

건축조형 과학 · 구조역학의 조망

Prospect of Architectural Form Science and Structural Mechanics



정 광 량*
Chung, Kwang-ryang



우 운 택**
Woo, Woon-taek

2006년도 일본건축학회 학술발표회(관동, 9월7일9일)에 참가하여 셀 공간구조 운영위원회에서 주관한 구조부 문(셀 공간구조)의 패널 회의에 참석하였다. 주제는 "Structural Design의 나아갈 방향"이었다. 그 중에 나고야대 학교수인 大森博司가 발표한 내용을 소개한다.

1. 구조역학의 역할

구조역학(Structural Mechanics)이란, 역학, 특히 정역학(Statics)의 일반 원리를 응용하여 각종 구조물이 외력을 받을 때, 구조물 내부에 어떠한 힘을 받는가, 또한 어떻게 변형하는가를 연구하는 응용역학(Applied Mechanics)의 일부분이다. 토목구조물, 건축구조물, 예를 들어, 교량, 교각, 교대, 댐, 게이트, 지하철도 터널, 고층건축물, 공장, 격납고 등을 사용 목적에 따라 가장 합리적이고 경제적인 설계를 위해서는, 이들 구조물의 성질에 따라 재료공학, 수리학, 유체역학, 토질공학, 진동학, 측정공학, 통계학 등 각종 지식을 필요로 하지만, 그 중에서도 구조역학은 구조물설계를 위한 기초가 되는 것이다. 「구조역학 제1권」에서

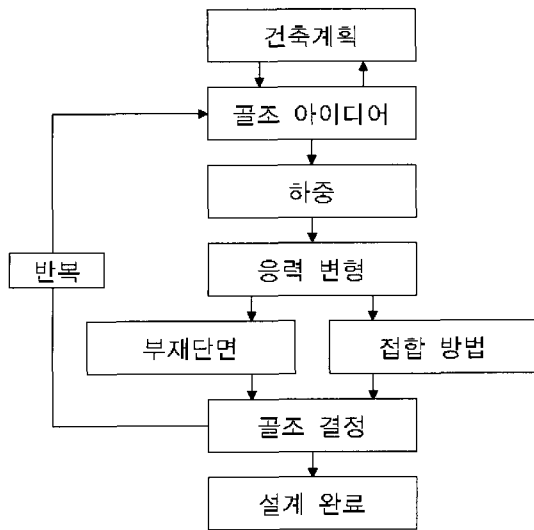
조역학이란 무엇인가? 구조역학의 의의와 역할에 대해서 명확하고 주의 깊게 서술되어 있음을 다시

한 번 느낀다. 이 문장에 이어서, 구조역학을 사용하여 구조물 설계가 이루어지므로, 이것이 없이는 구조물 설계를 할 수 없다고 하지만, 엄밀하고 정확한 문장으로 정리해 가기로 한다. 그런데 특히 인상적인 것은 「(구조역학이란) 구조물이 외력을 받았을 때, 구조물 내부에 어떠한 힘을 받는가, 또한 어떻게 변형하는가를 연구하는 (학문이다)」고 하는 대목이다. 이것은 「주어진 구조물」이 「주어진 힘」을 받은 결과로서 생기는, 내부 응력 및 구조물에 생기는 변형이 어떠한 것인가를 연구하는 학문이 구조역학이라는 것을 말하고 있다.

<그림 1>은 일반적인 골조 설계에서 행해지는 철골구조의 구조설계 과정을 간단하게 나타낸 것으로 내가 강의에서 사용하고 있는 슬라이드에서 발췌한 것이다. 건축계획에서 정해진 골조를 어떻게 짤 것인가? 골조로 할 것인가, 가새로 저항시키는 골조로 할 것인가를 정해서, 그 시스템의 응답 즉, 응력과 변형을 구하고, 소정의 한도를 넘지 않은가를 검토하고, 부재 단면을 결정하면서 이웃 부재와의 접속

* (주)동양구조안전기술 대표이사, 공학박사

** (주)동양구조안전기술 구조공학 시스템 연구소 소장 공학박사

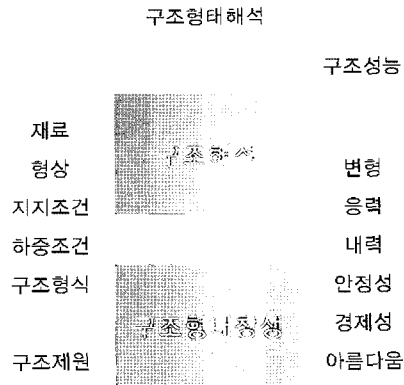


〈그림 1〉 골조설계 과정

방법을 선정하고, 단면 및 접합이 적절하지 않은 경우에는 다시 최초의 골조 전체계획 부분으로 되돌아가 실현 가능한 설계해가 얻어질 때까지 이상의 가정을 반복한다. 이것이 현재 행해지고 있는 골조의 구조설계 개요이다. 이러한 응력과 변형을 구하는 과정에서 전술한 구조역학이 이용되고 있다. 바꾸어 말하면, 구조의 개략적인 형태가 정해져야 비로소 구조역학이 필요하게 된다.

