

3변수 확률분포에 의한 설계강우량 추정

Estimation of Design Rainfall Using 3 Parameter Probability Distributions

이순혁*, 맹승진**, 류경식***

Soon Hyuk Lee, Sung Jin Maeng, Kyong Sik Ryoo

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 at 38 rainfall stations in Korea. To select the appropriate distribution of annual maximum daily rainfall data by the rainfall stations, Generalized Extreme Value (GEV), Generalized Logistic (GLO), Generalized Pareto (GPA), Generalized Normal (GNO) and Pearson Type 3 (PT3) probability distributions were applied and their aptness were judged using an L-moment ratio diagram and the Kolmogorov-Smirnov (K-S) test. Parameters of appropriate distributions were estimated from the observed and simulated annual maximum daily rainfall using Monte Carlo techniques. Design rainfalls were finally derived by GEV distribution, which was proved to be more appropriate than the other distributions.

Key words: Homogeneity, Independence, Outlier, L-moment, Probability distribution, Monte Carlo simulation, Design rainfall

1. 서론

댐이나 제방 등의 수리구조물은 홍수나 가뭄시 물을 저류하거나 하류로 방류하여 농업용수의 공급은 물론 홍수 및 가뭄으로부터 인명과 재산 그리고 농경지 및 하류의 도시들을 보호해주는 시설이다. 이와 같은 수리구조물의 설계, 운영, 관리 및 개·보수를 위해서는 신빙성 있는 설계수문량의 제시가 매우 중요하다.

본 연구에서는 장기간 신빙성 있는 강우관측 자료를 보유한 우리나라의 강우관측지점들을 선정하여 연최대일강우량 계열을 구성하고 3변수 확률분포형을 대상으로 적정 확률분포를 선정한 후 선정된 확률분포의 매개변수를 L-모멘트법에 의해 추정한다. 선정된 확률분포에 의해 유도된 설계강우량을 산정하고 신뢰도 분석을 실시하여 빈도별 적정 설계강우량을 제시함으로써, 댐이나 하천제방과 같은 각종 수리구조물의 건설시 설계지표로 이용 될 수 있으며, 최근에 대두되고 있는 국가 재난 예방 대책을 수립하는데 기초 자료로 활용 될 수 있을 것이다.

2. 기본수문자료

우리나라의 강우자료에 대한 빈도분석을 시도하기 위해서는 강우자료의 신빙성이 무엇보다도 중요하다. 따라서, 본 연구에서는 자기강우관측자료의 신빙도가 높은 기상청산하 38개 기상대 및 기상관측소(이하 강우관측지점이라 한다.)의 강우자료를 선정하였다. 선정된 강우관측지점에서 관측된 일강우량 자료는 한국건설기술

* 정회원 · 충북대학교 지역건설공학과 교수 · E-mail : aelsh@chungbuk.ac.kr

** 정회원 · 한국수자원공사 수자원연구원 책임연구원 · E-mail : maeng@kowaco.or.kr

*** 정회원 · 충북대학교 지역건설공학과 강사 · E-mail : ksryoo@magicon.com

연구원의 수문 DB로부터 수집하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 사용수문자료의 기본통계치 분석

선정된 38개의 강우관측지점별 연최대일강우량 자료에 대한 평균치, 표준편차, 왜곡도계수, 변동계수 및 첨예도의 기본통계치를 각 강우관측지점별로 구하였다. 강우관측지점 전반에 걸쳐 평균치와 표준편차는 각각 927~1,729 및 281.0~954.6의 범위를 왜곡도계수와 변동계수는 각각 0.429 ~ 3.668 및 0.295 ~ 0.699의 범위를 그리고 첨예도는 3.271~18.943의 범위를 나타내었다.

