

서울시 도시유출해석을 위한 관망구축 및 평가

Construction and Evaluation of Storm Sewer Network Model for Urban Runoff Analysis in Seoul

이소영*, 원창연**, 김백민***, 구자환****
So Young Lee, Chang Yeon Won, Back Min Kim, Ja Hwan Koo

요 지

기후 변화에 따른 국지성 집중호우, 게릴라성 호우는 도심지역 홍수피해의 주요 원인으로, 이러한 극한 강우사상에 대해 도시지역의 침수피해를 선제적으로 대응하기 위해서는 강우-유출모의 현상을 과학적인 방법으로 분석할 필요가 있다. 이러한 이유로 주요 침수발생지역에 국한하여 강우-유출 해석이 수행되어왔지만, 도시전체에 대한 분석은 시간적, 인력적 제약으로 분석이 어려운 실정이다.

본 연구에서는 대표적 도시지역인 서울시의 전체 239개 배수분구를 83개 배수구역으로 구분, 서울시 최신 UIS자료를 이용하여 각 배수구역별 도시유출모형 구축을 위한 소유역 및 관망 입력자료 DB를 GIS shape파일 형식으로 구축하였으며, 미국 EPA의 SWMM을 적용하여 도시유출모형을 구축하였다.

시간적, 인력적 제약을 극복하기 위하여 구축할 관망 기준을 수립 및 가공하여 적용하였으며, 매뉴얼을 작성하여 매개변수의 적용기준 및 DB구축절차를 표준화하여 입력자료의 일관성 및 객관성을 도모하였다.

구축한 모형의 신뢰성 확보를 위해 서울시 기왕 주요 호우사례에 대한 유출모의 결과와 유량추정 성과의 비교를 통해 모형 검증은 수행한 결과, 관측수위/모의수위의 상관계수는 대부분의 지역에서 0.9 이상으로 나타나 모형 구축결과는 적절한 것으로 판단되었다.

구축된 모형은 실시간으로 변화하는 기상상황을 합리적으로 반영하기 위한 고해상도 기상자료를 활용한 도시침수 예측정보 생산 기술 개발의 기반 자료로 활용될 예정이며, 서울시 전역의 우수관로 월류에 의한 침수 취약지역 파악 및 침수원인 분석, 상습 침수지역에 대한 하수관로 교체 및 저류지 설치 등 치수계획에 대한 기초자료로도 활용 될 수 있을 것이다.

핵심용어 : 기후변화, 서울시, 도시침수, SWMM, 관망구축

1. 서론

최근 기후변화로 인해 국지성 집중호우가 증가하고 있는 추세이다. 치수대책의 강화로 인해 인명 피해나 재산피해는 점차 줄어들고 있으나, 극한 강우사상으로 인한 피해는 오히려 증가하는 추세이다. 특히 불투수 지역이 큰 비중을 차지하는 도시지역은 유출속도가 커서 홍수피해는 더욱 증가하고 있다.

이러한 기후변화에 따른 집중호우에 대비하기 위해 고해상도 기상자료를 활용한 도시침수 예측정보 생산 기술의 개발이 필요하며, 합리적인 도시침수 예측정보 생산을 위해서는 대상구역의 배수시스템에 대한 유역 유출모델링이 필요하다. 이러한 이유로 주요 침수발생지역에 대한 강우-유출 모델링은 수행되었지만, 도시 전체에 대한 분석은 시간적, 인력적 제약으로 어려운 실정이었다.

본 연구에서는 대표적 도시지역인 서울시 전체에 대한 도시유출해석을 하기위해 시간적, 인력적 제약을 극복하고, 구축모형의 객관성과 통일성 확보를 위해 체계적이고 합리적인 모형구축 방법을 모색하여, 서울시

* 주식회사 헥코리아 과장 · E-mail : sylee7025@hecorea.co.kr

** 주식회사 헥코리아 과장 · E-mail : woncy@hecorea.co.kr

*** 주식회사 헥코리아 대리 · E-mail : bmkim@hecorea.co.kr

**** 주식회사 헥코리아 대리 · E-mail : kjh@hecorea.co.kr

전체 지역의 배수시스템을 고려한 도시유출모형(SWMM)을 구축하였다.

