

# 강우의 통계적 특성을 고려한 설계강우분포 방법의 개발

## Development of Rainfall Distribution with Statistical Characteristics

윤용남\* / 박민석\*\* / 장수형\*\*\*

Yong Nam Yoon, Min Seock Park, Su Hyung Jang

### 요 지

본 연구에서는 유출해석에 있어서 중요한 기존 설계강우의 시간분포 방법의 문제점을 해결하고 강우의 통계적 특성과 유역특성에 맞는 설계강우의 시간분포 방법을 개발하고자 하였다. 홍수량 산정지점별로 인근 관측소의 Thiessen 가중치를 부여하여 지속시간별로 호우사상을 호우 중심에 따라 4개 분위로 구분한 다음 분위별 호우사상을 무차원화 하여 누가우량곡선으로 변환한 후 산정지점별로 지속시간별 설계강우를 분포시켰다. 본 연구의 결과로 지속시간별 분위기를 구분함으로써 기존 Huff의 4분위법에서 문제점으로 제시된 평활화된 무차원누가곡선으로 인한 침투홍수량의 과소산정 등을 해결할 수 있었고, 홍수량산정지점에 대하여 지점별 대표누가우량곡선의 작성이 가능하여 현재 제시된 우량관측소별 우량주상도의 지점별 적용시 대표 우량관측소 선정 등의 어려움을 해결할 수 있어 설계홍수량 산정시 유역의 시·공간적 특성에 따른 강우의 특성이 최대한 반영되도록 하였다.

**핵심용어** : 설계강우의 시간분포, Huff방법, 설계 홍수량

### 1. 서 론

확률강우량 등과 같은 설계강우의 경우에는 시간분포를 알 수 없으므로 인위적으로 분포시키는 방법을 적용하며, 이러한 시간분포형이 설계홍수량 수문곡선의 모양과 침투량에 많은 영향을 미치므로 설계강우의 시간분포 적용은 신중하게 고려되어야 한다. 해당 지역의 과거 강우자료로부터 강우지속기간 동안에 총강우량이 시간의 경과에 따라 어떤 분포를 갖는지를 통계학적으로 분석하여 그 지역에 적합한 시간분포 모형을 만드는 것이 원칙이다. 하지만, 복잡한 분포형을 만들어내는 것이 쉽지 않고 신뢰성이 적기 때문에 기존의 강우분포형을 많이 사용하고 있다.

기존의 방법 중에는 Huff(1967)의 4분위법이 많이 이용되고 있다. 국내에서는 국내 기상청 관측소별 과거 지속시간별 통계특성을 이용하여 분석된 「지역별 설계 강우의 시간분포(건교부, 2000)」의 Huff 4분위법이 기존 강우자료의 통계적 특성을 이용하고 있다하여 많이 이용되고 있다. 하지만, 기존의 Huff 방법은 여러 가지 문제점을 가지고 있다. 첫째, 분위가 동일하다면 전체 강우지속기간에 대하여 하나의 무차원 누가곡선을 적용하므로 지속기간의 길이에 따른 특성이 전혀 고려되지 않는다. 둘째, 평활화된 무차원 누가곡선은 단기간의 침투강우량을 실제 확률강우량처럼 높게 표현할 수 없으므로 소규모 유역의 침투홍수량을 매우 낮게 산정한다. 셋째, 채택된 분위에 따라 설계홍수량의 차이가 많으므로 최빈분위를 채택하는 원칙이 필요하지만, 중·소규모 유역의 최빈분위가 1분위나 2분위일때엔 초기손실의 영향으로 침투홍수량이 매우 낮게 산정되고, 1분위에서 4분위로 갈수록 침투홍수량이 증가하는 경향을 나타낸다. 따라서, 본 연구에서는 이러한 문제점을 보완하고자 홍수량 산정지점별로 인근 관측소의 Thiessen 가중치를 부여하여 지속시간별로 호우사상을 호우 중심에 따라 4개 분위로 구분한 후 분위별 호우사상을 무차원화하였다. 이것을 누가우량곡선으로 변환하여 산

\* 정희원 · 고려대학교 사회환경시스템공학과 교수 · E-mail : [ynyoon@korea.ac.kr](mailto:ynyoon@korea.ac.kr)

\*\* 정희원 · 고려대학교 사회환경시스템공학과 석사과정 · E-mail : [watertiger@korea.ac.kr](mailto:watertiger@korea.ac.kr)

\*\*\* 정희원 · 고려대학교 사회환경시스템공학과 박사과정수료 · E-mail : [angel452@korea.ac.kr](mailto:angel452@korea.ac.kr)

정지점별로 지속시간별 설계강우를 분포시킬 수 있도록 하였다.

