

친수구역의 물순환 회복을 위한 저영향개발 기법 효과 분석

- 나주 노안지구 친수구역 사업을 중심으로 -

김희년**, 김건우***

*한양대학교 도시대학원 박사, **K-water 도시생태경관 팀장, ***한양대학교 도시대학원 랜드스케이프어바니즘 전공 조교수

1. 서론

우리나라의 도시지역 거주인구는 약90%에 이르고 있으며, 전 세계 도시지역 인구는 2050년 약68%에 이를 것으로 예상된다. 도시의 확장은 불투수면의 증가와 산림, 농경지, 습지 등의 감소로 인해 투수-불투수면적 간 심각한 불균형을 초래한다. 이러한 변화는 기후변화 양상과 함께 침투유량 및 홍수 증가, 하천 유량 감소, 수질오염, 생태계 변화, 도시열섬현상 등을 초래하게 된다(국립환경과학원, 2014).

도시화로 인해 불투수면 증가가 초래하는 여러 가지 물순환 왜곡현상에 대응하기 위해 저영향개발(LID:low impact development)기법이 도입·활용되고 있다. 한편, LID의 활용성 향상을 위해서는 LID를 통해 도달하고자 하는 물순환 목표량 설정과 객관적이고 정량적으로 LID의 수문학적 혜택을 평가할 필요가 있다.

이에 본 연구는 '나주 노안지구 친수구역 사업'을 대상으로 LID를 통한 물순환 회복에 관한 연구를 진행하였다. 첫째, SWMM(stormwater management model)모의 프로그램을 활용하여 개발로 인한 불투수면의 영향을 분석하고 둘째, 개발 전·후의 유출량을 비교·분석하여 물순환 목표량을 설정하였다. 셋째, 사업지 토지이용 계획을 고려하여 물순환 목표량을 달성하기 위한 LID를 선정·적용하였다. 넷째, 적용된 LID를 다양한 재현빈도의 강우 조건하에서 적용 효과를 분석하였다. 다섯째, LID 확대 적용을 위해 제도적 법률적 개선 전략을 제시하였다.

2. 연구과정 및 방법

본 연구는 '친수구역 활용에 관한 특별법'을 근거로 시행중인 '나주 노안지구 친수구역 조성사업' 지구를 공간적 범위로 하였다. 위 지역은 전라남도 나주시 노안면 학산리 일원에 위치하고 있으며 면적은 105,494m²이다. 대상지는 개발 전의 농촌지역이 도시로 개발됨에 따라(Table 1 참조) 물순환 왜곡이 발생할 가능성이 높고 영산강과 인접하여 불투수면 증가로 야기되는 홍수량 및 유출량 증가 등의 물순환에 미치는 영향이 직접적이고 클 것으로 판단되어 선정하였다.

Table 1. 개발 전·후 토지이용 면적 변화

개발 전 (m ² ,%)	논		밭		침엽수림		교통지역		주거지역	
	60,618 (57.4)		27,358 (25.9)		13,463 (12.8)		3,552 (3.4)		503 (0.5)	
개발 후 (m ² ,%)	단독 주택	도로	녹지	숙박 시설	문화 단지	공원	근린 상가	주차장	커뮤 니티	
	37,835 (35.9)	22,781 (21.6)	10,700 (10.1)	10,554 (10.0)	8,403 (8.0)	7,285 (6.9)	6,140 (5.8)	1,296 (1.2)	500 (0.5)	

개발 전·후의 수문학적 변화 분석과 LID 효과 분석을 위한 모형으로는 국내외에서 가장 널리 사용되고 있고, LID 분석 모듈 활용성을 고려하여 미국 EPA의 SWMM을 선정하였다.

SWMM 모형 구축을 위해 광주관측소의 강우자료를 수집하여 강우 분석을 실시하고, GIS 분석을 통해 소유역 면적, 소유역별 유출곡선지수 산출 등 모형 구축에 필요한 자료를 구축하여 모델 분석에 활용하였다(Figure 1 참조).

3. 결과 및 고찰

본 연구 대상지는 전체 면적 중 약 91%가 평탄하며 전형적인 수변 농촌지역 토지이용을 특성을 보이고 있는 지역으로 개발 후에는 수변 주택지구 등으로 개발될 예정이다. 개발 후 불투수 지역은 개발 전 3.4%에서 개발 후 83.0%로 급격하게 증가하는 것으로 분석되었다. 수문분석을 위한 강우량 자료는 대상지의 연평균강우량 1,374mm와 가장 유사한 1993년의 강우량을 1,372mm를 적용하여 분석하였다.

수문분석 결과, 개발 전은 침투 46.5%, 유출 39.4%, 증발 14.1% 순서로 분석되었고, 개발 후에는 유출 62.4%, 침투 21.5%, 증발 16.1% 순서대로 분

구분	설명	비고
기초자료	<ul style="list-style-type: none"> 기상청-강우데이터 수집 (시강우 자료 등) 관망 구축자료 수집 (관종류, 연장, 깊이 등) 소유역 특성 등 자료 수집 (경사, 면적 등) 	기상청 실시설계도서 CAD, ArcGis
강우분석	<ul style="list-style-type: none"> 재현빈도별, 지속시간별 확률강우량 분석 강우의 시간분포를 고려한 강우 분석 	Excel FARD
모델구축	<ul style="list-style-type: none"> 소유역 특성값 (유출곡선지수, 지면저류, 표면조도계수 등) 다양한 강우 데이터입력, LID 파라미터 입력 	SWMM
효과분석	<ul style="list-style-type: none"> 개발 전·후 수문분석 및 물순환 목표량 산출 LID 기법 적용에 따른 효과 분석 다양한 강우하에서의 LID 효과 분석 	SWMM

Figure 1. 분석절차

석되어 개발 전은 침투가, 개발 후는 유출량이 가장 많은 부분을 차지하는 것으로 분석되었다. 개발 전·후를 비교하면 침투는 25% 감소하였고, 유출은 23% 증가한 결과를 보임에 따라 개발에 따른 물순환 왜곡이 심각한 것으로 분석되었다. 또한, 홍수나 재해 측면에서 침투유출을 비교하면 개발 전 0.77m³/s에서 개발 후 1.08m³/s로 40.3%가 증가된 것으로 분석되었다.

