



빗물이용과 중수도 설비 설계 사례

빗물이용과 중수도 설비에 대하여 제주 월드컵경기장과 금융감독원의 설계 사례를 소개하고자 한다.

박 승 훈

(주)우원 M&E 부설연구소(bejjang@wwnme.com)

개요

빗물을 이용하면 새로운 수자원을 확보한다는 장점과 더불어 정수처리비용의 절감, 값싼 용수의 생산 또한 우리나라에서 여름철에 발생하는 일일 최대급수량, 시간별 최대급수량의 문제점을 해결하는 방안 등의 이익을 얻을 수 있다. 저장된 빗물을 소방용수로 사용할 수도 있고, 또한 빗물을 저장함으로써 홍수를 예방하고 초기 빗물에 의한 수계의 수질오염을 방지할 수도 있다.

우리나라는 2001년 3월 수도법 개정으로 종합운동장, 실내체육관 등 지붕면적이 2,400m²이상이고, 좌석수가 1,400석 이상인 체육시설에 대해 빗물이용 시설의 설치가 의무화되었다. 빗물이용을 장려하기 위해서는 빗물이용시설 설치 관련 재정지원이나, 수도요금 현실화와 같이 국민이 체감할 수 있는 제도가 선행되어야 할 것이다. 또한 산성비 문제 등 빗물의 오염과 처리기술상 문제 등으로 빗물이용이 조경용이나 화장실용 등에 국한되고 있어, 빗물이용 기술의 향상이 요구된다.

〈표 1〉 국내 월드컵경기장 빗물이용 시설현황

구 분	집수면적(m ²)	저류조 용량(m ³)	용 도
인 천	17,500(지붕면적)	600(300×2기)	조경용수
대 전	7,140	200	잔디살수용
전 주	23,810(지붕면적)	710(500m ² +210m ²)	잔디살수용, 소방용수
수 원	425,500(부지면적)	24,500	재해방지용수

〈표 2〉 기타 빗물이용 시설현황

구 분	시설규모	용 도	비 고
서울대학교 (대학원 기숙사)	200ton 규모 빗물저장탱크	화장실용수, 조경용수	신축중
갈매중학교 (경기도 의왕시 소재)	60ton 규모 저장조 2기	조경용수, 청소용수	2002년 11월 완공

주)

1) 제2회 빗물모으기 운동 국제워크샵(대한상수도학회 빗물이용연구회, 2002.8)

또한 빗물이용법과 더불어 수자원 절약 차원에서 시행되고 있는 방법이 중수도 설비이다. 이는 상수도 와 하수도의 중간에 위치한다는 뜻에서 비롯된 말로, 주로 수세식 화장실용수, 에어컨 냉각용수, 청소용수, 세차용수, 살수용수, 조경용수(연못, 분수 등) 및 소방용수 등 잡용도에만 쓰이기 때문에 잡용수라고도 한다.

중수도는 수돗물 소비량을 줄이고 하수 발생량을 감소시켜 수질보전의 효과를 얻을 수 있고, 수돗물 공급량 감소로 댐 건설수요를 줄일 수 있으며, 갈수기에 물 부족으로 인한 어려움을 덜 수 있다.

우리나라는 1991년 수도법에서 중수도 체도를 신설하여 물을 다량으로 사용하는 시설물에 설치를 권장하고 있다. 1994년부터는 조세감면규제법에 의거, 중수도 설치자에 대하여는 조세감면을 받을 수 있게 하였다.

빗물이용 시설 현황

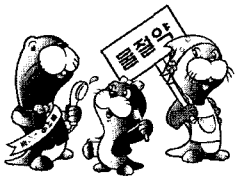
국내의 빗물이용 사례 현황을 살펴보면 표 1~표 3과 같다¹⁾.

제주 월드컵 경기장 빗물이용 설계 사례

빗물을 이용한 설계 사례 중에는 주로 경기장 건물

〈표 3〉 외국의 빗물이용 사례

국명	이용사례
일본	동경시내 750여개 공공건물과 개인주택에 빗물이용시설 도입
대만	경작용 빗물저장소 3,800여개 수용능력 14만톤, 이용량 500만톤 이상 도시빗물 집수장치 저수용량 약 2만톤, 연평균 대체용량 약 70만톤
독일	종합적인 지역단위 빗물이용 시스템 이용



이 많이 있다.