2. 구조해석과 구조創生

구조해석이라는 표현이 있다. 이 말은 동적이든 정적이든 구조물에 외력이 작용했을 때 생기는 응답, 즉 응력 및 변형을 구조역학 이론에 기초하여 구하는 행위를 말한다. 구조역학은 학문이고, 그 성과를 이용하여 실제로 구조물의 제반 응답량을 구하는 것이 구조해석이다. <그림 2>를 보기 바란다. 왼쪽에 구조제원, 오른쪽에 구조성능이 배치되어 있다. 구조제원으로서의 구조물의 재료, 형상, 지지조건, 하중조건 등이 구성요소로서 나타내어져 있다. 구조해석은 이 구조제원을 주어진 조건으로 구조역학 지식을 이용하여 제반 응답량을 구하는 행위이다. 제반 응답량으로서 구조물의 변형, 응력이 직접 출력되어 얻어지고, 구조물의 내력 및 안정성도 관련 출력으로서 얻어질 수 있다. 이들은 일괄해서 구조성능을 구성하는 요소로서 생각할 수 있고, 이 개



〈그림 2〉 구조해석과 구조형태창생

념을 조금 확장하여 경제성 및 구조물로서의 아름다움도 요소로서 생각한다고 하는 것도 가능하다. 이와 같은 관점에 서면, 구조해석은 구조제원에 기초하여 구조성능을 구하는 행위라고 고쳐 정의할 수 있다.

한편, 일반적으로 이용되는 구조설계라고 하는 행위를 여기서 정의하고 있는 말로 고쳐 표현하면, 「바라는 구조성능을 발휘하는 구조제원을 정하는 행위」라고 할 수 있을 것이다. 여기서, 바라는 구조성능을 발휘하는 구조가 갖는 제원을 구하는 것이 목적인데, 이를 위해서, 제원 설정 → 성능 평가 → 제원 재설정 → 성능 재평가 → 제원 재설정 → ... 라는 시행착오 순환이 시작된다. 여기서 품질을 말하는 것은 도제적인 시스템 속에서 배가되는 것이 많고, 경험, 년 수 혹은 이들에 기초한 깊이라는 것이다. 능력 있는 구조설계자가 되기 위해서는 일정 이상의 시간이 필요하다고 하는 것은 이 때문이다.

그런데, 바라고 싶은 것은 설계 해인 요구 구조성능을 발휘하는 구조, 이것을 규정하는 구조제원이다. 따라서 구조성능을 제시하고, 이것을 실현하는 구조제원을 직접 구할 수 있으면, 상기의 시행착오 과정은 이치상 불필요할 것이다. 지금까지 이것이 실현되지 않은 것은 말할 필요도 없이 이 과정을 만드는 것이 곤란하기 때문이다. 이러한 것이 무리일까? 필자가 미력하나마 생각해 온 것은 이 과정을 부분적으로라도 좋으니까 만드는 것이고, 구조創生 혹은 구조형태創生이라고 불리고 있는 것이다.

3. 유한요소법

구조해석에 없어서는 안 될 기술이 유한요소법이다. 내가 유한요소법을 처음 배우기 조금 전, 세계에서는 1956년 미국항공학회지에 Turner, Clough, Martin, Topp에 의한 항공기 날개의 유한요소법에 의한 해석법을 나타낸 구조공학 역사에 찬란하게 빛나는 기념비적인 논문이 발표되었다. 그 후 끊임 없이 유한요소법에 관한 논문이 발표되고, 당시의 구조공학은 마치 유한요소법학 자체이었다. 1965년, 68년, 70년에 미국 오하이오주 데이튼에 있는 공군항공역학연구소에서 연속하여 행하여진 유한요소법에 관한 국제회의에서는 유한요소법의 이론과 응용에 관한 초기 연구가 많이 발표되어, 이 후의 유한요소법 응용연구에 커다란 활력이 되었다. 이때의 유한요소법 역사는 예를 들어 Oden의 책을 통하여 상세하게 알 수 있다. 그에 따르면, 유한요소법 발전은 1960년대 전반은 발아기, 후반은 수학적 받침에 의한 이론적 확립기, 그리고 70년대에 걸쳐 유체, 소리, 열전도 등의 비구조 분야로의 확장발전기로 구분할 수 있다. 이와 같이 구조해석 수법의 거인인 유한요소법은 고작 10년 정도의 매우 짧은 기간에 급성장하여 성숙했다고 할 수 있다. 그리고 이 유한요소법으로 구조해석법은 실질적인 방법으로 자리하게 되었다.

