유역의 대표누가우량곡선 작성방법에 관한 연구

A Study on the method of development for Representative Cumulative Rainfall Curves

장수형*, 박민석**, 윤재영***, 안재현****, 윤용남*****

Su Hyung Jang, Min Seok Park, Jae Young Yoon, Jae Hyun Ahn , Yong Nam Yoon

요 지

본 연구에서는 홍수량 산정시 강우-유출모형의 입력인자인 강우의 시간에 대한 작성방법의 방향을 제시하였다. 적용은 무한천 예당지지점에 대하여 적용하였으며, 대표누가우량 작성은 Huff(1967)와 건교부(2000)에서 사용된 방법과 동일하나 유역내·외의 우량관측소 영향이 적절히 고려될 수 있도록 홍수량 산정지점의 동시간 강우자료를 이용하였다. 연구결과, 실무에서 적용하기 위한 유역의 대표누가우량곡선 작성방안은 본 연구에서 제시한 방법이 최선의 대안으로 검토되었다.

핵심용어 : 설계강우의 시간분포, Huff의 4분위법, 대표누가우량곡선

1. 서 론

홍수량 산정을 위해 결정되는 설계강우의 시간분포특성은 첨두유출량 및 유출수문곡선의 형상에 지배적인 영향을 미치며, 동일한 강우량이라 할지라도 강우의 시간적 분포에 따라 홍수유출특성은 크게 달라지게 된다. 또한, 해당지역의 과거 강우자료로부터 강우지속기간동안에 총강우량이 시간의 경과에 따라 어떻게 분포하는가를 통계학적으로 분석하여 그 지역에 적합한 시간분포를 결정하는 것이 원칙이나 쉽지 않은 관계로 기존 연구결과의 내용을 이용하고 있는 실정이다. 이러한 국내·외적으로 연구되어온 설계강우의 시간분포방법은 대부분 많은 유사성을 띄고 있으며, 설계호우 구축을 위한 강우의 시간분포 분석방법은 우시간분포의 임의배열형태, I-D-F관계를 이용하는 방법, 과거 관측강우자료의 통계학적 분석을 통한방법, 기타방법 등 크게 네 가지로 구분된다(하천설계기준, 2002).

국내의 경우 하천정비기본계획 및 하천대장작성 지침(건교부, 2003)에 따르면 강우시간분포의 결정은 blocking 방법을 지양하고 Huff 분포 사용을 권장하고 있어 국내 실무 대부분이 대표누가우량곡선으로 한국건설기술연구원(2000) 지역적 설계 강우의 시간적 분포의 연구보고서에서 국내 기상청 산하 71개 관측소의 자기우량기록을 이용하여 Huff(1967)의 4분위법과 같은 방법으로 제시한 무차원 누가우량곡선을 이용하고 있다.

그러나, 유역내·외 여러 우량관측소가 있을 경우 특정 홍수량산정지점이나 유역을 대표하는 하나의 대표우량곡선을 채택하는 데는 여러 문제점이 있다. 예를 들어, 지속시간별 우량관측소간의 최빈분위가 각각 다를 경우 유역을 대표하는 우량관측소의 선정이 쉽지 않고 만약, 모든 관측소의 최빈분위가 같다 할지라도 관측소간의 누가우량곡선은 차이가 나기 마련이다.

* 정회원·고려대학교 사환경시스템공학과 박사수료·E-mail:angel452@korea.ac.kr
** 정회원·고려대학교 사환경시스템공학과 공학석사·E-mail:watertiger@korea.ac.kr
*** 정회원·고려대학교 환경시스템공학과 교수·E-mail:jyyoon@korea.ac.kr
*** 정회원·서경대학교 토목공학과 교수·E-mail:wrr@skuniv.ac.kr
**** 정회원·고려대학교 사환경시스템공학과 교수·E-mail:ynyoon@korea.ac.kr

이러한 경우 실무자들이 적용할 수 있는 특별한 방법이 없기 때문에 통상 우량관측소의 면적가중치가 가장 큰 우량관측소를 대표우량관측소로 채택하거나 우량관측소간의 무차원 누가우량곡선을 면적가중하여 적용하기도 한다. 하지만, 이러한 방법에는 한계가 있으며 유역을 대표하는 누가우량곡선이라 할 수 없다.