그 중에서 (주)우원 M&E가 설계한 제주 월드컵 경기장을 예로 들어 빗물 이용 설비의 사례를 소개하고자 한다.

경기장의 특성상 지붕면을 통한 빗물의 채수가 용이하고, 처리비용이 저렴한 빗물이용설비를 적용하여 잡용수로 사용함으로써 자연에너지의 이용과 수자원의 절약에 도모하는데 그 목적을 두고 있다.

음용수를 제외한 모든 계통에 빗물처리설비를 도입할 수 있으나, 본 경기장에서는 경기장계통의 세정용수와 일반조경용수(잔디살수용 제외)로 제한하여 이용하였다.

그림 1은 본 경기장에 사용된 빗물처리의 개요를 보여준다.

빗물은 수질이 양호하여 간단한 여과장치에 의하여 처리가 가능하다.

그림 2는 빗물처리의 흐름을 보여주고 있다.

본 경기장 빗물이용 설계의 기준은 표 5와 같다.

빗물은 처리가 용이하고 처리비용이 저렴하여 적극 이용하도록 계획하며, 폭우시에는 침사조에서 오버

플로우(over flow)한다. 빗물의 사용기간은 경기가 없는 12월부터 다음 3월까지의 사용량도 적을 뿐 아니라 산성 성분이 많고 먼지 등의 불순물질이 함유되므로 이용하지 않고 시즌중(4~11월)에만 사용하며 부족분은 심정에서 공급되는 정수를 사용한다.

각각의 조 용량 설계기준은 표 6~8과 같다.

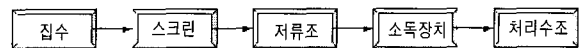
용수별 사용량 산출근거로는 인원수에 의한 방법을

<표 5> 제주 월드컵 경기장 빗물이용 설계 기준

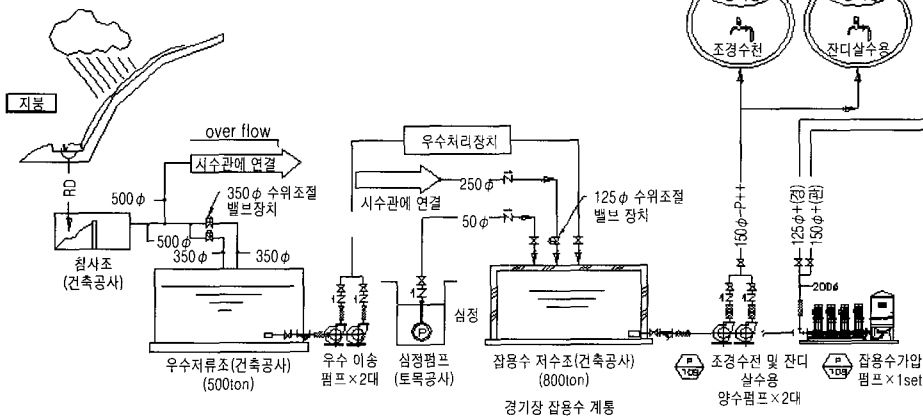
시설물	설계 기준	비고
침사조	· 경기장 지붕면적 : 12,706.52m ² · 시간당 최대 강우량 : 100mm/h(추정) · 체류시간 : 30초 · 수면적 부하 : 1.800m ² /m ² · 일	
빗물 저류조	· 체류시간 : 1일 사용량의 24시간 용량 · 처리장 가동시간 : 20시간 · 유량조정비 : 1.5 · 소요공기량 : 0.6AIR. m ³ /빗물 m ³ h	
압력 여과기	· 여과선속도 : 7m/h · 처리장 가동시간 : 20시간	
반응조	· 체류시간 : 15분 · 사용약품 : ALKALI (NaOH) · 교반속도 : 180RPM · 처리장 가동시간 : 20시간	
소독 및 처리수조	· 체류시간 : 1~2시간 · 처리장 가동시간 : 20시간 · 염소 투입량 : 10~30mg/ℓ	
오니 저장조	· 체류시간 : 1일 역세 수량 · 1일 역세 시간 : 10분 · 처리장 가동시간 : 20시간	

