J. Korea Water Resour. Assoc. Vol. 51, No. 8 (2018), pp. 739-745
doi: 10.3741/JKWRA.2018.51.8.739

pISSN 1226-6280
eISSN 2287-6138

Rainfall analysis considering watershed characteristics and temporal-spatial characteristics of heavy rainfall

Kim, Min-Seok[a] · Choi, Ji-Hyeok[b] · Moon, Young-Il[b]*

[a]Seoul Institute of Technology
[b]Department of Civil Engineering, University of Seoul

Paper number: 17-113
Received: 29 December 2017; Revised: 27 June 2018 / 16 July 2018; Accepted: 16 July 2018

Abstract

Recently, the incidence of heavy rainfall is increasing. Therefore, a rainfall analysis should be performed considering increasing frequency. The current rainfall analysis for hydrologic design use the hourly rainfall data of ASOS with a density of 36 km on the Korean Peninsula. Therefore, medium and small scale watershed included Thiessen network at the same rainfall point are analyzed with the same design rainfall and time distribution. This causes problem that the watershed characteristics can not be considered. In addition, there is a problem that the temporal-spatial change of the heavy rainfall occurring in the range of 10~20 km can not be considered. In this study, Author estimated design rainfall considering heavy rainfall using minutely rainfall data of AWS, which are relatively dense than ASOS. Also, author analyzed the time distribution and runoff of each case to estimate the huff's method suitable for the watershed. The research result will contribute to the estimation of the design hydrologic data considering the heavy rainfall and watershed characteristics.

Keywords: Heavy rainfall, ASOS, AWS, Design rainfall, Huff's method

집중호우의 시·공간적 특성과 유역특성을 고려한 강우분석 연구

김민석[a] · 최지혁[b] · 문영일[b]*

[a]서울기술연구원, [b]서울시립대학교 토목공학과

요 지

최근 집중호우의 발생빈도가 증가하고 있으며, 이를 고려한 강우분석을 실시하여야 한다. 현재 수문설계를 위한 강우분석은 한반도 조밀도 36 km인 기상청 관할 종관기상관측지점(Automated Surface Observing System, ASOS)의 시 단위 강우를 이용하고 있다. 이로 인해 같은 강우지점의 티센망에 포함되는 중소규모 유역은 동일한 확률강우량과 강우시간분포로 분석하게 됨으로 유역특성을 고려하지 못하는 문제가 발생한다. 또한, 10~20 km 범위 내에서 발생하는 집중호우의 시·공간적 변화를 고려하지 못하는 문제점이 발생한다. 따라서 본 연구에서는 종관기상관측지점에 비해 상대적으로 조밀도가 우수한 방재기상관측지점(Automatic Weather System, AWS)의 분 단위 강우자료를 이용하여 집중호우를 고려한 확률강우량을 산정하였다. 또한, 유역에 적합한 Huff의 4분위 방법 산정을 위해 Case별 시간분포 산정과 유출분석을 실시하였다. 이는 집중호우와 유역특성을 반영한 설계수문량 산정에 크게 기여할 것으로 판단된다.

핵심용어: 집중호우, 종관기상관측지점, 방재기상관측지점, 확률강우량, Huff의 4분위 방법

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

© 2018 Korea Water Resources Association. All rights reserved.

1. 서 론

집중호우의 시간적 범위에서 30 mm/hr 이상 또는 80 mm/day 이상, 공간적 범위는 10~20 km 이내에 시·공간적으로 집중성이 매우 강한 비로 정의하며, 최근에는 기후변화로 집중호우의 발생빈도가 증가하고 있다(KMA, 2009; Shin *et al*., 2007). 따라서 앞으로는 집중호우의 시·공간적 특성을 반영한 수문분석을 실시하여야 한다(Kwon *et al*., 2011). 현재 대부분의 수문분석은 한반도 조밀도가 36 km인 기상청 관할의 종관기상관측지점(Automated Surface Observing System, ASOS)의 시 단위 강우자료로 설계수문량을 산정하고 있으며(Moon *et al*., 2012), 공간적 측면에서 동일한 강우관측지점의 티센망에 포함되는 중소규모 유역은 모두 같은 확률강우량과 설계강우 시간분포를 적용하여 수문분석을 실시하게 된다. 따라서 유역특성과 집중호우를 고려하지 못한다는 문제점이 발생한다. 또한, 시 단위 강우를 이용한 수문분석은 시간적 측면에서 단 시간 변화하는 강우량과 강우시간분포 특성을 반영하지 못하는 문제가 발생한다. 따라서 본 연구에서는 한반도 조밀도가 13.3 km인 방재기상관측지점(Automatic Weather System, AWS)의 분 단위 강우를 이용하여 시·공간적 측면에서 유역에 적합하고 집중호우를 고려할 수 있는 확률강우량 및 Huff의 4분위 방법을 산정하고자 한다.

