

유역의 시·공간적 분포특성을 고려한 면적감소계수 산정

Estimation of Areal Reduction Factor(ARF) Based on Temporal and Spatial Characteristics of Basin

윤용남*, 강성규**, 장수형***

Yong Nam Yoon, Seong Kyu Kang, Su Hyung Jang

요 지

설계홍수량 산정시 입력자료로 이용되는 확률강우량은 동시간 강우에 의한 감소효과가 고려된 면적평균확률강우량이어야 하며, 이는 지점평균확률강우량에 면적감소계수를 곱하여 산정하게 된다. 본 연구에서는 유역의 시·공간적 특성이 반영되도록 면적감소계수(Areal Reduction Factor, ARF)를 산정하여 특정유역에 적용할 수 있도록 제시하였다. 현재 우리나라에서 사용하고 있는 면적감소계수는 대부분 면적고정형 방법을 이용하여 산정한 한강유역의 면적감소계수로, 유역 특성 및 강우 특성이 다른 중·소규모하천에 적용이 어려운 실정이다. 이에 중규모 하천인 삼교천의 면적감소계수를 산정하고, 중요한 요소의 하나인 면적 증분방향에 대한 기준을 제시하고자 하였으며, 면적 증분방향과 관측소간의 영향을 시·공간적으로 분석함으로써 유역에 적합한 면적감소계수산정방법에 대한 바람직한 방향을 제시할 수 있었다.

핵심용어 : 면적감소계수, 지점평균확률강우량, 면적평균확률강우량, 면적증분방향

1. 서론

수공구조물의 설계시 그 설계기준으로 설계 홍수량을 이용하며, 설계 홍수량의 산정은 확률 강우량과 단위도에 의해 결정된다. 이 중 확률 강우량은 지점 확률 강우량이 아닌 공간적 분포가 이루어진 면적 확률 강우량을 의미한다. 실제 강우가 유역 전반에 걸쳐 동일하게 발생할 경우는 드물며, 강우의 공간분포 및 이동에 의하여 동시간 강우는 지점의 최대강우량보다 작게된다. 즉, 면적감소계수(Areal Reduction Factor, ARF)는 지점평균 확률강우량과 면적평균 확률강우량의 비가 된다. 따라서 이러한 동시간 강우에 의한 감소효과를 확률강우량 산정시 고려해 주어야 하나, 우리나라의 경우 적용기준으로 제시하고 있는 하천시설기준(건교부,1993), 하천설계기준(한국수자원학회,2000)의 경우는 Thiessen 가중평균법 혹은 등우선법에 의하여 면적 확률 강우량을 얻을 수 있다고 하나, 이는 지점의 평균 확률 강우량을 의미하므로, 면적 확률강우량이 아니다. 또한, 국내의 면적감소계수에 대한 연구는 대부분 한강유역을 대상으로 하여 지형변화가 심한 우리나라의 전 유역에 사용하는 것은 불합리하며, 대 유역의 면적 감소계수를 중·소유역에 적용하는 것 또한 불합리하다. 한편, 면적감소계수 산정시 면적의 증가방향이 유역의 공간적 분포특성을 고려하는 중요한 인자임에도 불구하고 이에 대한 명확한 근거가 부족하며, 임의적인 경향이 있다.

본 연구에서는 삼교천 유역의 면적감소계수를 1시간 단위의 임의시간자료를 이용하여, 지점평균 확률강우량과 면적평균 확률강우량의 비로 산정하고, 면적의 증분방향을 유수의 진행방향을 고려하여 상류에서 하류방향으로 홍

* 정회원 · 고려대학교 사회환경시스템공학과 교수 · Email : ynvoon@korea.ac.kr

** 정회원 · 고려대학교 사회환경시스템공학과 석사과정 · Email : op6313@korea.com

*** 정회원 · 고려대학교 사회환경시스템공학과 박사과정 · Email : angel452@korea.ac.kr

수량산정지점별로 산정하여, 유역의 크기나 면적 증분방향 그리고 관측소간의 영향을 분석함으로써 유역에 적합한 면적감소계수 산정방법에 대한 바람직한 방향을 제시하고자 한다.

