

도시홍수방재분야에서의 저영향개발(LID) 도입사례 분석

A Study on the Low Impact Development in Urban Flood Prevention Sector

형진선¹⁾, 박성제²⁾, 류시생³⁾

Jin Sun Hyung, Sung Je Park, Si Saeng Ryu

요 지

지난 2011년 7월 100년만의 폭우로 인해 서울 도심 및 강남지역 대부분이 침수되어 도시 수재해의 취약성이 드러났으며 토석류의 위험성 또한 부각되었다. 이는 기후변화로 인한 이상 홍수의 빈발로 인해 예경보시스템이나 수문 관리 수준의 방안으로는 강수량의 시간적·공간적·양적 변화에 대비하기가 현실적으로 어려운 실정임을 보여주는 것이다. 본 연구에서는 LID을 이용한 선진국의 빗물관리 사례를 분석함으로써 우리나라의 도시홍수방재분야에 LID개념을 확대·적용하는 방향을 제시하고자 하며 미국의 사례를 중심으로 분석하였다. 본 연구의 결과는 국내 도시홍수방재분야에서 빗물관리계획의 방향설정에 활용될 수 있을 것이며 ‘재해에 강한 국토 만들기’로의 정책적 시사점을 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

핵심용어 : 저영향개발, 도시홍수, 녹색방재, 빗물관리, 환경정책

1. 도시홍수의 취약성

1.1 개요

기후변화에 관한 정부간협의체(IPPC)의 2007년 보고서에 따르면 기후의 온난화와 강수량 변동폭의 확대로 수재해 발생이 증가하고 있다. 우리나라도 지난 2011년 7월 100년만의 폭우로 인해 서울 도심 및 강남지역 대부분이 침수되어 도시 수재해의 취약성이 드러났으며 토석류의 위험성 또한 부각되었다. 이는 기후변화로 인한 이상 홍수의 빈발로 인해 예경보시스템이나 수문 관리 수준의 방안으로는 강수량의 시간적·공간적·양적 변화에 대비하기가 현실적으로 어려운 실정임을 보여주는 것이다.

1.2 도시홍수의 특징

최근 우리나라의 강우형태를 살펴보면, 국지성 집중호우가 빈번하게 발생하였으며 도시지역의 피해가 늘어났다. 국지성 집중호우는 매우 좁은 지역에 집중적으로 많은 비가 내리는 현상이며 최근 들어 이처럼 도시홍수피해가 늘고 있는 것은 도시개발로 물이 스며드는 면적이 줄어들면서 유출량이 상대적으로 많아져 도시가 폭우에 취약해졌기 때문이다. 도시에서는 노면 포장과 하수도의 운영으로 빗물이 땅속으로 흡수되는 비율이 크게 줄었기 때문에, 짧은 시간의 폭우로도 중·소형 하천이 갑자기 불어나 하천 주변에 있는 건물들이 자주 침수되는 등 도시 특성에 의한 피해를 내재하고 있다.

1) 미래자원연구원 정책기술연구실 연구조원 · E-mail : hjinsun88@gmail.com

2) 정회원 · 미래자원연구원 원장 · E-mail : psungje@gmail.com

3) 정회원 · 미래자원연구원 자원관리연구실 선임연구위원 · E-mail : sisaeng@gmail.com

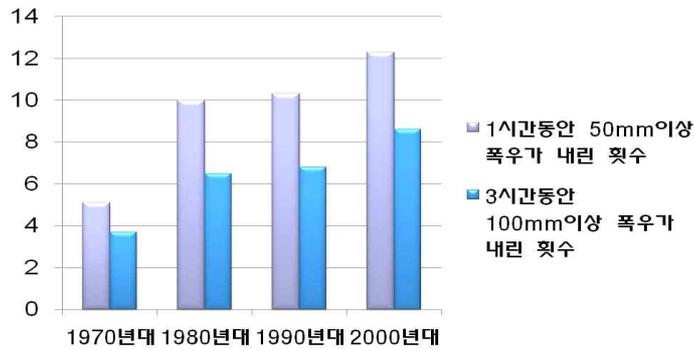


그림 1 서울지역 국지성 집중호우 발생 빈도 추이
(자료 : 국립방재연구소 분석결과, 2009)

