

— 기술정보 —

건축물에서 빗물 저장조용량 산정방법에 대한 고찰

— Technical Report —

A Consideration in Determining the Tank Size of Rainwater Harvesting System in Buildings

한무영* · 한명실 · 김상래

Han, Moo-young* · Han, Myoung-sil · Kim, Sang-rae

UNEP/IETC-SNU 빗물연구센터

1. 서론

물절약과 홍수방지, 그리고 친환경조성을 위한 새로운 패러다임의 물관리 방법인 빗물이용을 위하여 아파트나 공공건물에서 빗물 저장조를 설치하는 것을 의무화하는 조례를 준비하는 지방자치단체가 많아지고 있다. 특히 2004년 3월에 우리나라에서 개최된 지구환경장관회의의 결과를 담은 제주선언문에서는 빗물이용을 권장하고 이에 대한 기술 이전의 필요성에 대한 내용이 강조되어 전 세계적인 물문제를 해결하기 위한 첫걸음으로서 빗물이용이 중요시되는 추세를 반영하고 있다.

그동안 국내에서는 우수이용 보급방안에 관한 연구 및 대체 수자원으로서의 빗물 활용방안에 대한 논의가 활발히 이루어져 왔으며(이경립 등, 2001; 한무영, 2000), 빗물 수질에 대한 연구도 동시에 진행되어 왔다(한무영 등, 2002; 한무영 등, 2003). 여러 가지 요소 중 빗물이용시설 설치에 있어서 가장 중요하게 고려해야 할 것은 빗물 저장조의 적정용량 산정방법이다. 왜냐하면 빗물 저장조의 용량에 따라 빗물이용 시설 이용에 드는 비용이 사실상 결정되기 때문이다.

저장조 용량의 결정에 영향을 미치는 기본적인 인자에는 강우량, 집수면적, 물 사용량 등이 있으며, 이와 같은 기본 인자를 고려하여 저장조 설계시 빗물운전 인자는 빗물이용률, 상수대체율, 사이클 수, 연간 사용일수 등을 들 수 있다.

본 기사에서는 외국의 빗물저장조 산정방법의 사례를 정리하였다. 또한 이론적인 저장조 용량 산정방법을 설명하고, 저장조 설계에 사용할 수 있는 그래프를 제시하였다. 이 그래프를 이용하여 일반 설계자들이 적정용량을 선정하는 방법을 제시하고 예를 들어 설명하고 있다. 이에 덧붙여 빗물 저장조의 용량을 정할 때 고려해야 할 사항들을 설명하고 시안을 만들고자 할 때, 그리고 적용시에 주의할 사항들을 정리하였다. 한 가지 분명한 점은 빗물 저장조의 용량은 일률적으로 결정되는 사항이 아니며 주위 여건에 맞도록 하여, 최적의 경제성을 얻도록 하는 것이 필요하다.

여기서 제시된 시안은 우리나라의 서울 지역에서 건축물의 빗물이용시설을 의무화 하고자 할 때 참고할 수 있다. 즉, 여기에서는 지붕에서 모은 물을 여러 가지 용도로 사용하여 물절약을 하는 것에 한정되며, 비포장면이나 포장면에서 유출되는 빗물에 대한 사항

*Corresponding author Tel.: +82-2-880-8915 Email: myhan@snu.ac.kr (Han, M.Y.)

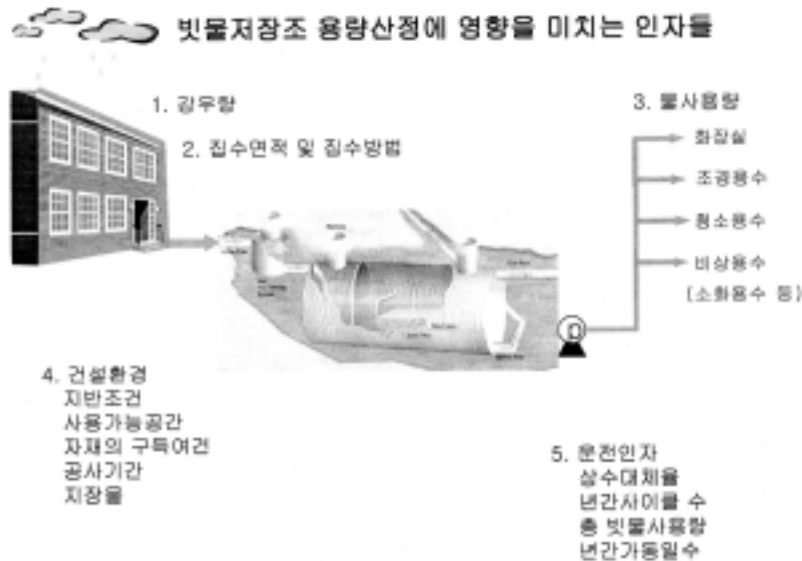


Fig. 1. 빗물이용 시스템 개요 및 영향인자

은 별도의 기준을 정하여 저류나 침투설비의 용량을 결정하는데 사용할 필요가 있다.

