

Huff의 4분위법을 이용한 지속기간별 연 최대치 강우의 시간분포 특성연구

Time Distribution Characteristics of an Annual Maximum Rainfall According to Rainfall Durations using Huff's Method

이정규* · 추현재**

Lee, Jong-Kyu · Chu, Hyun-Jae

Abstract

In the construction of hydraulic structures deciding a design flood is one of the most important works. It should be especially noted that the time distribution of the design rainfall method makes a significant effect on the results of the design flood. Thus, choosing an appropriate time distribution method for the design rainfall is a very important process. In recent years, Huff's method is usually used in Korea. This method presents dimensionless rainfall-time cumulative curves, which are made through the analyses of storm data. In this study, the annual maximum rainfall data, from 1961 to 2004 were analyzed to make the dimensionless rainfall-time cumulative curves and hyetographs in Seoul. The results were compared with the "Regional Time Distribution of the Design Rainfall", (KICT, 1989 and MCT, 2000). As a result, the dimensionless rainfall-time cumulative curves are smoother than Huff's results when the duration of an annual maximum rainfall is short. In addition, the curves are similar with the Huff's results as the duration is longer.

Keywords : *design flood, design rainfall, Huff's method, annual maximum rainfall*

요 지

수공구조물 설계에서 가장 중요한 일은 설계홍수량을 결정하는 것이다. 따라서 설계홍수량 산정에 영향을 미치는 여러 가지 요소 중 적절한 설계 강우의 시간분포 방법을 선택하는 것은 중요한 일이다. 설계 강우의 시간분포 방법에는 여러 가지 방법들이 있으며, 그 중에서 최근 침투홍수량 산정을 위한 설계 강우의 시간분포 방법에 많이 이용하고 있는 Huff의 4분위법은 6시간 이상의 무강우시간을 갖는 강우사상을 자료로 이용, 분석하여 설계 강우의 시간분포 방법을 제시한 방법이다. 본 연구에서는 Huff의 4분위법에서 이용한 자료와 달리 1961년부터 2004년까지 서울지역 강우 관측자료 중 지속기간별 연 최대치 강우 자료를 이용하여 강우의 시간분포 특성을 분석하고 이전의 연구 결과와 비교하였다. 각각의 결과에 대하여 비교한 결과 서울지역의 경우 연 최대치 강우의 지속기간이 짧은 경우 무차원 누가곡선이 Huff의 4분위법 결과에 비하여 비교적 완만하게 나타났으며, 지속기간이 점점 증대될수록 무차원 누가곡선은 Huff의 4분위법 결과와 유사하게 나타났다.

핵심용어 : 설계홍수량, 설계 강우, Huff의 4분위법, 연 최대치 강우

1. 서 론

수공구조물의 설계에서 가장 중요한 일은 대상유역에 대한 설계홍수량을 결정하는 것이다. 설계홍수량을 결정하기 위해서는 강우자료의 빈도해석을 통해 얻어진 설계 강우를 시간분포시켜 설계홍수량을 결정하게 된다. 설계 강우의 시간분포는 그 방법에 따라 침투홍수 발생시간 및 침투홍수량에 지배적인 영향을 미치며, 같은 설계 강우라 할지라도 강우의 시간분포 방법에 따라 대상유역의 유출특성은 크게 달라진다. 그러므로 수공구조물의 설계를 위해 필요한 설계홍수량을 산정하기 위해서는 설계 강우의 특성에 맞는 시간분포

방법 선택이 중요한 과정이라 할 수 있다.

강우의 시간분포 방법과 관련된 연구는 국내·외적으로 많은 연구 결과가 발표되어 있으며, 강우 분포의 배열 특성은 다음의 몇 가지로 분류할 수 있다. 첫째는 강우의 시간분포를 임의로 배열하는 형태이다. 국내에서 많이 사용하고 있는 것과 같이 Mononobe식에 의한 강우량을 전방위, 중앙위, 후방위형 등으로 배열하는 방법이 이에 속한다. 둘째는 I.D.F 관계를 이용하여 수학적으로 강우의 시간분포를 모형화한 형태이다. Keifer와 Chu(1957)에 의해 일명 Chicago 방법이라고 불리는 모형이 이에 속한다. 셋째는 강우계측기에 관측된 자료 그대로 누가곡선을 작성하여 이용하는 형태

*정회원 · 한양대학교 공과대학 토목공학과 교수(E-mail : leejk@hanyang.ac.kr)

**한양대학교 대학원 토목공학과 석사과정(E-mail : hyunjaechu@hotmail.com)

이다. 일반적으로 여러 호우의 누가곡선을 평균하거나 지속기간의 제한 또는 강우 크기의 제한을 두어 평균하는 것이다. 넷째는 이상의 세 가지 형태와는 다른 형태로 개발된 것이다. Pilgrim과 Cordery 등(1969)은 호주의 Sydney 지방에 대한 강우의 시간분포를 평균이동법으로 분석하였으며, 이와 다른 형태의 연구로서 Yen과 Chow(1977)는 무차원 1, 2차 모멘트를 이용하여 시간분포를 삼각형과 사다리꼴 우량주상도의 형태로 단순화하여 제시하였다. 국내의 경우 서승덕(1965)에 의해 최초로 호우의 시간분포 개념이 고찰되었으며, 그 이후로도 박찬영(1981), 서병하(1981), 이근후(1983) 등을 포함하여 지금까지 많은 연구가 진행되어오 있다(건설교통부, 2000).

국내의 경우 “지역적 설계 강우의 시간적 분포(건설교통부, 2000)”에 제시되어 있는 Huff의 4분위법을 많이 이용하고 있다. 이 방법은 6시간 이상의 무강우시간을 갖는 강우사상을 자료로 이용, 분석하여 설계 강우의 시간분포 방법을 제시한 방법이다. 본 연구에서는 Huff의 4분위법에서 이용한 자료와 달리 1961년부터 2004년까지 서울지역 강우 관측자료 중 지속기간별 연 최대치 강우자료를 이용하여 연 최대치 강우의 시간분포 특성을 분석하고 이전의 연구 결과와 비교하였다.

2. 설계 강우의 시간분포 방법

지금까지 설계 강우의 시간분포 방법에는 여러 가지 방법들이 개발되어 사용되어오고 있다. 그 중에서 국내에서 주로 이용하고 있는 방법에는 Mononobe 방법, Keifer와 Chu 방법, Yen과 Chow 방법, 교호 블록 방법, Huff의 4분위법 등이 있다. 그 중에서 본 연구에서 이용한 Huff의 4분위법의 이론적 배경을 살펴보면 다음과 같다.

2.1 Huff의 4분위법

1967년 Huff는 미국 Illinois주의 강우기록을 통계학적으로 분석하여 강우량의 시간적 분포를 나타내는 무차원 시간분포곡선을 제시하였다. 이는 강우의 누가곡선을 이용하여, 전 지속기간을 4등분 하였을 때 최대강우가 각 분류된 구간의 어느 부분에서 나타나는지 조사하였다. 즉, 강우지속기간을 4등분 하였을 때 강우 초기에 해당하는 처음 1/4구간을 제1구간 호우(First-quartile storm), 2/4구간에 있으면 제2구간 호우(Second-quartile storm), 3/4구간에 있으면 제3구간 호우(Third-quartile storm), 그리고 마지막 구간일 경우에는 제 4구간 호우(Fourth-quartile storm)로 분류하였다.

