

공동주택단지에서의 빗물저수조 설치 및 활용방안 연구

A study on the application and construction of a rainwater storage tank in apartment complex.

이 원 열* **정 상 민**** **신 덕***** **이 철 현****** **한 무 영*******
 Lee, Won-Yeul Jeong, Sang-Min Shin, Duck Lee, Chuel-Hun Han, Moo-Young

Abstract

Nowadays, a source of all water, which has been spent by a lot of people, is the rainwater. The rainwater is directly relating human being' life. According to how to use rainwater, human being' life is abundant or poor. Due to the lack of underground filtration quantity, the water circulation of the city is discontinued and the underground ecosystem is destroyed.

This study suggest that the unused underground space of building and temporary structure can be used into rainwater storage tank in the facility to use rainwater. Moreover, in this study, while the building is constructed, It is showed that the water used in construction can be replaced in the rainwater.

키 워 드 : 빗물이용시설, 지하 불용공간, 가설구조물, 빗물저수조

Keywords : Facility to Use Rainwater, Unused underground space, Temporary structure, Rainwater storage tank

1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

최근 물절약, 홍수 방지, 친환경 조성 등을 위한 물관리 방법인 빗물이용을 위하여 아파트나 공공건물에서 빗물저수조를 설치하고 있다. 또한 지방자치단체나 국가소방방재청 등에서는 이러한 빗물저장장치를 의무화 하는 법 및 조례를 준비하고 있다. 이렇듯 빗물이용을 권장하고 이에 대한 기술의 필요성이 강조되어 전 세계적으로 물 문제를 해결하기 위한 첫걸음으로서 빗물이용이 중요시되고 있다.

공동주택에 빗물이용시설을 추가로 설치하는 것은 대부분의 경우 추가 시설비의 부담으로 인하여 분양원가상승의 요인으로 작용하고, 또한 유지관리비의 증대는 주민들에게 관리비의 부담을 주어 대부분의 경우 시설을 만들어 놓고도 사용을 하지 않게 된다. 그럼에도 불구하고 물 부족 문제를 해결하고, 공동주택의 건설로 인해 발생하는 추가 유출로 인하여 하류지역의 홍수피해에 대한 대책을 세우고, 주민들의 늘어나는 친환경요구를 충족시켜야 할 필요가 있다. 특히 정전 등 사고로 인하여 물이 공급이 안 되거나 비상사태가 발생할 때에는 최소한의 인간의 생활을 영위하기 위한 화장실 용수의 공급을 할 수 있는 시설이 절대로 필요하다.

빗물이용시설 중 비용이 가장 많이 드는 빗물저수조는 발상

의 전환으로 별도의 큰 비용을 들이지 않고도 만들 수 있다. 따라서 본 연구에서의 제시할 빗물이용시설의 새로운 아이템은 다음과 같다.

첫째, 공동주택 건물 하부에는 사용하지 못하는 공간이 내력벽 지하 기초까지 연결되어 있다. 이 공간은 크기가 불규칙하여 다른 용도에는 사용하기가 곤란하지만 빗물저장조로는 사용할 수 있다.

둘째, 시공현장에 설치한 가설구조물(불용정화조)은 공사 후에 철거를 하는데 철거하고 남은 기초시설물과 벽으로 이루어진 공간을 잘 활용하면 큰 비용을 들이지 않고도 빗물저장조로 만들 수 있다.

셋째, 시공 중인 현장에 세대내 마감공사 및 세대내 물을 사용하는 공사에 시공용수로도 그 활용이 가능하다.

기존의 아파트에서는 이러한 현장 가설구조물에 대한 처리는 보통은 폐쇄해 버리는 것이 일반적이며, 지하 불용공간의 이용은 보통 통로로 이용되거나 이러한 공간이 사각의 우범지대가 되기 쉽기 때문에 이를 막기 위해 칸막이벽을 이용하여 막아버리는 것이 일반적인 쓰임이다.

따라서 본 연구에서는 공동주택 지하에 설치된 내력벽을 이용한 빗물저수조 및 가설구조물을 재활용한 빗물저수조의 설치방안을 제시하고, 일반 빗물저수조와의 경제성 평가와 빗물이 공사현장의 시공용수로의 활용성에 대해서도 평가하고자 하였다. 따라서 본 연구는 공동주택이나 공공건물의 빗물이용시설 도입시 기초자료로의 활용과 빗물이용시설 도입시 과도

* 한진중공업 건설기술연구소, 주임연구원

** 한진중공업 건설기술연구소, 선임연구원

*** 한진중공업 건설기술연구소, 연구소장

**** 한진중공업 송도한진로트럴, 현장소장

***** UNEP-서울대학교 공학연구소 빗물연구센터장

한 초기 투자비를 해결할 수 있는 하나의 표준모델을 제시하는데 그 목적이 있다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구의 방법 및 내용은 요약하면 다음과 같다.