2. 빗물 저장조 용량 결정에 영향을 미치는 인자들과 정의

2.1. 강우량

우량(雨量)이라고도 한다. 넓은 뜻으로는 눈·싸락눈·우박·이슬 및 서리의 양도 포함하며, 강수량과 같은 뜻으로 사용하기도 한다. 일정지역 즉, 지붕면에 일정동안 내린 비의 양을 mm로 표시하며 내린 비의 총량을 무게로 환산하여 톤(ton) 또는 m³으로 표시한다.

2.2. 집수면적 및 집수방법

집수면적이라 함은 빗물을 모을 수 있는 유효 지붕면의 합을 의미하며, 집수방법은 낙수흡통, 펌프, 집수정, 필터 등을 통해 저장조로 유입시키는 빗물 수집 방법을 나타낸다.

2.3. 물사용량

저장조로 유입된 빗물을 음용수, 화장실용수, 조경용수, 청소용수, 비상용수 등 각 용도별로 사용된 빗물의 양으로 이때 유량은 미터기를 통해 측정된 값을

톤(ton) 또는 m³으로 나타낸다.

2.4. 건설환경

빗물이용시설을 설치하는 지역적, 사회적, 구조적 제반여건으로 지반조건이나 빗물이용시설의 설치공간 및 공사기간, 자재의 구득여건, 지장물 등 빗물이용시설 설치시 주변 환경 여건을 말한다.

2.5. 빗물운전인자

안정적인 수량 및 수질의 빗물을 공급하기 위해 빗물이용시설을 운영하는데 필요로 하는 빗물 이용률, 상수대체율, 연간 사이클 수, 연간 가동일수 등 여러 인자를 말한다.

3. 외국의 빗물 저장조 용량 산정 방법

3.1. 일본

일본에서는 빗물저류조 용량산정의 경우 집수면적과 저류조 용량, 집수면적과 빗물사용량(잡용수 사용량)을 설정해 작성되는 다음의 Fig. 2 '빗물저류조 용량 계획선도'로부터 빗물 이용율이 80% 이상이 되도록 빗물저류조 용량을 결정한다. 또한 집수면적에 대한 빗물 사용량의 비율이 적은 경우는 빗물 이용율이 50% 미만에서 결정되기도 하며 이 경우에는 저류조

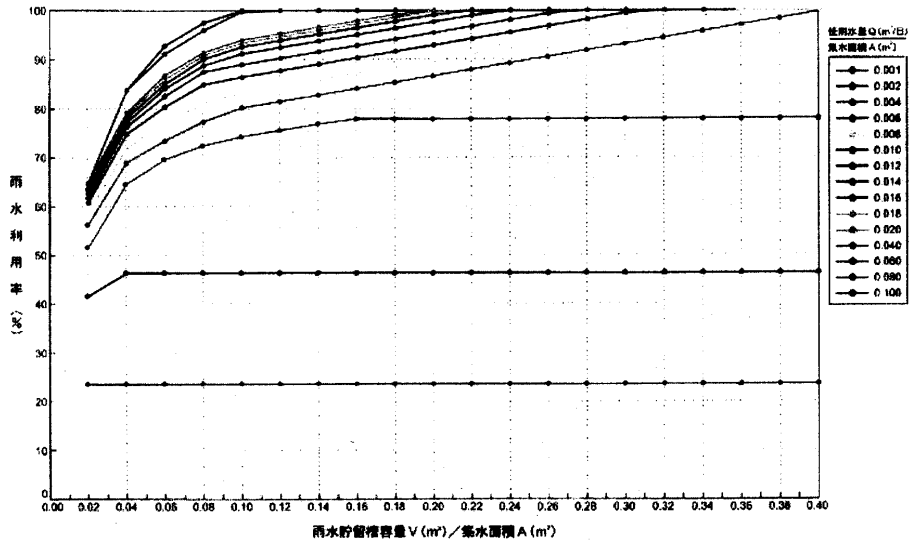


Fig. 2. 빗물저류조 용량 계획선도

의 용량이 소규모가 되도록 결정한다(公共建築協會, 1998; 空氣調和 · 衛生工學會, 1995)

3.2. 독일

독일에서 빗물 저장조의 최적 용량은 빗물 집수량과 비음용수 사용량간의 비율에 의해 결정되어지며, 이때 아래와 같은 요소가 고려된다(DIN 1989-1).

- 지역별 강수량과 강우 특성
- 집수면 크기와 종류
- 비음용 용수 요구량(양과 용도별 배분)

실제적인 요구 조건을 충족시키기 위해 다음과 같은 3가지 저류조 용량 산정방법이 사용되고 있다.

① 간이 산정법

이 산정법은 소규모 시설을 위한 방법으로 계산절차가 필요 없으며, 1가구나 2가구 주택 또는 규모가 유사한 다른 건축물에서 아래와 같은 전제 조건이 충족될 경우 적용한다.

- 연 강수량 500mm에서 800mm
- 가정 용수로 1년 내내 사용되는 경우
- 일정한 사용자수와 사용량이 예상되는 경우
- 지붕면이 집수면으로 사용되는 경우

해당 단위 집수면당 25l/m²에서 50l/m² 정도의 가용 용량을 갖거나 이용자 1인당 800l에서 1000l 정도의

가용 용량이 공급되어야 한다.

100m²의 지붕면적을 가진 4인 가정의 경우 약 4m³의 가용 용량이 산출된다.