이와 같이 4개 그룹으로 분류된 강우를 시간적으로 무차원화 시키기 위하여 각각 강우의 누가 지속기간과 이에 따른 강우량을 각각 백분율로 표시하고, 이를 나타내면 다음과 같다.

$$PT(i) = \frac{T(i)}{T_0} \times 100\% \quad (1)$$

$$PR(i) = \frac{R(i)}{R_0} \times 100\% \quad (2)$$

여기서

PT(i) : 임의시간 T(i)에서의 강우지속기간 비

T(i) : 강우시작 후 i번째 시각의 경과시간

T₀ : 총 강우지속기간

i : 단위증분횟수

PR(i) : 임의시간 T(i)에서의 강우량 비

R(i) : 임의시간 T(i)까지의 누가우량

R₀ : 지속기간 T₀의 총 우량

이와 같이 무차원 누가곡선을 이용하여 각 그룹에 속한 호우들을 분리하여 분석한다. 먼저, 제1구간 호우의 분석일 경우 각 지속기간 증분회수별로 각 확률을 추정한 후 각 확률별로 시간분포를 추정한다. 동일한 방법으로 제2구간, 3구간, 4구간 호우를 차례로 분석한다. 이때 각 확률 누가곡선은 10%의 확률간격으로 작성하는 것이 일반적이다.

2.2 설계 강우의 시간분포 방법 검토

실제 강우는 시·공간적인 무작위성을 가지고 있기 때문에 호우에 따라 강우의 분포가 매우 다양하게 나타난다. 따라서 설계 강우의 시간분포 방법은 이러한 실제 강우의 무작위성을 정확히 표현해야 한다. 오늘날 다양한 설계 강우의 시간분포 방법들이 실제 강우분포의 특성을 표현하고 있지만 이러한 방법들 중에서 실제로 유역에 가장 적합한 시간분포 방법을 결정하기란 어려운 일이다. 하지만, 침투홍수량 결정을 위해서는 여러 가지 방법들 중 그 지역을 가장 대표할 수 있는 강우분포 방법을 선택해야만 한다. 여러 가지 방법들 중 본 연구에서 이용한 Huff의 4분위법의 문제점을 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 분위가 동일하다면 전체 강우지속기간에 대하여 하나의 무차원 누가곡선을 적용하게 되므로 강우지속기간 길이의 대소에 따라 강우분포 특성이 고려되지 못한다. 둘째, 4가지의 분위기를 전 지속기간에 적용하였기 때문에 무차원 누가곡선이 평활하게 되어 단기간의 침투강우량을 실제 확률 강우량처럼 높게 산정하는 문제점이 있다. 셋째, 채택된 분위에 따라 계획홍수량의 차이가 많으므로 최빈분위를 채택하는 원칙이 필요하다. 하지만, 중·소규모의 유역의 최빈분위가 1분위 또는 2분위인 경우 초기손실의 영향으로 침투홍수량이 작게 산정되고, 1분위에서 4분위로 갈수록 침투홍수량이 증가하는 경향을 나타내는 문제점을 지니고 있다(박민석, 2004).

3. 연구방법

본 연구에서는 Huff의 4분위법과는 다른 방법으로 강우자료를 선정하여 연 최대치 강우의 시간분포 특성을 분석하였다. 먼저 강우를 4가지 분위로 분류하고 최빈분위를 선정했다는 점에서는 Huff의 4분위법과 동일하다. 하지만, Huff의 4분위법은 6시간 이상의 무강우시간을 갖는 강우사상을 분석하여 설계 강우의 시간분포 방법을 제시했지만, 본 연구에서는 실제 관측 호우 중에서 지속기간별 연 최대치 강우자료를 선별하여 지속기간을 점점 증대한 자료의 무차원 누가곡선을 작성하여 연 최대치 강우의 시간분포 특성을 분석하였다. 이와 같이 연 최대치 자료를 선정하는 이유는 수공구조물 설계에 필요한 설계 강우는 그 크기가 보통 재현기간 10년 혹은 20

년 그 이상의 강우로서 실제 강우사상의 경우와는 그 특성이 다를 수 있으므로, 큰 강우사상을 표현하는 연 최대치 강우자료의 특성을 분석하고자 하였다. 또한, 본 연구에서는 무차원 누가곡선의 작성방법으로 연 최고치 계열에 가장 적합한 공식으로 알려진 Weibull 도시위치공식을 이용하였다.

강우자료의 정리 방법은 먼저, 선정된 지속기간별 연 최대치 강우자료를 각 분위별로 분류한 다음 각각의 자료에 대한 시간-강우의 관계를 무차원화 하였다. 그 다음, 분석된 자료들을 대상으로 Weibull의 도시위치공식을 이용하여 각 분위에 대한 무차원 누가곡선을 산정하였다. 무차원 누가곡선을 작성하기 위해서는 도식적 기법이나 회귀방정식을 이용해야 하는데 본 연구에서는 다음과 같은 6차 회귀방정식을 이용하였다.

$$Y = a + bx + cx^2 + dx^3 + ex^4 + fx^5 + gx^6 \quad (3)$$

여기서

Y : 강우량

x : 지속기간

a, b, c, \dots, g : 상수

또한, 연 최대치 강우의 지속기간을 1시간~3시간, 1시간~6시간, 1시간~24시간의 세 가지 그룹으로 나누어 무차원 누가곡선을 작성함으로써 연 최대치 강우의 지속기간 증대에 따른 시간분포 특성을 이전의 결과와 비교하였다.

4. 자료의 선정

설계홍수량은 지속기간별 연 최대치 혹은 연 초과치 강우자료를 이용, 빈도분석하여 확률강우량을 산정하고 산정된 확률강우량을 여러 가지 강우분포 방법으로 시간분포하여 구한다. 우리나라에서 주로 사용되는 Huff의 4분위법은 6시간 이상의 무강우시간을 갖는 강우사상에 대하여 구한 무차원 누가곡선 값이다. 하지만, 수공구조물 설계에 필요한 설계 강우의 경우 그 크기가 보통 재현기간 10년 혹은 20년 그 이상의 강우로서 실제 강우사상의 경우와는 그 특성이 다를 수 있다. 본 연구에서는 1961년부터 2004년까지 기상청 제공 시강우 자료를 이용하여 지속기간별 연 최대치 강우자료를 산정하였다. 산정된 지속기간별 연 최대치 강우자료 분석을 위해 1961년부터 1999년까지는 강우기록지 자료를 2000년부터 2004년까지는 매 10분 강수량 자료를 이용하여 지속기간 증대에 따른 연 최대치 강우의 시간분포 특성을 분석하여 이전의 결과와 비교하였다. 표 1은 본 연구에서 사용한 자료로 산정한 서울지역의 강우지속기간별 확률강우량을 나타내 값이다. 확률강우량 산정을 위해 적정 확률분포형으로는 Gumbel 분포를 선정하였으며, 매개변수 추정 방법으로는 최우도법을 사용하였고, 적합도 검정을 위해서 χ^2 -검정, K-S 검정 등을 사용하였다. 그림 1은 본 연구에서 사용한 자료의 지속기간별 연 최대치 강우 자료이다. 표 1에서와 같이 설계홍수량 산정에 필요한 확률강우량은 그 크기가 일반 강우사상에 비하여 큰 값을 갖는다.

