

빗물 집수시스템의 전과정 비용 비교 평가

*, **김영운, ***김용인, ***공윤정, ***명대혁, *황용우¹⁾, ****이상운
*인하대학교 환경공학과, **한국조달인증원, ***지성산업개발(주), ****(주)한양

Life Cycle Cost Comparative Evaluation of Rain-water Collecting System

*, **Kim Young Woon, ***Kim Yong In, ***Gong Yun Jung, ***Myung Dae Hyuk, * Hwang
Young Woo¹⁾, ****Lee Sang Woon

*Dept. of Env. Eng. at Inha Univ., **Korea Procurement Certification, ***Jisung Co. Ltd., ****Hanyang Co. Ltd.

Abstract

As natural disaster like desertification and flood by climate change happen, water management has been interesting more increasingly than before. Especially, South Korea, one of countries of water shortage, makes effort LID using rain-water with the center of government. At the household area like apartment, the main system using rain-water is collecting system. Rain-water collecting system is side gutter collecting system and round collecting system. This study aims at evaluating the life cycle cost comparing presently applied collecting systems with drain collecting system which was developed. As a result, life cycle cost of drain collecting system was effected 53% reduction besides of round collecting system.

1. 서론

최근 기후변화로 인한 사막화, 홍수, 가뭄 등으로 인하여 인간에서 필요한 물관리의 중요성이 대두되고 있다. 특히, 물의 원천이 되고 있는 빗물에 대해 이용하기 위해 전세계적으로 다양한 정책을 시행하고 있다. 물부족국가인 국내에서도 정부 및 지자체에서는 홍수나 가뭄의 피해를 막기 위해 빗물을 이용하는 정책을 시행하고 있다. 서울특별시는 광화문, 강남역, 저지대 등 홍수로 인한 피해를 최소화하기 위해 물순환을 체계적으로 관리하기 위해 물순환 회복 및 저영향개발 기본조례를 제정하였다. 이러한 물순환을 관리하기 위한 첫 번째 단계가 바로 빗물을 집수하는 것이다. 빗물을 집수하는 방식은 비가 내린 후, 표면에서 흘러들어가는 표면수와 지하로 스며드는 침투수로 나누어진다. 이제까지 적용되고 있는 빗물 집수시스템은 주로 표면수만을 집수하는 시스템으로, 측구 배수로와 집수정으로 이루어진 측구 집수시스템과 원형 배수로와 집수정으로 이루어진 원형 집수시스템이 적용되고 있다. 현재 적용되고 있는 빗물 집수시스템은 침투수를 집수하지 못하고, 집수량에 비해 과도하게 설계되어 있다는 단점이 있는 데, 이를 보완한 빗물 집수시스템이 수로형 집수시스템이다. 수로형 집수시스템은 빗물을 표면수 뿐만 아니라 침투수까지 집수할 수

1) Corresponding author Tel:+ 82-32-860-7501, Fax:+ 82-32-872-8756, E-mail: hwangyw@inha.ac.kr

있으며, 집수면적에 적합하게 집수정을 설치하여 물순환 뿐만 아니라 자원을 저감하는 효과도 있다.

이러한 수로형 집수시스템과 기존의 두가지 집수시스템에 대해 경제성 평가는 매우 중요하다. 주로 건설공사 시 사용되는 경제성 평가방법은 전과정 비용평가이다. 건설공사 시 전과정 비용평가인 LCC는 기본적으로 필요한 자료로 활용되고 있다.

본 연구에서는 빗물 집수시스템에 대해 건설, 운용 및 유지관리, 해체, 폐기 단계에 걸친 전과정에 대해 경제적인 평가를 하고자 한다.

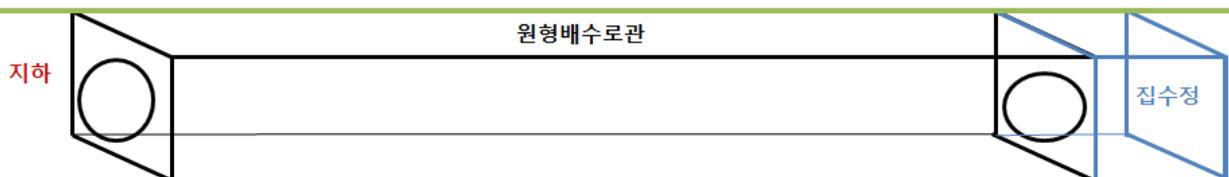
2. 빗물 집수시스템의 개요

국내에서 적용되는 빗물 집수시스템은 측구 집수시스템과 원형 집수시스템이다. 이 시스템은 콘크리트로 구성되어 있는 배수로와 집수정으로 구성되어 있다. 반면에 수로형 집수시스템은 지하에 물을 배수하는 폴리에틸렌관과 집수구멍이 있는 집수정, 집수정 위에 부직포로 구성되어 있으며, 서울시의 2012년에서 2014년까지의 강우량을 기준으로 산정하였을 때, 기존 빗물집수시스템에 비해 집수효율이 15%임을 인정받아 녹색기술인증을 획득하였다.

Table 1 빗물 집수시스템 개요

구분	수로형 집수시스템	측구 집수시스템	원형 집수시스템
원리	* 이중배수 매카니즘을 통한 집배수 통합 시스템	* 표면수 처리 집배수 시스템	* 표면수 처리 집배수시스템
장점	* 집수 및 배수기능이 통합되어, 빠른 시간 내에 침투수를 집수하여 침수 예방 및 증발수 감소를 통한 물 재활용 증가 * 기존 시스템에 비해 15%이상 집수효율이 우수 * 시공비용이 저렴 * 단순공정으로 공기가 짧다. * 유지관리가 매우 용이	*원형 집수시스템에 비해 저렴 *시공경험 풍부	* 미관적으로 수려함 * 배수성이 좋음
단점	* 순간 배수처리능력 불리	* 곡선구간 시공이 불량 * 침투수 배수불량 * 유지관리가 불리	* 시공 비용이 높다 * 다단공정으로 공기가 좋다 * 침투수 배수불량 * 유지관리가 불리

