

# 환경친화적 도시건축 기술 개발

김현수 (한국건설기술연구원, 건축연구부 기준 및 시스템 그룹장)

- I. '생태적' 문제 인식과 '환경친화적' 대안
- II. 환경친화적 도시·건축 기술의 이해
- III. 바람직한 기술 적용 대상 공간 설정
- IV. 환경친화적인 도시건축 기술 개발에의 접근
- V. 현실 적용 가능한 기술 개발 사례
- VI. 맺는말

## I. '생태적' 문제 인식과 '환경친화적' 대안

### 1. 생태적 문제 인식

환경오염과 함께 생태계의 균형파괴, 그리고 도시 기후의 변화가 도시의 생태적 문제를 대표한다. 대기, 수질 및 토양 오염으로 요약되는 환경오염 문제의 해결을 위한 정책 및 대안기술의 개발과 적용노력이 일찍부터 주목받아온 반면, 일반인의 이해가 부족한 생태계의 균형파괴 및 기후변화 문제에 대한 대응 방안의 개발은 상대적으로 미진한 상태이다.

도시 생태계의 균형 파괴는 급속하고 과밀한 도시화의 결과로 토양이 아스팔트와 콘크리트로 뒤덮여 야기된다. 도시의 콘크리트 숲은 생명의 모태인 토양 파괴를 초래하고, 이는 그대로 생태계의 파괴로 이어진다. 도시기후 변화의 대표적 사례로는 열섬 현상과 도시홍수 및 지하수 고갈을 들 수 있다. 도시 열섬화는 이미 도시의 생물상에 변화를 초래할 정도로 심각해지고 있다. 도시화에 따른 토양 포장율의 증가는 도시홍

수 현상을 유발시키는 직접적 원인을 제공한다.

이러한 문제는 근본적으로 생태적 기능이 온전한 '땅'의 상실에서 비롯된다. 땅이 없는 도시에서는 생물은 물론 사람의 생명까지 위협받게 된다. 따라서 물의 침투와 증발산이 자유롭고 토양 미생물이 왕성하게 번식할 수 있는 건전한 땅을 도시에 복원하는 작업이 도시의 생태적 문제를 해결하는 기반 기술이 된다. 즉, 도시 생태계의 근원이 되는 토양 및 물의 자연스런 순환체계 회복을 유도할 수 있는 대안기술의 개발이 도시·건축 측면에서 생태적 문제를 해결할 수 있는 지름길이라고 판단된다.

## 2. 환경친화적 대안

'생태적'이란 용어와 '환경친화적'이란 용어가 뚜렷한 구분 없이 통용되고 있다. '생태적'이라는 낱말과 '환경친화'는 유사한 의미를 가지고 있다고 생각된다. 인간본위가 아닌 환경(자연)친화를 위해서는 본질적으로 '자연이 살아있는 그대로의 모습(生態)'에 충실할 수밖에 없으며, 이는 곧 '생태적'이라는 단어로 표현할 수 있을 것이다.

한편, 인간의 생활을 담는 건축이 생태적이기 위해서는 자연의 법칙(생태적 속성)은 물론, 자연과 구별되며 인간의 속성을 특징짓는 인간의 법칙(사회·심리적 속성)을 함께 고려하지 않을 수 없다. 따라서 넓은 의미에서 건축과 관련된 '생태적'이란 의미는 '자연의 법칙은 물론 인간의 법칙에 충실한', 다르게는 '자연과 인간의 법칙이 균형과 조화를 이룬' 정도로 표현할 수 있을 것이다.

현실적으로 생태적 건축이 실현되기 위해서는 몇 가지 전제조건이 해결되어야 한다. 사회 구성원 또는 소비자의 인식이 개선되어 생태지향적 대안을 수용할 수 있어야 한다. 균형과 조화를 특징으로 하는 생태계의 순환 법칙이 온전히 적용될 수 있는 새로운 기술력이 확보되어야 한다. 더불어 이러한 대안이 기존 사회를 지탱하고 있는 경제시스템에 의해 수용 가능해야 한다. 다시 말해 생태적 대안을 현실로 옮기는 데에는 사회적, 기술적 그리고 경제적 한계가 분명할 수밖에 없다.

따라서 이러한 절대적, 이론적 개념을 현실에 적용하기 위해서는 '기존과 비교해서 보다 생태적'이라는 상대적 목표의 개념 설정이 바람직하다. 이런 관점에서 기술적 실현가능성과 경제성을 고려한 실증적 개념의 표현을 위해 필자는 '환경친화적'이라는 단어를 사용하고 있다. 즉, 도시, 건축 분야에서 생태적 문제의 해결을 위해서

는, '생태적' 문제 인식을 토대로 '환경친화적' 현실 대안을 모색하는 것이 바람직한 접근 방안이라고 생각한다.