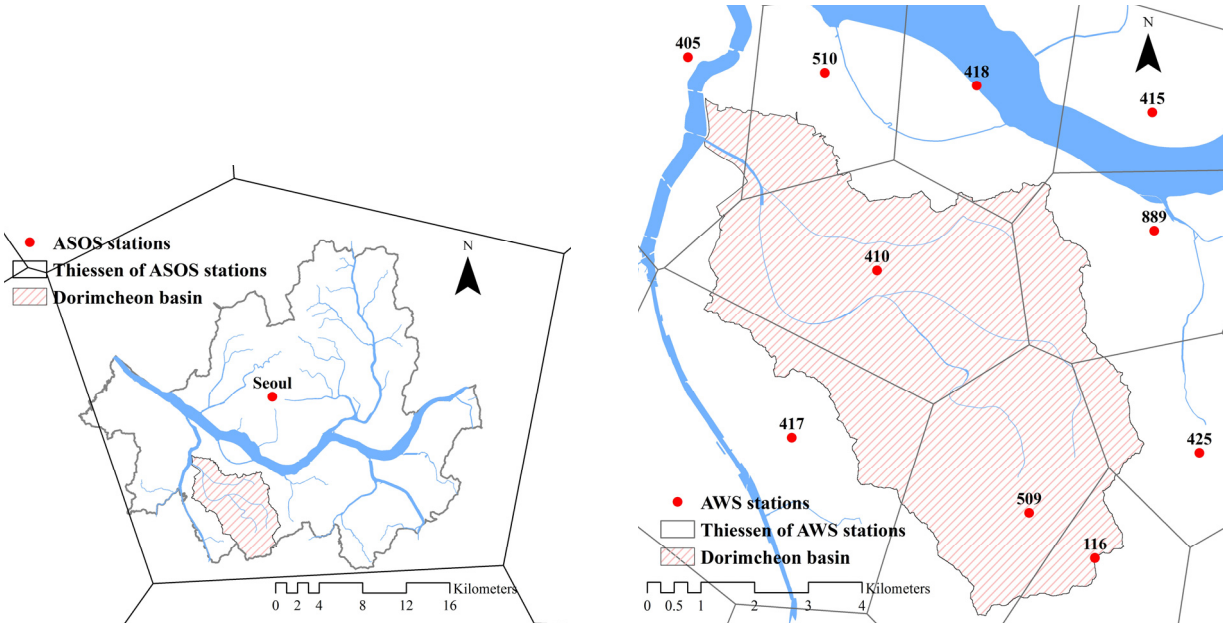
유역에 적합한 확률강우량 산정에 관한 선행연구사례를 살펴보면, MOLIT (2011)는 자료기간이 20년 이상의 기상청 지상관측지점에 대해 지점빈도해석을 실시하고 확률강우량 및 확률강우강도를 제시하였으며, 확률강우량 산정 시 Gumbel 분포를 단일 분포형로 제안하였다. Kim *et al*. (2016)은 지역적인 특성을 세분하게 구분할 수 있도록 종관기상관측지점에 비해 조밀도가 높은 방재기상관측지점의 분 단위 강우자료를 활용한 지점빈도해석과 지역빈도해석을 실시하였으며, 서울지역의 행정구역(구) 단위의 목표강우량을 산정하였다. Son *et al*. (2013)은 강우의 공간적인 특성을 고려하기 위해 AWS 자료를 이용하여 기후변화 영향 및 강우의 시·공간적인 특성을 고려한 확률강우량을 예측하였다. 실무에서 설계강우의 시간분포 방법으로 가장 많이 적용하고 있는 Huff의 4분위 방법에 대한 선행연구사례를 살펴보면, Yoon *et al*. (2012)은 분 단위 기상관측 자료를 이용하여 연 최대치 계열의 중앙값을 기준으로 한 POT (peaks over threshold) 계열을 추출하여 강우의 최적 시간분포 모형을 개발하였다. Choi *et al*. (2014)은 집중호우기준에 따라 극치사상만을 분석하는 시간분포방법을 제안하였고, 이를 실제유역에 적용시켜 강우-유출모형을 통한 검증을 실시하였으며 목적함수와의 비교를 통해 실제유역의 적용성을 검토하였다. 유역에 적합한 Huff의 4분위 방법에 대한 선행연구사례로, Jung *et al*. (2005)은 주변관측소의 강우시간분포를 평균하는 것은 지역적 특성이 평활화(Smoothing)되어 소멸되기 때문에 유역 내에 위치하고 있는 강우관측소별 관측지점에서 가장 발생빈도가 높은 Huff의 4분위 방법을 적용하여 강우의 지역적 특성을 반영해야 한다고 제안하였으며, Jang *et al*. (2006)은 지역적인 특성을 고려하기 위한 별 다른 방안이 없으므로 Huff의 4분위 방법과 동일하도록 지점강우와 면적강우를 이용하여 유역의 대표누가우량곡선을 작성하였으며, 국내유역에 적합한 Huff 강우시간분포방법의 개선방법을 연구하였다.

