브루넬레스키의 산타 마리아 델 휘오레 교회의 돔계획에 관한 연구

A Study on the Dome Plan of S. M. del Fiore Church of F. Brunelleschi

김 석 만*

Kim, Seok-Man

(금오공과대학교 건축학부 교수)

Abstract

The purpose of this paper is a study on the dome plan of S. M. del Fiore Church of F. Brunelleschi.

The results of study are as follows:

1. The planning of floor, elevation and cross section plan of S. M. del Fiore church is basically planned by each other correlation. In particular, the octangular form of geometrical standard which is formed with altar as the center at the crossing part is important component elements which is decided by not only the dome, but form and size of the drum and floor plan form of the lantern
2. The dome which has been planned by F. Brunelleschi has completed the new dome, preserving gothic thought intended by the church plan after study on architecture of ancient Rome with Pantheon. And the dome which is a main space of church through all aspects of plan, structure, function and construction about the dome is a opportunity in the beginning of Renaissance architecture which is a new epoch and a turning point of architecture on various point of view.
3. The dome which is constructed by F. Brunelleschi has been planned through the innovative solution by the refusal of traditional semicircle form dome, centering use and creation double-shell structure form for the first time in history. And the construction of dome has been solved with the invention of various construction equipments and machineries, the stone rib planned for connection and reinforcement about shells of the octangular form, the support method for reduction the gravity of bricklayers work and the brick work of nock-patterned shape which is masonry construction method of the architecture of ancient Rome.

주제어 : 르네상스 시대, 브루넬레스키, 교회건축, 돔건축

Keywords: Renaissance, F. Brunelleschi, Church, Dome

1. 서 론

1-1. 연구배경 및 목적

르네상스 시대의 건축은 브루넬레스키(F. Brunelleschi, 1377-1446)에 의해 1418년에 산타 마리아 델 휘오레(S. M. del Fiore)교회의 증축부분인 돔 건축을 위한 현상설계에 당선된 이후에 축조된 구조물로 인해 시작되었다. 이러한 돔은 첨두형 아치의 형태나 리브의 사용이라는

측면에서는 고딕적인 건축이라고 볼 수 있지만, 실제적으로 구조는 고딕식과는 다르게 여러 가지 측면에서 르네상스 시대 건축의 전환점을 나타내는 새로운 건축적인 문제를 해결되었다.

브루넬레스키의 건축은 다른 어느 시대보다도 고대 로마 시대의 건축으로부터 유도된 모델에 의한 직접적인 영향으로부터 서로 밀접한 관계를 가지고 많은 발전이 이루어졌다.¹⁾ 브루넬레스키는 건축가로서의 활동을 위해

* Corresponding Author : kimseokman@kumoh.ac.kr

본 연구는 금오공과대학교교수연구년제에 의하여 연구된 실적물임

1) 브루넬레스키가 계획한 건축물은 오스페달레 델리 인노첸티 Ospedale degli Innocenti(1419-1424), 성 로렌조S. Lorenzo교회의 구 성구실(1419-1428), 피티Pitti궁전(1420), 성 로렌조교회

1402년에 친구이었던 도나텔로와 함께 로마여행을 하였는데, 그는 로마에 있는 판테온과 같은 고대 로마 시대의 건축을 답사하면서 돔, 아치, 볼트, 기둥, 코니스, 벽돌쌓는 법, 공사방법 등에 대한 관찰과 실측 및 스케치를 통해 많은 연구를 하였다.²⁾ 그리고 그는 많은 건설장비들을 발명하였는데, 자신이 발명한 기계를 가지고 산타 마리아 델 휘오레 교회의 돔을 축조하기 위한 재료를 높은 곳까지 운반하였으며, 최초로 홍예틀의 사용이 없이 천장과 아치를 구축하기 위한 공사가 이루어졌다.

그러므로 본 연구는 브루넬레스키의 산타 마리아 델 휘오레 교회의 돔을 위한 계획에 관한 연구를 통해, 르네상스 시대 초기의 브루넬레스키 건축에 대한 이해뿐만 아니라, 위와 같은 교회의 건축물과 증축부분인 돔에 관한 구성체계 및 요소를 중심으로 서로 어떠한 관계를 이루고 있으며, 또한 어떠한 특성이 있는지를 연구하기 위함이다.

1-2. 연구범위 및 방법

산타 마리아 델 휘오레 교회의 돔을 위한 계획은 내부 공간의 교차부인 제단을 중심으로 거대한 8각형 형태의 공간을 덮기 위한 문제를 해결하기 위함이었으며, 이러한 구조물은 로마 시대 판테온의 돔 축조 이후에 처음으로 계획되었다. 아무런 지지체도 없이 높이 솟아있는 거대한 돔은 플로렌스와 르네상스 시대 건축의 상징이 되었으며, 그러한 돔의 크기와 높이는 도시의 전체를 수렴하면서 집중적으로 연결되어 도시의 모든 건축물을 한곳으로 집중시키는 역할을 하고 있다.