2. 면적감소계수의 산정

대상유역인 삼교천은 그 유역면적이 1650km²이며 강우자료는 동일기간 강우자료를 30년 이상 획득할 수 있는 부여, 보령, 서산, 천안의 4개 기상청 관측소의 시간단위로 관측된 임의시간 강우자료(1973 ~ 2002, 30개년)를 사용하였다. 확률강우량 산정시 분포형은 Log-Normal(LN2P, LN3P), Gamma (GAM2P, GAM3P), Log-Pearson Type-III(LP3P), Gumbel, Generalized Extream Value 분포를 사용하였으며, χ^2 , K-S, Robustness, PPCC 검정결과 기각된 LN3P, GAM2P, GAM3P, LP3P 분포형을 제외하였고, Gumbel 분포형을 이용하였다. 한편 면적의 증분방향에 따른 홍수량산정 지점별 누가 면적은 표 1과 같으며, 삼교천유역의 우량관측소 및 Thiessen망도는 그림 1과 같다. 그림에서 부여 및 보령지점은 지면상 실제 위치가 아닌 조정된 위치로 표시하였다. 유역내 위치한 4개 강우관측소중 부여, 보령지점은 유역으로부터의 거리가 있으나, 신뢰도 높은 강우자료를 얻을 수 있으며, 위치적으로 동시간 강우에 의한 감소효과를 보일 것으로 판단되며, 확률강우량의 경우 유역면적의 대부분을 천안, 서산 지점이 차지하여 강우량을 대표하는데 문제가 없을 것으로 보인다.

표 1. ARF 산정지점별 누가 면적 (단위: km²)

구분	무 한 천										삼 교 천			
증분 방향	MH9	MH8	MH7	MH6	MH5	MH4	MH3	MH2	MH1	MH0	SK3	SK2	SK1	SK0
유역 면적	60.26	78.75	114.69	136.31	146.55	362.34	381.87	408.27	436.87	463.94	913.76	987.00	1523.32	1649.39



그림 1. 삼교천유역의 우량관측소, Thiessen망도

면적감소계수 산정을 위해 관측소별, 지속시간별 연 최대강우계열을 작성하고 이를 빈도 분석하여 지점확률강우량을 산정한 후, 면적감소계수 산정지점에 대한 지속시간별, 재현기간별로 지점평균확률강우량을 Thiessen 가중치

를 부여하여 산정하였다. 또한, 지속시간별, 동시간 강우계열을 면적감소계수 산정지점별로 Thiessen 가중치를 부여하여 하나의 강우계열을 만든 후 연 최대강우계열을 빈도 분석하여 면적감소계수 산정지점에 대한 지속시간별, 재현기간별 면적확률강우량을 산정하였다. 그리고, 면적감소계수 산정지점별로 지점평균확률강우량과 면적평균확률강우량의 비를 면적감소계수로 하여 지속시간별, 재현기간별로 산정하였으며, 그 결과를 유역면적과 지속시간에 따른 회귀식을 찾아 도출하였다. 여기서 대상 회귀식은 지수형 적합방정식(Exponential fitting equations)을 이용하였다.

$$ARF(A) = 1 - M \exp^{-[aA^b]^{-1}} \quad (1)$$

여기서, M, a, b는 매개변수이고, A는 유역면적(km²)이다. 회귀분석 결과 회귀식의 결정계수는 재현기간별, 지속시간별로 차이가 있으나, 0.89~0.99 사이의 값을 보여 대체적으로 좋은 결과를 보였으며, 그 결과 중, 재현기간별 면적감소계수를 그림 2에 나타내었다.

