

빗물관리시설의 운영효율성 개선에 관한 연구

A Study on Improving Effectiveness of Operation for Rainwater Management Facility

정성순*, 김이호**, 최현일***, 지흥기****

Sung Soon Jung, Ree Ho kim, Hyun Il Chol, Hong Gi Ji

요 지

비효율적으로 운영되는 빗물관리시설은 투입된 자원의 낭비, 편익의 상실 등 해당 건축물의 경제적 피해로 그치지 않고 오염된 빗물의 유출로 인해 도시 내 환경성을 저해할 수 있으며, 불필요한 시설이라는 인식으로 인해 빗물관리기술의 확산에 지장을 초래할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 효율적인 빗물관리를 유도하고 기술의 확산을 도모하고자 한다.

빗물관리시설의 운영효율을 평가하기 위하여, 빗물관리시설의 이수목적 운영효율과 치수목적 운영효율, 수질개선 효율 등을 정량화할 수 있는 지표를 제안하였다. 향후에는 제안된 평가방법을 검증하기 위한 연구가 추가적으로 진행되어야 할 필요가 있을 것이다.

핵심용어 : 이수효율, 치수효율, 수질개선 효율

1. 서론

1.1 연구필요성

최근 지속가능한 도시 건설과 국토의 이용을 위해서 빗물관리에 대한 관심이 급증하고 있다. 이제까지의 전통적인 빗물관리는 도시의 개발에 따라 자연히 증가하는 우수 유출수를 신속히 시가지에서 배제하는 것이었다. 이러한 기존 내수배제 방식으로는 도시가 광역화됨에 따라 지역적으로 편중된 집중호우에 대하여 적기에 대응하기가 어렵고, 어느 한 지역의 수해의 미치는 범위도 넓으며, 도시의 건전화 등 환경적으로 심대하게 영향을 미치게 된다. 따라서 도시 내부의 보수 능력을 향상시키고 물 순환 건전화를 도모하는 분산식 빗물관리기술은 도시 내부의 불투수면 유출수를 저류, 침투하여 침투홍수의 지체시간을 늘리고, 인접 하수도 및 하천으로의 유출을 저감하여 침수 피해를 방지할 수 있다. 뿐만 아니라 빗물침투를 통해 지하수위를 유지시켜 하천 건전화를 방지하며, 대체 수자원 확보 및 증발산을 유도하는 등 도시 물 순환에 기여할 수 있다.

비효율적으로 운영되는 빗물관리시설은 투입된 자원의 낭비, 편익의 상실 등 해당 건축물의 경제적 피해로 그치지 않고 오염된 빗물의 유출로 인해 도시 내 환경성을 저해할 수 있으며, 불필요한 시설이라는 인식으로 인해 빗물관리기술의 확산에 지장을 초래할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 효율적인 빗물관리를 유도하고 기술의 확산을 도모하고자 한다.

독일, 일본 등에서는 20 ~ 30년 전부터 정부 및 협회를 중심으로 빗물관리기술에 대한 법적기반 마련, 시설 가이드라인 제시, 교육 훈련 등이 활발히 이루어지고 있다. 특히 독일의 경우 빗물

* : 학생회원(석사과정) · 영남대학교 토목도시환경공학부 토목공학과 석사과정 · E-mail : sungsoon4737@naver.com

** : 정회원 · 한국건설기술연구원 연구위원 · 공학박사 · E-mail : rhkim@kict.re.kr

*** : 정회원 · 영남대학교 토목도시환경공학부 토목공학과 교수 · 공학박사 · E-mail : hichoi@ynu.ac.kr

**** : 정회원 · 영남대학교 토목도시환경공학부 토목공학과 교수 · 공학박사 · E-mail : hkjee@yu.ac.kr

전문협회, 물·하수·폐기물협회 등에서 빗물이용시설 운영지침, 빗물침투시설의 계획, 시공 및 운영에 관한 지침서를 제시하여 효율적인 시설관리를 유도하고 있다.

국내에서는 수도법 개정(2001. 3)을 통해 월드컵경기장 등의 시범사업이 수행되었으며, 서울특별시, 경기도 등에서 지자체 조례를 통해 장려함으로써 학교, 공동주택단지를 중심으로 이·치수 목적의 빗물저류시설이 도입되고 있다. 그러나 국내의 경우 대부분 이수목적인 빗물 이용시설 위주로 설치되고 있으며, 도입 후에도 활용 효율이 떨어져 방치되거나 최소한으로 운영되고 있는 경우가 많다.

