

유출·침수모형을 이용한 홍수대응 방재시설 시뮬레이터 설계 및 프로토타입 개발

서성철* · 김의환** · 박형근***

Seo, Sung Chul*, Kim, Ui Hwan**, Park, Hyung Keun***

Flood Response Disaster Prevention Facility Simulator Design and Prototype Development Using Spill and Inundation Model

ABSTRACT

Global climate change is increasing, and the damage and scale of localized torrential rains are increasing. Pre-flood analysis simulation results should be derived from rainfall data through rainfall forecasts to prevent flood damage. In addition, it is necessary to control the use and management of flood response disaster prevention facilities through immediate decision-making. However, methods using spills and flood models such as XPSWMM and GATE2018 are limited due to professional usability and complex analytical procedures. Prototype (flood disaster prevention facility simulator) of this study is developed by calculating rainfall (short-term and long-term) using CBD software development methods. It is also expected to construct administrator and user-centric interfaces and provide GIS and visible data (graphs, charts, etc.).

Key words : XPSWMM, GATE2018, Flooding analysis, Prototype

초록

글로벌 기후변화로 국내 이상기후는 증가하고 있으며, 이러한 이상기후로 국지성 집중호우 피해와 규모는 증가하는 추세이다. 침수피해를 예방하기 위해서는 강우예보를 통한 시강우데이터를 통해서 선제적인 침수분석 모의결과를 도출하고 즉각적인 의사결정을 통해 홍수대응 방재시설의 활용과 관리를 통한 예방이 필요하다. 그러나, 현재 XPSWMM, GATE2018과 같은 유출 및 침수모형을 이용하는 방법은 전문적인 사용능력과 복잡한 분석절차로 사용에 대한 한계성이 존재한다. CBD 소프트웨어 개발방식을 이용 강우량(단기, 장기) 등의 산정을 통해 홍수대응 방재시설 시뮬레이터 프로토타입 개발하며, 관리자 및 사용자 중심의 인터페이스를 구성하고 GIS데이터 및 가시적 데이터(그래프, 차트 등)를 제공하여 즉각적이고 선제적인 국지성 집중호우 침수대응을 위한 의사결정 및 기초데이터 사용이 가능할 것으로 기대된다.

검색어 : XPSWMM, GATE2018, 침수분석, 프로토타입

* 정희원 · 충북대학교 토목공학과 박사과정 (Chungbuk National University · sungchul92@nate.com)

** 홍익기술단 전무 (HONG-IK Engineering & Consultants · missionb@hanmail.net)

*** 종신회원 · 교신저자 · 충북대학교 토목공학과 교수, 공학박사 (Corresponding Author · Chungbuk National University · parkhk@chungbuk.ac.kr)

Received December 29, 2022/ revised January 9, 2023/ accepted February 2, 2023

1. 서론

1.1 연구배경 및 목적

본 연구의 배경은 글로벌 기후변화로 발생하는 이상기후 증가와 국지성 집중호우 발생빈도 및 피해규모 증가이다. 지구의 표면 평균온도는 산업화 이전 대비 1.1 °C 상승했으며(IPCC, 2021), 지구표면 온도 상승으로 국내 강우현상이 불규칙적으로 변화하고 있다. 2020년에는 수도권에 기록적인 집중호우로 침수피해를 발생시켰다(KMA, 2016; KMA, 2017; KMA, 2020).

국내 불규칙적 강우현상으로 충청북도에서는 2000년대 이후부터 집중호우 및 태풍의 발생빈도가 증가하고 있으며, 2020년 역대 최장 장마 기간인 54일을 기록했다. 2020년 6월 24일부터 8월 16일까지 충북 내 청주관측소는 739.8 mm/day 강수량을 기록했다. 본 이상기후로 사망 실종 13명, 이재민 1,235명, 산사태 및 침수로 도로·교량 235곳 등 총 2,770억원의 재산피해가 발생하였다(Kim et al., 2020). 국내 수도권과 지방에서의 국지성 집중호우로 발생하는 피해빈도 및 규모는 지속적으로 증가하는 추세이다. 기반시설의 기후변화 적응 실패로 발생하는 기능적 손실은 해당 지역의 연쇄 효과를 발생시키며, 광범위한 피해를 초래한다. 이러한 피해는 기반시설의 구조적 파괴, 사망자 발생 및 사회의 경제적 손실로 이어진다(Collins et al., 2011). 이러한 침수피해를 예방하기 위해서는 선제적이고 즉각적인 침수분석을 통한 조치가 중요하다.

본 연구의 목적은 유출 침수모델을 이용하여 홍수대응 방재시설 시뮬레이터 설계 및 프로토타입을 개발하는 것이다. 프로토타입 개발을 통해서 현재까지 즉각적인 결과도출이 어려웠던 유출 침수 모델의 결과를 즉각적으로 도출하여 홍수대응 의사결정을 간소화하고 모델사용을 전문지식 없이 사용이 가능하게 개발하여 실제적인 범용성과 효율성을 제고하고자 한다.

