

GIS를 이용한 도시지역 침수심 산정 방안에 관한 연구

A study on the Analyzing Inundation depth in Urban Area by Using GIS

이창희*, 신상영**, 여창건***, 이양재****

Chang Hee Lee, Sang Young Shin, Chang Geon Yeo, Yang Jae Lee

요 지

도시지역은 인구, 건축물 등이 많이 밀집되어 홍수가 발생하였을 때의 인명 및 재산피해에 대한 잠재적인 위험이 매우 크다 할 수 있다. 도시지역 홍수피해 정도는 침수심에 따라 크게 좌우된다. 침수심이 얕은 경우에는 지하실 및 빈 공간으로 유입되어 피해를 발생시키고, 침수심이 높아짐에 따라 건축 구조물적 피해뿐만 아니라 전기 시설, 전자 제품, 부엌 시설, 가구, 개인용품 등에 대한 피해가 현저하게 증가한다. 그러므로 침수 피해를 방지하고 경감하기 위해서는 어느 지역에 얼마나 침수가 발생하는지를 분석해야 한다. 본 연구에서는 GIS를 이용한 침수심 산정 방안으로 다음 사항에 대해서 검토하고자 하며, 각각의 장단점과 지역 상황별 침수심 산정방안을 제시하고자 한다. 본 연구과정에서 제시된 침수심을 산정하기 위한 방법은 향후 도시 지역에서의 배수 시설의 설계 및 운영의 문제, 침수 예상도의 작성 및 각종 홍수 예경보 수립에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

핵심용어 : 침수심, GIS, 홍수피해, 도시지역

1. 서 론

최근에는 도시지역에서 국지적·집중적인 호우로 인한 수해가 빈번히 발생하고 있다. 도시지역은 인구, 건축물 등이 많이 밀집되어 홍수가 발생하였을 때의 인명 및 재산피해에 대한 잠재적인 위험이 매우 크다 할 수 있다. 도심지역에는 도로, 지하철, 교량 등이 복잡하게 설치되어 있고, 이를 시설물의 침수는 운송 시스템의 기능에 문제를 일으키게 되어 도시의 산업과 기능을 마비시킬 수 있다. 도시의 고도화로 지하공간 활용의 증가는 침수시 다수의 인명 피해를 발생시킬 수 있다. 또한, 대도시의 침수는 기존 시설물 및 재산 피해 뿐 아니라 장래 생산성에 있어서도 막대한 경제적 손실이 예상된다. 특히, 1시간에 75mm, 100mm를 초과하는 국지적인 호우가 자주 관측되어 단시간 집중형 호우에 대한 대책이 요구되고 있다.

도시지역 홍수피해 정도는 침수심에 따라 크게 좌우된다. 침수심이 얕은 경우에는 지하실 및 빈 공간으로 유입되어 피해를 발생시키고, 침수심이 높아짐에 따라 건축 구조물적 피해뿐만 아니라 전기 시설, 전자 제품, 부엌 시설, 가구, 개인용품 등에 대한 피해가 현저하게 증가한다. 그러므로 침수 피해를 방지하고 경감하기 위해서는 어느 지역에 얼마나 침수가 발생하는지를 분석해야 한다.

본 연구에서는 GIS를 이용한 침수심 산정 방안으로 다음 사항에 대해서 검토하고자 하며, 각각의 장단점과 지역 상황별 침수심 산정방안을 제시하고자 한다.

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

** 정회원·서울시정개발연구원 디지털도시부 연구위원 E-mail : syshin@sdi.re.kr

*** 정회원·서울시정개발연구원 디지털도시부 연구원 E-mail : cgyeo@sdi.re.kr

****정회원·서울시정개발연구원 디지털도시부 연구원 E-mail : yj_lee@sdi.re.kr

- 과거 작성된 침수흔적도를 이용한 침수심 추정 방안
- 하천 수위를 이용한 침수심 추정 방안
- 시나리오 분석에 의한 예상 침수심 추정 방안

본 연구과정에서 제시된 침수심을 산정하기 위한 방법은 향후 도시지역에서의 배수 시설의 설계 및 운영의 문제, 침수 예상도의 작성 및 각종 홍수 예경보 수립에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

2. 침수취약 지점 및 침수위 산정방안

2.1 침수흔적도를 이용하는 방안

홍수원인을 분석하고, 홍수 대책 수립에 활용하기 위해 홍수 발생 후 침수 지역에 대한 조사가 이루어지며 이와 함께 침수흔적도가 구축된다. 그러나, 홍수는 전국적으로 불특정 지역에서 광범위하게 발생되고 있어 모든 침수지점에 대한 침수 흔적도를 구축하기가 어려운 상황이다. 또한, 침수흔적도의 작성은 홍수가 지난간 뒤에 이루어지므로 정확한 침수범위와 침수심을 기록하기에는 한계가 있다. 실제로 기 구축된 대부분의 침수흔적도의 경우 침수범위 이외에 침수심 등을 파악하기 어려운 곳이 많다.

