

강우 측정 지점에 따른 도시 유역 유출량 변화 분석

현정훈·정건희*

호서대학교 토목공학과

Urban Runoff According to Rainfall Observation Locations

Jung Hoon, Hyun·Gunhui, Chung[†]

Department of Civil Engineering, Hoseo university, Korea

(Received : 04 October 2019, Revised: 25 October 2019, Accepted: 25 October 2019)

요약

최근 전 지구적인 기후변화는 예측이 어려운 이상 기후를 발생시키며 기존의 기후에 맞추어 수립된 재해 대응 방안으로는 충분한 방어 및 완화조치가 이루어지지 않고 있다. 특히, 반복되는 집중호우는 견고하게 구성되었던 도심지 홍수방어 체계에서도 피해를 발생시키고 있다. 따라서 본 연구에서는 강우의 공간적인 분포와 도시 특성을 고려하여 유출량의 변화를 분석하였으며, 이는 특정 지역에 집중되는 강우 양상과 불투수층이 많은 도시의 유출특성에 대한 연구이다. 서울 지역에서 한 곳에 집중되는 강우의 경우, 유역의 유입량 및 유출량 계산이 정확하게 이뤄지기 위해서는 유역에 내린 강우를 정확하게 측정해야 한다. 본 연구는 서울 기상청에서 제공 하고 있는 중관기상관측장비(Automated Surface Observing System, ASOS)와 방재기상관측장비(Automatic Weather Stations, AWS)로 관측된 강우자료를 이용하여 서울 용답 빗물펌프장 유역과 가산1빗물펌프장 유역에서의 유출량을 EPA-SWMM 모형을 사용하여 산정하고, 비교·분석을 하였다. 빗물펌프장 유역은 불투수 면적이 대부분인 작은 도시 유역이므로, ASOS 자료를 사용할 경우에는 유역과 강우 관측 지점의 거리가 멀어, 유역 내 내린 강우와 상이한 강우 자료를 이용하여 유출량을 계산하게 되는 경우가 많다. 본 연구에서는 유역 근처에 위치한 AWS에서 관측한 강우자료와 유역에서 멀리 떨어진 ASOS에서 관측한 강우자료의 차이를 분석하고, 이에 따라 달라지는 유출량을 계산하였다. 이를 통해 정확한 강우량을 사용하여 빗물펌프장을 운영하거나 도시 홍수 홍수 예보 등을 수행해야 한다는 것을 알 수 있었다. 또한, 본 연구의 결과는 설계강우량 산정 및 유출량 계산에 도움이 될 수 있을 것으로 판단된다.

핵심어 : ASOS, AWS, EPA-SWMM, 강우 공간적 분포, 도심지 홍수

Abstract

Recently, global climate change causes abnormal weather and disaster countermeasures do not provide sufficient defense and mitigation because they were established according to the historical climate condition. Repeated torrential rains, in particular, are causing damage even in the robust urban flood defense system. Therefore, in this study, the change of runoff considering the spatial distribution of rainfall and urban characteristics was analyzed. For rainfall concentrated in small catchment, rainfall in the watershed must be accurately measured. This study is based on the rainfall data observed with Automated Surface Observing System (ASOS) and Automatic Weather Stations (AWS) provided by the Seoul Meteorological Administration. Effluent from the pumping station was estimated using the EPA-SWMM model and compared and analyzed. Catchments with rainwater pumping station are small with large portion of impermeable areas. Thus, when the ASOS data where is located from from the chatchment, runoff is often calculated using rainfall data that is different from rainfall in the catchment. In this study, the difference between rainfall data observed in the AWS near the catchment and ASOS away from the catchment was calculated. It was found that accurate rainfall should be used to operate rainwater pumping stations or forecast urban flooding floods. In addition, the results of this study may be helpful for estimating design rainfall and runoff calculation.

Key words : ASOS, AWS, EPA-SWMM, Spatial distribution of rainfall, Urban flood

1. 서 론

최근 전 세계적인 기후변화는 계절라성 호우, 국지성 호우,

집중 호우 등의 이상기후 현상을 일으키며 국지적인 강우량 집중 현상을 일으키고 있다. 또한 도심지의 경우 산업화와 도시화로 인해서 투수지역이 불투수지역이 증가하여 홍수피해에 더욱 심각하다. 이와 같은 강우량 증가와 도심지 유출수 집중 현상은 홍수 발생의 가능성을 높이고 있다. 따라서 도시 침수에 대응하기 위한 방안으로서 빗물저류조와 우수관로 등의 시설을 증설 및 우수관로의 역 구배 개선 등의 구조적 대책과 내

[†] To whom correspondence should be addressed.
Department of Civil Engineering, Hoseo university, Korea
E-mail: gunhuic@gmail.com

배수시설의 운영 방안을 개선하는 비구조적인 대책 등이 제안되고 있다. 이러한 대책은 도시유역의 유출해석이 반드시 선행되어야 한다.