3.2 연최대일강우량 자료의 적정성 검정

본 분석에서는 연최대일강우량 자료의 분석 여부 결정을 위해 강우관측지점별 연최대일강우량의 독립성, 동질성 및 Outlier 검정을 각각 Wald-Wolfowitz Test, Mann-Whitney Test 및 Grubbs-Beck Test에 의해 검정하였다. 분석 결과에서 강우관측지점별 연최대일강우량 자료는 독립성과 동질성이 인정되었고 Outlier가 없음이 검정됨으로써 수문자료로서의 분석 타당성이 인정되었으며, 타 강우관측지점별 연최대일강우량 자료에서도 동일한 결과를 나타내었다.

3.3 적정 확률분포형의 선정

본 분석에서는 강우관측지점별 연최대일강우량의 확률분포형을 선정하기 위해 도식적 방법으로서 L-모멘트비도와 비매개변수적 방법인 Kolmogorov-Smirnov 검정을 실시하였다.

본 분석에서 사용된 GEV, GLO, GPA, GNO 및 PT3 분포형의 L-왜곡도와 L-첨예도의 관계인 L-모멘트비도를 Fig. 1에 도시하고, 각 강우관측지점별 연최대일강우량의 L-왜곡도와 L-첨예도를 구하여 L-모멘트비도를 작성함으로써 이를 근거로 적절한 확률분포형을 선정한다. 강우관측지점에 대한 연최대일강우량의 L-모멘트비인 L-왜곡도와 L-첨예도를 구하였으며, 강우관측지점별로 구해진 L-모멘트비와 L-모멘트비의 평균값을 L-모멘트비도에 도시한 결과는 Fig. 1과 같다. Fig. 1에 나타난 바와 같이 강우관측지점별 연최대일강우량 계열인 38개의 L-왜곡도와 L-첨예도의 무차원 L-모멘트 플로팅 포지션점이 GEV 분포형의 곡선에 고루 산재해 있고 L-왜곡도를 평균한 값이 0.20으로서 GEV와 GLO 분포의 L-모멘트비 곡선에 근접하여 플로팅되어 있음을 볼 수 있다. 따라서, 강우관측지점별 연최대일강우량에 L-모멘트법을 적용하여 L-모멘트비를 플로팅한 결과는 GEV와 GLO 분포가 GPA, GNO 및 PT3 분포에 비해 적절한 확률분포로 나타났다.

또한, 강우관측지점별 적정 확률분포형의 선정을 위해 Kolmogorov-Smirnov 검정을 실시하였으며, 이에 의한 검정결과는 L-모멘트법을 이용한 5개 분포형의 K-S 한계치가 5% 유의 수준치보다 작게 나타남으로서 5개 분포 모두가 적정 분포로 판정되었다.

이상의 2개의 적합도 검정인 L-모멘트비도에 의한 검정과 Kolmogorov-Smirnov 검정을 수행한 결과 적용된 5개 확률분포형 중 GEV와 GLO 분포가 보다 적절한 것으로 검정되어 적정 확률분포로 GEV와 GLO 분포를 선정하였다.

3.4 적정 확률분포형의 매개변수 추정

본 분석에서는 적정 확률분포형으로 선정된 GEV와 GLO 분포형에 대한 강우관측지점별 연최대일강우량의 설계강우량을 유도하기 위해 GEV와 GLO 분포형의 매개변수를 L-모멘트법에 의해 각각 추정하였다.

