서울시 도시녹지 면적변화에 따른 유형별 홍수발생확률 비교분석

김효민* · 이동근**

*서울대학교 환경대학원 협동과정 조경학 전공 · **서울대학교 조경·지역시스템공학부

Ⅰ. 서론

기후변화로 인해 국지성 집중호우가 잦아지면서 아스팔트와 시멘트로 덮인 대도시의 배수시설이 폭우를 감당하지 못해 물에 잠기는 도시홍수(Urban Flooding) 현상이 최근 들어 자주 발생하고 있어, 이에 대한 근본적인 대책이 필요한 시점이다(김효민, 2013). 최근 기후변화 적응, 재해저감, 지속가능한 개발의 접점에 있는 중요한 개념으로 레질리언스가 크게 대두되고 있다. 레질리언스가 높은 도시공간은 기후변화나 재난재해에 대한 영향을 적게 받고 문제가 발생했을 때에도 복구속도가 빠르다. 이와 같은 도시재생의 중요한 전략으로 도시녹지의 중요성이 크게 강조되고 있다(TEP, 2008; TEP, 2010).

본 연구에서는 서울시의 홍수발생유형을 구분하고, 각 유형별로 녹지면적 변화에 따른 홍수발생확률을 비교, 분석하였으며, 이를 통해 도시차원의 홍수 발생확률을 감소시키기 위해 필요한 녹지의 양을 지역 특성별로 정량적으로 제시하였다.

Ⅱ. 연구의 방법

본 연구에서는 녹지의 면적이 증가할수록 홍수발생확률이 줄어들고, 특히 홍수발생 원인에 따라 녹지증가에 따른 효율이 다를 것이라는 가설을 설정하고 연구를 진행하였다.

연구 진행을 위한 첫 번째 단계로 서울시의 홍수발생 특성을 분석하고, 문헌연구를 통해 홍수발생에 영향을 미치는 유의한 물리적 변수를 선정하였다. 이후 서울시 침수흔적도를 토대로 홍수발생한 지역의 데이터를 수집하고 Arc-GIS 10.1을 통해 구축하였다.

홍수발생 유형을 구분하기 위해 홍수발생에 유의한 변수를 토대로 군집분석을 실시하여 홍수발생 유형을 3개로 구분하였으며, 3개의 각 유형별로 로지스틱 회귀분석을 통해 녹지변수를 포함한 홍수발생예측 식을 도출하고, ROC 분석을 통해 모델의 정확성을 검증하였다.

이를 통해 녹지면적 변화에 따른 홍수발생확률 값을 유형별로 도출하였으며, 홍수발생확률을 감소시키기 위해 각 유형별로 필요한 녹지의 양을 제시하였다.

본 연구에서의 모든 통계적 분석은 SPSS 21.0을 통해 이루어졌다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 홍수발생 유형구분

홍수발생에 밀접한 관련이 있는 물리적 변수로는 배수, 경사, 지형습윤지수(TWI), 누적3일 강우량이 도출되었으며, 이를 토대로 서울시의 홍수발생 유형을 구분하였다.

유형1은 누적 3일 강우량이 가장 적으며, 배수가 양호한 곳과 약간 불량한 곳이 혼재하며 경사는 완만한 지역으로 홍수가 잘 발생할 물리적 특성을 가진 지역이나 강우량이 다른 지역에 비해 적은 지역임을 알 수 있다. 유형2는 경사가 가파르고 배수가 양호하며, 지형습윤지수(TWI)가 낮아 물이 잘 모이지 않는 곳으로 홍수가 잘 발생하지 않는 지역적 특성을 가진 곳이다. 유형3은 누적 3일강우량이 많으며, 경사가 완만하고, 배수가 약간 불량하며, 지형습윤지수(TWI)가 매우 높아 물이 잘 고일 수 있는 특성을 지닌 곳이다.

표 1. 홍수발생유형별 특성 평균값

구분	배수[1] (등급)	경사 (%)	TWI[2]	누적3일 강우량 (mm)	표본수
유형1	2.86	1.76	10.15	491.11	512
유형2	3.10	8.47	5.97	544.27	352
유형3	2.15	1.15	13.16	553.66	1087
전체 평균	2.51	2.63	11.07	535.55	1951

2. 홍수발생과 녹지면적의 상관관계

본 연구에서의 도시녹지는 도시생태현황도(2010)를 근거로 산림, 경작지, 조경식재지(공원 포함), 하천변 습지 및 초지를 포함하며, 홍수발생여부와 밀접한 상관관계가 있는 녹지변수로 '홍수발생 및 미발생 지점으로부터 100m 원형 버퍼 내부의 면적'을 생성하여 분석에 이용하였다[3].

서울시 전체를 대상으로 홍수발생여부와 경사, 배수, TWI, 누적3일강우량, 녹지면적의 상관분석을 실시하였을 때 모든 변수의 상관계수는 0.01 수준(양쪽)에서 유의하게 도출되었으며, 특히 녹지면적 변수는 다른 물리적 변수에 비해 상관관계가 가장 높게 나와 홍수발생에 큰 영향을 미치는 변수임을 확인하였다.

