

# \*\*시게루 반의 건축에 나타나는 생태적 표현특성에 관한 연구

- 하노버 엑스포 일본관의 종이튜브건축을 중심으로 -

## A Study on Characteristics of Ecological Expression in Shigeru Ban's Architecture

- Focus on the Paper Tube Architecture of Hanover Expo 2000 Japan Pavillion -

조현미\* / Cho, Hyeon-Mi

### Abstract

The 1990s' characteristics of Ecological architectural design would be choosing the traditional materials of the region's, the creative usage of construction methods, the expressive properties of materiality in spatial forms and so on. The overall organic relationships between human and men-made environments have been sublimated by the expression of poetic qualities of perception in ecological man-made environment. Hannover Expo 2000 did set up an opportunity to exposure the fact that Ecological Architecture will be the major trend in 21st Century's Architecture and its exploration in possible ways will be the most important matter. Japanese Architect Shigeru Ban's Japan Pavilion in this Exposition has shown the meaning of this turning point in Ecological Architectural thinking, which would be recognized as the convincing possibilities for the future architectural practice to the public. Thus this research has the purpose to study the meaning of the constructing action in Shigeru Ban's recent architectural space-making practice with the Paper Tube structural system. The creative foundation of Shigeru Ban's own method to apply paper tube -that is impossible material to pre-estimate- and other materials in the creation of architectural spaces would be searched in this paper. The period to this research will be between 1990s and 2000s, and the subject will be the experimental architecture of Shigeru Ban. The range of this research is including the process of development in the paper tube architectural structure and joint system. This study would contribute to understand the intrinsic value of Shigeru Ban's Ecological architecture of the paper tube system, in which the relationship between the regional environment and human regaining the ecological abiogenesis.

키워드 : 생태건축디자인, 시게루 반(坂 茂), 종이튜브구조, 하노버엑스포2000일본관

Keywords : Ecological Architectural Design, Shigeru Ban, Paper Tube Structure, Hanover Expo 2000 Japan Pavillion

## 1. 서론

### 1.1. 연구의 배경 및 목적

환경 패러다임은 21세기 현대문명에서 가장 중요한 이슈의 하나로서 모든 방면에서 우선적으로 다루어지고 있으며, 국내에서도 매스 미디어의 주요 논제 중 하나로서 공개적으로 토론되고 있다. 환경 친화적 인식의 확산으로 인해, 국내에서 1990년대 이후 시공되어진 대규모 건축물로부터 공동주거단지에 이르기까지 부지선정, 건물배치, 단지 내의 조경, 건물의 환기와 채광, 실내외 재료선정, 실내공기의 질 등의 생태적 환경에 대한

대중적 인식변화가 반영되고 있으며, 친환경 관련 규정들이 입법화되어 본격적인 적용단계의 규제로 전환된 현시점에서 이미 새롭다고 할 수는 없는 기정사실이다. 제 디자인 과정에 환경 규제가 포함되어 사회적 책임감을 가진 건축가, 디자이너들의 사고전개과정 및 디자인 양식의 중요한 한 부분으로 포함되고 있다. 생태건축 품질에 대한 건축 공간 사용자의 지식이 증가하여 그 요구가 매우 구체화 되고 이에 대응하거나 선도하여야 하는 건축가의 디자인 경향과 방법론 뿐 아니라 개발자의 친환경 마케팅전략 또한 구체화되어져 왔으며, 이에 선도적 경향의 능동적인 생태건축이론의 개념 적용과 이러한 표현특성을 복제하는 수동적 경향 사이의 유행 사이클도 점점 단축되고 있다.

이러한 환경 패러다임이 일부 선도적 건축가들의 논쟁범위에서 벗어나 대중적 인식의 확산단계로 진입하는 분기점은

\* 정희원, 부천대학 실내건축학과 부교수

\*\* 본 논문은 부천대학 학술연구비의 지원으로 이루어졌습니다.

2000년 독일 하노버 엑스포의 주제가 '환경'으로 선정되었던 배경 속에서 찾아볼 수 있다고 본다. 건축가들 중에서도 각국의 선도적 그룹이 하노버 환경박람회의 국가전시관들을 디자인하도록 선정되었으며, 여기서 보여 졌던 환경친화적 건축기법의 실험적 양상들은 생태건축의 혜택을 인지한 대중에 의해 다국적으로 일상생활공간에까지 확산되는 계기로 작용하였다.

2000년 하노버 엑스포는 밀레니엄이후 21세기건축에서 생태적 건축이 대세가 될 것이며, 그 다각적 모색 역시 근본적으로 중요하게 되었음을 밝히는 계기가 되었다. 현재의 생태 건축적 흐름이 건축의 주류이지만 동시에 건축 행위의 범위를 지정하는 한계요소도 될 것임을 알린 것도 하노버 엑스포였다.

하노버 엑스포의 국가관들에서 인간과 환경의 대치관계를 벗어나 유기적으로 대등하게 풀어 종래의 생태건축 기법과 재료사용을 초월하는 새로운 생태건축의 개념적 해석이 전개되었다. 그중에서 가장 독창적인 생태건축방법론 중 하나는 비구조적인 종이튜브시스템이 대규모 열린 공간의 형태로 구축되는 일본관 건물이었다는 평가였으며, 이는 일본건축가 시게루 반이 독일건축가 프라이 오토와 공조하여 진행한 일련의 건축실험의 결과였다. 시게루 반의 일본관이 가지는 의의는 생태건축의 전환적 사고가 미래 건축의 실천방향으로 변별 될 수 있는 가능성을 대중적으로 인지시켰음에 있다고 본다.

이에 최근 시게루 반이 시도하고 있는 일련의 종이튜브 구조를 이용한 건축공간의 구축행위가 내포하는 의미를 찾아서 시게루 반의 고유한 공간표현특성을 규명하는데 본 연구의 목적을 두고자 한다. 창의적 미디어의 일종이자 예측 불가능한 재료인 종이튜브 등의 적용방법론에 의한 시게루 반의 건축공간 미학의 창조적 근원이 생태 개념임을 밝히는데 본 연구의 의의가 있다고 본다.

## 12. 연구의 범위 및 방법

본 연구의 분석 시기 및 대상은 1990년으로부터 2000년대까지 일본건축가 시게루 반의 실험적 건축으로 설정하고, 종이튜브 구조와 접합 시스템 개발로 다양하게 발전시켜가는 과정을 정리하고, 결과적으로 인간과 건축 환경이 그의 종이튜브 건축에 대한 신념 속에 관계성을 회복할 뿐 아니라 환경의 지역성을 강화시키는 효과를 얻게 되어 생태적인 자생력을 지니게 되는 요인을 분석하고자 한다.

이에 2장에서는 그의 건축행위의 전제이자 결과인 지역환경에 대한 인식을 정의하고 3장에서는 시게루 반 고유의 생태적

축 방법론의 전개양상을 살펴보고, 4장은 작품에서 구축되어진 생태건축 공간표현 특성을 규명하고, 5장의 결론에서 시게루 반의 건축표현특성의 분석을 통해 추출한 생태적 가치관이 가지는 의미를 밝히는 것으로 본 연구를 진행한다.

이를 위해 1990~2000년대에 전개된 생태건축이념을 적용한 시게루 반의 건축 작품 관련 자료를 국내외 건축 및 환경관련 문헌, 정기간행물, 인터넷 사이트를 중심으로 수집하여 그 내용을 살펴보았다. 건축에서 생태건축<sup>2)</sup> 디자인을 적용하는데 있어 ①자연 친화적 건축환경을 형성하는 것을 유발하기 위한 제도적 방법론 ②재료 및 제품의 시방관련 정보제공 방법론 ③건축계획 및 설계의 이론적 방법론으로 나눌 수 있으며 앞의 두 범주는 선행 연구되었으므로, 본 연구에서는 세 번째 범주에서 진행한다.

