



2005-R-20

빗물관리시설의 운영과 유지관리방안 연구
(망우산과 서울숲을 중심으로)

A Study on the Maintenance of Rainwater Management Facilities

2005

 서울시정개발연구원
Seoul Development Institute

연구진

연구책임	조 용 모	• 도시환경연구부 연구위원
연구원	김 소 희	• 도시환경연구부 연구원
	이 종 규	• 도시경영연구부 선임연구위원

자문위원	박 철 휘	• 서울시립대학교 교수
	심 우 배	• 국토연구원 부연구위원
	정 홍 식	• 서울시의회 의원
	최 승 일	• 고려대학교 교수
	현 인 환	• 단국대학교 교수
	김 영 복	• 서울시 치수과 과장

이 보고서의 내용은 연구진의 견해로서
서울특별시의 정책과는 다를 수도 있습니다.

I. 연구의 개요

- 기상이변으로 인한 한번의 돌발성 집중강우에 의해서도 막대한 피해가 초래되고 있음. 이러한 집중강우의 수해 방지대책을 지속적으로 실시하였으나, 제방의 확대 및 빗물펌프장 등의 설치가 한계에 도달한 상태임. 이제 서울 등 대도시지역은 유출을 저감 등을 통한 근본적인 집중강우에 대한 대책이 요구되고 있음. 따라서 침수피해를 최대한 저감시키기 위해 도시 내 빗물관리시설인 중소규모의 저류조 설치가 새로운 대안으로 제시되고 있음.
- 한편 자연형 하천을 조성하여 시민에게 휴식공간을 제공하려는 사업이 지속적으로 추진되고 있음. 여기에는 하천의 유지용수가 부족한 실정임. 민간 대형건축물 등에는 우수유출증가량 만큼 저류할 수 있는 빗물관리시설의 설치가 본격화되고 있음. 빗물관리시설의 운영으로 유출을 저감과 조경용수로 활용이라는 두가지 목적에 접근하고 있음.
- 빗물관리시설의 설치는 활발히 계획되고 있으나 운영과 유지관리에 대한 사항은 초보적인 수준에 지나지 않은 실정임. 따라서 이 연구의 목적은 빗물관리시설의 효율적인 운영 및 유지관리 방안을 연구하는데 있음.
- 주요 내용으로는 빗물관리시설의 운영 및 유지관리에 대한 외국사례와 빗물펌프장(유수지)의 사례를 조사하고, 망우산 빗물저류시설의 운영 효과와 서울숲 빗물이용시설의 경제적 편익도 조사하였음. 그리고 빗물관리시설의 운영과 유지관리 방안도 제시하였음.

II. 연구결과

- 빗물관리시설 : 빗물을 저류, 이용, 침투에 효율적으로 이용, 관리하는데 필요한 시설로 빗물저류시설, 빗물이용시설, 빗물침투시설 등이 있음
 - 빗물저류시설 : 저지대 등의 배수량을 조절하기 위하여 일시 저류하는 시설 예)망우산 저류조 등
 - 빗물이용시설 : 빗물을 조경용수, 청소용수 등에 이용하기 위한 시설 예)서울숲, 서울대기숙사 등
- 망우산 빗물저류시설은 망우산에 위치한 시설로 저류용량이 30,000m³임.(B45~71m×L108m×H6.2m)임.
- 서울숲 공원의 빗물이용시설은 약 300m³으로 평시에는 수돗물을 받아 두었다가 조경용수로 사용하고, 강우시에는 빗물을 받아 이용하는 겸용시설임.

1. 서울시의 강우에 따른 침수현황과 물이용 특성

- 서울시의 지난 30년간의 강우량 분석결과 연평균강우량은 연대별로 꾸준히 증가추세이고, 150mm/일 이상의 호우는 '71~'80년보다 최근 10년간('92~'01년)에서 2배 이상 증가함.
- 집중 호우로 인해 침수피해는 막대하고, 침수피해가 발생하는 지역은 대부분 하천변 저지대지역임. 이제 하천제방 확충과 빗물펌프장 설치 등은 한계에 도달했으며, 빗물저류시설의 설치가 새로운 대안임.

2. 빗물관리시설의 운영관리

○ 망우산 저류시설의 저류 효과 산정

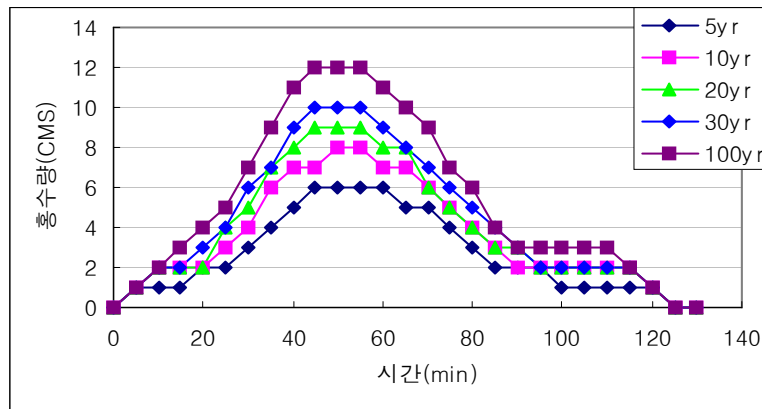
· 산정 방법

저류 효과 = 빈도별 유입수문곡선 - 빈도별 유출수문곡선

- 강우분포는 Huff의 4분위법의 2분위를 적용하여 재현기간별, 지속기간별 확률홍수량을 구함.

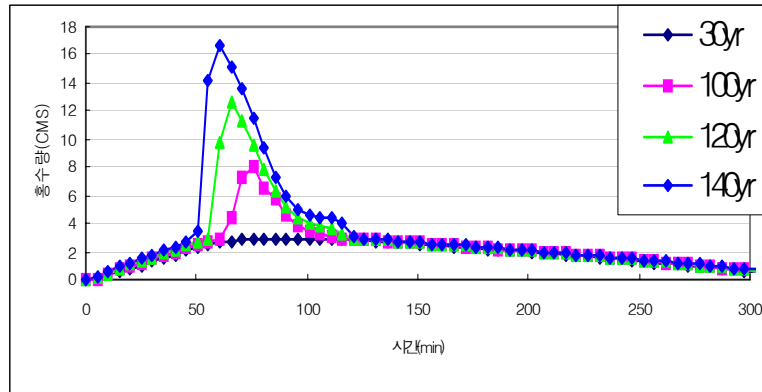
○ 저류효과

- 계획빈도 30년에서 침투홍수량(Q_p)은 $9.94\text{m}^3/\text{sec}$, 100년빈도 침투홍수량 $12.31\text{ m}^3/\text{sec}$ 를 채택하였음. 빈도별 유입수문곡선은 <그림>과 같음.



<그림> 저류시설의 빈도별 유입수문곡선

- 빈도별 유출수문곡선은 <그림>과 같음.



<그림> 저류시설의 빈도별 유출수문곡선

- 재현 기간별 첨두홍수량은 <표>와 같음.

<표> 재현기간별 첨두홍수량

빈도 첨두유량(CMS)	30년	100년	120년	140년
유입유량	10	12	14.4	17.28
유출유량	2.95	8	12.62	16.58

- 첨두홍수량 감소량 및 첨두홍수량 발생 지체시간을 정리하면 <표>와 같음.
- 저류지 설치에 따른 첨두홍수량 지체시간은 계획빈도의 경우에는 40분임. 즉 첨두홍수량 감소뿐 만아니라 첨두홍수량 발생시간을 지체시켜 침수피해 및 대피시간 확보에도 도움을 줄 수 있음.
- 계획빈도인 30년 빈도인 경우, 저류지 설치에 의하여 약 71%의 첨두홍수량 감소효과를 나타내고 있고, 100년 빈도의 경우 33%, 120년 빈도의 경우 12%, 140년 빈도의 경우 4% 첨두홍수량 감소효과가 발생하였음.
- 계획빈도 30년에서 첨두홍수량 감소효과 71%, 지체시간 40분은 상당한 저류효과임.

<표> 재현기간별 침투홍수량 감소량 및 침투지체시간

빈도 침투유량(CMS)	30년	100년	120년	140년
침투홍수량 감소량(CMS)	7.05	4	1.78	0.7
감소율(%)	71%	33%	12%	4%
지체시간(분)	40	25	15	10

3. 망우산 빗물저류시설의 평시 유입수질 분석

- 망우산 유입수의 수질 측정결과 BOD는 3.22~0.63mg/L로 매우 양호한 수질상태를 보임.
- 수질분석 결과 평상시 망우산 저류시설 유입수의 수질은 재활용할 수 있을 정도로 양호한 상태로 조경용수나 수경용수로 활용할 수 있음.

4. 서울 숲 빗물이용시설의 운영관리

- 서울 숲의 빗물저류탱크의 용량은 270m³/day로 실제 조경용수로 필요한 1일 필요량인 400~530m³/day의 약 2/3~1/2량을 저류할 수 있는 규모임. 서울 숲의 빗물이용시설은 빗물을 전량 조경용수로 사용할 수 있는 장점이 있기 때문에 잘 운영되면 좋은 빗물이용시설 사례가 될 수 있음.
- 서울숲 공원의 빗물이용시설의 경제성 평가
- 총 설치비(집수시설, 침전시설, 여과시설 포함)는 빗물저류시설의 건설비인 190,168천원의 10%인 19,017천원으로 분석됨.
- 유지관리비용에는 펌프 등의 사용을 위한 전력비, 인건비, 보수비, 수처리비 등을 포함하여 1,914,007원/년임.
- 빗물 이용시 편익

- 빗물이용시설을 활용하므로 상하수도 요금을 절감할 수 있음.
- 1일 상하수도 요금 절감액은 273,295원으로 계산되었음. 1년으로 환산하면 절감액은 4,372,720원으로 분석됨.
- 빗물 이용시 비용편익 비율(B/C)
 - 서울 숲의 빗물이용시설의 비용과 편익을 구하면 할인율 0.05%의 경우 비용편익 비율(B/C ratio)이 1.271임. 비용의 현재가치는 42,870천원이고, 편익의 현재가치는 54,494천원으로 분석되었음<표>.

<표> 빗물이용시 비용편익 비율

편익 현재가치	비용 현재 가치	NPV (순현재가치)	B/C ratio
54,494천원	42,870천원	11,624 천원	1.271

- 비용편익 분석 결과 10년의 B/C비율이 0.999로 분석되어 10년동안 운영하면 비용과 편익이 같아짐.
- 서울숲 공원의 비용편익이 계량 가능한 항목을 위주로 계산하였지만 하수처리비용의 절감, 주변지역의 빗물 유출을 저감, 환경교육의 활용가치 등 사회환경적 편익을 고려할 경우 빗물이용시설의 편익효과는 훨씬 높게 나타날 것임.
- 그러나 서울숲 공원의 빗물이용시설의 경우 빗물이용여건이 좋아 비교적 높은 BC비율을 보이지만 민간 건축물의 지하 빗물이용시설의 경우 BC비율은 크게 달라질 수 있음.

III. 정책건의

1. 빗물관리시설 유지관리의 기본방향

- 빗물관리시설의 유지관리의 기본틀은 빗물저류시설과 빗물이용시설이 최적의 기능을 발휘할 수 있도록 적정한 운영 및 유지관리를 추진함.

- 운영의 기본방향을 보면 빗물저류시설의 경우에는 강우예보와 연계하여 운영하며, 설계빈도 이상의 강우에 대비하여 연속강우시 침투강우량을 저류하기 위해 가능한 12시간 내에 저류조 내수를 강제 배제하도록 함.
- 빗물이용시설의 경우는 설치된 시설을 상시 운영하도록 하며, 여름철 강우 시에는 가능한 빗물 저장 후 3일내에 빗물을 배제하여 연속강우에 대비하도록 함.
- 유지관리의 기본방향을 보면 빗물저류시설은 장마기 전에 퇴사를 제거하는 등 시설점검을 실시하고 강우 시에는 수시 점검을 할 수 있도록 함.
- 펌프는 상시 이용가능한지를 체크하도록 함. 빗물이용시설은 강우 후 일반적인 점검을 실시하고 개인소유의 이용시설을 위해 운영 및 유지관리비를 지원할 수 있도록 함.

2. 망우산 빗물저류시설 운영관리 방안

- 침사지 폐쇄방지 : 침사지 유입부의 경사가 급하여 유입부에 계단형 침사지가 설치되어 있음. 집중강우시 사태 등으로 많은 토사나 나무 등이 밀려들어 유입부를 폐쇄할 경우 저류능력을 크게 상실할 수 있을 것임. 따라서 집중강우시를 대비 유입부의 폐쇄를 방지할 수 있도록 주변 유입부 시설을 보강하거나 순찰 강화 필요
- 토사 준설 : 빗물저류시설 내부 용량의 경우 바닥에 모래 등이 쌓여서 용량을 제한할 수 있으며, 평시 유지관리를 철저히 하여 토사의 준설 등이 이루어져야 할 것임.
- 연속강우시 대비 : 침투홍수량 발생빈도가 30년일 때 침투홍수량의 저류효과가 40분으로 분석되었는데, 이 정도의 저류효과는 상당하다고 판단됨. 그러나 연속 집중강우가 내릴 경우 이 정도의 저류시설도 효과가 크게 반감될 것임. 따라서 우기인 7월~9월 사이에는 연속강우를 대비하여 연속강우가 단절되는 때를 기준으로 가능한 12시간 내에 저류된 물을 배제할 수 있는 방안이 모색되어야 함.

3. 망우산저류시설 유입수의 수경용수로 활용

- 수질분석 결과 평상시 망우산 저류시설 유입수의 수질은 재활용할 수 있을 정도로 양호한 상태임. 조경용수나 수경용수로 활용해야 함. 특히 망우산 저류시설 건너편(망우로를 가로질러 감) 지역에 입지하고 있는 아파트 내의 조경, 수경용수로 활용할 수 있을 것임.

4. 서울숲 빗물이용시설의 개선

- 서울 숲의 빗물이용시설은 시설이 개장된 지 얼마 지나지 아니하였고, 현재 시설이 시험가동 상태이며, 계속 개선해 나가는 상태임. 현재 이용시설의 개선사항은 <표>에 정리하였음.

<표>서울 숲의 빗물이용시설 개선사항

	현 문제점	개선책 및 유지보수
저류조 탱크용량	● 저류조 용량이 270㎥/day으로 저류용량이 비교적 작음.	● 저류용량은 가능한 크면 좋으나 서울 숲의 부지 활용 등과 연계되어 있으므로 이를 고려하여 개선하는 방향으로 나아가야 함.
침사시설 등 기능	● 저류전 침사지는 있으나 노면수나 토사가 침전시키는 기능이 현저히 떨어짐. ● 또한 스크린 시설이 미설치	● 저류조 내로 유입 전에 침사지 기능을 할 수 있는 방법을 고려 ● 스크린 장치(스치로폴, 비닐 등) 시설 필요
설계상의 문제	● 전기적 운영 판넬이 지하에 있어 비가 올 경우 조작 불가능 ● 저류조 내로 내려갈 때 사다리를 이용하여 시설을 관리하여야 하므로 시설관리의 어려움.	● 전기판넬을 지상으로 이동 ● 가능한 시설관리가 용이하게 구조를 개선함.
청소상의 문제	● 침사지내로 인부가 들어가 바닥에 있는 토사를 긁어내야 하므로 청소하기가 쉽지가 않음	● 흡입기계장치 등으로 토사를 준설하는 방안 등이 모색되어야 함.
유지관리	● 아직 보수공사중이라 시험가동으로 유지관리에 미흡	● 보다 구체적이고 체계적인 유지관리체계 수립.

5. 빗물저류시설의 설계시 유입수 활용방안을 고려해야

- 망우산 저류시설의 사례처럼 빗물저류시설 설치시 평시 유입수의 활용방안이 설계시부터 계획되어야 함. 이렇게 되면 유입수의 활용이 활발해 질 수 있고, 하수처리장의 부하를 줄 일수 있음.

6. 빗물관리시설의 일반적 운영 지침

(1) 빗물저류시설의 운영방안

- 강우시 운영은 저류시설의 특성상 큰 운영관리가 필요하지 않고, 집중강우시 관측점검을 실시하여 침사지에 토사유입이나 저류조에 토사유입 또는 수목이 유출입구를 막아 물의 소통을 방해하는지 등 운영에 차질이 없는지 살펴봐야 함.
- 연속강우시 (집중강우가 3일 이상 연속될 것으로 예보되는 경우) 저류시설의 운영은 가능한 신속히 저류시설의 빗물을 배제해야 함. 이 경우 구청에 예비하였던 펌프를 이용하여 배제하는 방법이 고려되어야 함. 이때에도 강우 예보와 하천 수위와 연계하여 배제하는 것이 필요함.

(2) 빗물이용시설의 운영방안

- 빗물이용시설의 운영관리의 핵심은 건축물에 빗물이용시설을 설치한 후 이용하도록 하는데 있음. 건축물 허가과정에서 빗물이용시설물 설치에 따른 긍정적 효과(허가나 영향평가협의 등) 등이 있었으므로 시설물의 설치 용도대로 운영되어야 함.
- 빗물이용시설은 여름철(집중강우기)에 빗물저류시설로 전환 운영하는 것이 필요함.
- 기상예보에 따라 집중강우를 대비하여 빗물저류시설로 이용하기 위해 비워 두어야 함. 연속강우시 빗물이용시설내의 저류된 강우를 3일내에 비워 두는 것이 필요하고, 빗물저류시설로 전환운영 할 경우에는 빗물의 수질 문제는 고려하지 않도록 함.

- 빗물이용시설의 수질관리는 빗물이용시설의 설치를 유도하기 위해 초기에는 빗물저장기간에 따른 보건위생상(장기 저장에 따른 다량세균번식, 모기 파리 유충번식 등)의 문제가 발생하지 않는 한 크게 제한하지 않는 것이 바람직함.

6. 빗물관리시설의 일반적 유지관리 지침

(1) 빗물저류시설의 유지관리

- 평상시 유지관리는 정기적으로 실시함. 필요한 보수 및 개량, 퇴적된 토사의 제거, 청소 등을 실시해야 함. 점검은 반드시 장마 및 태풍시기 등의 집중 강우 전에 실시하고 일반적으로 연 2회이상을 실시하는 것이 적절함.
- 강우시는 저류시설의 수위 및 방류상황 등을 점검하고 필요한 경우에는 적절한 조치를 취해야 함. 강우예보 등에 따라서 홍수가 예상되는 경우에는 신속하게 수문(또는 유출구), 펌프 등을 점검해야 함. 또한 특히 집중 강우 시에는 상황에 따라 적당한 순회점검을 실시.
- 저류시설을 정확하게 유지관리하기 위해서는 시설의 구조 및 기능 등을 기재한 우수저류시설대장(점검기록/준설 및 보수 등의 기록/ 수문기록/기타 기록(유역의 개발상황, 일반 주민에게 통보)을 작성하고 보관하도록 함.

(2) 빗물이용시설의 유지관리

- 평상의 유지관리의 기본은 일반점검 및 청소임. : 최소 연 2회이상 점검 및 청소 실시
- 구조물과 기기의 손상, 퇴적토사, 누수 및 기타 설비는 점검내용 및 주기를 결정하여 관리함. 퇴적토사가 계획토사위에 미치지 않도록 적절한 시기에 제거해야 함.
- 빗물이용 건축물 내에서는 수도관과 혼동해 음용수로 사용하지 않게 표시하고 또한 다른 설비계통과 오·접속을 방지할 수 있도록 색깔 표시를 함.
- 빗물이용시설의 대장 등 기록은 빗물이용시설의 상시 관리자가 없는 경우가

많기 때문에 가능한 간략히 기록하도록 함. 특히 일반적 점검과 청소 사항과 빗물을 저장할 때와 빗물유입시간, 저장시간, 유출시간 등 수문상황, 그리고 구조물과 설비와 손상부분 보수 등의 유지관리 사항은 상황에 맞춰 그때마다 작성하여 보관하여야 함.

- 빗물이용시설을 설치 운영하는 자는 상수도요금 감면 등을 요구할 수 있거나 운영비 보조금을 신청할 수 있도록 함. 특히 빗물이용시설을 빗물저류시설로 전환 이용한 실적이 있을 경우 운영비 보조금을 지급함. 이러한 경우 관련자치단체는 특별한 사유가 없는 한 예산이 허용하는 범위내에서 보조금을 지급함.

7. 빗물저류시설의 수리·수문 계측 모니터링 실시와 사례의 심층 연구 필요.

- 빗물관리시설의 관리는 주로 공공기관에서 실시하므로 현장에서 상세적인 수리, 수문 모니터링 계획을 수립하여야 함. 다만 개인이 운영하는 빗물이용시설의 경우 시설 설치 및 운영의 활성화를 위해 당분간 계측관련 모니터링은 최소한 실시하는 것이 바람직함. 또한 비교적 중규모의 빗물이용시설의 설치가 다수 계획되고 있으므로 시설 가동후 심층 사례 연구가 필요.

목 차

제 I 장 서 론	1
제 1 절 연구의 배경 및 목적	1
1. 배경	1
2. 목적	2
제 2 절 연구 내용	2
1. 대상적 범위	2
2. 내용적 범위	3
제 II 장 서울시 빗물관리시설과 강우 분석	7
제 1 절 빗물관리시설	7
1. 빗물관리시설의 정의	7
2. 빗물저류시설의 형태	7
3. 빗물저류시설의 종류	8
제 2 절 망우산과 서울숲 빗물관리시설의 현황 분석	14
1. 망우산의 빗물저류시설	14
2. 서울숲의 빗물이용시설 분석	19
제 3 절 빗물관리시설 관련규정 분석	22
1. 현행 관련규정	22
2. 빗물관리시설 규정(안)의 비교	24
3. 빗물관리시설을 위한 유지관리 관련 규정	27
제 4 절 서울시의 강우에 따른 침수와 물이용 특성 분석	29
1. 서울시 강우분석	29
2. 망우산 유역 등의 침수현황	34
3. 빗물이용 활성화의 제한 요소	37

제 5 절 국내·외 빗물관리시설의 사례조사	39
1. 국내사례	39
2. 국외사례	44
제Ⅲ장 망우산 빗물저류시설의 운영관리	51
제1절 망우산 빗물저류시설의 운영효과	51
1. 빗물저류 결정방법	51
1. 빗물저류 효과	62
제2절 망우산시설 유입수 이용과 운영개선방안	74
1. 수질조사	74
2. 운영개선 방안	75
제Ⅳ장 서울 숲 빗물이용시설의 운영관리	79
제1절 빗물이용시설의 운영과 개선방안	79
1. 빗물이용시설 운영	79
2. 빗물이용으로 비용 절감	79
3. 빗물이용시설의 개선사항	80
제2절 서울숲 공원의 빗물이용시설의 경제성 평가	81
1. 빗물이용시설의 설치비용	81
2. 빗물이용시설의 유지관리 비용	82
3. 빗물이용시설의 관련 총 비용	83
4. 빗물 이용시 편익	83
5. 빗물 이용시 비용편익비율(B/C)	84
제Ⅴ장 빗물관리시설의 운영 및 유지관리 방안	89
제1절 기본방향 설정	89
1. 빗물관리시설의 기본방향	89

2. 유지관리의 기본방향	90
제2절 빗물관리시설의 운영 방안	92
1. 빗물저류시설	92
2. 빗물이용시설	93
제3절 빗물관리시설의 유지관리 방안	94
1. 빗물저류시설	94
2. 빗물이용시설	100
 제VI장 결론 및 정책건의	 107
 참고문헌	 119
부록1. 서울특별시 빗물저류조 설치 추진 지침	127
부록2. 제주도 빗물이용시설 등의 시설 및 관리 기준	133

표 목 차

<표 2-1> 지역내 저류의 빗물관리시설에 대한 저류한계수심	13
<표 2-2> 중랑구 침수피해지역과 원인분석	16
<표 2-3> 2001년 호우에 의한 침수피해 현황 및 원인	17
<표 2-4> 망우산 저류지 시설 현황	18
<표 2-5> 서울숲 빗물이용시설 현황	20
<표 2-6> 빗물관리시설 규정(안) 비교	25
<표 2-7> 1970년대~2000년대의 서울시 년대별 강우특성의 변화	30
<표 2-8> 연대별 서울시 월강우량 변화추이(1970년~2004년)(단위: mm)	32
<표 2-9> 중랑구 주요 피해원인별 사망자수와 피해지역	35
<표 2-10> OECD 국가별 수돗물 가격 비교	38
<표 2-11> 스타시티 빗물관리시설물의 현황	42
<표 3-1> 확률분포형 및 확률강우량 결정	52
<표 3-2> 강우강도식	53
<표 3-3> 도시유역의 유출곡선지수(CN)	56
<표 3-4> 자연유역의 유출곡선지수(CN)	57
<표 3-5> SCS 무차원 시간 및 유량 비	61
<표 3-6> 배수구역 유역특성	62
<표 3-7> 재현기간 및 지속시간별 확률강우량	63
<표 3-8> 재현기간별 확률홍수량	64
<표 3-9> 저류지 홍수추적 결과	68
<표 3-10> 재현기간별 침투홍수량	69
<표 3-11> 재현기간별 침투홍수량 감소량 및 침투지체시간	72
<표 3-12> 강우시 망우산 저류조의 수질측정결과	75

<표 4-1> 서울 숲의 빗물이용시설 개선사항	80
<표 4-2> 설치비용	82
<표 4-3> 빗물이용시설의 연간 유지관리비	82
<표 4-4> 총 비용	83
<표 4-5> 1년 동안 상하수도 요금 절감액	83
<표 4-6> 빗물이용시 비용편익 비율	84
<표 5-1> 빗물저류시설의 강우시 점검내용	96
<표 5-2> 우수저류시설 총괄조서	98
<표 5-3> 빗물저류시설 점검표(안)	99
<표 5-4> 빗물이용설비의 유지관리내용과 점검의 주기	101
<표 6-1> 재현기간별 침투홍수량	108
<표 6-2> 재현기간별 침투홍수량 감소량 및 침투지체시간	109
<표 6-3> 빗물이용시 비용편익 비율	110
<표 6-4> 서울 숲의 빗물이용시설 개선사항	112

그림목차

<그림 1-1> 연구수행도	3
<그림 2-1> 빗물저류시설의 형태별 분류	8
<그림 2-2> 제방식 빗물저류시설의 모식도	9
<그림 2-3> 굴입식 빗물저류시설의 모식도	9
<그림 2-4> 연속식다단저류	10
<그림 2-5> 분류식 다단저류	10
<그림 2-6> 지하빗물이용시설의 모식도	11
<그림 2-7> 배수구역 위치도	15
<그림 2-8> 배수구역 3차원 지형도	15
<그림 2-9> 면목천유역과거침수흔적도	17
<그림 2-10> 면목천 유역 배수계통도	17
<그림 2-11> 망우산 빗물저류시설 현황 사진	19
<그림 2-12> 서울숲 빗물이용시설의 유역현황	20
<그림 2-13> 서울숲 빗물저류시설 현장 사진	21
<그림 2-14> 연도별 연평균 강우량(mm)	30
<그림 2-15> 연도별 월평균 강우량(mm)	30
<그림 2-16> 10년간 100mm/일 강우 발생 횟수	30
<그림 2-17> 1970년대~2000년대 서울시 연대별 연평균 강우량 변화추이	31
<그림 2-18> 1970년~2004년 서울시 연대별 월평균강우량 변화추이	32
<그림 2-19> 년도별 인명피해와 침수피해액	33
<그림 2-20> 서울시의 과거(1987, 1990, 1998, 2001년) 침수지역 현황	34
<그림 2-21> 중랑구 년도별 인명피해와 침수피해액	37
<그림 2-22> 관악구청사 빗물이용 시스템	43

<그림 2-23> 영국의 빗물저장탱크	46
<그림 2-24> 태국의 가정용 빗물 집수용기(Jar)와 시스템	47
<그림 3-1> 빈도해석 흐름도	53
<그림 3-2> 배수구역 지형학적 특성	63
<그림 3-3> 재현기간별 강우분포	64
<그림 3-4> 빈도별 저류지 유입수문곡선	65
<그림 3-5> 저류지 홍수추적에 대한 해석흐름도	67
<그림 3-6> 빈도별 저류지 유출수문곡선	69
<그림 3-7> 재현기간별 첨두홍수량	70
<그림 3-8> 망우산 저류지의 재현기간별 유입-유출 수문곡선	70
<그림 3-9> 재현기간별 첨두홍수량 감소량 및 첨두지체시간	72
<그림 3-10> 동광컨트리클럽 빈도별 유입-유출 수문곡선	72
<그림 3-11> 탐라골프장 저류지 추적	73
<그림4-1> 빗물이용시설의 비용 편익 분석결과	84
<그림 5-1> 빗물저류와 활용을 위한 추진 전략	90
<그림 5-2> 빗물관리시설의 운영 및 유지관리 기본 방향	91

第 I 章 서론

제 1 절 연구 배경 및 목적

제 2 절 연구 내용

제 I 장 서 론

제 1 절 연구의 배경 및 목적

1. 배경

최근 기상이변으로 인해 여름철 강우는 국지성 집중강우 형태를 나타내어 엄청난 피해를 초래하고 있다. 특히 서울지역 등 대도시는 유출율의 증가와 돌발성 집중강우에 의해 막대한 피해를 초래할 위험요소가 산재해 있다. 이러한 집중강우에 의한 수해 방지대책을 지속적으로 실시하였으나, 제방의 확대 및 빗물펌프장 등의 설치가 한계에 도달한 상태이다. 이제 서울 등 대도시지역은 유출율 저감 등을 통한 근본적인 집중강우에 대한 대책이 요구되고 있다. 중소규모의 저류조 설치가 새로운 대안으로 제시되고 있다. 현재 망우산 빗물저류시설과 석관동 빗물저류시설이 2004년 말에 준공되어 운영되고 있다. 또한 서울시는 치수목적의 빗물저류시설을 지속적으로 설치할 계획이다.

또한 최근 자연형 하천을 조성하여 시민에게 휴식공간을 제공하려는 사업이 지속적으로 추진되고 있다. 여기에는 하천의 유지용수가 많이 필요하다. 민간 대형 건축물 등에는 건축물 설치에 따른 우수유출증가량 만큼 저류할 수 있는 빗물저류시설의 설치가 본격화되고 있다. 치수목적의 빗물저류시설과 이수목적의 빗물이용시설이 유출율 저감과 조정용수의 확보라는 사항에 접근하고 있다

이렇게 빗물관리시설의 설치가 활발히 계획되고 있으나 운영과 유지관리에 대한 사항은 초보적인 수준에 지나지 않고 있다. 따라서 빗물관리시설이 수해 방지 또는 물재활용을 위한 저류 및 이용기능을 충분히 발휘할 수 있도록 시설의 운영 및 유지관리가 필수적이다.

일반적으로 빗물관리시설은 여러 가지 목적으로 설치되고 있다. 최근 설치된 망우산 저류시설은 침수피해가 컸던 망우동과 면목동지역의 침수방지를 목적으로 하고 있다. 그리고 서울숲 공원등에 설치된 지하 빗물이용시설은 공원의 수목과 잔디에 용수를 공급하기 위해 설치된 경우이다.

또한 일정규모의 건축물에는 빗물이용시설의 설치를 유도할 수 있는 제도가 수립되고 있다. 그러나 이러한 제도로 인해 설치된 빗물이용시설은 자칫 건축물에 설치 후 사용하지 않고 방치하거나 타 용도로 사용될 수 있는 여지도 많다. 따라서 이러한 사항을 포함하여 빗물관리시설의 운영 및 유지관리가 이루어져야 할 것이다.

2. 목적

치수목적의 빗물저류시설의 설치사업이 본격화되고 있고, 빗물이용시설의 설치는 거의 의무화되고 있는 상태에서 빗물관리시설의 운영관리와 유지관리는 필수적인 사항이다. 특히 빗물이용시설의 경우 시설은 되어있지만 활용되지 않고 비어있거나 타 용도로 사용하는 경우가 적지 않은 상황에서 더욱 그러하다.

따라서 이 연구의 목적은 빗물관리시설의 효율적인 운영관리와 유지관리 방안을 수립하는데 있다. 이와 더불어 망우산 빗물저류시설의 운영에 따른 효과와 서울숲 빗물이용시설의 경제성을 분석하고자 한다.