4. 변신하는 컴퓨터

미국이 가망 없다고 한 벡터 프로세스로 일본이 세계의 고속 컴퓨터 선두에 섰다는 것을 정식으로 인정한 것이 2002년 4월 18일 이었다. 이것은, 해양과학기술센터가 지구규모의 온난화 및 환경변동, 이상기상, 지각변동 등의 수치 시뮬레이션에 의한 해명을 고정밀도로 실시하려는 목적으로 개발해 온 초고속병렬계산기 시스템 「지구 시뮬레이터」이고, 35.61 테라플롭스를 달성했다고 되어 있다. <그림 3>에 나타내는 그래프는 컴퓨터가 갖는 성능과 CPU 메이커, 인텔이 개발한 칩이 해를 거듭할수록 고속화, 고밀도화해 온 것을 나타내고 있다. 무어의 법칙이 현재도 성립하고 있는 것을 확인할 수 있고,

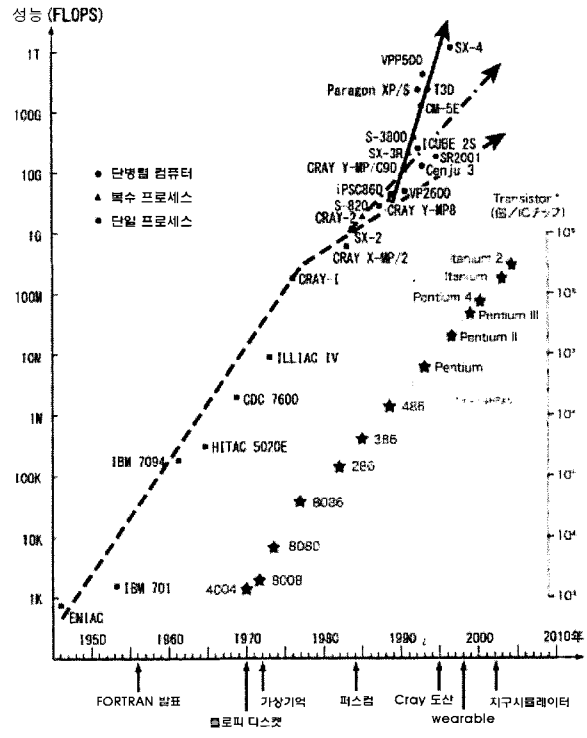


圖 3 : 計算機性能の變遷

<그림 3> 계산기 성능의 변천

1946년에 개발된 진공관식 전자계산기 ENIAC 이후, 세계에서 공표된 주된 컴퓨터 신장이 5년 마다 10배의 비율로 고속화 되어 온 것을 알 수 있다.

그런데, 많은 과학기술 계산 프로그램에 사용된 FORTRAN이 개발되어 공표된 것은 1956년, 그 때 세계 최고속 컴퓨터 성능은 고작해야 수천 플롭스이다. 당시의 메모리가 어느 정도인가 알 수 없으나, 아마 효율을 높여도 수 십차의 선형연립방정식조차도 단번에 풀 수 없었을 거라고 하나, 해를 얻기까지 수 시간이 필요할 것이다. 이와 관련하여, 현재의 컴퓨터로 같은 문제를 풀었을 때 걸리는 시간은 빛이라도 수 십 센티밖에 나아갈 수 없을 정도로 순간일 것이다. 그 후 고집적도의 CPU가 양산되고, 가격이 저하하고, 1980년대 후반에는 PC가 시장을 석권한다. 90년대 후반에는 대형계산기 개발을 계속해온 크레이사가 도산, 2000년대에 들어서자 네트워크를 매개로 병렬계산기술이 활발하게 연구되어 컴퓨터 고속화는 가속화하려고 하고 있다.

변형 및 응력 등이 어느 범위에 있다는 조건하에서 중량을 최소화하거나, 강성을 최대화하는 것과 같은 구조물을 결정하는 것을 구조최적화라 하고,

구조공학에서 이러한 문제를 구조최적화 문제라 한다. 이것은 더 나아가 치수 결정문제와 위상 결정문제로 분류되고, 전자는 구조물을 구성하는 부재의 단면적 및 단면2차모멘트 등 부재 성능 결정에 관한 것 외에, 구조물의 곡면형상 등 모양을 결정하는 것을 말하는 한편, 예를 들어 후자는 트러스 및 골조와 같은 골조구조인 경우, 어느 부재와 어느 부재가 결합되어 있는가 라는 결합 상태를 결정하는 것, 또한 2차원, 3차원의 연속체 개구의 수, 부위 등 구조물 전체의 위상(topology)을 결정하는 것을 말한다.