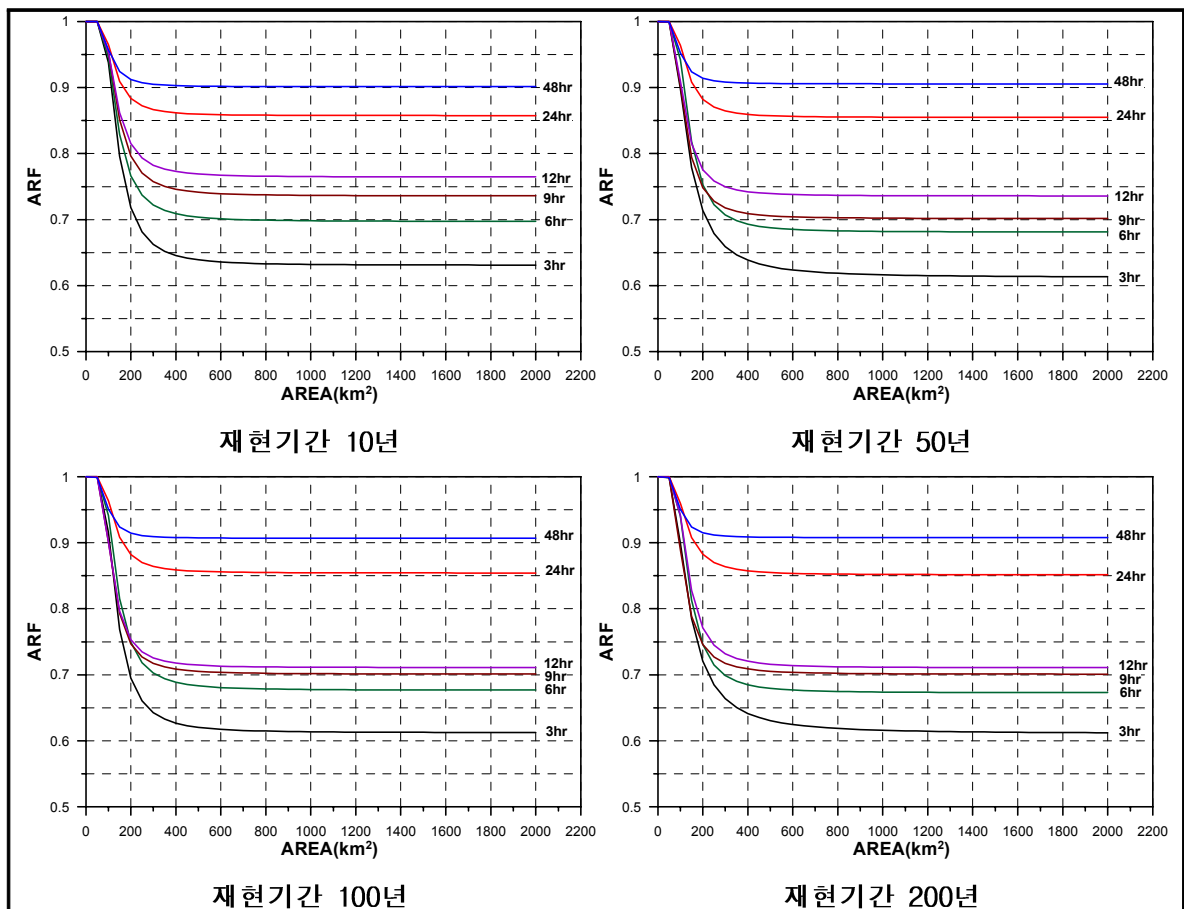


그림 2. 재현기간별 지속시간별 면적감소계수

3. 비교 및 고찰

3.1 면적 증분방향에 대한 고찰

그림 3은 무한천~삼교천 방향이 아닌 삼교천 상류에서부터 하류로의 면적증분의 결과로 구한 면적감소계수이다. 이 경우, 무한천이 합류된 이후의 지점인 SK3지점 이전의 상류는 보령지점에 의해 면적 감소계수가 지배되며,

중류의 경우 서산지점의 영향이 절대적이다. 이는, 면적감소계수가 아닌 한 지점 확률 강우의 특성이며, 보령, 부여 및 천안의 강우가 영향을 미치는 지점에서부터 동일기간 강우에 의한 감소효과가 나타남을 알 수 있다. 여기에서 호우중심형, 혹은 관측소간 거리가 고려되지 않은 면적고정형 면적감소계수 산정방법의 결점이 드러나며, 면적감소계수 산정시 면적증분의 방향이 큰 영향을 미치고 있음을 알 수 있다. 즉, 면적감소계수의 산정시 강우관측소의 영향을 고려한 면적증분이 필요하고, 호우의 중심은 실제 강우시 항상 다르므로, 별도의 연구가 없다면 강우관측소를 최대한 많이 포함시키되, 그 면적의 증분방향은 유수의 흐름방향으로 하여 산정하는 것이 옳을 것으로 판단된다.