## 2. 시게루 반의 건축과 환경에 대한 인식

### 2.1. 환경의 인식과 지역주의 특성적 경향

지속가능한 생태건축의 기반은 그 지역의 자연환경에 있으며, 이는 현대 건축가들의 작품 속 개념설정과정에 등장하는 추상적 자연이 아니라 구체적 주변자연환경이다. 시게루 반의 건축에 나타나고 있는 지역성을 프램튼이 정의한 비판적 지역주의의 7가지 실천적 건축방법인 균형적 태도, 영역성, 구축적 요소, 환경적 요소, 체험적 지각요소, 토속적 요소, 문화적 틈새요소를 갖대로 분석해 본 결과(<표 1> 참조), 시게루 반이 지역 환경에 대한 인식을 전제로 작품의 전개범위를 설정하고 있음을 보여주는 특성들을 찾을 수 있다. 유도피야적 개념과 형태의 사례연구실험을 하되 급진적이지 않은 균형 있는 태도를 취하며, 대지에 세워진 구조물의 영역을 확고히 하되 주변 환경과 확고히 연계되는 실내 공간감, 지역 환경에 대한 구체적 대응으로 개발한 세부적 요소 등과 같은 특성들로부터 그의 건축이 지역성에 기초하고 있으며 이에 대응하는 공간을 지속적으로 연구하고 있음을 알 수 있다.

#### (1) 건축의 최소화 요소에 의한 지역성의 표현

시게루 반은 최소구성요소를 사용한 촉각적 단순화와 그 과정의 반복을 통해 건축의 완전한 형태성을 대범하게 완성하고, 종이튜브 등의 최소한의 재료 표현을 통한 체험적 보편성, 재료물성을 이용한 색과 빛으로서 자연환경을 인식시키며, 결과적으로 환경과 건축이 관계 맺을 때 나타나는 본질적 정체성인 지역성을 사용자인 인간이 자연스레 지각하도록 만들고 있

1)1957년 도쿄 태생의 건축가 시게루 반은 SCIA(Southern California Institute of Architecture, 1977-1980)과 쿠퍼유니온 건축대학(Cooper union School of Architecture, 1980-82)에서 건축을 공부하고 1982-83년에 아라타 이소자키 사무실에서 일하였으며, 1984년 쿠퍼유니온 건축 대학에서 학사학위를 받아 1985년 도쿄에서 개인사무실을 열고 현재까지 시게루 반 건축사무실을 운영하고 있다.

2)환경친화 건축을 표현하는 용어들이 그린빌딩, 생태건축, 환경친화성 건축, 환경공생건축 등으로 다양하나 본 연구에서는 크게는 각 용어의 근본적 의의가 동일한 관점으로 귀의된다고 보고, 생태건축을 건축과 자연의 관계형성에서 자연에너지의 생태적 이용, 자연환경과의 조화를 모색하는 과정을 표현하는 용어로서 선택하였다.

다.<표 2> 참조)

<표 1> 지역성의 건축표현요소와 방법

표현 요소	프램튼의 지역주의 정의 <sup>3)</sup>	시계루 반의 지역성표현 방법론
1 균형적 태도	비관적 지역주의는 모더니즘 건축의 급진적 원리와 초기 낭만적 근대운동의 유토피아니즘의 경계선상의 태도를 추구한다. 대규모의 계획보다는 소규모를 선호한다.	시계루 반은 일련의 '사례연구주택'에서 유토피아적 개념들을 실험해 온 급진적인 접근방법의 구조나 기능 등에 확신이 설 경우에는 각 프로젝트를 연작으로 확대하는 균형적 태도를 견지한다.
2 영역성	독립적인 오브제의 건축을 강조하기보다 그 대지에 세워진 구조물에 의해 설정된 영역성을 주시한다.	'무벽(無壁) 주택', '커튼 월 주택'에서 구조물의 영역이 독립적으로 설정되지만 주변환경과 확고히 연계되게 한다.
3 건축적 요소	건축물을 일련의 어울리지 않는 배경화법으로 처리하기보다 건축적 요소로서 적시한다.	그의 건물은 단순히 아름다운 그림 같은 존재는 아니며, 오히려 순수한 건축물로서 독립성을 지닌다.
4 환경적 요소	구조물이 놓여지는 3차원적인 매트릭스의 지형으로부터 구조물에 다양하게 연출되는 지역의 빛에 이르기까지 다양하게 구체적 대지 관련 요소들을 강조한다. 빛은 작품의 볼륨과 건축적 가치를 드러내는 주요 매개체이며, 기후조건에 대한 반응도 필수적이다. 따라서 공기조화시설을 이용하는 안이한 문명화 경향에 대해 비판적이다. 모든 개구부들을 대지, 기후와 빛에 노출되는 구체적인 상황에 대응하게 처리한다.	시계루 반은 전통적인 일본 주택의 개방성을 과감히 되살리면서 일련의 미단이 패널 문으로 내부 공간을 구획하고 공간의 개별성을 가변적으로 살려주는 방법을 현대 건축기법에 되살리고 있다. 임시적인 종이튜브를 영구적인 건축 구조적 요소로 편입시켜 일본 건축규제법을 개편케 하였다. 종이튜브구조에서 그는 기둥과 돔 틈새로 스며 들어오는 빛과 공기의 흐름, 기후에 대비하는 방수와 단열 등등 까지도 구체적으로 대응하여 계획하고 있다.
5 체험적 지각요소	시각적인 것만큼 촉각적인 것을 강조한다. 시각은 물론 조명, 냉기, 습도, 공기 흐름의 순환도, 다른 볼륨의 여러 재료들로부터 발산되는 다양한 향과 소리, 심지어 바닥감에 의해 감수되는 다양한 감각 때문에 겪는 자세변화의 체험 등의 보완적 지각을 의식한다.	다양한 재료를 실험하면서 재료 자체가 마감이 되는 친환경적 기법으로 이용하며, 재료고유의 물성을 지각 가능하게 하는 형태와 공간의 감각적 체험을 위한 단순성도 유지하고 있다. 그의 건물은 인공적 건축물이나 매우 시적인 지각 매체로서 인간과 소통한다.
6 토속적 요소	지역풍토의 감상적 모방을 경계하며, 재해석된 풍토적 요소를 분리적 요소로서 전체에 삽입한다. 때로 이질적 근원으로부터 토속적 요소를 끌어온다. 지역에 기반을 둔 '세계문화'의 창조라는 모순적 창조를 지향한다.	'종이'라는 일본 문화적 요소로부터 시작되었을 건축기법 감각이 2000년도 하노버 환경 엑스포 일본관에서 보여주었듯이, '종이튜브'의 세계적 적용과 인증의 과정으로 확산되어 시계루 반 고유의 세계문화 창조로 표현되고 있다.
7 문화적 틈새요소	보편적인 문명의 낙관적인 충격을 피할 수 있는 문화적인 틈새에서 변형하려 한다.	그의 유엔난민을 위한 임시 주거 프로젝트들과 VAN 그룹활동은 문화들 간의 틈새를 잇는 불투 오션적인 관점이다.

3) 케네스 프램튼(Keneth Frampton)은 'Prospects for a Critical Regionalism(1983)'에서 모더니즘 이후 지역주의를 내세우는 건축가들이 지양해야 할 태도가 국수주의, 절충주의이며 나아가 할 바쁜 태도는 일반 문화에 대한 이해를 바탕으로 하는 아이디어를 내세운 비판적 지역주의라고 한 바 있다. 프램튼이 정의한 비판적 지역주의의 7가지 실천적 건축방법은 균형적 태도, 영역성, 건축적 요소, 환경적 요소, 체험적 지각요소, 토속적 요소, 문화적 틈새요소로서 정의한다.

Kate Nesbitt, editor, Theorizing a new Agenda for Architecture, An

<표 2> 근대성과 지역성의 최소화 표현요소

건축구성요소의 최소화	최소한의 표현요소	최소한의 개수로 조합한 하나의 건물
가장 단순한 벽체 기하형태 프레임 격자와 큐빅	색 빛	노출된 재료 물성 축조과정 표현 인간의 직접적인 지각
↓	↓	↓
근대성의 조건 표현	지역성의 정체성 표현	체험적 보편성의 지각

시계루 반의 건축이 보여주는 독립적 구축 형태의 완전성은, 미니멀리즘을 추구하는 동시대 건축가들 중에서 캄포 바에자가 보여주는 완벽한 기하형태의 긴장감과는 다른 성격으로, 오히려 구축된 건물 형태로 인한 주변 환경과의 어울림, 자연에 대한 환기가 더 적절한 해석일 것이다. 건축의 최소화 요소들로 인해 완벽하게 환원된 바에자의 추상적 건축공간에서 분리되고 박제된 자연과는 달리, 시계루 반의 최소화한 건축공간은 자연의 빛과 색의 변화, 시간적 변형과 능동적으로 교감하고 있으며, 동시에 일시적 소재인 종이튜브 등의 건축구조시스템의 완전성을 추구하는 노력을 멈추지 않고 계속 실험하는 가운데 표현되는 건축물과 자연의 공생관계를 공간 속의 사용자가 느끼게 하는 생태건축개념이 표현되고 있다.

