

수문자료 크기에 따른 지역빈도해석 적용성 기준 검토

Review on the Application of Regional Frequency Analysis According to the Sample Size of Hydrologic Data

김 경 덕¹⁾, 허 준 행²⁾
Kyung Duk Kim, Jun Haeng Heo

요 지

본 연구에서는 수문자료에 대한 빈도해석을 수행하는데 있어서 적절한 자료크기가 어느 정도인지를 모의 실험을 통하여 검토하였다. 모의실험 결과 재현기간 100년인 경우 4.5배, 재현기간 200년인 경우 5배 정도의 자료크기가 될 때 모집단 확률값대 모의 평균된 확률값의 상대오차 5%범위내에 위치하는 것으로 나타났다. 이와 같이 확률분포형, 자료크기, 재현기간에 따라 신뢰할 수 있는 확률수문량을 산정하기 위한 기준(지점 및 지역빈도해석 적용)을 제시하게 되면 현재 국내 실무에서 지역빈도해석을 도입하고자 하는 시점에서 많은 도움이 될 수 있을 것으로 판단된다.

핵심용어 : 모의실험, 재현기간, 지점 빈도해석, 지역 빈도해석

1. 서 론

일반적으로 수자원 설계에 있어서 강우나 홍수자료에 대하여 빈도해석을 수행함으로써 설계수문량을 추정하고 있다. 이러한 빈도해석은 확률변수에 대한 정의로부터 이루어지며, 결국 대상 변수에 대한 확률밀도 함수를 적절하게 추정하는 것이 최종목표가 된다고 하겠다. 이를 위해서는 독립적으로, 동일한 모집단으로부터 표본자료를 추출하여야 할 것이며, 충분한 자료크기가 확보되어야 한다. 그러나, 국내 수문자료의 경우 관측년도가 30에서 50년정도가 대부분이며, 홍수자료의 경우에는 관측지점과 관측년도가 더욱 부족한 상황이다. 더군다나, 수자원 설계에 있어서 요구되는 수문량의 재현기간은 보통 100년내지는 200년을 상회하는 경우가 많기 때문에 신뢰성있는 결과를 얻기는 매우 어려운 실정이다. 이러한 문제를 극복하기 위해서 선진 외국에서는 지역빈도해석을 도입하고 있으며, 영국의 경우 1999년에 Flood Estimation Handbook을 발간하여 일반 실무자가 지점 빈도해석을 수행할지, 지역빈도해석을 수행할지에 대한 기준을 제시하고 있다(Institute of Hydrology, 1999). 즉, 구하고자 하는 재현기간을 T라 하고 자료크기를 N이라고 하면 최소한 $N \geq 2T$ 일 경우에 지점빈도해석을 추천하고 있다. 이러한 기준이라고 한다면 우리 나라의 경우에는 대부분 지역빈도해석을 도입하여 홍수량을 추정해야 하는 상황이라 하겠다(김경덕 등, 2003a; 2003b; 2003c; 2003d).

본 연구에서는 대표적인 수문자료에 대하여 모집단의 확률분포형과 매개변수를 가정하고 자료크기에 따라 자료를 발생시켜 재현기간별 확률량을 산정함으로써 적절한 자료크기가 어느 정도인지를 검토하였다.

2. 본 론

대상자료는 한강유역의 인도교 지점과 U.S.G.S.(United State of Geological Survey)에서 운영하는 Illinois

1) 정회원 · 한국시설안전기술공단 진단2본부 댐항만실 과장 · 공학박사 · E-mail : kkd@kistec.or.kr

2) 정회원 · 연세대학교 사회환경시스템공학부 토목환경공학과 교수 · 공학박사 · E-mail : Jhheo@yonsei.ac.kr

주의 S010지점에 대한 연최대치 홍수량자료를 사용하였다. 대상자료에 대하여 gamma, GEV, Gumbel, lognormal 분포형을 적용하여 확률가중 모멘트법(probability weighted moments)으로 매개변수를 추정하였다. 다음 표 1은 대상 확률분포형의 확률밀도함수 또는 누가분포함수와 매개변수 적합성 조건을 나타내고 있다.

