

유역분담저류지의 위치 및 규모에 따른 저류효과 분석

Analysis of Detention Efficiency according to Location and Scale of Regional Detention Facilities

김지태^{*} · 진경혁^{**} · 김수전^{***} · 김영복^{****}

Kim, Ji Tae / Jin, Kyeong Hyeok / Kim, Soo Jun / Kim, Young Bok

Abstract

In this paper, the inundation simulations were carried out by using GIS tools for the analysis of detention efficiency based on the results of runoff analysis according to location and scale of regional detention facilities. The inundation maps could be drawn by the inundation simulations, and the locations and magnitude of inundation areas could be estimated through the inundation maps. The inundation simulations with GIS tools are approved to be the one of the useful method in designing optimized location and scale of regional detention facilities.

keyword : inundation simulations, GIS tools, regional detention facilities, inundation maps

1. 서 론

호우의 양상이 다양해지고 토지이용의 고도화 등으로 유출량이 증가함에 따라 유출량을 하도에만 분담시키던 기존의 방식으로는 홍수제어에 한계가 드러나고 있다. 도시유역의 특성 중 하나는 중상류부에서 발생하는 내수침수이며 이를 방지하고자 하는 목적으로 도입되는 것이 유역분담 저류지이다. 따라서 유역분담 저류지를 계획하기 위해서는 유역의 현 상태에서 계획빈도에 대하여 침수가 발생할 수 있는 지역을 먼저 파악하는 것이 우선되어야 한다. 이를 확인한 후 저류지의 규모 및 위치 후보지를 선정하고 각 경우에 대한 침수모의를 통해 하류부의 영향과 내수침수 범위가 최소화되는 지점에 적정 규모로 저류지를 설계하여야 한다. 하지만 유출모형만을 이용하여 저류지 위치 및 규모에 따른 하류부 영향 및 내수침수 모의를 할 경우 정확한 침수예측에 한계가 있다. 유출모형을 이용하여 산정된 월류량이 어느 곳에 침수가 될지 알 수 없으므로 실질적인 침수현상을 모의하기에는 부족함이 있다. 이와 같은 점을 보완하기 위해 GIS 기법을 사용하고 있으며, 본 연구에서는 「도시유역의 분담저류 방식에 따른 유출저감특성 분석」(김지태 등, 2006)의 월류지점 및 월류량에 대한 유출해석 결과를 바탕으로 GIS를 활용한 침수모의를 실시하였다. 이는 유역의 침수가능 지역을 예측하고 최적의 위치에 적정한 규모로 저류지를 계획하기 위해 유용한 기법이 될 것으로 판단된다.

2. GIS를 이용한 침수모의 방법

2.1 침수구역의 설정

도시지역내의 침수면적을 산정하기 위하여 가장 중요한 절차 중 하나는 침수가능구역을 설정하는 것이다. 침수구역 설정시 실제 발생한 홍수에 대하여 상습적인 피해를 입었던 지역을 대상으로 한 침수흔적도 등을 활용하여 침수구역을 설정하는 것이 바람직하나 실제로 미계측유역이나 침수흔적도가 없는 유역의 적용시 많은 어려움이 따른다. 따라서 DEM(수치고도모형)을 활용하여 고도가 낮은 지역을 우선 대상으로 침수구역을 설정하는 방법이 있는데 도시유역의 경우는 실제 고도차가 작기 때문에 침수구역의 설정시 해상도가 높은 수치지도가 필수적이다. 그리고 이와 같은 작업은 ArcView와 같은 GIS 도구를 활용할 수 있다.