따라서 본 연구에서는 유역의 대표누가우량곡선을 작성하는 방법으로 특정지점(홍수량산정지점)에서 인근 우량관측소 동시간 강우자료를 면적가중평균하여 하나의 강우자료로 작성하고 건설기술연구원(2000)에서 적용한 방법과 같이 무차원 누가우량곡선을 제시할 수 있도록 하였다.

2. 대표누가우량곡선 작성방안

2.1 Huff의 4분위법

Huff(1967)는 미국 일리노이주의 강우기록을 통계학적으로 분석하여 강우량의 시간적 분포를 나타내는 무차원 시간분포곡선을 제시하였다. 이 분석에서는 강우의 누가곡선을 이용하여, 강우 지속기간을 4등분하였을 때 지속시간별 우량의 최대치가 어느 구간에서 나타나는지 조사하였다. 즉, 강우지속기간을 4등분하여 4구간으로 하였을 때 우량의 최대치가 강우초기에 해당하는 처음 1/4 시간구간에 있으면 제 1구간 호우(first-quartile storm), 2/4 시간구간에 있으면 제 2구간 호우(second-quartile storm), 3/4 시간구간에 있으면 제 3구간 호우(third-quartile storm), 그리고 마지막 구간일 경우는 제 4구간 호우(fourth-quartile storm)로 한 것이다.

이와 같이 4개 그룹으로 분류된 강우를 시간적으로 무차원화시키기 위하여 개개 강우의 누가지속시간과 이에 따른 누가강우량을 각각 백분율로 표시하였으며 이를 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$PT(i) = \frac{T(i)}{TO} \times 100\%$$

$$PR(i) = \frac{R(i)}{RO} \times 100\%$$

여기서, PT(i)는 임의시간 T(i)의 무차원 누가시간이며, T(i)는 강우시작 후 i번째 시각까지의 누가시간, TO는 총 강우지속기간, i는 단위증분회수, PR(i)는 임의시간 T(i)에서의 무차원 누가우량, R(i)는 임의시간 T(i)까지의 누가우량, RO는 총 강우지속시간 TO동안의 총우량이다.

2.2 대표누가우량곡선 작성방안

본 연구에서는 현재 우리나라 실무에서 주로 이용되며, 건교부(2000)의 하천정비기본계획 및 하천대장작성 지침에서 권장하고 있는 Huff(1967)의 4분위법과 동일한 방법을 적용하였다. 국내 실무 대부분이 한국건설기술연구원(2000) 지역적 설계 강우의 시간적 분포의 연구보고서에서 국내 기상청 산하 71개 관측소의 자기우량기록을 이용하여 분석한 대표누가우량곡선을 이용하고 있다. 그러나, 분석된 자료는 각 관측소에서의 대표누가우량곡선 일뿐 홍수량 산정지점에서는 하나의 독립된 대표누가우량곡선을 선정하여야 한다. 따라서, 실무자들이 적용할 수 있도록 무한천 예당지지점 지속시간 24시간 강우를 예를 들어 적용하였다.

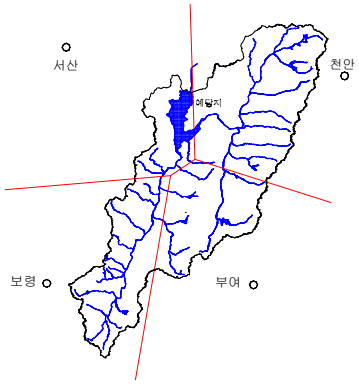


그림 1. 홍수량산정지점의 Thiessen Network

2.2.1 홍수량 산정지점 유역의 동시간 강우량자료 구축

강우는 유역전반에 걸쳐 균일한 경우가 거의 없으므로 유역 또는 홍수량산정지점에서의 우량주상도는 각기 다른 분포형상을 보인다. 그리고, 그림 1과 같이 무한천 예당지유역은 유역내·외에 여러 관측소가 있어 대표우량관측소 결정이 힘들기 때문에 실무자들은 대부분 면적가중치가 가장 큰 우량관측소를 대표 우량관측소로 적용하고 있다. 그러나, 가중면적이 가장 크다고 하여 유역을 대표할 수 없기 때문에 본 연구에서는 예당지지점 유역에 대하여 우량관측소별로 Thiessen 망을 구축하고 천안, 서산, 부여, 보령의 우량관측소별 동시간 강우량자료에 면적가중치를 부여함으로써 예당지지점을 대표하는 하나의 동시간 강우량 자료를 구축하였다.