## II. 환경친화적 도시·건축 기술의 이해

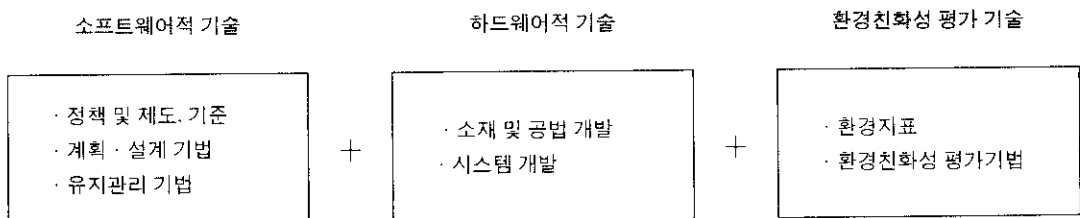
환경친화적 도시·건축기술은 매우 복잡적이며 서로 유기적인 연계를 가지고 있어, 기술체계를 종합적으로 이해하는데 어려움이 많다. 따라서 기술체계의 종합적인 이해를 위해서는 먼저 기술의 내용, 적용 차원(공간적 범위), 적용 대상, 시기 등 다양한 관점에서 나누어 살펴보는 것이 바람직하다고 생각된다. 먼저, 환경친화적 도시·건축의 목표와 가장 밀접하게 관련된 기술의 내용 측면에서 살펴보면 다음과 같은 분류가 가능하다.

- 에너지절약 및 순환활용 기술
- 자원의 효율적 활용 기술
- 자연(생태)환경의 보존, 복원 기술
- 건강하고 쾌적한 건축환경 구축 기술

이러한 기술은 적용하고자 하는 공간의 규모(국토, 도시, 지역·지구 그리고 건축물 등), 대상(주거, 업무, 산업·공업시설, 공공건물, 환경플랜트 등) 그리고 시기(계획·설계, 생산·시공, 유지관리, 폐기)에 따라 다시 세분 가능하다.

한편, 이렇게 다양한 환경친화적 도시, 건축 기술은 성격에 따라 소프트웨어적인 기술, 하드웨어적 기술 그리고 환경친화성 평가 기술의 3 가지로 구분이 가능하다. 먼저 도시, 건축의 생태적 문제를 근본적, 구조적으로 풀어가기 위한 계획·설계 기법을 근간으로, 이의 실현을 체계적으로 유도·장려하기 위한 정책·제도·기준을 개발하

〈그림 1〉 환경친화적 도시, 건축 기술의 구분



는 것을 소프트웨어적 기술로 볼 수 있다. 반면에 이런 소프트웨어적 기술의 실현을 가능하게 하는 소재, 공법, 시스템 기술과 같은 구체적인 기술은 하드웨어적 기술로 정의할 수 있다.

이와는 달리, 기존의 현실을 개선할 수 있는 구체적 대안 기술은 아니지만 앞에서 설명한 2 가지 기술의 가치와 효용을 정성적 또는 정량적으로 평가하기 위한 기술을 도시, 건축의 환경친화성 평가기술로 구분이 가능하다.

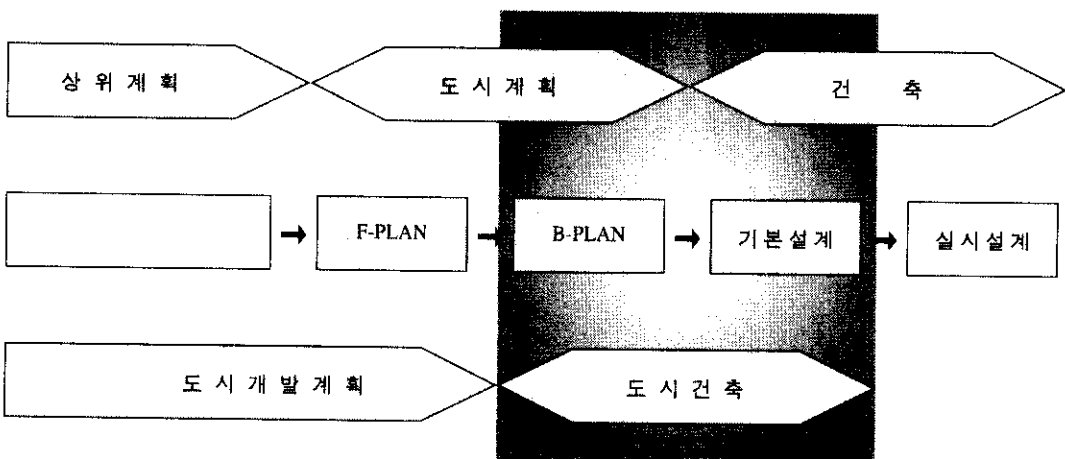
환경친화적 도시 건축의 실현은 앞에서 대별한 3 가지 성격의 기술이 유기적으로 연계되어 적용되어질 때 가장 효율적이고, 경제적인 수 있다.

