

확률분포에 의한 지속기간 및 빈도별 가뭄우량 추정

Estimation of Drought Rainfall According to Consecutive Duration and Return Period Using Probability Distribution

이순혁*, 맹승진**, 류경식***

Soon Hyuk Lee, Sung Jin Maeng, Kyong Sik Ryoo

Abstract

The objective of this study is to induce the design drought rainfall by the methodology of L-moment including testing homogeneity, independence and outlier of the data of annual minimum monthly rainfall in 57 rainfall stations in Korea in terms of consecutive duration for 1, 2, 4, 6, 9 and 12 months. To select appropriate distribution of the data for annual minimum monthly rainfall by rainfall station, the distribution of generalized extreme value (GEV), generalized logistic (GLO) as well as that of generalized pareto (GPA) are applied and the appropriateness of the applied GEV, GLO, and GPA distribution is judged by L-moment ratio diagram and Kolmogorov-Smirnov (K-S) test. As for the annual minimum monthly rainfall measured by rainfall station and that stimulated by Monte Carlo techniques, the parameters of the appropriately selected GEV and GPA distributions are calculated by the methodology of L-moment and the design drought rainfall is induced. Through the comparative analysis of design drought rainfall induced by GEV and GPA distribution by rainfall station, the optimal design drought rainfall by rainfall station is provided.

Key words: Annual minimum monthly rainfall, Probability distribution, L-moment, L-moment ratio diagram, Simulation, Design drought rainfall

1. 서론

1960년대 이후 1968년, 1977년, 1982년, 1988년, 1994년에 걸쳐 6~7년에 한번 정도의 가뭄이 발생하였다. 특히, 2001년도에는 3월부터 6월까지 가뭄이 지속되었으며 그 시기의 강우량은 79.9mm로서 2000년의 147.6mm에 비해 54.1%, 평년의 294.3mm에 비해 27.1%의 극심한 가뭄을 나타냈고 특히, 농업용 저수지의 경우 저수율은 평년에 비해 69%에 그치는 수준이었다. 이와 같은 극심한 가뭄으로 인해 생활용수의 비상급수 지역이 381개 읍·면으로 제한급수인구가 약 30만명에 달하였으며, 가뭄 피해를 입은 농경지는 약 19,000ha에 이르렀다. 이와 같은 가뭄으로 인한 국민들의 고충은 주기적으로 발생하는 실정이다.

이러한 가뭄으로 인해 발생하는 농업용수와 각종 산업용수의 부족량을 해결하기 위해서는 가뭄극복에 관한 장·단기 대책이 우선적으로 수립되어야만 한다. 본 연구를 통해 얻고자하는 가뭄지속기간에 따른 빈도별 가뭄우량의 제시는 곧 가뭄극복을 위한 우리나라의 단기 및 중장기 대책 수립시 반영 될 수 있으며, 관련 부처 및 지방자치단체의 가뭄단계별 가뭄대응 요령 등 과학적인 종합 가뭄관리체계를 구축하는데 필요한 기초 자료로 활용되어 질 것이다.

* 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@magion.com

따라서, 본 연구에서는 장기간 신빙성 있는 강우관측 자료를 보유하고 있는 한국의 강우관측지점들을 선정하여 1, 2, 4, 6, 9, 및 12개월 지속기간별 연최소월강우량 계열을 구성하고 적정 확률분포를 선정한다. 선정된 확률분포의 매개변수는 L-모멘트법에 의해 추정한다. 선정된 확률분포에 의해 유도된 지속기간별 설계 가뭄우량을 산정하고 신뢰도 분석을 실시하여 지속기간별로 적정 설계가뭄우량을 제시하고자 한다.