연구의 범위는 산타 마리아 델 휘오레 교회의 돔을 위한 계획에 관한 연구를 위해 돔의 계획과 직접적으로 연관된 교회 건축물의 평면, 입면과 단면계획의 기본적인 분석을 통해, 연구의 대상인 교회의 돔에 대한 계획을 중심으로 이루어진다.

연구방법은 첫 번째는 산타 마리아 델 휘오레 교회의 건축물에 대한 일반적인 사항과 평면계획, 입면계획, 단면계획으로 구분하여 저자에 의한 도면의 도해를 통해 각각의 계획에 관한 구성체계와 요소를 분석하고, 그러한 분석된 내용을 돔의 계획과 관련된 사항을 분석한다. 두 번째는 교회의 증축부분인 돔을 중심으로 이루어진

드럼 및 랜턴의 구성체계와 요소뿐만 아니라, 돔에 대한 계획, 구조, 기능과 구축적인 측면에 대한 특성을 각각 구분하여 분석한다. 그리고 마지막으로 연구와 분석된 내용을 중심으로 결론을 도출한다.

2. 산타 마리아 델 휘오레 교회에 대한 분석

2-1. 교회의 일반적인 고찰

산타 마리아 델 휘오레 교회 주변에는 2개의 광장이 있는데, 교회 우측부분에는 두오모(Duomo)광장이 있고, 또 하나의 광장은 세레당 좌측에 있는 주교관과 사이의 광장인 성 조반니(S. Giovanni)광장이 있다. 이러한 광장은 플로렌스 도시중심에 위치하고 있으면서 종교적인 가장 중요한 역할을 하고 있는 산타 마리아 델 휘오레 교회의 정면을 중심으로 우측에는 종탑과 전면에는 8각형 형태의 세레당이 둘러싸고 있다. <Fig.1>

Fig.1 Site plan of Church and around Church

산타 마리아 델 휘오레 교회의 위치는 원래 로마 시대에는 신전이 있었던 장소이었으며, 이후에는 성 레파라타(S. Reparata)라고 하는 교회가 있었던 곳이었다. 그러나 지금의 교회는 플로렌스 공화국과 직물상인조합의 모금으로 시의회가 시민의 번영을 상징하기 위해 1296년 아르놀포(Arnolfo di Cambio, 1245-1302)에 의해 계획이 시작되었다.³⁾ 1302년 아르놀포가 죽은 이후에는 지오토(Giotto, 1267-1337)에 의해 1337년까지 성가대석과 신랑부분까지 공사가 계속되었지만, 이후에 1357년에는 탈렌티(F. Talenti, 1325-1369)의 공사감독에 의해 이전의 계획으로부터 평면에서의 신랑의 길이와 후진 및 수랑부분의 부분적인 확장을 통해 재구성되었다.⁴⁾

(1421-1469), 성 스피리토S. Spirito교회(1428-1436), 파찌Pazzi경당(1430-1461)이 있다.

2) B. Risebero, 「Il racconto dall'architettura occidentale」, Sansoni, 1980, p.105; G. Fanelli, 「Brunelleschi」, Scala, 1980, p.11; J. Burckhardt, 「The Architecture of the Italian Renaissance (1867)」, Penguin Books, 1985, p.26.

3) J. Burckhardt, Op. Cit., p.4. 플로렌스 공화국은 1294년 3월에 구조적인 문제가 있었던 성 레파라타 교회를 보수공사로서는 유지가 어려웠기 때문에, 새로운 교회를 계획하기로 결정하였다.

4) L. Benevolo, 「Storia dell'architettura del Rinascimento」, Vol.

위와 같은 관계에서 3개의 평면계획이 합성된 최초의 교회와 증축에 의해 변경된 평면도를 살펴보면, 다음과 같다.⁵⁾ <Fig.2> 먼저 교회 내부에 점선으로 표현된 부분이 성 레파라타 교회이고, 다음에 사선으로 조금 진하게 표현된 중앙부분에 위치한 보다 작은 평면이 아르놀포가 계획한 부분이며, 아르놀포가 계획한 평면형태를 중심으로 실선에 의해 표현된 보다 큰 평면이 탈렌티에 의해 계획된 부분이다. 이렇게 변경된 평면계획은 아르놀포가 계획한 가로축의 신랑의 폭은 그대로 두고, 이전의 3개의 경간으로 계획된 부분을 세로축 방향으로 3개의 경간을 그대로 유지하면서 규모의 확장과 구조적인 보안을 위해 경간의 폭을 증가시키면서 계획되었다. 그리고 제단을 중심으로 구성된 8각형 형태와 후진과 수랑 부분이 확장되었으며, 후진과 수랑 및 수랑과 신랑사이를 작은 부속공간들이 포함된 구조물들로서 보강되었다. <Fig.2-3>

Fig.2 Before floor plan and after floor plan changed of Church

Fig.3 Floor plan of Church

교회의 교차부분인 제단부분을 중심으로 8각형의 평면 형태를 하나의 둥근 천장으로 덮기 위한 의도는 초기의 아르놀포의 계획에서는 확실하게 나타나지 않았었다. 이

I, Laterza, 1968, p.51; AA. VV., 「Lineamenti di Storia dell'Architettura」, Carucci Editore, 1978, p.326; P. Murray, 「Architettura del Rinascimento」, Electa, 1978, p.12; 「La Nuova Enciclopedia dell'Arte」, Garzanti, 1993, 'Francesco Talenti; G. Fanelli, Op. Cit., p.10; J. Burckhardt, Op. Cit., p.4.