5. 무차원 누가곡선의 결과 및 비교

그림 2~5는 건설교통부(2000)와 본 연구 1분위~4분위

표 1. 강우지속기간별 확률강우량 (서울, 단위 : mm)

	1시간	2시간	3시간	6시간	12시간	24시간
5년	58.7	91.8	114.0	146.9	181.5	222.4
10년	69.1	108.3	134.5	171.9	211.8	263.8
20년	79.0	124.1	154.2	195.9	240.8	303.5
30년	84.7	133.2	165.6	209.7	257.5	326.4
50년	91.9	144.6	179.8	226.9	278.4	354.9
100년	101.5	159.9	198.9	250.2	306.5	393.5
200년	111.1	175.2	217.9	273.3	334.6	431.9

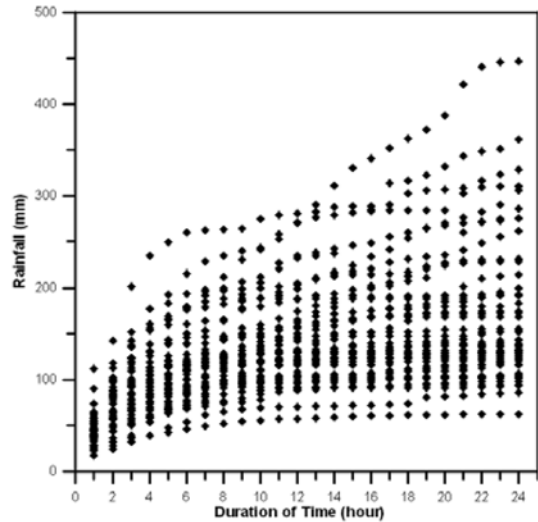


그림 1. 지속기간별 연 최대강우량

10%~90%의 무차원 누가곡선 결과를 나타내고 있다. 그림 2~5의 결과에 나타나듯이 이전에 연구(건설교통부, 2000)된 무차원 누가곡선과 Huff의 4분위법을 이용한 본 연구의 지속기간별 연 최대치 강우자료를 이용한 무차원 누가곡선을 비교하였을 경우 연 최대치 강우의 지속기간이 증대될수록 무차원 누가곡선이 이전의 결과에 점점 더 유사해진다는 것을 알 수 있다.

그림 6은 한국건설기술연구원(1989), 건설교통부(2000) 그리고 본 연구의 경우 Huff의 4분위법 결과 중 설계 강우의 시간분포에 가장 많이 쓰이는 각 분위별 50%의 무차원 누가곡선 결과를 나타낸 것이다. 그림 6(a), (d)의 경우 한국건설기술연구원(1989), 건설교통부(2000)의 결과가 거의 같으며, 지속기간이 점점 증대될수록 본 연구의 결과가 이전의 결과와 유사해지고 있다. 그림 6(b)의 경우 한국건설기술연구원(1989)의 결과가 다른 결과보다 다소 벗어나 있으며, 그림 6(c)의 경우 5개의 결과가 모두 유사하게 나타나고 있다. 마지막으로 그림 6(d)의 경우 건설교통부(2000)의 결과가 가장 아래에 나타났으며, 지속기간이 점점 증대될수록 본 연구의 결과 이전의 결과와 유사해지고 있다. 대부분의 결과는 지속기간이 증대될수록 이전의 결과와 유사해졌으며, 일부의 경우 지속기간이 짧은 경우가 이전의 결과와 비슷하기도 하였다. 또한, 한국건설기술연구원(1989), 건설교통부(2000) 그리고 본 연구 1분위~4분위 10%, 50%, 90%에 해당하는 누가 확률곡선의 무차원 우량주상도 값은 표 2~4와 같다.

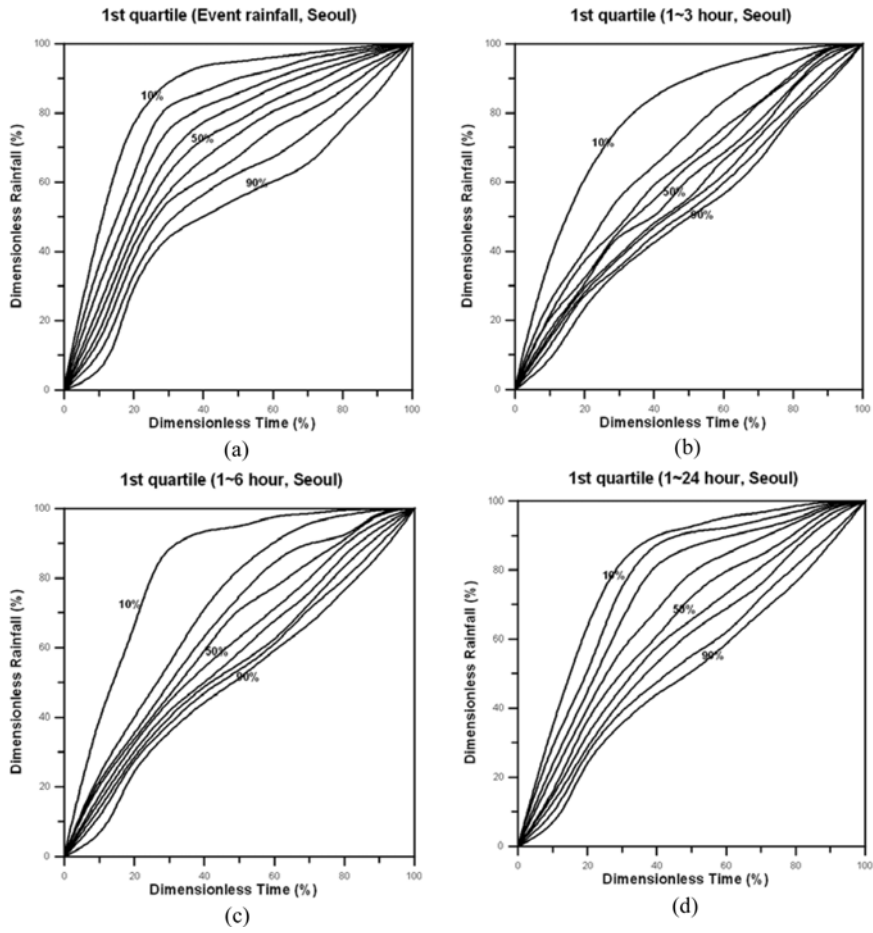


그림 2. (a) <건설교통부, 2000> 1분위 누가곡선, (b) <본 연구>지속기간 1~3시간 1분위 누가곡선, (c) <본 연구>지속기간 1~6시간 1분위 누가곡선 (d) <본 연구>지속기간 1~24시간 1분위 누가곡선