3.2 기존의 면적감소계수와 비교

본 연구에서 산정한 면적 감소계수는 기존의 연구와 같이 강우 지속시간이 길어질수록, 재현기간이 짧아질수록 증가하는 경향을 보인다. 그러나 그림 4와 같이 건교부의 한국확률 강우량도에서 한강유역에 적용하여 산정한 면적감소계수와 유역면적에 따른 차이가 극명하게 나타났다. 이는 삼교천 유역과 한강유역의 국부적 호우의 특성이 다르며, 지역별 편차가 크고, 대상유역이 중규모의 삼교천과 대규모의 한강유역의 공간적 특성이 다르기 때문으로 판단된다. 따라서, 설계홍수량 산정을 위한 면적확률강우량산정에 있어 한강유역의 면적감소계수를 동일하게 적용하는 것은 타당하지 않을 것으로 판단된다.

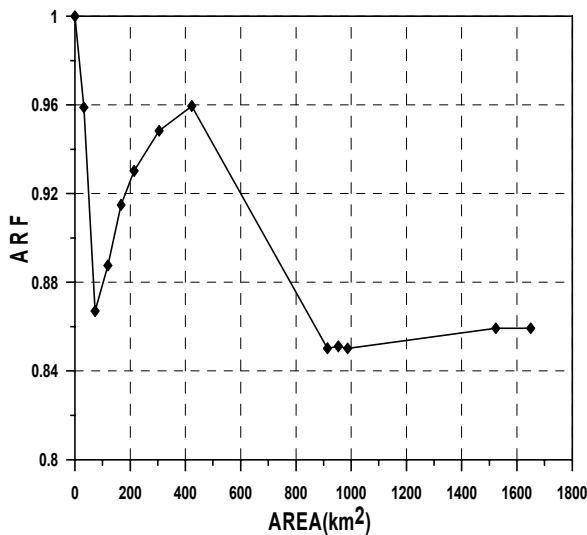


그림 3

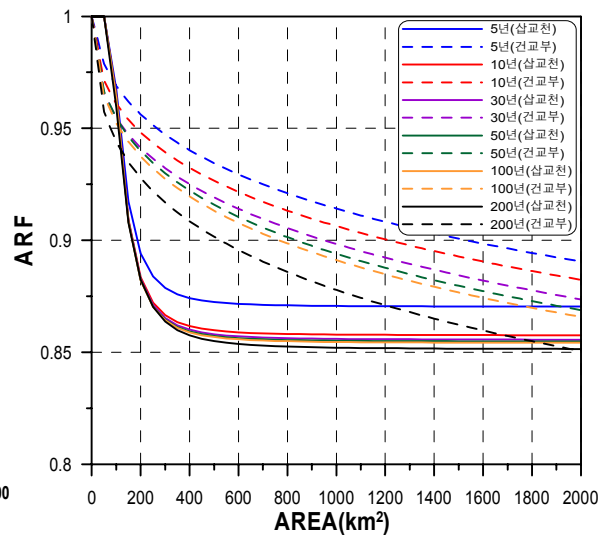


그림 4

4. 결론

본 연구에서는 중규모의 삼교천 유역에 면적고정형 방법으로 지속시간에 따른 재현기간별 면적감소계수를 산정하고, 면적에 따른 면적감소계수 회귀곡선을 유도하였다. 그 결과 기존의 한강유역을 대상으로 한 면적감소계수와 그 성향은 비슷하나, 유역면적 400 km²까지는 면적감소계수가 급격히 감소하고, 그 이후에서는 그 변화가 적어 한강유역의 면적감소계수와 편차가 대단히 큼을 알 수 있었다. 따라서 한 유역에서 산정된 면적감소계수를 다른 지역, 규모의 하천에서 그대로 사용할 수는 없을 것으로 판단된다. 다만, 본 논문의 대상유역인 삼교천의 경우, 자료관측기간 및 신뢰성을 고려하여, 4개지점의 강우자료만을 사용하였기 때문에 실제 면적감소계수와는 차이가 있을 수 있다. 삼교천 유역의 면적감소계수의 재현기간별 회귀식은 아래의 표 2와 같다. 면적 면적감소계수는 지점평균확률강우량과 면적평균확률강우량의 비로 얻어지는 만큼, 설계 홍수량 산정시 지점평균확률강우량을 이용하여 공간분포된 면적평균확률강우량을 얻을 수 있는 방향을 제시할 수 있었으며, 면적고정형 방법으로 면적감소계수를 산정할 경우, 강우관측소의 밀도가 높아야 하며 면적의 증분방향은 관측소간 거리가 짧아 각 지점의 동시간 강우

에 의한 감소효과를 충분히 반영할 수 있는 방향으로 증가시켜야 한다.