5) 성 레파라타 교회는 AD 약 600년에 건축된 교회이며, 가로와 세로가 1:3의 비례체제로 구성된 초기 그리스도교회의 건축과 유사한 장방형 형태의 교회이었다. <http://books.google.co.kr/books?Brwnelleschi> : studies of his technology and inventions에서 F. D. Prager - G. Scaglia, Brunelleschi: Studies of His Technology and Inventions, MIT, 1971, p.3, 그림과 Murray, Op. Cit., pp.12-13, 그림 6 참조.

후에도 그러한 계획은 실행되지 않았으며, 어느 누구도 거대한 돔을 구축할 방법을 제시하는 건축가가 없이 미완성의 상태로 남아 있었다. 성 레파라타 교회의 이름은 1412년에 산타 마리아 델 휘오레 교회로 바뀌었으며, 1418년에는 돔의 현상설계가 브루넬레스키와 기베르티(L. Ghiberti, 1378-1455)의 공동 계획안이 당선된 이후에 공사는 1420년부터 시작되었다.⁶⁾ 1436년에는 브루넬레스키에 의해 돔이 완성되어 에우제니우스 4세(Eugenius IV, 재위기간 1431-1447) 교황에 의해 축성되었다.⁷⁾ <Fig.4>

Fig.4 View of Church seen at a long distance

2-2. 평면계획분석

교회의 평면계획은 교차부의 중앙부분(O)인 제대를 중심으로 십자부의 축(C-G, A-J)에 의해 초기 그리스도교 시대 교회건축인 장방형 형태의 평면에 중앙부분에는 주랑과 좌·우 양측의 측랑이 대칭으로 구성되어 있으며, 주랑과 측랑은 첨두형 아치로 형성된 기둥에 의해 3개의 구획으로 구분되어 있다.⁸⁾ 주랑은 4개의 정사각형의 기본적인 모듈로서 구성되었으며, 측랑은 주랑 폭의 1/2만큼에 해당되는 길이로서 계획되었고, 본당부분의 가로와 세로길이의 비례체제는 1:2이다. 이러한 구성체제는 단순

6) E. Battisti, 「Filippo Brunelleschi」, Electa, 1989, p.122; L. H. Heydenreich-W. Lotz, 「Architecture in Italy 1400 to 1600」, Penguin Books, 1974, p.4; AA. VV., Op. Cit., p.392; L. Benevolo, Op. Cit., p.57. 공사감독은 처음에 브루넬레스키와 기베르티가 공동으로 맡게 되었지만, 1432년에 돔이 전체 높이의 2/3정도 공사가 이루어졌을 때 기베르티는 돔의 공사감독에서 물러났으며, 이후에 그는 교회 전면에 위치한 세례당의 두 번째 문의 작업을 맡게 되었다. 브루넬레스키는 단독으로 공사 책임자가 되었는데, 그 이유는 공사를 위해 브루넬레스키 자신이 제작한 모형의 연속적인 활용이 필요하였으며, 그의 계속적인 지도와 감독의 역할이 요구되었기 때문이다.

7) P. Murray, Op. Cit., p.17; R. Bartolini, 「Florence」, Becocchi, 1979, 1979, p.91.

8) R. Bartolini Op. Cit., p.320; G. C. Argan, Op. Cit., Vol. I, p.320. 교회 전체의 길이는 153m, 신랑의 폭은 약 38m, 수랑의 폭은 90m이다.

한 비례체계인 1:1과 1:2로서 전체와 부분에 반복되어 있으며, 기둥을 중심으로 정확하게 기하학적으로 구획된 선형의 모듈체계로부터 내부공간의 통일성을 이루고 있다. <Fig.5>

Fig.5 Analysis drawing for the floor plan of Church (Author's an explanatory diagram)

교차부에는 주랑과 측랑의 폭(I-K)과 같은 길이의 정사각형(RQST)과 그러한 정사각형이 45° 회전하여 구성된 정사각형(LMNP)에 의해 형성된 8각형의 기하학적인 형태를 중심으로 제단의 중앙부분(O)인 제대를 위한 중심공간이 형성되어 있다.⁹⁾ 위와 같은 8각형 형태 공간의 상부부분에는 거대한 8각형 형태의 드럼과 돔이 계획되었다. 그리고 좌·우 익부의 수랑과 후진에는 정사각형(LMNP)의 모서리들(L, M, P)이 중심부분이 되어 8각형 형태의 일부분인 5개 변에 의해 구성된 3개의 공간이 균형 있게 형성되어 있다. 그러한 내부공간에는 방사선 방향으로 정사각형의 5개의 작은 경당들이 각각의 면에 구성되어 십자가의 축과 교차부의 중앙부분인 8각형 형태의 공간을 중심으로 대칭적인 균형을 이루고 있다.