* 비회원 · 국립방재교육연구원 방재연구소 풍수해정책팀 연구관(E-mail: jtkim77@nema.go.kr)

** 비회원 · 국립방재교육연구원 방재연구소 풍수해정책팀 연구원(E-mail: tom51@nema.go.kr)

*** 비회원 · 국립방재교육연구원 방재연구소 하천방재팀 연구원(E-mail: soojuny@nema.go.kr)

**** 정회원 · 국립방재교육연구원 방재연구소 풍수해정책팀 연구사(E-mail: wingof@nema.go.kr)

2.2 침수지역의 모의

침수지역 모의시 그 침수원인에 따라 그 결과는 큰 차이를 나타낼 수 있다. 내수에 의한 침수와 외수에 의한 침수는 그 침수 원인이 다르며, 또한 같은 내수침수라 하더라도 제외지의 홍수위로 인한 배수불량에 의한 원인과 하수관거의 용량부족이 원인인 경우 등, 그 원인은 다양할 뿐만 아니라 실질적으로 침수상황이나 피해의 정도는 큰 차이를 나타낸다. 따라서 이에 대한 수량개념의 침수모의가 요구되지만, 이러한 모의를 위해서 2차원 이상의 동수역학적 분석을 한다는 것은 그 일반화와 객관성 확보 측면에서 많은 어려움이 따른다. 따라서 침수 용량과 홍수위가 같아지는 등지반고를 침수구역의 외곽경계로 설정하는 방법이 널리 활용되고 있다.

3. 적용 및 결과

3.1 대상유역에 대한 침수가능 영역의 설정 및 침수 모의

대상유역은 파주시의 문산읍 유역으로 설정하였다. 문산읍 유역의 경우 현재는 하류에 배수펌프장이 설치되어 침수피해가 없지만 배수펌프장이 없는 상황을 가정하였다.

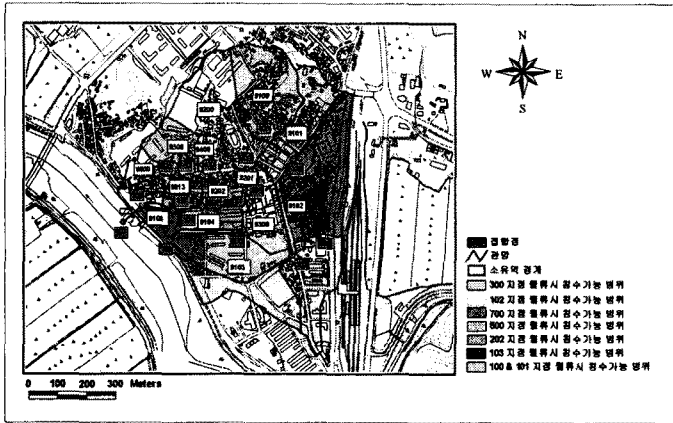


그림 1. 월류지점별 침수가능 영역 설정

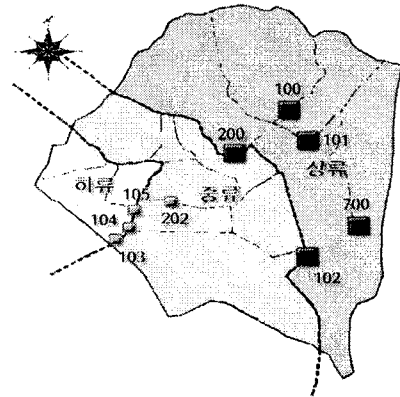


그림 2. 유역 구분 및 저류지 설치계획

내수침수의 경우 보통 제외지 홍수로 인한 배수위가 원인인데 반하여, 본 연구에서 문산지역 침수의 경우는 중상류에서 관거의 용량부족으로 인한 월류가 침수의 원인이 되는 내수침수이다. 따라서 침수구역을 설정함에 있어 무작정 고도자료만을 이용한다면 한유역내에서 가장 고도가 낮은 지역에서만 침수가 발생하게 되고 실제 침수시와는 달리 크게 왜곡된 결과를 도출하게 되는 오류를 범하게 된다. 때문에 침수가능구역을 설정할 필요가 있으며 본 연구에서는 수치지형도를 참고로 하여 도로 및 소유역을 기반으로 월류지점별 침수가능 영역을 재설정하였다. 각 월류지점에서 SWMM 도시유출모형을 이용하여 산정한 빈도별 월류량은 표 1과 같다.

