J. Korea Water Resour. Assoc. Vol. 54, No. 1 (2021), pp. 61-69
doi: 10.3741/JKWRA.2021.54.1.61

pISSN 1226-6280
eISSN 2287-6138

Technical Note

Development of an integrated platform for flood analysis in the smart city

Koo, Bonhyun[a] · Oh, Seunguk[b] · Koo, Jaseob[c] · Shim, Kyucheoul[d]*

[a]Researcher, Institute of Smart Disaster Management, JBT Co., Seoul, Korea
[b]Senior Researcher, Institute of Smart Disaster Management, JBT Co., Seoul, Korea
[c]Senior Researcher, Institute of Smart Disaster Management, JBT Co., Seoul, Korea
[d]Research Director, Institute of Smart Disaster Management, JBT Co., Seoul, Korea

Paper number: 20-107
Received: 10 November 2020; Revised: 25 November 2020; Accepted: 25 November 2020

Abstract

In this study, in order to efficiently perform smart city river management, we developed an integrated platform that connects flood analysis models on the web and provides information by converting input and output data into a database. In the integrated platform, a watershed analysis model, a river flow analysis model and an urban runoff analysis model were applied to perform flood analysis in smart city. This platform is able to obtain more reliable results by step-by-step approach to urban runoff that may occur in smart city through the applied model. In addition, since all analysis processes such as data collection, input data generation and result storage are performed on the web, anyone in an environment that can access the web without special equipment or tools can perform analysis and view results. Through this, it is expected that smart city managers can efficiently manage urban runoff and nearby rivers, and can also be used as educational materials for urban outflows.

Keywords: Smart city flood management, Watershed runoff, River flow, Urban runoff

스마트시티 홍수분석 연계플랫폼 개발

구본현[a] · 오승욱[b] · 구자섭[c] · 심규철[d]*

[a](주)제이비티 스마트재난관리연구소 연구원, [b](주)제이비티 스마트재난관리연구소 책임연구원, [c](주)제이비티 스마트재난관리연구소 책임연구원, [d](주)제이비티 스마트재난관리연구소 연구소장

요 지

본 연구에서는 스마트시티 하천관리를 효율적으로 수행하기 위하여 웹상에서 홍수분석 모델을 연계하고 입력 및 출력 정보를 데이터베이스화하여 정보를 제공하는 연계플랫폼을 개발하였다. 연계플랫폼에서는 스마트시티 내 홍수분석을 하기 위하여 유역유출 분석 모델, 하천흐름 분석 모델 그리고 도시유출 분석 모델을 적용하였다. 본 플랫폼에서는 적용한 모델을 통해 스마트시티 내 발생할 수 있는 도시유출에 대하여 단계적으로 접근함으로써 더욱 신뢰성 있는 결과를 획득할 수 있다. 또한, 데이터 수집, 입력데이터 생성 및 결과 데이터 저장과 같은 모든 분석 과정이 웹상에서 진행되기 때문에 특수 장비나 도구 없이 웹에 접근할 수 있는 환경만 구축된다면 분석 수행과 결과 조회가 가능하다. 이를 통하여 스마트시티 관리자들은 효율적인 하천 및 도시 관리가 가능하고, 더불어 도시유출에 대한 교육용 자료로도 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

핵심용어: 스마트시티 홍수관리, 유역유출, 하천흐름, 도시유출

***Corresponding Author.** Tel: +82-70-8656-1589
E-mail: kevinkoo@ejbt.co.kr (K. Shim)

© 2021 Korea Water Resources Association. All rights reserved.

1. 서 론

최근 신도시들은 여러 친수시설과 산책로 등을 이용하기 위하여 하천과 강에 밀접하게 위치하여 개발되고 있다. 이러한 도시들에서 시민들의 안전한 생활 및 관리를 위하여 도시 내 홍수분석의 중요도가 높아져 가고 있다. 또한 최근 빈번히 발생하는 태풍이나 국지성 호우 등의 기상이변은 유역에서 수위 및 유출량을 급격히 변화시켜 갑작스러운 피해를 초래하기도 한다.

많은 인구와 시설들이 몰려 있는 도심지에서는 이러한 피해를 줄이기 위해 침수지역에 대한 예측과 대비가 필요하다. 도시 내 침수지역에 대한 분석은 도시유출 분석을 통해 가능하나, 단일 분석만으로는 정확한 침수지역에 대한 도출이 어렵다. 따라서 도시 내 침수지역에 대한 정확도 높은 예측을 위해서는 유역유출 분석, 하천흐름 분석 그리고 도시유출 분석이 연계되어 결과를 도출할 필요성이 있다.