시계루 반이 추구하는 건축적 최소화는 재료를 덜 사용하되 더 오래 쓸 수 있도록 디자인하여, 더 정성들여 가공하고 조립<sup>4)</sup>하는 생태건축적 태도에 기인하며 이는 건축구성요소의 최소화를 추구한 모더니즘의 근대성 조건을 실현하는 것에 우위를 둔 것은 아니지만, 결과적으로 근대성과 연결되어 건축의 역사적 맥락을 잇게 한다. 이러한 점이 그가 지역에 기반을 두고 일본에서 건축활동을 시작하였으나, 건축적 공감대를 얻어 건축활동의 무대를 서구로 확대할 수 있게 되는 요인이 된 것으로 간주 할 수 있다.

(2) 은유적 표현에 의한 체험적 환경성

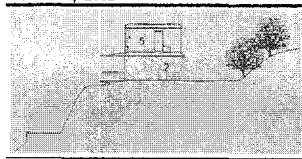
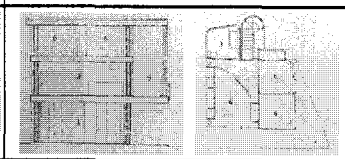


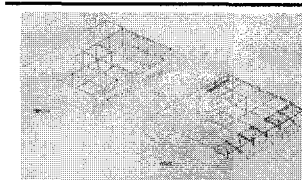
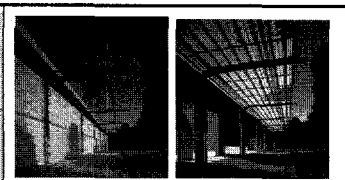
1983년 프램튼이 비판적 지역주의를 정의한 이후 최근까지의 지역주의 건축에 있어서 1990년대에 들어서면 주변 환경과 보다 밀접한 연계성을 표현하여 인간이 경험할 수 있는 서정적 정서를 주로 표현하는 경향이 등장한다. 빛과 자연경관을 건축 및 실내 환경과 결합시키고, 전통적 색채, 재료 및 시공방법의 차용 등등 고유한 지역적 맥락을 수용함으로써 강한 지역성을 은유적으로 표현하고 있으며, 이러한 지역주의특성들은 생태건

Anthology of Architectural Theory 1965-1995, Princeton Architectural Press, 1996, pp.468~482

4) 빅터 파파빅은 디자인과 건축의 생태성과 윤리에 대해 정의 내리면서 제사용, 재활용 및 책임있는 폐기보다 더 우선시해야 할 것은 '덜 사용하는 것(use less)'이라고 하였다. 빅터 파파빅, 녹색위기, 조형교육, 1998, p.56

축과 일맥상통하는 측면이 강하다. 미니멀리즘적 건축이 그 최소화특성으로 인해 이러한 지역주의 건축 경향과 연결되어 연구되어진 사례가 있으나, 본 연구에서는 이를 생태건축적 최소화 측면과 구별 짓고자 한다. 미니멀리즘 건축의 엄밀한 추구는 최소한의 표현에 의한 재료물성의 표현 극대화, 세부 디테일과 완결성 등 최소화로의 환원에 집착하는 반면 생태건축적 최소화는 건축물이 놓인 환경에 유연하게 대응하고 변화를 수용할 수 있는 은유적 표현을 하므로 보다 긴 생명력을 가진다는 차이점이 있다. 즉, 자연환경의 다양한 의미를 받아들이는 대상인 건축물의 은유적 표현특성에 의해 환경성이 환기되어지는 자연적 순환 사이클이 형성된다. 자연의 모습, 생태계의 진화개념을 표현하므로, 건축 내·외부 공간이 시간과 계절, 기후에 따라 가변적으로 변화하는 체험적 공간·랜드 마크 형태로 인식된다. 시게루 반은 일본 전통적 소재인 종이, 대, 목재 등 등 리사이클 가능하고 저가인 재료들을 혁신적으로 사용하는 지역주의적 태도와 함께 서정적이고 시적인 건축 스타일을 견지하는 환경에 대한 유연한 은유적 표현<sup>5)</sup>을 탁월하게 효과적으로 응용하고 있다.

<표 3> 은유적 표현 건축사례

픽쳐 윈도우(Picture Window) 주택, 시즈오카, 2002	커튼 월(Curtain Wall) 주택, 도쿄, 1995
	
	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 미닫이 패널 문들의 개폐로 자연을 받아들이는 서정적 실내공간</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 커튼외부경계와 미닫이 패널 문들의 이중적 개폐로 자연과의 시적인 소통</li> </ul>
종이미술박물관, 시즈오카, 2002	
	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 셔터의 개폐로 환경과 내외공간이 소통, 진화적 변화</li> </ul>	

단계를 거치면서 계속 진화해 오고 있다. 인간과 함께 지속되어온 건축이 영원한 생명체로서 인간과 함께 진화하는 성장과정을 보여준다고 생각될 수 있다. 1990년대 이후 지역성을 표현하는 건축은 통상적인 건축 재료가 아닌 이색적 재료개발 등으로 인해 표현가능성이 더욱 다양해졌지만 최소화 표현특성들로 인해 하나로 융합되어지면서 각각의 건축물이 생명체라는 의미는 더욱 강화되었다.

이러한 일련의 생명체 진화과정은 ①기계론과 유기체론 형태들의 통합, ②재료와 형태의 융합적 표현, ③시공간 개념의 경계성 상실 등으로 인해 인간과 건축이 시공간적 경험으로 통합되어진 기억을 보존하고 그 결과 건축물이 생명력을 얻는 일련의 진화과정이 보여 진다. 즉, 시간에 따른 공간경험 상의 변형을 허용하는 건축은 물리적으로 다차원적이지만, 심리적으로 통합 되고 시공간상의 지역성을 표현하는 강력한 단일 메시지 지로써 이해되어진다.

시게루 반은 단일재료인 재생종이 튜브 등을 사용하여 지극히 단순한 기하형태를 유기적으로 표현하고 건축과 실내 경계의 단일화, 재료로서 직접 표현하는 단순화 과정을 반복함으로써 재생산될 수 있는 생명체라는 생태 건축적 의미를 충족시키고 있다. 더 나아가 그의 사례연구주택 시리즈를 통해 타 재료에 대하여도 지속적인 실험을 하고 있으며, 이 과정을 통해 그의 생태적 표현의 선택 방법론들을 진화시키고 있다.

### 3.1. 생태학적 환경지각이론의 일원적 관점 표현

생태학의 정의가 '유기체와 그 외부적 환경의 관계를 연구하는 일반과학'이라는 점에서 인간과 환경은 일련의 관계를 가진다는 환경의 상호의존적 관계에 기초하며 유기적으로 관련성을 가지는 일원론적 지각이론으로써, 현대과학의 기계론적 관점이 유기론적 관점으로 대체된다. 여기서 지각자와 환경, 지각과 행동은 상호 유기적 관계를 가지게 되며, 지각되어진 환경은 시간, 빛, 공간 등의 추상적 특성들이 지각자의 신체적 움직임과 연계하여 관련되어 진다. 기계적인 특성인 규칙성과 단일화, 유기적인 특성인 인간과 건축의 결합을 이루는 시게루 반의 건축은 기계론과 유기체론이 다시 하나로 융합되는 생태학적 환경지각이론을 실천하면서, 그가 개발한 지속적으로 진화 가능한 종이튜브건축시스템 등을 지역성의 한계를 넘어서 세계로 확산시키려는 노력을 하고 있다.

### 3.2. 생태건축공간과 환경의 유기적 관계성 표현

건축과 자연환경이 공간 구성을 통해 지역과 유기적 관계를 가질 때 장소성이 구현되며, 이러한 유기적 관계성이 시게루 반의 건축에 적용될 때의 기법은 다양하다; 지역적 미기후를 이용하는 공간 구성, 지형에 순응하여 위계적 질서 표현, 유

## 3. 시게루 반의 생태 건축관의 진화

건축에 나타난 생태관은 자연의 ①이용, ②표현, ③보존의

5)길성호, 현대건축사고론, 1판, 미건사, 서울, 1997, p.154

리·셔터·미닫이·커튼 등을 이용한 주변 환경과의 통합, 자연을 바라보는 조망권역을 향해 유기적으로 개방된 공간, 혹은 아이비 녹화 벽체를 향해 개방된 공간, 박스형태의 방들이 이동함으로써 내·외부 공간의 개폐상황을 연출 하는 가변성 등 건축공간과 환경의 유기적 관계를 지속적으로 실험한다.