### Ⅲ. 바람직한 기술 적용 대상 공간 설정

기존의 도시, 건축은 개념적으로 도시계획(S=1:20,000~1:1,000 / 2차원적 지표계획)과 건축(S=1:1~1:200 / 3차원적 건물계획) 분야로 양분되어 실행되면서 많은 문제점을 발생시켰다. 도시에서 요구되는 ‘통일성 속의 다양성’은 도시와 건축의 괴리로 원천적으로 불가능하게 느껴진다. 이런 문제를 극복하기 위해 최근에는 도시 설계(또는 상세계획) 제도가 도입되었고, 제도의 보완을 통한 확대적용이 모색되고 있다.

환경친화적인 도시, 건축의 실현을 위해서는 무엇보다 도시차원의 기술을 건축차

〈그림 2〉 도시건축의 개념적 공간 범위 설정



원까지 일관되게 적용하여 3차원적 건축물로 가시화 할 수 있는 새로운 공간 범위의 설정이 필요하다고 생각된다. 이 공간은 개념적으로 도시계획의 마지막 단계인 상세계획을 건축기본계획으로 연계하는 공간이며, 도시의 생태적 문제를 구체적으로 풀어갈 수 있는 구체적 대상이기도 하다. 이는 고유의 도시(계획)와 건축 분야와는 달리 '도시건축' (S=1:500~1:1,000 / 도시설계(상세계획) 및 건축기본설계) 분야로 새로이 인식될 필요가 있다.

#### Ⅳ. 환경친화적인 도시건축 기술 개발에의 접근

##### 1. 효율적인 기술 개발과 적용의 유도

현실적으로 환경친화적 도시의 조성을 위해서는 개념의 부재나 대안 기술의 미비도 장애가 되지만, 기술 개발과 적용을 유도할 수 있는 제도적 장치의 부재가 더욱 중요한 문제로 부각된다. 이러한 제도적 장치는 사회적, 국가적 공통 목표가 되는 구체적인 수준을 제시하고 객관적으로 평가할 수 있는 수단이 전제될 때 보다 효과적일 수 있다. 다시 말해 원하는 환경의 질을 정량적으로 평가할 수 있는 환경지표의 개발이

〈표 1〉 환경친화적 도시건축 기술 개발을 유도할 수 있는 환경지표

목 표		참 고 지 표		이용가능지표	지표개발방향
토양기능 회복	표토의 보전	<ul style="list-style-type: none"> <li>바닥면적계수(독)</li> <li>연면적계수(독)</li> <li>포장율(독)</li> <li>토양기능계수(독)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>토지피복도(독)</li> <li>지형변동율(일)</li> <li>도로포장율(일)</li> <li>개발지역면적율(일)</li> <li>보전지역면적율(일)</li> </ul>	· 녹지율(한)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 녹피율(일)</li> <li>· 녹지용적계수(독)</li> </ul>
	녹지의 조성	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 녹지율(한)</li> <li>· 녹지용적계수(독)</li> <li>· 녹지계수(독)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 녹피율(일)</li> <li>· 기존 나무 보존율(일)</li> </ul>		
물 순환 체계 회복	투수성 포장	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 완전포장등가치(독)</li> <li>· 토양기능계수(독)</li> <li>· 불투수면적(한)</li> <li>· 유출량(한)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 유출계수(한)</li> <li>· 우수침투율(일)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 유출계수(한)</li> <li>· 불투수면적(한)</li> </ul>	· 토양기능계수(독)
	물 순환 활용		<ul style="list-style-type: none"> <li>· 우수충족율(일)</li> <li>· 중수도 사용율(일)</li> </ul>		

자료: 국립환경연구원, 생태도시 조성 기반기술 개발사업, 한국건설기술연구원, 1997에서 수정 보완.

우선적으로 요구된다.

위 표는 도시 외부공간의 생태적 개선을 위해 활용가능한 국내의 환경지표를 토양 기능 및 물순환 체계의 회복(1장 참조)이란 관점에서 정리한 것이다. 토양기능 회복을 위해서는 표토의 보전과 녹지의 조성이란 두가지 대안이 설정되었으며, 물 순환 체계의 회복을 위해 투수성포장과 물 순환 활용이란 대안을 고려하였다.