3. 녹지면적 변화에 따른 홍수발생확률 분석

로지스틱 회귀분석 결과 녹지면적 변수의 회귀계수는 유형1은 -0.146, 유형2는 -0.076, 유형3은 -0.203으로, 유형 3의 경우 기울기가 가장 급하며, 유형 2의 경우 가장 기울기가 완만하게 도출되었다. 즉 유형 3에서는 도시녹지의 면적이 증가할 경우 홍수발생확률이 다른 유형에 비해 크게 감소됨을 의미하며, 다른 유형에 비해 녹지의 효율성이 큰 곳이라고 판단할 수 있다.

Cut-off point는 홍수발생 및 미발생의 표본수를 동수로 하여 모든 유형에서 약 50%의 값으로 도출되었으며, 본 연구에서 도출된 비선형 모델의 설명력을 ROC 방법으로 분석한 결과 유형1, 유형3의 경우 70% 이상의 설명력을 보였다.

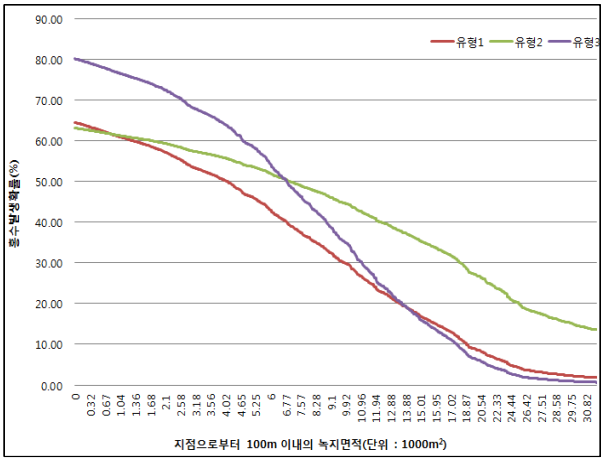

그림 1. 홍수발생 유형별 녹지면적 증가에 따른 홍수발생확률

유형2의 경우 다른 유형에 비해 완만한 곡선 기울기를 가지므로, 상위 10%의 홍수발생확률을 감소시키기 위해 5,420m2의 녹지가 필요하며, 유형1은 2,850m2, 유형3은 2,650m2의 녹지가 필요함을 알 수 있다. 유형 1과 3의 경우, 상위 10% 감소 시 필요한 녹지면적은 비슷하나, 유형3의 곡선기울기의 절대값이 더 크므로 유형 3은 유형1의 비해 적은 녹지면적으로 홍수발생확률을 감소시킬 수 있는 특징이 있다.

유형3은 홍수가 발생하기 쉬운 특성을 가진 지역으로 이 지역은 다른 지역에 비해 녹지면적을 늘릴 경우 홍수발생확률이 크게 감소됨을 알 수 있다. 이에 비해 유형 2의 경우 물이 잘 모이지 않는 특성을 가진 지역으로 이 지역에서는 유형3에 비해 홍수발생에 대비하여 녹지면적을 늘릴 경우 상당한 양의 녹지가 필요함을 알 수 있고, 녹지면적 증가에 따른 홍수저감 효율성이 적다는 것을 알 수 있다.

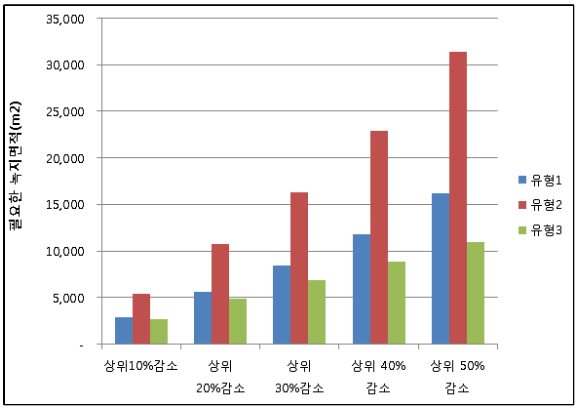

그림 2. 홍수발생확률 감소단위별 필요한 누적 녹지면적
(단위 : m2, 전체녹지면적 : 31,400m2)

주 1. 배수등급은 숫자가 커질수록 배수가 양호함(1 : 매우불량, 5 : 매우양호)

주 2. 지형습윤지수(TWI :Topographic Wetness Index)는 강우유출현상과 지형특성의 관계를 보여주는 척도로, 침수가능성을 나타내는 지수임. 일반적으로 TWI가 10을 초과하면 국지적인 우수 집중이 발생하기 쉬운지역으로 평가됨. 값이 커질수록 침수가능성이 높아짐.

주 3. 각 지점으로부터 50m, 100m, 200m, 300m 원형 버퍼 내부의 녹지면적 데이터를 생성하여 홍수발생여부와 상관관계 분석을 하였을 때 100m 원형 버퍼 내부의 녹지면적이 가장 큰 상관관계를 보여, 이를 채택하여 본 연구에서 변수를 이용하였다.

† 본 연구는 2014년도 환경부 차세대 에코이노베이션 기술 개발사업 (과제번호 : 416-111-014)의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. 김효민, 2013, MaxEnt를 이용한 서울시 도시홍수 적응능력 취약지역 선정에 관한 연구, 대한국토 도시계획학회지 국토계획 48(4) : 205-217.
2. TEP(2008), Toward a green infrastructure framework for Greater Manchester.
3. TEP(2010), Greater Manchester's Green Infrastructure : Next steps towards a green Infrastructure Framework.