1.2 연구범위 및 방법

본 연구범위에서 프로토타입 구현 데이터의 시간적 범위는 2017년 7월 16일 00:00~20:00의 시강우 데이터이며, 공간적 범위는 월운천 하천으로 무심천의 지류로서 동경 127°29′51″~127°33′41″, 북위 36°35′36″~36°38′45″이다. 본 하천은 청주시 상당구 낙가산과 선도산에서 발원하여 남쪽으로 유하하다가 상당구 월오동 서원교 지점에서 유향을 남서쪽으로 바꿔 유하하며 무심천으로 유입된다.

본 프로토타입 개발 연구방법은 CBD (Component Based Development) 소프트웨어 공학적 방법을 이용, 홍수대응 방재시설 프로그램을 개발하고 수문학적 결과정보와 GIS 기반의 침수상황을 통해서 홍수대응 방재시설 시뮬레이션을 개발하는 것이다. 시뮬레이터는 XPSWMM, GATE2018 모델의 출력정보를 기반으로

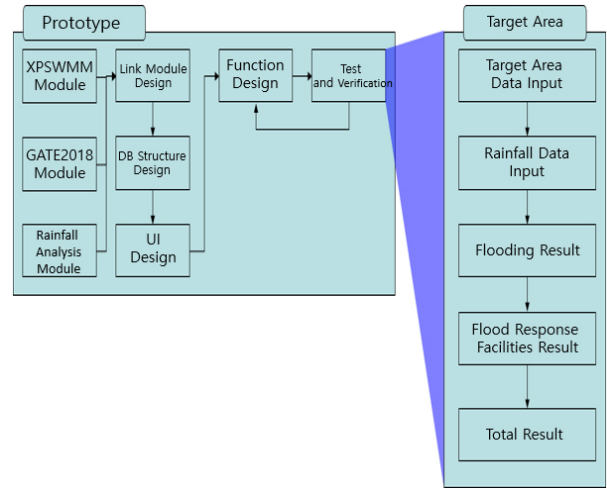


Fig. 1. Prototype Development Flow

수행되며, 선정된 모델의 활용성을 위하여 시뮬레이터 프로그램의 입력자료의 자동화 및 다양한 기능을 검토하여 시뮬레이터에 반영한다. 침수분석결과를 고도화하기 위해서 지형자료, 강우자료 및 기타 자료를 입력하여 대상 지역의 물리적 공간성과 강우의 시간적 변동성을 제시한다. 또한, 관리자 및 사용자 중심의 모형입력 자료를 관리할 수 있도록 인터페이스를 고려하여 설계하였다.

프로토타입 개발을 위한 연구흐름은 아래와 같다.

첫째, 선행연구 및 관련문헌 고찰을 통한 XPSWMM 및 GATE2018 모델의 적용성을 확인한다.

둘째, XPSWMM 및 GATE2018의 출력결과와 강우분석모듈 출력결과를 연계 가능한 연계모듈 및 데이터 구조 설계 및 적용한다.

셋째, 기능요구사항(분석정보 가시화 기능, 모의결과 그래프 및 차트 결과)을 고려한 데이터, 화면설계를 통해서 결과값을 가시화 기능 설계 및 개발한다.

넷째, 도출된 결과값을 토대로 실제 XPSWMM 및 GATE2018 모델의 결과값을 비교분석하는 검증 및 테스트 단계를 통해서 본 프로토타입의 신뢰성을 확보한다.

Fig. 1은 본 연구에서의 프로토타입 개발흐름이며, 프로토타입 내 XPSWMM, GATE2018, 강우분석모듈을 통한 설계로 구성되어 있다.

2. 연구동향

2.1 XPSWMM

XPSWMM 모형은 미국 XP Software에서 EPA SWMM 모형을 사용자 측면을 고려하여 메인 엔진 구성은 SWMM 모델과

같으며, 기본적으로 도시구역 또는 배수를 가지고 있는 구역 및 하수도 관망을 포함하는 도시구역에 대한 유출모의가 가능한 모델이다. 단일 및 연속 강우에 의한 계산이 가능하고 강우간격 설정이 가능하다. 복잡한 관로 설정과 도시 구역에 강우로 발생하는 유출량과 배수관망에서 유출량 추적 및 저류량, 월류량 등을 산정가능하다.

국내 도시침수 모의관련 연구의 60 % 이상은 SWMM모형을 이용하고 있으며(Lee et al., 2022), Lee and Yeon(2008)은 XPSWMM모형을 이용 배수시설 부족과 외수위 상승으로 인한 침수해석을 수행하여, 건물의 영향이 고려된 시간대별 침수심, 침수면적을 산정하는 연구를 수행했다. Cho et al.(2011)은 2009년 부산 집중호우로 침수가 발생한 BEXCO 및 센텀시티 주변 침수사례를 대상으로 건물 및 도로가 2D 침수해석에 미치는 영향을 정량적으로 분석하여 도로 및 건물의 영향을 고려한 침수해석이 비교려한 경우 대비 19 % 이상의 침수적합도가 높다는 결과를 도출하였다. Lee et al.(2008)은 SWMM을 이용해 빈도별 홍수량을 산정하였으며, UNET 모형과 연계하여 홍수위를 산정하고 결과값을 3D 지형공간과 접목하여 침수지역 범위와 정도를 평가하였다.

