

GIS를 이용한 도시지역 방어침수위 설정방법 비교분석

Comparing Methods for Determining Flood Protection Elevation in Urban Area using GIS

신상영, 이양재*

Sang Young Shin, Yang Jae Lee*
서울시정개발연구원 도시기반연구본부
{syshin, yj_lee*}@sdi.re.kr

요약

도시지역의 침수피해를 방지하기 위해서는 침수범위와 침수심을 예측하여 예상 침수심에 대응하기 위한 방어대책을 수립하여야 한다. 한편 이러한 침수범위와 침수심을 예측하는 방법은 대상지역의 특성 및 지리적 여건 등에 따라 달라지며 가용자료에 따라 달라진다. 본 연구에서는 도시지역의 특성에 따른 침수대책의 기준이 되는 방어침수위 설정방법을 GIS 분석을 통하여 비교분석하였다. 방어침수위 설정방법은 과거 침수실적을 이용하는 방법, 인근하천의 계획홍수위를 연장하는 방법, 하천의 임계지속기간과 소유역의 임계지속기간에 대한 강우빈도별 시나리오 분석에 의한 내수침수를 모의하는 방법 등의 네가지 방법을 서울시 중랑천 연변의 장안배수분구에 대하여 적용하였다. 분석결과 인접하천의 계획홍수위를 단순연장하는 방법을 제외하고는 다소의 차이는 있으나 대체로 유사한 결과를 보였다. 침수원인이 내수침수에 의한 지역일 경우에는 방어침수위로 침수실적자료를 이용한 과거 최대침수위를 적용하거나, 인근하천의 계획홍수량을 발생시키는 강우사상에 대한 내수침수 모의결과를 적용하는 것이 합리적일 것으로 판단된다.

1. 서론

지구온난화와 기상이변 등의 문제가 전세계적인 과제로 대두되고 있는 가운데, 국지성 집중호우가 빈번히 발생하고 극한 강우의 위험성이 한층 높아지고 있다. 도시지역은 인구와 자본이 고도로 집적된 지역이기 때문에 보다 높은 수준의 홍수 방어 체계가 요구된다. 따라서 전통적인 하천 및 하수시설 중심의 구조적 대책에 더하여 토지이용, 건축물, 정보전달체계 등의 내수침수대책과 비구조적 대책까지 고려하는 보다 종합적인 대책이 필요하다. 특히 도시지역의 침수원인은 하천범람과

같은 외수에 의한 것 보다는 내수의 배수 불량에 의한 저지대, 지하공간 등의 침수가 많은 부분을 차지하기 때문에 하천시설물 보다는 건축물 및 토지이용 측면의 대책이 필요하다.

이에 본 연구는 도시지역의 건축물 및 토지이용 측면에서의 침수방지대책 설정의 기준이 될 수 있는 방어침수위 설정방법들을 비교 분석함으로써 정책적인 시사점을 얻고자 한다. 보다 구체적으로, 본 연구에서는 서울시 동대문구 휘경동과 장안동 일대에 위치한 장안배수분구를 사례 지역으로 선정하여 다양한 방어침수위 설

정방법들을 적용하여 결과를 비교하는 하였다.

2. 방어침수위 설정방법

시가화지역의 방어침수위 산정방법은 과거 침수실적을 참조하는 방법, 인근하천의 기준홍수위를 연장하는 방법, 강우빈도별 내수침수 시나리오 분석에 의한 모의 방법 등 크게 세 가지로 구분할 수 있다.

2.1 과거침수실적을 참조하는 방법

과거에 발생한 침수피해지역의 침수범위 및 침수심을 참조하여 방어침수위를 설정하는 방법으로 다음의 그림 1과 같은 절차를 통해 침수위를 추정한다.

