Historia Mathematica Vol. 15, No. 1, 2002, 99-108

수학과 건축

배재대학교 전산정보수학과 **김성숙**
대구카톨릭대학교 수학과 **김주영**

Abstract

Historically, architecture was part of mathematics and architects were mathematicians. In this paper, we attempted to analyze the architecture from the mathematical point of view and conclude that pursuit of beauty and balance lead to the mathematically rigorous shape. For example, the golden ratio in the Great Pyramid and Parthenon prevail in the modern arts and architecture. We also conclude that mathematics is not invention but discovery at least in the area of architecture.

0. 서론

건축(architecture)의 어원은 그리스어의 Architekton 또는 Latin어의 Architectura로서 큰 기술을 의미한다. 따라서 건축이란 종합적으로 계획하고 구축하는 기술을 의미하며 건축가(Architect)는 기술을 총합하는 사람이었다. 역사적으로 볼 때 건축은 수학의 한 분야였고 본질적으로 기하학의 시초는 패턴의 연구였기에 기하학과 건축은 분리될 수 없는 관계였다. 지금까지 경이롭게 여기는 건축물인 피라미드와 고대 바빌로니아의 사원을 건축하고 측량하고 수로를 만들었던 건축자들이 모두 수학자들이었다. 로마의 Vitruvius의 시대의 건축가들은 수학, 천문, 지리 등 여러 가지 기술을 다루었고 르네상스시대에도 건축설계에 기하학을 이용한 투시화법 등이 수학자이며 건축가인 사람들에 의하여 도입되었다. 그 후 19세기에 들어와 문명이 발달하고 기술이 점차 다방면으로 분화해 나가기 시작하면서 건축가는 설계와 건물을 짓는 것만을 전문으로 하게 되었다.

1. 피라미드와 황금비

피라미드는 기원전 2575년경에 쿠푸(Khufu)왕을 위하여 이집트의 기자(Giza)에 세워졌는데 이 피라미드의 측량에 관하여 쓴 논문들을 보면 황금비(Golden Ratio)와 그 수의 제곱근이 발견된다고 한다. 이로 미루어 보아 인류가 황금분할의 개념과 효용가치를 안 것은 훨씬 그 이전부터일 것이라는 추측이 가능하다. 황금비의 정확한 정의는 $\phi/1=(1+\phi)/\phi$ 가 되는 수 ϕ이다. 황금비라고 부르는 이유는 이 수가 비율로 정의되기 때문이다. ϕ를 구하기 위하여 $\phi^2=1+\phi$를 근의 공식을 사용하여 풀면 $\phi=\frac{1\pm\sqrt{5}}{2}$가 나오며 $\frac{1+\sqrt{5}}{2}=$ 1.618033989…가 된다. 피라미드의 모양을 설명하는 많은 학설들은 피라미드 건축이 소수 한 자리 측정법을 지켰다고 주장한다. 이 측정법을 지키기는 어려웠겠지만. 피라미드의 건축을 분석해 볼 때 의심할 여지가 없다. 그렇다면 수적인 일치가 정말로 우연의 일치인지 또는 피라미드의 건축가가 마음속에 어떤 수의 비율을 정해서 설계하였는지 생각해보자. 황금비가 관련된 예를 생각해보면 황금비는 1.618033989이고 $\sec^{-1}(1.618033989)=51°\ 50'$이다. 기자(Giza)의 대 피라미드는 정사각형 토대 위에 쌓아올린 삼각뿔의 형태로 밑변의 한 변의 길이는 230.363m이고 높이는 146.515m이다. 밑변 길이의 반을 구하면 $230.363\div2=115.182$m가 되므로 피타고라스 정리에 의하여 빗변의 제곱을 구하면 $146.515^2+115.1822^2=34.733^2$이 되어 빗변의 길이는 18636.9mm가 된다. 빗변의 길이를 밑변 길이의 반으로 나누면 유명한 황금비와 거의 비슷한 0.61804가 나타나고 있음을 알 수 있다. 이것이 우연일 수가 있을까? 만일 우연이라면 수평면에 대한 피라미드의 경사도가 51° 50'인 것도 우연일 수가 있을까? 이것 외에도 더 놀라운 것은 높이 0.78615에 2×3.14를 곱하면 4.937002가 나오는데 이것은 피라미드 둘레의 값과 같다. 약간의 수치상의 오차가 있는데 이것은 π값을 3.14라고 두고 계산했기 때문이다. 보다 정밀한 π값을 적용하면 그 오차는 더 줄어든다. 이것은 무엇을 의미하는 것일까? 피라미드의 높이는 원의 반경에 해당하고 둘레는 원의 둘레를 의미하는 것이 분명하다. 그렇게 의도된 설계가 아니라면 이렇게 정밀하게 일치할 리가 없다. 사실 0.618034라는 수는 신기한 수이다. 이것을 0.78615로 나누면 신기하게도 0.78615가 나오기 때문이다. 다시 말해서 0.78615를 제곱하면 황금비 0.618034를 얻는다[5]. 1855년에 F. Rober가 처음으로 피라미드의 건축에 황금비가 사용되었다고 주장한 이후 많은 학자들은 Rober를 지지하였고 어떻게 이집트인이 황금비를 사용했는가에 대하여 더 자세히 논문을 썼다. 그러나 L. Pepe는 많은 황금 수가 나타나는 이유는 건축자들이 미리 황금비를 계획해서 건축하여서가 아니라 건축을 하면서 여러 번의 시행착오를 하면서 경험으로 터득했기 때문이라 한다. 사실 피라미드 건축에 정교한 기하학이 쓰인 증거는 하나도 남아있지 않다[8].