2.2 GATE2018

GATE2018 모형은 농업진흥공사에서 중소규모 간척사업지구 배수감문 제원 결정을 목적으로 개발됐다. 시설물의 처리능력과 규모를 결정할 수 있으며, 강우 또는 유량에 의해 지구 내의 침수량과 침수형태를 분석하여 이에 적합한 시설물(배수문, 배수갑문, 배수장 등)을 계획하고 검토하는데 이용할 수 있다. 모형에 적용할 수 있는 구조물 및 시설물의 종류는 Sluice Gate, Flap Gate, Pump Gate, Box 암거, 원형 암거, 원형 잠관, 물넘이로 총 7가지가 있다.

Hwang et al.(2012)는 GATE2018을 이용하여 고정 및 임의시간 확률강우량에 따른 농경지 배수 영향을 분석하였다. Lee(2019)는 GATE2018을 이용하여 예보강우의 시간분포에 따른 데이터를 이용하여 시간대별 대상지역에 대한 침수 확률을 산정하였다.

기존 XPSWMM, GATE2018 모델 연구는 모델의 적용 및 사용중심의 연구였으며, 본 연구에서는 실제 현장에서 사용가능한 프로토타입 연구의 목적이 있다.

3. 침수분석 시뮬레이션 시스템 설계

3.1 CBD (Component Based Development) 개발 방법

소프트웨어 개발주기를 소프트웨어 공학에 적용한 방법으로 소프트웨어 개발을 위한 활동, 절차, 기법을 체계적으로 정리할 수 있는 CBD (Component Based Development) 방식을 이용하여 홍수대응 방제시설 프로그램 개발과 소프트웨어 생산성과 안정성 확보를 위해 소프트웨어 개발영역 등 다양한 분야에서 활용하는

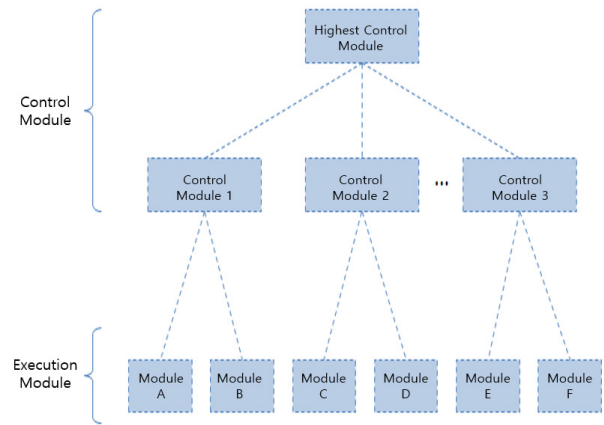


Fig. 2. Module Architecture

CBD 개발방법을 이용하였다. 컴포넌트 단위의 모듈(Module)을 조립하여 시스템을 구축하는 모듈 및 컴포넌트 조립 방식을 이용하였으며, 개발된 컴포넌트의 재사용성을 극대화할 수 있는 객체지향으로 개발하며, 프로그램 개발을 위해 모델을 선정하고 모형의 입력과 출력 모형의 배경, 사용자 인터페이스 및 데이터베이스를 정의하고 수행할 수 있는 개발 아키텍처를 제시하였다.

홍수대응 방제시설 프로그램은 대상지역의 침수 정보를 생산하기 위해 대용량의 데이터베이스와의 연결이 아닌 입력 파일 기반의 응용 프로그램으로 제시하며, 입력자료의 간소화를 통해 입출력 정보 생산을 위해 Stand-alone 방식으로 개발하였으며, 프로그램 이용자의 가독성과 편의성을 위해 모형의 입출력 정보 관리 기능은 화면에서 제어할 수 있도록 화면을 정의하고, 시스템 모듈은 모듈 간에 약한 결합이 가능하도록 하여 모듈의 재사용성을 높일 수 있도록 구현하였다. 프로그램의 기능은 모듈화를 통해 기능을 세분화하여 개발 생산성과 재사용성을 높여 유연하게 만들 수 있는 설계 기법을 적용하였다. Fig. 2는 프로토타입을 구성한 제어 및 실행모듈을 도식화한 그림이다.

3.2 데이터베이스 설계

홍수대응 방제시설 프로그램 구현에 필요한 정보를 저장하고 중복성을 제거하기 위해 기능 및 컴포넌트 간의 데이터 공유를 위해 데이터베이스를 활용하였다. 프로그램을 개발하기 위해 대용량 관계형 데이터베이스를 활용하지 않고 비교적 가벼운 파일 기반의 데이터베이스를 활용하며, 일반적인 데이터베이스 관리시스템에 비해 대규모 작업에는 적합하지 않지만, 홍수대응 방제시설 프로그램 규모에서의 처리속도는 가용 가능하다. 강우정보, 지역정보, GIS정보를 기반으로 유출입 분석을 통해 최종적으로 분석데이터를 도출한다. Fig. 3은 데이터베이스에 대한 개념적 설계안을 도식화한 그림이다.

