

Huff 강우시간분포방법의 개선방안 연구 :

I. Huff방법의 국내유역 적용성 검토

A Study on the Improvement of Huff's Method in Korea :

I. Review of Applicability of Huff's method in Korea

장수형* / 윤재영** / 윤용남***

Jang, Su Hyung / Yoon, Jae Young / Yoon, Yong Nam

Abstract

The goal of this study is to improve Huff's method which is the most popular method for rainfall time distribution in Korea. As the first step, we reevaluated the context of Huff's original research - motivations, geography and rainfall pattern of study area, and compared that to Korean situations. In original Huff's results, no change in temporal distribution characteristics were found for different rainfall durations. This was found to be different from Korean situations. Furthermore, results from the MOCT(Ministry of Construction and Transportation) version of Huff's method is on a gage basis not on a watershed basis, thus making it difficult to select cumulative rainfall curves representative of a watershed. In addition, all rainfall data regardless of their magnitude were used in the MOCT version of Huff' method which is different from original Huff's which screened out data by using a threshold value of 25.4 mm. For both point and areal mean rainfall, time distribution characteristics of rainfall for various durations were found to be different. This was statistically proven by K-S test at 5% significance level as some cumulative rainfall curves developed from the rainfall data of certain durations were found to be not significant with cumulative rainfall curves developed from the rainfall data of all durations. Therefore, in order to apply Huff's method to Korean situations, it is recommended that dimensionless cumulative curve must be developed for various rainfall duration intervals using rainfall data greater than a certain threshold value.

keywords : Huff's method, rainfall time distribution characteristics, representative rainfall mass curve

요 지

Huff(1967)의 연구배경과 지형 및 강우특성을 국내유역과 비교하고 Huff(1967) 방법을 국내에 적용한 건설교통부(2000) Huff의 한계점을 파악하였으며, 국내 강우가 갖는 지속기간별 시간분포특성을 검토함으로써 국내유역에 적합한 Huff 방법의 개선방안을 위한 기초연구를 목표로 하였다. Huff(1967)의 연구유역과 본 연구유역의 점강우가 갖는 특성에는 차이가 있었다. 그리고 건설교통부(2000) Huff 방법은 관측소별로 분석되어 유역을 대표하는 누가곡선의

* 정회원 · 고려대학교 방재과학기술연구소 연구조교수

Research Assistant Professor, Research Center for Disaster Prevention Science and Technology, Korea Univ., Seoul 136-701, Korea
(e-mail: angel452@korea.ac.kr)

** 정회원 · 교신저자 · 고려대학교 과학기술대학 환경시스템공학과 조교수

Assistant Professor, Dept. of Env. System Engr., Korea Univ., Chungnam 339-700, Korea

*** 정회원 · (주)삼안 수자원부 상임고문

Water Resources Dept., Saman Corporation, Anyang 427-707, Korea

채택에 어려움을 갖게 되며, 이용된 강우사상은 강우총량의 크기에 관계없이 모든 자료를 이용하여 점우량 25.4mm 이상을 대상으로 비교한 결과와 차이가 있는 것으로 분석되었다. 또한, 본 연구 대상구역의 점강우와 면적평균 강우에서 지속기간별로 강우의 시간분포 특성이 다양한 것으로 분석되었으며, 이는 K-S 검정결과 5% 유의수준에서 지속기간별로 작성된 일부 누가곡선이 전 지속기간에 대해 작성된 누가곡선과 유의하지 않는 것으로 분석되어 지속기간별 시간분포 특성이 통계학적으로 입증되었다. 따라서 Huff(1967) 방법을 국내유역에 적용하기 위해서는 적정 수준 이상의 총량을 갖는 강우사상을 대상으로 유역의 대표성, 강우의 지속기간별 특성이 반영된 누가곡선이 작성되어야 할 것으로 판단되었다.

핵심용어 : Huff 방법, 강우의 시간분포특성, 대표누가우량곡선

1. 서론

설계홍수량의 산정을 위해 결정되는 설계강우의 시간분포특성은 침투유출량 및 유출수문곡선의 형상에 지배적인 영향을 미치며, 동일한 강우량이라 할지라도 강우의 시간적 분포에 따라 홍수유출특성은 크게 달라진다. 이러한 강우의 시간분포는 시간에 따른 강우깊이 혹은 강우강도의 변화를 의미하며, 실무에서는 확률강우량의 시간적 분포 방법이 주된 관심사이다.

국내·외적으로 연구되어온 설계강우의 시간분포방법은 대부분 많은 유사성을 띠고 있으며, 설계강우 구축을 위한 강우의 시간분포 분석방법은 강우의 시간분포를 임의로 배열하는 형태, 강우강도-지속기간-발생빈도(I-D-F)관계를 이용하여 수학적으로 모형화하는 방법, 실측강우량을 시간대별로 누가곡선을 작성하여 이용하는 방법, 그리고 Pilgrim and Cordery(1975)가 호주 시드니 지방에 대한 강우의 시간분포를 평균이동법으로 분석하여 제시한 방법 등 네 가지로 구분된다(건설교통부, 2005).

위 네 가지 방법들 중 해당지역의 과거 강우자료로부터 강우지속기간동안에 총강우량이 시간의 경과에 따라 어떻게 분포하는가를 통계학적으로 분석하여 그 지역에 적합한 시간분포를 결정하는 방법이 가장 많이 사용되었다. 국내의 경우도 하천정비기본계획수립 및 하천대장작성 지침(건설교통부, 2002)에서 임계지속기간을 산정하여야 하며, 강우시간분포의 결정은 blocking 방법을 지양하고 Huff(1967)의 강우시간분포방법의 사용을 권장하고 있다.

국내유역의 Huff 방법 적용은 Huff(1967)와 동일한 방법으로 기상청 관측소를 대상으로 적용한 건설교통부(2000) Huff를 이용하고 있다. 건설교통부(2000) Huff는 관측소별로 분석되어 있으며, 강우사상은 강우총량에 관계없이 모든 자료를 이용하였으며, 관측소별로 제시된 무차원 누가곡선은 강우의 지속기간에 관계없이 분

위별, 생기확률별 하나의 무차원 누가곡선으로 되어 있어 이를 이용한 지속기간별 우량주상도의 형상은 모두 동일할 수밖에 없다. 따라서 건설교통부(2000) Huff를 국내유역에 적용함에 있어 최빈분위의 선택, 유역의 대표성, 지속기간별 강우의 시간분포특성 반영에는 한계를 가지고 있지만 아직까지 근본적인 해결책을 제시하지 못하고 있다.

그리고 많은 연구(윤용남 등, 2004; 정중호와 윤용남, 2005; 오규창, 2005; 이상렬, 2005)에서 Huff 방법은 근본적으로 과거의 누가우량곡선의 평균값을 반영하여 소규모유역이나 도시유역의 경우 다른 방법에 비해 홍수유출량의 규모가 작게 산정된다고 지적하고 있으며, 이는 국외에서도 연구된 바 있다(Huff, 1986; Knapp and Terstriep, 1981; Ward et al., 1980).

