

건물영향을 고려한 DEM기반 Dual-Drainage 도시침수해석

DEM based Dual-Drainage Urban Inundation Analysis Model

Considering Building Effect

이창희*, 한건연**

Chang Hee Lee, Kun Yeun Han

요지

건물영향을 고려한 DEM기반 Dual-Drainage 도시침수해석모형은 배수시스템 해석 모형인 SWMM모형과 도시침수해석 모형인 DEM 기반 침수해석모형(이창희 등, 2006b)을 통합하고, 두 모형간의 유량의 전송과정을 수리학적 관계를 고려한 Dual-Drainage 도시침수해석모형(이창희 등, 2006c)에서 건물의 영향을 고려할 수 있도록 개발된 모형이다. 수치지도로부터 대상유역의 건물 데이터를 추출할 경우 이들 건물들은 매우 복잡하게 배치되어 있으므로 건물 모두를 다 고려하는 격자를 구성하는 것은 어려운 일이다. 그러므로, 건물들이 셀 내에 차지하는 비율을 구하여 침수지역 해석에 이용되었다. 본 모형을 통해 건물에 의한 점유면적 및 흐름의 방해 등으로 인하여 침수심 및 침수범위의 변화를 고려할 수 있으며, 건물 영향으로 인한 침수해석을 통해 침수유량의 도달 시간 및 시간별 침수범위를 보다 정확히 예측할 수 있다. 홍수 기간동안 지표침수유량 및 시간별 배수과정을 분석하여 범람수심 및 범람지역을 주요 시간대별로 계산하였고, 실측치인 침수흔적도와 비교함으로써 모형의 적용성을 검증하였다. 본 연구에서 개발된 침수해석 모형을 이용하여 최고침수위와 최고침수범위를 비교적 단시간에 효율적으로 계산함으로써 홍수피해와 투자액을 감안한 경제적인 배수시설의 결정을 위한 기본자료로 활용될 수 있으며, 국가 중요 시설물의 입지 선정, 주민의 보호 및 이동 등을 포함한 홍수피해의 판단자료로 이용될 수 있다.

핵심용어 : 건물영향, Dual-Drainage, SWMM, 배수시스템

1. 서 론

도시지역에서 지표류 해석시 홍수유량이 전파될 때의 흐름은 건물의 영향을 받게 된다. 따라서, 건물의 영향은 도시지역의 홍수 범람해석에서 중요한 부분이 된다. 본 연구에서는 배수시스템 해석 모형인 SWMM 모형과 도시침수해석 모형인 DEM 기반 침수해석모형(이창희 등, 2006a)을 통합하고, 두 모형간의 유량의 전송과정을 수리학적 관계를 고려한 Dual-Drainage 도시침수해석모형(이창희 등, 2006b)을 수정하여 건물의 영향을 고려할 수 있도록 하였다. 본 모형의 적용을 위한 대상 배수구역으로는 과거 침수 기록이 있는 지역으로서 유수지의 수위 상승 및 관거용량 부족에 의한 침수가 빈번히 발생한 도립 배수구역에 대해서 적용하였다. 본 모형의 개발로 침수상황의 시간별 진행과정을 분석함으로써 도시홍수에 대한 침수위험지점 파악 및 주민대피지도 구축 등에 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구에서 적용된 기본가정은 다음과 같다.

- ① 각 배수구역의 배수시스템은 주요간선으로 구축되었고, 각 소유역의 유출량은 주요 간선에 위치한 맨홀로 유입되는 것으로 가정하였다.
- ② 도시지역 침수 모의과정에서 침수는 배수시스템의 맨홀에서 월류가 발생하면서 시작되고, 월류가 발생하는 맨홀에서부터 침수유량이 전파되어 가는 것으로 가정하였다.

* 정회원·서울시정개발연구원 디지털도시부 초빙부연구위원 E-mail : changhee@sdi.re.kr

** 정회원·경북대학교 토목공학과 교수 E-mail : kshanj@knu.ac.kr

③ 건물의 영향에 대해서는 건물내로의 물의 유입, 건물의 방향성과 밀집도에 대한 영향에 대한 고려는 하지 않았고 건물이 차지하는 점유면적을 이용한 침수과정이 모의되었다.