2.2.2 지속시간별 호우구간의 설정

호우구간은 건설기술연구원(2000)에서와 같이 4개 분위으로 구분하고 홍수량 산정지점에서의 동시간 강우자료를 이용하여 지속시간 및 강우총량에 관계없이 모든 강우를 대상으로 4개 분위로 구분한 후 무차원화 시킨다. 이때 지속시간별 호우사상의 구분은 무강우가 6시간이하로 연속되면 하나의 호우로 정의한다(Huff, 1967).

2.2.3 지속시간별, 확률구간별 무차원누가우량곡선 작성

모든 호우사상에 대하여 4개 분위로 구분된 무차원누가우량곡선을 각 분위별로 무차원 지속기간별 강우량비를 Weibull 도시위치공식을 이용하여 확률을 부여한다. 각 구간별 확률계산시 무차원 지속기간은 10개 간격으로 분할하고, 10개 간격별 확률을 10%간격 즉, 10%, 20%, 30%, ..., 90%로 하여 무차원 누가곡선을 계산한다. 표 1과 그림 2는 예당지지점의 무차원누가우량곡선(2분위)이다. 이와 같은 방법으로 4개 분위에 대하여 무차원 지속시간별 누가우량을 작성한다.

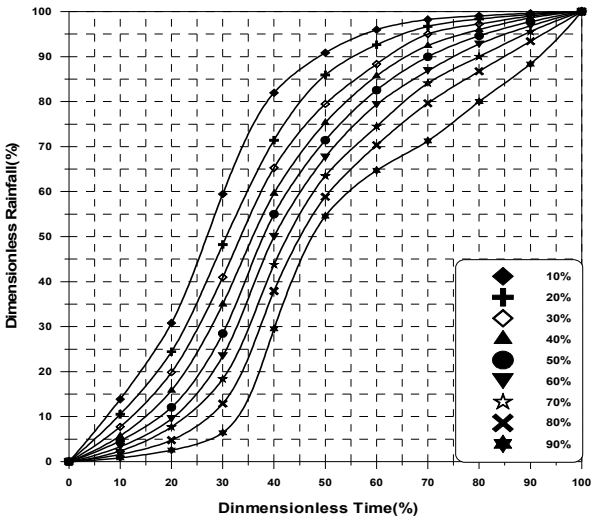


그림 2. 홍수량 산정지점 무차원누가우량곡선

표 1. 무차원 지속시간별, 누가우량(2분위)

PROB / DUR	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
0%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10%	13.89	10.53	7.74	5.71	4.64	3.34	2.38	1.62	0.86
20%	30.81	24.44	19.87	15.84	12.08	9.51	7.73	4.79	2.55
30%	59.44	48.26	40.99	35.02	28.48	23.45	18.36	12.89	6.44
40%	81.97	71.43	65.29	59.61	55.00	50.00	43.76	37.92	29.51
50%	90.86	85.92	79.49	75.31	71.43	67.66	63.48	58.85	54.55
60%	95.98	92.63	88.33	85.71	82.55	79.34	74.46	70.32	64.72
70%	98.23	96.71	95.00	92.44	89.96	86.83	84.10	79.63	71.28
80%	99.05	98.36	97.25	96.00	94.62	92.76	90.01	86.74	80.00
90%	99.64	99.39	99.02	98.60	97.74	96.83	95.56	93.41	88.37
100%	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

2.2.4 호우사상의 지속시간별 분위별 Storm Event No. 산정

홍수량 산정지점의 대표누가우량곡선을 선정하기 위해서는 표 2와 같이 지속시간을 구분하여 분위별

표 2. 지속시간 구간별 분위별 Storm Event No.