그러므로 Huff(1967)의 연구배경과 지형 및 강우특성을 국내유역과 비교하고 Huff(1967) 방법을 국내에 적용한 건설교통부(2000) Huff의 한계점을 파악하고 국내 강우가 갖는 지속기간별 시간분포특성을 검토함으로써 국내유역에 적합한 Huff 방법의 개선방안을 검토하였다. 다만, 자연변동성과 지구온난화로 인하여 강수현상의 특성이 변할 가능성이 매우 높고 최근 강우강도가 증가하고 있는 점을 감안하면 건설교통부(2000) Huff와 본 연구에서 사용된 자료기간의 상이성으로 인한 분석상 차이가 있을 수 있다.

2. 기존자료와의 비교

2.1 검토를 위한 국내 자료의 선정

본 연구에서는 최빈분위의 선택, 유역의 대표성, 지속기간별 강우의 시간분포특성 반영 등에 대한 국내의 강우자료 특성을 검토하기 위해 유역내 관측소의 면적이 중치가 비슷한 무한천 예당지 유역을 대상유역으로 선정하였다. 예당지 유역은 유역면적이 368.86km²이고 유로연장이 31.08km인 중규모 유역으로 무한천, 화산천,

신양천의 3개 하천이 비슷한 유역면적과 유로연장으로 유입하는 치수적으로 불리한 하천이다.

점강우 특성분석을 위한 관측소의 선정은 Fig. 1과 같이 기상청 관측소인 서산, 천안, 보령, 부여를 선정하였으며, 면적평균 강우의 특성분석을 위해 해당지 직접 유역에 대하여 우량관측소별로 Thiessen 망을 구축하고 천안, 서산, 부여, 보령의 우량관측소별 동시간 강우량자료에 면적가중치를 곱하여 평균함으로써 해당지 지점을 대표하는 일련의 강우사상별 동 시간 강우량 자료를 구축하였다.

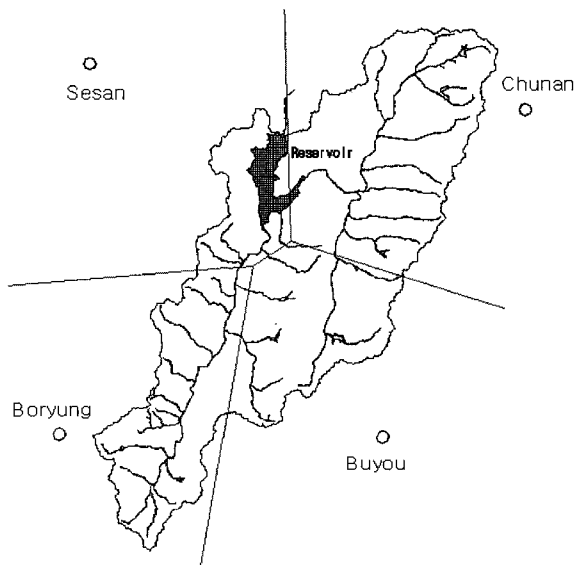


Fig. 1. Thiessen Polygons for the Study Basin

따라서 본 연구를 위한 자료는 서산, 천안, 보령, 부여 등 4개 관측소의 강우사상별 강우량 자료와 이로부터 Thiessen 면적가중 평균된 유역의 면적평균 강우량 자료들이다.

2.2 Huff(1967) 방법의 검토

2.2.1 연구배경

1960년대 후반과 1970년대 초에 도시 유출모형이 출현하게 되었고 유출모형의 실행을 위해서는 중호우에 대한 강우의 시간분포 특성의 반영이 필요하게 되었다. 초창기 미 육군공병단(1952)과 Tholin and Keifer(1960) 등이 빈도자료를 토대로 강우의 시간분포 형태를 개발하였지만 이는 제한적일 수밖에 없었다. 이에 1967년 일리노이 수자원조사소는 일리노이 중부지역에 49개 우량관측소를 설치하여 12년간 관측된 자료를 구축하였으며, 이를 토대로 기존과는 달리 중호우에 대한 보다 세분화된 강우의 시간분포방법을 제시하게 되었다. 이 연구는 원래 도시설계에 적용하기 위한 것이었지만 미 토

양 보존국(1972)이 평균 시간 분포형태를 제시하여 설계목적에 의해 폭넓게 적용되어지면서 보편화되어졌다. 이후 Pani and Haragan(1981)은 Huff(1967)의 연구를 Texas에 적용하였으며, Bonta and Rao(1987)은 Huff 곡선을 Ohio에 적용하여 Huff(1967) 방법이 설계강우의 폭넓은 실무적 적용을 위한 잠재성이 있는 것으로 분석하였다.

그러나 Ward et al. (1980)은 다양한 수문학적 조건 하에서 Kentucky 유역에 적용한 결과 시간분포 모형에 따라 침투유출량에 약 30%의 차이를 보이는 것으로 분석하였으며, Knapp and Terstriep(1981) 또한 저수지 홍수량 추정을 위해 20개 소유역에 대해서 Huff(1967) 방법과 SCS-Type-II 분포와 공병단의 Standard Project Storm 분포를 적용한 결과 가능최대강수량과 100년 빈도 강우에서 상당한 차이를 보였으며 100년 빈도의 경우 Huff(1967)방법이 다른 방법에 비해 20~25% 작게 산정되었다. 물론, Huff(1986)자신도 도시유역과 소규모유역에서 강우의 시간분포 모형에 따라 유출에 있어서 지대한 영향을 끼치는 것으로 분석하고 강우의 시간분포 특성은 지형학적 및 기후적 특징이 다른 지역에서는 다양한 결과를 초래할 수 있다고 지적하였다. 특히, Huff(1990)에서는 Huff(1967)방법이 미 일리노이 중부지역의 자료를 토대로 개발되었고 실측된 자료를 토대로 개발되었음을 강조하고 있다. 또한, 과거에는 모든 강우사상에 대한 중앙값의 누가곡선이 사용되어져 왔으나 이는 자연현상에서 발생하기 극히 드문 경우로 이를 극복하기 위한 목적으로 연구가 진행되어 졌음을 지적하였다. 이는 분위기를 구분한 이유에 대한 설명으로 판단된다.

2.2.2 Huff(1967)의 내용분석

(1) 자료의 구성

Huff(1967)는 East-Central Illinois 유역에 설치된 관측소의 우량자료를 사용하였으며, 관측된 자료의 기간은 총 12년(1955년 ~ 1966년), 설치된 관측소의 수는 49개로 등 간격으로 구분하면 개략 21km²당 하나 꼴이다.

