

AWS 강우자료를 이용한 도시유역의 지역빈도해석 적용성에 관한 연구

Regional Frequency Analysis for Urban Area Using AWS Rainfall Data

김수영*, 남우성**, 허준행***

Sooyoung Kim, Woo-Sung Nam, Jun-Haeng Heo

요 지

최근 우리나라에서는 기상이변과 기후변화에 의한 국지성 집중호우의 발생으로 인해 인명 및 재산 피해가 증가하고 있고, 특히 도시지역의 경우 산업화와 도시화로 인한 홍수량 및 첨두홍수량이 뚜렷하게 증가하고 있는 것으로 나타나고 있다. 이에 따라 기후변화와 도시화 등을 고려한 확률수문량의 재산정이 요구되고 있으며, 이를 위한 한 방법으로 지역빈도해석(regional frequency analysis)에 대한 연구가 꾸준히 진행되고 있으나 도시유역에 대한 지역빈도해석에 관한 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 도시지역에 대한 지역빈도해석의 적용성을 검토하기 위해 주요 도시유역을 분석대상으로 선정하고, 해당 도시유역 내의 AWS(Automatic Weather System) 자료를 수집한다. 대상지역의 AWS 자료를 구축한 후, 각각의 자료에 대해 대표적인 지역빈도해석 기법 중의 하나인 홍수지수법(Index Flood Method)을 적용하여 확률강우량을 산정하고 지점빈도해석 결과와 비교하여 도시유역에 대한 지역빈도해석의 적용성을 판단하고자 한다. 대상지역에 대한 홍수지수법의 적용결과를 살펴보면, 지점빈도해석에 의한 확률강우량보다 홍수지수법에 의해 산정된 확률강우량이 작게 추정되는 것으로 나타났다.

핵심용어 : 지역빈도해석, 홍수지수법, 도시유역, AWS 강우자료

1. 서 론

최근 우리나라에서는 기상이변과 기후변화에 의한 국지성 집중호우의 발생으로 인해 인명 및 재산 피해가 증가하고 있으며, 특히 도시지역의 경우 산업화와 도시화로 인한 홍수량 및 첨두홍수량이 뚜렷하게 증가하고 있는 것으로 나타나고 있다. 이에 따라 기후변화와 도시화 등을 고려한 확률수문량의 재산정이 요구되고 있으며 이를 위해 기존에 수행되고 있는 지점빈도해석(At-site frequency analysis)을 보완하거나 개선할 수 있는 방법에 대한 연구가 꾸준히 진행되고 있다. 이 중 한 방법이 우리나라의 강우자료와 같이 보유기간이 짧은 수문자료에 대해서도 빈도해석이 가능한 지역빈도해석(regional frequency analysis)으로 기존의 지점빈도해석에 비해 합리적으로 확률수문량을 산정할 수 있는 장점이 있다. 현재 지수홍수법(index flood method), 지역형상추정법(regional shape estimation method), Netmax법 등과 같은 다양한 지역빈도해석 기법이 개발되었으며 우리나라에서도 지역빈도해석의 적용성에 관한 연구가 진행 중에 있으나 대부분 우리나라 전역이나 한강수계와 같은 큰 유역을 대상으로 하고 있다. 이에 반해 도시유역에 대한 지역빈도해석에 관한 연구는 미비한 실정으로 본 연구에서는 도시지역에 대한 지역빈도해석의 적용성을 검토하고자 한다. 도시지역에 대한 지역빈도해석의 적용성을 분석하게 위해 주요 도시유역을 분석대상으로 선정하고, 해당 도시유역 내의 AWS(Automatic Weather System) 강우자료를 구축한다. AWS 강우자료는 일반적인 기상관측소보다 조밀한 관측망을 보유하고 있으므로 지역빈도해석의 적용을 위한 강우자료의 구축이 가능하다. 각각의 자료에 대해

* 정회원, 연세대학교 대학원 토목공학과 박사과정, E-mail : sykim79@yonsei.ac.kr

** 정회원, 연세대학교 대학원 토목공학과 박사과정, E-mail : nws77@yonsei.ac.kr

*** 정회원, 연세대학교 사회환경시스템공학부 토목환경공학과 교수, E-mail : jhheo@yonsei.ac.kr

대표적인 지역빈도해석 기법 중의 하나인 홍수지수법을 적용하여 확률강우량을 산정하고 지점빈도해석 결과와 비교하여 도시유역에 대한 지역빈도해석의 적용성을 판단하고자 한다.

