

Netmax 자료를 이용한 지역 빈도해석

○김경덕¹⁾, 남우성²⁾, 허준행³⁾, 신은우⁴⁾

1. 서론

확률수문량 산정을 위해 사용하는 지점 빈도해석은 자료 개수가 적은 경우 정확성이 낮아지는 문제점을 안고 있다. 지역 빈도해석은 지점 빈도해석이 안고 있는 이러한 문제를 개선할 수 있는 방법으로서 자료기간이 짧은 경우 지점빈도해석과 지역빈도해석을 함께 수행하여 그 결과를 비교·검토하는 것이 적절하다 (Institute of Hydrology, 1999).

최근의 기록적인 호우로 인하여 막대한 홍수피해를 입어 설계기준에 대한 상향조정이 요구되는 시점에서 자료의 관측기간에 비하여 구하고자 하는 설계수문량의 재현기간이 상대적으로 대단히 큰 상황이므로 지역빈도해석을 통하여 신뢰할 수 있는 설계수문량을 재산정하는 것이 필요할 것으로 판단된다.

본 연구에서는 한강유역의 연최대 강우자료에 대해 netmax 자료를 구축하여 지역빈도해석을 수행하였다. Netmax 자료는 관측 network를 구성하는 여러 지점자료 가운데 매년 최대치 자료계열을 추출하여 구축하게 되는데, 예를 들어 매년 총 50개 지점 가운데 1980년에는 40개 지점이 관측되어 그 중 가장 큰 자료 하나를 추출하여 netmax 자료를 구축하게 된다(Institute of Hydrology, 1999). 이러한 자료는 지점간 종속성을 가지므로 정상적인 도시위치공식(plotting position formula)을 사용할 수 없기 때문에, 특수한 경우의 도시위치공식을 사용하였다(Jones, 1997). 최종적으로 확률지에 도시된 자료에 대하여 Kernel 밀도함수를 사용하여 growth curve를 유도하였다.

우리 나라와 같이 지점별로 관측자료가 적은 상태에서 netmax 자료를 구축하여 지역빈도해석을 수행함으로써, 자료 관측기간보다 긴 재현기간의 확률강우량을 안정적으로 산정할 수 있을 것으로 판단된다.

2. 본론

FORGEX 기법은 FORGE(FOCused Rainfall Growth Estimation) 기법을 개선시킨 것으로 대상 지점의 성장곡선을 추정하여 확률강우량을 추정하기 위해 개발되었다(Stewart 등, 1999). 대상지점이 포함된 유역내 강우 관측소들을 단계적인 network를 통해 지역화하고, 각 network 내에서 어떤 해의 최대 관측값을 추출한 netmax 자료를 이용하여 장기 재현기간에 대한 확률강우량을 추정하는 기법으로서 Flood Estimation Handbook(Institute of Hydrology, 1999)에서 확률강우량 산정을 위해 제안하고 있는 기법이기도 하다. Netmax 자료를 이용한 지역 빈도해석은 다음의 절차를 따른다.

- 1) 대상 지점이 포함된 유역 내 강우 자료의 연최대치 계열을 구축한다.
- 2) 각 지점 자료의 중앙값을 지표변량으로 하여 자료를 표준화시킨다.

- 1) 한국시설안전기술공단 진단2본부 댐항만실 과장, 공학박사
- 2) 연세대학교 대학원 토목공학과 박사과정
- 3) 연세대학교 사회환경시스템공학부 토목·환경공학전공 교수
- 4) 한국시설안전기술공단 진단2본부 본부장, 기술사

- 3) 대상 지점을 중심으로 network를 구성한다.
- 4) Gumbel 확률지에 간격이 1.0인 y-절편(y-slice)을 도시하고, 각 절편 내에 해당 network의 관측값들을 Gringorten(1963)이 제안한 도시위치공식을 사용하여 도시한다.
- 5) 각 network에서 netmax 자료를 추출한다.
- 6) 지점간 종속성(spatial dependence)을 고려하기 위해 독립 관측소의 유효숫자 N_e 를 계산하고, 각 netmax 점들을 $\ln N_e$ 만큼 우측으로 이동시켜 Gumbel 확률지에 도시한다.
- 7) Gumbel 확률지 상에 도시된 점들로부터 성장곡선식을 유도한다.
- 8) 성장곡선으로부터 계산된 임의 재현기간에 대한 성장률과 대상지점의 중앙값으로부터 확률강우량을 계산한다.