2. 기초자료 수집 및 분석

배수시스템의 기초자료로 서울시 하수관로 데이터와 배수분구 현황조사, 하수도 시설현황과 하류부 경계조건 등의 자료를 수집하였다. 방류부가 하천인 경우는 해당 하천의 계획홍수위를, 방류부가 빗물펌프장인 경우는 해당 유수지의 최고수위를 적용하기 위해 관련자료를 조사하였다.

3. 배수시스템 DB 구축

도시유출해석모형 구축에 앞서 서울시 UIS(도시정보시스템, Urban Information System) Data 중 입력자료로 사용하기 위한 데이터를 추출, 분석 및 가공하여 GIS shape파일 형식의 배수시스템 Data Base를 구축하였다.

시간적 제약을 극복하기 위하여 다수의 연구진이 참여하여 수행하였으며, 수행자의 주관에 반영될 수 있는 문제점을 고려하여 매개변수 적용 기준 및 DB구축 절차를 표준화 하여 수행하였다.

표 1. 배수시스템 DB구축 표준화

구분	표준화 내용
GIS DB 적용	<ul style="list-style-type: none"> 서울시 최신 지리정보시스템 UIS shp 파일 (Metadata: 2014년) 도시유출모형(SWMM) 구축을 위한 GIS DB 개발 및 표준화 좌표입력 : 세계측지계(GRS80) 적용
매개변수 적용	<ul style="list-style-type: none"> 관로 조도계수 : 원형관 0.013, BOX 암거 0.015 적용 침투매개변수 : CN 값 적용 (AMC-III 조건) 지역의 경사 : (상류맨홀의 지반고 - 하류맨홀의 지반고) / 관 연장 지역의 폭 : 지역의 면적 / 관로의 연장(A/L)

3.1 관망추출 및 가공

서울시 전체 배수유역은 239개 배수분구로 구성되어 있으며, 본 연구에서는 서울시 배수시스템 현황을 고려하고, 효율적인 관망구축을 위해 83개 배수구역 단위로 통합하여 도시유출모형을 구축하였다.

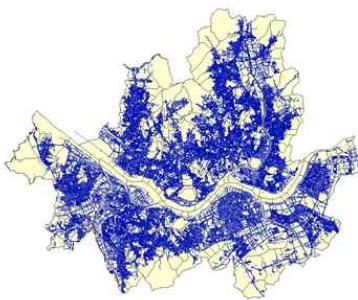


그림 1. 서울시 UIS 하수관망도

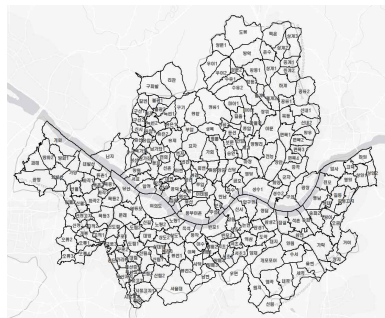


그림 2. 239개 배수분구

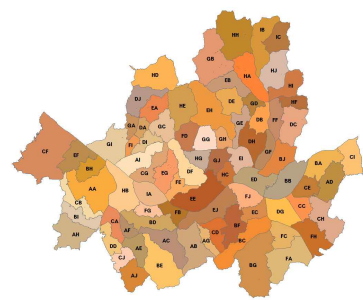


그림 3. 83개 배수구역

서울시 UIS 중 하수관로는 우수관 뿐만 아니라 오수관 및 연결관을 포함하여 371,882개 데이터가 있으며, 원형관의 경우 직경이 D100mm에서 D2,800mm까지 다양하게 있다. 이 중 유출해석에 필요한 우수관을 추출하고, 관망의 간소화와 관로의 연장이 너무 짧은 경우 발생할 수 있는 오류를 방지하고자 다음과 같은 기준으로 관망 추출 및 가공을 하였다.

