

확률강우의 시간분포 비교와 설계홍수량 산정에 관한 연구

A Study on the Time Distribution Comparison of frequency Based Rainfall and Estimation of Design Flood

이정기*, 김형수**
Jung Ki Lee, Hung Soo Kim

요 지

최근 증가하고 있는 집중호우로 인해 피해 규모가 대형화 되어가고 있는 추세로 수공구조물 설계 시 보다 정확한 수문분석을 요구 하고 있다. 강우의 시간분포는 정확한 수공구조물의 설계 시 첨두홍수량 산정에 가장 중요한 영향을 미친다. 따라서 본 연구에서는 대전지역의 기상학적, 지형학적 특성에 맞는 적절한 강우분포형을 제시하고자 한다.

본 연구는 대전지지방기상청의 강우자료 중 강우가 집중되는 기간인 5월부터 10월사이의 강우 자료를 바탕으로 강우분석을 실시하였고 갑천 유역에 적용하여 설계홍수량을 산정 하였다.

1999년도 수자원관리기법개발연구조사 보고서(건설교통부, 2000)에 따르면 Huff 방법에 의한 강우분포의 형태는 초기에 호우가 집중되는 1분위로 나타났고, 본 연구에 의한 방법은 Huff방법의 3분위에 속하는 53%에서 호우가 집중되는 양상으로 나타났다. 이는 Huff 방법이 호우사상별로 분위를 결정 하는 반면 본 연구에서는 지속시간별 강우량을 누가하고 지속시간별 분포형태를 무차원화하여 결정하였다. 또한 Huff방법과 본 연구 방법의 비교 시 무강우 상태와 누락된 타 분위 호우가 분포형에 미치는 영향을 고려하였다.

유효우량 산정 시 초기의 강우량이 크면 손실우량도 커지고, 강우의 시간분포 형태에 따라 첨두홍수량도 차이를 보이게 되므로 강우의 시간분포 결정시 신중을 기하여야 할 것이다.

핵심용어 : 강우의 시간분포, 확률강우량, 설계홍수량

1. 서 론

첨두홍수량 산정 시 실측자료를 이용하는 것이 가장 타당하다. 그러나 실측 홍수량의 신뢰성과 자료의 기록기간 부족, 미계측 등 여러 가지 문제로 인하여 실제 적용에는 어려움이 있다. 본 연구에서는 특히 강우의 시간분포에 관하여 기존의 방법론과 다른 관점에서 접근을 시도하고자 한다. Huff(1967)는 미국 Illinois 지역을 중심으로 11년간의 강우 자료로부터 4분위법에 의한 시간 분포를 해석하여 기후, 지형학적으로 특징을 가진 누가확률 곡선을 제시하였다. 본 연구에서는 특히 강우의 시간분포에 관하여 기존의 방법론과 다른 관점에서 접근을 시도하고자 한다. 기존의 방법(Huff 방법)과 본 연구의 방법에 의해 추정된 강우의 시간분포를 이용해 첨두홍수량을 구하여 상호 비교하고자 한다.

* 정회원·인하대학교 토목공학과 박사과정·E-mail : jungki5425@inha.ac.kr

** 정회원·인하대학교 토목공학과 교수·E-mail : sookim@inha.ac.kr

2. 확률강우량의 시간분포

2.1 Huff 방법

Huff는 1955년부터 1966년 동안의 자료를 이용해 Illinois지역 강우의 시간분포에 대해 중요한 정보를 제시하였다. 본 연구에서는 시간 분포를 조사한 결과 지속시간 4시간 이상 호우 사상은 850개로 나타났다. 표 1에서 보는 바와 같이 1분위의 호우사상이 가장 많은 것으로 나타났고 강우 사상이 가장 많은 1분위 248개의 강우사상으로부터 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90% 확률에 해당하는 지속기간 누가우량배분률을 산정하였다. 각 확률곡선 중 50%에 해당하는 누가곡선은 통계해석상 중앙값을 나타내고 있고 전체 확률곡선을 대표한다고 볼 수 있기 때문에 누가우량 곡선 값을 적정 강우분포 형태로 채택하였다.