## 2. Huff 강우분포형에 대한 고찰

### 2.1 Huff 분포

Huff(1967)는 미국 일리노이주의 강우기록을 통계학적으로 분석하여 강우량의 시간적 분포를 나타내는 무차원 시간 분포곡선을 제시하였다. Huff(1967)는 강우 전후에 6시간 이상의 무강우 상태이면 강우사상을 분리하고 지속시간이 4시간 이상인 단독 강우사상을 선별자료로 강우의 누가곡선을 이용하여 전 지속시간을 4구간으로 등분하였다. 그리고 각각의 시간분포곡선을 작성하고 최대 우량이 발생하는 구간의 무차원 시간분포곡선을 선정하여 강우를 분포시키는 방법을 고안했다.

누가우량곡선을 이용하여 우량의 최대부위가 강우초기에 해당하는 처음 1/4 구간에 있으면 제 1구간 호우(first-quartile storm), 2/4 구간에 있으면 제 2구간 호우(second-quartile storm), 3/4 구간에 있으면 제 3구간 호우(third-quartile storm), 마지막 구간일 경우는 제 4구간 호우(fourth-quartile storm)로 규정하였다.

이와 같이 4개 그룹으로 분류된 강우를 시간적으로 무차원화시키기 위하여 각 강우의 누가지속시간과 이에 따른 누가강우를 각각 백분율로 표시하였다. 무차원화한 누가시간과 누가우량은 식(1)과 식(2)와 같은 식으로 계산되어진다.

$$P_T(i) = \frac{T(i)}{T_t} \times 100\% \quad (1)$$

$$P_R(i) = \frac{R(i)}{R_t} \times 100\% \quad (2)$$

여기서,

$P_T(i)$  : 임의시간  $T(i)$ 의 무차원 누가시간

$T(i)$  : 강우시작 후  $i$ 번째 시각까지의 누가시간

$T_t$  : 총 강우지속시간

$i$  : 단위증분회수

$P_R(i)$  : 임의시간  $T(i)$ 에서의 무차원 누가우량

$R(i)$  : 임의시간  $T(i)$ 까지의 누가우량

$R_t$  : 지속시간  $T_t$ 의 총우량

임의의 지점의 모든 단일강우에 대한 분류와 강우지속시간백분율 및 강우량 백분율의 계산이 끝나면 각 분기별로 임의의 강우지속시간 백분율에 해당하는 모든 강우량 백분율을 변수로 하여 발생확률별 값을 계산한다. Huff(1967)는 이렇게 계산된 발생확률을 고려하여 무차원 지속시간별 강우분포형태를 산정해 내었다. 그 과정을 도식화하면 <그림 2.1>과 같다.



그림 2.1 무차원 강우분포형의 적용

## 2.2 Huff 강우분포형의 문제점

Huff방법은 강우지속시간과 강우량을 백분율의 형태로 무차원화시켜 표현하므로 자료가 갖는 수문기상학적 특수성을 왜곡시키지 않으면서 강우의 분포를 표현한 방법이라 할 수 있다. 그러나, Huff 방법도 여러 가지 문제점을 가지고 있다.

첫째, 분위가 동일하다면 전체 강우지속시간에 대하여 하나의 무차원 누가곡선을 적용하게 되므로 지속시간의 길이에 따른 특성이 전혀 고려되지 못하고 있다.

둘째, 평활화된 무차원 누가곡선은 단기간의 침투강우량을 실제 확률강우량처럼 높게 표현할 수 없으므로 소규모 유역의 침투홍수량이 매우 낮게 산정된다. 임계지속시간의 도입으로 이러한 문제점이 다소 보완이 되었다고는 하지만 근본적인 해결책이 되지 못한다.

셋째, 채택된 분위에 따라 설계홍수량의 차이가 많으므로 최빈분위를 채택하는 원칙이 필요하다. 하지만, 중·소규모 유역의 최빈분위가 1분위 또는 2분위인 경우 초기손실의 영향으로 침투홍수량이 매우 낮게 산정되고, 1분위에서 4분위로 갈수록 침투홍수량이 증가하는 경향이 나타난다.

넷째, 단지 강우분석에서 제시된 최빈분위가 임계지속시간까지 고려하는 설계홍수량 산정의 절대기준이 될 수는 없다는 것이다.

## 3. 적용 및 개발

설계강우의 시간분포는 설계홍수량 값의 직접적인 영향을 준다. 하지만, Huff 방법은 분위가 동일할때 전체 강우지속시간에 대하여 하나의 무차원 누가곡선을 적용하게 되므로 지속시간의 길이에 따른 특성이 전혀 고려되지 못하는 점이 가장 큰 단점으로 지적되고 있어 이의 보완이 필요하다.

