

키네틱 건축의 특성과 적용가능성에 관한 연구

A Study on the Characteristics of Kinetic Architecture and its Application

문정인* / Moon, Jung-In
이상호** / Lee, Sang-Ho

Abstract

The purpose of this study was to analyze the characteristics of Kinetic Architecture focused on case studies, categorize them and to research the possible applications of Kinetic Architecture. The results are as follow : first, the background of Kinetic Architecture is from the art, machine, nature and ancient architectures. Second, characteristics of Kinetic Architecture are deployability, modularity, lightweight, simplicity and interchangeability of parts. Third, the types of Kinetic Architecture are dynamically self-erecting structures, kinetic components, incremental architecture, mobile and disposable architecture. Finally, today the application cases of Kinetic Architecture are divided into the spital and skin part. The spital part is a temporary space, the multi-purpose spaces, housing, commercial spaces, and the educational spaces. The skin part offers functional(controlling environments), artistic images through variation of materials and structural objects in the elevation.

키워드 : 키네틱 건축, 전개성, 모듈성, 경량성, 단순성, 부품상호교환성

Keywords : Kinetic Architecture, Deployability, Modularity, Lightweight, Simplicity, Interchangeability of parts

1. 서론

1.1. 연구의 목적 및 의의

키네틱¹⁾에 대한 연구는 그리스 로마시대에 기술자들이 만들어낸 열리고 닫히는 문, 움직이는 인형과 같은 부재의 고안 그리고 마르셀 뒤샹(Marcel Duchamp 1887-1968)²⁾과 같은 조각가들의 움직임 미술 실험에 대한 관심에서 시작되었으며 점차적으로 저술가, 건축가, 기술자들의 연구로 그 영역을 확대해 나갔다. 이와 같이 키네틱 건축은 키네틱 아트에서 출발되어 기계 및 건축분야 등으로 진보된 기술에 의한 시도를 보여주고 있다. 특히 건축에서 키네틱은 구조의 움직임으로 공학에서 말하는 결정적 순간과 예술에서 말하는 총만된 순간을 통합시키는 방식에서 파생되어 나온다. 즉 그것은 건축물의 움직임이 부정되고 정적인 상태라는 정역학³⁾의 상식을 역으로 이용함으로써 건축물들이 실제로 움직임을 부여받게 되는 방식 즉 운동역학⁴⁾(kinetics)과 운동의 기하학적인 조건을 다루는 기구학(kinematics)을 동시에 이용한 동역학(dynamics)으로 나타난다.

최근에 현대화라는 시대성이 가미되면서 다양한 생활방식

과 문화로 인해 다양한 공간을 위한 요구의 해결책으로 기술적 장치들이 많이 이용되고 있지만 실제로 움직이는 구조 공간에 대한 이해가 부족한 편이다. 따라서 본 연구는 전반적인 키네틱 건축에 관한 연구로서 움직임의 표현 방식, 건축 공간에 나타나는 특성을 통해 키네틱 건축을 유형화하여 실제 적용할 수 있는 가능성을 찾는 기초 자료로 활용할 수 있게 하는 것을 목적으로 한다.

2. 연구의 범위 및 방법

본 연구의 범위는 키네틱 건축의 특성, 키네틱의 여러 가지 표현, 디자인 기준 등을 분석하여 그 적용 가능성에 대해 연구

- 1)키네틱(kinetic)의 어원은 키네시스(kinesis)와 키네토크(kinetok/mobile)이라는 그리스어에서 나온 용어로 '실질적인 본체의 움직임과 관계된 또는 그와 관계된 힘 또는 에너지'라 정의되며 움직이는 미술을 지칭하기도 한다.
- 2)1913년 프랑스의 화가 조각가인 마르셀 뒤샹이 '자전거 바퀴'로 키네틱한 작품을 처음 제작했고 1920년 '사실주의' 선언에서 처음으로 kinetic rhythms 이란 용어 사용하고 1955년 4월 파리에서 움직임(movement)전 개최함.
- 3)균형 잡힌(balanced) 여러 힘이 물체에 작용하여 물체가 정지해 있거나 일정속도로 움직이는 상태(평형상태 equilibrium)를 다루며, 내력과 지점반력을 구할 수 있음
- 4)균형이 잡혀있지 않은(unbalanced) 힘이 물체에 작용할 때 그 결과로 발생하는 운동을 구하는 것

* 정회원, 연세대학교 건축공학과 박사과정 수료

** 정회원, 연세대학교 건축공학과 정교수, 공학박사

하는 것이다.

본 연구의 방법은 키네틱에 대한 문헌을 통한 조사 및 키네틱 건축사례들의 스케치와 드로잉이 분석의 대상이 될 것이다. 구체적으로 연구방법은 다음과 같다.

첫째, 키네틱에 대한 이론적 고찰을 통해 개념 및 디자인 기준, 공간구성들을 살펴본다. 둘째, 키네틱 건축에 관한 사례들으로써 현대적 공간의 표현유형을 분석하여 그것들의 특징을 비교 검토한 다음 그것을 통해 키네틱 건축의 특성과 유형화를 연구한다. 셋째, 위의 연구를 토대로 키네틱 건축의 적용가능성 분야를 연구하고자 한다.

2. 키네틱 건축의 이론적 고찰

2.1. 키네틱 건축의 개념 및 배경

(1) 키네틱 건축의 개념

키네틱의 개념은 어떤 물체나 형태에 나타나는 심리적인 힘, 긴장감에 대한 역동성⁵⁾의 개념에서 나타나는 특징으로 실질적인 본체의 움직임과 관계된 힘 또는 에너지를 총칭하며, 건축가 미셸(Michael A. Fox)에 의하면 키네틱 건축⁶⁾은 물리적인 에너지가 움직이는 장치로 인해 구조물이 움직이게 되어지는 공간이며 컴퓨터 시스템이 주위환경을 감지하여 기능적으로 컨트롤하게 되는 지능적인 시스템을 가리킨다. 따라서 키네틱 건축은 구조, 감지장치, 환경을 조절하는 즉 적용할 수 있는 건축 세 가지 요소가 합쳐져서 이루어진다.⁷⁾

첫 번째, 구조(structural engineering)는 키네틱 디자인의 범위를 확장시킬 수 있고, 변화에 대응할 수 있으며 공간디자인을 계획 할 수 있는 인자이며 더불어 재료, 기타 기술 분야에 대한 발전도 야기한다.