그리고 시험유역은 총 면적 1,036km²인데도 불구하고 표고 차는 EL.198.12m ~ EL.277.37m로 최대 표고차가 79m인 대단히 평탄한 유역이다. 독립된 강우사상의 구분은 무강우 지속기간이 6시간 이상인 사상을 선정 하였으며, 자료에 사용된 강우는 평균 강우량이 12.7mm(0.5 inch)이상 이고/이거나 하나이상의 관측소 강우량이 25.4mm(1 inch) 이상인 자료를 대상으로 하였다.

이에 따라 수집된 총 강우사상의 수는 261개로 지속

기간 범위는 3 ~ 48시간의 범위를 가졌다. Huff(1967)는 지속기간에 관계없이 수집된 강우사상을 총 강우량 대비 최대 강우량의 발생시간 위치에 따라 4개 분위로 구분하였다.

(2) Huff(1967)의 분석결과

Huff(1967)는 적용된 지역이 극도로 평탄한 유역으로 구성되어 있음을 강조하고 이에 따라 분위별 강우지속기간에 따른 특성이 거의 나타나지 않았으며, 면적을 50mi²(129.5km²) ~ 400mi²(1036km²)까지 증가하며 분석한 결과 면적이 작을수록 평균곡선과 차이가 나타나지만 그다지 크지 않아 사실상 시간적인 변화 특성이 없는 것으로 분석되었다.

또한 Huff(1967)는 분위별로 적용된 자료는 지속기간에 상관없이 적용하였다. 이는 관측된 자료의 총 강우사상의 수가 261개로 지속기간별로 분위기를 구분할 경우 충분치 못한 자료로 인한 불확실성을 포함한 누가우량곡선이 작성될 우려가 있었기 때문인 것으로 판단된다. 특히, 4분위의 경우 261개 총 강우사상의 수를 면적평균 우량으로 구분할 경우 4분위의 총 개수가 26개밖에 되지 못하여 이를 지속기간별로 더 세분화하기에는 자료가 충분치 않기 때문인 것으로 판단된다. 또 하나의 이유로 앞서 언급한 바와 같이 분석유역은 평탄한 유역으로 지형학적 및 강우특성이 동질한 것으로 분석되었기 때문이기도 하다.

그리고 분위별로 분석함에 있어서 10%의 누가우량곡선은 천둥과 번개를 동반하여 쏟아지는 형태이며 반면, 90% 누가곡선은 지속적으로 지속기간동안 내리는

형태로 분석하고 있다. 또한, 이렇게 개발된 누가우량곡선은 강우사상들의 평균값이 반영하여 매끄러운 곡선의 형태를 띠게 되어 burst와 같은 특성이 없음을 지적하였으며, 비록 중앙값인 50%의 누가우량곡선이 heavier line으로 통계적으로 가장 유용한 값으로 추천하고는 있지만 10%와 90%의 누가우량곡선을 이용하여 극대의 유출량을 추정하는데 사용될 수 있다고 지적하고 있다.

(3) Huff(1967)와 본 연구대상유역의 차이점

Huff(1967)의 연구에 적용된 자료들은 유사한 지형학적 특성과 기후특성을 가진 극도로 평지에 가까운 유역에서 추출한 것으로 Huff(1986, 1990)에서도 강우의 시간분포 특성은 지형학적 및 기후적 특징이 다른 지역에서는 다양한 결과를 초래할 수 있고 Huff(1967)방법은 미 일리노이 중부지역의 자료를 토대로 개발되었고 실측된 자료를 토대로 개발되었음을 강조하고 있다.

따라서 Huff(1967)의 연구결과를 국내에 적용하기 위해서는 국내의 지형학적 및 기후적인 특성에 맞게 적용되어야 하며 이를 위한 선행분석은 필수적이라 하겠다. 본 연구의 대상유역 인근 관측소들의 1995년 8월 23일 ~ 25일 과 1999년 8월 2일 ~ 3일 동일 강우에 대하여 시간분포 특성을 분석한 Figs. 2(a) and 2(b)를 보면, Huff(1967)에서와는 달리 동일한 강우사상이라 할지라도 지역적으로 첨두강우, 강우의 지속기간, 강우의 시간분포 형태가 상이함을 알 수 있다. 그리고 유역 인근 관측소를 면적 가중평균하게 되면 우량주상도의 형상이 평활화 되어 시간별 강우특성이 많이 사라지게 됨을 파악할 수 있었다.

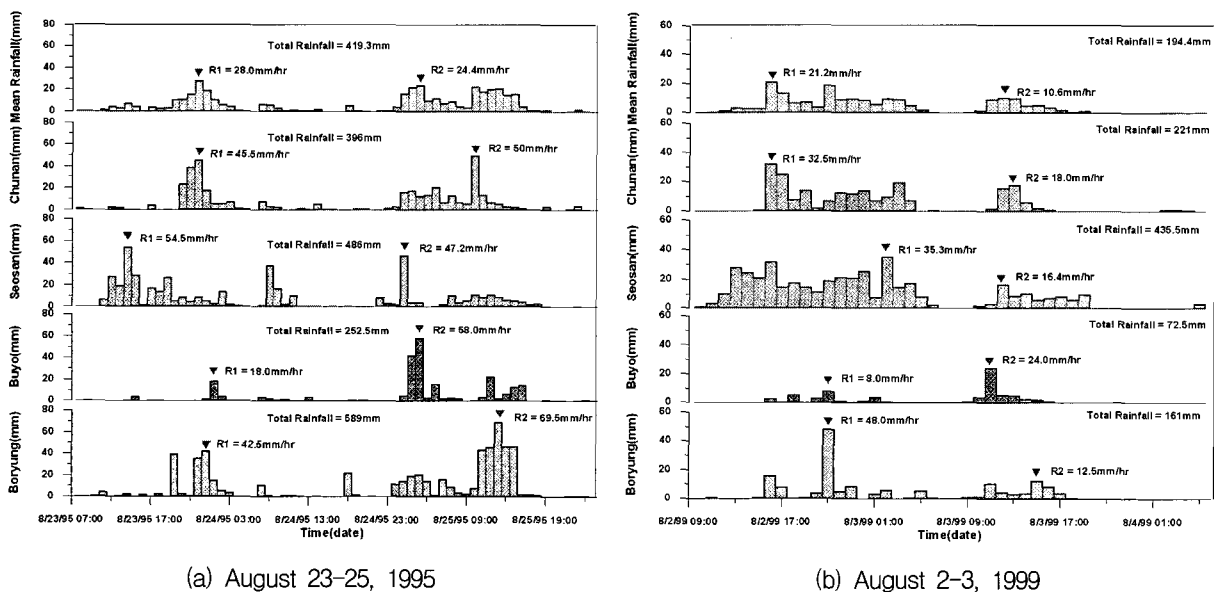
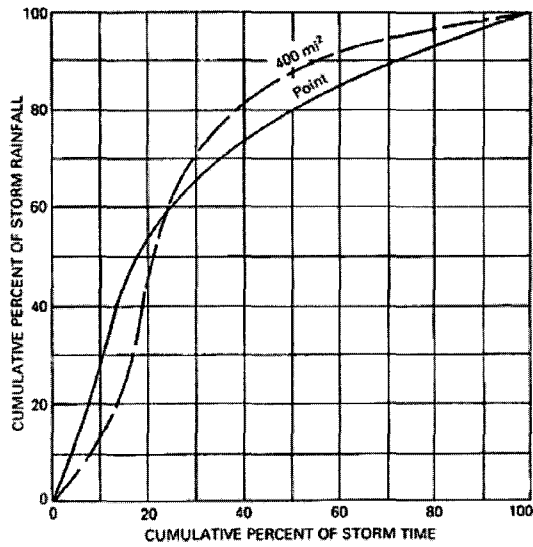
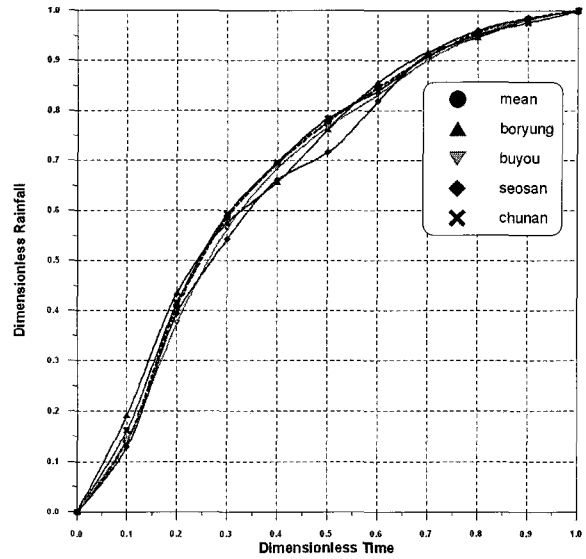