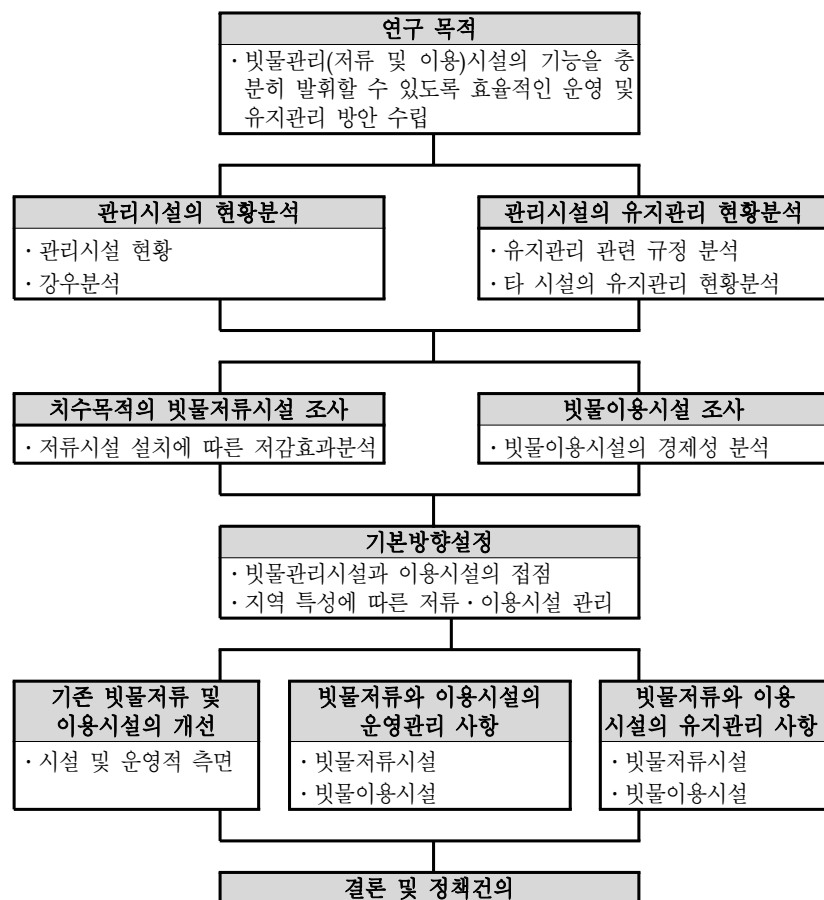
제 2 절 연구 내용

1. 대상적 범위

이 연구는 빗물저류시설과 빗물이용시설을 대상으로 분석하였다. 특히 치수목적의 빗물저류시설로는 2004년 말에 완공된 망우산 빗물저류시설 등이 설치되었고, 빗물이용시설은 서울 숲의 빗물관리시설을 중심으로 몇 개의 시설이 설치되었거나 설치될 예정인데 이들 시설 등이 주 대상이다. 이 연구에서는 빗물침투시설은 연구의 특성상 제외하였다.

2. 내용적 범위

이 연구는 빗물관리시설의 운영관리 및 유지관리에 대해 중점적으로 분석하고, 특히 빗물관리시설과 유사한 특성을 가진 시설의 사례를 참고하였다. 외국 빗물관리시설의 운영 및 유지관리도 조사하였다. 또한 빗물저류시설과 빗물이용시설의 기본방향과 유지관리 방향도 포함하였다. 연구수행도는 <그림 1-1>과 같다.



<그림 1-1> 연구수행도

第Ⅱ章 서울시 빗물관리시설과 강우분석

제 1 절 빗물관리시설

제 2 절 망우산과 서울숲 빗물관리시설의 현황

제 3 절 빗물관리시설 관련규정

제 4 절 서울시의 강우에 따른 침수와 물이용 특성

제 5 절 국내·외 빗물관리시설의 사례조사

제Ⅱ장 서울시 빗물관리시설과 강우 분석

제 1 절 빗물관리시설

1. 빗물관리시설의 정의

빗물관리시설이란 수도법에 규정된 빗물을 모아 생활용수·조경용수·공업용수로 이용할 수 있는 협의의 빗물이용시설과 집중강우 시 빗물을 일시 저류하여 하천의 범람과 침수피해를 방지하는 빗물저류시설, 지하수의 충전을 위한 빗물침투시설 등으로 나눌 수 있다.

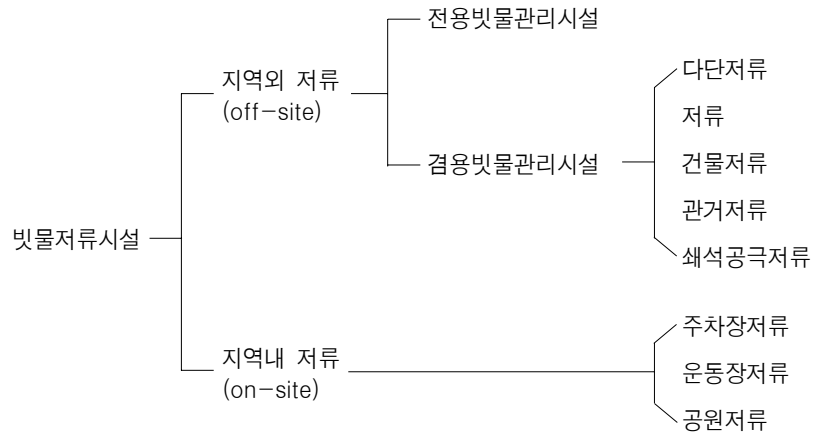
현행 수도법(제3조)에서 ‘빗물이용시설’이란 빗물을 모아 생활용수·조경용수·공업용수 등으로 이용할 수 있도록 처리하는 시설을 지칭한다고 규정하고 있다. 여기에는 치수목적의 빗물저류시설에 대한 사항은 포함되지 않고 있다.

2. 빗물저류시설의 형태

빗물저류시설은 강우 시에 발생하는 빗물을 일시적으로 저류하고 강우 종료 후에 방류하여 지역의 빗물유출을 조절하는 시설로서 지역 외(off-site) 빗물저류시설과 지역 내(on-site) 빗물저류시설로 크게 나누어진다. 빗물을 집약적으로 저류할 것인지, 내린 그 지역만의 빗물만을 저류할 것인지에 따라 지역 외 저류와 지역 내 저류의 두 가지의 방식으로 분류할 수 있다.

- 지역외 저류 : 강우 시에 유출하는 빗물을 유역의 임의출구지점에서 하수관거 등으로 집수하여 저류시키는 방식
- 지역내 저류(현지저류) : 강우 시에 빗물의 이동을 최소한으로 저감하고 빗물이 내린 그 장소에서 저류하는 방식.

빗물저류시설을 형태별로 분류하여 나타내면 <그림 2-1>과 같다.



<그림 2-1> 빗물저류시설의 형태별 분류

3. 빗물저류시설의 종류

1) 지역의 저류(off-site)

지역외 저류는 강우 시 도시의 빗물유출량을 제어하는 효과적인 방법으로서 유출량뿐만이 아니라 빗물의 오염도도 저감할 수 있다. 또한 지역내 저류와 다르게 지역외 저류는 도시 내에서 학교, 공원의 등에 설치될 수 있으며 도로나 보도와 같이 좁고 긴 토지 등의 공공용지에 설치된다.

지역외 저류의 종류로는 빗물저류공간의 활용도에 따라 전용 빗물저류와 겸용 빗물저류로 나누어진다.

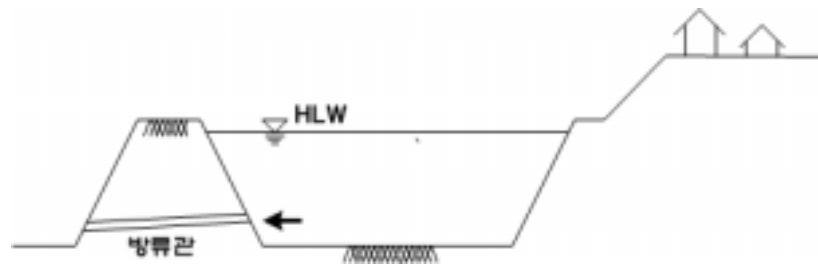
(1)전용 빗물저류시설

전용 빗물저류시설은 그 축조방법에 의하여 굴입식과 제방식으로 구분된다.

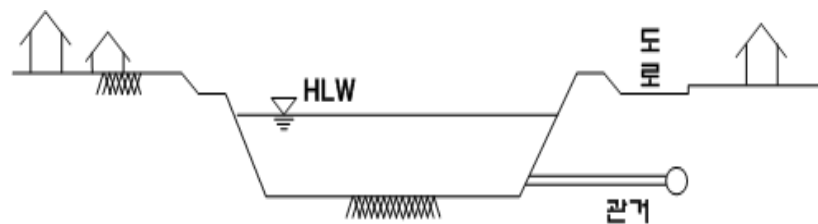
굴입식은 평탄한 지형에 주로 설치하며 제방식은 구릉지의 곡부를 이용하여 설치된다. 제방식은 지형, 입지상의 특징에서 하류에 주는 영향이 크다. 그러므로 여수토(余水吐)에서의 홍수빈도는 굴입식에 비하여 보다 안전도가 높은 확률년으로 계

획될 필요가 있다<그림 2-2, 3 참조>.

일반적으로 전용 빗물저류시설은 다른 빗물저류시설과 조합하여 계획하고, 가능한 빗물저류의 전용공간을 적게 하여 토지의 유효활용을 도모하는 것이 좋다.



<그림 2-2> 제방식 빗물저류시설의 모식도



<그림 2-3> 굴입식 빗물저류시설의 모식도

(2) 겸용 빗물저류시설

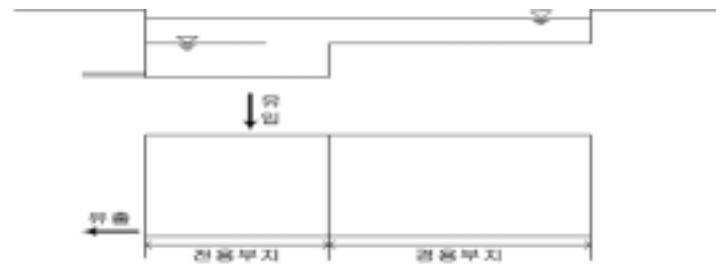
겸용 빗물관리시설은 빗물의 저류부지 전부 또는 일부를 다른 용도와 같이 이용하도록 계획하여 토지를 유효하게 활용하도록 하는 것이다.

① 다단저류

저류부지에 고저차를 두어 설치한 형식을 다단저류라고 하며 저류방식을 다단 형식으로 하여 저류빈도에 맞는 부지의 겸용화 계획을 세울 수 있다.

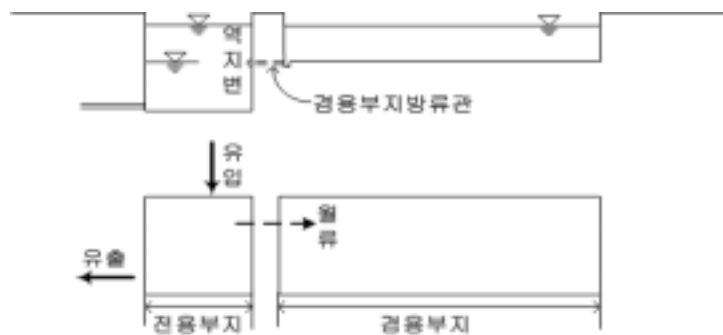
다단저류는 <그림 2-4, 5>와 같이 2가지의 기본형으로 분류된다.

-연속식 다단저류: 저류부지에 고저차를 두어 부지를 겸용하는 형태



<그림 24> 연속식다단저류

- 분류식 다단저류 : 저류부지를 월류웨어 등으로 분리하여 부지를 겸용한 형태



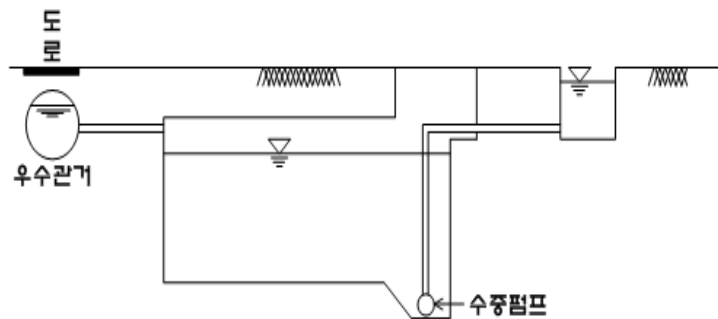
<그림 25> 분류식 다단저류

② 지하 빗물이용시설

지하 빗물이용시설은 빗물이용시설을 지하에 설치하고 지상부를 주차장 등 다른 용도로 같이 이용할 수 있는 구조로 한 것이다. 시가지와 같이 지가가 높고 저류 용량당 건설비가 클 뿐 아니라 설치장소를 확보하기 어려운 지역 등에

적합하다. 저류수심은 경제적 이유만이 아니라 퇴사반출 등의 작업성에서도 2m 이상으로 하는 것이 바람직하다.

지하 빗물이용시설의 설계는 시설의 유지 관리성을 고려하여야 한다. 유입되는 토사의 퇴적장소를 최대한 줄이고 반출을 쉽게 하기 위하여 시설바닥의 경사를 1/100정도로 하고 배수구를 설치하며 퇴사가 반출되기 쉬운 장소에 이토실을 설치할 필요가 있다<그림 2-6 참조>.



<그림 2-6> 지하빗물이용시설의 모식도

③ 건물지하 빗물저류

건물지하 빗물저류는 지하저류로 분류되며 상습침수지역에서 고밀도주택지역의 저류방식으로서 앞으로 주목을 받고 있으며 고층빌딩 등의 지하공간을 이용하여 설치하는 것이 유리하다. 이 경우 빗물이용시설로 활용되기도 한다.

설계에서 기본적인 유의점은 지하저류와 같지만 그 외에 다음사항이 있다.

- (i) 모기 등의 발생을 방지하기 위해 상시 조 내에 물이 저류되지 않도록 한다.
- (ii) 지하수 수위가 높은 지역, 상습침수지역 등에서는 펌프작동에 의한 강제배수로 하는 것이 좋다.
- (iii) 저류조에는 계획최대수위의 상부에 방충망과 환기구를 설치한다.

(iv) 건물간의 배치계획에 의해 몇 개 건물의 지하저류조를 관거로 연결하는 방법을 검토한다.

(v) 건물에 대한 방습, 곰팡이가 생기지 않도록 한다.

④ 관거저류

넓은 의미로 지하저류로 분류된다. 하수관거 저류는 유출수문곡선의 산출에서 유역출구에 설치되는 유수지 등의 보조적 저류방식으로 도입할 수 있다.

⑤ 쇄석공극저류

쇄석공극저류는 자갈 등 쇄석의 공극을 빗물저류공간으로 이용하는 방식이다. 땅속에 트렌치나 쇄석조를 설치하여 쇄석간의 공극에 빗물을 유입시키고 그 상부는 녹지나 운동장 등으로 이용하는 것이다. 빗물저류시설의 건설비는 다른 빗물저류시설에 비하여 일반적으로 적으며 시설의 계획규모의 융통성도 크다. 그러므로 다른 공법이나 시설과 조합하는 것으로 빗물유출저감시설의 하나로 계획하기 쉽다. 외국에서는 투수성포장의 노반을 쇄석공극빗물관리시설로 이용하거나 침투공법과 조합하여 침투트렌치로 이용하고 있는 사례가 많다.

그러나 이 방법은 아래와 같은 문제를 가지고 있다.

(i) 공극부에 토사유입으로 발생하는 폐쇄현상에 의한 저류기능의 저하

(ii) 저류조를 구성하는 쇄석 등의 침하

(i)의 대책으로는 시공시의 토사 유입을 방지하는 시설을 설치하고, 빗물저류 시설 상면에 투수시트를 깔아 상부로부터 토사의 유입을 차단하는 방법, 유입부에 쓰레기바구니를 설치하는 방법 등이 있다. 그러나 쇄석의 폐쇄를 완전히 방지하는 것은 어려우므로 저류량에 대한 안전율을 주변지역특성과 기간에 따라 적절하게 적용하여하여 한다. 또한 (ii)에 대해서는 사용하는 쇄석의 성질과 시공법에 따라 침하량이 다르다. 그러므로 빗물저류시설 상부의 토지이용에 접합하게 재료 및 시공법 등을 검토하여야 한다.

2) 지역내 저류(on-site)

지역내 저류는 빗물이 처음으로 지면에 내린 장소에서 10~20m내의 현지에서 저류하는 방법이다. 다시 말하면 개개의 구획 내에서 홍수를 관리하기 위한 것이다. 이 방법은 홍수관리방법으로 상당히 오래되었으며 지역에 하수도시설이 보급되기 전까지 홍수를 처리하는 전통적인 방법이었다. 특히 우수유출량을 상당히 줄일 수 있으므로 합류식하수도시스템에서 월류량을 저감시키는데 효과가 있는 것으로 증명되어 있다.

지역내 빗물저류시설의 방류공은 일반적으로 다른 저류방식과 비교하여 토사, 쓰레기 등에 의한 폐쇄의 가능성이 크다. 그러므로 구경 50mm이상을 확보하는 것이 좋다. 또한 방류구의 설치위치는 저류부지의 바닥에 설치하여 저류부지에 물이 고이는 것을 방지하고 방류구에서 수두를 올리고 강우에 대한 배수성을 높여 강우 종료시 저류시간을 단축한다.

저류부지 내에 설치하는 구조물 등은 저류빈도, 저류수심 등을 고려하여 설치계획을 세우지만 저류에 의한 피해가 발생하지 않도록 대책을 강구하여야 한다. 지역내 저류의 저류한계수심은 <표 2-1>과 같다.

<표 2-1> 지역내 저류의 빗물관리시설에 대한 저류한계수심

토지이용	빗물관리시설	저류한계수심(cm)
공동주택	건물간저류	30
주차장	주차장저류	10
초등학교	운동장 저류	30
중학교		30
고등학교		30(50)
어린이공원	공원저류	20
근린공원		30(50)
주택지붕	지붕저류	10~15

주) 고등학교 및 근린공원의 경우는 이용상황, 안전대책을 고려하였을 때 저류한계수심을 ()내의 값으로 하는 것이 가능함.

(1) 주차장저류

주차장을 빗물관리시설로 이용하는 경우는 자동차의 브레이크 장치가 젖지 않도록 하고 자동차의 주행 및 안전운행에 지장이 없도록 하며 강우시에 이용에 대한 편리를 고려하여 저류가능용량을 정한다. 쇼핑센터 등과 같이 넓은 주차장에서는 비교적 사용빈도가 적은 부분에서 저류하고 전면을 저류장소로 하는 경우는 한 단 높은 장소를 설치하여 이용자의 신발이 젖지 않도록 한다.

(2) 운동장저류

운동장저류는 체육수업 등에 지장을 주지 않도록 강우종료 후에 신속하게 기능이 회복되도록 하여야 한다. 이를 위해서는 운동장의 흙은 배수가 잘되는 것으로 선정하고 배수구 등을 필요에 맞게 설치한다. 위생적 측면에서 교정만을 집수구역으로 하는 것이 바람직하다.

(3) 공원저류

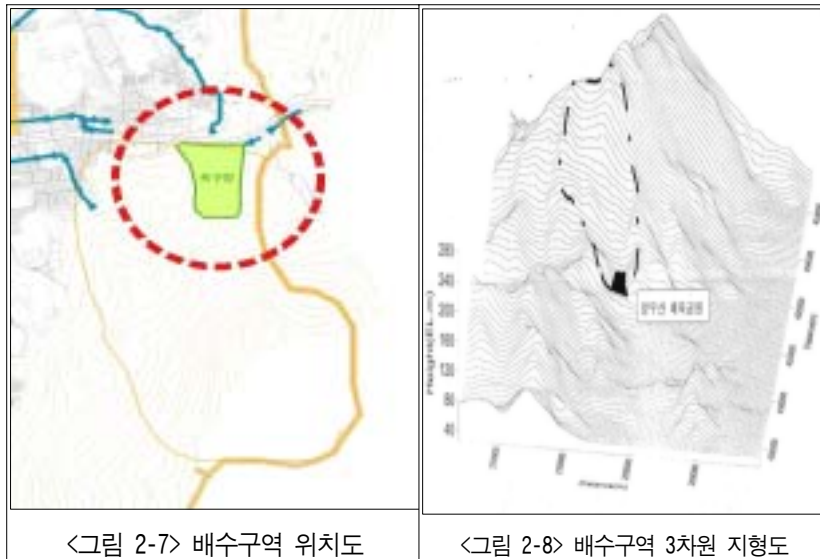
공원내를 지역내 빗물관리시설로 이용할 경우에는 운동광장이 주요한 대상지가 되며 기능과 이용자층에 맞는 안전대책을 고려하여야 한다. 그 외 공원 내의 연못, 수로는 저류장소로 활용할 수 있다.

제 2 절 망우산과 서울숲 빗물관리시설의 현황 분석

1. 망우산의 빗물저류시설

1) 유역현황

망우산 빗물저류시설의 배수구역은 서울시 중랑구 망우동과 면목동, 경기도 구리시를 걸쳐있는 해발 EL. 281.7m의 망우산의 자락에 위치한 망우로 방면의 산지 유역으로, 빗물저류지의 위치는 <그림 2-7, 8>과 같다.



망우산 일대에는 서울시 장묘사업소의 망우공원묘지가 있고 또한 저류시설 상부에는 망우산 체육공원이 위치하고 있어, 평상시에는 주민들의 체육시설로, 명절에는 성묘를 위한 주차시설로 이용되고 있다.

2) 저류지의 설계 내용

(1) 망우산 저류지 설치 배경

중랑구는 상습침수지역의 해소를 위하여 중장기 대책으로 하천인근 저지대의 하수관로 및 배수체계 개선을 통하여 신속한 내수배제를 목표로 하는 폭포정책과 고지대 유입량에 대하여 하수관로로 유입되는 홍수를 분산하여 부하를 경감시키는 우산정책을 수립하였다.

망우산 저류지 설치는 면목천 수계 내수처리 방안인 우산정책의 일환으로 하류 하천이나 하수관거의 통수능력을 초과하는 홍수량을 조절하여 하류수로 단면의 통수능력 이내로 침투유량을 조절하기 위하여 설치되었다.

(2) 과거 침수피해 현황 및 피해원인

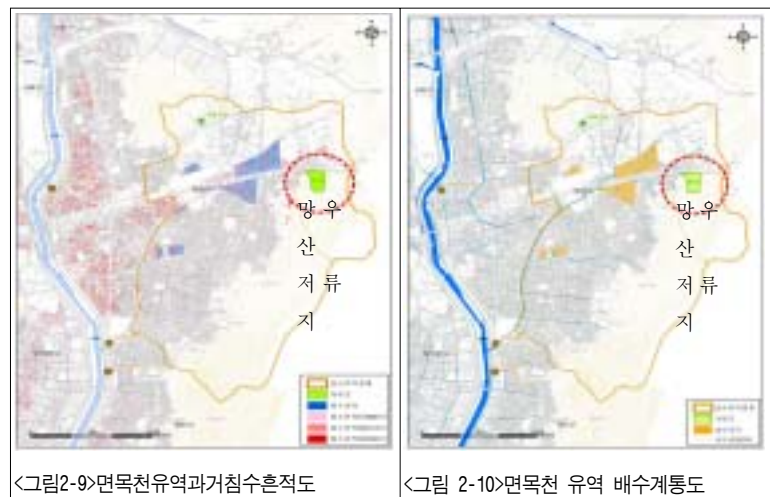
침수횟수가 2회 이상 중복되는 지역은 신내동, 면목동, 상봉동 일대이며, 주요 침수원인은 시간당 강우량이 하수관로의 처리용량 초과이다. 연도별 주요 침수지역 및 침수원인은 <표 2-2>와 <그림 2-9>와 같다.

<표 2-2> 중랑구 침수피해지역과 원인분석

구분	주요 침수지역 위치	침수원인	년도			침수 횟수
			199 8	200 1	200 3	
중 랑 구	· 신내동 · 망우1,2동 · 일대	· 간선 하수암거 합류부의 시설불량에 따른 배수위 상승으로 지선하수관 역류 · 순간적인 집중강우로 인해 주변지역 노면으로 수위 저지대 집중	○	○	○	3
	· 망우3동, · 면목3동, · 면목8동	· 산사태 발생 등으로 인한 계곡수 유입부 폐쇄로 우수가 노면으로 유출되어 하류지역의 침수발생 · 순간적인 집중강우로 인한 저지대 노면우수 집중	○	-	-	1
	· 목동	· 기존 배수관망의 불량으로 우수의 관거내 유하능력 감소 · 일부국지적 저지대(목2동)로 우수 집중	-	○	-	1
	· 중화동	· 기존 배수관망의 불량으로 우수의 관거내 유하능력 감소 · 일부국지적 저지대(중화2,3동)로 우수 집중	-	○	-	1
	· 면목1,2,5 · 동	· 기존 배수관망의 불량으로 우수의 관거내 유하능력 감소	-	○	○	2
	· 상봉동	· 기존 배수관망의 불량으로 우수의 관거내 유하능력 감소 · 상봉2동 침수는 면목천으로 유입되어야 할 망우산의 우수가 망우로를 따라 유입	-	○	○	2

2001년 빗물저류시설 설치지점의 직하류 지역 피해현황은 상봉1동, 망우1, 2, 3동, 신내1동의 약 1,488세대이며, 침수피해 현황 및 원인은 <표 2-3>과 같다.

2001년 호우시 주요침수 원인은 설계강우를 초과하는 강우로 인한 관로의 통수능력 부족으로 나타났으며, <그림 2-10>은 면목천 유역의 배수계통을 나타내었다. 주요 침수지역에 대해서는 역지번 펌프 설치, 중화빗물펌프장 신설, 하수시설물 보수공사 등의 침수방지대책 사업을 실시하였다.



자료, 서울특별시(2004. 7), 극한강우시 침수예상지역 대피계획 수립

<표 2-3> 2001년 호우에 의한 침수피해 현황 및 원인

동별	침수세대(세대)			침수원인
	계	주택침수	영세공장	
계	1,488	1,255	233	
상봉1동	152	129	23	설계강우 초과, 통수능 부족
망우1동	396	355	41	설계강우 초과, 망우산공원 토사유입
망우2동	504	357	147	설계강우 초과, 통수능 부족
망우3동	101	88	13	통수능 부족, 용마자연공원내 유입부 차단
신내1동	335	326	9	설계강우 초과, 통수능 부족

자료 : 중랑구(2003), 망우산저류조 설치공사 실시설계

(3) 빗물저류지 시설개요

망우산 빗물저류지 시설 현황은 <표 2-4>와 <그림 2-11>과 같다.

<표 2-4> 망우산 저류지 시설 현황

구 분	주요 시설물 개요	비고
1. 위 치	중랑구 망우1동 산 56번지 일원(망우동 공원묘지내)	
2. 저류조 ○ 규격 (저류용량) ○ 저류면적 ○ 주여수로 ○ 비상 여수로 ○ 유지관리수로 ○ 유입관로	B45~71m×L108m×H6.2m $V = 30,000\text{m}^3$ $6,056\text{m}^2(1,833\text{평})$ (유입량 : $9.94\text{m}^3/\text{sec}$, 방류량 : $2.95\text{m}^3/\text{sec}$) B27m×H1m $\varnothing 600\text{mm}$, L=19m $\square 1.5 \times 1.5 \times 1\text{런}$, L=70m	
3. 부대시설 ○ 체육시설	게이트볼장, 간이체육시설	
4. 조 경	조경시설물 및 수목식재 1식	



유입부의 침사지



유입부의 침사지2



<그림 2-11> 망우산 빗물저류시설 현황 사진

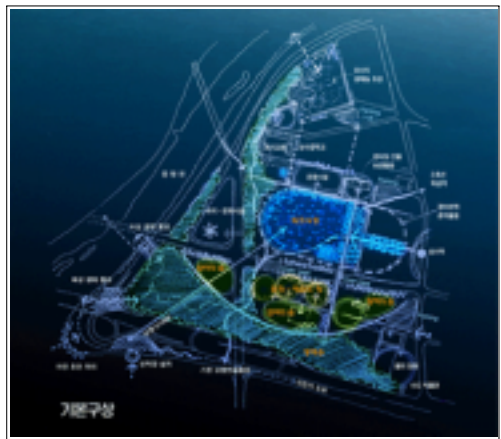
2. 서울 숲의 빗물이용시설

1) 유역 현황

서울숲은 서울 도심에서 동쪽으로 중랑천과 한강의 합류부에 위치한 지역으로 과거 범람원지대로 인공제방(7,090m)을 만들어 침수지, 공장, 주택지 등으로 사용되어 왔다.

하상의 높이는 10~15m이며 하상과의 높이는 5~10m에 달하여 이 자연제방 사이에는 높이 10m이하의 장안평 저습지가 있으며 인공제방으로 둘러싸인 하적호를 이루고 있다.

상수원 수원지로, 골프장으로, 경마장으로 변화를 거듭하였고 현재 '서울숲'으로 다시 조성되었다. 빗물이용시설의 위치는 <그림 2-12>와 같이 서울숲의 중앙부근이다.



<그림 2-12> 서울숲 빗물이용시설의 유역현황

2) 서울숲 빗물저류조의 설계조건

서울숲의 빗물이용시설 현황을 보면 <표 2-5>와 같다.

<표 2-5> 서울숲 빗물이용시설 현황

구분	설계기준	비고
설계빈도	10년	
유출량	$Q=C \cdot I \cdot A \times 1/360$ A : 유역면적 - 녹지: 0.543ha - 포장 : 0.4ha C : 유출계수 - 잔디/녹지: 0.2 - 포장구간 : 0.6 I : 강우강도 -서울시 평균 강우량 : 75mm/hr	
빗물저류조 담수용량	$V1(\text{빗물저류조 탱크})=9 \times 12 \times 2.5=270 \text{ m}^3$ $V2(\text{침전지})=3 \times 3 \times 2.5=22.5 \text{ m}^3$ $V=V1+V2= 292.5 \text{ m}^3$	

3) 서울숲 빗물이용시설의 사진

서울숲의 빗물이용시설의 빗물받이 사진은 <그림 2-13>과 같다.



<그림 2-13> 서울숲 빗물저류시설 현장 사진

제 3 절 빗물관리시설 관련규정 분석

1. 현행 관련규정

1) 수도법(2001. 3 개정)

현재 빗물관리시설과 관련된 규정은 수도법 11조 등에 규정된 내용이 전부로 빗물관리시설을 종합적으로 수립·추진하기에는 미비하다. 현재 규정된 내용을 보면 수도법 11조 3항에서 종합운동장, 실내체육관으로서 지붕 면적이 2,400㎡이상이고, 관람객수가 1,400석 이상인 시설물을 신축하거나, 이 규모 이상으로 증축, 개축 또는 재축하는 시설물에 대해서는 빗물이용시설을 의무적으로 설치·운영하도록 하고 있다..

그 외에 국가와 지방자치단체가 빗물이용시설을 설치한 시설물의 소유자에 대해 설치비용을 지원할 수 있도록 하고, 지방자치단체는 조례로 수도요금을 경감 할 수 있도록 하는 등 빗물이용시설의 설치를 제도적으로 장려하고 있다.

2) 서울시와 제주시의 빗물관리시설의 규정

(1) 서울시의 빗물관리 규정

서울시의 빗물저류조 설치추진지침을 보면 빗물저류조 등의 설치 추진에 따른 목적(제1조), 용어의 정의(제2조), 기본방침(제3조, 제4조), 빗물저류조 추진(제5조), 용량산정기준(제6조), 빗물 저류조 설치기준(제7조), 빗물 저류조 유지관리(제9조) 등 총 11개의 지침으로 구성되어 있다(부록 참조).

유지관리에 대한 내용인 제9조 빗물 저류조, 빗물이용시설, 노지저류조의 시설의 관리규정을 보면 다음 각 호의 기준에 따라 관리하고 있다.

- ① 빗물 저류조, 우수이용시설, 노지저류조의 시설관리자는 시·구에서 실시하는 원격모니터링에 지장이 없도록 관리하여야 하며, 시·구에서 수해예방을 위

해 빗물 담수 및 배출을 요구 받을 때에는 이에 응하여야 한다.

- ② 빗물 시설 관리자는 수방대책 전용으로 빗물 저류조를 설치할 경우에는 빗물 저류조를 항시 비워두며, 강우량 계기를 설치하여 강우량이 시간당 50mm 이상일 경우에 담수하도록 시스템을 구성한다.
- ③ 빗물을 이용하는 빗물저류조로 설치할 경우에는 빗물이용시설을 항시 1/2은 비워두며, 빗물을 이용하는 시설이므로 초기 빗물인 산성비를 배제하기 위하여 초기우수 배제장치나 강우량계를 설치하여 일정량(예, 시간당 10mm정도)의 초기 우수를 배제한 후 담수하는 시스템으로 구성한다.
- ④ 빗물 배관은 음용 등 다른 용도에 사용되지 아니하도록 하며, 유지관리 등을 위해 상수도, 가스공급 등의 다른 배관과 구별할 수 있도록 표시(예, 색상은 녹색)한다.
- ⑤ 빗물 탱크 및 관련시설 등은 연 2회 이상 주기적으로 점검하고 이물질 제거 등 청소를 하여야 한다.
- ⑥ 빗물이용시설의 관리자는 관리대장을 만들어 빗물 담수 및 배출량, 빗물사용량, 누수 및 정상가동 점검, 청소일시 등을 기재하여야 한다.

(2) 제주시의 빗물관리 규정

제주도의 경우 지형적인 여건으로 지하수에 편중된 물이용을 다원화하여 지하수 자원을 적정 개발량 범위 내에서 체계적으로 관리하기 위해 대규모 사업장 등에서 빗물이용 시설 등을 설치·운영하도록 법에 규정됨에 따라 빗물이용시설 등의 설치 및 관리기준을 정하고자 하는 취지에서 만들었다. 주요내용을 보면 빗물이용시설 및 지하수인공함양시설에 대한 시설기준, 빗물이용시설 및 지하수인공함양시설에 대한 관리기준 및 권장대상 빗물이용시설에 대한 시설비 보조기준을 규정하였다.

총 4장 20조로 이루어져 있으며 제1장 목적, 적용대상, 용어정의, 2장 빗물이용시설 등의 시설기준을 3장 빗물이용시설의 관리기준을, 4장에서는 빗물이용시설에 대한 시설비 보조기준에 대한 항목이 명시되어 있다(부록참조).

그 밖에 빗물이용시설의 종류별 유지관리 내용 및 점검주기 등이 명시되어 있다.

2. 빗물관리시설 규정(안)의 비교

1) 관련규정의 개정 동향

빗물이용시설의 관련동향을 살펴보면 다음과 같다.

- 빗물이용시설의 설치를 촉진하기 위해 일부에서는 빗물이용의무화 대상시설에 '공공건물'을 포함시키자고 하는 적극적인 의견도 존재하고 있음.
- 그러나 아직까지 우리나라 빗물이용시설의 설치·운영의 역사가 짧고, 관련 법의 운용기간이 길지 않음을 감안하여 중장기적인 과제로 검토함.