② 단순 산정법

단순 산정법은 아파트, 공공기관, 그리고 업무용 빌딩, 유사한 용수 소비 행태를 갖는 상공업용 건물에서 사용되어 진다. 이 산정법을 위한 계산방법은 다음의 **Table 1**을 이용하여 저장조 용량을 산정한다.

③ 복합 산정법

대규모 시설의 실제적인 운영 환경을 보다 효과적으로 추정하기 위해 복합 산정법이 사용된다. 서로 다른 다양한 용수 소비 행태를 갖는 큰 규모의 빗물 이용 시설에는 개별적인 소비구조의 최적화가 필요하다. 지역적 강수 상황과 일일 시간대별 용수 사용 행태를 빗물 저류 모형을 통해 시뮬레이션을 한 후 빗물이용시설 운영과 최적 저장조 용량을 결정하는 복합 산정법으로 용량을 정확하게 결정할 수 있다.

비음용수 요구량과 강수량의 일일 데이터 자료를 확보하여 저장조 용량 산정에 이용하는데, 일일 비음용수 요구량은 개인적인 설문에 의해 추정될 수도 있고, 측정값에 의해 유도될 수도 있다. 대표적인 측정방법으로부터 유도된 지역강수의 보정 강수량이 강

Table 1. 단순 산정법에 의한 빗물저장조 용량산정

빗물 집수량		l/m ² = 년 강수량			
빗물 집수면적 (m ²)	집수율 %	유효 집수면적 (m ²)	강수량 l/m ²	수리적 효율	
기본 지붕면적 <input type="text"/>	× <input type="text"/>	= <input type="text"/>	기상관련 관청에 문의	예를 들면 0.9	
지붕 물출부율 포함 <input type="text"/>	× <input type="text"/>	= <input type="text"/>			
다른 적합한 평면 <input type="text"/>	× <input type="text"/>	= <input type="text"/>			
		Σ <input type="text"/>	× <input type="text"/>	× <input type="text"/>	
년 빗물 사용량(I)				=	<input type="text"/>

비음용용수요구량				
사용처	비음용용수요구량 (LPCD)	사람 수	연간사용일수	비음용용수요구량 (l/년)
화장실	<input type="text"/>	× <input type="text"/>	× <input type="text"/>	=(1) <input type="text"/>
	Σ <input type="text"/>			
정원 관개	정원 면적 (m ²) <input type="text"/>	물 사용량 (l/m ²) × <input type="text"/>		=(2) <input type="text"/>
다른 용도	<input type="text"/>	<input type="text"/>		=(3) <input type="text"/>
비음용용수요구량 (l/년) Σ (1) + (2) + (3) = <input type="text"/>				

빗물 저장조의 적정 용량				
년 용수 소요량 또는 년 빗물 집수량	<input type="text"/>	(a)	(주의 : 두 값 중에서 작은 값을 계산식에 적용)	
적정 용량(I) =	<input type="text"/>	(a)	× 0.06	= <input type="text"/>
선택된 이용 용량	= <input type="text"/>			

수자료로 사용된다. 복합 산정법을 위해서 관련 소프트웨어를 사용할 수 있으며, fbr(독일 빗물모으기 협회)에 문의해서 주문할 수 있다.

3.3. 대만

대만의 경우 빗물 저장조에 홍수방지용 저류 개념을 포함하여 빗물저류이용시설이라 하며, 건축물 빗물저류이용시설의 빗물저류이용률 Rc는, 대만 건축기술규칙건축설계 시공편 제312조에서 정한 빗물저

류이용률기준치(Rcc)보다 크게 할 것을 권장한다. 또한 빗물저류조 설계용적(Vs)은 반드시 최소 빗물저류조 용적(Vsm)보다 커야 하며, 다음의 (1)식과 (2)식의 규정을 동시에 만족시켜야 한다(대만 건축기술규칙, 2003).

$$Rc > Rcc \quad (1)$$

$$Vs \geq Vsm \quad (2)$$

빗물저류이용률(Rc)와 최소빗물저류조용적(Vsm)

Table 2. 대만 각 측정의 측정 10년간 년강우통계표(1991~2000년) (단위: mm)

우량분구	강우통계항목	대표측점							
		기릉	이란	소오	옥산	아리산	란서		
고우량	건축基地참고측점								
	년평균우량(mm/일)	10.16	7.84	12.96	7.57	9.83	8.45		
	일강우확률 P(-)	0.534	0.541	0.475	0.355	0.440	0.449		
	저류배수 Ns	5.62	5.55	6.32	8.44	6.82	6.02		
중우량	건축基地참고측점	죽자호	담수	대복시	일월택	항춘	대무	성공	화련
	년평균우량(mm/일)	11.20	5.53	6.59	6.15	5.53	6.27	5.84	5.86
	일강우확률 P(-)	0.450	0.339	0.463	0.427	0.296	0.299	0.331	0.400
	저류배수 Ns	6.66	8.84	6.48	7.02	10.12	10.02	9.06	7.49
저우량	건축基地참고측점	신죽	오서	대중	가의	대남	고웅	대동	팽호
	년평균우량(mm/일)	4.37	3.39	4.45	4.68	4.67	5.06	4.95	2.42
	일강우확률 P(-)	0.315	0.198	0.312	0.273	0.233	0.251	0.330	0.235
	저류배수 Ns	9.53	15.15	9.63	10.97	12.87	11.94	9.10	12.78