1971년 미국 환경보존국(Environmental Protection Agency; EPA)에서 개발된 모형으로 최근 까지도 개선 및 보완되고 있는 (Storm Water Management Model; SWMM) 모형은 대표적인 도시유역의 강우-유출 모형이며 전 세계적으로 많이 사용되고 있다. 최근에는 우리나라에서도 도시유역에서의 홍수 유출 모의를 위해 SWMM을 권장하고 있으며 내배수시설의 신설과 증설을 위한 설계 및 검토가 필수적으로 사용되고 있다. Lee et al. (2010)의 연구에서는 SWMM의 많은 물리적인 매개 변수와 수문학적 매개변수가 존재하기 때문에 모형 적용 시에 매개변수 추정을 중요한 문제로 다루었다. 도시 유역의 시·공간적 특성이 다른 여러 유역에서의 SWMM을 이용한 강우-유출 해석은 다음과 같이 진행되어왔다. Ahn and Jeong (2018)은 시공간적으로 편중된 강우에 의한 홍수 사상 수치모의를 위해, 청계천 홍수사상을 대상으로 고밀도 기상관측망으로 측정된 강우자료를 적용한 수치모의를 실시하여 사고 발생 원인을 규명하고 안전한 도시하천관리에 대한 연구를 수행하였다. 또한 Kim et al.(2005)는 1961년부터 2003년까지의 서울과 근교 4개 도시의 강우자료를 사용하여 서울지역 강우의 시·공간적 특성 분석을 수행하여 도시화가 강우에 미치는 영향을 조사한 바 있다.

본 연구에서는 유역 근처에 위치한 AWS에서 관측한 강우자료와 유역에서 멀리 떨어진 ASOS에서 관측한 강우자료의 차이를 분석하여 이에 따라 달라지는 유출량을 분석하였으며 이를 통해서 정확한 강우량을 사용하여 빗물펌프장을 운영하거나 도시 홍수 예보 등을 수행한다면 이상기후현상에 의한 피해를 저감할 것이라고 판단하여 연구를 진행하였다.

SWMM 매개변수의 검증에 따라 유출수분곡선이 바뀌는데, 본 연구에서는 이전 연구 사례를 통해 최적화에 의해 추정된 매개변수의 값을 모형에 적용하여 AWS 및 ASOS의 강우자료를 유출 분석을 하여 실제 관측된 자료를 통해 실측유입량과 비교 분석을 실시하였다. 기존 IETD(Inter Event Time Definition) 결정 방법 Lee and Jeong (2017)을 적용하여 강우사상을 분리하였으며, 서울지역의 용담 빗물 펌프장과 가산1 빗물 펌프장 유역의 강우자료의 영향을 분석을 위해서 서울 ASOS(Automated Surface Observing System) 강우자료와 성동, 금천 AWS(Automatic Weather Stations) 강우자료를 구축하였으며 이를 기반으로 EPA-SWMM 모형을 통해 유출 분석을 실시하여 실측값과 비교 분석 하였다.

2. 분석 방법

2.1 EPA-SWMM

SWMM은 미국 EPA(Environmental Protection Agency)에서 개발한 유출해석 모형으로 강우의 배수시스템에서의 유출량의 모의를 위해 개발되었다. 이 모형은 4개의 실행블록과 6개

의 보조블록으로 이루어져 있으며 도시 유출 모의에 사용되는 블록은 RUNOFF, EXTRAN, TRANSPORT 블록이다. 126개의 부 프로그램이 포함되어 있는 SWMM 모형은 도시유역이나 인위적인 배수계통을 가지고 있는 유역에 대해서 유출모의가 가능하고 연속 및 단일 강우에 의한 유출모의도 가능하다.

강우간격은 임의로 설정할 수 있게 되어있고, 공간적인 특성에서 작은 배수유역에서 큰 배수유역까지 적용이 가능하며, 총 2000개의 수로 및 3000개의 소유역에 대해 관로 및 수로 등을 사용할 수 있다. 물리적인 특성에서는 유출이 강우와 융설로 발생하는 것에 따라 지표면 유출에서는 비선형 저류 방정식을 사용한다. 침투량에서는 Horton식과 Green-Ampt 공식을 사용한다. 유출해석 방법은 steady flow, kinematic wave, dynamic wave 등을 사용한다.

2.2 무강우시간 (IETD)

오랜 시간 지속되는 강우자료를 검토하면 강우가 없는 무강우 기록들이 존재한다. 따라서 강우기록으로부터 개별적으로 강우사상을 분리하기 위해 각 강우의 시작에서 끝을 구별할 수 있는 기준이 필요하게 된다. IETD란 오랜 시간의 강우 자료에서 각각의 강우사상을 분리할 수 있게 되는 최소한의 무강우 시간이라 할 수 있다. 연속된 강우량 자료로부터 강우사상을 구분하는 이유는 강우의 특성을 파악하여 강우가 유역에 미칠 영향을 예측하여 설계에 이용하려 함이다.

