고차확률가중모멘트법에 의한 지역화빈도분석과 GIS기법에 의한 설계강우량 추정

Estimation of Design Rainfall by the Regional Frequency Analysis using Higher Probability Weighted Moments and GIS Techniques

이순혁 · 박종화 · * 류경식 · 지호근 · 신용희 (충북대)
Lee, Soon-Hyuk · Park, Jong-Hwa · * Ryoo, Kyong-Sik · Jee, Ho-Keun · Shin, Yong-Hee

Abstract

Design rainfall using LH-moments following the consecutive duration were derived by the regional and at-site analysis using the observed and simulated data resulted from Monte Carlo techniques. RRMSE, RBIAS and RR in RRMSE for the design rainfall were computed and compared in the regional and at-site frequency analysis.

Consequently, it was shown that the regional analysis can substantially more reduce the RRMSE, RBIAS and RR in RRMSE than at-site analysis in the prediction of design rainfall. RE for an optimal order of L-moments was also computed by the methods of L, L1, L2, L3 and L4-moments for GEV distribution. It was found that the method of L-moments is more effective than the others for getting optimal design rainfall according to the regions and consecutive durations in the regional frequency analysis. Diagrams for the design rainfall derived by the regional frequency analysis using L-moments were drawn according to the regions and consecutive durations by GIS techniques.

I. 서 론

본 연구에서는 확률가중모멘트의 차수를 증가시킨 고차확률가중모멘트인 L1, L2, L3 및 L4-모멘트법(일명 LH-모멘트법)에 의한 지역화 빈도분석과 GIS 기법에 의한 설계강우량의 유도에 관한 연구로서 GUMl, GEV, GLO, GPA 분포형을 사용한다. 그리고 적용된 분포형들의 극치강우자료에 대한 L1, L2, L3 및 L4-모멘트비(일명 LH-모멘트비)의 산정, L1, L2, L3 및 L4-모멘트비도(일명 LH-모멘트비도)와 K-S검정에 의한 적정한 분포형의 선정, 적정분포형의 매개변수를 고차확률가중모멘트법에 의해 산정, 적정분포형에 의한 실측치의 점빈도 및 지역빈도분석에 의한 설계강우량 유도, Monte Carlo 기법에 의해 모의발생된 강우량의 점 빈도 및 지역 빈도분석에 의한 설계강우량 유도, 이상의 실측치 및 모의발생치의 점 빈도 및 지역빈도분석에 의한 설계강우량의 비교분석 및 '지역화 빈도분석에 의한 설계강우량 추정(2001 한국농공학회 학술발표회)'에서 결과된 적정 설계강우량과 본 보에서 결과된 적정 설계강우량과의 비교분석에 의해 최종적으로 지역별, 지속기간별 신빙성 높은 설계강우량을 제시한다. 또한, 이를 GIS 기법을 이용하여 전국을 망라한 지속기간별, 빈도별 설계강우량도를 작성하고자 한다.

II. 결과 및 고찰

1. 적정 확률분포형의 선정

본 연구에서는 자기강우관측자료의 신빙도가 높은 기상청산하 65개 기상대 및 기상관측소의 강우자료를 선정하여 지역화 분석을 시도하였다.

지역별 및 지속기간별 대상지점에 대한 연최대강우량의 L1, L2, L3 및 L4-모멘트비인

2002년도 한국농공학회 학술발표회 논문집 (2002년 10월 12일)

L1, L2, L3 및 L4-왜곡도와 L1, L2, L3 및 L4-첨예도를 구하였다. L1, L2, L3 및 L4-모멘트비도는 지역별 지속기간별 연최대강우량 계열인 40개의 L1, L2, L3 및 L4-왜곡도와 L1, L2, L3 및 L4-첨예도의 무차원 L1, L2, L3 및 L4-모멘트 플로팅 포지션점이 GEV 분포형의 곡선에 고루 산재해 있고 L1-왜곡도를 평균한 값이 0.28, L2-왜곡도를 평균한 값이 0.29, L3-왜곡도를 평균한 값이 0.30 및 L4-왜곡도를 평균한 값이 0.30으로써 타 확률분포형의 L1, L2, L3 및 L4-모멘트비 곡선 보다 GEV 분포형의 L1, L2, L3 및 L4-모멘트비 곡선에 보다 근접되어 있음을 볼 수 있다. 결론적으로, 지역별 지속기간별 40개의 연최대강우량 계열에 L1, L2, L3 및 L4-모멘트법을 적용하여 L1, L2, L3 및 L4-모멘트비를 플로팅한 결과 GEV 분포형이 타 확률분포형에 비해 보다 적정한 확률분포형으로 나타났다.