2. 고대 그리스의 건축

역사에 남아있는 기록 중에 첫 번째로 건축에 영향을 준 수학자는 피타고라스 학파이다. 피타고라스 학파에게는 수가 종교적인 의미가 있었다. '모든 것의 근원은 수이다' 라는 피타

고라스 학파의 신조는 건축에 지대한 영향을 미쳤다. 그들은 황금비 안에서 우주질서의 비밀을 느꼈다. 그들은 황금비를 단순한 숫자의 비율로 생각하지 않고 '신의 비율'(divine proportion) 또는 '신성한 비율'(sacred ratio)이라 하여 신성한 상징으로 인식했고 황금비로 말미암아 숫자를 더욱 신비스럽게 생각하게 되었다. 피타고라스는 수학적, 기하학적 형태의 조화야말로 아름다움이라고 하였다. 즉, 악기가 내는 소리의 진동수 비율과 그 비율이 음높이의 차이에 의해 순서대로 나타날 때 음계와 선율의 아름다움이 나타나며, 이런 수의 질서가 천체의 운행이나 인생의 질서를 유지한다고 보았다. 피타고라스 학파들에게 수는 기하학적인 성질이었다. 피타고라스 학파들은 정사각수, 직사각수, 정삼각수들을 만들었고 기하학은 모양의 연구이고 모양은 수에 의해 결정된다고 생각하였고 비율에 근거한 미학의 개념을 발전시켰다. 그는 "황금비는 이 세상의 모든 피조물에 존재한다. 사람의 키와 배꼽의 높이의 비를 계산해 보라. 대신전의 두 벽의 길이의 비, 별의 긴 변과 짧은 변의 길이의 비, 왜 그런가? 전체에 대한 큰 것의 비는 큰 것에 대한 작은 것의 비와 같기 때문이다[2]. 기하학적인 규칙으로 아름다움과 조화가 표현되었으며 이것은 대칭과 함께 건축에 사용되었다. 대칭이라는 단어는 고대 그리스 건축용어인 모양의 반복과 건물 전체와 건물의 가장 작은 부분과의 비례를 뜻했던 symmetria에서 온 것이다[8].

그리스의 고대 건축물인 파르테논은 가장 아름다운 공간의 황금비 비율로 지어졌다고 한다. 그 외부윤곽은 완벽한 황금분할 사각형이며 이 비율은 건물의 곳곳에 적용되고 있다. 기원전 480년 전에 아테네에 있던 Acropolis는 2번째 페르시아 전쟁 때 페르시안에 의하여 모두 파괴되었다. 그 때가 바로 피타고라스가 죽었을 무렵이었다. 그리스가 Salamis와 Plataea에서 페르시아에게 이겼을 때 그리스인들은 오랜 동안 아테네를 재건축하지 않았고 기원전 451년 그 전쟁이 종식된 후에야 재건할 상황이 되었다. 아테네 시장이었던 Pericles는 기원전 447년에 파르테논사원의 재건을 시작할 때 조각가 Phidias와 건축가 Ictinus 와 Callicrates를 이 건축에 고용하였다.[8] 20세기에 와서 그리스의 가장 위대한 건축가이며 조각가였던 Phidias의 첫글자를 따서 황금비에 phi(Φ)라는 이름을 붙였다고 한다[1].

