



Variation of design flood according to the temporal resolution and periods of rainfall

Kim, Min-Seok^a · Lee, Jung-Hwan^b · Moon, Young-Il^{b,c,*}

^aResearch Project Team, Seoul Institute of Technology

^bDepartment of Civil Engineering, The University of Seoul

^cUrban Flood Research Institute, The University of Seoul

Paper number: 17-114

Received: 29 December 2017; Revised: 28 March 2018 / 5 April 2018; Accepted: 5 April 2018

Abstract

Most hydrological analysis such as probability rainfall and rainfall time distributions have typically carried out based on hourly rainfall and rainfall - runoff analysis have carried out by applying different periods of rainfall time distribution and probability rainfall. In this study, to quantify the change of design flood due to the data type (hourly and minutely rainfall data) and the probability rainfall and application of different data period to the rainfall time distribution, probability rainfall is calculated by point frequency analysis according to data type and period and rainfall time distribution was calculated by Huff's quartile distributions. In addition, the change analysis of design flood was carried out by rainfall - runoff analysis applying different data periods of design rainfall time distribution. and probability rainfall. As a result, rainfall analysis using minute rainfall data was more accurate and effective than using hourly rainfall data. And the design flood calculated by applying different data period of rainfall time distribution and probability rainfall made a large difference than by applying different data type. It is expected that this will contribute to the hydrological analysis using minutely rainfall.

Keywords: Temporal resolution of rainfall, Periods of rainfall, Design rainfall, Huff's method, Design flood

강우의 시간해상도와 자료기간에 따른 설계홍수량의 변동성

김민석^a · 이정환^b · 문영일^{b,c,*}

^a서울기술연구원 연구기획팀, ^b서울시립대학교 토목공학과, ^c서울시립대학교 도시홍수연구소

요 지

대부분의 수문분석은 시 단위 강우를 기반으로 확률강우량과 강우시간분포를 산정하고, 확률강우량과 강우시간분포의 자료기간을 달리 적용하는 방법으로 강우-유출분석을 수행하고 있다. 본 연구에서는 자료형태(시 단위와 분 단위 강우자료)와 확률강우량과 강우시간분포의 다른 자료기간 적용에 따른 설계홍수량 변화를 정량화 하고자, 자료형태와 자료기간에 따라 지점빈도해석을 통한 확률강우량 산정과 Huff의 4분위 방법을 통한 강우시간분포를 산정하였다. 또한, 확률강우량과 설계강우 시간분포의 자료기간을 달리 적용한 강우-유출분석으로 설계홍수량 변동분석을 실시 하였다. 분석결과, 자료형태에서는 분 단위 강우가 시 단위 강우보다 더욱 정확하고 효과적인 강우분석을 수행할 수 있는 것으로 나타났으며, 확률 강우량과 강우시간분포의 다른 자료기간을 적용하여 산정된 설계홍수량의 차 보다 자료형식에 따른 설계홍수량 결과가 보다 큰 차이를 보이는 것으로 나타났다. 이는 향후 분 단위 강우를 활용한 수문분석에 크게 기여할 것으로 판단된다.

핵심용어: 강우 시간해상도, 강우 자료기간, 확률강우량, Huff의 4분위 방법, 설계홍수량

*Corresponding Author. Tel: +82-2-6490-5600
E-mail: ymoon@uos.ac.kr (Y.-I. Moon)

1. 서론

설계홍수량 산정은 크게 홍수량 자료를 빈도해석하는 방법과 설계강우-유출분석을 실시하는 방법으로 구분할 수 있는데, 홍수량자료의 부족으로 대부분의 수문분석은 설계강우-유출분석 방법으로 설계홍수량을 산정하고 있다. 설계강우-유출방법으로 설계홍수량을 산정하기 위해서는 확률강우량 산정, 설계강우 시간분포 등과 같은 강우분석이 선행적으로 이루어져야 한다. 일반적으로 설계홍수량 산정을 위한 강우분석은 시 단위 강우로 지점빈도해석을 통한 확률강우량 산정과 Huff의 4분위 방법을 이용한 설계강우의 시간분포 적용과정으로 수행된다. 시 단위 강우자료를 적용함으로써 확률강우량 산정 시에는 고정시간 연 최대치 계열을 임의시간 연 최대치 계열로 변환하는 과정이 필요하게 되며, Huff의 4분위 방법 산정 시에는 매 시간 동안 강우의 시간분포 특성을 반영할 수 없다는 문제점이 발생한다. 또한, 지점빈도해석과 Huff의 4분위 방법은 과거 강우자료를 기반으로 통계분석을 통해 산정하는 방법으로 자료기간에 따라 변동하는 특성이 있다. 이 때문에 확률강우량은 최근에 연 최대치 계열을 포함하여 산정하고 있으나 Huff의 4분위 방법은 일관성을 이유로 “확률강우량도 개선 및 보완 연구(Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2011)”에서 제시한 값을 적용하여 확률강우량과 설계강우 시간분포의 자료기간이 달리 적용되는 문제점이 발생하게 된다. 따라서 강우자료의 자료형태와 다른 자료기간 적용에 따라 발생하는 설계홍수량의 변화를 정량적으로 정리할 필요가 있다.