표 1. 재현기간별 월류지점 및 월류량(㎡)

| 월류지점 | 재현기간 | | | |
|------|-------|-------|-------|-------|
| | 10년 | 20년 | 30년 | 50년 |
| 100 | 1,955 | 2,572 | 2,939 | 3,398 |
| 101 | 426 | 725 | 908 | 1,143 |
| 201 | - | - | 1 | 2 |
| 202 | 318 | 2,375 | 3,790 | 5,556 |
| 300 | - | 2 | 4 | 14 |
| 700 | - | 5 | 15 | 435 |

3.3 저류지 효과 분석

유역의 홍수량을 분담하기 위하여 전체 유역을 상류, 중류, 하류의 세 지역으로 구분하였다(그림 2). 유역의 홍수 특성 분석 결과에 의하면 대상 유역은 주로 중상류부에서 침수가 예상되고 있고 유역분담 저류지의 기본 개념도 유역의 중상류부에 저류지를 운영하는 것이므로 중상류부에 저류지를 설치하는 것으로 계획하였다.

3.3.1 상류부에 저류지를 설치하는 경우

상류부 지역에 저류지를 설치하는 경우 유역의 침수특성 변화를 분석하기 위해 50년 빈도에 대한 해석 결과를 표 2에 제시하였다. 월류량에 따른 침수면적을 비교해보면 경사가 급하고 지형의 굴곡이 심한 지역인 100, 101번 지점 부근은 월류량에 비하여 침수면적이 작은 반면, 많은 양의 월류량이 발생했음에도 경사가 완만하고 평평한 지형인 700번 지점 인근은 상대적으로 넓은 지역이 침수되는 양상을 보이고 있다. 그림 3은 저류지를 설치하지 않은 경우(50년 빈도)의 침수예상도를 나타내고 있으며, 그림 4는 102번, 100번, 101번 지점의 저류지를 동시에 운영했을 경우(50년 빈도)의 침수예상도를 나타내는데 700번 지점 인근에서 침수가 발생하고 있는 상황을 확인할 수 있다. 이와 같이 저류지를 설치하는 경우 그림상으로 침수 정도를 쉽게 파악할 수 있다.

표 2. 상류부 저류지 설치시 홍수방어대안별 월류량(㎥) 침수면적(㎡) 변화

| 월류 지점 | 저류지 없는 경우 | | 저류지(재현기간 50년) | | | | | | | | | | | |
|-------|-----------|--------|----------------|-------|----------------|-------|---------|-------|---------|-------|-------------|-------|-----------------|------|
| | | | 102 (용량10000㎡) | | 102 (용량20000㎡) | | 102+100 | | 102+101 | | 102+100+101 | | 102+100+101+700 | |
| | | | 월류량 | 침수면적 | 월류량 | 침수면적 | 월류량 | 침수면적 | 월류량 | 침수면적 | 월류량 | 침수면적 | 월류량 | 침수면적 |
| 100 | 3,398 | 6,275 | 3,402 | 6,450 | 3,400 | 6,425 | - | 1,750 | 3,715 | 5,400 | - | - | - | - |
| 101 | 1,143 | | 1,320 | 1,307 | 731 | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| 201 | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 202 | 5,556 | 17,775 | 8 | 700 | 5 | 475 | 5 | 475 | 6 | 600 | - | - | - | - |
| 300 | 14 | 350 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 700 | 435 | 4,900 | 223 | 2,900 | 246 | 3,225 | 253 | 3,225 | 327 | 3,975 | 330 | 4,025 | - | - |

