

강우자료의 지속기간별 스케일링 성질을 이용한 확률강우량 산정

Rainfall Quantile Estimation based on Scaling Invariance Property

정영훈*, 김수영**, 김태순***, 허준행****

Younghun Jung, Sooyoung Kim, Taesoon Kim, Jun-Haeng Heo

요 지

확률강우량은 일반적으로 년최대 강우량자료를 바탕으로 빈도해석을 실시하여 산정하며, 국내에서는 주로 매시각별로 관측된 자료를 이용하여 지속기간 1시간에서 24시간 사이에 대하여 산정하고 있다. 그러나 도달 시간이 매우 단시간인 도시 유역의 확률강우량 산정을 위해서는 지속기간 15분 혹은 지속기간 30분과 같은 짧은 지속기간에 대한 확률강우량의 추정이 필요하며, 이와는 반대로 지속기간 24시간 이상의 장기간에 대한 확률강우량의 추정이 필요한 경우도 있다. 본 연구에서는 이와 같이 관측되지 않은 지속기간에 대한 확률강우량을 산정하기 위한 방법으로써 강우자료의 지속기간별로 일정한 스케일이 유지된다는 스케일링 성질(Scaling Invariance Property)을 적용하여 확률강우량을 산정하였다. 이를 위해 대상지역의 지속기간별 년최대 강우량자료를 구축한 뒤 L-모멘트법으로 산정된 매개변수와 스케일링 성질을 이용하여 확률강우량을 산정한 후 이를 기존의 빈도해석 결과에 의한 확률강우량과 비교하여 적용성을 판단하였다.

핵심용어 : 스케일링, L-모멘트법, 매개변수, 임의 지속기간, 확률강우량의 추정

1. 서 론

국내의 경우 확률강우량의 산정을 위해서 구축되는 강우량 자료는, 기상청에서 관리되는 지점을 제외하면 주로 매시각별로 관측되는 1시간 단위의 자료가 대부분이며, 산정되는 확률강우량 역시 1시간에서 24시간 사이의 지속기간을 가지는 경우가 대부분이다. 그러나, 최근에는 지속기간이 1시간 보다 짧은 단기간인 경우와 24시간 이상인 장기간인 경우에 발생하는 강우 사상으로 인한 피해가 빈번해지고 있으며, 특히 도시 유역의 경우 지속기간이 15분, 30분과 같이 지속기간이 매우 짧은 경우의 확률강우량이 요구되기도 한다.

따라서, 본 연구에서는, 이와 같이 관측되지 않은 강우 지속기간에 대한 확률강우량을 산정하는 방법의 하나로써, 서로 다른 지속기간을 가지는 강우량 자료간의 스케일 동일성질(scaling invariance property)을 이용하여 확률강우량을 산정하는 절차를 구축하고, 국내에서 강우자료의 기록년이 길고 비교적 자료의 신뢰성이 높다고 판단되어지는 대구지역을 대상으로 적용성을 평가해보고자 한다.

2. 기본이론

2.1 스케일링(Scaling)의 정의 및 산정

Fedder(1988)에 의하면 스케일링 성질은 다음과 같이 정의할 수 있다.

* 정회원 · 연세대학교 대학원 토목공학과 석사과정 · E-mail: yhjung2000@yonsei.ac.kr

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

*** 정회원 · 세종대학교 토목공학과 BK21교수 · 공학박사 · E-mail: chaucer@yonsei.ac.kr

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

$$f(x) = C(\lambda)f(\lambda x) \quad (1)$$

여기서 $f(x)$ 는 스케일링 함수이고 λ 는 스케일 인자(scale factor)이며 $C(\lambda)$ 은 λ 에 대한 함수이다. 따라서 β 가 일정할 때 $C(\lambda) = \lambda^{-\beta}$ 이며, NCM(Non-Central Moment)의 차수 k , μ_k 와 변수 x 의 관계는 일반적으로 다음과 같다(Nguyen et al., 2002).

$$\mu_k = E\{f^k(x)\} = \alpha(k)x^{\beta(k)} \quad (2)$$

위 식(2)에서 만약 exponent $\beta(k)$ 값이 k 의 함수가 선형이 아닐 경우에는 멀티스케일링(multiscaling)이 된다(Gupta and Waymire, 1990).

본 연구에서는 GEV분포를 사용하였으며, GEV분포의 누가분포함수(Cumulative Distribution Function, CDF)는 다음과 같다.

$$F(x) = \exp\left\{-\left[1 - \frac{k(x-\xi)}{a}\right]^{1/k}\right\} \quad \text{for } k \neq 0 \quad (3)$$

Bougadis and Adamowski(2006)에 의해 연구된 GEV 분포에 대한 확률강우량은 다음과 같이 정의된다.

$$q = \xi + \frac{\alpha}{k}\{1 - [-\ln(p)]^k\} \quad (4)$$

여기서 ξ 는 위치 매개변수이고, α 는 규모 매개변수이며 k 는 형상 매개변수, p 는 초과확률($1 - \frac{1}{T}$)이고 T 는 재현기간이다.