먼저, 자료기간에 따른 확률강우량과 강우시간분포 변동 특성에 관한 선행연구사례를 조사하였다. Ahn *et al.* (2000)은 동일한 자료기간을 가지는 수문 사상에 대한 분석을 통해 홍수방어능력을 같은 기준으로 평가할 필요성을 인식하여 12개의 우량관측소별로 자료기간을 달리하고 빈도해석을 실시하여 자료기간에 따른 확률강우량의 변화를 분석하였고 확률강우량의 시간적인 변화를 알아보기 위해 자료기간을 30년으로 정한 후 1년씩 이동하면서 100년 빈도 확률강우량의 변동특성분석을 실시하였다. Oh *et al.* (2009)은 확률강우량을 5가지 방법으로 자료기간을 달리하여 확률강우량의 변동특성분석을 실시하였다. 다음으로 분 단위 강우자료를 활용한 수문분석에 관한 선행연구를 살펴보면, 최근에 1분 단위 강우를 기반으로 레이더 강우추정결과를 검증하는 연구가 주를 이루고 있으며, 특히 도시지역에 대한 집중호우 분석 시 활용이 증가하고 있는 추세이다(You *et al.*, 2018). Alexis Berne *et al.* (2004)는 도시유역에 수문분석에 적합한 강우의 시공간

적 범위를 3~5분의 시간해상도와 약 2~3 km의 공간해상도를 제안하였으며, Berndtsson and Niemczynowicz *et al.* (1988), Ogden *et al.* (2000) 등은 도시지역의 수문분석을 위해서는 시공간적으로 해상도 높은 강우의 측정의 필요를 강조하였다. Oh *et al.* (2008)은 분 단위 강우자료와 시간 및 일 단위 강우자료를 활용하여 지속기간별로 고정시간-임의시간 환산계수를 추정하였고 Yoo *et al.* (2008)은 국내 분 단위 강우자료(MMR)를 이용하여 시간해상도에 따른 강우의 공간상관구조 특성을 검토하였다. Kim *et al.* (2016)은 시·군 단위로 설정되어 있는 목표 강우량을 방재기상관측지점의 분 단위 강우자료로 지점빈도해석 및 지수홍수법을 이용한 지역빈도해석으로 구(區) 단위 목표 강우량을 산정하였으며 Jung *et al.* (2016)은 1분 상세강우자료를 이용하여 개정범용토양유실공식(RUSLE)의 강우침식도를 추정하였다.

선행연구사례에 대한 분석결과, 자료기간에 따른 확률강우량 변동특성에 대한 연구는 많은 선행연구가 진행되었으나, 강우시간분포에 대한 변동특성 연구나 확률강우량과 강우시간분포를 연동한 설계홍수량을 평가하는 연구는 미미한 것으로 조사되었다. 또한, 분 단위 강우자료를 이용한 확률강우량 산정에 대한 연구는 이루어졌으나, 분 단위 강우를 이용한 강우시간분포 산정 및 적용에 관한 연구는 상대적으로 부족한 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서는 분 단위 강우와 시 단위 강우로 확률강우량 및 강우시간분포를 각각 산정하고 다른 자료기간을 적용한 설계홍수량 산정으로 자료형태와 자료기간에 따른 설계홍수량의 변화분석을 실시하였다.

2. 분석유역 및 방법

강우자료의 자료형태와 다른 자료기간 적용에 따른 설계홍수량 변화를 평가하기 위한 분석대상유역은 도림천 유역으로 설정하였다. 분석에 활용된 강우자료는 신뢰성 높은 장기간의 자료를 보유하고 있는 기상청관찰의 종관기상관측지점(Automated Surface Observing System, ASOS)을 이용하였으며, Fig. 1과 같이 기상청 관할 종관기상관측지점으로 티센망을 구축할 경우, 도림천 유역은 서울(108)지점에 포함된다. 서울(108)지점의 시 단위 강우자료는 1961~2016년까지 총 56년의 자료를 보유하고 있는 것으로 조사되었으며, 분 단위 강우자료는 1961~1999년까지는 1분 단위 자기기록지를 독취한 강우자료(Minutely data using the Magnetic Recording, MMR)와 2000년 이후부터 현재까지는 자동계측장비를 통해 관측한 자료를 이용하였다.

