

# 설계홍수량 산정을 위한 적정 설계강우분포방법의 개발

## Development of Rainfall Distributions for Design Floods

윤용남\* / 장수형\*\* / 강성규\*\*\* / 박민석\*\*\*\*

Yong Nam Yoon, Su Hyung Jang, Seong Kyu Kang, Min Seock Park

### 요 지

본 연구에서는 설계홍수량 산정시 강우-유출모형의 입력인자인 설계강우량의 시간적 분포 방법을 실제 유역의 복잡 다양한 강우특성이 고려되도록 강우분포방법을 제시하고자 하였다. 연구는 무한천 예당지 상류 유역에 적용하였으며, 설계강우의 시간분포를 위해 유역 내·외의 우량관측소를 이용 설계홍수량산정지점, 동 시간의 강우자료를 만들고 유역 내 강우로 인한 유출의 기여도 가장 큰 지속시간별 강우사상을 이용하여 특정지점을 대표하는 강우분포방법을 개발하였다. 본 연구를 통해 기존 설계강우의 시간분포방법의 문제점들을 보완하여 재현기간별, 지속시간별, 대표누가우량곡선을 개발함으로써 설계홍수량 산정시 복잡 다양한 강우의 특성이 유역에 최대한 반영될 수 있도록 하였다.

**핵심용어** : 설계강우의 시간분포, 대표누가우량곡선, 설계홍수량

## 1. 서 론

설계홍수량의 산정을 위해 산정된 설계강우의 시간분포특성은 침투유출량 및 유출수문곡선의 형상에 지배적인 영향을 미치며, 동일한 강우량이라 할 지라도 강우의 시간적 분포가 달라지면 유출특성이 달라지게 된다. 하지만, 기상 및 지형조건에 따라 강우자료의 특성은 복잡 다양하게 변하여 강우의 시간분포를 나타내기에는 매우 어렵기 때문에 많은 학자들에 의해 여러 가지 방법이 개발되어 왔다.

Horner와 Jens(1942)가 미국 St. Louis에서 강우의 균등분포와 유출량 비교로 강우에 대한 시간분포가 시작되었으나, 국내에서는 Huff(1967)가 미국 Illinois 주의 관측우량자료로부터 강우중심에 따라 시간분포를 4개로 나누어 누가우량곡선을 제시된 방법과 Mononobe 방법, 교호블럭방법(alternating block method) 등이 주로 알려져 있으며, 무차원 1, 2차 모멘트를 이용하여 삼각형과 사다리꼴 우량주상도로 단순화하여 분석한 Yen & Chow(1977)와 I-D-F의 평균 강우강도와 지속시간의 관련식을 이용한 Keifer와 Chu(1957) 등 기타 방법 등이 있으나 국내에서의 적용은 거의 없다.

정종호와 윤용남(2003)은 국내에서 주로 이용되고 있는 방법 중의 하나로 Huff의 4분위법은 기존 강우기록의 통계학적 분석통하여 제시된 점은 다른 방법에 비하여 신뢰성이 있으나 분위가 동일하다면 전체 강우 지속기간에 대하여 하나의 무차원누가곡선을 적용하게 되므로 지속기간의 길이에 따른 특성을 전혀 고려하지 못하고 있으며, 평활화된 무차원 누가곡선은 단기간의 침투강우량을 실제 확률강우량처럼 높게 표현할 수 없으므로 소규모 유역의 침투홍수량을 매우 낮게 산정하는 문제점을 가지고 있다. 또한, 중·소규모 유역의 최빈분위가 1분위 또는 2분위인 경우 초기손실의 영향으로 침투홍수량이 매우 낮게 산정되고, 1분위에서 4분위로 갈수록 침투홍수량이 증가하는 경향을 나타낸다. 게다가 강우분석에서 제시된 최빈분위가 임계지속기간까지 고려하는 설계홍수량 산정의 절대기준이 될 수는 없다는 문제점도 가지고 있음을 지적했다.