자료출처: 대만중앙기상국

Table 3. 주택건축 1인1일 각종 용도의 용수수요량 예측값(단위: //인·일)

	재생수가 대체 불가능한 부분(68%)				재생수로 대체 가능 부분 (32%)			
	목욕	세정	세수세면	주방	화장실	청소	기타	합계
일평균	50	60	20	40	60	10	10	250

의 계산은 아래의 계산식을 따른다:

$$Rc = Ws \div Wt \quad (3)$$

$$Vsm = Ns \times Ws \quad (4)$$

이 중, 상수도대체수량(Ws)은 아래의 일집수량(Wr)과 빗물이용설계량(Wd) 중 작은 것을 기준으로 할 수 있으며, 다음과 같이 나타낸다.

$$Wr = R \times Ar \times P \quad (5)$$

$$Wd = \sum Ri \quad (6)$$

$$Wr \leq Wd \text{일 때, } Ws = Wr$$

$$Wr > Wd \text{일 때, } Ws = Wd$$

위에서 서술한 (1)~(6) 식의 매개변수의 의미와 규정은 아래와 같다.

Rc: 빗물저류이용률, 단위없음

Rcc: 빗물저류이용률 기준치. 0.04, 건축기술규칙 건축설계시공편 제312조 규정에 의한다.

Vs: 빗물저류조 설계용적(m³)

Vsm: 최소 빗물저류조 용적 Vsm(m³)

Ws: 예측한 상수도 대체량(l/일)

Ns: 저류배수, 단위는 없으며, 대만 10년간 연강우 통계표에 근거(Table 2 참조)

Wt: 건축물 총 용수수요량(l/일), 대만 용수수요량 기준에 근거하며 근거에 없는 건축물 유형은 건축물 실제설계 용수수요량에 의하여 계산

Wr: 기지(基地) 내의 빗물이용시스템 설계의 평균 일집수량(l/일)

R: 기지(基地)가 소재한 지구의 일 평균강우량(mm/일)이며, Table 2의 대만 각지의 년평균 강우량 통계표를 참고

P: 일강우확률, 단위 없음(Table 2 참조)

Ar: 집수면적(m²)이며, 일반적으로는 건물 옥상의 면적을 이용하여 설계

Wd: 빗물이용설계량(l/일)

Ri: 빗물을 사용하여 대체할 수 있는 재생수 용도 항목의 용수량(Table 3 참조)

4. 빗물저장조 용량 산정 이론

어느 일정 지역에서 강우시 유출량을 산정할 때 사용되는 수문학적 공식들은 여러 개가 발표되어 있다. 그러나 어느 공식도 면적이 아주 좁은 평탄한 지붕면에서는 적용되지 않는다. 따라서 저수지나 배수지의 용량을 결정할 때 흔히 사용되는 저류 방정식을 사용하는 것이 일반적이다(McCarthy, 1938).

$$I - O = \frac{dS}{dt}$$

여기서 I: 유입량

O: 유출량

S: 저류량

위의 식을 미분의 항으로 표시하면

$$(\bar{I} - \bar{O}) \Delta t = \Delta S$$

이는 곧

$$\frac{I_1 + I_2}{2} \Delta t - \frac{O_1 + O_2}{2} \Delta t = S_2 - S_1$$

여기서 I_1, O_1, S_1 : 임의기간 Δt 의 시점에 있어서의 유입량, 유출량, 저류량

I_2, O_2, S_2 : Δt 의 종점에 있어서의 유입량, 유출량, 저류량

Δt : 추적기간(routing period)

이 방법은 주어진 기간 동안 어느 탱크에 대하여 유입량과 유출량을 고려하여 물수지를 분석하여 저류량을 계산하는 방법으로 이러한 매스발란스(mass balance)에 의거하여 적정탱크 용량을 산정할 수 있다.

4.1. 유입량 계산

건물의 지붕면으로 이루어져 있는 집수면적에 유출계수와 필터효율의 함수인 집수율을 강수량에 곱하여 빗물 집수량을 계산할 수 있다.

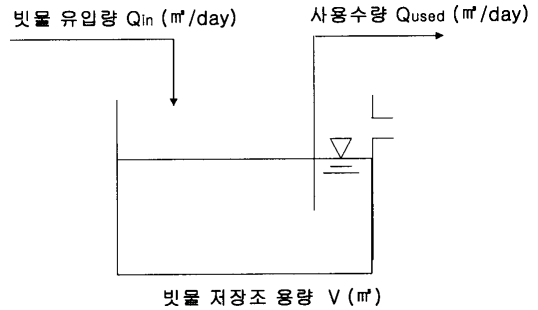


Fig. 3. 빗물 저장조의 mass balance

- 집수면적: $A \text{ m}^2$

- 집수율

유출계수 C: 우리나라 하수도 시설기준 상에서의 지붕의 유출계수는 0.85~0.95로 명시되어 있으며(환경부, 1997) 여기서는 0.9로 가정한다.

필터 효율 E: 이용 가능한 빗물 통과 유량에 관한 제품 제조업체의 안내서를 참조하되 주기적인 관리가 이루어질 때 일반적으로 0.9 정도의 효율을 가진다.