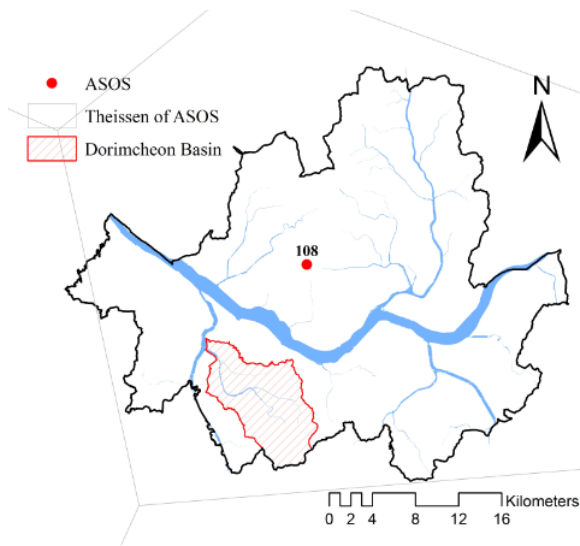
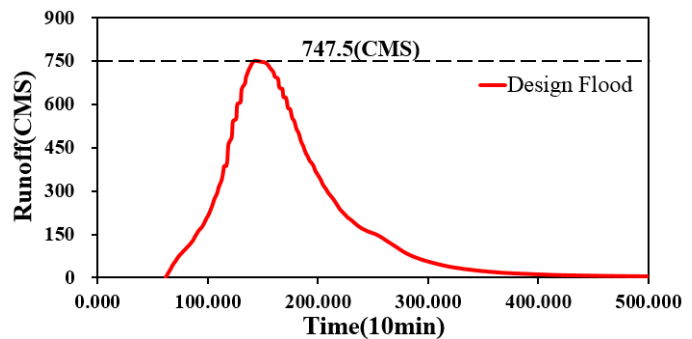


Fig. 1. Analysis basin and rainfall observation stations

설계홍수량 산정을 통한 검증은 위해서는 강우-유출모형이 필요하다. 최근 도림천 유역의 설계홍수량 분석을 실시한 안양천권역 하천기본계획(2013)에서는 서울(108)지점의 1961~2011년의 시 단위 강우자료를 이용하여 확률강우량을 산정하였으며, 확률강우량도 개선 및 보완 연구(Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2011)에서 1961~2010년의 시 단위 강우자료로 산정된 서울(108)지점의 Huff의 4분위 방법의 3분위 분포를 적용하였다. 홍수량 산정은 HEC-1 모형을 이용하였으며, 도달시간은 연속형 Kraven, 저류상수는 Sabol 공식, 유역 및 하도추적은 유역추적법(Clark법) 및 Muskingum 법을 적용하였다. Fig. 2와 같이 본 연구에서는 안양천권역 하천기본계획(2013)과 동일한 강우분석 조건으로 설계홍수량 747 m³/sec을 산정할 수 있는 강우-유출모형(SWMM)을 구축하였다.



(a) Rainfall-runoff model



(b) Verification of design flood

Fig. 2. Verification of design flood and rainfall-runoff model

본 연구의 분석방법은 자료형태에 따라 확률강우량과 HUFF의 4분위 방법의 차이를 분석하고, 확률강우량과 설계 강우 시간분포의 적용 자료기간 차이에 따른 설계홍수량 변동 분석을 실시하였다. 자료형태(시 단위, 분 단위)는 1961년부터 2010년 이후 최근 자료기간까지 1년씩 추가하는 방법으로 각각 확률강우량과 Huff의 4분위 방법을 산정하였으며, 구축한 강우-유출모형을 토대로 자료형태 및 자료기간에 따른 설계홍수량 변동분석을 실시하였다.

3. 자료형태와 자료기간별 강우분석

기상청 관할의 종관기상관측지점의 시 단위 강우자료는 기기 및 전산 오류에 따른 결측이 발생할 경우, 관리자가 직접 강우를 측정하고 품질관리를 실시하고 있어 신뢰성이 매우 높다. 이 때문에 시 단위 강우자료를 이용하여 대부분의 수문 분석 시 활용되고 있다. 반면, 분 단위 강우자료를 방대한 자료 양과 짧은 지속기간 때문에 결측이 발생할 경우, 역거리법 등과 같은 결측강우를 보완하는 기법을 통해 강우자료 품질관리 단계를 실시하여야 한다. 본 연구에서는 Kim *et al.* (2015)이 제안한 결측치, 이상치, 강우보완 품질관리 단계를 적용하여 분 단위 강우자료의 품질관리 후 분석을 실시하였다.

3.1 확률강우량

일반적인 강우분석은 연 최대치 자료를 이용한 방법으로, 시 단위 강우자료를 이용한 확률강우량 산정은 고정시간 연 최대치 계열을 추출한 후, 확률강우량도 개선 및 보완연구(Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2011)에서 제시한 임의시간환산계수를 적용하여 임의시간 연 최대치 계열로 산정한다. 이 과정을 통해 강우의 지속기간의 단위가 시

간에서 분으로 바뀌게 된다. 반면, 분 단위 강우자료는 임의시간 개념에서 연 최대치 강우자료를 추출하기 때문에 별도의 임의시간환산계수를 적용할 필요가 없으며, 이 때문에 임의시간환산계수로부터 발생하는 강우변환의 문제점을 고려하지 않아도 된다는 장점이 있다. Fig. 3은 시 단위 강우의 고정시간 연 최대치 계열과 임의시간 연 최대치 계열 그리고 분 단위 강우의 연 최대치 계열을 비교 도시한 결과이다.

