

공동주택 빗물관리 의사결정지원 모형 개발

Model Development of Decision Support System for Rainwater Management in Building Complexes

김이호*, 김영민**, 이상호***, 권경호****
Reeho Kim, Youngmin Kim, Sangho Lee, Kwon Kyung Ho

요 지

최근 대체수자원 개발, 도시 비점오염과 물순환 체계의 효율적 관리를 위한 분산식 빗물관리기술에 대한 관심이 급증하고 있다. 이수 목적의 빗물이용시설, 치수목적의 우수유출 저감시설, 택지개발사업의 재해저감 시설 등 다양한 목적으로 시설들이 도입되고 있다. 그러나 치수용 시설에 있어 설계강우에 따른 홍수량 산정 방법을 제외하고는 이수 및 물순환 건전화에 위한 계획, 설계기술은 현재까지도 부족한 실정이다. 특히 이수 목적의 경우 집수면의 토지이용 특성, 용도별 사용수량 및 경제성에 대한 검토 없이 집수면적이나 대지면적의 일정비율 이상을 설계하고 있는 실정이다.

본 연구에서는 국내에서의 빗물관리시설 계획 설계를 지원하기 위해 공동주택 빗물관리 의사결정지원 모형(RainCity v1.5 Beta)을 개발하였다. 강우자료는 5분 간격의 설계강우, 시우량 및 일 강우자료를 DB나 사용자 파일로부터 호출하도록 하였으며, 토지이용 특성에 따라 유출계수를 고려한 수문학적 집수면적을 산정하여 적용하였다. 현재 버전은 이수 및 치수용 저류조, 침투통, 침투트렌치, 침투블럭 등 장치형 침투시설과 투수성포장 등 지표면 침투시설을 대상으로 하였으며, 각 시설조합의 설치에 따른 유입/유출량, 침투량 및 사용수량 등 물순환 과정을 모의할 수 있다.

특히 선택된 시설조합은 규모 시나리오에 따라 목표 기능에 맞는 시설규모들을 선정하고, 비용-편익분석을 통해 경제적인 시설규모를 결정할 수 있다. 향후 지속적으로 GUI를 개선하여 사용자 편의도를 높이고, 식생형 침투도랑, 생태연못, 중수이용시설과의 연계 등 기능을 확대할 계획이므로 국내에서의 빗물관리시설의 계획·설계 시 활용도가 높을 것으로 기대된다.

핵심용어 : 빗물, 빗물관리, 의사결정지원, RainCity, DSS

1. 서 론

빗물관리시설을 설치할 경우에는 대상 건축물과 지역의 용도, 목표로 하는 기능에 따라 시설 조합을 결정하여 개략적으로 시스템을 설정하고 도입 시스템의 이수·치수·환경보호 기능을 평가하여 도입 여부를 검토하여야 한다. 그러나 현재 우리나라의 경우 대부분이 우수확보를 위해 빗물 저장조만을 설치하고 있는 수준이므로 이에 대한 기술 보급이 필요한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 물순환 왜곡으로 인한 영향을 최소화할 수 있도록 빗물관리시설의 계획·설계 방법론을 제시하여 시설 도입 시 경제적이면서도 도입목표에 효율적으로 부합되도록 하는 데 목적이 있다.

2단계(2004 ~ 2007) 연구사업을 통해 독일 AquaEcoMundi와 공동으로 공동주택 빗물관리시설 최적화 모형인 RainCity 1.0 버전을 그림 1과 같이 개발하였다. 그러나 1.0 버전은 모의 가능한 시설조합이 이수용 저류조-치수용 저류조-침투블럭 등 단일 조합으로 고정되었으며, 목표설정 및 시설규모 결정을 위한 경제성 분석

* 한국건설기술연구원 책임연구원. E-mail : rhkim@kict.re.kr

** 한국건설기술연구원 연구원. E-mail : forme4u@kict.re.kr

*** 한국건설기술연구원 책임연구원. E-mail : s-lee@kict.re.kr

**** AquaEcoMundi 연구원. E-mail : kwonkhberlin@hotmail.com

시 2~3시간 이상의 연산 소요시간과 열악한 GUI로 인해 프로그램 보급 등 실용화에 어려움이 있었다.

국내 실정에 맞는 의사결정지원시스템 보급을 위해 3단계(2008~2011) 연구를 통해 성능 강화 및 GUI 개선을 수행하고 있다. 현재 모의 가능한 시설조합을 그림 3과 같이 10가지로 확대하였으며, 각 시설조합에 따라 사용자가 직접 규모 시나리오를 설정하고 경제성 분석을 수행할 수 있도록 하였다. 성능 개선과 함께 그림 2와 같이 GUI를 개선하였다.