<표 4> 세정용수 및 조경용수의 수질기준

수질항목	잔디 살수 용수	조경 용수
대장균 균수	검출되지 않을 것	좌 동
외 관	불쾌하지 않을 것	좌 동
탁 도	5도 이하	좌 동
생물학적 산소요구량	BOD 10PPM이하	좌 동
냄새	불쾌하지 않을 것	좌 동
PH	5.8 ~ 8.6	좌 동
잔류염소	0.2mg/ℓ 이상	-



[그림 2] 빗물처리 흐름도



[그림 1] 빗물처리 개요도



들 수 있다. 이를 근거로 월별 용수 사용량을 구하면 다음과 같다.

- 월별 사용량 :
 - 12월 ~ 2월 : 6.0 ton/일 (시설관리계통 사용량)
 - 3월 : 26.0 ton/일 (시설관리 + 일반조경용수)
 - 4월 ~ 11월 : 26.0 ton/일 (시설관리 + 일반조경용수):비경기일(6회/주): 596 ton/일 (경기일 잡용수 사용량) : 경기시(1회/주)
- 주간최대사용량 : 596 ton/일 + 26.0 × 6 = 752 ≒ 750 ton/일
- 정수(지하수) 일일 사용량 : 140 ton/일 × 0.8 = 112 ton/일

중수이용 시설현황

앞에서는 빗물이용에 관하여 제주 월드컵 경기장의 사례에 대해 언급하였다. 경기장과 같은 넓은 면적을 통해 빗물을 얻을 수 있는 시설에는 빗물이용을 적극 활용할 수 있지만 그렇지 않은 일반 건물에서는 많은 양의 빗물을 얻는다는 것이 쉽지 않다. 따라서 배수를 재 이용한 중수 이용 설비를 통하여 용수의 절감 효과를 도모할 수 있다.

전국의 중수도 시설현황은 2001년 현재 99개소이며, 일일 처리능력은 429천m³이다.

그러나 중수도시설은 설치비와 수도요금의 상대적

<표 6> 유입수량 및 수질

항 목	세 부 사 항	비 고	
1일 유입빗물량(m ³)	120		
수	BOD (mg/ℓ)	유입수 : 10 이하 처리수(예상) : 5 이하	
	유입BOD부하 (kg/일)	1.2	(유입빗물량 × 유입BOD) ÷ 1,000
질	BOD 제거율 (%)	50	(제거 BOD ÷ 유입BOD) × 1,000

<표 7> 설계 오수량

항 목	세 부 사 항	비 고
빗물 저류조	-	
압력 여과기 및 반응조	시간 평균 빗물량	
소독 및 처리수조	시간 평균 빗물량	
오니 농축 저류조	1일 역세 수량	

<표 8> 운전시간

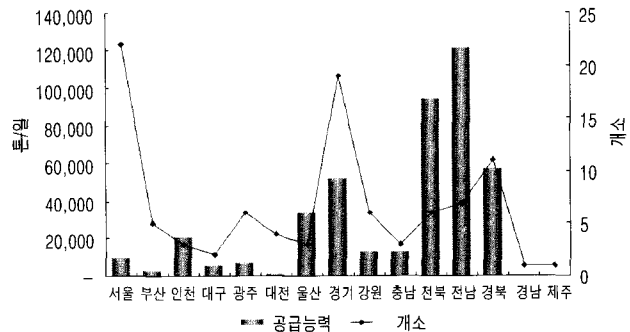
시 설 구 분	운 전 시 간		
	시간/일	시간/월	시간/년
처 리 시 설	20	600(30일)	7,200(360일)

인 수준 등 경제성 문제로 아직까지는 대규모 물사용처에 국한되는 경향이 있다.

그림 3은 국내 중수도의 지역별 공급능력과 그에 대비한 현재의 시설현황을 나타낸 그래프이다.

