

도시지역에서 빗물관리시설의 물순환개선 효과에 관한 연구

A Study on Effectiveness of Improvement of Water Circulation for Rainwater Management Facility in Urban Area

금호준*, 김이호**, 최현일***, 지홍기***
Ho Jun Gum, Ree Ho Kim, Hyun-Il Chol, Hong Gi Ji

요 지

빗물관리시설 설치 시 물순환개선 효과를 정량적으로 표현하기 위해서는 시설물별로 저류효과와 침투효과를 평가할 수 있다. 또한 유역 규모에서의 물순환 개선 효과를 평가하기 위해서는 유역 출구지점에서 하천 유황의 변화와 유역 전체에서 지하수위의 변화 등을 평가하여 개선 효과를 평가할 수 있다. 빗물관리시설의 설치에 따른 물순환개선 효과를 평가하기 위해서는 설치 전후에 침투량, 증발산량, 유출량, 지하수위 등에 대한 관측이 수행되어야 하며 이러한 관측에 근거하여 개선효과를 평가하는 것을 기본으로 하여야 한다. 만일 관측을 할 수 없는 조건에서는 물순환 해석을 수행할 수 있는 모형을 적용하여 개선효과를 평가할 수 있다.

핵심용어 : 도시유역의 물순환, 물순환지표, 개선효과

1. 서 론

현재 우리나라는 급격한 도시화로 인해 도시화 이전 지표면이 갖고 있던 보수 및 유수 기능이 불투수층 면적이 증가됨에 따라 호우 시 유출시간 단축에 의한 침수 피해의 증가, 하천 수질 악화 등의 영향으로 나타나고 있으며 물순환의 왜곡으로 인한 건천화, 열섬현상과 같은 도시 환경적 문제가 지속적으로 발생하고 있다.

최근 들어 도시 내 물순환 왜곡으로 인한 침수피해 및 열환경 개선, 생태계 보전과 복원을 위해 많은 연구가 진행되고 있으며, 특히 빗물관리를 통한 물순환 정상화 방안이 점차 부각되고 있다. 특히 우리나라는 빗물 관리시설의 효과 중 이수 측면만 부각되어 황사, 편중된 강우특성으로 인해 빗물 이용의 경제성에 대한 부정적 시각이 존재하기 때문에, 빗물 관리시설의 확대 보급을 위하여 단순한 빗물 이용 측면이 아닌 빗물관리를 통한 물순환 개선효과의 정량적인 분석과 제도 개선을 통한 체계적 빗물관리체계개선 방안의 제시가 절실하다.

지금까지 빗물에 대한 일반인들의 인식은 모두 치수에 중심을 두어왔다. 즉, 빗물은 내리자마자 곧바로 하수도를 통해 방류수역으로 신속하게 배제해야 한다는 것에만 관심을 두어 왔던 것이다. 바람직한 치수를 위하여 하천과 하수도를 개보수하고 빗물배제용 펌프장을 건설하는데 막대한 비용을 들여왔다. 그러나, 기상이변에 의한 집중호우와 도시개발에 의해 이러한 시설은 그 용량이 부족하게 되어 홍수피해는 점점 늘어가는 실정이다. 근본적인 대책이 없다면 앞으로 그 피해는 더욱 심각해질 전망이다. 따라서, 본 연구에서는 도시의 불투수면 증가로 인한 열섬현상과 열대야 현상 및 왜곡된 물순환으로 야기되는 도시침수, 하천 건천화, 수질오염 및 도시 생태계 악화 등의 문제를 해결하고자 물순환건전화를 위한 빗물관리체계 현황과 실태를 분석하고, 빗물의 체계적 관

리를 위한 빗물관리체계 현황과 실태를 분석하고, 도시지역에서 빗물관리시설의 물순환개선 효과에 관한 제도적인 개선방안과 기술기준을 마련하는 것을 목적으로 한다.

2. 도시지역의 물순환 구조

자연적인 물순환계에서 강수는 수목과 토양에 일시 저류되고 증발산 되어 대기로 돌아간다. 일부는 지하에 침투되어 지하수가 되고 서서히 하천으로 유출함으로써 하천에 지속적으로 물이 흐르게 된다. 그리고 이 과정에서 토양의 정화작용에 의해 수질이 개선된다. 농지에서는 논에서의 저류, 침투 기능에 의해 홍수의 유출을 방지하고 경감하는 역할이 있음과 동시에 지하수함양에도 기여하고 있다. 하지만 우리가 살고 있는 세상은 자연적인 물순환계를 개조시키면서 발전해 왔다. 특히 20세기 후반이후에는 도시로 인구가 집중되면서 빗물이 땅속으로 스며들지 못하는 지역이 확대되고, 하천부지가 축소되었으며, 산림 및 습지가 감소하는 등의 현상이 급속히 진행되었다. 그 결과 하천 유량의 변화, 지하수위의 저하, 용수의 고갈, 생태계의 파괴 등이 일어났다. 한편 증가하는 도시생활을 유지하기 위하여 변화를 초래하게 되었다.