\* 정회원 · 고려대학교 사회환경시스템공학과 교수 · E-mail : ynyoon@korea.ac.kr

\*\* 정회원 · 고려대학교 사회환경시스템공학과 박사과정수료 · E-mail : angel452@korea.ac.kr

\*\*\* 정회원 · 고려대학교 사회환경시스템공학과 석사과정 · E-mail : op6313@korea.com

\*\*\*\* 정회원 · 고려대학교 사회환경시스템공학과 석사과정 · E-mail : watertiger@korea.ac.kr

또한, 강우의 특성에 따라 유역내 특정 지점에서의 우량주상도는 다르며, 강우의 지속시간에 따라 다른 분포형태를 지니고 있기 때문에 홍수량 산정지점과 같이 특정지점에서의 대표우량주상도는 특정 관측소 하나로 대변할 수는 없다. 또한, 강우기록의 통계학적 분석을 통해 제시된 Huff방법과는 달리 Mononobe방법이나 교호블럭 방법은 모두 강우의 침투 위치를 인위적으로 변경한다는 점이 가장 큰 단점으로 제기되고 있고, 이에 따라 홍수량이 너무 과다하게 산정되고 있다는 문제점을 안고 있다. Mononobe방법은 지역별로 상수인 n값을 조정하여 문제점을 다소 해결할 수 있지만, 강우지속시간을 24시간 등으로 고정하게 되면 임계지속시간을 사실상 고려할 수 없게 된다. 교호블럭방법은 연속되는 모든 지속시간에 대하여 모두 특정 재현기간의 최대조건으로 분포되는 방법이므로 침투홍수량을 과다 산정하는 단점을 지닌다.

따라서, 본 연구에서는 유역내 특정지점에서의 지속시간에 따라 강우의 복잡 다양한 특성을 고려하기 위해 Huff 방법과 같이 기존 강우의 통계적 특성을 이용하는 점은 같으나, 실제 강우가 유출에 기여하는 최대의 효과를 고려하기 위해 인근 관측소의 가중 면적별 동시간 강우자료를 이용하여 지속시간별, 연초과치 누가우량곡선을 작성하고, 누가우량곡선을 무차원화 하여 유역내 특정지점에서의 대표 누가우량곡선을 작성하였다. 작성된 특정지점별 대표 누가우량곡선을 우량주상도로 변환함으로써 설계강우량을 분포시킬 수 있어 통계적 특성이 고려되지 못한 기존 강우의 분포방법을 보완하고 강우의 시·공간적 특성을 고려한 대표 누가우량곡선을 개발함으로써 복잡 다양한 강우의 특성이 유역에 최대한 반영될 수 있도록 하였다.

## 2. 설계강우의 시간분포방법 개발

### 2.1 적용절차

본 연구에서의 적용 대상유역은 설계강우의 시간분포에 따른 효과가 고려될 수 있도록 중·소규모 하천 유역인 무한천 예정지 지점(m1, 유역면적 368.86km<sup>2</sup>)과 상류 화산천 및 신양천이 합류되기전 지점(m2, 유역면적 149.44km<sup>2</sup>)을 선정하였다. 또한, 특정지점(홍수량 산정지점 등)에 따른 우량주상도가 상이하기 때문에 대표우량주상도는 특정지점에 따라 다르게 산정하여야 하며 산정방법은 다음과 같다. 첫째, 특정지점별 유역 내·외 강우의 동시간 임의시간자료를 구축한다. 둘째, 지점별 최대유출에 기여한 지속시간별 강우계열을 구축(연초과치 계열)한다. 셋째, 구축된 강우계열을 지속시간별 무차원 누가우량곡선을 만든다. 지속시간별 무차원 강우는 확률도시공식에 의해 구간을 설정한다. 넷째, 작성된 지속시간별 무차원 누가우량곡선을 시간구간별로 우량주상도를 작성함으로써 특정지점에 대한 대표우량주상도를 적용할 수 있다.