2. 기본수문자료

본 연구에서는 자기강우관측자료의 신빙도가 높은 한국의 기상청 산하 57개 기상대 및 기상관측소를 대상 강우관측지점으로 선정하였다. 관측된 강우량 자료는 한국건설기술연구원 및 기상청의 DB로부터 수집하였으며 1, 2, 4, 6, 9 및 12개월 지속기간별 연최소월강우량 자료의 부분기간치 시계열을 구성하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 연최소월강우량 자료의 기본통계치 분석

한국의 57개 강우관측지점의 연최소월강우량 자료에 대한 평균치, 표준편차, 왜곡도계수 및 첨예도의 기본 통계치를 구하였다. 강우관측지점 전반에 걸쳐 평균치와 표준편차는 각각 4.43mm~15.97mm 및 4.25mm~11.35mm의 범위를 그리고 왜곡도와 첨예도는 각각 0.55~1.41 및 2.19~11.28의 범위를 나타내었다. 한국의 57개 강우관측지점의 강우자료를 사용하여 가뭄분석을 실시할 경우에는 총우량계열의 분석에서와는 달리 지속기간이 대단히 중요하므로 관측소별로 1, 2, 4, 6, 9 및 12개월 가뭄지속기간에 따른 부분기간치계열을 작성하였다.

3.2 지속기간별 연최소월강우량 자료의 분석 여부 결정을 위한 검정

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

3.3 적정 확률분포의 선정

본 분석에서는 강우관측지점별 지속기간별로 연최소월강우량에 대한 L-모멘트비인 L-왜곡도와 L-첨예도를 구하였다. 표본 예로 강우관측지점별로 12개월 지속기간을 대상으로 구해진 L-모멘트비와 L-모멘트비의 평균값을 L-모멘트비도에 도시하였다(Fig. 1). Fig. 1에 나타난 바와 같이 12개월 지속기간의 연최소월강우량에 대한 57개 강우관측지점의 L-왜곡도와 L-첨예도의 무차원 L-모멘트 플로팅 포지션점들이 GEV와 GPA 분포의 L-모멘트비 곡선에 고루 산재해 있고 L-왜곡도를 평균한 값이 0.0007로서 GEV와 GPA 분포의 L-모멘트비 곡선에 근접하여 플로팅되어 있음을 볼 수 있다. 이러한 결과는 타 지속기간의 경우에서도 동일하게 나타났다. 결론적으로, 강우관측지점별 지속기간별 연최소월강우량에 L-모멘트법을 적용하여 L-모멘트비를 플로팅한 결과 GEV와 GPA 분포가 GLO 분포에 비해 적정한 확률분포로 나타났다.

또한, 강우관측지점별 지속기간별 연최소월강우량의 적정 확률분포를 선정하기 위해 적용된 3개의 확률분포의 매개변수를 L-모멘트법에 의해 산정하고 Kolmogorov-Smirnov 검정을 실시하였다. 검정 결과 전체 강우관측지점 및 지속기간에 있어서 GEV 및 GPA 분포가 적정 분포로 판정되었다.

2개의 적합도 검정인 L-모멘트비도에 의한 검정과 Kolmogorov-Smirnov 검정을 수행한 결과 적용된 3개

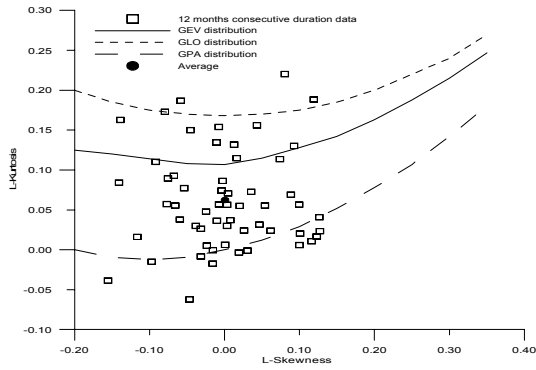


Fig. 1. Identification of distributions by L-skewness and L-kurtosis.

확률분포형 중 GEV와 GPA 분포가 적정한 것으로 검정되어 적정 확률분포로 GEV와 GPA 분포를 선정하였다.

3.4 적정 확률분포의 매개변수 추정

본 분석에서는 적정 확률분포로 선정된 GEV와 GPA 분포에 의한 강우관측지점별 지속기간별 설계가뭄우량을 유도하기 위해 GEV와 GPA 분포의 매개변수인 척도매개변수, α 위치매개변수, ξ 및 형상매개변수, k 를 구하였다

3.5 적정 확률분포에 의한 실측치의 가뭄빈도분석

본 분석에서는 L-모멘트법에 의해 추정된 GEV와 GPA 분포의 매개변수를 이용하여 강우관측지점별 지속기간별로 설계가뭄우량을 유도하였다.