금융감독원 중수 이용 설비 사례

중수를 이용한 설계 사례 중 (주)우원 M&E가 설계한 금융감독원 건물의 사례를 소개하면 다음과 같다. 중수사용량 및 처리 방법에 관한 설계조건은 다음 표 9, 10에 나타나 있다.



[그림 3] 중수도 지역별 공급능력 대비 시설 현황

<표 9> 설계조건

구 분	설 계 조 건
처리대상인원	인
1일 유입원수량	150 m ³ /일
유입수 B.O.D	150 mg/ℓ
유입수 S.S	150 mg/ℓ
처리수 B.O.D	5 mg/ℓ
처리수 S.S	5 mg/ℓ
B.O.D 제거효율	96.7%
S.S 제거효율	96.7%
1일 유입 B.O.D 발생량	23 kg/일
1일 유입 S.S 발생량	23 kg/일
일 평균 배수 시간(T)	8 h
시설 가동 시간(T')	24 h

<표 10> 1일 평균 배수시간 (h/일)

구 분	배출시간(h)	배출시간(h)
업무용 빌딩	08:00 ~ 18:00	10
관공서/공공빌딩	09:00 ~ 17:00	8
호 텔	07:00 ~ 22:00	12 ~ 15
판매시설	10:00 ~ 20:00	10
기 타	24시 영업등 특수한 경우는 개별 검토	

시간 평균 배수량(m³/h) : Qa = Q ÷ T = 18.75m³/h
시간 최대 배수량(m³/h) : Qm = Qa × 2 = 37.50m³/h



표 11은 중수 이용 시설의 처리 과정을 나타낸 것이다.

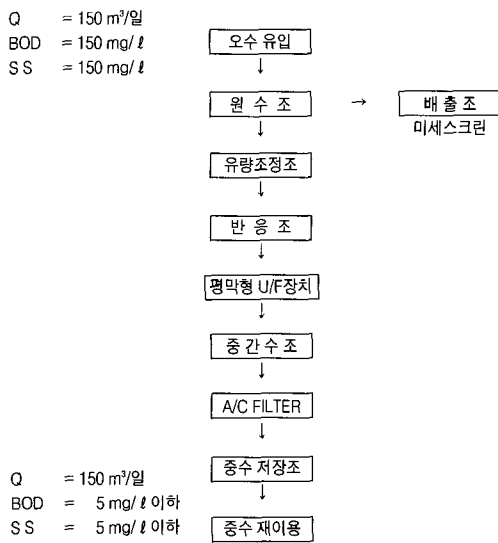
본 건물에서 사용한 중수처리 방식은 표준활성 + 한외여과막(U/F) 방식으로서 폭기조에 접촉여재 충전없이 유기물 분해 후 한외여과막으로 오염원을 제거하는 형식이다. 이는 설치면적이 작고 관리가 용이하며, 간헐운전이 가능하고 유량증가에 대응이 용이한 방식이다.

또 중수처리수질의 기준을 강화하여 BOD 5mg/l, SS 2mg/l 이하로 설계하였다.

빗물이용과 중수 이용의 경제성 효과

빗물이용시 경제성 효과는 용수 사용량의 비교를 통하여 살펴 볼 수 있다. 표 12를 통해 볼 수 있듯이

〈표 11〉 중수계통도

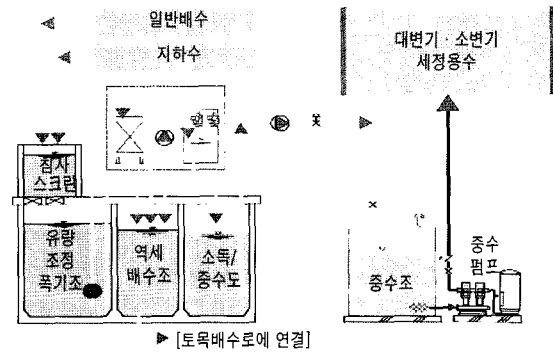


용수 사용량이 가장 많은 4~10월 사이에 빗물과 정수를 이용하면 시수 보충수량이 필요 없음을 알 수 있다. 정수 이용이 불가능할 경우에도 빗물을 이용하면 시수 사용량의 약 70% 정도의 절감효과를 가져올 수 있다.