첫째, 빗물이용시설의 개념 및 일반적인 종류에 대한 현황 조사 및 분석을 하였다.

둘째, 빗물이용시설에 관련된 법제화 및 국내의 설치 현황에 대해 알아보기로 한다.

셋째, 본 연구에서는 건축물에서의 새로운 개념의 빗물저수조 설치 방안을 제시하였고, 경제성 평가와 빗물의 공사 중 시공용수의 활용성에 대한 분석평가를 하였다.

2. 빗물이용시설의 이론 고찰

2.1 빗물이용시설의 개념과 종류

1) 빗물이용시설의 개념

수도법에는, “빗물이용시설이라 함은 빗물을 모아 생활용수, 조경용수, 공업용수 등으로 이용할 수 있도록 처리하는 시설을 말하고 있다. 즉, 빗물을 옥상이나 지붕, 바닥으로 통해 집수하여 이용하는 시설”을 말한다.

2) 빗물이용시설의 종류1)

빗물이용시설의 종류에는 전량 이용형, 초기빗물 배제형, 저류 조절형, 이용·침투형 등이 있다.

전량 이용형은 가장 간단한 방식으로 지붕에서 집수된 빗물을 필터(filter)를 거쳐 저류조에 저장한 후 조경용수, 화장실용수 등으로 이용하는 방식으로 빗물을 저류조에 완전히 채워진 상태에서 일부를 월류(Overflow)하게 하는 시스템이다.

초기빗물 배제형은 양질의 빗물을 사용하기 위해 초기강우에 포함되어 있는 미세입자나 고형물 등을 하수관거로 배제시킨 후 양질의 빗물을 집수하는 방식이다. 강수량이 많은 경우에도 여분의 빗물을 하수관거로 배제하게 된다.

저류 조절형은 저류조의 용량을 증가시킨 시스템으로 조절판을 이용해 저류용량의 조절이 가능하다. 전량 이용형을 변형한 방식이다.

이용·침투형은 빗물이용시설과 함께 지하로 빗물을 침투하는 시설을 설치하여 이용하지 않는 빗물을 땅속으로 침투시키는 방식이다. 도시의 물순환 체계를 고려한 방식이다.

2.2 빗물이용시설의 이용실태

1) 국외의 사례2)

일본은 주로 도심지역의 빗물이용에 많은 관심을 쏟고 있다. 용수공급 이외에도 홍수제어 효율의 증대, 수자원보전, 하천오염의 감소, 지하수의 함양, 배수관망시스템의 건설경비 절감 등의 효과를 위한 것이다. 또한 화재지압과 비상시 물 공급에 대비하기 위해서도 빗물을 사용하기도 하며 환경, 교육 측면에

서도 빗물의 이용을 장려하고 있다. 1985년 도쿄돔이 건설된 이래로 물의 공급과 유출 제어를 위해 빗물이용이 효과적이라는 생각이 전국적으로 확산되었다. 1995년 일본서부에서 발생한 대지진으로 급수체계의 마비로 물부족현상이 발생하면서 빗물이용에 대한 관심이 더욱 크게 증가하였다. 그 외에 스마다시청과 스모경기장인 코쿠기칸 등에서 빗물을 이용해서 화장실 용수, 조경용수, 냉각수로 이용하고 있다.

미국은 태평양이나 카리브해의 섬지역에서 빗물이 많이 이용되고 있다. 그 중 처음으로 빗물이용시설을 설치한 곳은 캘리포니아였는데 급격한 물 수요의 증대와 물 생산비용의 증가와 1976~1977년의 가뭄으로 인해 빗물이용에 대한 관심이 증가하였다. 이외에도 오하이오, 애리조나, 플로리다, 캔터키, 뉴멕시코, 펜실베이니아, 텍사스, 버지니아 등에서 빗물을 이용하고 있다. 하와이의 경우 고지대의 수위를 이용해서 110개 가구에서 250㎡의 빗물을 이용하고 있다.

독일은 2010년까지 유출되는 빗물의 24%를 활용하려고 하고 있다. 대부분의 도시가 지하수를 원수로 사용하고 있으나 제한된 지하수를 보존하기 위해 적극적으로 빗물이용을 추진하고 있다. 공해와 대기오염으로 인해 빗물을 음용수로 사용하고 있지 않지만 화장실용수, 조경용수, 세차용수 등으로 사용하고 있다. 그리고 빗물이용시설을 침투정과 함께 사용함으로써 도시홍수의 예방과 하수처리에 부하율 감소의 효과를 얻고 있다.