표 1. 기본 통계치와 추정된 매개변수

Distribution	PDF and/or CDF & Parameter validity conditions
Gamma	$f(x) = \frac{1}{\alpha \Gamma(\beta)} \left[\frac{x-x_0}{\alpha} \right]^{\beta-1} \exp \left[-\frac{x-x_0}{\alpha} \right]$ $\alpha > 0 \text{ then } x_0 \leq x < \infty, \alpha < 0 \text{ then } \infty < x \leq x_0, \beta > 0$
GEV	$f(x) = \frac{1}{\alpha} \left[1 - \frac{\beta(x-x_0)}{\alpha} \right]^{1/\beta-1} \exp \left\{ - \left[1 - \frac{\beta(x-x_0)}{\alpha} \right]^{1/\beta} \right\}$ $\beta = 0: \text{GEV-1 } -\infty < x < \infty$ $\beta < 0: \text{GEV-2 } x_0 + \alpha/\beta \leq x < \infty$ $\beta > 0: \text{GEV-3 } -\infty < x \leq x_0 + \alpha/\beta$
Gumbel	$F(x) = \exp \left\{ -\exp \left[-\frac{(x-x_0)}{\alpha} \right] \right\}, -\infty < x < \infty$
Lognormal	$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}(x-x_0)\sigma_y} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left[\frac{\ln(x-x_0) - \mu_y}{\sigma_y} \right]^2 \right\}, x \geq x_0$

추정된 매개변수에 대하여 매개변수 적합성 검토와 χ^2 -검정, Kolmogorov-Smirnov 검정, Cramer Von Mises 검정, Probability Plot Correlation Coefficient 검정 등의 적합도 검정을 수행한 결과 모두 만족하는 것으로 나타났다. 매개변수 적합성 조건, 적합도 검정, 도시적 해석 등을 종합적으로 검토한 결과 적용한 4가지 확률분포형중 GEV 분포형을 최적 분포형으로 선정하였다. 다음 그림 1은 인도교 지점의 연최대치 홍수량 자료에 대한 적합결과를 확률지에 도시한 것이다.

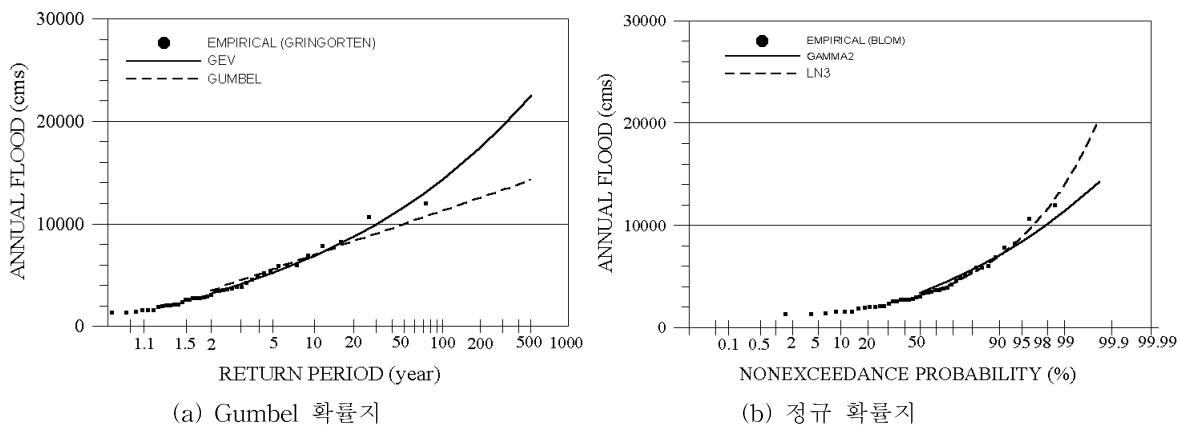


그림 1. 인도교 지점의 연최대치 홍수량자료에 대한 적합결과

영국의 경우 Flood Studies Report(National Environmental Resources Council, 1975)를 발간한 이후 1999년에 이를 갱신한 Flood Estimation Handbook(Institute of Hydrology, 1999)을 출간하였는데, 다음 그림 2와

같이 재현기간 20년과 50년에 대하여 250-500 station year가 안정적인 결과를 나타내고 있다.