Fig. 2. Comparison of Rainfall Characteristics at Each Rain Gage for Two Storm Events



(a) Huff(1990)



(b) This Study

Fig. 3. Comparison of Cumulative Rainfall Curves by Huff's Method and This Study for Point and Areal Mean Rainfall

또한 Huff(1990)에서는 평균강우와 점강우의 차이점을 Fig. 3(a)에서와 같이 1분위 median curve(50%)를 예를 들어 검토하였는데 점강우는 강우시작 초기에 많이 내려 곡선 초반부가 평균곡선에 비해 급하게 상승된다고 하였다. 이는 또한 매우 작은 유역의 강우특성을 대변한다고 지적하였다. 그러나 본 연구 유역과 같이 국내유역에서는 Huff(1990)의 연구에서와는 다른 특성을 지닌다. 즉, 본 연구의 대상유역 인근 우량관측소인 보령, 부여, 서산, 천안의 점우량과 예당저수지지점의 면적평균우량을 Huff(1990)와 같은 방법으로 1분위 median curve(50%)에 대하여 Fig. 3(b)와 같이 분석한 결과 Huff(1990)의 분석결과와는 달리 점우량이 강우초반에 급하게 상승하는 특성을 보이지 않고 관측소별로 평균우량에 비해 때로는 강우초반에 빨리 혹은 느리게 상승하여 면적평균 강우에 대한 점강우의 특성을 찾아보기 힘들었다. 이는 동일한 분위라 할지라도 지역에 따라 강우의 시간분포 패턴이 다를 수 있다는 의미이기도 하다.

2.3 건설교통부(2000) Huff 시간분포 방법의 비교 분석

건설교통부(2000)의 연구결과는 유역별이 아닌 관측소별로 분석되어 실제 유역에 적용시 유역을 대표하는 누가우량곡선의 채택에 대한 어려움을 갖게 되며, 이용된 강우자료는 강우총량에 관계없이 모든 자료를 이용하였다.

Huff(1967)에서는 유역의 평균 강우량 12.7mm 이상

또는 하나이상의 관측소에서 관측된 강우량이 25.4mm 이상인 자료를 대상으로 하였으며, 단위도 유도를 위한 제안사항이기는 하나 Viessman et al.(1989)도 12.7mm~44.5mm의 범위에 있는 강우사상을 추천하고 있다. 설계에 적용되기 위한 강우의 시간분포는 치수목적임으로 강우총량에 관계없이 모든 강우사상을 대상으로 하기에는 불확실성을 내포하고 있다. 그러나 이와 같은 강우사상에 대한 강우량은 일리노이 등에 대한 사항으로 국내유역에 적용하기 위한 절대적인 기준이 될 수 없으며, 강우량에 대한 기준은 유역의 규모나 강우의 지속기간에 따라 다르게 산정될 수 있기 때문에 추가적인 연구가 필요하다. 또한, 본 연구에서 적용한 티센법은 강우현상에 대한 지형의 대기역학적 영향이 고려하지 않았으므로 이에 대한 불확실성 또한 고려되지 않은 것이 사실이다.

또한 총 1,036km²의 면적을 갖는 Huff(1967)의 대상 유역은 최대 표고차가 79m이하인 지극히 평탄한 유역으로 유역내 49개(관측소당 21km² 해당)의 관측소를 설치하여 분석결과 지형학적 및 강우특성상 동질성이 있는 것으로 판명되었으나 국내의 경우 이러한 동질성을 갖기란 극히 힘들다 하겠다. 예를 들어 예당지유역이 합류하게 되는 삼교천유역의 경우 중·하류부가 저지대로 구성되어 있음에도 불구하고 유역내 최대 표고차가 700m이상으로 Huff(1967)의 시험유역의 약 10배의 차이를 보이고 있으며, 앞선 Figs. 2(a) and 2(b)에서 나타나듯이 동일한 강우사상에 대하여도 강우강도, 강우총량, 우량주상도의 형태가 확연히 차이를 보여

Huff(1967)의 시험유역과는 대조적임을 알 수 있다.

따라서 Huff(1967)에서와 같이 25.4mm 이상의 점우량을 대상으로 분석한 결과와 건설교통부(2000)에서 총 우량에 관계없이 작성된 무차원 누가곡선의 차이를 분석하고자 동일한 관측소에 대하여 지속기간 등급별 강우사상의 수와 최빈분위, 무차원 누가곡선을 검토하였다.

2.3.1 강우사상 검토

점우량에 대하여 건설교통부(2000)의 시간분포 방법을 적용하기 위한 관측소별, 분위별 무차원 누가곡선은 강우총량에 관계없이 모든 자료를 이용하였으며, 본 연구에서는 Huff(1967)에서 적용한 25.4mm 이상 자료를 적용하였다. 강우의 지속기간 등급은 건설교통부(2000)과 같이 5개 등급으로 구분한 결과를 검토하였다.

관측소별 자료의 기록 년 수로 건설교통부(2000) 시간분포 방법은 보령(73~98년, 26년), 서산(68~98년, 31년), 부여(73~98년, 26년), 천안(73~98년, 26년)이며, 본 연구는 모두 1973년~2002년의 30개년 자료를 이용하였다. 그리고 강우사상의 구분은 Huff(1967), 건설교통부(2000) 방법과 동일하게 무강우 지속기간이 6시간 이상이면 하나의 강우사상으로 간주하였다.