2) 국내 사례

우리나라의 경우 섬지역에 물 공급 시스템이 갖추어져 있지 않으므로 빗물을 이용하거나 지하수를 취하여 사용하고 있다. 제주도에서는 자체 정수시설을 갖추어 빗물을 과수원이나 허드레물로 이용하고 있다. 학교에서의 빗물이용은 경기도내 16개 초·중·고에서 빗물이용시설을 설치, 사용하고 있다. 주로 청소용수, 정원용수 등으로 이용하고 있으며, 학생들에게 환경의 중요성도 알릴 수 있는 좋은 교육 자료가 되고 있다. 경기도의 왕시의 갈피중학교에 60㎡규모의 빗물저장탱크 2기가 설치되어 있어 조경용수 및 청소용수로 사용되고 있다. 강원도 인제에 위치한 노도부대에서는 2002년 6월에 빗물이용시설을 설치하여 세면용수, 청소용수, 정원용수, 세차용수 등 여러 가지 용도로 사용하고 있다.



그림 1. 인천 문학경기장에서의 빗물이용시설 및 활용

서울대학교의 대학원 기숙사에는 200㎡규모의 빗물이용시

1) 김갑수, 중수도·빗물기술 적용, 2002

2) 한국물환경학회, 우수이용 보급방안에 관한 연구, 2001

설이 설치되어 있다. 지붕에서 모아진 빗물을 중수도설비와 연계하여 기숙사의 화장실용수와 조경용수로 사용하고 있다.

국내 월드컵 경기장 중 인천, 수원, 대전, 전주, 제주에서 지붕면이나 운동장 바닥, 부지면에서 유출되는 빗물을 집수하여 주로 잔디살수용수, 조경용수, 화장실용수, 소방용수 등으로 사용하고 있다. 그림 1은 인천문학경기장의 빗물이용시설의 활용에이다.

2.3 빗물이용시설의 관련법

우리나라에서도 빗물이용의 필요성을 인식하여 2001년 수도법 개정안이 나오면서 빗물이용시설의 설치를 의무화 하도록 하였다.³⁾

1) 빗물이용시설의 설치

“수도법 제11조 3항”에 따르면 종합운동장, 실내체육관 등과 같이 넓은 지붕면적을 차지하는 시설물 중에서 대통령령이 정하는 시설물을 설치하고자 하는 자는 빗물이용시설을 설치, 운영하도록 규정하고 있다. 그리고 빗물이용시설의 시설기준, 유지관리 기타 필요한 사항은 환경부령으로 정하도록 하였다. 또한 국가 및 지방자치단체의 빗물이용시설은 설치비용을 지원할 수 있으며 조례에 따라 수도요금을 경감할 수 있다고 정하고 있다.

2) 빗물이용시설의 설치대상

“수도법 시행령 제15조 3항”에 따르면 대통령이 정하는 시설물은 운동장 또는 체육관으로서 지붕 면적이 2,400㎡ 이상이고, 관람석수가 1,400석 이상인 시설물로 정하고 있다.

3) 빗물이용시설의 설치기준

“수도법 시행규칙 제4조 3항”에 따르면 빗물을 모으는 집수시설, 이물질을 처리할 수 있는 처리시설, 일정기간 저장할 수 있는 저류시설, 사용하는 곳으로 운반할 수 있는 배수시설과 관리기준을 정해두고 있다.

3. 빗물저수조 설치방안

3.1 적용대상의 공사 개요

1) 공사개요

본연구의 대상 공동주택 단지는 인천지역에 위치하고 있고, 수변공간(Water Front)과 환경을 배려한 환경친화적 생태도시 건설을 위해 분산형 빗물이용시설 및 유출억제시설의 설치가 계획되어 시공 중에 있다. 적용현장 및 빗물이용시설 개요는 표 1.과 같다.

2) 적용현장의 빗물이용시설

본 현장에 적용된 빗물이용시설은 112동과 106동 지하저수조(지하 불용공간 활용)와 가설구조물(불용정화조)를 재활용한 빗물저장조로 이용하고 있으며, 기본적으로 단지 내 세대동

3) 환경부, 수도법, 빗물이용시설, 2001

지붕에서의 빗물을 집수하는 것으로 하였다. 112동과 106동에 저류된 빗물은 리빙센터에서 자동제어(모니터링 시스템)를 이용하여 원격 조정이 가능한 시스템으로 리빙센터의 화장실 용수와 분수대의 살수 용수로 활용되도록 계획하였다. 또한 현장 가설구조물을 재활용한 빗물저수조는 조경용수, 청소용수 및 리빙센터의 back-up 용수로 활용 가능하다. 그림 2는 대상현장의 빗물이용시설 시스템의 개념도를 나타낸 것이고, 표 2는 대상 현장 빗물이용시설의 제원을 나타낸 것이다.

