

구조적 LID 기술의 지구단위계획 도시설계요소 적용가능성 평가*

Evaluation of Structural LID Techniques' Applicability to District Unit Planning by Urban Design Components

반영운** · 백종인*** · 한경민**** · 손철희*****

Ban, Yong-Un · Baek, Join-In, Han, Kyong-Min, Son, Cheol-Hee

Abstract

The purpose of this research is to evaluate the structural LID technique's applicability to urban design components of district unit planning.

To reach this goal, this study followed three steps. First, this study has set urban design scope and drawn a pool of urban design components after considering the guideline and samples of district unit planning. Second, the validity of urban design areas and components was obtained through expert survey. Third, this study looked into how LID techniques can be applied to district unit planning along with urban design components.

As a result, this study derived five sectors of district unit planning as follows: transportation facility planning, construction planning, landscape planning environmental management planning, and park-green land use planning. Each sectoral planning consists of 11 sub-components and 34 urban design components. And this study verified the structural LID techniques' applicability to district unit planning by urban design components.

키 워 드 · 저영향 개발, 도시설계요소, 지구단위계획

Keywords · Low Impact Development(LID), Urban Design Components, District Planning

I. 연구의 배경 및 목적

최근 도시계획 분야에서 저영향개발(Low Impact Development, 이하 LID)과 연계한 도시개발 기법이 관심을 받고 있다. LID는 도시화에 따른 수생태계의 피해를 최소화하여 개발 이전의 상태에 최대한 가깝게 만들기 위한 토지이용 계획

및 도시개발 기술이다(한우석, 2011). LID가 도시에 실현되었을 때 빗물 유출량저감, 수질개선, 개발영향면적을 최소화할 뿐만 아니라 도시의 열섬 현상 완화, 생태계 보전, 도시민 여가 공간 확충, 에너지 저감, 도시미관 향상 등 사회적·경제적 효과가 있기 때문에 도시계획과, 도시개발, 도시디자인과 연계할 때 더욱 효과를 발휘할 수 있다(현경

* 본 연구는 국토교통부 물관리연구개발사업의 연구비지원(15CCTI-B063632-04)에 의해 수행되었습니다.

** Chungbuk National University (byubyu@chungbuk.ac.kr)

*** Chungbuk National University (yahoback@nate.com)

**** Chungbuk National University (reddug@nate.com)

***** Chungbuk National University (Corresponding author: chuleeson@nate.com)

학, 2014).

그러나 LID를 개별적인 단위시설로 적용하는 방법 이외에는 도시개발 및 계획 초기에 고려하여 적용이 되지 못 할뿐더러 구도심에 실제로 적용되기는 쉽지 않다(환경부, 2013). 이는 크게 두 가지 문제점을 들 수 있다. 첫째는 현재 우리나라에 다양하고 산발적인 LID관련 지침 및 제도들을 도시계획에 적용시키는 모범이 없다. 모범이 없는 상태에서 건축이나 도시 조성 시 LID의 의무적 적용은 한계가 있다(이미홍 외, 2014). 두 번째는 이미 물 관련 지침 및 유사한 제도가 존재하지만, 도시계획에 적용시키는 구체적인 기법이 없기 때문이다.

중앙정부의 노력으로 LID관련 제도와 법률이 개선된다 하더라도 도시계획에 LID를 적용시킬 수 있는 기법의 모색은 필요한 상황이다. 이에 법적 구속력이 있는 지구단위계획 수준에서 구체적인 기법을 명시하는 LID적용 지침이 마련되어야한다.

본 연구의 목적은 LID기반 지구단위계획 수립 지침마련을 위한 기초연구로서 구조적 LID기술의 지구단위계획 도시설계요소 적용 가능성을 평가하고자 한다.

II. 이론적 고찰

1. 우리나라 도시계획체계

우리나라의 현행 국토공간계획체계는 국토기본법에 규정되어 있는 전국계획, 시·군계획 등의 공간범위별 계획체계와 국토의 계획 및 이용에 관한 법률(이하 국제법)로 규정되는 도시관련계획체계로 분류 할 수 있다. 국제법에서 모두 규정하기 어려운 일부 계획의 경우는 별도의 법률로 규정하고 있다. 예로 도시계획사업의 일부인 도시개발사업의

경우 도시개발법을 통하여 관리하며, 도시 및 주거환경정비법, 도시재정비촉진법 등도 마찬가지다.

도시계획체계에서 지구단위계획은 최하위계획으로 도시설계의 법적 수단이 된다. 지구단위계획은 법에 의하여 수립되거나 개별사업으로 지정된 사업구역(도시개발법 등)에 대한 개발계획 또는 실시계획과 함께 수립하여 당해 사업구역의 계획적 관리를 도모할 수 있다(국토교통부, 2014). 지구단위계획은 구체적이고 입체적인 계획이며, 다른 도시계획과 연계 가능한 계획이다.

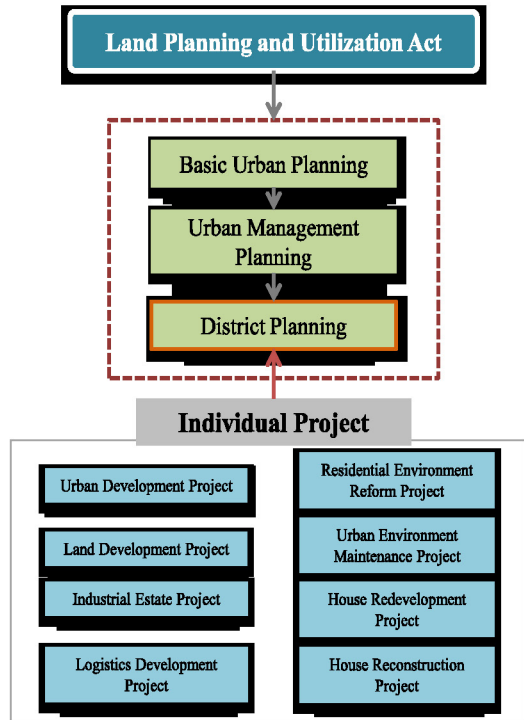


Fig. 1. Urban Planning System of Korea

2. 저영향 개발과 도시계획

LID의 기법은 비구조적 기술과 구조적 기술로 나뉜다. 비구조적 기술은 토지이용계획단계서부터 고려되는 종합적 토지계획으로 대지 설계, 빗물관

리 규제 및 정책 등을 말한다. 구조적기술은 시설을 통한 관리를 의미하며 침투(나무여과상자, 침투도랑 등), 저류(빗물정원, 옥상 녹화 등), 이용(빗물통 등) 및 기타 목적을 둔 시설을 말한다.