- 빗물 유입량 $Q_{in}(\text{m}^3/\text{day}) = \text{일일 강수량} \times A \times C \times E(\text{m}^3)$

- 일일 강수량: 최근 5년간의 일일 강수량을 사용하였다.

4.2. 유출량 계산

빗물 저류조 안으로 유입된 이후 증발되거나 침투되는 물은 없다고 가정한다. 빗물 이용 시설이 설치된 건물에서의 하루에 사용되는 물 중 빗물로 대체 가능한 물의 양을 과거 통계를 통하여 결정한다. 계절에 따라 사용량이 달라지는 것을 고려할 수도 있다. 생활용수 중 세탁용수, 수세변소용수, 세차살수용수, 청소용수 등은 빗물 사용이 가능하며 이 양은 전체 가정용수 사용량의 약 50%에 해당한다(환경부, 2003).

4.3. 계산 순서도

빗물 저장탱크의 용량과 물 사용량에 따라 그 때의 빗물 운전인자들을 계산하여 평가하는 방법을 Fig. 4에 나타내었다.

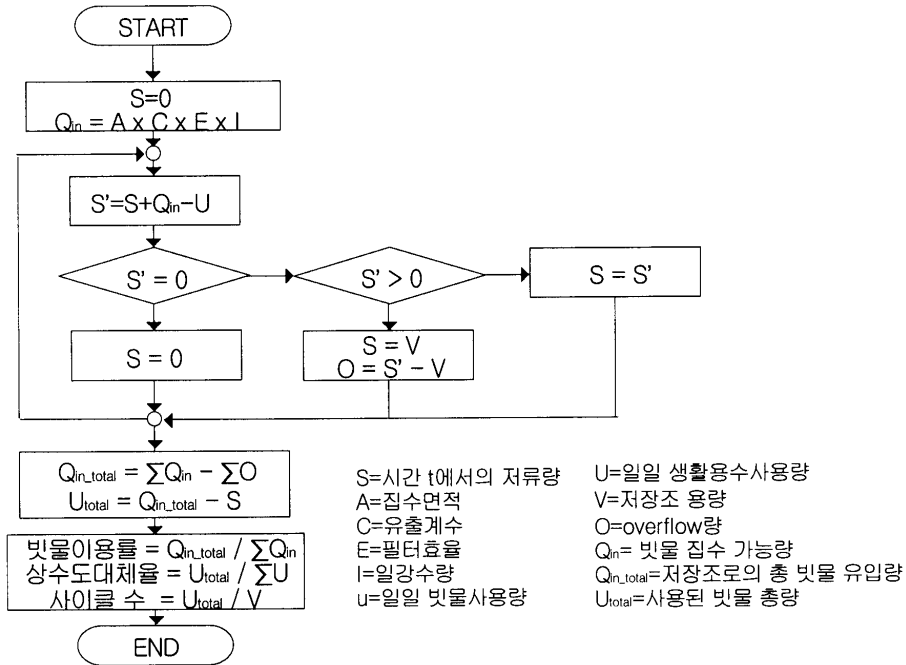


Fig. 4. 빗물저장조의 효율 평가 프로그램 순서도

4.4. 빗물운전인자의 계산

빗물운전인자들은 다음과 같이 4가지를 사용할 수 있으며 각각의 정의는 다음과 같다.

① 빗물 이용률

빗물이용률은 빗물이용시설을 통해 일 년간 사용한 빗물량을 해당 집수면에 집수가능한 빗물의 총량으로 나누어 구할 수 있다. 빗물이용률이 높다는 것은 하수도로 흘려보내는 빗물량이 그만큼 적다는 것이며 집수면 면적에 내린 수자원을 많이 확보한다는 것을 뜻한다.

$$\text{빗물이용률}(\%) = \frac{\text{일 년간 사용한 빗물}}{\text{일 년간 집수면에 내린 빗물량}} \times 100$$

② 상수도 대체율

상수도 대체율은 일 년간 사용한 빗물량을 해당 건물에서 일년간 필요로 하는 총 용수량으로 나눈 값을 말한다. 상수도 대체율이 높을수록 상수도에 대한 의존율이 낮은 것을 뜻하며 이를 통해 건물의 물자립도

를 평가할 수 있다.

$$\text{상수도 대체율}(\%) = \frac{\text{일 년간 사용한 빗물}}{\text{일 년간 사용한 생활용수}} \times 100$$

사용량이 일정할 때 저장조 용량이 증가함에 따라 상수도 대체율도 증가한다. 그러나 사용량이 많을 때는 빗물 사용량은 늘어나더라도 전체 물 사용량에서 차지하는 비율은 작아지기 때문에 전체 물사용량이 적은 경우 빗물의 상수도 대체율이 더 크게 나타난다.

③ 사이클 수

사이클 수는 일 년간 저장조에 유입된 빗물 총량을 저장조 용량으로 나눈 값으로 저장조 사용 효율을 나타낸다.

$$\text{사이클 수} = \frac{\text{일 년간 저장 조로 유입된 빗물 총량}}{\text{저장조 용량}} \times 100$$

④ 빗물 사용일수

우리나라의 경우 가을부터 봄까지는 비가 자주 오지 않으므로 이 때에는 빗물 저장조를 사용하지 않게 된다. 이러한 기후적 특징에 따라 빗물 저장조를 이용하는 기간은 달라지며 여기서 빗물 사용일수와 합은 일 년 중 빗물 저장조에 빗물이 남아있는 날짜 수를 나타낸다. 이것은 비가 와서 저장조로 빗물 유입이 있었거나 비가 오지 않았더라도 저장조 안에 빗물이 저장되어 있어서 빗물 사용이 가능한 날짜 수를 합친 값이다.