2. 모형의 기본 이론 및 개요

본 연구에서는 Dual-Drainage 도시침수해석모형(이창희 등, 2006b)을 이용하였고, 건물의 영향을 반영할 수 있도록 모형을 수정하였다. Dual-Drainage 도시침수해석모형은 1차원 배수시스템 해석모형과 2차원 지표 침수해석모형이 통합된 도시침수해석모형이며, 배수시스템에서의 범람유량을 산정하고 이로 인한 지표면 침수 해석을 실시한다. 지표 침수 유량 중 일부는 월류가 발생하지 않는 유입구 지점을 통과할 때 다시 배수시스템으로 유입되는 것을 고려함으로써 재유입되는 양을 산정하고 유입된 유량은 배수시스템 내의 흐름에 반영된다. 모형의 구성은 다음과 같으며, 그림 1은 Dual-Drainage 도시침수해석 모형의 개념도이며, 그림 2는 배수시스템 유입구 지점에서의 침수심의 변화를 보여준다.

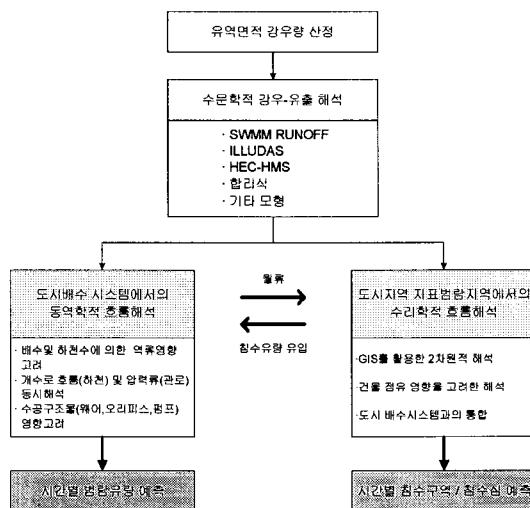


그림 1. Dual-Drainage 침수해석 모형의 구성도

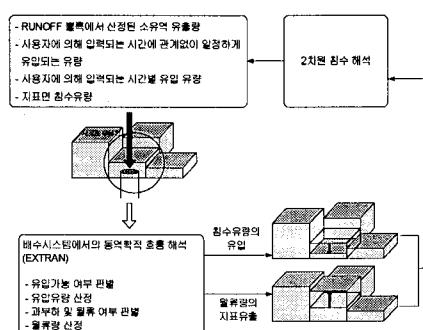


그림 2. 배수시스템 유입구 지점에서의 침수심의 변화

2차원 침수해석을 위한 기본 방정식을 x, y 방향 성분으로 기술하면 연속방정식과 운동방정식은 식 (1) ~(3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{\partial d}{\partial t} + \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} = e \quad (1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = g(S_{ox} - S_{fx} - \frac{\partial d}{\partial x}) \quad (2)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = g(S_{oy} - S_{fy} - \frac{\partial d}{\partial y}) \quad (3)$$

여기서, d 는 지표면 수심, q_x, q_y 는 x, y 방향에 대한 단위폭당 유량, u, v 는 x, y 방향의 평균 속도, S_{ox}, S_{oy} 는 x, y 방향의 바닥경사, S_{fx}, S_{fy} 는 x, y 방향의 마찰경사, t 는 시간, g 는 중력에 의한 가속, e 는 단위면적당 생성량 혹은 소멸량 이다.

도시지역에서 지표류 해석시 그림 3과 같이 홍수유량이 전달될 때 흐름은 건물의 영향을 받게 된다. 따라서, 건물의 영향은 도시지역의 홍수 범람해석에서 중요한 부분이 된다. 본 연구에서는 건물영향을 고려하기 위해서 건물영향인자를 고려한 식 (4)를 이용하였다.(Hsu 등, 2000).

$$\frac{\partial d}{\partial t} + \frac{\partial [(1-\beta) q_x]}{\partial x} + \frac{\partial [(1-\beta) q_y]}{\partial y} = e \quad (4)$$

여기서, β 는 총면적에 대한 건물면적에 대한 선형비 ($\sqrt{A_b/A}$)를 나타내는 역류비이며, A_b 는 격자내 건물의 총 면적, A 는 격자의 면적이다.