두 번째, 감지장치(sensor technology)는 컴퓨터의 사용조각이 미리 들어가 있는 시스템으로 변화하는 환경에 따라 기능적으로 컨트롤하여 집중, 분산 배치하여 키네틱 오브젝트나 구조체를 움직이게 하는 매개체 역할을 하며 이런 환경의 구축은 각종 설비, 기구, 가구, 구조들의 개발방향이다. 대표적인 사례로는 센서리움, 스마트 더스트 유틸리티 포그 등이 있다. 감각기관 센서리움(sensorium)은 감각을 받아들이는 기관으로 인간이 매개체(다른 인간, 주변 환경, 다른 공간)들과 정보를 교류하기 위해서 공간에 설치하는 장치이다. 스마트 더스트⁸⁾, 유틸

리티 포그⁹⁾는 다양한 종류의 센서를 통하여 인간이 다른 매개체와 정보를 교류하는 것을 가능케 하며, 동시에 공간 스스로 변화하는 상황을 인지할 수 있도록 하는 것이다. 이렇게 설치된 센서들은 다양한 지점에서 상호 정보를 교류하고, 입력된 매개변수의 값에 따라 연산을 수행하며 순간적으로 주변여건을 인식하여 그에 따라 반응하는 것이다.

세 번째, 환경 조절, 적응성(융통성) 있는 건축(adaptable architecture)으로 다양한 기능과 프로그램, 라이프스타일의 변화에 따라 빌딩 환경도 바뀌게 만드는 것이다.

(2) 키네틱 건축의 배경

키네틱은 역사적으로 20세기 현대 동적 공간의 발전사로 예술, 건축, 그래픽 등과 밀접한 관련을 맺으며 전개되었으며 예술가 및 건축가들은 움직이는 요소를 도구로 이용하여 고정화되고 정형화된 사물의 틀을 깨는 새로운 전환점을 가져다주었다.

키네틱 건축의 배경은 자연에서부터 출발하여 기계의 발달로 예술 및 건축에 까지 영향을 끼쳤다.<표 1>

<표 1> 키네틱 건축의 배경

배 경	특징
1. 자연	유기적인 동식물의 움직이는 원리에서 출발
2. 기계	수동 및 자동으로 움직이는 기계
3. 예술	키네틱 아트(모빌)
4. 건축	과거의 몽골족의 요르트, 티피, 텐트 - 움직이는 건축물

첫 번째 배경은 자연으로서 다윈의 생물학적인 접근에서 시작되었고 그것은 생물, 신체 움직임의 기능이 유기적인 메커니즘으로서 움직이는 장치의 원리가 되며 이와 같은 발견은 두 번째에 언급될 기계장치의 발달에 영향을 주었다.

두 번째 배경은 기계에 대한 발달분야로서 구체적으로 네 종류의 부분으로 나누어 질 수 있는데 이는 다음과 같다.

1) 단독으로 인간이 제어할 수 있는 시스템의 단계로 다소 유동성과 적응성이 부족한 피스톤 펌프, 움직이는 데릭과 같은 기계들이 있다.

2) 첫 번째 시스템보다 기능이 더 많이 첨부되어 있는 장치로 19세기 스팀보트, 재봉틀, 자전거, 타이프라이터, 농장기계, 등이 있다.

3) 자동으로 작동되는 물체로서 환경에 잘 적응하는 기계로 비행기, 자동차 등을 예로 들 수 있다.

4) 자동조절이 가능한 기계로서 컴퓨터가 발전됨에 따라 생

8) 먼지크기의 매우 작은 센서들을 건물, 도로, 의복, 인체 등 물리적 공간에 먼지처럼 뿌려 주위의 온도, 습도, 가속도, 입력 등의 정보를 무선 네트워크로 감지, 관리할 수 있는 기술을 말한다. 이러한 스마트 더스트 내에는 센서 제어회로, 컴퓨터, 양방향 무선통신모듈, 전원장치 등이 내장되며, 현재의 초고집적 반도체 기술과 MEMS 기술을 통해 모래알 크기로 작게 구현할 수 있다.

9) 나노로봇으로 12개의 팔이 모든 방향으로 뻗어있어 서로의 연결하여 원하는 모양을 형성할 수 있다. 형성된 객체가 나타났다 사라졌다 할 수도 있으며 외과수술에서도 매우 유용하게 사용할 수 있다.

5) 김수진, 현대건축 형태에 있어서 역동성 표현특성에 관한 연구, 한국 실내디자인학회 논문집, 29호, 2002.1, pp.19-21

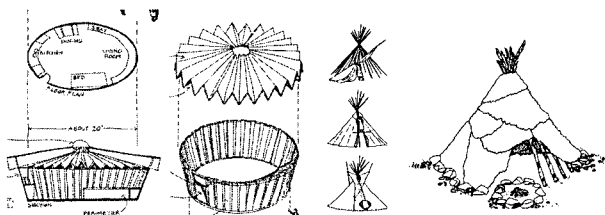
6) 키네틱 건축이라는 용어는 미국 버지니아 대학의 건축학과 교수 윌리엄(William Zuk)과 노스캐롤라이나 건축학과 교수 로저(Roger H. Clark)가 1970년에 출판된 저서 '키네틱 건축(Kinetic Architecture)'에 사용되었으며 다양한 움직임의 구조요소를 가지는 건물을 가리킨다.

7) Michael A. Fox, Beyond Kinetic, Thesis M.S., MIT, Cambridge, MA(1996)

기계 된 사이버네틱 가정로봇 등으로 이런 많은 기계들의 기본 원리는 움직임에 있다. 그러나 이 시스템들의 스케일은 키네틱 건축과는 다소 차이점을 보인다. 이와 같이 건축물에서 기계는 힌지나 피벗, 창문 트랙과 같은 오브제로 사용되어졌으며 휠이 발명됨에 따라 건축에서 키네틱의 영향은 증가되었고 움직임은 문이나, 창문, 일시적인 지붕의 형태로 발전되었다.

