행의 매개변수유도방법보다 신빙도가 우월한 것으로 입증된 바 있는 L 및 LH-모멘트법을 본 연구에서 지역빈도분석에 적용하고자 한다.

이들 결과를 관행의 방법에 의한 지역빈도분석의 결과와 비교분석을 수행하여 더욱 신빙도가 제고될 수 있는 지역별 지속기간별 설계강우량을 유도함으로써 비록 수문자료가 관측되지 않은 지점일지라도 수공구조물 설계시 적절한 설계강우량을 제공하고자 한다. 또한, 이의 결과를 GIS기법을 이용하여 전국에 걸친 지역별, 지속기간별 및 빈도별 설계강우량도를 작성하여 보다 쉽고 빠르게 실무에 적용할 수 있도록 하고자 한다.

---

\* 정회원 · 충북대학교 농공학과 공학박사 · E-mail : [ksryoo@magicn.com](mailto:ksryoo@magicn.com)  
\*\* 정회원 · 충북대학교 지역건설공학과 교수 · E-mail : [aesh@cbucc.chungbuk.ac.kr](mailto:aesh@cbucc.chungbuk.ac.kr)  
\*\*\* 정회원 · 한국수자원공사 수자원연구원 책임연구원 · E-mail : [maeng@kowaco.or.kr](mailto:maeng@kowaco.or.kr)

## 2. 강우자료 및 분석방법

### 2.1 강우자료

본 연구에서는 지역화 빈도분석을 위해 도서지방인 제주도와 울릉도를 제외한 내륙지방만을 분석 대상지역으로 선정하였으며, 내륙지방의 관측지역 중에서 자기강우관측자료의 신빙도가 높은 기상청산하 65개 기상관측소의 강우자료만을 이용하여 지역화 분석을 실시하고자 한다.

### 2.2 분석방법

- 가. 선정된 강우관측지점들의 강우자료를 지속기간 1, 3, 6, 12, 24, 36, 48 및 72시간에 대한 연최대치 계열로 구성하며, Cluster분석과 연평균강우량법에 의한 지역화를 시도 후, 이를 종합하여 적절한 지역화 결과를 유도한다.
- 나. '가'항에서 지역화된 지역의 지속기간별 연최대강우량의 적정분포형 선정은 Gamma Family에 속하는 Gamma, Pearson Type 3, Log Pearson Type 3 및 Generalized Gamma 분포형과 비(非) Gamma Family 분포형인 Gumbel, Generalized extreme-value, Generalized logistic 및 Generalized pareto 분포형을 대상으로 각각 실시한다.
- 다. 선정된 적정 확률분포형에 의한 실측치의 지점 및 지역빈도분석을 통해 빈도별 설계강우량을 유도한 후, Monte Carlo 기법에 의해 모의발생된 지속기간별 연최대강우량에 대한 지점 및 지역빈도분석을 실시하여 빈도별 설계강우량을 유도한다.
- 라. 실측치 및 모의발생치의 지점 및 지역빈도분석에 의한 설계강우량의 비교분석을 상대평균제곱근오차 (relative root-mean-square error, RRMSE) 및 상대편의(relative bias, RBIAS)에 의해 수행하여 적정빈도분석방법을 제시하고 적정빈도분석에 따른 적정매개변수유도법을 선정하기 위해, 상대효율성(relative efficiency, RE)을 수행한다.
- 마. 최종적으로 적절한 빈도분석법과 이에 따른 지역별, 지속기간별 및 재현기간별 설계강우량을 제시하고 이에 따른 설계강우량도를 작성한다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 지역화 구분

강우관측지점의 지역화를 위해 2가지 방법을 사용하였다. 첫째는 Cluster 분석에 의한 방법이고 둘째는 강우관측지점별 연평균우량을 변수로 하여 강우관측지점들을 기상학적으로 동질한 수 개의 지역으로 구분하는 방법을 사용하였다.