3. 단일 스케일링(Simple scaling)의 적용

3.1 단일 스케일링의 확률강우량 산정

본 연구에서는 기상청에서 보유한 지점자료 중 자료기간이 89개(1914년~2004년)로 우리나라에서 기록기간이 가장 긴 지역인 대구지역의 연최대강수량에 대한 기본통계량 값을 산정하였다. 단일 스케일링에 적용하기 위하여 기본 통계량 값을 산정하는 것은 대략적인 분포형태를 알 수 있을 뿐만 아니라 단일 스케일링의 확률강우량을 산정하기 위한 기초가 된다. 정리하여 나타내면 표 1과 같다. 모멘트의 단위는 (mm^l : l =차수)로 나타내었으며, 적정분포형은 GEV분포를 선정하였다.

표 1. 지속기간 1시간에서 24시간에 대한 연최대강수량의 기본통계량(대구)

기본통계량	지속기간(hr)				
	1	3	6	12	24
자료수(N)	89	89	89	89	89
합계	30861	48688	61967	77547	100181
평균($\hat{E}[Q]$)	346.753	547.056	696.258	871.315	1125.629
분산(Var)	18265.107	41931.649	70061.720	121597.092	207271.986
표준편차	135.148	204.772	264.692	348.708	455.271
변동계수(V)	0.390	0.374	0.380	0.400	0.404
2차 모멘트($\hat{E}[Q^2]$)	138502.6	341202.1	554837.5	880786.2	1474313
3차 모멘트($\hat{E}[Q^3]$)	63622865	2.4E+08	4.99E+08	1.02E+09	2.19E+09
4차 모멘트($\hat{E}[Q^4]$)	3.33E+10	1.86E+11	4.98E+11	1.34E+12	3.6E+12
5차 모멘트($\hat{E}[Q^5]$)	1.95E+13	1.57E+14	5.37E+14	1.94E+15	6.42E+15

위에서 정의된 식(1)의 방법과 기본통계량을 바탕으로 대구지역을 전대수지상에 모멘트의 차수에 따라 지속기간에 대하여 모멘트값을 분포시킨 후 회귀분석 하여 나타내면 그림 1과 같다(Burlando and Rosso, 1996). 그림 1에서 회귀분석으로 산정한 scaling exponent 값이 신뢰구간 상에서 벗어나는지 확인하기 위해

유의 수준 5%에서의 상한계와 하한계를 적용하여 분석하면 그림 2와 같다. 그림 2에서 뚜렷하게 알 수 있듯이 적정 유의수준 5%의 신뢰구간에 포함되므로 단일 스케일링의 적용성이 높은 것으로 판단된다.