연구사적으로는, 전자의 치수 최적화 문제로서 변형 및 응력이 이미 설정된 범위를 넘지 않는다는 제약조건 아래, 중량을 최소화하거나 강성이 최대화 되도록 보의 단면 형상 및 트러스의 단면적 분포를 정하는 문제가 이미 1950년경에 수리계획법 응용으로서 연구되어 있다. 이와는 달리 후자인 위상 최적화는 수십 년간 거의 손대지 않고 있으며, 1990년경에야 연구되기 시작하였다. 이때의 역사에는 앞에서 언급한 계산기 고속화가 깊게 관여하고 있다.

한편, 「최적화」라는 표현은 수리계획법의 전문용어이고, 목적함수를 제약조건 아래서 최대화 또는 최소화 한다고 하고, 이와 같은 조건을 만족하는 수리계획 문제의 해를 「최적해」라고 한다. 「최적해」라는 용어는 「가장 적합한 해」혹은 「가장 좋은 해」등으로 해석되지만 이것은 오해이고, 상기와 같은 수리계획 문제의 해를 의미하는 전문용어일 뿐이다.

그런데, 구조최적화의 연구는 기계공학, 특히 항공기 및 자동차 분야에서 과거 20년 사이에 눈부신 발전을 이루어 왔고, 소프트웨어도 이미 시판되고 있다. 동종의 연구는 건축구조 분야에서도 행해져 왔으나, 아직 실용화에 이르지 못했다. 근본적으로 건축물은 기계 부품과 같이 획일 대량 생산되는 것이 적을 뿐만 아니라, 딱딱함 및 단단함, 혹은 가벼움 등의 구조성능 이외에, 시공성, 경제성, 사회성, 심미성이라는 과학적 정량화에 응화되지 않는 요소도 동시에 고려할 필요가 있고, 비용 및 중량의 최소화라는 단일 목적을 노린 방법은 건축 영역에서는 큰 의미를 갖지 않았던 것이 그 주된 원인이다.

이와 같이 중량 및 강성 등의 구조역학 량을 최소화, 최대화 하려는 구조형식 및 위상을 정하는 문제

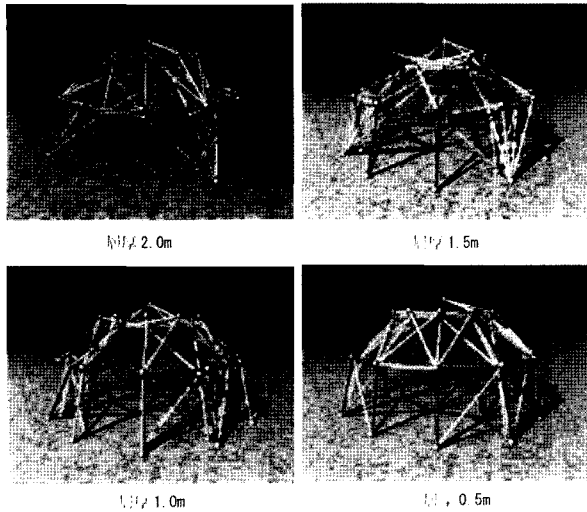
가 구조 최적화 문제이지만, 건축에서는 그러한 단기능 목적함수를 대상으로 하는 것은 현실적이지 않다. 즉, 응력 및 변형 등의 역학적인 제약조건, 건축계획적인 요청 및 법규에 의한 각종 조건도 만족하고, 또한 비용 및 중량을 가능한 범위 내에서 작게 하려는 과정에서 탄생하는 복수의 어느 정도 좋은 해, 이것을 「우량해 (Better Solution)」라고 하면, 이 우량해를 손쉽게 제시할 수 있는 수법이 있으면 유용할 것이다. 이것은 유일무이의 최적해를 구하는 「구조 최적화 (Structural Optimization)」와 구별하여 「구조 우량화 (Structural Betterization)」라 불러야 하고, 이것을 실현하는 방법이 필자가 제안하는 구조형태 창생법 (Computational Morphogenesis)라 불리는 것이다.

이와 같이 구조형태 創生법은 역학적 기하학적 혹은 건축계획적 조건에 따라 복수의 우량해를 제시하기 위한 수법이다. 이것은 역학적 합목적적 디자인을 지향하는 것이고, 이로부터 創生되는 형태에 기초한 구조 디자인 수법은 이미 실제 설계에서 이용되고 있고, 구조설계 방법으로서 새로운 흐름을 만들어 가고 있다.

