

# L, L1 및 L2-모멘트법에 의한 홍수빈도분석

Flood Frequency Analysis using L, L1 and L2-Moment Methods

이 순혁 · 맹 승진\* · 류 경 식 · 지 호 근 (충북대)

Lee, Soon Hyuk · Maeng, Sung Jin · Ryoo, Kyong Sik · Jee, Ho Keun

## Abstract

This study was conducted to derive optimal design floods by Gumbel, GEV, GLO and GPA distributions for the annual maximum series at sixteen watersheds. Adequacy for the analysis of flood data used in this study was established by the tests of Independence, Homogeneity, detection of Outliers. Parameters were estimated by the Methods of L, L1 and L2-moments. Design floods obtained by Methods of L, L1 and L2-moments using Gringorten methods for plotting positions in GEV distribution were compared by the Relative Mean Errors and Relative Absolute Errors.

## I. 서론

본 연구에서 적용 시도하고자 하는 L1 및 L2-모멘트법은 확률분포형의 매개변수 추정법이다. 이것은 확률분포형에 해당하는 확률가중모멘트의 차수를 1과 2로 하여 매개변수를 추정하는 방법이며 통상적으로 LH-모멘트법이라 지칭한다. LH-모멘트법의 효시는 Wang (1997)에 의해 이루어졌으며, 그는 여기에서 LH-모멘트와 확률가중모멘트와의 관계식을 유도하였을 뿐만 아니라, GEV 분포형의 매개변수를 LH-모멘트법에 의해 추정할 수 있는 관계식을 유도하여 제시하였다. 또한 Wang은 오스트레일리아 주요하천의 3개 지점에 대한 연최대홍수량 자료를 사용하고, GEV 분포형에 의한 홍수빈도분석을 실시한 결과 L-모멘트법에 의해 추정된 설계홍수량보다 LH-모멘트법에 의한 추정된 것이 보다 더 적절하다고 발표하였다.

따라서, 본 연구에서는 홍수유출빈도분석을 위해 홍수자료의 동질성, 독립성 및 Outlier 검정과 K-S 검정 및 L, L1 및 L2-모멘트비도에 의한 Gumbel, Generalized extreme value(GEV), Generalized logistic(GLO) 및 Generalized pareto(GPA) 분포형의 적합성을 판정한다. 적정분포형의 매개변수를 L, L1 및 L2-모멘트법에 의해 추정하고 이에 의해 산정된 빈도별 설계홍수량과 Monte Carlo 기법에 의해 모의발생된 홍수자료를 이용한 빈도별 설계홍수량과의 상대평균제곱근오차(relative root-mean-square error, RRMSE)와 상대절대오차(relative absolute error, RAE)에 의한 오차분석을 수행함으로써 적절한 설계홍수량을 제시하고자 한다.

## II. 기본수문자료

본 분석에 사용된 대상유역은 한강수계의 고안, 여주, 영월, 홍천 및 주천 낙동강수계의 진동, 고령교 및 왜관 금강수계의 규암 및 공주 영산강수계의 마륵 및 남평 섬진강수계의 송정, 압록 및 적성의 16개 유역을 선정하였으며 설계홍수량 유도를 위해 각 유역의 연최고치 자료를 사용하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 사용수문자료의 기본통계치 분석

본 연구를 위해 선정된 16개 유역에 대한 평균치, 표준편차, 왜곡도계수, 변동계수 및 첨예도의 기본통계치를 각 유역별로 구하였다.

### 2. 연최대홍수량의 독립성, 동질성 및 Outlier 검정

대상유역별 연최대홍수량의 독립성 및 동질성 검정을 각각 Wald-Wolfowitz Test 및 Mann-Whitney Test 검정법에 의해 실시하였으며, 본 분석에서 적용된 각 유역의 연최대홍수량자료에 대한 독립성 및 동질성 검정에 대한 결과에서 대상유역의 연최고치 자료에 관한 독립성과 동질성이 인정되었다.

Outlier 검정에서는 Grubbs-Beck에 의한 검정법을 사용하였고 그 결과, 전 유역에 걸쳐 High Outlier 및 Low Outlier가 없음이 확인되었다.

이상의 결과에서 독립성, 동질성 및 Outlier 검정 결과 대상유역의 연최고치자료에 관한 독립성과 동질성이 인정됨과 동시에 연최고치 자료의 균형분포에서 상하로 격리되는 Outlier가 없음이 검정되어 수문자료로서의 분석 타당성이 인정되었다.

### 3. 적합도 검정

16개 유역의 연최대홍수량에 대한 적정 확률분포형의 선정은 L, L1 및 L2-모멘트비도를 도시함으로써 이루어질 수 있다. 따라서 본 분석에서 사용된 Gumbel, GEV, GLO 및 GPA 분포형의 L, L1 및 L2-모멘트비도를 도시함으로써 적정한 확률분포형을 선정한다.