2) 설치 및 관리기준

(1)원칙

- 빗물 이용은 간단한 시설의 설치와 손쉬운 유지·관리로 가능해야 함
- 수도법 시행규칙에는 빗물이용시설에 대한 설치기준과 관리기준이 정해져 있는데 이는 빗물이용시설 설치가 형식화 되는 것을 방지하기 위함

(2) 설치기준

- 지붕에 떨어지는 빗물을 모을 수 있는 집수시설
- 초기빗물을 배제할 수 있는 시설이나 빗물에 섞여있는 이물질을 제거할 수 있는 여과장치 등 처리시설
- 처리시설에서 처리된 빗물을 일정기간 저장할 수 있는 빗물 저류조
제곱미터단위로 표시한 지붕면적에 0.05m를 곱한 규모 이상의 용량
물의 증발·이물질·햇빛을 차단할 수 있고 내부 청소에 적합한 구조

- 처리한 빗물을 화장실 등 빗물을 사용하는 곳으로 운반할 수 있는 펌프·송수관·배수관 등 송·배수시설

(3) 관리규정

- 음용 등 다른 용도에 사용되지 아니하도록 배관의 색을 다르게 하고 표시를 분명히 하여야 함
- 설치시설은 연 2회 이상 주기적으로 점검하고 이물질 제거 등 청소를 하여야 함
- 빗물이용시설의 관리자는 관리대장을 만들어 빗물사용량, 누수 및 정상가동 점검, 청소일시 등을 기재하여야 함

현행 수도법과 수자원연구원 및 국회에 상정된 빗물 관리시설 규정(안)을 비교해서 살펴보면 <표 2-6>과 같다.

<표 2-6> 빗물관리시설 규정(안) 비교

	현행수도법	국회	수자원연구원
목적	현행법령은 빗물이용시설을 설치 운영하여야 하는 대상을 종합운동장과 실내체육관으로 한정하고 있으나 그밖에 다중이 이용하는 각종 공공 건물 및 공동주택 등을 새로이 추가하여 빗물이용시설의 설치대상을 대폭 확대하고 빗물이용시설의 운영 및 관리를 아니한자에 대하여 과태료를 부과함으로써 빗물을 소중한 수자원으로 활용할 뿐 아니라 자연재해의 예방효과도 아울러 제고		빗물관리시설에 대한 종합적인 계획을 수립하고 빗물관리시설을 적정하고 합리적으로 설치·관리함으로써 빗물을 친환경적·효율적으로 이용하는 동시에 홍수 및 가뭄 등의 재해방지와 물부족 해소 등 국민의 생활안전에 기여함을 목적으로 한다.
수도법	현행	개정안	법률시안
허 태 열 (2004.11.4)	제11조의3(빗물이용시설의 설치) ① <u>종합운동장·실내체육관 등 지붕면적이 넓은 시설물중 대통령령이 정하는 시설물을 신축(대통령령이 정하는 규모 이상으로 증축·개축 또는 재축하는 경우를 포함한다)하고 자 하는 자는 빗물이용 시설을 설치·운영하여야 한다.</u> ② <u>빗물이용시설의 시설기준 및 관리 그 밖의 필요한 사항은 환경부령으로 정한다.</u> ③ (생략)	제11조의3(빗물이용시설의 설치 등) ① <u>공공건물·공동주택 및 체육시설 등 대통령령이 정하는 종류 또는 규모 이상의 건축물을 신축(증축·개축 또는 재축하는 경우를 포함한다)하고 자 하는 자는 빗물이용시설을 설치하여야 한다.</u> ② <u>시설기준·운영 및 관리</u> -----	제1조 제2조 제3조 제4조 제5조 제6조 제7조 제8조 제9조 제10조 제11조 제12조 목적 책무 정의 다른 법률과의 관계 빗물관리종합계획 수립 빗물관리시설설치계획 수립 빗물관리시설 설치 및 관리 목표제의 실시 빗물관리위원회의 설치 빗물관리시설 기술개발 및 이용·보급 사업비의 조성 조성된 사업비의 사용 사업의 실시

	제65조(과태료)①·②(생략) ③다음 각호의 1에 해당하는 자에 대하여는 100만원 이하의 과태료에 처한다. 1. 1의2. (생략) <신설> 1의3. (생략) 2. 5. (생략) 4. 7. (생략)	③ (현행과 같음) 제65조(과태료) ①·②(현행과 같음) ③ ----- 1. 1의2. (현행과 같음) 1의3. 제11조의3제2항의 규정을 위반하여 빗물이용시설의 운영 또는 관리를 하지 아니한 자 1의4. (현행 제1의3호와 같음) 2. 5. (현행과 같음) 4. 7. (현행과 같음)	제13조 제14조 제15조 제16조 제17조 제18조 제19조 제20조 제21조 제22조 제23조 제24조 제25조 제26조 제27조 제28조 제29조 제30조 제31조 제32조 제33조 제34조 제35조 제36조 제37조 제38조 제39조 제40조 제41조 제42조 제43조 제44조 제45조 제46조 제47조 제48조 제49조 제50조 제51조 제52조 제54조 제55조 제56조 제57조	불투성 포장시설설치 제한구역의 지정 등 불투성 포장시설설치 제한구역의 관리 불투성 포장시설설치 제한구역의 매입 등 불투성 포장시설의 제거 등 빗물관리시설의 설치 대상 빗물관리시설의 설치 등 시설기준 등 중수도와의 연계 건축물의 지붕모양 완공시 검사 빗물관리시설의 보호 빗물관리시설의 관리 빗물관리시설의 민간자본 유치 빗물관리설비의 인증 등 빗물관리설비 인증의 표시 등 인증 및 성능검사기관 지정의 취소 수수료 시범사업 빗물의 수질기준 수질검사 빗물수질평가위원회 건강진단 위생상의 조치 빗물이용시설청소업의 신고 청소업의 영업정지 등 교육 빗물공급의 긴급정지 등 빗물공급의무 빗물이용시설의 폐지 또는 휴지 국가가 설치하는 빗물관리시설의 특례 빗물관리시설등의 매수 소화전 토지등의 수용 및 사용 개선명령등 원인자부담금 損壞者負擔金 기술연구·개발 등 빗물관리시설에 대한 기술진단 등 국고보조 등 건축제한등의 특례 지방자치단체와 민간의 빗물관리시설 치지원 등 권한의 위임 및 위탁 벌칙적용에 있어서의 공무원의제 벌칙 과태료
전 제 회 (2002.7.9)	제4조의3(물수요관리목표제의 실시) ① (생략) ②시장·군수·구청장은 종합계획을 시행하기 위하여 다음 각호의 사항이 포함된 계획(이하 이 조에서 "시행계획"이라 한다)을 수립하여 시·도지사의 승인을 얻어야 하며, 수립된 시행계획을 변경하고	제4조의3(물수요관리목표제의 실시) ① (현행과 같음) ② ----- ----- ----- ----- -----		

	자 하는 때에도 또한 같다. 다만, 특별시·광역시의 경우 제1호 및 제2호에 관한 사항은 특별시장 및 광역시장이 시행계획을 수립·시행한다. 1. · 2. (생략) 3. 중수도 및 절수설비 등 물절약시설의 연차별 보급목표 및 추진계획 4. (생략) ③ · ④ (생략) 제11조의3(빗물이용시설의 설치) ①종합운동장·실내체육관 등 지붕면적이 넓은 시설물중 대통령령이 정하는 시설물을 신축(대통령령이 정하는 규모 이상으로 증축·개축 또는 재축하는 경우를 포함한다)하고자 하는 자는 빗물이용시설을 설치·운영하여야 한다. ② (생략) ③국가 및 지방자치단체는 빗물이용시설을 설치한 시설물의 소유자에 대하여 그 빗물이용시설의 설치비용을 지원할 수 있으며, 지방자치단체는 조례가 정하는 바에 따라 수도요금에 경감할 수 있다. <신설>	----- ----- ----- ----- ----- 1. · 2. (현행과 같음) 3. 중수도·절수설비 및 이용시설 ----- 4. (현행과 같음) ③ · ④ (현행과 같음) 제11조의3(빗물이용시설의 설치) ①종합운동장·실내체육관 등 지붕 면적이 넓은 시설물과 공공건물 중 대통령령이 정하는 종류 또는 규모 이상의 시설물과 공공건물 ----- 포함한다. 이하 이 조에서 같다). ② (현행과 같음) ③-----시설물 또는 공공건물의----- ----- ----- ④환경부장관 및 시·도지사는 제1항의 규정에 의한 시설물 또는 공공건물을 신축하는 자가 빗물이용시설을 설치·운영하지 아니하는 경우 그 이행을 명할 수 있다.		
박상돈 (미정)	「빗물관리특별법」 및 「빗물관리시설의 설치 및 이용촉진에 관한 법률」 제정⇒빗물관리시설설치 제도화 법안 구성중임			

3. 빗물관리시설을 위한 유지관리 관련 규정

빗물관리시설 중 유수지(빗물펌프장)는 집중강우 시 급증하는 제내지 빗물을 일시 저류시키기 위한 시설물로서 유입수를 체류시켜 펌프에 의해 제외지로 배출하거나 자연 유하시켜 홍수조절 기능을 수행하는 시설로서 유수지 저수용량은 펌프용량

과 상호 밀접한 관계가 있다. 또한 개발에 따른 도시화로 인한 우수 유출율의 증가로 빗물의 도달시간이 단축되어, 일시에 하천으로 유입되는 빗물을 저류시켜 하천 수위의 급격한 상승을 억제하는 효과도 있다.

1) 우수지 관리

(1) 우수지 설치기준

우수지는 국토의 계획 및 이용에 관한 법률에 의한 도시기반 시설 중 방재시설로서 집중강우로 인하여 급증하는 제내지의 빗물이나 저지대의 빗물을 하천에 내보내기 쉬운 하천변이나 저지대에 주거환경을 저해하지 않는 곳에 설치한다.

(2) 우수지 관리

- ① 우수지나 집수정에 유입된 토사가 누적되어 저류용량과 펌프가동에 지장을 초래하지 않도록 우기 전에 완전히 준설하여야 한다.
- ② 우수지에는 평상시 생활하수가 흘러 하수로 인한 악취발생의 우려가 있으므로 주변 환경이 저해되지 않도록 도수로 시설물보강 및 수시방역을 실시하여 깨끗한 상태로 유지하여 민원이 발생하지 않도록 하여야 한다.
- ③ 호안의 침식, 유실여부를 수시로 순찰 점검하고 호안 블록이 침하되는 사례가 없도록 한다.
- ④ 우수지 바닥은 가능한 한 평상시에 건조한 상태가 유지되도록 관리하여야 한다. 우수지 주변 펜스가 절단되거나 훼손되는 일이 없도록 수시로 점검하여 유지관리에 만전을 기하여야 한다.
- ⑤ 자치구에서는 당해시설의 활용에 대한 정기적인 지도감독을 실시하여 다른 용도로 활용되지 않도록 한다.
- ⑥ 우수지 부지를 무단사용하거나 변경하여 우수지 본래의 기능을 저해하는 사례가 없도록 관련법규를 준수하여 관리에 철저를 기하여야 한다.
- ⑦ 사용시설물의 점검 및 시설물 관리는 우수지 관리계획 수립시 지정된 부서이다.

2) 유수지 활용

유수지는 도시계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙 제 119조 규정에 의거 복개활용을 금지하고 있으며, 서울특별시 도시계획시설조례 제 68조에 당해시설의 결정 및 변경은 시장의 권한으로 되어 있다.

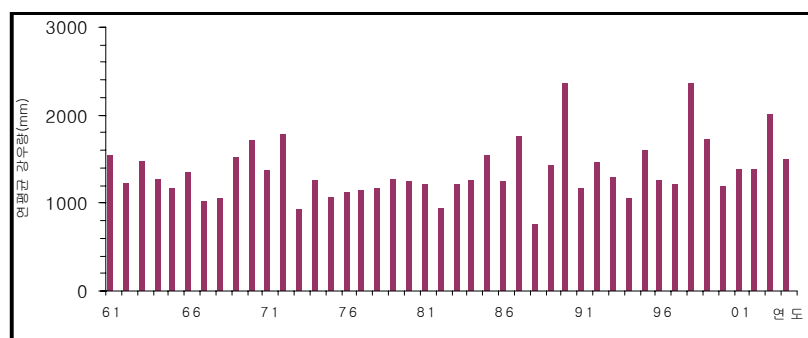
제 4 절 서울시의 강우에 따른 침수와 물이용 특성 분석

1. 서울시 강우분석

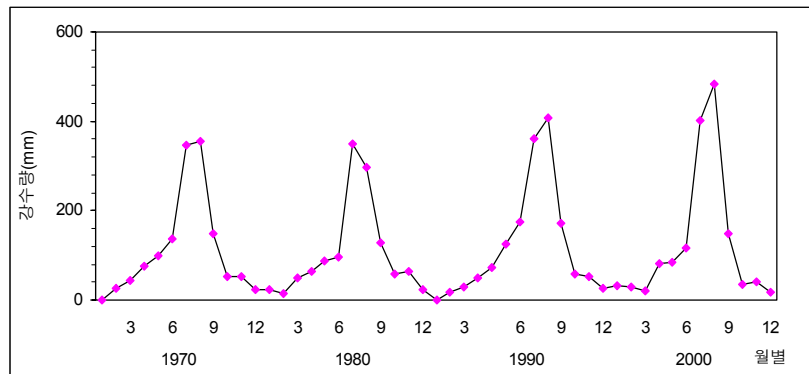
1) 연평균 강우량의 변화

우리나라 강수량(연평균 1,274mm)은 연도별·지역별·계절별로 편차가 심하여 수자원 관리가 어려운 여건이며 특히, 우기인 6~9월 사이에 연 강수량의 2/3가 내려 서울과 같은 밀집형 도시에 큰 홍수피해를 입히고 있다. <그림 2-14>는 1961년~2004년까지 44년간의 서울시 연도별 평균 강우량을 나타낸 것이다.

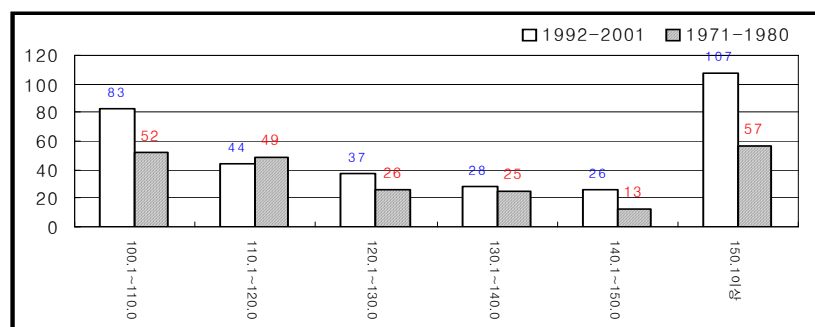
지난 약 40년간 강수량의 변화추이는 뚜렷하지 않으나, 홍수피해가 발생할 가능성이 높은 100mm/일 호우 발생빈도가 증가하고 있으며, 특히 150mm/일 이상의 호우는 '71~'80년대보다 최근 10년간('92~'01년) 2배 이상 증가하고 있다<그림 2-15, 16 참조>.



<그림 2-14> 연도별 연평균 강우량(mm) (출처:기상청)



<그림 2-15> 연도별 월평균 강우량(mm) (출처:기상청)



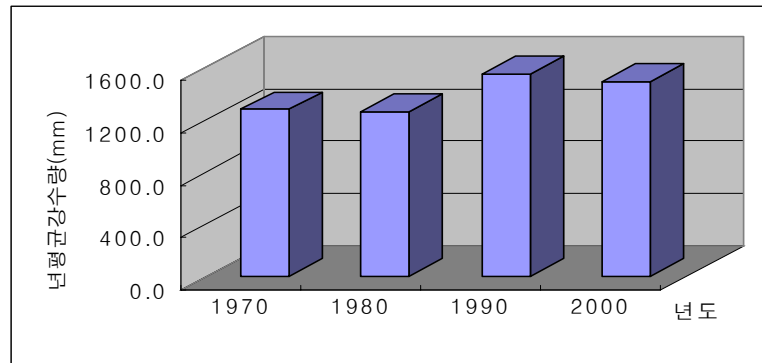
<그림 2-16> 10년간 100mm/일 강우 발생 횟수 (출처:기상청)

과거 30년간 서울시의 연도별 강우량변화를 1970년대, 1980년대, 1990년대 그리고 2000년대로 구분하고 연도별 연평균강우량으로 계산하여 살펴보았으며 이를 나타내면 <표 2-7> 및 <그림 2-17>과 같다.

<표 2-7> 1970년대~2000년대의 서울시 년대별 강우특성의 변화

구 분	1970년대	1980년대	1990년대	2000년대
연평균강우량 (mm)	1278.1	1260.4	1546.5	1494.4

주) 2000년대는 2000, 2001, 2002, 2003년, 2004년의 4년간의 자료임.



<그림 2-17> 1970년대~2000년대 서울시 연대별 연평균 강수량 변화추이

연평균 강수량은 연대별로 꾸준히 증가하여 1970년대에 1,278.1mm/년에서 2000년대에는 1,494.4mm/년으로 30년 만에 17%정도가 증가한 것으로 나타났다. 특히 1990년대는 후반에 수차례의 집중강우에 의해 평균강수량이 현저히 증가하였다.

2) 집중강우의 월평균 발생특성

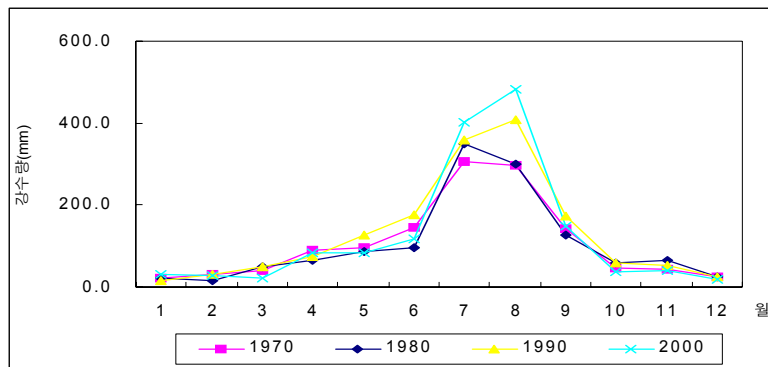
서울시에 대한 연간 집중강우의 양상을 파악하기 위하여 1970년~2004년에 걸친 과거 30년간을 연대별로 정리하여 월평균강수량으로 살펴보았으며 분석결과는 <표 2-8> 및 <그림 2-18>과 같다.

서울의 강우특성은 과거에 비해 전체적인 강수량이 증가한 가운데 평수기 강우 일수는 감소하고 집중강우 사상이 증가하였다. 이러한 일강우의 집중강우 증가양상에 대해 월별로 평균 강수량을 살펴보면 홍수기인 7월과 8월의 평균강수량이 과거에 1970년대에 비해 크게 증가한 것으로 나타났다. 또한 우리나라의 강우가 대부분 6월, 7월, 8월에 집중하는 것을 고려하면 여름 홍수기의 침수피해 잠재성이 급격하게 높아지고 있는 것을 알 수 있다.

이러한 강우사상의 변화에 대하여 서울시가 도시로서의 안전성을 지속적으로 확보하기 위해서는 홍수 및 우수배제시설이 돌발성 집중강우의 증가양상에 충분히 대처할 수 있는 치수대책이 시급히 구축되어야 한다.

<표 2-8> 연대별 서울시 월강우량 변화추이(1970년~2004년)(단위: mm)

구 분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
1970년대	21.5	29.6	39.3	90.3	94.4	146.1	304.8	297.6	142.3	45.2	42.4	24.6
1980년대	23.1	15.4	49.7	65.5	86.9	96.0	350.1	298.5	126.8	58.7	65.0	24.6
1990년대	16.4	30.5	49.4	73.0	126.2	175.8	359.9	407.6	172.1	57.5	53.3	24.9
2000년대	30.7	28.9	21.4	82.4	84.8	116.2	402.8	483.4	149.2	35.9	40.4	18.4

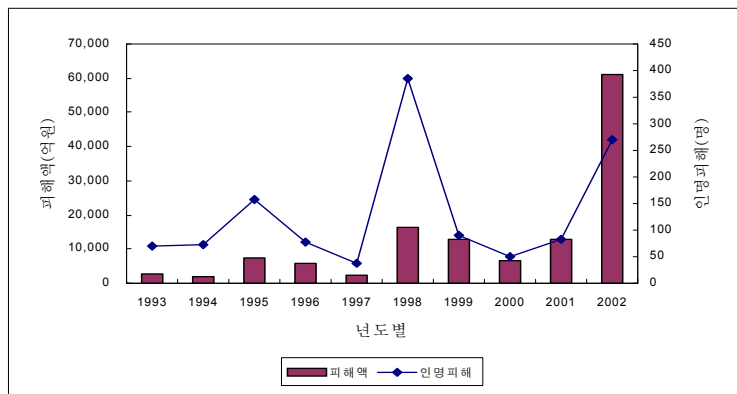


<그림 2-18> 1970년~2004년 서울시 연대별 월평균강우량 변화추이

3) 과거 침수현황

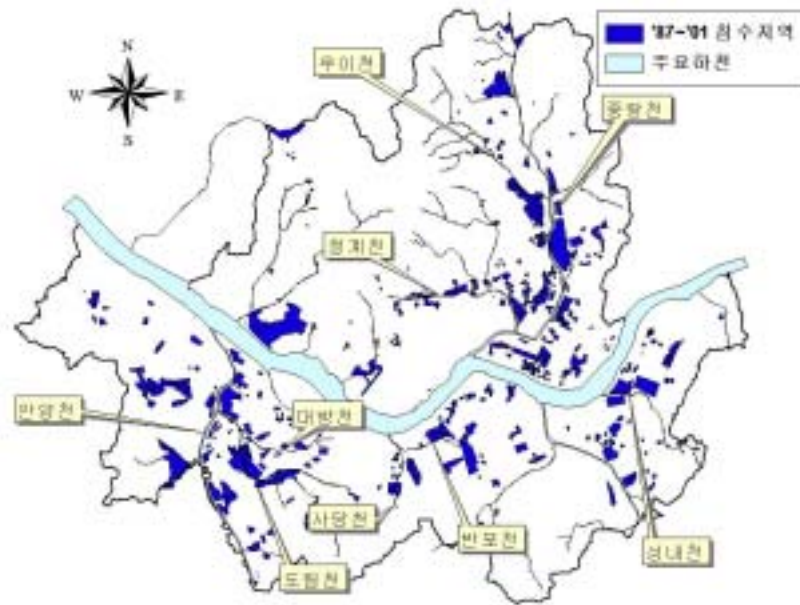
1960, 1970년대를 거쳐 현재에 이르기까지 지속적으로 진행된 도시화 및 산업화로 인한 도시환경의 변화양상을 보면 도심의 시가지와 그 주변지역도 각종 개발사업 등으로 인해 도시화 전의 지표면이 갖고 있었던 보수 및 유수기능 등이 건물이나 아스팔트, 콘크리트포장으로 피복되면서 현격하게 줄어들었다. 여기에 도시유역 내의 하수관거가 개발지역에서 신설되거나 확장되면서 지표면과 도시하천의 하도가 대부분 콘크리트로 포장되거나 하수 박스로 연결되었다.

이에 따라 도시 유역 내 하수관거를 통해 하천으로 유입되는 홍수유출량이 이전보다 증대되고 유역 출구 점까지의 도달시간은 오히려 단축됨으로써 침투유량이 증가하게 되었다. 더욱이 인구의 급격한 도시집중에 따라 택지 및 시설 부지의 절대 부족으로 하천범람구역이나 홍수우려가 있는 범람원내의 저지대에까지 주택, 건물 기타 도로시설 등이 건설됨으로써 침수 면에서의 안전도가 상대적으로 저하되고 있는 실정이다. 집중강우로 인해 서울의 연도별 인명피해와 피해액도 증가추세이다 <그림 2-19 참조>.



<그림 2-19> 연도별 인명피해와 침수피해액

서울시의 1987년, 1990년, 1998년 및 2001년에 발생한 침수현황을 지도로 나타내면 <그림 2-20>과 같다.



<그림 2-20> 서울시의 과거 1987년, 1990년, 1998년, 2001년 침수지역 현황

1987, 1990, 1998, 2001년 4회의 큰 홍수시 발생한 침수지역을 보면 중랑천(우이천, 청계천), 안양천(도림천, 대방천), 반포천, 성내천 주변을 중심으로 침수피해가 발생하였다. 특히 하천을 중심으로 발생한 침수는 하천변 저지대에 집중적으로 피해를 입혔다.

2. 망우산 유역 등의 침수현황

지난 10년간 호우와 관련한 주요 재해원인을 피해 발생액이 많이 발생한 연도를 위주로 일일최대강우량과 주요피해지역 및 사망자수를 나타내면 <표 2-9, >와 같다 (소방방재청). <표 2-9>에서와 같이 태풍과 집중강우에 의한 피해는 대부분 7월~9월 사이에 집중되고 있으며 최근 들어 일일최대강우량의 빈도가 높게 기록되고 있다.

이것은 <그림 2-21>에서 처럼 강우발생 집중이 높은 6월~9월 사이에 호우에

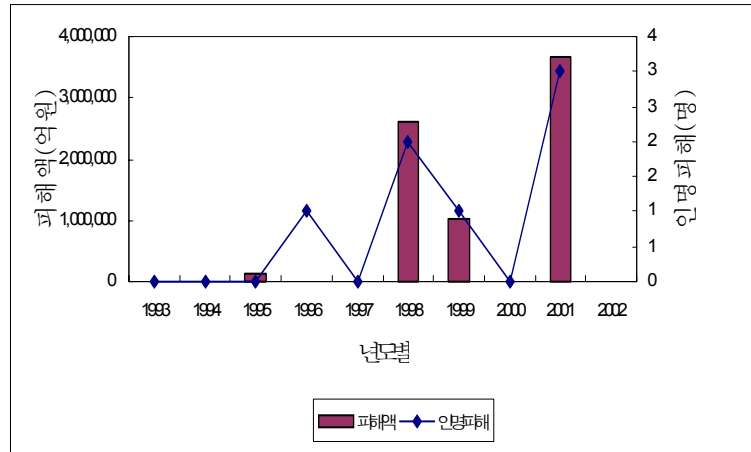
의한 사망률도 가장 높게 조사되고 있는 사실과 동일하다.

<표 2-9> 중랑구 주요 피해원인별 사망자수와 피해지역

피해 시작일	피해 종료일	원 인	피해 지역	피해내용	강수량
1995-07-09	1995-07-10	호우	서울시 중랑구	공공시설(학 교 : 학교시설 1동, 피해액 3,500천원, 철 도 : 철도 1개소/35m, 피해액 87,500천원) 총피해액 : 91,000천원	88.2mm(7.9), 107.1mm(7.10)
1995-08-19	1995-08-30	호우 태 풍	서울시 중랑구	건 물 : 반파 3동, 계 3동, 피해액 4,000천원 공공시설(도로 : 도로 1개소/20m, 피해액 1,000천원 사방 : 사방 1개소, 피해액 1,000천원) 총피해액 : 6,000천원	88.7mm(8.25), 82.3mm(8.26) 13.4mm(8.27), 0.9mm(8.28) 7.5mm(8.30)
1996-06-17	1996-06-19	호우	서울시 중랑구	사유시설(축대,담장 : 시설 1개소, 피해액 2,000천원) 총피해액 : 2,000천원	83.2mm(6.17), 18.9mm(6.18)
1996-07-26	1996-07-28	호우 특별시 중랑구	서울 특별시 중랑구	인 명 : 부상 1명, 계 1명 건 물 : 반파 1동, 침수 623동, 총피해액 : 10,000천원	168.6mm(7.26), 50mm(7.27) 74mm(7.28)
1998-07-31	1998-08-18	호우	서울시 중랑구	총이재민 : 8세대/32명 인 명 : 사망 1명, 부상 1명, 침 수 : 농경지 4.6ha, 건 물 : 침수 2,164동, 농 경 지 : 전 1.3ha, 피해액 10,000천원 농 작 물 : 전작 10.2ha, 기타 0.2ha, 계 10.5ha 공공시설(도로:도로 6개소/620m, 피해액 91,096천원, 소 하 천 : 소하천 1개소/200m, 피해액 27,306천원 수 도 : 상하수도 4개소, 피해액 168,402천원 학 교 : 학교시설 3동, 피해액 155,475천원 철 도 : 철도 3개소/47m, 피해액 10,704천원 군 시 설 : 군시설 1개소, 피해액 52,256천원) 기 타 : 기타 8개소, 피해액 831,669천원 피해액소계 : 1,336,908천원 기타사유시설 : 시설 30개소, 피해액 1,206,400천원 총피해액 : 2,553,308천원	46.3mm(8.3), 211.4mm(8.4), 79.3mm(8.5), 122.9mm(8.6), 45.5mm(8.7), 332.8mm(8.8), 0.6mm(8.9), 69.4mm(8.10), 31.5mm(8.11), 13.4mm(8.12), 108.9mm(8.14), 71.3mm(8.15), 2.5mm(8.16), 5.2mm(8.17), 0.2mm(8.18)
1999-07-23	1999-08-04	호우 태 풍	서울시 중랑구	인 명 : 부상 1명, 건 물 : 침수 16동 공공시설 하 천 : 하천 1개소/5,150m, 피해액 500,000천원 소 규 모 : 시설물 1개소, 피해액 300,347천원 기 타 : 기타 2개소, 피해액 187,000천원	13.5mm(7.25), 0.4mm(7.27), 58.2mm(7.28), 12mm(7.29), 11.6mm(7.30),

				총피해액 : 987,347천원	46.2mm(7.31), 163.5mm(8.1), 261.6mm(8.2), 66.9mm(8.3)
2001-0 6-23	2001-0 7-01	호 우	서울시 중랑구	건 물 : 침수 2동, 계 2동	2.4mm(6.23), 7.8mm(6.24) 1.1mm(6.27), 42.7mm(6.29) 53.9mm(6.30)
2001-0 7-05	2001-0 7-15	호 우	서울시 중랑구	총이재민 : 2세대/6명, 인 명 : 부상 3명, 건 물 : 반파 4동, 침수 10,949동, 피해액 23,000천원 농 경 지 : 전 1.3ha, 피해액 8,180천원 농 작 물 : 전작 2.0ha 공공시설 도 로 : 교량 1개소/5m, 피해액 30,000천원 수 도 : 피해액 1,300,000천원 학 교 : 학교시설 2동, 피해액 357,414천원 사 방 : 사방 2개소, 피해액 250,000천원 군 시 설 : 군시설 1개소, 피해액 19,342천원 기 타 : 기타 6개소, 피해액 564,000천원 사유시설 측대,담장 : 시설 2개소, 피해액 2,500천원 총피해액 : 2,554,436천원	21.1mm(7.5), 16mm(7.10), 1mm(7.11), 36.7mm(7.14), 273.4mm(7.15)
2001-0 7-29	2001-0 8-01	호 우	서울시 중랑구	건 물 : 반파 3동, 침수 21동, 피해액 40,500천원 공공시설 수 도 : 상하수도 2개소, 피해액 1,070,140천원 총피해액 : 1,110,640천원	147.6mm(7.29), 69.6mm(7.30), 55.6mm(7.31), 48.2mm(8.1)
2003-0 8-17	2003-0 8-21	호 우	서울시 중랑구	건 물 : 침수 227동 공공시설 하 천 : 하천 2개소/1,000m, 피해액 430,000천원 사유시설 기타사유시설 : 시설 2개소, 피해액 8,000천원 총피해액 : 438,000천원	0.2mm(8.17), 5mm(8.18), 33.5mm(8.19), 146.5mm(8.20), 10mm(8.21)
2003-0 8-23	2003-0 8-27	호 우	서울시 중랑구	건 물 : 침수 850동 농 작 물 : 답작 1.3ha	75.5mm(8.23), 177mm(8.24) 4mm(8.25), 75mm(8.27)

※ 자료출처 : 소방방재청



<그림 2-21> 중량구 년도별 인명피해와 침수피해액

3. 빗물이용 활성화의 제한 요소

1) 저렴한 수도물 값으로 인한 빗물이용 시설의 설치 기피

OECD 국가별 수도물 가격을 비교해 보면 우리나라 수도물 값은 OECD 국가 중에서도 최하위로써 가격에 의한 국민들의 효율적인 빗물 이용을 기대하기 힘든 수준이다<표 2-10 참조>. 따라서 빗물이용시설의 설치, 절수용품 등 다른 절수장치의 도입의 정착이 지연되는 결과를 초래하고 있다.

또한 우리나라의 수도물 값은 생산원가의 86.5% 수준으로 저렴하여 물의 낭비가 초래되고 있는 실정이다.

서울시의 물 소비 실태를 보면 1인당 수도물사용량이 367ℓ로 독일(132ℓ)보다 3배나 많고, 덴마크(246ℓ), 프랑스(281ℓ)등 선진국을 능가하고 있다.

<표 2-10> OECD 국가별 수도물 가격 비교

구 분		한 국	미 국	일 본	프랑스	영 국	네덜란드	덴마크
수도요금 (가정용)	US\$/m ³	0.31	0.58	1.20	1.58	1.43	1.41	1.34
	원/m ³	369.2	696	1,439	1,902	1,717	1,692	1,608
	기준년도	2002	1997	1995	1996	1998	1998	1995
비교(배)		1	1.9	3.9	5.2	4.7	4.6	4.4

자료 : 국가별 물 자원 이용현황(OECD)

2)강우의 계절적 편중으로 빗물이용시설 운영의 어려움

앞서 설명한 바와 같이 월별 평균강우량을 살펴보면 여름철인 6월과 7월, 8월 강우량이 952mm로 전체의 64%를 차지하여 계절별로 편중현상이 높다. 즉 연간 20mm이상 되는 강우일수가 20일내외로서 사실상 빗물이용시설의 활용을 어렵게 하고 있다.