표 1. 지속기간에 대한 각 구간별 발생도수 (빈도)

발생분위 지속시간	1분위	2분위	3분위	4분위	호우 수
계	248 (0.29)	225 (0.26)	216 (0.25)	170 (0.20)	859
~ 6hr	86 (0.31)	77 (0.28)	59 (0.21)	56 (0.20)	278
7 ~ 12hr	74 (0.32)	54 (0.23)	56 (0.24)	47 (0.20)	231
13 ~ 18hr	34 (0.23)	40 (0.28)	39 (0.27)	32 (0.22)	145
19 ~ 24hr	17 (0.20)	17 (0.20)	29 (0.35)	21 (0.25)	84
25hr ~	37 (0.31)	37 (0.31)	33 (0.27)	14 (0.12)	121

표 2. 1분위 구간 무차원 누가강우량의 배분율(%)

무차원 지속시간 비 확률(%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
10	0	47.6	75.8	90.4	95.1	96.3	97.3	98.4	99.0	99.5	100.0
20	0	36.7	65.2	80.2	89.4	93.1	95.5	97.3	98.1	99.2	100.0
30	0	28.9	57.6	75.0	83.8	89.1	92.5	95.3	97.2	98.8	100.0
40	0	24.0	51.5	70.1	77.8	83.8	89.8	92.8	95.8	98.1	100.0
50	0	21.0	47.3	64.3	73.5	80.0	85.7	90.1	93.8	97.2	100.0
60	0	17.3	42.7	59.7	67.1	72.5	79.7	86.1	91.4	96.0	100.0
70	0	14.5	39.1	55.6	62.3	67.2	73.0	80.1	87.7	94.3	100.0
80	0	10.4	33.3	49.0	57.1	62.4	67.5	74.1	80.3	90.1	100.0
90	0	6.1	29.4	44.5	50.0	54.6	60.2	70.0	75.5	85.7	100.0

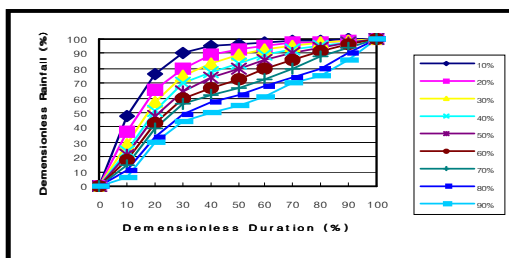


그림 1. 1분위 강우사상에 대한 무차원 누가우량곡선

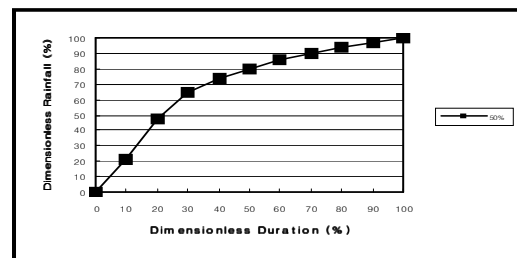


그림 2. 1분위 50% 확률의 무차원 누가우량곡선

2.2 본 연구에서 제안하는 강우의 시간분포 방법

본 연구에서는 사용한 강우 지속시간은 4시간 이상 지속된 강우사상부터 82시간까지의 강우지속시간을 사용하였다. 각각 지속시간별 누가우량을 산정하여 그 지속시간과 최대우량 및 최대우량 발생까지의 시간, 최대우량발생까지의 시간과 짧을수록 많은 호우사상의 개수가 많았다. 호우사상이 많을수록 강우의 시간분포에 많은 영향을 미치는 것으로 나타났다.

때문에 지속시간 호우사상의 강우량을 누가한 무차원 누가우량곡선은 그림 4에서 보는바와 같다. 그림 3의 무차원 누가우량곡선과 그림 4에서 나타난 빈도별 무차원 누가우량곡선과 재현기간별 강우의 시간분포형을 곡선의 기울기를 이용하여 산정한 결과는 표3과 같다. 본 연구에서 제안한 강우분석 결과는 지속기간의 기울기가 가장 가파른 1.57에서 약 53%로 가장 많은 강우량의 형태로 나타났다. 따라서 Huff 방법으로는 3분위에 해당하는 분포형태를 보이고 있다.