3.6 실측된 연최소월강우량과 모의발생된 연최소월강우량의 빈도 비교 분석을 통한 적정 설계가뭄우량 판정

본 분석에서는 Monte Carlo 기법에 의해 적정 분포형별, 강우관측지점별, 지속기간별로 표본 크기(sample size)는 20, 40, 60 및 100으로 하고 각각 1,000회의 모의발생을 수행하였다. 적정 분포별, 강우관측지점별, 지속기간별, 표본크기별로 모의발생된 연최소월강우량을 이용하여 L-모멘트법에 의한 설계가뭄우량을 유도하였다.

본 분석에서는 적정 분포별, 강우관측지점별, 지속기간별, 표본의 크기별로 실측된 연최소월강우량에 의한 설계가뭄우량과 모의발생된 연최소월강우량에 의한 설계가뭄우량간의 상대평균제곱근오차 및 상대편의를 구하였다. 또한, GEV 및 GPA 분포별로 실측된 연최소월강우량과 모의발생된 연최소월강우량을 사용하여 L-모멘트법에 의해 추정된 설계가뭄우량간의 상대평균제곱근오차를 표본크기별 재현기간별로 도시하였다. 표본예로, 대구지점의 12개월 지속기간 연최소월강우량에 대하여 도시한 결과는 Fig. 2와 같다.

GPA 분포에 의해 계산된 상대평균제곱근오차가 GEV 분포에 의한 상대평균제곱근오차에 비해 상대적으로 감소한 비율을 나타내는 상대 감소율(relative reduction)에 의해 선정함으로서 적정 분포로 선정된 GEV와 GPA 분포 중 타당한 분포에 의한 적정 설계가뭄우량의 제시가 강우관측지점별로 가능하게 된다. GEV 분포와 GPA 분포간의 상대 감소율을 표본크기별 재현기간별로 구한 결과는 Table I과 같다.

이상의 결과를 보면 Fig. 2에서 보는 바와 같이 GEV 분포와 GPA 분포에 의한 상대평균제곱근오차는 강우관측지점별로 재현기간이 커짐에 따라 증가한 반면 모의발생의 표본크기가 증가함에 따라 감소되는 양상을 나타내었다. 또한, 동일한 강우관측지점, 동일한 지속기간, 동일한 표본자료 및 동일한 재현기간에서 GEV 분포보다는 GPA 분포에 의한 상대평균제곱근오차가 일반적으로 다소 감소하였으며, 이러한 결과는 표본의 크기가 크고 재현기간이 커질수록 더욱 감소되는 경향을 나타내었다. 이와 더불어, GEV 분포보다는 GPA 분포에 의한 상대편의가 일반적으로 작게 나타났다. 이러한 결과는 또한 표본의 크기에서도 크기가 커지면 커질수록 작게되는 경향을 나타내었다.

GPA 분포에 의한 상대평균제곱근오차가 GEV 분포에 의한 상대평균제곱근오차에 비해 상대적으로 감소한 비율을 나타낸 결과를 보면 재현기간이 커짐에 따라 GPA 분포에 의한 상대평균제곱근오차가 GEV 분포에 의한 상대평균제곱근오차보다 상대 감소율이 증가함을 나타내었다. 이러한 결과는 재현기간이 커질수록 더욱 증가됨을 보여주고 있으며 이는 GPA 분포에 의한 설계가뭄우량이 GEV 분포에 의한 것보다 신빙도가

높음을 나타낸다.

이상의 결과에 대한 검증을 위해 GEV와 GPA 분포에 의해 유도된 강우관측지점별 지속기간별의 설계가뭄우량을 Gringorten 플로팅 포지션법에 의해 Gumbel 확률지상에 도시하였다. 표본 예로, 대구지점의 12개월 지속기간 연최소월강우량에 대하여 도시한 결과는 Fig. 3과 같다.

이상의 결과를 종합해 보면, 강우관측지점 및 지속기간 전반에 걸쳐 GPA 분포에 의해 유도된 설계가뭄우량이 적절한 것으로 판정되었다.

