

## 도시 빗물관리 개선을 위한 미국 저영향개발 적용사례와 시사점

한우석(국토연구원 책임연구원)

- 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 기법
- 저영향개발의 핵심전략
  - 자연환경 보전, 소규모·분산형 저영향개발 시설물의 전략적 배치, 개발계획과 병행시행, 불투수지역의 최소화, 우수유출경로를 자연토양으로 유도, 시설물 유지관리
- 주요 저영향개발 시설물
  - 빗물정원, 생태저류지, 옥상녹화, 가로수 저류, 생태수로, 완충지, 식생대, 지붕흙통 분리, 빗물통, 빗물탱크, 투수성포장 등
- 미국 북서부를 중심으로 저영향개발 시범지역 운영, 무영향배수 배출법 및 빗물관리조례 제정, 인센티브 제공 등을 통해 도시 배수시스템 개선에 저영향개발이 적극 활용되고 있음
- 최근 기후변화에 따른 도시홍수피해가 빈번히 발생하는 우리나라의 경우 도시 배수시스템의 개선을 위해 저영향개발을 적극 활용하는 정책이 요구됨

### 저영향개발 활용을 위한 정책적 시사점

- 도시 밀집도와 집중호우 발생빈도가 높은 우리나라 특성을 고려하여 소규모·분산형 저영향개발 시설물들의 연계를 통해 최대 효과를 발휘할 수 있는 한국형 저영향개발기법 개발 및 보급
- 도시 특성(기존도시/신도시)을 고려한 우수관리 실천수단과 적용방안을 개발하고, 도시 우수관리 지침 마련
- 저영향개발 적용 시 인센티브를 제공하여 주민들의 적극적 참여 유도

# 1. 저영향개발(Low Impact Development: LID)

## ● 개요

- 1990년대 미국 Maryland주의 Prince George's County에서 우수유출량 조절 및 비점오염 저감기능을 할 수 있는 생태저류지(Bio-retention)를 소개하면서 저영향개발(LID) 개념이 확산되고 있음
  - 도시화에 따른 불투수지역의 확대는 우수유출량 및 침투유출의 증가를 야기하여 홍수를 유발시키며, 또한 비점오염의 증가를 유발시키는 등 물순환에 많은 악영향 발생
  - PGDER(Prince George's County, Maryland Department of Environmental Resources)에서는 투수율이 높은 토양과 식물을 활용하는 생태저류지를 통해 도시화에 따라 발생하는 물순환의 부정적 영향을 감소시키는 방안 제안
- 저영향개발은 소규모·분산형의 자연친화적인 기법을 활용해 우수유출 발생원부터 우수유출량 및 비점오염을 저감, 유출속도를 지연시켜 도시지역의 물순환 상태를 개발 이전에 가깝게 유지하는 기법임
- 저영향개발은 효율적이고 경제적인 뿐 아니라 친환경적인 장점을 인정받아 최근 미국 북서부를 중심으로 도시계획 차원에서 배수시스템 개선방법으로 적극 활용됨
  - 우수유출량 및 유출속도 감소를 통해 기존 하수관의 용량초과 부담을 저하시켜 홍수 위험 감소
  - 중앙집중식 하수관의 용량 확장비용 및 관리비용에 비해 상대적으로 저렴
  - 친환경적인 자연요소를 활용한 수질개선, 자연환경 보전 및 쾌적한 주거환경 조성

## ● 저영향개발의 핵심전략

- 자연환경 보전
  - 자연토양 및 토종 식생을 최대한 보전
  - 자연지형에 의한 배수특성을 보전
- 소규모·분산형 저영향개발 시설물의 전략적 배치
  - 우수유출 발생원부터 소규모 분산된 저영향개발 시설물을 유출경로에 전략적으로 설치하여 유출량 저감효과 극대화

■ 개발계획과 병행시행

- 개발계획 단계부터 도시계획자, 조경전문가, 건축가뿐만 아니라 수문 관련 기술자의 의견을 반영하여 저영향개발을 고려한 개발계획 수립
- 토양 및 지형 특성상 우수 침투능력이 높은 지역은 건물, 인프라 등 인공건축물 제한

