

지속가능한 물순환체계 구축을 위한 빗물 저류조의 유지관리 시기에 대한 분석*

김재경 · 정연옥 · 강준석

서울대학교 조경 · 지역시스템공학부 조경건설공학 연구실

I. 서론

도시홍수는 전인류가 처해있는 '기후변화'와 밀접한 관계를 가지고 있다. IPCC 5차 보고서에 의거, 기상청에서는 한반도를 대상으로 RCP(representative concentration pathways) 시나리오를 규정하고 있다. RCP 시나리오는 총 네 단계로 이루어지며, RCP 시나리오 8.5 단계에서는 CO₂가 940ppm 까지 상승할 것으로 예측한다. 이로 인한 기온 상승 및 강수량 증가가 예상된다.

특히, 서울특별시 등 대규모 도시는 불투수성 포장면으로 인한 극심한 피해가 예상된다. 피해를 줄일 수 있는 방안으로 제시되는 것이 조경학적 물순환체계의 개선이다. 도심지 내에 물순환체계를 개선하는 요소로는 '생태수로', '빗물 저류조', '투수성 포장' 등의 방법이 제안되고 있다.

이 중 빗물 저류조는 하수관망 시설을 정비하는 방법으로, 물탱크 형식의 시설물이 설치된다. 철근콘크리트, 파형강 저류조 설치법 등이 사용된다. 저류조의 경우, 규모 설계 기준이 법령으로 규정되어 있는데, 집수면적에 0.05m를 곱하거나, 대지면적에 0.02를 곱하는 것을 규정으로 한다.

이에, 본 연구에서는 서울 내에 홍수 영향면적을 산정하고, 설치 가능한 저류조의 체적을 계산하였다. 또한, 2100년까지의 기후변화 시나리오 강수량 변화에 근거, 저류조의 저장 효율을 살펴해보았다. 효율 변화 파악을 위해 저류조 내부에 비점원오염물의 퇴적량 변화 · 관리 시기를 추정하였다.

II. 본론

1. 연구방법

본 연구의 연구방법은 크게 세 가지로 구분된다. ESRI에서 제공하는 서울특별시 내 DEM 파일을 이용하여, 홍수 영향면적(watershed)와 저류조 설치가능 체적을 산정한다. 두 번째는 과거자료를 이용하여 현재 상태에서 수용 가능한 시간당 강수량 및 저류조 설치시의 효율을 산정한다. 마지막으로 RCP 시나리

오에 의거 2100년까지 비점원오염물의 퇴적량 및 내부 관리시기를 산정한다.

1) 영향면적(Watershed) 및 저류조 부피 산정

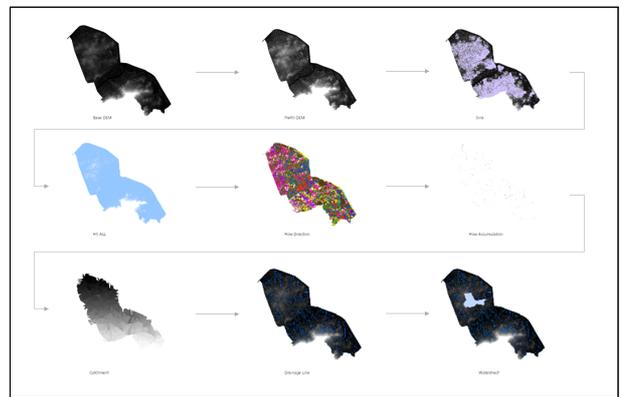


Figure 1. 수문학 분석 방법

영향면적의 산정을 위해서 ARC GIS의 Arc Hydro Plug-in을 사용하였다. 기본 DEM을 활용하여 Prfill DEM → Fill Sink → Fill All → Flow Direction → Flow Accumulation → Catchment → Drainage Line → Watershed 순서로 구축하였다. Watershed는 한 지점(watershed point)으로 물이 흘러 들어갈 때 어느 지역에 내린 강우가 영향을 미치는지를 뜻한다. 저류조의 부피 산정을 위해서 아래와 같은 식을 사용하였다(최영훈 *et al.*, 2018).

$$V(m^3) = A_b(m^2) \times 0.05(m) \quad (1)$$

여기서 V 는 저류조의 빗물 수용 가능 체적을 뜻하며, A_b 는 영향면적 내 빌딩의 면적을 뜻한다.

2) 시간당 수용 가능 강수량 및 저류조 설치 효율 산정

현재 시간당 수용 가능 강수량 산정을 위해 방재기상관측 자

*: 본 결과물은 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원의 기후변화대응환경기술개발사업의 지원을 받아 연구되었습니다(2018001310002).