## 4. Shigeru Ban의 생태건축 표현 특성

### 4.1. 생태건축가 NGO활동

행동하는 생태건축가로서 시게루 반은 1995년부터 2000년까지 유엔 난민위원회 고등 판무관·UNHCR(United Nation of high Commissioner for Refuges)의 자문위원으로 활동하였고, NGO 단체인 자원봉사 건축가 네트워크·VAN(Voluntary Architects' Network)을 창립하여 구조공학자로 활동하고 있다. 그의 종이튜브 생태건축 시스템은 이런 NGO활동을 통해 세계각지의 재해현장에서 각 지역특성에 맞는 독창적 형태로 재탄생되어왔다. 세계적으로 종이튜브시스템의 독창성을 알리게 된 2000년도 하노버 세계엑스포 일본관(2000 World Expo in Hanover, Japan Pavillion)과 최근작인 2003년도 메츠시 폼피두센터(The Center Pompidou-Metz)설계경기 당선작(2007년 준공예정) 등을 대표작이라 할 수 있다. 생태건축가로서 교육<sup>6)</sup>이 생태개념의 전파에 있어 무엇보다 중요함을 알고 있으며, 그가 가르치고 있는 대학의 실습실을 종이튜브시스템으로 지어 직접 보여주는 건축을 실천하고 있다.

### 4.2. 주요작품 유형 및 생태건축적 표현특성

시게루 반은 전체로서의 건물에 대한 관심을 보이며 소위 아름다운 건축에는 흥미가 없고, 오히려 새롭고도 보편적으로 적용 가능한 축조방법과 같은, 건설업계 뿐 아니라 직접 자택을 짓기를 희망하는 개인에게 도움이 되는 단순하고도 지적인 시스템을 개발하고자 한다. 시게루 반은 그의 작품 전체는 눈에 띄지 않는 구조적 적용방법들이라는 특정 시스템으로 달성한 구체적 결과이고, 그 구조적 적용의 결과로서 나타나는 장점들이 어떠한 다른 대안도 선택할 수 없게 만든 것이라는 사실을 역설하고 있다. 모든 그의 프로젝트들은 빌딩 시스템으로서 평가되고 그런 점이 디자인에서 심어지는 동시에 예측 불가능한 것으로 전이된다. 즉, 종이튜브가 지붕을 지지하듯이 책장도 그러할 수 있고, 프리캐스트 콘크리트 파일들 또한 일차적

구조이자 건축개념을 표현하는 핵심적 형태요소가 될 수 있다는 것이며, 또한 스티로폼 포장이 효과적인 단열재이듯이 셔터들을 적층 한 것도 건물의 표피로서 사용될 수 있다는 예측 불가능하다. 결국 시게루 반의 작품들 간의 연계성은 개별 프로젝트들에 대한 명백한 접근방법으로 인해 궁극적으로 성취하게 된 공간적 발명에 있다<sup>7)</sup>.

#### (1) 실험적 구조시스템과 예측 불가능한 재료 표현의 실험

반이 최초의 영구적 종이 튜브구조를 건축한 것은 1991년 시인의 서재에서였고, 그가 작품마다 행한 구조, 내화실험의 경과를 인정한 일본당국에 의해 2년 뒤 건설표준법으로 종이 튜브사용이 공식화가 되었다. 그 후 수년간, 반이 일본, 터키, 인도의 지진희생자들을 위해 건축한 임시주거들과 르완다 난민을 위한 피난 숙소<sup>8)</sup>들은 종이 튜브가 충분히 도전할 만하고 혹은 건축 구조재로서도 적절하다는 것을 증명하는데 충분한 상황이었다.

이러한 프로젝트 들은 구조공학자 겐고 마츠이(Gengo Matsui)<sup>9)</sup>와의 긴밀한 협력에 의한 것이었으며, 수년간의 테스트에도 불구하고, 재료들의 다른 조합들은 종종 재평가를 요구한다는 점을 그는 잘 알고 있었다. 일례로, 종이 돔(Paper Dome)을 제작하였을 때 종이 튜브를 연결하던 목재 접합부를 실험 하였고, 당시 충분히 사용 가능 하였음에도 불구하고 수 년 뒤 부르고뉴문화유산센터(the centre d'interpretation du Canal de Bourgogne)에서는 주형알루미늄 접합부(die cast aluminum joint)를 써서 목재 접합부를 없앨 수 있게 하였다.

현재까지 최대 크기의 종이 튜브 구조는 독일 하노버에서 열렸던 환경을 주제로 한 엑스포 2000의 일본관 이었으며 여기서도 유사한 구조응력 실험과 접합부에 관한 연구가 진행되었다. 그러나 독일 건축 및 소방관련 규제 때문에, 일본관 팀은 목재 아치들과 종이 튜브들의 혼성 구조의 결과를 낳게 된 변화들을 디자인 과정 중에 강요받게 되고 겹 지붕구조를 구축하는 결과를 선택하게 된다. 하노버의 경험은 뉴욕의 현대미술관(MOMA)에서 임시 옥외 설치물을 위해 순수한 종이 튜브 구조를 건축하는데 영감을 주어, 하노버에서는 목재 아치들이 종이튜브 그리드 쉘의 변형을 견디게 하기 위하여 사용되었지만, MOMA에서는 판지 트러스들로서 대체 시켰다. 최종적으로

7)McQuaid, Matilda, Shigeru Ban, Phaidon, 2003 p.7

8)시게루 반은, “누구든지 그러한 상황에서 종이튜브 집을 건축 하는데 참여한 사람은 정신적으로 감응 받지 않았다고 할 순 없었다. 더 나아가, 임시 주거를 자신만의 노동력으로 건립 하는 것은 단순히 기 제작된 주거를 구입하는 것과 다른 것이다. 설사 종이튜브 집을 자체가 몇 년 뒤 해체되어지더라도, 그것을 지었고 그 속에 살았던 사람들 마음속에 계속 남아 있을 것이다.”라고 생태적 생명력에 대한 지각적인 가치를 설명 하고 있다.

9)겐고 마츠이는 구조에 관한 시게루 반의 생각에 영향을 주었고, 재료들이 다른 상황들과 실험에서 인장과 압축, 휨, 기타 다른 응력들에서 어떻게 반응하는지 가르쳐 주었다.



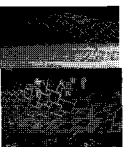
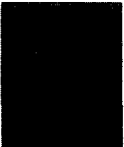


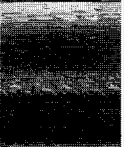



6)타마 예술대학(1993-95), 요코하마 국립대학(1995-99), 일본대학(1996-2000)에서 겸임 건축교수로 가르쳤으며, 2001년 이후 현재까지 게이오 대학의 환경정보과와 미디어행정대학원 교수로 재직하고 있다. 교육자로서 학생들이 직접 건축물을 축조함으로써 얻게 되는 성취감이 건축가라는 막연한 우월감보다도 중요하다고 주장하고, 종이로 된 교배 주택을 순수하게 학생들의 도움만으로 짓기도 하였다.

로, 네무노키(Nemunoki) 어린이 미술관에서는 종이 허니콤 패널들을 래티스 지붕에 활용, 두 개의 맞붙인 허니콤 패널들을 교차 결합시켜 단일한 그리드 코어를 만듦으로써 상대적으로 약한 재료를 더 강하게 만들었다.

이러한 시계루 반의 구조 시스템 구축과정에서 재료 실험은 크게 종이제, 목제, 표피제, 조립제로 분류되어질 수 있다.


