GEV 분포에 의한 강우자료의 지역빈도분석

Regional Frequency Analysis by Rainfalls using GEV Distribution

맹승진, 이현규
충북대학교

Maeng Seung-Jin, Lee Hyeon-Gyu
Chungbuk National Univ.

요약

본 연구는 매년 우리나라에 막대한 인명과 재산의 피해를 입히는 홍수 피해를 공학적인 측면에서 저감시키고자 한다. 이러한 항구적인 홍수 대책 수립을 위해 본 연구에서는 각종 댐 및 수리구조물의 설계지침인 설계홍수량을 분석함으로서 향후 우리나라 수리구조물의 안정적인 설계 지침을 제공하는데 있다.

본 연구는 한국의 기후학적 지형학적 특성을 고려한 동질한 지역으로 구분하였으며 L-모멘트비와 K-S 검정에 의해 적용분포의 적합성 검정을 실시한 결과 GEV 분포가 절절한 것으로 판단되었다. 지점빈도분석과 지역빈도분석의 결과를 비교하기 위해 Monte Carlo 모의를 실시하였고 최종적으로 적정 설계홍수량을 선정하기 위해 오차분석을 실시하였다. 그 결과 지역빈도분석에 의한 설계홍수량이 적정한 것으로 판단되었다.

Abstract

This research aims to reduce severe damages to human beings and properties from floods that ravage Korea every year, by estimating right time to hydraulic structures based on the characteristics of variations in flood flows. To establish this permanent means for the flood mitigation, this research analyse design floods of various dams and hydraulic structures in connection with time of occurrence of the weather abnormalities in Korea.

This research was derived the optimal regionalization of the precipitation data which can be classified by the climatologically and geographically homogeneous regions in Korea. Using the L-moment ratios and Kolmogorov-Smirnov test, the underlying regional probability distribution was identified to be the GEV distribution among applied distributions. The regional and at-site analyses using L-moment for the design rainfall were tested by Monte Carlo simulation. Error tests were computed and compared with those resulting from at-site Monte Carlo simulation. Consequently, optimal design rainfalls following the regions and consecutive durations were derived by the regional frequency analysis.

I. 서 론

댐이나 제방 등의 수리구조물은 홍수나 가뭄시 물을 저류하거나 하류로 방류하여 각종 산업용수의 공급은 물론 홍수 및 가뭄으로부터 인명과 재산 그리고 농경지 및 하류의 도시들을 보호해주는 대단히 중요한 시설이다. 이와 같은 수리구조물의 설계, 운영, 관리 및 개·보수를 위해서는 신빙성 있는 빈도별 수문량, 즉 지속기간에 따른 빈도별 수문량의 제시가 매우 중요하다. 그러나, 우리나라는 대부분의 수리구조물의 설계제원이 해당 설계지점의 관측치가 없는 관계로 인근에 위치한 관측지점의 설계수문량을 그대로 사용하기 때문에 이의 신빙성이 낮은 것이 사실이다. 또한, 설계지점의 과거 수문관측자료를 사용하여 설계를 했을지라도 관측지점의 수문자료 확보 기간이 짧아 표본오차가 큰 관계로 이것 역시 설계제원으로 사용하기에는 부적절하다.

따라서, 본 연구에서는 보다 신빙성 있는 설계수문량을 제공하기 위하여 단기간의 홍수관측기록 등으로 인하여 신빙성이 결여된 부적절한 설계홍수량을 사용하는 대신에 우리나라 전역에 걸쳐 비교적 신빙도가 높은 기상청 산하 기상대 및 기상관측소의 자기강우기록치를 이용하여 지역별 지속기간별로 적정한 설계강우량을 산정하는 방법을 제시하고자 한다. 이를 위해서는 우선적으로 강우의 장·단기 강우특성과 지리·지형학적 특성을 고려한 동성의 지역화를 시도하게 되며, 지역화된 지속기간별 극치강우량의 적정확률분포모형의 결정과 함께 확률분포모형의 매개변수 유도를 위한 확률가중모

멘트의 선형조합인 L-모멘트법를 이용한 점빈도 및 지역빈도분석을 통한 지속기간에 따른 빈도별 설계강우량을 유도하고 이를 비교 분석하여 최적빈도분석 방법을 제시하게 된다. 그러므로 해서, 미관측 지점에 댐이나 하천제방과 같은 각종 수리구조물의 건설시 이용될 수 있는 신빙성 높은 설계강우량 산정 방법을 제시하고자 한다.