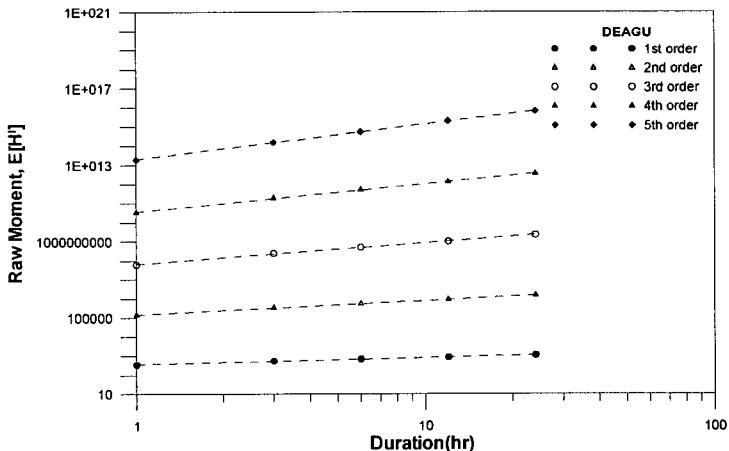


그림 1. 지속기간에 대한 모멘트별 스케일링

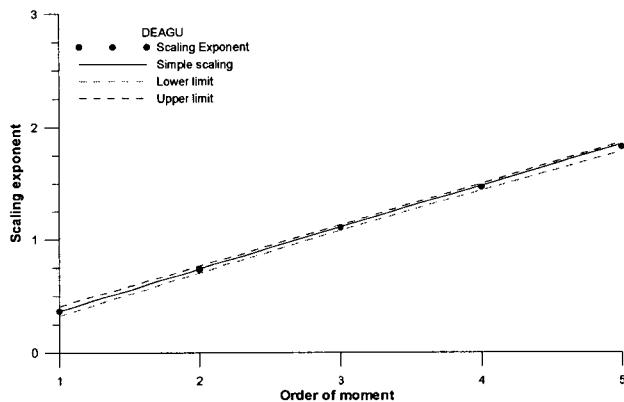


그림 2. 모멘트 차수에 따른 기울기의 신뢰구간

4. 확률강우량의 비교

4.1 단일 스케일링의 확률강우량과 실측값의 확률강우량 비교

총 4개의 지속기간에 대하여 스케일링을 이용한 확률강우량과 빈도해석 프로그램인 FARD2006으로 산정한 결과를 비교하였고 결과는 그림 3과 같다. 그림 3을 살펴보면 지속기간이 24시간인 장기간에 대해서는 재현기간이 증가할수록 스케일링을 이용한 확률강우량이 단기간 지속기간보다 증가하는 것을 알 수 있다. 또한 스케일링이 지속기간 12시간까지는 높은 적용성을 보였으며, 24시간 이후의 지속기간에서는 실측값과 추정치의 차이가 조금씩 증가하는 경향을 보였다. 따라서 단일 스케일링의 확률강우량 산정방법은 24시간 이전의 단기간 지속기간에 대해 높은 적용성을 보인다고 판단되며 반대로 24시간 이후의 장기간 지속기간에서 스케일링의 확률강우량 값이 과다 추정됨을 알 수 있다. 지속기간 24시간에 대한 편차에 관해서는 차후 연구를 통해 분석할 필요가 있다고 판단된다.

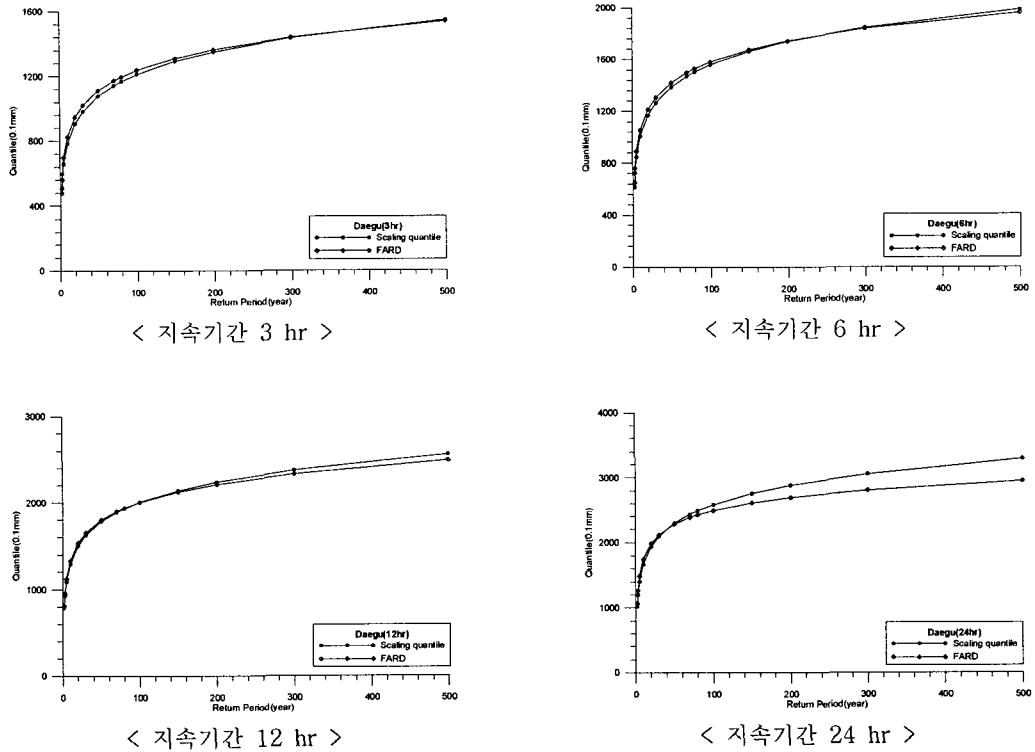


그림 3. 대구지역의 재현기간별 확률강우량의 비교

5. 결 론

본 연구에서는 스케일링을 통해 확률강우량을 산정한 값과 빈도해석의 방법으로 산정한 FARD2006 프로그램의 결과와 비교하여 적용성을 살펴보았다. 그 결과 12시간 이전의 단기간 지속기간에서는 두 가지 방법 모두 높은 동일한 적용성을 보였으며, 지속기간 24시간 이후의 장기간 지속시간에 대해서는 스케일링을 통한 확률강우량 산정한 값이 다소 과다추정됨을 알 수 있었다. 따라서 지속시간 12시간 이전의 단기간에 대해서는 스케일링성질을 이용한 확률강우량 산정의 적용성이 높음을 알 수 있다.

감 사 의 글

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

참 고 문 헌

1. Bougadis, J. and Adamowski, K. (2006). Scaling model of a rainfall intensity-duration-frequency relationship, *Hydrological Processes*, No 20, pp. 3747-3757.
2. Burlando, P. and Rosso, R. (1996). Scaling and multiscaling models of depth-duration-frequency curves for storm precipitation, *Journal of Hydrology*, Vol. 187, pp. 45-64.

3. Fedder, J. (1988). Fractals, Plenum Press, New York, pp. 283.
4. Gupta, V.K. and Waymire, E. (1990). Multiscaling properties of spatial rainfall and river flow distributions, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 95(D3), pp. 1999–2009.
5. Nguyen, V.T.V., Nguyen, T.D. and Ashkar, F. (2002). Regional frequency analysis of extreme rainfalls, *Water Science and Technology*, Vol. 45, No. 2, pp. 75–81.