본 연구에서는 개발 후 증가된 유출량을 LID 기법 적용을 통해 기존 유출량 수준의 물순환으로 회복시키는 관리 목표량으로 하였다. LID 기법을 통해 저감 해야 할 관리량은 개발 후 유출량 90,232m³에서 개발 전 유출량 56,947m³를 차감한 33,285m³로서 이는 전체 강우량 144,748m³의 약 23%에 해당하는 양이다.

개발 후의 유출량을 개발 전의 유출량으로 회복하기 위한 LID 기법의 선정 및 배치를 한 결과 전체 면적의 약 36.2%에 해당하는 38,189m²로 분석되었으며, 이는 공공부문 토지이용 면적의 24.5%, 민간부문 토지이용 면적의 44.0%를 차지하는 것으로 나타났다(Table 2 참조).

Table 2. LID 기법 선정 및 적용 면적

공공 부문 토지이용 (도로, 녹지, 공원, 주차장 등)			민간 부문 토지이용 (단독주택, 숙박시설, 근린상가 등)		
면적: 42,062m ²			면적: 63,432m ²		
LID 적용 면적: 10,294m ² 전체면적의 9.8%, 공공면적의 24.5%			LID 적용 면적: 27,895m ² 전체면적의 26.4%, 민간면적의 44.0%		
투수성포장	식생수로	빗물정원	투수성포장	식물재배하분	옥상녹화
5,071m ² (34.9%)	3,589m ² (15.9%)	1,634m ² (49.2%)	17,893m ² (64.1%)	543m ² (2.0%)	9,459m ² (33.9%)

공공 및 민간 부문의 LID 기법을 모두 적용한 결과 물순환이 개발 전으로 회복되는 결과를 보여주었다. 분석 결과 물순환 비율은 침투 40.9%, 유출 34.7%, 증발 24.4% 순서대로 분석됨에 따라 개발 전의 물순환의 순서와 동일한 침투>유출>증발 순으로 나타났다. 또한, 침투유출을 비교해 보면 개발 후 1.08m³/s에서 LID 적용 후 0.78m³/s로 감소하는 것으로 분석되어 개발전의 0.77m³/s와 거의 차이를 나타내고 있지 않다. 다음 Table 3은 개발 전·후 및 LID 적용에 따른 수문분석 결과를 나타낸 것이다.

Table 3. 개발 전·후 및 LID 적용에 따른 수문분석 결과

구 성	강우량 (m ³)	증발 (m ³ , %)	침투 (m ³ , %)	유출 (m ³ , %)	침투유출 (m ³ /s)
개발 전	144,748	20,549 (14.1%)	67,342 (46.5%)	56,947 (39.4%)	0.77
개발 후		23,354 (16.1%)	31,162 (21.5%)	90,232 (62.4%)	1.08
공공LID		27,968 (19.3%)	49,748 (34.4%)	67,032 (46.3%)	0.88
민간LID		31,313 (21.6%)	51,407 (35.5%)	62,028 (42.9%)	0.91
공공+민간 LID		35,292 (24.4%)	59,249 (40.9%)	50,207 (34.7%)	0.78

분석 결과에서 보듯이 친수구역에서의 물순환 회복을 위해서는 공공 부문과 함께 민간 부문에서의 LID 도입이 병행되어야만 물순환 회복이 가능할 것으로 보인다.

4. 결론

친수구역법에 의해 시행되고 있는 나주 노안지구 친수구역 조성사업을 대상으로 SWMM을 활용하여 수문학적 변화를 모의하고 우수관리 목표량으로 설정하였다. 유출량 저감을 위해투수성포장, 옥상녹화, 식생수로, 빗물정원, 식물재배화분 등 5가지 LID 기법을 적용한 후 SWMM 프로그램으로 모의하여 저영향개발기법을 통하여 물순환 회복이 가능함을 제시하였다.

LID 도입의 활성화를 위해서는 LID에 대한 인식 제고, 지구단위계획 등에 LID 도입 명시, 보조금 지급 등의 LID 설치를 적극적으로 유도하는 방안 모색이 필요하다고 판단된다.

본 연구의 절차와 방법론은 친수구역 등 계획수립 초기에 물순환 균형을 고려한 계획 수립을 지원하고 지속가능 발전계획 수립의 지침으로 활용될 수 있을 것이다.

참고문헌

1. 국립환경과학원(2014) 불투수면 유출특성 조사 및 관리목표 설정연구.
2. 울산광역시(2018) 물순환 선도도시 기본계획 수립. 울산광역시.
3. 이재수(2008) 수문학. 도서출판 구미서관.
4. 조은영(2012) SWMM-LID 모형을 활용한 도시소유역 LID영향 분석 연구. 부산대학교 석사학위논문.
5. 한국수자원공사(2012) 수변구역 LID 적용 마스터플랜 수립.
6. 환경부 외(2016) 저영향개발(LID)기법 설계 가이드라인.
7. Rossman, L. A. and W. C. Huber(2016) Storm Water Management Model Reference Manual Volume III, EPA.