

비매개변수적 Kernel Function을 이용한 지역빈도해석

Regional Frequency Analysis using Nonparametric Kernel Function

문 영 일* / 오 태 석** / 김 종 석*** / 정 민 수****
Moon, Young-Il / Oh, Tae Suk / Kim Jong Suk / Jeong, Min Su

요 지

수공구조물의 설계에 있어 가장 중요한 변수 중에 하나가 확률 강우량이다. 우리나라의 경우 매개변수적인 지점빈도해석을 통해 확률 강우량을 산정하고 있으나, 최근 들어 지점별 관측자료의 부족으로 인한 지역빈도해석을 수행하여 확률강우량을 산정하고 있는 실정이다. Index Flood 기법이나 L-moment 기법과 같은 기존의 지역빈도해석은 여러 관측 지점에서 관측된 강우자료를 이용하여 매년최대 시간강우량 자료를 추출하여 동질성 분석을 통해 이질성이 없는 것으로 분석된 연최대 강우량을 빈도해석 하여 확률 강우량을 결정한다. 그러나 이와 같은 지역빈도해석은 매개변수적 지점빈도해석과 마찬가지로 적합도 검정에 통과한 다수의 분포형이 선정되는 경우에 어떤 분포형을 사용하느냐 하는 문제점이 발생할 수 있다. 그리고 선정된 여러 강우 관측 지점의 연최대 강우량 자료에 모두 동일한 확률 분포형을 이용하므로 선정된 확률 분포형이 모든 지점의 강우 자료와 적합하지 못할 가능성을 내포하고 있으며, 또한 수문자료가 여러 가지 요인으로 인하여 복합분포(mixed distribution)형태를 가질 때, 매개변수적 해석방법으로는 다중 첨두를 갖는 확률밀도함수를 해석하는데는 여러 가지 어려움이 따른다. 따라서 이러한 매개변수적 확률분포형을 이용한 빈도해석의 문제점을 해결할 수 있는 비매개변수적 빈도해석이 하나의 대안으로 제시될 수 있다.

본 연구에서는 강우자료의 선별을 통해 신뢰성 있는 자료를 구축하고, 기존의 매개변수를 갖는 확률 분포형을 이용한 지역빈도해석을 적용하여 확률 강우량을 산정하였다. 그리고 동질성분석을 통해 선정된 강우자료에 대해 비매개변수적 지역빈도해석을 적용하여 확률 강우량을 산정하고 각각의 방법에 대한 빈도 해석 결과를 비교하여 확률강우량 해석에 있어 하나의 대안을 제시하고자 한다.

핵심용어 : Kernel Function, 비매개변수적 빈도해석, 지역빈도해석

1. 서론

수공 구조물의 설계에 있어서 가장 중요한 변수 중에 하나가 확률 강우량이다. 확률 강우량을 산정함으로써 설계홍수량 및 설계 홍수위 등을 결정할 수 있게 된다. 확률 강우량은 지점빈도해석과 지역빈도해석을 통해 산정할 수 있다. 그러나 지점빈도해석은 수문자료의 관측기간이 짧은 경우 정확도의 문제가 발생 할 수 있다. 따라서 지점빈도해석을 수행하기 위해서는 지점내 충분한 수의 자료 확보가 선행 되어야 한다. Flood Estimation Handbook(Institute of Hydrology, 1999)에 따르면 대상 자료의 기간이 구하려는 재현기간 T보다 작은 경우에는 지점빈도해석은 타당하지 않으며, 대상자료기간이 T에서 2T일 때는 지점빈도해석과 지역빈도해석을 병행하여 수행하고, 대상

* 정희원·서울시립대학교 공과대학 토목공학과 부교수·E-mail : ymoon@uos.ac.kr
** 정희원·서울시립대학교 공과대학 토목공학과 박사과정·E-mail : waterboy@uos.ac.kr
*** 정희원·서울시립대학교 공과대학 토목공학과 박사과정·E-mail : jongsuk@uos.ac.kr
**** 정희원·서울시립대학교 공과대학 토목공학과 박사과정·E-mail : jminsoo05@uos.ac.kr

자료기간이 2T 이상일 때에는 지점빈도해석을 사용하는 것을 추천하고 있다.

따라서 본 연구에서는 지역빈도해석을 확률 강우량을 산정하는데 있어, 기존의 Hosking의 L-moment법에 의한 지역빈도해석과 Index Flood 기법에 의해 확률 강우량을 산정하였다. 또한, 비매개변수적 빈도해석 기법을 통한 지역빈도해석을 수행하여 결정된 확률강우량과 기존의 방법에 의한 확률 강우량 값을 비교하였다.