도시 내 침수지역 예측을 위하여 국외에서도 많은 연구를 수행해 오고 있다. FEMA and HCFCD (2002)에서는 미국 텍사스주 휴스턴시를 대상으로 레이더 강우자료를 기반으로 HEC-HMS와 HEC-RAS를 연계하여 운영하는 시스템을 구성하여 연구한 사례가 있다. Evans and Von Lany (1983)는 영국의 위섬강에서 1차원 유한차분모형을 이용하여 홍수범람을 해석하였고, Tate and Maidment (1999)는 TIN 모델과 HEC-RAS 모형의 지형자료를 결합하는 방법을 통해 홍수범람지역을 도출하였다. Syme and Paudyal (1994)은 스페인의 주카강 홍수터 인근의 홍수관리를 위해 GRASS 모형을 통해 분석을 수행하였다. 미국의 NWS (1997)에서는 캘리포니아 북부에 USBR (U.S. Bureau of Reclamation)이 설치한 자동 LFWS (Local Flood Warning System)을 통해 강우관측자료 기반 강우-홍수 관계를 홍수예측에 활용하였다. 또한, 미국의 수스케한나 강 유역에는 기 구축된 유역의 강우 및 수위 관측자료 그리고 위성자료를 기반으로 홍수예경보를 수행하는 SFFWS (Susquehanna Flood Forecast and Warning System)을 운영하고 있다. 이처럼 국외에서는 다양한 정보와 모델의 조합을 통해 홍수범람지역을 예상하여 예경보를 제공하기 위한 연구를 지속하고 있다.

또한, 국내에서도 다양한 연구가 지속되고 있다. 그 중 한국수자원공사에서는 소양강댐의 유역을 소유역으로 구분하여 GRASS를 활용하여 유출모형에 필요한 자료를 구축한 사례가 있으며, Lee *et al*. (1999)은 제방월류와 범람홍수해석을 DWOPER모형을 이용하여 수행하여 GIS로 표출하기도 하였다. Bae *et al*. (2008)은 수문관측 자료를 기반으로 청계천 홍수예측모델을 제시하였고, 실측자료를 통해 모형의 적용성을 검토하였다. Yoo *et al*. (2006)은 도시홍수량을 산정하기위해 SWMM모형을 이용하여 침수예상지를 추정하였고, GIS 데이터베이스와 연계하여 침수예상피해를 분석하였다. 그러나 두 연구 모두 단순히 해당 지역의 국지적인 정보와 하나의 모델을 통해 분석을 수행했기 때문에 전체적인 홍수의 흐름을 분석하지 못해 높은 정확도를 기대하기 어려웠다. Sin *et al*. (2000)은 유역에서부터 유출되는 양을 고려하여 하천 수위를 분석하기 위하여 HEC- HMS와 HEC-RAS를 연계하는 방안을 제시하였다. 그러나 도시 내 환경을 고려하지 않아 직접적인 도시 내 홍수범람에 대한 피해는 확인하기 어려웠다.

따라서 본 연구에서는 효율적인 스마트시티 홍수관리를 위하여 유역유출, 하천흐름 그리고 도시유출 분석 모델을 연계하여 도시 내 홍수분석을 수행할 수 있는 스마트시티 홍수분석 연계플랫폼을 개발한다. 2장에서는 홍수분석 연계플랫폼에 대한 구조 및 개발에 대한 내용을 설명하고, 3장에서는 개발된 연계플랫폼의 홍수분석 결과에 대해 검토를 수행하였다.

2. 스마트시티 홍수분석 연계플랫폼

2.1 홍수분석을 위한 분석 모델 구조 설계

스마트시티의 도시 내 홍수분석을 효과적으로 수행하기 위해서는 단순히 하천 수리해석이나 도시 내 관망 분석이 아닌 앞서 서론에서 언급한 바와 같이 여러 모델의 연계가 필요하다. Fig. 1은 도시 내 홍수분석의 정확도를 높이기 위해 여러 모델의 연계 구조를 나타낸 그림이다. 스마트시티 내 도시유출 분석의 정확도를 높이기 위해 도시 주변 하천 흐름 분석을 통해 수위 및 유량을 적용하였고, 하천 흐름 분석의 정확도를 높이기 위해 하천이 시작되는 유역 출구점의 유출량을 낙동강 유역의 유역유출 분석을 통해 도출하였다.

본 연구에서는 부산 Eco Delta City (EDC) 지역 내 홍수범람영역을 도출하기 위하여 우선적으로 낙동강 유역에서의 유역유출 분석을 수행한다. 이후 유역유출 분석을 통해 도출된 유출정보를 기반으로 EDC 지역 인근 하천들의 하천흐름 분석을 수행한다. 하천흐름 분석을 통해 하천 단면 별 수위 정보와 하천 흐름 정보를 획득할 수 있고, 해당 정보를 도시유출 분석에서 하천 출구점 정보로 이용하여 최종적인 도시유출을 분석하게 된다. 해당 분석을 통해 델타지역 내 표면 유출량을 획득하여 홍수 발생시 도시 내 침수 지역에 대한 정보를 획득할 수 있게 된다.