표 1. 적용현장 및 빗물이용시설 개요

적용 현장	송도한진 로즈힐 공동주택 신축공사
위 치	인천광역시 연수구 동춘동 991-25
건축 규모 (세대수)	661세대
적용된 빗물이용시설	집수시설, 운반시설, 처리시설, 저장시설, 이용시설, 모니터링시설 설치
빗물이용시설의 설계요소	- 시설 유형별 용도별 적정용량 산정 - 설치지역의 강우분석에 따른 빗물이용량

그림 2. 대상 현장의 빗물이용시스템의 개념도



표 2. 대상 현장의 빗물이용시설의 제원

구분	집수면적	저장 용량	활용
106동 빗물저수조	538.14㎡	184ton	조경용수 분수대 용수 공급
112동 빗물저수조	878.02㎡	165ton	리빙센터 화장실용수 분수대 용수 공급
불용정화조	878.02㎡	84ton	조경용수 청소용수

3.2 지하 불용공간을 활용한 빗물저수조

본 연구에 적용된 지하 불용공간으로 형성된 내력벽을 이용한 빗물저수조 및 시공방법으로는 다음과 같다. 구조물을 구성하는 벽에는 크게 2종류가 있는데, 그 중 하나는 바닥(마루)과 천장의 하중을 지탱할 수 있도록 만들어진 내력벽(load-bearing wall)과 다른 하나는 벽 자체의 하중만을 지탱할 수 있도록 만들어진 비내력벽(nonbearing wall)이다. 아파트 등의 구조물은 이 2종류의 벽을 모두 포함하여 구성되는데, 각 세대의 방의 위치 및 구조를 다양하게 하기 위하여 매우 불규칙한 구조의 내력벽이 형성되는 것이 일반적이다.

이러한 내력벽은 구조물의 수직하중을 부담하는 것이므로, 구조물의 상하층 전체에 걸쳐 분포될 수밖에 없고, 특히 지하실의 경우 기초구조물에 상부의 하중을 전달하기 위하여 상층의 내력벽과 동일한 구조의 내력벽이 견고한 구조로서 형성된다.

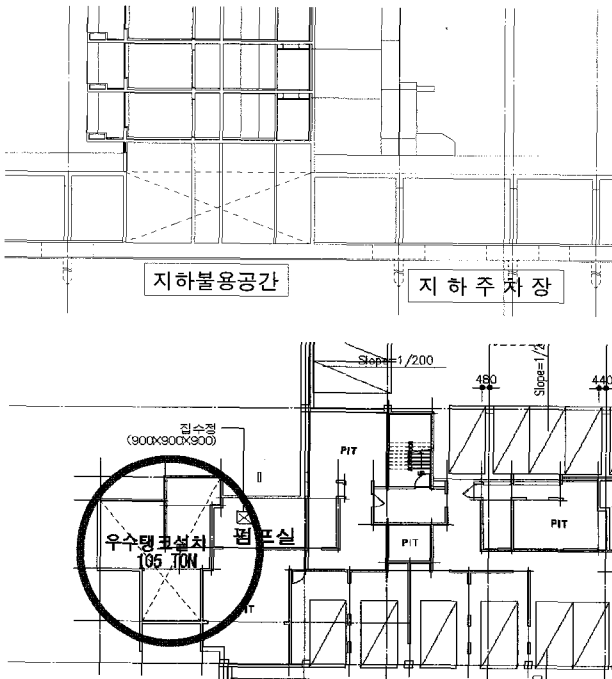


그림 3. 지하층 불용공간 활용 예 (상:단면, 하:평면)

그림 3에서와 같이 벽식 아파트는 내력벽 구조를 취하는 구조물이 지하 주차장으로의 사용이 곤란한 공간으로 보통은 사각의 우범지대가 되기 쉽기 때문에 폐쇄하거나 통로 사용할 경우 CCTV를 설치하여야 한다. 이러한 내력벽 구조를 취하는 구조물의 지하공간은 위와 같은 이유로 사실상 사용될 수 없는 공간으로 인식되어 왔다. 따라서 본 연구에서는 이러한 불용공간을 발생시키는 내력벽을 활용하여 구조물의 지하공간을 효율적으로 활용할 수 있도록 빗물저장조로 계획하였다. 가장 바람직한 시공방법은 설계단계에서 미리 빗물저수조의 용량을 산정하여 내력벽으로 빗물저수조를 일체화 시공하는 것이고, 본 연구의 적용현장에서는 이러한 방법으로 빗물저수조(112동, 106동)를 계획·시공하였다. 저수조의 설계는 내력벽의 두께가 외부에 면한 부분의 벽은 350mm, 내부 내력벽의 경우 250mm로 설계하였고, 기초의 경우에도 저수조 수위 3m로 고려하여 구조 설계를 하였다. 그림 4는 적용 현장 지하 불용공간 내 빗