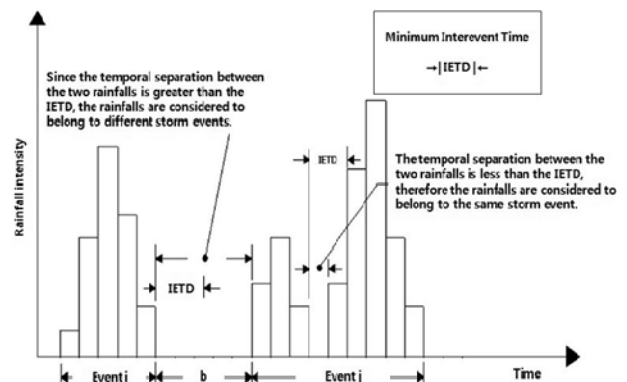


Fig 1. Definition of IETD (Adams and Papa, 2000)

Fig. 1에 나타난 바와 같이 강우기록 중에 무강우 시간이 IETD 보다 짧게 되면 무강우 시간 전과 후에서 두 개의 강우 기록들은 하나의 강우사상으로 정의할 수 있으며 무강우 시간이 IETD 보다 길게 되면 무강우 시간 전과 후가 각각 다른 강우사상으로 정의될 수 있다. 국내의 IETD 결정이 일관성 있는 값을 정하지 못했지만, Lee and Chung (2017)은 수원, 서울, 부산 지점을 통해 각 지점별 관측소의 40년 시 강우자료를 통해 IETD 결정하였으며, 서울지역은 10~13시간이 적당하다는 결론을 도출하였다. 따라서, 본 연구에서는 10시간의 무강우 시간을 적용하여 서울 ASOS 강우자료와 금천, 성동 AWS의 시강우자료를 분리하였다.

3. 대상유역 및 입력자료 구축

3.1 대상유역

본 연구에서는 기상청 서울관측소 ASOS 및 AWS 강우자료를 이용하여 시공간적인 특성이 다른 두 개의 유역을 비교하기 위해서, ASOS 서울관측소와 거리가 가까우며 대상유역과 가까운 AWS 관측소가 있는 가산1빗물펌프장 유역과 ASOS 서울 관측소와 거리가 멀고 대상유역과 가까이 AWS 관측소가 존재하는 용담 빗물 펌프장으로 선정하였다.

가산 1빗물펌프장은 서울 금천구에 위치하고 있으며 0.48 km²의 유역 면적을 가지고 있고 공업지역이 73%, 기타 상업지역 등이 27%인 대표적인 공업 지역이다. 9,000m³의 우수지 용량을 갖고 있으며 토출량은 340m³/min이다. 다른 유역인 용담 빗물펌프장은 서울 성동구 용답동에 있으며 주거지역이 80%를 차지하고 있고 공공용지 6%, 기타지역 15%인 도시화가 많이 이뤄진 전형적인 도시 유역이며 12,100m³의 우수지 용량을 갖고 있으며 토출량은 352m³/min이다. 두 유역의 현황을 Table 1과 같으며 Fig. 2 는 본 연구에 사용된 대상 유역인 용담 빗물펌프장과 가산1빗물펌프장 및 서울 ASOS와 성동 AWS의 관측지점을 표시하였다.

3.2 실측 유입량 추정

서울시에서 제공하는 강우자료인 ASOS와 AWS의 강우자료를 통한 유입량을 비교 분석하기 위해서는 특정기간의 실측 유입량이 필요하다. 본 연구에 사용되는 두 빗물펌프장 유역 같은 경우에는 실측 유입량을 측정하는 기계와 시설이 없다. 따라서 두 유역에서 자연 방류가 어려우며 수문을 닫고 펌프를 가동시켜 물을 토출하게 되는데 이때의 펌프 자료의 실측값은 존재한다. 또한 펌프가 가동될 때의 펌프의 운영을 위해서 우수지의 내·외수위 또한 관측하고 있다. 이러한 펌프장에서의 실측값을 통해 펌프역산정식을 사용하여 유입량을 모의할 수 있게 된다. 이를 위해 사용된 추정식은 식(1)과 같다

$$Q = \frac{S_t - S_{t-1}}{\Delta t} + Q_{pump} \quad (1)$$

여기서 Q는 현재까지의 유입량(m³/10min)을 나타내며 S_t는 현재 시간까지의 우수지의 저류량(m³)을 나타내며 S_{t-1}는 이전시간(10분전)의 우수지 저류량(m³)을 나타낸다. Q_{pump}는 10분 동안의 펌프의 토출량을 나타낸다. 식 (1)의 식에서 우수지 저류량을 구하기 위해서는 용담 빗물펌프장 우수지 수위-용적 계산이 필요하다. Seoul (2009) 가산1빗물펌프장과 Seoul