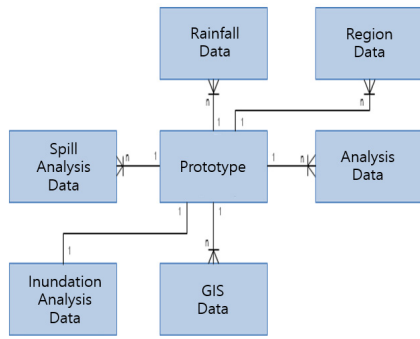


Fig. 3. Database Architecture

3.3 강우량 산정

강우현상은 기상 및 지형적인 자연요소에 따라 변화의 폭이 넓어 이를 정확하게 예측하거나 파악하기는 어렵다. 따라서 수문학적으로 이용되는 강우에 대한 해석은 해당 지점의 과거 관측자료를 바탕으로 통계학적인 기법을 이용하고 있으며, 확률강우량 또는 강우빈도 해석을 실시하고, 적합도 검정기법을 바탕으로 선정된 최적분포형의 지속시간별 확률강우량을 산정하였다.

3.3.1 임의시간 지속시간별 연최대강우량 산정

과거 설계강우량 산정 시 지속시간을 대표 지속시간 하나로 결정하였으나, 최근에는 침투홍수량 또는 저류용량을 최대로 하는 강우지속시간인 임계지속시간(Critical Duration) 개념이 도입되어 최대한 많은 지속시간의 강우량 자료를 수집이 필요하며, 본 프로토타입 개발 연구를 위해 청주기상지청과 천안기상대에서 각각 1967년과 1973년부터 관측된 강우자료를 바탕으로 지속시간별 최대강우량 자료를 이용하였다.

3.3.2 임의시간 지속시간별 연최대강우량 산정

강우강도식 산정에 필요한 지점 확률강우량은 임의시간 지점 확률강우량으로써, 산정된 지속시간별 고정시간 지점 확률강우량을 분단위의 임의시간 지점 확률강우량으로 변환하여 사용하여야 한다(MOLTMA, 2012). 이와 같이 고정시간 강우량 자료를 임의시간 강우량 자료로 변환하는 방법으로 고정시간-임의시간 환산계수를 활용하는 방안이 활용되고 있으며(MOCT, 1999), 환산계수와 이를 활용하여 도출된 회귀식은 Eq. (1)과 같다. 여기서, Y는 환산계수, X는 고정시간(hr)이다.

$$Y = 0.1346 * X^{-1.4170} + 1.0014 \quad (1)$$

임의시간에 대한 지속시간별 최대강우량은 시간 단위 강우 자료를 바탕으로 산정된 강우량의 고정시간에 대한 지속시간별 최대강우량에 고정시간-임의시간 환산계수를 적용하여 산정하였으며, 지속

시간 10분 및 60분 연최대강우량은 자료의 신뢰도 및 분석의 정확도를 높이기 위하여 10분 단위 강우 자료로부터 직접 산정하였다.

3.3.3 강우빈도 해석을 통한 확률강우량 산정

확률강우량은 행정안전부 산하 국립방재연구소에서 개발한 FARD2006 모형을 이용하여 산정하였다. 입력자료는 기상청 관할 청주, 천안 관측소의 지속시간별 강우기록에 대하여 임의시간 지속시간별 최대강우량을 적용하였으며, 각 관측소의 관측 기록을 바탕으로 고정시간 지속시간별 최대강우량을 산정하고, 이에 고정시간-임의시간 환산계수를 적용하여 최종적인 임의시간에 대한 최대강우량 산정하였다. 확률 가중 모멘트법을 활용하여 매개변수를 추정하였으며, 적합도 검정을 통해 Gumbel 분포에 의한 강우량을 확률강우량으로 산정하였다.

3.3.4 확률 강우강도식 유도

임계지속시간의 홍수유출분석을 위해서는 대상유역에 따라 10분 또는 15분 단위의 지속시간별 확률강우량 자료가 이용되며, 홍수 도달시간이 아주 짧은 소유역에서 유출분석을 실시할 경우 더 짧은 지속시간의 확률강우량이 이용된다. 지속시간별 확률강우량을 강우강도로 변환한 후 국내에서 보편적으로 사용되고 있는 Talbot, Sherman, Japanese, General 형의 4가지 유형에 대해 최소자승법으로 재현빈도별 강우강도-지속시간의 관계식을 구하였으며, 식은 다음 Eqs. (2)~(5)과 같다.

$$\text{Talbot 형} \quad I = \frac{a}{t+b} \quad (2)$$

$$\text{Sherman 형} \quad I = \frac{c}{(t+d)^e} \quad (3)$$

$$\text{Japanese 형} \quad I = \frac{f}{\sqrt{t+g}} \quad (4)$$

$$\text{General 형} \quad I = \frac{h}{t^i + j} \quad (5)$$

여기서, I는 강우강도(mm/hr), t는 강우지속시간(min), a, b, c, d, e, f, g, h, i, j는 지역상수이다.