표 2. 관로의 추출 및 가공

구분	기준
관로 추출	<ul style="list-style-type: none"> 유역 시점부에 위치하는 시작관 중 관경이 D450보다 작거나, 관경이 D450 이상이어도 연장이 100m 미만인 관로는 배제
관로 가공	<ul style="list-style-type: none"> 동일관경을 갖는 다수의 연속된 관로를 단일관로로 간주하여 병합 분리관, 합류관인 경우 관로병합 중지 관로 병합연장이 일정길이(100m)를 초과하는 경우 관로 병합 중지 관로 병합시 하류관로와 관경이 다른 경우 관로 병합 중지



그림 4. 관망추출 및 가공 전 (6,310개 관로)



그림 5. 관망추출 및 가공 후 (1,768개 관로)

3.2 소유역 분할

추출 및 가공한 관망자료를 GIS shape 형식의 파일로 변환하여 재구성한 관망을 기준으로 소유역 분할을 하였다.

강우-유출모형에서 소유역분할은 지형자료(건물, 도로) 등을 활용하여 수작업으로 도면을 나누는 방법이 일반적이나 많은 시간이 소요되는 단점이 있어, 본 연구에서는 GIS 익스텐션을 이용하여 관인접 유역경계를 자동 추출하는 방법을 이용하여 관로중심의 소유역분할을 하였다.

3.3 소유역 매개변수 산정

침투와 관련된 매개변수인 CN값은 GIS의 익스텐션을 이용하여 소유역별 면적가중 평균 CN값을 산정하였으며, 그 밖에, 소유역 폭, 소유역 경사 등은 표준화한 산정기준을 적용하여 배수구역별로 작성하였다.

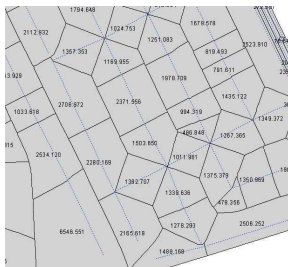


그림 6. 소유역분할 예시

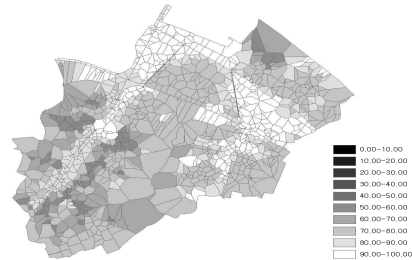


그림 7. CN값 산정 예시

3.4 방류부별 경계조건 DB구축

SWMM 입력자료 중 하류부 경계조건에 해당하는 자료로 하천 및 빗물펌프장 자료조사를 통해 서울시 83개 배수구역에 대한 방류노드별 조사 자료를 Excel 파일 형식의 DB로 구성하였다.

4. 도시유출모형(EPA-SWMM) 구축

본 연구에서의 도시유출모형은 도시유역에서 강우로 인한 홍수량 산정 모형으로 오랜기간 사용되어 온 EPA-SWMM을 선정하였다.

SWMM의 입력자료 구성은 사용자편의환경을 통해 입력가능하나 최종적으로 구성된 모형 입력자료는 TXT 형태의 입력카드로 생성된다. SWMM 구축 방법에는 입력자료를 모형에 직접 입력하는 직접입력방법, 입력카드를 이용한 방법, 외부데이터베이스 가져오기를 통한 방법 등이 있으며, 본 연구에서는 각 배수구역별 소유역 및 관로의 개소수가 약 200~3,700(평균 1,300)개소로 입력할 데이터량이 많으므로, 입력카드를 이용한 모형 구축방법을 사용하였다.