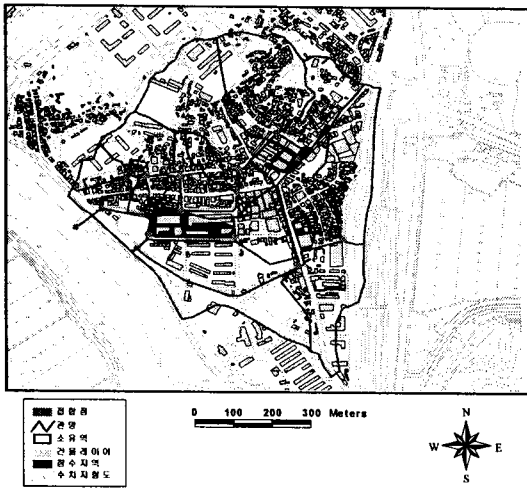


그림 3. 저류지를 설치하지 않은 경우

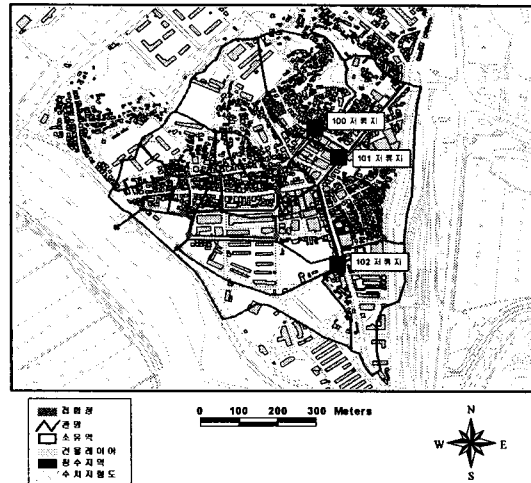


그림 4. 102, 100, 101번 저류지 연계 운영시

3.3.2 상류부와 중류부 설치시 저류효과 비교

유역의 상류부에 저류지를 설치하는 방안과 중류부에 설치하는 방안으로 나누어 침수모의를 실시하여 저류지의 적정한 설치 위치 및 규모를 선정한 결과 상류부에는 102번에 설치하는 것이, 중류부에는 103번에 설치하는 것이 가장 효과적이었다. 그러나, 두 경우 모두 상류부의 침수는 완전히 해소하지 못했다(표 3). 하지만, 표 3에서 보는 바와 같이 상류부 100번과 102번 지점에 저류지를 연계 운영하는 경우가 가장 효과가 좋은 것으로 나타났다.

표 3. 상류와 중류 저류지 설치시 월류량(㎥) 및 침수면적(㎡) 변화

| 월류 지점 | 저류지 | | | | | |
|-------|-------------------------|-------|---------------------------------|-------|----------------------|-------|
| | 상류(102) 저류지 (용량10,000㎡) | | 상류(100/102) 저류지 (용량 각각 10,000㎡) | | 103 저류지 (용량 20,000㎡) | |
| | 월류량 | 침수면적 | 월류량 | 침수면적 | 월류량 | 침수면적 |
| 100 | 3,402 | 6,450 | - | - | 3,395 | 6,300 |
| 101 | 1,320 | | 731 | 1,750 | 1,168 | |
| 700 | 580 | 2,900 | 253 | 3,225 | 580 | 5,850 |

3.3.3 상류부와 중류부 저류지 동시 운영시 저류효과 비교

상류부와 중류부의 저류지를 동시에 운영하는 경우 저류효과를 비교하였다. 표 4에는 상류와 중류 저류지를 동시에 운영하는 경우 월류 및 침수현황을 분석하였다. 그 결과, 세 개의 저류지를 동시에 운영하는 것이 더 효과가 좋은 것으로 나타났다. 그림 5는 저류지를 102번, 103번에 설치했을 경우이고, 그림 6은 저류지를 100번, 102번, 103번 지점에 설치했을 경우 침수예상도인데, 침수면적이 크게 차이가 나는 것을 확인할 수 있다.

