

GIS를 이용한 침수지역 분석

김철¹⁾, ○김석규²⁾, 김계호³⁾

1. 서론

최근 도시화의 진전과 급속한 산업화로 인하여 엘리뇨, 라니냐와 같은 기상이변의 발생빈도가 높고 기후가 불안정한 경우가 많아서 예전보다 많은 강우가 발생하고, 이에 따라 홍수 발생빈도가 증가하며 계절성 국지호우에 의한 홍수도 많이 발생하고 있다. 홍수로 인해 침수를 당한 침수피해지역을 조사하여 그 원인을 분석함으로써 침수피해를 당하지 않도록 대책을 세워야 할 것이다.

침수로 인한 피해지역을 조사하고 조사결과를 분석하여 침수가능지역을 예측하는 방법에는 지형학적 방법, 과거자료를 이용하여 추정하는 방법, 수리·수문학적 모형을 이용하여 홍수범람지역을 모의하는 수리·수문학적 방법이 있다. 이 중 지형학적 방법은 홍수터의 지형형상과 선상지, 자연제방 등과 같은 지형학적 특성을 조사 분석하여 범람지역을 예측하는 방법이다.

본 연구는 홍수기록이 부족한 대규모의 넓은 지역에 대해 홍수에 의한 침수가능성이 있는 지역을 개략적으로 예측할 목적으로 수치고도모형(DEM), 토지이용도 등의 지형학적 특성과 빈도별 홍수위를 이용하여 몇 가지의 분석방법을 개발하였다.

첫 번째 방법은 수치고도모형, 토지이용도, 과거침수자료를 이용한 분석으로서 분석대상 지역에 대한 지형분석, 토지이용분석 등을 이용하여 침수가능지역을 예측하는 방법이다.

두 번째 방법은 지형자료만을 이용한 분석방법으로서 한 지점의 침수가능성은 그 지점과 그 지점에서 가장 가까운 수문학적 링크에 있는 하천의 표고차와 직접 관련된다는 가정을 이용한 방법이다.

세 번째 방법은 지형자료와 빈도별 홍수위 자료를 이용한 방법으로서 하구로부터의 거리와 홍수위에 대한 회귀분석식을 개발하고 대상구역 전체에 적용시키는 방법이다.

네 번째 방법도 지형자료와 빈도별 홍수위 자료를 이용한 방법으로서 어느 지점에 대한 홍수위와 고도자료를 이용하여 회귀분석식을 개발하고 구역전체에 적용하는 방법이다.

개발된 방법들을 문산천 유역에 적용하여 침수가능지역을 예측한 결과와 과거의 침수자료를 분석한 결과를 비교하였다.

1) 호남대학교 토목환경공학과 부교수
2) 호남대학교 토목환경공학과 박사과정
3) (주) 유신 코퍼레이션

첫 번째 방법은 대상구역의 자료를 이용한 값으로서 다른 구역에 적용해 검증해야 하지만 나머지 방법들의 결과는 침수지역을 높은 정도로 예측할 수 있었다.

여기서 개발된 방법을 이용하면 넓은 지역에 대한 개략적인 홍수재해지도를 작성할 수 있을 것이고 작성된 지도는 홍수위험에 대한 사전정보를 제공하여 홍수에 대비함으로써 피해를 줄일 수 있을 것이다.

2. 본론

1) 연구대상지역

연구대상지역은 임진강구역의 경기도 파주, 문산을 중심으로 한 지역으로서 이 지역은 1996년 7월 26일~28일, 1998년 8월 5일 ~ 6일, 1999년 7월 31일 ~ 8월 4일까지 많은 호우로 인해 3년동안 많은 재산 및 인명피해를 당하였다. 따라서 본 연구에서는 임진강 유역을 연구대상지역으로 삼았다.

2) 지형과 토지이용을 이용한 방법

침수피해를 입은 지역의 지형적인 특성을 파악하여 이로부터 일반적인 척도를 마련하기 위해 지형과 토지이용을 사용한 분석을 실시하였다. 지형의 특성을 분석하기 위해 고도분석, 경사분석, 방향분석 등을 실시하였다. 분석 방법은 대상구역의 DEM을 분석하였으며 분석도구로서 ARC/INFO의 GRID Module을 사용하여 대상지역 전지역과 99년 침수지역에 대하여 고도, 경사, 방향을 계산한 후 결과를 비교하여 침수지역의 경향을 분석하였다.