제단을 중심으로 대각선(B-F, H-D)방향에 있는 후진

9) P. Murray, Op. Cit, p.12. 8각형 형태에 대한 개념은 약 AD 320 년경 전쟁의 신에게 바친 중앙 집중형의 미네르바 메디카(Minerva Medica)신전과 같은 고대 로마신전의 유형 혹은 산타 마리아 델 휘오레 교회 전면에 위치한 8각형 형태의 세례당에서 많은 영향을 받았을 것이다. 그리고 이러한 제단을 중심으로 형성된 중앙 집중식의 평면유형은 이후에 알베르티, 레오나르도 다 빈치, 브라만테 등의 건축에서 보다 폭 넓게 발전되었다.

과 수랑사이에 모서리가 분절된 삼각형 형태의 구조체 및 수랑과 측랑의 외부벽과 연결된 구조체가 형성되어 있다. 이러한 구조체들은 돔을 지지하기 위한 요소로서 정사각형(RQST)형태로 연결되어 대각선 방향의 모서리 부분에 형성되어 있다. 그러한 구조체들의 상부부분에 두개의 내부공간은 움푹 파여진 벽감들로서 구성되어 있으며, 하부부분에는 상부의 돔부분으로 연계시키기 위한 계단이 삽입되어져 있다. 위와 같은 구조체들은 돔을 지지하기 위한 단지 부가된 형태들과 같이 보일 수도 있지만, 제단을 중심으로 십자가 방향의 8각형 형태에 대한 변의 길이만큼 후진과 수랑 및 수랑부분을 연계시키면서 제단 주변에 8각형 형태의 거대한 공간과 형태의 균형을 이루기 위함이었다.¹⁰⁾

2-3. 입면계획분석

교회의 정면계획은 상부와 하부부분인 두개의 층으로 구분되는데, 상부부분은 평면의 주랑의 폭만큼 구성되어 고대 그리스와 로마 시대 신전의 삼각형 형태의 박공과 같은 장식이 이루어졌다. 그리고 중앙부분에 고딕양식인 장미문양의 원형형태 창문을 중심으로 좌·우 양측에는 박공부분을 받치고 있는 수직적인 틀에 의해 계획되어 있다. 하부부분은 중앙의 주출입구와 좌·우 양측에 대칭으로 부출입구가 평면의 주랑과 측랑의 중앙부분에 계획되어 있으며, 출입구들의 상부에는 원형형태의 창문과 삼각형 형태로 장식되어 구성되었다.¹¹⁾ <Fig.6>

Fig.6 Facade view of Church

Fig.7 Side view of Church

10) 제단을 중심으로 주위에 형성된 후진과 수랑의 외곽을 둘러싸고 있는 거대한 정사각형(ACEG)이 십자가의 장축(A-J)과 단축(C-G)에 대칭으로 주출입구의 3번째 경간의 중앙부분에 정사각형 모서리(E)가 위치하면서, 위와 같은 정사각형(ACEG)이 본당부분에 삽입된 평면의 구성체계를 이루고 있다. (Fig. 5 참조)

11) 산타 마리아 델 휘오레 교회 정면계획은 이후에 교회의 정면계획에 많은 영향을 주었는데, 초기 르네상스 시대의 알베르티의 산 프란체스코(S. Francesco)교회와 산타 마리아 노벨라(S. M. Novella)교회의 정면계획까지 이어지는 전형적인 르네상스 시대의 양식을 위한 발전과정의 한 단계를 나타내고 있다.

정면계획은 수평과 수직요소에 의한 강조, 명확한 분절, 대칭성, 정면 상부에 삼각형 형태의 박공, 다양한 크기의 개구부와 같은 구성체계 및 요소에 의해 질서와 균형 있는 체계로서 이루어져 있다. 그리고 정면의 중앙부분과 좌·우 양측 부분의 폭은 평면계획의 측랑-주랑-측랑의 폭에 대한 비례체계와 같이 1:2:1의 비례체계로 구성되어 있으며, <Fig.5> 중앙부분과 좌·우 양측 부분의 높이는 주랑과 측랑의 위계에 의해 5:3의 비례체계로서 구성되었다. <Fig.6, 9>

좌·우의 측면계획은 정면과 측면 및 후면에 수평적으로 길게 형성된 연속적인 띠에 형태인 엔타블레이처에 의해 구분되어 있으며, 수직적으로는 돌출된 벽기둥에 의해 분절된 기본적인 틀을 강조하면서 계획되었다. <Fig.7>

교회 후면에는 교회 내부에 제단을 중심으로 구성된 수랑과 후진부분에 의해 돌출된 큰 매스들이 형성되어

Fig.8 Rear view of Church

있다. 그러한 큰 매스들 사이에 부가된 작은 구조체는 돔의 기초를 이루는 큰 매스들의 연속된 고리역할을 하고 있다. 이와 같은 매스들의 둥근 천장은 첨두형 아치의 형태로서 드럼 하부분 높이까지 형성되어 있으며, <Fig.5, 8-9> 제단 주변의 크고 작은 매스에 의해 불룩하고 움푹 파여진 구성체계의 전개는 구조적인 측면뿐만 아니라, 시각적인 측면에서 드럼과 돔을 지지하고 있는 것처럼 무게감이 있게 강화되어 있다. <Fig.8> 전체적인 입면의 마감계획은 단순한 디자인으로 흰색 대리석판을 바탕으로 녹색과 분홍색의 사각형 형태로 이루어진 선형의 기하학적인 틀로서 마감되었다.