선행연구사례에 대한 분석결과, 집중호우의 시·공간적 특성을 반영한 확률강우량 산정에 대한 연구가 진행되었으나 Huff의 4분위 방법에 대한 연구는 지속기간을 고려하지 못하는 문제점과 호우사상 구분 시 집중호우에 대한 고려를 하지 못하는 문제점 그리고 첨두홍수량 과소 추정에 대한 문제점을 보완하기 위한 개선방향 연구가 주를 이루고 있으며, 유역의 시공간적 특성을 반영한 Huff의 4분위 방법 산정에 대한 연구는 다소 부족한 것으로 분석되었다. 따라서 본 연구에서는 집중호우의 시공간적 특성을 반영한 확률강우량 산정과 더불어 유역의 특성을 반영할 수 있는 Huff의 4분위 방법을 선정하고자 한다. 집중호우와 유역특성을 반영한 강우분석은 정확도 높은 설계수문량 산정에 기여할 것으로 판단된다.

2. 분석유역 및 강우지점

분석유역은 서울에 위치한 도림천 유역으로 설정하였다. 기상청관할 종관기상관측지점(ASOS)으로 도림천 유역의 강우분석을 실시할 경우, Fig. 1(a)와 같이 서울(108)지점의 강우로 유역의 강우분석을 수행하게 된다. 서울(108)지점은 도림천 뿐만 아니라 우이천, 반포천 등 35개 중소규모 하천유역을 영향반경으로 포함하고 있으므로 서울 내 위치한 대부분의 중소규모 하천유역은 동일한 강우분석 결과를 얻게 된다. 반면, Fig. 1(b)와 같이 도림천 유역 인근에 위치한 방재기상관측지점(AWS)으로 강우분석을 수행할 경우, 유역의 강우특성을 고려할 뿐만 아니라 집중호우의 공간적 범위를 고려한 강우분석을 수행할 수 있게 된다. 따라서 본 연구에서는 방재기상관측지점의 분 단위 강우자료로 강우분석을 수행하였다.

방재기상관측지점(AWS)은 종관기상관측지점에 비해 상대적으로 높은 조밀도와 0.1 mm 단위로 1분마다 자동으로 강우를 측정하고 있어 강우의 시공간적 변화를 고려한 분석에



(a) Thiessen polygon method using ASOS (b) Thiessen polygon method using AWS

Fig. 1. Difference of thiessen polygon method according to rainfall observation stations

큰 장점이다. 반면, 기기 및 전산의 오류로 인한 결측이 발생할 경우, 사람이 직접 강우를 계측하고 품질관리를 실시하는 종관기상관측지점(ASOS)과는 달리 무인관측소로 운영되고 있어 결빙 등과 같은 결측으로 강우자료품질에 대한 문제점이 발생하게 된다. 강우자료 품질관리에 대한 문제점을 보완하기 위해 Kim and Moon (2015)이 제안한 결측치, 이상치, 강우보완 품질관리 단계로 분 단위 강우자료의 품질관리를 실시하였으며, 전 기간(1~12월)에 비해 상관계수와 정밀도가 높게 나타난 5~10월의 부분 시계열로 강우자료를 구축하여 분석을 실시하였다.