물저수조를 설치한 것과 빗물저수조를 시공용으로 활용하기 위해 부스터펌프를 설치한 장면을 나타낸 것이다.

3.3 가설구조물을 재활용한 빗물저수조

시공현장의 가설 구조물을 효율적으로 활용하여 빗물저장조로 사용할 수 있도록 시공현장에서 사용 후 폐기되는 가설구조물을 개조하는 방안이다. 시공현장에는 작업자의 편의를 도모하기 위하여 내부에 정화조가 인입되도록 구성된 가설 구조물이 설치되는 것이 일반적이다. 또한 이러한 가설 구조물은 공사의 초기부터 설치되는 것이므로, 터파기 공사에 의해 형성된 기초저면의 상면에 설치되는데, 추후 성토공사에 의해 실제 사용되는 지면이 형성되는 경우, 그대로 성토부의 내부에 매립되거나 철거되는 것이 일반적이다. 이는 기본적으로 자재 및 수고의 낭비를 초래하는 것이므로 기왕에 시공된 가설 구조물을 공사 완료 후에도 유용한 구조물로서 활용할 수 있도록 하였다.

그림 5는 가설구조물(불용정화조)을 재활용한 빗물저수조 완성장면을 나타낸 것이다.

아파트와 같은 공동주택 구조물은 소방용수, 조정용수, 청소용수, 공동시설의 화장실 용수 등의 사용량이 많으므로 빗물저장조의 설치를 위한 공간의 확보 및 비용의 문제가 지속적으로 제기될 것이며, 본 연구에서 제안한 현장 가설구조물을 재활용한 빗물저수조를 이용하면 공동주택에서의 용수 문제와 빗물 이용시설의 시설비 부분을 어느 정도 해결할 수 있을 것이다.

본 연구에 적용된 가설구조물을 재활용한 빗물저수조는 다음과 같다. 빗물저수조는 가설구조물의 측벽 상층으로 연장 형성된 연장측벽이 축조하였고, 상부 슬래브는 연장측벽의 상층 개구부를 덮어 보호하도록 설치하였다. 또한 외부로부터 빗물저수조로 빗물을 유입하기 위한 빗물 유입장치를 설치하였다.

빗물 유입장치는 성토부의 지면에 노출되도록 설치된 빗물 집수정과 측벽 또는 통로부에 관통 형성된 관통공, 빗물저수조로부터 관통공까지 연결된 빗물 유입관으로 구성하였다. 또한 빗물 유입장치는 빗물을 정화하기 위한 빗물 정화장치(필터)를 설치하였다. 빗물저수조 내부에 방수공사(시멘트 액체 방수)를 실시하였고, 빗물저수조 내부에는 인입용사다리와 내부 통로를 설치·시공하였다.