Table 1. Characteristic of the Yongdap, Gasan 1 Pump Station

Station	Subcatchment (EA)	Node (EA)	Link (EA)	Area (km ²)	Total length (m)
Gasan 1 pumping station	32	35	35	48	5,219
Yongdap pump station	110	110	100	34.66	3545.66

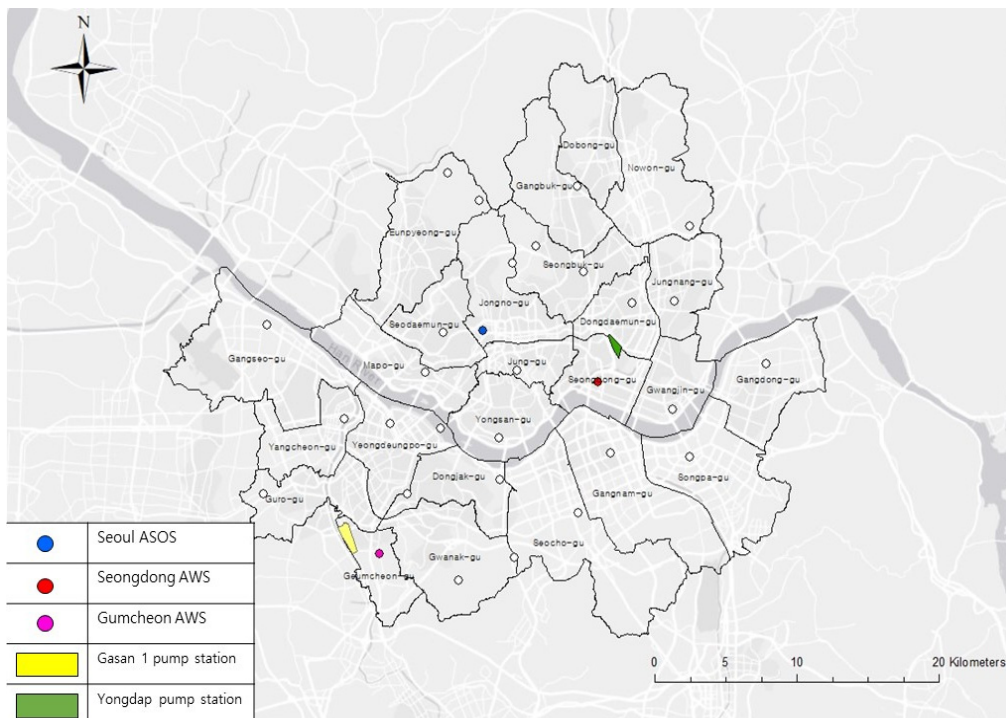
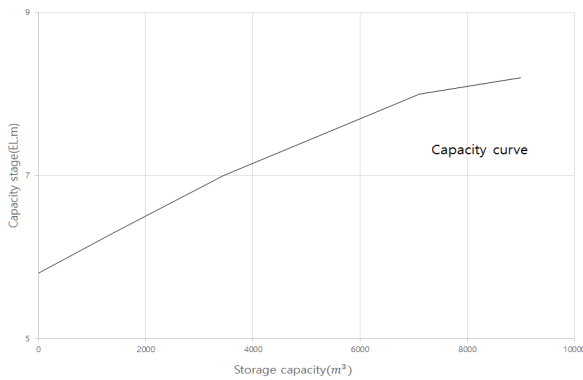
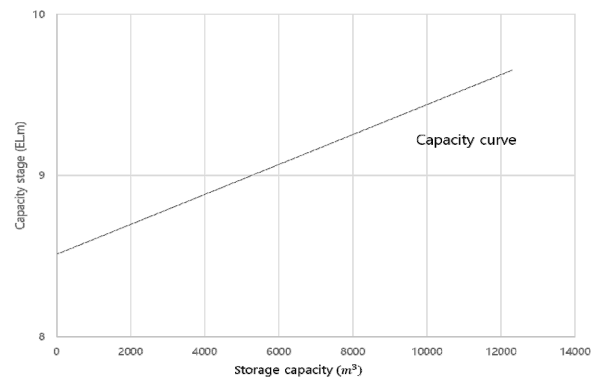


Fig. 2. Seongdong AWS, Seoul ASOS, Yongdap, Gasan 1 pump station location



(a) Gasan 1 pumping station



(b) Yongdap Pumping Station

Fig. 3. level-capacity curves

(2010) 용답 빗물펌프장의 우수지의 저수위에서 홍수위까지의 수위-저수용량 관계 Fig. 3와 같다.

Fig. 3.의 수위-저수용량 곡선을 통해서 저류량을 산정할 수 있었으며 식(1)의 추정식을 통해서 가산1빗물 펌프장과 용답 빗물펌프장의 기간에 따른 실측유입량을 추정하였다.