2. 지역빈도해석의 기본이론

2.1 지역빈도해석

지역빈도해석은 지점빈도해석과 비교했을 때 대상자료의 성격이 다를 뿐 일반적인 빈도해석의 과정을 그대로 따른다. 다시 말해서, 자료의 수집과 수집된 자료에 대한 무작위성 검토, 변동성 및 경향성 분석, 확률분포형의 적용 및 매개변수의 추정, 적합도 검정 및 도시적 해석, 적정 확률분포형의 선정, 확률수문량의 산정과 같은 과정을 거친다. 일반적으로 지역빈도해석 과정에서 자료의 검증을 위해 L-모멘트비(L-CV(변동계수), L-skewness(왜곡도), L-kurtosis(첨예도))를 이용한 불일치 척도를 산정하게 되며, 이를 지역 구분에 이용하거나 구분된 지역의 동질성 검사를 위해 이용하기도 한다. 지역 구분을 수행하는 방법은 다양하나 비교적 객관적인 균집해석을 이용하며 가장 대표적인 균집해석 방법으로는 Fuzzy-c means 방법을 들 수 있다. 실제로 허준행 등(2007)은 우리나라에 대해 Fuzzy-c means 기법을 적용하여 우리나라를 14개 지역으로 구분하였다. 구분 지역의 수문학적 동질성을 평가하기 위해 이질성 척도를 산정하며, 이질성 척도 H 는 자료의 이산도(dispersion)를 모의 발생 시킨 평균과 이산도의 차, 모의 발생시킨 표준편차의 비로 정의된다(Hosking, 1990). 또한 지역빈도해석에서는 한 지역 내에 있는 지점들의 적합한 분포형을 선정하기 위한 척도로 Z 를 이용하게 된다. 적합성 척도 Z 는 L-모멘트법으로 구한 각 분포형에서의 L-skewness, L-kurtosis가 관측자료의 L-skewness, L-kurtosis를 소유역에 대해 평균한 값으로 정의된다.

2.2 홍수지수법(Index Flood Method)

홍수지수법은 대표적인 지역빈도해석 기법 중 하나로 서로 다른 자료 표본들로부터 대표 통계량(Summary statistics)을 도출하는데 매우 유용한 방법이다. Index Flood란 홍수해석을 위한 방법으로서 제안되었지만, 지금까지 홍수뿐만 아니라 다른 여러 종류의 자료들에게도 적용되고 있다(Darlymple, 1960). 홍수지수법을 이용한 지역빈도해석에 사용되는 여러 지점의 자료는 지점별로 규모는 다르지만 동일한 분포형으로부터 추출된 자료여야 한다. 각 지역별 자료에 적합한 확률분포형을 선정하여 확률수문량을 산정하게 되는데 지점 i 의 quantile 함수 $Q_i(F)(0 \leq F \leq 1)$ 는 다음과 같다.

$$Q_i(F) = \mu_i q(F), \quad i = 1, \dots, N \quad (1)$$

여기에서 N 은 지점수, μ_i 는 각 지점의 규모인자인 지수홍수(Flood Index)이다. 이를 무차원화하여 표준화(rescaled)한 자료는 다음과 같다.

$$q_{i,j} = Q_{i,j}/\hat{\mu}_i, \quad i = 1, \dots, N, \quad j = 1, \dots, n_i \quad (2)$$

여기에서 n_i 은 지점 i 의 표본크기, $Q_{i,j}$ 는 관측자료($j = 1, \dots, n_i$), $\hat{\mu}_i$ 은 지점 i 의 규모인자에 대한 추정값을 나타낸다. 지수홍수법은 각 지점의 자료에 대한 대표 통계량을 사용하고 지역 추정값을 평균하여 산정하는데, 이런 대표 통계량을 각 지점의 L-모멘트비라고 한다.

