

# 제주지역의 강우패턴과 가정용 우수이용시스템

## Rainfall Pattern in Jeju-do and Rainwater Utilizing System at Domestic District

장경수\*, 전지영\*\*, 서영민\*\*\*, 이승윤\*\*\*\*, 지흥기\*\*\*\*\*

Kyung Soo Jang, Ji Young Jun, Young Min Seo, Seung Yun Lee, Hong Kee Jee

### 요 지

제주도는 연 평균 강우량이 전국 평균의 1.5배에 해당하는 다우지역이다. 그러나 화산섬으로서의 특수한 지형 및 지질구조 때문에 지표수가 거의 발달하지 않았으며, 이러한 수문지질여건으로 인하여 수자원의 대부분을 지하수 개발에 의존할 수 밖에 없어 용수 수요량의 증가를 충족시키기 위한 지하수 개발이 가속화되어 왔다. 그러나 지하수의 과다개발 등으로 지하수의 부존량은 점차 감소할 수 밖에 없는 실정이며, 제주도의 투수성이 높은 지질과 토양으로 지하수 오염에 취약해 최근 수질기준을 초과하는 지역이 늘어나고 있는 실정이다. 이에 제주 당국은 국제자유도시특별법 규정에 권장대상 빗물이용시설에 대한 시설비 보조에 관한 사항 등을 정하여 우수이용을 권장하고 있다.

본 연구에서는 제주도지역의 강우패턴과 세대별 생활용수량 자료를 조사 분석하여 효율적인 가정용 우수 이용 시스템으로서 갈수기에도 안정적으로 용수를 공급받을 수 있는 저류탱크의 크기 및 우수배관의 관경결정 기법을 개발하고 수질의 안정화를 위한 우수수질 안정화 기법을 제시하였다.

우수이용 시스템의 설계를 위하여 개발한 모형인 DDP, DOS 모형을 이용하여 강우 및 용수의 기초자료가 비교적 풍부한 제주도 지역에 적용함으로써 국내의 다른 산간지역과 도서지역에서도 본 시스템의 적용이 용이하게 될 수 있을 것으로 판단되며, 본 시스템 및 시스템 모형화에 대한 지속적인 연구를 통하여 보다 경제적이고 안정적인 시스템 설계가 가능한 범용적인 모형의 개발을 할 수 있을 것으로 사료된다.

**핵심용어 : 저류탱크, 우수배관, 우수수질 안정화기법, DDP, DOS**

### 1. 서 론

최근 들어 강수량은 이상기후에 의해 강우일수가 적어지고 집중강우 및 게릴라성 호우로 인해 도로, 경작지, 주택 침수 등 홍수피해가 증가하고 있으며, 또한 토지이용 형태의 변화에 의해 불투수층 확대 등에 의한 지하수 저감 등 사회적 문제점이 대두되고 있는 실정이다.

제주도의 경우 연평균 강우량이 1,800mm에 달하는 우리나라 최대의 다우지역 중의 한 곳이지만 투수성이 좋은 화산암류로 이루어져 지표수의 발달이 빈약한 관계로 생활 및 산업활동에 필요한 용수를 전적으로 지하수에 의존하고 있다. 그러나 지하수의 과다 개발·이용으로 인한 장애를 방지하고, 향후 지하수 함양량 감소, 토지이용 변화에 따른 침수 피해를 능동적으로 대처함과 동시에 제한된 수자원인 지하수를 보전하고 풍부한 강우를 유익하게 이용하기 위해 환경 친화적 빗물이용을 활성화하고 있다.

\* 정회원·영남대학교 건설환경공학부 석사과정-E-mail : whiteveis@hanmail.net

\*\* 정회원·영남대학교 건설환경공학부 석사과정-E-mail : assaj82@hanmail.net

\*\*\* 정회원·영남대학교 건설환경공학부 박사과정-E-mail : elofy@hanmail.net

\*\*\*\* 정회원·규슈대학 연구원-E-mail : seungyon@civil.kyushu-u.ac.jp

\*\*\*\*\* 정회원·영남대학교 건설환경공학부 교수-E-mail : hkjee@yu.ac.kr

## 2. 제주지역의 강우 및 생활용수 패턴

### 2.1 제주지역의 강우 패턴

제주도지역은 연평균 강우량이 대략 1,800mm로서 우리나라 연평균 강수량 1,283mm 보다 약 1.5배, 지구상의 연평균 강수량 970mm 보다 약 1.9배가 많으며, 우리나라에서는 다우지역으로 분류할 수 있다. 그러나 제주도지역의 강우발생 특성을 살펴보면 그림 1과 같이 지역별, 고도별 강우량의 편차가 크게 나타나고 있으며, 특히 서부지역의 경우 연평균 1,031mm의 강우량이 발생하는 것으로 파악되었다.