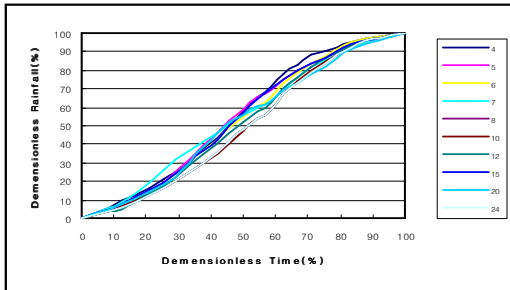


그림 3. 무차원 누가우량 곡선

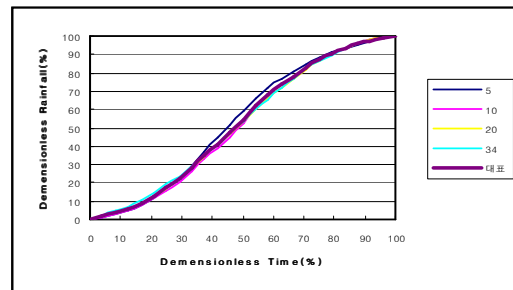


그림 4. 빈도별 무차원 누가우량곡선(대표)

표 3. 대전지역 강우의 시간분포형 (본 연구 제안)

무차원 누가우량곡선 (대표)	
무차원 시간	기울기
0~20(10)	0.61
10~30(20)	0.96
20~40(30)	1.32
30~50(40)	1.55
40~60(50)	1.57
50~70(60)	1.38
60~80(70)	1.08
70~90(80)	0.75
80~100(90)	0.43

2.3 Huff 방법과 본 연구방법의 비교

한국건설기술연구원에서 분석된 Huff 방법에 의한 분위는 1분위로 분석되었고, 본 연구에서는 Huff 분포의 3분위에 해당되는 53%로 나타났다. 강우의 시간분포가 상이하게 된 이유는 첫째, Huff방법의 경우 각각의 호우 사상으로부터 분위기를 결정된 후 분위별 호우 사상을 무차원화 하여 시간분포를 결정했다. 둘째, Huff 방법은 6시간 이상의 무강우이면 한 호우로 분리하였고, 본 연구에서는 강우 시점과 종점을 명확히 구별하여 1시간 무강우 일 경우에도 호우 사상을 단독 호우로

결정하여 지속시간에 포함하였다. 때문에 Huff 방법에서 결정된 호우사상의 개수는 859개 이고, 본 연구에서 결정된 호우사상의 개수는 1,513개로 상당한 차이를 보이고 있다.

3. 대전지역 갑천 유역의 홍수량 산정

본 연구에서는 대전지역에 속해있는 금강 수계의 갑천 유역에 대해 유출량을 산정하였다. 갑천 유역의 유역면적은 648.28km², 유로연장은 73.70km, 평균고도는 171.35m 이다. 대전지역의 강우 특성을 파악하기 위해 연 최대치 강우계열을 이용하여 빈도별 확률강우량을 분석하였다.

표 4. 지속시간-빈도별 확률강우량

지속시간	빈도별 확률강우량(mm)							
	2년	5년	10년	20년	30년	50년	80년	100년
1시간	40.9	50.7	56.1	60.7	63.1	66.0	68.5	69.9
2시간	58.2	78.6	92.1	104.9	112.3	121.6	130.1	134.2
3시간	69.3	94.6	111.4	127.4	136.7	148.2	158.8	163.8
6시간	88.1	121.5	146.2	172.0	187.9	208.9	229.3	239.4
12시간	114.3	162.7	197.7	233.6	255.4	238.8	311.1	324.4
24시간	136.6	194.2	237.9	284.6	313.8	352.9	391.3	410.5

본 연구에서 도달시간 산정은 경사별로 적정 도달시간 산정 공식을 적용하였으며 그 결과 423분, 평균유속 2.42m/s로 적용되었다. 지속시간 24시간 확률강우량 적용 시 기존 방법인 Huff 1분위에 의한 첨두홍수량과 본 연구에서 분석한 결과를 이용하였다. NRCS 무차원 단위도법으로 첨두홍수량 산정결과는 표 6에서 보는 바와 같으며 본 연구에서 분석한 방법으로 산정한 홍수량이 약간 크게 산정되었다. 표 6과 그림 5에서 보는바와 같이 첨두홍수량 발생시간은 본 연구 방법에서는 1,260분, 기 분석된 방법인 Huff 1분위에 의한 값은 780분에서 발생하였다. 이는 강우의 시간 분포 형태가 서로 상이하하여 첨두홍수량의 발생 시간에서도 약 480분의 차이를 보였다.

