

# 칼라트라바의 방법론적 전제에 의한 형태구성 메커니즘

## Calatrava's Morphogenetic Mechanism Based on Methodological Hypothesis; Analogy and Analysis

박 선 우\*

최 선 영\*\*

박 찬 수\*\*\*

최 쥐 경\*\*\*\*

Park, Sun Woo

Choi, Sun Young

Park, Chan Soo

Choi, Chui Kyung

### ABSTRACT

The purpose of this study is to explore an inquisitive and innovative approach to structure and form, Calatrava's morphogenetic mechanism and to trace the ideas behind his working methods and his theoretical preoccupations. The bridges and buildings of S. Calatrava possess a breathtaking rhythm and of them some are designed to expand and contract like living organisms. The analogy Calatrava has used as a creative tool to mutate human bodies into arcing roof forms and bridge suspensions is introduced to illustrate the morphogenetic process. At the same time, the analysis used developing how to design frame structures foldable with brilliant mathematical solution is also investigated. Consequently, the potentialities of Calatrava's morphogenetic mechanism to invent new systems are generated by methodological hypothesis; analysis and analogy.

**Keywords :** *Morphogenetic Mechanism, Metamorphosis, Analysis and Analogy*

### 1. 서 론

#### 1.1 연구의 배경 및 목적

건축에 있어서 디자인과 구조는 정도의 차이는 있을지라도 항상 상호영향을 미치며 관계를 유지해 왔다. 이런 상호관계는 회피할 수 없는 반면, 구조의 적합성이 디자인에 미치는 영향으로 그 관계는 때로 마찰의 원인이 되는가 하면, 이 과정에서 역학에 근거한 구조의 필연성은 선택이나 주관의 개입 여지가 없는 것으로 이해되기도 한다. 그러나 칼라트라바(S. Calatrava)가 창조의 과정에서 접근하는 방식에서는 디자인과 구조가 유추(analysis)와 해석(analysis)이라는 변형(metamorphosis)방식으로 새로운 형태구성의 과정에서 드러나고 있다. 이에 의해, 그의 설계 방식 내에서는 디자인뿐만 아니라 구조 역시 형태구성 메커니즘, 즉 창조의 과정에서 병렬적으로 발현되어 건축물에 창의성과 주관성을 개

입시키는 요소가 되고 있다.

필연적 과정으로 유추는 해석에 의한 뒷받침으로 합리적 설명과 정당성을 확보하고, 해석은 유추된 형태의 구성에 영향을 미치게 된다. 그러나 이 과정이 반드시 피드백의 특성을 갖고 교차하는 과정일 필요는 없으며, 오히려 병행하는 사고의 형태라는 것을 칼라트라바는 그의 구조물들에서 잘 보여주고 있다.

따라서 칼라트라바의 구조물에 나타나는 형태구성의 과정을 이해하기 위해서는, 그가 견지해 온 유추와 해석이라는 방법론적 전제에 주목할 필요가 있다. 그는 유추와 해석 모두가 창조의 필요조건인 한편, 개별적으로는 불충분하고 상호 보완적이며 열린 고리 내에서 두 결과물들의 상호작용은 계속된다고 보았다. 그 결과, 칼라트라바의 창조적 구조물은 전제된 두 방법론 - 유추적 상상력과 해석적 가능성 - 사이의 상호보완성과 이를 개선하고 발전시키려는 끊임없는 노력으로부터 도출되고 있다.

본 연구에서는 이러한 두 방법론이 칼라트라바의 형태구성 방식을 보여주는 큰 범주로 수용될 수 있을 것으로 판단하였다. 따라서 유추와 해석이 칼라트라바의 형태구성 메커니즘에서 차지하는 의미와 작용방

\* 정희원, 한국예술종합학교 건축과 교수

\*\* 정희원, 충북대학교 건축공학과 박사과정

\*\*\* 정희원, 충북대학교 건축공학과 교수

\*\*\*\* 정희원, 경원전문대학 건축과 교수

식을 검토한다. 그리고 그의 구조물들에서 두 방법론이 드러내는 특성들을 분석하고 범주화하여, 이를 형태표현의 한 수단으로 고찰하는 것을 목적으로 한다.

## 1.2 연구의 방법 및 범위

칼라트라바의 형태구성 메커니즘에서 기초가 되는 것은 구조물의 형상화가 개별적, 제도적 선입관을 넘어서 기능할 수 있는 방법이 있다는 것이다. 이것은 그가 품었던 유추적 추론에 더해진 해석적 추론의 방법론이다. 이에 따라 본 연구는 문헌을 통해 이 방법론적 전제를 고찰해보고, 유추와 해석이 두드러지는 형태구성의 사례를 검토하여 그 의미와 작용방식을 파악한다.

여기에서, 그의 구조물이 유추적 형태구성 메커니즘 측면에서 드러내는 변화추이에 따라 몇 개 범주로 구분하여 그것이 갖는 형태표현 수단으로써의 가치 파악한다. 다음으로 해석적 전제에 의해 그가 천착(穿鑿)한 전개 구조물의 메커니즘을 살펴보고, 구조물(표)면을 전개 방식에 의해 표현하기 위해 그가 사용한 요소구성 및 해석과 형태의 관계를 통해 변형성의 의미를 검토한다.

본 연구에서 참고로 하는 그의 구조물들은 형태구성의 메커니즘이 뚜렷이 도출되는 것들을 중심으로 하고, 규모나 분야(교량, 건축물, 조각 등)는 구분하지 않았으며, 게재된 사진들 중 일부는 참고문헌에서 인용하였다.

## 2. 방법론적 전제: 유추와 해석

세분화, 전문화되는 특성이 지배적인 이 시기에 단편적 지식과 문화를 넘어서는 독특한 방식으로 편협한 분할에 저항해 온 칼라트라바는 과학, 기술 그리고 예술 사이의 지적, 제도적 경계를 뛰어넘는 구조물들로 이러한 간극을 메워왔다. 전형적인 칼라트라바의 구조물은 주어진 문제에 대하여 우아한 형태미와 뛰어난 기술적 해법으로 답해 왔다.