시 단위와 분 단위 강우의 연 최대치 계열 비교분석을 실시한 결과, 분 단위로 산정된 연 최대치 결과와 다소 차이를 보이는 것으로 나타났다. 시 단위 강우의 고정시간 연 최대치 계열은 분 단위의 연 최대치 계열과 동일하거나 작게 산정되는 것으로 나타났으며, 시 단위 강우의 임의시간 연 최대치 계열은 분 단위의 연 최대치 계열에 비해 크거나 작게 산정되는 것으로 나타났다. 이는 자료형식에 따른 임의시간

환산계수 적용의 차이로, 시 단위 강우의 임의시간 연 최대치 계열은 분 단위 강우 연 최대치 계열 보다 최대 -41.5~15.8%의 오차 범위를 갖는 것으로 나타났다. 다음으로는 산정된 연 최대치 계열을 기반으로 2010년 이후부터 최근 자료기간까지 1년씩 연 최대치 계열을 추가하는 방법으로 각각 지점빈도해석을 수행하였으며, 분석결과는 Table 1과 같다.

전반적으로 서울(108)지점의 확률강우량은 2011년 이후 점차 감소하고 있는 것으로 나타났다. 시 단위와 분 단위 연 최대치 계열로 산정된 확률강우량 비교결과, 지속기간 60분과 같이 짧은 강우지속기간과 자료기간 1961~2010년까지의 확률강우량은 시 단위를 이용한 빈도해석결과가 분 단위 강우 보다 크게 산정되었다. 그 외 대부분의 지속기간과 자료기간에서는 분 단위를 이용한 빈도해석 결과가 크게 산정되는 것으로 나타났다. 지속기간 60분의 임의시간 환산계

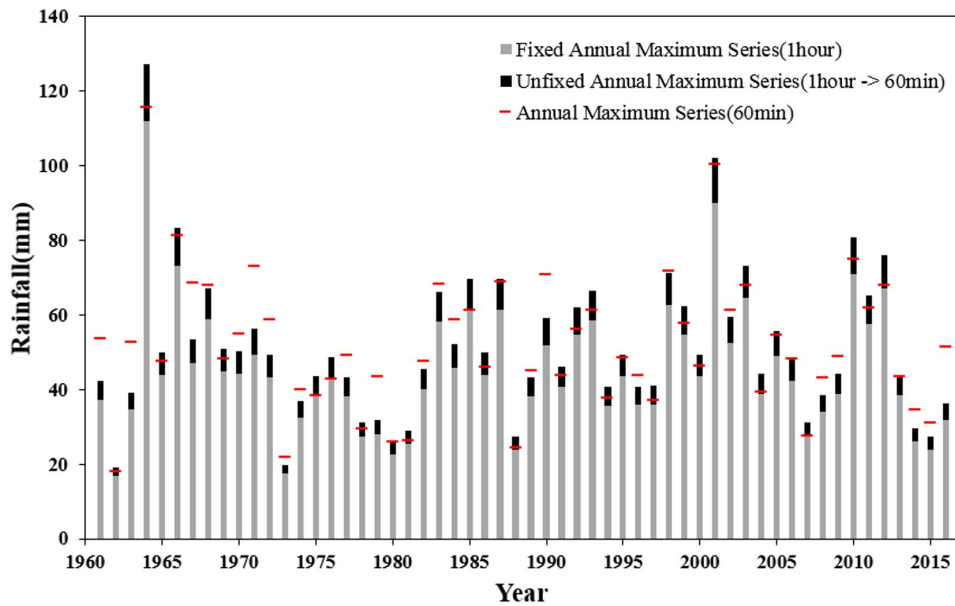


Fig. 3. Comparison result of annual maximum series

Table 1. Result of design rainfall (return period: 100 yr) according to temporal resolution of rainfall

Data period (1961~)	Hourly data					Minutely data				
	60 min	120 min	180 min	720 min	1440 min	60 min	120 min	180 min	720 min	1440 min
2010	112.4	165.5	212.9	328.0	430.6	111.1	162.5	202.1	322.9	429.6
2011	112.5	164.9	212.3	334.0	455.1	112.0	167.2	213.7	337.7	457.0
2012	113.7	163.8	210.8	331.5	451.2	112.2	166.1	212.1	335.1	453.1
2013	112.9	162.8	209.4	332.1	451.1	111.5	164.9	210.8	335.9	452.9
2014	112.8	162.5	208.9	333.9	449.0	111.2	164.6	210.3	337.4	450.9
2015	112.8	162.9	208.9	335.7	447.3	111.1	165.0	210.3	339.0	449.1
2016	112.3	161.9	207.5	333.5	443.9	110.4	164.1	208.9	336.7	445.7

수는 1.136으로, 다른 지속기간에 비해 상대적으로 큰 계수 값을 적용함으로써 분 단위 강우자료의 연 최대치 계열과 다소 큰 편차가 발생하게 되고 이는 확률강우량 산정결과에도 영향을 주는 것을 나타냈다.