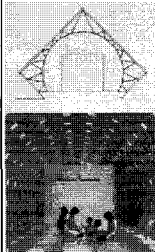
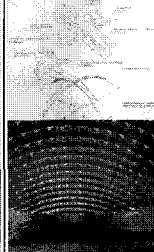
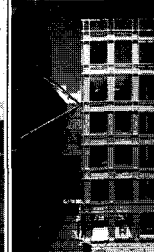
1) 종이제 구조시스템과 재료실험

<표 4> 구조시스템과 예측 불가능한 재료의 실험, 접합부의 개발 :종이

1. 종이제(Paper) 재료와 실험적 접합부				
<ul style="list-style-type: none"> <li>기둥 구조 : 프리스텐딩 기둥 틈새로 공기순환, 빛 통과</li> <li>종이 교회</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>돔 구조 : 목재접합부와 종이튜브</li> <li>종이돔 아치장</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>셸 구조 : 격자 셸 바람개비형태 연결</li> <li>포레스트 공원 파빌리온</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>아치 구조 : 알루미늄 접합부와 종이튜브아치</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>래티스구조 : 네무노키 어린이 미술관</li> </ul>
				
				









2) 목제 구조시스템과 재료실험

<표 5> 구조시스템과 예측 불가능한 재료의 실험, 접합부의 개발 :목제

2 목제(Wood) 재료와 실험적 접합부			
<ul style="list-style-type: none"> <li>바구니뛰기 지붕 : 집성판재(LSL) 이용, 일본전통의 엮은 천 정 마감을 지붕에 적용.</li> <li>우노 치요 기념 박물관</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>이중 지붕 : 절곡철판 &amp; 섬유판 외부, 단판적층목재판(LVL)내부로 최소화 시킨 2겹만으로 건물 형태 구축</li> <li>이마이 병원 어린이 집</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>트러스 아치 돔 : 집성판재(LSL)</li> <li>이마이 체육관</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>철골 구조 위 목재내화피복 : 일본 최초로 승인 받은 파티클보드(chipboard) 피복재, 생태적인 아이비딩굴 스크린 벽</li> <li>GC 오사카 빌딩</li> </ul>
			


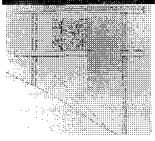



3) 표피제 구조시스템과 재료실험

<표 6> 구조시스템과 예측 불가능한 재료의 실험, 접합부의 개발 :표피제

3. 표피제(skin) 재료와 실험적 접합부	
<ul style="list-style-type: none"> <li>직물 커튼 : 철골구조</li> <li>커튼 월 주택</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>유리 서터</li> <li>치과 의사 주택</li> </ul>
	
	
	
	

4) 조립제 재료실험

<표 7> 구조시스템과 예측 불가능한 재료의 실험, 접합부의 개발 :조립제

4. 조립제(Prefabrication) 재료와 실험적 접합부	
<ul style="list-style-type: none"> <li>PC 콘크리트 파일 &amp; I 빔, 모듈식 가구(家具)유닛</li> <li>PC 파일 주택</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>모듈 가구(家具) 유닛 : 구조적 벽체 &amp; 저장고(창고, 수납장, 책장, 조명, HVAC 설비) &amp; 단열, 방수 내장제작</li> <li>가구(家具) 주택</li> </ul>
	
	
	












(2) 유기적관계성 표현하는 사례주택 연구의 진화

20세기 초 근대건축의 거장들이 시대적 사명감과 연구정신으로 진행하던 조립식, 모듈 주택의 양산 시스템 연구처럼 시계루 반 또한 다양한 사례연구를 통해 그만의 고유한 주택 시스템들을 개발해왔다.(<표 8> 참조) 하나의 사례를 진화시켜가는 생태적 방법을 적용할 때에도 그만의 고유한 방법을 보여주고 있다. ①감성적이고 독창적이며 때로는 시적인 아이디어로 시작, ②재료별로 가능한 구조와 접합시스템을 연구(<표 9, 10>참조), ③개발한 각각의 방법들은 논리적이고 조직적으로 조합, ④이러한 진화과정의 결과를 미술관, 전시장, 교회, 역

사, 체육관, 사옥 등에 적용하면서 건축 규모와 형태를 확장하여 간다. 일례로 가구를 주택의 벽체화 하여 단열재와 설비까지 포함할 수 있도록 공장생산하고, 현장에서 조립하는 순서까지 연구하였고, 가구제작재료를 지역별로 다각화하여 최초의 가구주택은 표면재가 합판이었으나, 중국 만리장성 지역에서는 대나무합판을 개발하여 가구주택으로 건축하였다.

이러한 사례주택연구는 그 아이디어가 공간과 지역 환경과의 유기적 연계를 이루는 대응적인 공존관계를 형성한다. ① 미기후 vs. 커튼월 주택, ②지형에 순응하는 위계질서 vs. PC 파일주택, ③주변 환경과 통합 vs. 무벽 주택, ④자연조망 위한 개방성 vs. 9개의 정사각형그리드 주택, ⑤내외부공간의 가변성 vs. 유리서터주택이 그러한 대응적인 관계를 보여준다.
















<표 8> (1) 사례연구주택

구조별 분류 및 특성	작품명	개요	사진
사례연구주택 (Case Study House)	1. 1 주택	1990-91년, 도쿄, 2층, 목구조	
	2. PC파일 주택	1991-92년, 시즈오카, 1층, PC콘크리트 파일 및 목구조	
	3. 이중지붕 주택	1992-93년, 야마나시, 1층 목재 철골구조	
	4. 가구 주택 1	1993-95년, 야마나시, 1층, 가구(家具)구조	
	5. 2/5 주택	1994-95년, 호고, 2층 & 지하층, RC & 철골구조	
	6. 커튼 월 주택	1994-95년, 도쿄, 3층, 철골구조	
	7. 무벽(無壁) 주택	1996-97년, 나가노, 1층, 철골구조	
	8. 9개의 정사각형 그리드 주택	1997년, 카나가와, 1층, 가구(家具) & 철골구조	
	9. 노출 주택	2000년, 사이타마, 1층, TJI 목구조	
	10. 합판 그리드 지붕 주택	2000-01년, 치바, 1층, 합판 레티스구조	
	11. 유리 서터 주택	2001-03년, 도쿄, 주택 & 레스토랑, 3층, 철골구조	

사례연구주택으로 시작되어 독립적 주제로서 그의 대표적 건축표현특성으로 개발된 것이 종이튜브건축시스템이다. 종이 튜브건축 시리즈는 정자, 축제관, 갤러리, 주택, 목재야적장, 교

회, 천막, 그리고 가장 큰 규모의 엑스포전시관, 교실, 극장으로 발전하여왔다. 매우 다양한 기능과 다른 크기의 공간은 여전히 최소화 원리를 준수하며, 동시에 지역성과 연계한 유기적 표현, 가변적이고 능동적인 환경에의 대응을 볼 수 있다.

<표 9> 작품의 실험적 구조별 분류 (1) 종이튜브구조

구조별 분류 및 특성	작품명	개요	사진
종이튜브 구조 (Paper Tube Structure/ PTS)	1. 종이 정자	1989년, 나고야 디자인 엑스포장, 1층, PTS	
	2. 오다와라 축제 메인 홀	1989-90년, 카나가와, 2층, PTS.	
	3. 오다와라 축제 동문	1989-90년, 카나가와, 1층, PTS.	
	4. 시인의 서재	1990-91년, 카나가와, 2층, PTS.	
	5. 미야케 디자인 스튜디오 갤러리	1993-94년, 1층, PTS.	
	6. 종이 기동 주택	1995년, 고베, 1층, PTS.	
	7. 종이 교회	1995년, 고베, 1층, PTS.	
	8. 종이 돐	1997-98년, 지후, 1층, PTS.	
	9. UNHCR을 위한 종이 긴급 피난 천막	1999년, 르완다, PTS.	
	10. 종이 기동 주택-터키	1999-2000년, 터키의 카이나슬리, 임시주거, PTS..	
	11. 종이 아치	2000년, 뉴욕 MOMA, 설치물, PTS.	
	12. 2000년도 하노버 세계엑스포 하노버, 전시장, PTS & 목구조	1999-2000년, 독일 하노버, 전시장, PTS & 목구조	
	13. 종이 기동 주택-인도	2001년, 인도의 뷰이(Buhj), 주택, PTS.	
	14. 종이 스튜디오	2002-03년, 카나가와, 게이오 대학, 디자인 스튜디오, 2층, PTS.	
	15. 암스테르담 종이 돐	2003년, 암스테르담, 극장, 1층, PTS.	

사례연구주택이 진화하여 다각화된 재료와 구조, 그리고 공간 유형으로 분화되어진 기타 실험적 구조들은 <표 8>과 같으며 현재 계속 발전되고 있다.