또한 침수지역과 토지이용의 상관관계를 알아보기 위해 침수지역에 대한 토지이용을 분석하였는데 이것도 마찬가지로 전체지역과 침수지역에 대한 토지이용결과를 비교하여 침수지역의 경향을 분석하였다.

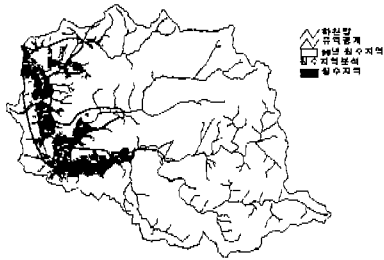
고도분석에서 전체 대상지역에 대하여 표고가 50m이하인 지역, 경사분석에서 경사가 5°이하인 지역과 토지이용분석에서 산림과 경작지인 지역을 중첩하여 침수가능지역을 분석하였다. 분석결과를 <그림 1>에 나타내었다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 분석된 침수가능 지역과 99년에 침수된 지역을 비교하면 범위가 거의 비슷함을 알 수 있으므로 지형과 토지이용을 이용한 분석방법은 침수가능지역을 추정하는 타당한 방법임을 알 수 있다.

3) 지형자료를 이용한 방법

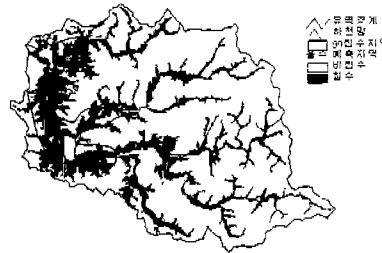
하천유역에 있는 어느 지점에서의 강물의 범람에 의한 침수를 예측하기 위한 방법으로서 지형자료를 이용하는 방법을 고안하였다. 이 방법은 어느 지점의 하천에 대한 지형학적 위치를 토대로 한 모형으로서 한 지점의 침수가능성은 그 지점과 그 지점에서 가장 가까운 수문학적 링크에 있는 하천 사이의 표고차와 직접 관련이 있다고 가정하여 침수를 예측하는 방법이다. 이 방법에서는 DEM을 이용한 래스터 모형과 하천을 나타내는 벡터자료를 결합하여 사용하였다. 대상지역의 모

든 그리드 위치에 대해서 그 지점의 하천에 대한 지형적 위치를 결정하기 위해서 하천의 수문학적 링크에서의 상대표고를 계산하였다.

어느 그리드 위치에서의 하천의 수문학적 링크는 흐름방향 그리드를 사용하여 계산하였다. <그림2>에 지형자료를 이용한 방법의 결과를 나타내었다. 하천에서 가까운 부분이 침수가능지역이고, 그림에서 보듯이 하천에서 상당히 먼 부분까지 넓은 폭으로 나타나는 부분이 1999년 침수지역과 상당 부분 일치하므로 지형자료를 이용한 방법은 침수가능지역을 예측하는 방법으로 매우 타당성이 있음을 알 수 있다.



<그림 1> 침수지역 분석도



<그림2> 지형자료를 이용한 방법

4) 하천거리와 홍수위 자료를 이용하는 방법

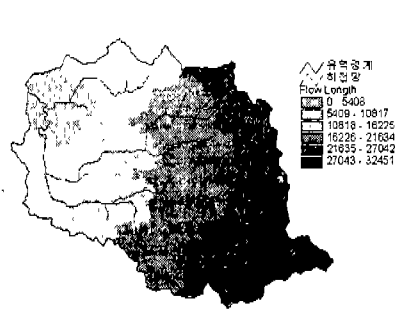
이 방법은 유역 내의 모든 하천에 대한 재현기간별 홍수위 자료와 지형자료를 토대로 작성하였다. 대상지역에 있는 하천에 대한 하천정비 기본계획 등의 보고서로부터 재현기간별 홍수위자료를 수집하였다. 수집된 홍수위 자료는 하구로부터의 거리에 따른 홍수위 자료로서 하천거리와 홍수위 자료를 데이터베이스로 구축하였다. 구축한 데이터베이스를 이용하여 재현기간별로 홍수위와 강의 하구로부터의 거리를 연관시키는 일련의 회귀분석모형을 개발하였다. 50년, 80년, 100년 빈도에 대한 회귀분석식이 다음과 같이 작성되었다.