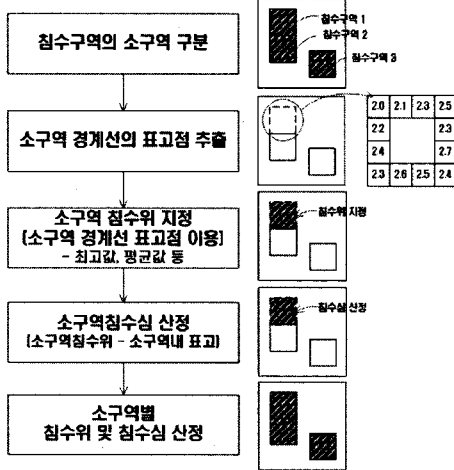


그림 1. 과거 침수실적을 참조하는 침수위 추정과정

대상 침수지역을 수개의 소구역으로 세분하고 소구역 경계선의 표고점을 추출하여 이를 이용한 소구역 내부의 침수심과 침수위를 추정하였다. 침수지역을 소구역을 나누는 이유는 넓은 지역에 대하여 경계선 표고값의 최대값을 이용하여 침수심을 추정함으로써 인해 과다 추정되지 않

도록 하기 위함이다.

일반적으로 침수피해가 발생하면 복구사업 및 항구적인 예방을 위하여 침수피해지역에 대한 조사가 이루어지는데, 이와 함께 작성되는 침수피해조사, 침수흔적도 등 기록을 참조하여 방어침수위를 설정할 수 있다. 피해지역의 침수심에 대한 자료가 있으면 직접적으로 침수위 추정이 가능하지만, 침수흔적도가 작성되어 있는 지역중 침수심 파악이 어려운 지역에 대해서는 침수흔적도와 DEM자료를 이용하여 GIS기법을 활용하여 침수위를 간접적으로 추정할 수 있다.

2.2 인근하천의 기준홍수위를 연장하는 방법

시가지에서 인접한 하천의 기준홍수위(계획홍수위, 경보수위, 주의보수위 등)를 접근성에 따라 연장하는 방법이다. 하천홍수위를 이용하여 침수위를 추정하기 위해서는 하천의 홍수위 해석이 선행되어야 하며, 홍수위 해석결과를 바탕으로 GIS기법을 이용하여 하천측점들과의 접근성을 분석하여 하천 인접지역의 침수위험지역과 침수위를 추정할 수 있다. 그림 2는 본 연구에서 이용한 하천홍수위를 이용한 침수위 추정방안을 나타낸다.

하천과 인접한 지역 중 하천 홍수위보다 낮은 지역은 하천월류나 제방붕괴에 의한 위험이 높으며, 비록 하천이 범람하지 않더라도 상류지역의 지표면 유출이 짧은 시간에 집중하여 침수피해가 발생하거나 하천수위의 상승으로 하수역류가 발생하여 침수피해가 발생할 수 있다.

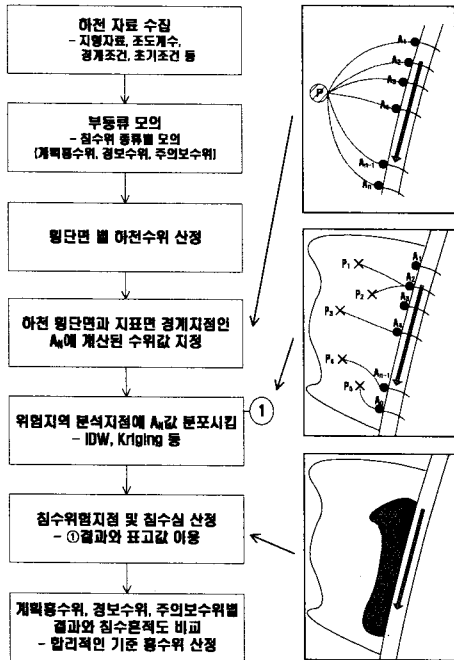


그림 2. 인근하천의 기준홍수위 연장을 통한 침수위 추정과정

2.3 강우빈도별 내수침수 시나리오분석에 의한 방법

다양한 강우시나리오를 설정하여 도시 지역에서의 강우-유출-범람해석에 의한 침수위를 설정하는 방법이다. 도시지역의 침수피해는 하천범람에 의한 외수침수보다는 내수배제가 제대로 이루어지지 못해 발생하는 내수침수가 주된 원인이다. 예상 침수지역과 침수위를 산정하기 위해서 계획규모를 초과하는 강우사상과 배수불량 등 제반 침수예상 시나리오를 상정하여 수리수문학적 분석을 통해 침수해석을 실시한다. 그림 3은 시나리오별 강우-유출-범람해석에 의한 침수위 산정과정이다.