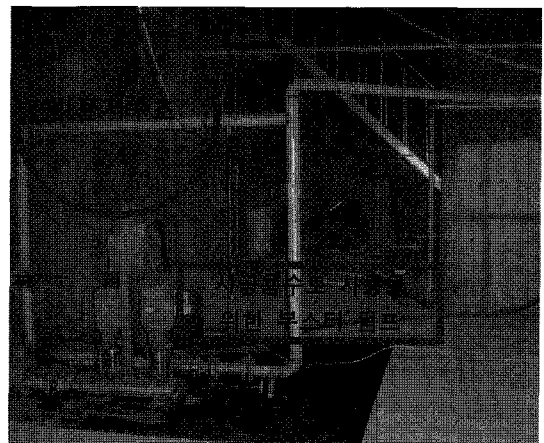


그림 4. 지하 불용공간 내 빗물저수조

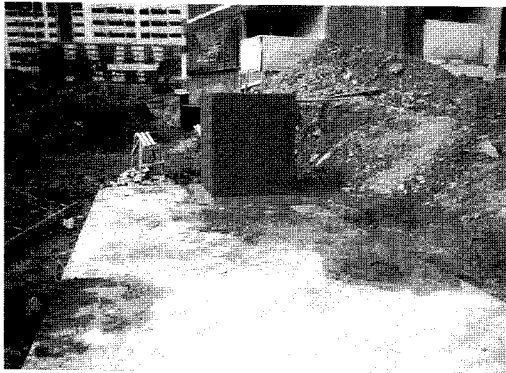


그림 5. 불용정화조를 재활용한 빗물저수조

4. 경제성 평가 및 빗물 활용성 분석

4.1 빗물저장조의 경제성 평가

빗물이용시설의 경제성 평가는 일반적으로 초기투자비에 대한 상수도 공급을 빗물로 대체하는 효과에 대한 평가가 주를 이루었다. 본 연구에서는 빗물이용시설 중 비용부분에 있어서 가장 큰 부분을 차지하는 빗물저수조에 대해서 일반적인 빗물저수조의 시공방법과 본 연구에서 제안된 지하 불용공간 활용 및 현장 가설구조물을 재활용한 빗물저수조의 경제성 평가를 실시하였다. 여기서는 각각의 빗물이용시설에 공통적으로 적용되는 빗물이용시설의 초기 빗물 배제장치나 수처리장치 등 기계설비부분과 빗물저수조의 내부방수처리 비용은 제외하고 산출하였다. 표 3은 일반적인 빗물저수조 공사개요를 나타낸 것이다. 일반적인 빗물저수조 시공방법은 터파기, 잡석깔기, 기초공사, 옹벽공사, 상부 슬래브시공 순으로 진행된다.

표 3. 일반 빗물저수조의 공사개요

공사명	OO대학교 기숙사 빗물이용시설
저수조 용량	250ton
구조	철근 콘크리트조
설치위치	- 기숙사 지상주차장 지하에 단독구조물로 설치되었음. - 출입구는 기숙사 지하에서 공동구 형식으로 연결되었음. - 기계실은 빗물저수조와 인접해 있음.

본 연구에서 제안한 지하 불용공간을 이용한 빗물저수조는 내력벽으로 구성되어 있어, 빗물저수조의 1차 및 2차 저수조 칸막이벽 공사만으로 빗물저수조를 사용할 수 있다. 그림 6.은 106동 지하 불용공간을 이용한 빗물저수조의 추가 시공된 부분을 나타낸 것이다. 또한 현장 가설구조물을 재활용한 빗물저장조의 경우에도 기존의 현장가설구조물을 구성하고 있는 구조체를 활용한 빗물저수조를 이용했기 때문에 상판 슬래브 시공만으로도 빗물저수조로 활용이 가능하다.

표 4는 일반적인 빗물저수조와 본 연구에서 제안한 빗물저수조의 설치비용에 대한 경제성 평가 결과이다. 일반 빗물저수조의 공사비용을 100%로 하였을 때 본 연구에서 제안한 빗물저수조의 공사비 단가를 백분율로 환산한 결과, 지하 불용공간을 활용한 빗물저수조의 경우 106동 및 112동 빗물저수조는 각각 4.0%, 1.7%정도의 비용이 드는 것으로 나타났으며, 현장 가설구조물을 재활용한 빗물저수조의 경우에는 29.7%로 나타났다.

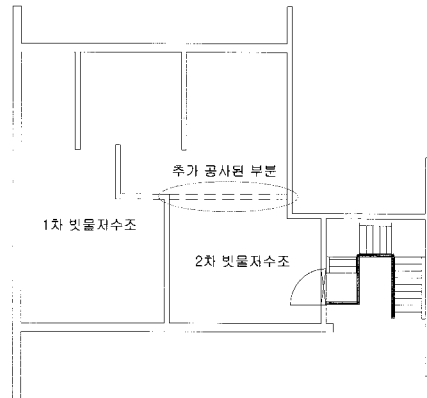


그림 6. 106동 지하 불용공간을 이용한 빗물저수조의 추가 시공부분

표 4. 빗물저수조의 공사물량

구분	일반저수조	지하불용공간 활용 빗물저수조		불용정화조 활용저수조	
		106동	112동		
공사물량	레미콘 (ton)	98	2.8	2.2	8.9
	거푸집 (㎡)	756	23.8	19.0	76.5
	철근 (ton)	11	0.3	0.2	0.8
총공사비 (원)	56,466,012	1,670,296	1,341,714	5,297,004	
톤당 공사비 (원/ton)	225,864	9,078	3,855	63,059	
일반빗물저수조 대비 공사비 비율	-	4.0%	1.7%	27.9%	

4.2 빗물의 시공용수로의 활용성 분석

1) 강수량에 따른 빗물저장량 분석

인천지역의 강수량을 다음 표 5.와 같다. 2003~2005년 9월까지의 월강수량으로서 1월부터 12월까지의 총 강수량은 2003년에는 1702.2mm, 2004년도는 1307.5mm이고, 2005년도 9월까지의 총 강수량은 971.3mm로 나타났다. 6월에서 9월 사이에 강수량이 집중하고 있었으며 우리나라 평균강수량인 1,283mm보다는 많은 강수량을 나타내고 있다.