또한, 이들의 결과를 합리적인 동질성의 지역화를 위해  $\chi^2$  분포의 통계량을 사용하였다. 그 결과는 Fig. 1과 같다.

### 3.2 적정분포형 선정

#### 3.2.1 Gamma Family 분포의 적정분포형 선정

Gamma Family 분포와 매개변수 유도방법별 지점빈도분석을 실시하고 최종적으로 오차분석을 수행함으로써 적정 확률분포형과 매개변수 유도방법을 선정하였다.

Table 1은 지속기간별로 적정분포형과 매개변수 유도방법을 분석한 결과로서, 모든 지속기간에 대해 Log-Pearson Type 3분

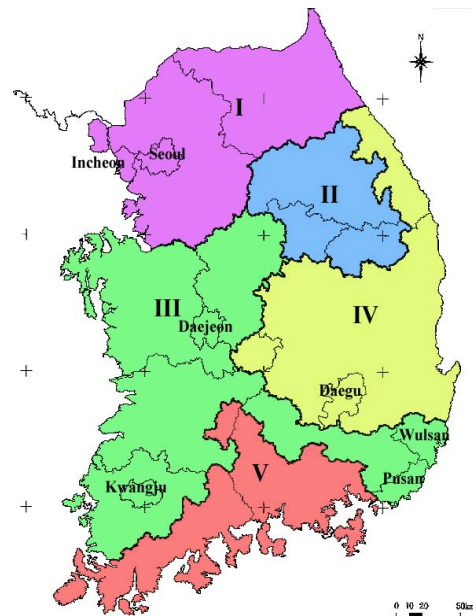


Fig. 1 5-regions classified by the modification of K-means clustering and mean annual precipitation method

포형에 간접모멘트법이 가장 적합한 것으로 분석되었다.

### 3.2.2 비 Gamma Family 분포의 적정분포형 선정

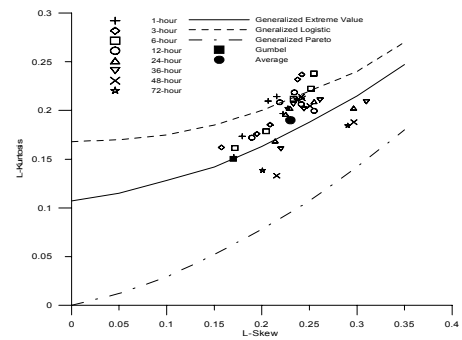
비 Gamma Family의 경우, 도식적 방법인 L 및 LH-모멘트비도와 비매개변수적 방법인 K-S 검정을 실시하여 적정 확률분포형을 선정하였다.

표본 예로, L-모멘트비도를 작성한 결과는 Fig. 2와 같다. Fig. 2에 나타난 바와 같이, 지역별 지속기간별 연최대강우량 계열인 40개의 L-왜곡도와 L-첨예도인 무차원 L-모멘트비의 플로팅이 GEV 분포형의 곡선에 고루 산재해 있고 L-왜곡도를 평균한 값이 0.23으로써 타 확률분포형의 L-모멘트비 곡선 보다 GEV 분포형의 L-모멘트비 곡선에 보다 근접되어 있음을 볼 수 있다. 이러한 결과는 LH-모멘트비도에서도 유사한 양상을 보였으며, K-S Test결과에서도 같은 양상을 보이므로 비 Gamma Family 분포의 적정분포형으로 GEV분포를 선정하였다.