LID는 도시 생태계를 보전하고, 도시민 여가 공간 확충과 냉·난방 에너지저감 효과는 물론 도시 경관과 미관을 향상 시키는 등 사회·경제적 효과가 있기 때문에 도시계획과 연계하여 이루어질 때 더욱 효과를 발휘할 수 있다. 따라서 LID가 도시 계획 분야와 연관되어 계획 및 설계 된다면, 향후 도시에 있어 매우 중요한 역할을 할 것으로 기대된다.

그러나 실제 LID를 도시계획에 적용하기 위해서는 몇 가지의 중요한 문제점이 있다. 한국에서는 이미 빗물이용시설, 빗물유출, 물과 관련하여 수질오염총량관리 제도, 사전재해영향성 검토 협의 제도, 환경영향평가, 생태면적률 제도 등 다수의 물순환체계 개선 제도와 이를 뒷받침하는 지침을 마련하였다. 주요 제도를 살펴보면, 수질오염총량 관리 제도는 강우유출을 다루긴 하지만 지자체별로 목표수질을 달성하기 위해 만들어 졌으며, 사전재해영향성 검토는 자연재해대책법을 근거로 재해예방을 목적으로 한다. 생태면적률 제도와 기타 관련 제도는 LID의 효과를 모두 포용하지 못하고 있다. 게다가 일단 수립된 도시계획을 사후에 환경적으로 검토하고 있는 실정이고, 계획의 내용이 상호 보완적이 않고 간접적이기 때문에 그 효과는 크지 않다. 이를 고려하여 도시계획에 적용하는 구체적인 기법이 부재한 상황이다. 또한 법령에 따라 담당하는 부처가 달라 LID 전문가들 간에 긴밀한 의견교류 및 협의가 이루어지지 못하고 있다(이현지, 2014). 도시계획 관련 지침 또한 마찬가지다. 지구단위계획 수립지침, 도시재생전략계획 수립 가이드라인, 도시재생활성화계획 수립 가이드라인 등은 물 관리에 대해 간략히 언급하거나 아

예 다루고 있지 않다.

LID기술이 도시의 물순환 관리에 뛰어나다고 할지라도 개발사업자는 자발적으로 LID를 적용시켜 추가로 비용을 지출하려 하지 않는다. LID의 적용 확대를 위해서 도시계획단계에서 의무화정책이 거론되는 이유이기도 하다. 그러나 중앙정부의 노력으로 LID관련 제도와 법률이 개선되고 의무화 정책을 시행한다 하더라도 LID를 도시계획에 적용하고 연계하는 수단과 방법이 마련돼 있지 않으면 계획을 수립할 수가 없다. 국내형 기법개발이 제대로 이루어지지 않은 상황에서 의무화를 추진해 나가는 것은 무리가 있다(최종수 외, 2012).

3. 선행연구 고찰

LID와 관련된 연구들은 구조적 LID 기술의 효과분석에 관한연구, LID 기술의 비용편익에 관한 연구, LID 기술의 모니터링에 관한연구, LID 기술의 적용사례 및 가이드라인에 관한연구로 구분할

Table 6. Reviewing of LID-Related Studies

Division	Authors
Analysis of effect	Gilroy and , 2009; Ahiablame et al., 2013; Bedan and Clausen, 2009; Dietz and Clausen, 2008; Curtis, H., 2005
Benefit-cost analysis	Chau, H.-F., 2009
Monitoring	Kang C. et al., 2011; Lee J. et al., 2014;
Application cases and Guidelines	Coffman, L., 1999; Cheng et al., 2003; Houdeshel et at., 2009
Expanding application LID	Ewing, 1998; Choi J. et al., 2012; KEI, 2010; Lim Y., 2011; Park G., 2011; Lee Y., 2013

수 있다(표 1 참조).

위의 연구들은 LID 기술에 대한 기술설명 위주로 구성되어 있기 때문에 도시계획과 적용절차에 대한 고려가 없다. 또 시설 배치계획 및 토지이용 계획에 대하여 구체적인 내용보완이 필요하다. 국내에서는 LID가 토지 이용 계획의 성격을 가지고 있기 때문에 이미 개발이 진행된 구도심에서는 적용을 확대해 나가는 것이 어렵다(최종수 외, 2012). LID의 적용 확대를 위한 방안을 제시한 연구들도 있다. 이들 연구들은 주로 LID기법 적용의 한계와 정책적 시사점을 제시하고 있지만, 실질적인 해결책을 제시하지 못하는 한계점이 있다.

한 단계 더 나아간 연구로 국내에서는 LID를 도시계획에 활용하는 방안을 제시한 연구들도 있다. 현경학(2014)은 LID가 국토교통부, 환경부와 소방방재청 등에 따로 존재하며 부처 간에 서로 인정을 받지 못하기 때문에 중앙 부처와 지자체 등이 LID 관련법, 제도에 대해 체계적으로 논의가 필요하다고 하였다. 이와 같은 맥락으로 윤정중 등(2014)은 LID의 적용기준, 비용, 담당 조직 및 관리 주체 등 풀어야 할 숙제가 많다고 주장하였다.

한편, 도시설계요소에 관한 선행연구들은 목적에 의해 다양하게 나타난다. Roy B. Mann(1986), Fisher et al.(2004) 등은 도시재생을 위한 설계요소를 도출하였으며, 김현수(2009)는 도시재생관점에서 수변공간의 도시설계요소를 도출하였다. 이들 연구는 도시재생에 관한 문헌고찰과 설계사례분석을 통하여 도시설계요소를 도출하였다. 김기호·심경미(2010)은 40년 동안 서린 구역의 도심재개발 과정에서 도시설계요소의 특성과 변화라는 관점에서 연구하였다. 이들은 법·제도, 계획, 형태, 공간 구조의 분석을 통해 도시설계요소를 분석하였다.