2) 현장 빗물 집수량 및 시공용수 사용량 분석

본 연구에서는 설계 단계에 있어 지하층에 저수조를 만든

후, 현장 공정에서 물을 사용하는 공사에 미리 축조된 저수조를 사용하여 물을 받아 사용하였고, 최상층까지 골조공사가 끝난 후에는 빗물을 받아 시공용수로 활용하였다. 본 연구에서는 현장에 물이 필요한 공정을 미리 계획하여 물 필요량을 산출하였다. 또한 각 공정에 필요한 시공용수를 빗물로 대체할 수 있는 시점도 설계계획에서 미리 예측하여 최대한의 빗물활용을 할 수 있게 하였다. 표 6은 본 연구대상 현장의 공정별 시공용수 사용량을 나타낸 것이다.

표 5. 인천지역의 강수량 (단위: mm)

년도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
2003년	9.5	32	26	129	100	149	351	588	211	36	61	10
2004년	19	48	14	64	169	98	410	111	259	5	87	23
2005년	2.5	17	13	76	82	145	229	201	205	-	-	-

표 6. 대상현장의 공정별 시공용수 사용량 (단위:ton)

구분	년도	2004년					2005년					
		4월	6월	8월	10월	12월	2월	4월	6월	8월	9월	
골조공사		127	190	230	248	152	160	40				
조적공사					30	86	84	133	130			
미장공사								80	311	109	12	
기포콘크리트								1039				
방통공사									807	1087		
타일공사									40	37	11	
석공사									10	11	4	
현장정리		27	43	52	50	33		41	73	68	37	
기타 잡용수		336	358	328	225	236	218	666	1284	599		
월별 총 물 필요량		2,498	597	618	563	519	2,469	2,003	2,661	1,919	73	

표 7. 빗물이용시설의 집수면적

구분	집수면적	저장 용량
106동 빗물저수조	538.14㎡	184ton
112동 빗물저수조	878.02㎡	165ton

본 연구에서는 빗물저수조에 연결된 집수면적으로 빗물유입량을 계산하였다. 보통 빗물의 집수량 계산은 건물의 지붕면으로 이루어져 있는 집수면적에 유출계수와 필터효율의 합수인 집수율을 강수량에 곱하여 빗물 집수량을 계산할 수 있다.

$$\text{빗물 유입량 } Q = A \times C \times E \times \text{강수량}$$

- A: 집수면적[㎡]

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

- E: 필터효율(이용 가능한 빗물 통과 유량에 관한 제품 제조업체의 안내서를 참조하되 주기적인 관리가 이루어질 때 일반적으로 0.9정도의 효율을 가진다.)

- 강수량(㎍) : 최근의 기상데이터에 의한 강수량 사용량

표 7은 빗물이용시설의 집수면적을 나타낸 것이며, 표 8.은 월별 빗물의 집수율을 나타낸 것이다. 월별 빗물 집수량 산정은 빗물이 건축현장 시공시 사용시점(2005년 3월부터 사용)을 기준으로 집수면의 집수면적(106동, 112동 빗물저장조의 집수면적), 유출계수(0.9), 필터효율(1.0), 월별 강수량으로 산정하였다. 3월~4월과 5월~6월의 빗물 집수량은 각각 113.4Ton, 289.3Ton으로 나타났고, 7월~8월의 빗물집수량은 548.1Ton으로 나타났다. 이는 7월~8월의 강수량이 다른 시점 보다 많은 우리나라의 강수량 특징 때문인 것으로 판단된다.

표 8. 월별 빗물의 시공용수 사용량 산정

구분	월별	3월-4월	5월-6월	7월-8월	9월
강수량(m)		0.089	0.227	0.430	0.205
집수면적(㎡)		1416.2	1416.2	1416.2	1416.2
유출계수		0.9	0.9	0.9	0.9
필터효율		1	1	1	1
사용량(ton)		113.4	289.3	548.1	261.3

3) 시공용수로의 사용율 분석

시공용수로의 사용율은 일정기간 사용된 빗물을 그 기간에 사용된 시공용수로 나눈 값을 말한다. 이는 현장 시공용수로의 빗물이 어느 정도 사용되었는가를 평가할 수 있는 것이다.