5. 구조형태 創生법

5.1 유전적 알고리즘 이용

다윈의 진화론에 기초한 생물의 진화 과정에서 적합종 발생 메카니즘을 응용하고, 조합하여 최적화 문제를 풀기 위한 탐색법으로 한 것이 유전적 알고리즘 (GA, Genetic Algorithm)이다. 이 수법은 공업 생산계획 및 네트워크 최적화 문제에 적용할 의도로 J. H. Holland에 의해 도입된 것이고, 초기 발전 단계에서는 유전적 계획법 (Genetic Plans)이라 불렀다. 그 후 Michigan 대학에서의 그의 대학원생이고, 나중에 동대학의 유전적 알고리즘 연구소를 창설한 초대 소장이었던 D. E. Goldberg가 플랜트 시설에서의 가스, 파이프라인 최적 배치문제에 GA를 응용하여 큰 성공을 거뒀다. 이후 여러 분야에 응용되고, 현재도 적극적인 연구가 계속되고 있다. 그런데 이 수법의 큰 특징 중의 하나로, 정수 및 자연수 등 이산적인 변수를 어려움 없이 다룰 수 있는 점을



<그림 4> 더블 레이어 트러스 돔

들 수 있다. 이것은 매우 중요한 특징이고, 여기서 다루는 구조형태 창생의 관점에서 말하면, 구조 시스템을 구성하는 부재로서, 예를 들어 JIS 등에 의한 규격제품을 선정 대상으로 한 최적화를 행할 수 있다는 이점으로서 위력을 발휘한다.

GA에는 이와 같은 이산변수를 직접 다룰 수 있는 강력한 수법이라는 특징 외에, 최적해에 준하는 해(준최적해)를 <여러 개> 생산할 수 있다는 것 또한 큰 특징이고, 이것은 이 수법이 건축에 응용되었을 때에 결정적인 역할을 한다. 즉, GA는 본질적인 성질로서 반복계산(진화) 과정으로 다수의 해답을 집단으로서 개량해 가는 독특한 과정을 갖고 있고, 이것은 인간이 이 해답군에서 부가적인 판단에 기초하여 적절히 설계해를 선택하는데 도움이 된다. 이와 같은 적절하게 우수한 여러 개의 해를 제시할 수 있는 GA가 갖는 특성은 역학적으로 우수한 것만을 구하는 해가 아니고, 시공성, 경제성, 사회성, 심미성 등, 과학적 정량적인 취급에는 용화되지 않는 요소도 동시에 고려할 필요가 있는 건축설계 과정에 매우 유용하다.

<그림 4>에 2개의 서로 다른 직경을 갖는 동심구 면내(외구면 직경 20cm)에, 제약으로서 변형 최대치와 부재 축력 한계를 주어, 연직 자중하에서 가능한 가벼운 입체트러스 구조를 구하는 문제에 GA를 이용한 예를 나타낸다. 층 두께를 변화시키면 여러 가지 트러스가 얻어짐을 알 수 있다. 그림 중의 빨간색은 높은 축압축, 파랑색은 높은 인장축력이 생기

는 것을 나타내고 있다. 산뜻하지는 않으나 도시된 것은 조건을 설정 후, 계산기가 제안한 트러스이다.

5.2 확장 ESO법의 이용

구조의 「모양」을 직접 만들어 내기 위해서 불필요한 부분은 떼어내고, 필요한 부분을 붙여 더하는 연속적인 작업을 계산기로 시켜 구조물의 역학적인 성상에 기초한 형태를 만들어 낸다. 확장 ESO법의 아이디어는 그러한 단순한 발상에 기초하고 있다. 이 수법은 1997년 Y. M. Xie 등에 의해 도입된 ESO(Evolutionary Structural Optimization)법에 필자가 개량을 더하여 새롭게 개발한 수법이다. <그림 5>에 2차원 교량구조, <그림 6> 및 <그림 7>에 3차원