각 유역별 연최대홍수량의 L, L1 및 L2-모멘트비인 L, L1 및 L-왜곡도와 L, L1 및 L2-첨예도를 L, L1 및 L2-모멘트비도에 플로팅한 결과는 Fig. 1 ~ Fig. 3과 같다.

Fig. 1 ~ Fig. 3에 나타난 바와 같이 유역별 연최대홍수량의 L, L1 및 L2-왜곡도와 L, L1 및 L2-첨예도의 무차원 L, L1 및 L2-모멘트 플로팅 포지션점이 GEV 분포형의 곡선에 고루 산재해 있고 L, L1 및 L2-왜곡도를 평균한 값이 Gumbel, GLO 및 GPA 확률분포형의 L, L1 및 L2-모멘트비 곡선 보다 GEV 분포형의 L, L1, 및 L2-모멘트비 곡선 사이에 근접되어 있음을 볼 수 있다.

결론적으로 유역별 연최대홍수량에 L, L1 및 L2-모멘트법을 적용하여 L, L1 및 L2-모멘트비를 플로팅한 결과 GEV 분포형이 타 분포형 보다 적합한 것으로 나타났다.

K-S 검정에서는 GEV 및 GLO 분포형이 적정한 것으로 검정된 사실에 비추어 비매개변수적 방법인 K-S 검정보다는 객관적인 검증방법에 의해 도출된 L, L1 및 L2-모멘트비도에 의한

GEV 분포형을 본 분석에서는 최종적으로 선정하였다.

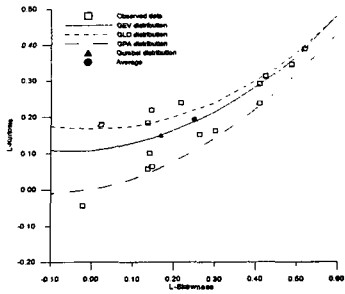


Fig. 1. Identification of distributions by L-skewness and L-kurtosis

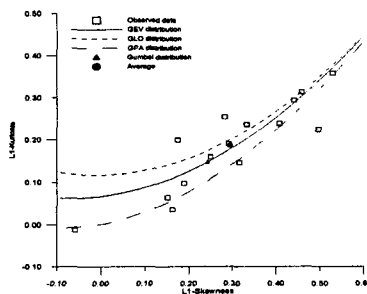


Fig. 2. Identification of distributions by L1-skewness and L1-kurtosis

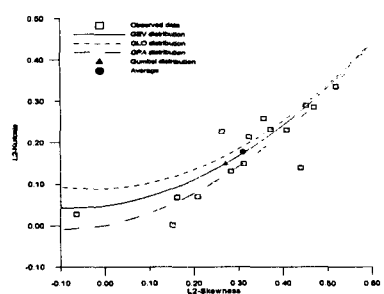


Fig. 3. Identification of distributions by L2-skewness and L2-kurtosis

#### 4. 모의발생 및 상대평균제곱근오차(RRMSE)와 상대절대오차(RAE)에 의한 적정 설계홍수량 선정

적정 확률분포형으로 선정된 GEV 분포형의 매개변수인 척도매개변수,  $\alpha$  위치매개변수,  $\xi$  및 형상매개변수,  $k$ 를 유역별로 L, L1 및 L2-모멘트법에 의해 구하였다.

각 유역에 대하여 Monte Carlo 알고리즘에 의해 표본크기 20, 40, 60 및 100개 별로 1,000 회 모의발생된 분포형의 연최대홍수량을 사용하여 추정된 빈도별 설계홍수량과 실측자료에 의한 빈도별 설계홍수량과의 오차분석을 상대평균제곱근오차(RRMSE)와 상대절대오차(RAE)에 의해 수행함으로써 각 유역에 따른 빈도별 적정 설계홍수량을 선정할 수 있게 된다.

따라서 본 분석에서는 각 유역의 연최대홍수량과 모의발생된 유역들의 연최대홍수량이 GEV 분포형에 따른 L, L1 및 L2-모멘트법에 의해 각각의 빈도별 설계홍수량이 추정되었고, 실측치와 모의발생 자료에 의해 추정된 각각의 빈도별 설계홍수량을 대상으로 상대평균제곱근 오차와 상대절대오차에 의한 오차분석을 실시하여 매개변수 추정방법에 의한 빈도별 설계홍수량간의 적정성 우열에 관한 비교분석을 수행하고자 하였다.

매개변수 추정 방법에 따라 유역별로 구한 실측치의 빈도별 설계홍수량과 표본의 크기별로 구한 모의발생된 빈도별 설계홍수량의 상대평균제곱근오차 및 상대절대오차를 구하였으며, 표

본 예로 공주유역의 매개변수 추정방법별 표본크기 별로 산정된 상대평균제곱근오차를 도시한 결과는 Fig 4와 같다.