2. 저영향개발의 적용

2.1 개념

저영향개발(Low Impact Development, LID)은 소규모 분산형의 자연친화적인 기법을 활용해 우수유출 발생원부터 우수유출량 및 비점오염을 저감, 유출속도를 지연시켜 도시지역의 물순환 상태를 개발 이전에 가깝게 유지하기 위한 기법으로 정의된다.¹⁾ 미국의 PGDER(Prince George's County, Maryland Department of Environmental Resources)에서 시작되었으며, 강우 유출수 관리 및 도시개발 등으로 인한 유역 물 순환구조 개선을 위해 최근에 주목받고 있는 단순하면서도 효과적인 방안이다. LID는 개발 계획의 수립에 앞서서 유역의 수문학적 특성을 고려하고 침투, 저장, 증발, 지체 등의 방법을 통해 소규모 수계 내에서의 수문학적 순환을 중시한다는 점에서 '자연순환'의 원리에 순응하는 모습을 하고 있다. LID의 요소기술에는 우수저류공원 생태저류지(Rain Gardens and Bioretention), 지붕층 저류공원(Rooftop Gardens), 보도저류공간(Sidewalk Storage), 식생습지 완충녹지대 수목보존지대(Vegetated Swales, Buffers and Strips; Tree Preservation), 지붕층배수관(Roof Leader Disconnection), 빗물저장조(Rain Barrels and Cisterns), 투수성 포장(Permeable Pavers), 토양개량(Soil Amendments) 등이 있다.

2.2 국내 저영향개발 적용 현황

현재 우리나라에서는 행정안전부 국립방재연구원에서 '우수유출저감시설의 종류·구조·설치 및 유지관리 기준(2010.7.고시2)'을 개발·보급한 바 있으며, 침투시설에 대한 치수 및 이수 효과를 정량화하고 있으나 선진국과 같이 LID를 적용한 방재의 개념이 범용적으로 일반화되어있지 않은 상태이며 개념의 도입 또한 1990년대 후반 대전광역시 생태도시계획에 물순환 관리와 토지이용계획을 강조하는 방안을 도입하면서 부터이다. 이처럼 국내에 LID의 개념이 도시개발에 반영되기 시작한 것은 생태도시 개념의 도입부터라고 할 수 있다. 대전광역시와 하남시, 김포시, 과주시에서 토지이용계획에 친환경적 개념을 도입하여 물 순환의 중요성을 강조하였고 그 후 이를 바탕으로 실제 LID가 논의되고 도입된 것은 행정중심복합도시 건설 때부터이다. 이 당시 대규모 도시 건설에 따른 물 순

1) 한우석(2011.10.10), 도시 빗물관리 개선을 위한 미국 저영향개발 적용사례와 시사점, 국토정책brief 344권
2) 자연재해대책법 제19조 및 동법 시행령 제16조에 의거 강우 시 우수의 직접 유출을 억제하기 위하여 인위적으로 우수를 지하에 침투시키거나 저류시키는 시설(이하 "우수유출저감시설"이라 한다)중 침투시설에 관한 구조·설치 및 유지관리 등의 관련기준을 정하여 재해를 경감시키는데 그 목적이 있다.

환의 왜곡과 비점오염원 관리문제를 동시에 접근하기 시작했다. 이를 바탕으로 대부분의 신도시와 혁신도시 등의 계획에서 수자원 확보방안과 연계하여 물순환 체계 요소들이 도시 전체에 유기적으로 연계될 수 있는 방안을 강구하였으며 그 결과가 충남도청 이전 신도시에 반영되었고 판교, 동탄 신도시 등의 개발에 있어서도 LID 개념이 확산되었다. 이처럼 우리나라는 도시개발의 관점에서 다양하게 LID 개념이 적용되는 반면, 방재연구나 제도의 개발은 선진국에 비해 미약한 실정이다. Jeon(2010)의 연구에서는 LID가 적용된 아파트 단지의 토지이용도를 조사하고 아파트와 보도, 주차장 등 토지이용에 LID 기술을 적용하여 그 효과를 산출해내는 모의실험을 하였다. 이 실험은 서울시 송파구에 위치한 올림픽 선수촌 아파트 단지에서 실시되었으며 이 지역의 현재 LID 적용 현황과 LID 기술 적용 모의실험의 효과는 다음 표와 같다.