■ 불투수지역 최소화

- 개발 시 불투수지역을 최소화하며, DCIA는 가능한 완전제거

※ DCIA(Direct Connected Impervious Area)는 우천 시에 우수가 투수지역을 거치지 않고 불투수지역만을 따라 하수관거로 유입될 때, 이 우수유출 경로상에 있는 연결된 불투수지역

■ 우수유출경로를 자연토양으로 유도

- 투수율이 높은 자연토양으로 우수유출방향을 유도하여 유출량을 저감시키고, 지하수 충전기회 증대

■ 시설물 유지관리

- 저영향개발 요소에 사용되는 토양과 식물의 유지관리를 통해 높은 우수침투율 유지

● 주요 저영향개발 시설물

[그림 1] 빗물정원(좌), 생태저류지(우)

■ 빗물정원, 생태저류지(Rain Garden, Bio-Retention)

- 건물의 정원, 주차장, 도로중앙 등 다양한 도시구성요소에 소규모 설치 용이



■ 옥상녹화 (Rooftop Garden)

- 옥상에 정원을 설치하여 우수유출수를 저류 및 지연시킨 후 하수관거로 배출시키는 시설물로 우수유출 저감효과뿐만 아니라 도시열섬의 감소, 공기정화 및 온실가스의 배출 감소 등의 효과 확보

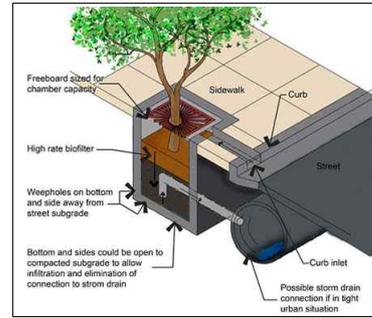
[그림 2] 옥상녹화



■ 가로수 저류(TreeBox)

- 인도나 도로의 우수유출을 가로수에 설치된 TreeBox를 통해 저류 및 지연시킨 후 하수관거로 배출

[그림 3] 가로수 저류



■ 생태수로, 완충지, 식생대

- 배수로에 잔디 등과 같은 짧은 풀을 조성하여 우수유출을 저감 또는 지연

[그림 4] 생태수로



■ 지붕흡통 분리(Downspout Disconnection)

- 지붕흡통을 분리시킨 후, 투수지역을 한번 걸쳐서 하수관거로 배출하는 방식으로 지붕의 DCIA를 절감시키는 데 효과적인 시설물

■ 빗물통, 빗물탱크(Rain Barrel and Cistern)

- 지붕의 우수유출수를 지붕흡통을 통해서 빗물통 또는 빗물탱크에 저장한 후 물을 재사용

[그림 5] 투수성 포장



■ 투수성 포장(Permeable Pavers)

- 도로나 인도의 포장을 투수성 재료를 사용하여 우수유출량 저감

## 2. 미국의 저영향개발 적용사례

● 시애틀(Seattle)의 SEA(Street Edge Alternative) 프로젝트

- 워싱턴주 시애틀에서는 2001년 2<sup>nd</sup> Avenue의 220m 거리에 우수유출 저감 및 친환경적 거리 조성을 목표로 저영향개발 요소기술을 적용하는 시범사업 실행

- 도로 폭을 7.6m에서 5.5m로 축소하여 불투수지역 면적을 18% 저감
- 우수배수로를 생태수로로 바꾸어 DCIA 최소화
- 빗물정원 및 생태저류지 등 저영향개발 요소 적극 활용

- SEA 프로젝트 시범사업 결과 경제적, 오염저감, 홍수피해 저감, 쾌적한 주거환경 조성 등의 많은 이점발생
  - 중앙집중식 하수관거 방식의 시설 설치 및 유지·관리 비용에 비해 약 25%의 비용 절감
  - 홍수피해 저감, 수질개선, 쾌적한 주거환경 조성 등의 장점 확보