Rober는 또한 파르테논의 아테네 신전 건축에도 황금비가 쓰였다고 주장한다[8]. 오늘날 대부분의 사람들은 파르테논 건물이 황금비 사용에 의해 매우 뛰어난 아름다움을 이루었다고 생각한다. 피타고라스 학파의 황금비의 수학적 원리가 어떻게 길이를 결정하였는지 파르테논의 규격에 대하여 살펴보자. Berger는 [13]에서 아테네의 파르테논 신전의 건축에 피타고라스의 작은 수 비율의 아이디어가 사용되었다고 말하고 있다. 그 비 2:3과 그 제곱 4:9는 건축의 기본이다. 4:9의 기본 사각형이 밑변과 높이가 각각 3과 4인 사각형 3개를 사용하여 건축되었다. 이런 형태의 건축은 3:4:5인 피타고라스 학파의 삼각형이 건물을 짓는데 정확히 직각을 이루도록 보증하는데 효과적이었다. 사원의 길이는 69.5m, 너비는 30.88m, 처마까지의 높이는 13.72m이다. 이것을 정확하게 비율로 말하면 폭:길이=4:9이고 반면에 높이:폭=4 : 9이다. Berger는 이 비율로 만들기 위하여 가장 큰 분모를 택했다. 높이:폭:길이=16:36:81는 기본단위 0.858m를 준다. 그러면 신전의 길이는 9^2단위이고, 폭은 6^2단위, 높이는 4^2단위이다. 이 기본단위는 도처에 사용되었다. 예를 들면 신전의 높이는 21 기본단

위이고 기둥의 높이는 12 기본단위이다. 그리스 신전 안에 신들의 상이 놓여진 부분을 naos 라 불렀는데 폭은 21.44m이고 길이는 48.3m이어서 비율이 4:9가 된다. 그 원주기둥의 지름은 1.905m이고 그들의 축으로부터의 거리는 4.293m이기에 또다시 4:9의 비율이 된다[8].

3. Vitruvius와 고대건축

로마의 건축가였던 Vitruvius는 고대 건축의 수학적 방법들에 관하여 De architectura라는 제목으로 10권의 책 **건축십서**를 썼다. 이것은 건축에 대하여 쓰여진 책 중에 현존하는 가장 오래된 책으로 라틴어로 쓰였으며 후에 Alberti가 **건축십서**를 **건축론**이라는 이름으로 분석하여 정리하였고 지금은 영어로도 번역이 되어 있다. Vitruvius는 건축가이며 토목공학자였으며 로마의 건축을 맡고 있었다. 그의 열 권의 책 내용은 다음과 같다[3, 8].

제 1서	총론: 건축가의 교육, 이론과 실제, 건축의 기본원리와 건축의 3요소(편리함, 튼튼함, 아름다움)
제 2서	주거건축: 그 기원과 각 재료들의 성질과 구조
제 3서	신전 건축: 인체와 신전에서의 대칭성, 신전의 기초 및 하부구조 각 부분의 비례
제 4서	Orders: 3 order의 기원, 신전의 각 부분
제 5서	공공건축물: 포럼, 극장, 공중목욕탕, 음악, 항구 등
제 6서	도시와 별장들: 균제비례(Symmetry)와 그것을 대지에 따른 변형 주요 실들의 비례, 각 실들의 위치
제 7서	실내장식: 바닥, 벽 마감, 마감 색채
제 8서	상수도설비: 물의 공급방법, 선정
제 9서	천문, 기타: 해시계 만드는 법
제10서	군에 적용되는 기계제작

그는 이 책에서 건축의 목적과 본질은 효용성, 견고함, 아름다움에 있다고 말한다. 그가 제시한 이 세 가지 기준은 이후 16세기 영국의 외교관이자 건축학자인 Henry Wotton을 거쳐서 현대 건축학에서 기능, 구조, 아름다움이라는 건축의 3대 요소가 되고 있다[7]. 제 5서의 음악은 건축에 관한 책에 들어가지 않아야 할 것 같지만 Vitruvius는 젊은 건축가들의 교육을 위하여 일반적인 교육의 주제를 다루었다. 그의 3번째 책은 대칭에 관한 글로서 사원 설계에서 대칭과 비율의 사용에 대하여 다음과 같이 쓰고있다.