세 번째 배경은 예술에서 보이는 것처럼 역사적으로 고대의 그림이나 이미지의 동굴벽화에서 찾아볼 수 있다. 초기 시각 예술 분야에서는 1860년 자연광에 의해 움직임의 표현을 시도한 인상주의, 미래주의에서 나타나는 역동적인 회화에서 빛과 움직임을 볼 수 있다. 그리고 조각분야에서는 실제로 움직임의 표현은 1920년 사실주의 선언을 계기로 시작된 키네틱아트에서 나타나고 있다.

네 번째, 자연의 원리에서 추출된 기계의 발달은 동시에 건축물 까지 영향을 주었는데 그림 1과 같은 선사시대의 주거양식에서 그 유래를 찾아 볼 수 있다. 역사적으로 몽골족의 움직임은 오두막(유르트), 티피, 텐트에서 보여주는 구조물의 움직임은 키네틱 건축과 이동가능 건물의 시작이라고 볼 수 있다.



<그림 1> 유르트, 티피, 텐트구조

그리고 18세기에서 19세기까지 많은 움직임은 건축물의 형태들이 발명되었으며 대표적인 예로서 가변적인 극장 무대 디자인, 팩스톤의 수정궁 등이 있다. 그 중에서 1851년에 계획되어진 수정궁은 쉽게 분해 조립할 수 있는 장점으로 인해 공업화 건축의 발전을 가져다주었으며 엘리베이터, 에스컬레이터와 같은 기계가 발명되는 계기가 되었다.¹⁰⁾ 그 이후 현대로 접어들면서 키네틱 건축이 나타나는 현상은 모더니즘 이후의 양식에서 찾아볼 수 있으며 다음과 같다.

모더니즘은 건축의 한계를 인식하여 탈 큐빅적인 경향으로 나타나 자유로운 형태의 이미지를 보여주며 정적 단순성을 극복하고 라이트 모던의 수사학적, 조각적 형태, 제3의 기계미학의 형태로 표출되어졌다. 또한 C.I.A.M(Group of Architecture Mobile; 움직이는 건축연구 그룹의 약칭)¹¹⁾으로 이어졌으며 이 그룹의 성격은 건축가는 건축의

이용자가 그 자신의 사회와 그 속에서 움직이고 자신의 사회를 형성하여 나가기 위한 가능성을 줄 수 있는 유연성 있고 움직이는 건축을 창출해야 하며 고정적인 주 구조(主構造)와 변화 가능한 부 구조(副構造)에 의해 구성되게 하는 것이다. 따라서 유럽과 미국에서 키네틱과 같은 실험적인 건축의 아이디어가 도시계획 분야에서 많이 나타났다. 그리고 특히 20세기로 접어들면서 키네틱은 실제적인 움직임으로 구체적으로 구조장치에 대한 연구로 이루어졌고 사회적 여건과 과학기술을 바탕으로 건축가들에 의해 꾸준히 시도되어 오는 것으로 보이며, 동시대 발명가 척 호프만, 산디아고 깔라트라바도 끊임없이 건축적인 스케일에서 키네틱 건축의 완성을 보여주고 있다.

2.2. 키네틱 건축 공간의 속성

키네틱 건축공간은 진보된 테크놀로지를 톨로 사용하여 보다 다양한 영역들 속에서 나타나는 기술적인 미학적 연출로 공간 사용자들에게 다양한 체험을 하는 속성을 가지고 있다.

첫 번째, 기술적인 요소는 공간에서 나타나는 움직임의 종류이다. 건축, 실내분야에서는 현대사회의 변화와 대응하여 용도의 융통성에 대한 해결책으로 기능에 따라 공간의 확장과 축소 변환으로 기술적인 특성으로 나타난다. 공간의 확장과 축소성은 공간의 이용방안 중 좁은 공간을 여러 용도, 수용인원에 따라 시간대 별로 공간을 크게 확장하여 사용한다거나 또는 사용 후 에너지 차원에서 축소하여 쓰이는 경우에 해당된다. 공간의 변환성은 확장과 축소보다는 공간을 분할하여 공간의 기능을 달리 하여 사용하는 방법으로, 공간의 용도에 따라 힌지의 회전 각도를 달리 하여 공간의 변형을 용이하게 하는 것이다.

두 번째 종류는 공간에서 나타나는 미학적인 이미지로서 퍼포먼스적¹²⁾ 이미지와 시지각적으로 나타나는 역동적인 이미지로 나누어진다. 퍼포먼스적 이미지는 실험적인 성격이 강하며 공간의 특수성과 시간의 서술성이라는 특징을 갖는다. 극적공간은 이벤트적인 장치 활용에 의한 극적 효과와 이용자로 하여금 새로운 사고와 경험을 얻게 한다. 역동적인 이미지를 가지는 건축 공간은 드라마틱한 장치물이 내제된 장소로서의 인간과 상호작용을 통한 감각적인 커뮤니케이션을 유발한다.

2.3. 키네틱 건축구조의 유형

키네틱 건축의 구조적인 해결은 반드시 방법과 수단이 동시에 고려되어야 하며 구조적인 해결 방법은 크기와 형태가 폴딩, 슬라이딩 되면서 확장 축소되는 시스템에 있으며, 구조적인 해결의 수단은 공기, 화학, 자석작용, 등을 이용한 기계적인 접근에서 시작되었다. 따라서 키네틱 구조유형은 방법과 수단이

10)William Zuk & Roger H. Clark, Kinetic Architecture, Van nostrand reinhold company, 1970

11)이철재, 바로크 미래과 디지털리즘에서 나타나는 운동성 표현 특성에 관한 연구, 한국실내디자인학회논문집, 2002.12

12)현대 예술의 한 장르로서 실험적인 성격이 강하며 권위적인 현대미술의 한분과이며 제1차 세계대전 전후에 나타난 다다이즘과 이탈리아의 미래파에서 비롯됨

동시에 적용되어진 시스템으로 키네틱 시스템이 포함되어있는 파묻힌(embedded)구조, 전개형 구조, 역동적인 구조(문 루버 천정 장치들) 그리고 그런 구조 시스템을 조절하는 제어 메커니즘으로 나누어진다.

