

L-모멘트법에 의한 극치강우의 빈도분석

Frequency Analysis of Extreme Rainfall by L-Moments

* 맹승진 (한국수자원공사) · 이순혁 · 김병준 (충북대)
* Maeng, Sung-Jin · Lee, Soon-Hyuk · Kim, Byung-Jun

Abstract

This research seeks to derive the design rainfalls through the L-moment with the test of homogeneity, independence and outlier of data on annual maximum daily rainfall in 38 Korean rainfall stations. To select the fit appropriate distribution of annual maximum daily rainfall data according to rainfall stations, applied were Generalized Extreme Value (GEV), Generalized Logistic (GLO) and Generalized Pareto (GPA) probability distributions were applied. and their aptness was judged Using an L-moment ratio diagram and and the Kolmogorov-Smirnov (K-S) test, the aptitude was judged of applied distributions such as GEV, GLO and GPA. The GEV and GLO distributions were selected as the appropriate distributions. Their parameters were estimated Targetingfrom the observed and simulated annual maximum daily rainfalls and using Monte Carlo techniques, the parameters of GEV and GLO selected as suitable distributions were estimated and. dDesign rainfallss were then derived, using the L-moment. Appropriate design rainfalls were suggested by doing a comparative analysis of design rainfall from the GEV and GLO distributions according to rainfall stations.

I. 서론

본 연구에서는 장기간 신빙성 있는 강우관측 자료를 보유하고 있는 한국의 강우관측지점들을 선정하여 연최대일강우량 계열을 구성하고 적정 확률분포를 선정한다. 선정된 확률분포의 매개변수는 L-모멘트법에 의해 추정한다. 선정된 확률분포에 의해 유도된 설계강우량을 산정하고 신뢰도 분석을 실시하여 적정 설계강우량을 제시하고자 한다.

II. 사용수문자료

한국의 연최대일강우량 자료에 대한 빈도분석을 시도하기 위해서는 신빙성 있는 강우자료를 수집하는 것이 무엇보다 중요하다. 따라서, 본 연구에서는 자기강우관측자료의 신빙도가 높은 기상청산하 38개 기상대 및 기상관측소를 대상 강우관측지점으로 선정하였으며, 관측된 강우량 자료는 한국건설기술연구원의 수문 DB로부터 수집하였다

III. 결과 및 고찰

1. 연최대일강우량 자료의 기본통계치 분석

38개 강우관측지점의 연최대일강우량 자료에 대한 평균치, 표준편차, 왜곡도계수, 변동계수 및 첨예도의 기본통계치를 구하였다. 강우관측지점 전반에 걸쳐 평균치와 표준편차는 각각 926.6 ~ 1,729.5 및 281.0 ~ 954.62의 범위를, 왜곡도계수와 변동계수는 각각

0.429 ~ 3.668 및 0.295 ~ 0.699의 범위를 그리고 첨예도는 3.271 ~ 18.943의 범위를 나타내었다.

2. 연최대일강우량 자료의 분석 여부 결정을 위한 검정

강우관측지점별 연최대일강우량의 독립성, 동질성 및 Outlier 검정을 각각 Wald-Wolfowitz Test, Mann-Whitney Test 및 Grubbs-Beck Test에 의해 실시한다. 강우관측지점별 연최대일강우량 자료의 독립성, 동질성 및 Outlier 검정 결과, 강우관측지점별 연최대일강우량 자료는 독립성과 동질성이 인정되었고 Outlier가 없음이 검정됨으로써 수문자료로서의 분석 타당성이 인정되었다.

