

OE5) 수문자료계열별 빈도분석결과와의 비교(I)

이영민*, 이순탁¹

포항1대학 토목도시학과, ¹영남대학교 토목도시환경공학부

1. 서 론

수공구조물의 설계에 활용되는 빈도별 수문량을 계산하기 위해서는 장기간의 정확한 관측자료가 필수적이다. 연 최대치계열(annual maximum series:AMS)에 대한 빈도분석은 확률수문량 분석의 가장 기본적인 기법으로 널리 사용되고 있지만 자료의 관측기간이 짧은 경우에는 자료의 부족으로 인한 어려움이 존재한다.

특히 최근의 경우와 같이 강우의 집중도가 크게 증가하는 추세에서는 당해 년의 상위 순위 수문량의 크기가 기존 관측년의 연 최대 수문량을 초과하는 경우가 발생하게 된다. 이렇게 되면 실제로 그 유역에서 발생하여 수문사상의 확률정보를 담고 있는 해당 년의 수문관측자료를 확률수문량의 분석에 활용할 수 없게 되므로 설계수문량의 추정결과에 영향을 주며, 재현기간이 클수록 신뢰도가 저하되는 문제점이 발생하게 된다.

따라서 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 실제 수문관측자료로부터 1·2순위 최대수문량계열(2 multi annual maximum series:2MAMS)과 1·2·3순위 최대치계열(3 multi annual maximum series:3MAMS)을 각각 구성하여 실제로 발생한 바 있어 그 유역의 수문사상에 대한 확률정보를 담고 있으나 기존의 빈도해석에서는 활용되지 않았던 보다 많은 극치 관측자료를 활용하여 수문량의 빈도분석을 실시하였으며, AMS를 이용한 빈도분석 결과와의 비교·검토를 통해 2, 3 순위 수문관측자료의 활용이 수문량의 추정결과에 어떠한 영향을 끼치는지에 대해 검토하였다.

2. 기본이론 및 자료계열의 구성

2.1. 기본이론

AMS는 상호 독립성을 가지는 균등분포형을 따르는 무작위 변수인 것으로 알려져 있다. AMS가 분포형 $F(x)$ 를 따른다면 주어진 초과확률 p 의 특성이 수문설계의 주된 관심사가 된다.

$$Q_p = F^{-1}(1-p) \quad (1)$$

분포 F 가 미지이기 때문에 표본자료로부터 p 를 추정할 수밖에 없다. 표본의 크기가 크지 않고 p 가 작은 값을 가진다면, Q_p 의 추정에는 큰 오차가 포함된다. 또한 이러한 절차를 따르는 분석에서는 연 최대치는 아니지만 빈도분석의 결과에 신뢰성을 높일 수 있는 정보를 제공하는 많은 수의 첨두수문량 관측치에 대해 고려할 수 없게 된다. 이에 비해 다중 순위 자료를 이용한 분석 기법은 F 의 추정에 주어진 일정 수준 이상의 수문량 자료를 모두 활용할 수 있다. 주어진 기간에 대해 무작위 변량인 이들 자료는 발생 횟수나 수문량의 크기가 이변량 분포를 갖는 것으로 알려져 있다. Todorovic(1970, 1978)은 첨두홍수의 발생 횟수를

강도가 $\lambda(t)$ 인 프와송분포(Poisson distribution)로, 침투홍수의 크기를 평균이 b 인 지수분포로 가정하여 이변량분포를 유도하였다. 각각의 침투홍수량이 침투의 총 발생횟수와는 독립이라고 가정하면, t 년의 최대 홍수량은 다음 분포를 가진다.

$$G(x;t) = \exp\left[-\lambda(t)e^{-\frac{x}{b}}\right] \quad (2)$$

여기서 $G(x;t)$ 는 침투홍수량과 강도 $\lambda(t)$ 에 관계된 함수라는 것이다. $\Lambda(t) = \lambda(t)$ 이고 침투홍수량이 어떤 분포 $F(x)$ 를 따르는 경우에는 다음과 같이 정리 할 수 있다.

$$G(x;t) = \exp[-\lambda(t)(1-F(x))] \quad (3)$$

2.2. 계열의 구성

본 연구에서는 보다 다양한 수문량의 빈도분석결과를 비교검토하기 위해 1977년~2003년까지의 안동댐 일 최대 유입량자료 계열을 활용하여 순위별 최대치계열로 AMS와 연 1·2 순위 최대치계열(2 multi annual maximum series:2MAMS), 연 1·2·3순위 최대치계열(3MAMS)을 구성하였다.