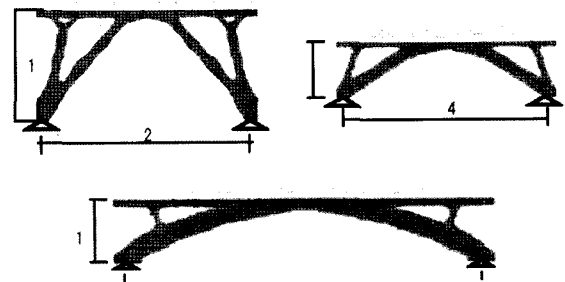


图5 二次元上路橋

<그림 5> 2차원 다리

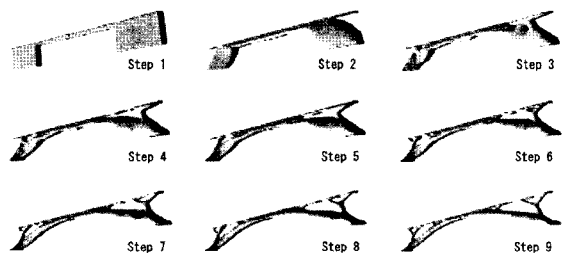
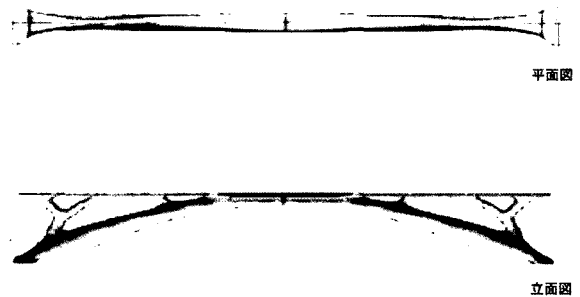
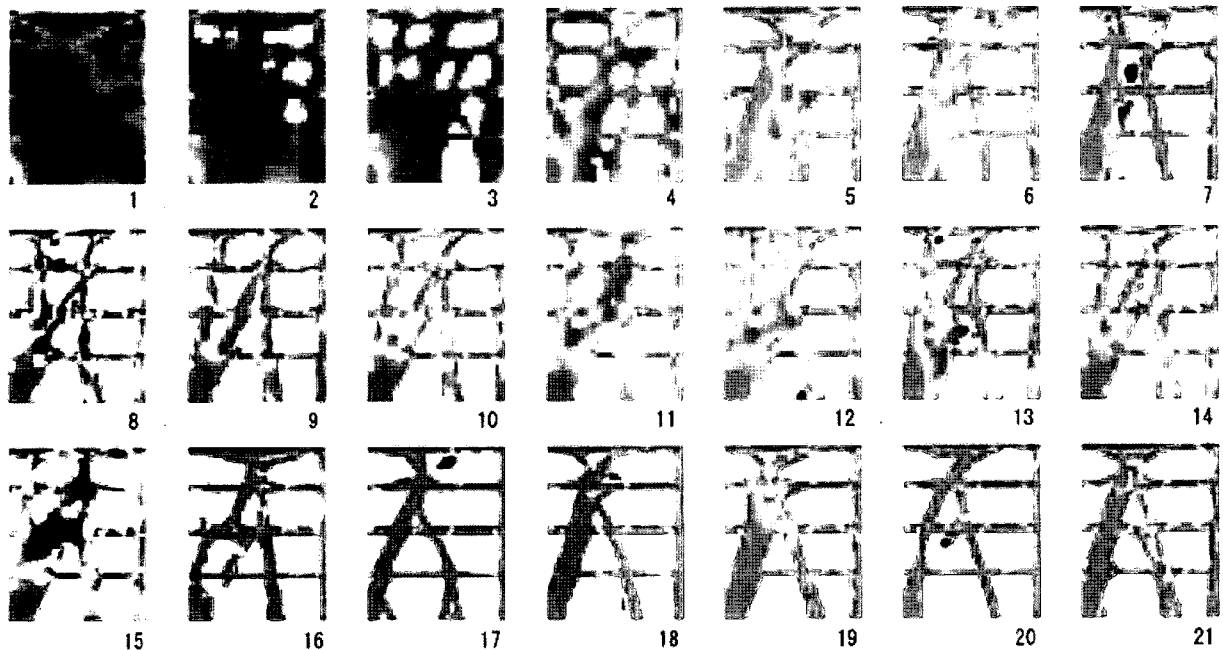


图6 三次元上路橋(進化過程)

<그림 6> 3차원 다리(진화 과정)



<그림 7> 3차원 다리(상세)



<그림 8> 벽면의 진화 과정



<그림 9> 芥川프로젝트서쪽벽면

교량구조에 대해서 각 각 von Mises의 응력을 이용한 확장 ESO법으로 얻어지는 구조형태를 나타내고 있다. 이 방법에 의하면, 구조형태는 하중조건에 따

라 반복 계산과정에서 점점 변화한다. <그림 8>에 芥川프로젝트라 불리는 오피스 빌딩의 벽체 디자인을 했을 때의 진화 과정을 나타낸다. 그림에 나타낸 각 과정에서 발생하는 구조형태는 주어진 기하학적인 조건을 만족하고, 응력이 균질한 분포를 약속하는 구조형태임을 일정 범위에서 보증된 것이 된다. 이들 구조형태 중 어느 것을 설계에 채용할 것인가는 이 수법을 사용하는 설계자에 달려 있고, 설계자는 여기서 「선택」한 형태를 출발점으로 하여 고려해야 할 다른 조건, 예를 들어, 시공성, 경제성, 디자인성 등을 고민하여 최종적인 형태에 도달하게 된다. 앞 절에서 기술한 유전적 알고리즘과 마찬가지로, 이러한 의미에서 계산기는 구조형태 제안자로서의 역할을 하게 된다. <그림 9>에 준공한 건물의 서쪽 벽면 사진을 나타낸다.