3. 방재기상관측지점(AWS)을 이용한 확률강우량 산정

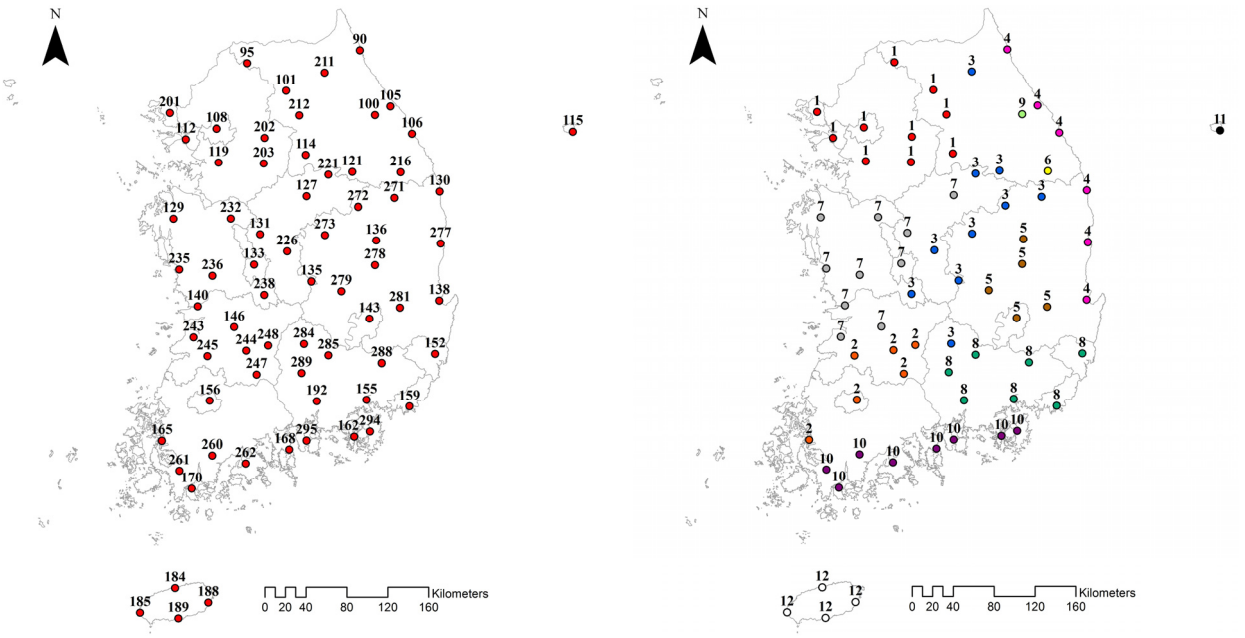
안정적인 확률강우량을 산정하기 위해서는 강우자료의 자료기간은 매우 중요하다. 특히 지점빈도해석은 수문자료의 관측기간이 짧은 경우, 정확도가 떨어지는 문제점이 있어 최소 자료기간을 20년(MOLIT, 2011) 또는 30년(Ahn *et al.*, 2000, Oh *et al.*, 2009)으로 수행한다. Table 1은 도림천 유역 인근 방재기상관측 10개 지점의 자료기간을 정리한 결과로, 종관기상관측지점인 서울(108)지점 57년(1961~2017년)에 비해 상대적으로 자료기간이 짧은 문제점이 있다.

따라서 도림천 유역 인근의 방재기상관측지점 중 자료기간 20년 이상인 8개 지점에 대해 지점빈도해석을 수행하여 도림천유역의 확률강우량을 산정하였다. 또한, 자료수가 부족한 경우 안정적인 확률강우량을 산정할 수 있는 방법(Heo *et al.*, 2007)인 지수홍수법을 이용한 지역빈도해석을 병행하였다.

지역빈도해석을 위해 Fig. 2(a)와 같이 자료기간이 20년 이상인 69개의 한반도 종관기상관측지점을 대상으로 군집분석을 실시하였다. 군집분석을 위해 종관기상관측지점의 경도, 위도, 고도, 연 평균강수량, 월별(5~10월) 연 평균 강수량을 이용하였으며, 계층적 군집분석과 K-means 군집분석을 이

Table 1. Data period of AWS near Dorim basin

Num.	Station	Minutely rainfall	
		Observed date	Length of data
116	Gwanak (R)	1997/01/01	21 yr
405	Yangcheon	1997/01/01	21 yr
410	Gisangcheong	1997/01/01	21 yr
415	Yongsan	1997/01/01	21 yr
417	Geumcheon	1998/01/03	20 yr
418	Hangang	1997/01/01	21 yr
425	Namhyeon	2010/11/03	7 yr
509	Gwanak	1997/01/01	21 yr
510	Yeongdeungpo	1997/01/01	21 yr
889	Hyeonchungwon	2012/11/12	5 yr



(a) ASOS of cluster analysis (b) Result of cluster analysis using ASOS

Fig. 2. Cluster analysis result of ASOS

용한 비계층적 군집분석을 통해 Fig. 2(b)와 같이 한반도 지역을 총 12개 군집으로 구분하였다. 또한, 도림천 유역을 포함하는 있는 종관기상관측 10개 지점(95, 101, 108, 112, 114, 119, 201, 202, 203, 212)과 도림천 유역 인근 자료기간이 20년 이상인 8개 방재기상관측지점의 자료를 이용하여 지역빈도해석을 수행하였다. 지점빈도해석을 위해 적정 확률분포형인 Gumbel 분포를 이용하였으며, 지역빈도해석은 적정 확률분포형인 GLO (generalized logistic)분포를 적용하였다. 빈도해석결과는 Fig. 3과 같이 도림천 유역 8개 방재기상관측지점의 티센망를 적용하여 Table 2와 같이 도림천 유역의 면적확률강우량을 산정하였다.