"대칭과 비례가 없이는 즉, 멋진 인간의 몸의 비율처럼 숫자들 사이의 어떤 정확한 관련이 없다면, 어떤 신전의 설계에도 원칙이 있을 수 없다."

Vitruvius에게는 인간의 몸의 비율들이 아름다움을 성취하는 기본이었고 사원의 비율들도 인간 몸의 비율들을 따라야 한다고 말한다. 인체의 치수는 간단한 비례를 형성하는데, 안면은 턱에서 이마 위 머리카락이 있는 부분까지로 신장의 10분의 1이고, 손바닥은 손목에서 장지 끝까지로 팔길이의 10분의 1이며, 머리는 턱에서 머리끝까지로 신장의 8분의 1이라는 것이다. 또, 인체는 간단한 기하학적 도형에 들어맞으며, 사람이 손과 발을 펴고 드러누웠을 때 컴퍼스의 선단을 배꼽에 놓고서 원을 그리면 손과 발끝이 이 원주선에 닿는다. 또 양발을 붙이고 양손을 펼치면 정방형이 된다. 그는 자연이 바로 인체를 이처럼 전체적으로 비례에 맞추어 만들었으므로 신전도 이러한 비례로 만들어야 한다고 하였다[4].

우리가 일반적으로 아름답다고 느껴지는 몸매를 가진 팔등신의 여인들의 몸 전체길이와 발바닥에서부터 배꼽까지의 길이를 비교하면 이 길이는 정확히 몸 전체의 61.8%에 해당되며 이 것 역시 황금비와 관련이 있다. Vitruvius는 원과 정사각형은 펼쳐진 인간의 몸의 기하학에 가깝기 때문에 원과 정사각형이 건축의 설계에서 완전한 모양이라고 말했으며 인간은 하나님의 형상으로 만들어졌기 때문에 완전한 것이라고 믿었다. 최근에는 고대 그리스 사원에서 황금비가 발견된 증거가 인간의 몸의 비율과 관계가 있다고 설명되어진다.

4. Brunelleschi의 투시화법(원근법)과 Alberti

금세공으로 훈련을 받은 Brunelleschi는 로마를 방문하였을 때에 건축에 대한 기술을 익혔다. 그는 특히 둥근 천장들, 둥근 지붕과 같은 건축의 요소들의 작도를 공부하면서 목욕탕, 원형경기장과 사원들을 포함한 아주 많은 고대 건물들을 그렸다. 그는 플로렌스 성당의 돔의 설계에 응모하여 당선되어서 르네상스 건축의 상징적 출발점이 되었다. 그의 건축 연구의 목적은 로마 건축을 재현하려는 것이 아니고 그 시대의 건축을 풍요롭게 하며 그의 설계기술을 완전하게 하려는 것이었다. Brunelleschi의 가장 중요한 업적 중 하나는 투시화법(원근법)의 원리들을 발견한 것이다. 투시화법(원근법)의 원리란 캔버스에 그림 그릴 때 3차원을 2차원 평면에 현실감 있게 표현하기 위해 필요한 것이다. 그 전의 학자들도 원근법의 원리들 중 어떤 것들은 이해하였다 그러나 어느 누구도 원근법에 대하여 책을 쓰지 않았던 것 같다. Brunelleschi의 원근법의 이해는 건물들을 설계하는 데에 사용되어졌다. 그는 비율의 법칙과 고대의 대칭을 따르는 것을 중요하게 생각했으며 모든 관람자들이 볼 수 있는 아름다움의 수학적 원리를 원했다. 어떤 의미에서는 그는 어느 각도에서 보아도 똑같은, 그리고 실제의 비율보다는 보여지는 비율이 똑같은, 비율의 변하지 않는 성질을 얻으려고 시도하였다. Brunelleschi의 시대에는 많은 유명한 수학자들이 건축에 기여했다.[8] Brunelleschi의 원근법을 처음으로 책으로 저술한 Alberti는 “자연이 창조한 인체를 가능한 한 많이 닮도록 작품을 제작한다.” 라는 말을 통해 중세에 상실되었던 자연에 좀 더 근접한 모방의 수단을 찾고자 했다. Alberti는 비례와 원근법에 수학적으로 기초한 이론이 그림과

학문의 공통 기반이 될 수 있다는 사실을 알았다. 그는 “건축의 본질은 질서와 비례의 법칙에 의한 미”라는 이론을 정립하였고 로마시대의 건축이론가 Vitruvius의 건축이론서인 **건축십서**를 분석정리한 **건축론**을 저술하여 고전건축의 구성원리를 정리하여 르네상스 건축가들에게 큰 영향을 주었다[6]. 그는 건축학연구에서 동기를 부여받아 비율의 일반적인 이론을 개발하였던 여러 수학자들 중 하나였다. 그 후 레오나르도는 Alberti의 아이디어를 받아들여 확장시켰다[8].