3.3 대상유역 매개변수 선정

본 연구에서는 용답 빗물펌프장의 매개변수 추정은 선행연구 (Lim et, al. 2014)를 참고하여 총 8개의 매개변수를 선정 하였으며 가산1빗물 펌프장은 (Jeong et, al. 2015)를 참고하여 총 6개의 매개변수를 선정하였다.

Table 2. Parameters Estimated by Optimization (Yongdap Pumping Station)

Parameters	Estimated Value
Percent of Impervious Area (%)	94
Manning's N for Pervious Area	0.36
Manning's N for Impervious Area	0.011
Depth of Depression Storage on Pervious Area (mm)	4.882
Depth of Depression Storage on Impervious Area (mm)	1.334
Percent of Impervious Area with No Depression Storage (%)	28.91
Characteristic Width of Overland Flow Path (m)	1
Average Surface Slope (%)	0.99

Table 3. Parameters Estimated by Optimization (Gasan 1 Pumping Station)

Parameters	Estimated Value
Percent of Impervious Area (%)	80
Basin width (m)	120.9
Roughness of pervious area	0.040
Roughness of impervious area	0.040
CN	0.75
Pipe roughness	0.017

ASOS와 AWS 관측자료의 차이로 인한 두 유역의 유출특성 변화를 알기위해 최적화에 의해 추정된 매개변수의 값은 용답 빗물펌프장은 Table 2와 같으며 가산1빗물펌프장은 Table 3와 같다.

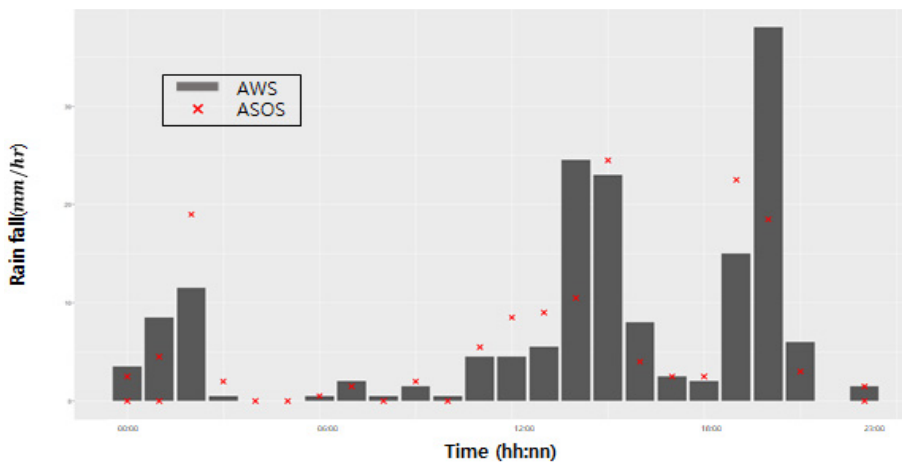
4. 분석 및 결과

4.1 강우사상 선택

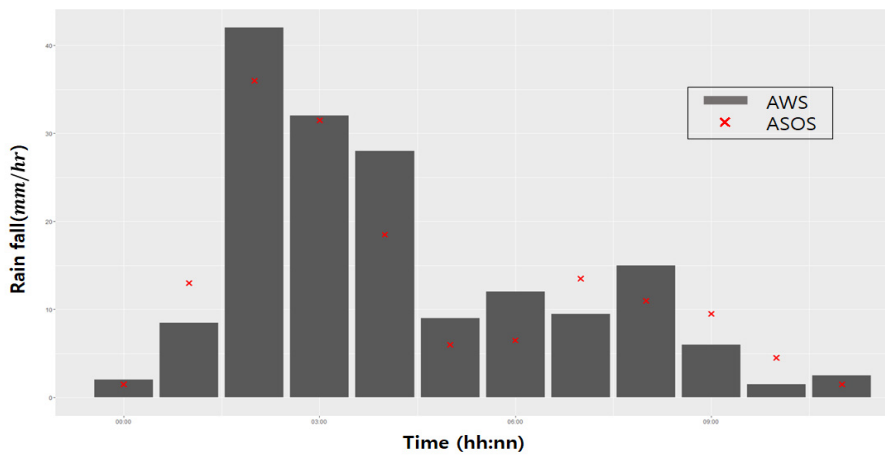
본 연구에서 IETD를 통해 ASOS 및 AWS의 강우자료를 분석하였다. ASOS는 관리자가 상주하여 공식적인 기록을 측정하며, 풍향 등 14개 요소를 모두 관측하는 관측 장비이다. AWS는 무인으로 운영되며 강수량, 풍향, 풍속, 강수 유·무 등 기본적인 요소만 측정하는 장비이다. 그렇기 때문에 강우사상은 ASOS의 기준에 맞추어 선택하였으며 동일기간에서의 AWS의 강우자료도 구축하여 두 가지의 강우자료를 비교 분석하였다. 가산1빗물펌프장에서 사용된 강우는 2009년 7월에 발생한 강우사상을 사용하였고 시간은 13일 23:00시부터 14일 22:00이다. 용답빗물펌프장에 적용된 강우는 2013년 7월 13일의 강우사상이며 사용된 시간은 0:00시부터 11:00까지이다. 가산1빗물펌프장의 기간에 따른 ASOS 총강우량은 144.5 mm이며, 시간 최대 강우는 24.5mm/hr로 나타났다. 기간 내의 금천 AWS 총강우량은 164mm이며, 시간 최대 강우는 38mm/hr로 나타났다. 용답빗물펌프장의 경우 ASOS 총 강우량 153mm이고, 시간 최대 강우는 35.9mm/hr이며, 성동 AWS는 총 강우량은 168mm이며, 시간 최대 강우는 41.9 mm/hr로 나타났다. Fig. 4에 각각의 해당 기간의 ASOS 및 AWS의 시간별 강우량을 나타낸 것이며, 시간적인 계측간격이 비교적 짧은 AWS의 강우자료가 두 지역 모두 침투강우량이 ASOS 강우자료의 침투강우량 값에 비해 큰 것을 확인할 수 있었다.