표 1 LID 적용 현황(올림픽 선수촌 아파트 단지)

토지 범위		현재 토지이용	LID design
투과 영역	잔디	6,963	6,936
	숲	102,033	102,033
	황무지	7,384	7,384
불투과성 영역	차도	31,102	0
	주차장	154,840	0
	보도	45,199	0
	빌딩	65,113	0
LID measure	녹색지붕	0	65,113
	다공성 포장	0	231,141

자료 : Ji-Hong Jeon, Kyoung Jae Lim, Donghyuk Choi, Tae-Dong Kim(2010), Modeling the Effects of Low Impact Development on Runoff and Pollutant Loads from an Apartment

표 2 LID에 의한 연간 수문구성요소의 증감(mm/ha/yr)

	녹색 지붕	다공성 포장	결합
표면 유출	-14.8	-3.0	-5.6
침투	0.0	+1.0	+0.8
증발	+14.8	+2.0	+4.8

자료 : Ji-Hong Jeon, Kyoung Jae Lim, Donghyuk Choi, Tae-Dong Kim(2010), Modeling the Effects of Low Impact Development on Runoff and Pollutant Loads from an Apartment

위 표에서 볼 수 있듯이 LID 기술이 적용된 토지이용의 경우 빗물의 유출보다 침투와 증발되는 비율이 더 높은 것을 알 수 있다. 이 중 녹색지붕은 증발의 효과가 크고 다공성포장의 경우 침투의 효과가 큰 것으로 확인되었다. 빗물이 스며들지 않고 유출량이 많으면 소하천 범람의 위험도 커질 것이고 배수능력의 초과로 이어져 침수 가능성 또한 커지게 된다. LID 기술의 방재기능을 증명하는 실험이라고 볼 수 있다.

3. 미국의 저영향개발 현황

3.1 적용사례

미국의 경우 북서부를 중심으로 LID 시범지역을 운영하고, 무영향배수 배출법 및 빗물관리조례 제정, 인센티브 제공 등을 통해 도시 배수시스템 개선과 도시홍수제어에 LID가 적극 활용되고 있다. LID가 적용되는 사례는 다음과 같다.

(1) 텍사스 주 샌 안토니오 지역

- : 주차장 부지를 불투수면으로 리모델링 하는 기법을 적용, 주차장 허가에 다중기준을 적용하여 투수성 포장 적용 주차장은 최대면적 제한에서 제외하고 있으며 빗물유출수 용적, 유속 및 오염물질의 이동 감소 효과를 기대할 수 있음
- (2) 위스콘신의 엘름 그로브 지역
 - : 교통중심구역 등 특정 지역에 대한 대규모 종합계획 및 도시설계를 통해 범람 저감을 위한 빗물침투지역 및 도시공원의 설계, 지역의 빗물 유출량을 증가시키지 않으면서 잠재적 개발 수요를 흡수하고 불투수면 증가 가능성을 사전에 차단할 수 있는 방법임
- (3) 애틀란타 상공업 지역 재개발 사업
 - : 이미 개발된 부지를 다시 개발하는 방법, 물순환을 고려한 빗물처리시설의 설치로 도시환경의 개선 및 단지의 고층화, 침투, 저류, 재이용시설 부가로 빗물 관리기능을 제고할 수 있음
- (4) 워싱턴주 클라크 카운티 지역
 - : 2002년에 공지 개발조례를 제정하여 기존의 개발지역 내에 위치한 미개발 토지를 친환경적으로 개발, 유역관리에 유리하며 빗물 유출수를 감소할 수 있음
- (5) 샌디에고 지역
 - : 공지개발 업체 빗물감소 소요경비 공동부담, 홍수방어와 수질관리 인프라를 유지하고 보수 비용을 절감할 수 있음
- (6) 오하이오 주 레이크 카운티 지역
 - : 빗물관리시설 배출권의 도입으로 빗물관리에 따른 혜택을 부여하고 있음, 주어진 건축물에서 발생한 빗물 유출수 처리 및 처리비용을 부과함으로써 해당지역에서 발생하는 빗물을 경감할 수 있음
- (7) 스마트성장 도로체계
 - : 물 순환과 비점관리를 고려한 도로를 설계함으로써 연석과 도랑으로 유입되는 빗물유출량 감소를 통해 홍수를 제어함, 집중호우 기간 도로 침수 발생빈도를 감소하는 저류조의 역할을 하고 있음
- (8) 켄터키 주 지역
 - : Stormwater Management Handbook(2009.5), 최근 급격한 인구 증가로 인한 하수 처리용량의 부족에 대비하여 강우 유출수 관리를 위한 녹지 기반 전략을 수립함. 강우 유출수 관리에 대한 접근방법을 자원(resource)이 아니라 폐기물(waste)로 생각함