3)지표수를 쉽게 도입하여 활용하려는 물 활용 습관

시민들은 대부분 수도물을 쉽게 이용할 수 있는 여건이 조성되어 있으므로 빗물 등을 활용하려는 노력은 기울이지 아니하고 하천수를 도입하여 조경용수나 수경용수로 활용하고 있는 생활습관에 빠져있다. 지역적, 계절적으로는 물 부족의 기간이 심화되는 것에 대비하고, 또한 미래의 물 부족에 대비할 수 있도록 빗물활용 여건을 조성하는 것이 필요하다..

4)빗물관리시설의 설치 및 관리기준이 미흡함.

빗물과 지하수, 하수처리수 이용 등 대체수자원에 대한 관심은 증가하고 있으나 관련 시설물의 설치 및 운영, 관리기준 등의 제도는 매우 미약한 실정이다. 또한 빗물을 화장실 용수 등으로 활용할 수 있는 제도적 여건도 미흡하고, 이런 환경사업을 공공에서조차 반드시 경제적 시각으로만 접근하려는 방안도 빗물이용을 크게 제한하고 있다.

제 5 절 국내·외 빗물관리시설의 사례조사

1. 국내사례

우리나라의 빗물이용은 아직 초기단계이지만 현재 월드컵경기장(인천, 대전, 전주, 서귀포), 경기도내 16개 학교, 서울대 기숙사 등에 빗물이용시설이 설치되어 청소, 조경, 세면, 화장실용수 등으로 빗물을 이용하고 있다. 또한 광주구에 건축 중인 스타시티에 3천 톤급 시설이, 신축중인 관악구청 청사에 빗물이용시스템이 도입될 계획이다.

1) 서울대 기숙사 빗물이용시설

(1) 시설 현황

서울대학교 기숙사 빗물이용시설은 2003년 11월에 준공되었는데, 대지면적 11,468㎡, 건축면적 4,021㎡에 167세대, 총인원 976명이 주거 가능한 건물로, 국내에서 가장 먼저 빗물이용시설을 활용하여 화장실, 조경용수로 사용하였다.

설계 당시에는 중수도로 화장실 용수를 공급하고자 하였으나 빗물이용시설을 도입하는 과정에서 시공 중에 설계를 변경하여 건물 4동중 2동은 빗물을 이용하고, 나머지 2동은 중수를 이용하는 것으로 하였다. 2004년 4월에 내린 빗물을 받아서 4월 27일 본격 가동에 들어갔다.

서울대학교 기숙사 빗물이용시스템은 상수사용량의 절감, 홍수방지, 비상시의 수원확보, 교육 및 연구에 목적이 있으며 실제 주거지역에서 처음으로 빗물을 화장실 용수로 이용된다는 점과 중수와 계곡수까지 포함되어 있다는 점에서 신·증축되는 빗물이용시설의 설치에 좋은 예가 될 수 있다.

서울대학교 기숙사 빗물이용 시설은 집수시설·운반시설·처리시설·빗물저류시설·펌프시설·모니터링시설과 수세변기로 구성되어 있다. 집수시설은 A동 547

m², B동 762m², C동과 D동은 789m²이다. 빗물저장시설의 용량은 200m³이고, 모니터링시설은 빗물저장조·중수조 low 및 high alarm제어·상수, 빗물, 중수 유량감시를 하고 있다. 펌프시설로는 빗물저장조 내 펌프 2대, 화장실 공급펌프 3대를 갖추고 있고, 빗물이 부족할 경우에는 상수를 공급하도록 하였다.

(2) 운전 및 평가

2004년 4월 27일부터 9월까지 약 5개월 동안 서울대학교 대학원 기숙사 빗물이용시설을 모니터링한 자료를 보면 다음과 같다.

- 1일 생활용수사용량과 화장실 용수 사용량 면에서 두 개동에서 5개월 동안 빗물만으로 화장실 용수를 공급해오고 있으며 10개월까지 가능함.
- 생활용수 중 인체와 접촉이 없는 용도에 한하여 빗물을 사용할 수 있는데, 서울대학교 기숙사에서는 2004년 4월 27일부터 두 개의동에 화장실 용수로 빗물을 공급하기 시작하여 5달 동안 947톤, 일평균 6.2톤의 빗물이 상수도를 대체하였고, 최대 30~40일을 사용할 수 있음. 이것은 전체공급량의 3.3%를 대체, 매달 210,000원의 절감효과를 나타냄.
- 서울대 기숙사의 빗물이용시스템은 관악산 계곡수와 연계되어 있어 비가 그친 후에도 얼마동안 빗물이 저장조에 유입하여 빗물이용 효율을 증대시키고자 하였으며, 만수되어 하수도를 통하여 버려지는 빗물을 중수도로 보내어 빗물이용효율을 증대시키는 한편 중수시스템의 유지관리비용을 절감코자 하였음. 현재는 연구목적으로 지붕면만을 집수하여 모니터링을 하고 있지만 앞으로 이 두 시스템을 사용한다면 상수도를 대체할 수 있는 빗물량은 훨씬 증가할 것으로 기대됨.
- 빗물저장조에 유입되는 오염물질의 종류로는 꽃가루, 황사, 분진 등이며 입자들이 부유 상태에 있기 때문에 바닥면에 위치한 오리피스를 쉽게 통과하지 못하는 것으로 판단됨.
- 빗물이용시설의 산성도 변화를 보면 지붕면과 배관을 지나면서 pH가 증가하

여 저장조에 유입되기 전 pH 범위는 6.5~9.0이고 저장조 pH의 범위는 6.8~8.4임. 빗물의 pH가 증가하여 주로 약알칼리성을 띄는 이유는 학교가 관악산에 위치하여 서울도심부보다 대기 중에 황산화물이나 질소산화물이 적고, 대기 중과 옥상면, 배관의 분진이 혼합되어 pH를 높일 뿐만 아니라, 저장조에 유입되기 전 콘크리트 맨홀을 거치면서 콘크리트에 스 CaCO₃ 성분이 용출되어 알칼리성으로 바뀌었기 때문임. 이렇게 바뀐 약알칼리성 빗물은 저장조에 저장되고 시간이 지남에 따라 자연적으로 중성화가 되어 pH 7.0에 가까워 짐.

- 빗물저장조 내 빗물을 모니터링한 결과 빗물 내의 금속 성분은 Al, Cr, Cu, Cd, Fe, Mn, Pb, Zn 9가지 항목이었고, 모두 음용수 수질 기준에 미치지 못하는 것으로 나타남.
- 탁도와 냄새의 영향은 1.29~2.35 NTU의 일정한 범위로 나타났으나 체류시간이 길어 대부분의 입자들은 시간이 지남에 따라 부상 및 침전을 통해 제거됨.

2) 광진구 스타시티

(1) 스타시티 빗물이용시설 현황

광진구 뚝섬 근처에 건설중인 스타시티는 화장실·청소, 홍수대비, 단수대비 등의 목적으로 1000t 규모의 저장조 3개를 갖춘 총 3000t 규모의 빗물 저장조를 짓는 중이다.

지붕면과 비포장면을 통해 집수를 하며 모니터링시설을 설치하여 오염감시 및 유지관리를 하도록 계획되어 있으며 처리시설은 사이클론식 처리 형태로 설계되었다.

- 지붕면 집수 및 운반시설 1식
- 비포장면 집수 및 운반시설 1식
- 저장지설: 3,000m³(철근콘크리트 지하)

- 처리시설: 필터5, 사이클론식 처리기1
- 펌프시설: 화장실 및 조경용수용
- 모니터링 시설: 유지관리 및 감시시설

(2) 빗물이용시설 자료

스타시티의 빗물관리시설물의 위치, 용도, 부대시설은 <표 2-11>과 같다.

<표 2-11> 스타시티 빗물관리시설물의 현황

	제1저류조	제2저류조	제3저류조
위치 및 용량	B동 지하, 1000m³	B동 지하, 1000m³	B동 지하, 1000m³
집수장소	건물 A,B,C,D의 옥상면	-	-
사용용도	지하 1,2,3층의 화장실 조경용수 수도꼭지 4군데	홍수방지 (직접 사용하지 않음)	비상용수 (식수 및 소방용수)
부대시설	각 건물 앞에서 필터로 거름	각 건물 앞에서 필터로 거름 calm inlet, cover 조 내의 배플	-
내용	-비상용수로조로 연결 되도록 수심 1m높이에 일방향수동밸브 (100mm) 설치 -펌프시설(화장실용2대, 동의 조경용 5대), locating suction 설치 -상부에 빗물관리실 설치(모니터링, 펌프) -크로스 커넥션 주의	-필터+침전+사이클론처리 후 제1저류조로 보냄 -홍수시 비교적 덜 깨끗한 물을 저류하여 추후 사용(비포장면, 옥상녹화 유출수) -여름철에는 홍수에 대비하여 항상 비워둠 -유입부에 80cm 정도의 턱을 두어 침전트랩 설치	-깨끗한 수돗물(처리나 부대시설 불필요) -중간수심 1m에 밸브설치(제1저류조와 연결) -2개월에 한번 저장된 물을 순환시켜 항상 깨끗한 상태가 되도록 함 -한달에 1회 밸브를 열어 500m³정도를 제1저류조에 보내고, 새로운 물을 채움 -비상시 물을 빼낼 수 있는 설비를 갖추도록 함 -청소 불필요

3) 관악구 청사 빗물이용 시스템 도입

난곡지역은 최고 경사도가 40도에 이르는 급경사지역으로 해마다 발생하는 대규

모 수해로 빗물관리에 관심을 갖게 되었다.

건물 지붕에 내린 빗물은 집수관을 통해 지하1층에 설치된 200t 크기의 빗물저장조로 모이게 된다. 이 물은 여과기를 통해 불순물이 걸러진 뒤 중수 저장조에 저장됐다가 화장실·분수대·소화전·조경시설 등에 사용된다<그림 2-22 참조>.

관악구는 2006년까지 재개발지역 인근 계곡과 신설되는 도로 밑에 빗물을 약 4000t까지 저장할 수 있는 시설을 설치해 수해를 막는 한편 저장된 물은 도로청소나 소방용수로 활용할 계획이다.



<그림 2-22> 관악구청사 빗물이용 시스템

4) 석관동 빗물 저류시설

(1) 유역 현황

이 유역의 배수는 $2.0 \times 2.5m^2$ 의 암거를 통하여 우이천으로 배수되고 있다.

우이천 계획 홍수위(EL17.05m)와 지반고(EL17.04~EL18.99m)의 차이가 적은 저지대로, 우이천 홍수의 역류로 인해 침수피해가 발생한다. 따라서 집중강우시 역류방지를 위하여 하수관거 $2.0 \times 2.5m^2$ 내에 역류 방지시설을 설치하고 지표수는 석관동 42~4번지 어린이 놀이터의 지하에 설치된 저류조에 저류한 후 강우가 끝난 다음 펌핑하여 방류토록 하였다.

(2) 위치

저류시설의 위치는 석계역 어린이 놀이터 일원(석관동 42-4)이다.

(3) 저류지 설계

◦ 저류지 용량

$$B \ 17.8 \sim 1.7 \times H \ 6.0 \times L \ 68.4 \sim 25.0m$$

$$V=2,700m^3$$

◦ 재질 : 철근 콘크리트

◦ 형성두께 : 40cm

2. 국외 사례

외국의 경우에는 독일, 일본, 대만 등에서 빗물을 많이 이용하고 있으며, 빗물이용시설을 설치할 경우 보조금을 지원하는 등 빗물이용시설 설치를 촉진하는 제도를 운영하고 있다. 일본의 스미다시청, 대만의 타이베이 시립 동물원은 빗물을 정원용수, 화장실용수 등으로 사용하는 한편, 시민교육·홍보의 장으로도 활용하는 대표적인 성공사례이다.

1) 독일

독일은 현재 유럽에서 가정 용수나 그 밖의 용도에 있어서 빗물의 이용을 가장

적극적으로 추진하고 있는 나라이다. 독일에서 빗물이용을 추진하는 주된 이유는 빗물 사용의 증가를 통해 제한된 수자원인 지하수를 보존할 수 있기 때문이다.

특히 독일에서는 대기오염과 조류 등 기타원인으로 인한 집수면의 오염 때문에 빗물을 음용수로 사용하지는 않지만 정원 용수, 화장실 용수 또는 세차용수 등 일반용수로 이용하여 많은 경제적 이익을 얻고 있고, 학교와 세차장 또는 산업용으로 범위가 증가하고 있는 추세이다. 또한 이러한 빗물이용시설을 침투정과 함께 사용함으로써 도시홍수의 예방과 지하수를 함양하는 이외에 홍수시의 배수나 하수 처리에 있어서의 부하를 감소라는 부수적인 효과도 얻고 있다(John Gould et al, 1999).

1998년 대규모 도시 재개발 계획의 일부분으로써 빗물이용시설이 베를린에 도입되었는데, 19개 빌딩의 지붕면($32,000\text{m}^2$)에 떨어진 빗물을 3500m^3 의 지하저장조에 집수, 저장한 후 화장실 용수나 옥상녹화를 포함한 조경용수로 사용하거나 연못에 물을 공급하는데 사용된다.

2) 일본

최근까지 도쿄에서는 대략 750개의 개인 및 공공 시설물들에 빗물이용시스템이 설치되었으며, 물 부족의 대비, 도시홍수의 예방 그리고 비상시 용수의 확보 차원에서 빗물이용이 장려되고 있다.

(1) 르코쿠 국기관

르코쿠 국기관은 1985년 스미다시에 설립된 대규모 빗물이용시설을 갖춘 건물로서 이 경기장의 총 $8,400\text{m}^2$ 의 지붕 면적이 빗물이용시설의 집수면으로 이용되고 있다. 모아진 빗물은 $1,000\text{m}^3$ 의 지하저장조로 저장되어 화장실용수 및 에어컨 용수로 사용된다. 스미다 시청 또한 유사한 빗물이용설비를 갖추고 있다.

(2) 로지손

간단하고 독창적인 빗물이용시스템인 '로지손'은 도쿄의 무코지마 지역에서 지

역주민들에 의해 설치되었다. 개인주택의 지붕으로부터 모아진 빗물은 정원 용수, 소방용수 그리고 비상시의 음용수로써 사용되어 진다.

(3) 가와사키시

타마강이 시내를 관통하여 도쿄(東京)만과 접하고 있는 가와사키시는 70%가 침수위험지역이며, 하천주변에 우수지가 전혀 없어 88년부터 국고보조에 의해 홍수에 방지설용 빗물관리시설의 설치사업을 진행하고 있다. 이 저류조 설치의 목적은 시 주변 유역 566ha에 대하여 홍수를 예방하고, 하천하구의 홍수에 의해 월류되는 하천수를 펌핑 저류함으로서 홍수를 예방하는데 목적이 있다.

3) 영국

영국의 런던은 연평균 강우량이 613mm로 세계의 다른 도시들보다 작은 반면 인구는 1,100만이 넘어 수자원을 효율적으로 활용해야 하는 나라이다.

1995년의 극심한 가뭄은 물이 더 이상 무한자원이 아님을 깨닫게 하는 인식의 전환점이 되었으며, 그 후 수도 회사들은 재활용수의 잠재적 이용가능성에 대해 본격적으로 조사하기 시작하였다. 템즈워터사는 물소비량을 조절할 뿐 만 아니라 새로운 수자원을 개발하는 "twin-track" 수자원 정책을 채택하여 빗물의 효율적인 이용이 포함된 수자원 재활용의 연구를 진행중에 있다(그림 2-23 참조).



<그림 2-23> 영국의 빗물저장탱크

4) 태국의 빗물관리시설

태국에서는 지붕에서 유출된 빗물을 항아리에 보관하는 방법이 양질의 용수를 얻기 위한 가장 적절하고 값 싼 수단이다. 빗물저장을 위한 항아리(집수용기)를 도입하기 전까지는 쓰레기와 모기로부터 빗물의 수질을 보존할 방법이 없었다. 이 항아리는 100-3,000L의 다양한 용량을 가지고 있으며 뚜껑, 수도꼭지, 배출구가 설치되어 있다(그림 2-24참조). 가장 대중적인 항아리의 용량은 2,000L 용량으로 이 크기 정도면 6인 가족이 6개월 동안 지속되는 건기에 사용할 빗물을 충분히 모아둘 수 있다(한국빗물모으기운동본부, 2004).



<그림 2-24> 태국의 가정용 빗물 집수용기(Jar)와 시스템

第Ⅲ章 망우산 빗물저류시설의 운영관리

- 제 1 절 망우산 빗물저류시설의 운영효과
- 제 2 절 망우산 저류시설의 유입수 이용과
운영개선 방안

제Ⅲ장 망우산 빗물저류시설의 운영관리

망우산 빗물저류시설의 운영관리는 특별한 방법이 필요한 것이 아니다. 왜냐하면 설계시부터 유·출입구가 규격화되어 있어, 빗물의 유입과 유출이 일정하게 되도록 설계되었기 때문이다. 즉 유입구보다 유출구가 아주 적어 빗물이 유입된 후 체류하게 설계되어 있다. 따라서 비가 오면 빗물저류시설에 저류되고, 비가 그친 후 물은 자연적으로 유출된다. 그러나 비가 계속 오는 장마시나 대량 강우시에는 언제 빗물을 저류하고 배제하는 것이 좋을 것인지 등을 고려해야 한다. 이 장에서는 망우산의 빗물저류시설의 운영효과를 제시하여 운영시 주변지역의 수해방지의 영향과 이들 시설에서 운영을 위한 개선사항을 제시하였다.

제1절 망우산 빗물저류시설의 운영효과

1. 빗물저류결정 방법

1) 기본이론

(1) 설계강우 결정방법

① 강우자료 수집

강우자료는 매년 최대치를 대상으로 수집하고, 수집기간은 최소 30년 이상을 수집하는 것이 바람직하다. 수집한 강우의 지속시간은 저류지의 유역면적이 일반적으로 작고, 홍수도달시간이 짧은 점을 감안하여 5분, 10분, 20분, 30분, 1시간, 2시간, 3시간, 6시간, 12시간, 24시간 등 임의시간의 자료를 수집한다.

강우관측소의 선정은 대상유역 인근의 모든 관측소에 대한 위치, 관측기간, 자료의 신뢰성 등을 조사 분석하여 가장 신뢰할 만한 지점을 선정하고 그 근거를 제시해야 한다.

② 확률분포형 및 확률강우량 결정

확률분포함수<표 3-1>을 사용하여 최적의 분포함수를 선정하고, 빈도별 확률강우량을 구한다. 구체적인 산정절차는 <그림 3-1>과 같다.

<표 3-1> 확률분포형 및 확률강우량 결정

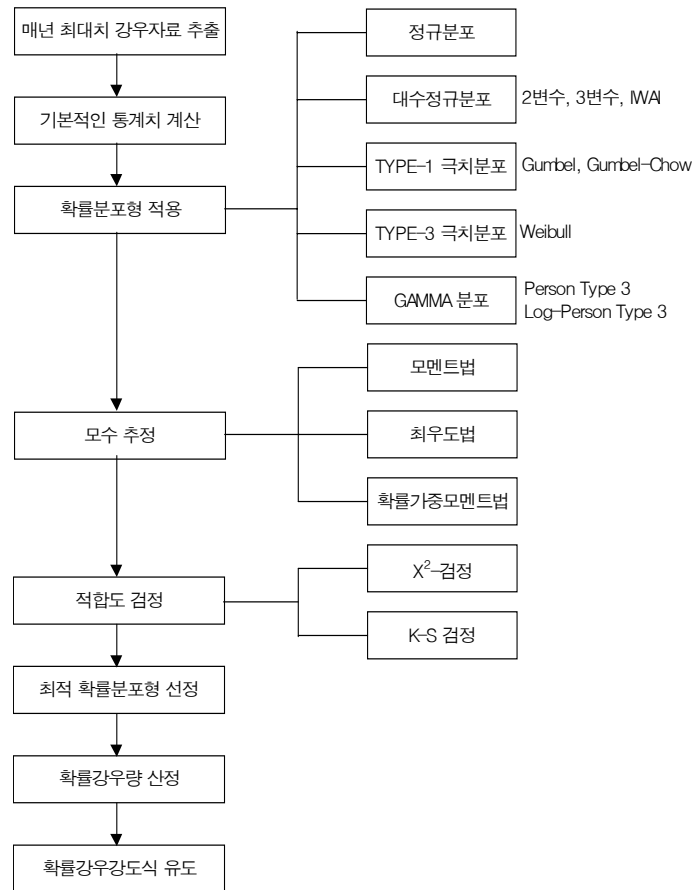
확률분포함수 종류	· 정규분포 · 대수정규분포 : 2변수, 3변수, IWAI · Type-I 극치분포 : Gumbel, Gumbel-Chow · Type-III 극치분포 : Weibull · Gamma 분포 : Person Type III, Log-Pearson Type III
매개변수 추정법	· 모멘트법, 최우도법, 확률가중 모멘트법
적합도 검증방법	· χ^2 -검정, K-S 검정

③ 강우강도식

확률강우강도식은 강우강도-지속시간-재현기간 관계를 나타내는 식으로서 앞서 산정한 확률강우량을 이용하여 유도한다.

확률강우량을 강우강도로 변환시킨 후 최소자승법을 이용하여 확률년별 강우강도-지속시간 관계식을 구하며, 유도된 식형과 원래 자료의 편차를 계산하여 최소값을 가지는 식을 그 지점의 확률강우강도식으로 채택한다..

<표 3-2>는 우리나라에서 적용도가 높은 3가지 유형의 강우강도식의 유형과 관련 상수들을 구하는 방법을 나타낸 것이다.



<그림 3-1> 빈도해석 흐름도

<표 3-2> 강우강도식

구분	공식	상수
Talbot형	$r = \frac{a}{t+b}$	$a = \frac{[rt][r^2] - [r^2t][r]}{M[r^2] - [r]^2}$ $b = \frac{[r][rt] - M[r^2t]}{M[r^2] - [r]^2}$
Sherman형	$r = \frac{a}{t^n}$	$\log a = \frac{[\log r][(\log t)^2] - [\log t \cdot \log r][\log t]}{M[\log t]^2 - [\log t]^2}$ $n = \frac{[\log r][\log t] - M[\log t \cdot \log r]}{M[(\log t)^2] - [\log t]^2}$
Japanes형	$r = \frac{a}{\sqrt{t+b}}$	$a = \frac{[r\sqrt{t}][r^2] - [r^2\sqrt{t}][r]}{M[r^2] - [r]^2}$ $b = \frac{[r][r\sqrt{t}] - M[r^2\sqrt{t}]}{M[r^2] - [r]^2}$

④ 강우의 지속시간

홍수도달시간을 강우의 지속시간으로 설정하는 것이 과거의 일반적인 설계기준이었으나, 최근 연구결과에 의하면 홍수도달시간보다는 실제유출모형에 적용하여 침투유량 또는 저류비가 최대가 되는 임계지속시간을 설계기준으로 추천하고 있다.

⑤ 강우의 시간적 분포

강우의 시간분포 방법에는 여러 가지 방법이 있으나, 그 중에서 비교적 일반적으로 사용되는 방법으로는 아래와 같다.

- ① 강우의 시간분포를 임의로 분포시키는 Mononobe 방법,
- ② 강우강도-지속시간-빈도관계를 모형화한 Keifer & Chu 방법,
- ③ 실측강우량을 시간대별로 누가곡선을 작성하여 만든 Huff 4분위법,
- ④ 호주 시드니지방에 대한 강우의 시간분포를 평균이동법을 이용하여 분석 제시한 Pilgrim & Cordery 방법,
- ⑤ 호우의 시간적 분포를 삼각형과 사다리꼴 우량주상도로 단순화하여 표현한 Yen & Chow 방법 등이 있다.

각종 연구결과에 의하면, 재해영향평가에서 강우의 시간적 분포방법은 상기 여러 방법중 Huff 4분위법, Yen & Chow법, Keifer & Chu법이 추천되고 있다.

⑥ 설계빈도 결정

하천시설기준에 의하면 수공구조물이 설계목적에 부응하는 기능을 제대로 발휘할 수 있는 최적 설계빈도는 수공구조물 공사에 소요되는 비용과 안전이 균형을 이루도록 선정하고, 수공구조물의 파괴로 인한 피해를 함께 고려하여 일반적으로 구조물의 중요도, 구조물의 수명 년한, 경제성 등에 따라 결정한다고 하고 있으며, 설계자의 경험과 판단에 참고할 수 있도록 개략적으로 수공구조물별로 설계빈도를 제시하고 있다.

홍수저감을 위한 빗물저류지의 설계빈도는 일률적으로 말할 수는 없지만, 저류지 설치유역을 통과하는 하천이나 단지의 직 하류부의 하천 설계빈도를 참고하여 같은 정도로 설계하는 것이 타당할 것이다.

(2) 유효우량 산정방법

지속시간별 확률강우량을 시간분포시킨 강우주상도로부터 유효우량 주상도를 작성하는 방법으로는 일정비법, 일정손실율법(Φ , W-지수법), 초기손실-일정손실율법, 침투곡선법, SCS-CN법이 있다. 이 중 SCS-CN법의 내용을 요약하면 다음과 같다.

① 개요

- 유역의 토양형, 토지이용, 처리상태, 선행토양함수조건(AMC)을 이용하여 총강우량으로부터 유효우량을 추정하는 방법
- 토양형별 유출율 크기 : $A < B < C < D$
- AMC별 유출율 크기 : $I < II < III$
- $Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$, $S = \frac{25,400}{CN} - 254$, 초기손실량 $I_a = 0.2S$

② 이용절차

- ① 대상유역의 토양도를 사용하여 지형도에 4개 토양군별 분포도를 작성
- ② 유역의 토지이용(식생피복, 처리상태)을 분류하여 분포도를 작성
- ③ ①과 ②를 중첩하여 각각의 면적 및 유출곡선지수(CN)를 적용한 다음 유역전체에 걸쳐 면적이중평균 함으로써 유역의 평균 유출곡선지수를 결정
- ④ 선행 5일 강우량을 고려하여 AMC조건을 결정하고 이에 따라 해당 AMC에 대한 평균유출곡선지수 CN을 구함. 도시유역의 유출곡선지수(CN)과 자연유역의 유출곡선지수(CN)은 <표 3-3, 4>과 같음.

㉔ 잠재보유수량 S를 구한 후 이를 계산시간별 누가수량 P와 함께

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \text{에 대입하여 계산시간별 유효수량 } Q \text{를 계산함}$$

만약 $P < 0.2S$ 이면, $Q=0$ 임

<표 3-3> 도시지역의 유출곡선지수(CN)

피복처리상태	평균 불투수율(%)	토양형			
		A	B	C	D
[완전 도시화 지역]		-	-	-	-
- 개활지(잔디, 공원, 골프장, 묘지)		-	-	-	-
. 나쁜상태(초지 피복율이 50% 이하)		68	79	86	89
. 보통상태(초지 피복율이 50~75%)		49	69	79	84
. 양호한 상태(초지 피복율이 75% 이상)		39	61	74	80
- 불투수지역					
. 포장된 주차장, 지붕, 도로		98	98	98	98
. 자갈길		76	85	89	91
. 흙길		72	82	87	89
- 상업지역	85	89	92	94	95
- 공업지역	72	81	88	91	93
- 주거지역(구획지 크기별)					
. 150평 이하	65	77	85	90	92
. 300평	38	61	75	83	87
. 400평	30	57	72	81	86
. 600평	25	54	70	80	85
. 1,220평	20	51	68	79	84
. 1,440평	12	46	68	77	82
[개발중인 도시지역]		77	86	91	94

<표 3-4> 자연유역의 유출곡선지수(CN)

토지이용상태	피복처리상태	토양의 수문학적 조건	토양형			
			A	B	C	D
휴경지(Fallow)						
이랑경작(Row crops)	경사경작(Straight row)	-	77	86	91	94
	경사경작	배수나쁨	72	81	88	91
	경사경작	배수 좋음	67	78	85	89
	등고선경작(Contoured)	배수나쁨	70	79	84	88
	등고선경작	배수 좋음	65	75	82	86
	등고선, 테라스 경작	배수나쁨	66	74	80	82
조밀경작지 (Small grains)	등고선, 테라스 경작	배수 좋음	62	71	78	81
	경사경작(Straight row)	배수나쁨	65	76	84	88
	경사경작	배수 좋음	63	75	83	87
	등고선경작	배수나쁨	63	74	82	85
	등고선경작	배수 좋음	61	73	81	84
	등고선, 테라스 경작	배수나쁨	61	72	79	82
콩 과 식 물 (Close-seeded Legumes) 또는 윤번 경 작 (rotation meadow)	등고선, 테라스 경작	배수 좋음	59	70	78	81
	경사경작	배수나쁨	66	77	85	89
	경사경작	배수 좋음	58	72	81	85
	등고선 경작	배수나쁨	64	75	83	85
	등고선 경작	배수 좋음	55	69	78	83
	등고선, 테라스 경작	배수나쁨	63	73	80	83
	등고선, 테라스 경작	배수 좋음	51	67	76	80
		배수나쁨	68	79	86	89
		배수보통	49	69	79	84
		배수 좋음	39	61	74	80
목초지(Pasture) 또는 목장(range)	등고선 경작	배수나쁨	47	67	81	88
	등고선 경작	배수보통	25	59	75	83
	등고선 경작	배수 좋음	6	35	70	79
		배수 좋음	30	58	71	78
		배수나쁨	45	66	77	83
		배수보통	36	60	73	79
초지(Meadow)		배수 좋음	25	55	70	77
삼림(Woods)						
관목숲(Forests)	매우 등성듬성 (very sparse)	-	56	75	86	91
		-	59	74	82	86
농가(Farmsteads)						

(3) 유역반응시간 산정방법

유역에 내리는 강우에 따라 침투유량이 발생하는 시간적 특성이나 수리학적으로 유역이 어떠한 반응을 일으키는 지를 시간으로 나타낸 것을 유역반응시간이라고 하며, 이 유역반응시간을 나타내는 인자는 주로 홍수도달시간, 지체시간, 기저시간, 평형시간, 유달시간 등이 있다.

최근 국립방재연구소에서는 이들 유역반응시간의 개념과 산정공식에 대한 정립을 위하여, 국내외 참고서적에 수록되어 있는 각종 공식을 조사하고, 각 서적마다 상이하게 제시되어 있는 공식들 간에 오류수정 및 비교검토를 통하여 적절하다고 판단되는 표준공식을 제시하였다.

(4) 홍수량 산정방법

저류지 규모를 산정하기 위해서는 저류지 설치이전의 홍수량과 개발이후의 홍수량을 비교하는 것이 가장 중요하다.

홍수량 산정 방법은 여러 가지가 있으나, 우리나라에서는 미계측 유역에 적용 가능한 수정합리식, 中安(Nagayasu)의 합성단위도법, SCS의 합성단위도법, Clark의 유역추적법 등이 일반적으로 추천되고 있으며, 도시유역에서는 RRL모형, ILLUDAS 모형, SWMM모형 등이 주로 사용되며 각 모형은 다음과 같다.