침수범위만 표시되어 있는 침수흔적도를 이용하여 침수위를 간접 추정하기 위해서 우선 침수구역을 소구역으로 구분하고 소구역 경계선의 표고점을 추출하고, 경계선의 표고점을 이용하여 소구역 내부의 침수위를 추정하여 산정한다. 여기서, 침수구역을 소구역을 나누는 이유는 다음과 같다. 소구역 경계선 표고값의 최대값을 이용하여 침수심을 추출할 경우 그림 1(a)와 같이 계산되므로 그림 1(b)와 같이 수표면 기울기를 고려하지 못하기 때문에 침수심이 과다 계산될 수가 있기 때문이다. 따라서, 그림 1(a)의 문제를 해결하기 위해서서 침수흔적도상의 침수지역을 몇 개의 소구역으로 나누어 각각의 소구역마다 그림과 같은 과정을 거쳐 침수위를 산정해야 한다. 그럼 1(a)와 같은 문제를 해결하기 위해 그림 1(c)와 같이 경계선 표고값들에 대한 평균 값을 이용하는 등의 수정된 방안을 고려 될 수도 있다.

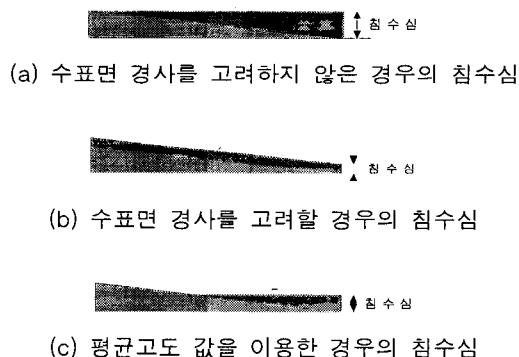


그림 1. 침수흔적도를 이용한 침수위 추정 시 주의 사항

2.2 하천홍수위를 이용하는 방안

하천과 인접한 지역 중 하천 홍수위보다 낮은 지역은 제방에 의해 보호를 받게 된다. 불투수층의 증가와 하천의 침전화로 인하여 고지대에서 흘러나온 유량은 저지대로 짧은 시간에 유입되어 저지대의 첨두홍수량이 크게 나타날 수 있다. 이때 배수시설의 설계 용량을 넘어서는 첨두홍수량이 유입되거나 하천수위의 상승으로 하수역류가 발생하여 저지대 침수 피해가 빈번히 발생하게 된다. 그러므로, 하천과 인접한 저지대인 경우 하천인접과 저지대 지형 특성에 맞는 수방기준을 마련하여야 한다. 하천 홍수위보다 낮은 저지대인 경우 비록 하천 범람이 발생하지 않았다고 해도 잠재적인 홍수 위험이 있으며, 2007년 서울 양평동에서 발생한 공사장 제방 붕괴는 그 대표적인 사례라 할 수 있다. 하천홍수위를 이용하여 침수위를 추정하기 위해서 우선 하천에 대한 홍수위 해석이 수행되어지며, 홍수위 해석 결과를 바탕으로 하천 인접지역의 침수위험지역과 침수위를 추정할 수 있다.

2.3 시나리오 분석에 의한 예상 침수심 추정 방안

서울시를 비롯하여 도시지역의 침수피해는 하천범람에 의한 외수침수보다는 내수배제가 제대로 이루어지지 못해 발생하는 내수침수가 주된 원인이다. 내수침수피해는 하수관거, 배수시설 등의 용량부족으로 발생하지만, 수방시설에 대한 적극적인 투자를 통해 충분한 처리용량을 갖추었다고 하더라도, 국지성 돌발강우는 빈번히 설계용량을 초과하기 때문에 하수역류 등 침수피해를 방지하는데 어려움이 있는 실정이다. 따라서 이러한 설계강우를 초과하는 국지성 돌발강우에 대비하여 국지성 돌발강우에 대한 수리·수문학적 분석을 통해 침수지역을 예측하여 지역적 특수성을 반영한 강우기준을 설정하고, 이를 기초로 하여 주민대피체계를 수립하는 것이 필요하다. 이에 본 장에서는 도시지역의 내수침수를 중심으로 국지성 돌발홍수에 따른 하수관거 통수능력을 분석하고, 배수시설을 월류한 경우의 침수예상지역을 분석하는 방안에 대하여 정리하고자 한다.