표에 의하면 토양기능의 회복을 위한 대안 기술의 개발과 적용을 유도할 수 있는 현실적 환경지표로 녹지율을 들 수 있고, 물 순환 체계의 형성을 위해서는 우수유출계 수 및 불투수면적의 활용이 가능하다고 판단된다. 따라서 이 지표를 국가적 기준으로 채택함으로써 옥상녹화, 투수성포장, 우수침투 및 저류 공법 등과 같은 도시 외부공간의 생태적 개선을 위한 기술의 개발과 적용을 유도할 수 있다.

이상에서 보는 바와 같이 현실 적용 가능한 대안 기술의 개발을 위해서는, 구체적인 생태적 문제 인식에 기초한 환경친화적인 대안 기술의 개발 노력과 함께, 이를 뒷받침할 수 있는 정량적 환경지표의 개발과 이를 토대로 한 사회적 기준, 제도의 개발 노력이 유기적으로 병행되어야 한다.

## V. 현실 적용 가능한 기술 개발 사례

90년대 중반에 접어들면서 우리 나라에서도 환경친화적 도시건축 기술에 대한 인식의 증대로 다양한 대안 기술의 개발과 적용이 시도되고 있다. 이러한 기술은 대부분 외부공간의 생태적 개선에 초점을 둔 하드웨어적 기술로 자연형 하천공법 개발, 도시 생물서식공간의 조성, 옥상녹화, 도시우수처리시스템 등으로 대표된다. 이 장에서는 필자가 개발에 참여하여 구체적 성과를 거둔 옥상녹화와 도시 우수처리시스템을 중심으로 기술 개발 현황을 소개하고자 한다.

이 두가지 기술은 표 1에서 소개한 환경지표를 충족시킬 수 있는 구체적 대안 기술인 동시에, 기존 도시의 생태적 개선을 위해 가장 우선적으로 적용되어야 할 대안으로 판단된다.

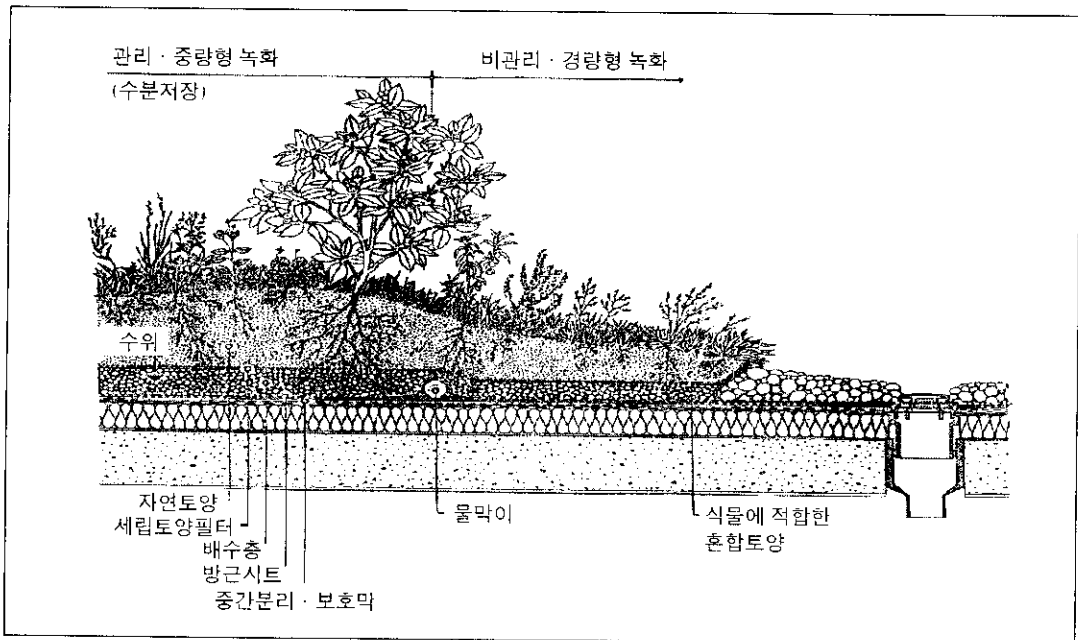
## 1. 옥상녹화 공법

### (1) 일반적 옥상녹화 공법

옥상녹화는 옥상, 지붕은 물론 지하주차장 상부와 같은 인공지반을 인위적으로 녹화하는 기술을 말한다. 도시의 생태적 문제에 대한 인식의 제고와 함께 옥상녹화를 보는 시각도 현저히 달라지고 있다. 지상의 조경면적을 줄일 수 있는 합법적 수단에서, 도시의 환경오염과 기후변화 그리고 생태계의 균형파괴 문제를 해결할 수 있는 현실적, 종합적 대안으로 인식의 전환이 이루어지고 있다.