표 2. 강우지속시간-재현기간별 면적감소계수 관계곡선의 매개변수

재현기간 (년)	매개 변수	지속시간(시간, hour)					
		3	6	9	12	24	48
5	M	0.3570	0.1955	0.1798	0.1558	0.1296	0.0886
	a	2.0425×10^{-6}	2.385×10^{-5}	1.971×10^{-6}	3.096×10^{-6}	2.126×10^{-6}	2.688×10^{-6}
	b	2.7227	2.2934	2.7277	2.7327	2.766	2.8405
10	M	0.3691	0.3027	0.2641	0.2355	0.1424	0.0986
	a	2.019×10^{-6}	1.968×10^{-6}	1.956×10^{-6}	2.012×10^{-6}	1.815×10^{-6}	2.606×10^{-6}
	b	2.722	2.7344	2.7346	2.7436	2.7968	2.8321
20	M	0.3776	0.3107	0.2710	0.2456	0.1439	0.0963
	a	1.929×10^{-6}	1.853×10^{-6}	2.443×10^{-6}	1.989×10^{-6}	2.299×10^{-6}	2.586×10^{-6}
	b	2.7284	2.7486	2.6591	2.7481	2.748	2.8571
30	M	0.3799	0.3147	0.2793	0.2504	0.1444	0.0953
	a	2.397×10^{-6}	1.905×10^{-6}	1.941×10^{-6}	1.948×10^{-6}	2.455×10^{-6}	2.467×10^{-6}
	b	2.6048	2.7433	2.7392	2.7533	2.733	2.733
50	M	0.3874	0.3188	0.2984	0.2642	0.1452	0.0944
	a	3.992×10^{-5}	1.913×10^{-6}	3.191×10^{-6}	3.389×10^{-6}	2.503×10^{-6}	2.658×10^{-6}
	b	2.1366	2.7432	2.7227	2.7189	2.7286	2.8712
80	M	0.3911	0.3219	0.2987	0.2784	0.1461	0.0827
	a	4.410×10^{-4}	1.878×10^{-6}	1.982×10^{-6}	3.711×10^{-6}	1.275×10^{-5}	2.413×10^{-6}
	b	1.6115	2.747	2.739	2.7146	2.3961	2.9129
100	M	0.3876	0.3233	0.2989	0.2891	0.1458	0.0931
	a	3.022×10^{-6}	1.884×10^{-6}	3.065×10^{-6}	2.908×10^{-6}	2.816×10^{-6}	2.491×10^{-6}
	b	2.6683	2.7469	2.7342	2.753	2.7036	2.8982
200	M	0.3890	0.3271	0.2991	0.2893	0.1486	0.0922
	a	6.632×10^{-5}	1.847×10^{-6}	6.136×10^{-6}	1.831×10^{-6}	8.873×10^{-6}	2.583×10^{-6}
	b	2.0243	2.7512	2.6067	2.767	2.4688	2.8981

참 고 문 헌

1. 윤용남 (1998), 공업수문학, 청문각, pp 71-77.
2. 정중호, 윤용남 (2003), 수자원설계실무, 구미서관, pp 96-101.
3. 한국수자원학회 (2000), 하천설계기준
4. 건설부(1993), 하천시설기준
5. 정중호, 나창진, 윤용남(2002), “한강유역의 면적감소계수 산정”, 한국수자원학회논문집, 제 35권, 제 2호, pp 173-186
6. Murugesu Sivapalan and Gunter Bloschl(1998), “Transformation of point rainfall to areal rainfall: Intensity-duration-frequency curves”, Journal of Hydrology, Vol. 204 pp 150-167