<표 10> 작품의 실험적 구조별 분류 (2)기타 실험적 구조

구조별 분류 및 특성	작품명	개요	사진
아이비 구조 (Ivy Structure)	1. 아이비 구조 1	1997-98년, 도쿄, 2층, 철골조	
	2. 아이비 구조 2	1999-2000년, 도쿄, 3층 & 지하층, 철골조	
컨테이너 구조 (Container Structure)	1. 노바 오시마 쇼룸	1994-96년, 도쿄, 1층, 알루미늄 컨테이너(대여) & 철골지붕	
합판 구조 (Plywood Structure)	1. 노출 주택	※사례연구주택 9 참조	
	2. 합판그리드지붕 주택	※사례연구주택 10 참조	
	3. 이마이 병원 어린이 집	2000-01년, 아키타, 1층, 목구조	
	4. 앓츠시 이마이 기념 체육관	2001-02년, 아키타, 1층, 목구조 & RC구조	
대나무 셀 구조 (Bamboo Grid Shell)	1. 대나무 지붕	2002년, 미국 휴스턴 라이스대학 아트갤러리, 설치물, 대나무 라미네이트 & 철골 기둥 구조	
	2. 포레스트 공원 파빌리온	2001년 디자인안, 미국 세인트 루이스, 대나무 라미네이트	
플라스틱 병 구조 (Plastic Bottle Structure)	1. 플라스틱 병 구조	2002년, 중국 상하이 미술관, 설치물, 플라스틱 병 & 아크릴	
가구 구조 (Furniture Structure)	1. 가구 주택 1	※사례연구주택 4 참조	
	2. 가구 주택 2	1993-95년, 카나가와, 1층, 가구(家具) 구조	
	3. 가구 주택 3	1998년, 카나가와, 2층, 가구(家具) & 철골 구조	
	4. 대나무 가구 주택	2001-02년, 중국 슈이간 만리장성 지역, 1층, 대나무 라미네이트 가구(家具)구조	
	5. 사기포낙 주택	2003-, 미국 뉴욕시 롱아일랜드 주택 단지, 1층, 목구조 & 부분 철골조	
셔터 주택 (Shutter house)	1. 유리셔터 주택	※사례연구주택 11 참조	
	2. 사진가를 위한 셔터 주택	2002년-, 도쿄, RC & 철골조	
복합 구조	1. 타자와코 역	1996-97년, 아키타, 2층, PC콘크리트 파일 & 철골 구조	
	2. 네무노키 어린이 미술관	1999년, 시즈오카, 종이 하니콤 삼각형 래티스 지붕 & 철골 구조	
	3. GC오사카 빌딩	1999-2000년, 오사카, 6층, 사무실 & 쇼룸, 철골조 & 목재 내화 피복 인증 1호, (콘크리트 지하층)	
	4. 우노 치요 기념 박물관	1999-2000년, 야마구치, 2층 & 지하층, LVL 지붕 & 철골기둥	

### 4.3. 2000년도 하노버 세계엑스포 일본관

#### (1) 환경 엑스포의 배경

2000년도 독일의 하노버 엑스포의 주제는 '인간·자연·기술'로서, 기술을 통해 자연과의 균형점을 찾아가는 인간의 모색으로 해석되어졌다. 1992년 리우 데 자네이로에서 있었던 환경과 개발에 대한 유엔회의에서 제안된 지속가능한 개발 개념의 '하노버 원칙'<sup>10)</sup>에 의거한 것이었다.

엑스포 장의 건설과정에서 적용한 5가지 원칙은 다음과 같았다. ① 새로 지어지는 건물은 최소한으로 할 것, ② 생태적으로 환원 가능한 재료를 사용 할 것, ③ 싸고 공해가 없으며 연료가 적게 드는 에너지 공급방식을 도모할 것, ④ 유지 및 보수에 드는 자원이 적을 것, ⑤ 연료의 사용과 배기가 적은 교통 체제로 할 것.

하노버 엑스포의 각 국가관 중에서 서측 구역의 임시관들은 전시기간이 끝나면 해체될 것을 염두에 두고 디자인하도록 요구받았다. 각 국가관들 디자인에서 생태적 이념에 충실한 것으로 높은 평가를 받은 건물은 종이튜브와 목재 멤브레인 구조에 PVC막을 입힌 일본관이었으며, 네덜란드관에 지형적 특수성을 표현하는 수직대지상의 다층정원 개념을 보인 MVRDV, 각재를 묶어서 쌓아올려 소리 울림통을 체험하게 한 스위스관을 디자인한 피터 줍터도 주목을 받은 지역주의 건축가들이었다.

#### (2) 일본관의 배경

일본관 건설의 고객이자 전체 프로듀서 역할을 하였던 일본

#### 10) 하노버 원칙

1. 인간과 자연의 공존 권리 주장. 건강하고 보완적이며, 심오하고 지속가능한 상태에서.
2. 상호독립성의 인식. 인간디자인의 요소들이 모든 스케일 상에서 자연세계와 교류, 의존하면서 광범위하고 심오한 작용으로 상호교류 하라.
3. 정신과 물질의 관계성 존중. 정신적 그리고 재료적 양심 간에 존재하고 발생하는 커뮤니티, 주거지, 산업, 무역을 모두 포함하는 인간거주의 모든 측면 상에서 고려하라.
4. 인간의 안녕, 자연시스템들의 생존력과 공존의 권리에 관한 디자인 결정의 결과에 대한 책임감을 수용하라.
5. 장기간 가치 있는 안전한 물체를 창조하라. 유지관리의 짐을 미래세대에게 지우지 말고 조심성 없는 창조에 의한 잠재적 위험을 경계하는 관리를 하라.
6. 쓰레기라는 개념을 삭제하라. 전 생애 사이클의 제품과 과정을 평가하고 최적화하고, 쓰레기가 없는 자연시스템의 상태로 향하라.
7. 자연적인 에너지 흐름에 의지하라. 인간의 디자인은, 살아있는 세계처럼, 그 창조력을 영구적인 태양빛으로부터 창조하는 힘을 얻어야 한다. 이런 에너지 효율과 안전성을 책임 있게 사용하라.
8. 디자인의 한계를 이해하라. 어떤 인간의 창조물도 영원하지 않으며 디자인이 문제를 풀지는 못한다. 창조하고 계획하는 자들은 자연 앞에서 겸손하게 행하라. 자연을 모델로 삼고 스승으로 모셔라 ; 침략되거나 제어되어야 할 존재가 아니다.
9. 지식을 공유함으로써 쉽 없는 향상을 도모하라. 도덕적 책임감에 의한 장기간 지속적인 배려로서 동료, 후원자, 제작자, 사용자들 간에 직접적이고 개방적인 의사소통을 장려하고, 자연적 과정과 인간 활동간의 내재적인 책임감을 재형성하라.

McDonough, William, The Hannover Principles: Design for Sustainability, New York, William McDonough Architects, 1992



해외무역관(JETRO; the Japan External Trade Organization)에서 종이건축 아이디어를 가지고 먼저 시게루 반에게 접촉하였고, 일본관의 기본 아이디어는 해체될 때에도 가능한 최소의 산업 폐기물을 배출하는 구조라야 한다는 조건이었다. 따라서 재료와 구조에 대한 디자인 기준으로서 시게루 반과 독일건축가로서 협력을 요청받은 프라이 오토(11)가 결정한 사실은 거의 모든 재료들을 재활용하거나 재사용 가능하게 한다는 생태건축의 실천이었다.

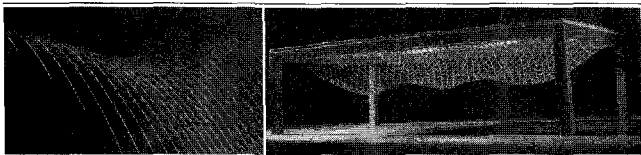
실험적 거대 건축물을 창조하기 위해, 두 건축가에게 공학자문 회사도 필요하였고, 프라이 오토가 지정한 영국회사의 뷰로 헤이폴드(Buro Happold)<sup>12)</sup>가 자문역으로 결정되었다. 기본적인 구조요소로서 종이튜브는 Win van de Camp(Sorono Europa의 기술 감독)<sup>13)</sup>의 지도 하에 이루어졌으며, 독일에서 개발되었던 일본관의 종이 튜브는 아프리카에서 사용한 것 보다 더 방수되고, 재활용될 수 있어야 하였다.

### (3) 구조와 형태 모색과정

1997년 7월 이후 최초의 구상인 종이 튜브 터널 아치 형태와 접합부 없는 종이 튜브의 연결을 실현하기 위한 대형모형 실험 등을 통해 여러 문제들을 극복하였으나, 종이튜브들 간의 조인트와 튜브 내·외부 강도 확보의 문제가 발생하였다.