첫 번째, 파묻힌(embedded) 키네틱 구조는 건물 내부에 센서를 설치하여 환경에 적응하도록 만들어진 시스템으로 센서를 통하여 구조를 움직이게 하는 유형이다.

두 번째, 전개형(deployable) 키네틱 구조는 접거나 펼 수 있는 시스템으로 일시적인 지역에 설치하고 쉽게 이동할 수 있는 장점이 있으며 임시 공간 및 다양한 공간으로 사용가능하다. <표 2>는 전개형의 키네틱 구조를 종류를 나타내며 제3장의 사례분석 시 움직이는 장치의 유형을 추출하는데 사용되어지며 그 종류는 위로 폴딩, 한 방향은 힌지로 고정되어지는 것, 두 방향으로 폴딩, 스윙, 슬라이딩되면서 한 방향으로 폴딩, 가위모양으로 폴딩, 한 방향 지지하며 한 방향으로 폴딩, 막 구조, 공기 막, 슬라이딩 시스템으로 나누어 정의 할 수 있다.

<표 2> 전개형 키네틱 구조의 종류¹³⁾

	움직임의 종류	평행 (parallel)	중심 (central)	순환 (circular)	외주 (periphery)
한쪽면의 구조체가 고정된 구조	Bunching				
	Rolling		-		
두쪽면이 이동할 수 있는 구조	Sliding		-		-
	Folding				-
	Rotating	-	-		-
고정된 구조	Sliding				
	Folding				
	Rotating				

세 번째, 역동적(dynamic) 키네틱 구조는 건축물에서 독립적으로 움직이는 요소로서 문, 루버, 파티션, 천정 그리고 다양한 모듈로 형성되는 구조물로 구성되어지며 모바일, 변형시킬 수 있고, 증가되어지는 키네틱 오브제들로 나누어질 수 있다.

2.4. 키네틱 건축의 디자인 기준

키네틱 건축은 형태적인 측면에서 움직임으로 표현되며 역

13)II.5 Publications, the institute for Lightweight structure, 1976년, Convertible roofs

사를 통해 예술, 건축디자인의 적극적인 표현방법의 하나로 행동감을 불러넣을 수 있는 중요한 수단이 되었고, 이와 같이 움직임¹⁴⁾은 실질적인 공간에서 느껴지는 인간의 감성과 기술적인 해법을 제시하고 있다.

키네틱 건축의 디자인 기준은 건축에서의 움직임의 표현 유형이며 구체적으로 그것이 갖는 구조유형과 건축공간과 밀접한 관계를 가지고 있으며 건축공간을 구조 부재로 움직이게 하는 성질이라 할 수 있으며 전개성, 모듈성, 경량성, 단순성, 부품의 상호 교환성으로 다섯 가지로 나누어진다.

1) 전개성(deploy-ability)은 주변 상황에 따라 공간의 확장과 축소를 가능케 하는 개념으로 실지로 움직임의 의해 형태가 변형되는 것으로 중요한 요소로 작용된다.

2) 모듈성(modularity)은 공간구성의 용이성을 위한 기본 단위 유닛의 규격화를 나타내는 특성이다.

3) 경량성(lightweight)은 전개성과 이동성을 편리하게 하기 위한 재료의 성질이다.

4) 단순성(simplicity)은 구조체를 움직이게 하기위해서 그를 구성하는 재료, 공법들을 포함하여 평면들이 단순해야 하는 가동성의 용이성을 나타내는 특성이다.

5) 부품의 상호 교환성(interchangeability of parts)은 모듈성이 기본으로 전개성을 가능하게 하고 부분적으로 수정하거나 변경하는 것을 쉽게 하기위한 특성이다.

3. 현대적 의미에서 사례연구를 통한 키네틱 건축의 특성 및 유형

3.1. 키네틱 건축의 사례분석

본 장에서는 현대적 의미에서 키네틱 건축의 특성 및 유형화를 파악하기 위해 사례들을 선정하였고, 사례선정 및 분석방법은 다음과 같다. 첫 번째, 사례선정으로 키네틱 건축은 현대 사회의 다양한 문화와 생활방식으로 인한 공간의 요구와 기술적 변화와 밀접한 관계가 있기 때문에 현대에(1990년대 이후) 나타나는 사실적인 건축공간의 움직임으로 실제로 구조의 움직임으로 공간이 변화되는 작품들을 대상으로 선정하였다. 두 번째, 사례분석의 방법으로는 2장에서 언급한 키네틱 건축의 전반적인 이론에서 도출되어진 건축물의 종류 및 공간구성 그리고 재료 및 구조유형에 대한 구체적인 분석으로 이루어졌다.

<표 3>은 사례분석으로 총 20사례를 선정하였고 분석 내용은 다음과 같다.

14)움직임: 위치를 옮겨가며 동작을 계속함 (국어사전)