옥상녹화는 건축으로 인해 파괴된 토양생태계를 옥상에 복원하는 의미를 가진다. 녹화된 옥상은 자연토양과 녹(綠)이 생태계에서 가지는 기능의 회복을 가능하게 된다. 다시 말해 녹화된 옥상은 자연상태의 녹지와 마찬가지로 주변의 동식물이 서식할 수 있는 공간을 제공하고, 건물상부에 쏟아지는 우수를 저장하고 유출시간을 지연시켜줌으로써 도시홍수와 지하수 고갈 문제에 대처할 수 있는 수단을 제공해 준다. 더불어 건축물의 냉·난방 에너지소비를 절감시킴과 동시에, 특히 지붕을 통해 건축물 내부

〈그림 3〉 녹화옥상의 구성 사례



로 유입되는 과도한 일사를 반사시켜 여름철에 발생하는 도시 열섬현상을 완화시키는데 커다란 역할을 하게 된다. 그 외에 일반적으로 알려진 대기정화, 산소발생, 휴식·휴양 공간의 제공과 함께 초기 강수시 하천의 수질 오염을 방지하는 기능도 옥상녹화가 주는 빼놓을 수 없는 혜택이다.

녹화옥상은 개념적으로 녹화시스템을 지탱하는 구조물 부분과 좁은 의미의 녹화시스템 부분으로 나누어 볼 수 있다. 구조물에는 구조체와 단열층 그리고 방수층을 포함시킬 수 있으며, 녹화시스템에는 저·배수, 토양, 식생층을 주요 하부시스템으로 꼽을 수 있다. 그러나 녹화옥상은 앞에서 언급한 두 부분이 조화된 하나의 시스템을 이룰 때 완성된다.

## (2) 녹화옥상의 Biotop화

일반적인 옥상녹화 기술의 토대 위에서 옥상 또는 인공지반은 육상 또는 수생 Biotop으로 조성이 가능하다. 이런 관점에서 옥상 수공간의 조성은 매우 중요한 의미를 지닌다.

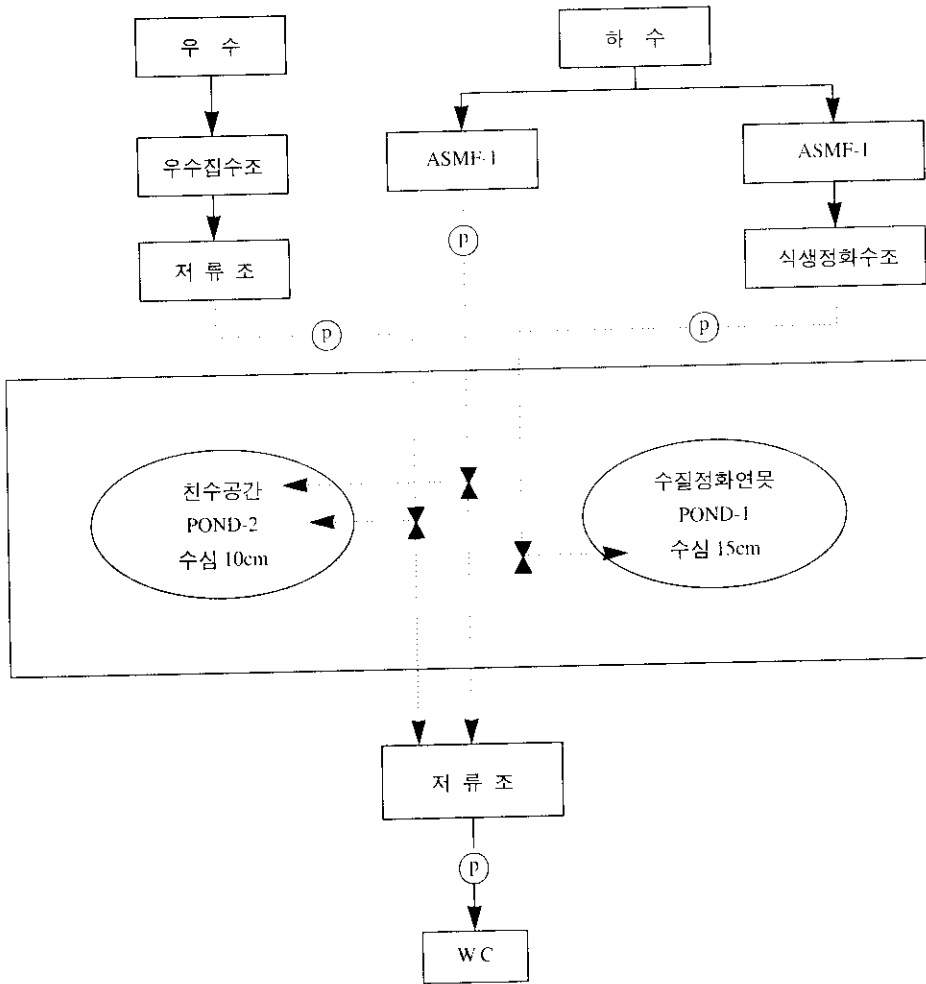
수공간의 조성을 위해서는 상시 유량의 확보가 필수적이다. 도시에서의 상시 유량 확보는 이론적으로 우수, 지하수, 냉각수 등 다양한 원수를 활용하여 확보가 가능하나, 현실적으로는 생활하수를 활용하는 방안이 가장 안정적인 대안으로 판단된다. 그러나 생활하수는 수처리와 경제성 문제를 충분히 검토할 필요가 있다. 따라서 적용 대상 건축물의 공급처리시스템과 통합하여 물 이용 및 순환활용계획을 수립하는 것이 현실적인 대안으로 판단된다. 합리적인 공급처리시스템의 설계는 수자원의 절약은 물론 장기적 관점에서 유지관리비의 절감을 도모할 수 있는 이점을 가져다준다.

