

Simulation Modeling of Urban Flood Resilience in Inland and Coastal Area

송기환

*고려대학교 오정리질리언스연구원 연구교수

I. Introduction

도시지역에서 발생하는 홍수는 인공지반(주거지역, 상업지역, 공업지역, 교통지역 등)의 확장과 높은 불투수율로 인해 발생가능성이 높으며, 높은 강우강도를 가지는 국지성 호우로 인해 문제가 크게 나타난다(Kim *et al.*, 2011). 기존의 도시홍수에 대응하기 위한 구조적/비구조적인 대책들에서는 홍수량을 저감하는 것에 초점을 두고 있기 때문에(Koh and Lee, 2012), 과거의 기준을 가지고 홍수에 저항하고 방어하는 것이 아닌 발생의 전, 중, 후 고리를 통해 대책을 수립할 필요가 있다. 따라서 홍수라는 교란에 대해 저항하고, 대응하며 회복하는 능력을 의미하는 홍수 리질리언스의 개념을 바탕으로(Kim *et al.*, 2015), 그린 인프라와 같은 구조적인 방안을 활용한 시뮬레이션 모델링 기법을 적용하고자 했다. 본 연구의 목적은 내륙지역과 해안지역에서 발생하는 도시홍수에 대응하기 위해 시뮬레이션 모델을 활용하여 그린인프라를 적용한 사회생태시스템의 회복력 향상 효과를 분석하는 것이다. 이를 위해 도시홍수에 대한 시뮬레이션 모델을 통해 우수유출 저감효과와 지연을 분석하였으며, 리질리언스로 정량화하고 사회적인 영향을 분석했다.

II. Simulation model process

시뮬레이션 모델을 활용하여 그린인프라를 적용한 도시홍수 리질리언스의 향상 효과를 분석하기 위해 5단계에 걸친 프로세스를 수립했다. 첫째, 집중호우로 인한 내륙지역과 태풍으로 인한 해안지역의 도시홍수 피해에 초점을 두고 대상지역을 도출했다. 둘째, 각 사례별 자료를 수집하고 시나리오를 설정했다. 셋째, 구축한 모델을 바탕으로 우수유출 저감효과를 분석했다. 넷째로 분석한 효과를 리질리언스로 정량화하고자 했으며, 마지막 단계에서는 추가적인 사회 영향들을 검토하고자 했다.

III. Heavy rainfall in inland area

1. 서울시의 홍수취약성 분석

본 연구에서는 서울시를 대상으로 내륙지역의 도시홍수 취약성을 분석하고자 했다. 서울은 도시화로 인한 인구의 증가, 불투수면적의 증가로 매년 여름에 크고 작은 홍수피해를 받고 있다(Lee and Kang, 2018). 홍수취약성 결과 취약지수 상위 5%에 해당하는 지역은 강북구, 강동구, 도봉구 지역이 도출되었다.

2. 모델 구축 및 우수유출 저감효과 분석

본 연구에서는 우수유출 저감을 목표로 개발된 모듈을 그린 인프라로 적용하여 효과를 분석하고자 했다. 따라서 강수량에 따른 유출, 그린인프라로서의 모듈, 토지피복 등의 변수들을 중심으로 모델을 구축했다(Figure 1 참조).

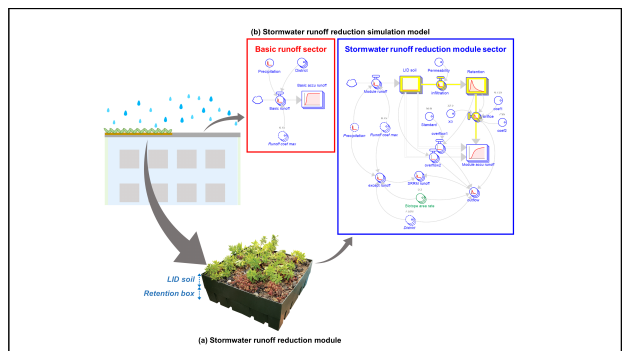


Figure 1. 내륙지역 도시홍수 회복력 시뮬레이션 모델 구조

지역별 유출저감의 효과는 강동구, 강북구, 도봉구의 순서대로 나타났으나, 단위면적당 유출저감의 효과는 강북구, 도봉구, 강북구의 순서대로 나타났다. 이는 전체 면적이 강동구가 가장 높으나, 지역별 인공지반의 비율이 다르기 때문이다(Figure 2 참조).

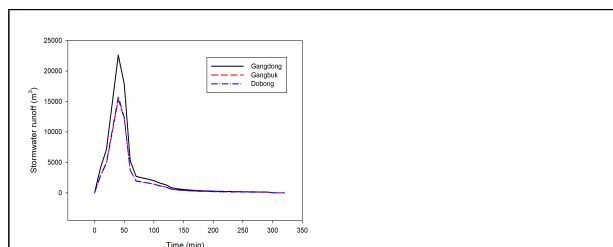


Figure 2. 강동구, 강북구, 도봉구 지역의 우수유출 저감효과 비교

3. 내륙지역의 도시홍수 리질리언스 정량화

그린인프라를 통한 리질리언스 향상 효과는 강동구 지역이 가장 높았으며, 강북구와 도봉구의 순서대로 나타났다. 이는 그린인프라의 적용뿐 아니라, 현재 지역에서 보유하고 있는 빗물 펌프장의 수와 용량의 차이 때문이다(Figure 3 참조).