<표 3> 사례분석

작품	형태				작품	형태			
	닫힘(Closed)	열려짐(Open)	공간종류 및 재료	공간구성 및 유형		닫힘(Closed)	열려짐(Open)	공간종류 및 재료	공간구성 및 유형
1. 플로팅 콘크리트 파빌리온 (Floating Concrete Pavilion, 1989) 건축가: Santiago Calatrava			전시시설 콘크리트	공간의 극적효과 변형 키네틱 요소(지붕)로 움직이는 유형	11. 러거지 하우스 (luggage house, 2001) 건축가: Claire petition and philippe gregire			주거시설 알루미늄	공간의 확장 변형되며 증가되는 유형
2. TSB 모빌은행과 편의시설 (1991) 건축가: Lorenzo Apicella			상업시설 스테인레스 스틸	공간의 확장 모빌의 유형	12. 측지선 패브릭 돔 (Geodesic Fabric Dome, 1997) 건축가: Hoberman Chuck			실현적인 공간 스테인레스 스틸+폴리우레탄	공간의 확장 증가되는 유형
3. 홍콩 여행객을 위한 파빌리온, (Hong Kong Tourist Association, 1995) 건축가: Lorenzo Apicella			상업시설 폴리우레탄	공간의 확장 모빌의 유형 / 증가되는 유형	13. 실험적 공간 (ColourSpace, 1995) 건축가: Maurice Agis			문화시설 폴리우레탄	공간의 변환 및 확장 자유로운 증가되는 변형되는 유형
4. 자전거 수리센터 (Zevos Kosk, 2001) 건축가: Jennifer Segal			상업시설 billboard	상업시설로 변형되는 공간 모빌유형	14. 알코이커뮤니티 홀 (Alooy Community Hall, 1992-5) 건축가: Santiago Calatrava			문화 공공시설 알루미늄	공간의 변환 키네틱 요소(지붕) 공간의 변형
5. 뉴욕시 모빌학교 (New York city Mobile school, 1998) 건축가: FTL Happold			교육시설 폴리우레탄	공간의 변형 자유로움 모빌의 유형 / 증가되는 유형	15. 모세리 음악 파빌리온 (Moseley Music Pavilion, 1991-1995) 건축가: FTL Happold			문화시설 스테인레스 스틸+폴리우레탄	공간의 변환 및 확장 독립적으로 서는 유형
6. 움직이는 집 (Guckhupf-mobile lookout, 1993) 건축가: Hans PeterWorndl			주거 목재	키네틱 요소(창문) 판움직이는 유형 공간의 변형	16. Transfotable Maintenance Enclose (1993-5) 건축가: FTL Happold			군사시설 스테인레스 스틸+폴리우레탄	공간의 변환 독립적으로 서는 유형
7. 모빌엑스포 (Mobile Expo, 2001) 건축가: Jennifer Segal			문화시설 스테인레스 스틸	공간의 확장 증가 되는 유형 / 모빌의 유형	17. 슈피탈필드즈 갤러리 (Spitalfields Gallery, 1990) 건축가: Santiago Calatrava			전시시설 알루미늄	공간의 변환 키네틱 요소(지붕) 공간의 변형
8. M하우스 (M House, 1996) 건축가: Michael Jantzen			주거 알루미늄 판넬	공간의 변형 변형되는 유형	18. 보스찬질리 식당 (Bauschanzi Restaurant, 1988) 건축가: Santiago Calatrava			상업시설 알루미늄	공간의 변환 키네틱 요소(지붕) 공간의 변형
9. 웬거 하우스 (wenger house, 1996) 건축가: HeiЯ and Peter wenger			주거 폴리우레탄	공간의 변형 증가되는 유형	19. 파워하우스 (Powerhouse, 1998) 건축가: Branson Coates Architecture			전시시설 스테인레스 스틸+폴리우레탄	공간의 변화 및 증가 키네틱 요소로 독립적으로 서는 유형
10. 이동 가능한 건물 (Transportable Building, 1997) 건축가: Kaufmann 96 Architect			주거 알루미늄	공간의 확장 증가되는 유형	20. 뉴 하우스 (A new house, 2004) 건축가: Carieta Seifert			주거 목재	공간의 증가 및 변환 발코니로 인한 증가되는 유형

<표 3>의 사례분석에서 키네틱 건축의 종류, 공간특징 및 움직이는 유형으로 각각 분석하여 <표 4>와 같이 종합적으로 분석 정리하였고 구체적인 내용은 다음과 같다.

첫 번째, 키네틱 건축은 다양한 시설에 나타났으며 그중에서도 한시적으로 쓰이는 주거 및 전시시설에 많이 나타나 있는 것으로 보아 임시시설물에 영향을 준다는 것을 알 수 있었으며, 그 외에도 상업, 군사, 교육시설 등에서도 각각의 기능에 따라 적용되어져 사용되었다.

두 번째는 종합분석으로 움직이는 기계장치로서 사례분석에서 나온 유형들은 2장에서 키네틱 구조의 전개형과 MIT 공대의 키네틱 디자인 그룹의 리서치(15)를 토대로 도출되어진 것으로 본 연구에서는 10개의 종류로 분류하여 다음과 같이 정리하였다. 1) 위로 폴딩 또는 한 방향으로 지지하며 한 방향으로 폴딩, 스윙 시스템은 지붕과 같은 키네틱 요소로 이용한 사례에서 많이 나타나고, 2) 한 방향은 고정 물링 되며 두 방향으로 폴딩 되는 시스템은 가장 많이 쓰이는 방식으로 가변성을 갖는 또는 키네틱 요소로서 활용성이 높다. 3) 두 방향으로 폴딩, 가위모양으로 폴딩 되는 시스템은 공간의 확장과 축소에 유리한 구조로 쓰인다. 4) 슬라이딩 그리고 슬라이딩 되면서 한 방향으로 폴딩 되는 시스템은 단기적이며 공간의 변화를 가지는 구조에 많이 나타난다. 5) 막 구조, 공기 막 구조는 일시적인 건축물에 많이 쓰이며 또한 한 작품에서 적용되어진 시스템은 여러 가지 종류로서 동시에 사용되어지므로 다양한 필요에 따라 여러 가지 용도의 건물을 디자인 할 수 있다.

세 번째, 제2장에 언급했던 키네틱 건축의 디자인 기준 다섯 가지 요소를 근거로 하여 분석한 결과 적극적으로 사용된 디자인 기준은 모듈성과 경량성으로 나타났고, 소극적으로 사용된 기준은 전개성, 부품의 상호 교환성으로 나타났다. 전개성의 경우 재료 및 기술로 인해 지속적으로 발전되리라 예측된다.











네 번째, 키네틱 건축공간의 특징으로 공간의 변형 및 축소, 증가가 일어남에 따라 역동적이며 조형적 극적 효과가 나타난다.

다섯 번째, 재료에 대한 경량성으로 콘크리트, 스테인리스 스틸, 폴리우레탄 알루미늄 등이 많이 사용되었다. 따라서 이러한 경량성 있는 재료들의 사용은 지속될 것이라 예측하며 구조의 발전에 따라 꾸준히 연구가 지속되어야 한다.

