

실측 강우량과 홍수량 자료에 의해 산정된 확률홍수량의 비교

A comparative study of Frequency Analysis and Rainfall-Runoff Analysis for Estimating Flood Quantiles

이정은¹⁾ · 허준행²⁾ · 김경덕³⁾ · 김남원⁴⁾

Lee, Jeong Eun · Heo, Jun Haeng · Kim, Kyung Duk · Kim, Nam Won

1. 서론

확률홍수량은 수공구조물의 설계기준으로 채택되어 사용되고 있으나, 국내의 하천유역 특성에 적합한 확률홍수량 산정을 위한 표준적 기준은 사실상 찾아보기 힘들다. 일반적으로, 확률홍수량은 홍수량 자료에 대하여 빈도해석을 실시하여 산정하는 방법과 확률강우량에 대하여 강우-유출 모형의 적용을 통해 확률홍수량을 산정하는 방법으로 나누어 볼 수 있다. 두 가지 방법 모두 자료와 빈도해석 과정에서의 불확실성이 내포되어 있고, 강우-유출 모형을 적용한 방법에는 모형 자체의 불확실성이 추가로 내재되어 있다. 특히, 장기간의 홍수량 자료가 부족하거나, 미계측 유역에서는 강우-유출 모형을 통해 확률홍수량을 산정할 수밖에 없지만, 산정방법에 따른 비교연구는 아주 미비한 실정이다. 국외에서 Houghton-Carr(1999)는 영국에서의 설계강우빈도와 설계홍수빈도 사이의 관계를 추천했으며, 이는 여러 요인(선형토양함수조건 등)으로 인한 도시화되지 않은 지역에 해당되며, 도시화된 지역에서는 설계강우빈도와 설계홍수빈도가 같다고 제시한 바 있다.

본 연구에서는 대상유역에 대한 강우빈도해석을 실시하고, 실측 홍수량 자료에 대해서도 빈도해석을 수행하였다. 해석결과에 대한 회귀분석을 실시하여 대상유역에 대한 강우와 홍수에 대한 관계를 파악하고자 하였다. 또한, 두 가지 방법에 의해 각각 산정된 확률홍수량을 비교·분석하였다. 첫 번째 방법은 연최대 홍수량 자료에 대하여 빈도해석을 실시하여 확률홍수량을 산정하는 것이고, 두 번째 방법은 연최대 강우량 자료에 대하여 확률강우량을 산정하고 강우-유출 모형의 적용을 통해 확률홍수량을 산정하는 것이다.

2. 본론

2.1 연구범위 및 방법

본 연구에서는 IHP 대표시험유역으로 유역면적 500 km²내외인 평창강, 보청천, 위천 유역을 대상유역으로 선정하였다. 표 1은 대상유역의 강우관측소와 수위관측소 현황을 나타낸 것이다. 우선, 유역의 강우관측지점에서의 18년간(1983~2000)의 강우량 자료와 수위관측지점에서의 홍수량 자료(수위-유량 관계곡선을 이용

1) 한국건설기술연구원 수자원환경부 연구원

2) 연세대학교 공과대학 사회환경시스템공학부 토목·환경공학전공 교수

3) 한국시설안전기술공단 진단2본부 댐항만실 과장, 공학박사

4) 한국건설기술연구원 수자원환경부 수석연구원

표 1. 대상유역의 강우관측소와 수위관측소 현황

유역	강우관측소		수위관측소	
평창강	11개소	방림, 가평, 수동, 계천, 대화, 신리, 유천, 등매, 용전, 계방, 흥정	6개소	방림, 하반정, 상안미, 백옥포, 장평, 이목정
보청천	12개소	묘금, 청산, 능월, 중늘, 관기, 평은, 삼가, 송정, 삼산, 동정, 이원, 안내	5개소	산계, 기대, 탄부, 이평, 산성
위천	11개소	군위남, 효령, 대울, 고매, 우보, 산성, 신령서, 의흥, 화수, 화산, 석산	6개소	무성, 병천, 미성, 고노, 동곡, 효령