2.2 유역유출 분석 모듈

유역유출을 분석하기 위한 많은 연구들이 진행되어 왔고,

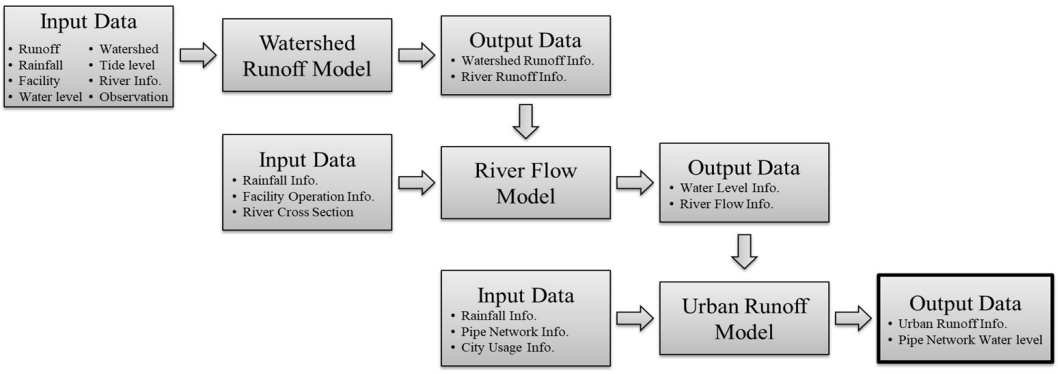
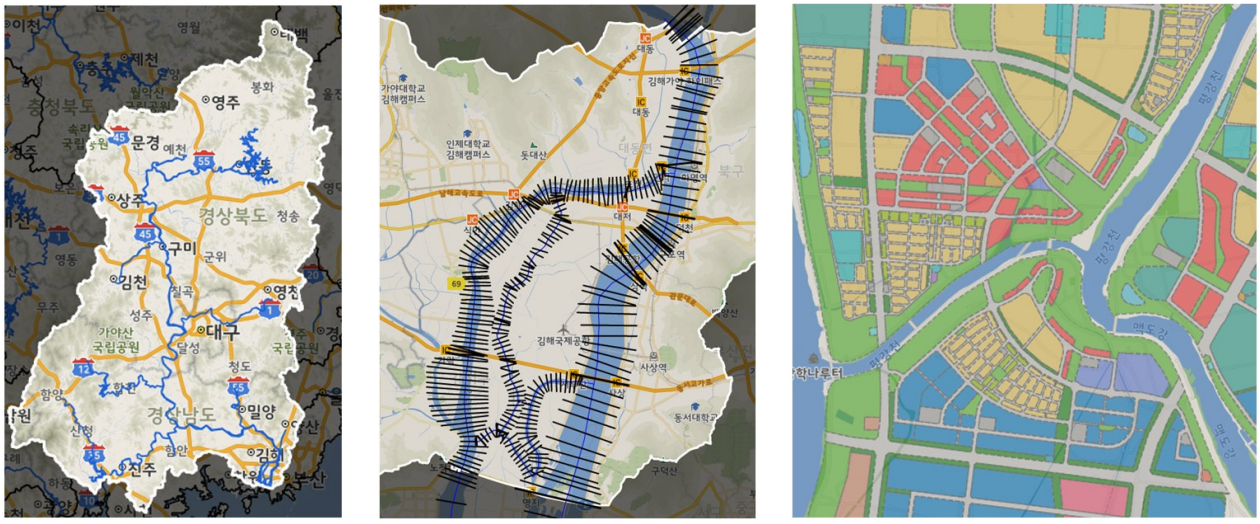


Fig. 1. Urban flood analysis process



(a) Nakdong river basin (b) Rivers around EDC (c) Busan delta region

Fig. 2. Analysis area

현재 많은 모델과 툴들이 제공되고 있다. 그 중 많은 가장 대표적인 것이 HEC-HMS와 저류함수법을 통한 유출량 계산 법이다. 다양한 연구에서 HEC-HMS를 이용하여 유출량을 계산하고 있으나, 본 연구에서는 도시유출에 대한 시스템 직접도를 높이고 상대적으로 유역유출 분석에 대한 시스템 복잡도를 낮추고 계산과 복잡도가 낮추고자 저류함수 모형을 선택하였다. 저류함수 모형은 국내 홍수예보시스템에 탑재되어 현재까지 홍수분석을 위해 사용되고 있다. 본 연구에서는 Fig. 2(a) 낙동강 유역을 대상으로 저류함수 모형을 적용한다.

2.2.1 저류함수 모형

저류함수법은 유출량과 저류량의 관계를 표시하는 저류함수의 홍수파의 운동량 방정식에 대입하여 홍수파의 연속 방정식을 계산함으로써 홍수 유출량을 결정하는 방법으로, 1961년 기무라도시아키에 의해서 제안되었으며, 국내에서는 1974년 한강 홍수예보시스템에 도입된 이후 낙동강, 금강 그리고 섬진강 홍수예보시스템에 채택되어 사용되어지고 있다.

저류함수 모형은 자연 상태에서 발생하는 홍수유출의 특징인 부정류의 특성을 고려하여 해석할수 있는 특성을 갖고 있다. 또한, 제반 변수 등의 파라미터를 과거 강우 및 유출자료를 토대로 도출하기가 용이하며, 일반적인 홍수유출의 특성인 비선형성이 고려되어 있다.

2.2.2 분석 모듈 입력 정보 구성

유역유출을 분석을 위해서는 크게 분할유역, 분할하도, 수문관측 그리고 시설물 정보 4가지 정보의 구축이 필요하다. 그 중 분할유역 정보는 WAMIS (국가수자원관리종합정보시스템)의 수자원단위지도 버전 3.0에 제시된 195개의 표준유역을 사용하였다. 분할유역 정보에는 기본적인 유역 정보와 유역별 유효우량과 유출량을 산정하기 위한 파라미터 정보가

존재한다. 두 번째 분할하도 정보에는 하도 정보와 하도 연결 정보 그리고 하도에서 발생하는 유출을 산정하기 위한 파라미터 정보가 포함된다. 상기 두 가지 항목은 지역적 특성을 갖는 값으로 변경되지 않는 값을 나타낸다.