II. 강우자료

우리나라의 강우자료에 대한 지역화 분석을 시도하기 위해서는 신빙성 있는 강우자료를 수집하는 것이 무엇보다 중요하다. 따라서, 본 연구에서는 자기강우관측자료의 신빙도가 높은 기상청산하 65개 기상대 및 기상관측소(이하 강우관측지점이라 한다.)를 대상 강우관측지점으로 선정하였으며, 관측된 일강우량 자료는 한국건설기술연구원의 수문 DB로부터 수집하였으며 지리학적 인자인 위도, 경도 및 표고는 기상연보 (1980~1998)에 수록된 자료를 이용하였다. 선정된 65개 강우관측지점에 대하여 지속기간이 1, 3, 6, 12, 24, 36, 48 및 72시간인 연최대치 계열의 강우자료를 수집하여 시계열 자료로 구성하였다. 본 분석에서는 우리나라의 도서지방인 제주도와 울릉도를 제외한 내륙지방만을 분석 대상지역으로 설정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 강우관측소의 지역화

본 연구에서는 강우관측지점의 지역화를 위해 전술한 바와 같이 2가지 방법을 사용하였다. 첫째는 K-means clustering 분석에 의한 방법이고 둘째는 강우관측지점별 연평균우량(mean annual precipitation, MAP)을 변수로 하여 강우관측지점들을 기상학적으로 동질한 수개의 지역(climatologically homogeneous region, CHR)으로 구분하는 방법이다.

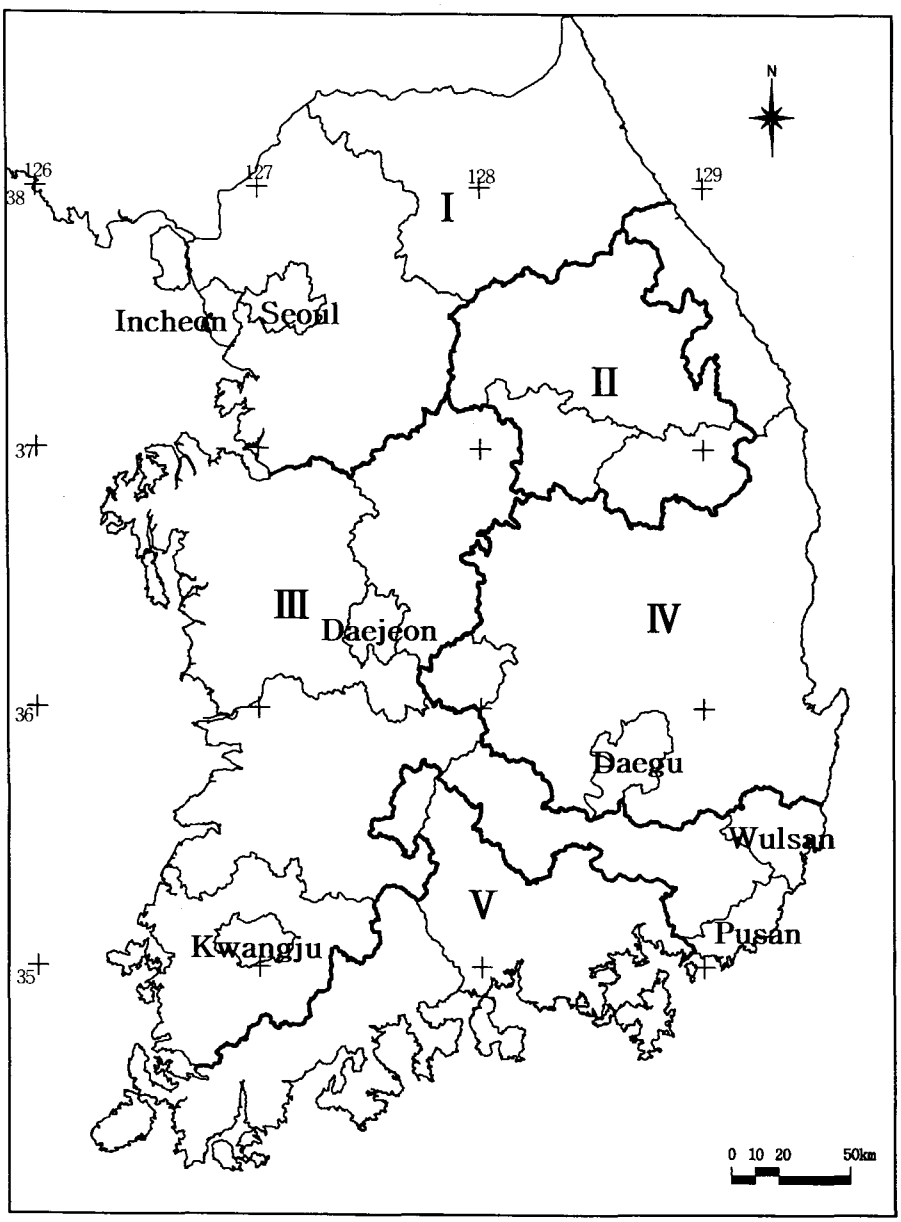
지역화 분석을 위해 본 연구에서는 K-means clustering 법을 사용하였으며 이는 65개 강우관측지점에서 연최대일강우량의 최대치, 평균치 및 표준편차와 같은 단기강우특성, 연평균강우량과 우기평균강우량과 같은 장기강우특성 및 강우관측지점의 지리적 위치인 위도, 경도 및 표고와 같은 지형적 특성을 변수화하여 분석하였다. 우기평균강우량은 일반적으로 6월부터 9월까지의 평균강우량을 의미하나, 호우기 장마로 인해 홍수피해가 빈번히 발생한다는 사실에 근거하여 본 분석에서는 실질적인 방재근무 기간인 6월 21일부터 9월 20일까지의 평균강우량을 대상으로 분석하였다. Cluster 분석은 변수의 수, 단위 및 적용하고 있는 알고리즘에 따라서 상이한 결과를 나타낸다. 이러한 문제점은 일반적으로 널리 사용되는 통계 범용 소프트웨어를 사용함으로서 극복할 수 있는데, 본 분석에서는 SYSTAT 8.0의 모듈을 사용하였다. 강우관측지점들이 동질성의 지역으로 분리되는 개수를 4에서부터 9까지 변화시켜 가면서 Cluster 분석을 실시한 결과 분리되는 개수가 증가하면서 점차적으로 지리적으로 가까운 강우관측지점들이 동질성의 지역으로 군집화 되는 현상을 나타내었다. 이와 같은 과정을 통하여 분석한 결과 동질성인 지역을 9개 지역으로 구분하는 것이 적정한 것으로 나타났다.