① Clark 유역추적법

- 유역의 출구에 1개의 저수지가 있다고 가정하여, 유역전반에 순간단위 유효우량으로 인한 유수가 단순전이(pure translation)에 의해 저수지에 유입되고, 이는 저수지 저류효과로 인한 홍수추적을 거쳐 순간단위유량도(IUH)를 유도하는 방법
- 강우로 인한 유수의 전이(translation) 및 유역의 저류효과 고려
- 유도된 IUH를 임의지속시간의 UH로 전환하여 사용
- 저수지로의 시간별 유입량 : 도달시간-면적상에 내린 유효우량을 유량으로

환산한 값. 만약 1cm의 유효수량이 유역전반에 걸쳐 순간적으로 내린다면
저수지로 등시간 구간 Δt 동안 유입량(cms)은

$$I_i = \frac{A_i \times 10^6}{\Delta t \times 3,600 \times 100} = 2.78 \frac{A_i}{\Delta t}$$

- 출구 저수지의 저류량-유출량 관계 : $S = KO$
- 저류방정식 : $I - O = \frac{dS}{dt} \Rightarrow \frac{I_1 + I_2}{2} \Delta t - \frac{O_1 + O_2}{2} \Delta t = K(O_2 - O_1)$
- $\therefore O_2 = m_0 I_2 + m_1 I_1 + m_2 O_1 \Rightarrow m_0 = \frac{0.5 \Delta t}{K + 0.5 \Delta t}, m_1 = \frac{0.5 \Delta t}{K + 0.5 \Delta t},$

$$m_2 = \frac{K - 0.5 \Delta t}{K + 0.5 \Delta t}$$

- 추적시간 Δt 의 시점 및 종점 유입량이 동일하므로 $I_1 = I_2$ 임.

$$O_2 = (m_0 + m_1)I + m_2 O_1$$

- 시간-면적주상도 작성 : 홍수도달시간이 동일한 점을 연결하는 등시간선을 그려 작성
- 저류상수 K의 산정 :

실측자료가 있는 경우

- 수문곡선 변곡점의 유량(Q_T)을 그 점에서 접선경사(dQ/dt)로 나눈 값

- 변곡점에서 미소구간 Δt 만큼 떨어진 시간구간의 수문곡선하의 면적을 Δt 의 시점과 종점의 유량차 ($Q_2 - Q_1$)로 나눈 값

실측자료가 없는 경우 : 유역지체시간 T_L 과 같다고 보고 경험공식 으
로 구함

- IUH $\rightarrow$ UH 변환 : IUH를 t시간 만큼 오른쪽으로 지체시켜 2개의 IUH의 t시간 간격 중거를 평균하여 산정

② SCS 합성단위도

△ 개요

- 미국 토양보전국(SCS)에 의해 합성단위유량도를 작성하기 위하여 고안된 방법
- 미국 내 여러지방의 대소유역으로부터 얻은 실제의 단위도를 해석하여 얻은 무차원단위도(dimensionless unit hydrograph)를 이용함
- 유역의 특성에 별 관계없이 적용할 수 있는 장점이 있음

△ 절차

- 단위도의 합성을 위해서는 단위도의 첨두유량 Q_p 와 그의 발생시간 t_p 를 다음 식으로 결정함

$$\cdot t_p = \frac{1}{2} t_R + t_L$$

$$\cdot Q_p = \frac{484A}{t_p}$$

여기서, t_p : 강우시작시간으로부터 첨두유량까지의 시간(hr)

t_R : 강우의 지속시간(hr)

t_L : 우량의 질량중심으로부터 첨두유량까지의 시간 즉,

$$\text{지체시간으로 } t_L(hr) = \frac{L^{0.8} \left[\frac{1,000}{CN} - 9 \right]^{0.7}}{1,900S^{0.5}} \text{로 산정함.}$$

Q_p : 첨두유량(ft^3/sec)

A : 유역면적(mi^2)

- Q_p 와 t_p 가 결정되면, 다음의 무차원곡선을 사용하여 단위도를 합성<표 3-5 참조>

〈표 3-5〉 SCS 무차원 시간 및 유량 비

t/t_P	Q/Q_P	t/t_P	Q/Q_P	t/t_P	Q/Q_P	t/t_P	Q/Q_P
0.0	0.000						
0.1	0.030	0.9	0.99	1.7	0.46	3.0	0.055
0.2	0.100	1.0	1.00	1.8	0.39	3.2	0.040
0.3	0.190	1.1	0.99	1.9	0.33	3.4	0.029
0.4	0.310	1.2	0.93	2.0	0.28	3.6	0.021
0.5	0.470	1.3	0.86	2.2	0.21	3.8	0.015
0.6	0.660	1.4	0.78	2.4	0.15	4.0	0.011
0.7	0.820	1.5	0.68	2.6	0.11	4.5	0.005
0.8	0.930	1.6	0.56	2.8	0.07	5.0	0.000

③ RRL 모형

- 도시배수관망의 설계를 위해 영국도로연구소에서 개발
- 도시지역의 직접연결 불투수지역에 내린 우수가 우수관망의 유입구로 흐르는 수문곡선을 도달시간-면적곡선에 의하여 계산하고, 저류효과 무시, 강우의 유수로의 전이만 고려
- 관망에서의 저류효과를 고려한 홍수추적을 통해서 관망출구에서의 유출수문곡선을 얻는 방법 → 관망의 홍수추적은 저류효과를 고려
→ 저류방정식 + S-O 식
- 투수지역은 무시

④ ILLUDAS 모형

△ 개요

- RRL 모형(직접연결 불투수지역만 고려)의 유출계산 알고리즘을 그대로 이용하고, 투수지역과 간접연결 불투수지역의 유출도 고려하는데, 유역의

토양군별 특성과 선행강수량에 따른 침투성분을 고려하여 유출을 계산하고, 직접연결 불투수지역의 유출곡선과 합성하여 단위유역별 수문곡선을 합성함.

- 수로/관거의 저류특성을 고려하여 홍수추적

△ 기능 :

- 설계목적(최적 소요 관거의 치수 결정)
- 홍수 소통능력 평가(기존 관거망의 소통능력 평가)
- 유수지 소요용량 결정

2. 빗물저류효과

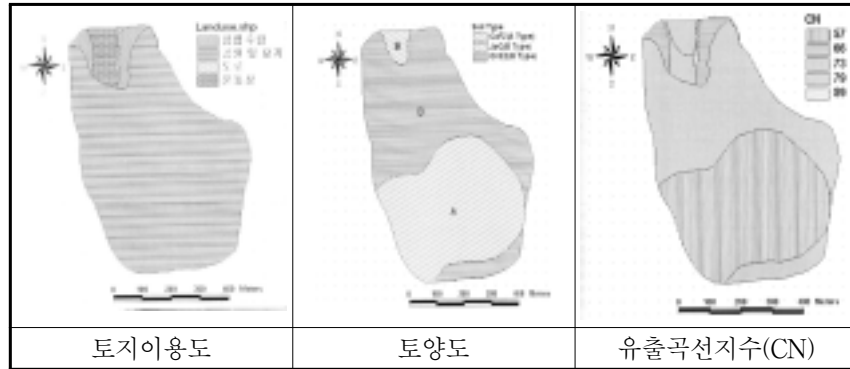
1) 저류지 유입수문곡선 작성

(1) 유역 특성

망우산 저류지 배수구역은 유역면적 0.33 km^2 , 유역경사 0.2755이며, 유역 특성은 <표 3-6>, <그림 3-2>와 같다.

<표 3-6> 배수구역 유역특성

유역면적 (km^2)	유역경사	유역길이 (km)	유역평균표고 (EL.m)	유출곡선지수 (CN)
0.33	0.2755	0.82	154.96	66 (AMC-II)



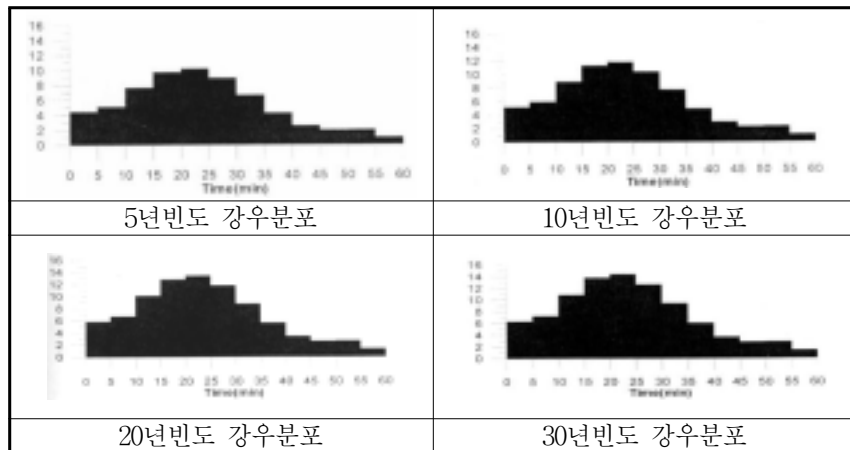
<그림 3-2> 배수구역 지형학적 특성

(2) 강우분포

재현기간 및 지속시간별 확률강우량과 빈도별 강우분포는 <표 3-7>, <그림 3-3>과 같다. 강우의 분포는 Huff의 4분위법의 제2분위를 적용하였다.

<표 3-7> 재현기간 및 지속시간별 확률강우량

지속시간 (min) 재현기간	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
5년	43.36	64.53	80.83	94.57	106.67	117.60	127.65	137.00	145.77	154.06
10년	50.27	74.91	93.89	109.90	124.00	136.75	148.46	159.36	169.59	179.26
20년	27.14	85.24	106.90	125.18	141.28	155.84	169.22	181.67	193.36	204.41
30년	61.14	91.27	114.49	134.10	151.37	166.99	181.34	194.70	207.24	219.10



<그림 3-3> 재현기간별 강우분포

(3) 계산결과

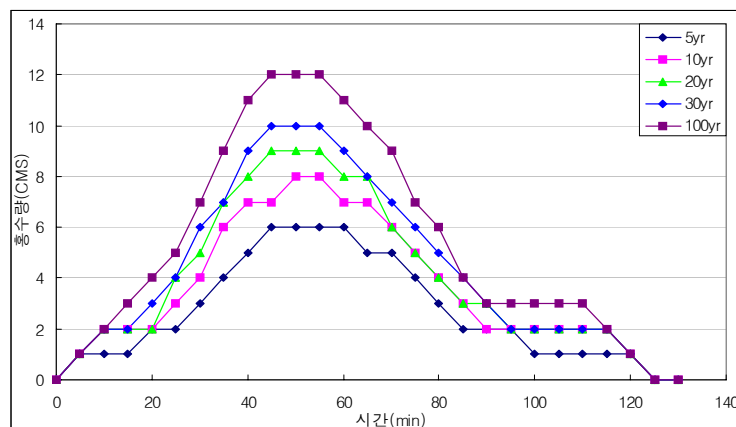
재현기간별, 지속기간별 확률홍수량은 <표 3-8>과 같다.

<표 3-8> 재현기간별 확률홍수량

재현기간 지속시간	5년 빈도		10년 빈도		20년 빈도		30년 빈도		100년 빈도	
	강우량 (mm)	침 두 홍수량 (CMS)	강우량 (mm)	침 두 홍수량 (CMS)	강우량 (mm)	침 두 홍수량 (CMS)	강우량 (mm)	침 두 홍수량 (CMS)	강우량 (mm)	침 두 홍수량 (CMS)
30분	43.36	7.17	50.27	8.84	57.14	10.60	61.14	11.65	72.94	14.62
60분	64.53	7.55	74.91	9.22	85.24	10.91	91.27	11.91	10.07	14.89
90분	80.83	6.95	93.89	8.46	106.90	9.97	114.49	10.86	136.94	13.51
120분	94.57	6.41	109.90	7.77	125.18	9.14	134.10	9.94	160.50	12.31
150분	106.67	6.02	124.00	7.24	141.28	8.47	151.37	9.20	181.22	11.37
180분	117.60	5.68	136.75	6.82	155.84	7.96	166.99	8.63	199.99	10.61
210분	127.65	5.39	148.46	6.46	169.22	7.54	181.34	8.16	217.22	10.02
240분	137.00	5.13	159.36	6.15	181.67	7.16	194.70	7.75	233.36	9.51
270분	145.777	4.92	169.59	5.88	193.36	6.84	207.24	7.40	248.54	9.07
300분	154.06	4.73	179.26	5.64	204.41	6.56	219.10	7.09	261.81	8.68

저류지 설계시 홍수도달시간이 30분이상인 지역은 홍수도달시간의 4배 이상의 지속확률 강우를 적용하고, 홍수도달시간이 30분이내인 지역은 강우지속시간 2시간 확률강우량을 적용하였다.

- 이 유역은 홍수도달시간이 30분 이내이므로 강우지속시간 120분을 기준으로 계획빈도 홍수량을 채택하였다.
- 따라서, 계획빈도 30년에서 첨두홍수량(Q_P)은 $9.94m^3/sec$, 100년 빈도 첨두홍수량(Q_P) $12.31m^3/sec$ 를 채택하였다.
- 빈도별 저류지 유입수문곡선은 <그림 3-4>와 같다.



<그림 3-4> 빈도별 저류지 유입수문곡선

2) 저류지 유출수문곡선 작성

(1) 저류지 홍수추적

① 저류지 홍수추적 기본 방정식

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

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

이 식을 변환하여 다음과 같은 계수로 가정하면 아래의 식이 성립됨.

$$\phi = \frac{S}{\Delta t} + \frac{1}{2} O, \quad \varphi = \frac{S}{\Delta t} - \frac{1}{2} O$$

$$\phi_1 = \frac{1}{2} (I_0 + I_1) + \varphi_0, \quad \phi_{n+1} = \frac{1}{2} (I_n + I_{n+1}) + \varphi_n$$

여기서 I_1 : 시간 Δt 의 시점에 있어서의 유입량(m^3/sec)

I_2 : 시간 Δt 의 종점에 있어서의 유입량(m^3/sec)

O_1 : 시간 Δt 의 시점에 있어서의 유출량(m^3/sec)

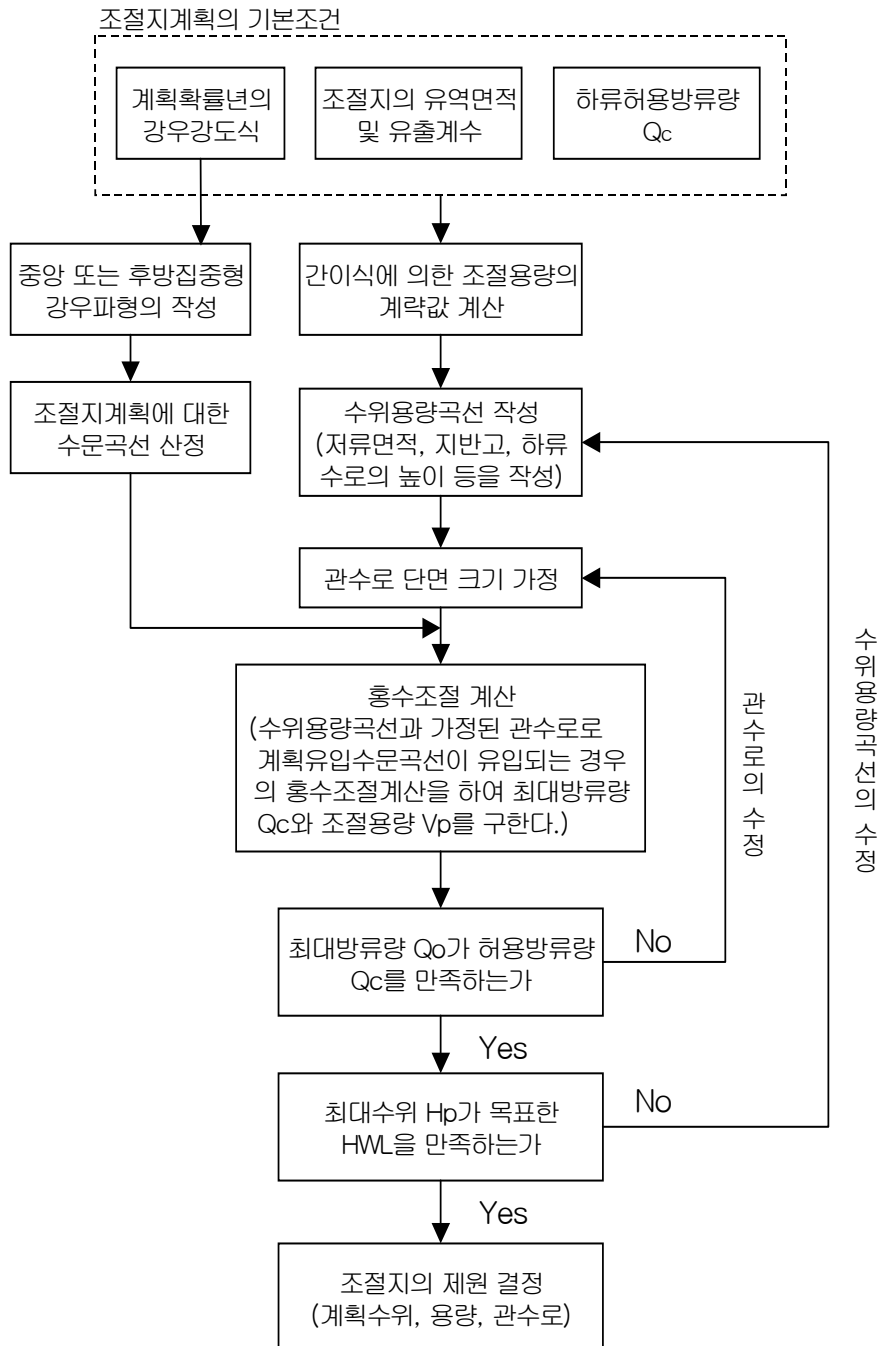
O_2 : 시간 Δt 의 종점에 있어서의 유출량(m^3/sec)

Δt : 홍수추적시간

S_1 : 시간 Δt 의 시점에 있어서의 저류지 저류량(m^3/sec)

S_2 : 시간 Δt 의 종점에 있어서의 저류지 저류량(m^3/sec)

이 식을 반복, 시산하여 계산된 유출수문곡선, 저수위의 시간적 변화 및 최고저수위를 산정하며, 계산과정의 흐름도는 <그림 3-5>와 같다.



<그림 3-5> 저류지 홍수추적에 대한 해석흐름도

(2) 저류지 홍수추적 결과

저류지 계획에서 저류용량설계는 지역의 상황에 따라 30~50년 빈도의 강우에 대하여 설계하되 유역의 지형으로 인한 집수의 어려움, 주변의 토지이용 상황 및 저류지의 계획수위와 주변의 지반고와의 관계 등을 고려하여 적절한 계획빈도를 결정한다.

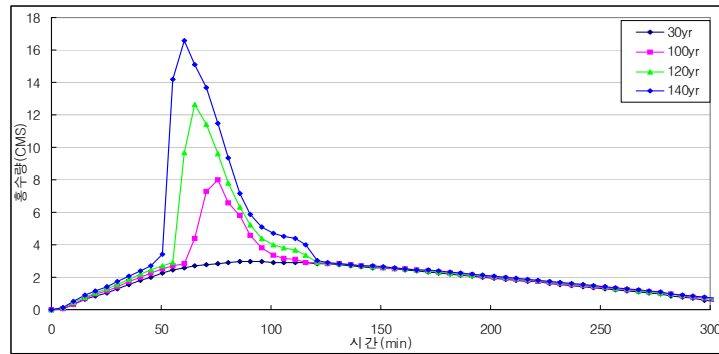
이 망우산 저류지는 30년 빈도로 설계되었으며, 댐식의 경우에는 홍수의 월류를 방지하기 위하여 계획빈도 30년 이상의 강우발생시를 대비하여 비상여수로를 계획하였으며 비상여수로는 100년빈도 홍수량을 계획홍수량으로, 100년빈도 홍수량의 1.2배를 이상홍수량으로 하여 이상홍수량시에도 월류하지 않도록 계획하였다.

계획빈도에 대한 유입홍수량은 $9.94m^3/sec$ 이고 하류부 기존관거의 통수능력을 고려한 계획최대 방류량은 $2.95m^3/sec$ 이며, 그 결과는 <표 3-9>와 같다.

<표 3-9> 저류지 홍수추적 결과

	홍수량 (m^3/sec)	웨어 연장 (m)	웨어 월류수심 (m)	저류지 수 위 (EL.m)	홍 수 조절량 (m^3)	방류량 (m^3/sec)
30년빈도	10 (9.94)	-	-	64.11	23,583	2.95
100년빈도 (비상시)	12 (12.31)	25	0.22	64.38	25,145	8.00
100빈도(비상시)×1.2	14.40	25	0.34	64.50	25,833	12.62

빈도별 저류지 유출수문곡선을 도시하면 <그림 3-6>과 같다.



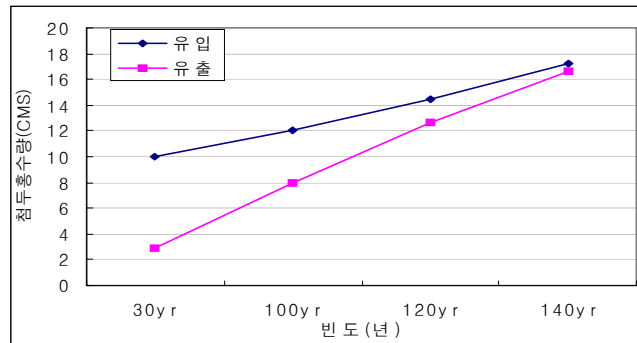
〈그림 3-6〉 빈도별 저류지 유출수문곡선

4) 저류지 설치지점 홍수저감효과 분석

〈그림 3-7〉는 망우산 저류지설치에 의한 저류지 유입유량과 유출유량의 재현기간별 첨두홍수량을 비교한 것이다. <표 3-10>처럼 설계빈도가 증가할수록 저류지 유입 및 유출 빈도별 홍수량의 차이가 작게 나타나고 있는데, 이것은 30년 빈도로 설계된 빗물저류지가 계획빈도 이상의 홍수에 대해서는 저류효과가 상대적으로 적으나 빗물저류시설의 효과는 어느정도 발휘되는 것으로 분석된다.

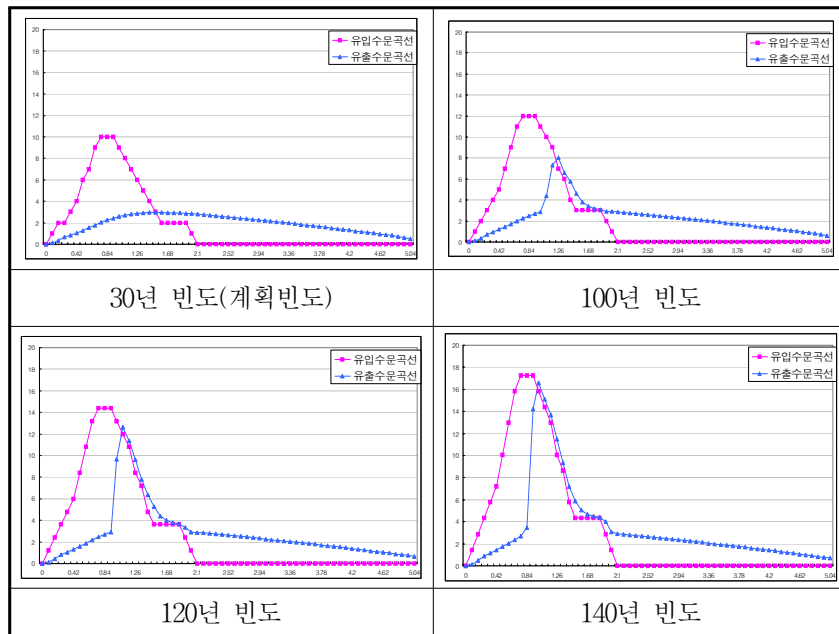
〈표 3-10〉 재현기간별 첨두홍수량

빈도 첨두유량(CMS)	30년	100년	120년	140년
유입유량	10	12	14.4	17.28
유출유량	2.95	8	12.62	16.58



<그림 3-7> 재현기간별 첨두홍수량

한편, <그림 3-8>은 빈도별 유입 및 유출 수문곡선을 비교 도시한 것이다.



<그림 3-8> 망우산 저류지의 재현기간별 유입-유출 수문곡선

빗물저류지 설치에 따라 30년빈도의 경우 7.05CMS, 100년빈도의 경우 4CMS, 120년빈도의 경우 1.78CMS, 140년빈도의 경우 0.7CMS의 침투홍수량 감소가 발생하였다.

또한 침투홍수량 발생시간을 보면 30년빈도의 경우 40분, 100년 빈도의 경우 25분, 120년 빈도의 경우 15분, 140년 빈도의 경우 10분이 저류지 설치 전에 비하여 지체되었다.

저류시설 설치에 따른 침투홍수량 발생시간은 빈도별로 10~40분, 계획빈도의 경우에는 40분으로 나타나고 있어, 빗물저류지는 침투홍수량 감소뿐 만아니라 침투홍수량 발생시간을 지체시켜 도시지역의 경우 대피시간 확보에도 도움을 줄 수 있을 것이다.

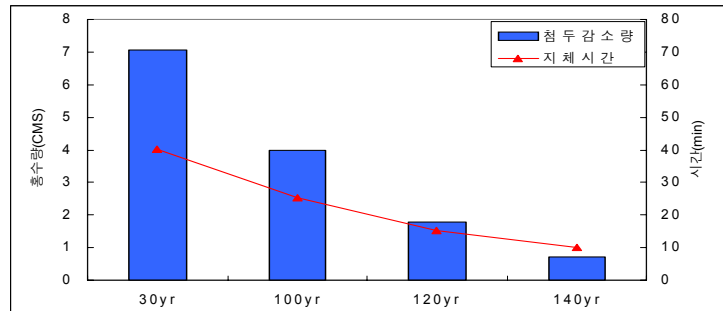
침투홍수량 감소량 및 침투홍수량 발생 지체시간을 정리하면 <표 3-11>와 같으며, 이를 <그림 3-9>와 같이 도시하였다.

- 계획빈도인 30년 빈도인 경우 저류지 설치에 의하여 약 71%의 침투홍수량 감소효과를 나타내고 있고, 100년 빈도의 경우 33%, 120년 빈도의 경우 12%, 140년 빈도의 경우 4% 침투홍수량 감소효과가 발생하였으며, 계획빈도를 초과하는 경우 감소효과는 줄어들었다.
- 서울시의 경우 강우량이 매우 높은 1998년도와 2001년도 경우를 고려하여계획 빈도 이상인 100년빈도, 120년빈도, 140년빈도의 경우를 살펴본 결과 빗물저류지는 침투홍수량 감소효과가 발생하였으며, 30년 빈도에 비해서는 침투홍수량 저감효과가 작지만 100년 빈도의 경우에는 33%의 저감효과가 발생하여 설계 강우를 초과하는 경우에도 저류지의 효과는 어느정도 발휘하는 것을 알 수 있다.

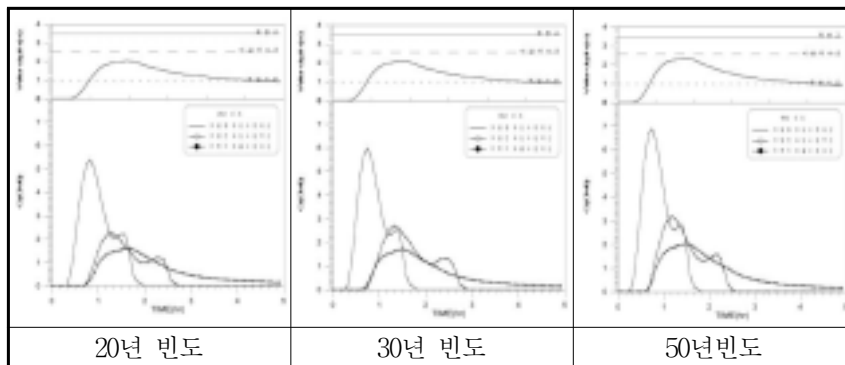
한편, 국립방재연구소(2002)의 연구결과를 보면, <그림 3-10>와 같이 동광컨트리클럽 저류지에 대하여 설치전·후의 빈도별 유입-유출 수문곡선을 분석한 결과, 정량적으로 분석하지는 않았으나 이 연구의 분석결과와 같이 저류지 설계빈도에 관계없이 침투유출량 저감효과가 발생하였다.

<표 3-11> 재현기간별 침투홍수량 감소량 및 침투지체시간

빈도 침투유량(CMS)	30년	100년	120년	140년
침투홍수량 감소량(CMS)	7.05	4	1.78	0.7
감소율(%)	71%	33%	12%	4%
지체시간(분)	40	25	15	10



<그림 3-9> 재현기간별 침투홍수량 감소량 및 침투지체시간

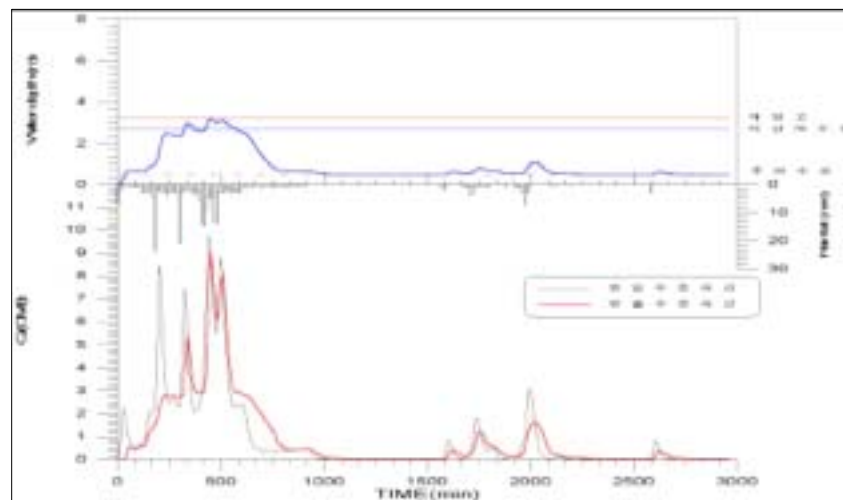


<그림 3-10> 동광컨트리클럽 빈도별 유입-유출 수문곡선(2002. 국립방재연구소)

그러나 빗물저류지는 연속홍수사상 발생시에는 그 효과가 현저하게 줄어들고 있어 홍수발생후 저류지 내의 배수문제와 모래 등의 퇴적으로 인한 용량 감소 등이 큰 문제로 제기되고 있어, 저류지의 홍수저감효과는 빗물저류지의 유지관리가 중요한 관건이라고 판단된다.

국립방재연구소(2002)의 연구결과를 보면, <그림 3-11>과 같이 99년 8월 발생한 강우에 대한 저류지 홍수추적 결과(탐라골프장 저류지), 제1침두에 대해서는 충분한 저감효과를 발휘하고 있으나, 제1침두 발생후 연속된 침두 유출량에 대해서는 유입 수문곡선과 거의 일치되어 홍수저감효과가 급격하게 저하됨을 알 수 있다.

이는 방류구조물의 형태와 저류지의 규모에 따라 그 양상은 약간 차이가 있으나, 대부분의 경우에 있어서 침두간의 시간간격이 짧은 경우 연속된 침두에서 저감효과가 현저하게 저하되었다.



<그림 3-11> 탐라골프장 저류지 추적(99.8.3 00:40)

제2절 망우산시설의 유입수 이용과 운영개선 방안

망우산 저류시설이 위치한 곳은 지형학적으로 경사가 급한 곳에 입지하여 있으며, 평상시에도 상당량(유량을 측정하기가 불가능함, 왜냐하면 유량계를 사용할 수 없는 정도의 유량)의 유량이 저류조로 유입되어, 바이패스관로(저류조 바닥을 통하여 흘러가는 것이 아니라 별도의 라인을 통해 평시의 유량을 저류조에서 배제)를 통하여 하수관거로 유입되고 있다. 이 수량은 결국 중랑하수처리장으로 유입되어 하수처리장의 부하량에도 영향을 미치고 있다.

평상시 유입되는 망우산 저류시설 내의 물은 깨끗한 계곡수이기 때문에 재활용할 수 있어 유입수의 수질을 분석하였다.

1. 수질조사

망우산 유입수의 수질조사는 총 4회로 6월 1일과 6월 2일, 7월 11일, 8월 4일에 샘플링을 하였으며, 6월 1일과 2일의 일강수량은 2.5mm와 0.5mm이었다. 7월과 8월의 수질조사일에는 강우가 없었다. 수질조사 결과는 <표 3-12>와 같다. 수질항목은 BOD 등 일반항목 위주로 조사하였다.

BOD는 3.22~0.63mg/L로 분석되어 매우 양호한 수질상태를 보이고 있다. 또한 탁도는 4.7~0.44 NTU로 나타나고 있다. 탁도(8월)가 비교적 높은 이유는 지형상 하절기 강우로 인한 부유토의 영향으로 보인다.

수질분석 결과 평상시 망우산 저류시설 유입수의 수질은 재활용할 수 있을 정도로 양호한 상태이다. 따라서 조경용수나 분수용수로 활용할 수 있고, 망우산 저류시설 건너편(망우로를 가로질러 감) 지역에 입지하고 있는 아파트 내의 조경, 수경용수로 활용할 수 있을 것이다.

<표 3-12> 강우시 망우산 저류조의 수질측정결과

	SS (mg/L)	COD (mg/L)	BOD (mg/L)	T-N (mg/L)	수온 (°C)	대장균군	pH	탁도 (NTU)	전도도
6/1 PM 8:00	8	3.6	3.22	0.36	19	ND	7.15 (21.8℃)	2.3	172.6 (27.5℃)
6/2 AM 11:00	5	2.2	2.82	0.21	18	ND	7.28 (22.8℃)	0.44	170.1 (28.5℃)
7/11	13.5	1.2	0.63	4.46	16	ND	6.0	2.0	94.5
8/4	4.5	2.3	1.76	2.41	19.8	ND	6.9	4.7	90.0

2. 운영개선 방안

망우산 빗물관리시설은 침사지 유입부의 경사가 급하여 유입부에 계단형 침사지가 설치되어 있다. 이렇게 경사가 급한 입구의 계단형 침사지는 집중강우시 사태 등으로 많은 토사나 폐목등이 밀려들어 유입부를 폐쇄할 경우 저류능력을 크게 상실할 수 있을 것이다. 따라서 집중강우시를 대비하여 유입부의 폐쇄를 방지할 수 있도록 주변 유입부 시설을 보강하거나 순찰을 강화하여 유입부의 폐쇄 상태가 초래되는 상태를 방지하여야 한다.

빗물관리시설 내부 용량의 경우 바닥에 모래 등이 쌓여서 용량을 제한할 수 있으며, 평시 유지관리를 철저히 하여 토사의 준설 등이 이루어져야 할 것이다.

또한 평시의 계곡수는 바이패스관과 하수도로 통해 최종적으로 하수처리장으로 유입되고 있으나 이를 활용할 수 있도록 주변 아파트지역까지 이송할 수 있는 이송관 등을 만들어 평시에는 깨끗한 계곡수를 활용할 수 있는 방안이 모색되어야 한다.

또한 망우산 저류시설의 침투홍수량 발생빈도가 30년일 때 침투홍수량의 저류효

과가 40분으로 분석되었는데, 이 정도의 저류효과는 상당하다고 판단된다. 그러나 연속 집중강우가 내릴 경우 이 정도의 저류시설도 효과가 크게 반감될 것이다. 따라서 우기인 7월~9월 사이에는 연속강우를 대비하여 연속 침투강우량을 저류할 수 있도록 가능한 12시간 내에 저류된 물을 강제배제할 수 있는 방안도 모색되어야 한다.

第Ⅳ章 서울숲 빗물 이용시설의 운영관리

제 1 절 빗물이용시설의 운영과 개선방안

제 2 절 서울숲공원의 빗물이용시설의
경제성평가

제Ⅳ장 서울숲 빗물이용시설의 운영관리

서울숲의 빗물이용시설은 빗물이 서울 숲 도로 및 부지에 집수시설(빗물받이)을 통하여 빗물저류탱크로 유입되게 설계되어 있다. 또한 서울숲 공원 특성상 조경용수의 이용량이 많아 빗물이용 효과가 높다. 따라서 이 장에서는 서울 숲 빗물이용시설의 운영과 시설 개선 방안을 살펴보고, 경제성 분석도 하였다.