이와 동시에, 칼라트라바는 그가 지닌 창조정신을 구조물에 표현하는 과정에서 전제로 하고 있는 방법론을 통해 구조에 대한 식견과 통찰을 여실히 보여주고 있다. 이 창조적 사고(형태구성 메커니즘)의 토대가 되는 방법론적 전제는 바로 유추적 ‘상상’과

해석적 ‘해법’을 병행하는 것이다.

대부분의 건축가(엔지니어)들은 두 사고방향의 어느 한쪽에 고무되거나 치우치는 경향이 있다. 그 위에, 제도화된 디자인 교육을 지배하는 정례화는 두 방향 사이에서 선택을 강요하는 것처럼 보인다. 그러나 사실 창조과정에는 정도의 차이가 있을 뿐 두 접근법 모두 이용된다. 따라서 이 모순되며 상호 보완적인 두 사고, 유추와 해석은 칼라트라바의 경우처럼, 잘 조절된 디자인 기구를 창조하기 위한 형태구성의 수단으로 이용될 수 있을 것이다.

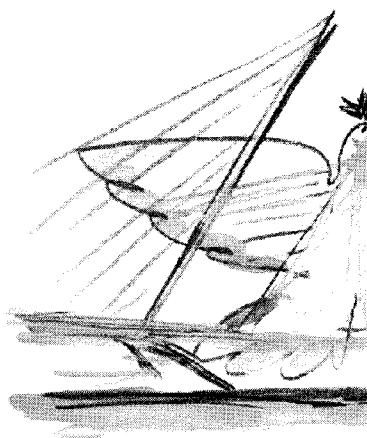
### 2.1 유추적 추론

창조과정에서 해석이라는 방법론에 소요되는 시간이 길어질수록 더 완벽한 형태가 이루어질 것인지에 대한 답은 부정적이다. 어느 정도를 넘어서면, 그것이 주는 급부를 훨씬 초과하는 대가(代價)와 함께 끝없는 가능성들 속을 방황하는 연구가 계속될 수도 있다. 이에 대해, 칼라트라바는 해석에 대한 놀라운 거의 모순적인 대안을 제시했다. 이것은 새로운 요구에 응답하기 위한 새로운 형태가 상기(recalling), 또는 오히려 어느 정도 적합해 보이는 선례(관례)로 재빨리 도약해서 착안할 수 있다는 유추, 즉 비론(比論)이다.

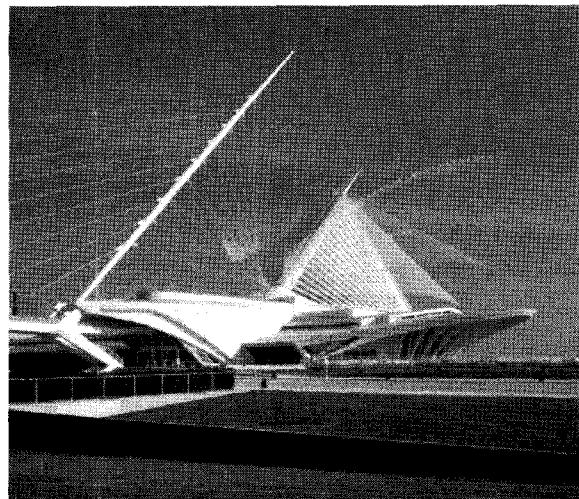
선례에 대한 이런 참고는 그가 스케치를 통해 표현한 전개구조물을 닮은 인체와 그 자세가 드러내는 다양한 형상에서 분명해진다. 그의 스케치들은 또 다른 종류의 ‘지속적인 연구’로, 계산과 수치해석보다는 통찰과 창조를 수반하고 있다. 비행하는 새 혹은 고대 그리스 유물인 니케(Nike)의 조상에 대한 유추라는 수단이 없었다면, 밀워키 예술박물관(Milwaukee Art Museum) 지붕의 매혹적인 움직임을 고안하는 것은 매우 어려웠을 것이다.

칼라트라바가 보여준 해석적 추론의 사고방향이 엄격하고 제한되었으며 목표가 분명했던 것과는 대조적으로, 그가 스케치한 형상들은 도약하고, 동요하며 서로 융합한다. 때로는 팔을 벌린 남자의 형상이 펼친 책이 되고 보트의 이물(뱃머리)로 변하는가 싶다가 황소의 머리로 귀착하기도 한다.

비이성적으로 보일 수도 있는 이런 유추방식 - 서로 아무런 관계가 없어 보이는 사물들을 연결하는

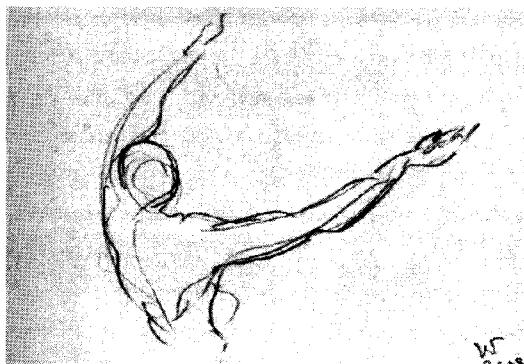


(a) 유추의 과정

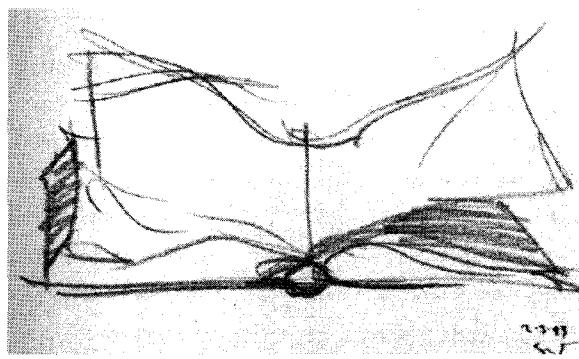


(b) 전경

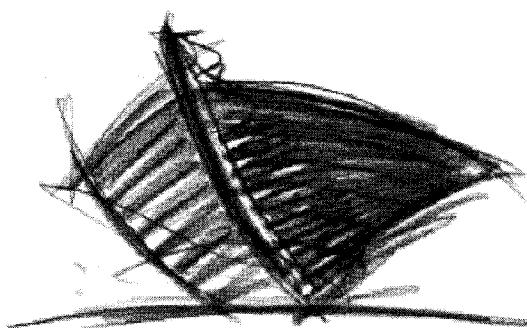
〈그림 1〉 Milwaukee Art Museum



(a)