본 분석에서 사용한 두 번째 지역화 분석 방법은 연평균강우량법으로 이는 각 강우관측지점들의 연평균강우량을 변수로 하여, 선정된 강우관측지점들을 기상학적으로 동질한 수개의 지역(Climatologically Homogeneous Region, CHR)으로 구분하는 방법이다. 선정된 강우관측지점들을 기상학적으로 동질성인 지역으로 구분하기 위해 우리나라 연평균강우량에 대한 계급의 수와 계급간 범위를 시행착오법에 의하여 결정하였으며, 분석 결과 지리적으로 가까운 강우관측지점들이 동질성으로 군집화 되는 계급의 수는 5개로, 계급간 범위는 100으로 구분하는 것이 타당할 것으로 판단되었다. 동질의 지역별로 강우관측지점들이 위치하는 구역을 살펴보면, I 지역은 경상북도 내륙지역과 충청북도 남부지방, III 지역은 강원도, 충청도 및 전라도 지방, IV 지역은 경기도, 강원도 및 경상북도 북부지방, V 지역은 남해안 지방으로 지역화 되는 것을 알 수 있었다. 그러나, II 지역에 위치하는 강우관측지점들은 전국에 걸쳐 산재되어 있기 때문에 특정한 지방으로 구분할 수 없었다.

전술한 바와 같이 K-means clustering 방법에 의한 지역화와 연평균강우량법에 의한 지역화는 분석 방법상 여러 가지 문제점을 내포하고 있으므로, 이러한 문제점을 해결하고 합리적인 동질성의 지역화를 위해 시행착오법과 χ^2분포의 통계량을 이용하여 보완을 시도하였다.

2. 적정 확률분포형의 선정

본 연구에서는 강우관측지점별 지속기간별 연최대강우량의 적정 확률분포형을 선정하기 위하여 도식적 방법인 L-모멘트비도와 비매개변수적 방법인 Kolmogorov-Smirnov 검정방법을 적용하였다. L-모멘트비도에 의한 검정에서는 6개 확률분포형 중 GEV 분포형이 타 확률분포형에 비해 적정한 것으로 검정되었고 Kolmogorov-Smirnov 검정에서는 6개 확률분포형이 모두 적정한 것으로 검정되었으므로 GEV 분포형을 연최대강우량계열의 적정 확률분포형으로 선정하였다.