3.3.5 면적확률강우량

강우가 발생하고, 호우의 중심으로부터 멀어질수록 강우량은 감소한다. 또한, 유역에 내린 총 강우량을 유역면적으로 나누어준 면적강우량을 통하여 유역 전체의 등가 우량깊이 추정이 가능하다. 이때, 유역의 면적이 증가함에 따라 면적강우량은 점점 작아지게 된다. 이처럼 강우의 공간분포 및 이동 등으로 인하여 유역 전체에 동일한 강우량을 기록하지는 못하므로 면적강우량은 지점강우량보

다 작아지게 된다. 따라서 본 연구에서는 확률강우량은 지점확률강우량과 면적확률강우량으로 구분되며, 유역면적이 25.9km² 이상에서 면적확률강우량을 적용했으며, 산정된 지점확률강우량에 면적우량환산계수(Areal Reduction Factor, ARF)를 곱하여 면적확률강우량을 산정하였다.

3.3.6 장단기 강우량

산정된 확률강우량은 시간분포를 통하여 설계홍수량 산정에 적용된다. 현재 주로 Huff 4분위법을 확률강우량 시간 분포에 적용한다. Huff 4분위법은 강우량의 시간적 분포를 나타내는 무차원 시간분포곡선에서 우량의 최대량이 강우 초기 1/4 구간에 위치한다면 1분위, 2/4 구간에 위치하면 2분위, 3/4 구간에 위치하면 3분위, 마지막 구간에 위치하면 4분위로 규정한다. Huff 4분위법 중 강우의 초기손실이 많은 1, 2분위는 확률강우량에 따른 홍수량이 낮게 산정된다. 설계홍수량의 과소 산정을 피하기 위하여 3분위법을 채택하여 적용한다(MOLTMA, 2012). 본 연구에서 적용되는 Huff 분위는 3분위이다.

장기 모의는 1년 이상의 강우 정보를 활용하여 일단위의 유출 모의를 적용할 수 있도록 하며 장기강우는 기상청에서 계측한 32년의 일강우 정보를 데이터베이스에 저장하고 사용자 또는 모델링 목적에 따라 1년단위의 강우량 정보를 이용한다. 장기 모의를 위한 강우자료는 기상청 기상자료 개방포털(KMA, 2022)의 69개소 관측지점, 1988년부터 2019년까지 32개년의 일 단위 강우량 자료를 이용한다. 본 연구에서 세부적인 강우 정보로는 동년 동월 동일의 평균풍속, 온도, 상대습도 자료를 수집하여 이용하였다.

3.4 프로그램의 입출력 설계

홍수대응 방재시설 프로그램에 입력되는 입력정보와 출력정보, 중간과정에 발생하는 분석 정보를 설계하고 사용자 측면에서는 침수 및 유출모의에 필요한 지형정보인 토양도, 토지이용도, 지점 정보

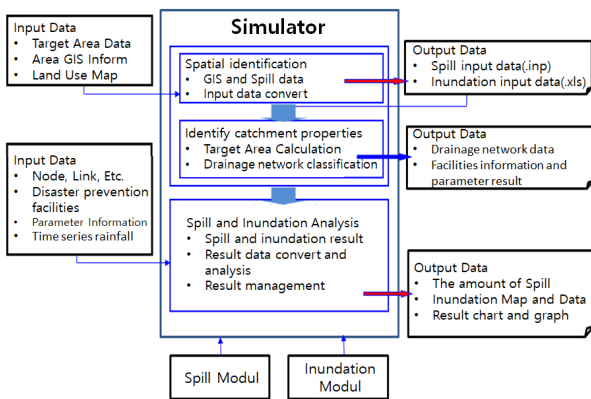


Fig. 4. I/O Design of Simulator

등을 입력하여 GIS에서 보여줄 수 있도록 한다. Fig. 4는 시뮬레이터로 입력되는 데이터와 출력되는 데이터를 도식화한 그림이다.

3.5 XPSWMM, GATE2018 모델 연계

대상 지역의 유출모의를 위해 1차원 관망해석을 수행하며, 관망자료와 지형자료를 기반으로 하여 2차원 침수해석을 수행한다. 지형 자료를 격자를 구성하여 도시지역 내의 흐름을 모의할 수 있는 TUFLOW 모듈을 기반으로 하여 XPSWMM의 결과인 .OUT 파일과 2D 분석의 결과정보를 활용하여 GIS 기반으로 침수 결과를 연계한다. Fig. 5는 XPSWMM 모델 연계 프로세스를 도식화한 그림이다.