2. 강우 자료 수집

확률 강우량을 빈도별로 산정하기 위해서는 지속시간별로 연최대 강우자료를 시간에 따라 시계열 자료로 구성하여야 한다. 본 연구에서는 기상청 관할의 16개 지점의 강우자료를 수집하였다. 수집된 시간 강우 자료를 분석하여 지속시간 1, 6, 12, 24시간에 대해 매년 최대 강우량을 추출하였으며, 임의시간 환산계수를 곱하여 강우자료를 임의시간 연최대 강우량으로 환산하였다. 단, 임의시간 환산계수는 연최대 강우량으로 산정된 기간 전후로 무강우이거나, 지속시간별로 역전현상이 발생할 경우에는 적용하지 않았다. 표 1은 선정된 지점의 강우관측소의 강우 관측 연수이다.

표 1. 대상 강우관측소의 시간강우량 기록 연수

관측 지점	자료 길이	관측 기간	관측 지점	자료 길이	관측 기간
1	45	1961 ~ 2005년	9	33	1973 ~ 2005년
2	33	1973 ~ 2005년	10	18	1988 ~ 2005년
3	33	1973 ~ 2005년	11	33	1973 ~ 2005년
4	39	1967 ~ 2005년	12	33	1973 ~ 2005년
5	37	1969 ~ 2005년	13	33	1973 ~ 2005년
6	45	1961 ~ 2005년	14	33	1973 ~ 2005년
7	33	1973 ~ 2005년	15	33	1973 ~ 2005년
8	33	1973 ~ 2005년	16	33	1973 ~ 2005년
			계	547	

3. 지역빈도해석에 의한 확률 강우량 산정

3.1 대상 지점 강우 자료들간의 동질성 검정

지역 빈도해석에서는 다른 통계분석과 마찬가지로 전반적인 검토를 통하여 오류나 비일관성에 대한 검증을 실시하여야 한다(Hosking 등, 1985). 동질성을 갖는 자료군을 선택하기 위해서는 다음과 같은 두가지 절차를 거쳐 선택한다. 첫째, 불일치척도(Discordancy Measure)에 의해 일관성이 없는 자료군이나 이상자료군을 제거한 후, 둘째, 이질성 척도(Heterogeneity Measure)에 의해 소유역의 소속된 자료군의 수문학적 동질성을 갖는지를 평가하여 자료군을 구분한다.

본 연구에서는 Hosking(1985)이 제안한 L-moment 방법을 적용하여 대상 지점 강우자료들의 동질성 검정을 실시하였다. 대상지점 강우자료들의 지속시간별 동질성 척도 및 이질성 척도와 적합도는 다음 표 2~4에 나타내었다.

표 2. 대상 지점의 이질성 척도 분석 결과

이질성 척도 지속시간	STANDARDIZED TEST VALUE H(1)	STANDARDIZED TEST VALUE H(2)	STANDARDIZED TEST VALUE H(3)
1시간	0.75	-0.42	-1.23
6시간	0.56	-0.87	-1.90
12시간	0.07	-0.58	-1.61
24시간	0.37	-0.34	-0.92

표 3. 대상 지점의 동질성 검정 결과

SITE	지속시간	D(I)			
		1시간	6시간	12시간	24시간
1		1.5100	0.0500	0.2700	0.4100
2		1.6700	1.0500	1.6900	1.4200
3		0.2500	0.3500	0.3000	0.0300
4		1.6600	1.5500	1.1400	1.0400
5		0.1900	0.5600	0.5800	1.0600
6		0.1600	0.5000	0.6800	0.5100
7		1.3600	0.4000	1.4900	1.0900
8		0.8800	0.7200	1.6000	0.4300
9		0.4400	0.0100	0.3800	0.5400
10		1.2200	1.1300	0.7500	1.5800
11		1.0700	2.4200	2.0500	0.6700
12		0.8900	0.6000	0.5800	2.3000
13		0.9400	1.3600	2.2600	1.3800
14		0.7700	1.1100	0.4100	0.7200
15		2.2100	1.2500	0.5300	1.0800
16		0.7700	2.9200	1.2900	1.7300

표 4. 각 분포형별 적합도 분석 결과

지속 시간	General Logistic		General Extreme Value		General Normal		Pearson Type III		Gen. Pareto	
	L-KUR TOSIS	Z VALUE	L-KUR TOSIS	Z VALUE	L-KUR TOSIS	Z VALUE	L-KUR TOSIS	Z VALUE	L-KUR TOSIS	Z VALUE
1시간	0.178	3.130	0.131	0.050	0.133	0.190	0.127	-0.260	0.036	-6.240
6시간	0.199	0.620	0.162	-1.310	0.154	-1.740	0.136	-2.660	0.076	-5.700
12시간	0.201	0.520	0.164	-1.360	0.155	-1.810	0.136	-2.750	0.079	-5.660
24시간	0.191	1.830	0.150	-0.520	0.145	-0.800	0.132	-1.580	0.061	-5.670

분석 결과에서 대상지점들간의 지속시간별 강우자료는 모두 동질성이 있는 것으로 분석되었으며, General Extreme 분포형의 적합도가 가장 뛰어난 것으로 분석되었다.