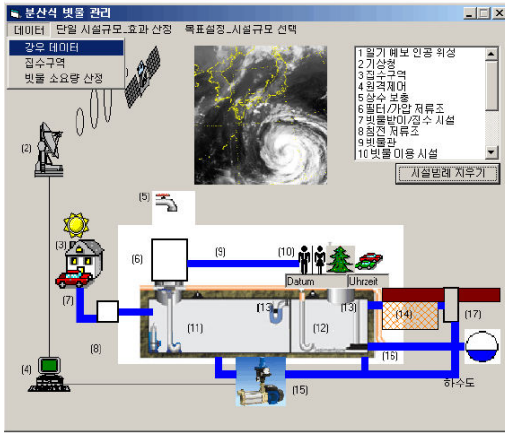


그림 1. RainCity v1.0 모의화면

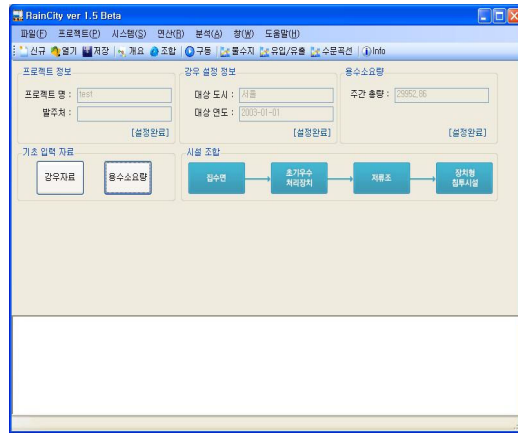


그림 2. RainCity v1.5 Beta 모의화면



그림 3. 모의 가능 시설조합

2. 기본 이론

저류시설은 활용용도에 따라 이수용도와 치수용도의 저류조를 조합하여 설치하는 것으로 하였다. 이수용 저류조의 저류량은 아래 식에 따라 시간별 유입량과 기존 저류량, 용수 사용을 위한 펌핑량으로부터 산정되며, 이수용 저류조로부터 월류된 빗물은 치수용도 저류조로 유입되도록 하였다.

$$V_{nz, i} = V_{nz, i-1} + (Q_{zu, i} - Q_{ab, i})$$

$$Q_{ab, i} = Q_{bw, i} + Q_{uber, i}$$

여기서, $V_{nz, i-1}$: 저류량, $Q_{zu, i}$: 유입량, $Q_{ab, i}$: 유출량,

$Q_{bw, i}$: 용수 사용을 위해 펌핑한 양,

$Q_{uber, i}$: 치수용 저류조로의 월류량, i = 계산 알고리즘 상의 순차별 단위

치수용 저류조는 이수용 저류로부터 월류된 빗물이 오리피스를 통해 지속적으로 비워진다. 집중 호우 시에는 오리피스 배출외에 침투 블록로 배출되며, 특정 시간의 치수용 저류조의 저류량은 아래 식과 같이 산정된다.

$$V_{ps, i} = V_{ps, i-1} + (Q_{zu, i} - Q_{ab, i})$$

$$Q_{ab, i} = Q_{dr, i} + Q_{uber, i}$$

여기서, $V_{ps, i}$: 저류량, $Q_{zu, i}$: 이수용_저류조로부터의 유입량,

$Q_{ab, i}$: 유출량, $Q_{dr, i}$: 오리피스 배출구를 통해 하수관망으로 배출된 양,

$Q_{uber, i}$: 침투블록으로의 배출량, i : 계산 알고리즘 상의 순차별 단위

치수용 저류조로부터 오리피스를 통한 빗물 배출량은 수위 변화와 배출구의 크기에 따라 결정되는 아래의 토리첼리의 공식을 활용하여 연산하였다.

$$Q_d = \mu \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \left(h - \frac{D}{2} \right)}$$

여기서, Q_d : 오리피스 배출량 (l/sec), μ = 유출 계수(매끄러운 원형 배출구: 0.607),

D : 배출구 직경, H : 배출구 바닥면으로부터의 수위

침투통, 침투블록 등 장치형 침투시설에서의 침투량은 아래 식에 따라 불포화 상태의 토양침투 속도와 침투면적의 곱으로 나타내었으며, 침투블록에서의 침투면적은 블록 하부뿐 아니라 블록 측면으로부터의 침투도 고려하여 산정하였다.

$$Q_s = v_{f,u} A_s = \frac{k_f}{2} A_s$$

여기서, Q_s = 침투량 in m^3/s , A_s : 침투 면적 in m^2

3. 사용자 인터페이스

RainCity v1.5 Beta는 그림 3의 시설조합을 선정하여 대상 시설조합에 대한 물수지 분석, 시간별 유입/유출 특성, 수문곡선을 연산하여 제시한다. 대상지역의 강우량은 연간 시우량 자료, 확률 강우량 등을 선택하여 적용할 수 있으며, 이수용 저류조를 선택할 경우 그림 4과 같이 용도별 사용수량을 산정하고 그림 5와 같이 시설조합에서의 물수지나 유입/유출특성을 분석할 수 있다.