표 4. 상류와 중류 저류지 동시 운영시 월류량(㎥) 및 침수면적(㎡) 변화

| 월류 지점 | 저류지 | | | |
|-------|--------------------|-------|------------------------|-------|
| | 상류(102)/중류(103)저류지 | | 상류(100/102)/중류(103)저류지 | |
| | 월류량 | 침수면적 | 월류량 | 침수면적 |
| 100 | 3,399 | 6,400 | - | |
| 101 | 1,284 | | 707 | 1,725 |
| 700 | 232 | 3,000 | 267 | 3,375 |

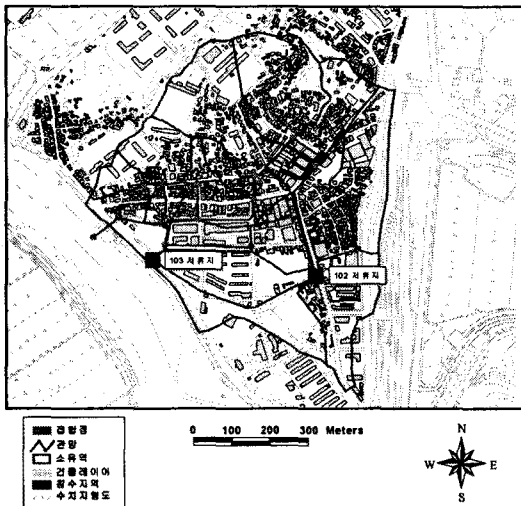


그림 5. 102, 103 저류지 연계운영시

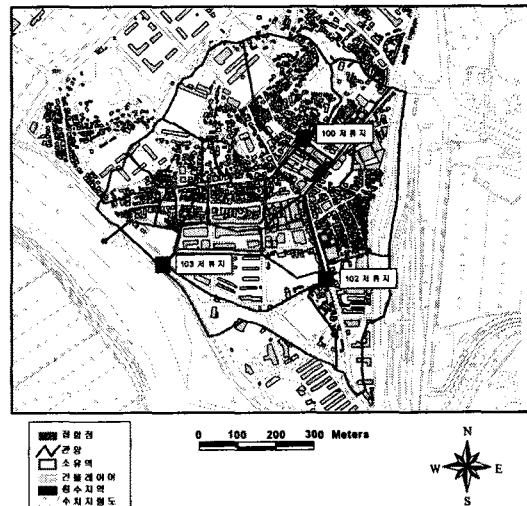


그림 6. 100, 102, 103 저류지 연계운영시

4. 결론

본 연구에서는 유역의 중상류부에 저류지를 설치하여 유역의 홍수량을 분담하는 방안을 제안하고 중상류부 저류지 설치시 최적 위치 및 규모를 선정하는 방법을 유출모형 해석을 통한 월류량 자료를 이용하여 침수모의를 통한 저류효과 분석을 통해 유역분담 저류지 효과적인 설치계획을 제시하고자 하였다.

유출해석결과를 토대로 GIS를 이용한 침수모의를 실시하여 침수예상도를 작성한 결과 유출모형으로는 해석할 수 없었던 침수 양상을 분석할 수 있었으며, 저류지의 설치 규모 및 위치에 따라 그 차이가 크다는 것을 판단할 수 있었다. 이와 같은 기법은 유역분담 저류지의 최적 규모 및 위치 선정에 효율적으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 김지태, 권욱, 김영복, 김수전 (2006) 도시유역의 분담저류 방식에 따른 유출저감특성 분석, 한국수자원학회논문집.
2. 김채승, 윤창진 (1999) 지리정보체계(GIS 실습).
3. 김철, 김석규, 김계호 (2001) GIS를 이용한 침수지역 분석, 한국수자원학회 학술대회지.
4. 안상진, 함창학, 김종섭, 김기석 (2001) GIS를 이용한 홍수범람지역 분석, 한국수자원학회 학술대회지.
5. 이병주, 최철관, 김양수 (2004) GIS를 활용한 빈도별 침수구역 예측기법 개발, 한국수자원학회 학술대회지.
6. 한국수자원학회 (2001) 제 9회 수공학특강교재.