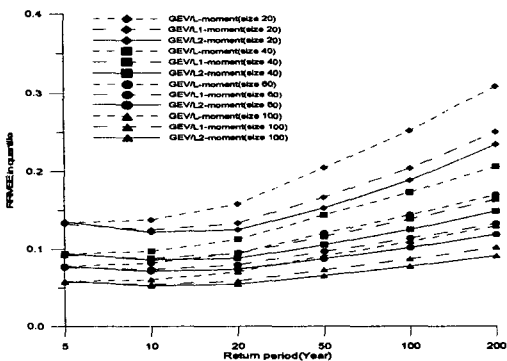


Fig. 4. Comparison of RRMSE estimated by GEV distribution using method of L-moment, L1-moment and L2-moment at Gongju watershed of Geum river.

Fig. 4에서 보는 바와 같이 상대평균제곱근오차는 재현기간이 커짐에 따라 증가하는 경향을 나타내었고 L2-모멘트법에 의한 상대평균제곱근오차가 L 및 L1-모멘트법에 의한 것보다 작게 나타났으며, 이러한 결과는 표본의 크기가 작을수록 심화되는 경향을 나타내었다.

최종적으로 이상의 결과를 종합해 볼 때 L2-모멘트법에 의해 유도된 빈도별 설계홍수량이 L 및 L1-모멘트법에 의한 빈도별 설계홍수량 보다 신빙도가 높음을 보여 주었다.

### 5. 유역별 적정 설계홍수량의 유도

유역별로 GEV 분포형의 L2-모멘트법에 따른 재현기간별 설계홍수량 유도하였다. 표본 예로 공주유역에 대한 결과는 Table-1과 같다. L2-모멘트법의 적합도 검정을 위하여 L, L1 및 L2-모멘트법에 의해 유도된 GEV 분포형에 의한 설계홍수량을 플로팅 포지션법인 Gringorten 식에 의해 비초과확률을 구하고 이를 Gumbel 확률지상에 도시하였으며 표본 예로 공주유역에 대해 도시한 결과는 Fig. 5와 같다.

Table 1. Quantiles following the return period for GEV distribution using L2-moment method. (Unit : CMS)

Station	Return period					
	5	10	20	50	100	200
Gongju	3,924.40	4,751.31	5,421.71	6,140.72	6,587.54	6,967.15

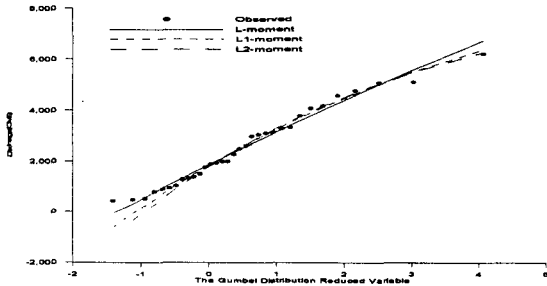


Fig. 5. Comparison of design floods estimated using methods of L, L1 and L2-moments with Weibull plotting position at Gongju watershed of Geum river.

표본 예인 Fig. 5의 결과와 타 대상유역의 결과를 종합해 보건데 L2-모멘트법에 의해 유도된 설계홍수량이 L 및 L1-모멘트법에 의한 것 보다 좋은 결과를 보여 주었다.

### IV 결론

1. 본 연구에 사용된 홍수량 자료에 관한 Wald-Wolfowitz의 독립성 검정과 Mann-Whitney의 동질성 검정 및 Grubbs-Beck의 Outlier검정을 수행한 결과 이의 분석 타당성이 인정되었다.

2. Gumbel, GEV, GLO 및 GPA 분포형의 적합성을 판별하기 위해 K-S 검정 및 L, L1 및 L2-모멘트비도의 분석을 도시한 결과 적정 분포형으로 GEV 분포형이 선정되었다.

3. GEV 분포형의 L, L1 및 L2-모멘트법에 따른 매개변수를 각각 유도하였다.

4. 각 유역에 대하여 Monte Carlo 알고리즘에 의해 표본크기 20, 40, 60, 100개 별로 1,000회 모의발생된 분포형의 연최대홍수량을 사용하여 추정된 빈도별 설계홍수량과 실측자료에 의한 빈도별 설계홍수량과의 오차분석을 상대평균제곱근오차(RRMSE)와 상대절대오차(RAE)에 의해 수행한 결과에서 L2-모멘트법에 의해 유도된 빈도별 설계홍수량이 L 및 L1-모멘트법에 의한 빈도별 설계홍수량 보다 신빙도가 높음을 보여 주었다.

5. GEV 분포형의 L2-모멘트법에 따른 재현기간별 설계홍수량을 유역별로 산정하였다.

### 참고문헌

1. Wang, Q. J., Using Higher Probability Weighted Moments for Flood Frequency Analysis, Jour. of Hydrology, 194, pp.95 ~ 106, 1997