2-4. 단면계획분석

주랑과 측랑은 수평적으로 길게 형성된 엔타블레이처를 수직적으로 같은 간격에 의해 구획된 4개 코린트 양식의 사각형 형태 기둥에 의해 구분되어 계획되었다. 이러한 엔타블레이처(B-E-J-O-Q)는 입면에서 길게 형성된 엔타블레이처와 같이 내부공간의 주랑과 측랑뿐만 아니라, 수랑과 후진부분까지 전체적으로 둘러싸여 구성되어 있다. 그리고 기둥과 함께 주랑과 측랑을 구분하는

엔타블레이처까지의 높이(B-C)는 평면에서 각각의 경간을 이루고 있는 기둥과 기둥사이 폭의 1.5배로서 계획되었다. 이와 같은 단위적인 공간이 형성되어지면서 상부에는 첨두형의 리브 교차볼트형태의 천장에 의해 기둥과 기둥사이의 같은 폭만큼의 높이(A-B)로서 박공지붕이 구성되었다. <Fig.9>

Fig.9 Analysis drawing for the cross-section of Church (Author's an explanatory diagram)

주랑과 측랑상부의 첨두형 리브 교차볼트는 주랑과 측랑을 구분하는 아케이드 상부의 엔타블레이처에 걸쳐 놓음으로서 높이보다는 폭을 강조하고 있기 때문에, 건축적으로 균형과 비례가 적절하게 조합되어 있다. 이러한 폭이 넓고 명확하게 정리된 공간은 이태리 고딕건축의 전형적인 사례로서 단순하고 견고한 사각형 형태의 외벽 벽기둥에 의해 지지되고 있다. 측랑부분의 내부 장식은 첨두형의 아치로서 기둥과 기둥사이를 받치는 구조체계를 통해, 외부 입면의 풍부한 장식과는 대조적으로 장식이 배제된 단순하면서 간결한 계획으로 구성되어 있다. <Fig.10>

고딕 시대 교회건축에서 볼 수 있는 고창층(高窓層 Clerestory)이라고 하는 주랑부분에 2층 구조에 의해 지붕까지 높게 구성된 부분에는 엔타블레이처의 명확한 수평띠를 중심으로 기둥과 기둥사이를 첨두형의 리브 교차볼트에 의해 지지된 구조체계를 이루고 있다. 그리고 고창층의 높이(A-B)는 기둥과 기둥사이의 폭과 같은 높이로서 1:1의 비례체계로 구성되었으며, 그러한 고창층을 덮는 외부 박공지붕의 상부분(A-D)은 드럼의 중간부분 높이에 위치하고 있다. <Fig.9>

3. 돔에 대한 구성체계와 요소에 대한 분석

Fig.10 Inner view of Church

브루넬레스키의 계획에 의한 돔을 중심으로 구성 체계와 요소를 살펴보면, 중앙의 돔을 중심으로 하부부분부터 상부부분까지 전체적으로 드럼-돔-랜턴에 구성체계로서 이루어졌다. 따라서 위와 같은 드럼-돔-랜턴의 순서대로 구분하여 각각의 특성 및 서로의 관련된 사항에 대해 분석한다. <Fig.5, 9, 12>

3-1. 드럼에 대한 분석

드럼은 교회본당의 구조물과 돔의 구조물사이의 중간 영역으로서 기본적으로 돔을 받치는 구조물의 역할뿐만 아니라, 돔의 하중을 교회의 구조물로 전달하는 역할을 하고 있다. 그리고 드럼은 돔을 보다 높게 올릴 수 있는 구조물의 역할을 위한 구성요소이기도 하다.

Fig.11 View of S. M. del Fiore Church according to a project of the late 1300's (Spagnoli Chapel in S. Maria Novella Church)

브루넬레스키의 돔계획 이전에 관련된 자료로서 아마도 아르놀포에 의해 계획되었을 것이라고 예상되는 교회의 모습이 약 1367년에 보나이우토(Andrea di Bonaiuto, 1343-1377)에 의해 그려진 플로렌스에 있는 산타 마리아 노벨라(S. Maria Novella)교회의 스파노리(Spagnoli)경당에 벽화로서 그려져 있다. 그러한 벽화에는 브루넬레스키의 돔에 대한 계획과는 다르게 드럼이 없이 교회의