Figure 3. 리질리언스 향상 효과 비교(강동구, 강북구, 도봉구 순)

IV. Typhoon in coastal area

1. 해운대구의 홍수취약성 분석

본 연구에서는 부산 해운대구를 대상으로 해안지역의 도시홍수 취약성을 분석하고자 했다. 부산은 바다와 인접해 있으며 서울에 이어 국내에서 두 번째로 큰 도시로 매년 태풍의 피해를 지속적으로 받고 있으며(Jung *et al.*, 2012), 그 중에서도 태풍 차바에 의한 피해를 직접적으로 받았던 해운대구를 중심으로 홍수에 대한 취약성을 분석하고 해운대구 내의 지역들을 도출했다.

2. 모델 구축 및 우수유출 저감효과 분석

해운대구에 적용하기 위한 도시홍수 회복력 시뮬레이션 모델을 구축하고 관련 자료를 수집했다. 수집된 자료는 토지피복, 지역의 특성, 태풍 차바 당시의 강우량, 그린인프라 등의 변수들로 나타났다(Figure 4 참조).

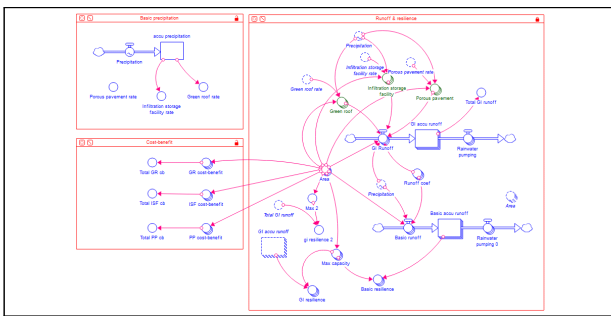


Figure 4. 해안지역 도시홍수 회복력 시뮬레이션 모델 구조

그린인프라를 생태면적율의 기준에 따라 10%, 20%, 30%로 적용한 결과, 6, 9시간에 침투유출량 저감 효과가 나타났다. 또한 그린인프라의 유형(옥상녹화, 침투형 저류시설, 투수성 포장)별

로 적용한 결과, 6시간의 침투유출량 저감효과는 옥상녹화가 제일 높았으나, 9시간에서는 침투형 저류시설의 효과가 제일 높게 나타났다(Figure 5 참조).

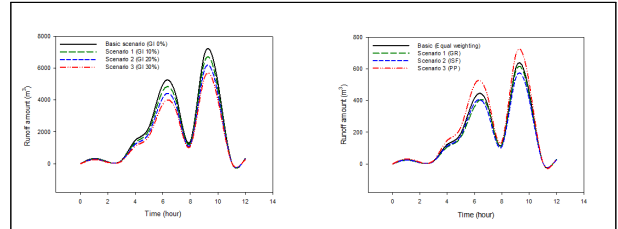


Figure 5. 우수유출 저감효과 비교(그린인프라 면적별, 유형별 순)

3. 해안지역의 도시홍수 리질리언스 정량화

그린인프라의 면적별 리질리언스 향상 효과는 20%를 적용한 이후부터 다시 원래의 시스템으로 회복하는 것으로 나타났으며, 유형별 효과는 침투형 저류시설이 가장 높게 나타났다(Figure 6 참조).

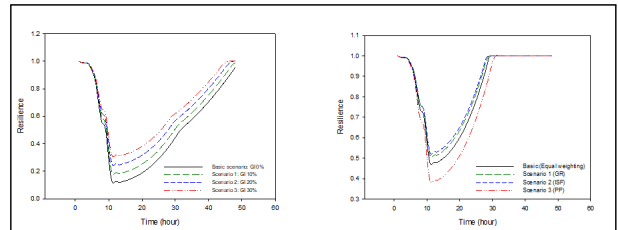


Figure 6. 리질리언스 향상 효과 비교(그린인프라 면적별, 유형별 순)

V. 결론

본 연구에서는 회복력에 대한 개념적인 이해를 바탕으로 도시홍수의 문제를 접근하고자 했으며, 시뮬레이션 모델링 과정을 통해 도시홍수로 인한 유출과 회복력 등을 분석하고자 했다. 본 연구는 도시홍수에 대한 취약지역을 도출하는 것부터, 모델을 구축하고 유출저감 효과를 분석하며 리질리언스로 정량화했다는 점에서 의미가 있다. 본 연구의 결과는 도시홍수에 대응한 정부나 지자체 단위의 정책 수립 시, 그린인프라를 계획에 활용하기 위한 근거로 제시할 수 있다. 또한 도시홍수 회복력의 개념을 정량화시킴으로써 이론적인 근거에 그쳤던 회복력을 구체적인 계획 과정의 과학적인 근거로 활용할 수 있다.

참고문헌

1. Jung, H. C., W. K., Lee and J. G. Cho(2012) A Study on Climate Change Vulnerability for Supporting Pilot Project of Local Government

Adaptation Implementation Planning, Korea.

2. Kim, B. K., D. W. Jang, N. Jang and D. M. Yang(2011) The deduction of urban flood risk factor considering climate change. *Journal of Safety and Crisis Management* 7(1): 125 - 142.
3. Kim, D., D.-U. Jeon, S.-J. Ha, T. H. Kim, J.-O. Kim, J. D. Shin, S. Kang, et al.(2015) The possibility of a new paradigm in the city - resilience. *Urban Information Service*, 12: 3 - 26.
4. Koh, T., and W. Lee(2012) A study on urban planning techniques for flood reduction in the lowlands-focused on Seoul metropolitan city in Korea. *Seoul Studies* 13(4):287-300.
5. Lee, S. and J. E. Kang(2018) Urban flood vulnerability and risk assessments for applying to urban planning. *Journal of Korea Planning Association* 53(5): 185-206.
6. Sakieh, Y. (2017). Understanding the effect of spatial patterns on the vulnerability of urban areas to flooding. *International Journal of Disaster Risk Reduction* 25: 125-136.