총 강우사상의 수는 건설교통부(2000)의 결과로 보령 613개, 부여 665개, 서산 811개, 천안 613개이며, 25.4mm(1 inch) 이상으로 한 본 연구에서는 보령 313개, 부여 333개, 서산 310개, 천안 308개로서 Table 1은 보령관측소에 대한 결과이다.

보령관측소의 시간구간별 강우사상의 수로 건설교통부(2000)의 총 613개 중 6시간 이하 195개(32%), 7~12시간 169개(28%), 13~18시간 109개(18%), 19~24시간

69개(11%), 25시간 이상 71개(12%)로 6시간 이하와 7~12시간 구간의 강우사상이 가장 많았으며, 25.4mm 이상을 기준으로 한 보령관측소는 총 313개 중 6시간 이하 27개(9%), 7~12시간 67개(21%), 13~18시간 84개(27%), 19~24시간 60개(19%), 25시간 이상 75개(24%)로 건설교통부(2000)와는 상반되게 13~18시간이 가장 많았다. 이러한 특징은 다른 관측소인 부여, 서산, 천안에도 비슷한 특징을 보이고 있으며, 이는 본 연구의 경우 수집된 자료를 25.4mm 이상으로 하였기 때문으로 지속기간이 짧을수록 총 우량이 작을 수밖에 없기 때문이다.

총 자료 중 분위별 분포를 살펴보면 건설교통부는 1분위 183개(30%), 2분위 164개(27%), 3분위 142개(23%), 4분위 124개(20%)로 1분위 자료가 가장 많지만 분위별로 큰 차이를 보이지는 않았다. 본 연구의 경우 1분위 76개(24%), 2분위 97개(31%), 3분위 86개(27%), 4분위 54개(17%)로 2분위가 가장 큰 가운데 분위별로 비슷하였다. 총 우량에 대한 최빈분위가 건설교통부에서는 모든 관측소에서 1분위인데 반해 본 연구에서는 다양하게 선정되었다.

지속기간별 최빈분위로 건설교통부(2000)는 6시간 이하에서 1분위, 7~12시간 2분위, 13~18시간 1분위, 19~24시간 2분위, 25시간 이상 1, 3분위이며, 본 연구에서는 6시간 이하에서 2분위, 7~12시간 3분위, 13~18시간 1, 2, 3분위, 19~24시간 2, 3분위, 25시간 이상 2분위로 다른 관측소에서도 최빈분위의 차이가 나타났다. 한편, 건설교통부(2000) 시간분포 방법에서 최빈분위 선정 기준으로 권장하는 중호우의 수는 천안에서 2,3분위이고 나머지 관측소는 모두 2분위로 나타났다.

Table 1. Storm Event Number of Each Quartile Storms for Various Rainfall Durations (Boryung)

Duration Class	1st Quartile				2nd Quartile				3rd Quartile				4th Quartile				Total				Most Frequent Quartile	
	Number		%		Number		%		Number		%		Number		%		Number		%		M	T
	M	T	M	T	M	T	M	T	M	T	M	T	M	T	M	T	M	T				
3~6	71	4	39	5	45	12	27	12	38	7	27	8	41	4	33	7	195	27	32	9	1	2
7~12	49	15	27	20	39	19	24	20	40	20	28	23	41	13	33	24	169	67	28	21	1	3
13~18	27	24	15	32	33	24	20	25	30	24	21	28	19	12	15	22	109	84	18	27	2	1,2,3
19~24	13	14	7	18	24	16	15	16	17	16	12	19	15	14	12	26	69	60	11	19	2	2,3
More than 25	23	19	13	25	23	26	14	27	17	19	12	22	8	11	6	20	71	75	12	24	1,2	2
Sum	183	76	30	24	164	97	27	31	142	86	23	27	124	54	20	17	613	313	100	100	1	2
Number G.T. Mean	60		26		68		30		64		28		35		15		227				2	

(M : MOCT, T : This Study)

따라서 설계적인 측면에서 강우의 시간분포는 치수 목적으로 설계지속기간의 최빈분위를 선정하여 이의 무차원 누가곡선을 이용한다는 점을 감안하면 모든 자료를 이용할 경우 최빈분위 선정오류에 의한 우려가 크며, 중호우를 기준으로 할 경우 지속기간별 최빈분위 선정이 곤란하다.

2.3.2 무차원 누가우량곡선 검토

Table 2는 생기확률구간 50%에 대하여 무차원 지속기간 동안 총 강우량이 100%라 가정하여 강우총량에 관계없이 적용한 건설교통부(2000) Huff와 25.4mm 이상을 대상으로 하였을 경우에 대한 분위별 최대 강우강도의 차이를 비교한 것으로 만약, 지속기간이 10시간이고 총 강우량이 100mm라고 가정할 경우 Table 2의 값은 지속기간 10시간 동안 방법별 최대 강우강도(mm/hr) 차로 환산 할 수 있다.

즉, 10시간 동안 100mm의 강우로 1분위 서산관측소 8.3mm/hr, 2분위 서산관측소 4.9mm/hr, 3분위 보령관측소 4.4mm/hr, 4분위 보령관측소 12.2mm/hr의 강우강도의 차이를 갖는 것으로 나타났으며, 이는 Fig. 4에서 무차원 누가곡선과 함께 비교되어 있다.

우량주상도를 놓고 비교하면 4분위 보령관측소에서 12.2%의 차이를 보였으며, 이는 10시간 동안 100mm의

강우가 내린다고 가정하면 시간당 12.2mm의 차이가 나는 것이다. 이러한 차이는 생기확률구간 10%와 90%에서는 보다 크게 나타났으며, 이는 강우총량의 크기에 관계없이 모든 자료를 이용하여 무차원 누가곡선을 작성할 경우 치수목적상에서 설계강우의 시간분포 특성을 고려하지 못할 우려가 있는 것으로 분석되었다.

3. 대상구역 강우의 지속기간별 시간분포특성 분석

본 연구 대상구역의 강우가 갖는 지속기간별 시간분포 특성에 대한 검토로서 Huff(1967)에서와 같이 점우량 25.4mm, 면적평균우량 12.7mm 이상인 강우사상을 대상으로 지속기간별과 지속기간 등급별 시간분포 특성을 분석하였다. 지속강우의 지속기간 등급의 구분시 점우량은 12시간 이하에서 수집된 자료의 양이 충분치 않아 Huff(1967)가 지속기간 등급별로 분석한 바와 같이 12시간 이하, 13~24시간, 25시간 이상의 3개 구간으로 나누었다. 그러나 평균우량의 경우 12시간 이하는 충분치 않으나 12시간 이후는 충분하여 12시간 이후부터는 건설교통부(2000) 방법과 같이 12이하, 13~18시간, 19~24시간, 25시간 이상의 4개구간으로 구분하였다.