$$\text{시공용수로의 사용율(\%)} =$$

$$\frac{\text{시공용수로 사용된 빗물량}}{\text{공사에 사용된 물의 량}} \times 100$$

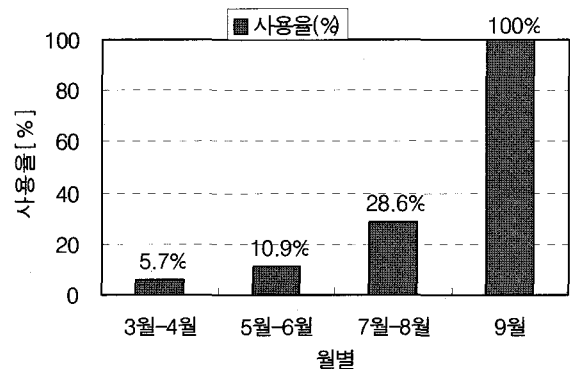


그림 7. 월별 시공용수로의 빗물 사용율

그림 7은 월별 시공용수로의 빗물 사용율을 나타낸 것이다. 3~4월, 5월~6월경에는 강수량이 많지 않아 시공용수로의 활용이 각각 5.7%, 10.9%로 미미하였으나, 7월~8월경에는 강수량이 많아 빗물 사용율이 28.6%로 높게 나타났다. 또한 9월에는 물 사용 공사가 적은 관계로 빗물사용량이 100%로 모든 공사용수로 이용 가능하였다.

5. 결 론

본 연구에서는 공동주택 지하 불용공간과 현장 가설 지하구조물을 재활용하여 빗물이용시설 중 가장 큰 비용이 발생하는 빗물저수조 설치방안 제시와 빗물저수조의 시공비용에 대한 경제성 평가, 빗물의 시공현장에서의 활용 가능성에 대한 평가 분석을 하였다. 그 결론을 정리하면 다음과 같다.

- 1) 공동주택 하부의 지하 불용공간을 발생 시키는 내력벽을 활용하여 구조물의 지하 공간을 효율적으로 활용할 수 있도록 빗물저장조로 계획하였고, 설계단계에서 미리 빗물저수조의 용량을 산정하여 빗물저수조를 일체화 시공하는 설치방안을 제시하였다
- 2) 시공 현장에서 사용 후 폐기되는 현장 가설구조물(불용정화조)을 상부 슬래브 등의 최소 추가 시공을 통하여 빗물저장조로 설치할 수 있는 방안을 제시하였다.
- 3) 빗물저수조의 경제성 평가 결과, 일반 빗물저수조의 공사비와 비교하였을 경우 지하 불용공간을 활용한 빗물저수조의 경우 일반 빗물저수조 공사비 대비 각각 4.0%(106동), 1.7%(112동)로 나타났으며, 현장 가설구조물을 재활용한 빗물저수조의 경우 29.7%로 나타났다.
- 4) 빗물 활용에 있어 기존의 활용방법과는 달리 시공 중인 건축현장에 시공용수로의 활용을 제시하였고, 물이 필요한 공정에 맞추어 계획된 물 필요량과 시공용수 이용량을 산출하였다. 빗물의 시공용수로의 활용성 분석 결과, 3~4월, 5월~6월경에는 5.7%, 10.9%로 미미하였으나, 7월~8월경에는 강수량이 많아 빗물 사용율이 28.6%로 높게 나타났다.

본 연구는 앞으로 공동주택이나 공공건물의 빗물이용시설 도입 시 기초 자료로서 이용 될 수 있다. 앞으로 좀더 다양한 시설에 빗물이용이 이루어져야 할 것이고, 그에 따른 다각적인 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

1. 한무영의 2인, 건축물에서 빗물 저장조용량 산정방법에 대한 고찰, 상하수도학회지 기술정보, 2004년 18권 2호, pp 99-104
2. 대구 월드컵경기장 빗물이용시설 도입에 따른 경제성평가에 관한 연구, 대한건축학회논문집 계획계 21권 8호(통권202호) 2005년 8월, pp243-250
3. 이원열의 3인, 건축물 빗물이용시설 설치방안 및 적용사례, 제4회 빗물모으기 국제 워크샵, pp.263-273
4. 대한주택공사, 공동 주택단지내 우수저류, 침투시설 적용을 위한 타당성 조사 연구, 2004
5. 유태중, 빗물이용시설의 시공과 유지관리, 제2회 빗물모으기 국제 워크샵, 2003
6. 배석현의 2인, 국내 월드컵 경기장 빗물이용시설의 운전실태 분석을 통한 빗물이용 확대 방안에 관한 연구, 2004
7. 강기훈의 1인, 공동주택단지 내 수생비용습 수원 공급 방안, 대림 기술정보, pp. 92-107