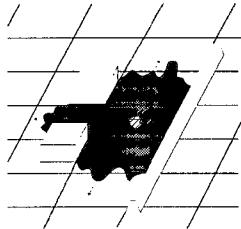


그림 3. 침수유량의 전파과정에 있어서의 건물의 영향

3. 모형의 적용

본 모형의 적용을 위한 대상 배수구역으로는 과거 침수 기록이 있는 지역으로서 유수지의 수위 상승 및 관거용량 부족에 의한 침수가 빈번히 발생한 도립 배수구역에 대해서 적용하였다. 건물의 영향을 검토하기 위해 수치지도로부터 대상유역의 건물 데이터를 그림 4와 같이 추출하였다. 그림 4(a)에서와 보는 바와 같이 매우 복잡하게 배치되어 있는 건물 모두를 다 고려하는 격자를 구성하는 것은 어려운 일이다. 이러한 문제 해결을 위해서 셀 내에 건물로 인한 양률비 β 를 그림 4(b)와 같이 구하여 식 (9)에 의한 침수지역 해석에 이용되었다. 건물 영향을 고려하여 도시침수해석을 수행한 적용 결과는 그림 5와 같다.



(a) 건물배치 (b) 건물 억류비
그림 4. 건물배치 및 건물 면적비

그림 6은 각 유역에 대해서 건물 영향을 고려하지 않는 경우와 고려한 경우에 대해서 침수면적을 시간별로 나타낸 그램이며, 표 1은 최대침수심의 변화량을 나타낸다. 그림 6에서 나타나듯이 건물영향으로 인하여 침수발생 초기 0.5m 이하 침수심을 가지는 면적차이가 다소 발생되며, 건물 영향에 의해 침수면적이 증가됨을 알 수 있다.

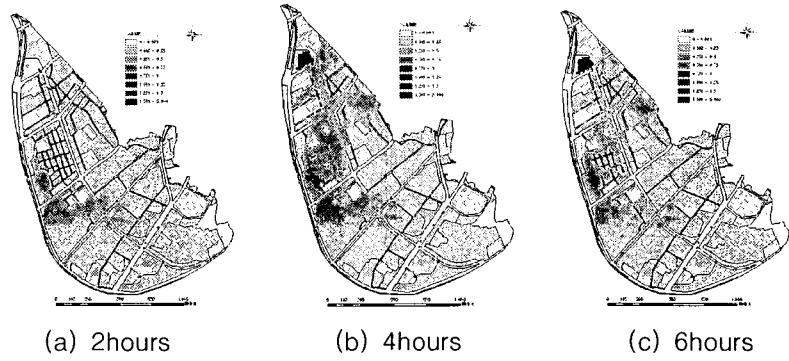
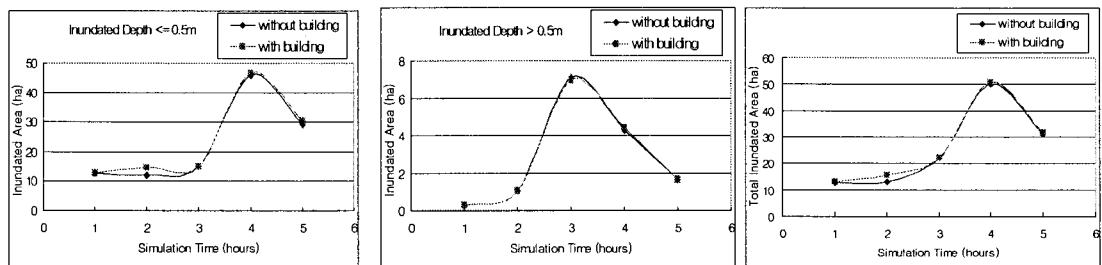


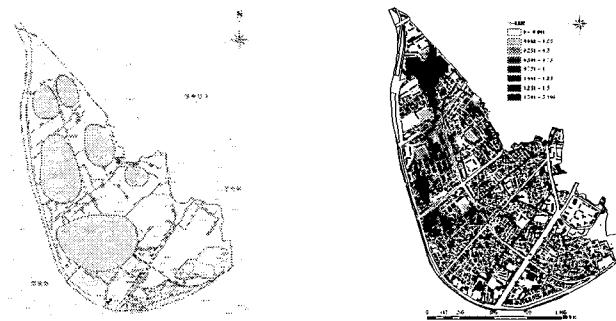
그림 5. 범람해석 결과



(c) For Inundation depth $\leq 0.5\text{m}$ (d) For Inundation depth $> 0.5\text{m}$ (e) Total Inundation Area