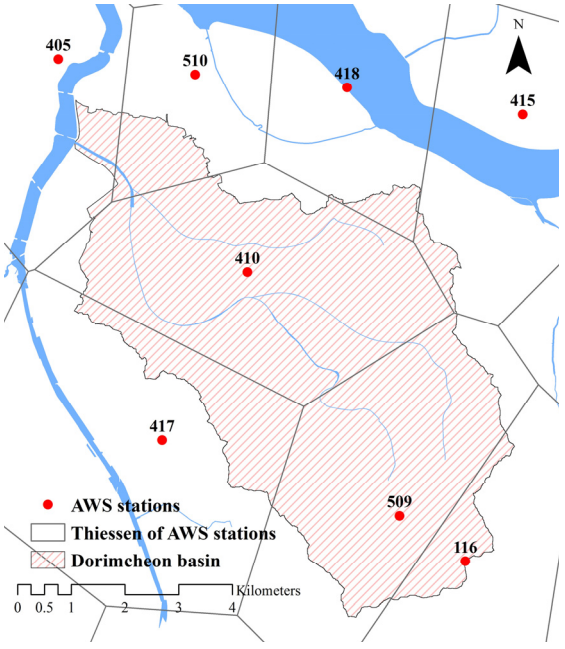


Fig. 3. Thiessen polygon method of Dorimcheon basin

지점빈도해석과 지역빈도해석을 통한 확률강우량 산정결과, 2~20년의 낮은 재현기간에서는 지점빈도해석 결과가 지역빈도해석 결과보다 큰 확률강우량이 산정되는 것으로 나타났다. 반면, 50년 이상의 높은 재현기간에서는 지역빈도해석 결과가 지점빈도해석 결과보다 큰 확률강우량이 산정되는 것으로 나타났다. 이는 Flood Estimation Handbook (Institute of Hydrology, 1999)에서 제시한 대상자료 기간에 따른 빈도해석 적절성 평가와 유사한 결과로, 자료기간이 짧은 경우 높은 빈도에는 지점빈도해석과 지역빈도해석의 결과 값 차이가 비교적 큰 것으로 분석되었다. 또한, Flood Estimation Handbook (Institute of Hydrology, 1999)에서는 대상자료 기간이 산정하려는 재현기간 T보다 작을 때 지점빈도해석은 적절하지 않으며, 대상자료 기간이 T~2T일 때는 지점빈도해석과 지역빈도해석을 동시에 수행하고, 대상자료 기간이 2T 이상일 때는 지점빈도해석 수행을 추천하고 있다. 따라서 본 연구에서는 지역빈도해석의 결과를 기반으로 설계강우 시간분포를 적용하였다.

Table 2. Frequency analysis result of Dorimcheon basin

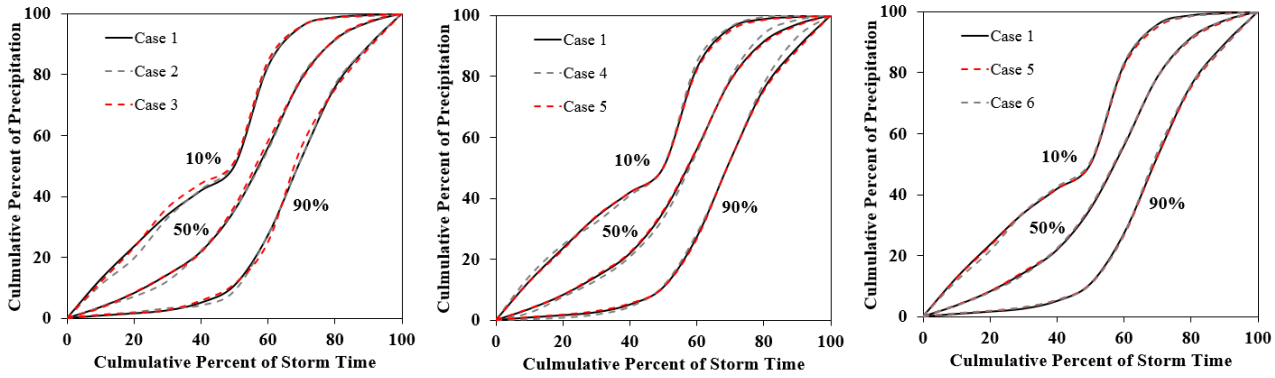
Return period	Point frequency analysis					Regional frequency analysis				
	60 min	120 min	180 min	360 min	1440 min	60 min	120 min	180 min	360 min	1440 min
2 year	47.1	66.2	81.0	108.4	165.9	47.1	66.1	79.5	105.4	161.6
5 year	63.3	92.7	114.9	151.9	237.8	61.5	87.7	107.1	143.7	227.6
10 year	74.1	110.3	137.3	180.7	285.4	71.9	103.3	127.9	172.4	277.3
20 year	84.4	127.1	158.8	208.4	331.1	82.9	120.1	150.9	203.9	332.1
50 year	97.8	148.9	186.6	244.1	390.2	99.4	145.2	186.4	252.4	416.8
100 year	107.8	165.3	207.5	270.8	434.5	113.6	167.1	**218.2**	295.8	492.8

4. 방재기상관측지점(AWS)를 이용한 Huff의 4분위 방법 및 유출량 산정

수문분석 시 가장 많이 적용하는 설계강우 시간분포는 방법은 Huff의 4분위 방법으로, 무강우 지속기간 6시간으로 호우사상을 구분하고, 지점강우는 1 inch (25.4 mm) 이상, 면적강우는 0.5 inch (12.7 mm) 이상의 호우사상으로 강우량의 최대부위를 기준으로 1~4구간으로 구분하여 10~90% 까지 무차원 누가확률곡선으로 산정하는 방법이다. 통상적으로 50% 무차원 누가확률곡선을 이용하고 있으며, 「설계홍수량 산정요령(MOLIT, 2012)」에서는 Huff의 4분위 방법 적용 시 3구간 적용을 원칙으로 제시하고 있다.