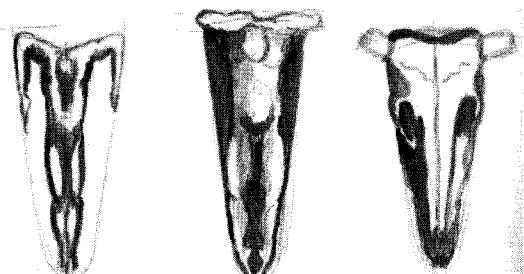


(b)



333

(c)



(d)

〈그림 2〉 칼라트리바의 유추과정

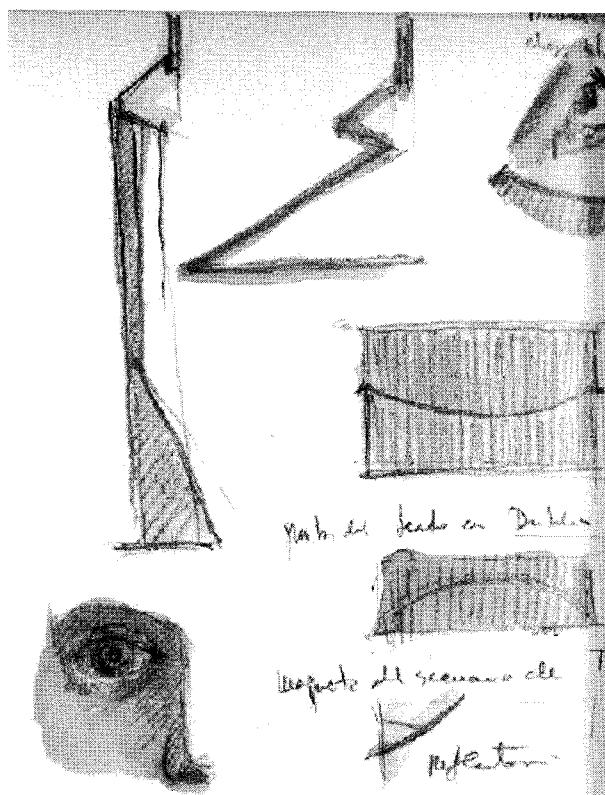
것 - 은 오히려 엔지니어와 과학자들이 해석, 열거 및 가능한 해법의 평가가 불가능할 때, 복잡한 문제를 풀기 위해 사용하는 전제이다. 미지의 것을 연구하는데 있어서 알려진 것 들을 참고하는 것은 생소

한 것을 익숙하게 만드는 데 도움이 될 수도 있다. 유추에 의해 사고하는 것, 과거의 경험들을 조합하는 것은 일상적으로 만나는 보편적 도구인 동시에 특별한 과학적, 기술적 문제들과 맞서기 위한 강

력한 도구이기도 하다. 창조적인 과학자들은 유추를 통해 무지의 허(虛)를 극복해왔고, 때로는 가장 광범위한 조합들을 사용하여 돌파구를 열어왔다.

일례로, 레오나르도가 비행기계의 날개를 고안하려 노력했고 선례가 없었던 당시, 새, 박쥐 및 곤충류를 참고했던 사실은 그의 스케치들을 통해 확인할 수 있다. 그는 날개가 '수학적 법칙에 의해 작용'한다고 확신했기 때문에, 유추를 날개 형태의 해석과 결부시켜 생각하는 것을 창조의 전략으로 삼았다.

이와 비슷하게, 칼라트라바는 많은 미지의 대상, 특히 움직이는 구조물의 형태와 기능을 확인하기 위해 유추를 광범위하게 적용해서 입증하고 선례들을 발견, 전환 그리고 재사용할 수 있었다. 그 대표적 사례인 언스팅 창고(Ernsting Warehouse)의 우아한 전개식 문에 대해서 칼라트라바 자신은 눈의 전개형태와 기능이 컨셉화에 특히 중요했다고 언급한 바가 있다. 즉, 다음 장에서 언급할 전개식 구조로 공간을 표현하는 데는 역학적 문제와 안정성에 관련한 해석이 필수적이지만, 유추가 없었다면 그의 해법은 틀림없이 훨씬 더 제한적이었을 것이다.



〈그림 3〉 언스팅 창고(Ernsting Warehouse) 전개식 문의 형태구성

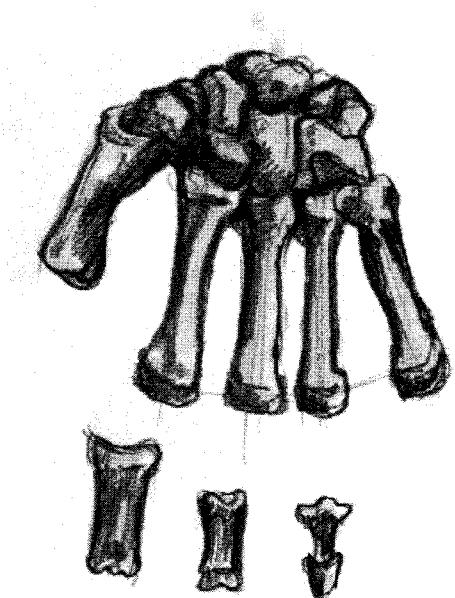
## 2.2 해석적 추론

칼라트라바가 해석적 추론을 통해 그의 구조물에서 추구한 목표는 기술(기능)적 최적성이만이 아니다. 최적기술을 넘어서 그 구조물들을 알기 쉽게 설명하고 보여준다. 그러나 그것들은 단지 어떤 메시지를 전달하고자 하는 도학자 같은 방식이나 역학적 메커니즘에만 의존한 과정 역시 아니다. 그 재료와 형상 뒤로는 보다 깊은 인식적, 시적 그리고 도덕적 의미가 있다. 그것들은 불가해(不可解)한 사물, 역설 심지어 유머를 통해 자각하게 하고, 기술적 응답을 새로운 현안으로 바꾸고 있다.