5. 레오나르도 다빈치의 수학과 건축

수학사에 있어서의 르네상스의 의의는 바로 이 새로운 예술의 탄생과 깊은 관련이 있다. 비록 획기적인 수학 이론을 낳지는 않았지만 예술과의 접점에서 새로운 연구 분야가 개척되었다는 점에서 중요한 의의가 있다. 장인적 경험에만 의지하고, 수공업적 기술을 멸시한 채 사변적 세계에 파묻혔던 태도로부터 장인적 실천을 본받은 관찰과 실험을 바탕으로 한 기술과 이론의 결합, 즉 예술과 수학의 상호 교류라는 형태로 나타난 것이다. 이 시기의 이탈리아에서는 도시의 성장에 따라 장인 중에도 학문에 대한 조예와 높은 교양을 갖추고, 자신들의 기술적 · 예술적 행위를 이론적으로 따지는 고급장인이 있었다. 그 중 레오나르도 다빈치는 60구 이상의 인체를 해부하여 그것들을 모두 노트에 묘사하였으며, 그 밖에 축성, 운하, 선박, 교량의 건설을 계획하였다. 또한 새가 나는 모습을 연구하여 비행기를 고안했던 이야기는 너무도 유명하다. 그의 독창력은 경험적 · 수동적이었다기보다 자신이 가진 수학적 지식을 십분 활용하는 등의 적극성을 보였다. 즉, 기하학적인 투시화법을 그림을 그리는데 실제로 활용했다는 것이다. 그는 건축에 대하여 폭넓게 이해하고 있었고 건축에 관한 글들을 모아 **건축론**이라는 책을 저술했다. 현재 프랑스 학술원에 분류, 소장되어 있는 그의 **건축론**은 건축의 형태와 양식뿐 아니라 항목들과 종교적인 건축과 일반적인 건축 및 둥근 천장, 계단, 창문 등의 중요한 세부 요소들에 대한 개요가 포함되어있다. 이처럼 건축에 대한 그의 연구는 그 개념의 풍부함에서 그 시대 건축의 성과에 대한 폭넓은 통찰력을 보여준다. 르네상스시기에 레오나르도는 한가지의 예술에 국한되지 않았으며 다양한 방면에 연구하고 활동하였다. 그의 노트를 보면 도형의 그림과 수식으로 가득 채웠고 ‘기하학을 모르는 자는 들어오지 말라.’는 Plato의 말을 써 놓았는데 이것은 그가 수학을 얼마나 중요하게 생각했는지를 보여준다. 그의 노트에 피타고라스의 정리를 증명한 것과 정사면체의 중심을 찾은 증명과 정다각형의 작도, 무게중심에 대한 고찰이 적혀 있다. 그의 노트는 예술과 과학기술을 구별할 필요가 없다는 점을 명확히 보여주고 있다. 다른 예술가들과는 달리 작품을 그리는 일이 지체된 것도 스케치 옆에 과학논문이 들어가 있어야 한다는 그의 고집스런 생각 때문이었다. 그는 다양한 컴퍼스를 고안해 내었는데, 닮은꼴을 그릴 수 있는 컴퍼스를 만들기도 하였다. 또한 그는 타원을 그리는 방법에도 흥미를 느껴 타원을 그리는 특별한 컴퍼스를 고안해 내기도 하였다. 그가 그린 홍수의 범람과 소란의 그림을 보면 현대에 많은 관심이 쏠리는

카오스이론과 프랙털이론도 예견하였고 또한 그의 매듭 디자인은 현대 수학인 매듭이론을 예견하였다. 그는 "수학이 적용되지 않는 과학은 객관적 확실성이 없다."고 하였고 투철한 관찰에 의한 엄격한 사실기법을 습득하였다. 또 그림의 수법을 수련하는 과정에서는 수학이 필요함을 느꼈다. 레오나르도보다 7살이 위인 Luca는 1496년에 Milan에 와서 1497년까지 레오나르도와 같이 Pacioli의 신성한 비율에 대하여 연구하여 1509년 책으로 발간하였다. Pacioli 는 Plato의 입체의 신성한 비율의 후반부를 썼는데 이 비율은 황금비와 관계가 있다. 또한 그는 1509년에는 기하학 책 몇 권을 출판하였는데 유클리드의 저서와 신성한 비례에 대하여(De divine proportione)이라는 책이다. 신성한 비례에 대하여에서 그는 정다면체와 황금비를 다루었다[8].