그림 4. 용수 소요량 산정

그림 5. 물수지 결과

선택한 시설조합에 대하여 그림 6의 순서로 규모 크기에 따라 시설규모 시나리오를 선택하여 각 시나리오에 따라 연산을 수행하여 각 시나리오별 데이터베이스를 산정한다. 산정한 DB로부터 침투유출량 감소, 침투량 및 이용량 목표에 부합하는 시설 규모를 선별하고, 선별한 시나리오만으로 비용-편익분석을 실시하여 목표를 만족시키면서 가장 경제적인 시설 규모를 선정한다. 그림 7은 경제성 분석을 통해 소요 비용에 따라 정렬한 결과를 나타내었다.

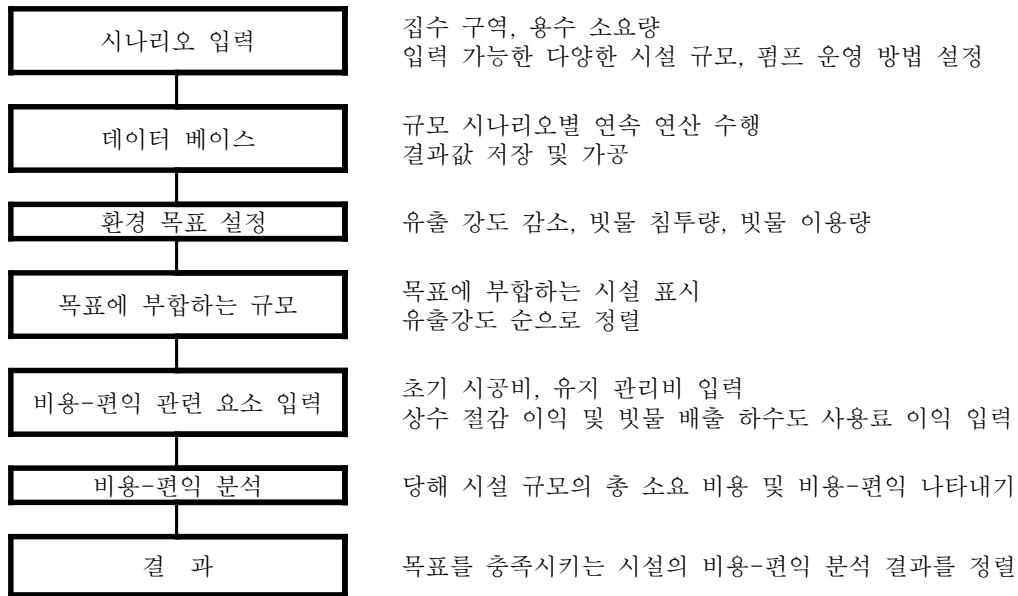


그림 6. 목표 별 최적규모 조합 분석

ID	초기시공비(천원)	유지관리비(천원/년)	비용절감(천원/년)	손익전환(년)
4217	18817.2	282.24	1639.05	13.9
4091	19138.8	282.24	1621.84	14.3
4271	19139.6	282.24	1646.26	14.1
4127	19139.6	282.24	1627.42	14.3
5567	19773.2	283.12	1663.43	14.3
4487	19775.2	282.56	1639.05	14.6
4181	19966	282.24	1634.86	14.8
5477	20155.6	283.12	1651.8	14.7
5621	20155.6	283.12	1670.64	14.5
4541	20157.6	282.56	1646.26	14.8
4145	20348.4	282.24	1629.98	15.1

그림 7. 빗물관리시설 규모 최적화(초기시공비 순)

4. 결론

본 연구에서는 국내에서의 빗물관리시설 계획 설계를 지원하기 위해 공동주택 빗물관리 의사결정지원 모형(RainCity v1.5 Beta)을 개발하였다. 강우자료는 5분 간격의 설계강우, 시우량 자료를 DB나 사용자 파일로부터 호출하도록 하였으며, 토지이용 특성에 따라 유출계수를 고려한 수문학적 집수면적을 산정하여 적용하였다. 현재 버전은 이수 및 치수용 저류조, 침투통, 침투트렌치, 침투블럭 등 장치형 침투시설과 투수성포장 등

지표면 침투시설을 대상으로 하였으며, 각 시설조합의 설치에 따른 유입/유출량, 침투량 및 사용수량 등 물순환 과정을 모의할 수 있다.

특히 선택된 시설조합은 규모 시나리오에 따라 목표 기능에 맞는 시설규모들을 선정하고, 비용-편익분석을 통해 경제적인 시설규모를 결정할 수 있다. 향후 지속적으로 GUI를 개선하여 사용자 편의도를 높이고, 식생형 침투도랑, 생태연못, 중수이용시설과의 연계 등 기능을 확대할 계획이므로 국내에서의 빗물관리시설의 계획·설계 시 활용도가 높을 것으로 기대된다.

감 사 의 글

상기 논문은 21세기 프론티어 연구개발사업인 수자원의 지속적인 확보기술개발사업단의 우수 저류 및 활용 시스템 적용(과제번호 : 4-3-3)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 과학기술부(2007), 우수 저류 및 활용 시스템 적용 2단계 최종보고서
2. 교육과학기술부(2009), 우수 저류 및 활용 시스템 적용 3단계 2차년도 요약보고서