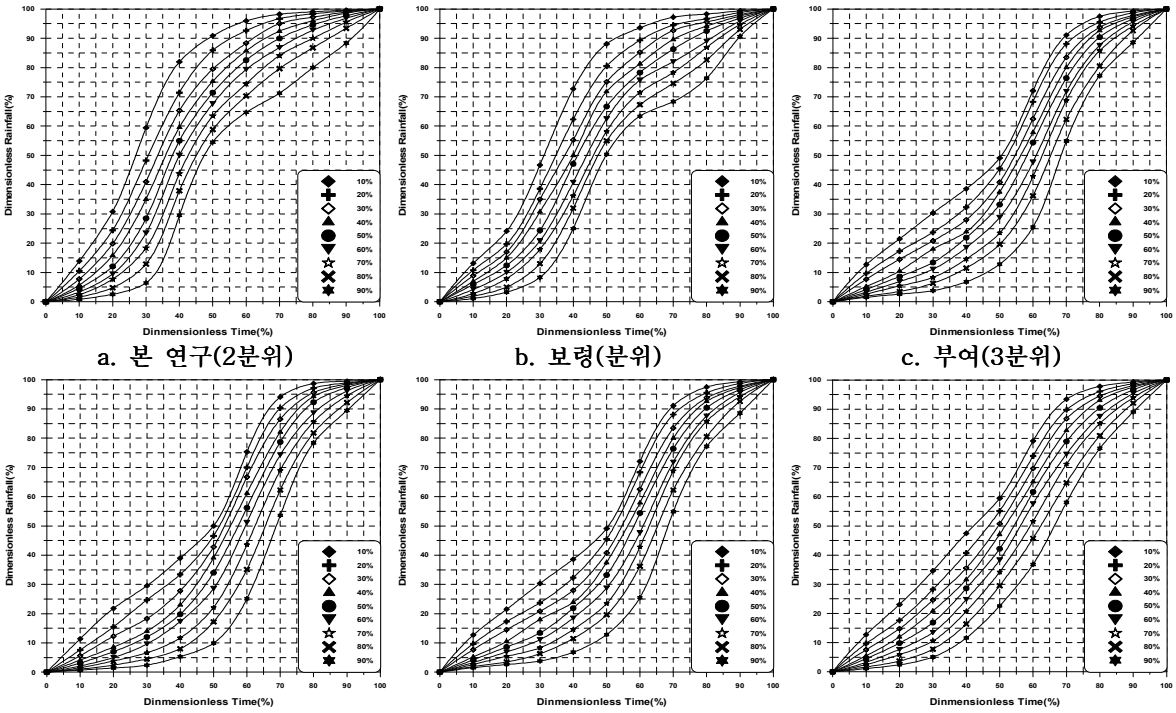
지속시간	분위별 Storm Event No.			
	1분위	2분위	3분위	4분위
6시간이하	133	87	48	96
7-12	91	92	84	81
13-18	56	61	67	29
19-24	18	58	46	21
25-	49	69	71	37

로 과거 호우사상의 수를 분석하여 지속시간별로 최빈분위를 선정하고 최빈분위에 해당되는 무차원누가우량곡선을 홍수량산정지점의 대표누가우량곡선으로 최종 선택하게 된다.

3. 비교·검토

본 연구에서 적용한 방법과 실무자들이 통상 이용하고 있는 방법들을 무차원 누가우량곡선, 우량주상도에 대하여 비교하였다.

검토결과 예당저수지 유역 인근 4개 관측소의 지속시간 24시간에 대한 최빈분위는 보령 2분위, 부여 3분위, 서산 3분위, 천안 3분위로 동일한 지속시간에 대하여 최빈분위가 달라 적용분위의 선정 또한 문제점으로 분석되었다. 반면, 본 연구에서 제시한 예당지지점의 동시간 자료로부터 분석된 대표누가우량곡선은 2분위가 선정되어 대조를 보였다. 그리고, 4개 관측소에 대한 면적가중치를 부여하여 선정된 대표누가우량곡선은 그림 3의 f와 같다. 무차원 누가우량곡선의 형태 또한 방법별로 상이하여 실무자들이 어떤 방법을 선택하는냐에 따라 첨두홍수량 뿐만 아니라 수문곡선의 형태가 달라질 수 있다. 그림 4의 확률구간 50%에 대한 우량주상도에서도 이와 같은 특성이 보다 확실히 나타난다.