강우관측지점별 지속기간별 적정 확률분포형을 선정하기 위해 K-S 검정을 실시한 결과, 연최대강우량 계열에 대하여 4개 적용 분포 중 GEV 분포형에서 L1, L2, L3 및 L4-모멘트법의 K-S 한계치가 5% 유의수준치보다는 작게 산정되었다. 따라서, 연최대 강우량 계열에 대한 L1, L2, L3 및 L4-모멘트법의 K-S 검정 결과 GEV 분포가 적정 확률분포형으로 판정되었다.

따라서, 이와 같은 사실에 비추어 양 방법에서 유일하게 적정 확률분포형으로 판정된 GEV 분포형을 최종적으로 선정하였다.

2. 실측치 및 모의발생치에 대한 점빈도 및 지역빈도분석 결과 비교

LH-모멘트법에 의해 추정된 GEV 분포형의 매개변수를 이용하여 강우관측지점들에 대한 점빈도분석과 지역빈도분석을 실시하고 각 경우에 대하여 빈도별 설계강우량을 유도하였다.

본 분석에서는 L1, L2, L3 및 L4-모멘트법별로 Monte Carlo 기법에 의해 강우관측지점별로 표본 크기(sample size)를 20, 40, 60 및 100으로 구분하고 각각의 경우에 대하여 1,000회 모의발생 결과치를 얻었으며, 이들 모의발생치를 이용하여 점빈도 및 지역빈도분석을 수행함으로서 지속기간에 따른 빈도별 설계강우량을 산정하였다.

L1, L2, L3 및 L4-모멘트법에 따른 각각의 강우관측지점별, 지역별, 지속기간별 및 표본의 크기별로 실측치의 빈도별 설계강우량에 대한 모의발생된 빈도별 설계강우량간의 상대평균제곱근오차 및 상대편의를 구하였으며, 이들 결과에 대한 전반적인 비교 분석을 원활히 하기 위해 L1, L2, L3 및 L4-모멘트법에 따른 지역별, 지속기간별, 빈도별 및 표본의 크기별로 점빈도분석과 지역빈도분석에 의한 설계강우량별 상대평균제곱근오차와 상대편의의 평균값을 산정하였다. 표본 예로 L1 및 L4-모멘트법에 따른 'V' 지역에 속하는 고흥 강우관측지점의 24 지속기간에 대한 상대평균제곱근오차를 도시한 결과는 Fig. 1 및 Fig. 2와 같다. 그리고, 지역빈도분석에 의해 계산된 상대평균제곱근오차가 점빈도분석에 의한 상대평균제곱근오차에 비해 상대적으로 감소한 비율을 나타내는 상대 감소율을 산정함으로서 우리나라의 전역에 걸친 빈도분석 방법과 지속기간별 적정 설계강우량의 제시가 가능하게 된다. 점빈도분석과 지역빈도분석간의 상대 감소율을 지역별, 지속기간별 및 표본 크기별로 구하였다.

L1, L2, L3 및 L4-모멘트법에 따른 지역별, 지속기간별, 빈도별 및 표본의 크기별로 점빈도분석과 지역빈도분석에 의한 설계강우량의 비교분석을 상대평균제곱근오차와 상대편의에 의해 수행한 결과를 보면 L1, L2, L3 및 L4-모멘트법에 따른 점빈도분석에 의한 상대평균제곱근오차, 그리고 지역빈도분석에 의한 상대평균제곱근오차는 각 지역별로 재현기간이 커짐에 따라 증가한 반면 모의발생의 표본크기가 증가함에 따라 감소되는 양상을 나타내었다. 그리고, L1, L2, L3 및 L4-모멘트법에 따른 점빈도분석 및 지역빈도분석에 의한 상대편의는 각 지역별로 재현기간이 크고 모의발생의 표본크기가 증가함에 따라 감소함을 나타내었다. 또한, L1, L2, L3 및 L4-모멘트법의 적용 결과 공히 동일한 지역, 동일한 표본자료 및 동일한 재현기간에서 지역빈도분석에 의한 상대평균제곱근오차가 점빈도분석에 의한 것보다 대부분 작게 산정되었으며 이러한 결과는 표본의 크기가 크고 빈도가 커