제1절 빗물이용시설의 운영과 개선방안

1. 빗물이용시설 운영

서울숲의 빗물저류탱크의 용량은 $270\text{m}^3/\text{day}$ 로 실제 조경용수로 필요한 1일 필요량인 $400\sim 530\text{m}^3/\text{day}$ 의 약 $2/3\sim 1/2$ 량을 저류할 수 있는 규모이다. 서울숲의 용수 사용량과 비교할 때 빗물이용시설 규모로는 적은 량이다. 그러나 서울 숲의 빗물이용시설은 빗물을 전량 조경용수로 사용할 수 있는 장점이 있기 때문에 잘 운영되면 좋은 빗물이용시설 사례가 될 수 있을 것이다.

현재 서울숲공원의 이용시설은 우리나라 강우의 계절적인 특성으로 인해 빗물을 지속적으로 집수할 수 없어 상수를 저장하는 시설로 이용하다가 강우가 있을 경우 빗물저장시설로 사용하고 있다. 즉 평시에는 빗물저장탱크에 상수를 미리 받아두었다가 사용하고 있고, 강우시에는 빗물저류시설로 사용하는 겸용시설이다.

2. 빗물이용으로 비용 절약

서울숲의 경우 빗물저류시설의 유효용량은 저류용량의 80% 정도이므로 빗물을 받아 사용할 경우 1일 상수도 사용요금의 절감분은 다음과 같다.

1일 상수도 사용량 및 요금

- 상수도 사용량 : $270\text{m}^3 \times 80\% = \text{약 } 220\text{m}^3$
- 상수도: $(50\text{m}^3 \times 470\text{원} + 250\text{m}^3 \times 600\text{원} + 6,410\text{m}^3 \times 680\text{원}) \times 2 \div 61$
 $= (23,500\text{원} + 150,000\text{원} + 4,358,800\text{원}) \times 2 \div 61 = \underline{148,600\text{원}}$
- 하수도 : $(50\text{m}^3 \times 260\text{원} + 250\text{m}^3 \times 390\text{원} + 6,410\text{m}^3 \times 440\text{원}) \times 2 \div 61$
 $= (13,000\text{원} + 97,500\text{원} + 2,820,400\text{원}) \times 2 \div 61 = \underline{96,095\text{원}}$
- 물이용 부담금: $13,420\text{m}^3 \times 130\text{원} \div 61 = \underline{28,600\text{원}}$
- 총계 : 273,295원

3. 빗물이용시설의 개선사항

서울숲의 빗물이용시설은 개장된 지 얼마 지나지 아니하였고, 현재 시설이 시험가동중이다. 현재 이용시설의 개선사항은 <표 4-1>에 정리하였다. 빗물이용시설의 운영 상황을 고려하지 않고 설계하였기 때문에 나타난 문제점을 바탕으로 개선사항을 정리한 것이다.

<표 4-1> 서울 숲의 빗물이용시설 개선사항

	현 문제점	개선책 및 유지보수
저류조 탱크용량	● 저류조 용량이 $270\text{m}^3/\text{day}$으로 저류용량이 비교적 작음.	● 저류용량은 가능한 크면 좋으나 서울 숲의 부지 활용 등과 연계되어 있으므로 이를 고려하여 개선하는 방향으로 나아가야 함.
침사시설 등 기능	● 저류전 침사지는 있으나 노면수나 토사가 침전시키는 기능이 현저히 떨어짐. ● 또한 스크린 시설이 미설치	● 저류조 내로 유입 전에 침사지 기능을 할 수 있는 방법을 고려 ● 스크린 장치(스치로폴, 비닐 등) 시설 필요
설계상의 문제	● 전기적 운영 패널이 지하에	● 전기패널을 지상으로 이동

	● 있어 비가 올 시 조작 불가능 ● 저류조 내로 내려갈 때 사다리를 이용하여 시설을 관리하여야 하므로 시설관리의 어려움.	● 시설관리가 용이하게 구조를 개선함.
청소상의 문제	● 침사지내로 인부가 들어가 바닥에 있는 토사를 긁어내야 하므로 청소하기가 쉽지가 않음	● 흡입 기계장치 등으로 토사를 준설하는 방안 등이 모색되어야 함.
유지관리	● 아직 보수공사중이라 시험가동으로 유지관리에 미흡	● 보다 구체적이고 체계적인 유지관리체계 수립.

제2절 서울숲 공원의 빗물이용시설의 경제성 평가

서울 숲 공원은 수돗물의 저장시설을 설치·운영하고 있는데, 비가 오면 조경용수로 사용하기 위하여 빗물을 저류하는 빗물이용시설로 운영하고 있다. 즉 이 시설은 평상시 수돗물을 일시 저장하여 두었다가 조경용수로 사용하는 시설이고, 비가 오면 빗물을 이용하는 시설로 활용한다. 따라서 이 절에서는 『서울 숲』 공원의 빗물 이용시설의 경제성을 평가하였다. 수돗물 대신 빗물을 받아두었다가 사용할 경우 어느 정도 경제성이 있는지를 분석하였다.

1. 빗물이용시설의 설치비용

빗물이용시설의 설치 비용은 현재 설치된 빗물이용시설이 거의 대부분 수돗물을 저류하는 시설이고, 1년중 일정이상의 강우가 있는 경우 빗물저류시설로 활용하고 있으므로 총 건설비의 10%를 빗물이용시설(집수시설, 침전시설, 여과시설 포함)의 설치비용으로 판단하여 계산하였다. 빗물이용시설의 설치비는 총 건설비인 190,168천원의 10%인 19,017천원으로 분석되었다<표 4-2 참조>.

<표 4-2 >설치비용

(단위:원)

저류조용량(m ³)		저류조	조절장치	배관공사비	총건설비*	m ² 당 설치비
실용량	월이용량	설치비	설치비용	(공사비의 10%)		
270	224	78,290,828	100,000,000	11,000,000	190,167,932	552,813.76

* 총건설비의 10%를 순수한 빗물이용시설 설치비용으로 봄(선진설계감리단)

2. 빗물이용시설의 유지관리 비용

유지관리비용에는 펌프 등의 사용을 위한 전력비, 인건비, 보수비, 수처리비 등이 포함된다. 전력비는 연간 빗물사용량과 하루 펌프가동시간을 고려 월전력량 및 연간 전력비용을 계산하였다. 전력비, 인건비, 보수비(총 건설비의 10%로 봄)는 1년 중 20mm 이상 강우가 내린 날이 20일 미만이므로 연간 비용 중 5%로 산정하였다.

순수 빗물이용시설의 연간 유지관리비는 전력비용이 21,167원, 인건비 942,000원, 보수비 950,840원으로 총 1,914,007원이다<표 4-3 참조>.

<표4-3>빗물이용시설의 연간 유지관리비

(단위:원)

용량(m ³)	전력비 월전력량 ¹⁾	연간 전력비용 ²⁾	연간 인건비 ³⁾ (순수인건비)	보수비	연간 유지관리비
270	2,340	423,345 (21,167) ⁴⁾	18,840,000 (942,000) ⁴⁾	19,016,793 (950,840) ⁴⁾	1,914,007

1) 전력량: 13 KWh×2회(아침, 저녁)×3(3시간/일)×30(day)=2,340 KWh

2) 연간 전력사용량: 2,340×12=28,080(연간 전력사용량을 가지고 전력비용 산정)

3) 연간 인건비: 보통인부(주5일, 월25일) 157만원/월×12월=18,840,000원

4) 연간 전력비, 인건비, 보수비 중 5%를 순수 빗물이용시설의 연간 비용으로 산정함

3. 빗물이용시설의 관련 총 비용

총 비용은 설치비용과 유지관리비용으로 나눌 수 있다<표 44 참조>.

<표 44> 총 비용		(단위:원)	
저류 조용량(m ³)		유지관리비	건설비
용량	월이용량	(년간)	(설치비용)*
270	224	1,914,007	19,016,793

4. 빗물 이용시 편익

서울 숲 공원의 빗물이용시설을 활용하여 빗물을 저류하였다가 조경용수로 사용할 경우 상하수도 요금을 절감할 수 있다. 즉 1년 중 강우강도가 20mm/일 이상인 강우일에는 빗물을 저장하였다가 사용할 수 있다고 보고 분석한 결과 1년(2004년)중 20mm 이상 강우일수가 16일/년이었다.

강우강도가 20mm/일 이상인 강우일수

- 기간 : 2004년 5월 ~ 2005년 4월
- 서울지역 강우강도가 20mm/day이상인 강우일(2~3일 연속 20mm/day 이상 내린 경우 1일로 계산함) : 16일/년

1일 상하수도 요금 절감액은 <표 45 >와 같이 273,295원으로 계산되었다. 1년으로 환산하면 절감액은 4,372,720원으로 분석되었다.

<표 45> 1년 동안 상하수도 요금 절감액

구분	상수도 요금	하수도 요금	물이용 부담금	1일 절감액	1년 절감액
업무용(현재는 임시용)	148,600	96,095	28,600	273,295	4,372,720

주)1년 동안 16회 빗물을 이용할 수 있다고 봄

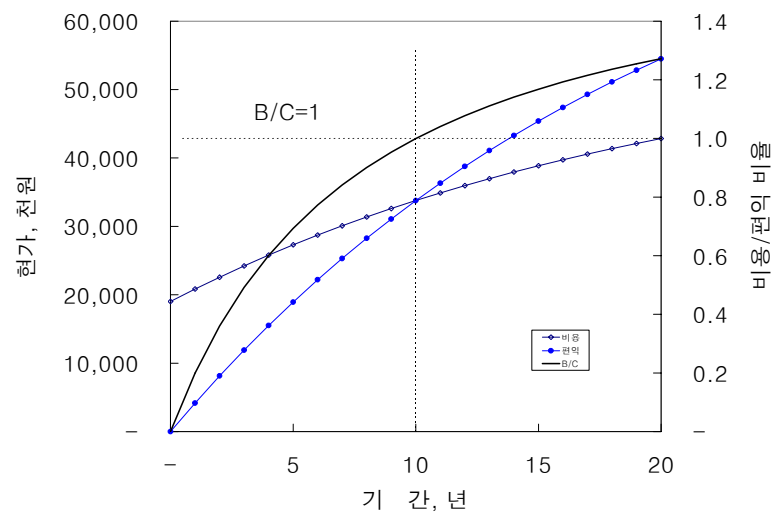
5. 빗물 이용시 비용편익비율(B/C)

서울 숲의 빗물이용시설의 비용과 편익을 구하면 할인율 0.05%의 경우 비용편익비율(B/C ratio)이 1.271이며, 비용의 현재가치는 42,870천원이고, 편익의 현재가치는 54,494천원으로 분석되었다<표 4-6참조>.

<표 4-6> 빗물이용시 비용편익 비율

편익 현재가치	비용 현재 가치	NPV (순현재가치)	B/C ratio
54,494천원	42,870천원	11,624 천원	1.271

또한 비용편익 분석 결과 10년의 B/C비율이 0.999로 분석되어 10년동안 운영하면 비용과 편익이 같아지는 것으로 나타났다<그림 4-1 참조>.



<그림4-1>빗물이용시설의 비용 편익 분석결과

서울의 숲 공원의 비용편익을 계량 가능한 항목을 위주로 계산하였지만 하수처리비용의 절감, 주변지역의 빗물 유출을 절감, 환경교육의 활용가치 등 사회환경적 편익을 고려할 경우 빗물이용시설의 편익효과는 훨씬 높게 나타날 것이다.

또한 서울 숲 공원의 빗물이용시설의 경우 빗물이용여건이 좋아 비교적 높은 BC ratio를 보이지만 민간 건축물에 설치한 지하 빗물이용시설의 경우 BC ratio는 크게 달라질 수 있다.

第Ⅴ章 빗물관리시설의 운영 및 유지관리 방안

제 1 절 기본방향 설정

제 2 절 빗물관리시설의 운영방안

제 3 절 빗물관리시설의 유지관리방안

제 V 장 빗물관리시설의 운영 및 유지관리 방안

제1절 기본방향 설정

1. 빗물관리시설의 기본방향

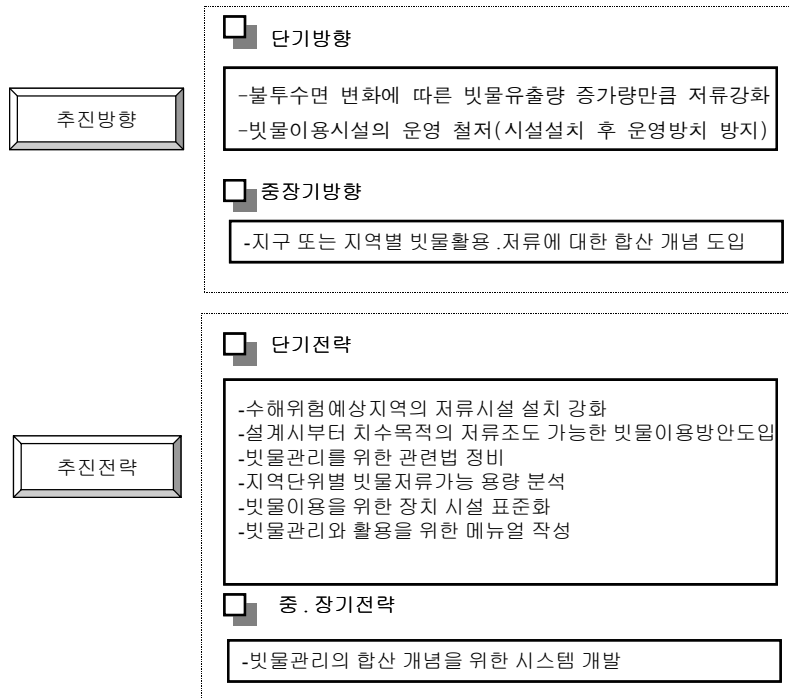
이 절에서는 빗물저류와 활용의 기본틀을 재정립하고 추진방향과 추진전략을 제시하였다. 기본틀 재정립에서는 빗물저류시설과 빗물이용시설의 경계가 명확하지 않은 점이 많아 가능한 원칙적으로 각각의 목적에 맞게 설치하고, 더 나아가 운영관리에서 치수와 이용을 겸할 수 있는 통합적인 개념으로 나아가도록 하는데 초점을 맞추었다.<그림 5-1참조>.

추진방향에서는 단기와 중장기로 나누어 제시하였는데, 단기적 방향으로서는 불투수면의 증가에 따른 빗물의 유출량만큼 저류를 강화한다. 이를 위해 빗물이용시설의 운영관리를 철저히 해서 시설 설치 후 반드시 이용시설로 활용하도록 하는 것이 중요하다. 중장기적 방향으로서는 지구 또는 지역별로 빗물활용과 저류조의 합산개념을 도입하여 저류효과가 충분히 발휘되도록 한다.

추진전략은 수해위험 예상지역의 빗물저류시설의 설치를 강화하고 설계시부터 빗물저류시설도 빗물을 활용할 수 있는 방안을 도입한다.

또한 빗물관리법을 제정하여 빗물저류와 이용을 활성화하고, 즉 지역단위별로 빗물관리시설용량을 분석하여 빗물이용도를 높인다. 또한 빗물활용을 위한 장치 시설을 표준화하고 빗물관리를 위한 매뉴얼을 작성한다.

중·장기적인 전략으로 지역단위별로 빗물이용시설의 합산개념 시스템을 개발하고, 제도화하여 빗물저류효과를 높인다.



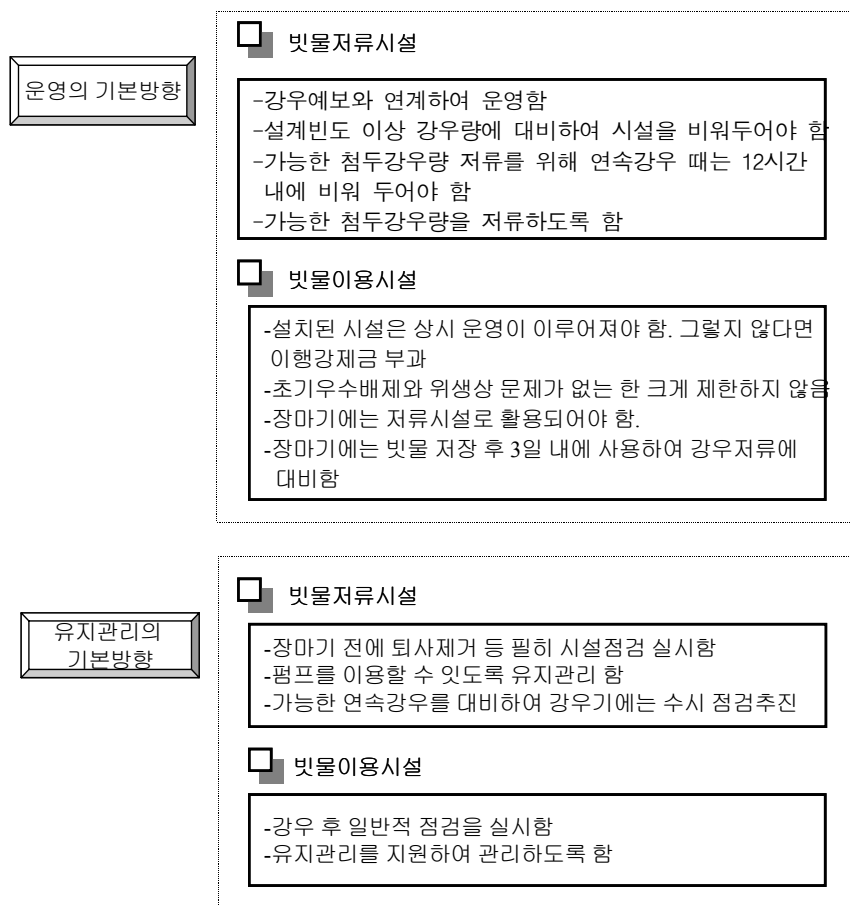
<그림 5-1> 빗물저류와 활용을 위한 추진 전략

2. 유지관리의 기본방향

이절에서는 빗물관리 시설의 운영과 유지관리 기본방향을 제시하였다. 기본틀은 빗물저류시설과 빗물이용시설이 최적의 기능을 발휘할 수 있도록 적절한 운영 및 유지관리를 추진하는 것을 제시하였다.

운영의 기본방향을 보면 빗물저류시설의 경우에는 강우예보와 연계하여 운영하며 설계빈도 이상의 강우에 대비하여 연속강우시 침투강우량을 저류하기 위해 가능한 12시간 내에 저류조 내수를 강제 배제하도록 한다. 빗물이용시설의 경우는 설치된 시설을 상시 운영하도록 하며, 여름철 강우시에는 가능한 빗물 저장 후 3일내에 빗물을 배제하여 연속강우에 대비하도록 한다<그림 5-2 참조>.

유지관리의 기본방향을 보면 빗물저류시설은 장마기 전에 퇴사를 제거하는 등 시설점검을 실시하고 강우 시에는 수시 점검을 할 수 있도록 한다. 펌프는 상시 이용가능한지를 체크하도록 한다. 빗물이용시설은 강우 후 일반적인 점검을 실시하고 개인소유의 이용시설을 위해 운영 및 유지관리비를 지원할 수 있도록 한다.



<그림 5-2> 빗물관리시설의 운영 및 유지관리 기본 방향

제2절 빗물관리시설의 운영 방안

1. 빗물저류시설

1) 강우시 운영방안

강우시 운영은 저류시설의 특성상 큰 운영관리가 필요하지 않다. 석관동형의 경우 설계빈도보다 큰 집중강우시에는 강우종료후 펌프를 가동하여 저류시설의 물을 배제하고, 망우산형은 유출입구가 개방되어 있으므로 현재대로 운영한다. 다만 집중강우시 관측점검을 실시하여 침사지에 토사유입이나 저류조에 토사유입 또는 수목이 유출입구를 막아 물의 소통을 방해하는지 등 운영에 차질이 없는지 살펴보는 것이 필요하다.

2) 연속 강우시 운영 방안

태풍이 올라와서 집중강우가 3일이상 연속될 것으로 예보되는 경우 망우산 저류시설의 운영은 일반적인 집중강우와 약간 다르게 운영하는 것이 필요하다. 즉 연속강우가 예상되는 경우에는 저류시설에 저류된 강우를 펌프를 이용하여 배제해야할 필요가 있다. 이때 펌프는 미리 구청에 예비 되었던 것을 이용하여 가동하면 효율적으로 운영할 수 있다. 특히 연속강우가 예보된 경우 저류시설은 저류량을 가능한 펌프로 12시간내에 물을 배제하여 연속강우에 대비하도록 한다. 이를 위해 시설을 유출수문을 개폐식으로 개선하는 방안도 고려해 볼 수 있다.

3) 주변 시설과 연계운영 또는 개선방안

석관동 저류시설은 주변(반경 500M)에 빗물펌프장이 기 설치되어 있다. 따라서 이들 시설과 연계하여 운영하거나 우이천 제내지로 펌프와 이송관로를 시설하여 운영하면 빗물펌프장과 같은 좋은 운영효과를 낼 수 있을 것이다.

2. 빗물이용시설

1) 운영관리

빗물이용시설은 강우를 일시 저류하여 조경용수나 수경용수 등으로 사용하는 것이 일반적이다. 그러나 건축물에 빗물이용시설을 설치한 후 이용하지 않고 방치하는 경우가 종종 있다. 단지개발이나 건축물 허가과정에서 빗물이용시설의 배치에 따른 긍정적 효과(허가나 영향평가협의 등) 등이 있었으므로 빗물시설이 설치 용도대로 운영되어야 한다. 즉 빗물이용시설의 운영에 따른 비용이 많이 소요되더라도 반드시 운영하여야 하고, 이를 어길시에는 용도대로 미사용에 따른 이행강제금을 물릴수 있도록 한다.

2) 빗물저류시설로 전환 운영

빗물이용시설이 필요한 시기는 주로 갈수기인 봄철, 가을철, 겨울철이다. 그중 겨울철에는 비가 오지 않는 계절이므로 주로 봄, 가을철에 이용할 수 있다. 따라서 여름철에는 빗물이용시설로 운영할 필요가 없으므로 주로 빗물저류시설로 전환 운영하는 것이 필요하다.

특히 집중강우기(7월~9월)에는 빗물저류시설로 이용하는 것이 바람직하다. 즉 기상예보에 따라 집중강우를 대비하여 빗물저류시설로 이용하기 위해 상시 비워두는 것이 필요하다. 태풍과 연계된 집중강우에 대비하여야 하고, 연속강우를 대비하기 위해 이용시설내의 저류된 강우를 3일내에 비워 두는 것이 필요하다. 빗물저류시설로 전환운영할 경우에는 수질 등의 문제는 고려하지 않도록 한다.

3) 빗물이용시설의 수질관리

빗물이용시설의 수질은 저류된 강우를 어느 정도 기간동안 저장하느냐에 좌우된다. 따라서 이에 대한 자료는 현재 거의 없으므로(이용시설의 용량과 강우의 수질특성에 따라 크게 달라질 수 있음) 빗물이용시설의 운영초기에는 빗물저장기간에 따른 보건위생상(장기 저장에 따른 다량세균번식, 모기 파리 유충번식 등)의 문제가 발생하지 않는 한 크게 제한하지 않는 것이 바람직 할 것이다. 여기에는 빗물이용

시설의 운영을 활성화하려는 목적도 있다. 봄철 초기강우는 수질이 나쁘기 때문에 저장조로 유입시키지 않고 배제하도록 한다.

4) 미 운영시 이행강제금 부과

빗물이용시설을 설치한 건물은 시설을 운영하지 않았을 경우 이행강제금을 부과할 수 있도록 한다. 특히 건축물 지하 빗물이용시설은 건축물 건축시 시설물 용도대로 이용되어야 한다. 건축허가과정에서 시설물의 배치에 따른 효과가 있었으므로 이행강제금을 부과할 수 있도록 하는 것이 타당하다.

제3절 빗물관리시설의 유지관리 방안

1. 빗물저류시설

1) 목적

빗물저류시설은 기능이 충분히 발휘되기 위해서 적절한 유지관리를 해야 한다.

저류시설은 우수유출을 저감하여 하류부의 수로 등의 유하능력에 대응하기 위하여 설치하는 것이므로 강우시에 그 기능을 충분히 발휘될 수 있도록 적절한 유지관리가 필요하다.

유지관리가 적절하게 실시되지 않으면 저류부의 방류시설에 토사 등이 퇴적하고 또한 부유물에 의하여 스크린이 막히는 등 저류시설의 기능이 감소될 우려가 있다.

일반적인 유지관리 사항은 다음과 같다.

- ① 점검
- ② 청소 및 준설
- ③ 보수 및 개량
- ④ 재해 및 사고대책

유지관리의 작업내용은 평상시와 강우시 등에 따라 달리할 필요가 있다. 또한 빗물저류시설이 공원, 운동장 등의 다른 시설이 중복되는 경우에는 안전, 위생상의 관점에서 유지관리가 이루어져야 한다.

2) 평상시의 유지관리

평상시의 유지관리는 정기적인 점검을 실시하고, 필요한 보수 및 개량, 퇴적된 토사의 제거, 청소 등을 실시해야 한다.

① 점검

점검은 반드시 장마 및 태풍시기 등의 집중 강우전에 실시하고 주변지역의 실정에 맞추어 회수를 정하는 것이 바람직 하나 일반적으로 2회 이상을 실시하는 것이 적절하다. 즉 일반적으로 집중강우전과 강우가 끝나는 시기로 한다. 점검의 범위는 점검표에 근거하여 시설주변에 대하여 실시한다.

② 보수 및 개량

점검의 결과, 시설의 손상 혹은 기능의 저하 등을 발견한 경우에는 그 원인을 파악하고 신속하게 필요한 보수 및 개량을 행한다.

③ 퇴적토사의 제거

퇴적토사가 계획토사위에 미치지 않도록 적절한 시기에 제거해야 한다.

④ 청소

시설 청소 등은 원칙적으로 강우 전·후에 실시하는 것으로 한다.

3) 강우시 유지관리

강우시는 저류시설의 수위 및 방류상황 등을 점검하고 필요한 경우에는 적절한 조치를 취해야 한다.

① 점검

강우예보 등에 따라서 홍수가 예상되는 경우에는 신속하게 수문(또는 유출구), 펌프 등을 점검해야 한다. 또한 특히 집중 강우시에는 상황에 따라 적당한 순회점검

을 해야 한다.

점검의 범위는 평상시의 점검에 준하는 것으로 하고 <표 5-1>에 나타난 항목에 대해 중점적으로 실시한다.

<표 5-1> 빗물저류시설의 강우시 점검내용

주요 점검 내용	이유
①수위는 만수위로 되어있지 않는지 점검	• 토구에서의 월류에 의하여 하류에의 영향이 큼
②수위의 급상승 또는 급강하를 일으키는 지 여부 점검	• 급격한 수위변화는 저류시설의 훼손 등을 일으킬 위험이 있음. • 스크린 및 오리피스에 폐쇄에 의한 수위의 상승이 일어날 가능성이 있음 • 제방본체의 균열 등에 의한 수위저하가 일어나고 있는 가능성에 대비함.
③방류상황 점검	• 스크린 및 오리피스에 폐쇄에 의한 방류량이 감소하고 있을 가능성을 대비함.
④제방본체에서 월류 등에 의한 상부시설 붕괴가 일어나고 있는지 점검	• 저류시설의 상부를 운동장 등으로 이용하고 있는 경우가 있는데 이때 상부시설의 붕괴 점검. 붕괴로 인한 인명과 재산피해 등을 대비함.

② 대응책

점검의 결과를 검토하여 필요한 대책을 강구하고 수위의 상황에 따라 하류지역의 주민의 안전조치를 취할 필요가 있다. 또한 강우가 그친 후에 신속하게 점검을 실시하고 필요에 맞도록 조기에 기능회복을 시켜야 한다.

③ 안전관리 점검

사고방지를 위하여 주변지역에 설치된 펜스, 해설 표식, 주변지역의 대피도를 점검한다. 특히 저류시설의 월류로 인한 상부시설의 훼손이 일어나 인근 주민들의 인명과 재산상 손실이 일어날 수 있는 자동차, 시설 지장물, 쓰레기 통 주변 적재물 등 여러 여건을 점검한다.

④ 빗물저류시설 대장 등 기록

저류시설을 정확하게 유지관리하기 위해서는 시설의 구조 및 기능 등을 기재한 빗물저류시설대장을 작성하고 보관하는 것으로 한다.

◦ 빗물저류시설 대장

빗물저류시설 대장은 <표 5-2>에 제시된 총괄조서와 일반적으로 그림 및 시설평면도 등으로 구성된다. 조서 외에 설계서 및 시공관련자료 등도 보관하는 것으로 한다.

◦ 유지관리기록

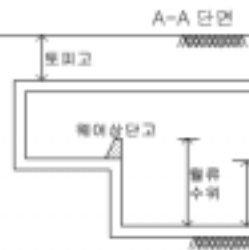
시설의 유지관리 사항을 다음항목에 맞춰 그때마다 작성하여 보관하여야 한다.

- 점검기록
- 준설 및 보수 등의 기록
- 수문기록
- 기타 기록(유역의 개발상황, 일반 주민에게 통보)

◦ 유지관리 점검표는 <표 5-3>에 제시하였다.

<표 5-2> 빗물저류시설 총괄조서

저류시설명 :		방류수 역	소재 지	
항목	단위		비고	
집수면적	도시유역 : A_1	ha		
	자연유역 : A_2	ha		
	전유역 : A	ha		
설계재현기간		년		
설계강우강도		mm/hr		
유량계산방식			합리식	
유출계수 : C				
유달시간 : t_c		min		
퇴사량 : V_c		$m^3/year$		
설계유입량 : Q_0		m^3/sec		
방류시설	Type		오리피스	
	규격		구형	
	방류량	m^3/sec		
	방류지		간선관거	
설계수위				
월류수위				
홍월류길이				
토피고		m		
저류시설면적		m^2		
저류시설용량		m^3		
저류시설제원		m	×	
펌프용량				



<표 5-3> 빗물저류시설 점검표(안)

시설명						점검자		책임자					점검실시일 자	년 월 일									
점검장소		점검항목				해 당 없 음 (×)	점 검 완 료 (V)	조 치 필 요 (△)	조 치 완 료 (O)	점검장소		점검항목		해 당 없 음 (×)	점 검 완 료 (V)	조 치 필 요 (△)	조 치 완 료 (O)						
저 류 구 조 물	벽체	· 벽면붕괴, 균열 · 누수, 용수 · 손상, 함몰 · 벽체보호공 손상 · 콘크리트구조물과 그외 접속부 손상 · 집수구의 폐쇄 · 잡초								관 거 구 조 물	유 입 부 및 방류부	· 구조물의 이상 · 스크린의폐쇄 · 토사퇴적 · 누수 · 구조물(기동포함) 의 이상 · 콘크리트 구조물 과 그외 접속부 손상					계 측 시설 계측 기기 · 기타	수위계의 작동이상					
	바닥	· 토사퇴적 · 잡초 · 쓰레기의 퇴적 · 방류 장애물									시 설 주 변 · 하 류	기타						수 방 기 재 기타	자재	수량, 품질, 보관상태			
										시 설 주 변 · 하 류		· 지형의 변화 · 지반의 침하 · 위험성 증대 · 구조물의 이상, 장애물					기재		수량, 품질, 기능, 보관 상태				
																		기타 사항					

2. 빗물이용시설

1) 목적

빗물이용시설은 빗물을 저류한 후 주변지역에 조경용수나 수경용수 등으로 사용하는 시설을 말한다. 보통 빗물이용시설은 저류시설에 비해 필요한 시설이 많고, 빗물을 처리한 후 사용하는 방법을 주로 채택하고 있으므로 이에 대한 관리가 필요하다. 빗물이용시설은 집수설비, 침전조, 여과조, 저장조 등으로 구분되어 시설되고 있다. 유지관리는 주요내용 다음과 같다.

- ① 일반점검 및 청소
- ② 설비관리(보수 및 개량)
- ③ 수질관리
- ④ 안전관리

2) 일반점검 및 청소

평시 유지관리의 기본은 일반점검 및 청소이다. 빗물을 이용한 후 일정기간 동안 비가 오지 않아 저류를 할 수 없는 기간에는 정기적으로 점검을 실시하고 청소를 한다.

점검 및 청소는 반드시 장마 및 태풍시기 등의 집중 강우 전에 실시하고 주변지역의 실정에 맞추어 회수를 정하는 것이 바람직하나 최소 2회이상 실시하는 것이 적절하다.

3) 설비관리(보수 및 개량)

구조물과 기기의 손상, 퇴적토사, 누수 및 기타 설비는 점검내용 및 주기를 결정하여 관리한다. 특히 신속한 보수와 개량이 필요한 설비는 발견된 즉시 유지관리한다. 또한 퇴적토사가 계획토사위에 미치지 않도록 적절한 시기에 제거해야 한다 <표 5-4 참조>.