그에 반해 분석하는 시점 및 상황에 따라 변화하는 수문관측 정보와 시설물 정보의 포함요소는 다음과 같다. 수문관측 정보에는 강수량, 수위 그리고 조위를 관측하는 관측소 정보가 포함된다. 관측정보는 관측소 위치 및 제원 값을 갖는 정보와 관측정보를 갖는 정보로 구분된다. 기본적으로 10분 자료를 활용하고 있으며, 사용자의 선택에 따라 변경할 수 있다. 시설물 정보에는 하천에 존재하는 댐, 저수지 그리고 보 등에 대한 정보를 갖고 있다. 특히 댐과 저수지의 경우 시설물 운용에 대한 시설물의 제원, H-V (수위-용량) 관계 그리고 월류구조물의 H-Q (수위-유량) 관계 정보를 포함한다.

2.2.3 분석 결과 표출

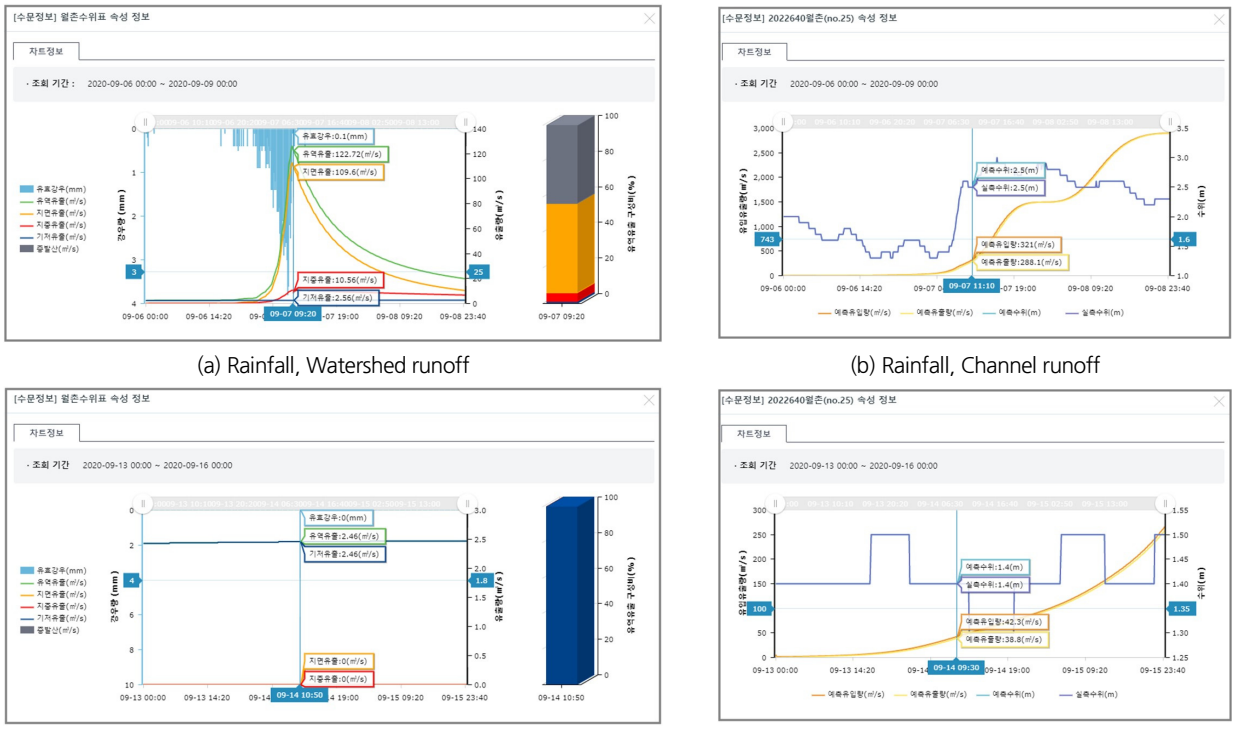
유역유출 분석결과는 입력정보 구성 시 사용한 유역 정보와 하도 정보를 기반으로 도출된다. 따라서 각 유역과 하도의 유출점을 기준으로 사용자가 설정한 분석기간 동안의 분석결과가 계산되고, 계산된 결과는 데이터베이스 내에 저장되어 연계플랫폼을 통해 제공된다. Fig. 3은 데이터베이스에 저장된 유역유출 분석결과를 연계플랫폼을 통해 표출하는 그림으로, 좌측 상단의 분석일자를 선택하는 경우 그림과 같이 지도 위에 분석결과에 나타나 있는 아이콘으로 표시된다. 그림에서는 붉은 동그라미로 표시된 월촌 수위표 유역유출 점을 선택했을 때 나타나는 팝업창을 나타낸다. 유역유출에 관한 결과는 그림과 같이 강우와 유출정보의 시계열 정보를 나타내는 그래프와 그래프 내 사용자의 마우스 위치에 따른 해당 일자의 유출 구성비를 나타내는 막대그래프로 표현된다.