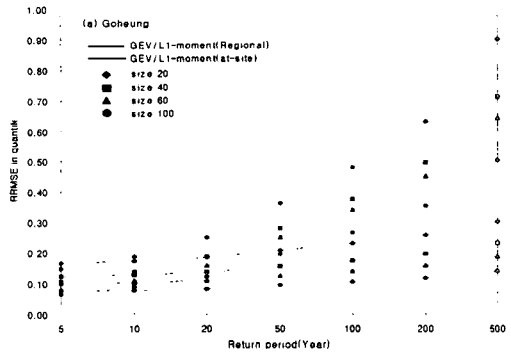

Fig. 1. Comparison of RRMSE estimated by regional and at-site frequency analysis for 24-hour consecutive duration in region V using L1-Moments

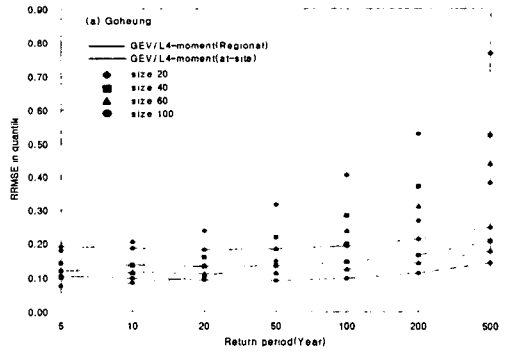

Fig. 2. Comparison of RRMSE estimated by regional and at-site frequency analysis for 24-hour consecutive duration in region V using L4-Moments

질수록 더욱 작아지는 경향을 나타내었다. 이와 더불어, L1, L2, L3 및 L4-모멘트법의 적용 결과 4가지 방법 모두 지역빈도분석에 의한 상대평균제곱근오차가 점빈도분석에 의한 것보다 작게 나타났으며, 이러한 결과는 표본의 크기가 커질수록 더욱 작아지는 경향을 나타내었다. L1, L2, L3 및 L4-모멘트법에 따른 지역빈도분석에 의한 상대평균제곱근오차가 점빈도분석에 의한 것에 비해 상대적으로 감소한 비율을 분석한 결과를 보면 L1, L2, L3 및 L4-모멘트법에서 공히 지역빈도분석에 의한 상대평균제곱근오차가 점빈도분석에 의한 것보다 상대 감소율이 증가함을 나타내었다. 이러한 결과는 지역빈도분석에 의한 지역별 지속기간별 설계강우량이 점빈도분석에 의한 것보다 신빙도가 높음을 나타낸다. 이와 같은 상기의 결과는 타 지속기간에서도 역시 동일한 양상을 보여주었다.

따라서, 이상의 결과를 종합해 볼 때 L1, L2, L3 및 L4-모멘트법에 따른 지역빈도분석에 의해 유도된 빈도별 설계강우량이 L1, L2, L3 및 L4-모멘트법에 따른 점빈도분석에 의한 빈도별 설계강우량 보다 신빙도가 높음을 보여 주었다.

본 연구에서 '지역화 빈도분석에 의한 설계강우량 추정(2001 한국농공학회 학술발표회)' 결과에 의하면 L-모멘트법에 따른 지역빈도분석에 의해 유도된 빈도별 설계강우량이 L-모멘트법에 따른 점빈도분석에 의한 빈도별 설계강우량 보다 신빙도가 높음이 입증되었고 본 보의 결과에 의하면 L1, L2, L3 및 L4-모멘트법에 따른 지역빈도분석에 의해 유도된 빈도별 설계강우량이 L1, L2, L3 및 L4-모멘트법에 따른 점빈도분석에 의한 빈도별 설계강우량 보다 신빙도가 높음이 입증되었다.

따라서, 본 분석에서는 L, L1, L2, L3, L4-모멘트법에 따른 지역빈도분석에 의해 유도된 빈도별 설계강우량들의 상대적인 우열을 판정하기 위한 척도인 상대적 효율성을 산정하여 L, L1, L2, L3 및 L4-모멘트법 중 적정 설계강우량 유도가 가능한 매개변수 추정방법을 선정하기로 한다. L1, L2, L3 및 L4-모멘트법에 대한 L-모멘트법의 상대적 효율성을 지역별, 지속기간별, 표본크기별 및 빈도별로 구한 결과, L 및 LH-모멘트 차수에 따른 상대효율성의 비교 척도로서 L4-모멘트법 보다는 L3-모멘트법이, L3-모멘트법 보다는 L2-모멘트법이, L2-모멘트법 보다는 L1-모멘트법이, L1-모멘트법 보다는 L-모멘트법에 따른 지역빈도분석에 의해 유도된 빈도별 설계강우량이 보다 효율성이 높게 나타났다. 이와 같은 결과는 타 지역별, 지속기간별, 표본크기별 및 빈도별로 구한 상대적 효율성에서도 대체적으로 동일한 양상을 나타내었다. 전술한 결과에서 언급한 바와 같이 우리나라의 지역별 지속기간에 따른 빈도별 적정한 설계강우량의 유도는 L1, L2, L3 및 L4-모멘트법에 의한 지역빈도분

석보다는 L-모멘트법에 의한 지역빈도분석에 의한 것이 보다 신빙성이 높음이 인정되었다. 따라서, L-모멘트법에 따른 지역빈도분석에 의해 지속기간별 및 빈도별 설계강우량을 산정하였다.