<표 5-4> 빗물이용설비의 유지관리내용과 점검의 주기

장치명	점검내용	점검주기			청소기간(년)
		월	6월	년	
집수설비	1. 집수면의 퇴적물 및 오물거름 장치 점검	○			1-5 (청소주기는 주변조건에 따라 변화)
	2. 집수면 주변으로부터의 유입 및 유출 유무 점검		○		
	3. 집수면, 집수 시설의 손상 점검 (수밀성, 방수상태 등 점검)		○		
	4. 침전조 등 송수관 내부의 퇴적물·오물의 침전조로의 유입, 관로 누수점검			○	
	5. 집수면의 배수(월류)흐름이 원활히 이루어 지는지 점검	○			
침전조	1. 침전조 내부의 오염·침전물·부유물 점검	○			1-3
	2. 곤충 발생 상황 점검	○			
	3. 구조물의 손상 점검			○	
여과조	1. 여과재의 오염·침전물·부유물 점검	○			1-5
	2. 곤충 발생 상황의 점검	○			
	3. 구조물의 손상 점검(시설고정 및 부착의 안정성)			○	
빗물저류조	1. 저류조 내부의 오염·침전물 점검		○		1-5 (청소주기는 집수장소, 침전조, 여과조 설치의 유무, 구조물유지관리의 상태에 따라 변화)
	2. 경보장치 작동상태 확인		○		
	3. 구조물의 손상 점검			○	
	4. 보급수 장치의 작동 점검		○		
	5. 송수 펌프류의 작동 점검		○		
	6. 맨홀의 조임새, 방충망의 점검		○		
	7. 빗물저류조 내부를 비운 후 청소, 침전물 제거		○		
고가수조	1. 저류조 내부의 오염·침전물 점검		○		1-5
	2. 경보장치 작동상태 확인		○		
	3. 구조물의 손상 점검			○	
	4. 보급수 장치의 작동 점검		○		

	5. 송수 펌프류의 작동 점검		○		
	6. 송수관 등의 손상 점검		○		
부속장치	1. 수위계, 양수기, 역류방지밸브, 월류관 등의 점검		○		-
	2. 소독 설비 점검			○	
빗물이용 설비	1. 변기류의 오염상태, 막힘 등의 점검		○		적절히 선택
	2. 살수전, 급수전 부착부위 등 점검		○		
	3. 조정시설의 오염, 조류, 벌레 등의 발생 상황 확인		○		
	4. 유입관의 손상 점검			○	

4) 안전관리

관리자는 수도관 등 타 용도의 배관과 명확히 구별 할 수 있도록 조치를 취한다. 즉 빗물이용 건축물 내에서는 수도관과 혼동해 음용수로 사용하지 않게 표시하고 또한 다른 설비계통과 오·접속을 방지할 수 있도록 색깔 표시를 한다. 집수면이 옥상일 경우 집수면 표시를 하여 집수면이 더럽혀지는 것을 방지한다.

5) 수질관리

수질관리는 빗물이용 용도에 따라 수질의 정도를 달리하여 처리계통도를 설계하겠지만 기본적으로 조정용수와 수경용수를 위해서는 다음과 같은 사항을 고려하면 무난하다.

- 위생상 큰 불쾌감을 일으키지 않을 정도의 수질로 함.
- 외관상 색깔이나 냄새가 나지 않는 정도로 유지함.

따라서 빗물이용은 가능한 빗물을 받은 후 빠른시일내에 사용하는 것이 바람직하다. 특히 비교적 장기간 저장할 경우에는 위의 사항을 고려하여 이용하면 될 것이다. 아주 장기간 저장할 경우에는 빗물이용용도에 맞게 수질기준에 맞추어야 할 것이다.

6) 자료관리

빗물이용시설의 대장 등 기록은 빗물이용시설의 상시 관리자가 없는 경우가 많기 때문에 가능한 간략히 기록하는 것이 필요하다. 특히 일반적 점검과 청소 사항, 빗물을 저장할 때와 빗물유입시간, 저장시간, 유출시간 등 수문상황, 그리고 구조물, 설비와 손상부분 등의 보수 등의 유지관리 사항은 상황에 맞춰 그때마다 작성하여 보관하여야 한다.

- 점검기록
- 준설 및 보수 등의 기록
- 수문기록

또한 빗물이용시설도 저류시설과 거의 동일한 구조물을 가지고 있으므로 저류시설과 비슷한 점검표에 의해 점검하고, 설비부분은 추가하여 관리·점검한다.

7) 운영비 보조

빗물이용시설을 설치 운영하는 자는 상수도요금 감면 등을 요구할 수 있거나 운영비 보조금을 신청할 수 있도록 한다. 특히 빗물이용시설을 빗물저류시설로 전환 이용한 실적이 있을 경우 운영관리비 보조금을 지급하는 것이 필요하다. 이러한 경우 관련자치단체는 특별한 사유가 없는 한 예산이 허용하는 범위내에서 보조금을 지급할 수 있도록 한다.

이때 필요한 서류는 빗물이용시설 운영비 보조금 지급신청서, 빗물이용시설의 운영실적과 총 운영비 내역 현황 또는 빗물이용시설의 빗물저류시설로 이용 실적과 총 운영비 내역 현황 등의 자료를 첨부하여야 한다.

第Ⅵ章 결론 및 정책건의

제 1 절 연구 결과 요약

제 2 절 정책건의

제Ⅵ장 결론 및 정책건의

기상이변으로 인한 한번의 돌발성 집중강우에 의해서도 막대한 피해가 초래되고 있다. 이러한 집중강우의 수해 방지대책을 지속적으로 실시하였으나, 제방의 확대 및 빗물펌프장 등의 설치가 한계에 도달한 상태이다. 이제 서울 등 대도시지역은 유출을 저감 등을 통한 근본적인 집중강우에 대한 대책이 요구되고 있다. 따라서 침수피해를 최대한 저감시키기 위해 도시 내 빗물관리시설인 중소규모의 저류조 설치가 새로운 대안으로 제시되고 있다.

한편 자연형 하천을 조성하여 시민에게 휴식공간을 제공하려는 사업이 지속적으로 추진되고 있다. 여기에는 하천의 유지용수가 부족한 실정이다. 따라서 민간 대형건축물 등에는 우수유출증가량 만큼 저류할 수 있는 빗물관리시설의 설치가 본격화되고 있다. 빗물관리시설의 운영으로 유출을 저감과 조경용수로 활용이라는 두가지 목적에 접근하고 있다

빗물관리시설의 설치는 활발히 계획되고 있으나 운영과 유지관리에 대한 사항은 초보적인 수준에 지나지 않은 실정이다. 따라서 이 연구의 목적은 빗물관리시설의 효율적인 운영 및 유지관리 방안을 연구하는데 있다.

주요 내용으로는 빗물관리시설의 운영 및 유지관리에 대한 외국사례와 빗물펌프장(유수지)의 사례를 조사하고, 망우산 빗물저류시설의 운영 효과와 서울숲 빗물이용시설의 경제적 편익도 조사하였다. 그리고 빗물관리시설의 운영과 유지관리 방안도 제시하였다. 단 빗물침투시설은 제외하였다.

제 1 절 연구 결과 요약

1. 빗물관리시설

빗물관리시설이란 수도법에 규정된 빗물을 모아 생활용수·조경용수·공업용수로 이용할 수 있는 협의의 빗물이용시설뿐만 아니라 집중강우시 빗물을 일시 저류

하여 하천의 범람과 침수피해를 방지하는 빗물저류시설과 지하수의 충전을 위한 빗물침투시설 등으로 나눌 수 있다.

2. 망우산 빗물저류시설의 저류효과

망우산 저류시설의 배수구역은 중랑구 망우동과 면목동, 경기도 구리시 걸쳐있는 산지유역으로 저류조 용량은 $30,000\text{m}^3$ 이고, 규격은 $\text{B}45\sim71\text{m} \times \text{L}108\text{m} \times \text{H}6.2\text{m}$ 로 길이가 100m이상 되는 큰 규모의 저류시설이다.

저류효과 산정방법은 저류시설의 유입수문곡선과 유출수문곡선을 작성하고, 유입수문곡선과 유출수문곡선의 차이로 분석한다. 망우산 유역의 강우분포는 Huff의 4분위법의 2분위를 적용하여 재현기간별, 지속기간별 확률홍수량을 구하였다.

저류효과를 분석하기 위해 계획빈도 30년에서 첨두홍수량(Q_p)은 $9.94\text{m}^3/\text{sec}$, 100년빈도 첨두홍수량은 $12.31\text{ m}^3/\text{sec}$ 를 채택하였다. 빈도별 유입수문곡선과 유출수문곡선의 차이는 <표 6-1>과 같다.

<표 6-1> 재현기간별 첨두홍수량

빈도 첨두유량(CMS)	30년	100년	120년	140년
유입유량	10	12	14.4	17.28
유출유량	2.95	8	12.62	16.58

첨두홍수량 감소량 및 첨두홍수량 발생 지체시간을 정리하면 <표 6-2>와 같다. 저류지 설치에 따른 첨두홍수량 지체시간은 계획빈도의 경우에는 40분으로 나타나고 있어, 빗물저류시설은 첨두홍수량 감소뿐 만아니라 첨두홍수량 발생시간을 지체시켜 도시지역의 경우 대피시간 확보에도 도움을 줄 수 있다.

계획빈도인 30년 빈도인 경우, 저류지 설치에 의하여 약 71%의 첨두홍수량 감소효과를 나타내고 있고, 100년 빈도의 경우 33%, 120년 빈도의 경우 12%, 140년 빈도의 경우 4% 첨두홍수량 감소효과가 발생하였다. 계획빈도 30년에서 첨두홍수량

감소효과 71%, 지체시간 40분은 상당한 저류효과이다.

그러나, 계획빈도 이상인 경우에도 빗물저류지는 침투홍수량 감소효과가 발생하였으며, 30년 빈도에 비해서는 침투홍수량 저감효과가 작지만 100년 빈도의 경우에는 33%의 저감효과가 발생하여 설계강우를 초과하는 경우에도 저류지의 효과는 어느 정도 발휘하는 것을 알 수 있다.

<표 6-2> 재현기간별 침투홍수량 감소량 및 침투지체시간

빈도 침투유량(CMS)	30년	100년	120년	140년
침투홍수량 감소량(CMS)	7.05	4	1.78	0.7
감소율(%)	71%	33%	12%	4%
지체시간(분)	40	25	15	10

3. 망우산 빗물저류시설의 유입수질 분석

망우산 저류시설이 위치한 곳은 지형학적으로 경사가 급한 곳에 입지하여 있으며, 평상시에도 상당량(유량을 측정하기가 불가능함, 왜냐하면 유량계를 사용할 수 없는 정도의 유량)의 유량이 저류조로 유입되어, 바이패스관로(저류조 바닥을 통하여 흘러가는 것이 아니라 별도의 라인을 통해 평시의 유량을 저류조에서 배제)를 통하여 하수관거로 유입되고 있다. 이 수량은 결국 중량하수처리장으로 유입되어 하수처리장의 부하량에도 영향을 미치고 있다.

망우산 유입수의 수질조사 결과 BOD는 3.22~0.63mg/L로 매우 양호한 수질이다. 탁도는 4.7~0.44 NTU로 나타나고 있다. 수질분석 결과 평상시 망우산 저류시설 유입수의 수질은 재활용할 수 있을 정도로 양호한 상태로 조경용수나 수경용수로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

4. 서울 숲 빗물이용시설의 운영 방안

서울 숲 공원은 수돗물의 저장시설을 설치·운영하고 있는데, 비가 오면 조경용수로 사용하기 위하여 빗물을 저류하는 빗물이용시설로 운영하고 있다. 서울 숲의 빗물저류탱크의 용량은 270m³/day로 실제 조경용수로 필요한 1일 필요량은 400~530m³/day의 약 2/3~1/2량을 저류할 수 있는 규모이다. 서울 숲의 빗물이용시설은 빗물을 전량 조경용수로 사용할 수 있는 장점이 있기 때문에 잘 운영되면 좋은 빗물이용시설 사례가 될 수 있을 것이다.

1년중 일정이상의 강우가 있는 경우 빗물저류시설로 활용하고 있으므로 총 건설비의 10%를 빗물이용시설(집수시설, 침전시설, 여과시설 포함)의 설치비용으로 판단하여 계산하였다. 즉, 빗물이용시설의 설치비는 총 건설비인 190,168천원의 10%인 19,017천원으로 분석되었다. 전력비와 인건비, 보수비를 포함한 유지관리비는 총 1,914,007원이다

서울숲공원의 빗물이용시설을 활용하여 빗물을 저류하였다가 조경용수로 사용할 경우 상하수도 요금을 절감할 수 있다. 1일 상하수도 요금 절감액은 연간 4,372,720원으로 분석되었다.

서울 숲의 빗물이용시설의 비용과 편익을 구하면 할인율 0.05%의 경우 비용편익비율(B/C ratio)이 1.271이며, 비용의 현재가치는 42,870천원이고, 편익의 현재가치는 54,494천원으로 분석되었다<표 6-3 참조>.

<표 6-3> 빗물이용시 비용편익 비율

편익 현재가치	비용 현재 가치	NPV (순현재가치)	B/C ratio
54,494천원	42,870천원	11,624 천원	1.271

또한 비용편익 분석 결과 10년의 B/C비율이 0.999로 분석되어 10년동안 운영하면 비용과 편익이 같아지는 것으로 나타났다.

서울숲공원의 비용편익이 계량 가능한 항목을 위주로 계산하였지만 하수처리비용의 절감, 주변지역의 빗물 유출을 저감, 환경교육의 활용가치 등 사회환경적 편익을 고려할 경우 빗물이용시설의 편익효과는 훨씬 높게 나타날 것이다.

그러나 서울 숲 공원의 빗물이용시설의 경우 빗물이용여건이 좋아 비교적 높은 BC비율을 보이지만 민간 건축물의 지하 빗물이용시설의 경우 BC비율은 크게 달라질 수 있다.

제 2 절 정책건의

1. 빗물관리시설 유지관리의 기본방향

빗물관리시설의 유지관리의 기본틀은 빗물저류시설과 빗물이용시설이 최적의 기능을 발휘할 수 있도록 적절한 운영 및 유지관리를 추진하는 것을 제시하였다.

운영의 기본방향을 보면 빗물저류시설의 경우에는 강우예보와 연계하여 운영하며, 설계빈도 이상의 강우에 대비하여 연속강우시 침투강우량을 저류하기 위해 가능한 12시간 내에 저류조 내수를 강제 배제하도록 한다. 빗물이용시설의 경우는 설치된 시설을 상시 운영하도록 하며, 여름철 강우시에는 가능한 빗물 저장 후 3일 내에 빗물을 배제하여 연속강우에 대비하도록 한다.

유지관리의 기본방향을 보면 빗물저류시설은 장마기 전에 퇴사를 제거하는 등 시설점검을 실시하고 강우 시에는 수시 점검을 할 수 있도록 한다. 펌프는 상시 이용가능한지를 체크하도록 한다. 빗물이용시설은 강우 후 일반적인 점검을 실시하고 개인소유의 이용시설을 위해 운영 및 유지관리비를 지원할 수 있도록 한다.

2. 망우산 빗물저류시설 운영관리 방안

침사지 폐쇄방지 : 침사지 유입부의 경사가 급하여 유입부에 계단형 침사지가 설치되어 있다. 집중강우시 사태 등으로 많은 토사나 나무 등이 밀려들어 유입부를 폐쇄할 경우 저류능력을 크게 상실할 수 있을 것이다. 따라서 집중강우시를 대비 유입부의 폐쇄를 방지할 수 있도록 주변 유입부 시설을 보강하거나 순찰을 강화해

야 한다.

토사 준설 : 빗물저류시설 내부 용량은 바닥에 모래 등이 쌓여서 감소할 수 있으며, 평시 유지관리를 철저히 하여 토사의 준설 등이 이루어져야 할 것이다.

연속강우시 대비 : 침투홍수량 발생빈도가 30년일 때 침투홍수량의 저류효과가 40분으로 분석되었는데, 이 정도의 저류효과는 상당하다고 판단된다. 그러나 연속 집중강우가 내릴 경우 이 정도의 저류시설도 효과가 크게 반감될 것이다. 따라서 우기인 7월~9월 사이에는 연속강우를 대비하여 연속강우가 단절되는 때를 기준으로 가능한 12시간 내에 저류된 물을 배제할 수 있는 방안이 모색되어야 한다.

3. 망우산저류시설 유입수의 수경용수로 활용

수질분석 결과 평상시 망우산 저류시설 유입수의 수질은 재활용할 수 있을 정도로 양호한 상태이다. 조경용수나 수경용수로 활용해야 한다. 특히 망우산 저류시설 건너편(망우로를 가로질러 감) 지역에 입지하고 있는 아파트 내의 조경, 수경용수로 활용할 수 있을 것이다.

4. 서울 숲 빗물이용시설의 개선

서울 숲의 빗물이용시설은 시설이 개장된 지 얼마 지나지 아니하였고, 현재 시설이 시험가동 중이다. 현재 이용시설의 개선사항은 <표 6-4>에 정리하였다.

<표 6-4> 서울 숲의 빗물이용시설 개선사항

	현 문제점	개선책 및 유지보수
저류조 탱크용량	저류조 용량이 270m³/day으로 저류용량이 비교적 작음.	저류용량은 가능한 크면 좋으나 서울 숲의 부지 활용 등과 연계되어 있으므로 이를 고려하여 개선하는 방향으로 나아가야 함.
침사시설 등 기능	- 저류전 침사지는 있으나 노면수나 토사가 침전시키는 기능이 현저히 떨어짐. - 또한 스크린 시설이 미설치	- 저류조 내로 유입 전에 침사지기능을 할 수 있는 방법을 고려 - 스크린 장치(스치로폴, 비닐 등) 시설 필요

설 계 상 의 문 제	● 전기적 운영 판넬이 지하에 있어 비가 올 경우 조작 불가능 ● 저류조 내로 내려갈 때 사다리를 이용하여 시설을 관리하여야 하므로 시설관리의 어려움.	● 전기판넬을 지상으로 이동 ● 가능한 시설관리가 용이하게 구조를 개선함.
청 소 상 의 문 제	● 침사지내로 인부가 들어가 바닥에 있는 토사를 긁어내야 하므로 청소하기가 쉽지가 않음	● 흡입 기계장치 등으로 토사를 준설하는 방안 등이 모색되어야 함.
유 지 관 리	● 아직 보수공사중이라 시험가동으로 유지관리에 미흡	● 보다 구체적이고 체계적인 유지관리 체계 수립.

5. 빗물저류시설의 설계시 유입수 활용 방안을 고려해야

망우산 저류시설의 사례처럼 빗물저류시설 설치시 평시 유입수의 활용방안이 설계시부터 계획되어야 한다. 이렇게 되면 유입수의 활용이 활발해 질 수 있고, 하수처리장의 부하를 줄 일수 있다.

6. 빗물관리시설의 일반적 운영

(1) 빗물저류시설의 운영방안

강우시 운영은 저류시설의 특성상 큰 운영관리가 필요하지 않고, 집중강우시 관측점검을 실시하여 토사유입이나 폐목이 유출입구를 막아 물의 소통을 방해하는지 등 살펴보아야 한다.

연속강우시 (집중강우가 3일 이상 연속될 것으로 예보되는 경우) 저류시설의 운영은 가능한 신속히 저류시설의 빗물을 배제해야 한다. 이 경우 구청에 예비하였던 펌프를 이용하여 배제하는 방법 등이 고려되어야 한다. 이때에도 강우예보와 하천수위와 연계하여 배제하는 것이 필요하다.

(2) 빗물이용시설의 운영방안

빗물이용시설의 운영관리의 핵심은 건축물에 빗물이용시설을 설치한 후 효율적으로 이용하도록 하는데 있다. 건축물 허가과정에서 빗물이용시설물 설치에 따른 긍정적 효과(허가나 영향평가협의 등) 등이 있었으므로 시설물의 설치 용도대로 운영되어야 한다.

빗물이용시설은 여름철(집중강우기)에 빗물저류시설로 전환 운영하는 것이 필요하다. 기상예보에 따라 집중강우를 대비하여 빗물저류시설로 이용하기 위해 비워 두어야 한다. 연속강우시 빗물이용시설내의 저류된 강우를 3일내에 비워 두는 것이 필요하고, 빗물저류시설로 전환운영 할 경우에는 빗물의 수질 문제는 고려하지 않도록 한다.

빗물이용시설의 수질관리는 빗물이용시설의 설치를 유도하기 위해 초기에는 빗물 저장기간에 따른 보건위생상(장기 저장에 따른 다량세균번식, 모기 파리 유충번식 등)의 문제가 발생하지 않는 한 크게 제한하지 않는 것이 바람직 하다.

7. 빗물관리시설의 일반적 유지관리 지침

(1) 빗물저류시설의 유지관리

평상시의 유지관리는 정기적으로 점검 실시, 필요한 보수 및 개량, 퇴적된 토사의 제거, 청소 등을 실시해야 한다. 점검은 반드시 장마 및 태풍시기 등의 집중 강우 전에 실시하고 일반적으로 연 2회이상을 실시하는 것이 적절하다.

강우시는 저류시설의 수위 및 방류상황 등을 점검하고 필요한 경우에는 적절한 조치를 취해야 한다. 강우예보 등에 따라 홍수가 예상되는 경우에는 신속하게 수문(또는 유출구), 펌프 등을 점검해야 한다. 또한 특히 집중 강우시에는 상황에 따라 적당한 순회점검 실시한다.

저류시설을 효율적으로 유지관리하기 위해서는 시설의 구조 및 기능 등을 기재한 우수저류시설대장(점검기록/준설 및 보수 등의 기록/ 수문기록/기타 기록(유역의

개발상황, 일반 주민에게 통보)을 작성하고 보관하도록 한다.

(2) 빗물이용시설의 유지관리

평시의 유지관리의 기본은 일반점검 및 청소이다. 최소 년 2회이상 점검 및 청소를 실시한다. 구조물과 기기의 손상, 퇴적토사, 누수 및 기타 설비는 점검내용 및 주기를 결정하여 관리한다. 퇴적토사가 계획토사위에 미치지 않도록 적절한 시기에 제거해야 한다.

빗물이용 건축물 내에서는 수도관과 혼동해 음용수로 사용하지 않게 표시하고 또한 다른 설비계통과 오·접속을 방지할 수 있도록 색깔 표시를 한다.

빗물이용시설의 대장 등 기록은 빗물이용시설의 상시 관리자가 없는 경우가 많기 때문에 가능한 간략히 기록하도록 한다. 특히 일반적 점검과 청소 사항, 빗물을 저장할 때와 빗물유입시간, 저장시간, 유출시간 등 수문상황 그리고 구조물과 설비와 손상부문의 보수 등의 유지관리 사항은 상황에 맞춰 그때마다 작성하여 보관하여야 한다.

빗물이용시설을 설치 운영하는 자는 상수도요금 감면 등을 요구할 수 있거나 운영비 보조금을 신청할 수 있도록 한다. 특히 빗물이용시설을 빗물저류시설로 전환 이용한 실적이 있을 경우 운영비 보조금을 지급한다. 이러한 경우 관련자치단체는 특별한 사유가 없는 한 예산이 허용하는 범위내에서 보조금을 지급한다.

8. 빗물관리시설의 수리·수문 모니터링 실시와 사례 심층 연구 필요.

빗물저류시설의 관리는 주로 공공기관에서 실시하므로 현장에서 상세적인 수리, 수문 모니터링 계획을 수립하여야 한다. 다만 개인이 운영하는 빗물이용시설의 경우 시설 설치 및 운영의 활성화를 위해 당분간 계측관련 모니터링은 최소한 실시하는 것이 바람직하다. 또한 비교적 중규모의 빗물이용시설의 설치가 다수 계획되고 있으므로 시설 가동후 심층 사례 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

참고문헌

- 건설부, 『중수도 기술개발 방안 연구』, 1994
- 서울시정개발연구원, 우수유출물 저감대책, 1995
- 서울시정개발연구원, 우수유출 저감시설 기준연구-설정 및 연구-, 1998
- 일본 후쿠오카현, 우수이용 Manual, 1998
- 한무영, “대체수자원으로서의 빗물활용방안”, 대한상하수도학회지, 2000, 제14권 제3호, pp.207-210
- 건설교통부, 한국수자원공사, 『수자원장기종합계획(Water Vision 2020)』, 2000
- 국무총리 수질개선기획단, 『물관리백서』, 2000
- 김이호, 도심지 유출지하수 및 우수 활용 방안, 2001 지반환경, 2001, p. 217-241
- 이경림, 박진호, 한무영 “우수이용 보급 방안에 관한 연구”, 대한상하수도학회-한국물환경학회 공동 춘계 학술 발표회 논문집, 2001
- 한무영 역, 빗물이용 지구사랑, 대한상하수도학회 빗물이용연구회, 2001
- 김이호, KOREA-JAPAN 월드컵과 빗물이용, 제1회 빗물모으기운동 국제워크샵 발표논문집, 2002, 161~179
- 대한상하수도학회, 제1회 국제 빗물모으기 학술세미나 자료집, 서울대학교, 2002
- 대한상하수도학회, 제2회 국제 빗물모으기 학술세미나 자료집, 제주대학교, 2002
- 대한상하수도학회, 제3회 국제 빗물모으기 학술세미나 자료집, 서울대학교, 2003
- 서울시정개발연구원, 빗물이용을 통한 도시침수 저감 및 수돗물 절약방안, 2003
- 환경부, "빗물이용시설 보급확대를 위한 정책방안 연구", 2003
- 중랑구, 망우산저류조 설치공사 실시설계, 2003

서울시정개발연구원, 서울시 침수피해 저감을 위한 빗물관리시설 적용방안, 2004

한국방재협회, 제4회 재해관리기술세미나-도시 홍수피해 저감을 위한 우수저류시스템 구축, 2004

서울시정개발연구원, 서울시 물 순환 기본계획 연구, 2004

한국빗물모으기운동본부, 한국빗물모으기 운동본부 광주전남지부 발족 기념 워크숍, 2004

서울특별시(건설기획국), 빗물펌프장·수문 유지관리 요령

과학기술부, 우수 저류 및 활용 기술 개발, 한국건설기술연구원, 2004

소방방재청 중앙재난안전대책본부, 2004

South Australian Health Commission, 1995

Takahashi Asano, 『Handbook of Wastewater Reclamation and Reuse』, Water Quality Management Library, 1998

John Could, Erik Nissen-Petersen, Rainwater Catchment Systems for Domestic Supply, Intermediate technology publications, 1999

Klaus W. Koenig, The Rainwater technology handbook-Rainharvesting in building, Wilo-Brain, 2001

<http://www.archive.idrc.ca>, IDRC:Resources:Nayudamma, web-site

[http://www.Univ. of Warwick](http://www.Univ.ofWarwick), web-site

<Http://www.rainwater.snu.ac.kr>(UNEP-서울대 빗물연구 센터 홈페이지)

<Http://www.kma.go.kr>, 서울기상청 1960년-2005년 4월 서울지점 월강우량, 시강우량

<http://www.skywater.jp/index-e.html>

A Study on the Maintenance of Rainwater Management Facilities

<u>Project Number</u>	<u>SDI 05-R-20</u>
<u>Research Staff</u>	<u>Yong-Mo Cho (in Charge)</u> <u>So-Hee Kim</u>

In recent years, flood damage often occurred to heavy rain from unusual change of weather and extension of impervious area of ground increased urban storm runoff. But flood prevention such as extension of bank attained limit.

And restoration of urban streams such as Yang-je stream will be result in increasing the water demand for eco-stream. Therefore An alternative method for reducing flood damage and reusing rainwater is to construction the rainwater management facilities. But the construction and maintenance of rainwater management facilities is still first step

The primary objective of this study is to suggest of the maintenance of rainwater management facilities for reducing flood damage and reusing rainwater in Seoul. A secondary objective is to discuss effectiveness of MangWooSan's rainwater management facility and Seoul-Soop(Seoul Foreat park)'s rainwater reusing facility.

This study consists of six chapters.

The first chapter is introduction to objectives, contents and method for this study. Chapter 2 deals with the rainfall condition and flood damage during the last three decades and concept and types of rainwater management facilities, and case studies in Japan, Germany and England etc.

Chapter 3 discusses an operation management of rainwater storage facility in

Mang-Woo Mountain. As the results, In 30 years frequency 71% decrease of peak flow rate has been resulted by MangWooSan's rainwater storage facility

<표> Decrease of peak flow rate and Peak detention time

	30 years frequency	100 years frequency	120 years frequency	140 years frequency
Decrease of peak flow rate (CMS)	7.05	4	1.78	0.7
Decrease rate(%)	71%	33%	12%	4%
Detention time(min)	40	25	15	10

Chapter 4 discusses an operation management of rainwater storage facility in Seoul-Soop(Seoul Forest park). Net Present Value(NPV) is 11,624 thousand won, and B/C ratio is 1.271. In 10 years later, B/C ratio reaches 0.99. That means benefits present value and costs present value will be same.

<표> B/C ratio using rainwater in Seoul Forest park

Benefits Present Value(BPV)	Costs Present Value(CPV)	Net Present Value(NPV)	B/C ratio
54,494	42,870	11,624	1.271
(thousand won)	(thousand won)	(thousand won)	

A plan of the Maintenance of Rainwater Management Facilities is discussed in chapter 5.

Finally, Chapter 6 gives the policy recommendations for the successful implementation of detention facilities.

Table of Contents

Summary and Policy Recommendations

Chapter 1 Introduction

1. Background and Purpose of Study
2. Scope

Chapter 2 Analysis of Rainfall and Rainwater management in Seoul

1. Concepts and Type of Rainwater management
2. The present condition Analysis of Mang-Woo Mountain and Seoul-forest Rainwater management
3. Investigation of Related Regulation
4. Characteristics of Flood Damage and Analysis of Water Facilities
5. Preliminary Research

Chapter 3 Operation of Rainwater storage facilities in Man-Woo Mountain

1. Effect of Rainwater storage facilities in Man-Woo Mountain
2. utilization of inflow water in Man-Woo Mountain and Rainwater Quality

Chapter 4 Operation of Rainwater storage facilities in Seoul-Forest

1. Operation and Improvement Plan
2. Cost/Benefit Analysis

Chapter 5 Operation and maintenance

1. Foundation
2. Operation
3. Rainwater management

Chapter 6 Summary and Policy Recommendations

1. Summary
2. Policy Recommendations

- *References*

- *Appendices*

부 록

부록1. 서울특별시 빗물저류조 설치 추진 지침

2004년 2월 일

(목적)

제 1조 이 지침은 서울특별시 관내에 건축하는 건축물 및 공공시설물 등에 있어서 빗물저류조 등의 설치 추진에 필요한 기본적 사항을 정하는 것으로서, 도시의 홍수 방지 또는 방재대책의 추진과 더불어 지역수 순환의 재생을 도모하고, 더 나아가 도시의 안전성 향상과 쾌적한 도시환경 창조를 도모하는 데에 목적이 있다. 다만, 시에서 추진한 홍수예방을 1차적인 목적으로 하며, 부차적으로 시설주가 필요에 의해 수자원을 효율적으로 활용코자 할 경우 빗물이용시설로 겸용할 수 있다.

(용어의 정의)

제2조 이 지침에 있어서 다음의 각호에 기재된 용어의 의미는 각각의 당해 각호에 정한 것에 따른다.

(1) 빗물저류조 : 홍수방지를 목적으로 우수를 Tank에 저장하여 우수 유출을 억제하고 그 빗물 일부를 소방에 필요한 방재용수로 활용하는 것을 말한다.

(2) 우수이용시설 : 우수를 Tank에 저장하는 것에 의해 그 유출을 억제를 도모함과 더불어 모은 우수를 필요에 부응하여 침전, 여과 등의 처리를 한 후에 수세식화장실 세정수, 공조냉각탑 보급수, 조경용수 등의 잡용수와 소방에 필요한 방재용수 등에 활용하는 것을 말한다.

(3) 路地저류조 : 주변의 건축물의 지붕 또는 지면으로부터 모은 우수를 지역의 공공적 공간의 지하에 설치한 우수 Tank에 저장하여, 이 우수를 양수펌프로 끌어올려 조경용수, 분수용수, 청소용수, 방재용수 등에 활용하는 시스템을 말한다.

(기본방침)

제3조 서울시는 서울시 기본구상에 실린 방재도시 및 환경도시의 실현을 목표로 하여, 제1조의 목적을 달성하기위해 빗물저류조, 우수이용시설, 노지저류조 설치를 시민과 사업자가 일체가 되어 추진하는 것으로 한다.

(시·구의 책무)

제4조 시·구는 이 지침을 기본으로 하여 빗물저류조, 우수이용시설, 노지저류조의 구체적 추진대책을 정하는 것과 더불어 스스로 빗물저류조, 우수이용시설, 노지저류조 설치를 추진하도록 한다.

2. 시·구는 시민 및 사업자에 대하여, 일상생활 또는 사업활동의 여러 분야에 있어서 빗물저류조, 우수이용시설, 노지저류조 설치와 우수의 유효이용의 보급·계발을 도모하도록 한다.

3. 시는 중앙정부와 협력하여 빗물저류조, 우수이용시설, 노지저류조 설치 및 우수이용의 한 단계 위의 추진을 하도록 한다.

(빗물저류조 등 추진)

제5조 시는 빗물저류조, 우수이용시설, 노지저류조 설치와 우수이용을 다음에 기재한 기준을 통하여 계획적으로 추진해 가도록 한다.

(1) 시가 소유하는 건축물 및 공공건축물 : 건축(건축법 제2조 제1항 제9호의 규정에 의한 신축, 증축, 개축 또는 이전을 말한다, 이하 같음.)을 하는데 있어서는 빗물저류조 또는 우수이용시설을 도입하여야 하며, 기존의 건축물에 있어서는 가능한 범위에서 빗물저류조 또는 우수이용시설을 도입한다.

(2) 공공시설물 : 공원, 주차장, 학교, 광장 등의 공공시설물을 설치(조성, 시설, 건설 등을 포함)할 때에는 노지저류조를 설치하여야 하고, 개·보수 할 때에는 노지

저류조를 설치하는 것을 원칙으로 하며, 기존 시설물에 있어서는 가능한 범위에서 노지저류조 설치를 도입한다.