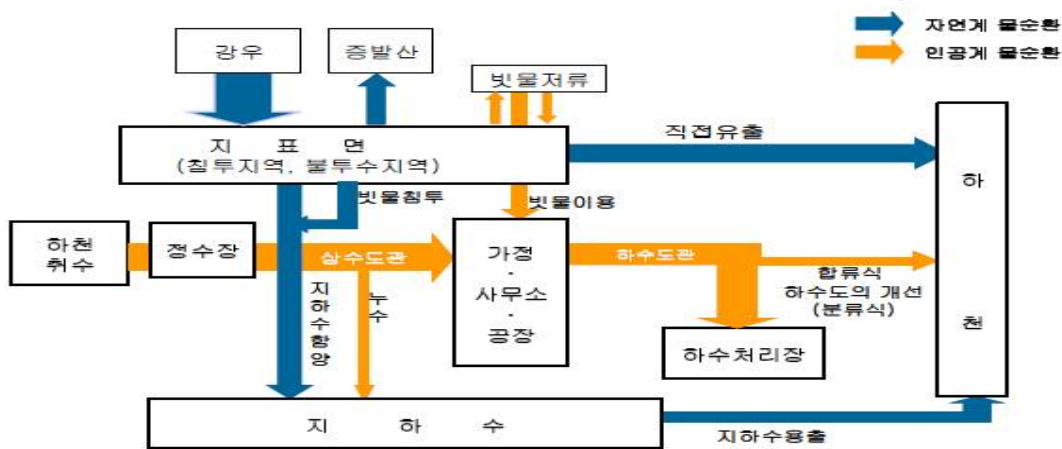


그림 1. 도시지역의 물순환 과정

3. 도시 물순환 지표

유역의 물순환만을 평가하기 위한 지표는 개발된 사례가 없는 것으로 조사되었다. 유역의 물순환은 강수의 자연적 변화 특성 및 유역의 반응에 따른 유출의 변화 특성이 복합적으로 작용하기 때문에 지표화하는 것이 용이하지 않다. 호주의 국립연구소인 CSIRO (2001)는 하천의 상태를 평가 (Assessment of River Condition)하는 작업을 하면서, ISC (Index of Stream Condition)외에 HDI (Hydrologic Disturbance Index)를 새롭게 개발하여 적용하였다. HDI는 HD보다는 계절의 영향 등을 반영한 지수이다.

$$HDI = 1 - \frac{P_{(1-A)^2 + (1-M)^2 + (1-SA)^2 + (1-SP)^2}}{P_4}$$

여기서, A: 연유출지수 (annual flow index), M: 월유황곡선편차지수 (monthly flow duration curve difference index), SP: 계절주기지수 (seasonal amplitude index), SA: 계절진폭지수 (seasonal amplitude index)로 정의되며 각기 별도의 계산과정을 거쳐 구해진다. 한국건설기술연구원(2005)은 물순환지표를 개발하여 제안한 바 있다. 물순환은 일차적으로 강우의 변동성 및 토지이용의 변화에 직접 영향을 받게 된다. 즉, 자연적인 변화특성과 인위적인 변화요인에 따라 물순환이 달라지게 된다.

물순환 평가지수 (WCAI, Water Cycle Assessment Index)는 해당년도 별로 각 유황값에 대해서 아래의 식으로 산정되며, 해당년도에 대한 물순환 지수는 풍수량, 평수량, 저수량 및 갈수량에 대하여 산정된 물순환 평가지수의 평균값으로써 산정하였다.

$$WCAI_{Y,X} = \frac{\overline{Q_{Y,X}} - Q_{Y,X}}{Q_{Y,X}}$$

$$WCAI_Y = \frac{\xi w_i WCAI_{Y,X}}{4}$$

여기서, X는 유황곡선에서 풍수량, 평수량, 저수량 및 갈수량에 해당하는 것이며, y는 해당년도이고 w는 해당년도의 물순환 평가지수를 산정하기 위하여 풍수량, 평수량, 저수량, 갈수량에 대한 가중치로써 본 연구에서는 동일하게 적용하였다. 이처럼 전체기간에 대해서 각 유황값에 대한 평균과 표준편차 및 빈도별 유황값을 이용하면 아래 그림과 같이 유출량에 대한 판단을 용이하게 할 수 있다.