본당부분인 주랑의 상부부분이 연장된 같은 높이에 얹혀진 돔의 모습을 볼 수 있다.¹²⁾ <Fig.11>

Fig.12 View of the Drum-Dome-Lantern

Fig.13 Plan of Dome at level of starting part of Dome structure

드럼은 1410년에 8각형 평면형태의 제단 중심의 공간으로부터 상부부분에 열려진 같은 크기와 형태로서 축조하기 시작하였으며, 1413년에 완성된 드럼은 지상에서 드럼의 상부부분까지 약 56m 높이로 계획되었다.¹³⁾ 이러한 드럼은 드럼 상부부분에 직접적으로 전달되는 돔의 하중을 하부부분으로 분산시키기 위해 8각형 형태의 모서리에 기둥들을 부가시키면서 형성되어졌다. <Fig.12-13> 1420년 돔 공사 이전에 완성된 8각형 형태의 드럼은 조반니 담브로지오(G. d'Ambrogio, ?-1418)에 의해 축조되었는데, 그러한 공사는 아마도 당시에 교회의 건설자문위원이었던 브루넬레스키의 부분적인 역할과 협력에 의해 축조되었다고 볼 수 있다.¹⁴⁾

<Fig.13>에서의 드럼 상부부분에 돔이 시작되는 레벨에서 드럼의 평면계획을 살펴보면 다음과 같다. 돔 내부에는 8개의 면을 따라 회랑이 난간과 함께 구성되어 있다. 드럼 구조물 내부에는 돔 내부에서의 작업하기 위해 비계의 발판을 설치하는데 필요한 깊은 구멍들이 십자가 축에는 한 면에 6개씩 구성되어 있고, 대각선 방향에는 한 면에 5개와 외부와의 연결통로 및 작은 원형 계단이 구성되어 있다. 그리고 드럼 외부는 8각형 형태의 모서리를 강조하고 보강시키기 위해 돌출된 기둥들이 형성되

12) L. Benevolo, Op. Cit, p.43, 그림14; L. H. Heydenreich-W. Lotz, Op. Cit, p.4; P.Murray, Op. Cit, p.12, 14; E.Battisti, Op. Cit, p.117, 그림 111.

13) P. Murray, Op. Cit., p.14.

14) G. Fanelli, Op. Cit., p.10. 브루넬레스키는 이미 1404년부터 산타 마리아 델 휘오레 교회의 제대와 후진의 버팀벽에 대한 건설자문을 위해 구성된 위원회의 위원으로 임명되면서 교회에서의 자문을 시작하였다.

어 있다.¹⁵⁾

드럼의 단면계획은 드럼 하부부분을 둘러싸여 있는 구조물과 함께, 우측부분 외부에는 교회 입면과 단면에서

Fig.14 Section of Drum

수평적으로 길게 형성된 연속적인 띠에 형태인 엔타블레이처가 장식적으로 돌출되어 있으며, 좌측부분 내부에는 회랑이 난간과 함께 구성되어 있다. 8각형 형태의 8개 면의 중앙부분에는 원형 형태의 개구부가 계획되어 있으며, 상부부분에는 돔과 직접적으로 연결되어 시작되는 구조물이 구축되어 있다. 그리고 드럼의 상부 구조물 위에는 하부부분에 설치된 비계 위에서 작업자가 벽돌쌓기 공사를 하고 있는 모습이 표현되어 있다.¹⁶⁾ <Fig.14>

한편, 드럼은 드럼 구조물 자체에 대한 보강과 돔의 하중을 견디기 위해 돌과 목재로 제작된 연결고리 및 납으로 덮힌 철재판으로 연결되어져 구축된 받침대의 형태로서 축조되었다.¹⁷⁾ 돔을 지지하기 위한 이와 같은 구조체는 이미 축조되었던 기존의 교회 구조물과 앞으로 축조될 수직적인 돔 사이에 연결부분의 구조적인 해결과 정교한 접합을 시키기 위함이었다. 드럼의 입면계획은 교회의 입면과 같이 마감되어 있으며, 드럼의 8개 면 중앙부분에는 내부와 외부는 크고 실제로 개구부는 내부와 외부의 크기보다 작은 원형 형태의 창을 계획하여 내부의 채광을 해결하였다. <Fig.12>

3-2. 돔에 대한 분석

돔은 외부적으로는 하나의 매스이지만, 내부적으로는 보이드 공간으로서 교회의 내부공간과 외부형태를 평형시킨 구조물이다. 교회 내부에서의 돔은 주랑과 측랑 및 후진에 의한 장축과 수랑에 의한 단축이 서로 교차된 공

간으로부터 직교축에 형성된 거대한 수직공간으로 구성되어 있다. 이와 같은 돔을 위한 작업은 1420년 8월에 시작하였으며, 공사는 1436년 8월에 완성되었다.¹⁸⁾ 돔에 대한 분석은 계획, 구조, 기능과 구축적인 측면으로 각각 구분하여 분석한다.

(1) 계획적인 측면

산타 마리아 델 휘오레 교회의 평면계획은 장방형 형태 본당의 수평적인 공간과 교차부에 형성된 8각형 형태의 거대한 중심공간에 구성된 수직적인 돔의 공간과 서로 대응관계를 이루고 있다. 특히, 교회의 내부공간은 주 출입구로부터 제단부분까지의 수평적인 진입, 제단을 중심으로 십자가와 대각선 축의 방향으로의 전개, 그리고 돔의 구축으로 인해 교회에서 가장 중요한 부분인 제단로부터 돔으로의 수직적으로 상승하는 구성체계로서 이루어졌다. 한편, 교차부에 제단을 중심으로 구성된 기하학적인 정형의 8각형 형태는 돔과 드럼의 평면형태 및 크기 그리고 랜턴의 평면형태를 위한 구성체계와 요소가 결정되어졌다.