**Table 1 Optimal distribution including estimation of parameter among Gamma Family**

Durations	Optimal rank					
	1		2		3	
	Method	%	Method	%	Method	%
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

LP3 : Log-Pearson Type 3      P3 : Pearson Type 3  
 Ge : Generalized Gamma      IMM : Indirect Method of moments  
 CS2 : Method of Moments ( $C_s$ )<sub>2</sub>      SAM : Sundry Averages Method



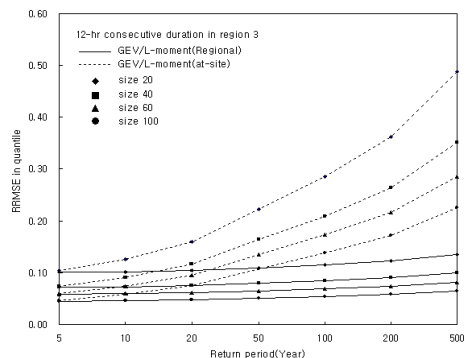
**Fig. 2 Identification of distributions by L-skewness and L-kurtosis**

### 3.3 실측치 및 모의발생치에 의한 지점빈도결과와 지역빈도결과 비교

적정 확률분포형으로 선정된 LP3분포형과 GEV분포형에 대해 매개변수 유도법으로 LP3분포형에 간접모멘트법을, GEV분포형에 L 및 LH-모멘트법을 적용하여 실측치 및 모의발생치에 대한 지점빈도분석과 지역빈도분석을 수행함으로써 각각의 빈도별 설계강우량을 유도한다.

유도된 빈도별 설계강우량을 상대평균제곱근오차와 상대편의에 의한 오차분석을 실시하여 점빈도분석과 지역빈도분석에 의한 지속기간에 따른 빈도별 설계강우량간의 적정성 여부에 관한 비교분석을 수행했다.

표본 예로, Fig. 3은 III지역에서 L 및 LH-모멘트법에 의해 12시간 지속기간에 대해 점빈도분석과 지역빈도분석의 RRMSE 결과를 도시한 결과이다. 이 결과, 지역빈도분석의 RRMSE가 지점빈도분석의 RRMSE보다 재현기간이 증가함에 따라 상대적으로 작아짐을 볼 수 있다. 즉, 지역빈도분석의 결과가 지점빈도분석의 결과보다 더 적정하다는 것을 나타내는 것이다.



**Fig. 3 Comparison of regional at-site procedures for 12-hr consecutive duration using L-moments at region III**

### 3.4 지역빈도분석에 대한 적정 분포형 및 매개변수 유도방법 검증

지역빈도분석에 의해 유도된 빈도별 설계강우량들의 상대적인 우열을 판정하기 위한 척도인 상대적 효율

성을 산정하여 적정 분포형과 매개변수 유도방법을 선정하기로 한다.

상대적 효율성은 GEV분포형에 대한 LH-모멘트법 및 LP3 분포형에 대한 간접모멘트법에 의해 계산된 각각의 상대평균제곱근오차에 대해 GEV분포형에 대한 L-모멘트법에 의해 계산된 상대평균제곱근오차와의 비로서 상대적인 효율성을 나타내는 척도이다. Fig. 4는 표본 예로 3지역의 12시간 지속기간에 대한 상대적인 효율성으로서, 대부분의 재현기간에서 1보다 작은 값을 나타냈기 때문에 GEV분포형에 대한 L-모멘트법이 타 분포형에 대한 매개변수 유도방법보다 적절한 것으로 나타났다.

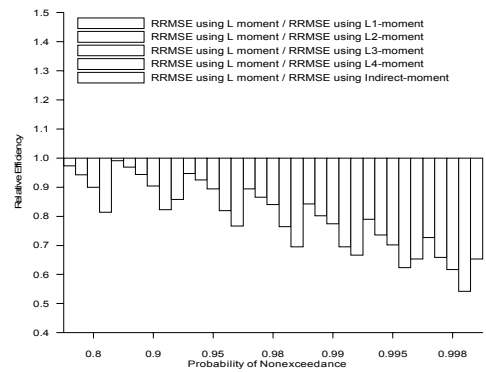


Fig. 4 Comparison of relative efficiency for sample size 20 and 12-hr consecutive duration in region III