개발된 우량주상도는 지속시간과 산정지점에 따라 산정되기 때문에 Huff의 4분위법과 같이 강우의 지속시간이 무차원이 아닌 강우 지속시간별 무차원 누가우량곡선을 개발할 수 있다. 그림 1.과 2는 m1과 m2 지점에서의 24시간지속 무차원 누가우량곡선을 나타내고 있으며, 이러한 대표 누가우량 곡선은 특정지점별 및 지속시간별로 개발이 가능하다.

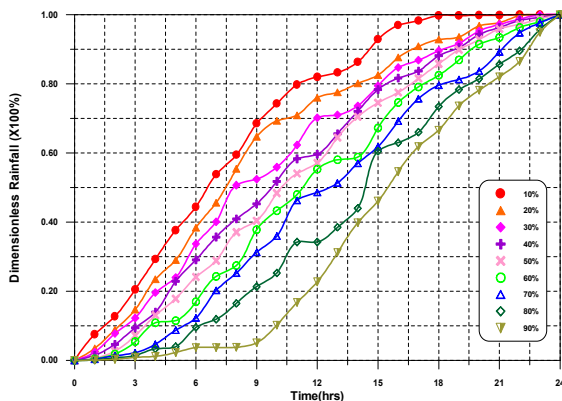


그림 1. 24시간 지속 대표누가우량곡선(m1)

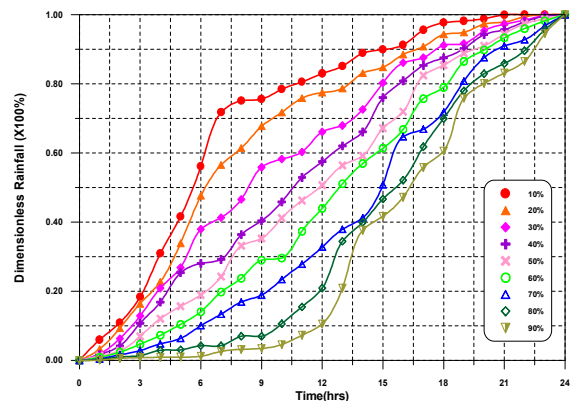


그림 2. 24시간 지속 대표누가우량곡선(m2)

## 2.2 강우분포의 특징

본 연구에서 개발한 강우방법은 우리나라에서 주로 적용되고 있는 Monobe방법과 교호블럭방법(alternating block method)에서 문제점으로 제기되고 있는 강우의 침투우량 및 침투우량에 대한 위치설정에 대한 인위성을 Huff의 4분위법과 같이 기존 강우의 통계적특성을 적용함으로써 해결하였다.

그리고, 지속시간별, 특정지점별(홍수량산정지점)로 산정하여 Huff의 4분위법이 지니고 있는 지속시간의 길이에 따른 특성을 고려하여 누가우량곡선의 지속시간별 적용을 위한 별도의 회귀분석이 필요하지 않으며, 평활화된 무차원 누가곡선의 단기간 침투강우량을 실제 강우량처럼 최대한 표현하여 하였으며, 특정 지점에 대한 대표 누가우량곡선의 작성방법을 강우의 유역내 시·공간적 특성이 고려될 수 있도록 강우의 동시간 특성이 포함되도록 하였다.

또한, 본 연구에서 개발된 강우분포방법은 유역 내 강우로 인한 유출의 기여도 가장 큰 지속시간별 강우사상을 이용하여 개발하였기 때문에 Huff의 4분위법과 같이 설계강우의 시간분포의 적용을 위한 적정 분위 선정과 확률구간의 구분은 고민할 필요가 없이 대표누가우량 곡선 중 유출량이 최대가 되는 누가우량곡선을 채택하면 된다.