본 연구에서는 방재기상관측지점의 강우자료를 이용한 Huff의 4분위 방법으로 6가지 Case를 적용하여 유역에 적합한 Huff의 4분위 산정방법에 대한 분석을 수행하였다. 먼저, Case 1은 Huff의 4분위 방법과 동일하게 25.4 mm 이상의 지점 호우사상과 12.7 mm 이상의 면적강우 호우사상으로 유역의 강우시간분포를 산정하였다. Case 2, Case 3은 Jung *et al.* (2005)이 제안한 방법으로 유역에 가장 큰 티센 면적을 차지하고 있는 2개 지점(410, 509)을 대표지점으로 25.4 mm 이상의 지점별 호우사상으로 산정하였다. 지점강우와 면적강우의 기준강우량에 대한 차이에 분석하기 위해 Case 4는 유역의 면적강우량을 산정하고 12.7 mm 이상의 면적강우 호우사상으로 산정하였다. Case 5는 분석유역에 영향을 미치는 25.4 mm 이상의 8개 지점별 호우사상을 합성하는 방법으로 산정하였다. 마지막으로, Case 6은 면적확률강우량 산정과 동일한 개념으로 25.4 mm 이상의 8개 지점별 호우사상을 티센면적비로 유역의 강우시간분포를 산정하는 방법으로 구분하였다. Fig. 4는 각 Case별 Huff의 4분위 방법의 3분위 누가확률 10, 50, 90%에 해당하는 무차원 누가곡선을 도시한 결과이다.

Fig. 4(a)는 Case 1 (Huff의 4분위 방법), Case 2 (대표지점, 410), Case 3 (대표지점, 509)의 Huff의 4분위 방법을 도시한 결과이다. 도림천 유역에서 Case 2의 티센비는 42.9%, Case 3의 티센비는 32.2%로, 도림천 유역에 가장 많은 영향을 미치는 지점인 Case 2에서 다소 다른 경향을 보이는 것으로 나타났다. 특히 3분위 50% 무차원 누가확률곡선에서 Case1과 Case 3은 유사한 강우시간분포 경향을 보인 반면, Case 2는 Case 1, 3에 비해 보다 지체된 시간에 강우가 집중되는 것으로 나타났다. Fig. 4(b)는 Case 1 (Huff의 4분위 방법), Case 4 (면적강우), Case 5 (8개 지점합성)의 Huff의 4분위 방법을 도시한 결과



(a) Case 1, 2, 3 (b) Case 1, 4, 5 (c) Case 1, 5, 6

Fig. 4. Comparison result of quantile 3 cumulative percent curve

이다. Case 1과 Case 5는 비슷한 양상을 보이는 반면, Case 4는 다른 기준강우량(12.7 mm)의 차이로 다른 경향의 강우시간분포를 보이는 것으로 나타났다. 이를 통해 Case 1에 적용된 면적강우는 지점강우의 강우시간분포 성향은 다르지만 많은 지점의 강우시간분포로 인해 평활화가 되는 것을 확인할 수 있었다. Fig. 4(c)는 Case 1 (Huff의 4분위 방법), Case 5 (8개 지점합성), Case 6 (8개 지점 티센비로 합성)의 Huff의 4분위 방법을 도시한 결과로, Case 6에 누가확률 10%에서 조금 다른 강우시간분포를 보였으나, 대부분은 비슷한 양상의 강우시간분포를 보이는 것으로 나타났다.

무차원 누가곡선으로 강우시간분포의 차이를 구분하기에는 다소 어려움이 있다. 따라서, 유출분석을 통해 시간분포 적용에 따른 차이를 산정하였다. 확률강우량은 지속기간 180분, 재현기간 100년 빈도의 지역빈도해석결과(218.2 mm)로 Case별 강우시간분포를 6차 곡선식으로 일괄 적용하여 설계홍수량을 산정하였다. 다음 Table 3은 분위별 누가확률 10~90%의 첨두홍수량을 분석한 결과이다.