대체로 과부하 유량의 산정과 범람해석을 구분하여 수행하는 것이 일반적이며

과부하 유량은 SWMM 등의 도시유출해석 모형을 활용하는 것이 일반적이며, 침수해석은 앞의 2가지 방법과 동일하게 GIS기법을 활용한다.

시나리오는 유역의 토지이용현황, 하수 도시시스템, 빗물펌프장 등과 같은 홍수방어 시설의 계획 등이 고려될 수 있다. 또한 내배수 홍수시나리오는 하천수위가 고수위로 유지됨에 따라 우수배제가 이루어지지 못해서 발생하는 경우, 하수관거의 통수능 부족으로 인한 맨홀의 역류 등 다양한 시나리오 산정 및 모의가 가능하다.

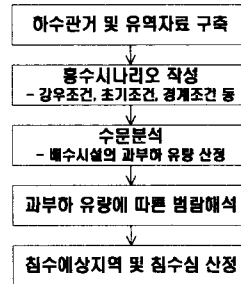


그림 3. 내수침수 시나리오분석에 의한 침수위 산정과정

3. 도시지역 방어침수위 설정방법 비교분석

3.1 대상지역

본 연구에서 사례분석을 위한 대상지역은 서울시 동대문구의 휘경동과 장안도 일대에 위치한 장안 배수분구지역으로 중랑천의 우안에 위치하며, 유역면적은 284 ha이다. 이 지역은 대부분의 토지이용이 주거와 상업지역으로 구성되어 있으며, 불투수면적은 78.65% 정도이다. 특히 이 지역은 지반고의 변화가 크지 않은 평지형태로, 최저지반고는 E.L 10.81m이다. 인접 방류하천인 중랑천의 경우 지방1급 하천으로 100년빈도 계획홍수위 E.L 17.05m로

설계되어있어 대부분의 유역이 계획홍수위 보다 낮은 저지대에 위치하고 있다. 특히 본 유역은 1998년과 2001년에 침수피해가 발생한 지역으로 침수발생위험이 서울시내에서 비교적 높은 지역이다. 특히 1998년의 경우 대부분의 대상 유역에서 침수피해가 발생하였으며, 2001년의 경우 하천수위의 상승에 의한 배수불량으로 주요 침수피해가 발생하였다. 최근 홍수에 대비하고자 배수펌프장을 증설 및 추가 건설하여 유역의 배수체계가 비교적 안정화되어 있다.

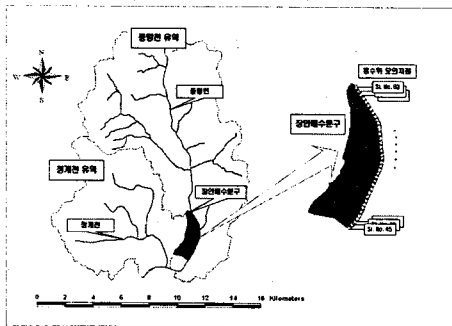


그림 4. 장안배수분구 사레분석지역의 위치

3.2 분석조건

대상유역의 침수위 비교를 위하여 다음과 같은 방법을 적용하였다.

- Case 1) 과거 침수실적을 참조
- Case 2) 중랑천의 기준홍수위를 연장
- Case 3) 중랑천의 기준홍수량을 발생시키는 강우사상에 대한 내수침수 모의
- Case 4) 중랑천의 기준홍수량을 발생시키는 강우사상과 동일발생빈도의 소유역 임계지속기간에 대한 내수침수 모의

Case 1의 적용을 위해 2001년 침수실적

자료를 참조하여 최대침수위 산정을 위하여 8m의 도로 및 공공건물을 기준으로 6개 블록으로 세분화 하였으며, Case 2의 하천 홍수위를 참조하고자 인접하천인 중랑천의 하천정비 기본계획 보고서(서울특별시 2000)를 이용하여 하천의 기준홍수위(계획수위, 경보수위, 주의보수위) 자료를 획득하여 적용하였다.

Case 3과 Case 4의 적용을 위해 하천 홍수량과 관련한 설계강우량을 적용하여야 하는데, Case 3의 경우 중랑천의 지류이며 대상유역과 인접한 청계천 하천정비 기본계획 보고서(서울특별시, 2002)의 자료를 활용하여 Case2에서 적용한 계획홍수위, 경보수위, 주의보 수위와 가장 유사한 홍수위를 유발하는 100년, 20년, 10년 빈도의 12시간 지속기간의 강우량을 Huff 2분위로 분포시켜 적용하였다. 반면 Case 4에서는 Case 3에서 적용된 강우사상의 발생빈도와 동일한 빈도의 소유역 임계지속기간과 대응하는 강우량을 산정하여 적용하였다.