4.5. 빗물운전인자의 선택도표

빗물운전인자는 빗물 이용시스템의 설계에 따라 달라진다. 빗물운전인자에 영향을 미치는 인자는 집수면적, 저장조 용량, 물사용량 등이 있다. 계산값을 집수면적으로 나누어 일반적으로 사용되는 그래프를 그릴 수 있다. 이 그래프는 서울 지역의 최근 5년간 평

균 강우량에 대하여 일반적으로 사용할 수 있는 그래프이다.

본 연구에서는 $0.005 \leq (\text{물사용량}/\text{집수면적}) \leq 0.05$, $0.002 \leq (\text{저장조 용량}/\text{집수면적}) \leq 0.2$ 의 범위에서 시뮬레이션을 실시하였다. 이는 집수면적이 100m^2 인 건물의 경우 일일 물사용량은 0.5톤에서 5톤까지, 빗물 저장조 용량은 0.2톤에서 20톤까지 범위일 때의 저장조 효율을 평가하는 것을 뜻한다.

4.6. 계산 예

다음과 같은 조건을 가진 건물에 빗물 이용 시스템을 설치하였다고 가정하자.

지역: 서울 지역

지붕면적: 100m^2

빗물 사용량: $3\text{m}^3/\text{일}$

빗물 저장조 용량: 10m^3

빗물 사용량/집수면적 = $(3\text{m}^3/\text{일})/(100\text{m}^2) = 0.03$

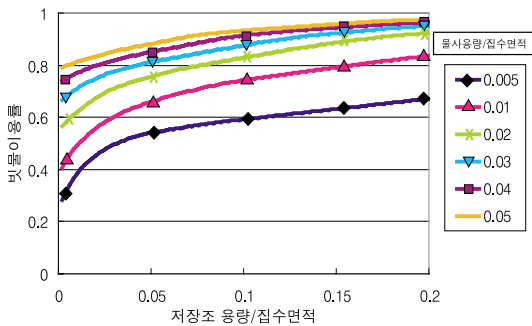


Fig. 5. 빗물운전인자 1: 빗물 이용률(물사용량: $\text{m}^3/\text{일}$, 집수면적 m^2 , 저장조 용량: m^3)

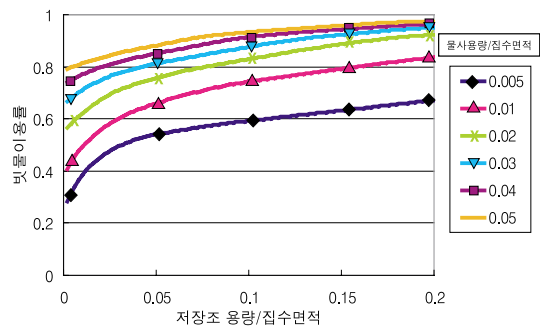


Fig. 7. 빗물운전인자 3: 사이클 수(물사용량: $\text{m}^3/\text{일}$, 집수면적 m^2 , 저장조 용량: m^3)

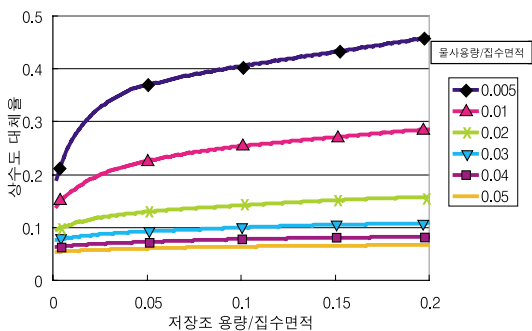


Fig. 6. 빗물운전인자 2: 상수도 대체율(물사용량: $\text{m}^3/\text{일}$, 집수면적 m^2 , 저장조 용량: m^3)

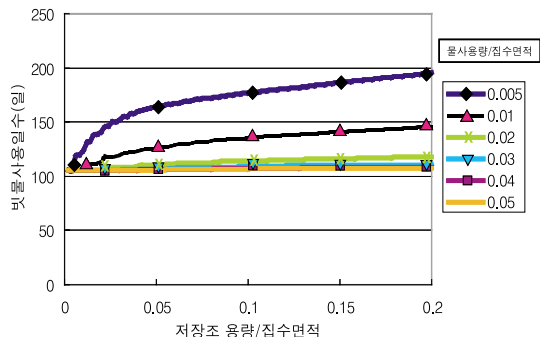


Fig. 8. 빗물운전인자 4: 빗물 사용일수(물사용량: $\text{m}^3/\text{일}$, 집수면적 m^2 , 저장조 용량: m^3)