여섯 번째, 사례조사 결과 주목할 만한 움직임의 변화를 보이는 것을 중심으로 유형화 시킬 수 있으며, 독립 적으로 서는 유형, 키네틱 요소로서 움직이는 유형, 증가하는 유형, 변형되는 유형, 모빌의 유형, 자유로운 형태의 유형으로서 이것은 3.3장에서 구체적으로 살펴보도록 한다.

15)IL5 Publications, the institute for Lightweight structure, 1976년, Convertible roofs, <http://kdg.mit.edu/Matrix>

<표 4> 종합분석

항목	사례																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.위로 폴딩 	●							●	●											
2. 한 방향은 지지 고정 한 방향으로 폴딩 					●									●	●	●				
3. 두 방향으로 폴딩 							●			●									●	
4. 스윙 															●		●			
5. 슬라이딩/ 한 방향으로 폴딩 																●				
6. 가위모양의 폴딩 											●									
7. 한 방향지지하며 한 방향 폴딩 				●		●											●			
8. 막 구조 																●				
9. 공기 막 			●									●			●					●
10. 슬라이딩 	●			●						●										●
경량성	○	●	●	●	○	●	●	●	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
단순성	○	○	●	●	●	●	●	○	○	○	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○
모듈성	●	○	●	●	●	●	●	○	○	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
전개성		●		●	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
부품의 상호 교환성	●	○	○	○			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
공간의 변형	●	●	●	●	●		●					●	●	●	●	●	●	●	●	●
축소 및 증가	●	●					●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

(●)적극적 사용 (○) 소극적 사용

3.2. 키네틱 건축의 특성

키네틱 건축은 구조, 감지장치, 융통성 있는 시스템으로 이루어진 지능적이며 실제적인 현실 공간이다. 따라서 <표 5>와 같이 키네틱 건축의 특징은 기술적, 공간적 측면으로 나누어진다.

<표 5> 키네틱 건축의 특성

구분	세부내용	
기술적 측면	embedded ¹⁶⁾ 환경	- 감지 장치 및 장비의 구축
	구조	- 움직이는 기계장치 (폴딩, 슬라이딩, 회전 등)
	환경	- 언제 어디서나 환경에 따라 조절가능
공간적 측면	기준	- 디자인 기준(경량성, 신속성, 단순성, 모듈성, 전개성, 부품의 상호 교환성)
	컨텍스트	- 공간의 장소적인 개념이 변화됨
	유형학	- 형태: 조형적, 역동적 이미지
	용도성	- 공간의 범용화 되므로 공간적 속성의 변화
감성적	- 공간의 극적 효과성	

첫 번째 기술적인 측면에서는 환경에 따라 구조체가 움직이

16)컴퓨터의 사용조작이 미리 들어가 있는 시스템

게 하기 위한 감지장치, 장비의 구축 아울러 다양한 여러 가지 구조유형이 도출되며 이것은 디자인 기준이 되는 특징이 있다.

두 번째 공간적인 측면에서는 다양하게 변화 이동되는 구조체와 서로 다른 사용자들이나 상황에 따라 유동적인 대응을 하게 되며 공간의 장소적 개념은 변화된다. 또한 각종 감지장치나 장비로 인하여 공간의 탈목적화 경향을 가지고 오며, 공간의 내외부에서의 움직임으로 인해 조형적, 극적 효과성이 일어난다. 위와 같이 키네틱 건축의 특성은 기술적으로 환경적으로 재사용이 가능하여 경제적이며 지속가능한 건축의 현상이 나타나며 공간적으로는 목적과 수단에 맞는 새로운 유형이 도출된다.

3.3. 키네틱 건축의 유형화

3.1장에서 살펴본 키네틱 건축의 사례들에서 내 외부공간의 움직임의 발생과, 그 중 가장 주목할 만한 움직임의 변화를 보이는 것을 중심으로 유형화 하여 여섯 가지로 나눌 수 있으며 다음 <표 6>과 같다. 또한 4장의 키네틱 건축의 적용가능분야에서도 각 분야별 특징대로 적합한 유형을 제시할 수 있다.

<표 6> 키네틱 건축의 유형

종류 및 형태	특성
1. 독립적으로 서는 유형	독립적으로 서는 구조는 제어장치를 통해 건축의 형태가 증가 축소를 하는 시스템으로 대표적으로 막 구조를 들 수 있지만 최근에 폴리우레탄이나 플라스틱 재료에 대한 경량성에 초점을 맞춰 개발이 이루어지고 있다.
2. 키네틱 요소로서 움직이는 유형	키네틱 요소는 흔히 주변에서 많이 볼 수 있는 가변적 요소로서 생활의 변화 패턴에 따른 기능과 아울러 디자인 요소로서 사용되어진다.
3. 증가하는 유형	증가하는 건축으로 가역의 건축과 일반적으로 원리는 비슷하지만 결과론적으로 캡슐 즉 유닛 자체가 끼워지거나 이동하는 개념으로 미래도시에 대한 계획안으로 1970년대 도시를 계획하는데 쓰였던 개념이다.
4. 변형되는 유형	변형되는 건축으로 키네틱 건축의 대표적인 형태로 제한된 공간에서 면적을 증가, 축소시킬 때 가장 많이 사용하는 시스템으로 기능에 따라 다양한 방법론들이 도출되어지며 근래에 들어 활발히 연구가 진행되고 있다.
5. 모바일의 유형	모바일 건축은 현대에서는 여행용 트레일러(캐러밴) 산업에서 그 기원을 찾을 수 있으며, 현재 모바일 홈이라 불리는 것으로 주택과 탈것의 기능을 적절히 조합한 경우이다. 이 경우 현대에 와서는 레저 문화가 발전하면서 슬리핑 카로써 발전을 보게 된다. 또한 주택뿐만 아니라 다양한 분야에서 발전되고 있다.
6. 자유로운 형태의 유형	특별한 환경이나 라이프 사이클에 따라 필요에 의해서 바뀌지는 시스템으로 일시적인 건물의 형태를 띠고 있으며 증감이 이루어지는 건축이다.