$$\begin{aligned}
 50년 : y &= Z - (0.00000022X^2 + 0.0005X + 7.2684) \\
 80년 : y &= Z - (0.00000021X^2 + 0.0005X + 7.2748) \\
 100년 : y &= Z - (0.00000021X^2 + 0.0005X + 7.2757) \\
 Z : \text{고도} \quad X : \text{누가거리} \quad y : \text{홍수위}
 \end{aligned}$$

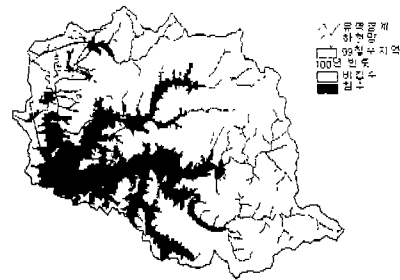
대상유역에 있는 하천 커버리지에 대해 하구로부터의 하천의 길이를 계산하였다. 계산된 결과는 래스터 자료로 변환되었으며 각각의 그리드 셀은 강의 하구로부터 그 지점까지의 거리를 나타낸다. 대상유역에 대한 하천거리 그리드를 <그림 3>에 나타내었다. 하천거리 그리드는 각 셀의 값이 하천의 하구로부터의 거리를 나타내고 있으므로 여기에 앞에서 생성된 회귀분석모형을 적용하면 결과적으로 재현기간별 홍수위를 나타내는 그리드를 계산할 수 있다. 재현기간별 홍수위 그리

드로부터 홍수가능성을 유역의 모든 지점에 대해 계산하였는데 이것은 각 빈도의 홍수에 대한 홍수위를 DEM에 있는 대응 표고에서 빼서 계산하였다.

재현기간별로 계산된 결과를 <그림 4>에 나타내었는데 그림에서 음의 값은 그 지점이 주어진 빈도의 홍수에 대해 침수될 수 있는 가능성이 큰 지점을 나타내고 반면에 양의 값은 침수 가능성이 작은 지점을 나타낸다.



<그림 3> 하천거리 그리드



<그림 4> 하천거리와 홍수위 자료를 이용하는 방법

5) 표고와 홍수위 자료를 이용하는 방법

표고와 홍수위 자료를 이용하는 방법은 하천거리와 홍수위 자료를 이용하는 방법과 비슷한 개념으로 작성하였다. 대상유역 내에 있는 하천들에 대한 재현기간별 홍수위 자료와 그 지점에 대한 표고 값들에 대한 데이터베이스를 구축하고 구축된 데이터베이스를 이용하여 홍수위-표고 값들에 대한 회귀분석을 실시하였다. 50년, 80년, 100년 빈도의 홍수위와 표고에 대한 회귀분석식은 아래와 같다.

$$\begin{aligned}
 \text{50년 빈도 : } y &= \frac{8.8514}{\log x} + (-1.8586) & \text{80년 빈도 : } y &= \frac{8.9466}{\log x} + (-1.8271) \\
 \text{100년 빈도 : } y &= \frac{8.90003}{\log x} + (-1.8196) & x &: \text{dem value} & y &: \text{홍수위}
 \end{aligned}$$

개발된 회귀분석식을 대상유역의 모든 그리드 셀에 적용하여 유역전체에 대한 빈도별 홍수위 그리드를 작성하였다. 작성된 결과를 <그림 5>에 나타내었다. 그림에서 홍수위가 높게 나타나는 부분을 99년 침수지역과 비교해볼 때 거의 일치함을 알 수 있으므로 이 방법이 침수가능 지역을 정도 높게 분석할 수 있는 방법이라고 생각된다.