3.2 Huff의 4분위 방법

실무에서 설계강우의 시간분포로 적용하고 있는 방법은 Huff의 4분위 방법이며, 「설계홍수량 산정요령(Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2012)」에서는 Huff의 3분위 적용을 원칙으로 제시하였다. 본 연구에서는 서울(108) 지점의 시 단위 강우자료와 분 단위 강우를 이용하여 Huff의 4분위 방법으로 설계강우 시간분포를 산정하였다. Huff의 4분위 방법은 무강우 지속기간(ITED)을 6시간으로 호우강우 사상을 분리하고, 유역면적강우량 0.5 inch (12.7 mm) 이상, 지점 강우량 1 inch (25.4 mm) 이상의 호우사상으로 추출하였다. 추출된 호우사상은 전 지속기간으로 4등분하였을 때 각 분류된 구간의 우량의 최대부위가 어느 부분에서 나타나는지를 1~4구간 호우로 분류하였으며, 분류된 1~4구간의 호우는 강우지속기간과 누가강우량을 무차원 누각곡선화 하였다. Table 2는 14년 7월 24일의 호우사상을 시 단위 강우와 분 단위 강우의 차이점을 정리한 결과이다. 자료형태에 대한 비교를 위해 분 단위 강우자료는 고정시간으로 변환하여 시 단위 강우자료와 정리하였으며, 그림은 원 자료형태로 호우사상을 무차원 누가곡선화한 결과이다.

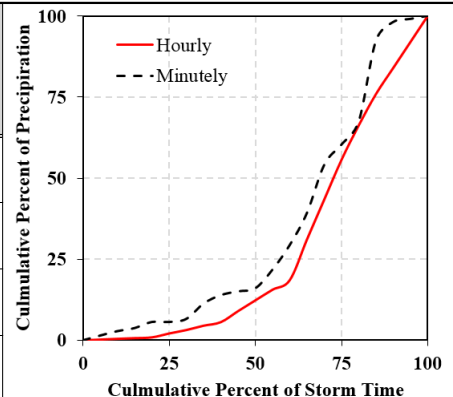
분석결과, 시 단위와 분 단위 강우자료 모두 동일 시간에 동일 강우가 발생하였음에도 불구하고, 자료형태에 따라 강우 시간분포의 경향은 다소 차이를 보이는 것으로 나타났다. 시 단위 강우자료는 고정시간 1시간 단위로 강우시간분포를 실시하게 됨으로 분 단위 강우자료로 산정한 강우시간분포와 다르게 분포되며, 1~4구간으로 분위를 구분하였을 경우에도

시 단위 강우자료의 최빈분위는 4분위로 구분되었지만, 분 단위 강우자료의 최빈분위는 3분위로 구분되는 것으로 나타났다. 즉, 동일한 호우사상임에도 불구하고 자료형태에 따라 분위의 구분이 달리 산정되는 것으로 나타났다. 또한, 시 단위 강우는 무강우 지속기간 6시간, 분 단위 강우는 무강우지속기간 360분을 적용하게 됨에 따라 총 호우사상의 수에 대한 차이가 발생하게 되며, 시 단위 강우는 3시간 이하의 호우사상은 분위의 구분이 모호하여 분석에서 제외되지만 분 단위 강우는 분위 구분에 따른 제외되는 호우사상이 없는 것으로 나타났다. Fig. 4는 자료형태와 확률강우량 산정과 동일하게 2010년 이후부터 최근 자료기간까지 1년씩 강우시간분포를 추가하는 방법으로 자료기간을 달리하여 Huff의 4분위 방법에 3분위 누가확률 50% 결과를 도시하였다.

분석결과, Figs. 4(a) and 4(b)와 같이 자료형태에 따른 무차원 누가곡선의 차이는 최대 3.0%의 차이를 보인 반면, Figs. 4(c) and 4(d)와 같이 자료기간에 따른 무차원 누가곡선의 차이는 최대 1.4% 차이를 보이며 자료형태에 따른 차이가 자료기간에 따른 차이 보다 상대적으로 크게 나타났다. Figs. 4(a) and 4(b)에서 호우 시작지점에서는 분 단위 강우는 시 단위 강우에 비해 상대적으로 높은 강우시간분포를, 호우 종료지점에서는 시 단위 강우가 분 단위 강우 보다 높은 강우시간분포를 보이며 시 단위 강우가 분 단위 강우에 비해 중심부에서 보다 큰 기울기를 보이며 강우가 집중되는 것으로 나타났다. 이는 자료형태의 차이로, Huff의 4분위 방법 산정 시 발생하는 호우사상의 구분, 제외호우사상 여부, 최빈분위의 차이가 무차원 누가곡선의 차이로 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 반면 Huff의 4분위 방법은 분위별로 구분된 호우사상을 누가확률 10~90%로 평활화하기 때문에 자료기간에 따른 차이는 상대적으로 적은 것으로 나타났다.