대상지역의 침수해석을 GATE2018 프로그램을 통해서 수행하며, 필요한 입력 자료인 강우, 유출량, 지형 자료 등을 입력 받아서 입력자료로 활용한다. Fig. 6은 GATE2018 모델 연계 프로세스를 도식화한 그림이다.

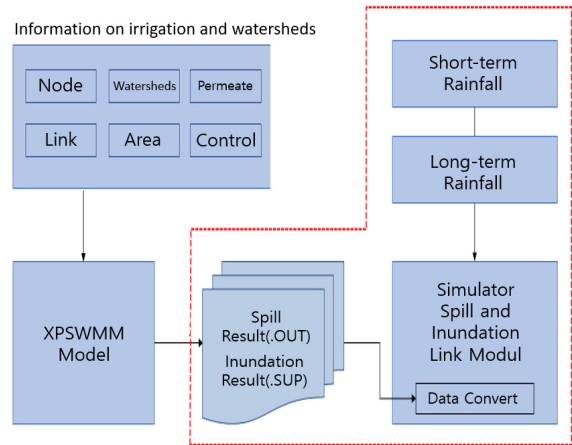


Fig. 5. XPSWMM Model Linkage Design

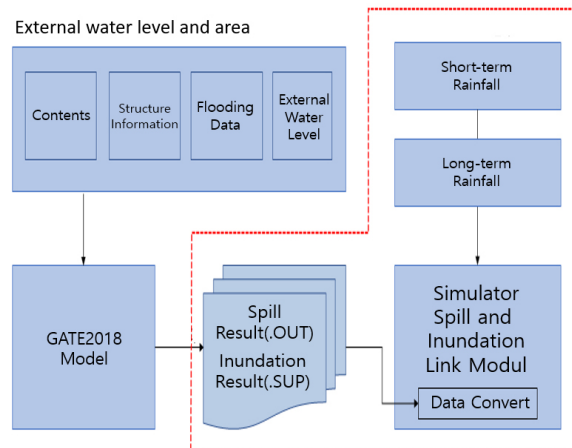


Fig. 6. GATE2018 Model Linkage Design

강우자료 입력을 위해서 기상청의 자료를 활용한 장단기 강우 데이터베이스를 활용하여 빈도별-지속시간별 강우강도를 활용한 단기강우, 예진 실시간 강우량 정보를 활용한다. 배수구역 정보를 입력하여 물의 흐름방향, 지표면 경사, 유입형태를 고려한 소유역을 결정한다. 유역 유출량 산정에 사용되는 강우-유출관계곡선 위해 수치토지피복도를 이용한다.

유역 유출량 산정에 사용되는 유역 특성인자 산정을 위하여 수치표고모형(DEM), 토양도(Soil), 토지피복도(Land Use) 자료를 연계하였으며, 토양도와 토지피복도를 활용하여 유출곡선지수 값을 산정하여 유역특성을 고려하고 대상지역의 토이이용에 대한 분석자료 연계하여 면적, 길이, 경사, 하천, 유출곡선지수 등의 유역의 특성 연계하였다. 대상 지구에 설치되는 배수시설물 또는 방재시설물에 대한 제원을 입력, 저장, 관리하여 배수에 필요한 유량계수값을 계산하여 연계하였다.

4. 프로토타입 구현

4.1 대상지역 선정

홍수대응 방재시설 프로그램의 기능적 요구사항은 대상지역의 유출 및 침수모의를 위하여 DEM, 침수흔적도, 토지이용도 등의 정보를 관리하고 각 모형의 입출력 정보를 생산하는 것이다. Fig. 7은 관리자 및 사용자 측면에서는 가독성과 가시성을 높이기 위해서 대상유역의 다양한 지형정보를 통해 모형의 입력자료를 생산하고 모형의 출력자료를 보여준다.

4.2 XPSWMM 및 GATE2018 분석

XPSWMM 및 GATE2018에서 제시하는 분석결과 정보를 입력하고 홍수대응 방재시설 시뮬레이터 UI 화면으로 출력한다.

Fig. 8은 XPSWMM, GATE2018 모의결과 출력화면이며, 대상지역의 유출모의결과(유출량, 수심), 침수모의결과(침수심, 침수지역), 결과 및 보고서 출력 및 GIS 기반의 모의결과 표출과