문헌고찰을 종합하면 다음과 같이 요약할 수

있다. 첫째, LID가 도시계획에 적용되기 위해서는 지구단위계획수립에 반영되어 적용되어야 한다. 둘째, 기존의 LID와 유사한 빗물관련 지침들은 LID의 효과를 모두 포용하여 도시계획에 적용될 수 없으며, 구체적인 기법이 없다. 또한 도시계획 관련 지침도 물 관리에 대해 간략히 언급하거나 다루고 있지 않다. 셋째, LID를 다루고 있는 기존의 연구는 비용편익분석, 기술 모니터링, 가이드라인 제시, 효과분석 등 주로 기술 중심으로 제시하고 있다. 따라서 LID가 도시계획 단계에 적용되기 위해서는 LID기반의 지구단위계획 수립지침 마련이 필요하다. 본 연구에서는 지구단위계획수립 시 사용되는 도시설계요소 중 구조적 LID 기술의 적용 가능성을 평가하여, 향후 LID기반의 지구단위계획 수립 지침 수정 및 LID 관련 제도 개선 시 필요한 근거를 마련하는데 의의가 있다.

III. 연구의 방법

연구의 절차 및 방법은 크게 3단계로 나뉜다. 1단계에서는 도시설계요소 도출을 위해 지구단위계획 수립지침 및 과거 지구단위계획 사례 등 관련문헌과 선행연구를 고찰하였다. 지구단위계획 사례에서는 신도시, 기존도시, 산업단지를 포함하는 사례를 살펴보고 도시설계요소(안) 을 도출하였다. 2단계에서는 도출된 도시설계요소의 객관성을 판단하기 위해 전문가 설문조사를 실시하여 타당성 검사를 수행 하였다. 타당성 검사는 계획 영역에 따른 설계요소를 하위 수준으로 구분하고 통계프로그램을 이용하여 평가하였다. 3단계서는 도시설계요소와 구조적 LID 기술의 적용가능성을 평가하기 위하여 국·내외 126개 지역의 LID 기술 적용 사례들 살펴보고 적용가능성 기준에 따라 평가하였다(표 2 참조).

Table 1. Study Processes and Methods

Drawing Urban Design Components	
Step. 1	Step. 2
Division Building pool of components of urban designing	Feasibility assessment through survey on professionals
Methods Review on relevant literature and advance studies	Feasibility of Urban designing area Feasibility of components of urban design
Evaluation of Structural LID Technique' Applicability	
Step. 3	
Division	Analysis on LID cases of Korea and other countries
Methods	- LID techniques - Effect of application - Application space (urban design components)

1. 선행연구를 통한 도시설계요소 도출

지구단위계획 수립지침에서는 지정목적 및 유형에 따라 계획내용의 상세정도에 차등을 두되, 당해 구역의 지정목적의 달성에 필수적인 항목 이외의 사항에 대해서도 필요시 포함하도록 되어있다. 계획 내용으로는 지역지구의 세분, 기반시설계획, 교통처리계획, 건축물의 규모(용도, 건폐율, 용적률, 높이 등) 및 배치계획, 경관계획, 환경관리계획 등이다. 이외에도 주거형, 산업유통형, 관광휴양형, 복합용도개발형, 기타 등 수립기준이 제시되고 있다.

한편, 지구단위계획 수립사례는 민간부문과 공공부문으로 나누어 계획하도록 되어있다. 민간부문

에서는 교통처리계획, 대지 내 공지계획, 주민협정 계획, 건축물 배치계획, 건폐율계획 등을 포함하고 있으며 공공부문에서는 도시계획시설(도로부문), 도시계획시설(기타시설) 등을 포함하고 있다. 수립 사례는 지침기준을 바탕으로 작성되기 때문에 설계요소는 대동소이하다고 볼 수 있다.

지구단위계획수립지침과 수립사례를 바탕으로 도시설계요소를 구성하였다. 구성기준은 기본적으로 부문별 계획에서 시행되는 최소의 공간단위이다. 왜냐하면 LID의 기술들은 개별적인 단위시설로 적용되기 때문이다. 선정된 도시설계요소는 부문별계획에 따라 비슷한 영역들로 분류하였다. 영역분류 역시 지구단위계획수립지침(공통, 유형별)과, 수립사례를 기준으로 분류하였으며, 각 부문별 계획 지침에서 정의하고 있는 분류 기준을 참고하였다. 도출된 도시설계요소(안)는 다음 <표 3>과 같다.

2. 전문가 설문조사를 통한 타당성 평가

도시설계요소를 도출하기 위해 전문가 설문조사를 실시하였으며, 타당성 및 우선순위를 평가하였다. 조사는 약 한 달간 진행되었고, 설문지를 직접 배포하여 수거하거나 e-mail로 회신 받았다. 전문가는 도시 관련 전문 지식을 가진 35명으로 구성하였다. 일반적인 특징은 다음 표 3과 같다. 이후 SPSS프로그램을 이용하여 기술통계를 실시하였다. 평균, 표준편차, 중위 값을 이용하여 타당성 분석을 수행하고 전문가들의 추가의견을 검토하고 수용하여 도시설계요소를 도출하였다(표 4 참조).

Table 2. Urban Design Components (idea)

Division	Areas	Urban Design Components	
Transportation facility planning	Vehicle space	Road Traffic island	Facility green land
	Walk space	Pavement Bike lane	Pedestrian overpass
	Transportation service space	Bus Stop Bicycle racks Parking	lot
Construction planning	Living space	Rooftop Vacant Land in Lot	Entrance Piloti
	Landscape planning	Living landscape	Footpath Street furniture
Natural landscape		Forest belt Hill areas Stream	Lake
Environmental management planning	Environmental facility	Waste disposal facility Heat supply	facility Water supply facilities
	Environmental resources	Reservoir Lake Pond Hill areas	Wetlands Habitat for wild animals
Park-green land use planning	Pass space	Pavement Bike lane	Street Square
	Rest and Green space	Bench Flower stand Pergola	Plants
	Exercise space	Amusement facility	Public stadium

Table 3. Survey Summary

Survey Summary	
Purposes	<ul style="list-style-type: none"> Survey, targeting experts, to draw factors for city planning with LID technology
Periods	<ul style="list-style-type: none"> November 13, 2014~December 15 (31 days)
Contents	<ul style="list-style-type: none"> Validity of area classification of city planning Assessment of validity of classification on city planning factors
Methods	<ul style="list-style-type: none"> Organizing it with five-stage s Suggesting median value and scope among four points by gathering statistics for resultant responses.
Respondents Summary	
Affiliations	Public servant(17%), Research(4%), Academia(11%), Business(37%)
Level of education	Bachelor (31%) Master(17%), Doctor (51%)
Majors	Civil engineering(6%), City(70%), Architecture (17%), Landscape (6%)
Long-service training	Under 5 years(48%), Over 5 years (51%)