Table 2. Comparison of Rainfall Intensity for 50% Occurrence Probability of Each Quartile Storms

Rain Gage Station	Maximum Difference of Rainfall Density(%)											
	1st Quartile			2nd Quartile			3rd Quartile			4th Quartile		
	Max	Min	Ave.	Max	Min	Ave.	Max	Min	Ave.	Max	Min	Ave.
Boryung	5.6	0.6	2.3	4.8	0.1	1.4	4.4	0.5	1.9	12.2	0.8	4.3
Buyou	5.7	0.6	2.0	3.7	0.2	1.9	3.8	0.5	1.6	9.4	0.6	3.4
Seosan	8.3	0.9	3.4	4.9	0.1	1.8	3.9	0.1	1.4	10.7	0.4	4.1
Chunan	4.0	0.3	1.7	2.7	0.3	1.4	3.9	1.0	1.8	10.3	0.3	3.5
Max.	8.3	0.9	3.4	4.9	0.3	1.9	4.4	1.0	1.9	12.2	0.8	4.3

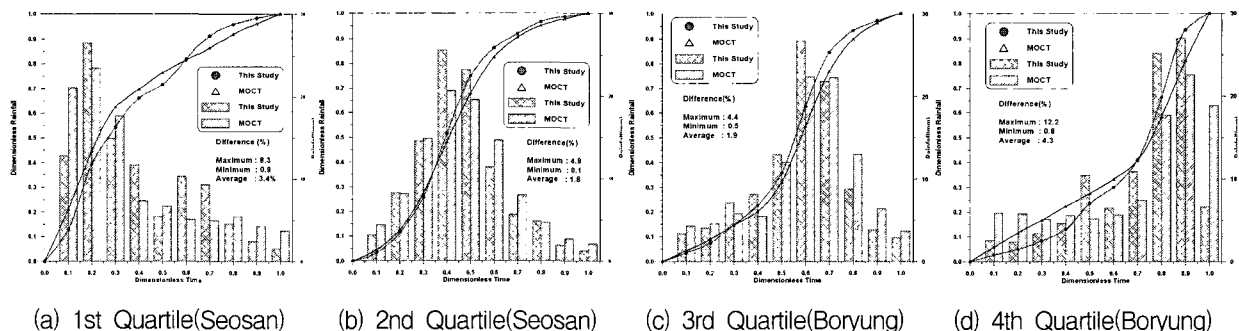


Fig. 4. Comparison of Cumulative Rainfall Curves and Corresponding Rainfall Hyetographs for 50% Occurrence Probabilities of Each Quartile Storms(Maximum Difference)

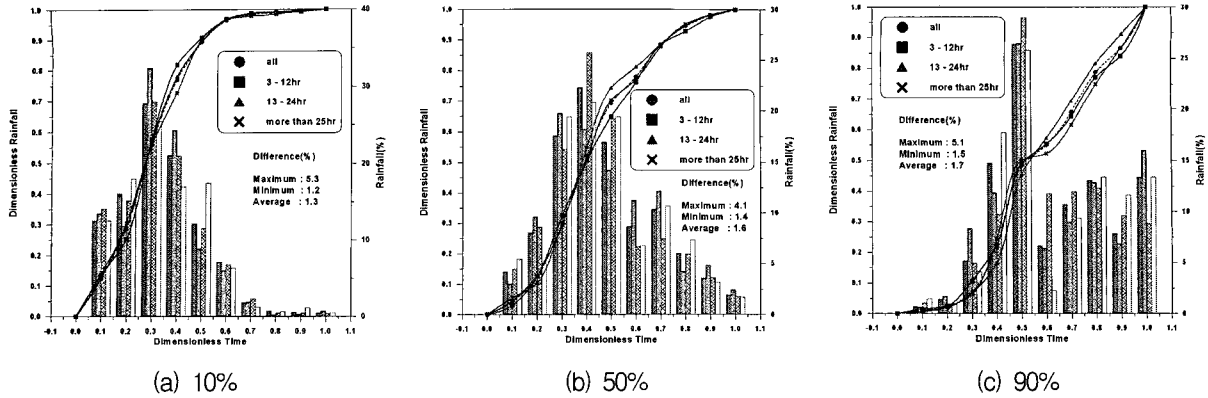


Fig. 5. Comparison of Cumulative Rainfall Curves for 10%, 50%, and 90% Occurrence Probability of Second Quartile Storms(Chunan)

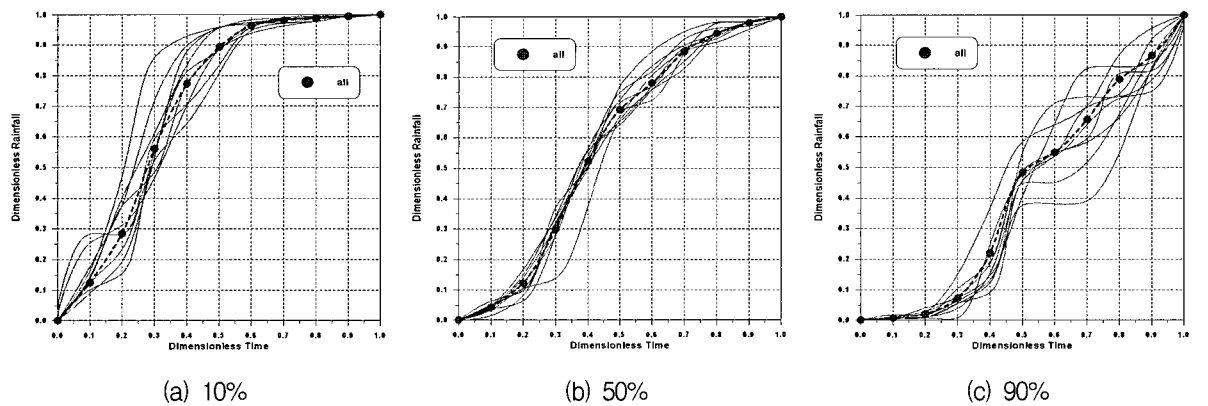


Fig. 6. Comparison of Cumulative Rainfall Curve for 10%, 50%, and 90% Occurrence Probabilities of Each Rainfall Duration(Chunan, Second-Quartile Storms)

3.1 점 우량 분석

Fig. 5는 동일한 분위에 대한 전 지속기간 자료를 하나로 사용하여 작성된 누가곡선과 3개 등급으로 구분할 경우 생기확률구간 10%, 50%, 90%에 대한 차이를 나타내고 있으며, 만약 10시간동안 100mm가 내린다고 가정하면, 생기확률구간 10%에서 5.3mm/hr, 50%에서 4.1mm/hr, 90%에서 5.1mm/hr의 차이 나는 것으로 분석되었다.

