

저영향개발 (LID)을 적용한 빗물 관리 시스템에 의한 물 순환 복원 Restoration of Water Cycle by a Rainwater Management System Applied to Low Impact Development (LID)

이동찬*

한국토지주택공사

Dong Chan Lee*

Korea Land & Housing Corporation, Jinju 52852, Korea

Received 15 June 2016, revised 21 June 2016, accepted 22 June 2016, published online 30 June 2016

ABSTRACT: The increase in impervious surfaces due to urban development has caused a groundwater drawdown through the reduction of underground infiltration, flood disaster due to increased rainfall runoff and environmental pollution in higher pollutant concentrations of first flush rainwater. As an alternative to these problems, the needs of low impact development (LID) techniques is increasing in urban areas. In this study, the restoration efficiency of water cycle was assessed at a residential site development applied with the LID rainwater management system. The results of monitoring the water cycling showed that the efficiency of water cycle of LID rainwater management system was improved 41% more than that of conventional methods.

KEYWORDS: Impervious surface, Low impact development, Rainwater management system, Restoration, Water cycle

요 약: 도시개발로 인한 불투수면의 증가는 우수의 지중 침투량 감소에 의한 지하수위 하강, 강우 유출량 증가에 의한 침수해, 고농도 초기 우수에 의한 환경오염 등의 문제를 야기시킨다. 따라서 이러한 문제에 대한 대책방안으로서 저영향개발 기법 도입의 필요성이 증가하고 있다. 본 연구에서는 저영향개발 (LID) 기법이 적용된 단지 내 빗물관리시스템 모니터링에 의한 물 순환 복원효율을 분석하였다. 본 연구에서 빗물관리시스템을 적용한 단지 개발에서 기존 방식에 비교하여 물 순환 효율이 41%가 증가하였다.

핵심어: 불투수면, 저영향개발, 빗물관리시스템, 복원, 물 순환

1. 서 론

고도 산업화에 의한 도시개발은 불투수면의 증가로 인한 주변 환경 (수문, 수리적 변화 등)에 큰 변화를 가져왔으며, 더욱 더 가속화 되고 있는 추세이다. 불투수면의 증가는 강우 시 우수의 지중 침투량을 감소시켜 지하수위 하강을 야기시키며, 방재적인 측면에서는 강우 유출량의 증가로 인해 홍수 관리 및 침수 방

지에 큰 어려움을 주고 있다. 더 나아가 고농도 오염 물질을 함유한 초기우수가 처리되지 않은 채 하천으로 유입되어 수생태계에 교란을 야기하고 있다. 또한 이상기후와 지구온난화 등으로 강우사상 (집중 호우, 게릴라성 호우 등)이 변화함에 따라 유역의 효과적인 치수 및 이수 방안의 수립이 반드시 필요한 시점이며, 현재 국내에서는 도심지 등의 토지개발이 포화된 상태이기 때문에, 지하공간을 활용한 저류 공간 설치 등

*Corresponding author: ldchan@lh.or.kr, ORCID 0000-0003-3583-9423

의 대책이 계획 혹은 진행되고 있다. 하지만 지하시설물의 경우 유지관리의 어려움과 유지 비용의 과다 소모 등의 문제가 있다. 우수관거 시스템의 말단에서 강우 유출수를 처리하는 집중형 시설의 경우 비점오염 제거효율이 낮으며, 기존 우수관거 시스템의 통수능력 등에 많은 영향을 받고 있다 (Yeon et al. 2014).

따라서 이러한 도시개발의 영향을 최소화하기 위한 Low Impact Development (LID) 기법 도입의 필요성은 점차 증가하고 있다. LID 기법은 소규모의 친환경적인 기법들을 적용하여 발생원에서부터 비점오염 및 우수 유출량을 감소시키고, 우수 유출속도를 지연시켜 물 순환 상태를 개발 이전 상태에 가깝게 복원 혹은 환원시키는 기법이다. 또한 토지이용계획과 연계한 발생원 관리 및 친환경적 정화가 가능한 기법으로 기존의 빗물관리 기법과는 상이한 새로운 방식이다 (Jung et al. 2015).