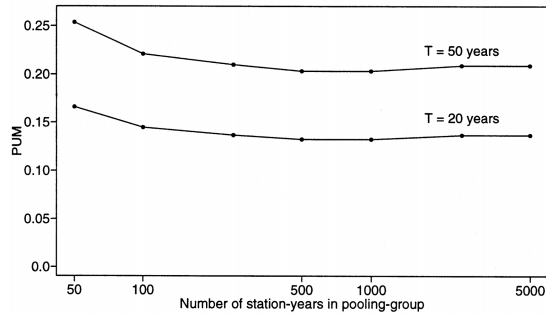


그림 2. 자료크기에 따른 지역빈도해석의 Pooled Uncertainty Measure (PUM)

여기서, Pooled Uncertainty Measure (PUM)는 목표 재현기간에 대한 지점 및 지역빈도해석의 평균적인 차이를 요약하는 것으로서 다음 식 (1)과 같이 나타내며, 그림 3과 같이 개념화할 수 있다.

$$PUM_T = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{M_{long}} n_i (\ln x_{T_i} - \ln x^P_{T_i})^2}{\sum_{i=1}^{M_{long}} n_i}} \quad (1)$$

여기서, M_{long} 는 20년 이상자료를 보유한 지점수, n_i 는 지점 i 의 자료크기, x_{T_i} 는 i 지점의 T -year 지점 growth factor, $x^P_{T_i}$ 는 i 지점의 T -year 지역 growth factor.

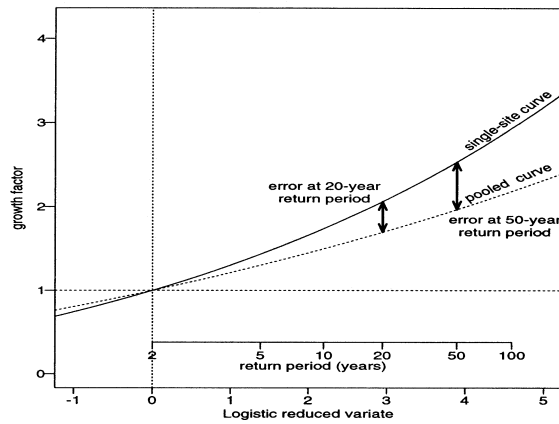


그림 3. 지역 growth curve에 대한 불확실성 척도

구하고자 하는 재현기간 T 에 대하여 필요로 하는 자료의 크기 $5T$ 라는 $5T$ rule(Institute of Hydrology, 1999)은 100년 빈도 홍수량에 대하여 유도되었다. 100년 빈도 홍수량은 영국에 있어서 가장 표준적인 대상홍수량으로서 비슷한 유역에 대하여 충분한 표본을 대상으로 검토한 결과 500년치 자료가 가장 합당하다는 결론으로부터 $5T$ rule이 도출된 것이다.

본 연구에서는 이러한 $5T$ rule을 검토하고 자료크기에 따른 적정 자료크기를 파악하고자 모의실험을 실시하였다. 선정된 GEV 분포형을 모집단의 확률분포형으로 가정하여 자료크기를 총 27개(20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 120, 150, 160, 180, 200, 210, 240, 250, 270, 300, 350, 400, 450, 500, 1000, 1500, 2000, 2500)에 대하여 1000번 발생시켰다. 발생된 자료에 대하여 빈도해석을 수행하여 10개 재현기간(2년, 5년, 10년, 20

년, 30년, 50년, 100년, 200년, 300년, 500년)의 확률값을 계산하여 모집단의 확률값과 비교·분석하였다.