2.1 표준화(standardization)

중앙값을 지표변량으로 하여 식 (1)로부터 자료를 표준화시킨다.

$$X_{ij} = \frac{R_{ij}}{RMED_j} \quad (1)$$

여기서, X_{ij} 는 i번째 해, 지점 j에 해당하는 강우자료의 표준화된 값, R_{ij} 는 i번째 해, 지점 j에 해당하는 강우자료, $RMED_j$ 는 지점 j의 중앙값(median)이다. 중앙값을 지표변량으로 사용하는 것은 연최대강우량자료는 대개 양으로 왜곡되어 있어 각각의 극치사상이 산술평균에 크게 영향을 미치는 경향이 있지만, 중앙값의 경우에는 재현기간 2년에 해당하는 고정된 값이기 때문에 이에 대한 영향을 받지 않기 때문이다.

2.2 최우도법을 이용한 특수상황에서의 도시위치

연최대치 홍수량이나 강우량자료에 대해 위치도시공식을 적용하는 것은 잘 알려져 있으며(NERC, 1975; Stedinger 등, 1993), 도시위치공식은 다음과 같은 경우에 사용된다.

- 1) 분포함수의 도시적인 추정
- 2) 분포함수의 적합(fitting)
- 3) 적합된 분포함수가 자료를 얼마나 잘 적합하는지에 대한 평가

일반적인 상황에서는 독립적이며, 동일한 분포형으로부터 자료가 추출되었다는 가정을 전제로 하는데, 이러한 가정을 더 이상 만족하지 못하는 경우가 많이 발생한다. 본 연구에서는 관측된 자료가 독립적이기는 하지만 동일한 분포형으로부터 추출되지 않는 특수한 상황에 적합한 도시위치공식을 사용하였다. 가장 대표적인 경우가 한 지역내의 여러 지점중에서 매년 최대치 값을 추출하는 netmax 자료이다. 지역내의 지점내의 수는 그 연수가 다르므로, 동일한 분포형으로부터 추출되지 않은 것으로 간주할 수 있다. 경험적인 연구에 의하면 netmax 자료의 분포는 대표지점의 최대치 자료의 분포와 멱급수(power) 관계가 있음이 보고된 바 있다(Dales와 Reed, 1989).

일반적인 상황에서 도시위치공식의 일반 형식은 다음과 같으며(Cunnane, 1978), 여기서 a는 0.375에서 0.50의 범위에서 각 나라마다, 또는 기관마다 선택되는 상수이다.

$$p_r = (r - a)/(N + 1 - 2a) \quad (3)$$

Cunnane(1978)은 극치 I 분포 즉, Gumbel 분포형인 경우 Gringorten 도시위치공식을 사용하는 것을 추천하였는데, a는 0.44이며, 일반적인 목적을 위해서는 0.4를 선택하는 것을 추천하였다. 통계적인 관점에서 최근에 검토된 바로는 $a = 1/3$ 을 추천하고 있다. 본 연구에서 사용하는 특수한 경우에는 식 (3)과 같이 간단한 양해식으로 표현되지 않으며, 최우도법을 기초로 한 비선형 방정식을 반복해법으로 구해야 한다.

3. 비교고찰

그림 1과 같이 원주지점을 중심으로 network를 구성하였다. 우선, 각 지점의 자료를 지점별 중앙값 (median)으로 나누어서 표준화를 시키고, 그 다음 각 network 별로 해당 지점들 자료중 매년 최대치 자료 1 개씩을 추출하여 netmax자료를 구축하였다. 구축된 netmax자료와 지역화한 자료를 도시하여 성장곡선 (growth curve)을 유도하였다.