3. 국내 도시유역에 대한 지역빈도해석의 적용

3.1. 대상지역

국내 도시지역에 대한 지역빈도해석의 적용성을 평가하기 위해 기상관측소가 위치하고 있으며 AWS 관측지점이 다수 존재하고 있는 서울과 부산을 분석 대상지역으로 선정하였다. 서울과 부산의 기상관측소 및

AWS 관측지점의 현황은 그림 1 및 표 1과 같다. 기상관측소의 강우자료와 AWS 강우자료는 총 10개의 지속기간(1, 2, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 24, 48시간)에 대해 구축되었다. 서울과 부산지역의 기상관측소의 강우자료는 2004년까지 구축되어 있으며 각각 76개와 62개의 자료년수를 가진다. 또한 서울지역의 경우 AWS 관측지점의 수는 26개이고 21개의 관측지점이 1995년부터 관측을 시작하였으며, 부산지역의 경우 AWS 관측지점의 수는 10개이고 6개의 관측지점이 1995년부터 관측을 시작하였고, 각각의 대상지역에 대해 기상관측소와 마찬가지로 2005년까지 구축되었다. 지역별도해석의 적용을 위해서는 5년 이상의 자료가 필요하므로 각 경우별로 자료의 기간을 고려하여 사용된 AWS 강우자료의 수는 ()에 표시된 것과 같다.

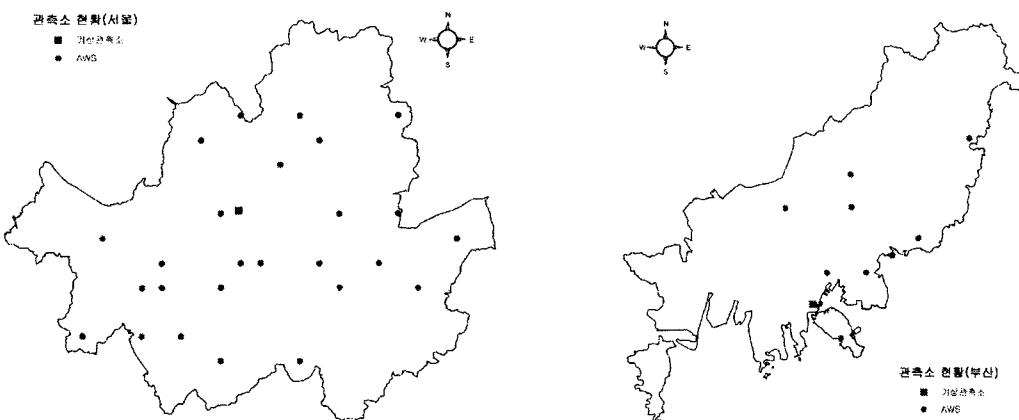


그림 1. 대상지역의 기상관측소 및 AWS 관측지점 현황

표 1. 대상지역 기상관측소 및 AWS 강우자료 현황

대상지역	기상관측소	기상관측소 자료개수	AWS 지점개수	AWS 평균자료개수	전체 관측지점개수
서울	서울(108)	76	26	10(24)	25
부산	부산(159)	62	10	11(9)	10

3.2 대상지역에 대한 지역별도해석 적용결과

본 연구에서 수행된 도시지역에 대한 지역별도해석의 적용성 분석 과정에서 유의할 점은 일반적으로 수행되는 지역구분이 이루어지지 않았다는 것으로 이는 한강수계와 같은 큰 유역을 대상으로 하는 것이 아니고 비교적 지역적으로 동질하다고 판단되는 도시유역에 적용되었기 때문이다. 이질성 판단을 위해 지속기간 24시간에 대한 L-CV, L-skewness, L-kurtosis의 관계를 나타내는 L-모멘트비도(L-moment ratio diagram)을 도시하면 그림 1과 같다. 이를 살펴보면 서울과 부산에 대해 L-CV의 변동폭에 비해 L-skewness의 변동폭이 상대적으로 큰 것을 알 수 있으며 변동폭이 작다는 점을 통해 흥수지수법의 적용에 큰 부리가 없다고 판단된다(Hosking and Wallis, 1997). 또한 L-CV가 대체적으로 0.5 이하의 값을 가지므로 지역형상추정법의 적용도 가능한 것을 알 수 있으며(Stedinger and Lu, 1995) 이는 향후 연구과제로 적용할 수 있을 것이다. 또한 이질성 척도 H_1 , H_2 , H_3 에 대한 결과를 살펴보면 표 2와 같다. 여기에서 L-CV를 고려한 H_1 의 경우가 다른 두 이질성 척도에 비해 자료 표본의 특성을 잘 반영하고 있으므로 이를 기준으로 이질성 여부를 판단하였고, 서울과 부산의 경우 모두 H_1 이 1보다 작은 값을 나타내고 있어 동질한 지역으로 판명되었다.