하여 시수위자료를 유량으로 환산)를 수집하였다. 첫 번째 방법에서는 연최대 홍수량 계열을 작성한 후, 빈도 해석을 실시하여 확률분포형 및 매개변수를 산정하고 확률홍수량을 산정하였다. 두 번째 방법에서는 연최대 강우량 계열을 작성한 후, 빈도해석을 실시하여 확률분포형 및 매개변수를 산정하고 확률강우량을 산정하였다. 그리고, 지점확률강우량을 면적확률강우량으로 산정한 후, 특정재현기간의 면적확률강우량을 Huff 방법으로 시간분포시켜 강우-유출 모형의 입력자료로 사용하여 특정재현기간에 대한 확률홍수량을 산정하였다. 강우-유출 모형으로는 HEC-1 모형을 사용하였다. 모형 적용시, 유효우량산정을 위해서는 SCS 곡선지수법(Curve Number method)을 이용하였다. 이때, 유역의 특성을 나타내는 CN값은 AMC-III 조건(치수관리)을 사용하였다. 유역의 유출해석에서는 SCS 무차원 단위도법과 Clark 단위도법을 적용하였다. 강우량 자료와 홍수량 자료의 빈도해석시 동일 기간의 자료를 사용하였으며, 매개변수 추정방법으로는 확률가중모멘트법(probability weighted moment; PWM)을 이용하였다. Hosking(1990)은 확률가중모멘트법이나 L-모멘트법을 사용하면 모멘트법이나 최우도법의 단점을 보완할 수 있으며, 편의되지 않게 매개변수를 추정할 수 있다고 소개한 바 있다. 적정 확률분포형으로는 모든 자료에 대하여 하나의 분포형으로 가정하여 두 가지 방법에 의해 산정된 확률홍수량을 비교하였다.

2.2 빈도해석

수위관측소를 기준으로 17개 소유역의 홍수량 자료와 34개 강우관측소의 강우량 자료에 대해서 13개 확률분포형 2변수 Gamma(GAM2), 3변수 Lognormal(LN3), 3변수 Gamma(GAM3), Log-Pearson Type III(LP3), GEV, 2변수 Weibull(WBU2), Gumbel(GUM), 3변수 Weibull(WBU3), 2변수 Log-Gumbel(LGU2), 4변수 Wakeby(WKB4), 3변수 Log-Gumbel(LGU3), 5변수 Wakeby(WKB5), 2변수 Lognormal(LN2)의 매개변수를 추정된 결과, 매개변수 적합성 조건을 만족한 확률분포형은 GAM2, GEV, GUM, LGU2, LN2의 5가지 분포형으로 나타났다. 5가지 확률분포형에 대해 χ^2 -검정, Kolmogorov-Smirnov 검정, Cramer Von Mises 검정, probability plot correlation coefficient(PPCC) 검정을 통하여 적합도 검정을 실시한 결과로 Gumbel 분포형이 최적확률분포형으로 판단되었다.

2.3 확률홍수량 산정

이번 연구에서는 매개변수 적합성 조건을 만족한 5가지 확률분포형에 대하여 재현기간 2, 10, 50, 100년의 확률홍수량을 모두 산정하여 보았다. 앞절에서의 빈도해석 과정을 통해, 홍수량 자료의 빈도해석 결과인 확률홍수량 Q_{FA} 는 이미 산정되었다. 확률강우량을 입력자료로 HEC-1 모형의 적용을 통한 확률홍수량 Q_{RR} 의 산정은 아래와 같다.