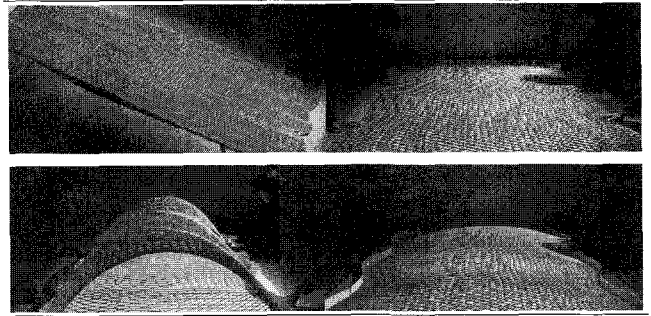
<표 11> 최초의 구조형태 : 종이튜브 터널 아치

- L74m×W25m×H16m 규모
- 접합부 없는 그리드 셸 형태로 종이튜브보다 상대적으로 고가인 목재 조인트 배제
- 어떤 길이로도 제작 가능한 종이 튜브 특성 이용, 운송 고려하여 20m 길이로 제작하고, 목재splice 접합으로 연결시킴
- 건물 장방향의 측면응력 견디는 3차원 커브 테크
- 구조체의 길이와 폭을 따라 들쭉날쭉한 굴곡의 커브 형상



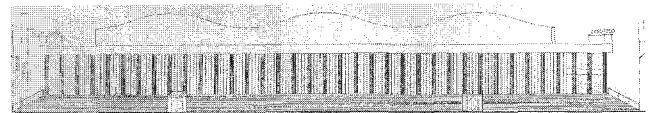
<표 12> 형태축조와 도면제작 : 대형 모형 구축실험

- 매월 뷰로 헤이폴드 참여한 회의에서 문제점 토의, 모형실험.
- 형상 구현 소프트웨어를 프로그래밍
- 1/15 scale 종이튜브 모형에서 종이 튜브 교차부 측정하여 입면도와 단면도 작성
- 1m 길이의 종이튜브와 회전 접합부들로 연결된 그리드의 대형모형 실험

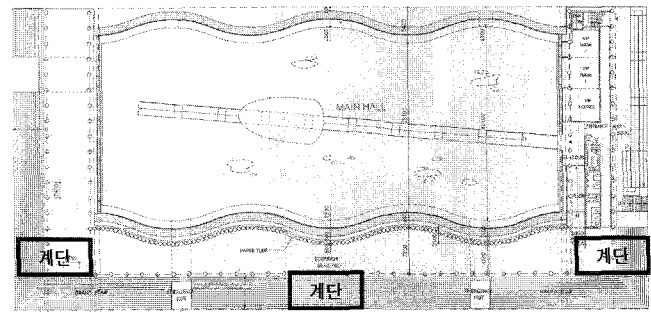
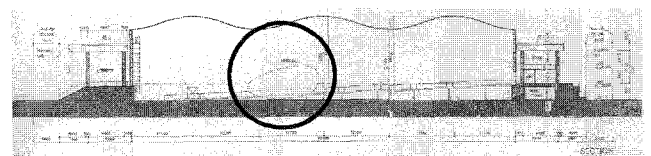


<표 13> 부지상의 배치계획 : 도시 블록과 연결

- 그리드로 분할된 일개 블록의 부지

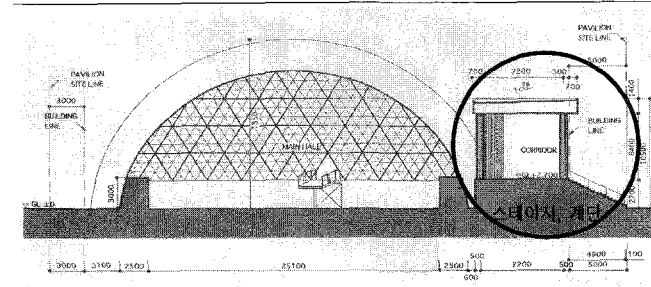


• 남측 입면도



<표 14> 평면과 단면계획 : 동선과 접근성

- 동선을 고려하여, 메인 홀의 삼면을 넓은 계단과 3m높이의 스테이지로 감싸기 위해 구조 비계의 발판 이용
- 5미터 길이 돌출 기둥들로 만들어진 캔틸레버 스테이지에 복도들을 배치, 기초는 모래 주머니들로 무게를 가하여 안착
- 복도는 방문객들의 대기 장소로서, 빛과 그림자가 교차하는 경험 부여



11)독일 건축가 프라이 오토(Frei Otto)의 글에 의하면, 하노버에서의 일본관 건설이라는 종이실험을 사실화하는 것은 쉽지는 않았으며, 독일 당국자들도 희망한 만큼 협조적이지는 않았고, 무엇보다도 종이로 건설한다는 것에 대한 개발된 고도의 기술이 없었다고 한다. 그러나 시게루 반은 항상 그의 목적에 대한 직관은 상실하지 않은채 새로운 아이디어에 대해 개방적인 태도를 견지하였다고 한다.

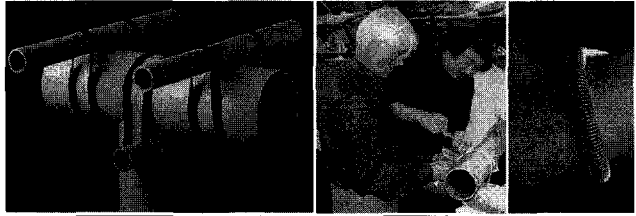
McQuaid, Matilda Shigeru Ban, 초판, Phaidon, New York, 2003, p.9

12)프라이 오토 작품인 맨하임 다목적 홀의 그리드 셸 구조 디자인을 한 테드 헤이폴드의 아들이며, 풍피두 센터 프로젝트에서 리처드 로저스가 신진건축가 렌조 피아노와 협력토록 한 사람이다. Ibid. p.9

13)아프리카에서 종이로 만든 난민 구호 천막 개발 당시 시게루 반과 협력한바 있다.

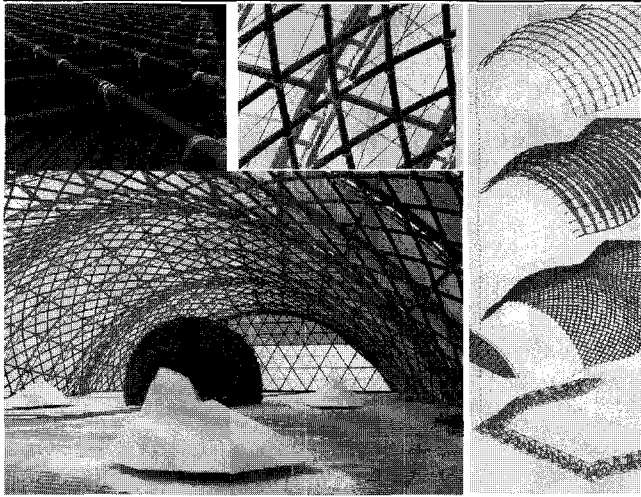
<표 15> 접합부 : Low-Tech 방식

- 시게루 반과 프라이 오토는 헤이폴드와 종이튜브들 간의 조인트와 튜브 내,외부 강도 확보에 대한 심각한 의견 대립
- 전체 구조에서 가능한 low-tech 방식 추구, 천 혹은 금속테이프의 단순조인트 토론
- 두 개의 종이튜브간의 교차부가 3차원 그리드 형성하기 위해 밀어 올려지면, 튜브 각도가 벌어지고 상당한 인장력이 걸리고, 종이튜브들 자체가 회전하여 원만한 S-curve를 이루기 때문에, 조인트에서 3-차원 움직임을 허용하는 테이프가 적합.