제단을 중심으로 형성된 중심공간에는 십자가 축 방향으로 좌·우 익부의 수랑 및 후진에 작은 8각형 형태들이 첨가되어 있으며, 대각선 방향의 축에는 삼각형 형태인 작은 벽감들의 삽입에 의해 둘러싸여 구성된 8각형 형태 평면의 중앙 집중형 계획으로 이루어졌다. 8각형 형태의 공간을 중심으로 구성된 부속공간들은 평면, 입면과 단면계획에서 거대한 돔의 구축으로서 발생하는 하부부분의 하중뿐만 아니라, 외부방향으로 밀어내는 압력을 지탱하기 위한 구조적인 문제들을 해결하기 위해 형성되었다.¹⁹⁾

돔의 폭과 높이는 브루넬레스키의 계획 이전에 이미 1367년에 교회 증축에 관련된 조례로서 결정되었으며, 당시에 돔 내부의 폭은 72braccia와 바닥에서 돔 내부의 상부부분까지의 높이는 144braccia의 규모로서 준수하도록 하였다. 고대 로마 시대의 판테온 이후에 위와 같은 크기의 돔이 축조되지 않았으며, 이러한 돔의 크기는 어느 누구도 돔을 위한 계획을 하더라도 조례내용을 준수하도록 강제하였다.²⁰⁾

돔을 중심으로 한 단면계획을 살펴보면, <Fig.9> 내

15) E. Battisti, Op. Cit., p.123, 그림 117-a; 드럼은 벽체의 두께가 4.2m와 9m의 높이로 계획되었다. F. D. Prager - G. Scaglia, 「Brunelleschi: Studies of His Technology and Inventions」, MIT, 1971, pp.18-22와 H. Saalman, 「Filippo Brunelleschi: The Cupola of Santa Maria del Fiore」, London A. Zwemmer, 1980, p.48; R. King, 「브루넬레스키의 돔(Brunelleschi's Dome, 2000)」, 이희재 옮김, 세미콜론, 2007, p.24와 56에서 재인용.

16) E. Battisti, Op. Cit., p.139, 그림 136.

17) B. Risebero, Op. Cit., p.106의 그림; E. Battisti, Op. Cit., p.137의 그림에서는 드럼부분의 외부, 상부와 하부부분 및 상세한 부분에 벽체를 보강하기 위해 돌과 목재 및 철재로서 구성된 연결고리가 자세하게 도해로서 표현되어 있다.

18) P. Murray, Op. Cit., p.17.

19) 2-2, 3, 4 평면, 입면과 단면계획분석의 내용과 그림 참고.

20) E. Battisti, Op. Cit., p.115. braccia의 단위를 미터법으로 환산하면, 1braccia=0.583m이기 때문에 72braccia×0.583m=41.976m와 144braccia×0.583m=83.952m이므로 폭과 높이는 각각 약 42m와 약 84m이다.

부바닥으로부터 드럼 하부부분까지 형성된 정사각형(INKP)형태의 상부에는 같은 크기의 정사각형(HMIN)형태가 추가되어 돔을 올리기 위한 의도로서 계획되었다. 따라서 내부바닥부분의 폭(K-P)과 돔 내부의 상부부분까지의 높이(H-K, M-P)는 교회 본당을 위한 평면계획의 비례체계와 같은 1:2의 비례체계로서 계획되었다. 그리고 돔부분의 폭(I-N)과 높이(H-I, M-N)의 관계는 판테온의 폭과 높이의 비례체계와 같이 1:1의 가장 단순한 비례체계로서 계획되었다.

(2) 구조적인 측면

만약에 아르놀포가 브루넬레스키에게 돔의 구축을 위한 계획으로서 원형형태의 기초를 남겨놓았다면, 돔의 구축은 로마에 있는 판테온의 돔이 축조된 방법과 같이 비계사용이 필요 없이 연속적으로 가로방향의 층을 1개 층씩 쌓아가면서 하나의 독립적인 실체로서 이루어졌을 것이다. 그러나 브루넬레스키의 돔에 대한 기본적인 계획의 개념은 8각형 형태의 공간 위에 세워진 돔을 요구하였기 때문에, 이러한 돔을 지지하기 위한 기본적인 구조체계는 리브와 리브사이 판넬로 단쳐진 8개 리브들로부터의 구축이었다. 그리고 브루넬레스키는 기본적으로 8각형 형태에 돔을 원형 형태의 돔을 위한 계획과 같은 조적조의 구축방법으로 처리하면서, 또 하나의 돔을 포함시키는 개념으로부터 내부와 외부가 서로 보강되도록 결합된 이중적인 8각형 형태의 돔을 계획하였다.²¹⁾ <Fig.9, 15-16>