지상



(a) 원형 집수시스템 단면도

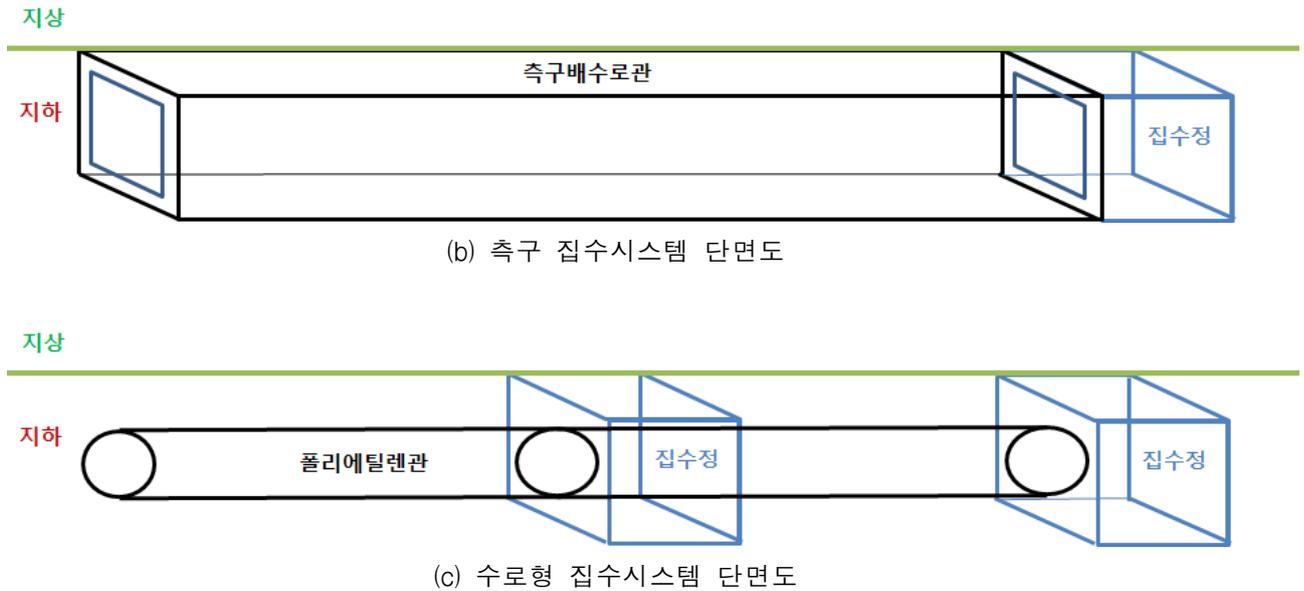


Figure 1 빗물 집수시스템 단면도

3. 연구방법

3.1 연구범위

빗물 집수시스템은 집수정과 배수로로 구성되어 있다. 현행 도로 배수설비법규 또는 하수도 시설 기준에서는 배수로와 연결된 빗물받이의 경우, 크기에 따라 30m를 기준으로 1개씩 설치하도록 의무화하고 있으나, 집수정은 설치기준이 없다.

본 연구에서는 빗물의 집수량은 강우량에 적을 경우와 많을 경우 차이가 발생하므로, 빗물 집수량은 동일하다고 가정하고, 빗물을 집수하기 위해 필요한 하수도 시설 기준에 의거 30m를 기준으로 필요한 집수정과 배수로를 빗물 집수시스템 1 set을 선정하였다. 측구 집수시스템과 원형 집수시스템은 배수로와 집수정 1개로 구성하고, 수로형 집수시스템은 폴리에틸렌관과 집수정 2개로 구성하는 것으로 가정하였다.

각 빗물 집수시스템의 건설, 운용 및 유지관리, 해체, 폐기단계에 이르는 전과정으로 범위는 설정하였다.

3.2 기초자료 파악

빗물 집수시스템에서 비용을 평가하기 위해 필요한 자재사용량과 건설장비 운영으로 인한 에너지 사용량은 건설표준품셈을 이용하였다. 인건비 및 건설장비 운영으로 인한 기계경비는 건설표준품셈을 이용하였으며, 단가는 물가정보 등을 이용하였다.

3.3 비용 평가

빗물 집수시스템의 건설, 운용 및 유지관리, 해체, 폐기 단계에서 사용되는 자재 및 에너지로 사용으로 인한 재료비, 건설공사에 투입되는 작업자의 인건비, 기계경비의 단가를 파악한 후, 비용을 평가하였다.

3.3.1 건설 단계

빗물 집수시스템의 건설은 크게 집수정 설치공사와 배수로 설치공사로 구분되며, 세부적으로 터파기, 자갈기초, 토사운반, 되메우기 및 다짐, 집수정 설치, 수로관 설치 공사로 구성된다. 각 공사별로 수량과 단가를 파악한 후, 비용을 평가하였다.

3.3.2 운용 및 유지관리 단계

빗물 집수시스템을 운용하기 위해 상하수도 시설의 법정 내용연수는 지방공기업법 시행규칙의 건축물 등의 내용연수표에 따라 30년으로 설정하였다. 세가지 빗물집수시스템을 운용하면서 보수하면서 사용되는 건설자재와 건설공사에 따른 단가를 산출한 후, 비용을 평가하였다. 건설자재 중 다른 자재는 영구적으로 사용하고, 스틸 그레이팅만을 10년에 1회 교체하는 것으로 가정하였다. 그리고, 미래가치를 현재가치로 환산하였다. 현재가치로 환산하기 필요한 항목은 내구년한과 할인율이다. 스틸 그레이팅의 내구년한인 10년으로 적용하였다. 할인율은 식 1에 나타난 바와 같이 명목할인율, 물가상승율을 이용하고, 식 2에 의해 미래가치를 현재가치로 환산하였다.