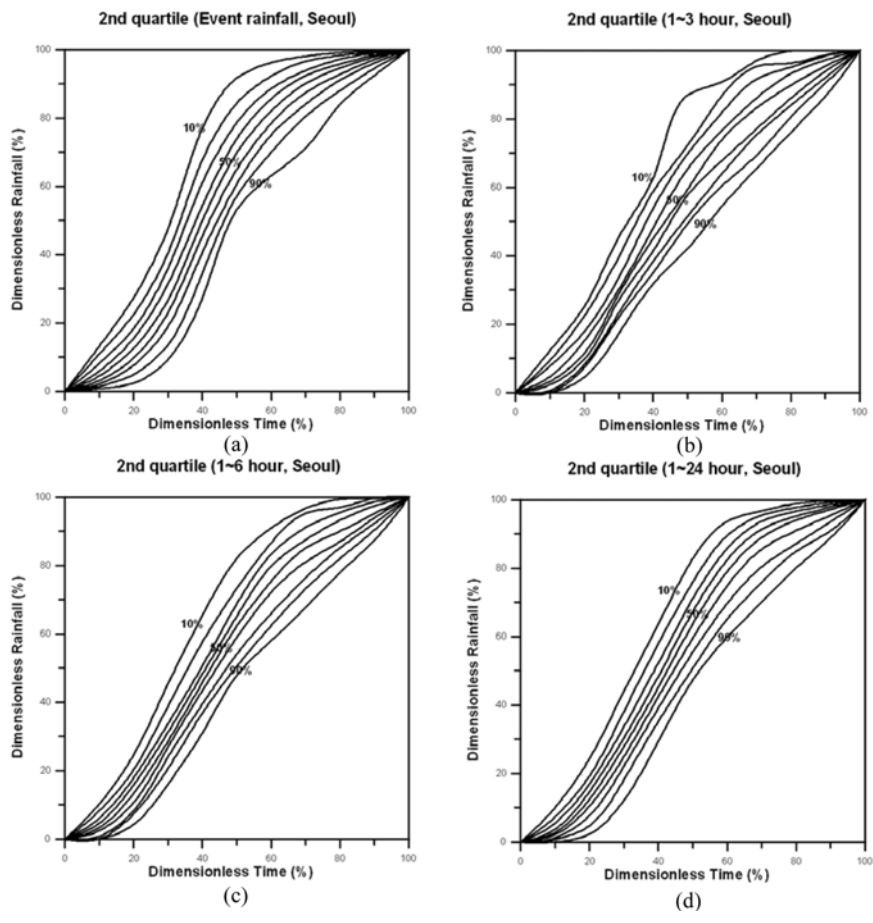


그림 3. (a) <건설교통부, 2000> 2분위 누가곡선, (b) <본 연구>지속기간 1~3시간 2분위 누가곡선, (c) <본 연구>지속기간 1~6시간 2분위 누가곡선, (d) <본 연구>지속기간 1~24시간 2분위 누가곡선

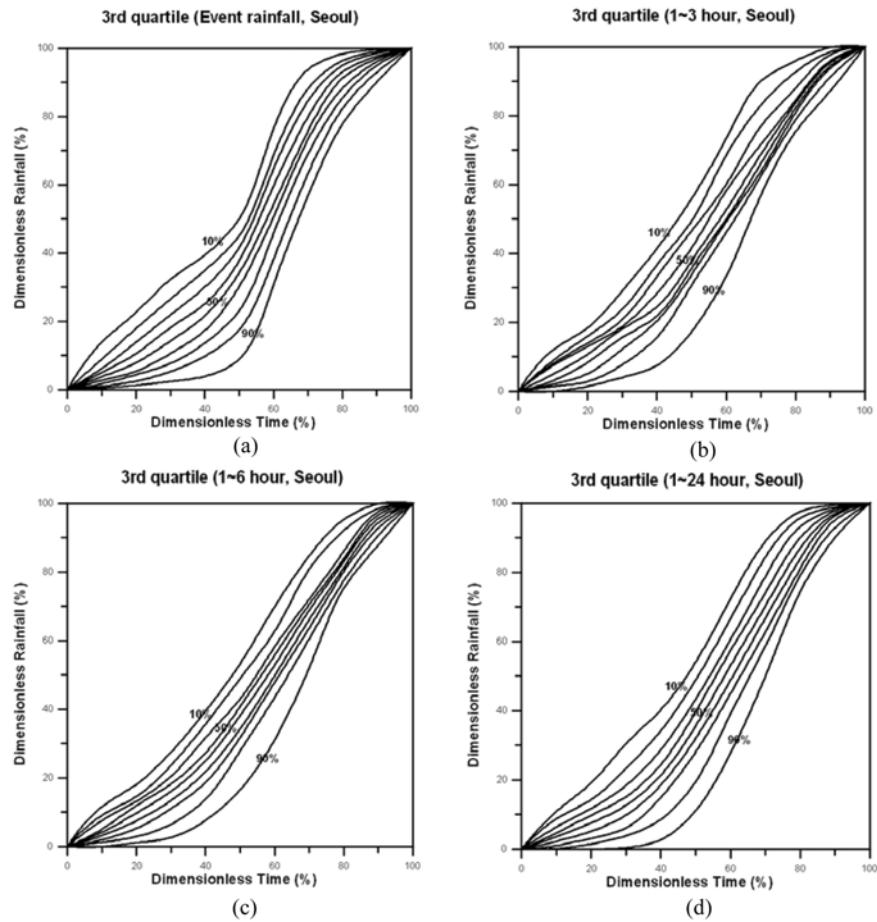


그림 4. (a) <건설교통부, 2000> 3분위 누가곡선, (b) <본 연구>지속기간 1~3시간 3분위 누가곡선, (c) <본 연구>지속기간 1~6시간 3분위 누가곡선, (d) <본 연구>지속기간 1~24시간 3분위 누가곡선