Figure 2. 저류조 설치 시 침수 감소 면적

료를 이용하여, 강수량 정보를 추출하였다. 이를 활용한 강우 용량의 산정식은 아래와 같다.

$$C_a = (M_f + M_{nf})/2 \quad (2)$$

여기서 C_a 는 시간당 수용 강우량을 뜻하며, M_f 는 침수피해 발생 시 최소 시간당 강우량, M_{nf} 는 침수피해가 없을 때 최대 시간당 강우량을 뜻한다.

최종적으로 식 (1), (2) 두 산정식을 이용하여, 유출(run-off)량을 계산식이 아래와 같이 도출되었다.

$$Q_r = (R - C_a) A_b \quad (3)$$

여기에서 Q_r 은 지표 위로 유출되는 양을 뜻하며, R 은 시간당 강우량을 뜻한다.

3) 비점원오염물 퇴적량 산정 및 저류조 내부 관리시기

저류조 용량에 대비해 강수량의 홍수 여부를 파악하기 위해서, 일 단위의 기후변화 시나리오를 시간 단위의 강수량으로 변경하는 절차가 필요했다. 이를 위해서 Huff 방법의 무차원 누가 곡선 회귀식을 사용하였다. 강우 지속 시간은 6시간으로, 3분위에 해당하는 회귀식을 사용하였다.

$$Y = 0.09646236117 - 0.3061744138 \cdot X + 0.09318964715 \cdot X^2 - 0.004778465652 \cdot X^3 + 0.0001114314982 \cdot X^4 - 1.098642534 \cdot 10^{-6} \cdot X^5 + 3.820261438 \cdot 10^{-9} \cdot X^6 \quad (4)$$

여기서 X 는 무차원 강우지속시간(%)를 뜻하며, Y 는 무차원 누가 강우량(%)를 뜻한다.

한 강우당 퇴적되는 비점원오염물의 체적을 산정하기 위해 MOUSE 공식을 이용하였다(이재수, 박무중, 2006). 체적 산정을 위해서 비점원 오염물의 밀도는 $0.235t/m^3$ 으로 가정하였다.

$$V_{TS} = 2.9289A^{0.747} P^{0.009} T^{0.855} / 235 \quad (5)$$

여기서 V_{TS} 는 강우별 퇴적량의 체적(m^3), P 는 시간당 강우량 (mm/hr), T 는 지속시간이다.

2. 연구결과

본 연구에서는 2100년까지 축적될 비점원오염물의 양이 저류조 총 용량의 50% 이상을 차지했을 때를 유지관리 시기로 가정하고 있다. 이에 따른 종로구의 유지관리 시기 및 저류조 내부 퇴적량은 Figure 3과 같다.

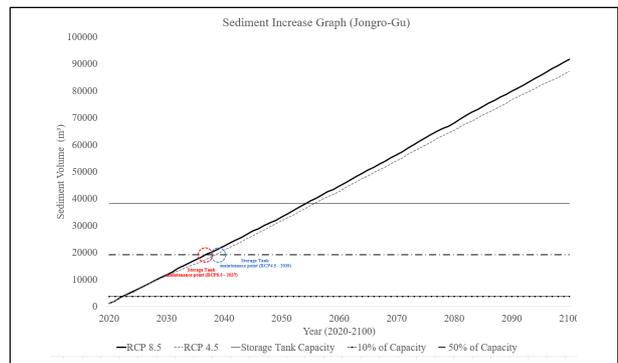


Figure 3. 비점원오염물 퇴적 추정량 - 종로구

종로구의 경우, 영향면적 내 저류조의 총 용량은 $38,288,07m^3$ 으로, 비점원오염물이 $19,144m^3$ 이상 되는 년도를 유지관리 시점으로 산출됐다. RCP 8.5 단계에서는 2037년, RCP 4.5 단계에서는 2039년으로 추정된다.

III. 결론

본 연구를 통해 향후 2100년까지의 비점원오염물의 퇴적량과 이를 이용한 저류조 유지관리시기를 도출할 수 있었다. 그 결과, RCP 8.5 단계에서는 2037년, RCP 4.5 단계에서는 2039년이 유지관리 시점으로 도출되었다. 또한, 본 연구에 입각했을 때, 2100년까지 약 3번의 추가적인 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 최영훈, 전혜지, 강준석 (2018). 지자체 적응을 위한 도시의 물 재난 적응형 모델 설계, 한국조경학회지 2018(1): 60.
2. 이재수, 박무중 (2006). 합류식 관거 유지관리를 위한 하수 및 지표면 고형물 부하량 산정, 한국수자원학회지 39(167): 533-544.