3.2 L-moment 지역빈도해석

L-moment법은 근래에 많이 사용되고 있는 매개변수추정방법으로(Hosking, 1977) 추정량은 확률가중모멘트법의 선형조합으로 표시되며, 전통적인 방법인 모멘트법이나 최우도법과 달리 거의 편의 되지 않는 것으로 알려지고 있다. 표 5는 L-moment 기법을 이용한 지역빈도확률강우량이다.

표 5. L-moment 방법에 의한 지역빈도해석 결과

재현기간	10	25	50	100	200
1시간	54.5	62.5	68.1	73.3	78.2
6시간	119.9	142.7	160.3	178.2	196.6
12시간	158.8	190.1	214.2	239.1	264.7
24시간	202.3	239.2	266.6	293.7	320.8

3.3 Index Flood 기법에 의한 지역빈도해석

Index Flood 기법에 대상 강우 자료를 적용하여 확률 강우량을 산정하였다. 산정 결과에서 매개변수를 추정하는데 있어 모멘트법과 확률가중모멘트법은 매개변수의 추정이 적합하게 이루어졌으나, 최우도법에 의한 매개변수 추정 결과는 몇몇 지점에서 매개변수가 수렴하지 못하고 발산하였다. 표 6은 확률가중모멘트법으로 매개변수를 추정하여 결정한 확률 강우량이다.

표 6. Flood Index 방법에 의한 지역빈도해석 결과(확률가중모멘트법)

재현기간	10	25	50	100	200
1시간	54.1	61.7	66.9	71.6	76.0
6시간	119.3	141.4	158.4	175.7	193.4
12시간	158.0	188.4	211.8	235.8	260.4
24시간	201.3	236.7	262.8	288.4	313.8

3.4 비매개변수적 지역빈도해석

앞에서 분석한 지역빈도해석도 매개변수적 지점빈도해석과 같이 다음과 같은 문제점을 내포하고 있다. 매개변수적 빈도 해석은 첫째, 통계적 처리과정에서 적합성이 인정되는 다수의 분포형이 선정될 때, 최종적으로 어떠한 확률분포형이 선택되느냐에 따라 확률강수량은 차이를 나타낸다. 둘째, 최근에 발표된 건설교통부의 한국확률강우량도(2000)에 이르기까지 전국의 지속시간별 확률 분포형은 전국에 걸쳐 단일화된 확률분포형을 적용하여 확률강수량을 산정하고 있는데, 이는 지속 기간별로 다른 확률분포형을 적용할 경우에 역전 현상이 발생 가능하기 때문이다. 셋째, 근래처럼 수문사상의 변화가 극심하고, 또한 강수관측기간에 따른 보유자료의 길이가 증대되며, 전국 각 유역별 호우특성이 다른 경우에 있어서는 각 유역별 적정 확률분포형이 달라질 수 있다는 문제점을 내포하며, 넷째, 매개변수적 빈도해석 방법은 최근의 확률가중모멘트법이나 L-모멘트법에서 여러 가지 매개변수 추정법의 단점을 보완하여 짧은 기록의 자료나 왜곡된 자료에 대한 신뢰도가 많이 보장되었음에도 불구하고 아직까지 bimodal 등의 복합분포를 갖는 확률밀도함수의 처리 등에 있어서 문제점을 내포하고 있다.

그러므로 이러한 어려움을 가지게 되는 매개변수적 방법에 비하여 어떤 분포형의 가정이 필요 없이 관측 자료가 나타내는 분포형을 자료의 확률 밀도 함수로 간주하여 분포형 선택이나 다중 첨두의 문제점을 보완할 수 있는 비매개변수적 방법을 이용하여 확률 강수량을 산정하는 것이 실측 강수의 사상을 잘 반영하므로, 분포형에 따라 확률 강수량이 변하는 매개변수적 방법에 비해 실측 강수 사상과의 적합성이 더 뛰어날 것으로 사료 된다.

따라서 본 연구에서는 L-moment 기법에 의해 동질성이 확보된 지점을 대상으로 비매개변수적 빈도해석을 통해 지역빈도해석을 수행하였다. 비매개변수적 빈도해석은 변동핵밀도함수인 Cauchy 핵함수를 이용하였다.