우선, 설계우량추상도를 작성하기 위해서 각 강우관측지점별로 산정한 지점확률강우량을 면적확률강우량으로 산정한 후, 면적확률강우량을 Huff 방법을 적용하여 설계강우의 시간적 분포를 고려하였다. Huff 방법

적용시, 대상유역에 지리적으로 가까이 위치한 기상관측소를 유역을 대표하는 강우관측소라 가정하였다. 그리고, 각 기상관측소의 평균강우강도보다 큰 증호우인 경우를 기준으로 강우지속기간을 4등분하였을 때 각 분류된 구간의 우량의 최대부위가 어느 부분에서 나타나는지 조사하여, 최대발생구간의 호우를 채택하였다. 또한, 채택된 구간 호우의 무차원 누가확률곡선 중 50% 누가계열을 사용하였다. 이는 채택된 구간의 중앙값을 나타내고 있으므로, 가장 유용한 값을 제공한다고 할 수 있다(건설교통부, 2000). 침투홍수량 계산을 위해서는 미공병단의 HEC-1 모형을 사용하였다. 면적확률강우량을 Huff 방법으로 시간분포시킨 자료와 유역의 특성인자와 매개변수(건설부, 1989)를 입력하여 5가지 확률분포형에 따른 재현기간별 확률홍수량을 각각 산정하였다.

3. 비교고찰 및 결론

확률분포형 및 재현기간별로 홍수량 자료에 대한 빈도해석을 통해 산정된 확률홍수량 Q_{FA} 와 강우-유출 모형을 통해 산정된 확률홍수량 Q_{RR} 사이의 관계를 파악하고자 하였다. 그림 1~6은 확률분포형 및 재현기간에 따른 Q_{RR}/Q_{FA} 를 도시한 것이다.

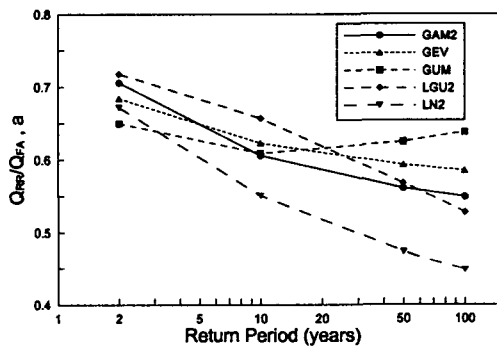


그림 1. 확률분포형에 따른 재현기간별 확률홍수량의 비교 (평창강유역, SCS)

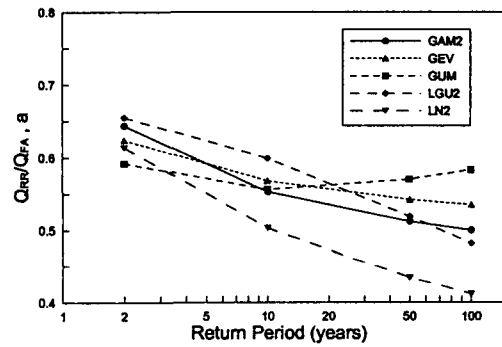


그림 2. 확률분포형에 따른 재현기간별 확률홍수량의 비교 (평창강유역, Clark)

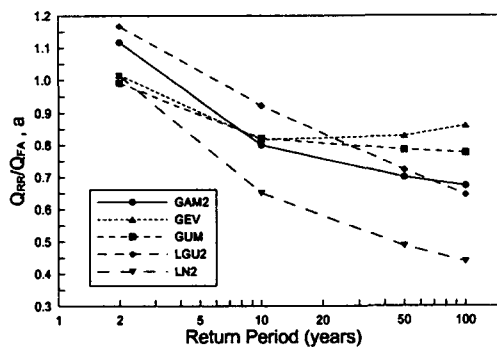


그림 3. 확률분포형에 따른 재현기간별 확률홍수량의 비교 (보청천유역, SCS)

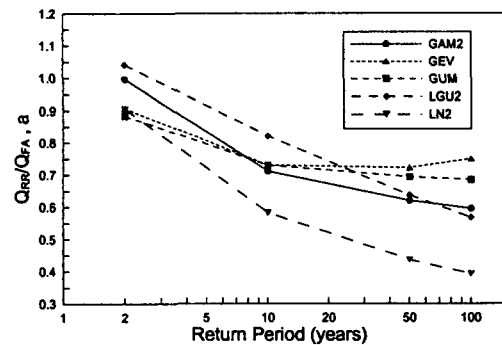


그림 4. 확률분포형에 따른 재현기간별 확률홍수량의 비교 (보청천유역, Clark)