Fig. 6은 지속기간별 강우의 시간분포 특성을 나타내는 것으로 Fig. 5의 3개 등급으로 구분할 경우에 비해 지속기간별 시간분포특성에 차이가 큰 것이 확인되었다. 그리고 동일한 분위에 대한 지속기간별로 다양한 시간분포 특성을 갖는 무차원 누가곡선(Fig. 7(a))을 3개의 지속기간 등급(Fig. 7(b))으로 통합하고 이들 다시 지속기간에 관계없이 하나(Fig. 7(c))로 하게 되면 무차원 누가곡선이 점차 곡선들의 평균값에 근접하여 강우의 지속기간별 시간분포 특성이 평균화되는 현상을 파악할 수 있었다.

따라서 동일한 분위라 할지라도 지속기간별 강우의 시간분포특성이 상이함에도 불구하고 전 지속기간을 하나로 하여 작성된 무차원 누가곡선을 적용하기에는 합리적이지 못한 것으로 판단된다.

그리고 전 지속기간을 하나로 하여 작성한 무차원 누가곡선을 이론적인 분포형태로 가정하고 지속기간별로 다양한 무차원 누가곡선을 관측된 분포 형태라고 가정하여 이론적인 분포형태에 얼마나 유의한지에 대한 K-S 검정결과 5% 유의수준에서 지속기간별로 작성된 일부 무차원 누가곡선이 전 지속기간을 하나로 작성된 무차원 누가곡선과 유의하지 않는 것으로 분석되어 지속기간별 시간분포 특성이 통계학적으로 있는 것으로 분석되었다.

3.2 면적평균 우량 분석

면적평균 우량에 대한 검토에서도 점우량과 유사한 특성을 갖는 것으로 분석되었다. Fig. 8은 동일한 분위에 대한 전 지속기간 자료를 하나로 사용하여 작성된 누가곡선과 4개 등급으로 구분할 경우 생기확률구간

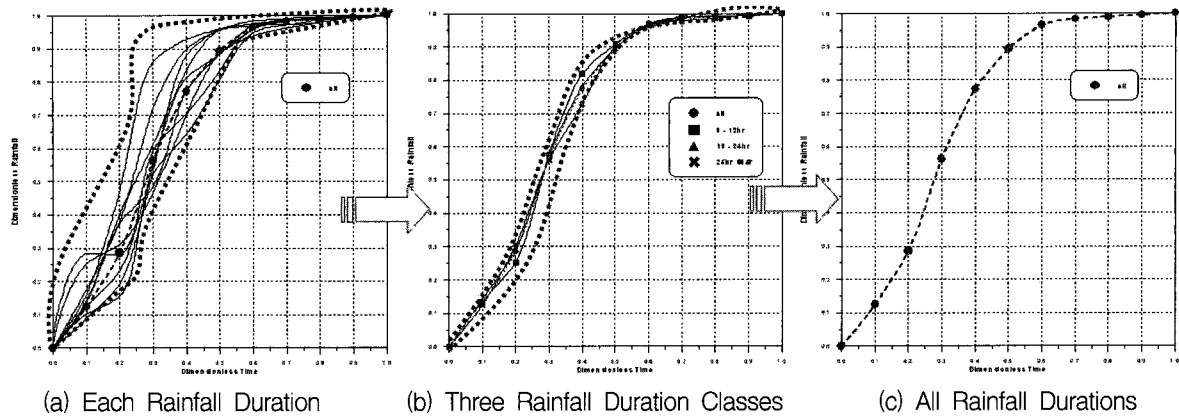


Fig. 7. Averaging Process of Cumulative Rainfall Curves for Each Rainfall Duration

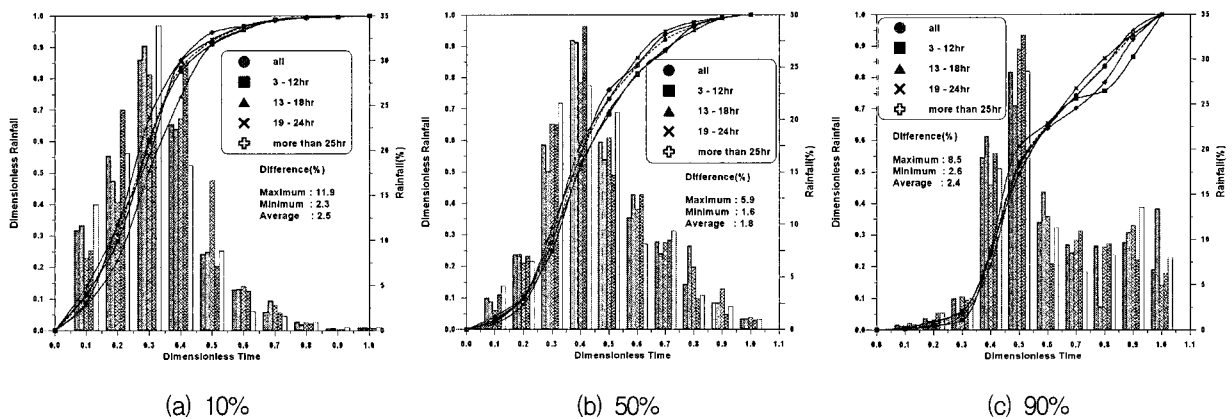


Fig. 8. Comparison of Cumulative Rainfall Curves for 10%, 50%, and 90% Occurrence Probabilities of Four Rainfall Duration Classes(Areal Mean Rainfall, Second-Quartile Storms)

10%, 50%, 90%에 대한 차이를 나타내고 있으며, 만약 10시간동안 100mm가 내린다고 가정하면, 생기확률구간 10%에서 11.9mm/hr, 50%에서 5.9mm/hr, 90%에서 8.5mm/hr의 차이 나는 것으로 분석되었다.

면적평균 우량에 대한 지속기간별 무차원 누가곡선인 Fig. 9에서도 점강우와 유사한 특징으로 곡선의 형

태가 다양하게 나타나 지속기간별 강우특성 변화가 있는 것으로 분석되었다. 또한, K-S 검정결과 5% 유의수준에서 지속기간별로 작성된 일부 무차원 누가곡선이 전 지속기간을 하나로 작성된 무차원 누가곡선과 유의하지 않는 것으로 분석되어 지속기간별 시간분포 특성이 통계학적으로 있는 것으로 분석되었다.