2.3.1 과부하 유량의 산정

도시지역 강우-유출 해석을 위한 대표적인 모형으로 ILLUDAS, STORM 및 SWMM을 들 수 있다. 본 차제에서는 하수관거의 통수능력을 평가하고 침수예상지역을 분석하기 위한 수문모형으로써 배수관로의 흐름추적시 관로내 저류 및 초과용량(surcharge) 예측, 평가가 가능한 SWMM(XP-SWMM) 모형을 선정하였다.

2.3.2 지표 침수해석

지표면 침수지역 침수지역과 침수심은 대표적인 GIS툴인 ESRI사의 ArcView를 사용하였으며 배수시스템에서의 월류유량을 지반고에 따라 저지대부터 채우는 방법을 이용하였다. 배수관거의 한 지점에서 월류가 발생할 경우 발생한 월류는 주변의 저지대로 흐르게 된다. 월류지점 주변의 저지대는 지반고가 낮은 지역부터 침수가 발생한다. 아울러 침수심이 증가할수록 침수면적은 증가하게 된다.

3. 대상 유역 현황

3.1 사당동 지역 하천현황

사당동을 가로지르는 지르는 사당천은 지방2급 하천으로 한강의 제2지류로서 동경 $126^{\circ} 45'55'' \sim 127^{\circ} 11'06''$, 북위 $37^{\circ} 32'' \sim 37^{\circ} 41'55''$ 사이에 위치하고 있으며, 사당천은 관악산과 우면산에서 발원하여 반포천으로 유입한 후, 한강으로 흘러 들어가는 반포천의 지류로서 반포천 하구로부터 약 0.7km지점 좌안으로 합류한다. 사당천의 유로는 남쪽에서 북쪽으로 곧바로 뻗어 있고, 유역면적은 13.70km², 유로연장은 7.47km이고, 하상경사는 하류 1/450, 중류 1/70, 상류 1/50으로서 상류의 일부를 제외하고는 거의 전구간이 복개되어 있는 도시하천이다.

3.2 과거 침수피해 현황

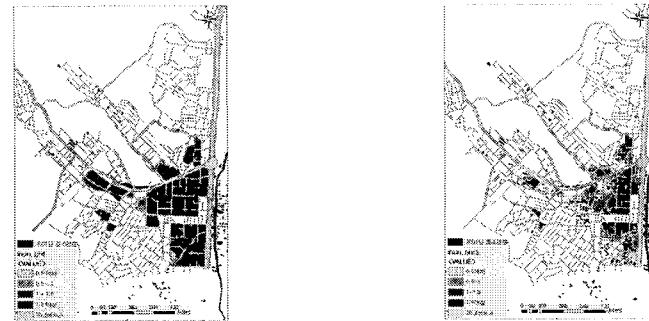
사당동이 속한 동작구의 경우 '98, '01, '03의 3년간 침수피해가 크게 발생하였고, 이 중 2000년에 가장 피해가 심하게 발생하였다. 주요 침수원인으로는 지하주택 하수역류로 인한 내수침수와 설계강우를 초과한 집중호우에 의한 배수불량으로 인한 피해가 주요원인이며, 사당 1, 2동은 설계강우를 초과한 집중호우로 인한 저지대 침수와 순간적인 집중호우시 노면배수불량으로 우수 유입에 의한 피해가 주요 원인이었다.

4. 적용 예

4.1 침수흔적도를 이용하는 방안

가장 피해가 심했던 2001년의 침수흔적도 자료를 바탕으로 침수위를 산정한 결과는 그림 2와 같다. 그림 2(a)와 같이 소구역 경계선 표고값의 최대값을 이용하여 추정한 결과이고, 그림 2(b)는 소구역 경계선 표고값들에 대한 평균고도값을 이용한 결과이다. 급격한 표고 차가 발생하는 지점에 대해서는 두 방법에 대한 차

이가 크게 나타나므로, 두 방법 중 합리적인 침수심을 추정하기 위해서는 하천홍수위에 의한 피해예상지점 분석 혹은 강우-유출 해석을 바탕으로 한 결과를 병행해야 할 것으로 판단된다. 그러나, 침수흔적도를 이용하여 침수심을 간접 추정함으로써 각 지점별 홍수 대책 마련의 참고자료로 활용될 수 있다.