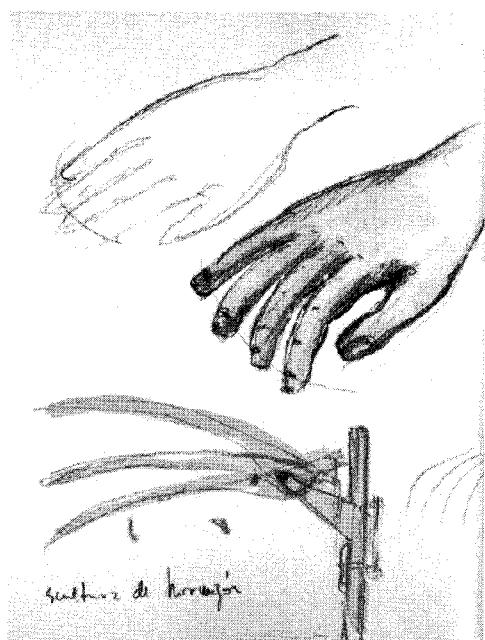
구조물을 해석이라는 측면에서 대할 때 일반적으로 떠올리는 생각들은 우선 부동성, 요소의 내구성, 안정 및 안전성 등이 있을 수 있다. 이러한 일반적 틀을 깨고 구조물의 보편적 테마로 변형성(운동성)을 도입하고자 했던 칼라트라바가 형태구성 과정에서 해석과 함께 유추를 병행하여 방법론적 전제로 취급하는 것은 당연해 보인다.

곡예동작, 댄서가 도약하고 착지하는 자태, 새가 날아오르려는 자세 등 역동적 대상 혹은 인체의 해부학적 고찰로부터 형태를 유추하고, 이를 구조물에 반영해 온 칼라트라바는 전개구조물에 대한 해석을 병행하여 기술적 해결책을 제시하고는 했다. 그가 창조한 구조물에서 이런 해석적 추론은 때로 상징적 혹은 은유적, 노골적 혹은 암시적으로 드러나고 균형(평형)상태를 유지하기보다 오히려 그것을 부정하기 위해 사용되는 것처럼 보인다.

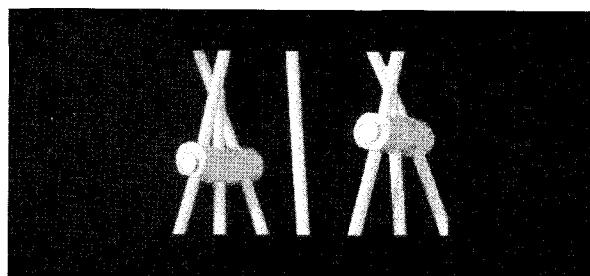
칼라트라바를 깊이 사로잡았던 공간건축은 대상로부터 유추한 스케치만으로 충분히 납득되지 않았고, 이것은 해석, 특히 도형기하학의 개입을 절실하게 필요로 한다. 합리적인 도형기하학을 통해 건물의 결정적인 세계를 표현하려 노력했던 경험은 그에게 해석적 방법의 힘과 잠재성에 대한 확신을 주었다. 이것은 이후 그의 형태표현 방법 중의 하나인 전개구조물에 관한 이론적이고 체계적인 체득과정으로 이어진다.



〈그림 4〉 손의 해부학적 고찰



〈그림 5〉 고찰의 결과로부터 유추



〈그림 6〉 해석모델의 구성

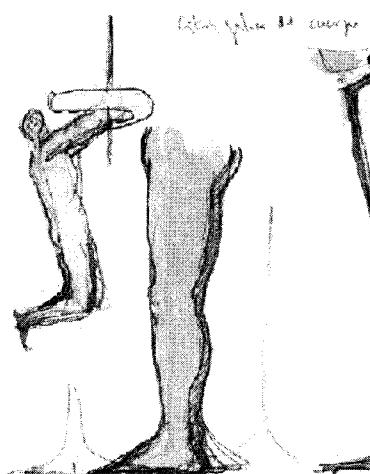
### 3. 유추를 통한 형태구성

칼라트라바가 일상적인 대상들을 스케치한 것에는 그가 수행한 프로젝트들에서 구조물에 부여한 시와 같은 움직임을 유추한 형상들로 가득 차 있다. 현재까지 그가 구조물을 통해 보여준 해석과 유추 사이 상호보완성에 대한 이해는 디자인의 창의적 능력에 열쇠를 제공한다. 이미 언급한 것처럼, 칼라트라바는 엔지니어의 임계지점, 즉 사물의 존재에 가장 효율적인 방법을 찾는 것을 예술가의 인식적 경험을 창조하는 전셉과 일체화하는데 성공했다.

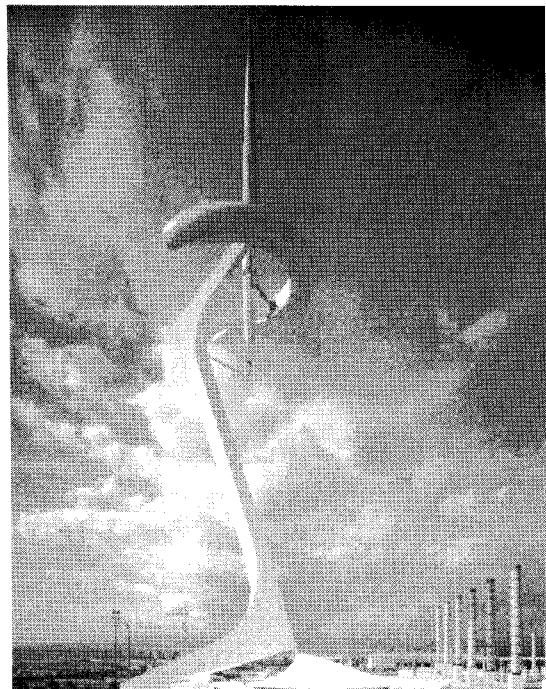
그는 이 기술을 ‘움직이는 형상으로부터 유추’라는 시각적 경험으로부터 얻었다. 팽창 또는 수축, 개방 또는 차폐(차단), 상승 또는 하강하는 건물, 다리 혹은 기간시설 프로젝트를 위한 계획에서, 이것들은 날아오르는 새 또는 피어나는 꽃의 형태와 기능에 대한 유추적 추론으로 가능할 수 있었다. 유추는 시각적, 청각적, 혹은 운동 감각적일 수 있는 지각요소를 사용해서 마음속에서 일어나는 추상적 인식과정이다. 이것은 창조과정에서 절충과 숙고를 수반하며, 상기, 집중, 조화 및 혼합 등의 과정을 거쳐 형태로 표현된다. 이를 기준으로 칼라트라바의 작품에서 드러나는 유추를 통한 형태구성 메커니즘은 크게 다음 세 범주로 구분할 수 있다.