$$i = \left(\frac{1 + i'}{1 + j} \right) - 1 \quad \dots\dots\dots (1)$$

i : 실질할인율, i' : 명목할인율, j : 물가상승율

$$PV = \frac{C_n}{(1+i)^n} \quad \dots\dots\dots (2)$$

n =분석기간, C_n =유지관리비, i =할인율

3.3.3 해체단계

해체단계에서의 비용은 빗물 집수시스템을 운용한 후, 집수정과 배수로를 해체하기 위한 공사인 배수로를 해체하는 공사인 무근 콘크리트 깨기와 집수정을 해체하는 공사인 철근 콘크리트 깨기 공사에 소요되는 비용을 산출하였다. 측구 집수시스템과 원형 집수시스템은 집수정과 배수로를 해체비용을, 배수호가 필요하지 않은 수로형 집수 시스템은 집수정을 해체하는 비용을 고려하였다. 해체공사에 투입되는 단가를 산출한 후, 비용을 평가하였다. 그리고, 해체비용은 30년 후의 비용을 할인율과 빗물 집수시스템의 내구년한 30년을 적용하여 현재가치로 환산하였다.

3.3.4 폐기단계

폐기비용은 해체된 건설폐기물을 상차하는 비용과 건설폐기물을 처리하는 비용으로 구분하여 평가하였다. 폐기단계의 총 비용은 30년 후의 비용을 할인율과 빗물 집수시스템의 내구년한 30년을 적용하여 현재가치로 환산하였다.

4. 전과정 비용 평가

4.1 단계별 비용 분석

4.1.1 건설단계

각 빗물 집수시스템에 대해 세부 공사별로 작업량과 노무비, 재료비, 경비단가를 산정하였다. 산정한 작업량과 단가를 이용하여 비용을 산정하였다.

표 2, 3, 4는 각 집수시스템에 대해 비용을 산정한 결과를 나타내었다. 표 2에서 나타낸 측구 집수시스템은 집수정 설치공사 시 388,141원이며, 배수로 설치공사 시에는 4,090,562원이다. 표 3의 원형 집수시스템은 집수정 설치공사 시 328,550원, 배수로 설치공사 시 3,874,504원이 소요되는 것으로 나타났다. 표 4에서 나타낸 수로형 집수시스템은 집수정 설치공사 시 885,220원, 연결관 설치공사 시 1,977,809원이 소요된다. 즉, 측구 집수시스템이나 원형 집수시스템에 비해 수로형 집수시스템은 집수정이 더 많이 소요되므로, 집수정 설치 시에는 비용이 많이 소요되는 반면, 배수로가 없으므로 연결관 공사시에는 적게 소요되고 있다.

Table 2 측구 집수시스템 건설 비용

(a) 집수정 설치공사

구분	단위	수량	노무비(원)		재료비(원)		경비(원)		합계(원)		
			단가	금액	단가	금액	단가	금액	단가	금액	
공사	터파기	m ³	1.78	2,633	4,687	422	751	420	748	3,475	6,186
	사토운반(토사)	m ³	0.14	4,010	561	5,658	792	2,667	373	12,335	1,727
	되메우기 및 다짐	m ³	1.64	3,271	5,364	531	871	359	589	4,161	6,824
	집수정 설치	개	1	56,913	56,913	7,808	7,808	23,187	23,187	87,908	87,908
	합판거푸집	m ²	0.40	12,551	5,020	6,813	2,725	-	-	19,364	7,746
	콘크리트 타설	m ³	0.14	27,650	3,871	-	-	-	-	27,650	3,871
자재	스틸그레이팅	조	1	2,295	2,295	-	-	-	-	2,295	2,295
	집수정	개	1	-	-	90,000	90,000	-	-	90,000	90,000
	스틸그레이팅	m ³	1	-	-	45,900	45,900	-	-	45,900	45,900
	레미콘	m ³	2.53	-	-	53,550	135,685	-	-	53,550	135,685
합계					78,712		284,532		24,897		388,141

(b) 배수로 설치공사

구분	단위	수량	노무비(원)		재료비(원)		경비(원)		합계(원)		
			단가	금액	단가	금액	단가	금액	단가	금액	
공사	터파기	m ³	51.68	-	-	-	-	-	-	-	-
	사토처리	m ³	4.18	-	-	-	-	-	-	-	-
	되메우기 및 다짐	m ³	47.50	-	-	-	-	-	-	-	-
	측구수로관	m	29	4,488	130,152	488	14,152	1,467	42,543	6,443	186,847
	합판거푸집	m ²	11.60	12,551	145,592	6,813	79,031	-	-	19,364	224,622
	콘크리트 타설	m ³	4.18	27,650	115,577	-	-	-	-	27,650	115,577
자재	스틸그레이팅	조	29	3,750	108,750	-	-	-	-	3,750	108,750
	측구수로관	본	15	-	-	76,000	1,140,000	-	-	76,000	1,140,000
	스틸그레이팅	개	29	-	-	75,000	2,175,000	-	-	75,000	2,175,000
	레미콘	m ³	2.61	-	-	53,550	139,766	-	-	53,550	139,766
합계					500,071		3,547,948		42,543		4,090,562

Table 3 원형 집수시스템 건설 비용

(a) 집수정 설치공사

구 분	단위	수 량	노 무 비(원)		재 료 비(원)		경 비(원)		합 계(원)		
			단가	금액	단가	금액	단가	금액	단가	금액	
공사	터파기	m ³	3.21	2,633	8,452	422	1,355	420	1,348	3,475	11,155
	자갈기 초	m ³	0.12	4,785	574	981	118	876	105	6,642	797
	사토운반	m ³	0.92	4,010	3,689	5,658	5,205	2,667	2,454	12,335	11,348
	되메우기 및 다짐	m ³	2.29	3,271	7,491	531	1,216	359	822	4,161	9,529
	원형수로관 집수정	개소	1	56,913	56,913	7,808	7,808	23,187	23,187	87,908	87,908
	합판거푸집	m ²	0.70	12,551	8,786	6,813	4,769	-	-	19,364	13,555
	콘크리트 타설	m ³	0.24	27,650	6,636	-	-	-	-	27,650	6,636
	스틸그레이팅 설치	개소	1	2,295	2,295	-	-	-	-	2,295	2,295
자재	원형수로관 집수정	개소	1	-	-	170,000	170,000	-	-	170,000	170,000
	골재	m ³	0.15	-	-	16,500	2,475	-	-	16,500	2,475
	레미콘	m ³	0.24	-	-	53,550	12,852	-	-	53,550	12,852
합계					94,836		205,798		27,916		328,550