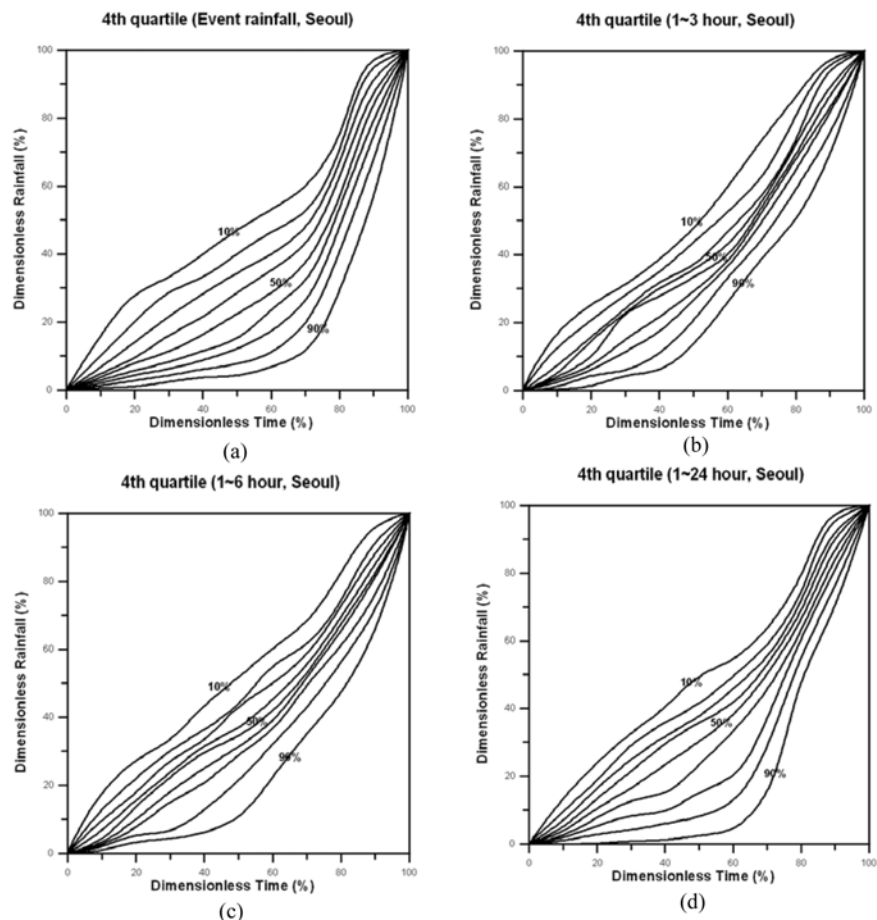


그림 5. (a) <건설교통부, 2000> 4분위 누가곡선, (b) <본 연구>지속기간 1~3시간 4분위 누가곡선, (c) <본 연구>지속기간 1~6시간 4분위 누가곡선, (d) <본 연구>지속기간 1~24시간 4분위 누가곡선

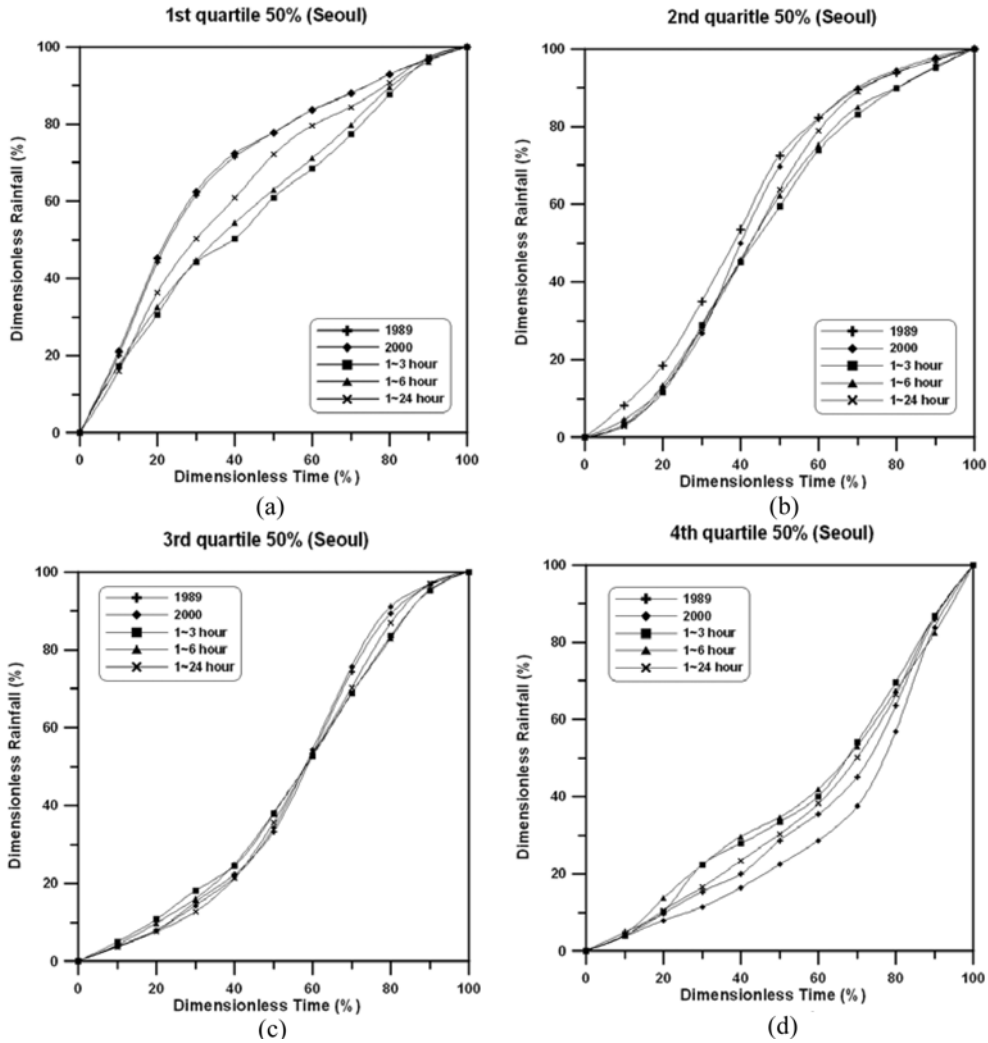


그림 6. (a) 1분위 50% 무차원 누가곡선, (b) 2분위 50% 무차원 누가곡선, (c) 3분위 50% 무차원 누가곡선, (d) 4분위 50% 무차원 누가곡선

표 2. 10% 누가 확률곡선의 무차원 우량주상도 값 (%)

분위	지속기간	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
1분위	건기원(1989)	45.2	76.2	89.0	93.6	94.8	95.7	97.2	98.3	99.5	100
	건교부(2000)	46.0	76.9	88.8	93.5	94.9	96.1	97.2	98.4	99.5	100
	1hr~3hr	37.6	60.9	75.9	84.7	90.1	93.8	96.4	98.3	99.5	100
	1hr~6hr	39.2	66.7	88.4	93.4	95.0	97.5	98.5	99.5	99.8	100
	1hr~24hr	34.9	63.7	82.4	89.9	92.6	95.3	96.6	98.4	99.7	100
2분위	건기원(1989)	18.1	35.0	54.6	76.4	94.2	96.4	97.9	98.9	99.5	100
	건교부(2000)	13.2	27.4	47.6	77.1	91.7	96.2	98.1	99.1	99.6	100
	1hr~3hr	12.3	25.2	45.5	62.9	87.1	91.0	97.1	99.9	99.9	100
	1hr~6hr	10.2	24.6	45.4	65.4	82.0	90.9	96.6	99.3	99.5	100
	1hr~24hr	10.1	24.5	44.1	63.7	82.8	93.7	96.8	98.9	99.8	100
3분위	건기원(1989)	12.9	22.6	32.4	39.0	50.0	75.8	93.6	98.3	99.6	100
	건교부(2000)	13.9	22.6	32.3	39.4	50.0	76.4	93.7	98.3	99.6	100
	1hr~3hr	11.9	18.4	29.1	41.4	55.9	73.4	90.0	95.9	99.8	100
	1hr~6hr	11.6	18.1	27.4	39.4	53.2	69.8	84.6	95.2	99.8	100
	1hr~24hr	10.9	19.1	30.5	40.3	54.0	72.4	88.9	97.5	99.5	100
4분위	건기원(1989)	14.3	25.8	30.3	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	95.7	100
	건교부(2000)	15.9	27.8	33.3	40.0	47.0	53.1	60.0	75.3	97.0	100
	1hr~3hr	16.6	25.2	31.3	38.7	47.8	60.0	73.7	86.5	97.2	100
	1hr~6hr	17.6	27.3	33.7	43.4	51.8	60.2	68.4	82.6	95.8	100
	1hr~24hr	13.3	23.9	32.7	40.4	49.4	54.7	63.7	79.5	97.3	100