6. 17세기의 수학자이며 건축가들

르네상스시대의 다른 수학자는 토목기사이며 건축가인 Francesco Clementi에게서 배운 Bombelli 이었다. Bombelli는 수학적 기술을 이용하여 설계사와 건축가로 일하였다. 수학과 건축을 결합하여 사용한 또 다른 사람은 Bramer이었다. 그는 요새와 성을 건축하는데 감독자로 고용되었다. 그가 관련되어졌었던 실제적인 일에 의하여 알게된 사인함수들의 계산에 관한 책을 출판했다. 그는 Alberti, Durer와 Burgi의 발자취를 따라 1630년도에 정확한 기하학적인 원근법으로 그릴 수 있는 기계적인 장치를 만들었다. La Faille는 수학 그리고 군사공학을 가르쳤던 Bramer와 같은 시대의 사람이었다. 그는 성벽을 쌓는 것을 자문하는 건축가로 일했으며 역학에 관한 중요한 논문뿐만 아니라 건축에 관한 논문들도 썼다. 후에 17세기에 여러 면에서 영국 역사에서 가장 잘 알려진 건축가인 Wren이 살았다. 꽤 세련된 과학자였던 그는 건축 전문가가 되기 이전에 많은 중요한 수학의 문제들을 풀었다. 그가 수학자보다는 건축가로서 더 알려져 있지만 뉴턴은 그를 그 시대를 이끈 수학자로 생각하였다. Wren은 수학을 여러 분야의 과학적인 원리에 적용되는 주체로 보았고 그의 수학적 기술은 건축 업적에 매우 중요한 역할을 했다. 그가 함께 일했던 건축가들 중 Robert Hooke는 건축가로서보다 수학자로 더 잘 알려져 있다. 다시 수학과 건축이 밀접하게 연결된 분야가 이때에 자연적으로 숙고하여졌다. 다른 17세기의 수학자는 La Hire가 있는데 그는 건축을 연구하다 깨닫게 된 기하에 관심이 많았다. 1687년 그는 왕립 아카데미에서 수학분과의 위원장으로 임명되었다. 그의 기하의 관심은 원근법으로부터 나왔으며 원뿔의 단면도에 중요한 공헌을 하였다. 18세기에는 Poleni가 수리학, 물리학, 천문학, 고고학에 공헌을 하였다. 그는 건축가로서 일했을 뿐만 아니라 1719년 Padua 대학에서 Bernoulli 대신 수학과장으로 있었다. 그는 로마에 있는 성 베드로성당의 둥근천장의 안정성 문제를 해결하였다[9].

7. 19세기와 20세기의 변화

19세기에 와서는 과학과 예술의 분리가 시작되었다. 이 때부터 수학자와 건축가의 역할이 분리된다. 이것은 수학과 건축의 연결이 없어졌다는 말이 아니고 다만 같은 사람이 동시에 과학적이며 예술적인 양상을 갖고있지 않다는 말이다. 물론 여전히 수학과 건축에 뛰어난 사람들은 있었다. 수학과 건축에 동시에 뛰어났던 사람은 Aronhold이었다. 그는 수학적으로 invariants이론과 기하학에 뛰어난 업적을 남겼고 1851년도부터 베를린에 있는 건축 왕립 미술원에서 가르쳤고 1863년도에는 그 곳의 교수가 되었다. 이 시대에 수학과 건축에 뛰어난 다른 사람들 중에는 Brioschi와 Wiener가 있다. Brioschi는 1852년부터 1861년까지 Pavia대학의 응용수학과 교수였다. 그 곳에서 그는 역학, 건축학, 천문학을 강의하였다. 5차 방정식의 근을 구하기 위하여 elliptical modular 함수를 이용한 것이 그의 중요한 업적이다. Wiener는 1843년부터 1847년까지 Giessen대학에서 토목과 건축을 공부하였다. 그후 그는 Darmstadt에 있는 Technische Hochschule에서 물리, 역학, 수리학을 가르쳤고 기하학에 관한 책 2권을 남겼다. 19세기말과 20세기에도 건축가로 시작하여 수학자가 된 사람들이 있다. 예를 들면 프랑스인 Drach와 미국인 Wilks이다. Drach는 가족의 생계를 위하여 건축가로서 일하다가 후에 박사학위를 받아 수학자가 되었다. Wilks 는 North Texas State Teachers College에서 건축학을 공부하였다. 그는 1926년 건축학학사를 받았지만 전문적인 건축가가 되기엔 그의 나쁜 시력이 장애가 된다고 생각하여 수학으로 박사학위를 받았고 수리통계학에 공헌을 하였다. 20세기에 독특한 재능이 있었던 두 사람이 있는데 M. C. Escher와 Buckminster Fuller이다. Escher는 수학자는 아니었지만 그의 예술에는 깊은 수학적 사고가 들어있다. 그는 1919년에서 1922년까지 Haarlem의 건축과 공예 학교에서 교육받았지만 21세가 되던 해 예술을 하기 위해 건축을 포기하였다. 그는 복잡하게 상호 결합되어 있는 상반된 패턴들과 반복되는 기하학적 패턴의 조합을 표현한 작품들, 뫼비우스의 띠, 무한하게 반복되는 패턴과 수학적으로 얽힌 구조물, 공간적인 투시화법으로 유명하다.