#### 3.1 유사성의 유추와 연결

칼라트라바가 주목한 미적 대상들이 많은 만큼, 그것들은 정적형상뿐 아니라 움직임 사이 유사성들



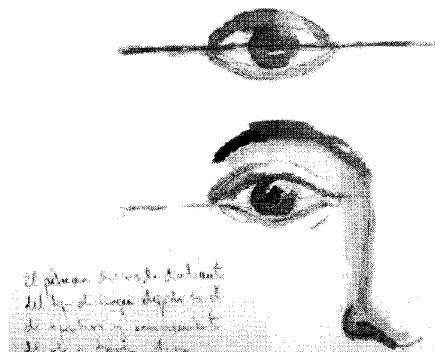
(a) 유사한 대상에 대한 고찰



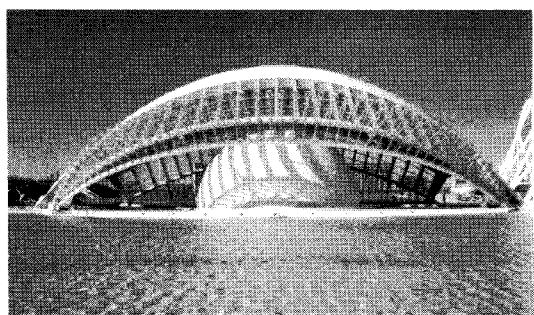
(b) 전경

〈그림 7〉 몬쥬익 타워(Montjuic Tower)

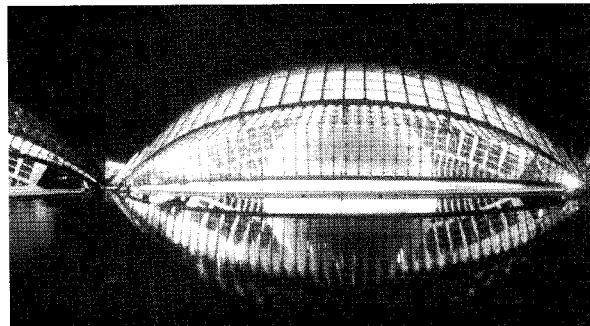
을 드러내고 있다. 그러므로 주목하는 대상에서 발생하는 움직임의 유형은 미래 어느 시점에 착안하는 창조대상의 움직임에 투영될 수 있다.



(a) 유사한 대상에 대한 고찰



(b) 전경

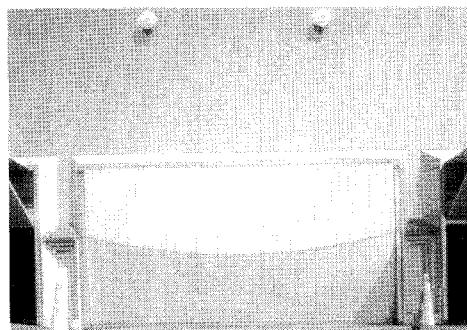


(c) 야경

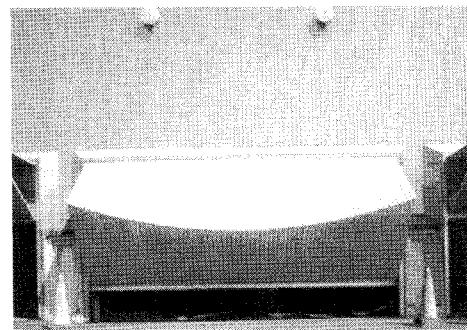
〈그림 8〉 예술과학시티(City of Arts and Sciences)

### 3.2 재조합과 혼합

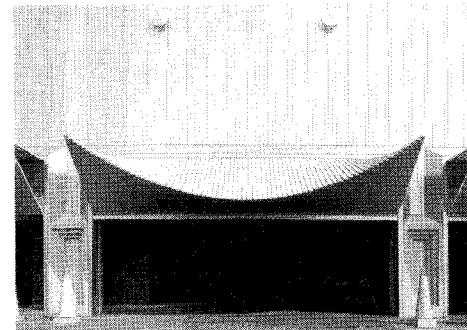
다른 체계들과 많은 구성요소를 재조합하여 전체적으로 조화롭고 새로운 우아함을 부여하는 경우에



(a)



(b)



(c)