▶▶ **Fig 1. Five regions classified by cluster analysis and mean annual precipitation method.**

3. 적정 확률분포형의 매개변수 추정

적정 확률분포형으로 선정된 GEV분포형의 매개변수인 척도매개변수 α, 위치매개변수 ξ 및 형상매개변수 k 를 지속기간별, 지점별 및 지역별로 L-모멘트법에 의하여 산정하였다(Naghavi, 1995).

4. 적정 확률분포형에 의한 실측치의 점빈도 및 지역빈도분석

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

5. 모의발생치의 점빈도 및 지역 빈도분석

실측치의 통계특성을 가진 수문자료를 모의발생하는 것은 모의기법에 의해 유도된 모의발생치들의 점빈도분석과 지역빈도분석에 의해 유도된 빈도별 설계강우량이 실측치에 의해 유도된 빈도별 설계강우량을 재현하는 정도를 평가함으로서 장차 발생할 수 있는 설계강우량의 안정성의 신빙성 여부를 판단하기 위한 것이다.

본 분석에서는 Monte Carlo 기법에 의해 강우관측지점별로 표본 크기(sample size)를 20, 40, 60 및 100으로 구분하

고 각각의 경우에 대하여 1,000회 모의발생 결과치를 얻었으며, 이들 모의발생치를 이용하여 점빈도 및 지역빈도분석을 수행함으로서 지속기간에 따른 빈도별 설계강우량을 산정하였다.

6. 실측치 및 모의발생치에 대한 점빈도 및 지역빈도 분석 결과 비교

6.1 설계강우량의 비교

강우관측지점들의 실측 지속기간별 연최대강우량과 모의발생된 지속기간별 연최대강우량을 각각 점빈도분석과 지역빈도분석을 실시하여 빈도별 설계강우량을 추정하였다. 본 연구에서는 실측치와 모의발생치에 의해 추정된 각각의 빈도별 설계강우량에 대하여 상대평균제곱근오차와 상대편의에 의한 오차분석을 실시하므로서 지속기간에 따른 빈도별 설계강우량 추정방법의 적정성 여부를 판단하고자 한다. 지속기간이 24시간이고 표본의 크기를 20, 40, 60 및 100개로 하여 모의발생된 빈도별 설계강우량과 실측치에 의한 빈도별 설계강우량에 대하여 상대평균제곱근오차와 상대편의의 평균값을 산정하였다.

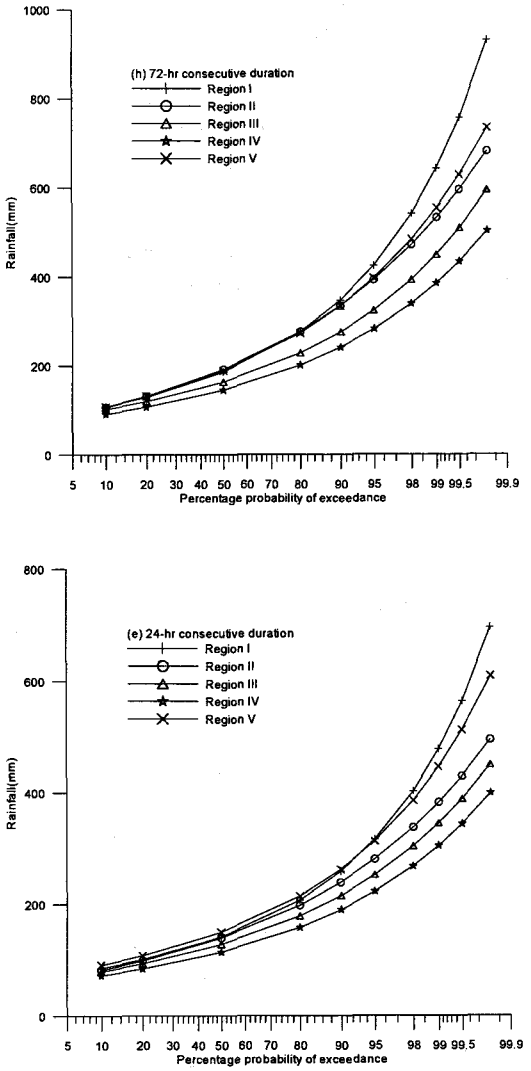
점빈도분석에 의한 상대평균제곱근오차와 상대편의 및 지역빈도분석에 의한 상대평균제곱근오차는 각 지역별로 재현기간이 커짐에 따라 증가한 반면 모의발생의 표본크기가 증가함에 따라 감소되는 양상을 나타내었다. 그리고, 지역빈도분석에 의한 상대편의는 각 지역별로 재현기간이 크고 모의발생의 표본크기가 증가함에 따라 감소하였다. 또한, 동일한 지역, 동일한 표본자료 및 동일한 재현기간에서 지역빈도분석에 의한 상대평균제곱근오차가 점빈도분석에 의한 것보다 대부분 작게 산정되었으며 이러한 결과는 표본의 크기가 크고 빈도가 커질수록 작게 되는 경향을 나타내었다.