3. 구조적 LID기술 적용가능성 평가

지구단위계획 수립지침에 구조적 LID 기술이 연계되기 위해서는 도시설계요소별로 어떠한 LID 기술이 적용가능한지 살펴보아야 한다. 이를 위해서 국내·외의 126개 지역의 LID 기술 적용 사례를 분석하였다. 적용가능성 판단을 위해 분석기준을 설정할 필요가 있다. 본 연구에서는 사례지에 적용된 LID 기술, 적용 효과, 적용된 도시설계요소로 설정하였다. 한편, 도시설계요소의 경우 도시계획요소와 달리 현장의 즉시적 상황에 따라 달리 적용될 수 있다. 본 연구에서는 이러한 우려를 고려하여 사례지에 LID기술이 적용된 도시설계요소는 모두 적용가능성이 있다는 기준을 둔다.

IV. 연구 결과

1. 도시설계요소 도출

‘도시설계영역 분류’의 타당성에 대한 분석결과 중앙값은 4(타당하다), 평균 3.70 이상으로 대부분의 응답자들이 긍정적인 답변을 해주었다(표 5 참조). 기타 의견들도 도시설계 영역분류를 타당하게 분류됐다는 의견들이었다. 한편, 용어 및 영역 분류의 변경에 대한 의견들이 있었다. 주요 의견들로 경관계획의 ‘생활경관’ 영역은 하위설계요소를 명시하기에 의미가 불분명하고 연관성이 적다는 지적이 있었다. 이에 경관계획 조례 및 지침에 분류한 바와 같이 ‘시가지 경관’으로 변경하였다. 또한, 건축물 계획에서 건물 자체에 대한 LID 적용과 그 외 건물 외 공간에 대한 LID적용이 구분

가능하므로 건축물 계획도 적절한 용어를 활용하여 두 부분으로 구분하는 것이 필요하다는 의견이 있었다. 이에 ‘건물 내 공간’, ‘건물 외 공간’ 영역으로 구분하였다. 공원녹지계획에서도 휴게 및 녹지공간으로 묶는 것보다는 ‘휴게’와 ‘녹지 공간’으로 구분해야 한다는 의견이 있었으며, 환경계획에서는 환경시설에 LID 시설을 설치하는 것은 현실적인 어려움이 있다는 지적이 있었다.

한편, ‘도시설계요소 분류’의 타당성에 대한 분석 결과 중앙값은 4(타당하다)로 긍정적인 답변을 해주었다. 그러나 교통섬과 육교, 운동공간영역의 중앙값은 3(보통이다)으로 나타났으며 긍정적인 답변을 이끌어 내지 못했다(표 6 참조). 주요 의견으로는 경관계획에는 LID의 효과 중 심미적 효과를 고려해 건물 디자인의 설계요소가 첨가되어야 한다는 지적이 있었다.

Table 4. The Results of Validity Analysis of Urban Design Areas

Division	Areas	Not very logical	Not logical	Normal	Logical	Very logical	[Mean, Standard deviation]
Transportation facility planning	Vehicle space						[3.91, 0.87]
	Walk space						[4.29, 0.76]
	Transportation service space						[3.97, 0.76]
Construction planning	Living space						[4.03, 0.81]
Landscape planning	Living landscape						[4.00, 0.66]
	Natural landscape						[4.26, 0.67]
Environmental management planning	Environmental facility						[3.82, 0.80]
	Environmental resources						[4.03, 0.72]
Park-green land use planning	Pass space						[4.00, 0.71]
	Rest and Green space						[4.03, 0.85]
	Exercise space						[3.70, 0.68]

Table 5. The Results of Validity Analysis of Urban Design Components

Division	Areas	Urban Design Components	Not very logical	Not logical	Normal	Logical	Very logical	[Mean, Standard deviation]
Transportation facility planning	Vehicle space	Road				■		[3.80, 0.87]
		traffic island				■		[3.80, 0.83]
		Facility green land		■				[3.43, 0.95]
	Walk space	Pavement				■		[4.31, 0.72]
		Bike lane				■		[3.94, 0.84]
		Pedestrian overpass		■				[3.23, 0.94]
	Transportation service space	Bus Stop				■		[3.83, 0.86]
		Bicycle racks				■		[3.71, 0.83]
		Parking lot				■		[4.14, 0.69]
Construction planning	Living space	Rooftop				■		[4.06, 0.91]
		Vacant Land in Lot				■		[4.23, 0.81]
		Entrance				■		[3.60, 0.98]
		Piloti				■		[3.63, 0.84]
Landscape planning	Living landscape	Footpath				■		[4.03, 0.67]
		Street furniture				■		[3.97, 0.76]
	Natural landscape	Forest belt				■		[4.29, 0.62]
		Hill areas				■		[4.14, 0.77]
		Stream				■		[4.37, 0.65]
		Lake				■		[4.06, 0.73]
Environmental management planning	Environmental facility	Waste disposal facility				■		[3.80, 0.83]
		Heat supply facility				■		[3.60, 0.74]
		Water supply facilities				■		[4.03, 0.82]
	Environmental resources	Reservoir				■		[3.91, 0.79]
		Lake				■		[4.06, 0.64]
		Pond				■		[4.00, 0.70]
		Hill areas				■		[3.97, 0.72]
		Wetlands				■		[4.00, 0.82]
Habitat for wild animals				■		[3.97, 0.81]		
Park-green land use planning	Pass space	Pavement				■		[4.35, 0.69]
		Bike lane				■		[3.97, 0.83]
		Street				■		[3.88, 0.77]
		Square				■		[4.03, 0.72]
	Rest and Green space	Bench				■		[3.65, 0.77]
		Flower stand				■		[3.76, 0.75]
		Pergola				■		[3.73, 0.88]
		Plants				■		[3.88, 0.84]
	Exercise space	Amusement facility				■		[3.48, 0.76]
		Public stadium				■		[3.41, 0.82]

2. 지구단위계획 적용가능성 평가

도출된 도시설계요소가 타당성분석을 통해 객관성이 확보되었더라도 구조적 LID 기술이 적용가능한지 살펴보아야 한다. 표 7은 적용가능성을 평가

하기 위해 사례지별로 평가지표로 사용된 LID 기술, 적용 효과, 도시설계요소의 내용을 정리한 표이다.