(b) 배수로 설치공사

구 분	단위	수 량	노 무 비(원)		재 료 비(원)		경 비(원)		합 계(원)		
			단가	금액	단가	금액	단가	금액	단가	금액	
공사	터파기	m ³	28.37	2,633	74,698	422	11,972	420	11,915	3,475	98,586
	자갈기 초	m ³	2.49	4,785	11,914	981	2,444	876	2,182	6,642	16,539
	사토운반	m ³	12.71	4,010	50,967	5,658	71,913	2,667	33,898	12,335	156,778
	되메우기 및 다짐	m ³	15.66	3,271	51,224	531	8,315	359	5,622	4,161	65,161
	원형수로관 설치	m	29.00	4,488	130,152	488	14,152	1,467	42,543	6,443	186,847
	합판거푸집	m ²	17.40	12,551	218,387	6,813	118,546	-	-	19,364	336,934
	콘크리트 타설	m ³	3.07	27,650	84,886	-	-	-	-	27,650	84,886
	몰탈	m ³	0.06	55,550	3,333	-	-	-	-	55,550	3,333
	몰탈	m ³	0.27	55,550	14,999	-	-	-	-	55,550	14,999
	스틸그레이팅 설치	m	29	1,875	54,375	-	-	-	-	1,875	54,375
자재	원형 수로관	본	15	-	-	175,000	2,625,000	-	-	175,000	2,625,000
	골재	m ³	3.12	-	-	16,500	51,480	-	-	16,500	51,480
	레미콘	m ³	3.14	-	-	53,550	168,147	-	-	53,550	168,147
	시멘트	대	2.00	-	-	4,400	8,800	-	-	4,400	8,800
	모래	m ³	0.12	-	-	22,000	2,640	-	-	22,000	2,640
합계					694,934		3,083,410		96,160		3,874,504

Table 4 수로형 집수시스템 건설 비용

(a) 집수정 설치공사

구 분	단위	수 량	노 무 비(원)		재 료 비(원)		경 비(원)		합 계(원)		
			단가	금액	단가	금액	단가	금액	단가	금액	
공사	터파기	m ³	6.66	2,633	17,536	422	2,811	420	2,797	3,475	23,144
	되메우기 및 다짐	m ³	0.81	3,271	2,650	531	430	359	291	4,161	3,370
	사토처리	m ³	3.11	4,010	12,471	5,658	17,596	2,667	8,294	12,335	38,362
	수로형집수정설치	m ³	3.55	56,913	202,041	7,808	27,718	23,187	82,314	87,908	312,073
	레미콘 타설	개소	2	27,650	55,300	-	-	-	-	27,650	55,300
	콘크리트 타설	m ³	0.030	27,650	830	-	-	-	-	27,650	830
	합판거푸집 설치	m ²	0.370	15,688	5,805	7,853	2,906	-	-	23,541	8,710
	드레인보드 및 부직포 설치	m ²	2.52	126.0	318	1,477.0	3,722	-	-	1,603	4,040
	스틸그레이팅 설치	조	2	900	1,800	-	-	-	-	900	1,800
자재	친환경 수로형 집수정	개소	2.00	-	-	190,000	380,000	-	-	190,000	380,000
	골재(자갈기 초용)	m ³	0.51	-	-	16,500	8,382	-	-	16,500	8,382
	레미콘	m ³	0.013	-	-	53,550	710	-	-	53,550	710
	드레인보드	m ²	2.52	-	-	4,000	10,080	-	-	4,000	10,080
	부직포	m ²	2.52	-	-	960	2,419	-	-	960	2,419
	스틸그레이팅	조	2	-	-	18,000	36,000	-	-	18,000	36,000
합계					298,749		492,774		93,696		885,220

(b) 연결관 설치공사

구분	단위	수량	노무비(원)		재료비(원)		경비(원)		합계(원)		
			단가	금액	단가	금액	단가	금액	단가	금액	
공사	터파기	m ³	16.64	2,633	43,813	422	7,022	420	6,989	3,475	57,824
	모래기초	m ³	2.08	3,748	7,796	648	1,348	625	1,300	5,021	10,444
	사토처리(토사)	m ³	2.89	4,010	11,589	5,658	16,352	2,667	7,708	12,335	35,648
	수로형집수정설치	m ³	13.75	56,913	782,554	7,808	107,360	23,187	318,821	87,908	1,208,735
	이중벽관PE접합및부설	m	26	4,963	129,038	-	-	-	-	4,963	129,038
자재	PE이중벽관	m	26	-	-	18,640	484,640	-	-	18,640	484,640
	모래	m ³	2.34	-	-	22,000	51,480	-	-	22,000	51,480
					974,790		668,202		334,818		1,977,809

전체적으로 보면 그림 2에 나타낸 바와 같이, 측구 집수시스템은 4,478,703원, 원형 집수시스템은 4,203,053원, 수로형 집수시스템은 2,863,028원이다. 즉, 수로형 집수시스템이 비용이 절감되는 것으로 나타났다.