LID 시설은 도시개발에 있어 불투수층을 증가시키는 대신 투수층의 증가를 통해 강우 유출수의 지중 침투율을 증가시켜 강우 유출수를 저감시킴으로써 물순환 회복에 기여하는 자연친화적인 기술로 인식된다. 또한 LID 시설은 강우 유출수를 발생 후 처리하는 기존 시설들과 달리 강우 유출수의 발생을 억제시킬 수 있는 특징을 지니고 있다. 그러므로 LID 기법은 건전한 물 순환 시스템 및 식물생육기반을 복원할 수 있는 최적 기술이다 (LHI 2012).

도시개발의 영향을 최소화 하는 LID 기법 적용의

효과는, 개발 전 및 기존 방식에 의한 개발 시 물순환율 등의 효과와 비교 검토를 통해 확인할 수 있다. 이는 개발 전 및 기존 방식의 개발에 의한 우수의 지중 침투량 감소, 강우 유출수 증가에 의한 지하수위 저하 및 홍수 관리 등 방재 측면에서의 문제점을, LID 기법을 적용함으로써 얼마나 개발 이전의 상태로 복원 또는 환원시킬 수 있는지를 의미한다. 따라서 본 연구에서는 LID 기법을 적용한 개발단지의 빗물관리시스템 모니터링을 수행하고 개발 전, 기존 방식 개발 시와 비교 검토를 통하여 LID 기법의 도시기능 복원 혹은 환원에 관한 효과를 분석하고자 한다.

2. 연구 방법

2.1 연구대상지 및 모니터링 시설 개요

본 연구는 C 시 LID 분산형 빗물관리 대지조성공사 시범지구 내 설치된 LID 시설(침투도랑, 측구형 침투시설)을 연구 대상으로 선정하였다. 연구대상지는 LID 시설을 설치하여 대상지역내의 빗물을 최대한 많이 침투하고 장시간 저류시켜 미기후 개선, 재해영향 저감, 환경오염 개선 등의 효과를 발휘하고, 기존 토양을 정화능력을 최대한 활용하여 자연적인 물순환 체계로 복원시키는 것을 목적으로 하였다. 이곳에서 빗물관리 모니터링 시스템 설치 및 운영 현황은 Fig. 1 과 같다. 침투도랑 (infiltration ditch)은 일정 깊이로

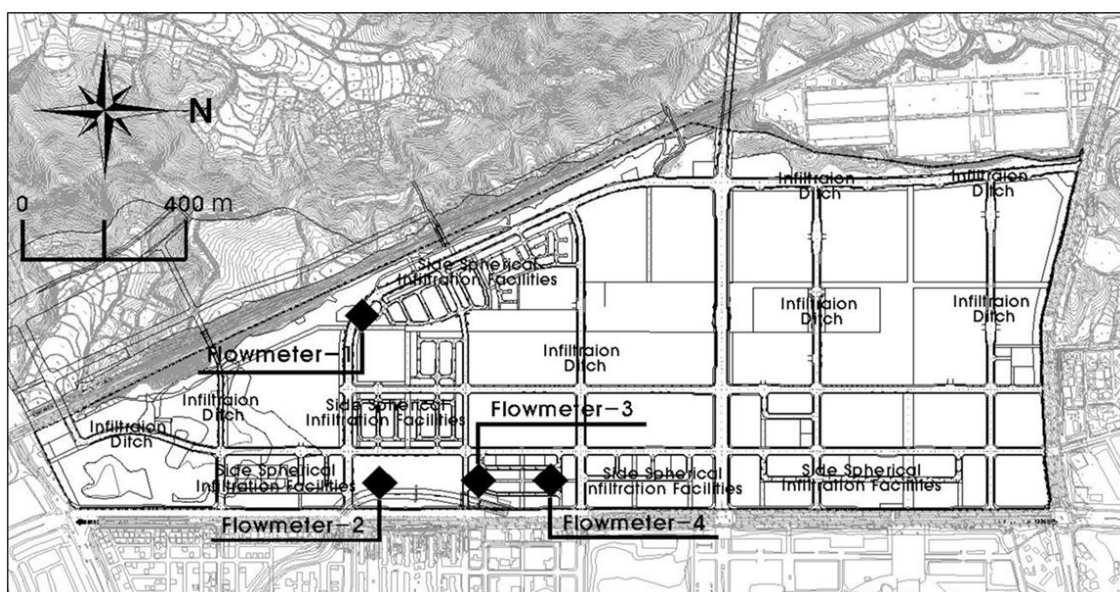


Fig. 1. Map showing the monitoring equipment for the rainwater management system.