Table 2. Comparison of time distribution(14/07/24 event) according to temporal resolution of rainfall

Division		Time					Total
		23:00	00:00	01:00	02:00	03:00	
Hourly	Rainfall	0.5mm	2.5mm	7.0mm	26.0mm	17.0mm	53.0mm
	Quartile	2.1%		10.2%	43.3%	44.4%	100.0%
Minutely	Rainfall	0.5mm	2.5mm	7.0mm	26.0mm	17.0mm	53.0mm
	Quartile	5.7%		10.4%	44.3%	39.7%	100.0%



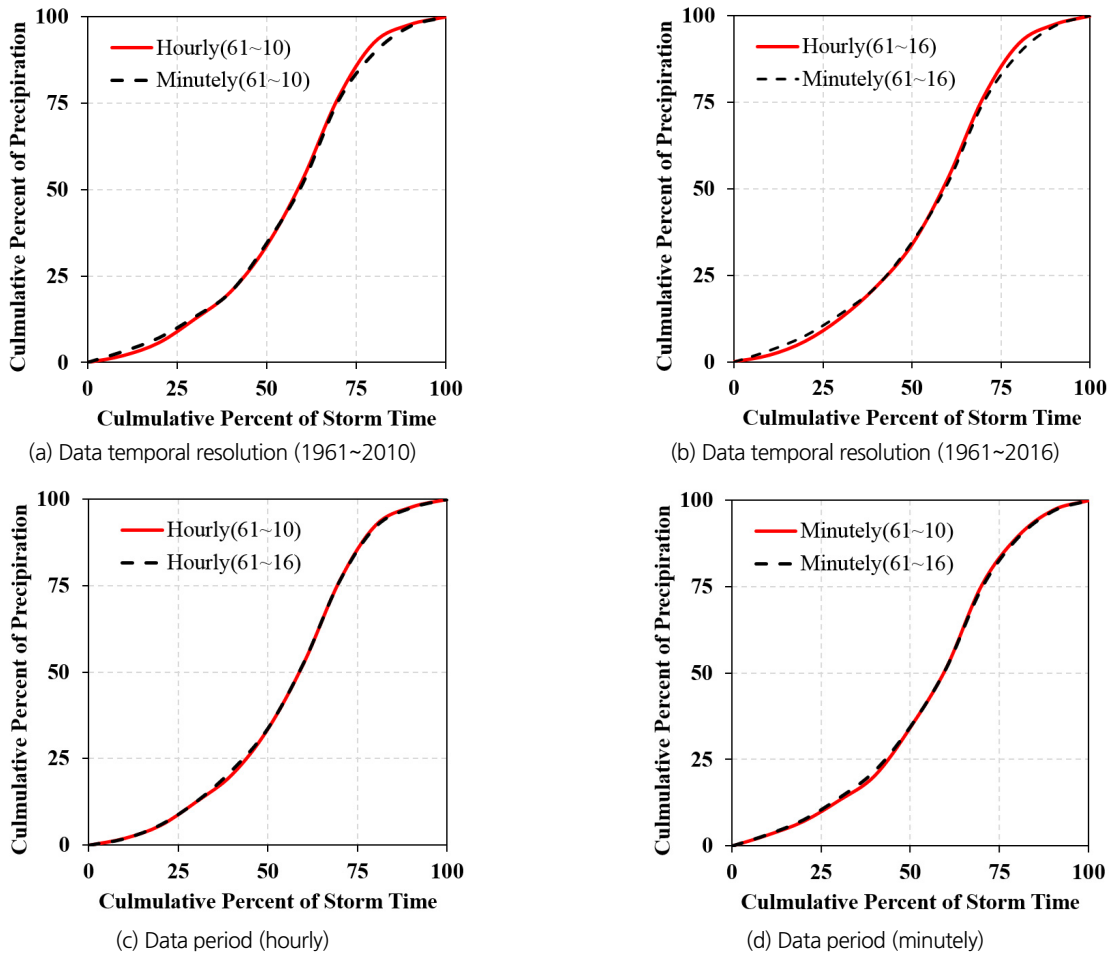


Fig. 4. Comparison result of Huff's method (3rd quartile)

4. 다른 자료기간의 적용에 따른 설계홍수량 변화분석

자료형태와 자료기간별로 산정한 확률강우량과 강우시간 분포를 기반으로 다른 자료기간의 적용에 따른 설계홍수량 변화 양상에 대한 변화를 분석하였다. 설계홍수량의 산정방법은 자료형태와 자료기간에 따라 산정된 지속기간 180분, 100년 빈도 확률강우량과 3분위 누가확률 50% Huff의 4분위 방법을 2010년 이후 1년 단위로 확률강우량과 Huff의 4분위 방법의 자료기간을 달리 설계강우-유출모형에 적용하여 도립천 유역 하류의 설계홍수량을 Table 3과 같이 산정하였다.