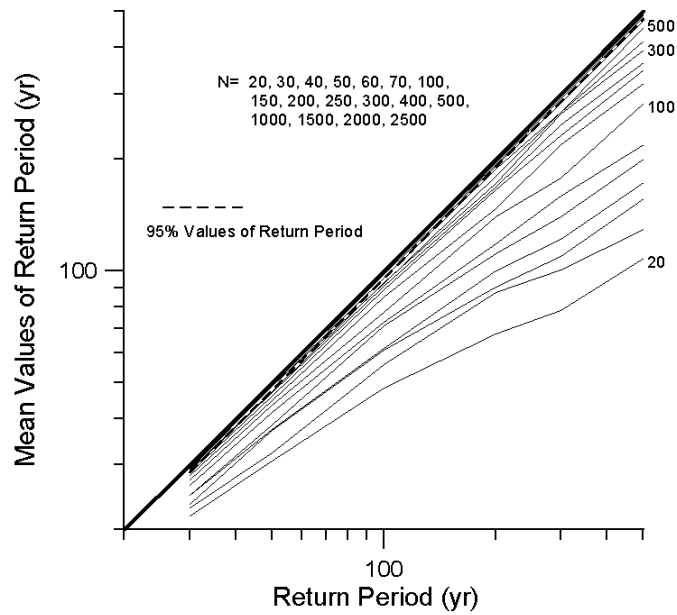


그림 4. 모집단의 확률값과 모의 평균된 확률값

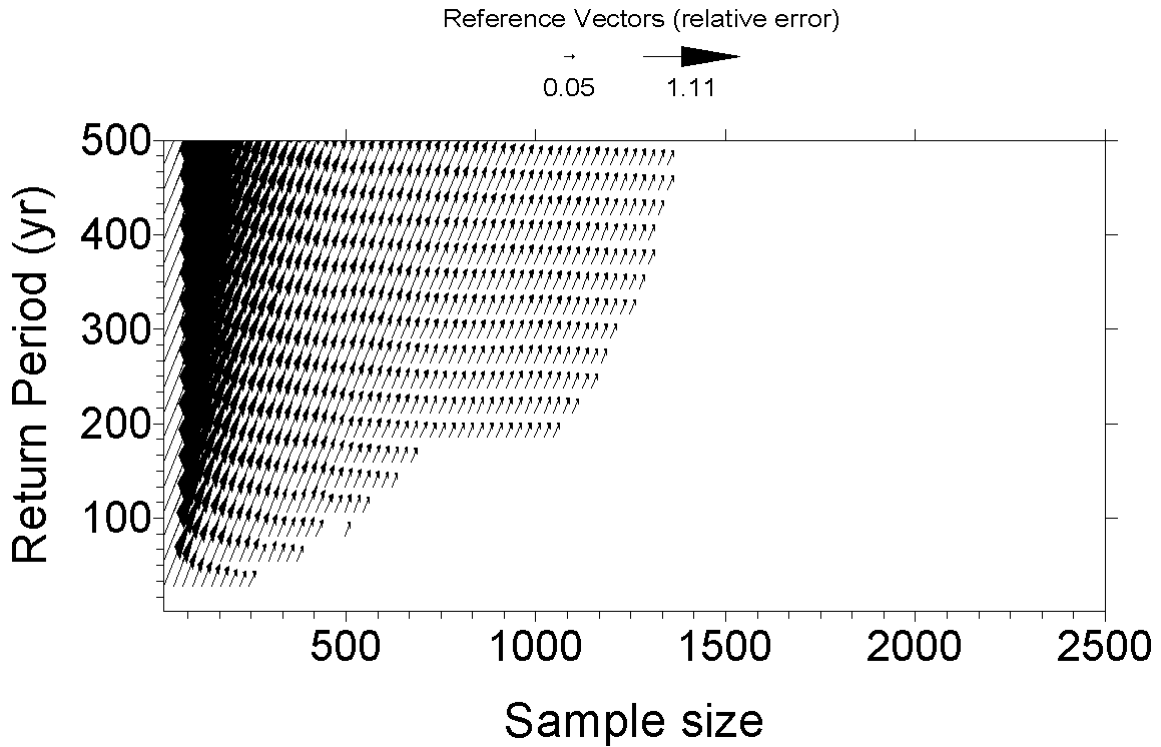


그림 5. 자료크기, 재현기간별 5% 상대오차 범위내의 벡터도

그림 4-6에서 보는 바와 같이 자료크기가 커짐에 따라 모집단의 확률값에 근접해 감을 볼 수 있으며, 재현기간 100년인 경우 4.5T, 재현기간 200년인 경우 5T 정도의 자료크기가 될 때 모집단 확률값대 모의 평균된 확률값의 상대오차가 5% 범위내에 위치함을 알 수 있다.