굴착한 도랑에 여재를 충전하여 초기우수를 지하로 침투 시키며, 측구형침투시설 (side spherical infiltration facilities)은 도로변 녹지대 및 식수대 공간이 없는 지역에 설치하여 도로 측구 및 빗물받이와 연계하여 초기우수를 지하로 침투시키는 시설이다. 본 연구대상지의 미기후 향상을 위한 빗물관리 계획기준 (제1종 지구단위 계획 지침)에는 불투수면 등을 기준으로 하여 초기오염우수를 관리하기 위해 5 mm 이하의 강우는 침투시키고, 10 - 50 mm의 강우를 저류하여 이용하도록 하고 있다. 또한 도로, 주택 및 공원 등을 포함하는 신도시 국내 최초의 LID 분산형 빗물관리 기준수립 및 적용 사례이다 (Hyun et al. 2012). 빗물 관리 시스템 모니터링은 2015년 12월부터 2016년 3월까지 4개월동안 수행하였으며, 유량계 (우수관거 4개소 유·출입부)에 의해 우수 유입 및 유출량을 측정하였다.

2.2 분석 방법

2.2.1 모니터링 및 자료 분석 방법

본 연구에 적용한 강우사상은 2016년 2월 13일 3.5시간의 11 mm, 3월 4일 0.8시간의 7 mm 및 3월 5일 2.8시간의 15 mm이었다. 선정된 강우사상에 대한 빗물관리 시스템에서의 모니터링 자료를 이용하여 물 순환 분석을 실시하였다. 유역에서 강우에 의한 총 유입량은 유역 면적에 강우량을 곱하여 산정하였다.

외부로부터 유입이 발생하는 우수 1번 지점 (Flowmeter-1)의 유량을 방류하천인 장재천으로 방류하는 우수 2번 지점 (Flowmeter-2)에서 차감하여 유역 내 발생량을 산정하였다 (Fig. 1). 우수 3번 (Flowmeter-3)과 4번 지점 (Flowmeter-4)은 대상유역에서 발생하는 유량만을 방류하며, 우수 4번 지점은 우수 3번 지점에 비해 배수유역이 넓어 많은 유출량을 나타낸다. 대상 유역의 모니터링 데이터에 의한 물 순환 분석방법은 우수 2번에서 우수 1번을 차감한 유량과 우수 3번

과 우수 4번 유량을 합한 후, 우수관거로 유입된 강우 유출량을 합하여 최종 유출량을 산정하였다.

2.2.2 개발 전 및 기존 개발방식에 의한 물 순환 비교 분석

LID 기법 적용 개발방식과 상대적 비교를 위해 개발 전 및 기존 방식에 의한 개발 시 모형을 구성하여 물순환 분석을 시행하였다. 개발 전 및 기존 방식에 의한 개발 시 모형의 토지이용 현황은 Table 1과 같다. 개발 전 모형은 자연 상태를 나타내며 건물과 도로 비율은 낮고 대부분 논과 산지 등으로 구성되어 있으며, 불투수 비율은 3.6%이다. 반면 LID 시설을 배제하고 개발한 상태를 나타내는 기존 개발방식 모형 대부분 건물, 도로 및 포장면 등으로 구성되어 불투수 비율은 70.9%이다.

3. 결과 및 고찰

본 연구의 분석대상 기간인 1/4분기에 전체 강우사상 중 강설이 9회 발생했으며 강설 시에는 강우에서 유출로 바로 연결되지 않고 전량 유역에서 손실되거나 긴 시간에 걸쳐 분산 유출된 것으로 추정되었다. 또한 강우는 7회 발생했으며 이 가운데 강우-유출 관계가 명확한 강우사상은 3회로 강우특성은 5 mm 이상의 강우량과 2 mm/hr 이상의 강우강도를 나타내고 있으며 이 강우사상을 대상으로 물 순환 분석을 적용하였다. 본 연구에 적용한 3개 강우사상에 대해서 모니터링 및 모형별 물순환 분석을 적용하였으며, 강우량 대비 유출량을 나타내는 유출률로 비교하였다. LID 기법이 적용된 현재 상태를 나타내는 모니터링 기반 분석결과에서 2월 13일과 3월 4일 강우에서는 각각 15.2%와 17.8%의 유출률을 보였고, 3월 5일 강우사상에서는 34.5% 유출률을 보였다 (Table 2). 개발

Table 1. Comparison of land use before development and after the traditional development.