확률강우량과 설계강우시간분포의 자료기간을 달리 적용한 결과, 시 단위-시 단위를 적용한 경우는 최대 9.9 m³/sec, 분 단위-분 단위를 적용한 경우는 최대 5.7 m³/sec, 시 단위-분 단위를 적용한 경우는 최대 10.0 m³/sec의 설계홍수량 차이를 보이는 것으로 나타났다. 또한, 확률강우량과 설계강우 시간 분포의 자료기간 차이가 커질수록 설계홍수량의 차이 또한

점차 커지는 것으로 분석되었으며, 자료기간을 달리 적용할 경우 평균적으로 4.8 m³/sec의 설계홍수량의 차이가 발생하는 것으로 나타났다. 다음으로 확률강우량과 강우시간분포의 자료형태에 따라 설계홍수량을 산정한 결과, 2010년에 확률강우량을 제외한 2011~2016년의 분 단위 강우의 확률강우량이 시 단위 강우의 확률강우량 보다 1.4 mm 크에도 불구하고 설계홍수량은 시 단위를 적용한 설계홍수량의 결과가 보다 크게 산정되었다. 이는 강우시간분포의 차이로, 시 단위 강우의 시간분포가 분 단위 강우의 시간분포에 비해 중심부에 기울기가 크기 때문에 설계 강우가 집중되어 분 단위 강우로 산정한 설계홍수량 보다 크게 산정된다. 이로 인해 시 단위-분 단위로 산정된 설계홍수량 결과는 분 단위-분단위로 산정된 설계홍수량 보다 작게 산정되었으며, 자료형태의 강우시간 분포로 최대 19.3 m³/sec (746.7 m³/sec, 727.4 m³/sec)의 차이를 보이는 것으로 나타났다.

Table 3. Result of design flood according to temporal resolution and periods of rainfall

Design rainfall data period (1961~)	Huff's method data period (1961~)	Design flood (m ³ /sec)		
		Rainfall (hourly) - Huff (hourly)	Rainfall (minutely) - Huff (minutely)	Rainfall (hourly) - Huff (minutely)
2010	2010	748.7	716.0	735.2
2011		747.5	736.6	736.9
2012		749.8	737.9	736.5
2013		744.7	736.5	733.4
2014		743.6	735.3	732.2
2015		743.6	735.3	732.2
2016		739.9	732.2	726.9
2011	2011	749.0	737.4	736.6
2012		746.0	736.6	730.2
2013		746.7	730.2	727.4
2014		745.8	728.1	729.0
2015		745.8	728.1	729.0
2016		741.1	729.0	727.0
2012	2012	744.1	734.1	731.0
2013		738.9	731.0	724.9
2014		737.6	729.4	724.6
2015		737.6	729.4	724.6
2016		738.2	724.6	727.4
2013	2013	739.1	728.4	728.3
2014		735.7	727.3	727.2
2015		735.7	727.3	727.2
2016		739.0	727.2	719.9
2014	2014	739.0	728.7	723.6
2015		737.7	728.7	723.6
2016		739.7	723.6	723.1
2015	2015	739.8	731.0	723.7
2016		737.2	723.7	723.4
2016	2016	737.3	725.4	719.3

5. 결론

본 연구에서는 자료형태와 자료기간에 따라 확률강우량 및 설계강우 시간분포를 각각 산정하고, 확률강우량과 강우 시간분포의 자료기간을 달리 적용하여 설계홍수량의 변동을 분석함으로써 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- 1) 자료형태에 따른 확률강우량과 강우시간분포를 산정한 결과, 분 단위 강우는 임의시간 환산계수의 적용이 불필요하므로 시 단위 강우에 비해 보다 정확한 확률강우량을 산정할 수 있었으며, 강우시간분포에서는 시 단위 강우에 비

해 보다 실제호우의 시간분포를 효과적으로 보여주는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 분 단위 강우는 시 단위 강우와 달리 호우사상의 구분, 제외호우사상 여부, 최빈분위 선정에서 다른 결과를 보이며 무차원 누가곡선이 다소 다르게 산정되었다.