구조적 LID 기술의 지구단위계획 도시설계요소 적용가능성 평가

Table 6. The Summary of Assessment Indicators' contents by LID cases

Cases	LID Techniques	Effects	Urban Design Components
Maplewood, Maplewood Mall, USA/ Nassau, New York City, Hewlett Neck Street, USA/ Virginia Street, USA/ Minnesota, Minneapolis, MARQ2., USA/ Portland, Oregon, United States North Denver Avenue Green Street, USA/ Nevada Reno, USA/ Monta Rio shares Kitchener, King Street, Canada/ Barry, South Wales	Treebox filter	Serving as a buffer zone, Can be used as a rest area Improving visual beautifulness Providing habitat to animals and plants, Removing pollutants	Road, Pavement, Parking lot, etc.
Government buildings Parking, Germany/ New York City, New York, USA/ Taepyeongro interval, clean loading facility, Seoul, Republic of Korea/ The office of Galbraith & Associates, Inc/ North Gay Avenue Portland, Oregon/ Seattle Issaquah State, County Vancouver BC, Germany/ Seoul, Republic of Korea/ Westmoreland Pervious Pavers Portland, Oregon/ East Holladay Park NE 130th and Holladay Street Portland, Oregon/ Mt.tabor Middle School, Portland, Oregon, USA/ Tampa, Florida, Aquarium parking and Queuing park, Florida, USA/ Atlanta Parking, Georgia, USA/ 4702 Miller Trunk Highway Hermantown, MN 55811/ Porous asphalt street in Portland	Porous pavement	Suitable for roads with slow running speed Easing heat island effect and tropical night by lowering surface temperature	Road, Parking lot, Street, Pavement, Bike lane, Public stadium, etc.
Kungshultsvägen Road in Mariastaden/ San Diego, California/ Jongno, Seoul , Republic of Korea/ Tangjeongmyeon, Asan, Republic of Korea / Meadowlake Bloomfield Farms, California, USA/ Math And Science Academy - Woodbury, Minnesota/ MONTGOMERY COUNTY, MARYLAND/ Crohn's Nuremberg, Germany/ Penn State University - Centre County Visitor Center, Centre County/ City of Brisbane, California, USA	Infiltration swale	Securing safety as a traffic facility(buffer green, green belt, island traffic, green landscape) Improving urban environment Improving microclimate, Removing pollutants	Bike lane, Pavement, Vacant Land in Lot, Bench, Pond, Facility green land, Hill areas
St. Petersburg, Russia/ Biltema, Svågertorp (Malmö)/ Northgate Plaza, Morristown, Vermont/Jongno, Seoul , Republic of Korea/ Condominium complex, Singal-dong, Republic of Korea / Svågertorp (Malmö)/ Hammarby Sjöstad, Stockholm, Sweden/ Condominium complex, Seongnam, Republic of Korea/ RiverEast Center, Portland, Oregon, USA/ Tangjeongmyeon, Asan, Republic of Korea	Infiltration trench	Conserving energy with temperature reduction effect Forming natural landscape	Parking lot, Pavement, Bike lane, Vacant Land in Lot, Rooftop, Facility green land
Biltema, Svågertorp (Malmö)/ Faye let away, Massachusetts, Lin, USA/ Monta Rio shares Kitchener, King Street, Canada/ Suwon World Cup Stadium/ Tangjeongmyeon, Asan, Republic of Korea	Infiltration gutter hanger	Providing underground water Removing pollutants	Pavement, Vacant Land in Lot, Facility green land
City of Brisbane, California, USA/ Glenn Elementary School parking lot, Portland, Oregon, USA/ Hammarby Sjöstad, Stockholm, Sweden/Condominium complex, Seongnam, Republic of Korea/ Hamburg, Germany/ Burnsville, Minnesota/ Kongju National University campus, Cheonan, Republic of Korea/ Kirchsteigfeld Housing Complex, Germany/ Math And Science Academy -	Raingarden	Can be used as a landscape and water for cleaning Forming natural landscape Improving ecotype, Providing habitat to animals and plants	Parking lot, Pavement, Pond, Wetlands, Vacant Land in Lot,