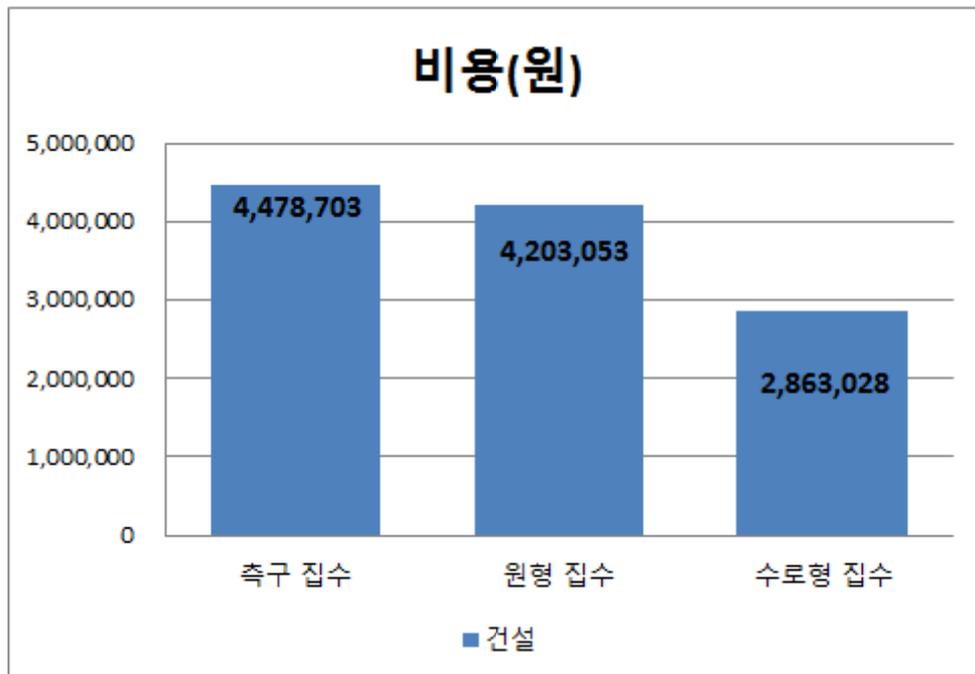


Figure 2 건설 비용 비교

4.1.2 운용 및 유지관리단계

30년간 빗물 집수시스템을 운용하기 위해 필요한 수량과 노무비, 재료비, 경비 단가를 산정한 후, 총 비용을 산출하였다. 그리고, 미래가치를 현재가치로 환산하였다.

먼저, 현재가치로 환산하기 위해 필요한 할인율을 산정하였다. 표 5에 현재가치로 환산하기 위한 인자를 나타내었다. 할인율을 산정하기 위해 필요한 명목할인율은 한국은행에서 발표하는 2014년 4월의 저축성 수신금리인 2.6%을 이용하였으며, 물가상승율은 통계청에서 발표하는 2014년 4월의 소비자 물가상승률인 1.5%을 적용하였다. 식 1에 의해 산정한 할인율은 1.08%을 적용하여, 식 2에 의해서 현재가치로 환산하였다.

Table 5 현재가치로 환산하기 위한 인자

구 분	저축성 수신금리(%)	소비자 물가상승률(%)	할인율(%)
2014년 4월	2.6	1.5	1.08

빗물 집수시스템에 대해 산정한 결과는 표 6, 7에 각각 나타내었다. 측구 집수시스템, 원형 집수시스템과 달리 수로형 집수시스템은 집수정에만 스틸그레이팅을 사용한다. 따라서, 30년 동안 스틸그레이팅은 10년째, 20년째 2회에 걸쳐 교체하는 것으로 하였다.

표 6에는 빗물 집수시스템에 대해 공사 노무비 및 건설자재인 철근그레이팅의 1회 소요비용을 나타내었다. 표 7은 각각의 빗물 집수시스템의 미래가치를 현재가치로 환산한 결과를 나타낸 것이다. 산정과정은 10년 후의 현재가치는 표 7에 나타낸 1회 교체 시 총비용을 할인율과 분석기간 10년을 적용하였으며, 20년 후의 현재가치는 1회 교체 시 총비용을 할인율과 분석기간 20년을 적용하였다. 10년 후와 20년 후의 현재가치를 더하여 운용 및 유지관리비용의 현재가치로 산정하였다.

산출한 결과를 보면, 측구 집수시스템은 3,262,132원, 원형 집수시스템은 1,656,522원, 수로형 집수시스템은 52,878원으로 나타났다. 원형 집수시스템은 측구 집수시스템에 비해 작업량이 더 많아 노무단가가 높게 나타났으며, 전체적으로 그림 3에 나타낸 바와 같이 수로형 집수시스템이 타 집수시스템에 비해 비용이 적게 소요되었다.

Table 6 빗물 집수시스템의 1회 교체시 운용 및 유지관리 비용

(a) 공사 노무비

구 분	단위	측구 집수시스템			원형 집수시스템			수로형 집수시스템		
		수량	노 무 비(원)		수량	노 무 비(원)		수량	노 무 비(원)	
			단가	금액		단가	금액		단가	금액
스틸그레이팅 설치(집수정)	개소	1	2,295	2,295	1	2,295	2,295	2	900	1,800
스틸그레이팅 설치(수로)	m	29	3,750	108,750	29	1,875	54,375	-	-	-
합계				111,045			56,670			1,800

(b) 건설자재비

구 분	단위	측구 집수시스템			원형 집수시스템			수로형 집수시스템		
		수량	자 재 비(원)		수량	자 재 비(원)		수량	자 재 비(원)	
			단가	금액		단가	금액		단가	금액
스틸그레이팅(집수정)	개소	1	45,900	45,900	1	40,000	40,000	2	18,000	36,000
스틸그레이팅(수로)	m	29	75,000	2,175,000	29	37,500	1,087,500	-	-	-
합계				2,220,900			1,127,500			36,000

(c) 1회 교체 시 운용 및 유지관리 총 비용

구 분	측구 집수시스템	원형 집수시스템	수로형 집수시스템
노무비	111,045	56,670	1,800
자재비	2,220,900	1,127,500	36,000
합 계	2,331,945	1,184,170	37,800