표 1. 발생빈도별 대상유역 임계지속기간

구분	계획홍수위	경보수위	주의보수위
빈도(년)	100	20	10
임계지속기간(min)	110	180	180
총 강우량(mm)	153.93	137.25	157.39

3.3 분석결과

앞서 네 가지 방어침수위 설정방법을 장안배수구역에 적용한 분석결과는 다음의 표 2 및 그림 5와 같다.

Case 1인 과거 침수실적을 이용하는 경우, 최대침수심이 2.84m로 나타났는데, 기존의 침수실적을 통해 정성적 침수자료를 정량적으로 분석한 결과이다.

표 2. 최대침수심 및 최대침수위

구분	최대침수심(m)		
	계획 홍수위	경보 수위	주의보 수위
Case 1	2.84		
Case 2	6.24	3.45	2.75
Case 3	1.43	0.81	0.78
Case 4	1.52	1.37	1.11

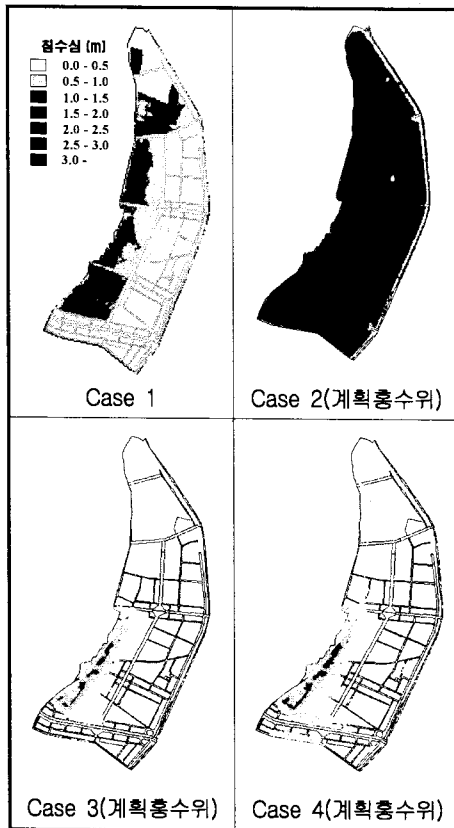


그림 5. 방어침수위 산정방법에 따른 최대침수심 및 최대침수위

Case 2는 인접하천의 홍수위를 연장하는 방법으로, 하천의 제방붕괴 및 하천의 역류, 빗물펌프장의 작동이상 등에 의해 발생할 수 있는 침수에 대한 모의자료

로 계획홍수량(100년)에 대한 침수 발생 시 6.24m의 최대침수심이 발생하는 것으로 모의되었으며, 대상유역의 대부분의 지역에서 침수가 발생하는 것으로 나타나 내수침수에 비해 비교적 침수범위가 넓고 침수심이 높게 산정되었다. 주의보수위(10년)를 연장한 경우 2.75m의 최대침수심이 발생하는 것으로 모의되었으며, 이는 내수 침수를 모의한 Case 3, 4와 비교해서 약 2m의 최대침수심 차이가 발생하였다.

Case 3과 Case 4는 계획홍수위(100년)에 대응하는 강우사상에 대한 SWMM을 이용한 내수침수 모의적용으로서, 하천의 임계지속기간인 12시간과 소유역의 임계지속기간에 대하여 모의한 결과이다. 계획홍수위에 대응하는 발생빈도의 강우사상을 바탕으로 내수침수를 모의한 결과 12시간에 대하여 모의한 경우 1.43m, 소유역의 임계지속기간에 대하여 모의한 경우 1.52m로 나타났다. 이는 지역의 특성에 따라 달라질 수 있으나 발생빈도가 높을 경우 최대침수심은 지속기간의 영향을 비교적 적게 받는 것으로 판단된다. 또한 소유역의 임계지속기간에 대하여 모의한 결과 계획홍수량과 주의보수위와는 최대침수심이 0.41m의 차이를 보였으며, 이는 12시간 지속기간에 대하여 모의한 0.65m의 최대침수심 차이에 비해 작게 산정되었다. 특히 Case 4의 경우 발생빈도에 따라 침수지역은 큰 차이를 보이지 않았으며 침수심이 증가하였다.