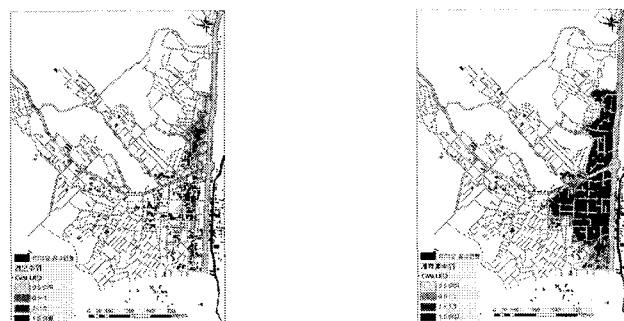


(a) 표고값의 최대값을 이용한 경우 (b) 평균고도값을 이용한 경우

그림 2. 침수흔적도를 이용하여 침수심을 추정한 예

4.2 하천홍수위를 이용하는 방안

수위를 계획홍수위, 주위보수위 및 경보수위 등 수위단계별로 구분하여 각 수위별 침수위험지역을 분석하였다. 수문자료 및 홍수량 자료는 사당천 하천정비기본계획의 계획홍수량 자료(2004년)를 이용하였고, 사당천 각 단면에 대해 HEC-RAS를 이용하여 계획홍수위, 경보수위를 계산하였다. 각 하천 횡단면별 계산 결과를 이용하여 IDW(Inverse Distance Weight)에 의해 각 홍수위에 대해 침수위험 분석을 실시하였고, 그 결과는 그림 3과 같다. 사당천의 경우 계획홍수위에 대해서 상당히 많은 지역들이 침수위험이 높은 것으로 나타났고, 침수흔적도와 비교·검토한 결과 대부분 지역들이 실제 상습침수지역과 상당히 일치하고 있었다. 침수위험지역은 성토, 건축물 필로티 증축, 제방강화와 같은 대책을 통해 홍수에 대비해야 할 것으로 판단되나, 일부지역은 계획홍수위보다 1.5m이상 아래에 위치하는 등 상당한 저지대 지역으로 확인되어 이 지역에 대한 집중적인 관심과 다양한 대책이 필요할 것으로 판단된다.



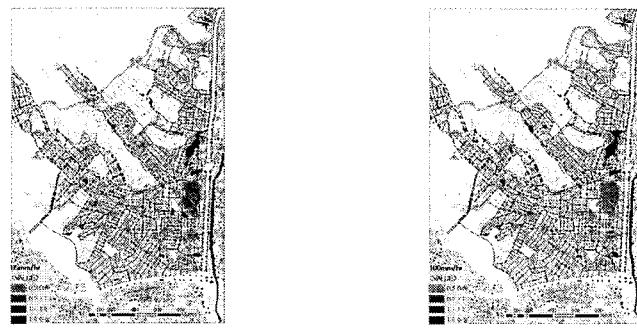
(a) 경보수위 (b) 계획홍수위

그림 3. 하천홍수위를 이용하여 침수심을 추정한 예

4.3 시나리오별 강우-유출-범람 해석결과를 이용하는 방안

2001년 침수에 대한 검증자료를 바탕으로 다음 조건에 따른 침수예상도 및 침수위를 산정하였다. 하천 경계조건으로 사당천의 수위를 지정홍수위(계획홍수량의 20%에 해당하는 유량이 흐를 때 수위), 주의보수위, 경보수위 및 만수위로 구분하여 설정하였고, 강우조건은 40 mm/hr 부터 점차 강우강도를 증가시켜 적용하

였다. 강우지속기간은 2시간으로 설정하였고, 강우별 하천수위조건을 설정하기 위해서 강우별로 유출량을 산정한 후 이를 기준으로 각 배수지점에서의 홍수위를 산정하였다. 75mm/hr 강우와 100mm/hr 강우에 대한 예상침수범위와 침수심 산정 예는 다음과 같다.



(a) 75mm/hr
(b) 100mm/hr
그림 4. 시나리오 분석에 의한 침수심을 추정한 예

4. 결 론

침수 피해를 방지하고 경감하기 위해서는 어느 지역에 얼마나 침수가 발생하는지를 알 수 있어야 하고, 어느정도 침수위에 대해서 대책을 수립해야 하는지에 대한 기준이 마련되어야 한다. 본 연구에서는 침수위 산정을 위한 방법을 검토하고, 지역적 여건에 맞는 침수위 산정방법을 제시하였다. 본 연구과정에서 제시된 침수심을 산정하기 위한 방법은 향후 도시지역에서의 배수 시설의 설계 및 운영의 문제, 침수 예상도의 작성 및 각종 홍수 예경보 수립에 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

감 사 의 글

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

참 고 문 헌

- 동작구 (2004). 재난대비 주민대피 체계도 작성
- 서울시정개발연구원 (2006). 서울시 상습침수지역 설정기준 및 관리방안 연구
- 서울시정개발연구원 (2004). 서울시 대규모 재난관리를 위한 기본 추진전략 수립방안(I)
- 서울특별시 (2003). 극한강우에 따른 돌발홍수 대응체계 마련을 위한 기본전략 수립
- 이종태 (2001). 지하공간 침수방지대책에 관한 연구