3. 적정 확률분포의 선정

강우관측지점의 연최대일강우량에 대한 적정 확률분포의 선정은 L-모멘트비를 산정하고 L-모멘트비도를 도시함으로써 이루어질 수 있다. 따라서, 본 분석에서 사용된 GEV, GLO 및 GPA 분포의 L-왜곡도와 L-첨예도의 관계인 L-모멘트비도를 도시하고 강우관측지점별 연최대일강우량의 L-왜곡도와 L-첨예도를 구하고 L-모멘트비도에 플로팅하여 이를 근거로 적정한 확률분포를 선정한다. 본 분석에서는 강우관측지점별로 연최대일강우량에 대한 L-모멘트비인 L-왜곡도와 L-첨예도를 구하였다. 강우관측지점별로 구해진 L-모멘트비와 L-모멘트비의 평균값을 L-모멘트비도에 도시한 결과, 강우관측지점별 연최대일강우량에 대한 38개의 L-왜곡도와 L-첨예도의 무차원 L-모멘트 플로팅 포지션점들이 GEV와 GLO 분포의 L-모멘트비 곡선에 고루 산재해 있고 L-왜곡도를 평균한 값이 0.20으로서 GEV와 GLO 분포의 L-모멘트비 곡선에 근접하여 플로팅되어 있음을 볼 수 있었다. 결론적으로, 강우관측지점별 연최대일강우량에 L-모멘트법을 적용하여 L-모멘트비를 플로팅한 결과 GEV와 GLO 분포가 GPA 분포에 비해 적정한 확률분포로 나타났다.

또한, 강우관측지점별 연최대일강우량의 적정 확률분포를 선정하기 위해 적용된 3개의 확률분포의 매개변수를 L-모멘트법에 의해 산정하고 K-S 검정을 실시하였다. 검정 결과 전체 강우관측지점에 있어서 GEV 및 GLO 분포가 적정 분포로 판정되었다.

2개의 적합도 검정인 L-모멘트비도에 의한 검정과 Kolmogorov-Smirnov 검정을 수행한 결과 적용된 3개 확률분포형 중 GEV와 GLO 분포가 적정한 것으로 검정되어 적정 확률분포로 GEV와 GLO 분포를 선정하였다.

4. 적정 확률분포의 매개변수 추정

본 분석에서는 적정 확률분포로 선정된 GEV와 GLO 분포에 의한 강우관측지점별 설계강우량을 유도하기 위해 GEV와 GLO 분포의 매개변수인 척도매개변수, α 위치매개변수, ξ 및 형상매개변수, k 를 L-모멘트법에 의해 구하였다

5. 실측된 연최대강우량과 모의발생된 연최대강우량의 빈도 비교 분석을 통한 적정 설계강우량 추정

본 분석에서는 강우관측지점별, 적정 분포별로 실측된 연최대일강우량의 빈도분석에 의한 설계강우량을 유도하고, 적정 분포인 GEV 및 GLO 분포별로 Monte Carlo 기법에 의해 모의발생된 연최대일강우량에 의한 빈도분석을 수행하였다. 적정 분포인 GEV 및 GLO 분포별로 실측된 연최대일강우량에 의한 설계강우량과 Monte Carlo 기법에 의해 모의발생된 연최대일강우량에 의한 설계강우량과의 비교분석은 상대평균제곱근오차(relative root