4. 키네틱 건축의 적용가능성

4.1. 키네틱 건축공간의 적용가능성의 전제

키네틱 건축은 공간에서 움직이는 구조체의 사실적인 표현으로 나타나며, 공간의 내 외부 변화의 기능으로 공간의 융통성을 가능하게 하여 현대사회를 살아가는 우리에게 많은 해결책을 제시하여 줄 수 있다. 또한 키네틱 건축 및 실내공간은 공간 자체의 소유 및 장소의 개념 변화로 인해 형태의 해체에 따른 공간의 최소화(기능은 최대화), 공간의 복합화로 나타나며, 이런 공간들을 현대인들의 라이프스타일과 요구에 따라 다양하게 제안하고자 한다.

4.2. 키네틱 건축의 적용가능 분야

본 연구에서 <표 7>과 같이 키네틱 건축의 적용가능성을 공간, 외피 두 가지로 나누고, 건축과 실내공간에서 적합한 유형을 제안하고자 한다. 첫 번째, 공간 측면에서는 기능과 목적에 따라 다음과 같이 다섯 가지의 다양한 공간의 적용이 가능하다.

1) 다목적 공간은 시대사회의 가치 변화에 따라 건물의 용도 목적이 변화하여 기능의 복합화와 다양화를 추구하는 공간이다. 따라서 다목적 공간의 특징은 다용도성과 가변성으로 나타나며 다용도성의 추구는 기능의 대체나 겸용, 복합, 다각화등과 같이 현재의 효율성이나 경제성을 높이기 위한 수법이자 장래의 다양화, 새로운 기능의 출현, 사회변화등과 같은 질적인 변동에 대응하기 위한 건축계획이며 많은 조건들에 복합적으로 결정을 내릴 때나 조건의 변화를 예상한 결정에 대응할 때 사용하게 된다. 실질적으로 완성된 이후의 다목적 공간의 이용은 시간적 사용구분과 공간적 사용구분 등으로 계획할 수 있는데 첫 번째, 한 공간을 시간을 달리해 다른 용도로 쓰는 경우가 있고, 두 번째는 한 공간을 여러 용도로 쓰는 경우가 있고, 세 번째로는 그 두 가지가 복합적으로 일어나는 경우로 나누어 질 수 있다. 이와 같이 키네틱 시스템은 프로그램에 따라 다양하게 변화 가능한 다목적 공간에 적용 가능하며 적합한 유형으로는 다목적 공간의 특징에 따른 증가, 변형되는 형태로 제시될 수 있다.

2) 일시적, 또는 임시적 공간은 필요에 따라 일시적인 기간만을 위하여 설치된 공간으로 이동성 및 전개성이 필요한 구조시스템으로서 제반환경을 포함한다. 또한 이동이 잦고 유동성이 강한 시설, 한시적으로 열리게 되는 전시, 문화시설물 같은 공간계획 시 적용가능하며 적합한 유형으로는 모바일, 키네틱 요소로 움직이며, 독립적으로 서는 형태들로 제시될 수 있다.

3) 상업 공간은 마케팅 효과를 적극적으로 반영하기 위해 사용자를 찾아가도록 하는 이동성, 공간의 확장과 축소가 자유롭게 이루어질 수 있는 구조시스템 계획 시 적용가능하며 적합한 유형으로는 모바일 유형과 독립적으로 서는 유형들로 제시될 수 있다.

4) 주거 공간은 현대도시에서 변해가고 있는 다양한 삶들을 담기 위해 기존의 공간형식이외에 그 속에 담겨지는 행위들과 활동들을 분석해서 새로운 공간들을 제안하며 이것을 바탕으로 키네틱 구조를 사용하여 미래 사회변화에 따른 주거공간을 계획하는데 적용가능하다. 그리고 가장 적합한 유형으로는 자유로운 형태, 증가, 변형하는 형태 등이 있다.

5) 교육 공간 중 학교시설로 학생수의 변화에 따라 공간의 확장 및 축소되는 키네틱 구조를 사용하여 필요에 따라 면적을 축소, 증가시켜 학생들을 수용할 수 있는 융통성 있는 계획에 적용 가능하다. 그리고 적합한 유형으로는 변형, 증가되는 형태이다.

두 번째, 외피에서 나타나는 움직임은 건물의 입면에서 자동적으로 움직이는 여러 가지 장치요소를 사용하여 기능적, 조형적 외관 계획 시 적용가능하다. 예를 들면 구조를 가리는 베일,

투명과 반투명의 가변성 반복성이라는 조형요소를 사용하여 건물을 파편화시켜 사라져 보이게 하고, 또한 수직리버를 일종의 덧붙인 장식처럼 촘촘하게 덧씌워 건물전체를 장악하는 기본요소로서 요즘 일반적으로 건물 디자인에 적용하고 있다. 이와 같이 키네틱 요소는 전체적으로 건물을 비물질적으로 해체시켜 장식적 표현을 획득하여 자연스럽게 움직임의 공간을 형성하며 더불어 기능적으로 환경을 조절한다. 따라서 사용자가 변용할 수 있는 키네틱 오브제는 임의로 움직여서 생기는 입체적 깊이로 평면적 깊이 감을 갖는 외피로 바뀌지며 더불어 기능적이며 다양한 입면을 계획하는데 적용 가능하다. 그리고 외피의 특성상 적합한 유형은 독립적으로 서는 유형 및 키네틱 요소로서 움직이는 형태 등으로 제시될 수 있다.