3. 결 론

본 연구에서는 연최대치 홍수자료에 대하여 모집단의 확률분포형과 매개변수를 가정하고 자료크기에 따라 자료를 발생시켜 지점 및 지역빈도해석의 적용기준을 도출하고자 하였다. 재현기간 100년인 경우 4.5T, 재현기간 200년인 경우 5T 정도의 자료크기가 될 때 모집단 확률값대 모의 평균된 확률값의 상대오차 5%범위 내에 위치하는 것으로 나타났다. 이와 같이 다양한 확률분포형, 자료크기, 재현기간에 따라 신뢰할 수 있는 확률수문량을 산정하기 위한 기준(지점 및 지역빈도해석 적용)을 제시하게 되면 현재 국내 실무에서 지역빈도해석을 도입하고자 하는 시점에서 많은 도움이 될 수 있을 것으로 판단된다.

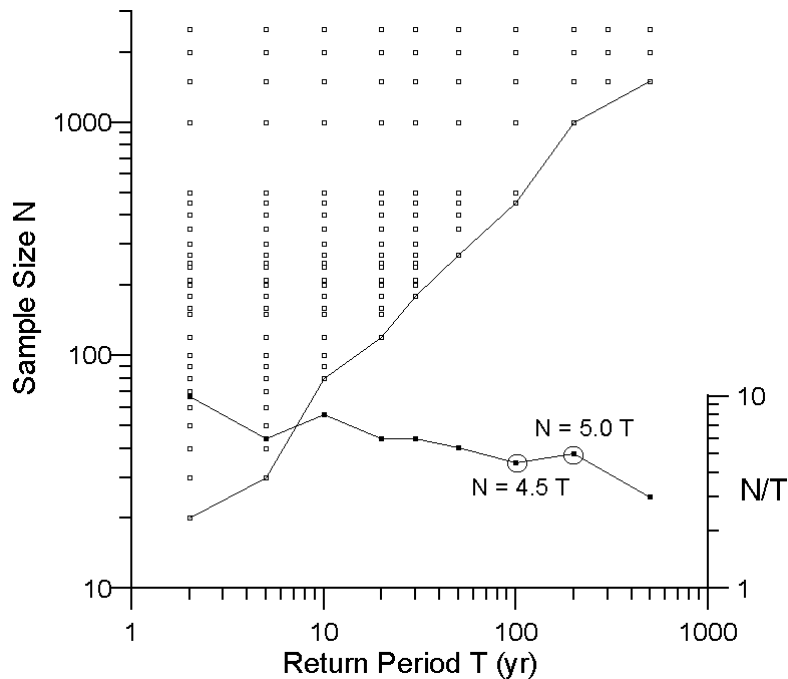


그림 6. 자료크기와 재현기간의 상대비율

참고문헌

- 김경덕, 김지훈, 허준행 (2003a). “지수홍수법과 Netmax 자료를 이용한 지역 빈도해석”, 2003년도 대한토목학회 정기 학술대회.
- 김경덕, 남우성, 허준행 (2003b). “군집해석을 이용한 동질 지역의 구분”, 2003년도 대한토목학회 정기 학술대회.
- 김경덕, 남우성, 허준행, 신은우 (2003c). “Netmax 자료를 이용한 지역빈도해석”, 2003 한국수자원학회 학술발표회 논문집(I), pp.58-61.
- 김경덕, 허준행, 김지훈, 신은우 (2003d). “지역빈도해석의 적용성 분석”, 2003 한국수자원학회 학술발표회 논문집(I), pp.66-69.
- Institute of Hydrology. (1999). Flood estimation handbook, Institute of Hydrology, Wallingford, UK.
- Natural Environment Research Council. (1975). “Flood Studies Report”, vol. 1. Natural Environment Research Council, London.