mean square error, RRMSE)와 상대편의(relative bias, RBIAS)에 의해 수행한다. 이와 같은 상대평균제곱근오차와 상대편의에 의해 GEV 분포와 GLO 분포 중에서 타당한 분포형을 선정함으로써 신빙성 있는 설계강우량의 제시가 가능하게 된다. 본 분석에서는 Monte Carlo 기법에 의해 적정 분포형별, 강우관측지점별로 표본 크기(sample size)는 20, 40, 60 및 100으로 하고 각각 1,000회의 모의발생을 수행하였다. 적정 분포별, 표본크기별로 모의 발생된 연최대일강우량을 이용하여 L-모멘트법에 의한 설계강우량을 유도하였다. 본 분석에서는 적정 분포별, 강우관측지점별, 표본의 크기별로 실측된 연최대일강우량에 의한 설계강우량과 모의발생된 연최대일강우량에 의한 설계강우량간의 상대평균제곱근오차 및 상대편의를 구하였다. GEV 및 GLO 분포별로 실측된 연최대일강우량과 모의발생된 연최대일강우량을 사용하여 L-모멘트법에 의해 추정된 설계강우량간의 상대평균제곱근오차를 표본크기별 재현기간별로 도시하였다. 표본 예로, 서울지점에 대하여 도시한 결과는 Fig. 1과 같다. 그리고, 마지막으로 GEV 분포에 의해 계산된 상대평균제곱근오차가 GLO 분포에 의한 상대평균제곱근오차에 비해 상대적으로 감소한 비율을 나타내는 상대 감소율(relative reduction)을 다음의 식에 의해 산정함으로써 적정 분포로 선정된 GEV와 GLO 분포 중 타당한 분포에 의한 적정 설계강우량의 제시가 강우관측지점별로 가능하게 된다.

$$RR = \frac{1}{n} \left\{ \sum \frac{RRMSE_{GLO} - RRMSE_{GEV}}{RRMSE_{GLO}} \right\} \times 100 \quad (1)$$

여기에서 n 은 강우관측소의 개수이고 $RRMSE_{GLO}$ 와 $RRMSE_{GEV}$ 는 각각 GLO 분포에 의한 상대평균제곱근오차와 GEV 분포에 의한 상대평균제곱근오차이다. GLO 분포와 GEV 분포간의 상대 감소율을 표본크기별 재현기간별로 구한 결과는 Table 1과 같다.

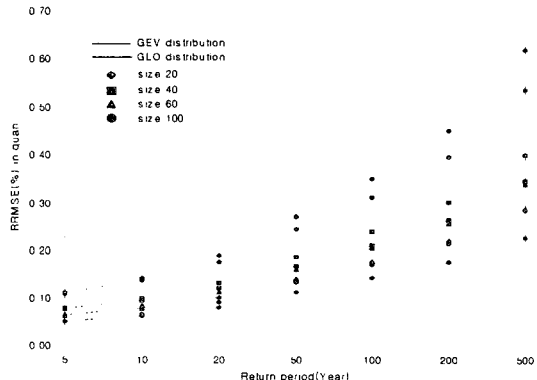


Table 1. Relative reduction(%) in RRMSE by GEV and GLO distributions using L-moment

sample size	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀
20	1.97	5.44	10.24	13.79	15.66	17.34	19.59
40	2.03	6.43	11.65	15.27	17.13	18.83	21.10
60	1.92	7.07	12.48	16.06	17.82	19.40	21.47
100	1.70	7.81	13.40	16.89	18.51	19.90	21.69

Fig. 1. Comparison of RRMSE estimated GEV and GLO distributions using L-moment at Seoul

는 양상을 나타내었다. 또한, 동일한 강우관측지점, 동일한 표본자료 및 동일한 재현기간에서 GLO 분포보다는 GEV 분포에 의한 상대평균제곱근오차가 일반적으로 다소 감소하였으며, 이러한 결과는 표본의 크기가 크고 재현기간이 커질수록 더욱 감소되는 경향을 나타내었다.

이상의 결과를 보면 Fig. 1에서 보는 바와 같이 GEV 분포와 GLO 분포에 의한 상대평균제곱근오차는 강우관측 지점별로 재현기간이 커짐에 따라 증가한 반면 모의 발생의 표본크기가 증가함에 따라 감소되는 양상을 나타내었다.