표 7. 비매개변수적 방법에 의한 지역빈도해석 결과

재현기간	10	25	50	100	200
1시간	56.0	65.6	71.5	76.3	80.2
6시간	127.0	148.9	171.2	191.8	203.8
12시간	162.8	197.1	229.5	260.6	278.4
24시간	204.3	242.4	281.4	311.0	361.7

3.5 결과 비교

본 연구에서는 지역빈도해석에 있어 Index Flood 기법과 L-moment 기법을 적용하여 확률 강우량을 산정하였다. 또한 기존의 매개변수적 기법들을 보완하기 위해 비매개변수적 기법을 강우자료에 적용하여 확률강우량을 산정하였다. 각 기법별로 산정한 확률강우량을 그림 1~2에 비교 도시하였으며, 산정 결과에서 대체적으로 Index Flood 기법이 가장 작게 산정되었으며, 비매개변수적 기법을 적용한 결과가 가장 크게 산정되었다. 따라서 비매개변수적 기법을 적용하는 것이 다소 안정적인 확률 강우량을 산정해 주는 것으로 판단된다.

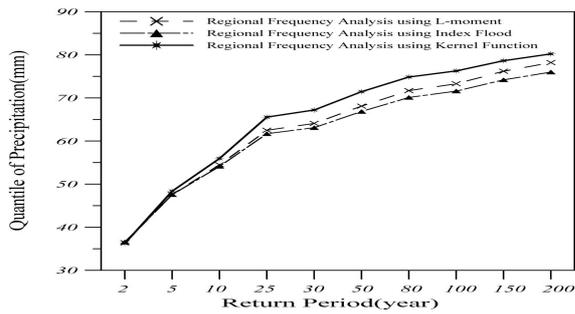


그림 1. 지속시간 1시간 확률 강우량 비교

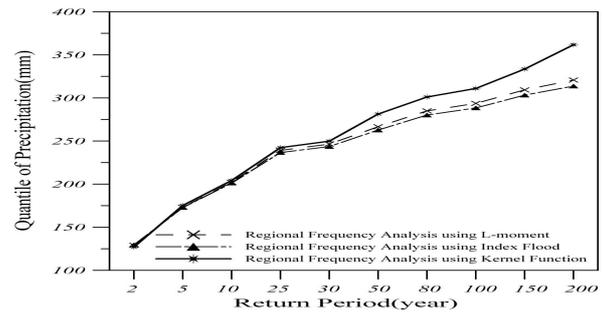


그림 2. 지속시간 24시간 확률 강우량 비교

4. 결론

본 연구에서는 Index Flood 기법, L-moment 기법 및 비매개변수적 방법을 이용하여 지역빈도 해석을 수행하였다. 대상 자료는 기상청에서 관측된 16개 지점의 강우자료를 이용하였으며, 추출된 지속시간별 매년최대강우자료의 동질성 및 적합성 검정을 수행하였으며, Index Flood 기법과 L-moment 기법에서의 최적분포형은 General Extreme 분포형으로 선정되었다. 따라서 General Extreme 분포형에 적용하여 확률강우량을 산정하였으며, 추출된 시간강우량에 변동핵밀도함수를 적용하여 확률강우량을 산정하였다. 각 기법별로 산정된 확률강우량은 큰 차이를 보이지 않았으며, 재현기간이 커질수록 확률강우량 간의 차이가 약간 더 커지는 것으로 계산되었다. 따라서 변동핵밀도함수를 지역빈도해석에 적용하는데 있어 충분한 타당성을 확보한 것으로 사료 된다. 또한 비매개변수적 기법을 적용하여 산정한 확률강우량이 타 기법에 비해 약간 더 큰 것으로 산정되었으므로, 변동핵밀도함수를 적용한 지역빈도해석이 기존의 타 기법에 비해 보다 안정된 확률 강우량을 제시해 주는 것으로 판단된다.

참고문헌

- Hann, C. T., (2002). Statistical Methods in HYDROLOGY. Iowa State Press, Iowa.
- Hollander, M. and Wolfe, D. A., "Nonparametric Statistical Methods", Wiley, New York, (1973).
- Hosking, J. R. M., Wallis, J. R., and Wood, E. F. (1985), Estimation of the generalized extreme-value distribution by the method of probability-weighted moments. Technometrics, 27, 251-61.
- Hosking, J. R. M. and Wallis, J. R. (1993), Some statistics useful in regional frequency analysis. Water Resources Research, 29, 271-81.
- Institute of Hydrology (1999), Flood Estimation Handbook
- Lall, U., Moon, Y. I., and Bosworth, K. (1993). "Kernel flood frequency estimators: bandwidth selection and kernel choice", Water Resources Research, vol. 29, No. 4, pp.1003-1015.
- Moon, Y. I., and Lall, U. (1994). "Kernel Quantile Function Estimator for Flood Frequency Analysis", Water Resources Research, vol. 30(11), pp. 3095-3103.
- VEN TE CHOW, (1984), HANDBOOK OF APPLIED HYDROLOGY, MCGRAW-HILL BOOK COMPANY, United States of America.