2. 빗물관리시설의 운영효율성

2.1 이수 효율 평가

빗물관리시설의 우수이용률은 집수면에서의 집수가능량에 대한 빗물 급수량의 비로서 나타내며, 집수면으로부터 연간 가능한 양에 비해 얼마나 사용하였는지를 아래 식으로 나타낸다.

$$RUR = \frac{U_s}{C_s} \times 100(\%) \quad (1)$$

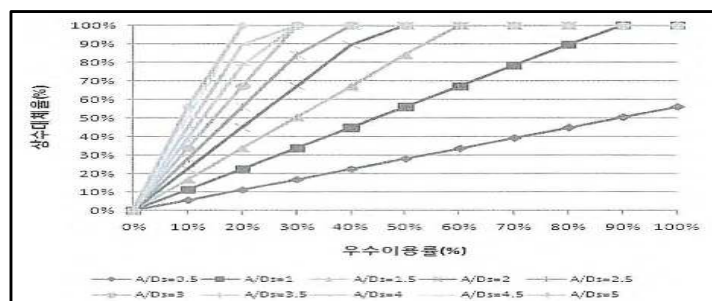
$$WSE = \frac{D_s - M_s}{D_s} \times 100(\%) \quad (2)$$

여기서, RUR : 우수이용률(%), U_s : 빗물 급수량(m^3) : C_s : 빗물 집수가능량, WSE : 상수대체율(%), D_s : 총사용수량, M_s : 상수 급수량, C : 유출계수, P : 강우량(mm), A : 집수면적(m^3)

우수이용률은 초기우수의 배제 및 처리 여부, 치수목적의 활용에 관계되며, 상수대체율은 수돗물 절약에 대한 인자로서 시설의 경제성과 밀접한 관계를 이룬다. 우수이용률에 따라 빗물 활용의 경제성 지표인 상수대체율과의 상관관계를 검토해보면, 상기 식에 모두 포함되어있는 빗물 급수량과의 관계로부터 아래 식으로 표현할 수 있다.

$$WSE = \frac{C \cdot P \cdot A}{D_s} RUR \quad (3)$$

유출계수와 강우량은 집수면과 강우량에 따라 수치적으로 계산 가능하므로 빗물관리시스템에 따라 가변적인 집수면적과 사용수량의 관계로부터 우수이용률에 따른 상수대체율을 산정하여 아래 그래프에 나타내었다. 아래의 경우 유출계수는 일반적인 옥상집수면 유출계수인 0.9. 우리나라의 연간 평균강수량 1,245mm일 경우의 관계곡선이다. 아래 그림에서 알수 있듯이 우수이용률의 증가에 따라 상수대체율도 증가하는 것을 볼 수 있으며, 총 사용수량 대비 집수면적이 큰 경우가 작은 경우에 비해 우수이용률에 따른 상수대체율의 효율이 큰 것을 알 수 있다. 따라서 시스템 계획의 수립 시에 집수면적을 가능한 크게 설정하되, 저류용량에 따른 목표 우수이용률을 검토하여 결정할 필요가 있다.



<그림 1> 우수이용률과 상수대체율 관계곡선

2.2 치수 효율의 평가

2.2.1 저류시설

빗물관리시설의 치수 효율의 평가는 저류시설과 침투시설을 구분하여 평가할 수 있다. 저류시설의 규모는 일반적으로 대상시설의 중요도에 따라 재현빈도를 설정하고, 유출량이 최대가 되는 임계 지속 시간에서의 설계 강우가 발생할 때의 설계홍수량(최대 방류량)을 저류하는데 필요한 용량으로 산정하고 있다. 따라서 저류시설의 치수 효율은 설치된 시설의 저류용량과 필요저류용량과의 관계로부터 평가할 수 있다.

저류시설의 필요저류용량은 저류조로의 유입량과 방류량 관계인 아래의 저류방정식으로부터 산정한다.

$$I - O = \frac{dV}{dt} \quad (4)$$

여기서 V : 저류량, t : 시간, I : 유입량, O : 방류량이다. 위 식을 미분하여 정리하면 아래식과 같다.

$$V_{t+\Delta t} - V_t = \left[\frac{1}{2} I_{t+\Delta t} + I_t - \frac{1}{2} O_{t+\Delta t} + O_t \right] \cdot \Delta t \quad (5)$$

여기서 Δt 는 소요시간이다.

이수목적으로 빗물을 활용하는 경우 빗물사용량만큼은 방류량과 마찬가지로 저류되지 않는 값이므로 임의시간 강우강도에서 빗물 사용수량 만큼의 강우강도를 제하여 산정할 수 있다.