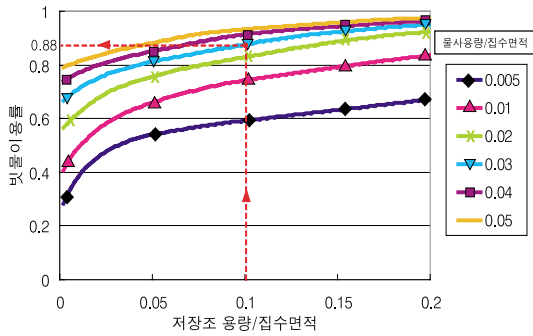


Fig. 9. 빗물운전인자 1: 빗물 이용률 찾기(물사용량: m³/일, 집수면적 m², 저장조 용량: m³)

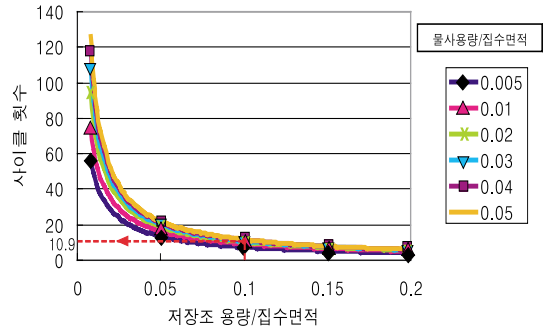


Fig. 11. 빗물운전인자 3: 사이클 수 찾기(물사용량: m³/일, 집수면적 m², 저장조 용량: m³)

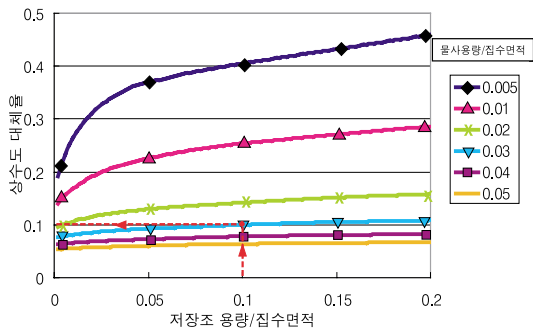


Fig. 10. 빗물운전인자 2: 상수도 대체율 찾기(물사용량: m³/일, 집수면적 m², 저장조 용량: m³)

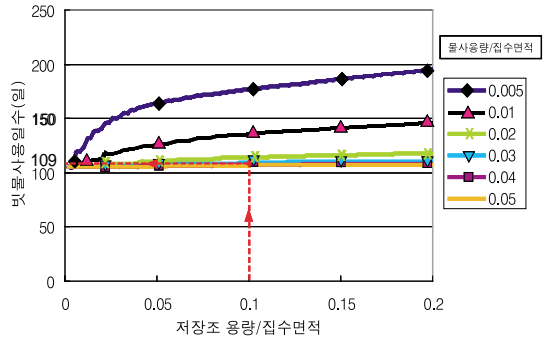


Fig. 12. 빗물운전인자 4: 빗물 사용일수(물사용량: m³/일, 집수면적 m², 저장조 용량: m³)

m/일

$$\text{저장조 용량/집수면적} = (10\text{m}^3)/(100\text{m}^2) = 0.1\text{m}$$

① 빗물 운전인자를 구하시오.

i) 빗물 이용률: 0.88

ii) 상수도 대체율: 0.10

iii) 사이클 수: 10.9회

iv) 연간 가동일수: 109일

② 빗물 저장조의 용량을 다른 크기인 3, 4, 5m³로 하였을 때의 각각의 빗물 운전인자를 구하시오.

위의 경우와 마찬가지로 방법으로 그래프에서 해당

하는 값을 찾을 수 있다. 이상의 결과를 정리하면 **Table 4**와 같다. 이를 통해 빗물 저장조의 용량이 반으로 줄더라도 사이클 수는 크게 영향을 받지 않는다는 것을 알 수 있다.

6. 빗물 저장조 용량 산정시의 주의점

6.1. 주위 여건을 고려한 설계 기준 적용

빗물탱크의 적정용량을 어느 수치로 확정하는 것 보다는 건설비용 증가분이 크지 않다면 가급적 상수 대체율을 높이는 방향으로 결정하는 것이 좋다. 이때

Table 4. 저장조 용량의 변화에 따른 빗물운전인자

저장조용량(t)	빗물 이용률	상수도 대체율	사이클수	연간 가동일수
3	0.78	0.085	32.2	105.4
4	0.80	0.091	24.8	106.8
5	0.81	0.092	20.3	106.8
10	0.88	0.10	10.9	109

주변의 지반조건, 건설조건, 자재의 구득 여건 등이 종합적으로 고려되어야 한다. 이 점은 주위의 환경여건 등에 그리 크게 영향을 받지 않는 건축이나 설비와는 다르며, 주위의 여건을 참작하여 최대한 경제적으로 만들어야 한다는 것이 특이한 사항이다. 같은 용량의 빗물탱크를 건설하고자 하여도 설계방법에 따라 공사비가 2~3배까지 차이가 날 수도 있으며, 효율도 마찬가지로 다르다. 예를 들어 기존의 건물에 설치를 하는 경우이거나, 지반이 암반일 때에 역지로 지하에 설치하고자 하는 것은 비용면 뿐만 아니라 안전 측면에서도 무리가 따르므로 상황에 따라 설계 조건이 달라지며 무리하게 일괄적으로 적용되어서는 안된다.