6. 구조 디자인의 신사조

컴퓨터의 고속화는 칩 위에 프린트 되는 전자회로의 초고밀도화와 함께 가속되어 오고 있고, 40년 전에 경험적으로 제창된 무어의 법칙은 이제 끝났다고 하면서도 여전히 건재하고 있고, 새로운 노광기술의 등장으로 적어도 7년은 연명되었다고 하며,

앞으로도 당분간은 이어갈 것 같다.

건축계획에 따라 미리 주어진 건축구조 디테일이 바람 지진 등과 같은 시공간에서 복잡한 분포를 갖는 외력에 대해서 안전도가 여부를 구조역학 및 유체역학에 기초한 시뮬레이션으로 예측하는 기술은 이미 성숙하여 익숙하고, 이 분야의 연구는 보다 정밀하게, 보다 고속으로, 보다 시각적으로 사용하기 쉽게 라고 하는 기존 기술의 개량, 정밀 세분화에 중심이 이동하고 있다.

한편 수리계획법의 수학에 이론적 기초를 두는 구조 최적화 기술은 저가적이면서 초고속 대용량 능력을 갖는 컴퓨터의 힘으로 20세기 후반에 달성된 구조 위상 최적화법에 도달이라는 구조공학의 역사에 남는 획기적인 신전개를 배경으로 서서히 확실하게 응용 분야를 넓혀가고 있다. 이와 같은 컴퓨터 기술의 혁신적인 발전을 배경으로 한, 최근에 보는 건축구조설계의 질적인 변화는 주어진 구조물을 해석하는 행위부터, 주어진 조건하에서 구조물을 창생하는 행위로 흐름 방향을 크게 변화시키는 원동력이 되어 있다. 신기술의 도입에 의욕적인 건축가 및 구조가는 이미 이 기술을 건축형태를 발상하는 디자인 파트너로서 이용하기 시작했고, 이것이 최근에 보는 구조 디자인 변화의 하나의 특징적인 양상이다.

근대건축 디자인이 구조와 스킨의 의식적인 분리를 수반하는 것이었으나, 최근의 컴퓨터 기술이 갖는 미증유의 강력한 힘으로 실현된 구조 최적화 기술의 구조 디자인에의 응용이 구조와 스킨의 융합을 지향한 새로운 사조를 만들고 있다고 볼 수 있다. 건축미가 구조적 합리성에 있다고 하는 坪井善勝의 말은, 합리성에 기초한 건축을 만들려고 하는 새로운 시도에 의해, 규범적 표현에서 창조를 위한 하나의 수법을 시사한 것으로 모양을 바꾸어 재인식되어 가고 있다.

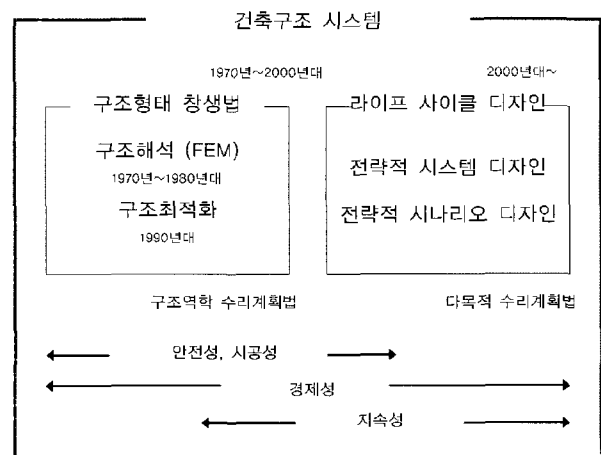
7. 세계의 움직임

국제 셸 공간구조학회(IASS: International Association for Shell and Spatial Engineering)라는 국제학회가 있다. 1959년에 구조가 Eduardo Torroja에 의해 만들어진 국