표 3. 50% 누가 확률곡선의 무차원 우량주상도 값 (%)

분위	지속기간	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
1분위	건기원(1989)	20.0	44.1	61.5	71.5	77.8	83.6	87.9	92.9	96.6	100
	건교부(2000)	21.0	45.2	62.5	72.4	77.8	83.6	88.0	92.9	96.9	100
	1hr~3hr	17.2	30.6	44.2	50.3	60.9	68.4	77.3	87.7	96.9	100
	1hr~6hr	17.5	32.5	44.6	54.4	63.0	71.1	79.9	89.5	96.2	100
	1hr~24hr	15.9	36.3	50.3	60.8	72.1	79.6	84.4	90.9	97.4	100
2분위	건기원(1989)	8.2	18.5	35.0	53.5	72.6	82.2	89.6	93.9	97.3	100
	건교부(2000)	4.5	12.6	26.8	50.0	69.8	82.0	90.1	94.6	97.9	100
	1hr~3hr	3.3	11.5	28.9	45.1	59.4	73.9	83.2	89.9	95.5	100
	1hr~6hr	3.4	13.4	28.6	45.8	62.2	75.3	85.1	90.0	95.2	100
	1hr~24hr	2.8	12.5	27.9	45.2	63.8	79.0	89.0	94.1	97.2	100
3분위	건기원(1989)	3.9	7.9	15.2	22.3	33.3	53.1	74.4	89.4	96.6	100
	건교부(2000)	3.8	7.9	14.3	21.6	34.2	54.3	75.7	91.1	96.9	100
	1hr~3hr	4.9	10.7	18.1	24.5	37.8	52.7	68.8	83.6	95.3	100
	1hr~6hr	4.2	9.8	16.1	24.9	38.1	52.9	68.9	83.0	95.5	100
	1hr~24hr	3.6	7.6	12.7	21.3	35.6	53.1	70.3	87.0	97.0	100
4분위	건기원(1989)	4.8	9.7	15.4	20.0	28.6	35.5	45.1	63.6	86.0	100
	건교부(2000)	3.8	7.9	11.4	16.4	22.4	28.6	37.5	56.9	83.9	100
	1hr~3hr	4.1	10.1	22.3	27.8	33.4	40.1	54.0	69.6	86.7	100
	1hr~6hr	4.4	13.7	22.3	29.6	34.6	42.0	53.1	67.4	82.4	100
	1hr~24hr	3.9	10.5	16.5	23.4	30.3	38.2	50.1	66.4	86.8	100

표 4. 90% 누가 확률곡선의 무차원 우량주상도 값 (%)

분위	지속기간	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
1분위	건기원(1989)	5.7	28.6	42.9	50.0	54.5	59.0	65.0	75.1	85.4	100
	건교부(2000)	5.9	29.5	44.0	50.1	55.5	60.2	65.4	75.4	85.8	100
	1hr~3hr	8.9	23.6	34.5	42.5	49.8	56.6	66.1	79.0	88.5	100
	1hr~6hr	6.8	24.4	35.7	44.3	51.3	59.1	66.8	76.4	86.8	100
	1hr~24hr	6.8	24.0	35.5	43.9	50.5	58.6	67.6	76.4	87.6	100
2분위	건기원(1989)	1.1	3.5	10.2	29.8	54.9	64.9	75.0	84.0	92.3	100
	건교부(2000)	0.8	2.4	9.3	27.4	53.1	63.1	71.1	83.9	92.4	100
	1hr~3hr	1.0	4.6	17.4	31.8	42.2	54.6	65.5	76.1	86.6	100
	1hr~6hr	0.8	4.3	16.1	31.1	47.9	58.0	67.6	77.8	87.3	100
	1hr~24hr	0.4	2.6	12.5	29.5	47.3	59.8	70.0	80.0	88.8	100
3분위	건기원(1989)	0.7	1.8	3.5	5.4	11.3	28.9	53.2	73.3	86.4	100
	건교부(2000)	0.5	1.3	2.4	3.9	8.9	30.8	56.8	77.7	90.0	100
	1hr~3hr	0.0	1.4	4.0	7.5	17.2	33.3	56.9	75.3	87.1	100
	1hr~6hr	0.0	1.1	2.7	7.7	16.5	31.1	52.0	75.2	87.8	100
	1hr~24hr	0.0	0.0	0.4	2.7	11.0	27.6	49.9	74.4	90.0	100
4분위	건기원(1989)	0.8	2.1	3.2	4.3	5.4	7.9	12.5	34.1	60.4	100
	건교부(2000)	0.6	1.1	2.4	3.7	4.3	6.8	11.7	29.3	57.1	100
	1hr~3hr	0.4	1.4	4.3	6.3	13.8	26.1	38.8	50.7	69.8	100
	1hr~6hr	1.0	3.2	4.5	6.2	10.9	22.3	35.0	47.3	66.0	100
	1hr~24hr	0.0	0.2	0.8	1.2	2.4	4.6	15.7	47.5	70.6	100

5.1 우량주상도

그림 7~10은 한국건설기술연구원(1989), 건설교통부(2000) 그리고 본 연구 결과의 무차원 누가곡선에 대한 10%~90% 확률분포 값 중 설계 강우의 시간분포에 가장 많이 쓰이는 각 분위 50%에 해당하는 확률분포의 우량주상도 값을 나타

낸 그림이다. 본 연구 결과에 의한 우량주상도의 특징은, 이전의 결과(한국건설기술연구원, 건설교통부)에 의한 우량주상도 값은 그 주변의 값과 뚜렷한 첨두지점을 찾을 수 있는 반면 본 연구에서 분석된 결과 값은 첨두지점과 그 주변의 값 차이가 이전의 결과에 비해 크게 발생하지 않는다는 사