## ● 레이시(Lacey)의 ZID(Zero Impact Development)

- 워싱턴주 레이시에서는 도시화에 따른 홍수피해 및 하천오염이 빈번히 발생하여, 이를 막기 위해 무영향개발(Zero Impact Development: ZID)을 목표로 무영향배수 배출법(Zero Effect Drainage Discharge Ordinance) 제정
- 무영향배수 배출법의 주요 내용
  - DCIA 완전제거
  - 신도시 개발 시 산림이나 자연토지 비율을 60% 이상 유지
  - 저영향개발 요소기술을 도시개발계획 단계부터 적극 활용
  - 개발 전·후의 물순환 영향 모니터링 시스템 구축

## ● 포틀랜드(Portland)의 빗물관리조례 제정

- 오리건주 포틀랜드에서는 불투수면적이 46.5m<sup>2</sup>가 넘는 모든 개발행위에 대해서 우수유출 수질과 유출량을 관리
- 저영향개발 요소기술 적용 시 용적률 제고, 감세 등의 인센티브를 제공하여 주민들의 자발적인 저영향개발 요소 활용 유도
- 특히, 인센티브를 적용한 빗물흡통분리 프로그램(Portland Downspout Disconnection Program)을 통해 민간이 자발적으로 저영향개발 설치 유도
  - 4만 4천 이상의 가구들이 빗물흡통분리 프로그램에 참여하여 연간 약 400만 톤의 우수유출 저감효과 발생
  - 저영향개발 요소 적용 시 추가 설치비용이 들지만, 장기적으로는 배수시스템 추가 설치 및 관리비용 절감, 홍수피해 절감, 수질관리 비용 절감 등 많은 경제적 효과 예상

### 3. 우리나라 제도의 한계 및 외국사례 시사점

- 우리나라도 기후변화 재해피해를 최소화하기 위해 사전재해영향성검토협의제도, 자연재해 위험지구 지정, 지속가능한 신도시 계획기준 등을 활용하고 있지만, 공간범위, 적용방안 및 기준 등에 대한 고려가 미흡하여 실효성에 한계
  - 사전재해영향성검토협의제도는 사업제도 절차에서 계획수립 후 중앙행정기관장과의 협의단계에서 재해영향을 검토하도록 하고 있어 저류지 등 저감대책 수립이 어렵고, 활용 가능한 친환경 우수저류 계획요소 및 우수유출경로에 대한 고려 등이 미흡하여 실효성에 한계
  - 자연재해위험지구의 정비사업은 하수관거정비, 펌프장 증설 및 신설, 제방 일부 축조 등 중앙집중식 배수시스템에 의존적인 구조물적 대책이 대부분을 차지
  - 지속가능한 신도시 계획기준은 우수지, 녹지, 바람길, 투수성포장재의 사용, 빗물관리 등 다양한 계획요소를 제시하고 있지만, 완충녹지를 제외하고는 적용방안이나 기준이 미흡
- 저영향개발은 도시화에 따른 홍수 및 오염에 대응하는 친환경적인 대응방안으로 주목받고 있음
  - 저영향개발은 소규모 분산형으로 다양한 도시구성요소에 유연하게 적용 가능
  - 도시화나 기후변화 등 변화하는 환경에 중앙집중식 하수관거의 용량초과 부담을 감소시켜 홍수를 예방할 수 있고, 수질오염 저감 및 쾌적한 주거환경 조성 등의 다양한 장점 확보
- 기후변화에 따라 증가하는 도시홍수피해 저감을 위해 우리나라 특성을 고려한 한국형 저영향 개발기법을 개발·보급하고 저영향개발 개념을 포함하는 도시 우수관리 지침마련 및 인센티브 제공을 통해 적극적인 활용유도 필요
  - 우리나라 도시의 높은 밀집도와 여름철 집중호우를 고려하여 소규모·분산형 저영향개발 시설물들의 연계를 통해 우수유출 저감 효과를 극대화할 수 있는 한국형 저영향개발기법 개발 및 보급 필요
  - 도시 특성(기존도시/신도시)을 고려한 우수관리 실천수단과 적용방안을 마련하여 도시개발 시 지침으로 활용
  - 옥상녹화, 빗물흡통 분리 등 주민참여가 요구되는 저영향개발 시설에 인센티브 제공을 통한 주민들의 자발적인 저영향개발 활용 유도

● 국토연구원 녹색국토·도시연구본부 한우석 책임연구원(wshan@krihs.re.kr, 031-380-0282)