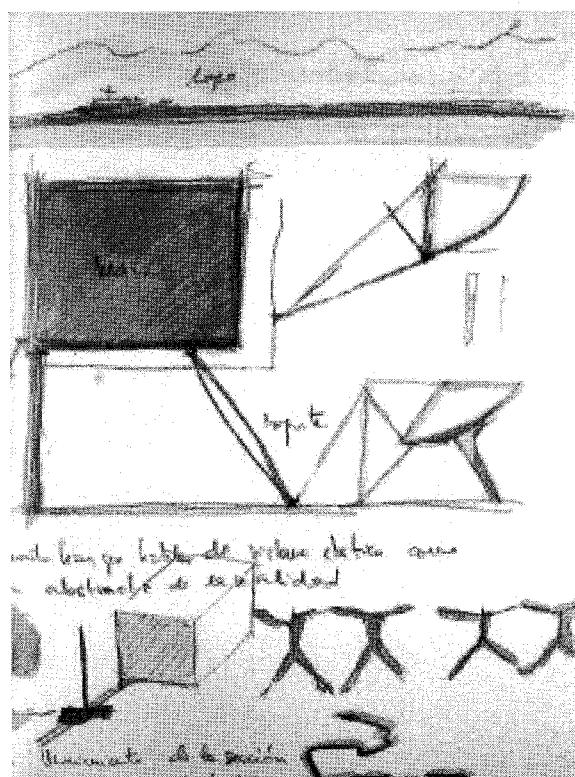
〈그림 9〉 언스팅 창고 전개식 문의 변형성

서, 유추는 새로운 조합뿐 아니라, 고착된 연상과 선입견 및 편견으로부터 건축가를 자유롭게 할 수 있다. 따라서 이 경우의 유추는 새로운 형태의 컨셉뿐 아니라 종전의 기능에 새로운 의미를 고취하는 것일 수 있다. 그것은 언스팅 창고의 전개식 문처럼, 새로운 형태의 컨셉에 도움이 될 뿐 아니라, 단순한 기능적 문에 시적인 움직임을 불어넣으며 변형성을 부여하는 데 일조하고 있다.

### 3.3 형상 모티브

취리히에 위치하는 스타델호프 역사(Stadelhofen Station) 기둥의 ‘회문(回文, palindrome)’은 인간형상으로부터 유추된 S 혹은 지그재그 형상이 그 모티브가 되었다. 칼라트라바는 거의 트레이드마크처럼, 몇 개 프로젝트에서 구조물의 형상을 만들기 위해 이 모티브를 사용해 왔다. 그러나 형상에는 기억할만한 상징 이상이 있다.

칼라트라바가 건물형태에 적용한 모티브의 특성들은 그 구성요소들이 개별적으로 서로에 대해 균형을 이룬 양상을 이루기 위해 함께 작용하는 동시에, 떨어져 나가려는 시도를 하는 것으로 보이는



(a) 인간형상 모티브



(b) 회문

&lt;그림 10&gt; 스타델호프 역사

구조물을 암시한다. 따라서 형상 모티브는 시각적 유추의 다양성을 표출하고, 시각적 표현으로 움직임을 나타낸다는 점에서 중요한 의미를 가진다. 이것은 움직임이 구조물의 메커니즘에 의해 명백하게 실현되는 전개식 구조물과는 대조적으로 형태에 의해 내포되기 때문이다.

### 4. 해석을 통한 변형성 반영과 표현

움직이고 변형 가능한 형상의 구조물들이 사용자의 요구(필요)에 보다 잘 부응할 수도 있다는 점은 분명해 보이지만, 건축역사를 통해 구조물의 이동이나 변형의 가능성이 주목받은 경우는 드물어 보인다. 이는 무엇보다도 구조물을 디자인하는데 있어서 부동성은 본질적으로 안전이라는 견지에서 가장 우선순위였기 때문이다.

또한 건물 전체 혹은 그 요소를 전개식으로 디자인하는 것은 간단한 과정이 아니라는 점도 추가된다. 우선, 접힌 상태에서 펼쳐지는 과정(혹은 그 반대과정)에 의해 구조물의 형상이 변하는 것을 시각화하는 기하학적 문제가 이해되어야 한다. 다음으로 구조물 일부의 위치를 이동시키는 역학적 문제와 안정성 문제가 해결되어야 한다. 이로 인해, 명백한 기능성에도 불구하고 변하는 형상의 구조물은 현재도 익숙하지 않은 범주로 남아있다.

칼라트라바는 이런 구조물의 전개성에 관한 문제에 큰 관심을 가졌고, “On the Foldability of Frame”<sup>5)</sup>에서 전개구조 프레임의 기반인 해석원리 및 과정을 다루었다. 이것은 우산이 펼쳐지고 접히는 것과 같이 한 부류의 구조물이 휘고 접히는 부분에 의해 ‘간결화,

'소형화'될 수 있는 방법에 대한 체계적 연구였고, 현재 까지도 그의 디자인에서 최선단에 위치하고 있다.

#### 4.1 전개구조면의 표현

칼라트라바가 사용한 수많은 수학적 상징과 정교하고 추상적인 물리적 모델을 보면, 해석이 창조적 디자인에서 어떻게 그 역할을 하는지에 관한 그의 견해를 이해할 수 있다.

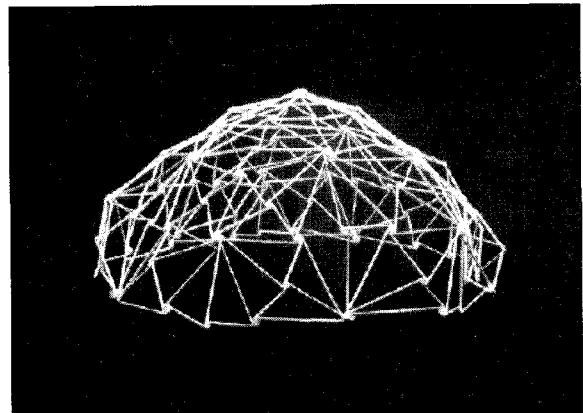
그가 이에 답하기 위해 제기한 질문은 복잡한 구조물, 특히 움직일 수 있고 그것에 의해 이동 가능한, 즉 한 형상으로부터 다른 형상으로 변할 수 있는 프레임 구조물을 디자인할 수 있는 방법이었다. 움직이는 전개식 구조물을 사용해서 복잡한 (표)면을 표현하는 것은 서로 독립적으로 보이지만, 상호 밀접한 관계를 갖고 있음을 그는 처음부터 이해하고 있었던 것이다.

칼라트라바는 이 문제를 두 구성요소, 3차원 프레임의 기하학적 변형을 모델링하는 것과 재료의 강도 측면을 이상화하는 것으로 나누고 전략적으로 범주를 대폭 축소했음에도 불구하고, 문제는 가능한 해법을 시사하는 선례가 매우 적은 복잡한 문제였다.