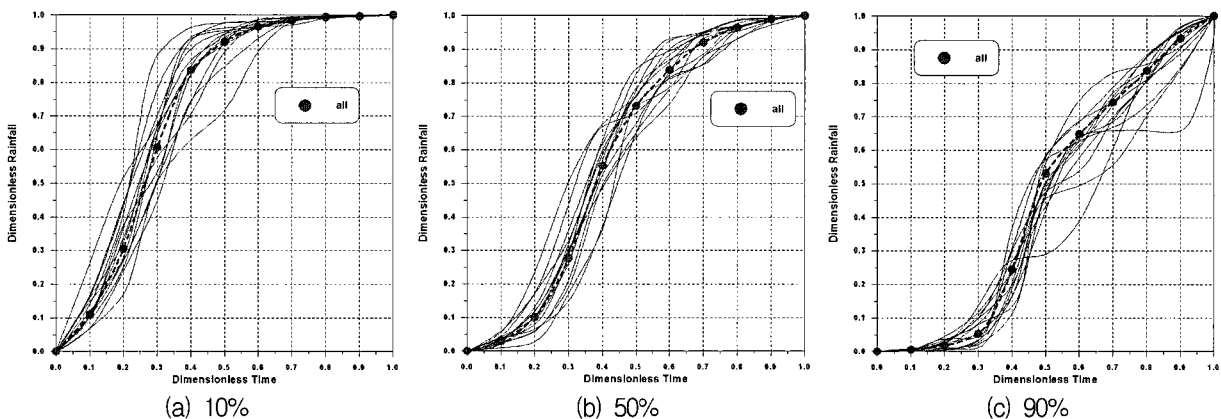


Fig. 9. Comparison of Cumulative Rainfall Curve for 10%, 50%, and 90% Occurrence Probabilities for Each Rainfall Duration(Areal Mean Rainfall, Second-Quartile Storms)

4. 결론

본 연구에서는 Huff(1967) 방법이 개발된 당시의 연구배경과 지형 및 강우특성을 국내유역과 비교하고 Huff(1967)의 방법을 국내에서 적용한 건설교통부(2000) Huff 방법의 한계점을 파악하였으며, 국내 강우가 갖는 지속기간별 시간분포특성을 검토함으로써 국내 유역에 적합한 Huff 방법의 개선방안 연구를 위한 기초 분석을 목표로 하였으며, 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) Huff(1967) 연구유역과 본 연구유역의 점강우가 갖는 특성에는 차이가 있었으며, 건설교통부(2000)의 Huff 시간분포 방법은 관측소별로 분석되어 실제 유역에 적용시 유역을 대표하는 무차원 누가곡선의 채택에 대한 어려움을 갖게 되며, 이용된 강우사상은 강우총량의 크기에 관계없이 모든 자료를 이용하여 점우량 25.4mm 이상을 대상으로 비교한 결과와 차이가 있는 것으로 분석되었다.
- (2) 지속기간별 최빈분위를 강우총량에 따라 구분한 결과 건설교통부(2000)와 본 연구의 지속기간별 최빈분위가 상이하게 분석되어 설계적인 측면에서 강우의 시간분포는 설계지속기간의 최빈분위를 선정하여 이에 해당하는 분위의 누가우량곡선을 사용한다는 점을 감안하면 강우총량의 크기에 관계없이 모든 자료를 이용할 경우 치수목적의 설계강우의 시간분포특성을 고려하지 못할 우려가 있는 것으로 파악되었다.
- (3) 본 연구 대상유역의 점강우와 면적평균 강우 모두에서 지속기간별로 강우의 시간분포특성이 다양한 것으로 분석되었으며, 이는 K-S 검정결과 5% 유의수준에서 지속기간별로 작성된 일부 무차원 누가곡선이 전 지속기간을 하나로 작성된 무차원 누가곡선과 유의하지 않는 것으로 분석되어 지속기간별 시간분포 특성이 통계학적으로 입증되었다.
- (4) 따라서, Huff(1967) 방법을 국내유역에 적용하기 위해서는 Huff(1967)에서와 같이 적정 수준 이상의 강우사상을 수집하여 분석하고 유역의 대표성, 강우의 지속기간별 특성이 반영된 누가곡선이 작성 되어야 할 것으로 판단되었다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술

평가원에서 위탁시행한 2003년도 건설핵심기술연구개발사업 (03산학연C03-01)에 의한 도시홍수재해관리기술연구사업단의 연구 성과로 연구지원에 감사합니다.

참고 문헌

- 건설교통부 (2000). 1999년도 수자원 관리기법개발연구조사 보고서 : 지역적 설계 강우의 시간적 분포.
- 건설교통부 (2002). 하천정비 기본계획수립 및 하천정비대장 작성 지침.
- 건설교통부 (2005). 하천설계기준·해설. pp. 203-203.
- 오규창 (2005). "유역종합치수계획 수립 현황 및 문제점." 한국수자원학회 학술발표회 기획세션 II, 한국수자원학회.
- 이상렬 (2005) "유역종합치수계획의 바람직한 방향설정." 한국수자원학회 학술발표회 기획세션 II, 한국수자원학회.
- 윤용남, 장수형, 강성규, 박민석 (2004). "설계홍수량 산정을 위한 적정 설계강우시간분포의 개발." 한국수자원학회 학술발표회 논문집, 한국수자원학회, pp. 54-54.
- 정종호, 윤용남 (2005). 수자원설계실무. 도서출판 구미서관.
- Bonta, J. V., and Rao., A. R. (1987). "Factors affecting development of huff curves." *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, Vol. 30, No. 6, pp. 1689-1693.
- Huff F. A. (1967). "Time distribution of rainfall in heavy Storm." *Water Resources Research*, Vol. 3, No. 4, pp. 1007-1019.
- Huff F. A. (1986). "Urban hydrology review." *Bulletin of the American Meteorological Society*, Vol. 67, No. 6, pp. 703-712.
- Huff F. A. (1990). *Time distribution of heavy rainstorms in illinois*. Illinois State Water Survey, Circular 173, p. 19
- Knapp, H. V., and Terstriep., M. L. (1981). *Effects of basin rainfall estimates on dam safety design in illinois*. Illinois State Water Survey Contract Report 253, p. 57
- Pani, E. A., and Haragan., D. R. (1981). *A comparison of Texas and Illinois temporal rainfall distributions*, Preprints, 4th Conference on Hydro-meteorology, American Meteorological Society, Boston, MA, pp. 76-80.

- Pilgrim, D. H., and Cordery, I. (1975). "Rainfall temporal patterns for design flood." *Journal of Hydraulic Division, ASCE*, Vol. 101, No. HY1, pp. 81-95.
- Soil Conservation Service. (1972). *Hydrology*. SCS National Engineering Handbook, U.S. Department of Agriculture, Washington, DC, p. 110
- Tholin, A. L., and Keifer, C. J. (1960). *The hydrology of runoff. Transactions*. American Society of Civil Engineers, 125, pp. 1308-1309.
- U.S. Army Corps of Engineers. (1952). *Standard project flood determinations*. Civil Engineer Bulletin 52-8, p. 19
- Viessman, W. Jr., Lewis, G. L., and Knapp, J. W.. (1989). "Introduction of Hydrology, third edition : New York." Harper and Row Publishers, 780 p.
- Ward, A. B., Bridges, T. and Barfield, B. (1980). "An evaluation of hydrologic modeling techniques for determining a design storm hydrograph." *Proc, International Symposium on Urban Storm Runoff*, pp. 59-69.
- (논문번호:06-09/접수:2006.01.09/심사완료:2006.08.09)