6.2. 도시 침수를 줄일 수 있는 미니 댐으로서의 빗물 저장조

본 연구에서는 물 절약을 위해 상수도 대신 빗물을 사용한다는 관점으로 매스발란스 방법을 이용하여 적정 빗물 저장조 용량을 도시하였다. 그러나 우리나라와 같은 문순지역에서의 물문제는 집중 강우시의 도시 내 침수나 홍수 피해를 줄이는 것이 사회적으로 큰 관심사이다. 따라서 빗물 저장조에서 집중 강우시 유출되는 빗물을 충분히 잡아주면 하류의 하수관거의 용량에 여유가 생겨 도시의 침수위험도가 낮아진다. 어느 지역에 홍수를 막기 위해 저류되어야 할 빗물량이 어느 정도인지는 도시계획상, 도시의 위험관리상의 판단이 필요하고 이에 대한 별도의 연구가 필요하다. 만일 상습침수구역의 상류에 건물을 신축한다면 이로 인한 홍수에의 영향이 최소화하는 것이 중요하다. 상습침수구역이 아니더라도 하수관의 용량이 여유가 많지 않게 설계되었을 경우에는 저장조를 크게 만들 필요가 있다. 따라서 물절약을 위한 빗물 저장조의 용량의 결정은 건축물에서 물사용량의 매스발란스만을 고려하면 되지만, 홍수나 침수피해를 방지하기 위한 것일 때에는 도시의 하수도 시스템을 함께 고려해야 한다. 이와 같이 도시 내에 비교적 작은 빗물 저장조를 여러 개 만든다면 도시 전체의 하수도 시스템의 용량을 효율적으로 운전할 수 있고, 침수안전도를 높일 수 있어 여기서 얻는 전체 사회적인 편익이 매우 크게 될 것이다.

7. 결론

매스발란스 이론을 이용하여 빗물저장조의 적정용량 산정근거를 제시하였으며, 이 방법은 외국의 산정방법과 동일하다.

서울지역의 강우특성을 가진 지역에서 사용될 수 있는 빗물운전인자를 구하는 도표를 제시하였다. 이 도표를 이용하면 설계자가 매번 계산을 하지 않고도 빗물이용율, 상수대체율, 사이클수, 연간 가동일수 등과 같은 빗물운전 인자를 쉽게 구할 수 있다.

빗물이용 시스템의 공사비는 강우량, 지반조건, 물사용량, 현장여건, 방류하수구의 지반고등 주위환경에 영향을 받는다. 따라서 운전인자의 기준을 정하고 용량을 설계할 때에는 공사환경을 생각하여 토목, 건축, 설비 등에서 종합적으로 검토하여야 경제적으로 건설할 수 있다. 단순히 인자의 숫자만을 지정해 주고, 경직되고 맹목적으로 그 수치를 사용하도록 하는 것은 공사비의 상승이나 빗물이용확산에 부정적인 영향을 미칠 수 있으므로 이를 조심하여야 한다.

이 방법의 한계점은 단지 물절약을 위한 차원에서 빗물저장조의 용량을 계산했다는 것이다. 우리나라와 같은 문순지역의 경우 홍수에 대한 대비가 필요하며 따라서 홍수 피해를 줄일 수 있는 빗물 저장조의 개념도 중요하다. 지형이나 하수도 용량 등 지역 여건에 따라서 차별적으로 홍수 피해를 막을 수 있도록 비용이 허락하는 한도 내에서 가급적 크게 만드는 것이 사회적 편익을 증가시킨다.

추후 물절약과 홍수피해 방지를 동시에 고려한 적정 빗물 저장조 용량 산정에 관한 합리적인 근거를 제시하고, 그것이 사회적 편익에 미치는 영향을 정량화 할 수 있는 체계적인 연구가 필요하다.

감사의 글

본 연구는 환경부의 “차세대핵심환경기술개발사업 (ECO-technopia 21 project)”에 의해 수행되었으며, 또한 서울대학교 공학연구소의 지원에 감사드립니다.

참고문헌

- 대만 건축기술규칙 제 17장 건축 (2003).
독일 공업 표준 DIN 1989-1
이경립, 박진호, 한무영, 이성기 (2001) 우수이용 보급 방안에 관한 연구, 한국물환경학회 발표문.
한무영 (2000) 대체수자원으로서의 빗물활용방안, *상하수도학회지*, **14**(3), pp. 207-210.
한무영, 이일룡, 김미형, 김영진 (2002) 빗물이용시스템에서 빗물의 pH와 전기전도도에 관한 연구. *상하수도학회지*, **16**(1), pp. 80-86.
한무영, 이일룡, 박상철 (2003) 건물의 지붕 집수면이 유출
빗물의 수질에 미치는 영향, *상하수도학회지*, **17**(3) pp. 460-466.
환경부 (1997) 하수도 시설기준.
환경부 (2003) 빗물이용시설 보급확대를 위한 정책방안 연구(법적·제도적 추진기반 구축을 위한 총괄 분석)
McCarthy, G.T. (1938) The unit hydrograph and flood routing, Proceedings of Conference of North Atlantic Div. US Army Corps of Engineers, US Engineers office Providence, R.I., USA.
排水再利用·雨水利用 システム 計画 基準・同解説 (1998) 社団法人 公共建築協會.
雨水利用システム 設計と實務 (1995) 社団法人 空氣調和・衛生工學會.