Fig. 4는 유역유출 분석으로부터 도출된 강우 상황별 유역 및 하도 유출 분석 결과를 비교하는 그림을 나타낸다. Fig. 4(a) and (b)는 강우가 발생한 상황을 나타내고, (c)와 (d)는 강우가 없는 상황에 대한 분석결과를 나타낸다. 또한, (a)와 (c)는 유역 유출정보를 제공하고, (b)와 (d)는 하도 유출정보를 수위와 유입 및 유출량 시계열 정보로 제공한다.

유역유출을 나타내는 (a)와 (c) 중 (a)는 강우가 발생한 경우 유역유출 결과로, 강우가 발생함에 따라 해당 유역유출 점에서 다량의 지면 유출과 소량의 지중유출이 증가하면서 전체 유역유출량이 증가하고, 이후 강우가 줄어듦에 따라 유출량이 서서히 줄어드는 것을 확인할 수 있다. 또한, 우측 유역유출 구성비 막대그래프는 Fig. 3과 비교하였을 때 지면 유출이 증가하면서 상대적으로 기저 유출량이 현저히 낮아진 것을 확인할 수 있다. 이에 반해 강우가 없는 상항인 Fig. 4(c)는 일반적인 기저 유출량이 총 유역유출량으로 변화량이 미비한 것을 알 수 있으며, 우측 유역유출 구성비에서도 기저 유출이 대부분을 차지하는 것을 확인할 수 있다.

하도유출을 나타내는 Fig. 4(b) and (d)에서 강우가 없는 상황에 대한 분석인 (b)에서는 강우가 증가한 일자에서부터 수위가 3 m에 근접하게 증가하는 것을 확인할 수 있으며, (d)에서는 1.4 ~ 1.5 m 사이의 평이한 수위 값을 가지며 적은 변화량

Fig. 3. Watershed runoff analysis result



(a) Rainfall, Watershed runoff

(b) Rainfall, Channel runoff

(c) No rainfall, Watershed runoff

(d) No rainfall, Channel runoff

Fig. 4. A Comparison of watershed runoff analysis results

을 보이는 것을 확인할 수 있다. 또한, 두 그림에서 나타내는 유입 및 유출량에 대한 값도 강우가 없는 경우에는 300 m^3/s에 머무는 반면 강우가 발생한 경우 3,000 m^3/s까지 증가하는 것을 확인할 수 있다.

2.3 하천흐름 분석 모듈

2.3.1 하천흐름 분석 모델

본 연구에서는 하천흐름 분석을 수행하기 위하여 미공병단에서 개발한 HEC-RAS 모형을 사용한다. HEC-RAS 모형은 자연하천이나 인공하천에서의 정상류 상태의 점변류 수면곡선을 계산할 수 있을 뿐만 아니라 부정류, 유사현상 해석 기능까지 제공하는 종합 하천 해석 모형이다. 본 연구에서는 해당 모델을 열계하여 EDC 주변 하천 흐름 분석을 수행한다.

2.3.2 분석 모듈 입력 정보 구성

본 연구에서는 최종적으로 EDC 세물머리 지역의 도시유출 분석을 목적으로 한다. 따라서 Fig. 2(b)와 같이 대상 지역에 접하는 맥도강과 평강천 그리고 해당 지역에 영향을 줄 수 있는 서낙동강과 낙동강을 대상으로 모듈의 입력정보를 구성한다. 하천흐름 분석 모듈 입력정보는 크게 하천망, 경계조건 그리고 강우 정보로 구성된다.

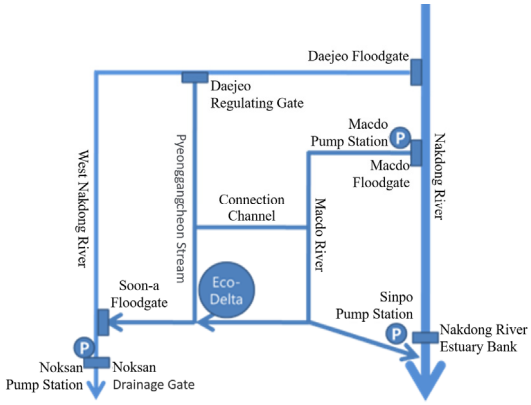


Fig. 5. West nackdong river hydrosphere stream network

하천망 자료는 변하지 않는 자료로, 분석 하천에 대한 지형정보를 포함한다. 본 연구에서 하천망 정보 중 하도지형 정보를 구축하기 위하여 국토교통부의 낙동강 하천기본계획(MOLIT, 2013) 및 서낙동강수계 국가하천 기본계획(MOLIT, 2012)을 이용하였다. 지형정보의 부족한 부분은 DEM (Digital Elevation Model)을 이용하여 보완하였다. Fig. 5는 대상 하천들의 수리 특성에 따라 간략화한 서낙동강 수계 하도망을 나타낸다. 해당 모형을 기반으로 좌표 정보를 연계하여 기본 수계 하도망 정보를 구성하고, 횡단측석과 하도망의 연장 정보를 추

가하여 하도망 정보를 생성하였다.