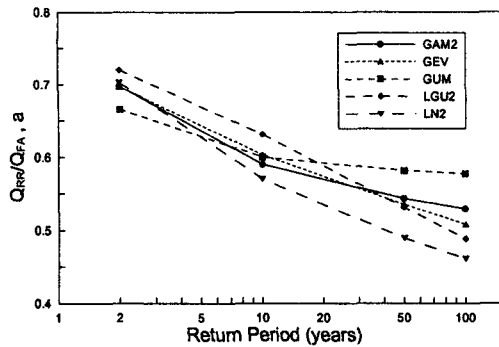


그림 5. 확률분포형에 따른 재현기간별
확률홍수량의 비교 (위천유역, SCS)

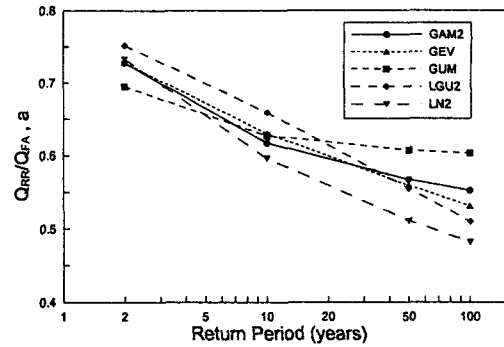


그림 6. 확률분포형에 따른 재현기간별
확률홍수량의 비교 (위천유역, Clark)

본 연구에서 얻은 결론은 다음과 같다. 평창강, 보청천, 위천 유역에 대해서 각각 확률분포형과 재현기간에 따라 강우-유출 모형을 통해 산정된 확률홍수량 Q_{RR} 은 연최대 홍수량 빈도해석을 통해 산정된 확률홍수량 Q_{FA} 의 71.8~41.1%, 116.7~39.2%, 75.2~46.1%로 추정되었다. Q_{RR}/Q_{FA} 는 재현기간 2, 10년에서는 Log-Gumbel 분포형(평창강, 보청천, 위천), 재현기간 50, 100년에서는 Gumbel(평창강, 위천), GEV(보청천) 분포형일 경우 가장 큰 값을 가졌다. 그리고, Q_{RR}/Q_{FA} 는 재현기간이 커질수록 작아지는 경향을 나타내었다. 즉, 재현기간이 커질수록 Q_{RR} 은 Q_{FA} 를 과소추정하는 폭이 커짐을 확인할 수 있었다. 또한, 확률분포형이 Gumbel(평창강, 위천), GEV(보청천) 분포형일 경우, 재현기간이 커짐에 따라 Q_{RR} 은 Q_{FA} 를 과소추정하는 폭의 변동이 가장 작음을 확인할 수 있었다. 다시 말하면, 확률분포형이 Gumbel(평창강, 위천), GEV(보청천) 분포형일 경우, 다른 분포형들에 비해 Q_{RR}/Q_{FA} 는 재현기간에 따른 영향을 적게 받으며, 재현기간이 커질수록 Q_{RR} 은 Q_{FA} 에 가장 가까운 값을 가질 것으로 판단되었다.

4. 참고문헌

- 건설교통부 (2000). 1999년도 수자원관리기법개발연구조사 보고서 : 제 2권 한국가능최대강수량 추정, 별책 제 2권 “지역적 설계 강우의 시간적 분포.”, 한국건설기술연구원.
- 건설부 (1989). 국제수문개발계획(IHP) 연구보고서.
- Hosking, J. R. M. (1990). “L-moments Analysis and Estimation of Distribution Using Linear Combinations of Order Statistics”, Journal of Royal Statistical Society, Vol. 52, No. 1, pp. 105~124
- Houghton-Carr, H. (1999). Flood Estimation Handbook : Volume 4. Restatement and Application of the Flood Studies Report Rainfall-Runoff Method, Institute of Hydrology.