2.2.2 침투시설

침투시설의 치수효과는 침투유출량의 저감 효과와 총유출량 저감 효과로 구분할 수 있으며, 침투유출량 저감효과는 아래 식과 같다.

$$p = \frac{Q_p - Q_c}{Q_p} \quad (6)$$

여기서, Q_p : 침투유출량(m^3/sec), Q_c : 침투량(m^3/sec)

총유출량 저감효과는 집수면으로부터의 총유출량과 침투량과의 관계로부터 유출저감율을 산정하여 아래 식으로 평가할 수 있다.

$$\text{총유출량 저감율} = 1 - \frac{R_c \cdot A_c}{R \cdot A} \quad (7)$$

2.3 수질개선 효율

빗물관리시설은 집수면을 통과한 강우 유출수에 포함된 오염물질을 저류·침투함으로써 오염물질을 제거하여 수질을 개선하는 효과를 거둘 수 있다. 빗물관리시설의 수질개선 효과는 대상 집수면의 설치 전후 유량가중평균농도(EMC : Event Mean Concentration)를 아래 식으로부터 산정하고 이를 비교하여 평가할 수 있다.

$$\text{유량가중평균농도} = \frac{\text{총오염물질발생량}(kg)}{\text{총강우유출량}(m^3)} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{오염물질농도}_i \times \text{유출량}_i}{\sum_{i=1}^n \text{유출량}_i} \quad (8)$$

$$\text{수질개선효과 } I_{np} = \frac{EMC_a}{EMC_b} = \frac{\text{설치 후 총오염물질발생량}}{\text{설치 전 총오염물질발생량}}$$

여기서, EMC_a 는 설치 후, EMC_b 는 설치 전 유량가중평균농도를 나타낸다.

3. 개선(운영효율) 결과고찰

- 1) 빗물관리시설에 대한 현장조사 결과 대부분의 시설이 계량기를 설치하여 모니터링에 따른 운전자료를 확보하고 있지 않아 시설의 효율을 평가하기가 어려운 실정이다.
- 2) 집수배관의 경우 저류조가 집수면에 인접해 있지 않아 집수배관이 길며, 수도배관 등 타배관과의 구분이 어렵거나 관리 소홀로 미관을 해치는 경우가 있다. 또한 집수밸브를 관리자가 수동으로 개폐하고 있어 집수효율을 저하시키고 유지관리에 많은 어려움을 주기도 한다.
- 3) 저류시설의 경우 관리 수위를 30 ~ 70%로 설정함으로써 가용 저류용량의 40%만 활용하고 있어 급수량 저하, 우수이용률 저하를 가져오는 사례가 있다. 저류조의 관리수위는 계획, 설계 시 저류용량을 축소시키지 않도록 관리하는 것이 바람직하다고 판단된다.
- 4) 처리시설 부재, 점검 및 보수 미비로 활용이 불가능한 경우가 많고, 활용용도에 지장이 없으나 처리시설 부족으로 조내 침전물 관리에 주의가 필요한 사례도 있다.
- 5) 빗물 활용의 경우 빗물 부족 시 보충수를 공급하지 않아 시설 활용빈도가 떨어져 효율이 낮고, 화장실세정용수의 경우 빗사용 문제로 인해 전체 설비를 가동하지 못하는 경우도 있다. 또한 빗물급수 시 관리자가 수동으로 급수하거나 시설 보수가 잘못되어 활용 효율이 떨어지는 경우도 있다.
- 6) 상기와 같이 빗물관리시설의 활용은 올바른 계획, 설계에 따라 시설 활용 전반에 걸쳐 영향을 미친다. 효율적인 운영방안 마련을 위해서는 효율적인 계획·설계가 선행되어야 하며, 운영 시에는 시설의 일상점검, 유지관리 뿐만 아니라 잘못된 시설을 개선함으로써 적극적인 시설활용이 가능하도록 해야한다.

4. 결론

빗물관리시설의 운영효율을 평가하기 위하여, 빗물관리시설의 이수목적 운영효율과 치수목적 운영효율, 수질개선 효율 등을 정량화할 수 있는 지표를 제안하였다. 향후에는 제안된 평가방법을 검증하기 위한 연구가 추가적으로 진행되어야 할 필요가 있을 것이다.

감사의 글

이 논문은 국토해양부가 조사한 “도시 빗물관리시설의 빗물활용 효율성 제고를 위한 연구”의 연구결과이며, 국토해양부의 자료제공에 감사드린다.

참 고 문 헌

1. 한무영 외 (2003), 건물의 지붕 집수면에 유출 빗물의 수질에 미치는 영향, 상하수도학회지, 17권 3호, pp460-466
2. 김이호, 이미정 (2004), 한국건설기술연구원 수자원연구부, 가뭄극복과 침수방지를 위한 우수이용시설의 활용
3. 제주특별자치도 (2004), 제주도 빗물이용시설등의 시설 및 관리기준,
4. 한무영, 김상래 (2006), 서울대학교 빗물연구센터, 서울대학교 기숙사 빗물이용시설의 평가
5. 과학기술부 (2007), 우수 저류 및 활용 시스템 적용
6. 현경학 외 (2007), 대한주택공사 주택도시연구원, 공동주택단지 우수관리 기반시스템 적용연구
7. 현경학 외 (2008), 대한주택공사 주택도시연구원, 공동주택단지 분산식 빗물관리시설 효과분석
8. 국토해양부 (2008), 빗물관리 및 활용 계획수립과 저변 확대방안 조사연구
9. 서울특별시 (2008), 빗물관리시설의 설치 및 지원에 관한 조례