표 5. 첨두홍수량 산정 결과 (단위 : m³/sec)

지속시간	방법	재현기간 (년)							
		2	5	10	20	30	50	80	100
24시간	본 연구	885.46	1424.88	1837.55	2284.57	2565.22	2941.62	3310.77	3493.38
	Huff	749.83	1271.74	1688.88	2148.89	2441.95	2839.01	3223.95	3421.20

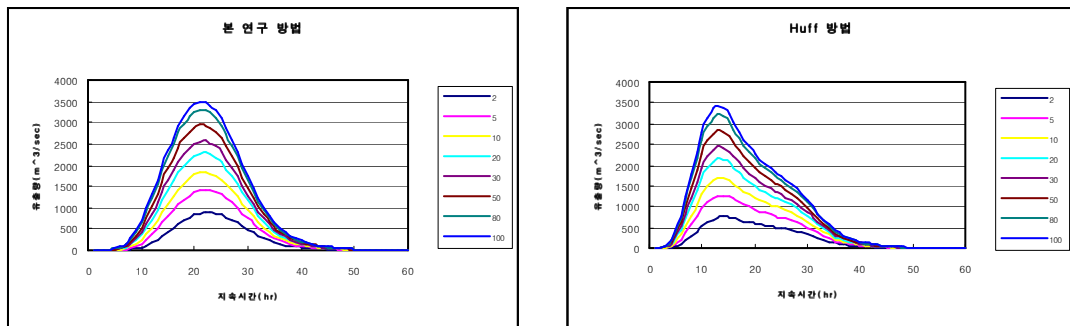


그림 5. 홍수량 산정 결과

4. 결 론

1) 대전기상대의 34개년 연 최대치계열을 선정하여 통계 분석하였다. 강우지속시간 24시간 평균 강우량은 152.8mm로 나타났고, 100년 빈도 24시간의 확률강우량은 410.5mm로 나타났다. 호우사상 선정은 무강우 상태는 고려하지 않고 독립호우로 가정하여 결정하였고 확률강우량 산정 시 지속시간별 분포형을 다르게 산정하였다.

2) 본 연구에서 제시한 강우분포의 형태는 약 53%가 Huff의 4분위 중 3분위에 해당되는 것으로 분석되었다. 이는 기존 분석 결과인 Huff 1분위와 본 연구 방법의 비교 분석 결과, 무강우 상태와 누락된 타 분위호우가 분포형에 미치는 영향을 고려하여 Huff의 단점을 보완하고 대전지역의 기후학적, 지형학적 특성값이 고려되었기 때문이다.

3) 본 연구에서 분석된 시간분포형에 의하여 홍수량을 산정하였다. 100년 빈도 설계홍수량으로 비교하면 기존 분석 결과인 Huff 1분위에서의 침투홍수량은 3,421.2m³/sec이고, 본 연구에서 제시한 분포형의 경우 3,493.38m³/sec로 본 연구의 방법이 약간 크게 나타났다. 이는 NRCS의 유효우량 산정공식에서 초기의 강우량이 크면 손실우량도 크게 계산되기 때문이다. 단위유량도법에 의한 홍수량 산정 시 초기손실이 비교적 작고 유출이 큰 분위기를 선택하여 홍수량 산정에 적용하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. Huff, F. A. (1967), Time Distribution of Rainfall in Heavy Storm, *Water Resources Research*, Vol. 3, No. 4, pp. 1007 ~ 1019.
2. Huff, F. A. (1970), Time Distribution Characteristic of Rainfall Rates, *Water Resources Research*, Vol. 6, No. 2, pp. 447 ~ 454.
3. Huff, F. A. (1968), Spatial Distribution of Heavy Storm Rainfall Rates in Illinois, *Water Resources Research*, Vol. 4, No. 1, pp. 47 ~ 54.
4. Huff, F. A. (1970), Spatial Distribution of Rainfall Rates, *Water Resources Research*, Vol. 6, No. 1, pp. 254 ~ 260.
5. 박상덕, '매년최대 연속강우량에 따른 강우사상 계열의 확률분포에 관한 연구', 한국수자원학회지, 제28권 제2호, 1995. 4, pp. 145 ~ 154.
6. 서규우, 송일준, "Huff의 강우분포 특성에 따른 도시화구역의 유출해석 연구", 대한토목학회지, 제18권 제2-4호, 1998, 7, pp. 329 ~ 338.