## 3. 시간분포방법별 비교·검토

유역의 규모와 지속시간에 따라 다르기는 하겠지만 본 연구에서 개발한 강우의 시간분포방법과 기존 방법의 검토를 무한천 m1(유역면적 368.86km<sup>2</sup>)과 m2(149.44km<sup>2</sup>)지점에 대하여 계획빈도인 24시간지속강우와 실제 유역에서의 최대 유출을 발생시킨 1995년 8월 강우에 대하여 검토하였다. 표 1과 2 그리고 그림 1과 2에서 실우량주상도는 실제로 지점별로 우량주상도의 형태가 다르다는 것을 알 수 있었으며, 과거 산정지점에서의 최대유출에 기여하는 우량주상도를 이용하여 분포형을 개발하였으므로 우량주상도의 중심이 다를 뿐 일반적인 형태와 시간최대강우량은 실우량을 잘 재현해 줄 수 있었다.

그러나, Mononobe는 중앙에 침투강우를 인위적으로 분포시켜 실제우량주상도의 형태를 전혀 재현하지 못하고, 침투강우의 값을 너무 크게 두어 중·소규모 유역과 같은 곳에서는 침투홍수량을 과다산정 할 우려가 크다. 그리고, Huff의 4분위법은 그림에서과 같이 분위가 동일할 경우 전지속시간에 대하여 하나의 누가우량을 지니므로 우량주상도가 평활화되어 침투강우량이 감소되어 Mononobe와 반대로 중·소규모 유역과 같은 곳에서 침투홍수량이 과소 산정될 우려가 크다.

표 1. 강우분포 방법별 홍수량비교(강우지속24시간, m1지점)

구 분	강우의 시간분포 방법별 홍수량 비교, m <sup>3</sup> /sec(95년 8월)								기 타
	실우량		Mononobe		Huff		금회개발		
	침투홍수량 (m <sup>3</sup> sec)	시간최대 (mm)	침투홍수량 (m <sup>3</sup> sec)	시간최대 (mm)	침투홍수량 (m <sup>3</sup> sec)	시간최대 (mm)	침투홍수량 (m <sup>3</sup> sec)	시간최대 (mm)	
95년 8월	1276.96	24.40	1518.45	86.22	1103.92	21.33	1111.08	23.35	
설계빈도(100년)	-	-	2087.31	106.48	1500.65	26.34	1503.44	28.84	'94 기본계획홍수량 (1,290m <sup>3</sup> /sec)

표 2. 강우분포 방법별 홍수량비교(강우지속24시간, m2지점)

구 분	강우의 시간분포 방법별 홍수량 비교, m <sup>3</sup> /sec(95년 8월)								기 타
	실우량		Mononobe		Huff		금회개발		
	침투홍수량 (m <sup>3</sup> sec)	시간최대 (mm)	침투홍수량 (m <sup>3</sup> sec)	시간최대 (mm)	침투홍수량 (m <sup>3</sup> sec)	시간최대 (mm)	침투홍수량 (m <sup>3</sup> sec)	시간최대 (mm)	
95년 8월	995.47	45.20	1053.25	112.57	708.91	27.85	915.30	40.91	
설계빈도(100년)	-	-	1139.68	118.95	764.87	29.42	989.22	43.23	