<그림 5> 표고와 홍수위 자료를 이용하는 방법

3. 결론

침수로 인한 피해지역을 조사하고 조사결과를 분석하여 침수가능지역을 예측하기 위하여 지형 자료인 수치표고모형과 토지이용 및 빈도별 홍수위 자료를 이용하였다. 수치표고모형을 이용하여 홍수에 의한 침수가능성을 예측하기 위해 침수지역에 대한 여러 가지 공간분석을 실시하였다. 분석 결과를 이용하여 침수가능지역을 예측하는 몇 가지 방법을 개발하였다. 개발시 이용한 자료는 최근 3년간 많은 홍수피해를 입은 임진강 유역의 문산천에 대한 자료를 사용하였다.

첫 번째 방법은 수치고도모형, 토지이용도, 과거침수자료를 이용한 분석으로서 분석대상 지역에 대한 지형분석, 토지이용분석 등을 이용하여 침수가능지역을 예측하는 방법이다.

두 번째 방법은 지형자료 만을 이용한 분석방법으로서 한 지점의 침수가능성은 그 지점과 그 지점에서 가장 가까운 수문학적 링크에 있는 하천의 표고차와 직접 관련된다는 가정을 이용한 방법이다.

세 번째 방법은 지형자료와 빈도별 홍수위 자료를 이용한 방법으로서 하구로부터의 거리와 홍수위에 대한 회귀분석식을 개발하고 대상유역 전체에 적용시키는 방법이다.

네 번째 방법도 지형자료와 빈도별 홍수위 자료를 이용한 방법으로서 어느 지점에 대한 홍수위와 고도자료를 이용하여 회귀분석식을 개발하고 유역전체에 적용하는 방법이다.

개발된 방법들을 문산천 유역에 적용하여 침수가능지역을 예측한 결과와 과거의 침수자료를 분석한 결과를 비교하였다.

첫 번째 방법은 대상유역의 자료를 이용한 값으로서 다른 유역에 적용해 검증해야 하지만 나머지 방법들의 결과는 침수지역을 높은 정도로 예측할 수 있었다.

본 연구에서 개발된 방법을 이용하면 넓은 지역에 대한 개략적인 홍수재해지도를 작성할 수 있을 것이고 작성된 지도는 홍수위험에 대한 사전정보를 제공하여 홍수에 대비함으로써 피해를 줄일 수 있을 것이다.

4. 참고문헌

1. 건설부, 임진강 하천정비 기본계획, 1990
2. 서울지방국토관리청, 문산천 하천정비기본계획, 건설교통부, 1997
3. 파주군, 동문천 하천정비기본계획, 1995
4. 파주시, 수해백서, 1998
5. 파주시, 수해백서, 1996
6. 한국수자원공사, 임진강 유역조사 최종보고서, 건설교통부, 1997
7. Philip A. T, Stephen J. W, Modeling Floodplain inundation using an integrated GIS with radar and optical remote sensing, *Geomorphology*(21), 1998, pp.295-312
8. S. J. Boyle, I. K. Tsanis, P. S. Kanaroglou, Developing Geographic Information System for Landuse Impact Assessment in Flooding Conditions, *Journal of water resources planning and management*, 1998, pp.89-98
9. Sam Ekstrand, Landsat TM-Based Forest Damage Assessment Correction for Topographic Effects, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. Vol. 62, No.2, 1996. pp.151-161
10. James D., Integrated watershed management: past, present, and future in Robert C. Ward.(ed.) *Integrated watershed management: a new paradigm for water management*, *Water resource update*, No. 100, 1995
11. Jagadeesha, C.J., *Water Resources Development and Management*, Regional Remote sensing Service Centre, http://www.gisdevelopment.net /application/water _resources, 1999
12. Yue-Hong Chou, *Exploring Spatial Analysis in Geographic Information Systems*, Onword press, 1997
13. Charles, K., *An Analysis of Volunteer Water Quality Data*, Bureau of Engineering Research, <http://www.ce.utexas.edu/centers/crwr/reports>, 1998