3. 분석 및 결과의 비교·고찰

3.1. 자료계열별 특이값(outlier) 검토 및 초과확률의 산정

본 연구에서는 분석결과의 신뢰도를 높이기 위해 Grubbs-Beck 검정법을 이용하여 특이값의 유무를 검토하였으며, Grubbs-Beck에 의한 특이값의 상·하한 값은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$X_H = \exp(\bar{X} + K_N S) \quad (4)$$

$$X_L = \exp(\bar{X} - K_N S) \quad (5)$$

여기서 \bar{X} 와 S 는 각각 표본에 대한 자연대수의 평균치와 표준편차이다. K_N 은 Grubbs와 Beck에 의해 제시된 표본크기와 유의수준에 따른 Grubbs-Beck 통계량이다. 특이값 검정에 사용하는 10% 유의수준에서의 K_N 값은 다음 식과 같이 주어진다.

$$K_N = -3.62201 + 6.28446N^{1/4} - 2.49835N^{1/2} + 0.491436N^{3/4} - 0.037911N \quad (6)$$

여기서 N 은 표본의 크기이며, 각 계열의 특이값 검출 결과는 다음 <표 1>에 나타내었다. 또한 분포의 특성을 파악하기 위해 AMS와 2MAMS, 3MAMS의 각 자료계열별로 초과확률을 산정하였으며, 그 결과를 <그림 1>에 도시하였다.

표 1. Grubbs-Beck 기법에 의한 특이값 검정

구 분	\bar{X}	S	K_N	X_H (m ³ /sec)	X_L (m ³ /sec)	특이값
AMS	6.819	0.577	2.519	3,914.2	213.9	-
2MAMS	6.587	0.600	2.797	3,890.2	135.4	-
3MAMS	6.417	0.629	2.944	3,906.0	96.0	-

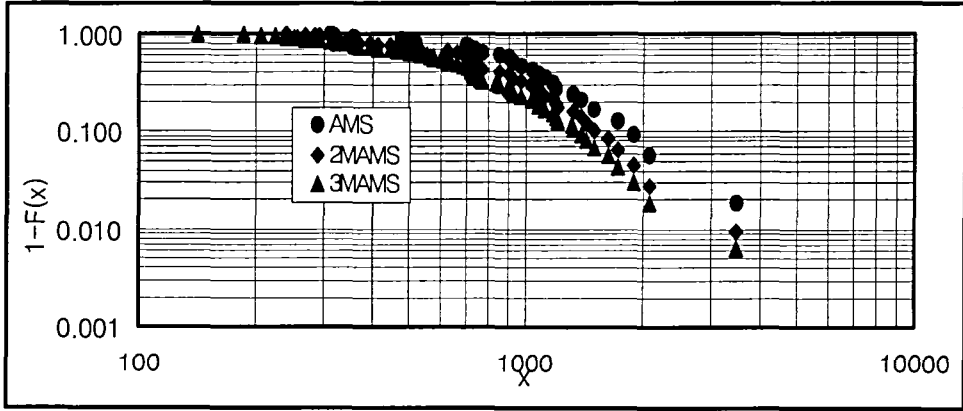


그림 1. 계열별 초과확률분포.

3.2 자료계열별 기본통계치 분석

수문계열에 대해 평균치, 표준편차, 왜곡도계수 및 변동계수 등의 기본 통계치를 산정하였으며, 그 결과는 <표 2>와 같다. 자료계열에 따른 평균치는 745.4~1,073.6m³/sec의 범위를 나타내었으며, 1·2순위 최대치계열과 1·2·3순위 최대치계열이 연 최대치계열보다 작은 것으로 나타났다.