이상의 결과를 종합해 보면 지역별로 지속기간 및 재현기간이 커질수록 전반적으로 설계강우량의 크기가 커짐을 나타내었으며 또한, 지역화된 5개 지역에서 '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.

4. GIS 기법에 의한 지속기간별 빈도별 설계강우량도 작성

본 분석에서는 GIS 기법을 이용한 강우자료의 공간적인 분포 양상을 분석함으로써 장차 해당 지역에서의 수공구조물 설계시 필요한 설계강우량을 제공하고자 한다. 역거리가중법 알고리듬에 의해 지역화된 지속기간별 빈도별 설계강우량의 공간 분포를 도시하였다. 표본 예로서 'V' 지역의 지속기간 24 시간에 대한 100년 빈도 설계강우량의 공간 분포를 도시한 결과는 Fig. 3과 같다. 미계측 지점에서의 수공구조물 설계시 해당지역에서 필요한 설계강우량은 본 연구를 통해 작성된 설계강우량도에 의해 구해질 수 있다.

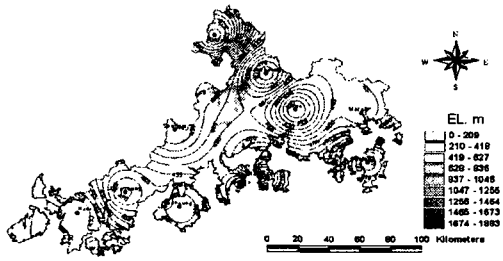

Fig. 3. Design rainfall map according to 100-yr return period of 24-hour consecutive duration for V region

III. 결론

1. 강우관측지점에 대한 지속기간별 연최대강우량의 적정 확률분포형을 선정하기 위해 L1, L2, L3 및 L4-모멘트법에서는 GUM, GEV, GLO 및 GPA 분포형을 대상으로 L1, L2, L3 및 L4-모멘트비도 및 K-S 결과 최종적으로 GEV 분포형이 적정 확률 분포형으로 판정되었다.

2. 지역 및 지점별 지속기간에 따른 연최대강우량에 적합한 확률분포형인 GEV 분포형의 매개변수를 L1, L2, L3 및 L4-모멘트법에 의해 산정하였다.

3. 매개변수 추정방법별로 적정 확률분포형과 실측치에 의한 점빈도 및 지역빈도분석에 의해 빈도별 설계강우량을 유도하였다.

4. 매개변수 추정방법별로 실측치와 모의발생치의 점빈도 및 지역빈도분석에 의한 각각의 빈도별 설계강우량을 유도하고 이들간의 상대평균제곱근오차와 상대편의에 의한 오차분석을 실시한 결과 L1, L2, L3 및 L4-모멘트법에서 공히 지역빈도분석에 의해 유도된 빈도별 설계강우량이 점빈도분석에 의한 빈도별 설계강우량 보다 신빙도가 높음을 나타내었다.

5. L1, L2, L3 및 L4-모멘트법별로 지역빈도분석에 의한 상대평균제곱근오차가 점빈도분석에 의한 것 보다 상대적인 감소율이 크게 나타남으로서 L1, L2, L3 및 L4-모멘트법에서 공히 지역빈도분석에 의한 빈도별 설계강우량이 점빈도분석에 의한 것 보다 신빙성이 높음을 보여 주고 있다.

6. '지역화 빈도분석에 의한 설계강우량 추정(2001 한국농공학회 학술발표회)'에서 적용한 L-모멘트법과 본 보에서 적용한 L1, L2, L3 및 L4-모멘트법별로 지역빈도분석에 의한 상대효율성을 분석한 결과 L-모멘트법과 지역빈도분석에 의한 설계홍수량이 타 방법에 의한 것보다 신빙도가 높게 판정되었다.

7. L-모멘트법과 지역빈도분석에 의해 추정된 지역별 지속기간별 빈도별 강우량의 공간분포인 설계강우량도를 보간기법인 역거리 가중법과 GIS 기법의 하나인 Arc View 3.1에 의해 작성하였다.