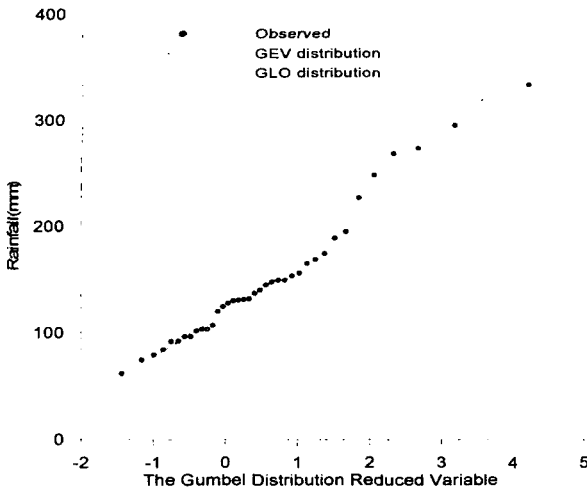


Fig. 2. Comparison of design rainfalls estimated by GEV and GLO distributions using method of L-moment with Gringorten plotting position at Seoul.

의해 유도된 강우관측지점의 설계강우량을 Gringorten 플로팅 포지션법에 의해 Gumbel 확률지상에 도시하였다. 표본 예로, 서울 지점에 대하여 도시한 결과는 Fig. 2와 같다. 이상의 결과를 종합해 보면, 강우관측지점 전반에 걸쳐 GEV 분포에 의해 유도된 설계강우량이 적절한 것으로 판정되었다.

IV. 결론

1. 강우관측지점별 연최대일강우량 자료에 관한 Wald-Wolfowitz의 독립성 검정과 Mann-Whitney의 동질성 검정 및 Grubbs-Beck의 Outlier 검정을 수행한 결과 강우관측지점별 연최대일강우량 자료의 분석 타당성이 인정되었다.
2. 연최대일강우량 자료의 적정 분포를 선정하기 위해 적용한 확률분포는 GEV, GLO 및 GPA 분포이다. L-모멘트비도와 Kolmogorov-Smirnov 검정에 의해 연최대일강우량 자료의 적합도 검정을 실시한 결과 적용된 3개 확률분포 중 GEV와 GLO 분포가 GPA 분포에 비해 적절한 것으로 검정되었다.
3. 강우관측지점별 연최대일강우량 자료를 이용하여 GEV와 GLO 분포의 매개변수를 L-모멘트법에 의해 추정하여 강우관측지점별 설계강우량을 산정하였다.
4. Monte Carlo 기법에 의해 적정 분포형별, 강우관측지점별, 표본크기별로 모의발생된 연최대일강우량에 대한 빈도분석을 GEV 및 GLO 분포별로 L-모멘트법에 의해 실시하여 설계강우량을 산정하였다.
5. 3과 4에서 산정된 설계강우량간의 오차분석인 상대평균제곱근오차와 상대편의를 산정한 결과에서 GEV 분포에 의한 상대평균제곱근오차가 GLO 분포에 의한 상대평균제곱근오차 보다 상대적인 감소율(Relative Reduction)이 크게 나타남으로서 GEV 분포에 의한 설계강우량이 GLO 분포에 의한 설계강우량 보다 신빙성이 높음을 보여 주었다.
6. 신빙도가 높게 판정된 GEV 분포에 의해서 강우관측지점별로 적정한 설계강우량을 산정하였다.

이와 더불어, GLO 분포보다는 GEV 분포에 의한 상대편의가 일반적으로 작게 나타났다. 이러한 결과는 또한 표본의 크기에서도 크기가 커지면 커질수록 작게 되는 경향을 나타내었다. GEV 분포에 의한 상대평균제곱근오차가 GLO 분포에 의한 상대평균제곱근오차에 비해 상대적으로 감소한 비율을 나타낸 Table 1의 결과를 보면 재현기간이 커짐에 따라 GEV 분포에 의한 상대평균제곱근오차가 GLO 분포에 의한 것보다 상대 감소율이 증가함을 나타내었다. 이러한 결과는 재현기간이 커질수록 더욱 증가됨을 보여 주고 있으며 이는 GEV 분포에 의한 설계강우량이 GLO 분포에 의한 것보다 신빙도가 높음을 나타낸다. 이상의 결과에 대한 검증을 위해 GEV와 GLO 분포에