Table 7 빗물 집수시스템의 현재가치로 환산한 운용 및 유지관리 비용

구 분	측구 집수시스템	원형 집수시스템	수로형 집수시스템
10년 후	2,093,655	1,063,165	33,937
20년 후	1,168,477	593,357	18,941
합 계	3,262,132	1,656,522	52,878

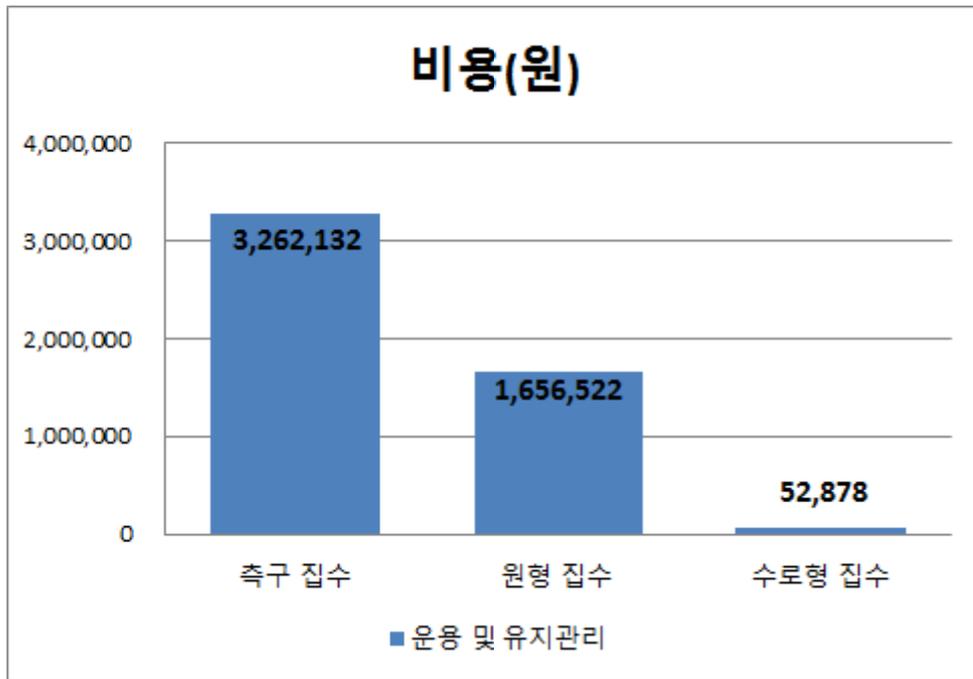


Figure 3 운용 및 유지관리 비용 비교

4.1.3 해체단계

빗물 집수시스템을 운용한 이후, 해체하는 과정인 해체단계의 비용은 작업량을 파악한 후, 노무비, 재료비, 경비 단가를 파악하여 산정하였다. 그리고, 각 빗물 집수시스템의 해체 시 발생하는 30년 후의 비용은 표 8, 9, 10에 나타난 바와 같이 표 5에 나타난 할인율과 내구년한인 30년을 분석기간으로 적용하여 현재가치로 산출하였다. 측구 집수시스템은 149,881원, 원형 집수시스템은 167,857원, 수로형 집수시스템은 49,573원으로 나타났다. 측구 집수시스템과 원형 집수시스템은 배수로를 해체하기 위해 필요한 비용이 소요되며, 수로형 집수시스템은 집수정을 해체하기 위해 소요된다. 그림 4에 나타난 바와 같이 수로형 집수시스템이 다른 두 가지 빗물 집수 시스템에 비해 3~4배 적게 소요되는 것으로 나타났다.

Table 8 측구 집수시스템 해체 비용

구 분	단위	수 량	노 무 비(원)		재 료 비(원)		경 비(원)		합 계(원)	
			단가	금액	단가	금액	단가	금액	단가	금액
무근콘크리트 깨기(배수로)	m ³	7.87	8,491	66,824	6,095	47,968	6,982	54,948	21,568	169,740
철근콘크리트 깨기(집수정)	m ³	0.78	24,275	18,935	11,313	8,824	12,313	9,604	47,901	37,363
합계				85,759		56,792		64,552		207,103
현재가치 환산비용										149,881

Table 9 원형 집수시스템 해체 비용

구 분	단위	수 량	노 무 비(원)		재 료 비(원)		경 비(원)		합 계(원)	
			단가	금액	단가	금액	단가	금액	단가	금액
무근콘크리트 깨기(배수로)	m ³	9.91	8,491	84,146	6,095	60,401	6,982	69,192	21,568	213,739
철근콘크리트 깨기(집수정)	m ³	0.38	24,275	9,225	11,313	4,299	12,313	4,679	47,901	18,202
합계				93,370		64,700		73,871		231,941
현재가치 환산비용										167,857

Table 10 수로형 집수시스템 해체 비용

구 분	단위	수 량	노 무 비(원)		재 료 비(원)		경 비(원)		합 계(원)	
			단가	금액	단가	금액	단가	금액	단가	금액
철근콘크리트 깨기(집수정)	m ³	1.43	24,275	34,713	11,313	16,178	12,313	17,608	47,901	68,498
합계				34,713		16,178		17,608		68,498
현재가치 환산비용										49,573