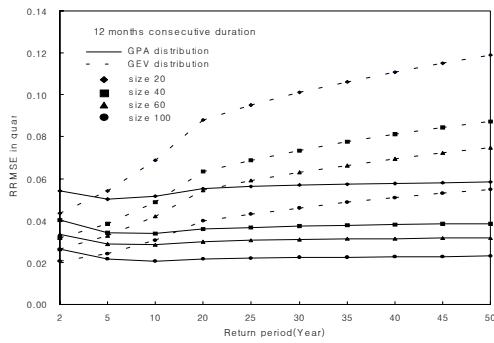


Fig. 2 Comparison of RRMSE estimated GEV and GPA distributions using L-moment at Daegu

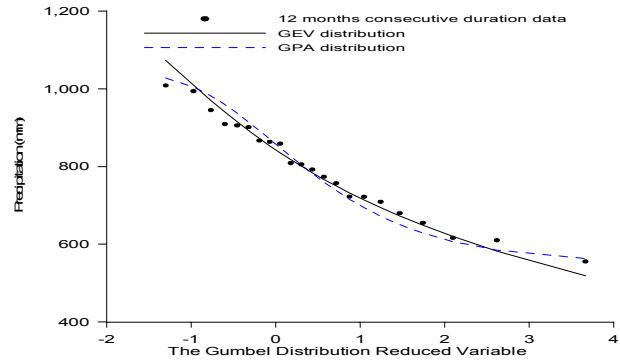


Fig. 3 Comparison of design rainfalls estimated by GEV and GPA using L-moment with Gringorten plotting position at Daegu

Table I Relative reduction(%) in RRMSE for 12 months consecutive duration by GPA and GEV distributions using L-moment

Simulated sample size	Q_2	Q_5	Q_{10}	Q_{20}	Q_{25}	Q_{30}	Q_{35}	Q_{40}	Q_{45}	Q_{50}
20	-24.36	8.07	25.77	38.70	42.45	45.37	47.76	49.74	51.44	52.91
40	-26.66	9.56	29.65	42.95	46.64	49.48	51.77	53.67	55.29	56.68
60	-27.46	9.98	30.98	44.39	48.03	50.84	53.11	54.97	56.57	57.93
100	-27.89	10.71	32.39	45.79	49.38	52.15	54.36	56.20	57.75	59.09

4. 결론

강우관측지점별 지속기간별 연최소월강우량 자료에 관한 Wald-Wolfowitz의 독립성 검정과 Mann-Whitney의 동질성 검정 및 Grubbs-Beck의 Outlier 검정을 수행한 결과 강우관측지점별 지속기간별로 연최소월강우량 자료의 분석 타당성이 인정되었다. 지속기간별 연최소월강우량 자료의 적정 분포를 선정하기 위해 적용한 확률분포는 GEV, GLO 및 GPA 분포이다. L-모멘트비도와 Kolmogorov-Smirnov 검정에 의해 연최소월강우량 자료의 적합도 검정을 실시한 결과 적용된 3개 확률분포 중 GEV와 GPA 분포가 GLO 분포에 비해 적절한 것으로 검정되었다. 강우관측지점별 지속기간별 연최소월강우량 자료를 이용하여 GEV와 GPA 분포의 매개변수를 L-모멘트법에 의해 추정하여 강우관측지점별 지속기간별로 설계가뭄우량을 산정하였다. Monte Carlo 기법에 의해 적정 분포형별, 강우관측지점별, 지속기간별, 표본크기별로 모의발생된 연최소월강우량에 대한 빈도분석을 GEV 및 GPA 분포별로 L-모멘트법에 의해 실시하여 설계가뭄우량을 산정하였다. 산정된 설계가뭄우량간의 오차분석인 상대평균제곱근오차와 상대편의를 산정한 결과에서 GPA 분포에 의한 상대평균제곱근오차가 GEV 분포에 의한 상대평균제곱근오차 보다 상대적인 감소율이 크게 나타남으로서 GPA 분포에 의한 설계가뭄우량이 GEV 분포에 의한 설계가뭄우량 보다 신빙성이 높음을 보여 주었다. 신빙도가 높게 판정된 GPA 분포에 의해서 강우관측지점별 지속기간별로 적정한 설계가뭄우량을 산정하였다.