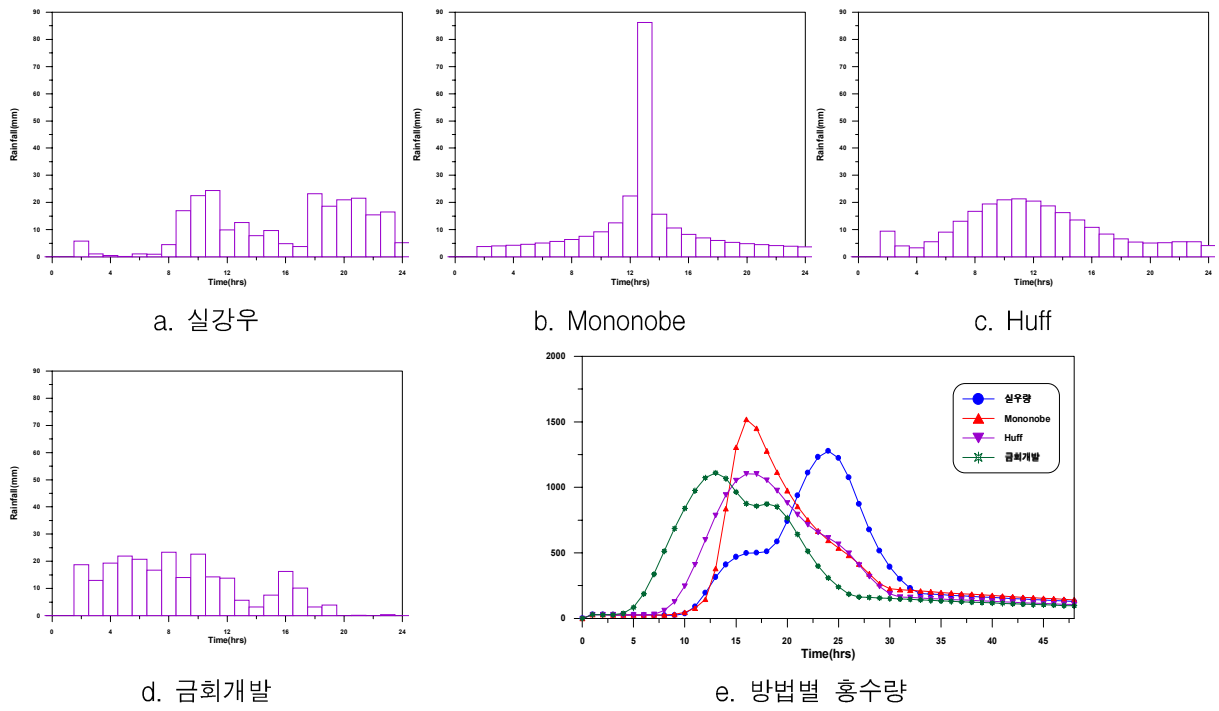


그림 3. 강우분포 방법별 비교(m1지점)