4.2 도시유역 유출분석

본 연구에서는 유역의 공간적인 특성과 시간적인 특성을 비교하기 위해 같은 강우사상에 대한 ASOS와 AWS의 강우자료를 적용한 유출 분석을 SWMM 모형을 사용하여 수행하고 실



(a) rainfall data from ASOS and Gumcheon AWS



(b) rainfall data from ASOS and Seongdong AWS

Fig. 4. Comparison of AWS and ASOS rainfall data

측유입량과 비교 분석을 실시하였다. 본 연구에서 사용된 가산 1빗물펌프장과 용담빗물펌프장은 물리적인 특성이 없기 때문에 비선형 저류 방정식을 사용하게 되었으며 유역 안에서의 역경사인 관가 없는 것으로 판단하여 많은 곳에 사용되는 운동파(Kinematic wave) 모형을 적용하였다.

Fig. 5를 보게 되면 두 유역 모두 초기에 저류지로 유입량이 존재하지 않는 것을 확인할 수 있었으며, 두 유역을 실측유입량과 비교한 결과 ASOS 유입량 모의값이 AWS의 유입량 모의값보다 실측값과의 오차가 큰 것을 볼 수 있었다.

본 연구에서 사용된 모형의 적합도 오차 분석은 평균제곱근 오차(RMSE: Root Mean Squared Error)와 효율계수(NSE: Nash-Sutcliffe)와 상대편향(RBIAS: Relative bias)를 선택하여 예측치와 실측치에 대해 검토하였다. 계산식은 Table 4와 같다.

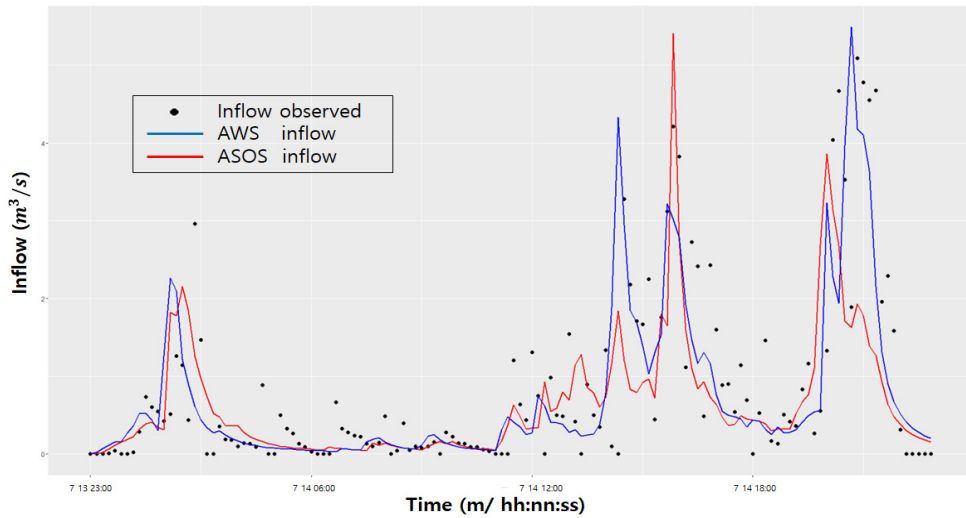
Table 4에서 N은 자료의 수, Y_i^{ob} 는 i 일에 관측값, Y_i^{sm} 는 i 일에 모의값을 나타내고 $\overline{Y_i^{ob}}$ 는 관측된 실측값의 평균값이다. 여기서 RMSE는 예측한 값과 실측값이 어느 정도 오차를 가지고 있는지를 나타내는 값이고 NSE는 관측값과 실측값의 차이가 관측값의 평균에 대한 편차와 얼마나 차이가 나는지를 보여주는 무차원 계수로써 모의 자료의 정확성 및 적합성을