<표 7> 키네틱 건축의 적용가능성의 분야

구분	적용 가능한 공간	구체적인 적용	적합한 유형
공간	• 다목적 공간 - 프로그램에 따라 변화 가능한 공간	- 사무공간의 벽 출입구를 시간대를 달리하여 레스토랑 공간으로 사용 - 내 외부 벽체를 풀당 시켜 시간대 별로 공공 공간을 사적인 공간으로 사용할 때 가능한 시스템 - 리셉션 영역, 안내데스크 칸막이벽, 워크스테이션 혹은 비워지고 오픈된 요소로 구성적 벽면을 이용(예: 상업공간에서 전시, 업무공간으로 활용 가능함)	증가 변형되는 유형
	• 일시적 공간 - 이동이 잦고 유동이 강한시설 - 일시적으로 사용되는 주거 공간 - 전시, 문화 (일시적으로 개최되는 공간)	- 군사시설의 내부반 시설의 모바일화 및 키네틱 구조를 사용한 내부공간의 다양화에 적용 - 컨테이너의 내부공간을 풀당 시켜 공간을 증가, 축소 임시주거 및 레저 시설로 활용 - 층간 바닥 간 의벽 무대와 전시공간으로 활용가능 (복용가능)	모바일의 유형/ 독립적으로 서는 유형/ 키네틱 요소로서 움직이는 유형
	• 상업 공간 - 이동하면서 상업적 효과를 내고자 할 때 적용	- 간이 상점을 이동하면서 실내공간을 폴딩, 슬라이딩 시켜서 마케팅 효과와 접목시켜 적용	모바일 유형/ 독립적으로 서는 유형
	• 주거 공간 - 생애주기 및 행위 다이어그램을 이용하여 맞춤형 공간계획 시 적용	- 주택 계단이 바닥판으로 형성되어 실내공간의 확장 축소 용이하게 하여 가족 구성원 수에 따라 변화 시 적용 - 가족수의 변화를 예측하여 파묻힌 키네틱 구조를 사용하여 가구 및 벽, 천장을 움직여 공간의 변화(확장, 축소)가 필요시 적용 - 외부공간을 확장하여 (예: 발코니를 확장함으로써 주거공간을 다른 용도로 활용) 다른 공간으로 사용	자유로운 형태의 유형/ 증가, 변형되는 유형
	• 교육 공간 - 학생수에 따라 변형이 가능한 학교 공간 적용	- 체육시설 및 특별실의 공간을 시간대별로 일반교실로 적용 - 오픈스쿨 복도의 벽을 움직여 교실의 공간으로 사용할 때 적용	증가, 변형되는 유형
외피	• 평면적으로 기능적이고 입면에서 장식효과를 나타냄 • 다양한 입면 계획 시 적용		독립적으로 서는 유형/ 키네틱 요소로서 움직이는 유형

첫째, 키네틱의 발생의 시작은 자연에서부터 기계의 발달로 예술 및 건축에까지 영향을 끼쳤으며 키네틱 건축의 유형은 파묻힌 키네틱 구조, 접을 수 있는 키네틱 구조, 역동적인 구조, 제어 메커니즘으로 나누어지며 건물 내부에 센서를 설치하여 환경에 적응하도록 만들어진 시스템으로 센서를 통하여 구조를 움직이게 하는 유형이다. 그 구조는 접을 수 있고 전개될 수 있는 시스템으로 일시적인 지역에 설치하고 쉽게 이동할 수 있고 역동적이며 다이내믹한 시스템으로 건축물에서 독립적으로 움직이는 요소로서 구성된다.

둘째, 키네틱 건축의 표현특성은 전개성, 모듈성, 경량성, 단순성, 부품의 상호 교환성으로 다섯 가지로 나누어지며 이런 특성은 키네틱 건축의 디자인 기준이 될 수 있으며, 키네틱 건축 공간은 진보된 테크놀로지를 톨로 사용하여 보다 다양한 영역들 속에서 나타나는 기술적인 요소들과 미학적 연출로 공간 사용자들에게 다양한 체험을 하게 한다.

셋째, 키네틱 건축의 사례결과 여러 가지 기계적인 움직임의 장치들이 도출되어졌고 공간의 확장과 축소 변형이 일어나 여러 가지 키네틱 건축의 종류를 종합하여 독립적으로 서는 유형, 키네틱 요소로서 움직이는 유형, 증가하는 유형, 변형되는 유형 모빌의 유형, 자유로운 형태의 유형으로 구분되어진다.

넷째, 키네틱 건축의 적용 가능분야는 공간과 외피로 나눌 수 있고 공간측면에서는 다목적 공간, 일시적 공간, 상업 공간, 주거 공간 그리고 교육 공간까지 그 가능성을 제시하였다. 외피 측면에서는 입면에서의 재료나 외피구조의 변화를 통해서 조형적 기능적이며 다양한 입면계획 시 그 적용가능성을 보여주며 또한 각 분야별 특징대로 적합한 유형을 제시할 수 있다.

마지막으로 본 연구는 제어 메커니즘에 대한 국한된 한계점을 가지고 있으므로 그것들의 장점을 이용하여 향후 적용가능성의 분야 중 미래사회 변화에 따른 여러 가지 공간들에 대한 구체적인 후속 연구가 지속적으로 이루어져야 한다고 생각한다.

참고문헌

1. Robert Kronenburg, Transportable Enviroments, Theory, Context, Design and Technology, E&Fn Spon, 1998
2. Robert Kronenburg, Tensile Structure, Tensile Architecture an article, Architectural DESIGN Profile No 117, 1995
3. Robert Kronenburg, Portable Architecture, Temporary, Demountable and Mobile Building System, Architectural Press, 1996
4. Jonathan Bell and Sally Godwin, The Transformable House, Architectural Design vol70 no4, Wiley-Academy, 2000
5. Jennifer Siegal, The Art of Portable Architecture, Princeton Architectural press, 2002
6. Robert Kronenburg, Houses in Motion, Wiley-Academy, 2002
7. Phylis Richardson, Big Ideas Small Building, Universe, 2001
8. Ephemeral/Portable Architecture Design, September, October, 1998
9. Architecture Record, September, October, 2001
10. 노버트 쉐나우어 / 김연홍 옮김, 집(6000년 인류주거의 역사), 다우출판사, 2004

<접수 : 2006. 2. 22>

5. 결론

본 연구는 키네틱 건축의 전반적인 이론적 고찰과 사례분석을 통해 특성을 파악하여 현재의 적용 가능성을 연구하는 목적으로 수행되었으며 다음과 같은 내용으로 집약된다.