따라서, 대상유역에 적합한 설계강우의 시간분포 방법으로 본 연구에서는 강우분포를 4개 부류로 분류하고 최빈분위를 선정할 수 있다는 점에서는 「지역별 설계 강우의 시간적 분포(건교부, 2000)」에서 산정한 Huff방법과 동일하나 지속시간에 대하여 4개 분위만 갖는 단점을 보완하여 지속시간별로 4개 분위로 구분할 수 있도록 하였다.

### 3.1 강우지속시간별 Huff 강우분포형의 구성

대상지역은 무한천유역의 천안, 부여, 보령, 서산의 강우자료를 이용하였다. <표 3.1>은 천안지역을 대상으로 각 지속시간별 최빈분위가 무엇인지를 알기 위해 나타낸 것이다. <표 3.1>에서는 각 지속시간별 호우사상의 개수를 구하고, 개개의 침투강우시간을 계산하여 4개 분위로 구분하였다.

대상 지점의 모든 단일강우에 대한 분류와 강우지속시간 백분율 및 강우량 백분율의 계산을 식(1)과 식(2)를 통해 각 분기별로 임의의 강우지속시간 백분율에 해당하는 모든 강우량 백분율을 변수로 하여 이들의 발생확률별 값을 계산한다. 발생확률분석에는 2가지 방법이 있는데, 하나는 도식적 기법이며, 나머지 하나는 확률분포에 의한 초과확률값을 결정하는 해석적 기법이다. 도식적 방법은 주관적인 견해가 반영되므로 정확성이 떨어진다는 단점이 있다. 때문에 해석적 기법을 사용하게 되는데, Huff방법에 의한 무차원 강우량비는 0과 1사이의 값으로 제한되므로 빈도계수법을 사용하여 확률을 구할 수 없게 된다.

따라서, 발생확률분석에는 식(3)과 같은 Weibull 도시위치공식을 사용하였다.

$$P(X > x) = \frac{m}{n+1} = 1 - P(X \leq x) \quad (3)$$

여기서,

n : 자료수

m : 내림차순으로 정렬한 자료의 순위

각 지속시간에 대한 호우수가 9개 이상일 경우엔 Weibull 도시위치공식을 이용하여 발생확률을 보간법을

이용하여 쉽게 구할 수 있었지만, 호우수가 9개 미만일 경우에는 인근지속시간과 합하여 개수를 구하였다. 호우수가 9개 미만일 경우에는 발생확률을 구할 때 외삽에 의한 큰 오차범위가 생길 수 있다는 점을 우려하여 인근지속시간과 합하여 개수를 구하였다. 지속시간별 강우분포형은 <그림 3.1>과 <그림 3.2>와 같다.

표 3.1 천안관측소의 강우지속시간별 최빈구간

지속 시간	분위별 Storm Event NO.				지속 시간	분위별 Storm Event NO.			
	1분위	2분위	3분위	4분위		1분위	2분위	3분위	4분위
3	41	20	11	14	14	7	11	7	1
4	51	18	11	26	15	6	7	6	8
5	20	6	7	24	16	5	6	8	8
6	14	14	3	13	17	7	3	8	4
7	51	23	16	35	18~19	14	18	20	6
8	16	9	7	12	20	4	12	3	1
9	12	8	9	16	21~23	6	11	7	6
10	7	18	18	8	24~25	4	8	10	4
11	7	9	9	10	26~27	9	3	2	2
12	10	3	4	1	28~30	6	10	7	1
13	16	7	23	10	31~100	18	12	13	10

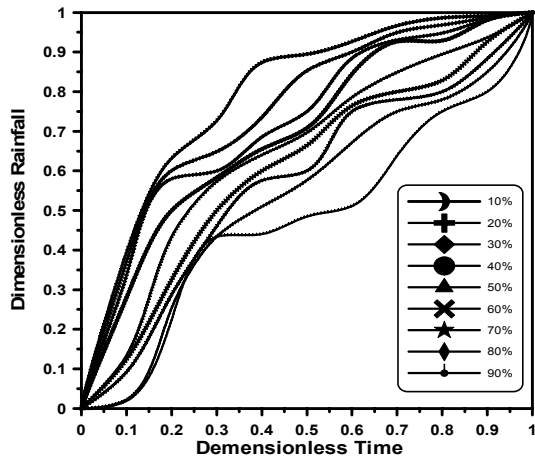


그림 3.1 강우지속시간 12시간 (1분위)