Table 4. Goodness of Fit Criteria

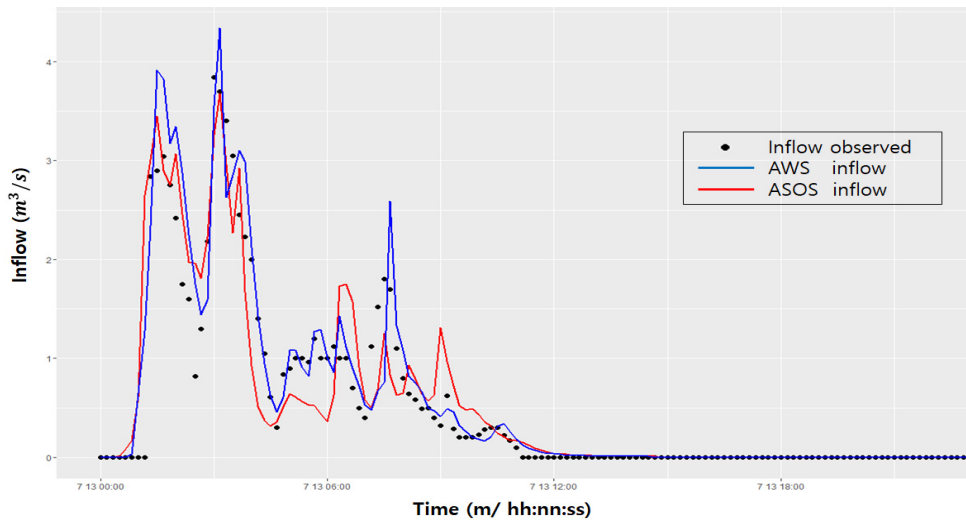
Criteria	formula
Root Mean Square Error (RMSE)	$\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Y_i^{ob} - Y_i^{sm})^2}$
Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE)	$1 - \frac{\sum_{i=1}^N (Y_i^{ob} - Y_i^{sm})^2}{\sum_{i=1}^N (Y_i^{ob} - \overline{Y_i^{ob}})^2}$
Relative bias (RBIAS)	$\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{Y_i^{ob} - Y_i^{sm}}{Y_i^{sm}} \right)$

나타내는 것이다. RMSE와 RBIAS는 값이 작을수록 오차가 작음을 의미하며, NSE는 1에 가까워질수록 오차가 작음을 나타낸다.

두 평가지표 결과는 Table 5에 표시하였으며, 2009년 07월 14일의 ASOS 자료와 금천 AWS의 비교 결과 ASOS 보다 AWS의 RMSE와 RBIAS는 0에 가까웠다. NSE의 경우 AWS가 1에 더 가까운 결과가 나왔으며, 2013년 07월 13일의 ASOS 자료와 성동 AWS도 마찬가지로 ASOS 자료 보다 AWS의 RMSE와 RBIAS가 0에 가까운 결과가 나왔으며 NSE의



(a) Gasan 1 pumping station



(b) Yongdap Pumping Station

Fig. 5. ASOS,AWS inflow volume, Actual inflow a comparison

Table 5. Analysis of results according to evaluation index

Classification	Storm Event	RMSE	NSE	RBIAS
ASOS	2009. 07. 14	0.931	0.436	0.514
Gumcheon AWS		0.841	0.505	0.088
ASOS	2013. 07. 13	0.344	0.852	0.16
Seongdong AWS		0.302	0.886	0.127

경우 AWS가 1에 더 가까운 결과가 나왔다. 그러므로 두 개의 유역에서 모두 ASOS 관측치를 이용하여 유출을 계산한 것보다 AWS 강우자료를 이용하여 유출을 계산한 결과가 실측치와 가까운 값으로 계산되었다.

5. 결 론

최근 도시 유역의 집중 호우에 따른 침수 피해가 많이 발생하고 있으며 이로 인해서 많은 인명피해와 재산피해가 발생하고 있다. 따라서 강우의 공간적인 분포가 한 곳에 집중되는 호