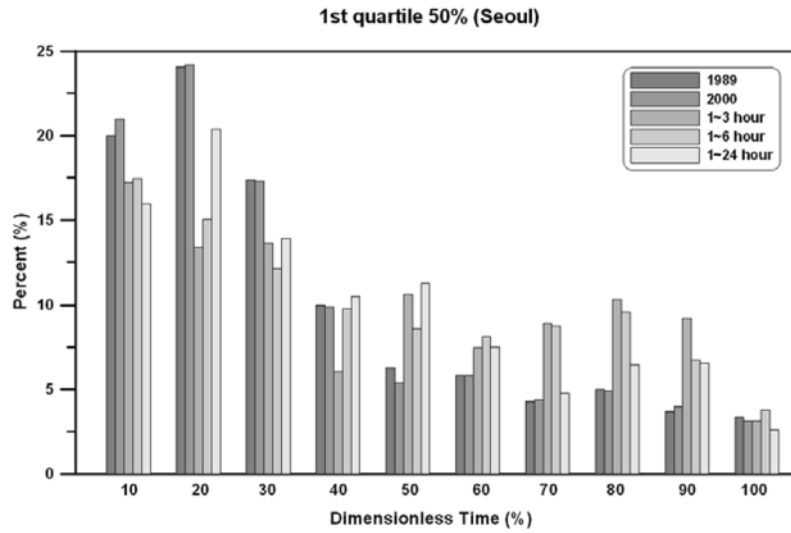


그림 7. 1분위 50% 우량주상도

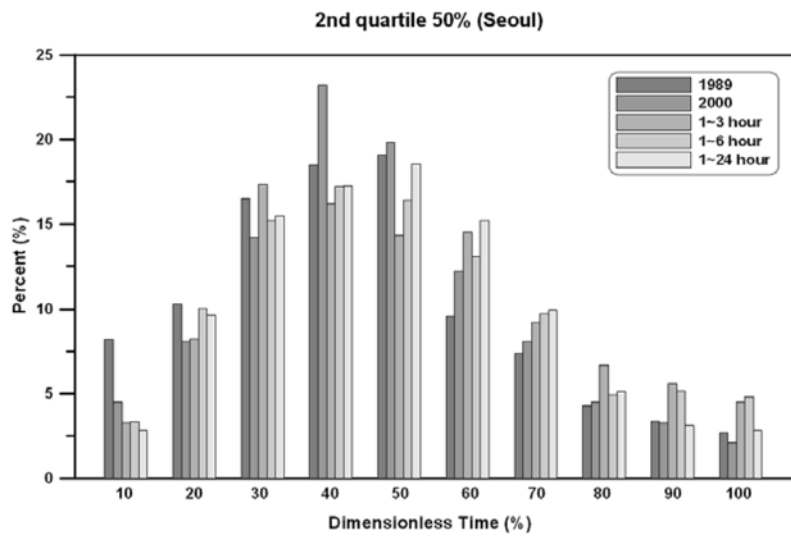


그림 8. 2분위 50% 우량주상도

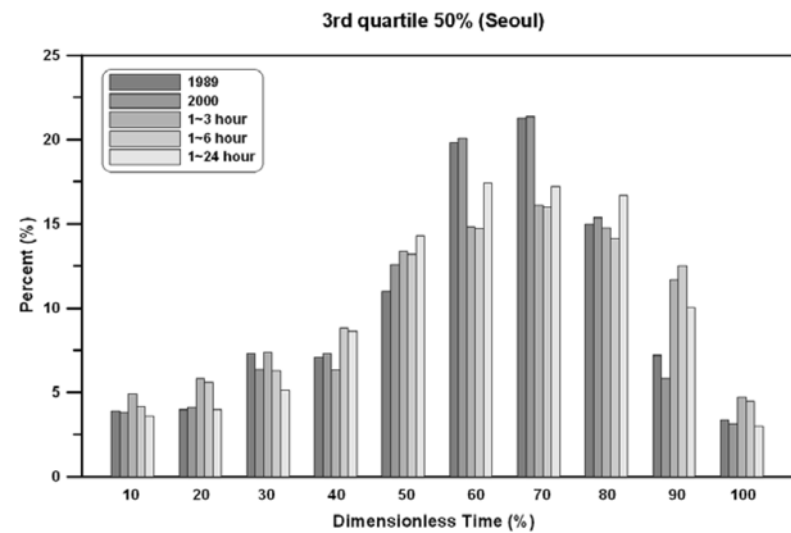


그림 9. 3분위 50% 우량주상도

실이다. 즉, 전체적인 강우의 시간분포가 이전의 결과에 비해 다소 완만하였다. 하지만, 그 차이는 큰 값이 아니었으며, 지속기간 1~24시간까지의 자료를 이용한 결과의 경우 첨두값이 조금 작았을뿐 전체적으로 이전의 결과와 거의 유사한

결과를 보여주고 있다.

5.2 최빈구간별 강우발생횟수

본 연구에서는 강우분석을 위해 시강우 자료와 강우기록지

4th quartile 50% (Seoul)

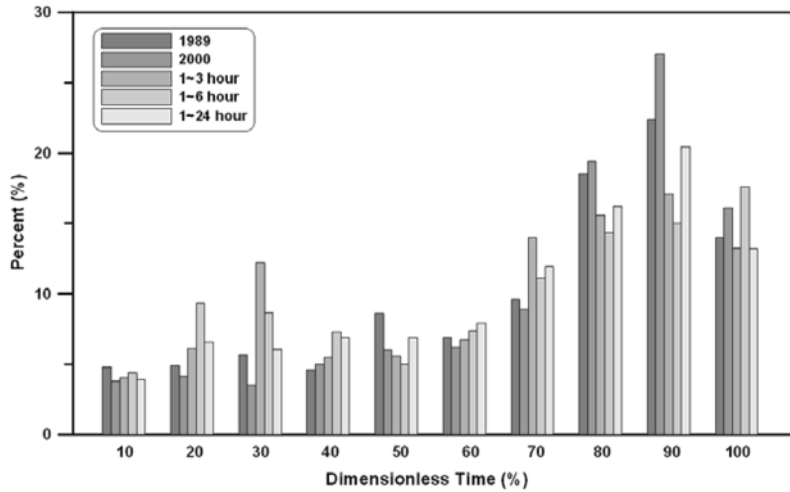


그림 10. 4분위 50% 우량주상도

표 5. 최빈구간별 강우발생횟수 (전기간)

기간	최빈구간			
	1분위	2분위	3분위	4분위
1961-1970	42	49	89	50
1971-1980	28	52	94	61
1981-1990	60	73	69	33
1991-2004	33	85	128	79
전 체	15.9%	25.3%	37.1%	21.7%

자료 그리고 매 10분 강수량 자료를 사용하였으며, 강우기록지의 기록 불량으로 분석 불가능한 자료를 제외한 서울지역 지속기간별 연 최대치 강우를 대상으로 자료를 분석해본 결과는 표 5로써 총 1025개의 자료 중 163개의 자료(15.9%)가 제1구간에 속했고, 259개의 자료(25.3%)가 제2구간에 속했으며, 제3구간에는 380개의 자료(37.1%)가 해당되어 가장 빈도가 높았다. 또한 제4구간에는 223개의 자료(21.7%)가 속했다. 이와 같은 결과는 평균강우강도 이상의 중호우의 경우 제2구간 호우가 지배적이었던 이전의 결과(건설교통부, 2000)와는 다소 달랐다. 이러한 원인은 6시간 이상의 무강우 시간을 갖는 강우사상을 이용한 이전 결과와 지속기간별 연 최대치 자료를 이용한 본 연구 강우자료의 특성 차이에 기인하는 것으로 판단된다.