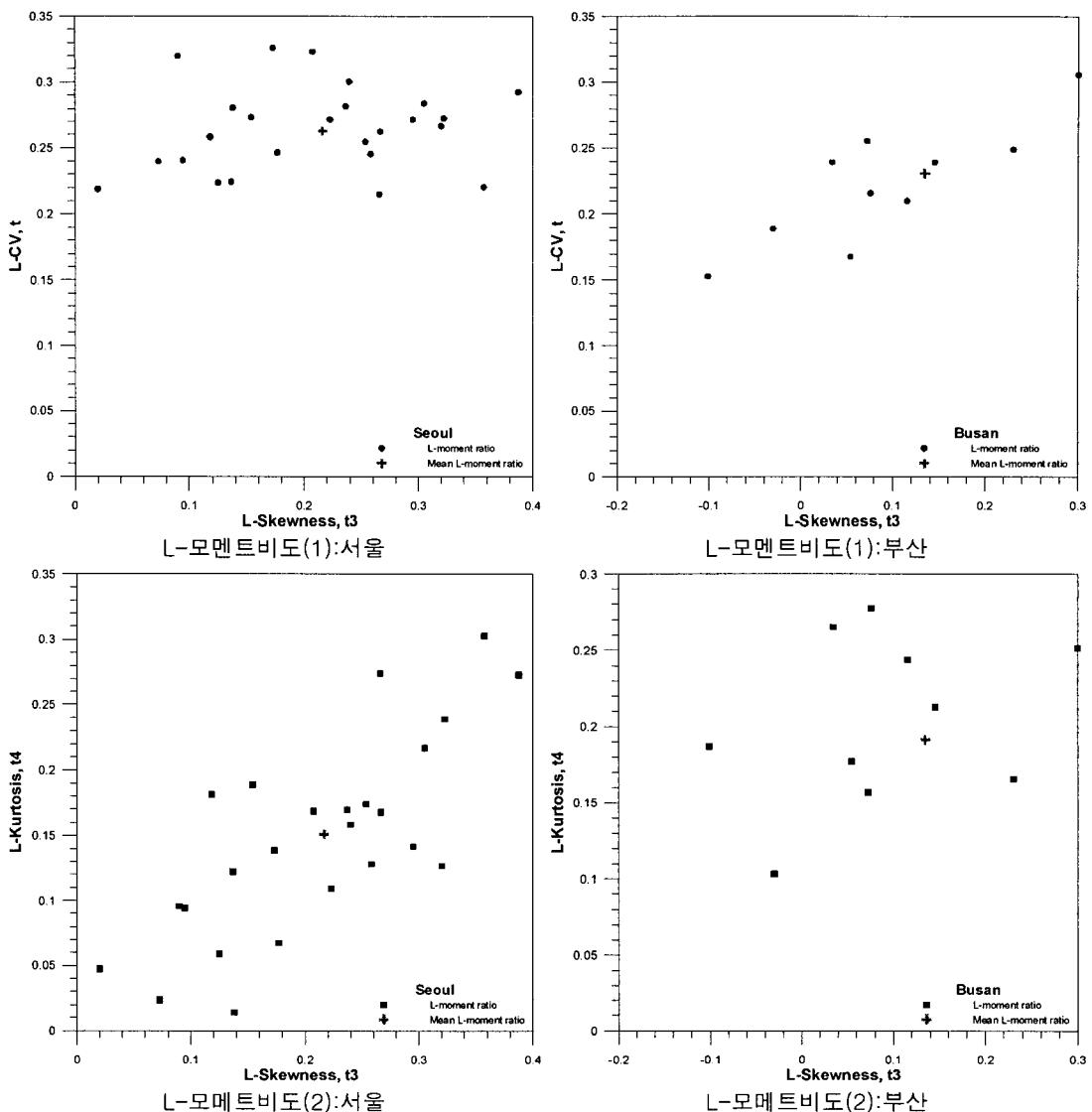


그림 2. L-모멘트비도(지속기간 24시간)

표 2. 대상지역의 이질성 척도(지속기간 24시간)

대상지역	이질성 척도		H_1		H_2		H_3	
	값	동질성 여부	값	동질성 여부	값	동질성 여부	값	동질성 여부
서울	-3.26	동질함	-3.14	동질함	-4.07	동질함		
부산	-0.60	동질함	-0.36	동질함	-1.17	동질함		

적합성 척도 Z 의 절대값이 1.64를 넘는 분포형은 기각시킨 후(Hosking and Wallis, 1997) 대상지역별 확률분포형을 선정한 결과 서울은 GEV 분포, 부산은 Generalized logistic 분포를 선정하였다. 대상지역별 분포형을 바탕으로 확률강우량을 산정하고 지점빈도해석 결과와 비교하여 그림 2와 같다. 서울과 부산의 경우 선택된 확률분포형은 다르지만 흥수지수법을 적용한 확률강우량이 지점빈도해석 결과보다 작게 추정되었다.