Buckminster Fuller는 20세기에 기하학의 원리를 새로운 개념으로 건축에 도입한 토목기사, 철학자, 수학자이며 건축가였다. 그는 기능적인 목적뿐만 아니라 심미적인 목적을 위하여 단순한 기하학의 형태들을 건축에 사용한 선구자였고 구조상의 순수함으로 예술을 표현하였다. "생물의 알은 모두 구형이며, 구형은 외부의 힘에 가장 강한 모습을 보여준다."는 기본적인 논리와 자연의 미생물이 지닌 유기적인 형태 구조의 원리를 건축에 도입하려고 한 그는 1940년대 후반에 우주 전체의 이미지를 지닌 Geodesic Dome을 발명하였는데, 그의 발명은 인류의 주거문제를 개선하기 위하여 20년간 노력한 결과였다. 그의 지오데식 돔은 1967년 몬트리올 만국박람회에서 미국관으로 사용되었고, 밴쿠버에 있는 사이언스 월드 돔은 1986년에 엑스포 개최를 위한 엑스포 센터로 지어진 것으로 Buckminster Fuller의 디자인을 건축가 Bruno Freschi가 완성하였다[10, 11].

8. 석굴암의 비례

일본 학자 요네다 미요지의 "조선상대건축의 연구"에 의하면 석굴암 본존불의 각 부분의 비율은 얼굴 : 가슴 : 어깨 : 무릎=1 : 2 : 3 : 4의 비율로 구성되어서 얼굴의 길이는 총 길이의 10분의 1에 해당된다. 이 10분의 1이란 비율은 바로 인체에서 발견되는 아름다움과 안정감을 주는 비율인데 이 비율은 로마시대의 신전 건축가인 Vitruvius의 건축십서에 나오는 균제비례(Symmetry)와 같다고 여겨지고 있다. 우리의 선조가 Vitruvius의 균제비례를 여기에 적용하였다는 것이 아니라, 로마 시대의 Vitruvius가 알아낸 안정감과 아름다움의 비율을 우리의 선조들도 이미 알고 있었고 이를 실제 건축에 철저히 사용하였다고 본다. 또한 요네다 미요지는 불국사의 조형물 중 대웅전의 보간, 도리간 길이의 10분의 1로써 석가탑의 1층 기단부의 폭과 높이가 결정된 것을 발견하였다. 이러한 10분의 1이란 바로 Vitruvius가 인체의 비례관계에서 발견한 안면과 신장의 관계, 손바닥과 팔길이의 관계에서 발견되는 비례이다[12]. 불국사 대웅전을 이루는 직사각형의 윗변 중앙점을 꼭지점으로 하여 대웅전의 아랫변 꼭지점을 잇는 삼각형을 그으면 그 아래쪽 꼭지점은 남회랑의 양 꼭지점에 정확하게 일치하고, 대웅전 돌계단의 중앙을 원의 중심으로 하고, 그곳에서 다보탑의 중심을 잇는 길이를 반지름으로 한 원을 그으면, 그 위쪽은 대웅전을 이루는 직사각형의 윗변 중앙에 일치하고, 석가탑의 중심에 일치한다. 이는 Vitruvius가 말한 바와 같이 손발을 뻗친 인체가 원이나 정방형에 내접하는 관계를 그대로 실현한 것이다. 불국사의 대웅전 크기와 석가탑의 1층 탑신 크기사이에는 10분의 1의 비례관계가 존재하며, 그 비례 관계는 Vitruvius의 균제비례와 같다. 이 균제비례가 바로 석굴암과 불국사의 조형에 철저히 투영되어 있음을 알 수 있다[4].