제학회이고, 창설 이래 매년 세계의 도시에서 년차대회가 거행되고 있고, 여기에는 셸 및 공간구조에 관한 일을 하고 있는 연구자, 기술자, 나아가 건축가 및 공업 디자이너까지 폭 넓은 분야의 사람들이 세계에서 모이고, 최신 연구 및 작품을 발표하는 활기찬 집회가 열리고 있다. 또한 이 학회는 활동을 보다 효과적으로 하기 위해서 몇 개의 전문 분과위로 나뉘어 각각 20명 전후의 멤버가 소속되어 개별로도 활동하고 있다. 필자는 그 중에 WG13 (수치해석)의 부위원장으로 활동하고 있으나, 최근 Sub-WG on Computational Morphogenesis (구조형태 창생)을 설립했다. 앞으로는 이것을 세계의 연구자, 기술자에게 관련한 기술 및 연구성과를 발표하는 거점의 하나로 하고 싶은 생각이다. 2006년 10월에는 이 그룹이 중심이 되어 IWCM2006 (International Workshop on Computational Morphogenesis 2006)을 나고야 대학에서 개최하여, 이 분야에서 최근 활동하고 있는 연구자, 기술자, 건축가들과 정보 교환을 하고, 앞으로 이 분야의 장래 전망을 할 계획이다.

8. 앞으로의 전망

일본내 전산업의 생애 이산화탄소 배출량에 건축산업이 점하는 비율은 약36%이고, 건축학회에서는 이 중 약30%의 삭감이 가능하다고 하고 있고, 이것을 목표로 회원이 각자 지킬 수 있는 범위에서 이를 달성하기 위해 노력하도록 요구하고 있다. 앞에서



〈그림 10〉 건축구조 시스템 제안

언급한 최적화 수법 중 최근 주목을 받고 있는 휴리스틱 수법이라 불리는 일련의 수법은 연속적인 사상을 다루는 종래의 수법과는 완전히 다른 것으로 변수의 비연속성과 인과관계의 블랙박화를 인정하는 큰 가능성을 갖는 수법이다. 나는 이 수법은 건축구조 생애 설계를 위해서 전략적 평가 수법으로서 앞으로 매우 유망한 것이라고 생각하고 있다. 여기서는 건축구조 설계를 재료와 시스템의 시공간에 걸친 최적 배치문제로서 다루는 새로운 개념이 도입되게 된다.

앞에서 언급한 구조형태 創生이라 불리는 수법은 구조를 만들어 내는 과정을 구조역학의 측면에서 지원하는 것으로서 생각할 수 있고, 그 개요는 거의 언급되었다. 한편, 건축구조의 생애 설계 (라이프 사이클 디자인)에 관해서는 아직 시작단계이고, 이제부터 연구개발 해야 할 것이 많다.

그런데 우리가 구하는 건축 구조물은 안전하고, 환경부하를 억제하고, 장기에 걸쳐 지속적으로 사용할 수 있어야 한다. 이런 것을 실현하기 위해서 구조에서 지향해야 할 것은 상기의 두 가지를 결합한 구조설계 방법 제안이라고 생각한다. 이것은 이미 기술한 고속 대용량 컴퓨터의 효과적인 이용으로 실현 가능하다. <그림 10>의 <건축구조 시스템 제안>이 그것이다.

여기서는 Life Cycle Design을 시공간에 걸쳐 최적화 문제로서 다루고, 이것을 앞에서 언급한 우량화 수법 중 유전적 알고리즘으로 푸는 수법이 채용될 수 있다고 생각하고 있다.

9. 혼돈 속의 꿈

20세기가 끝나가는 1997년에 컴퓨터 분야에서 새로운 세기의 징조라고도 생각할 수 있는 흥미로운 사건이 있었다. IBM 컴퓨터, 딥 블루가 체스의 세계 챔피언을 이겼다는 사건이다. 실은 이 대국이 두 번째이고, 첫 번째에서 석패를 맞본 딥 블루는 챔피언의 모든 기술을 완전히 기억하고 리턴 매치에 임했던 것이었다. 보도에 의하면 딥 블루는 그 때까지 주요 대국 기록을 기억하고, 이들 데이터를 고속 검색하면서 우위의 수순을 찾아냈다고 하므로 추리력이라기보다는 기억력으로 승리했다고 말할 수 있다. 그래도 이 「사건」은 컴퓨터를 이야기할 때 획기적인 사건이었음에는 변함이 없다. 이것은 상상을 넘어선 기억력이 명인이 갖는 무언가를 넘어선 역사적인 사건이었기 때문이다.

「(구조역학이란) 구조물이 외력을 받을 때, 구조물 내부에 어떠한 힘을 받는가? 또한, 어떻게 변형하는가를 연구하는 (학문이다)」

선배들의 정의는 지금도 엄정하다. 다만, 이 체계를 이용하여 만들어 가는 설계를 위한 도구 수립에 무언가 할 수 있을 것 같다. 혼돈 속에서 모색은 계속된다.