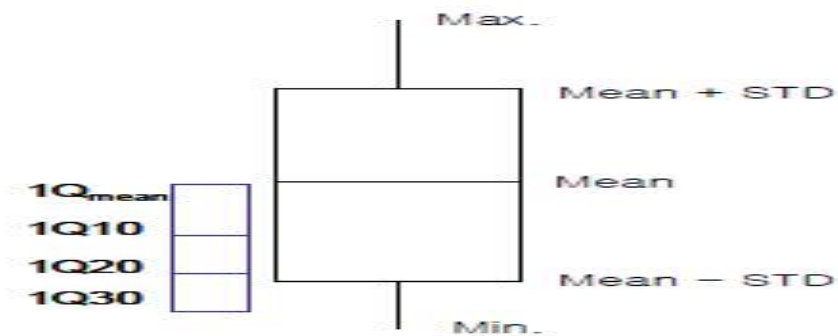


그림 2. 물순환의 건강성을 평가하기 위한 지표

4. 물 순환개선효과

빗물관리시설 설치 시 물순환개선 효과를 정량적으로 표현하기 위해서는 시설물별로 저류효과와 침투효과를 평가할 수 있다. 또한 유역 규모에서의 물순환 개선 효과를 평가하기 위해서는 유역 출구지점에서 하천유황의 변화와 유역 전체에서 지하수위의 변화 등을 평가하여 개선 효과를 평가할 수 있을 것이다. 또한 평가대상의 기간에 대해서도 개별 강우사상에 대한 평가는 물론 월별, 계절별 혹은 총량에 대한 비교도 가능할 수 있다. 동일한 기상조건에서 빗물관리시설을 설치하기 전후에 대한 침투량, 증발산량, 유출량의 변화 및 지하수위의 변화를 평가하여 물순환 개선 효과를 평가할 수 있으며, 그 관계는 다음 식과 같다.

$$E = \frac{V_{after}}{V_{before}}$$

여기서 E: 평가항목에 대한 개선효과, V_{before} : 빗물시설 설치 전의 평가 항목의 값, V_{after} : 빗물시설 설치 후의 평가 항목의 값이다.

위 식에 의하여 빗물관리시설의 설치에 따른 물순환개선 효과를 개선하기 위해서는 설치전과 후에 침투량, 증발산량, 유출량, 지하수위 등에 대한 관측이 수행되어야 한다. 이러한 관측에 근거하여 개선효과를 평가하는 것을 기본으로 하여야 한다. 만일 관측을 할 수 없는 조건에서는 물순환 해석을 수행할 수 있는 모형을 적용하여 개선효과를 평가할 수 있다. 개선효과를 계량화하기 위해서는 물순환지수와 같은 등급화가 필요하다. 등급화를 위한 기준은 기존에 연구된 결과를 이용할 수 없다.

5. 결 론

건강한 생태도시 환경이 사회·문화·경제적 관점에서 조성 및 보전될 수 있는 통합적이며 빗물의 이용과 관리는 생태도시 측면에서 생태도시 기능을 우선시 하는 것이다. 빗물관리 정책은 생태도시 조성운동에 적극적으로 참여할 수 있도록 재정(경제)적 인센티브제도를 도입하고 생태도시 조성을 위한 빗물관리 지침은 도시 내에서 지표수와 지하수의 연계성을 고려한 담수자원의 통합적 관리의 원칙에서 작성하며 도시 내에서 토지이용계획과 도시계획 등이 물이용과 수문순환에 합리적으로 적용되는 연계적 관리의 원칙에서 작성한다.

감사의글

본 연구는 환경부가 출연하고 한국환경기술진흥원에서 위탁시행한 2009년도 차세대 핵심환경 기술개발사업에 의한 “빗물이용시설의 설계 및 운영관리기술 개발”의 연구결과이며 환경부의 자료제공에 감사드립니다..

참고문헌

1. 지홍기, 이영화, 최운영 (2000. 09), 도시유역의 내수배제를 위한 도시유출모델의 비교, 대한상하수도학회 논문집, 제14권 제3호,
2. 농림기술관리센터(1) (2001), 농촌지역 우수의 생활용수 이용시스템 개발,
3. 지홍기, 국내외 우수이용 사례와 확산방안 (2002. 11), 빗물모으기와 빗물이용정책토론회, 국회 국가경쟁력연구회(너섬포럼) 한국빗물모으기운동본부
4. 지홍기, 전인배, 임기석, 이영민, 송시훈, 우수이용시스템의 표준화에 관한 연구, 대한상하수도학회·한국물환경학회, 2002 공동추계학술발표회 논문집, 2002. 11.
5. 과학기술부(2004), “우수 저류 및 활용 기술 개발” 1단계 최종보고서