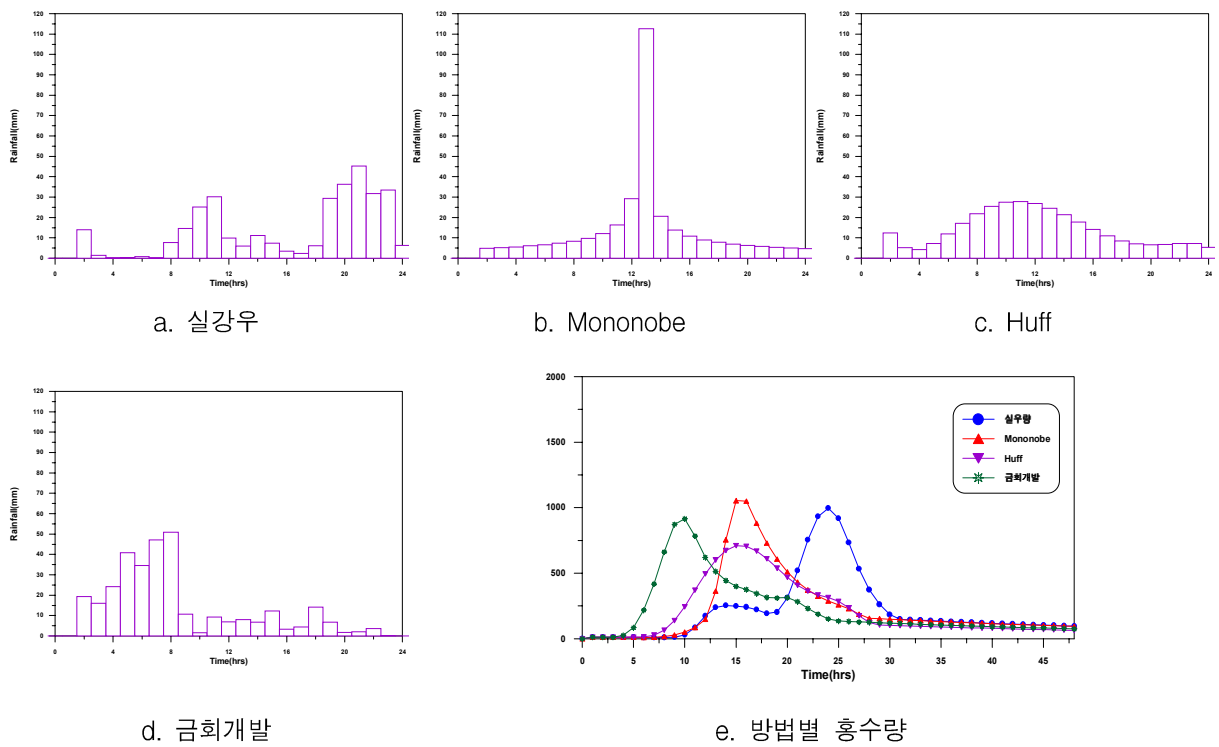


그림 4. 강우분포 방법별 비교(m2지점)

#### 4. 결 론

본 연구에서는 강우-유출모형의 입력인자인 강우를 유역 내 특성이 반영될 수 있도록 강우의 시간분포방법을 개발하여 제시하였다. 동시간 임의시간 강우자료를 분석하여 실제 강우로 인한 유출의 기여도가 가장 큰 강우사상을 선정 이를 이용하여 특정지점(홍수량산정지점)을 대표할 수 있는 누가우량곡선을 개발함으로써 Mononobe방법과 교호블럭방법이 지니고 있는 인위성과 Huff의 4분위법이 지니고 있는 평활화된 무차원 누가곡선의 문제점을 해결할 수 있었으며, 설계강우의 시간분포 적용을 위한 적정 분위 선정과 확률구간의 구분을 고민할 필요가 없이 대표 누가우량 곡선 중 유출량이 최대가 되는 누가우량곡선을 채택할 수 있도록 제시하였다.

따라서, 본 연구에서 개발한 방법으로 설계강우의 시간분포를 적용할 경우 통계적 특성이 고려되지 못한 기존 강우의 분포방법을 보완하고 강우의 시·공간적 특성이 반영되어 복잡 다양한 강우의 특성이 반영된 설계홍수량산정이 가능하다.

#### 참 고 문 헌

1. 건설교통부, 한국건설기술연구원 (2000). 지역별 설계 강우의 시간분포 연구보고서
2. 정중호, 윤용남 (2003). 수자원설계실무
3. 서규우, 송일준 (1998). Huff의 강우분포 특성에 따른 도시와 유역의 유출해석 연구, 대한토목학회 논문집, Vol. 18, No 2-4, pp. 329-338
4. Horner, W.W., and Jens, S.W. (1942). Surface runoff determination from rainfall without using coefficient. Transaction, ASCE, Vol. 107, pp. 1039-1075
5. F. A. Huff (1967). Time Distribution of Rainfall in Heavy Storms, Water resources research, Vol. 3, No. 4, pp. 1007-1019.
6. Yen, B.C., and Chow, V.t. (1977). Feasibility study on research of local design storms. Report No. FWWA-RD-78-65, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Washington, D.C.
7. F. A. Huff, and J. R Angel (1989). Frequency Distributions of Heavy Rainstorms in Illinois, Illinois State Water Survey Champaign, Circular 172
8. F. A. Huff (1990). Time Distribution of Heavy Rainstorms in Illinois, Illinois State Water Survey Champaign, Circular 173