두 번째 입력정보는 경계조건으로 하구둑, 수문 그리고 펌프장 정보를 포함한다. 하구둑 정보에는 낙동강 하구둑과 서낙동강 하구둑 정보가 포함된다. 하구둑은 하천기본계획의 계획홍수위 등의 정보에 따라 개폐 조건을 수립하였다. 분석영역 내에는 맥도강 및 평간천과 서낙동강을 분리하기 위한 순아수문과 대저제수문 그리고 서낙동강과 맥도강에 환경용수를 공급하기 위한 대저수문과 맥도수문이 있다. 끝으로 펌프장이 경계조건에 포함되는데, 분석지역에는 하천으로부터 남해나 본류로 토출하는 녹산 펌프장, 신포펌프장 그리고 맥도펌프장이 있다. 또한, 낙동강 시작점에 대한 수위 및 유출정보는 유역유출 결과를 기반으로 적용하여 입력자료를 구성하였다.

끝으로 강우 정보는 유역유출에서 사용한 강우 정보와 동일한 정보를 분석 대상 지역에 한하여 반영하였다.

앞서 설명한 자료를 바탕으로 본 연계플랫폼 내 하천흐름 분석 모듈에서는 HEC-RAS에 사용할 입력자료를 구성하고, 해당 입력자료를 기반으로 HEC-RAS를 구동하게 된다. HEC-RAS를 통해 도출된 결과 파일은 연계 모듈을 통해 분석되어 데이터베이스에 적재되어 연계플랫폼 내에서 표현된다. 하천흐름 분석결과는 다음에서 설명한다.

2.3.3 분석 결과 표출

하천흐름 분석결과는 입력정보로 사용한 단면 정보를 기반으로 Fig. 6과 같이 화면에 표출된다. 따라서 하천흐름 분석의 결과는 그림과 같이 하천 단면에 따라 도출된다. 데이터베이스에 저장된 분석결과는 그림과 같이 단면에 하천 수위 정보로 수표면적을 구성하여 제공하며, 하천단면을 선택하는 경우 그림 우측과 같이 하천 단면의 수위 그래프와 수위, 유량 그리고 유속 정보가 표로 제공된다. 그림 하단과 우측 상단에 위치한 애니메이션 바는 시간의 흐름에 따라 하천 단면 수위와 지도의 수표면적이 변화하는 이미지를 제공한다.

본 분석에서 도출되는 하천 단면 별 수위는 본 연구의 최종 목표인 도시유출의 입력자료 중 관망 출구의 수위 정보로 이용된다.

2.4 도시유출 분석 모듈

2.4.1 도시유출 분석 모델

도시유출 분석을 위해 본 연구에서는 미국 환경보호청에서 만든 EPA SWMM을 분석 모델로 채택하였다. EPA SWMM은 강우-유출-지표면 유출 시뮬레이션 모델로, 도시유역의 강우로 인해 발생하는 지표면 유출, 지하수 및 증발 등 수문학적 특성과 관수로 및 개수로 등 관망 및 하천에 대한 유출량을 예측하는데 사용할 수 있는 모델이다.