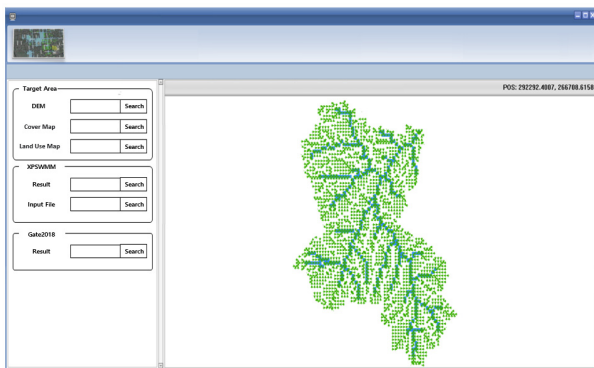


Fig. 7. Topographic Map of Target Area

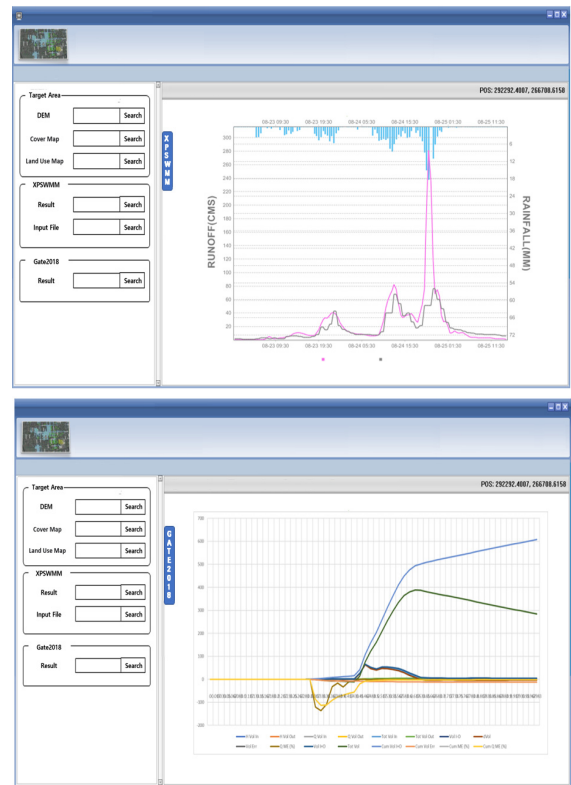


Fig. 8. XPSWMM (Up). GATE2018 (Down) Result

대상지역 분석 가능하다.

4.3 침수구역 시뮬레이션 결과

우수 관수·침수모델을 이용하여 청주시 월운천 일대의 저류조 설치 유무에 따른 내수침수를 분석하였다. 침수모의는 저류조 설치 전후로 강우발생 후 30분, 50분, 70분, 90분, 110분, 130분, 150분으로 모의하였으며, 침수면적, 침수심 등을 비교분석하였다.

Fig 9와 같이 저류조 설치 전과 후를 비교했을시 시간이 경과하면서 저류조 설치 전은 침수면적이 증가하는 반면, 설치후는 60분까지 증가하다 그 이후는 면적의 변화가 없는 것으로 모의 되었다. 침수면적의 차이는 최대 1,675㎡로 모의되었으며, 저류조 설치에 대한 침수저감은 있는 것으로 분석결과가 도출되었다.

5. 결론

본 연구의 목적은 침수피해 예방을 위한 홍수대응 방재시설 시뮬레이터 프로토타입 개발이다. 침수피해를 예방하기 위해서는 강우예보를 통한 시강우데이터를 통해서 선제적인 침수분석 모의 결과를 도출하고 즉각적인 의사결정을 통해 홍수대응 방재시설의 활용과 관리를 통한 예방이 필요하다. XPSWMM, GATE2018과 같은 유출 및 침수모델을 이용하는 방법은 전문적인 사용능력과