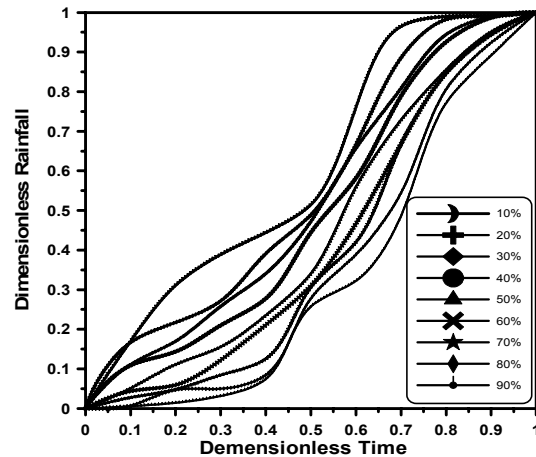


그림 3.2 강우지속시간 24시간 (3분위)

표 3.2 강우분포형별 설계 홍수량 산정결과

하 천		삼교천		무한천		곡교천		
		덕산천 합류부	효교천 하구	예당지	예산천 하구	은양천 합류부	오목천 하구	
홍수량산정지점								
유역면적(km <sup>2</sup> )		218.06	38.98	368.86	10.00	397.00	23.73	
총강우량(mm)		265.95	161.2	199.53	346.50	253.00	303.10	
강우지속시간(hr)		15	13	14	18	11	11	
강우 분포별 홍수량	실강우	1452	218	1584	165	2417	293	
	Huff 4분위	2169	299	2246	207	3413	558	
	개발된 Huff	10%	1330	180	1577	151	2554	415
		50%	1568	213	891	92	1537	257
		90%	1475	199	1158	105	1880	268

단위 : m<sup>3</sup>/sec

<표 3.2>는 삼교천유역에 95년 8월 8일~9일 사이 내린 강우에 대해 산정지점별 지속시간별 강우분포를 이용하여 산정지점별 홍수량을 산정한 결과이다. 기존의 Huff분포에 비해서는 홍수량이 작지만, 실강우분포에 의한 홍수량과는 큰 차이를 보이지 않고 있으며, 유역면적이 커질수록 그 차이가 줄어드는 것을 알 수 있었다.

## 4. 결 론

기존 Huff 4분위법의 문제점은 설계강우지속시간에 관계없이 동일한 무차원누강우곡선을 사용한다는 데 있었다. 이러한 이유로 강우지속시간의 증가에 비해 확률강우량의 증가는 점차 완만해지는 특성을 보였으며, 설계강우지속시간이 증가할수록 침투우량이 감소하여 침투홍수량도 적게 산정되는 결과를 보였다.

하지만 본 연구에서는 홍수량 산정지점별로 인근 관측소의 Thiessen 가중치를 부여하여 지속시간별로 호우사상을 호우 중심에 따라 4개 분위로 구분한 다음 분위별 호우사상을 무차원화 하여 누가우량곡선으로 변환한 후 산정지점별로 지속시간별 설계강우를 분포시켰다.

본 연구의 결과로 지속시간별 분위기를 구분함으로써 기존 Huff의 4분위법에서 문제점으로 제시된 평활화된 무차원누가곡선으로 인한 침투홍수량의 과소산정 등을 해결할 수 있었고, 홍수량산정지점에 대하여 지점별 대표누가우량곡선의 작성이 가능하여 현재 제시된 우량관측소별 우량주상도의 지점별 적용시 대표 우량관측소 선정 등의 어려움을 해결할 수 있어 설계홍수량 산정시 지역의 시·공간적 특성에 따른 강우의 특성이 최대한 반영되도록 하였다.

## 참 고 문 헌

1. 서규우, 송일준 (1998). Huff의 강우분포 특성에 따른 도시와 지역의 유출해석 연구, 대한토목회 논문집, Vol. 18, No 2-4, pp. 329-338
2. 건설교통부, 한국건설기술연구원 (2000). 지역별 설계 강우의 시간분포, 연구보고서
3. 이정규, 이재홍 (2003). 강우분포유형이 저수지의 홍수위에 미치는 영향, 한국수자원학회 논문집, Vol. 36, No. 2, pp. 325-342
4. F. A. Huff (1967). Time Distribution of Rainfall in Heavy Storms, Water resources research, Vol. 3, No. 4, pp. 1007-1019.
5. F. A. Huff (1970). Time Distribution characteristics of Rainfall rates, Water resources research, Vol. 6, No. 1, pp. 254-260.
6. F. A. Huff, and J. R Angel (1989). Frequency Distributions of Heavy Rainstorms in Illinois, Illinois State Water Survey Champaign, Circular 172
7. F. A. Huff (1990). Time Distribution of Heavy Rainstorms in Illinois, Illinois State Water Survey Champaign, Circular 173