Case 1 (Huff의 4분위 방법), Case 2 (대표지점, 410), Case 3 (대표지점, 509)의 유출분석결과, 3분위 누가확률 50% 강우시간분포를 적용한 첨두홍수량은 750.6, 752.5, 749.5 m^3/sec로, 무차원 누가곡선에서는 큰 경향에 차이를 보이는 것으로 나타났으나, 유출분석결과는 유사한 결과를 보이는 것으로 나타났다. 반면 2분위 누가확률 50%에서는 Case 2의 첨두홍수량이 Case 1, 3에 비해 상대적으로 매우 작게 산정되는 것으로 나타났다. 따라서 대표지점을 통한 강우시간분포 적용 시에는 하나의 지점으로 적용하기 보다는 여러 지점의 적용을 통한 비교검토로 적정 대표지점을 선정하는 것이 바람직하다. 두 번째로 Case 1 (Huff의 4분위 방법), Case 4 (면적강우), Case 5 (8개 지점합성)의 유출분석결과, Case 4가 Case 1, 5에 비해 모든 분위별 누가확률 10~90%에서의 첨두홍수량이 모두 크게 산정되었다. 이는 무차원 누가곡선 비교결과와 동일하게 기준강우량의 차이로 첨두홍수량 또한 달라지는 것을 확인할 수 있었다. 또한, Case 1의 첨두홍수량은 Case 4, 5의 사이 값으로 많은 지점의 호우사상으로 면적강우의 특성이 평활화 되는 것을 확인할 수 있었다. 마지막으로 Case 3 (대표지점, 509), Case 5 (8개 지점합성), Case 6 (8개 지점 티센비로 합성)의 유출분석결과, 2분위 누가확률 50%에서는 Case 3이, 4분위 누가확률 50%에서는 Case 5이 첨두홍수량이 과대 산정되는 것으로 나타났다. 또한, 3분위 누가확률 50%에서는 Case 1, 3, 6의 첨두홍수량은 유사하게 산정되는 것으로 나타났다.

유출분석을 종합한 결과, Case 4에서 면적강우를 이용한 강우시간분포는 가장 큰 첨두홍수량을 산정할 수 있으나, 면적강우의 호우사상은 지점강우의 호우사상에 비해 상대적으로 자료가 부족하다. 따라서 적은 표본으로 유역을 대표하는 강우시간분포를 산정하는 것은 다소 무리가 있다. Case 2, 3과 같이 대표지점으로 강우시간분포를 적용한 유출분석결과는 대표지점 선정에 대한 문제가 발생하게 되는 반면, Case 1 (Huff의 4분위 방법), Case 5 (8개 지점합성), Case 6 (8개 지점 티센비로 합성)은 다른 방법에 비해 유역의 지역적 특성을 포함하고 적정한 유출분석 결과를 보이는 것으로 나타났다. 따라서, 집중호우와 유역에 적합한 Huff의 4분위 방법산정은 지점강우의 합성을 통합 방법이 가장 합리적인 방법이라고 판단되며, 유역 면적확률강우량 산정개념과 동일한 방법으로 산정한 Case 6 (8개 지점 티센비로 합성)이 가장 유역의 특성을 반영한 방안이라고 할 수 있다. 또한, 장기간의 자료가 축적된다면 동일시간 확률강우량 개념과 마찬가지로 면적강우를 이용한 Huff의 4분위 방법의 적용이 적합하다고 판단된다.

5. 결 론

본 연구에서는 집중호우의 시·공간적 특성 및 유역에 적합한 확률강우량과 Huff의 4분위 방법에 대한 분석을 수행하였으며 다음과 같은 결론을 도출하였다.

Table 3. Result of flood peak by case

Division	Quantile 1			Quantile 2			Quantile 3			Quantile 4		
	10%	50%	90%	10%	50%	90%	10%	50%	90%	10%	50%	90%
Case 1	729.4	659.8	548.1	748.2	733.7	642.2	716.7	750.6	767.8	705.3	802.2	857.5
Case 2	742.2	649.5	535.5	767.8	701.1	658.7	718.2	752.5	768.5	713.8	789.2	854.2
Case 3	698.9	654.7	527.7	747.7	740.4	641.3	699.1	749.5	759.4	679.1	788.2	833.9
Case 4	752.5	708.3	566.8	766.9	760.9	716.8	727.4	771.9	782.6	710.7	829.9	851.1
Case 5	727.8	652.9	537.4	736.1	729.3	639.0	713.8	745.2	766.0	703.9	798.9	853.8
Case 6	730.9	654.6	522.0	732.4	730.0	648.5	714.1	749.4	759.4	710.8	787.9	842.1

1) 방재기상관측지점의 분 단위 강우자료로 도림천 유역의 면적확률강우량을 지점빈도해석과 지역빈도해석으로 분석한 결과, 낮은 재현기간에서는 지점빈도해석 결과가 지역빈도해석 결과보다 큰 확률강우량이 산정되는 것으로 나타났으며, 50년 이상의 높은 재현기간에서는 지역빈도해석 결과가 지점빈도해석 결과보다 큰 확률강우량으로 산정되는 것으로 나타났다.
2) 다양한 방법으로 Huff의 4분위 방법 산정 및 첨두홍수량을 산정한 결과, 12.7 mm를 기준강우량으로 적용하는 면적강우를 이용한 강우시간분포와 25.4 mm를 기준강우량으로 적용하는 지점강우를 이용한 강우시간분포는 상이한 유출분석결과를 보이는 것으로 나타났으며, 대표지점으로 Huff의 4분위 방법을 적용하는 것은 대표지점 선정에 대한 문제점을 확인할 수 있었다. 따라서 집중호우를 고려한 적합한 유역의 Huff의 4분위 방법 산정은 지점간의 호우사상을 합성하는 방법으로, 유역 면적확률강우량 산정과 동일한 티센비를 적용하는 방법이 가장 합리적인 방안으로 판단된다.
3) 본 연구는 집중호우와 유역특성을 반영한 설계수문량 산정에 큰 기여를 할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 물관리사업(18AWMP-B083066-05)의 연구비지원으로 수행되었습니다.