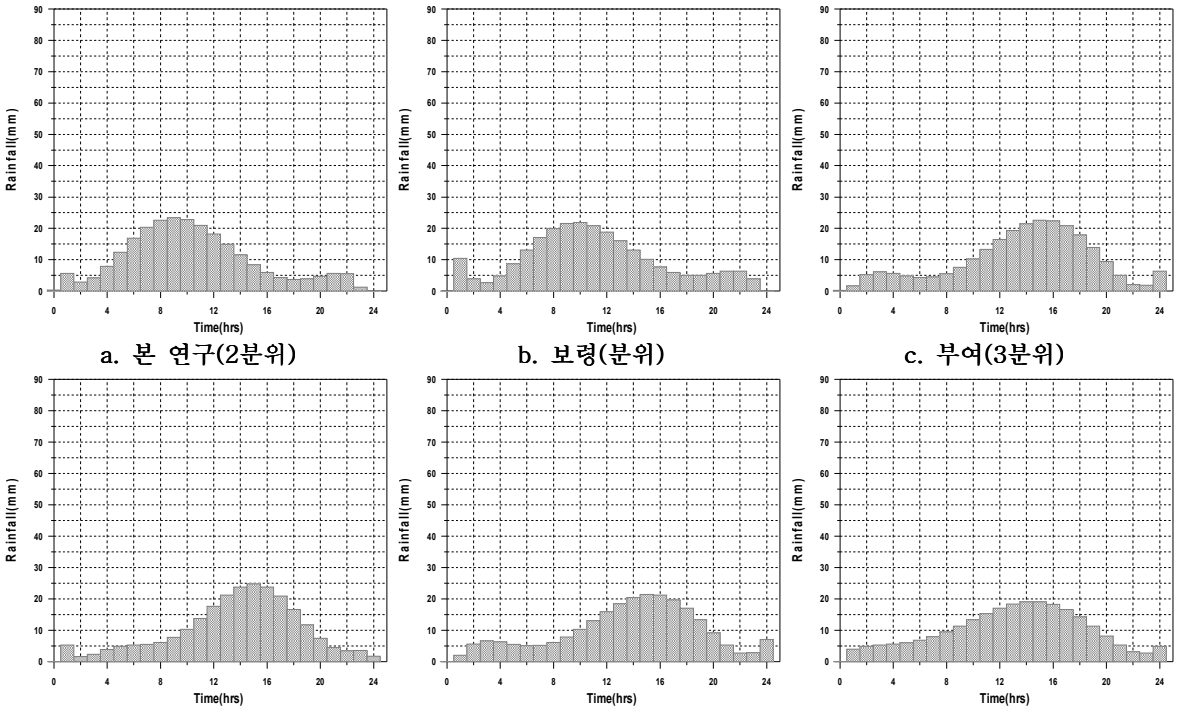
a. 본 연구(2분위) b. 보령(분위) c. 부여(3분위)

d. 서산(3분위) e. 천안(3분위) f. 4개지점 면적가중평균

그림 3. 무차원 누가우량곡선 비교

3. 결 론

본 연구에서는 강우-유출모형의 입력인자인 강우를 유역 내 시·공간적 특성이 반영될 수 있도록 대표누가우량곡선 작성방안을 제시하였다. 강우의 시간분포는 첨두홍수량 뿐 아니라 수문곡선의 형상에도 지대한 영향을 끼치기 때문에 신중을 기해야 하며, 본 연구에서 제시한 방법을 적용할 경우 유역의 대표성에 대한 고민과 신뢰성 확보에도 보다 합리적일 것이라 판단된다.



a. 본 연구(2분위) b. 보령(분위) c. 부여(3분위)

d. 서산(3분위) e. 천안(3분위) f. 4개지점 면적가중평균

그림 4. 우량주상도 비교(확률구간 50%)

참 고 문 헌

1. 건설교통부(2000) **지역적 설계 강우의 시간분포**. 수자원 관리기법 개발연구조사 연구보고서, 한국건설기술연구원
2. 박찬형(1981) 소유역의 설계우량 산정을 위한 강우형상분석에 관한 연구. **한국수문학회지**, 한국수문학회, Vol. 15, No. 4, pp. 13-18.
3. 서병하, 강관원, 윤용남(1981) 도시하수도망의 수문학적 평가와 설계확률유량의 점대화 성향에 관한 연구(제 1보). **한국수문학회지**, 한국수문학회, Vol. 14, No. 4, pp. 27-33.
3. 서승덕(1965) 폭우의 시간적 분포에 관한 고찰. **한국농공학회지**, 한국농공학회, Vol. 7, No. 2, pp. 729-797.
4. 이근후(1983) **폭우의 시간적 분포에 관한 연구**. 박사학위 논문, 서울대학교 농공학과.
5. Huff F. A. (1967) Time Distribution of Rainfall in Heavy Storms. *Water resources research*, Vol. 3, No. 4, pp. 1007-1019.