- 2) 확률강우량과 강우시간분포의 자료기간을 달리하여 설계홍수량을 산정한 결과, 자료형태에 따라 각각 9.9, 5.7, 10.0 m³/sec의 차를 보이는 것으로 나타났으며, 평균적으로 4.8 m³/sec를 보이는 것으로 나타났다. 또한, 강우시간분포를 시 단위 강우와 분 단위 강우로 자료형태를 달리 적용하여 설계홍수량을 산정한 결과, 최대 19.3 m³/sec의

차이를 보이는 것으로 나타났다. 즉, 확률강우량과 강우시간분포의 다른 자료기간 적용 보다는 자료형태에 따른 설계홍수량의 차이가 크다는 것을 확인할 수 있었다.

- 3) 설계홍수량 산정 시, 강우시간분포는 시 단위 강우로 산정된 Huff의 4분위 방법을 이용하고 있다. 본 연구를 통해 자료형태에 따른 강우시간분포 적용의 차이는 다소 큰 설계홍수량의 차이를 도출하는 것으로 나타났다. 따라서 향후 확률강우량 및 강우시간분포 보완연구에서는 분 단위 강우를 이용한 Huff의 4분위 방법의 제시가 필요하며, 이는 보다 정확하고 향상된 설계홍수량 산정에 기여할 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 국토교통부 물관리연구사업의 연구비지원(17AWMP-B066744-05)에 의해 수행되었습니다. 또한 기상청에서 제공하는 강우자료를 이용하여 분석하였으며, 이에 감사드립니다.

References

- Ahn, J. H., Kim, T. W., Yoo, C. S., and Yoon, Y. N. (2000). "Analysis of the changes in rainfall quantile according to the increase of data period." *Journal of Korea Water Resources Association*, Vol. 33, No. 5, pp. 569-580.
- Alexis, B., Guy, D., Jean-Dominique, C., and Charles O. (2004). "Temporal and spatial resolution of rainfall measurements required for urban hydrology." *Journal of Hydrology*, Vol. 299, pp. 166-179.
- Berndtsson, R., Jinno, K., Kawamura, A., Larson, M., and Niemczynowicz, J. (1993). "Some Eulerian and Lagrangian statistical properties of rainfall at small space-time scales." *Journal of Hydrology*, Vol. 153, No. 1-4, pp. 339-355.
- Huff, F. A. (1967). "Time distribution of rainfall in heavy storms." *Water Resources Research*, Vol. 3, No. 4, pp. 1007-1019.
- Jung, C. G., Jang, W. J., and Kim, S. J. (2016). "Spatial rainfall considering elevation and estimation of rain erosivity factor r in revised USLE using 1 minute rainfall data and program development." *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*, Vol. 19, No. 4, pp. 130-145.
- Kim, M. S., and Moon, Y. L. (2015). "A study on quality control method for minutely rainfall data." *Journal of Korea Society of Civil Engineers*, Vol. 35, No. 2, pp. 319-326.
- Kim, M. S., Son, H. M., and Moon, Y. L. (2016). "A study on estimation of target precipitation in Seoul using AWS minutely rainfall data." *Journal of Korea Water Resources Association*, Vol. 49, No. 1, pp. 11-18.
- Kim, S. H., Shin, H. J., Kim, T. R., Kim, H. B., and Heo, J. H. (2016). "A study on the changes of design flood quantiles based on rainfall quantile estimation methods in Han river basin." *Journal of Korean Society of Hazard Mitigation*, Vol. 16, No. 1, pp. 73-82.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2011). *Improvement and Supplement of design rainfall*.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2012). *Estimation method of design flood*.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2013). *River master plan of Anyangcheon basin*.
- Ogden, F., Sharif, H., Senarath, S., Smith, J., Baeck, M., and Richardson, J. (2000). "Hydrologic analysis of the Fort Collins, Colorado, flash flood of 1997." *Journal of Hydrology*, Vol. 228, No. 1-2, pp. 82-100.
- Oh, T. S., Kim, M. S., Moon, Y. L., and Ahn, J. H. (2009). "An analysis of the characteristics in design rainfall according to the data periods." *Journal of Korean Society of Hazard Mitigation*, Vol. 9, No. 4, pp. 115-127.
- Oh, T. S., and Moon, Y. L. (2008). "Conversion factor calculation of annual maximum precipitation in Korea between fixed and sliding durations." *Journal of Korea Society of Civil Engineers*, Vol. 28, No. 5B, pp. 515-524.
- Yoo, C. S., Park, C. Y., Kim, K. J., and Jun, K. S. (2008). "Analysis of rainfall spatial correlation structure using minutely data." *Journal of Korean Society of Hazard Mitigation*, Vol. 8, No. 6, pp. 113-120.
- You, C. H., Kang, M. Y., Hwang, Y., Lee, J. J., Jang, M., and Lee, D. I. (2018). "A statistical approach to radar rainfall estimates using polarimetric variables." *Journal of Atmospheric Research*, Vol. 209, pp. 65-75. doi: 10.1016/j.atmosres.2018.03.016.