<표 16> 구조시스템 : 목 구조와 지붕 막, 반원형 마구리벽체와 기초

- 프레임 오토는 사다리 아치들로 된 고정된 목 구조(limber frame)를 제안, 교차하는 서까래들이 종이튜브 그리드 셀에 강도를 보완하며, 지붕 막(roof membrane)이 부착되게 하고, 건설과 보수할 때 사용되게 할 것을 제안
- 헤이폴드는 금속 선형조인트를 제안, 종이튜브 그리드에 인장력을 주면서 종이튜브들이 3차원으로 움직임을 허용
- 강도가 있고, 방수와 내화가 되는 종이막을 유리섬유로 보강하고, 폴리프로필렌 방화 필름을 라미네이트한 내화 종이를 사용
- 막에 사용되는 통상적인 PVC는 불태우면 다이옥신을 발산하고 재활용 불가능하여 사용 않음
- 강도를 위한 사다리와 서까래 목 구조(a ladder and latter timber frame)을 3 미터 간격 사용, 마루널은 스테이플로 고정, 종이 막은 방수테이프로 고정
- 두 개의 거의 반원형 끝 벽은 목재 아치로서 종이튜브 셀의 양단에 짐서로 고정시키고, 기초로부터 60도 각도로 케이블을 당겨서 요구되는 평면 강도를 달성
- 기초는 콘크리트 사용하지 않고, 스틸 프레임의 박스들과 모래를 채운 발판보드들을 사용하여 해체 가능



1999년 1월에 종이튜브의 초기 강도 실험이 베스 대학(Bath Univ.)에서 뷰로 헤이폴드에 의해 수행되었는데, 종이튜브 자체에 구김이라는 큰 문제가 발생하여, 결국 종이튜브 그리드 셀과 함께 적층목재(laminate wood) 아치들을 결합시킴으로서 원래 시게루 반이 가진 건축형태 아이디어를 유지할 수 있게 되었다. 그 외에 하노버 시 당국 감독관이 디자인에 개입하는 문제와도 봉착하는 등 어려움이 많이 있었고, 일본관이 일시적 구조물임에도 영구적 건물과 동일한 규정을 준수하게 하는 문제도 있었다. 테러리스트들의 공격에 대비하여 한다고 해서, 결

국 B1-내화규정에 의거 PVC막을 덧씌우게 되었으나 다행히 막이 투명하여 빛을 차단하지는 않았다. 종이관 격자와 적층목재 아치의 이중 하이브리드 지붕으로 된 돔 구조의 투과성은 무공해 태양빛을 이용하여 에너지를 해결하게 하였고, 방수·방화 피막 처리된 종이튜브관도 전량 재활용되었다. 대규모 스케일에서도 종이튜브를 사용할 수 있음을 증명하였지만 단일 구조체의 역할을 하지 못한 단점도 있어 종이구김현상에 대한 보완책이 개발될 경우 응용가능성은 광범위 해 질것으로 예측할 수 있다.

건설과정에서 초기 의도와는 다르게 ① 멤브레인 구조체의 보강문제, ② 임시건물임에도 하노버시 당국이 제시한 구조적 규정 및 다중이용시설의 안전규정을 준수하는 문제가 발생하여 생태적 최소화를 실현하기에는 문제가 많았음에도 불구하고, 엑스포 임시관 중에서도 폐막 후 해체가가능하고 재활용 가능한 소재의 사용이라는 과제를 디자인초기단계부터 적용하여 해결하였다는 의의가 있다. 지역주의 환경성의 7가지 특성인 균형적 태도, 영역성, 구축적 요소, 환경적 요소, 체험의 지각요소, 토속적 요소, 문화적 틈새요소가 그 적용정도의 차이는 있으나 구현되었다는 점에 있어서 지역성의 세계화라는 역설적 가치를 들 수 있다. 체험적 건축 환경의 은유적 표현 측면이 일본관의 내·외부 형태의 시간대별(낮, 밤) 변화를 통해 확고히 드러났으며 동양적 종이문화의 감수성을 표현하였다는 의의가 있다. 건축가 시게루 반의 종이튜브 시스템이 미래생태건축의 한 실천방향으로 변별 될 수 있는 가능성을 대중적으로 인지시킨 점에 더 큰 의의가 있다.

5. 결론

이상의 연구를 통해서 시게루 반의 생태건축 표현으로 정의된 건축 및 실내외공간에 대한 분석 결과 다음과 같이 네 가지로 그 생태적 의의와 가치를 정의할 수 있었다.

첫째, 지역의 재료 혹은 주어진 재료로서 최소화하는 생태적 구축방법의 모색을 실천하고 있다 ; 종이튜브건축시스템을 독창적으로 개발하고, 종이의 단순성과 솔직성을 이용하여 시게루 반은 재료의 힘과 미를 직설적으로 묘사하고 있다. 종이 튜브의 저급한 특성을 유지하되, 저변에 숨어있는 가치들을 증대시켜 하나의 견고한 구조적재료를 창안하고 있다.

둘째, 실험적 구조의 사례연구 및 적용을 통한 창의적, 지속적 개발은 결과적으로 일본 국내 법적 규정을 바꾸었고, 더 나아가 국제적으로 인정받는 건축 시스템으로 발전시키는 지역성의 세계화를 실천하고 있다 ; 종이튜브들을 기념비적인 기둥 혹은 장엄한 지붕 구조로 전환시켰으며, 동시에 종이의 취약성, 내구성, 단명적 본질에 대한 진부한 관점들을 영구히 전환시키

고 있다.

셋째, 단순한 재료의 실험적 해석, 형태의 구축으로 인해 자유로워진 공간에서 인간이 건축으로 인해 자연과 소통하게 하는 계기가 촉진되었다.

넷째, 생태건축가로서 고유의 방법론 모색 뿐 아니라 참여하는 생태건축가로서 도덕적 가치관을 보여주고, 이러한 가치관을 교육을 통해 확산하고 있다.

미래 세대를 위한 자원을 고갈시키지 않고 최소한의 재활용 가능한 재료와 최소한의 구조로 건축의 내외공간을 인간, 자연과 유기적으로 소통하게 하는 시계루 반의 건축물 사례 분석이 제시하듯이 미래 지표가 되는 건축은 최소화를 적용한 지역적 생태건축으로 이미 시작되었다고 본다. 생태건축의 기저에 깔린 한정된 자원에 대한 인식과 그 물질적 한계를 건축표현특성으로 승화시켜 해석하되 물질적 소모가 아닌 창의적 방식을 찾는 과정에서의 모색으로 나아가 한다는 방향성 제시에 본 연구의 의의를 찾고자 한다.

## 참고문헌

1. Mackenzie, Dorothy Green Design, 2nd Edition, Laurence King Publishing, 1997
2. Frampton, Kenneth, Modern Architecture ; a critical history, Thames & Hudson, London, 1985
3. Thompson, Jessica Cargill 40 Architects under 40, Taschen, 2000
4. GG Portfolio, Shigeru Ban, GG, Barcelona, 1997
5. Kristin Feireiss Pub., Shigeru Ban Recent Projects, Berlin Exhibition, 2001
6. McQuaid, Matilda, Shigeru Ban, 초판, Phaidon, NewYork, 2003
7. Nesbitt, Kate editor, Theorizing a new Agenda for Architecture, An Anthology of Architectural Theory 1965-1995, Princeton Architectural Press, 1996
8. Ban, Shigeru Projects in Process to Japanese Pavillion, Expo 2000 Hanover, 2판, Toto출판, 2000
9. 데이비드 베츨러 저, 정무정 역, 미니멀리즘, 열화당, 2003
10. 신병윤, 경계없는 형태와 공간을 향하여, 시공문화사, 2002
11. 임석재, 미니멀리즘과 상대주의 공간, 시공사, 초판, 1999
12. 강승모 외, 환경친화성을 위한 그린빌딩 디자인 정보에 관한 연구, 한국실내디자인학회지, 25호, 12월, 2000
13. 김경숙 외, 환경친화건축의 생성과 발생적 개념에 관한 연구와 사례, 한국실내디자인학회지, 2000. 12
14. 김규성 외, 메나라 메시니아가의 디자인 과정분석을 통한 쉼 양의 태구상 방식에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 계획계, 19권 1호, 2003.1
15. 김자경, 생태학적 접근에 의한 환경디자인 개념 및 적용 방법에 관한 연구, 한국실내디자인학회지, 16호, 1998. 9
16. 김자경, 베네쿨라 디자인에 기초 한 지역적 생태건축에 관한 연구, 한국실내디자인학회 논문집, 49호, v.14, n.2, 2005. 4
17. 김주연 외, 미니멀리즘 건축에 나타난 환경친화적 표현특성에 관한 연구, 한국실내디자인학회지, 22호, 2000.3
18. 이윤희 외, 현대건축에서의 생태적 건축공간과 자연과의 관계 양상에 관한 고찰, 한국실내디자인학회 논문집, 45호, v.13, n.4, 2004. 8
19. 박진옥 외, 생태건축에서 사용한 설계기술이 건축형태에 미치는 영향에 관한 연구, 대한건축학회 학술발표논문집, 제 21권 제 2호, 2001.10
20. 생태건축에서 그린빌딩까지, Interior Architecture, ICC, Vol.4, 1999
21. WING 1999 Seoul, Interior Architecture, ICC, Vol.5, 1999

<접수 : 2005. 10. 31>