

EPA SWMM을 활용한 그린 인프라스트럭처(GI) 적용의 따른 홍수저감 효과 분석: 용산기지를 대상으로

최승훈*, 조신형*, 강준혁*, 김재경*

*강릉원주대학교 환경조경학과

jkkim4769@gwnu.ac.kr

Flood Mitigation Effects of Green Infrastructure(GI) Application Using EPA SWMM: A Case Study of Yongsan Garrison

Seung-Hun Choi*, Sin-Hyung Cho*, Jun-Hyuk Kang*, Jaekyoung Kim*

*dept. of Environmental Landscape Architecture, Gangneung-Wonju National
University

요 약

본 연구에서는 극한 강우에 대비하기 위해 용산공원 개발부지(전 용산기지) 저영향개발 기법을 적용 하고, 그로 인한 홍수 저감 효과를 분석하였다. 최근 기후변화로 인하여 국지성 호우의 증가 및 기존 배수 시스템의 한계는 도시 홍수를 심화시키는 주요원인으로 작용한다. 이에 따른 그린 인프라의 설계가 요구되고 있다. 본 연구는 EPA SWMM5 모델을 활용하여 대상지 유역 내 강우-유출 과정을 시뮬레이션하고 침투도랑, 식생수로, 빗물 정원 등 6가지의 LID 시설을 유역 내 15~20% 적용하였다. 500년 빈도와 HUFF 3분위 분포를 적용하여 시뮬레이션을 실행하였다. 총 유출량과 첨두 유출량이 감소할 것으로 예상된다. 이는 LID 기법의 적용이 지속 가능한 물 관리 방안 구축에 기여할 수 있음을 나타낸다.

키 워 드

Green Infrastructure, EPA SWMM, Sustainable Urban Planing, Evidence-base planning, Flood Mitigation

2.1 대상지 선정

1. 서론

기후변화로 인하여 강수 패턴의 변화는 전 세계적으로 영향을 미치고 있으며, 이에 따른 홍수의 빈도와 국지성 호우의 강도가 증가하고 있다 [1]. 특히 국지성 호우의 증가와 기존 배수 시스템의 한계는 도시 홍수의 주요 원인이 되고 있으며, 이에 대해 지속가능한 대응 방안이 요구된다 [2].

특히 개발이 예상되는 지역에는 그린 인프라와 그레이 인프라를 복합적으로 적용하여 지표유출과 지하유출을 복합적으로 관리할 필요가 있다[3][4]. 이에 본 연구에서는 국내 개발 예정지 중 각 지역을 선정하여 그린 인프라 적용 효과를 분석하였다[5]. 이를 위해 EPA SWMM(Storm Water Management Model)을 활용하여 도시 유역 내 강우-유출 과정을 시뮬레이션하고, 그린 인프라스트럭처(Green Infrastructure) 적용 전·후 유출 특성을 비교 분석하였다.

2. 연구 방법

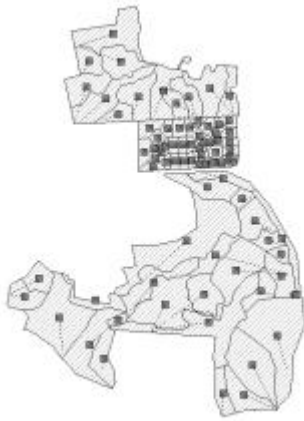
본 연구의 대상지는 서울특별시 용산구에 위치한 용산공원 개발부지로, 총 면적은 약 2.29km²이다. 대상지는 여러 군사시설과 도로, 용산 어린이 정원 등으로 구성되어 있으며, 불투수율이 높은 도시 유역 특성을 가진다. 유역을 총 80개의 소유역으로 구획하여 수문학적 분석의 정밀도를 확보하였다.

2.2 SWMM 모델 개요 및 설정

EPA SWMM5를 기반으로 수행되었으며, 유역 모델링은 QGIS와 R을 활용하여 구축한 SWMM 모델의 모습은 Figure 1과 같다. LID 시설의 적용 전·후의 비교 분석을 위해 모델 내 유출수량을 산정하고, 동일한 강우 데이터를 통하여 LID 시설의 유출 저감 효과를 평가한다.

패턴과 유사하다는 점에서 채택되었다.

[Fig 1] SWMM Model



2.3 LID 기법 적용 계획

EPA SWMM5에서 적용가능한 8가지 LID 기술 중 침투도랑(Infiltration Trench), 식생수로(Vegetative Swale), 투수성 포장(Pervious Pavement), 빗물정원(Rain Garden), 빗물저장통(Rain Barrel), 녹색 지붕(Green Roof) 총 6가지를 적용하였다.

각 LID시설은 용산공원 개발부지 내 도로, 주차장, 막사 지붕, 용산 어린이 정원 잔디광장 등에 공간별로 배분되었으며 면적은 다음과 같다(Table 1).

[Table1] LID Application Area

Pervious Pavement	77,275m ²
Green Roof	13,040m ²
Infiltration Trench	11,937m ²
Vegetative Swale	10,085m ²
Rain Garden	5,605m ²
Rain Barrel	1,288m ²

LID 매개변수는 선행연구[2][5][6] 및 저영향개발(LID) 기법 설계 가이드라인을 참고하여 설정하였다.