우와 도시의 특성을 고려한 유출량 추정에 대한 다양한 연구가 많이 진행되고 있다. 홍수 피해에 민감한 도시지역의 유출량 추정의 정확도를 향상시키기 위해서는 상기한 문제에 대한 검토가 필요하다. 하지만 내수 침수 관련 연구에서는 대부분 ASOS의 강우 자료를 주로 사용하고 있으며 이는 서울과 같은 도시지역의 공간적인 특성을 고려하지 않는 방법으로 불확실성이 존재할 수 있다. 본 연구에서는 서울 지역에서의 가산1빗물펌프장과 용담빗물펌프장의 유역대상으로 같은 강우사상에 대하여 서울시에서 제공하는 ASOS와 AWS의 강우자료를 활용하여 유출 분석을 하고 실측유입량과 비교 분석을 실시하였다. 선정된 두 유역은 서울의 대표적인 공업지역으로 도시화가 많이 이뤄진 전형적인 도시 유역이다. 연구에 사용된 강우 자료는 서울시에서 제공하는 ASOS 자료와 각 유역에 가까운 금천 AWS, 성동 AWS의 강우자료를 사용하여 무강우 시간 분석을 통해 구축하였다. 두 지역의 ASOS와 AWS의 시간강우 자료를 비교하면 계측시간이 비교적 짧은 AWS의 강우자료가 ASOS 자료보다 침투 강우강도가 더 높은 것을 확인할 수 있

었다. 본 연구에서는 기존에 많이 사용하는 유입량을 목적함수로 선정하여 실측 유입량을 추정하였으며, 두 유역의 ASOS, AWS 강우자료의 유입량과 실측 유입량을 비교할 수 있었다. 두 유역 모두 ASOS 유입량 모의값이 AWS 유입량 모의값 보다 실측 유입량과의 오차가 큰 것을 볼 수 있었다. 또한 ASOS, AWS의 강우자료의 타당성을 비교하기 위해 평가지표를 작성하였으며 본 연구에 사용된 통계분석은 RMSE, NSE, RBIAS 를 선택하였다. 두 평가지표 결과는 2009년 07월 14일의 ASOS 자료와 금천 AWS의 비교 결과 ASOS 보다 AWS의 RMSE와 RBIAS는 0에 가까운 결과가 나타났으며 NSE의 경우 AWS 가 1에 더 가까운 결과가 나와, AWS의 강우자료를 이용한 경우가 실측치와 오차가 더 작았다. 2013년 07월 13일의 ASOS 자료와 성동 AWS 도 마찬가지로 ASOS 자료 보다 AWS의 RMSE와 RBIAS는 0에 가까운 결과가 나왔으며, NSE 의 경우 AWS 가 1에 더 가까운 결과가 나와 AWS 자료가 더욱 실측유량에 가까웠다. 따라서 대상유역의 분석 결과 유역의 강우의 시·공간적인 분포가 균일하지 않아 유역의 강우를 정확히 측정하지 않으면, 유출해석에 오차가 발생할 수 있다는 것을 알 수 있었으며, 이러한 문제를 고려하여 연구를 진행한다면 도시유역의 침수 피해 감소와 설계강우량을 산정하는 것에 도움이 될 것이라 판단된다.

사 사

본 연구는 행정안전부 재난예측 및 저감연구개발사업의 지원을 받아 수행된 연구임 (MOIS-재난-2015-05)

References

Adams, B. J and Papa, F (2000). *Urban stormwater management planning with analytical probabilistic model*, Jhon Wiley Sons : New York, USA
 Ahn, JH, Jeong, CS, (2018). Numerical simulation of the flood event induced temporally and spatially concentrated rainfall

- on August 17, 2017, the flood event of Cheonggyecheon, *J. of Korean Society of Disaster & Security*, 11(2), pp. 45-52 [Korean Literature]. DOI: <https://doi.org/10.21729/ksds.2018.11.2.45>
 Kim, YH, Koo, HJ, Nam, JC, (2005). Evaluation of urban effect based on the spatial and temporal characteristics of rainfall in the Seoul region -the change of characteristics of Rainfall in the Seoul region, *J. of Seoul Urban Research*, 6(2), pp. 165-183 [Korean Literature].
 Lee, JW, Chung GH, (2017). A study on temporal and spatial characteristics of rainfall in Han river basin, *J. of the Korean Society Of Civil Engineers*, 25(4), PP. 382-385 [Korean Literature]. DOI: <https://doi.org/10.9798/KOSHAM.2017.17.4.287>
 Lee, JM., Jin, KN., Kim, YJ., Yoon, JR. (2010). A study on the establishment of reasonable guidelines for prior review system on the influence of disasters, *J. of LHI Journal*, 1(1), PP. 75-82 [Korean Literature]. DOI: <https://doi.org/10.5804/LHIJ.2010.1.1.075>
 Seoul City. (2009). *Basic and Detailed Design for Improvement of Rainwater Pump Station Facilities Gasan 1 Pump Station*, D0000023951523, Seoul City
 Seoul City. (2010). *Basic and Detailed Design for Improvement of Rainwater Pump Station Facilities Yongdap Pump Station*, D0000023951511, Seoul City

〈저자소개〉

Jung Hoon, Hyun
 Hoseo university
 Graduate student / zuzuang1@naver.com
Gunhui, Chung
 Hoseo university
 Professor / gunhuic@gmail.com