Woodbury, Minnesota/ Inlster Valley Golf Course, Michigan, USA			Rooftop
Glenn Elementary School parking lot, Portland, Oregon, USA/ Burnsville, Minnesota/ Tangjeongmyeon, Asan, Republic of Korea/ housing complex, Crohn's Berg Hannover, Germany/ Road in Wetland Park, Tinsyu Iwai, Hong Kong/ Headwaters at creek, Portland, Oregon, USA/Hamburg, Germany	Vegetation drag	Improving urban environment, Forming natural landscape Restoring ecosystem, Inducing biodiversity	Wetlands, Pond, Bench, Parking lot, Pavement, Vacant Land in Lot
SE Tassafaronga Town, Oakland, USA/ Potsdamer platz, Berlin, German/Seattle, USA/ Hami Apartments, Portland, Oregon, USA/ New York, USA/ Lipton Garden, Portland, USA/ Austin, Texas, USA/ Congress Street, Massachusetts , USA/ Evansville Public Library, Indiana, USA/ Elmshorn, Germany/ Potsdamer platz, Berlin, German	Green roof	Reducing energy consumption, Used as water for living Improving aesthetic feature and landscape	Rooftop, Vacant Land in Lot
North Denver Avenue Green Street, Portland, Oregon, USA/ Mttabor Middle School, Portland, Oregon, USA/ Atlanta Parking, Georgia, USA/ Maryland Largo, USA/ Stephen F. reolhol, Portland, Oregon, USA/ Potsdamer platz, Berlin, German	Planter box	Might cause vermin with stagnant water Improving visual beautifulness, Providing green places Removing pollutants	Vacant Land in Lot, Entrance, Parking lot, Pavement
Jongno, Gwanghwamun Gate, Seoul , Republic of Korea / Condominium complex, Singal-dong, Republic of Korea /Hammarby Sjöstad, Stockholm, Sweden/ Prisma Nürnberg (Nürnberg, Germany)/ RiverEast Center, Portland, Oregon, USA/ Potsdamer Platz (Berlin, Germany)/ Hoyti Apartments, Portland, Oregon, USA	Rain barrel	Can be used as water for landscaping and cleaning	Parking lot, Vacant Land in Lot, Rooftop , Square, Pond
Hammarby Sjöstad, Stockholm, Sweden/ Florida House Education Center, Florida, Sarasota, USA/Northgate Civic Center, Seattle, USA/ Stephen F. reolhol, Portland, Oregon, USA/ Carkeek Environmental Education Center, Washington, USA/Prisma Nürnberg (Nürnberg, Germany)/ Potsdamer platz, Berlin, German/ Dockside Green Victoria, CANADA/ Potsdamer Platz (Berlin, Germany)/ Hamburg, Germany/ Hoyt Apartments, Portland, Oregon, USA	Rainwater harvesting facility	Can be used as water for landscaping and cleaning Removing pollutants	Vacant Land in Lot, Rooftop, Bench, Pavement, Reservoir, Pond
Potsdamer platz, Berlin, German/ Headwaters at creek, Portland, Oregon, USA/Kongju National University campus, Cheonan, Republic of Korea/ Higashi Omiya, Japan/ Hammarby Sjöstad, Stockholm, Sweden/ housing complex, Crohn's Berg Hannover, Germany/ Tanner Springs Park, Portland, Oregon, USA/ Kirchsteigfeld Housing Complex, Germany/ Trabrennbahn Farmsen, Hamburg, Germany/ New Town Park No. 6, Hwaseong, Republic of Korea/ Ttenor Springs Park, Portland, Oregon, USA/ Neyagawa Park, Osaka, Japan	Infiltration basin	Can be used as a rest area Improving landscape environment Conserving ecological environment	Amusement facility, Public stadium, Square, Lake, Pond, Wetlands, Vacant Land in Lot
Vancouver, BC County, Germany/ Seattle Issaquah, USA/ Condominium complex, Singal-dong, Republic of Korea /Hammarby Sjöstad, Stockholm, Sweden/ Potsdamer platz, Berlin, German/ RiverEast Center, Portland, Oregon, USA/ Porous asphalt street in Portland, OR	Rainwater recycling facility	Can be used as water for living by purifying rainwater	Facility green land, Pavement, Public stadium

이를 지구단위계획에 적용될 수 있도록 부분별 계획별로 평가하면 다음과 같다(표 8참조).

첫째, 교통시설계획의 도로에는 나무여과상자와 투수성 포장에 적용될 수 있다. 나무여과상자 같은 자연 배수시스템은 도로경관을 향상시키고 안전성에 대한 완충지대 역할을 할 수 있다. 또한 관·교목 등과 함께 도입해 동·식물의 서식지로서의 기능도 함께 할 수 있다. 시설녹지대에는 도로 빗물이 침투시설로 유입되기 전에 고행물 등을 침사, 침전시키는 방안을 고려하는 침투도랑, 침투 트렌치 등이 고려될 수 있으며 교통섬은 경계석에 빗물 유입구를 조성할 수 있다. 보도는 기본적으로 투수율이 높은 다공질 포장재를 사용해야하며 보행량이 많고 폭이 넓은 보행로의 경우 보도 측면에 침투측구 및 침투도랑 등 침투 시설을 설치한다. 또한 자전거 도로와 함께 보도 내 빗물은 차도로 유출시키지 않고 나무여과상자를 이용하여 주변 녹지나, 식생대 부지로 차로의 유출수 부하를 줄일 수 있다. 버스정류장과 자전거 보관소와 같은 교통서비스 시설에는 시설위에 녹화를 적용한 빗물관리 시스템을 고려할 수 있다. 주차장의 경우에는 포장이 요구되는 공간이기 때문에 친환경 투수성 포장을 적극 고려한다. 또한 다른 설계요소에 비해 여가 공간이 넓어 나무여과상자, 식생화단 등과 같이 경관·미관 및 생태·환경을 고려시킬 수 있는 시설을 도입할 수 있다.

둘째, 건축물계획에서 지붕 및 옥상에는 주로 옥상녹화가 설치 됐으며 옥상과 연계하여 벽면에 우수흡통 설치, 침투통과 침투트렌치를 이용하여 지붕으로부터 유출되는 빗물을 1차적으로 저감할 수 있다. 건축물 입구를 포함하는 담장, 대문에는 투수성 포장을 설치할 수 있으며 벽면은 옥상과 연결하여 생태계를 연결시킬 수 있다. 대지 내 공지는 습지를 설치하여 침투유량을 제어할 수 있다. 또한 빗물관리시설과 녹지를 연결하고, 침투시설을 설치하여 빗물유출량 및 오염물질을 감소시키는 역할을 할 수 있다.

셋째, 경관계획에서 건물디자인의 경우에는 옥상 녹화와 함께 벽면 녹화도를 조성하여 공간 및 녹지 공간, 에너지 절감, 열섬현상 완화와 함께 경관·미관을 향상시킬 수 있다. 보행로의 경우에는 건축물 사이의 식생화단을 설치하여 빗물을 침투시킬 수 있으며 쾌적성을 향상시킬 수 있다. 또한 보도 가장자리에 보도를 따라 선형으로 녹지를 설치할 수 있다. 가로시설물에는 빗물을 침투도랑, 침투트렌치 등 가로녹지 공간을 활용할 수 있다. 구릉지의 경우에는 생태·환경이 중요시되기 때문에 도시사업을 계획할 때는 자연 그대로의 지형과 토양을 보전하도록 하며, 하천변 역시 자연 순응형 관리를 하며 빗물정원, 습지 등의 빗물관리시설을 적극 검토하여 생태성과 경관을 향상시킨다.

넷째, 환경관리계획의 저수지에서는 빗물이용시설 등을 이용하여 강우유출수를 저류시키며 블록공급을 통해 빗물의 유입을 유도할 수 있다. 호수는 개수로 시스템으로 연결하여 저류지로 이동시키고 이송된 빗물은 인공습지 등을 통해 여과할 수 있다. 마을 연못은 자연지형을 최대한 살리도록 하며 빗물 정원과 식생 도랑을 이용한다. 또한 물을 저장시키는 저류형태의 기법을 사용해 화재 시나 우천 시에 우수저류 시설로 활용하여 재이용하는 방안을 검토할 수 있다.