### 3.5 지역빈도분석에 의한 지역별 지속기간별 설계강우량 유도 및 설계강우량도 작성

전술한 바와 같이 우리나라의 지역별 지속기간에 따른 빈도별 적정한 설계강우량 추정에는 점빈도분석보다는 지역빈도분석에 의한 것이 보다 신빙성이 높게 나타났고 지역빈도분석시에는 GEV분포형에 대한 L-모멘트법이 타 분포형에 대한 매개변수 유도방법보다 적절한 것으로 나타났다. 따라서, 표본 예로 12시간과 24시간 지속기간에 대해 지역빈도분석을 GEV분포형과 L-모멘트법을 사용하여 빈도별 설계강우량을 동질성인 지역별로 중앙치(median)로 정리한 결과가 Fig. 5와 같다.

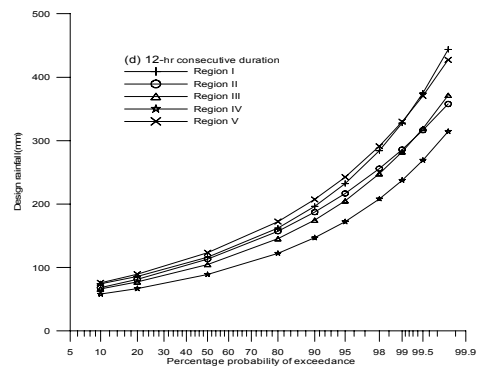


Fig. 5 Comparison of the regional quantiles for 12-hr consecutive duration

이상의 Fig. 5에서의 결과를 종합해보면 지역별로 지속기간 및 재현기간이 커질수록 전반적으로 설계강우량의 크기가 커짐을 나타내었으며 또한, 지역화된 5개 지역에서 공히 'I' 지역인 강원, 경기 및 서울지방은 타지역에 비해 제일 높은 빈도별 설계강우량을 보여주고 있는 반면 'IV' 지역인 경북일원과 강원 일부지방은 타 지역에 비해 가장 낮은 빈도별 설계강우량을 나타내고 있다.

또한, 우리나라의 지역별 지속기간에 따른 빈도별 적절한 설계강우량을 사용하여 본 분석에서는 Arc view를 이용한 강우자료의 공간적인 분포 양상을 분석함으로써 장차 해당 지역에서의 수공구조물 설계시 필요한 설계강우량을 제공하고자 한다. 표본 예로, 'I' 및 'V'지역의 지속기간 12시간에 대한 100년 빈도 설계강우량의 공간 분포를 도시한 결과는 Fig. 6 및 Fig. 7과 같다.

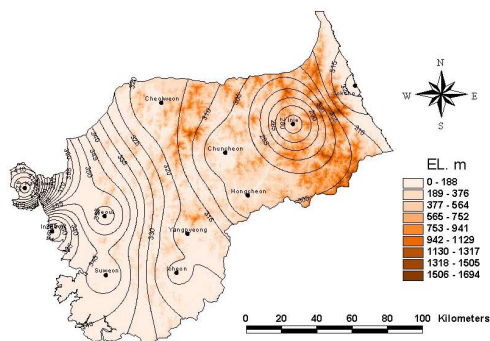


Fig. 6 Design rainfall map according to 100-yr return period of 12-hr consecutive duration for Region I

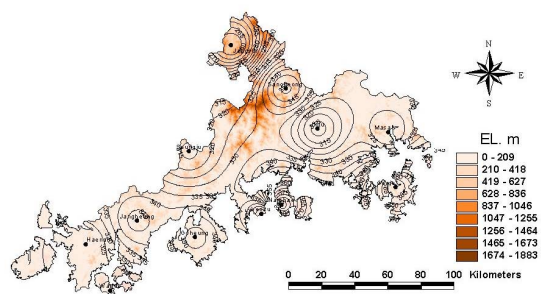


Fig. 7 Design rainfall map according to 100-yr return period of 12-hr consecutive duration for Region V