그림 6. 건물영향에 의한 침수지역의 영향

호우기간 동안 시간별 침수지역과 침수심에 대한 정확한 기록이 없으므로, 그림 7(a)와 같이 홍수가 끝난 후 작성된 홍수흔적도를 이용하여 모의결과인 그림 7(b)와 비교하였다. 홍수 후 조사를 통해 구축된 침수흔적도와 겸증되기 때문에 시간별 침수범위 및 침수심 변화에 대한 비교는 할 수 없었고, 최대 침수범위에 대해서만 비교되었다. 모의결과는 침수흔적도에서 호우시의 도로변의 침수상황이 표시되어 있지 않으므로 이를 감안하면 모의 결과가 잘 일치하는 것으로 볼 수 있다.



(a) 침수흔적도

(b) 모의된 최대 침수지역

그림 7. 침수흔적도와 모의결과와의 비교

4. 결 론

본 연구는 도시침수해석 모형 개발에 관한 연구로써 본 연구의 주요 연구결과는 다음과 같다.

- (1) 본 연구에서는 배수시스템 해석 모형과 도시침수해석 모형간의 유량의 전송과정의 수리학적 관계를 고려 하며, 건물의 영향을 고려할 수 있는 도시침수해석모형을 개발하였다. 본 연구모형을 도림 배수구역에서 2001년 7월 홍수에 대해서 적용하였다. 홍수 기간동안 지표침수유량 및 시간별 배수과정을 분석하여 2차원 범람양상에 대한 범람수심 및 범람지역을 주요 시간대별로 계산하였고, 실측치인 침수흔적도와 비교함으로써 모형의 적용성을 검증하였다.
- (2) 건물에 의한 점유면적 및 흐름의 방해 등으로 인하여 침수심 및 침수범위의 변화를 확인할 수 있었다. 건물 영향으로 인한 침수해석을 통해 침수유량의 도달 시간 및 시간별 침수범위를 보다 정확히 예측할 수 있을 것으로 판단된다.
- (3) 본 연구에서 개발된 침수해석 모형을 이용하여 최고침수위와 최고침수범위를 비교적 단시간에 효율적으로 계산함으로써 홍수피해와 투자액을 감안한 경제적인 배수시설의 결정을 위한 기본자료로 활용될 수 있으며, 국가 중요 시설물의 입지 선정, 주민의 보호 및 이동 등을 포함한 홍수피해의 판단자료로 이용될 수 있다.

감 사 의 글

이 연구는 소방방재청 자연재해저감기술개발사업(내배수 침수재해 저감기술 개발) 연구비 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 이창희, 한건연, 최규현 (2006a). "SWMM을 연계한 DEM기반의 도시침수해석 모형." *한국수자원학회 논문집*, 한국수자원학회, 제39권, 제5호, pp. 383-394.
- 이창희, 한건연, 최규현 (2006b). "Dual-Drainage 개념에 의한 도시침수해석모형의 개발." *대한토목학회 논문집*, 대한토목학회, 제26권, 제4B호, pp. 379-387.
- Hsu, M.H., Chen, S.H. and Chang, T.J. (2000). "Inundation simulation for urban drainage basin with storm sewer system." *Journal of Hydrology*, Vol. 234, pp. 21-37.
- Huber, W.C. and Dickinson, R.E. (1988). *Storm Water Management Model. User's Manual Ver. IV*, U.S. EPA.
- James, W., Robert, W. and James, C. (1999a). *Water systems models Hydrology*, Comutational Hydraulics Int., Ontario, Canada.
- James, W., Robert, W. and James, C. (1999b). *Water systems models Hydraulics*, Comutational Hydraulics Int., Ontario, Canada.
- Roesner, L.A., Aldrich, J.A. and Dickinson, R.E. (1988). *Strom Water Management Model User's Manual Version 4 : Extran Addendum*, U.S. EPA.