다섯째, 공원·녹지 계획에서 공원내 보도와 자전거 도로는 투수성 포장구조를 권장하며, 보도 주변 녹지는 배수관로에 연계하여 유출된 강우가 흘러 갈수 있게 설계한다. 벤치(번)은 일시적으로 물에 닿아 있어야 하므로 부식되지 않는 재료를 사용하며 운동시설과 광장은 투수성 포장으로 설계한다. 운동장 주변에 침투관을 매설하여 침투침수정을 유도하고 우수를 집중 침투 시킨다. 가로 화분대와 나무·잔디 등이 있는 지역은 공원시설과 조화를 이룰 수 있도록 식생화단과 나무여과상자를 통해 녹화 할 수 있다.

한편, 도시설계요소 중 육교, 필로티, 파고라, 야생동물서식처, 폐기물 처리시설, 상수도 처리시설, 열공급 시설에 적용된 LID 기술 사례는 없었다. 따라서 도출된 도시설계요소에 이를 제거하였다.

Table 7. The Evaluation table of Structural LID Techniques' Applicability to district unit planning by Urban Design Components

Division	Areas	LID Techniques Urban Design Components	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M		
			교통시설계획 Transportation facility planning	차량 공간 Vehicle space	차도 Road												
시설녹지대 Facility green land																	
교통섬 Traffic island																	
보행 공간 walk space	보도 Pavement																
	자전거도로 Bike lane																
	교통서비스 공간 Transportation service space	버스정류장 Bus Stop															
자전거보관소 Bicycle racks																	
주차장 Parking lot																	
건축물 계획 Construction planning	건물 자체 공간	지붕 및 옥상 Rooftop															
		입구(담장 및 대문) Entrance															
	건물 외 공간	대지 내 공지 Vacant Land in Lot															
경관 계획 Landscape planning	시가지 경관	건물디자인															
		보행로 Footpath															
		가로시설물 Street furniture															
	자연 경관 Natural landscape	구릉지 Hill areas															
		하천변 Stream															
		청정호수 Lake															
환경관리계획 Environment	환경 자원 Environment	저수지 Reservoir															
		호수															

구조적 LID 기술의 지구단위계획 도시설계요소 적용가능성 평가

Urban management planning	Natural resources	Lake																		
		마을연못 Pond																		
		구릉지 Hill areas																		
		습지 Wetlands																		
		야생동물서식처 Habitat for wild animals																		
Park-green land use planning	보행 공간 walk space	보행자 도로 Pavement																		
		자전거 도로 Bike lane																		
		가로수(변) Street																		
	휴게 공간 Rest space	벤치(변) Bench																		
		운동시설 Public stadium																		
		유희시설 Amusement facility																		
	녹지 공간 Green space	광장 Square																		
		가로화분대 Flower stand																		
		나무·잔디·꽃·지피식물 Plants																		

A:나무여과상자, B:투수성 포장 및 투수블럭, C:침투도랑, D:침투트렌치, E: 침투통 및 측구, F:빗물정원, G:식생도랑, H:옥상녹화, I: 식생화단, J:빗물통 및 흡통받이, K:빗물 이용시설, L:침투저류지, M:빗물저류·침투조

V. 결론

본 연구에서는 LID기반 지구단위계획 수립 지침마련을 위한 기초연구로서 구조적 LID기술의 지구단위계획 도시설계요소 적용 가능성을 평가하였다. 지구단위계획과 관련된 문헌 및 선행연구를 고찰하고 도시설계요소를 도출하였고, 전문가 설문 조사를 통해 타당성을 확보하였다. 적용가능성 평가를 위해서는 국·내외 126의 LID 설계 사례지를 분석하여 도시설계요소와 어떻게 적용될 수 있는

지 살펴보았다.

분석결과 도시설계요소로 교통시설계획, 건축물 계획, 경관계획, 환경관리계획, 공원·녹지계획의 5개의 부분별 계획이 도출되었으며, 각 계획은 하위 11개 영역(교통시설계획, 차량공간, 보행공간, 교통서비스 공간; 건축물계획-건물 내 공간, 건물 외 공간; 경관계획-시가지경관, 자연경관; 환경관리계획-환경자원; 공원·녹지계획-보행공간, 휴게공간, 녹지 공간)과 34개의 도시설계요소를 갖는다. 적용가능성 평가에서는 각각의 도시설계요소에

따라 적용 가능한 구조적 LID 기술이 확인되었다.

그러나 도출된 결과는 현장 환경과 사업 조건에 따라 달리 적용될 수 있는 한계점이 있다.

본 연구에서 분석된 결과는 국내의 도시계획과 LID연계시 공공정책 의사결정과정 및 정책 수행 전후에 나타나는 LID분야 갈등을 해소하는 기반을 제공할 수 있다.