References

Ahn, J, H., Kim, T, W., Yoo, C, S., Yoon, Y, N. (2000). “Analysis of the changes in rainfall quantile according to the increase of data period”, *Journal of Korea Water Resources Association*, KWRA, Vol. 33, No. 5, pp. 569-580.

Choi, S. Y., Joo, K. W., Shin, K. W., and Heo, J. H. (2014). “Improvement of Huff’s method considering severe rainstorm events.” *Journal of Korea Water Resources Association*, KWRA, Vol. 47, No. 11, pp. 985-996.

Heo, J. H., Lee, Y. S., Shin, H. J., and Kim, K. D. (2007). “Application of regional rainfall frequency analysis in South Korea (I): rainfall quantile estimation.” *Journal of Korea Society of Civil Engineers*, KSCE, Vol. 27, No. 2B, pp. 101-111.

Huff, F. A. (1967). “Time distribution of rainfall in heavy storms.” *Water Resources Research*, Vol. 3, No. 4, pp. 1007-1019.

Jang, S. H., Yoon, J. M., and Yoon, Y. L. (2006). “A study on the improvement of Huff’s method for applying in Korea: II. Improvement of Huff’s method.” *Journal of Korea Water Resources Association*, KWRA, Vol. 39, No. 9, pp. 779-786.

Jung, B. H., Son, H. M., and Oh, G. D. (2005). “Hydrologic analysis of composite planning of river.” *Journal of Korea Water Resources Association*, KWRA, Vol. 38, No. 4, pp. 25-36.

Kim, M. S., and Moon, Y. I. (2015). “A study on quality control method for minutely rainfall data.” *Journal of Korea Society of Civil Engineers*, KSCE, Vol. 35, No. 2, pp. 319-326.

Kim, M. S., Son, H. M., and Moon, Y. I. (2016). “A study on estimation of target precipitation in Seoul using AWS minutely rainfall data.” *Journal of Korea Water Resources Association*, KWRA, Vol. 49, No. 1, pp. 11-18.

KMA (Korea Meteorological Administration) (2009). *Meterological Technology & Policy*.

Kwon, H. H., So, B. J., Kim, M. J., and Park, S. H. (2011). “Development of geometric moments based ellipsoid model for extracting spatio-temporal characteristics of rainfall field.” *Journal of Korea Society of Civil Engineers*, KSCE, Vol. 31, No. 6B, pp. 531-539.

MOLIT (Ministry of Land, Infrastructure and Transport) (2011). *Improvement and supplement of probability rainfall*.

MOLIT (Ministry of Land, Infrastructure and Transport) (2012). *Estimation method of design flood*.

MOLIT (Ministry of Land, Infrastructure and Transport) (2013). *River master plan of Anyangcheon basin*

Moon, J. W., Choi, S. J., Kang, S. K., and Lee, J. J. (2012). “An evaluation of water supply reliability using AWS data in Korea.” *Journal of Korea Water Resources Association*, KWRA, Vol. 45, No. 8, pp. 743-753.

Oh, T, S., Kim, M, S., Moon, Y, L., Ahn, J, H. (2009). “An analysis of the characteristics in design rainfall according to the data periods”, *Journal of Korean Society of Hazard Mitigation*, KOSHAM, Vol. 9, No. 4, pp. 115-127.

Shin, I. C., Kim, T. R., Lee, E. J., Kim, E. H., Kim, E. S., Park, Y. O., Bae, S. H., and Yi, H. I. (2007). “Climatic characteristics of august and summer of 2007 and long term trend of august and summer climate.” *Atmosphere*, KMS, Vol. 17, No. 4, pp. 471-481.

Son, A. L., Bae, S. H., Han, K. Y., and Cho, W. H. (2013). “Prospect of design rainfall in urban area considering climate change.” *Journal of Korea Water Resources Association*, KWRA, Vol. 46, No. 6, pp. 683-696.

Yoon, S. K., Kim, J. S., and Moon, Y. I. (2012). “A study on optimal time distribution of extreme rainfall using minutely rainfall data: a case study of Seoul.” *Journal of Korea Water Resources Association*, KWRA, Vol. 45, No. 3, pp. 275-290.