2.4.2 분석 모듈 입력 정보 구성

도시유출 분석의 대상 영역은 EDC 지역 중 Fig. 2(c)의 세물

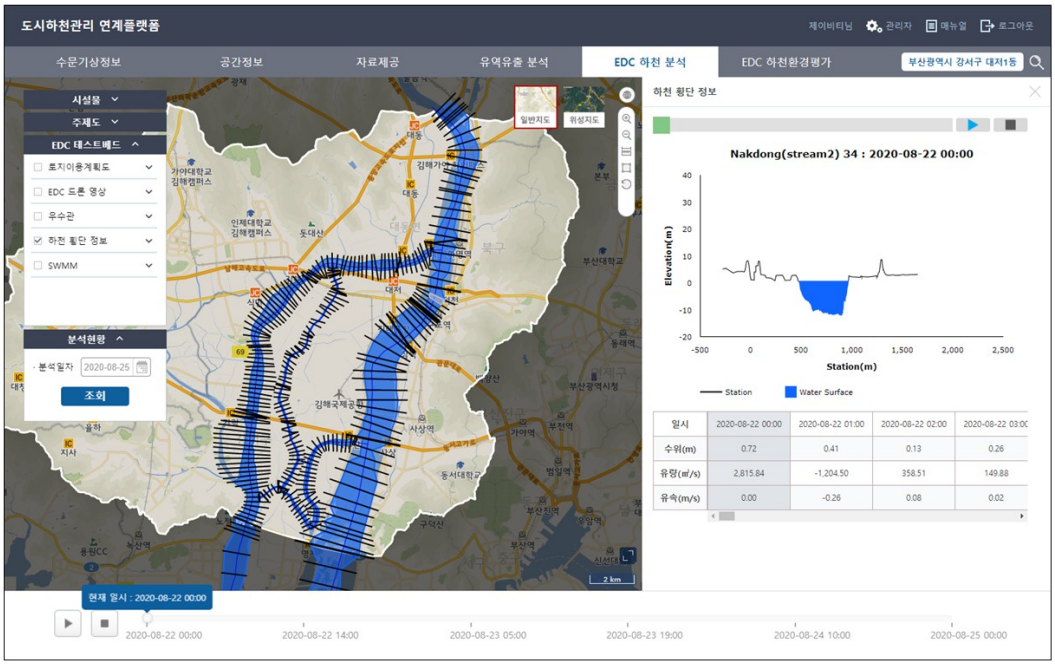


Fig. 6. River flow analysis result

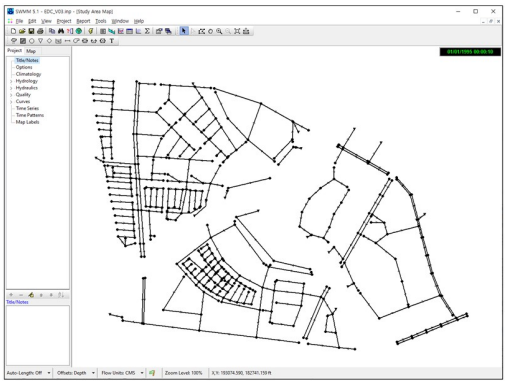


Fig. 7. Urban runoff analysis model

머리 지역으로 한정한다. 현재 대상 영역의 우수관망 및 맨홀에 대한 위치 및 정보는 EDC 설계서 및 도면을 기반으로 Fig. 7과 같이 구성하였다. EPA SWMM의 입력정보는 하나의 input 자료로 구성이 되며, Table 1에 제시되어 있는 51가지 항목에 대한 정보를 기반으로 생성한다. 본 연구에서는 해당 표에 제시된 옵션 중 음영처리 되어 있지 않은 항목들의 옵션으로 입력자료를 구성하였다.

입력자료는 대상지역인 EDC가 구축 진행중이기 때문에 EDC 초기 설계서를 기반으로 유역, 맨홀 그리고 우수관망 정보를 구축하였다. 강우 정보는 우량계를 설정하여 유역별 설정된 우량계의 강우 정보를 반영하였다. 본 연구에서는 분석

Table 1. EPA SWMM input file options

Section Name	Discription	Section Name	Discription
TITLE	Name of simulation	XSECTIONS	Pipe structure inforamtion
OPTIONS	Analysis options	LOSSES	Pipe leak rate definition of manhole loss factor, flap gate, etc.
REPORT	Select items for reporting	TRANSECTS	-
FILES	Select files using to input file and storing to output file	CONTROLS	Define whether pumps and regulators are regulated at specific nodes and links based on simulation time and conditions
RAINGAGES	List of raingages	POLLUTANTS	Pollutant definition
EVAPORATION	Information of evapotranspi-ration amount	LANDUSES	Land use definition by watershed
TEMPERATURE	Daily tempoerature, monthly shift, etc.	COVERAGES	Percentage definition by type of land use in the watershed
ADJUSTMENTS	Temperature detail	LOADINGS	Pollutant information definition by watershed
SUBCATCHMENTS	Information of subcatchment	BUILDUP	Defines the rate at which pollutants accumulate on different lands during rainfall
SUBAREAS	Pervious/impervious infor-mation for subcatchments	WASHOFF	Defines the speed at which pollutants are washed off other lands during rainfall
INFILTRATION	Permeation parameter about subcatchments	TREATMENT	The degree to which pollutants are introduced and treated at a specific node
LID_CONTROLS	Low Impact Development information	INFLOW	Water and pollutant inflow information from a sluice gate on a specific node
LID_USAGE	LID connection information definition for subcatchments	DWF	-
AQUIFER	Supplies parameters for each unconfined groundwater aquifer	RDII	Definition of flooded/inflow hydrograph according to rainfall at a specific node
GROUNDWATER	Supplies parameters that determine the rate of groundwater flow	HYDROGRAPH	Define parameters that determine infiltration/ inflow according to rainfall
GWF	Groundwater flow equation	CURVES	-
SNOWPACK	parameters that govern how snowfall accumulates and melts	TIMESERIES	Time series data definition
JUNCTIONS	Identifies each junction node such as manhole	PATTERNS	-
OUTFALLS	Nodes located at the boundary of the final downstream	MAP	Map area and unit information
DIVIDER	nodes where two pipes are connected to distributed the flow	COORDINATES	Node coordinate information
STORAGE	Storage nodes	VERTICES	Link coordinate information of vertex point
CONDUITS	Pipe, link definition	POLYGONS	Watershed coordinate information
PUMPS	Drainage links	SYMBOLS	Rain gauge location information
ORIFICES	Link information to control flow with orifice links	LABELS	Label location
WEIRS	Link information such as bank (reservoir)	BACKDROP	Background image coordinate information
OUTLETS	Drainage system outlet flow control link information		

영역이 국소지역이기 때문에 하나의 강우 정보를 이용한다. 강우 정보는 시계열 옵션 내에 우량계 설정 정보를 기반으로 구축하였다. 본 연구의 대상지역을 EDC 세물머리 지역으로 한정 지음에 따라 상위지역과 연결되어있던 관망은 출구점으로 가정하여 진행한다.

본 연구에서는 앞서 설명한 입력자료를 바탕으로 연계플랫폼 도시유출 분석 모듈에서 EPA SWMM의 Input 파일을 생성하고 시뮬레이션 수행 명령을 통해 분석을 수행한다.