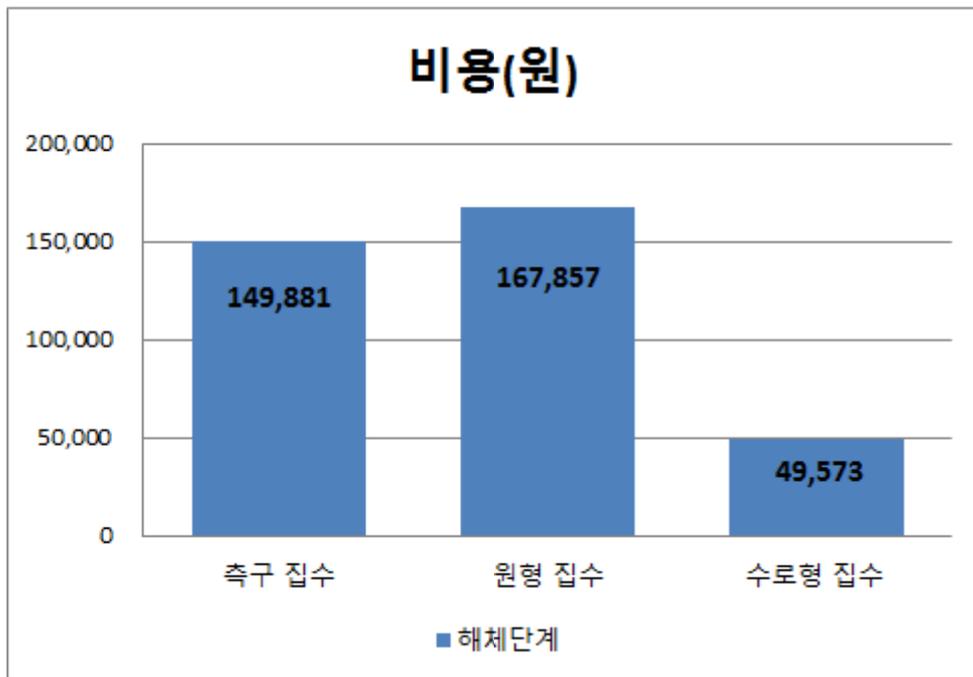


Figure 4 해체단계의 비용 비교

4.1.4 폐기단계

빗물 집수시스템의 폐기비용은 건설폐기물을 상차하기 위한 비용과 건설폐기물을 처리하기 위한 과정으로 구분하였다. 건설폐기물 상차비용은 건설폐기물을 상차하기 위한 건설장비의 작업량에 노무비, 재료비 단가를 산출하였으며, 폐기물 처리비용은 건설폐기물 처리량과 한국건설자원협회에서 제시한 2014년 건설폐기물 배출지별 중간처리단가의 폐콘크리트 폐기물 처리단가를 고려하여 산출하였다. 그리고, 총 폐기비용은 표 5에 나타난 할인율과 내구년한인 30년을 분석기간으로 적용하여 현재가치로 산출하였다. 표 11, 12, 13에 나타난 바 같이, 폐기비용은 측구 집수시스템이 280,430원, 원형 집수시스템이 333,560원, 수로형 집수시스템이 47,147원이다. 수로형 집수시스템이 다른 빗물 집수시스템에 비해 적게 소요되는 것으로 나타났다.

Table 11 측구 집수시스템 폐기 비용

구 분	단위	수 량	노 무 비(원)		재 료 비(원)		경 비(원)		합 계(원)	
			단가	금액	단가	금액	단가	금액	단가	금액
폐기물 상차	m ³	8.65	1,120	9,688	1,060	9,169	1,057	9,143	3,237	28,000
폐기물 처리	ton	19.90	-	-	-	-	18,065	359,494	18,065	359,494
합계				9,688		9,169		368,637		387,494
현재가치 환산비용										280,430

Table 12 원형 집수시스템 폐기 비용

구 분	단위	수 량	노 무 비(원)		재 료 비(원)		경 비(원)		합 계(원)	
			단가	금액	단가	금액	단가	금액	단가	금액
폐기물 상차	m ³	10.29	1,120	11,525	1,060	10,907	1,057	10,877	3,237	33,309
폐기물 처리	ton	23.67	-	-	-	-	18,065	427,599	18,065	427,599
합계				11,525		10,907		438,475		460,907
현재가치 환산비용										333,560

Table 13 수로형 집수시스템 폐기 비용

구 분	단위	수 량	노 무 비(원)		재 료 비(원)		경 비(원)		합 계(원)	
			단가	금액	단가	금액	단가	금액	단가	금액
폐기물 상차	m ³	1.43	1,120	1,602	1,060	1,516	1,057	1,512	3,237	4,629
폐기물 처리비	ton	3.35	-	-	-	-	18,065	60,518	18,065	60,518
합계				1,602		1,516		62,029		65,147
현재가치 환산비용										47,147

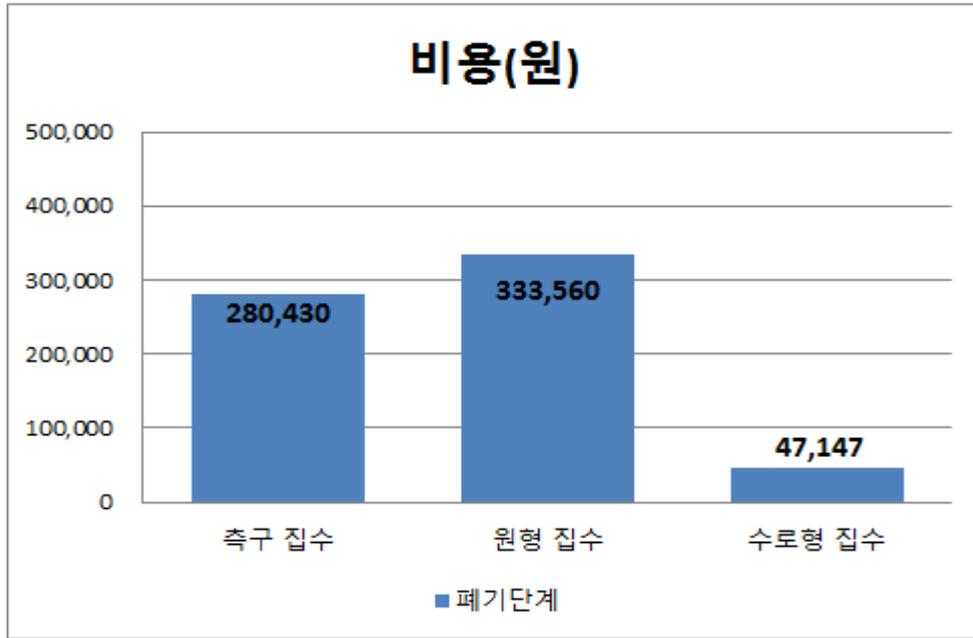


Figure 5 폐기단계의 비용 비교

4.2 전과정 비용 분석

각 빗물 집수시스템에 대한 건설, 운용 및 유지관리, 해체, 폐기비용에 대해 살펴본 결과, 그림 6에 나타난 바와 같이, 측구 집수시스템이 8,171,146원, 원형 집수시스템이 6,360,992원, 수로형 집수시스템이 3,012,626원이 소요되었다. 즉, 수로형 집수시스템이 원형 집수시스템에 비해 전과정에 걸쳐 비용이 53%를 측구 집수시스템에 비해 63%가 절감되는 것으로 나타났다.