시스템의 구성 시에는 반드시 1,2차 처리 기능을 가지는 기계적 처리 공정과 생물학적 처리효과를 극대화할 수 있는 처리 과정을 활용하여 수공간의 수질처리 부하 및 부영양화의 가능성을 줄여주는 것이 바람직하다.

상시 유량의 확보가 전제가 되고, 하중에 제약이 없을 경우 옥상 수공간은 다양한 형태로 조성이 가능하다. 그러나, 현실적으로 건축물의 구조 성능을 개선 또는 보강하는 작업은 매우 어렵기 때문에 기존 옥상을 적용 대상공간으로 하는 경우는 한계가 있을 수밖에 없다. 따라서 기존의 옥상에 수공간을 조성할 경우는 우선적으로 구조적 안전성을 고려해 시스템의 단면 구성을 합리적으로 결정할 필요가 있다.



〈그림 4〉 옥상 수공간 조성을 위한 물 공급처리시스템 모델



수심은 시스템의 단면 구성에 따라 결정된다. 즉, 단면의 요철을 크게 할수록 수심은 상대적으로 커지지만, 구조적 안전성에 문제가 있는 경우 요철의 증대 자체가 어렵게 된다. 이 경우, 그림 4와 같이 하중 부담이 적은 경량형의 충전 소재를 활용하면, 허용 응력의 범위 내에서 최대한의 수심 확보가 가능하다.

〈그림 5〉 생활하수를 이용한 수공간 조성 사례



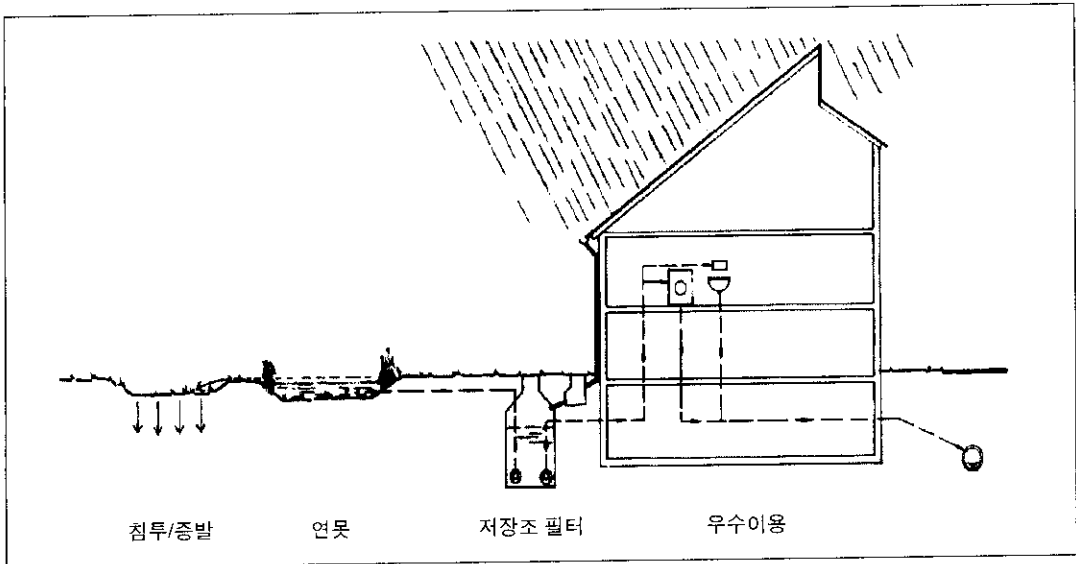
## 2. 도시 우수처리시스템

자원으로서 우수의 활용을 전제로 우수 수질의 사전 처리와 우수의 유도, 저류 및 침투 공법을 포괄하여 도시 우수처리시스템이라 부른다. 도시 차원에서 우수처리시스템의 개발과 적용은 도시 외부공간을 생태적으로 개선하는데 가장 기본적인 수단 중의 하나다. 이는 재해방지를 위한 유역대책의 일환이란 측면과 함께 도시생태계의 보전이라는 측면을 함께 가지고 있다. 즉, 도시 우수처리시스템은 도시홍수 예방이란 치수차원의 기본 기능에 충실하면서, 도시의 생태적 문제를 해결할 수 있는 대안기술로서의 역할을 할 수 있어야 한다.