표 3. 서울시 도시유출모형 구축시 적용 옵션

옵션	적용
침투매개변수 항목 (Infiltration Model)	Curve Number 적용
모의시간 (Date)	3시간
모의시간 간격 (Time Step)	결과 출력 시간 10분, Routing 시간을 1초로 설정

5. 구축모형의 검증

구축모형의 검증은 수위계의 관측수위와 해당 시간의 실강우를 적용한 SWMM 모의결과 수위를 비교하는 방법으로 수행하였다.

서울시 관내에 위치한 수위계는 총 94개로 우수관로 내부의 수위관측(2013년 7월 기준) 자료를 이용하였다. 강우 관측자료는 배수구역 인근의 기상청 AWS 매분 관측 강우량을 적용하였다.

모형 평가 대상 배수구역 10개소를 임의로 선정하여 평가한 결과 관측수위/모의수위 상관계수는 0.9 이상으로 모형 구축이 적정한 것으로 판단되었다.

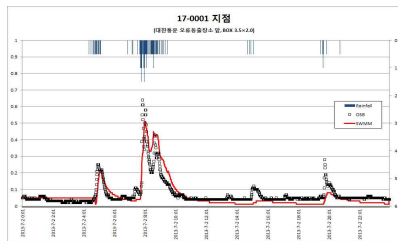


그림 8. 안양천01 배수구역 모형검증

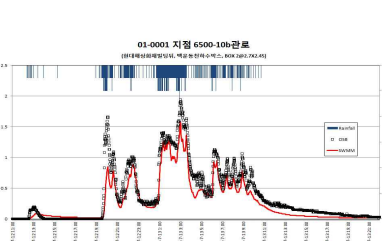


그림 9. 청계03배수구역 모형검증

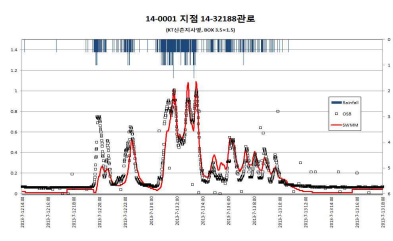


그림 10. 망원01배수구역 모형검증

6. 결과

최근 기후변화 예측기술, 대응방법 및 영양평가 등에대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 이러한 연구들은 기후변화 적응을 위한 산업에 초석이 되고 있다.

구축된 서울시 도시유출모형은 서울시 전체 유역을 대상으로 구축되었으며, 실시간 돌발홍수 예측시스템 개발에 기초자료로 제공될 예정으로, 고해상도 기상자료를 활용한 도시침수 예측정보 생산을통해 보다 체계적인 도시침수 대처형 인프라 구축이 가능 할 것으로 판단된다.

또한 서울시 전역에 대해 우수관로 월류에 의한 침수피해지역 파악 및 침수원인 분석에도 활용될 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 기상청에서 시행한 차세대도시농림융합스마트기상서비스개발사업에 의하여 수행되었습니다. 연구지원에 감사드립니다.

참고 문헌

1. 국토해양부(2012). 설계홍수량 산정요령.
2. 이종태, 강태호, 김정환(1996), 도시유역에서의 배수계통 설계를 위한 SWMM모형, 제4회 수공학워크샵.
3. 정종호·윤용남(2007), 수자원설계실무.
4. 한국상하수도협회(2011), 하수도시설기준.
5. Huber, W. C. and Dickinson, R. E. (1988), Storm Water Management Model version 4; User's Manual. University of Florida, Gainesville, USA, Department of Environmental Engineering Sciences.
6. Rossman, L. A. (2015), Storm Water Management Model User's Manual Version 5.1.
7. Maidment, D. R. (2002). Arc Hydro: GIS for Water Resource, ESRI Press.
8. EPA (2001) Implementation and Enforcement of the Combined Sewer Overflow Control Policy, EPA 833-R-01-003, United States Environmental Protection Agency, Office of Water (4203), Washington
9. CHIwater(2010), User's Guide To SWMM5, 13th Ed.
10. CHIwater(2015), Introduction to PCSWMM and SWMM5 workshop