이상의 분석결과를 통해서 볼 때, 인접하천의 기준홍수위(계획 및 경보)를 연장하는 방법을 제외하고는 다소의 차이는 있으나 대체로 유사하는 결과를 보였다. 침수원인이 내수침수에 의한 지역일 경우에는 방어침수위 설정을 위하여 당해지역 또는 인근지역의 침수실적자료를 통해 과거 최대침수위를 적용하거나(Case 1), 인

근하천의 계획홍수량을 발생시키는 강우 사상에 대한 내수침수 모의결과를 적용하는 것(Case 3, 4 계획홍수위)이 합리적일 것으로 판단된다. 다만, 과거 침수실적자료의 구축이 미비하고 내수침수가 주된 침수원인인 지역에서 불가피하게 인근하천의 기준홍수위를 적용할 경우에는(Case 2) 계획홍수위를 적용하면 과다 책정의 가능성이 있으므로 주의보수위나 경보수위를 적용하는 것이 합리적인 것으로 판단된다. 또한 당해지역의 주된 침수원인이 외수범람(하천월류, 제방붕괴 등)에 의한 것이거나 극한강우를 대비하고자 하는 지역일 경우에는 인근하천의 계획홍수위를 적용하는 것도 합리적일 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 도시지역의 토지이용 및 건축 측면에서 방어침수위 설정을 위한 네 가지 방법을 제시하고, 서울시 장안배수분구를 사례분석지역으로 하여 적용결과를 비교분석 하였으며, 건축물의 방어침수위 이하지역에 대하여 주거용도 제한을 실시하는 경우에 대하여 경제성분석을 실시하여 방어침수위 설정방법들의 경제적 타당성을 평가하였다.

과거 침수실적에 의한 최대침수위를 산정하는 경우, 소유역의 지형적 특성에 따라 세분화하는 방법에 따라 침수심이 편차가 크게 발생하였으며 또한 침수블록과 침수가 발생하지 않는 지역의 연속성이 결여되는 문제점이 발생하였다. 하지만 기존의 침수실적을 활용하므로 정성적 평가로 일관되고 있는 침수지역 및 침수위 산정을 정량적 평가로 전환할 수 있을 것으로 판단된다.

하천홍수위를 연장 적용하는 경우, 제방의 붕괴, 빗물펌프장의 운영실패, 하천의 역류 등에 대한 침수위 및 침수심 산

정에 적용이 가능할 것으로 판단된다. 그러나 본 대상유역의 모의결과에서도 나타나듯, 하천의 수위가 인접 소유역의 지반고와 크게 차이가 발생하는 지역은 대상유역에 적용하기 힘든 비합리적 최대침수심의 산정이 가능하다.

내수침수에 대한 모의는 과거침수실적을 이용하는 방법과 하천홍수위를 연장하는 방법에 비해 비교적 방어침수위로 적용하기 용이한 결과를 도출한다. 하지만 극한강우, 제방의 붕괴 등과 같은 극한의 상황 발생시 침수대책의 실패로 연결될 수 있을 것으로 사료된다. 그러나 다른 두 가지 방법에 비해 비교적 많은 노력이 필요하며, 침수실적을 통한 매개변수 보정 등의 선행과정을 필요로 한다.

5. 감사의 글

본 연구는 소방방재청 자연재해저감기술개발사업(과제명 : 내배수 침수재해 저감기술 개발) 연구비 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

6. 참고문헌

- 서울특별시(2000). 중랑천 하천정비 기본 계획, 서울특별시.
- 서울특별시(2002). 청계천 하천정비 기본 계획, 서울특별시.
- 신상영, 이창희, 이양재, 여창건(2007) 비용편익분석을 이용한 도시건축물의 방어침수위 설정, 대한토목학회논문집 제 27권, 제 6B호, pp. 651-659.
- 이종태(2001) 서울지역의 7월 집중호우특성과 침수피해 조사, 한국수자원학회지, 제 34권, 제 5호, pp. 78-97.