현실적으로 도시 우수처리시스템은 재해방지 차원에서 수리적 검토와 대안이 마련된 것을 전제로 해야한다. 보다 이론적인 측면에서 볼 때 도시 우수처리시스템은 당연히 유역의 우수 및 유수를 100% 처리할 수 있지만, 기술 개발과 적용 경험이 미비한 현실에서 적용하고자 하는 우수처리시스템은 기존 하수처리시스템과 유기적 연계를 지닌 상호 보완적 시스템으로 설계되는 것이 바람직하다.

우수처리시스템의 실용적 설계를 위해서는 먼저 시스템의 구성과 요소기술에 대한 총체적인 이해가 필수적이다. 즉, 우수처리시스템은 이용 방안, 우수 수질의 사전처

〈그림 6〉 도시 우수처리시스템의 구성 개념



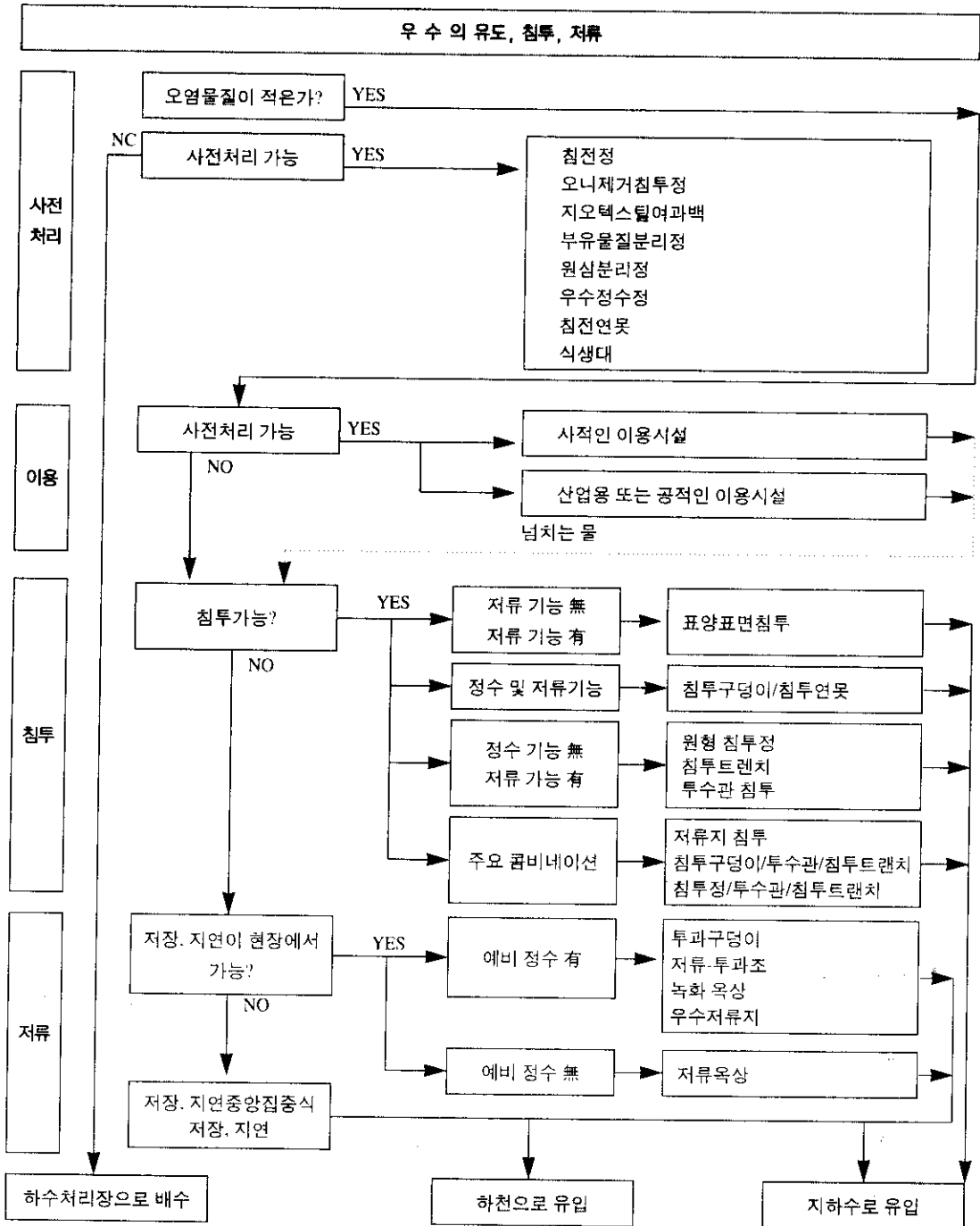
리, 침투 그리고 저류의 4가지 단위시스템으로 구분하여, 각 단위 시스템별로 적절한 공법의 선택과 연계가 필수적이다.