따라서, 이상의 결과를 종합해 볼 때 지역빈도분석에 의해 유도된 빈도별 설계강우량이 점빈도분석에 의한 빈도별 설계강우량 보다 신빙도가 높음을 보여 주었다.

6.2 지역별 지속기간별 적정 설계강우량의 추정

전술한 바와 같이 우리나라의 지역별 지속기간에 따른 빈도별 적정한 설계강우량의 추정은 점빈도분석보다는 지역빈도분석에 의한 것이 보다 신빙성이 높게 나타났으므로 지역빈도분석에 의해 지속기간별 및 빈도별 설계강우량을 산정하였으며, 24 및 72 지속시간에 따른 지역별 설계강우량을 정규확률지상에 도시한 결과는 Fig. 2와 같다.

Fig 2에서의 결과를 종합해보면 지역별로 지속기간 및 재현기간이 커질수록 전반적으로 설계강우량의 크기가 커짐을 나타내었으며 또한, 지역화된 5개 지역에서 공히 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.



▶▶ **Fig. 2. Comparison of the regional quantiles for the consecutive durations of 24 and 72 hr of 5 regions**

IV. 결 론

자기강우관측자료의 신빙도가 높은 기상청산하 65개 기상대 및 기상관측소의 강우자료를 선정하여 강우관측지점의 강우자료를 지속기간 1, 3, 6, 12, 24, 36, 48 및 72시간에 대한 극치강우 시계열을 구성하였다. K-means clustering 분석에 의한 지역화의 결과는 9개 지역으로 분류되었지만, III, VI, VII 및 VIII 지역에서 지형적으로 다른 타 지방에 위치하는 강우관측지점들이 동질성의 지역으로 분류되었다. 연평균강우량법에 의해 지역화를 시도한 결과 5개 지역으로 분류되

었지만, 전 지역에 걸쳐 지형적으로 다른 타 지방에 위치하는 강우관측지점들이 동질성의 지역으로 합류되었다. K-means clustering 방법과 연평균강우량법에 의해 지역화된 결과의 보정을 위해 시행착오법과 동질성 검정을 시도한 결과, 최종적으로 지형적 및 기후적으로 동성인 5개의 지역으로 지역화가 이루어졌다. 지역 및 지점별 강우지속기간에 따른 연최대 강우량에 적합한 확률분포형인 GEV 분포형의 매개변수를 L-모멘트법에 의해 산정하였다. 적정 확률분포형과 실측치에 의한 점빈도 및 지역빈도분석에 의해 빈도별 설계강우량을 유도하였다. 5개의 동질성 권역으로 분류된 지속기간별 강우량을 Monte Carlo 기법에 의해 강우관측지점별로 표본 크기(sample size)를 20, 40, 60 및 100으로 하고 각각 1,000회 모의발생 하였다. 실측치와 Monte Carlo 기법에 의한 모의발생치의 점빈도 및 지역빈도분석에 의한 각각의 빈도별 설계강우량을 유도하고 이들간의 상대평균제곱근오차와 상대편의에 의한 오차분석을 실시한 결과와 지역빈도분석에 의한 상대평균제곱근오차가 점빈도분석에 의한 것 보다 작게 나타남으로써 지역빈도분석에 의한 빈도별 설계강우량이 점빈도분석에 의한 것 보다 신빙성이 높음을 보여 주고 있다. 신빙도가 높게 판정된 지역빈도분석에 의해서 지역별 지속기간별 적정 설계강우량을 유도하였다. 지역별로 유도된 설계강우량의 크기는 지역화된 5개 지역중에서 I 지역인 강원, 경기 및 서울지방은 타지역에 비해 제일 높은 빈도별 설계강우량을 나타낸 반면 IV 지역인 경북일원과 강원 일부지방은 타 지역에 비해 가장 낮은 빈도별 설계강우량을 보여주었다.