전개식 구조물의 연구는 프레임들이 펼쳐지고 우산 같은 돔을 형성하고, 다시 접혀서 간략화(소형화)되는



〈그림 11〉 피츠버그 시민회관 지붕의 전개면



〈그림 12〉 칼라트라바의 전개구조면 구상안

메커니즘을 함축하고 있다. 선례를 살펴보면, 1960년대 지붕 디자인에서 전개식 구조가 중요한 역할을 하기 시작하여 미첼(J. A. Mitchell)과 릿키(D. K. Ritchey)는 펜실베니아주 피츠버그시 시민회관(Civic Auditorium) 지붕을 전개식으로 설계하였고, 같은 기간 동안에 영국의 아키그램(Archigram) 회원들은 폴러(B. Fuller)의 작품으로 고무된 접근법을 취했다.

또 다른 중요한 선례는 미항공우주국 프로그램에 의해 제작된 구조물이었다. 이 구조물들은 수송을 위해 간결하게 된 패키지 안으로 접어 넣어지고, 궤도에서 작동하기 위해서 확실히 펼쳐지는 전개가 가능해야 했다. 이러한 형태의 계획은 요소, 분할, 절점, 분절 등 건물 엔지ニア들에게는 거의 알려지지 않은 내용을 포함하였고, 이런 것들은 칼라트라바에게 중요한 선례가 되었다.

#### 4.2 절점과 모듈구성

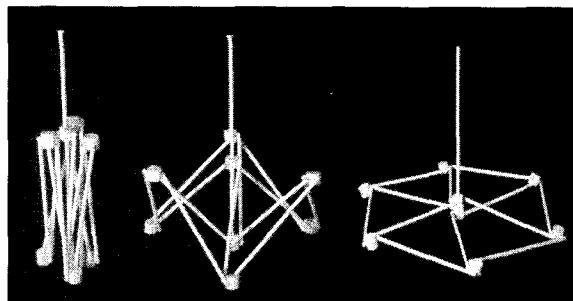
칼라트라바가 고안한 전개구조물들의 효율성은 펼쳐진 표면적은 가능한 넓고, 접힌 부피는 가능한 작은 간결성에 좌우된다. 동시에 강체로드가 움직일 때 이루는 각과 절점이 서로 방해받지 않도록 요소를 분절하는 것 역시 고려되어야 한다. 문제의 처음은 기하학(접혔다 펼치지는 혹은 그 반대로 바뀌는 구조물 형상의 표현)이고, 다음은 역학(지점의 이동성), 그리고 마지막으로 구조물의 안정성이었다.

칼라트라바는 특수한 구조물을 고안하는 연구나 단일한 문제에 대한 해결책 뿐 아니라, 문제를 일반적으로 해결할 수 있는 방법을 개발하는 것에 관심을 두었는데, 이것은 창조를 위한 디자인 컨셉을 보강하는 해석적 기구의 개발에 대한 것이다.

프레임이 전개되는 방식은 강체로드가 어느 정도 자유롭게 움직일 수 있는 조인트, 즉 핀 또는 유사한 장치를 수단으로 해서 피봇에 연결되게 하는 조인트기구로 제한하고, 일단 단순한 마름모에 적용한 후 기본 모듈러 시스템을 도입하였다. 이후 단계별로 요소의 수를 증가시키고, 다면체와 구형 프레임으로 나아감에 의해 이런 구조물의 가능한 경우를 탐구하면서 연구를 진행하였다.

이런 프레임에서 칼라트라바가 사용한 소위 연결장치는 서로 구속되어 한 지점에서 시작된 임의의 움직임은 나머지 장치를 통해 전해진다. 연결 장치는 힘을 전달하기 위해 사용되고, 이러한 절점들이 규정된 경로를 따라 지나갈 때 그것들은 직선이나 곡선을 그린다; 파선(cycloid), 외파선(epicycloid), 카디오이드(cardioid), 포물선, 쌍곡선, 쌍곡포물면(HP, hyperbolic paraboloid) 등.

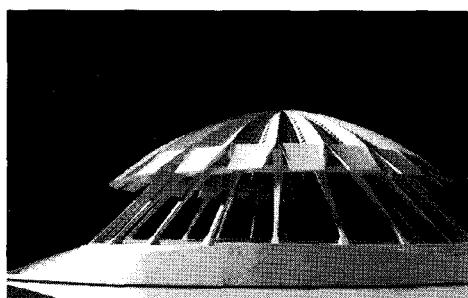
이처럼 칼라트라바가 구조물의 전개성을 통해 개발한 것은 극단적으로 많은 수의 개별 형상을 만들 수 있는 방법이다.



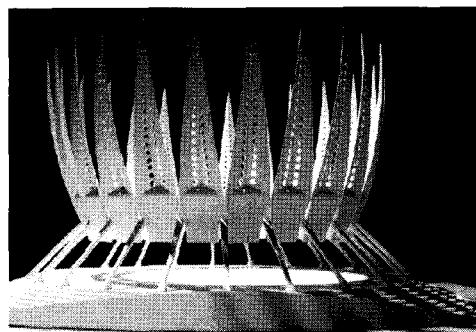
〈그림 13〉 연결 장치

#### 4.3 전개구조의 적용

칼라트라바가 추구한 변형성(운동성)을 담보한 메커니즘은 이론상 모든 가능한 전개구조물을 만들 수 있

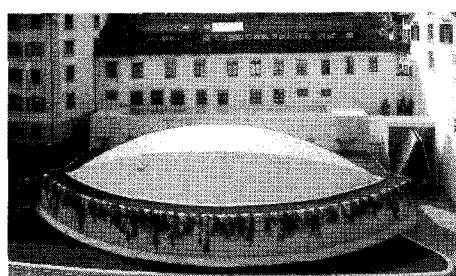


(a) 전개 전

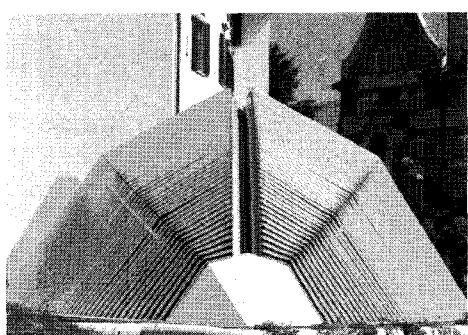


(b) 전개 후

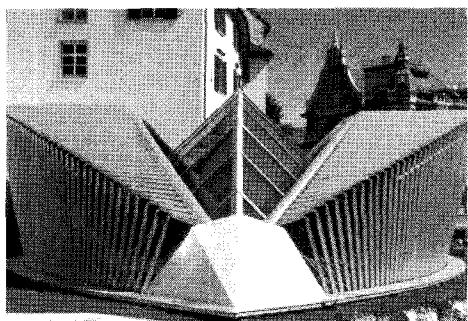
〈그림 14〉 스위스-91 파빌리온(CH-91 Pavilion)