단위시스템의 검토에서 최우선적으로 검토할 사항은 우수의 전처리 여부이다. 우수의 오염정도가 낮을 경우는 바로 이용이나 침투 등 다른 단위시스템으로 유도가 가능하지만, 오염의 정도가 기준 이상일 경우 적합한 요소기술을 선택하여 전처리를 수행하여야 한다. 이 경우 오염의 특성상 전처리가 불가능할 때는 기존의 하수처리시설로 유도하여 처리하는 방안이 합리적이다.

이용의 단계에서는 이용 가능여부와 우수이용 요구도를 판단한 뒤, 정원의 관수와 같은 사적인 이용과 공원관리용수나 산업용수와 같은 공적인 이용으로 구분하여 적용을 고려한다. 우수의 이용 요구가 없는 경우나 이용하고 남는 물은 다음 단계인 침투나 저류단계로 연계시킨다.

침투단계의 구성은 지반의 물리적 특성에 크게 좌우된다. 즉, 침투성이 약한 지반일 경우 침투공법의 적용을 위해서는 별도의 기술력과 공법이 요구되므로 침투보다는 저류를 통해 우수의 유출시간을 지연시키는 것이 보다 바람직하다. 침투가 가능한 지반일 경우에는 정수 및 저류기능의 유무에 따라 다양한 요소기술의 적용이 가능하다.

〈그림 7〉 도시 우수처리시스템의 구성




침투시스템을 통과한 우수는 지하수로 유입되게 된다.

지반의 특성이나 여건에 따라 침투가 불가능한 경우 저류시스템의 적용을 적극적으로 고려한다. 마지막 단계인 저류시스템에서 넘치는 물은 자연하천이나 기존 하수관거로 유입될 수 있도록 설계해, 일시적으로 우수처리시스템 용량을 초과하는 사태에 대비하여야 한다.

## VI. 맺는말

현재 환경친화적 도시건축 기술의 적용은 주로 외부공간의 생태적 개선을 위한 하드웨어적 기술 분야에서 주로 이루어지고 있다. 그러나 이러한 부분적인 하드웨어 기술의 적용은 기존의 공법 및 시스템과 상충 문제, 비용의 증대 등 구조적인 현실 적용 장애요인을 가질 수밖에 없다. 따라서 보다 근본적이고 구조적인 소프트웨어적 기술의 개발과 적용이 선행되어야 한다. 그러나 새로운 도시, 건축의 판짜기에 해당하는 계획·설계 기법의 개발과 이의 적용을 유도할 수 있는 정책·제도의 개발은 현실적으로 더욱 접근이 어렵고 절대 시간이 필요해, 환경친화적 도시, 건축 기술의 개발과 적용을 가로막는 또 다른 요인으로 작용하고 있다. 이러한 딜레마를 해결하기 위해서는 3장에서 제시한 바와 같이 환경친화적 도시, 건축 기술 적용대상 공간범위의 명확한 설정과 하드웨어적 기술의 개발과 적용을 유도할 수 있는 소프트웨어가 동시에 개발되어야 한다.

이러한 관점에서 현재 보완과 확대 보급이 검토되고 있는 도시설계(상세계획) 제도는 환경친화적 도시, 건축 기술 개발의 딜레마를 헤쳐나갈 수 있는 실마리를 제공할 수 있을 것으로 판단된다. 

### ■ 참고문헌

1. 환경부, 생태도시 조성 기반기술 개발 사업 I, II, 한국건설기술연구원, 1997, 1998
2. 한국건설기술연구원, 그린타운 개발 사업 I, II, III, IV, 1996~8
3. BDA(Bund Deutscher Architekten), Umwelt-Leitfaden für Architekten, 1994
4. Krupka, B.: Dachbegrenzung, Stuttgart, 1993.

5. Stich외, Stadt kologie in Bebauungspl nen, Bauverlag, 1992
6. Schayck, kologisch orientierter St dtebau , Wernr-Verlag, 1996
7. Hinzen, A., Umweltschutz in der Fl chennutzungsplanung