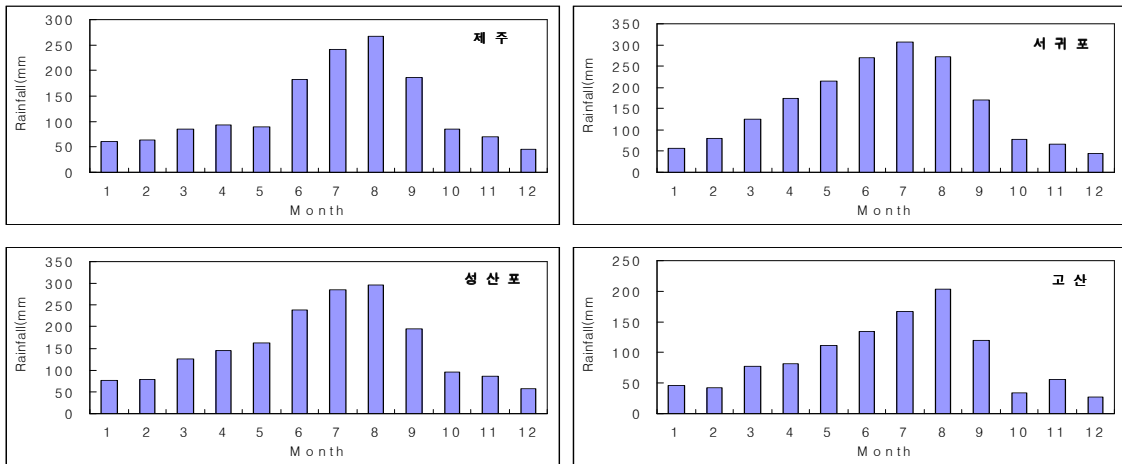


그림 1. 제주도 해안 지역에 위치한 4개 기상관측소의 연평균 강우량

### 2.2 생활용수 패턴 조사 분석

그림 2는 제주시의 1세대당 월별 생활용수의 패턴을 나타내고 있으며, 가장 용수량이 많은 달은 7, 8월이고 가장 용수량이 적은 달은 1, 2월로서 월평균 용수량을 기준으로 대략 10%의 변동성을 가진다. 그리고 우리나라에서 생활용수의 1인 일 사용량은 평균 207ℓ이다(2002년 기준).

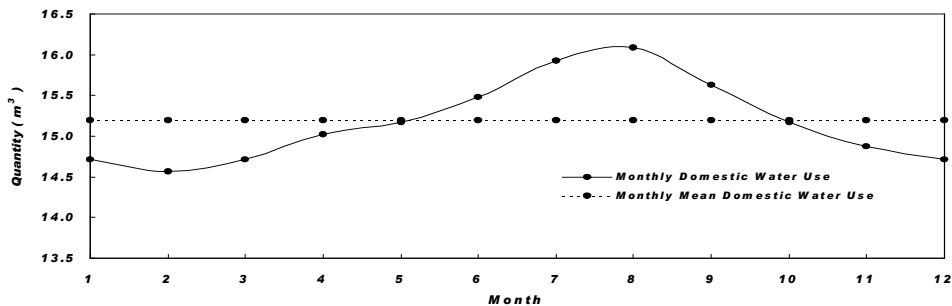


그림 2. 1세대당 월별 생활용수량 패턴

## 3. 저류 시스템

우수의 시기적인 편중성, 집수면과 저류탱크 설비의 경제성 고려 그리고 유출량과 용수량 사이의 발생경

향 등에 의하여 저류탱크의 크기를 산정하는 것에는 많은 어려움이 있다. 지흥기(1999, 2000, 2001, 2002) 등에 의하여 제시한 최적 시스템 설계 모형(Model for Design of Optimum System)을 이용하여 최적의 집수면적과 탱크크기를 설계할 수 있다. DOS모형을 이용하여 기존의 지붕에 대한 집수면적과 일평균 생활용수량으로부터 탱크의 크기를 가정하고 적용대상지역의 용수부족기간의 강우자료를 이용하여 집수면에서의 유입량을 추정하고 탱크의 저류량 변화를 분석하여 설계하였다.

이렇게 결정된 탱크크기에 대하여 가장 경제적인 저류탱크의 형태를 분석하여 시공하여야 한다. 그림 3은 원통형과 입방형의 저류탱크의 높이와 너비의 비 그리고 탱크재료의 경제성과의 관계를 나타내고 있는 것으로 높이와 너비의 비가 1에 가까울 때 가장 경제적인 것을 알 수 있다.