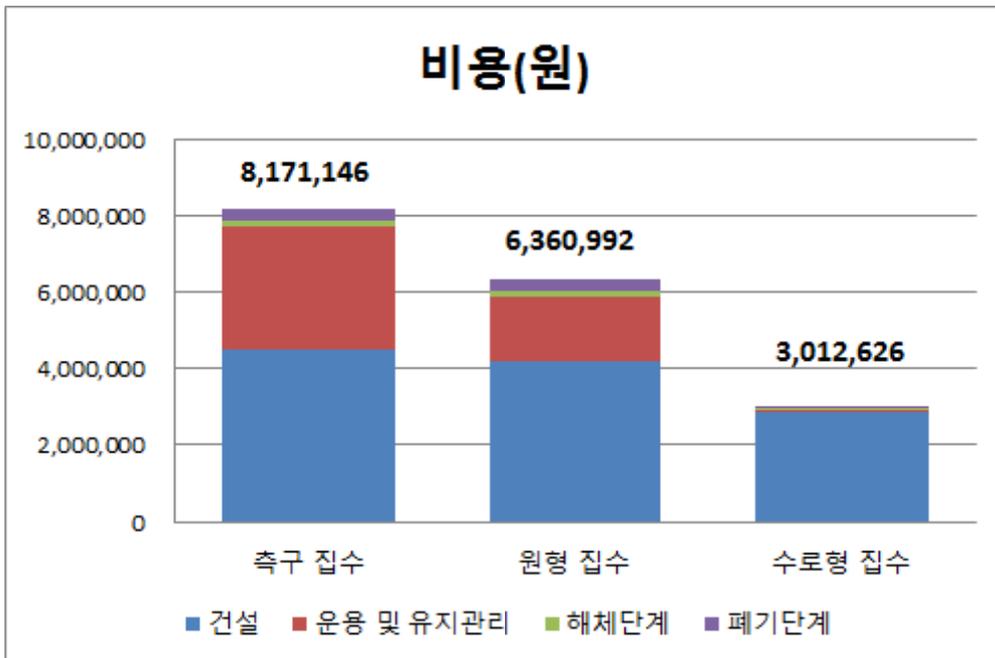


Figure 6 전과정 비용 비교

5. 결론

이상과 같이 본 연구에서는 빗물 집수시스템에 대해 살펴보았으며, 현재 주거지역에서 주로 적용되고 있는 빗물 집수시스템인 측구 집수시스템과 원형 집수시스템과 개발한 수로형 집수시스템간의 비용을 비교 분석하였다. 비교 분석결과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

(1) 건설비용은 측구 집수시스템이 4,478,703원, 원형 집수시스템이 4,203,053원으로 수로형 집수시스템이 2,863,028원에 비해 높게 나타났다. 이는 측구 집수시스템과 원형 집수시스템이 배수로를 설치하는 공사에서 많이 소요되기 때문이다.

(2) 운용 및 유지관리비용은 측구 집수시스템이 3,262,132원, 원형 집수시스템이 1,656,522원으로 52,878원인 수로형 집수시스템보다 높게 나타났다. 이는 배수로에 설치하는 철근그레이팅이 수로형 집수시스템이 적게 소요되기 때문으로 나타났다.

(3) 해체비용은 측구 집수시스템이 149,881원, 원형 집수시스템이 167,857원, 수로형 집수시스템이 49,573원으로 산출되어, 수로형 집수시스템이 적게 소요되는 것으로 나타났다.

(4) 폐기비용은 측구 집수시스템이 280,430원, 원형 집수시스템이 333,560원, 수로형 집수시스템이 47,147원으로 산출되어, 해체비용과 비슷하게 수로형 집수시스템이 적게 소요되는 것으로 나타났다.

(5) 전체적으로 건설, 운용 및 유지관리, 해체, 폐기비용은 측구 집수시스템이 8,171,146원, 원형 집수시스템이 6,360,992원, 수로형 집수시스템이 3,012,626원이 소요되는 것으로 나타났다. 수로형 집수시스템이 측구 집수시스템에 비해 63%, 원형 집수시스템에 비해 53%가 절감되는 것으로 나타났다.

(6) 따라서, 수로형 집수시스템이 도입이 되면, 비용 절감에 영향을 줄 것으로 사료된다.

6. 참고문헌

1. 국민대학교 건설시스템공학부 물환경연구소, 친환경 수로형 집수정의 배수성능 평가(2015.4)
2. 국토교통부, 표준품셈(2014)
3. 박지형 외 3명, 상하수도시설에 대한 전과정관리(LCM)시스템 구축방안 연구, 상하도학회지, Vol.26, No.2, p.302~312(2012.4)
4. 서울특별시, 서울특별시 물순환 회복 및 저영향개발 기본조례(2015.5.14)
5. 한국물가정보, 물가정보 2014년 4월호(2014.4.1)
6. 대한건설협회, 2014년 상반기 적용 건설업 임금실태 조사보고서(2013.12.31)
7. 지성산업개발, 내부자료(2014)
8. 한국상하수도협회, 하수도시설기준(2011)
9. 통계청, 소비자물가지수, 2014년 4월

10. 한국은행, 저축성 수신금리, 2014년 4월
11. 지방공기업법 시행규칙, 건축물 등의 내용연수표
12. 한국건설자원협회, 2014년 건설폐기물 배출지별 중간처리단가