(3) 기타 민간건축물 등 : 건축심의대상(건축법시행령 제5조 제4항)인 건축물은 빗물저류조 또는 우수이용시설을 설치하도록 건축심의결과 통보시 심의조건을 부여하고 건축허가시 설치여부를 확인하여 빗물저류조 또는 우수이용시설이 설치되도록 한다.

2. 시는 뉴타운 사업등 대규모 사업을 추진하는데 있어서는 우선적으로 빗물저류조, 우수이용시설, 노지저류조를 설치되도록 계획을 수립하여 추진하여야 한다.

3. 시는 전향에서 정한 것 외에 지역의 방재강화, Community의 육성, 지역녹화의 추진 등의 관점에서 路地저류조 등의 설치를 추진하도록 한다.

(용량산정 기준)

제6조 빗물저류조, 우수이용시설, 노지저류조의 용량산정은 전체대지면적에서 건축면적에는 건축면적당(m^2) $\times 0.05m$ 와 건축면적을 제외한 나머지 대지면적에는 대지면적당(m^2) $\times 0.01m$ 를 합한 것을 빗물 저류탱크 용량(m^3)으로 한다.

(빗물저류조 등 설치 기준)

제7조 빗물저류조, 우수이용시설, 노지저류조의 시설은 다음에 기재한 각호의 기준을 갖추어야 한다.

1. 건축물 등에서의 빗물저류조 등 설치 방법

(1) 시·자치구 수방대책본부에서 빗물저류조, 우수이용시설, 노지저류조의 담수상태를 점검하기 위하여 개별 원격모니터링 할 수 있도록 건축물에서는 빗물저류조 수위감지 센서, 표준통신신호체계를(예, KS $\times$ 6909) 구축하고 송신할 수 있는 시스템 구성하며, 우수이용시설에서는 초기우수를 배제하기 위하여 초기우수 배제장치

나 강우량 계측장치 등의 기기를 설치한다.

(2) 소방용수는 일반적으로 상수도 지하저수조와 겸용 설치하여 수질이 저하되므로, 상수도 수질 확보를 위하여 소방용수는 빗물저류조, 우수이용시설과 겸용 설치토록 한다.

(3) 빗물이 빗물저류조 등에서 넘쳐 침수되지 않도록 빗물저류조 등은 가급적 지상 또는 지면 등에 설치하여 넘칠 경우 자연배수가 가능토록 시스템 구성하거나 지하에 설치할 경우 우수 집수배관에 자동 및 수동발브와 바이패스 배관을 설치하여 빗물저류조가 만수위시 공공하수도로 직접 연결되도록 시스템을 구성한다.

(4) 빗물저류조 등은 이물질 등을 배제하기 위하여 여과장치를 설치하거나 침사지 등을 설치하여야 한다.

(5) 빗물 탱크는 내부 청소에 적합한 구조로 한다.

(6) 빗물저류조 등에서 집수한 빗물을 화장실 등의 빗물을 사용하는 곳으로 운반할 수 있는 펌프, 송수관, 배수관 등 송·배수시설을 갖춘다.

(7) 우수이용시설에서는 물의 증발이나 이물질이 섞이지 아니하도록 되어 있어야 하며 햇빛을 차단할 수 있는 구조로 한다

2. 시·자치구 수방대책본부의 원격모니터링 시스템 구성

시·자치구 수방대책본부에서 원격모니터링 할 수 있는 시스템 구성하기 위하여 자치구에서는 구청옥상에 강우량 측정기기를 설치하고, 건축물에 빗물저류조를 20개동에 설치하도록 허가할 때 수방대책본부에 원격모니터링 시스템을 구성하며, 시에서는 수방대책본부 옥상에 강우량 측정기기를 설치하고, 5개 자치구에서 원격모니터링 시스템 구성할 때 통합 원격모니터링 시스템을 구성한다.

(공동주택 빗물받이 시설 설치)

제8조 공동주택 발코니 및 다용도실에 빗물 흠통을 설치할 때에는 빗물 흠통에 빗물받이를 설치하는 방안을 마련하여 단계별로 추진한다.

1. 서울시 도시개발공사에서 시행하는 공동주택은 빗물흠통을 발코니 또는 다용도실에 설치할 때 빗물흠통에 시범적으로 빗물받이 설치계획을 수립 설치하도록 한다.

2. 민간부분에서 건축하는 공동주택 발코니 등의 빗물흠통에 빗물받이 설치를 권장하여 빗물을 이용할 수 있도록 한다.

(빗물저류조 등의 유지관리)

제9조 빗물저류조, 우수이용시설, 노지저류조의 시설은 다음 각호의 기준에 따라 관리하여야 한다.

1. 빗물저류조, 우수이용시설, 노지저류조의 시설관리자는 시·구에서 실시하는 원격모니터링에 지장이 없도록 관리하여야 하며, 시·구에서 수해예방을 위해 빗물 담수 및 배출을 요구 받을 때에는 이에 응하여야 한다.

2. 빗물 시설 관리자는 수방대책 전용으로 빗물저류조를 설치할 경우에는 빗물저류조를 항시 비워두며, 강우량 계기를 설치하여 강우량이 시간당 50mm 이상일 경우에 담수하도록 시스템을 구성한다.

3. 빗물을 이용하는 빗물저류조로 설치할 경우에는 우수이용시설을 항시 1/2은 비워두며, 빗물을 이용하는 시설이므로 초기 빗물인 산성비를 배제하기 위하여 초기우수 배제장치나 강우량계를 설치하여 일정량(예, 시간당 10mm정도)의 초기 우수를 배제한 후 담수하는 시스템으로 구성한다.

4. 빗물 배관은 음용 등 다른 용도에 사용되지 아니하도록 하며, 유지관리 등을 위해 상수도, 가스공급 등의 다른 배관과 구별할 수 있도록 표시(예, 색상은 녹색)한다.

5. 빗물 탱크 및 관련시설 등은 연 2회 이상 주기적으로 점검하고 이물질 제거

등 청소를 하여야 한다.

6. 빗물이용시설의 관리자는 관리대장을 만들어 빗물 담수 및 배출량, 빗물사용량, 누수 및 정상가동 점검, 청소일시 등을 기재하여야 한다.

(우수의 지하침투의 추진)

제10조 시는 도시환경의 개선을 도모하기 위하여 지역수 순환의 재생이라는 관점에서 빗물저류조 및 우수이용시설의 추진과 더불어 우수의 지하침투를 추진해 나가도록 한다.

(기타)

제11조 이 지침에 정한 것 외에 빗물저류조, 우수이용시설, 노지저류조에 관해 필요한 사항은 별도로 정한다.

부칙

이 지침은 2004년 3월 1일부터 적용한다.

첨부

첨부의 자료가 이 지침을 수행하는데 참고 할 수 있다.

부록2. 제주도 빗물이용시설 등의 시설 및 관리 기준

(제주도고시 제 2004-33호(2004년 9월 8일))

제1장 총칙

제1조 (목적) 이 기준은 제주국제자유도시특별법(이하 “특별법”이라 한다) 제33조의2제3항 및 같은 법 시행조례 제45조의2제5항의 규정에 의한 빗물이용시설 등의 시설 및 관리기준에 관한 사항과 권장대상 빗물이용시설 등에 대한 시설비 보조에 관한 사항 등을 정하는데 그 목적이 있다.

제2조 (적용대상) 다음 각호의 1에 해당하는 시설은 이 기준에서 정하고 있는 시설 및 관리기준을 준수하여야 한다.

1. 특별법 시행조례 별표9의3의 규정에 의한 의무적 설치대상의 빗물이용시설이나 권장대상의 빗물이용시설, 지하수 인공함양 저류지, 지하수 인공함양정

2. 이 기준 시행일 이전 종전의 규정에 의해 시설된 지하수 인공함양정 또는 빗물이용시설. 다만, 시설상 중대한 결함 또는 하자가 없는 경우에는 관리 기준만을 적용한다.

3. 토목공사 등을 위해 일시적으로 빗물을 배제할 목적으로 설치하는 우수 침투시설

제3조 (용어의 정의) 이 기준에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

1. “빗물이용시설”이라함은 빗물을 조경용수·청소용수·농업용수·공업용수 등으로 이용하기 위한 빗물저류시설 또는 저장시설로서 다음과 같이 구분한다.

가. 대형 빗물이용시설 : 의무적 설치대상 사업장에 시설하는 빗물이용시설

나. 소형 빗물이용시설 : 권장대상의 빗물이용시설

2. “지하수 인공함양 저류지”란 빗물이나 지표수를 한 곳으로 모아 지하로 침투시키기 위한 저류·침투시설을 말한다.

3. “지하수 인공함양정”이란 시설물 또는 건축물의 지붕에 떨어지는 빗물을 집수해 지하로 침투시키기 위한 굴착정(掘鑿井) 및 그 부대시설을 말한다.

4. “의무적 설치대상”이란 특별법 시행조례 별표9의3에 규정된 대상으로서 사업시행자가 부지여건·시설물 배치계획 등을 감안하여 빗물이용시설이나 지하수 인공함양저류지 중 1개 종류이상의 시설을 의무적으로 설치·운영하여야 하는 대상을 말한다.
5. “권장대상”이란 특별법 제33조의2제2항 및 같은 법 시행조례 제45조의2제2항의 규정에 의하여 시설비의 일부를 보조할 수 있는 대상을 말한다.
6. “초기 우수 배제시설”란 강우 초기에 빗물 속에 포함되는 분진·먼지·산성물질 등을 배제하기 위한 시설을 말한다.
7. “이물질 여과장치”란 빗물에 섞여 있는 낙엽·나뭇가지 등의 이물질을 초기 우수 배제시설이나 지하수 인공함양정 또는 빗물이용시설(권장대상)로 유입되는 것을 막아주는 여과장치를 말한다.

제2장 빗물이용시설 등의 시설기준

제4조 (대형 빗물이용시설의 시설기준)

- ① 대형 빗물이용시설의 바닥면은 침하가 발생하지 않도록 장비를 이용하여 다짐처리를 충분히 하여야 한다.
- ② 빗물을 효과적으로 저류·이용하기 위하여 바닥 및 사면에서 누수가 발생되지 않도록 철저히 시공하여야 한다.
- ③ 집중강우 등으로 유입량이 최대 저류용량을 초과할 경우를 대비하여 월류관 등의 시설을 설치하여야 한다. 월류시설은 저류시설의 계획 저류량을 초과하는 최대수위 상단부에 위치하도록 시설하여야 하며, 월류된 빗물로 인하여 하류지역에 침수·유실 등의 피해가 발생하지 않도록 시공하여야 한다.
- ④ 정화처리 되지 않은 오·폐수가 빗물이용시설로 유입되지 않도록 설계·시공하여야 한다.
- ⑤ 폭기장치 또는 물 순환장치를 설치하여 녹조 등이 발생하지 않도록 하여야 한다.
- ⑥ 빗물 이용량을 계측할 수 있는 적산유량계 등의 측정 장치를 설치하여야 한다. 동일 사업장에 1개 이상의 빗물이용시설을 설치해 이용하는 경우에는 각 시설별로 이용량 측정 장치를 설치하여야 한다.

⑦ 빗물이용시설 설치공사에 사용되는 모든 자재는 한국산업규격(KS)에 적합하여야 한다.

⑧ 대형빗물이용시설의 시설규모는 특별법 시행조례 제45조의2 제4항(별표 9의4)의 규정에 의해 산정하되, 중수도시설에 의한 재이용 용수량은 일최대 용수수요량에 포함하지 아니한다(예시 ; 일최대 용수수요량 3,000톤에 중수도 시설에 의한 재이용 용수량 100톤/일이 포함된 경우, 저류시설 용량은 2,900톤 × 0.2 × 250일 = 145,000톤이 됨).

제5조

(지하수 인공함양 저류지의 위치 제한 등)

① 다음 각호의 1에 해당하는 경우에는 지하수 인공함양 저류지를 시설하여서는 아니 된다.

1. 사업장 내에서 발생하는 오염물질이 유입될 우려가 있는 부지 하류 또는

중류지역

2. 설치 예정지점 상류 집수구역 내에 오염물질을 배출하는 점 및 비점오염원이

산재되어 오염물질의 혼입이 예상되는 경우

3. 설치 예정지점 하류에 위치한 상수원의 수질이나 건축물·시설물의 안정성에

영향을 미칠 우려가 높다고 판단되는 경우

4. 기타 주변 환경이나 생태계에 현저한 영향을 미칠 것으로 예상되는 경우

② 지하수 인공함양 저류지를 설치하고자 하는 자는 다음과 같은 기초조사를 사전에 실시하고, 타당성 여부를 검토·결정하여야 한다.

1. 수문지질조사

집수구역의 토지이용, 지형, 구성지질, 기상, 강수량 등에 대한 사항을 조사하고,

집수구역의 범위를 설정한다.

2. 잠재오염원 조사

설정된 집수구역 내에 분포하는 점 및 비점오염원의 위치·종류·오염물질 성상 및

발생량·오염물질 처리실태 등을 파악한다.

3. 오염물질 부하량 예측

집수구역 내의 점 및 비점오염원 분포, 토지이용, 유출량 등을 고려하여 지하수

인공함양 저류지 설치 예정지점에서의 오염물질 부하량에 대한 예측을 실시하고,

지하로 침투시켰을 경우 지하수의 수질 등에 미치는 영향을 평가한다.

4. 타당성 결정

상기와 같은 조사 및 검토결과를 근거로 지하수 인공함양 저류지의 설치 타당성에

대해 검토하고, 설치 여부를 결정한다.

제6조 (지하수 인공함양 저류지의 시설기준)

① 정화처리 되지 않은 오·폐수가 저류지로 유입되지 않도록 설계·시공하여야 하며, 바닥면과 사면은 물의 침투가 잘 이루어질 수 있도록 시공하여야 한다.

② 집중강우 등으로 유입량이 최대 저류용량을 초과할 경우를 대비하여 월류관 등의 시설을 설치하여야 한다. 월류시설은 저류시설의 계획 저류량을 초과하는 최대수위 상단부에 위치하도록 시설하여야 하며, 월류된 빗물로 인하여 하류지역에 침수·유실 등의 피해가 발생하지 않도록 시공하여야 한다.

③ 유입수 중의 토사나 부유물질 등이 저류지내로 유입·퇴적되는 것을 방지하기 위하여 침전 또는 여과시설을 갖추어야 한다.

④ 저류지로 유입되는 수량을 계측할 수 있는 계량장치와 저류지의 수위를 목측할 수 있는 수위표를 설치하여야 한다.

⑤ 지하수 인공함양 저류시설 설치공사에 사용되는 모든 자재는 한국산업규격(KS)에 적합한 것이어야 한다.

제7조 (지하수 인공함양정의 설치 위치 제한)

다음 각호의 1에 해당하는 경우에는 지하수 인공함양정 시설을 설치하여서는 아니 된다.

1. 설치 예정지점이 정화조·유류저장시설(지하 및 옥외시설을 포함한다)·하수관·축산분뇨 저장시설·폐기물 집하장 등 오염원에 근접해 있는 경우

2. 설치 예정지점 하류에 위치한 상수원의 수질이나 건축물·시설물의 안정성에 영향을 미칠 우려가 높다고 판단되는 경우

3. 오염방지 채움그라우팅 시공심도를 20m 이상 확보하기 어려운 경우

4. 설치 예정지점이 지형적으로 낮아 침수될 우려가 높은 경우.
다만, 지하수 인공함양정 설치 지점을 성토작업 등을 통하여 침수방지가 가능한 경우에는 그러하지 아니한다.

5. 설치 예정지점 주변에 지속적으로 분진·먼지 등을 발생시키는 시설물 또는 사업장이 있거나, 건축물 또는 구조물의 지붕 재질이 변질 등으로 인하여 오염물질이 용해될 우려가 있는 경우

제8조 (지하수 인공함양정의 시설기준)

지하수 인공함양정은 빗물 집수시설, 이물질 여과장치, 초기 우수 배제시설, 인공함양정, 인공함양정 보호시설 등으로 구성하며, <별표1> 및 <별표2>의 기준에 적합하도록 시공하여야 한다.

제9조 (지하수 인공함양정의 굴착공사)

① 지하수 인공함양정을 설치하고자 하는 자는 측량법 제39조의 규정에 의해 등록한 측량업자 또는 GPS(Global Positioning System)에 의해 설치지점의 표고와 좌표를 측정하고, 준공신고 때 제출하여야 한다.

② 함양정 착정공사를 실시하기 이전에 착정 지점을 중심으로 사방 3m × 3m 지역의 토사를 제거한 후 최소 40cm 이상 두께(지상부 10cm 이상, 지하부 30cm 이상)로 무근 콘크리트(이하 “콘크리트”라 한다)를 타설하여 기초를 견고하게 하여야 한다. 토사층의 두께가 두꺼운 경우에는 콘크리트 타설 두께를 50cm 이상으로 한다.

③ 함양정의 굴착구경은 최소 250mm 이상이어야 하며, 굴착심도는 자연수위를 초과하지 않아야 한다. 자연수위는 『제주도 수문지질 및 지하수자원종합조사(3) 보고서(2003. 12, 제주도·한국수자원공사)』의 등수위선도를 참고한다. 만약, 함양시키고자 하는 빗물의 양이 많아 동일 부지에 함양정을 1개 이상 설치하고자 하는 경우에는 심도를 달리하는 것이 좋으며, 이 경우에도 굴착심도는 자연수위를 초과하지 않아야 한다.

④ 지표 또는 지층 중단을 통해 탁수 등 수질이 불량한 물이 함양정으로 유입되는 것을 방지하기 위하여 채움그라우팅 시공을 실시하여야 한다. 채움그라우팅 심도는 지역 여건에 따라 증감할 수 있으나 <별표3>의 표고별 최소 기준을 충족시켜야 하며, 채움그라우팅 두께(굴착공 벽과 케이싱 파이프 외벽 사이)는 최

소 7cm 이상 되어야 한다.

⑤ 채움그라우팅을 실시할 심도까지 굴착한 후 그라우팅 재료로 채운 후 최소 48시간 동안 양생시킨 다음 재굴착을 하여 계획 심도까지 굴착공사를 실시한다. 채움그라우팅을 실시한 하부 구간은 KS규격 이상의 수도용 PVC 또는 스테인레스 스틸 제품의 스크린(개공율 17% 이상, 개공부의 크기 1.0~2.0mm)으로 설치하여야 한다. 다만, 지층상대가 양호하여 스크린을 설치하지 않아도 무방하다고 판단되는 경우에는 나공(open hole) 상태로 유지할 수 있다. 채움그라우팅에 사용되는 그라우트 재료는 체적상 3%의 벤토나이트를 함유한 시멘트·모래 혼합물을 기준으로 하며, 물과 혼합물의 중량비는 물 : 혼합물 = 1 : 2 이상으로 한다.

제10조 (지하수 인공함양정의 집수시설)

① 빗물받이 시설은 녹이 슬지 않도록 처리된 재질이어야 하며, 빗물받이에서 함양정으로 연결하는 파이프는 KS규격 이상의 플라스틱 제품이어야 한다.

② 빗물받이와 함양정 보호시설 사이 구간에 설치되는 파이프는 가급적 수직을 유지하도록 시설되어야 하며, 낙엽·나뭇가지 등 이물질을 걸러낼 수 있는 여과장치(이하 “이물질 여과장치”라 한다)를 설치하여야 한다.

③ 이물질 여과장치 하단에는 초기에 내리는 빗물을 배제시킬 수 있는 시설(이하 “초기 우수 배제시설”이라 한다)을 <별표2>와 같이 설치하여야 한다. 초기 우수 배제시설은 최소 5㎡ 이상의 플라스틱 재질의 물통으로 하며, 초기 우수가 채워지고 난 후 인공함양정으로 역류되는 것을 방지할 수 있는 장치를 설치하여야 한다.

제11조 (지하수 인공함양정 보호시설)

① 인공함양정 보호시설은 상부보호시설, 덮개, 정류·침전조 등으로 구성한다.

② 상부보호시설은 가로 150cm × 세로 150cm × 높이 100cm 이상의 콘크리트 또는 벽돌(블록)로 설치한다. 보호시설의 두께는 15cm 이상이어야 하며, 벽돌이나 블록으로 만드는 때에는 내부·외부·바닥면을 통해 물이 스며들지 못하도록 완벽하게 차수 처리해야 한다.

③ 상부보호시설 외곽 주변은 물이 잘 배수되도록 콘크리트로

환경사 처리하여야 하며, 인공함양정이 위치한 바닥면은 수평을 유지하여 빗물이 고이지 않도록 하고, 제1정류판과 제3정류판 사이의 침전·저류조 하단부에는 밸브가 달린 배수관을 설치하여 수시 청소가 가능하도록 하여야 한다.

④ 덮개는 상부보호시설을 완전히 덮을 수 있는 크기이어야 하며, 스테인레스 등의 견고한 재질로 제작하고, 용접부위는 녹 방지 도색처리를 하여야 하며 잠금장치를 부착해야 한다.

⑤ 집수된 빗물이 인공함양정으로 유입될 때 와류가 발생하는 것을 방지하기 위하여 정류판을 설치하여야 한다. 정류판은 두께 4mm 이상의 스테인레스 재질로 하고, 제1정류판의 높이는 빗물 유입구(파이프)의 높이와 같아야 한다.

⑥ 집중강우 등으로 일시에 많은 빗물이 유입되어 함양정의 침투능력을 초과할 경우를 대비하여 보호시설 상단부에 배수관을 설치하여야 한다.

⑦ 보호시설 내부(바닥 포함) 및 외부는 에폭시 방수액 또는 이와 유사한 방수액으로 마감 처리한다.

제12조 (소형 빗물이용시설의 집수 가능량 산정)

① 소형 빗물이용시설의 시설규모는 빗물이용 계획량·용도·집수면적(지붕면적)·강우량 등을 고려하여 시설자가 결정하되, 저류용량이 최소 10㎥ 이상 되어야 제17조의 규정에 의한 보조금을 받을 수 있다.

② 빗물 집수 가능량은 다음의 식에 의해 산정하며, 집수면적과 강우량에 따른 빗물 집수 가능량은 <별표4>와 같다.

$$\text{빗물 집수 가능량(㎥)} = \text{집수면적(㎡)} \times \text{강우량(mm)} \times 0.9(\text{유출계수}) \div 1,000$$

제13조 (소형 빗물이용시설의 시설기준)

① 소형 빗물이용시설은 빗물받이를 포함하는 집수시설, 저류시설, 이물질 여과장치, 초기 우수 배제시설, 저류시설 덮개 등으로 구성하며, <별표5>의 기준에 적합하도록 시설하여야 한다. 다만, 빗물을 화장실 세정수, 소화용수, 수영장 용수 등으로 이용하고자 하는 경우에는 침전조, 소독시설, 급수설비 등을 추가적으로 설치하여 불쾌감이나 보건위생상의 문제가 없도록 하여야 한다.

- ② 빗물받이 시설은 녹이 슬지 않도록 처리된 재질이어야 하며, 빗물받이에서 저류시설로 연결하는 파이프는 KS규격 이상의 플라스틱 제품이어야 한다.
- ③ 빗물받이와 저류시설 사이 구간에 설치되는 파이프는 가급적 수직을 유지하도록 시설하여야 하며, 이물질 여과장치를 설치해야 한다.
- ④ 이물질 여과장치 하단에는 최소 5㎥ 이상의 초기 우수 배제 시설을 설치해야 한다.
- ⑤ 빗물 저류조는 부지여건에 따라 콘크리트 구조물로 만들거나 품질인증을 받은 플라스틱 또는 기타 재질의 완제품 저류조를 사용하여야 하며, 저류조는 지상이나 지하에 설치할 수 있다. 다만, 지하에 설치하는 경우에는 전체 저류조 높이의 1/3이 지상에 돌출되도록 시설하여야 하고, 저장된 빗물을 퍼 올려 사용하기 위한 펌프 및 배관시설 등 필요한 설비를 갖추어야 하며, 배수관에는 밸브와 적산 유량계를 부착하여야 한다.
- ⑥ 콘크리트 저류조에는 녹방지 처리가 된 철재 또는 스테인레스 재질의 덮개시설을 갖추어야 하며(용접부위는 녹방지 도색처리 해야 함), 청소 및 점검 등이 용이하도록 개구부가 있어야 하고, 잠금장치를 부착하여야 한다. 다만, 플라스틱 또는 기타 재질의 완제품 저류조를 사용하는 경우에는 별도의 덮개시설을 하지 않아도 된다.
- ⑦ 빗물을 화장실 세정수, 소화용수, 수영장 용수 등으로 이용하고자 하는 경우에는 급수설비를 갖추어야 한다. 이 경우, 모든 급수설비는 식별이 잘 될 수 있도록 적색계통의 페인트칠을 하고, 빗물 급수설비임을 알리는 표식을 중요 부분마다 설치·제시하여야 한다.
- ⑧ 저류시설 용량을 초과하는 빗물이 유입될 경우를 대비하여 저류시설 상단부에 배수관을 설치하고, 저류시설의 하단부에는 밸브 및 적산 유량계(수도용 계량기)가 달린 배수관을 설치하여야 한다.
- ⑨ 소형 빗물이용시설과 연계시켜 지하수 인공함양정을 설치해서는 안 된다.

제3장 빗물이용시설 등의 관리기준

제14조 (일반적 관리사항)

- ① 대형 또는 소형 빗물이용시설 및 지하수 인공함양정 등을 설치한 자는 <별표6>의 기준에 따라 시설물 및 설비 등에 대한 정기적인 점검·순찰·보수·청소 등을 실시하고, 시설물의 유지관리에 최선을 다하여야 한다.
- ② 대형 빗물이용시설 또는 지하수 인공함양 저류지를 설치·운영하는 자는 관련분야(토목시공·수질관리 등 건설 및 환경분야)를 전공한 유자격자를 관리자로 지정하고, 시설물의 기능유지와 안전관리에 철저를 기하여야 한다.
- ③ 집중강우 및 태풍 등 기상특보를 전후하여 시설물에 대한 점검 및 청소를 반드시 실시하여 토사·낙엽·쓰레기 등으로 빗물 유입관로·집수시설·인공함양정 등이 막히거나, 인공함양정 내로 더러운 물이 침투되지 않도록 하여야 한다.
- ④ 소형 빗물이용시설과 지하수 인공함양정에 설치된 초기 우수 배제시설내 저류된 빗물을 주기적으로 배수시켜 초기 우수를 효과적으로 배제시킬 수 있도록 관리에 만전을 기하여야 한다.
- ⑤ 집수시설·빗물 유입관로·이물질 여과장치·배수관 등 시설물이 파손되거나 고장 등이 발생하였을 때에는 신속하게 보수하여 기능이 정상적으로 유지·운영될 수 있도록 하여야 한다.
- ⑥ 소형 빗물이용시설 저류조를 농약살포용 등 다른 용도로 사용해서는 안 된다.
- ⑦ 이 기준에 의해 설치한 빗물이용시설 등에는 <별표7>의 기준에 적합한 안내문을 설치·관리하여야 한다.

제15조 (빗물 이용량 등의 기록 및 보고 등)

- ① 대형 빗물이용시설과 지하수 인공함양 저류지를 시설한 자는 빗물이용량 또는 지하수 인공함양량(빗물 지하 침투량) 등을 측정·기록하여야 한다.
- ② 대형 빗물이용시설을 설치·운영하는 자는 빗물 이용량을 <별지1>의 서식에 의해 1일 단위로 기록하고, 매월 10일까지 전월 이용량을 도지사에게 보고하여야 한다. 지하수를 빗물이용시설의 빗물과 함께 섞어 이용하는 경우에는 관정별 지하수 양수량을 함께 기록해야 한다. 만일, 저류지 최대 저류용량을 초과하는 빗물이 유입되어 월류관을 통해 빗물이 배수되는 경우에는

월류가 시작된 때부터 끝날 때까지의 시간을 기록해야 한다.

③ 지하수 인공함양 저류지를 설치·운영하는 자는 <별지2>의 서식에 의해 강우사상별로 빗물 유입량과 빗물 유입 후 지하 침투할 때까지 걸린 시간을 기록하고, 분기별로 도지사에게 보고하여야 한다. 만일, 저류지 최대 저류용량을 초과하는 빗물이 유입되어 월류관을 통해 빗물이 배수되는 경우에는 월류가 시작된 때부터 끝날 때까지의 시간을 기록해야 한다.

④ 소형 빗물이용시설을 설치·이용하는 자는 월별 빗물 이용량을 <별지3>의 서식에 기록해 관리하여야 한다.

제16조 (지하수 인공함양정의 원상복구 등)

① 부득이한 사유로 인하여 지하수 인공함양정을 더 이상 이용할 수 없게 되었을 때에는 <별지4>의 서식에 의거 도지사에게 원상복구를 신고하고, 신고일부터 10일 이내에 제주도 지하수 개발·이용시설 기준에 적합하게 원상복구 조치해야 한다.

② 지하수 인공함양정 원상복구 신고서가 접수된 때에는 기간을 정하여 원상복구 조치토록 하고, 관계 공무원은 이행여부를 확인하여야 한다.

③ 지하수 인공함양정 관리실태에 대한 조사를 연 2회 실시하고, 관리상태가 불량한 경우에는 시정명령 등 필요한 조치를 즉시 취하여야 한다.

④ 도지사의 시정명령 등을 이행하지 아니하는 때에는 지적사항이 시정될 때까지 시설폐쇄 등의 조치를 취하고, 계속해서 이행하지 아니하는 때에는 원상복구토록 조치해야 한다.

제4장 빗물이용시설 등에 대한 시설비 보조기준

제17조 (시설비 보조대상)

도지사는 특별법 제33조의2제2항 및 같은법 시행조례 제45조의2제2항의 규정에 의한 권장대상 빗물이용시설이나 지하수 인공함양정을 이 기준에 적합하게 설치·운영하는 자에게 그 시설비의 일부를 예산의 범위 안에서 보조할 수 있다. 다만, 다음 각 호의 1에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다.

1. 설치 예정지가 도시개발사업 또는 기타 개발사업에 포함되었거나 포함될 예정인 경우

2. 10㎡ 이하의 빗물이용시설을 설치한 경우
3. 500평(약 1,650㎡) 이하 집수면적의 빗물을 인공함양 시키는 경우
4. 일시적으로 빗물을 배제하기 위한 목적으로 설치한 침투시설인 경우

제18조 (시설비 보조금액의 범위)
제17조의 규정에 의한 시설비 보조금액은 총공사비의 100분의 70 이하로 하며, 도지사는 예산액을 고려하여 당해 년도에 시행되는 시설에 대한 보조금 지급비율을 매년 1월말까지 정하여야 한다.

제19조 (시설비 보조금 지급신청)
① 특별법 시행조례 제45조의2 제3항의 규정에 의한 빗물이용시설등의 준공신고를 완료한 자는 준공일로부터 30일 이내에 다음 각호의 1의 서류를 첨부하여 도지사에게 보조금 지급을 신청하여야 한다.

1. 빗물이용시설 설치 보조금 지급 신청서(<별지5>의 서식)
2. 빗물이용시설등의 설치공사 준공필증
3. 총공사비 내역(공종별로 상세한 내역을 작성한다)

② 제1항의 규정에 의한 보조금 신청인 및 수령인은 특별법 시행조례 제45조의2제3항의 규정에 의한 빗물이용시설 설치 신고자이어야 한다. 다만, 신청자가 사망 등의 사유로 변경이 불가피한 때에는 배우자 또는 직계비속으로 한다.

③ 도지사는 제1항의 규정에 의해 신청한 총공사비가 불합리하다고 판단될 때에는 신청인에게 시공업체에서 발급한 세금계산서(부가가치세 신고용) 등 필요한 서류의 제출을 요구할 수 있다.

제20조 (시설비 보조금 지급)
① 도지사는 제19조의 규정에 의해 신청한 보조금 신청사항이 타당하다고 인정될 때에는 제18조의 규정에 의한 보조금을 신청일로부터 30일 이내에 지급하여야 한다.

② 제1항의 규정에 의한 보조금은 신청인에게 계좌입금하고, 관계 공무원은 보조금 지급대장을 관리하여야 한다.

- 제21조** (시설비 보조금의 환급조치)
도지사는 다음 각호의 1에 해당하는 때에는 기간을 정하여 보조금의 일부 또는 전액을 환급 조치할 수 있다.
1. 부정한 방법에 의해 보조금을 과다하게 지급받은 경우
 2. 정당한 사유없이 보조금을 지급받은 후 3월 이내에 빗물이용 시설 또는 지하수 인공함양정을 폐쇄시켜 이용하지 않는 경우
 3. 당초 목적대로 이용하지 않아 시설물 폐쇄 또는 원상복구 조치 명령을 받은 경우

부칙

제1조 (시행일) 이 기준은 고시일부터 효력을 발효한다.

제2조 (경과조치) 이 기준 시행일 이전에 이 법 또는 다른 법률의 규정에 의해 설치된 빗물이용시설 등은 이 기준에서 정하는 시설 기준을 적용하지 아니한다. 다만, 다음 각호의 1에 해당하는 경우에는 이 기준을 적용한다.

1. 대형 빗물이용시설에 관한 시설기준 중 빗물 이용량 계량 장치의 설치
2. 시설상 중대한 결함 또는 하자가 있는 지하수 인공함양정의 시설보완
3. 제14조 내지 제16조의 규정에 의한 관리기준에 관한 사항

시정연 2005-R-20

빛물관리시설의 운영과 유지관리 방안

-망우산과 서울숲공원을 중심으로-

발 행 인 강 만 수

발 행 일 2005년 11월 16일

발 행 처 서울시정개발연구원

137-071 서울시 서초구 서초동 391번지

전화 (02)2149-1169 팩스 (02)2149-1199

값 0000원 ISBN 00-0000-000-0-00000

본 출판물의 판권은 서울시정개발연구원에 속합니다.