2.4 강우 시나리오

본 연구에 사용된 강우자료는 500년 빈도의 확률강우량을 선택하여 극한 강우에 대한 유출 저감 효과를 분석하고자 하였다. 강우의 시계열 분포를 분석하기 위해 HUFF 3분위 방정식을 적용하였다. 이는 강우 패턴이 후반부에 집중되어 도심 지역에서의 실제 강우

3. 결과

본 연구에서는 LID 기법을 대상지 전체유역의 약 15~20% 면적에 적용하는 시나리오를 설정하였다. 이는 각 소유역별 불투수면 비율과 지형 특성을 고려하여 LID 설치 가능구역을 선별한 결과이다.

주요 적용 공간은 도로 및 주차장(투수성 포장), 대상지 내 막사 지붕(녹색 지붕), 용산 어린이정원(빗물 정원, 투수성 포장), 대사관 숙소건물(빗물저장통) 등이며, 공간 유형별로 다른 종류의 LID 기술을 배치하였다.

전체 LID 적용 면적은 약 119,230km²이고, 그 중 투수성 포장(Pervious Pavement)이 77,275km²로 가장 큰 면적을 차지하였다. 도로와 주차장 등 광범위한 포장면에 적용이 용이하여 면적 대비 유출 저감 효과가 높은 기법이다. 다음으로 녹색 지붕(Green Roof)과 침투도랑(Infiltration Trench)이 지붕과 도로변에 적용되어 효과적인 분산 배수 및 초기 유출 저감 기능을 수행할 수 있다. 식생수로(Vegetative Swale)와 빗물 정원(Rain Garden)은 상대적으로 면적은 작지만, 유출수의 질적 개선 및 체류 시간 증가에 기여할 것으로 기대된다.

결과적으로, 본 연구는 전 군사시설이라는 공간특성과 LID 시설의 면적별 기여도를 종합적으로 고려할 때 넓은 면적에 적용 가능한 투수성 포장과 녹색 지붕이 유출수 관리에서 핵심적인 역할을 할 수 있음을 나타낸다.

4. 고찰 및 결론

본 연구는 기후변화로 인한 극한강우에 대비하기 위해 용산공원 개발부지에 그린 인프라스트럭처(GI)를 적용하여 유출 저감 효과를 분석하는 것을 목표로 하였다. 대상지는 약 2.29km² 면적으로, 불투수면적이 높은 지점을 중심으로 LID 모의기법을 제시하였다. 강수 데이터는 극한 강우 조건으로 500년 빈도 확률강우량 및 Huff 3분위 분포를 기반으로 설정하였다.

용산공원과 같은 도심 내 공원 조성 예정지에 그린 인프라스트럭처 기법을 적용하는 것은 도심 내 물순환 체계 구축 및 도시 회복력 향상에 기여할 수 있다. 이러한 연구 결과는 도시 계획 및 조경 설계 단계

에서의 정책적 활용 가능성을 제시할 수 있다.

감사의 글

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (RS-2023-00259995).

참고문헌

- [1] Jeong, G.-C., Cho, K.-W., Lee, M.-H., Hwangbo, E., Kim, S.-H., and Yoo, J.-H., "A study on flood risk assessment and flood defense standard strategies in response to climate change (II)," *Climate and Environmental Policy Research*, 2023, pp. 1-131. <https://kiss.kstudy.com/Detail/Ar?key=4089068>
- [2] Maharani, Z., Kim, J., and Lim, J. H., "A Comprehensive Study on Flood Mitigation Strategies of Low-Impact Development in Yeongdeungpo-gu, Seoul," *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture*, vol. 52, no. 5, pp. 83-95, 2024. <https://doi.org/10.9715/KILA.2024.52.5.083>
- [3] Park, S., Kim, J., Yun, H., and Kang, J., "Exploring the network structure of coupled green-grey infrastructure to enhance urban pluvial flood resilience: A scenario-based approach focusing on 'centralized' and 'decentralized' structures," *Journal of Environmental Management*, vol. 370, pp. 122344, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.122344>
- [4] Kim, J., and Kang, J., "Development of hazard capacity factor design model for net-zero: Evaluation of the flood adaptation effects considering green-gray infrastructure interaction," *Sustainable Cities and Society*, vol. 96, pp. 104625, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104625>
- [5] Kang, D. H. D., Kim, J. G. J., Verma, V., Leon, A. S., and Kang, B., "Evaluation of urban inundation under changing landcover—application of EPA SWMM-LID to Andong City in South Korea," *World Environmental and Water Resources Congress 2019, American Society of Civil Engineers, Reston, VA*, pp. 83-88, May 2019. <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/9780784482353.008>

- [6] Kim, J., Lee, J., Hwang, S., and Kang, J., "Urban flood adaptation and optimization for net-zero: Case study of Dongjak-gu, Seoul," *Journal of Hydrology: Regional Studies*, vol. 41, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2022.101110>