으나 서울의 경우는 홍수지수법의 결과와 지점빈도해석의 결과가 큰 차이를 보이지 않는 반면, 부산의 경우는 큰 차이가 발생하고 있다. 이와 같은 현상이 발생하는 요인에 대해서는 추후 지속적인 연구가 필요하다고 판단된다.

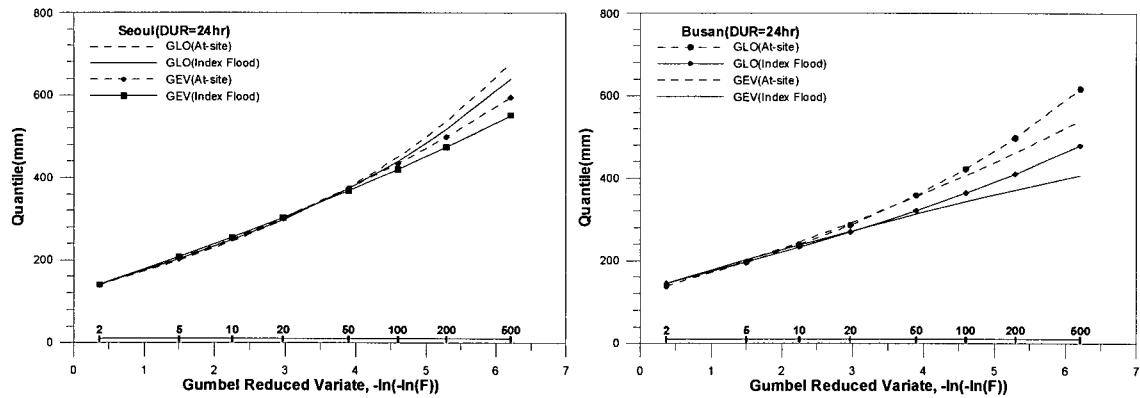


그림 2. 대상지역의 성장곡선(지속기간 24시간)

4. 결 론

본 연구에서는 도시지역에 대한 지역빈도해석의 적용성을 분석하게 위해 주요 도시지역을 선정하고 주요 도시지역에 대해 구축된 AWS(Automatic Weather System) 강우자료에 홍수지수법을 적용하여 확률강우량을 산정하고 지점빈도해석 결과와 비교하였다. 대상지역에 대해 홍수지수법을 적용하여 산정된 확률강우량은 지점빈도해석에 의해 산정된 확률강우량보다 작게 추정되었으며 지역별로 큰 편차를 보이는 것으로 나타났다. 이와 같은 편차가 발생하는 요인에 대해서는 차후 지속적인 연구가 필요하다고 판단된다.

감 사 의 글

이 연구는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행한 2003년도 건설핵심기술연구개발사업(03산학연C03-01)에 의한 도시홍수재해관리기술연구사업단의 연구성과입니다.

참 고 문 헌

- 허준행, 이영석, 신흥준, 김경덕 (2007). 우리나라 강우자료의 지역빈도해석 적용성 연구(I): 확률강우량 산정, 대한토목학회 논문집, 제 27권, 제 2B호, pp.101-111.
- Darlymple, T. (1960). Flood-Frequency Analyses, Water Supply Paper, 1543-A, U.S.Geological Survey, Reston, USA.
- Hosking, J.R.M. (1990). L-moments: Analysis and estimation of distribution using linear combinations of order statistics, Journal of the Royal Statistical Society, Series B, Vol.52, pp.105-124.
- Hosking, J.R.M. and Wallis, J.R. (1997). Regional frequency analysis: An approach based on L-moments, Cambridge University Press.
- Stedinger, J.R. and Lu, L.H. (1995). Appraisal of regional and index flood quantile estimators, Stochastic Hydrology and Hydraulics, Vol.9, No.2, pp.49-75.