인용문헌

References

1. 강창국·이소영·조해진·이유화·김이형, 2011. “도시 지역에 적용하기 위한 소규모 인공습지 Test-bed 시설 평가”, 『한국습지학회지』, 13(3): 455-463.
Kang C. G., Lee S. Y., Cho H. J., Lee Y. H., Kim I. H., 2011. “Test-bed Evaluation of Developed Small Constructed Wetland for using in Urban Areas”, *Journal of Wetlands Research*, 13(3): 455-463.
2. 김기호·심경미, 2010. “서린구역 도심재개발의 도시 설계요소 특성 및 변화연구”, 『한국도시설계학회지』 11(1): 123-142.
Kim K. H., Sim M. K., 2010. “Change of the Urban Design Ideas in Downtown Redevelopment: the Case of Seorin-District in Seoul”, *Urban Design*, 11(1): 123-142.
3. 김현수, 2009. “도시재생을 위한 수변공간의 도시설계요소 분석”. 연세대학교 대학원 석사학위 논문
Kim H. S., 2009. “Analysis of Waterfront Urban Design Criteria for Urban Regeneration”, Master's Degree Dissertation, Yonsei University.
4. 박경재, 2011. “저영향개발(LID)기법의 도로에의 적용방안 및 효과분석연구”, 부산대학교 석사학위 논문.
Park K. J., 2011. “Study for Method and Effect Analysis of LID technique on the Road for Ulsan Metropolitan”, Master's Degree Dissertation, Busan University.
5. 윤정중·환경학·최종수·이미홍·이정민, 2014. “물순환도시 조성을 위한 LID기법 활용방안”, 『도시정보』, 387: 3-17.
Yoon J. J., Hyun G. H., Choi J. S., Lee M. H., Lee J. M., 2014. “The Application Plan of LID Techniques for Urban Water Cycle City Project”, *Urban Information Service*, 387: 3-17.
6. 이미홍·한양희·환경학, 2014. “저영향 개발(LID) 관련 지방정부 법제도 현황 및 LID 시범 적용 방안”, 『물과미래』, 47(12): 22-28.
Lee M. H., Han Y. H., Hyun G. H., 2014 “The Status of Local Government Legal System and Trial Application Proposals Related to LID”, *Water for Future*, 47(12): 22-28.
7. 이병국, 2014. “저영향 개발로 기후변화적응형 도시를”, 『도시정보』, 387: 2-2.
Lee B. G., 2014, “Toward Climate Change Adaptive Urban based on Low Impact Development”, *Urban Information Service*, 387: 2-2.
8. 이용곤, 2013. “지속가능한 물환경 조성을 위한저영향개발 (LID) 특징과 적용사례”. 『경남발전』, 127: 91-106.
Lee Y. G., 2013, “The Features and Cases of Low Impact Development for making Sustainable Water Environment”, *Gyeong Nam Development*, 127: 91-106.
9. 이정민·이윤상·최종수, 2014. “LID 기법 적용에 따른 물순환 효과분석”, 『한국습지학회지』, 16(3): 411-421.
Lee J. M., Lee Y. S., Choi J. S., 2014, “Analysis of Water Cycle Effect according to Application of LID Techniques”, *Journal of Wetlands Research*, 16(3): 411-421.
10. 이현지, 2014. “저영향개발(LID) 제도의 정착을 위한 전문가 인식분석과 개선방안”, 고려대학교 대학원 석사학위논문.
Lee H. J., 2014, “Experts' Perception Analysis and Improvement Plan to Establish LID

- System”, Master’s Degree Dissertation, Korea University.
11. 임용균, 2011. “친환경적 도시개발을 위한 LID 기술 적용에 대한 연구”, 부산대학교 박사학위논문.
Lim Y. K., 2011. “A Study of LID Technologies for Friendly Environmental Urban Development”, Doctorate Thesis, Busan University.
 12. 최종수·현경학·이정민·강명수·정승권, 2012. “국내 LID 기법 적용확대의 문제점 및 개선방안”, 한국수자원학회 학술발표대회, 대전: K-water.
Choi J. S., Hyun K. H., Lee J. M., Kang M. S., Jeong S. G., 2012. “Issues and Improvements in Extended Application of LID technologies”, Paper presented at Korea Water Resources Association Conference, 개최지: 개최장소.
 13. 최희선·김동현·조성윤, 2010. 「수변지역 도시재생에 있어 저영향개발기법(LID)의 적용방안 및 효과」, 서울: 한국환경정책·평가연구원.
Choi H. S., Kim D. H., Cho S. Y., 2010, *Application and Effects of Low Impact Development in Urban Regeneration of Waterfront Areas*, Seoul: Korea Environment Institute.
 14. 한우석, 2011. “도시 빗물관리 개선을 위한 미국 저영향개발 적용사례와 시사점”, 「국토정책 Brief」, 344: 1-6.
Han Y. S., 2011, “The United States’s Application cases and Implications for improving city’s rainwater management”, *KRIHS Policy brief*, 344: 1-6.
 15. 현경학, 2014. “저영향 개발(LID)과 기후변화 대응 도시-저영향개발기법의 활용”, 「한국방재학회지」, 14(5): 31-36.
Hyun K. H., 2014, “Low Impact Development and Responding City to Climate Change”, *Journal of Korean society of hazard mitigation*, 14(5): 31-36.
 16. 환경부, 2013. 「환경영향평가시 저영향개발(LID) 기법 적용 매뉴얼」, 서울.
Ministry of Environment, 2013. *The manual of Low impact development application during environmental impact assessment*, Seoul.
 17. Ahiablame, L.M., Engel, B.A., Chaubey, I., 2013. “Effectiveness of Low Impact Development Practices in Two Urbanized Watersheds: Retrofitting with Rain Barrel/Cistern and Porous Pavement”, *Journal of environmental management*, 119: 151-161.
 18. Bedan, E.S., Clausen, J.C., 2009. “Stormwater Runoff Quality and Quantity from Traditional and Low Impact Development Watersheds1”, *Wiley Online Library*, 45(4): 998-1008
 19. Chau, H.-F., 2009. *Green Infrastructure for Los Angeles: addressing urban runoff and water supply through low impact development*, California: City of Los Angeles Stormwater Program.
 20. Field, R., Sullivan, D., 2002. *Wet-weather Flow in the Urban Watershed: technology and management*. Florida: RC Press
 21. Coffman, L., 1999. *Low-impact Development Design Strategies: an Integrated Design Approach*. Maryland: Programs and Planning Division
 22. Dietz, M.E., Clausen, J.C., 2008. “Stormwater Runoff and Export Changes with Development in a Traditional and Low Impact Subdivision”, *Journal of Environmental Management*, 18(4): 560-566.
 23. Ewing, R.H., Hodder, R., Association, I.C.C.M., Network, S.G., 1998. *Best Development Practices: A Primer for Smart Growth*, Washington D.C.: Smart Growth Network
 24. Fisher, B., Benson, B., 2004. *Remaking the Urban Waterfront*. Washington D.C.: Urban Land Institute.
 25. Gilroy, K.L., McCuen, R.H., 2009.

- “Spatio-temporal Effects of Low Impact Development Practices”, *Journal of Hydrology*; 367(3-4): 228-236.
26. Houdeshel, C.D., Pomeroy, C.A., Hair, L., Goo, R., 2009. “Cost Estimating Tools for Low-impact Development Best Management Practices”, *World Environmental and Water Resources Congress*, 137: 17-29.
27. Mann, R.B., 1988. “Ten trends in the continuing renaissance of urban waterfronts”, *Landscape and Urban planning* 16(1-2): 177-199.
28. Curtis, H., 2005. *Low Impact Development: Technical Guidance Manual for Puget Sound*, Washington D.C.: Puget Sound Action Team.

Date Received 2015-07-01
Reviewed(1st) 2015-09-14
Date Revised 2015-12-16
Reviewed(2nd) 2015-12-29
Date Accepted 2015-12-29
Final Received 2016-02-19