2.4.3 분석 결과 표출

도시유출 분석 결과는 입력정보로 사용된 맨홀과 우수관망 자료를 기반으로 지도위에 도출되며, EPA SWMM은 맨홀, 관망 그리고 유역별로 각각 Output 파일을 생성하여 제공하고, 도시유출 분석 모듈에서는 도출된 결과파일을 분석하여 데이터베이스에 적재하는 작업을 수행한다. 관망에 대해 도출되는 정보는 유속, 유심, 유속 그리고 통수능 정보가 있고, 맨홀에 대해 도출되는 정보는 맨홀 수위, 표면 유출량, 유입정보 그리고 월류(overflow) 정보가 제공된다.

제공되는 정보 중 본 연계플랫폼에서는 Fig. 8과 같이 맨홀과 우수관망에 대하여 월류와 통수능 정보를 지도 위에 표현한다. 지도에서 원은 맨홀을 나타내며, 원의 색은 월류 정도를 나타내는 것으로, 정상인 파란색에서 토출량이 증가할수록 붉은색으로 변하게 된다. 지도에서 선은 관망을 나타내는 것으로, 맨홀과 마찬가지로 정상인 파란색에서 통수능이 참에 따라 빨간색으로 표현하여 제공한다.

또한, 지도에서 맨홀 혹은 우수관망을 선택하는 경우 선택 맨홀은 크게, 선택 관망은 흰색 테두리로 표시하여 선택한 지점을 식별할 수 있도록 제공한다. 선택된 항목에 대해서는 그림 우측과 같이 맨홀은 월류, 우수관망은 통수능 정보가 그래프로 제공되며, 관망과 맨홀의 제원사항과 시간이 지남에 따라 변하는 시계열 정보는 그래프로 표현하여 제공한다.

3. 결 론

본 연구에서는 EDC 세물머리 지역에 대하여 도시유출 분석을 수행하기 위하여 서낙동강 지역의 유역유출, EDC 주변 하천의 흐름분석 그리고 해당 지역의 도시유출 모듈을 연계플랫폼 내에 연계 및 개발하였다. 개발된 시스템은 매일 00시를 기준으로 세 가지 모듈에 대하여 분석을 수행하고, 도출된 결과를 데이터베이스에 저장한다. 저장된 결과를 해당 연계플랫폼을 통해 조회할 수 있으며, 애니메이션 기능을 통해 분석 기간 동안의 결과 변화를 직관적으로 확인할 수 있도록 제공한다. 현재 버전의 연계플랫폼에서는 실제 환경조건 아래에서 강우 변화에 따른 홍수분석을 수행하였다. 향후 연구에서는 실제 환경조건을 기반으로 사용자가 조건을 변화시켜가며 홍수분석

Fig. 8. Urban flow analysis result

을 수행하도록 연구를 진행해 나갈 예정이다. 향후 이를 통해 가정 홍수 상황을 타개할 수 있는 해결책 제시 및 도시 개발 이전에 사전 시뮬레이션 자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 20AWMP-B121100-05).

References

Bae, D.-H., Jeong, C., and Yoon, S.-s. (2008). "Development of flood prediction model using hydrologic observations in Cheonggye stream." *Journal of The Korean Society of Civil Engineers*, Vol. 28, No. 6B, pp. 683-690.

Evans, E.P., and Von Lany, P.H. (1983). "A mathematical model of overbank spilling and urban flooding, Paper No.G5." *International Conference on the Hydraulic Aspects of Floods & Flood Control*, London, U.K., pp. 241-255.

Federal Emergency Management Agency (FEMA) and Harris County Flood Control District (HCFCD) (2002). *Off the charts T.S. allison public report*. Harris County Flood Control District, TX, U.S.

Lee, H.L., Lee, J.W., and Kim, D.G., (1999). "Flood forecasting system and mapping using GIS." *Journal of Civil and Environmental Engineering Research*, Vol. 1999, No. 3, pp. 365-368.

Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOLIT) (2012). *West Nakdong basic river plan (changed) report*. Busan Regional Construction and Management Office.

Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOLIT) (2013). *Nakdong basic river plan (changed) report*. Busan Regional Construction and Management Office

National Weather Service (NWS) (1997). *Automated local flood warning systems handbook weather service hydrology handbook No.2*. U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administra-tion, National Weather Service, Office of Hydrolgy: Silver Spring, M.D., U.S.

Sin, H.-S., Jeon, S.-U., and Seo, B.-C. (2000). "Flood influence analysis on SUYOUNG River based on HEC-HMS/HEC-RAS." *Journal of Korea Water Resources Association*, Vol. 33, pp. 281-287.

Syme, W.J., and Paudyal, G.G. (1994). "Bangladesh flood management model." *Proceedings Second International Conference on River Flood Hydraulics*, York, U.K., pp. 167-176.

Tate, E., and Maidment, D. (1999). *Flood plain mapping using HEC-RAS and ArcView GIS*. Center for Research in Water Resources, The University of Texas, Austin, T.X., U.S.

Yoo, H.-H., Kim, W.-S., and Kim, S.-S. (2006). "Inundating disaster assessment in coastal areas using urban flood model." *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol. 24, No. 3, pp. 299-309.