표 2. 자료계열별 기본 통계치

구 분	자료의 크기	평균 (m ³ /s)	표준편차	왜곡도계수	변동계수
AMS	27	1,073.6	668.6	1.979	0.623
2MAMS	54	867.5	572.5	2.145	0.660
3MAMS	81	745.4	520.0	2.346	0.698

본 연구에서는 매개변수의 적정성 및 적합도 검정에 의해 선정된 분포모형별로 분석을 수행하였으며, 그 빈도별 확률홍수량을 <표 3>에 나타내었다.

<표 3>에서와 같이 확률수문량 분석의 전반에 걸쳐 3MAMS에 의한 추정치가 2MAMS를 이용한 추정치보다 작은 값을 나타내는 것으로 분석되었으며, AMS를 이용한 분석결과는 3MAMS를 이용한 분석결과보다는 전반적으로 크게 나타났다. AMS에 의한 확률수문량 추정결과는 2변수 gamma분포와 Gumbel 분포의 경우 2MAMS를 이용한 분석결과보다 큰 값을 나타내는 것으로 분석되었으나, 수공구조물의 설계 실무에서 많이 이용되는 GEV 분포형과 2변수 대수정규분포형의 경우 각각 100년과 50년을 초과하는 재현기간에서 2MAMS보다 추정치가 작은 것으로 분석되었다. 또한 2변수 대수정규분포형의 경우 자료계열별 분석 결과의 차이가 가장 큰 것으로 분석되었다.

표 3. 빈도에 따른 자료계열별 침투홍수량

(unit : m³/sec)

구 분	재현기간 확률분포형 (년)	50	100	200	300	500
	AMS	Gamma2	2,322.6	2,639.2	2,895.5	3,015.4
Log-Normal		2,993.2	3,503.1	4,042.8	4,387.1	4,792.9
GEV		2,970.2	3,533.7	4,162.2	4,563.4	5,107.4
Gumbel		2,806.9	3,170.9	3,533.5	3,745.4	4,012.0
2MAMS	Gamma2	2,184.9	2,444.8	2,698.5	2,844.6	3,026.6
	Log-Normal	2,731.4	3,244.6	3,795.4	4,150.5	4,572.5
	GEV	2,739.8	3,404.3	4,194.6	4,725.0	5,475.6
	Gumbel	2,649.8	3,014.1	3,377.0	3,589.0	3,855.8
3MAMS	Gamma2	1,813.2	2,142.6	2,323.7	2,505.4	2,612.3
	Log-Normal	2,398.9	2,867.4	3,373.4	3,701.1	4,091.7
	GEV	2,407.5	3,000.5	3,706.9	4,181.6	4,854.0
	Gumbel	2,333.4	2,659.8	2,985.1	3,175.0	3,414.2

4. 결 론

본 연구에서는 자료계열에 의한 빈도분석의 결과가 연별 다중순위 자료의 포함 여부에 따라 확률분포형별로 서로 다르게 나타남을 확인 할 수 있었으며, 빈도분석결과에 신뢰도를 높이기 위해서는 다양한 자료를 활용한 일반화를 통해 적정성에 대한 검토가 수행되어야 할 것으로 판단되었다.

참 고 문 헌

- 김경덕, 허준행, 조원철, 1996, 연최대 강우자료의 적정 확률분포형 선정에 관한 연구, 대한토목학회논문집 제16권 제2-4호, pp.335-344.
- 이순탁, 1975, 상류천 월유량의 추계학적 모의발생, 대한토목학회지 제23권 제4호, pp. 101-110.
- Charles T. Hann, 1994, Statistical methods in hydrology, Iowa state university press.
- Hosking, J. R. M., 1985, Algorithm AS215 : Maximum-likelihood estimation of the parameters of the generalized extreme-value distribution, Appl. Stat., 34, pp. 301-310.