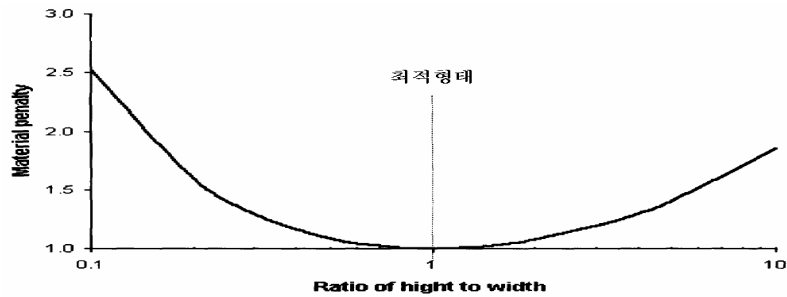


그림 3. 저류탱크 형태의 경제성 검토

#### 4. 집수배관 및 급수배관 결정

##### 4.1 집수배관

우수이용에 있어서 집수배관의 결정은 집수면적과 각 지역의 시간 최대 강수량으로 결정한다. 집수면적(지붕면적)은 수평으로 투영된 면적으로 하며, 펜트하우스(penthouse) 등의 벽면은 벽면적의 1/2를 하부의 집수면적에 가산한다.

우수수직 배관통과 우수수평 배관통의 관경은 급배수설비 기준에 따라 설계한다. 표 1과 표 2는 우수 수직 배관통 및 우수 수평배관통과 지붕면적과의 관계를 나타낸 것으로 강우강도 100mm인 지역을 기준으로 산출하였으므로 당해지역의 최대강우강도로 나눈 계수를 지붕면적에 곱하여 허용최대 지붕면적을 환산하여야 한다.

표 1. 우수수평배관통의 관경과 허용최대 지붕면적

관경 (mm)	허용최대 지붕면적 (m <sup>2</sup> )								
	배관구배								
	1/25	1/50	1/75	1/100	1/125	1/150	1/200	1/300	1/400
65	127	90	73	-	-	-	-	-	-
75	186	131	107	-	-	-	-	-	-
100	400	283	231	200	179	-	-	-	-
125	-	512	418	362	324	296	-	-	-
150	-	833	680	589	527	481	417	-	-
200	-	-	1,470	1,270	1,130	1,040	897	732	-
250	-	-	-	2,300	2,060	1,880	1,630	1,330	1,150
300	-	-	-	3,740	3,350	3,050	2,650	2,160	1,870
350	-	-	-	-	5,050	4,610	3,990	3,260	2,820
400	-	-	-	-	-	6,580	5,700	4,650	4,030

**표 2. 우수수직배관통의 관경**

관경(mm)	50	65	75	100	125	150	200
허용최대 지붕면적(m <sup>2</sup> )	67	135	197	425	770	1,250	2,700

**4.2 급수배관**

우수이용에 있어서 배관재료는 상수도의 경우와 같게 해도 좋지만, 오접(誤接) 방지를 위하여 외관상 상수도와 구분되도록 재료를 선정한다. 일반적으로 경질염화비닐 라이닝강관, 폴리에틸렌 라이닝강관, 스테인리스관 등이 사용된다.

관경은 각 기구에 급수하는 급수관의 순간 최대 부하유량에 따라 설계되지만, 수압이나 기구의 성능, 사용빈도, 점유시간, 물 사용시간, 이용형태 및 생활습관이나 물을 사용법에 따라서 결정된다. 이 부하유량 산정방법은 표 3에서 동시에 사용하는 기구수를 계산하여, 여기에 표 4의 최저 사용유량을 곱하여 부하유량을 산정한다.

**표 3. 기구의 동시 사용율**

가구수	1	2	4	8	12	16	24	32	40	50	70	100
대변기(세정변)	100	50	50	40	30	27	23	19	17	15	12	10
일반가구	100	100	70	55	49	45	42	40	39	39	35	33

**표 4. 각종위생기구의 사용량 및 필요유량**

종 류	사용량	1회당 사용량	최저필요충분	비 고
종래형대변기세정변		15	105	사용량은 1세정/회 의 경우, 공공변소에서 세정회수는, 남자1.5세정/회, 여자2.0세정/회 정도이다.
절수형대변기세정변		13		
종래형 대변기		12 ~ 20	10	
절수형 대변기		8 ~ 13		
소변기 세정변		4 ~ 6	30	
소변기 자동 세정탱크			8 ~ 6	

급수설비에는 이음이나 밸브류의 종류와 개수가 많으며, 이러한 것에 의한 마찰손실수두를 각각 고려하여 산정하는 것은 매우 복잡하기 때문에 이러한 이음이나 밸브류에 의한 마찰손실수두를 어느 정도 길이의 동일 직경을 갖는 관에서 생기는 마찰손실수두로 환산하여 산정하는 경우가 많다. 이 경우에 상당하는 직관의 길이를 이음이나 밸브류의 상당 관장(管長)이라 한다. 일반적으로 이음이나 밸브류의 상당관장을 각각 집계하는 것은 복잡하기 때문에 상당관장의 합계를 직관장에 대한 비율로서 약산하는 경우가 많다.