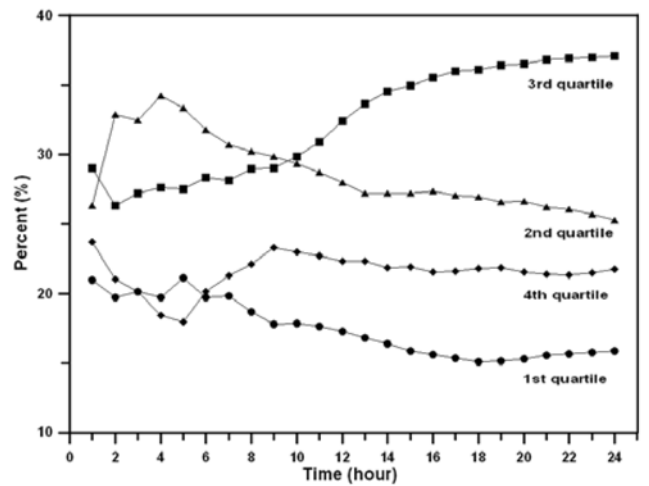


그림 11. 지속기간별 발생빈도

5.3 지속기간별 발생빈도

본 연구에서 자료수집기간을 20년, 30년, 44년으로 구분하여 정리한 결과는 표 6과 같다. 표 6에 나와 있듯이 서울 지역의 경우 지속기간 1시간부터 3시간, 지속기간 1시간부터 6시간의 자료에서는 2분위가 최빈분위로 나타났지만, 지속기간 1시간부터 24시간까지의 자료에서는 3분위가 최빈분위로 나타났다. 또한, 그림 11에서와 같이 수집된 전체 자료에 대해 분석한 결과 1분위와 4분위는 지속기간이 점점 늘어남에 따라 일정한 값을 유지하는 경향을 나타냈으며, 2분위와 3분

표 6. 자료수집기간에 따른 발생빈도 (%)

지속기간	1분위			2분위		
	1961~1980	1961~1990	1961~2004	1961~1980	1961~1990	1961~2004
1hr~3hr	23.1	26.6	20.2	28.8	31.6	32.5
1hr~6hr	20.0	23.8	19.7	30.5	31.9	31.8
1hr~24hr	15.1	18.6	15.9	21.7	24.6	25.3
지속기간	3분위			4분위		
	1961~1980	1961~1990	1961~2004	1961~1980	1961~1990	1961~2004
1hr~3hr	32.7	25.3	27.1	15.4	16.5	20.2
1hr~6hr	32.4	24.9	28.3	17.1	19.4	20.2
1hr~24hr	39.4	36.2	37.1	23.8	20.6	21.7

위는 지속기간 10시간 이후에는 그 값이 역전되어 3분위가 우세를 나타냈다. 이 결과를 통해 지속기간별 연 최대치 강우의 경우 지속기간 10시간 이하의 호우는 2분위가 우세를 나타내지만 지속기간 10시간 이상의 호우는 3분위가 우세를 나타낸다는 결과를 얻을 수 있었다. 이러한 결과는 지속기간 12시간 이상의 경우에 3분위가 지배적이었던 이전의 결과와 비슷함을 알 수 있다. 또한, 지속기간 20시간 이상 자료의 경우 각각의 분위가 일정한 비율을 차지하고 있음을 알 수 있었다.

6. 결 론

본 연구에서는 설계홍수량 산정에 필요한 설계 강우의 시간분포 방법 중 Huff의 4분위법을 이용하여 서울지점 연 최대치 강우자료의 시간분포 특성을 분석하였다. 본 연구에서 분석한 지속기간별 연 최대치 강우자료의 시간분포 결과를 6시간 이상의 무강우시간을 갖는 강우의 시간분포 결과와 비교·검토하여 정리하면 다음과 같다. 첫째, 무차원 누가곡선을 비교한 결과 지속기간이 1~3시간으로 짧을 경우 이전의 결과보다 무차원 누가곡선이 다소 완만하였지만, 강우자료의 지속기간이 점점 증대될수록 6시간 이상의 무강우시간을 갖는 강우를 이용한 결과(건설교통부)와 유사해지는 경향이 나타났다. 둘째, 우량주상도를 비교한 결과 연 최대치 강우의 분포양상이 이전의 결과(한국건설기술연구원, 건설교통부)보다 조금 더 작은 첨두값을 나타냈다. 셋째, 서울지역 연 최대치 강우자료의 경우 지속기간이 10시간 이하일 경우에는 2분위가, 지속기간이 10시간 이상일 경우에는 3분위가 우세한 경향을 나타냈으며, 1분위, 4분위가 차지하는 비중은 2분위, 3분위 보다 낮음을 알 수 있었다.

참고문헌

건설교통부(2000) 지역적 설계 강우의 시간적 분포, **수자원 관리**

기법 개발연구조사 연구보고서, 한국건설기술연구원.
 건설교통부(2000) 한국 확률강우량도 작성, **수자원 관리기법 개발 연구조사 연구보고서**, 한국건설기술연구원.
 박민석(2004) **설계홍수량 산정을 위한 적정 설계 강우 시간분포 방법 개발**, 석사학위논문, 고려대학교 토목환경공학과.
 박찬영외 3인(1981) 소유역의 설계우량 산정을 위한 강우형상분석에 관한 연구, **한국수자원학회지**, 한국수자원학회, 제14권 제4호, pp. 13-18
 서승덕(1965) 폭우의 시간적분포에 관한 고찰, **한국농공학회지**, 한국농공학회, 제7권 제2호, pp. 792-797.
 서병하, 강관원, 윤용남(1981) 도시하수도망의 수문학적 평가와 설계확률유량의 점대화 성향에 관한 연구(제 1보), **한국수자원학회지**, 한국수자원학회, 제14권 제4호, pp. 27-33.
 이근후(1983) **폭우의 시간적분포에 관한 연구**, 박사학위논문, 서울대학교 농공학과.
 한국건설기술연구원(1989) 지역별 설계 강우의 시간적 분포, **건기연 89-WR-111**, 한국건설기술연구원 연구보고서.
 Huff, F.A. (1967) Time Distribution of Rainfall in Heavy Storms, *Water Resources Research*, Vol. 3, No. 4, pp. 1007-1019.
 Huff, F.A. (1970) Spatial Distribution of Rainfall Rates, *Water Resources Research*, Vol. 6, No. 1, pp. 254-260.
 Huff, F.A. (1970) Time Distribution Characteristics of Rainfall Rates, *Water Resources Research*, Vol. 6, No. 2, pp. 447-454.
 Keifer, C.J. and Chu, H.H. (1957) Synthetic storm pattern for drainage design, *Journal of Hydraulics Division*, ASCE, Vol. 83, No. HY4, pp. 1-25
 Pilgrim, D.H. and Cordery, I. (1975) Rainfall temporal patterns for design flood. *Journal of Hydraulics Division*, ASCE, Vol. 83, No. HY1, pp. 81-95.
 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.

(접수일: 2006.4.19/심사일: 2006.6.14/심사완료일: 2006.7.20)