중수 이용으로 인해 발생하는 에너지 절감 측면에 관한 사항은 장비의 처음 설치부터 폐기단계까지의 LCC분석을 이용하여 산정하였다.

시수+중수의 이용을 선정안으로 하고 이와 비교하기 위하여 시수+정수의 이용을 대비안으로 하여 비용을 산출하였다.

중수 도입시 초기투자비용은 다소 상승하지만 일반



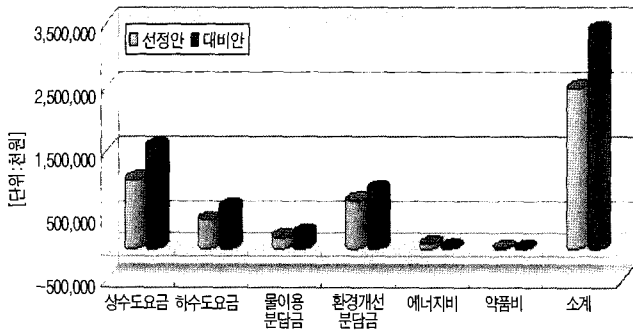
〔그림 4〕 중수 처리 방식

〈표 13〉 중수 이용시 LCC 분석 (단위 : 천원)

구분	시수 + 중수(선정안)	시수 + 정수(대비안)
초기 투자비	기존 장비 폐기비	12,360
	장비+공사비	30,000
	하수도원인자부담금	13,420
	세액공제	-11,250
	소계	55,780
유지 관리 비용	상수도요금	146,880
	하수도요금	59,256
	물이용분담금	21,780
	환경개선부담금	84,574
	에너지비	1,278
약품비	0	
소계	3,388,694	
LCC(15년)	2,902,950	3,444,474

〈표 12〉 경기장계통 잡용수 사용량

구분	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	계
월잡용수 사용량	186	168	806	3,249	3,357	3,249	3,357	3,357	3,249	3,357	3,249	186	27,768
월빗물이용 가능량	-	-	-	2,066	3,143	3,281	3,351	3,706	1,807	658	972	-	18,984
월정수이용 가능량	186	168	806	3,360	3,472	3,360	3,472	3,472	3,360	3,472	3,360	186	28,674
월시수 보충수량	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

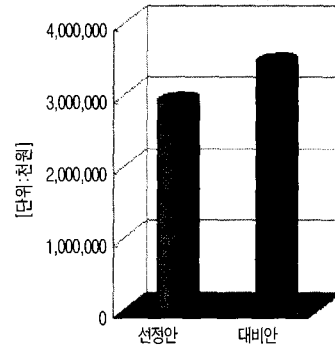


[그림 5] 중수 이용시 유지 관리 비용

배수를 재사용함으로써 상하수도의 운전비용이 절감되는 것을 알 수 있고, 종합적인 검토 결과 중수 이용시 좀 더 경제적인 효과를 얻을 수 있다.

맺음말

세계적인 물 부족 국가로 지정된 현재의 우리나라 여건으로 비추어 볼 때 앞으로는 물을 사용하는데 있어 체계적이고, 계획적인 운영이 있어야 할 것이다. 특히 에너지 절감과 자원 재활용 측면에 있어 빗물과 중수를 사용하는 설비의 사용이 확대되어야 할 것이다.



[그림 6] 중수 이용시 LCC 결과

본문에서는 이러한 이유로 기존의 빗물과 중수를 사용한 건물의 사례를 들고 도입효과에 대하여 언급하였다.

빗물을 이용하는 방법이나 중수를 이용하는 방법 모두 초기 투자비의 상승을 가져오는 것은 사실이나, 건물의 사용수명과 유지관리, 연간 에너지 사용의 측면을 모두 고려해보았을 때, 특히 물사용 절감의 측면을 고려하였을 경우 월등히 경제적인임을 알 수 있다.

추후 일반 건물에서도 빗물을 이용할 수 있는 방법이 모색되어야 할 것이며, 빗물과 중수를 사용하는데 있어 좀 더 깨끗한 용수를 제공할 수 있는 설비의 개발이 요구된다. ●