(a) 전개 전



(b) 전개 중



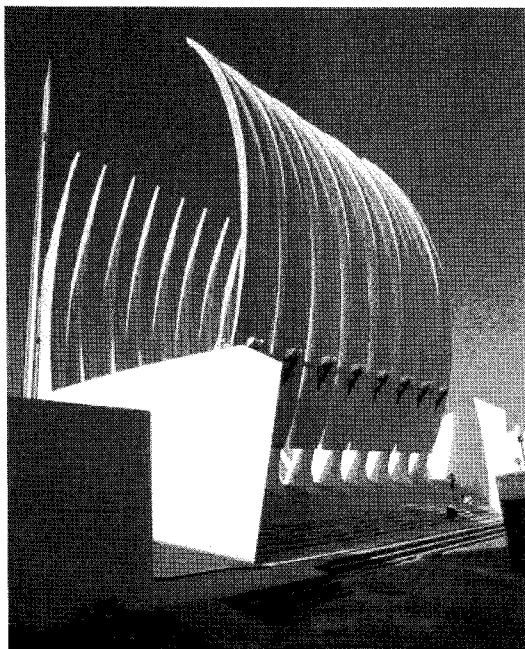
(c) 전개 후

〈그림 15〉 비상응급센터와 갤러리(Emergency Center & Gallery)

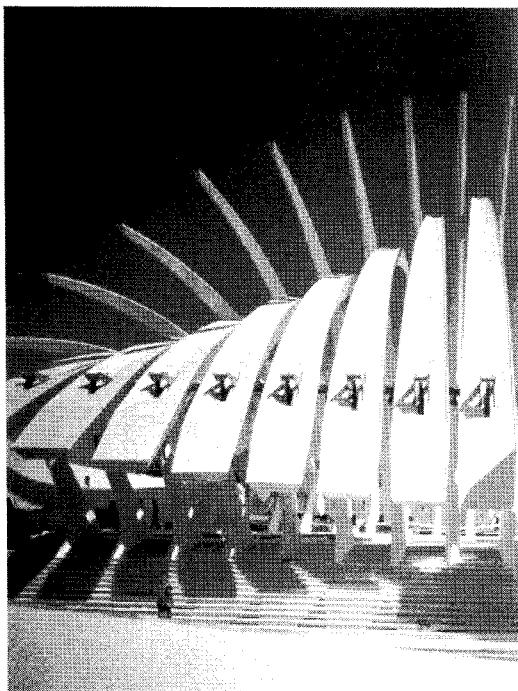
기 때문에, 그것의 적용 또한 가장 어울리는 계획을 위한 전개 프레임 목록을 통해 단계별로 상태를 유추할 수 있다. 비록 칼라트라바의 해석적 연구가 모

든 전개구조를 완벽하게 열거하고 있지는 않지만, 그가 이룬 해석 작업과 해법들은 추후 이루어진 새롭고 다채로운 형태구성의 준비작업이 되었다.

이것은 가장 적합한 디자인을 추구하는 건축, 구조, 엔지니어링 혹은 조각 프로젝트들에 대해서도 동일하게 적용될 수 있다.



(a) 전개 전



(b) 전개 후

〈그림 16〉 쿠웨이트 파빌리온(Kuwait Pavilion)

## 5. 결 론

본 연구에서는 칼라트라바의 형태구성 메커니즘에서 방법론적 전제가 되는 유추와 해석을 통해 그의 구조물에 나타나는 형태표현의 과정을 이해하고, 두 방법론의 상호보완성과 의미, 작용방식 등을 검토하여 다음과 같은 결과들을 얻을 수 있었다.

1. 칼라트라바의 형태구성 메커니즘에서 기초가 되는 것은 유추적 추론에 더해진 해석적 추론의 방법론이었다.

2. 그의 구조물을 유추적 형태구성 메커니즘 측면에서 몇 개 범주로 구분하여 파악한 결과, 형태표현 수단으로써의 일반화가 가능한 소용성(所用性)을 파악할 수 있었다.

3. 해석적 전제에 의한 전개구조물의 메커니즘과 표현방식의 고찰을 통해 요소구성 및 해석과 형태의 관계에 따른 변형성(운동성)의 의미를 파악할 수 있었다.

상기 결과들은 칼라트라바가 구조물의 창조과정에서 표현해온 형태구성 메커니즘을 통해 드러난 것이지만, 일반화되고 디자인 기구로서 기능할 수 있을 것으로 판단된다.

## 참고문헌

1. R. Harbison & P. Rosselli, *Creatures from the Mind of the Engineer: The Architecture of Santiago Calatrava*, ELLIPSIS London Press Ltd., 1992
2. A. Tzonis & L. Lefavre, *Movement, Structure and the Work of Santiago Calatrava*, Princeton Architectural Press, 1995
3. D. Sharp, *Santiago Calatrava: Architectural Monographs*, John Wiley & Sons, 1996
4. P. Jodidio, *Santiago Calatrava: Big Series*, TASCHEN America Llc, 1998
5. A. Tzonis, *Santiago Calatrava's Creative Process*, Birkhäuser, Boston, 1998
6. A. Tzonis, *Santiago Calatrava: The Poetics of Movement*, Universe, 1999
7. S. Calatrava, *Santiago Calatrava: Conversations with Students - The MIT Lectures*, Princeton

- Architectural Press, 2002
8. M. Levin, Santiago Calatrava: Art Works  
Laboratory of Ideas, Forms and Structures,  
Princeton Architectural Press, 2003
9. A. Tzonis, Santiago Calatrava: Complete Works,
- Rizzoli International Publication Inc., New York,  
2004
10. A. Tzonis & R. Donadei, Santiago Calatrava The  
Bridges, Universe, 2005