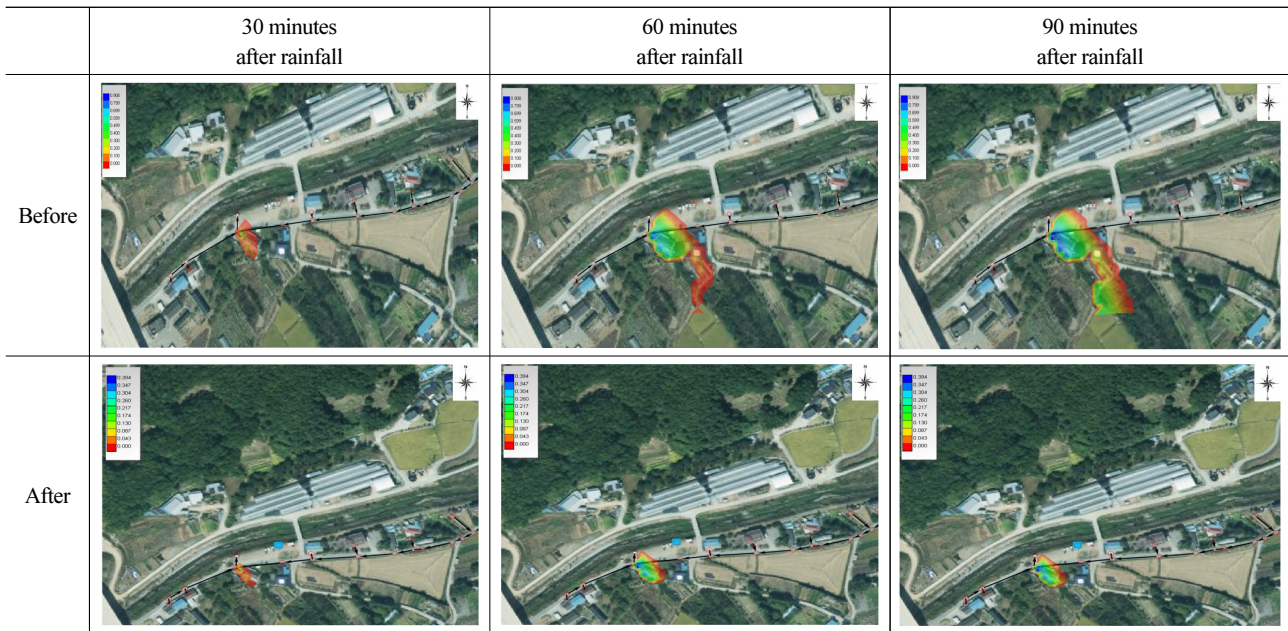


Fig. 9. Simulation Results of Flooded Area

복잡한 분석절차로 사용에 대한 한계성이 존재하기 때문에 홍수대응 방재시설 시뮬레이터 프로토타입 개발을 통해서 관리자 및 사용자 중심의 인터페이스를 구성하고 GIS데이터 및 가시적 데이터(그래프, 차트 등)를 제공하여 즉각적이고 선제적인 국지성 집중호우 침수대응을 위한 시뮬레이터 개발을 위한 프로토타입을 개발하였다.

개발된 프로토타입 구현을 통해서 입력자료와 출력자료의 DB구조 적합성을 확인하였으며, 과거강우 데이터 및 방재시설 정보를 이용하여 프로토타입 구현을 통해 결과값을 도출하였다. 프로토타입을 통해 도출된 결과값은 XPSWMM 및 GATE2018 침수모의결과와 같으며, 관리자 및 사용자 중심의 DB구조와 UI를 이용하여 지속적인 침수모의 결과 도출을 위한 틀로 활용이 가능하다.

감사의 글

이 논문은 충북대학교 국립대학육성사업(2022)지원을 받아 작성되었음.

References

Cho, W. H., Han, K. Y., Hwang, T. J. and Son, A. L. (2011). "2-D Inundation analysis in urban area considering building and road." *Journal of The Korean Society of Hazard Mitigation*, Vol. 11, No. 5, pp. 159-168 (in Korean).
 Collins, B., Balmforth, D., Rooke, D., Scott, J., Wilkinson, M.,

Davies, P. and Fox, T. (2011). *Infrastructure, engineering and climate change adaptation: Ensuring services in an uncertain future*, Royal Academy of Engineering, London, UK.
 Hwang, D. J., Kim, B. G. and Shim, J. G. (2012). "Analysis of the effects of cropland drainage by selection of fixed and random rainfall." *Korean Journal of Irrigation and Drainage*, Vol. 19, No. 1, pp. 64-76 (in Korean).
 Intergovernmental Panel On Climate Change (IPCC) (2021). *IPCC sixth assessment report: Climate change*.
 Kim, G. Y., Byeon, S. S., Jang, S. Y. and Bae, M. G. (2020). *Current status and trends of heavy rain damage in chungbuk*, Chungbuk FOCUS, pp. 1-28 (in Korean).
 Korea Meteorological Administration (KMA) (2016). *Annual climatological report* (in Korean).
 Korea Meteorological Administration (KMA) (2017). *Annual climatological report* (in Korean).
 Korea Meteorological Administration (KMA) (2020). *Annual climatological report* (in Korean).
 Korea Meteorological Administration (KMA) (2022). *Precipitation analysis zone*. Available at: <https://data.kma.go.kr/stcs/grnd/grndRnList.do?pgmNo=69> (Accessed: October 20, 2022).
 Lee, H. J. (2019). *Calculation of farmland flooding probability according to the time distribution of forecast rainfall*, Doctoral Dissertation, Graduate School of Seoul National University (in Korean).
 Lee, J. H. and Yeon, K. S. (2008). "Flood inundation analysis using XP-SWMM model in urban area." *Journal of The Korean Society of Hazard Mitigation*, Vol. 8, No. 5, pp. 155-161 (in Korean).
 Lee, J. M., Lee, S. H. and Kang, T. U. (2008). "Inundation analysis on the region of lower elevation of a new port by using SWMM5

and UNET model - Yongwon-dong, Jinhae-si.” *Journal of Korean Society on Water Environment*, Vol. 24, No. 4, pp. 442-451 (in Korean).

Lee, S. S., Kim, B. M., Choi, H. J. and Noh, S. J. (2022). “A review on urban inundation modeling research in South Korea: 2001-2022.” *Journal of Korea Water Resources Association*, KWRA, Vol. 55. No. 10, pp. 707-721. DOI: <https://doi.org/10.3741/JKWRA.2022.55.10.707> (in Korean).

Ministry of Construction, & Transportation (MOCT) (1999). *Year water resources management technique development research report*, Vol. 1, Korean Probable Rainfall Map (in Korean).

Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs (MOLTMA) (2012). *Design flood estimation tips*.