Time	Impermeable area (ha)			Permeable area (ha)			Total (ha)
	Building	Road	Subtotal	Paddy	Others	Subtotal	
Before development	3.299	2.362	5.661 (3.6%)	52.737	99.652	152.389 (96.4%)	158.050 (100%)
After traditional development	43.285	31.975	75.260 (47.6%)	35.522	47.268	82.790 (52.4%)	158.050 (100%)

Table 2. Comparison of runoff rates before development and after applications of traditional methods and LID Techniques in the study area.

Date	Total Rainfall (m ³)	Before development		After traditional development		After LID	
		Runoff (m ³)	Runoff Rate (%)	Runoff (m ³)	Runoff Rate (%)	Runoff (m ³)	Runoff Rate (%)
February 13, 2016	17,400	570	3.3	11,380	65.5	2,640	15.2
March 04, 2016	11,100	340	3.1	6,830	61.7	1,970	17.7
March 05, 2016	23,700	790	3.3	15,750	66.4	8,170	34.5
Average	17,400	570	3.2	11,320	65.1	4,260	24.5

전 모형 기반의 물순환 분석에서는 3개 강우사상에서 모두 4% 미만의 유출률을 보였고, 기존 개발 방식 모형의 물순환 분석에서는 3개의 강우사상에서 모두 60%이상의 유출률을 보였다 (Table 2).

4. 결론

본 연구의 결과를 종합하면 LID 기법을 적용하여 도시 개발 시, 개발 이전에 비해 19.3%의 강우 유출률이 증가하나, 기존 방식의 개발 시와 비교하면 42.0%의 강우 유출률이 감소하였다. 이는 LID 기법 적용 시, 기존 개발 방식에 비해 물순환 복원율을 높일 수 있음을 의미한다. 또한 본 연구에서는 다루지 않았으나 초기강우에 의해 고농도 운영부하의 감소, 방재측면에서의 침수피해 방지와 방지사설 설치를 위한 예산절감, 그리고 생태학적인 측면에서의 육상 및 수 생태계의 복원 효과가 있을 것으로 판단된다.

향후 LID 시설의 물순환 복원 효과 검증을 위한 장기 모니터링 결과 축적과 분석이 필요하며, 도시 개발 시 물순환 복원을 위해 LID 기법의 적극적인 도입이 필요할 것으로 판단된다. 이를 위해서는 녹지율 조정 등 사업시행자 공사비 증가에 대한 보전방안의 수립, LID 기법의 도입, 설계 시공, 이관과정에 지자체 참여 및 협

조, 각 주체별 (사업시행자, 지자체, 시민, 관련 업체 등) LID 기법 적용 시 우려해소 및 발전방향 제시를 위한 교육 및 홍보 강화 방안이 필요할 것으로 판단된다.

References

- Hyun, K.H., Kim, J.G., Lee, J.M., Lee, E.Y., Kim, S.G., Choo, Y.W. and Yoo, J.E. 2012. Installation Manual and Monitoring of LID-Decentralized Rainwater Management Facilities in Asan Tangjung. Land & Housing Institute, Daejeon, Korea. (in Korean)
- Jung, J.S., Hyun, K.H., Kim, I.T. and Song, J.W. 2015. The finite element analysis on structural stability of road with infiltration trench. Journal of the Korea Society of Water and Wastewater. 29: 107-122. (in Korean)
- LHI. 2012. The Guideline of Installing Decentralized Rainwater Management Facility. 2012-41. Land & Housing Institute, Daejeon, Korea. (in Korean)
- Yeon, J.S., Jang, Y.S., Lee, J.H., Shin, H.S. and Kim, E.S. 2014. Analysis of stormwater runoff characteristics for spatial distribution of LID element techniques using SWMM. Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society 15: 3983-3989. (in Korean)