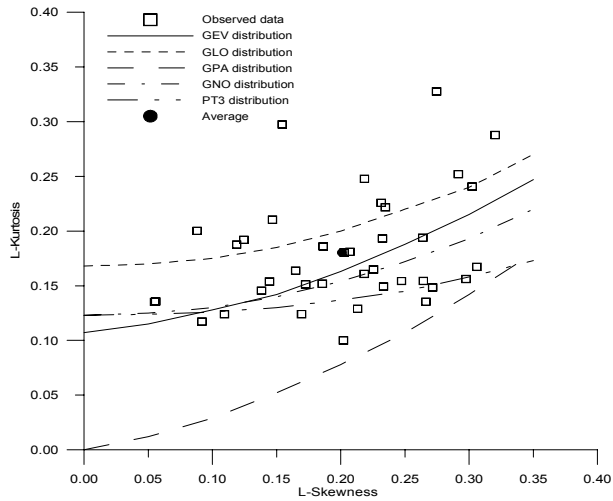


Fig. 2 Identification of distributions by L-skewness and L-kurtosis

연최대일강우량에 의한 설계강우량과 Monte Carlo 기법에 의해 모의발생된 연최대일강우량에 의한 설계강우량과의 비교분석은 상대평균제곱근오차와 상대편의에 의해 수행한다. 이와 같은 상대평균제곱근오차와 상대편의에 의해 GEV 분포와 GLO 분포 중에서 적절한 하나의 확률 분포형만을 선정함으로써 보다 신빙성 있는 설계강우량을 제시 하고자 한다.

본 분석에서는 적정 확률분포형별, 강우관측지점별, 표본의 크기별로 실측된 연최대일강우량에 의한 설계강우량과 모의발생된 연최대일강우량에 의한 설계강우량간의 상대평균제곱근오차 및 상대편의를 구하였다.

또한, GEV 및 GLO 분포형별로 실측된 연최대일강우량과 모의발생된 연최대일강우량을 사용하여 L-모멘트법에 의해 추정된 설계강우량간의 상대평균제곱근오차를 표본크기별 재현기간별로 도시하였다. 이에 관한 표본 예로, 목포 지점에 대하여 도시한 결과는 Fig. 2와 같다.

GEV 분포에 의해 계산된 상대평균제곱근오차와 GLO 분포에 의한 상대평균제곱근오차간의 상대적인 감소한 비율을 나타내는 상대 감소율에 의해 선정함으로써 적정 분포로 선정된 GEV와 GLO 분포 중 보다 적절한 분포형에 의한 설계강우량의 제시가 강우관측지점별로 가능하게 된다. GLO 분포와 GEV 분포간의 상대 감소율을 표본크기별 재현기간별로 구한 결과는 Table 1과 같다.

이상의 결과를 종합해 보면 Fig. 2에서 보는 바와 같이 GEV 분포와 GLO 분포에 의한 상대평균제곱근오차는 강우관측지점별로 재현기간이 커짐에 따라 증가한 반면 모의발생의 표본크기가 증가함에 따라 감소되는 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. 이와 더불어, GLO 분포보다는 GEV 분포에 의한 상대편의가 일반적으로 작게 나타났다. 이러한 결과는 또한 표본의 크기에서도 크기가 커지면 커질수록 작게되는 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 보여주고 있으며 이는 GEV 분포에 의한 설계강우량이 GLO 분포에 의한 것보다 신빙도가 높음을 나타낸다.

이상의 결과에 대한 검증을 위해 GEV와 GLO 분포에 의해 유도된 강우관측지점의 설계강우량을 Gringorten 플로팅 포지션법에 의해 Gumbel 확률지상에 도시하였다. 표본 예로, 목포 지점에 대하여 도시한 결과는 Fig. 3과 같이 나타났으며 타 지점의 결과도 이와 유사한 결과를 나타내었다.

3.5 적정 확률분포형에 의한 실측치의 빈도 분석

본 분석에서는 L-모멘트법에 의해 추정된 GEV와 GLO 분포의 매개변수를 이용하여 강우관측지점별로 설계강우량을 유도하였다.

3.6 연최대일강우량의 실측치와 모의발생치의 빈도 분석에 의한 적정 설계강우량 추정

본 분석에서는 강우관측지점별, 적정 분포별로 실측된 연최대일강우량의 빈도분석에 의한 설계강우량 유도에 이어서, 적정 확률분포형인 GEV 및 GLO 분포별로 Monte Carlo 기법에 의해 모의발생된 연최대일강우량에 의한 빈도분석을 수행하였다. 적정 확률분포형인 GEV 및 GLO 분포별로 실측된

이상의 결과를 종합해 보면, 강우관측지점 전반에 걸쳐 적용된 확률분포형 중 GEV 분포에 의해 유도된 설계강우량이 가장 적절한 것으로 판정되었다.