#### IV. 결론

본 연구에서는 우리나라 전역에 걸쳐 비교적 장기간 관측되고 관측 정밀도가 높은 강우관측지점을 선정하여 지속기간별 연최대치 계열을 구성하고 대상 강우관측지점의 지형적, 기후적 특성을 변수화하여 지형적 및 기후학적으로 동성인 권역으로 나누는 지역화를 시도한다. 이어서 지역별 지속기간별 강우량에 적합한 확률분포형을 Gamma Family에 대해서 실측치에 의한 지점빈도분석을 실시하여 적정분포형과 적정매개변수 유도방법을 선정하고 Gumbel, GEV, GLO, 및 GPA 분포형들에 대해서는 L 및 L 및 LH-모멘트비도와 K-S 검정을 통해 적정분포형을 선정한 다음 L 및 LH-모멘트법에 의한 지점빈도 및 지역빈도 분석을 시도함으로써 각각에 대한 설계강우량을 유도하고 이를 비교 분석함으로써 적정 매개변수 유도방법과 빈도분석 방법을 제시하고 이에 의한 지역별 지속기간에 따른 빈도별 설계강우량을 유도하였으며 이의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. Cluster 분석과 연평균강우량법에 의해 지역화를 실시하고 이의 결과를  $\chi^2$  통계량에 의해 종합적으로 분석하여 최종적으로 지형적 및 기후적으로 동성인 5개의 지역으로 분류하였다.

2. 실측치와 모의발생치의 지점빈도 및 지역빈도분석에 의한 비교 분석결과, 지역빈도분석에 의해 유도된 빈도별 설계강우량이 지점빈도분석에 의한 빈도별 설계강우량보다 신빙도가 높음을 나타냈으며 GEV분포형에 L-모멘트법을 적용하여 지역빈도분석을 실시하는 것이 타 방법에 의한 지역빈도분석보다 신빙도가 높게 판정되었다.

3. GEV분포형에 L-모멘트법을 적용하여 지역별로 유도된 설계강우량의 크기는 지역화된 5개 지역에서 공히 'I' 지역인 강원, 경기 및 서울지방은 타지역에 비해 제일 높은 빈도별 설계강우량을 나타낸 반면 'IV' 지역인 경북일원과 강원 일부지방은 타 지역에 비해 가장 낮은 빈도별 설계강우량을 보여주었다.

4. L-모멘트법과 지역빈도분석에 의해 추정된 지역별 지속기간별 빈도별 강우량의 공간분포인 설계강우량도를 보간기법인 역거리 가중법과 Arc View에 의해 작성하였다.

#### 참 고 문 헌

1. 이순혁, 박종화, 류경식, 지호근, 전택기, 신용희(2001) 고차확률가중모멘트법에 의한 지역화빈도분석과 GIS기법에 의한 설계강우량 추정(I), 한국농공학회지, 제 43권 4호, pp. 57-68.
2. Ferro, V. and P. Porto(1999). Regional Analysis of Rainfall-Depth-Duration Equation for South Italy, Journal of Hydrologic Engineering 4(4), pp. 326-336.
3. Hosking, J. R. M. and J. R. Wallis(1996). Regional Frequency Analysis of floods in Central Appalachia IBM Research Division T.Y., Watson Research Center Yorktown Heights, NY 10598.
4. Hosking, J. R. M. and J. R. Wallis(1997). Regional Frequency Analysis Cambridge University Press.
5. Kumar, R., R. D. Singh and S. M. Seth(1999). Regional Flood Formulas for Seven Subzones of Zone 3 of India, Journal of Hydrologic Engineering 4(3), pp. 240-244.
6. Naghavi, B. and F. X. Yu(1995). Regional Frequency Analysis of Extreme Precipitation in Louisiana, Journal of Hydraulic Engineering 121(11), pp. 819-827.
7. Schaefer, M. G.(1990). Regional Analysis of Precipitation Annual Maxima in Washington State, Water Resources Research 26(1), pp. 119-131.