3.2 시사점

미국의 경우 처음에는 강우유출수 관리를 위해 전통적인 방식인 하수 처리장 확대나 하수도관 매설 등 방안을 고려하였으나, 강우 유출수에 대한 사후대응이 아니라 사전대응, 즉 유출저감방안으로 홍수제어의 개념이 변화하였다. LID를 적용한 빗물관리를 Better Site Design(BSD)으로 도시계획 시에 주로 고려하였으며 자연상태의 물순환 특성을 기반으로 하여 통합적인 수문체계, 소규모 분산관리, 발생원 관리, 다양성을 고려한 것이 특징이다. 이처럼 미국은 빗물과 비점오염원 공동관리를 위한 효율적인 기법으로 LID를 채택하고 있으며 해당지역의 수문 및 수리기능을 유지하거나 회복시키고 도시개발이 수환경에 미치는 홍수나 오염과 같은 영향을 감소시키는 방법으로 이용하고 있음을 알 수 있다. 따라서 도시의 무분별한 확산을 막고 방재기능까지 고려한 LID 개념의 확립을 사전예방적 토지이용계획에 반영하여 도시계획에 적극 활용하는 점을 국내 도시계획과 방재정책에서 벤치마킹할 수 있을 것이다. 그러나 켄터키 주의 사례처럼 강우 유출수를 폐기물로 생각하기에 앞서 증발되거나 저장된 강우유출수를 재이용하는 것까지 고려하여 도시계획을 수

립하는 것도 고려해 볼 필요가 있다.

4. 결 론

기후변화 등으로 향후 더욱 심화될 집중호우로 인한 재해가능성을 낮추기 위해서는 LID개념을 적용한 배수시스템의 설치와 더불어 효율적인 시행을 위한 제도를 지속적으로 확대할 필요가 있다. 미국의 사례에서 살펴보았듯이 건전한 물순환 체계를 회복하고 사전예방적인 도시홍수방제를 위해서는 LID를 활용한 도시계획의 개선이 필요하다. 이를 우리나라에 적용하기 위해서는 먼저 자연적인 요소와 인공적인 요소가 복잡하게 조합되어있는 도시지역의 방재기능을 파악하고 지역의 자연특성과 사회특성 등에 관한 기초 자료의 수집이 이루어져야 한다. 이러한 다양한 관측결과를 시각적으로 나타내는 것이 가능하다면 LID를 적용한 방재정책의 입안에 관계하는 사람들에 있어 공통의 의사결정 지원 도구가 될 수 있을 것이다. 따라서 본 연구의 결과는 국내 도시홍수방재 분야에서 빗물관리계획의 방향설정에 활용될 수 있을 것이며 ‘재해에 강한 국토 만들기’로의 정책적 시사점을 제공하고자 한다.

감 사 의 글

본 연구는 국토해양부 건설기술혁신사업의 연구비지원(11기술혁신C06)에 의해 수행되었습니다.

Acknowledgement

This research was supported by a grant (11-TI-C06) from Construction Technology Innovation Program funded by Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs of Korean government.

참 고 문 헌

1. 건설교통부(2003), 도로배수시설 설계 및 유지관리 지침 연구.
2. 김현준, 장철희, 노성진, 조한범(2007), 도시유역 물순환 해석 기술지침 개발, 한국수자원학회 학술발표회
3. 워터저널(<http://www.waterjournal.co.kr/news/articleView.html?idxno=14022>)
4. 한국환경정책·평가연구원(2010), 수변지역 도시재생에 있어 저영향개발기법(LID)의 적용방안 및 효과
5. 한우석(2011.10.10), 도시 빗물관리 개선을 위한 미국 저영향개발 적용사례와 시사점 , 국토정책 brief 344권
6. 환경부(2009), LID기법을 활용한 자연형 비점오염원 관리방안 마련
7. Jeremy Jones(2001), *Sustainable Urban Drainage Systems*, CIWEM SUDS SYMPOSIUM
8. Ji-Hong Jeon, Kyoung Jae Lim, Donghyuk Choi, Tae-Dong Kim(2010), Modeling the Effects of Low Impact Development on Runoff and Pollutant Loads from an Apartment, 대한환경공학회 학술지
9. Balousek, J.D(2003), Quantifying Decreases in Stormwater Runoff from Deep Tilling, Chisel Plowing, and Compost-Amendment, Dane County Conservation Department