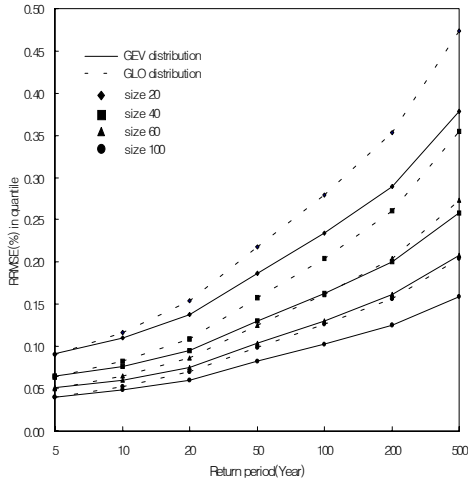


Fig. 2 Comparison of RRMSE estimated GEV and GLO distributions using L-moment at Mokpo

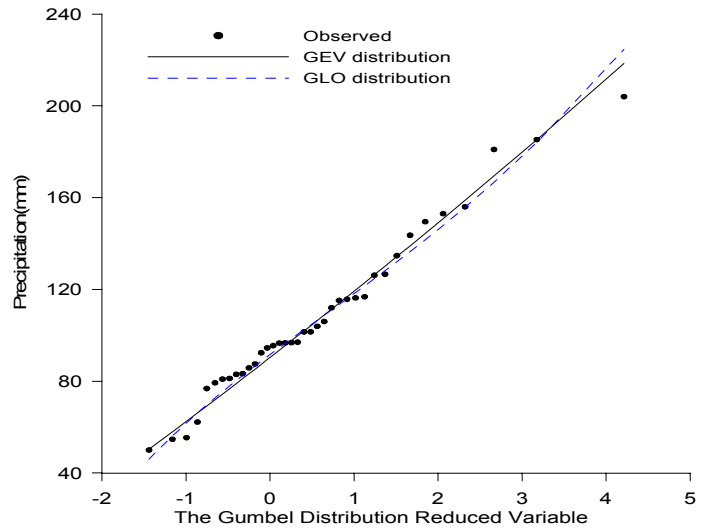


Fig. 3 Comparison of design rainfalls estimated by GEV and GLO distributions using L-moment with Gringorten plotting position at Mokpo

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

Simulated 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

4. 결론

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. 연최대일강우량 자료의 적정 분포를 선정하기 위해 적용한 확률분포형은 GEV, GLO, GPA, GNO 및 PT3 분포이다. L-모멘트비도와 Kolmogorov-Smirnov 검정에 의해 연최대일강우량 자료의 적합도 검정을 실시한 결과 적용된 5개 확률분포형 중 GEV와 GLO 분포가 타 분포에 비해 적절한 것으로 검정되었다. 강우관측지점별 연최대일강우량 자료를 이용하여 GEV와 GLO 분포의 매개변수를 L-모멘트법에 의해 추정하여 강우관측지점별 설계강우량을 산정하였다. Monte Carlo 기법에 의해 적정 분포형별, 강우관측지점별, 표본크기별로 모의발생된 연최대일강우량에 대한 빈도분석을 GEV 및 GLO 분포별로 L-모멘트법에 의해 실시하여 설계강우량을 산정하였다. 산정된 설계강우량간의 오차분석인 상대평균제곱근오차와 상대편의를 산정한 결과에서 GEV 분포에 의한 상대평균제곱근오차가 GLO 분포에 의한 상대평균제곱근오차 보다 상대적인 감소율이 크게 나타남으로서 GEV 분포에 의한 설계강우량이 GLO 분포에 의한 설계강우량 보다 신빙성이 높음을 나타내었다. 신빙도가 높게 판정된 GEV 분포에 의해서 강우관측지점별로 적절한 설계강우량을 산정하였다.