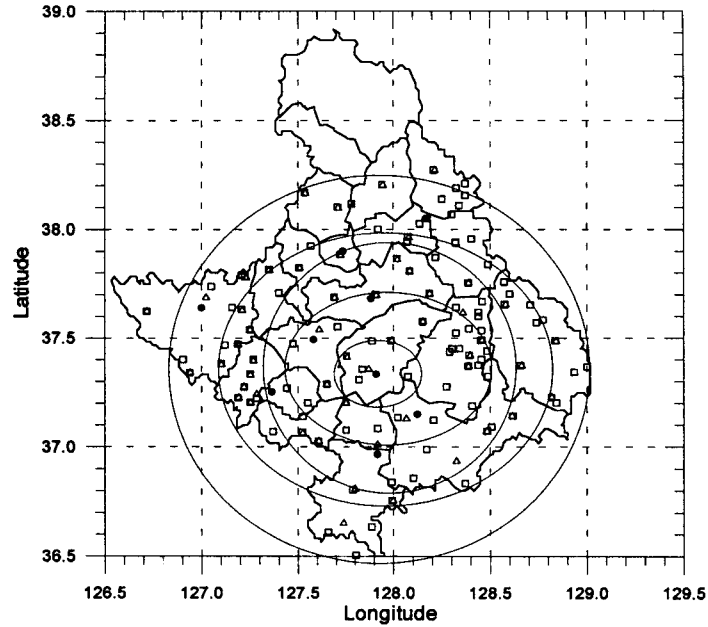


그림 1. Network 구성도

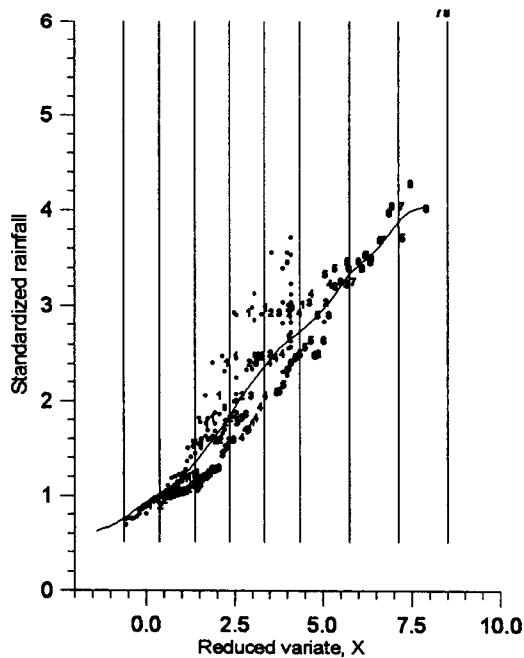


그림 2. 1일 최대강우량에 대한 성장곡선(growth curve)

특수한 상황인 netmax자료에 대하여 최우도법을 이용한 도시위치공식을 적용하여 확률지에 도시하였다. 그림 2에서 숫자는 각 network의 netmax를 나타낸다. 예를 들면 6은 6번째 network의 netmax 자료를 나타낸다. 성장곡선(growth curve)의 적합은 비매개변수적 회귀분석을 실시하였다. Nadaraya-Watson 회귀분석은 kernel 회귀분석으로서 bandwidth는 cross-validation 기법을 적용하여 그림 3과 같이 1.08554로 추정되었다.

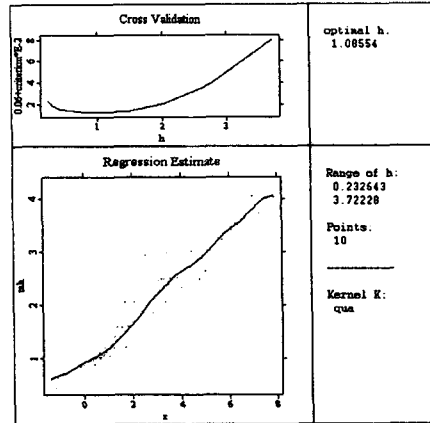


그림 3. 성장곡선(growth curve)에 대한 회귀분석

4. 결 론

관측자료의 수가 30년 정도인 상태에서 지점 빈도해석을 수행하여 100년, 200년 등 긴 재현기간의 확률강우량을 외삽하여 산정하는 것은 대단히 큰 불확실성을 내재하게 된다. 따라서, 자료를 지역화하여 netmax 자료를 사용하여 긴 재현기간의 확률강우량도 안정적으로 추정할 수 있는 방안을 채택하는 것이 합리적일 것으로 판단된다.

5. 참고문헌

- Cunnane, C.(1978). "Unbiased plotting positions - A review.", *Journal of Hydrology*, Vol. 37, No. 3/4, pp. 205-222.
- Dales, M. Y. and Reed, D. W.(1989). *Regional Flood and Storm Hazard Assessment*, Report No. 102, Institute of Hydrology, Wallingford, UK.
- Institute of Hydrology(1999). *Flood estimation handbook*, institute of hydrology, Wallingford, UK.
- Jones, D. A.(1997). "Plotting positions via maximum-likelihood for a non-standard situation.", *Hydrology and Earth System Sciences*, Vol. 1, No. 2, pp. 357-365.
- NERC.(1975). *Flood Studies Report, Volume 1*, Natural Environmental Research Council, London.
- Reed, D. W. and Stewart, E. J.(1989). "Focus on rainfall growth curve estimation." *Proc. 2nd National Hydrology Symposium*, Sheffield, September, pp. 3.57-3.65.
- Stedinger, J. R., Vogel, R. M., and Foufoula-Georgiou, E.(1993). *Frequency analysis of extreme events*, chapter 18 of *Handbook of Hydrology*(ED. Maidment, D. R.), 18.1-18.66, McGraw-Hill, New York.
- Stewart, E. J., Reed, D. W., Faulker, D. S., and Reynard, N. S.(1999). "The FORGEX method of rainfall growth estimation I : Review of requirement", *Hydrology and Earth System Sciences*, Vol. 3, No. 2, pp. 187-195.