9. 결론

피타고라스는 이 세상 모든 피조물에 황금비가 존재한다고 하였고 Vitruvius는 인간은 하나님의 형상으로 만들어졌기 때문에 완전하고 인간의 몸의 비율들이 아름다움을 성취하는 기본이며 사원의 비율들도 인간 몸의 비율들을 따라야 한다고 믿었다. 이 세상 피조물의 비례나 인체의 비례에 익숙해진 건축가들이 동일한 비례관계가 들어 있는 작품에서 안정감과 아름다움을 느꼈고, 동서양을 불문하고 이 비율은 건축가에게 아름답고 신비하고 자연스러운 느낌을 불러일으켰을 것이다. 이렇게 보면 L. Pepe가 말한 것처럼 과거의 건축자들이 미리 비례를 계획해서 건축한 것이 아니라, 아름다움과 자연스러움을 추구하는 건축을 하면서 여러 번의 시행착오를 거쳐 경험으로 터득할 수 있었다고 생각한다. 그러나 이집트의 피라미드건축에서 황금비가 발견되고, 최근에 고대 그리스 사원에서도 황금비가 발견된 증거가 인간의 몸의 비율과 관계가 있다고 설명되어지는 것을 보면 고대의 기하학자들은 이 세상 피조물과 인간의 몸의 비율의 아름다움을 깨달아 연구하고 그 비례관계를 건축설계에 응용

하였을지도 모른다. 조물주가 창조한 피조물에서 발견된 비율들이 인간들에게 아름다움, 견고함과 편리함까지 주는 것을 볼 때, 수학이 발명이 아니라 발견이라는 고다이라의 말이 건축에서도 적용되는 것이라 생각된다. 현대의 많은 건축물의 심사 기준과 홈페이지 경진대회의 심사기준[7]도 Vitruvius의 건축학 개념에서 나온 3대요소인 편리함, 견고함, 아름다움의 기준으로 심사하는 것을 보면 이미 1세기경에 확립된 "인간은 하나님의 형상으로 만들어졌기 때문에 완전하고 인간의 몸의 비율들이 아름다움을 성취하는 기본이다."라는 Vitruvius의 이론이 아직까지 건축물이 갖추어야 할 기본적 속성으로 간주되어 큰 영향을 미친다는 것을 볼 때, 수학과 건축학 모두가 조물주가 이미 만들어 놓은 아름다움과 진리를 추구하는 학문이라 생각된다.

참고 문헌

1. 마이클 슈나이더(이충호역), **자연, 예술, 과학의 수학적 원형**, 경문사, 2002, p. 120.
2. 샌더스 스미스(황선욱역), **수학사 가볍게 읽기**, 한승, 2002, p. 67.
3. http://archi.ulsan.ac.kr/mads/theory_in_architecture/9week.htm
4. http://bora.dacom.co.kr/~jhs1/bul/bul9.html
5. http://chaos.inje.ac.kr/Alife/fibo_art.htm
6. http://www.plusid.com/school/s-11.html
7. http://sb.dpc.ac.kr/~jska/009web/htm/2011/contest.htm
8. http://www-groups.dcs.st-and.ac.uk/~history/HistTopics/Architecture.html
9. http://www-groups.dcs.st-and.ac.uk/~history/Mathematicians/Poleni.html
10. http://www.insite.com.br/rodrigo/bucky/geodome.html
11. http://www.worldtrans.org/whole/bucky.html
12. http://www.gamrook.co.kr/data2.htm
13. Berger, E., *Bauwerk und Plastik des Parthenon*, in Antike Kunst (Basel, 1980).
14. Pepe, L., *Architecture and mathematics in Ferrara from the thirteenth to the eighteenth centuries, Nexus III: architecture and mathematics*, Ferrara, 2000 (Pisa, 2000), 87-104.
15. Sagdic, Z., *Ottoman architecture: relationships between architectural design and mathematics in architect Sinan's works, in Nexus III: architecture and mathematics*, Ferrara, June 4-7, 2000 (Pisa, 2000), 123-132.