급수관경의 결정은 구간의 부하유량을 산정하고 사용하는 배관재료에 따른 유량선도를 이용하여 허용마찰저항이나 유속 제한 등을 고려하여 관경을 결정한다. 유속이 너무 빠르면 유속음이 생기거나 수충격을 발생시키므로 유속은 2.0m/sec 이하로 제한한다.

**5. 초기강우배제**

지붕면 등과 같이 오염도가 낮은 경우에는 초기강우를 유입시키더라도 수질은 비교적 양호하다. 그러나 집수장소에 따라서 강우가 오염될 가능성이 높은 경우나 지붕면을 이용하는 것보다 오염될 가능성이 높은 경우에는 초기강우를 배제하기 위한 장치를 검토해야 한다. 당연히 초기강우를 배제하면 집수량은 감소하기 때문에 그 감소량도 고려해야 한다.

초기강우배제를 위한 장치로서는 그림 4와 같이 옥상면에 강우계를 설치하여 일정한 강우량이 되면 전동 밸브가 작동하여 집수하는 경우가 대부분이지만, 그림 5와 같이 집수면적에 적합한 배제량을 갖는 배수장치를 설치하고 일단 저류해서 하수도에 배출한 후 채수하는 장치도 있다.

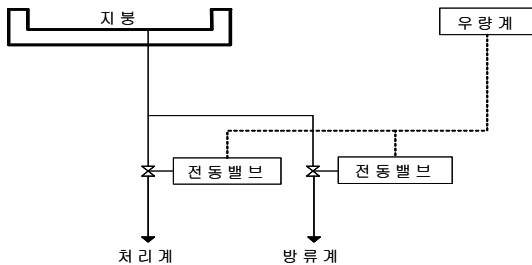


그림 4. 초기강우 배제 시스템

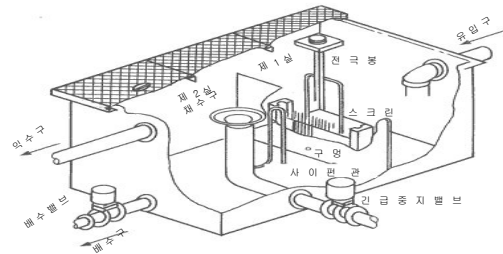


그림 5. 초기강우 배제장치

## 6. 결론

제주도지역의 강우패턴과 세대별 생활용수량 자료를 조사·분석하여 효율적인 가정용 우수이용 시스템으로서 갈수기에도 안정적으로 용수를 공급받을 수 있는 저류탱크의 크기 및 우수배관의 관경결정 기법을 개발하고 수질의 안정화를 위한 우수수질 안정화 기법을 제시하였다.

- 1) 저류시스템에서는 저류탱크의 최적 용량결정과 함께 결정된 용량에 대한 탱크의 합리적 형상화 및 저류탱크의 직경과 높이의 최적비를 제시하였다.
- 2) 집수배관 및 급수배관 결정에서는 집수면적과 수평 및 수직 우수배관의 관경과의 관계 그리고 배관구배와의 관계를 규명하여 배관설계방안을 제시하였고, 원활한 급수를 위하여 용수사용량을 예측하고 배관설계시 유량선도를 이용하여 공급배관의 관경을 설계하였다.
- 3) 초기강우배제에서는 오염물을 처리하기 위하여 초기우수배제 설비기술을 검토하였다.

## 참고문헌

1. 농림부(2003), 농어촌지역 우수의 생활용수 이용시스템 개발
2. 지홍기, 이순탁(1997). 일수문량의 Run-Length 및 Run-Sum의 Simulation, 한구수문학회지, 한국수문학회, 제10권 제1호, pp. 79-84
3. 전인배, 송시훈, 지홍기, 이순탁(2001). 우수이용 시스템의 설계기법, 한국수자원학회 논문집, 제34권 제6호, pp. 587-596
4. 지홍기, 구재범, 이창수, 정광옥, 이영민, 김종우(2002). 우수이용시스템에서 초기우수의 수질특성(2), 대한토목학회 학술발표회
5. South Australian Water Corporation(1996). Rainwater Tank, South Australian Water Corporation.
6. Gary W. Frasier, Lloyd E. Myers. Handbook of Water Harvesting, Water Resources Publications.
7. Texas Water Development Board in Cooperation with the Center for Maximum Potential Building System(1997). Texas Guide to Rainwater Harvesting.