따라서 돔은 브루넬레스키의 독창적인 계획에 의해 역사적으로 최초인 내부와 외부에 두개의 이중적인 셸구조(Double Shell Structure)로 형성되었는데,²²⁾ 이와 같은 구조가 선택된 가장 중요한 이유는 내부의 돔은 내부공간과 균형을 이루면서 외부의 돔을 부분적으로 지지하기 위함이며, 외부의 돔은 비와 바람 등의 자연재해로부터 내부의 돔을 보호하고, 외부 돔의 크기와 형태 및 구성 체계에 의해 보다 크고 웅장하게 나타내기 위함이었다. 이외에도, 이중적인 셸구조로서 외부 돔에 의한 많은 하중을 줄일 수 있는 방법이기 때문이었다. 왜냐하면, 이미 구축된 8각형의 드럼은 횡력을 이길 외부의 받침대가 형성되어 있지 않았기 때문에, 브루넬레스키는 반구형의 돔보다 무게가 가볍고 횡력이 적은 8개 첨두형 아치에

의해 구성된 이중적인 셸구조 돔의 형태로 계획되어야 하였다.²³⁾

Fig.15 Isometric section of Dome

돔의 형태를 구성하기 위한 기본적인 구조체계는 8개의 모서리로부터 8개의 주 리브가 연결되어 있으며, 주 리브와 주 리브사이에는 2개의 부속 리브가 구성되어 모두 16개의 부속 리브가 형성되었다. 이러한 방법에서 둥근 천장의 덮개를 지지하기 위한 골조가 자체적인 기준틀로서 높게 세워져 형성된 모두 24개의 리브가 구성되었다.²⁴⁾ 그리고 리브와 리브사이에는 횡력을 흡수하기 위해 주 리브와 주 리브사이에 있는 부속 리브들을 수평적으로 서로 연결시켜 구조적인 보강을 위한 수평적인 아치들이 형성되었다. <Fig.15>

돔은 8개 모서리부분에 일정하게 정렬된 리브를 중심으로 수평적이고 수직적인 측면으로 계획되어 전개되었다. 수평적인 측면에서의 리브와 리브사이의 8각형 형태의 면들은 상부부분 방향으로 조금씩 폭이 비례적으로 줄어 가며 형성되었다. 수직적인 측면은 외부에 돌출된 일정하게 휘어진 리브의 곡선들이 돔의 상부부분 방향을 중심으로 집중하면서 형성되었다. 그리고 두개의 셸구조의 덮개는 항상 평행하면서 두개의 곡선이 전체적으로 같은 형태로서 이루어졌다. <Fig.9, 15>

21) B. Risebero, Op. Cit., p.106.

22) E. Battisti, Op. Cit., p.130. 거대한 이중의 셸구조는 외부의 셸을 구성하기 위해 먼저 내부의 셸이 세워졌고, 이후에 내부 셸의 외부 측면에 같은 경사도로써 보강재를 설치하면서 외부의 셸이 구축되었다.

23) AA. VV., Op. Cit., p.392; G. Fanelli, Op. Cit., p.25. 돔의 정확한 윤곽들을 확립하기 위한 문제는 첨두형 아치의 곡선형 돔의 형태뿐만 아니라, 구조적인 특성을 결정하는데 매우 중요한 원인이 되었다.

24) AA. VV., Op. Cit., p.392; P. Murray, Op. Cit., pp.14-15. 이러한 구성체계는 교회 전면에 위치한 8각형의 평면형태로 계획된 세례당의 지붕인 8각뿔 형태의 모임지붕으로 구성하기 위한 8개의 주 리브와 16개의 부속 리브로부터 영향을 받은 것으로 보인다.

<Fig.16>의 돔이 시작하는 부분부터 돔의 상부부분에 8각형 형태의 개구부까지의 돔의 수직방향의 상세한 단면을 살펴보면 다음과 같다. 이중적인 쉘구조의 내부와 외부 돔사이에는 4개의 통로가 구성되어 있으며, 내부와 외부사이의 채광과 환기를 위해 내부 돔에는 2번째와 3번째 통로와 연결되어 있는 개구부와 외부 돔에는 세 개의 원형 형태의 개구부가 형성되어 있다.²⁵⁾ 이외에도, 당시 공사 중에 작업인부들에게 필수적이었던 돔의 상부부분을 오를 수 있는 통로인 계단이 계획되었다. <Fig.17> 그리고 돔의 두께는 판테온처럼 상부로 올라 갈수록 얇아지면서 구성되었으며, 내부와 외부 덮개사이의 간격은 드럼으로부터 하단부분에서는 약 60cm에서 상부의 꼭대기 8각형 형태의 고리부분에는 약 30cm 정도로 조금씩 좁아지면서 돔의 형태가 이루어져 있다.²⁶⁾

Fig.16 Vertical section of Dome

Fig.17 Space between the inner and outer shell of Dome

Fig.18 Inside view of the drum and Dome

25) E. Battisti, Op. Cit., p.144, 그림 144에서 드럼상부부분에서 돔이 시작되는 부분의 우측은 돔 내부의 회랑이 난간과 함께 구성되어 있으며, 맞은 편에 0부분은 비계의 발판을 설치하기 위한 구멍이 뚫려 있다. 내부와 외부 돔사이의 1-4번은 첫 번째부터 네 번째의 통로이며, 5번은 돔을 청소하고 보수하기 위한 작업자들의 통로가 구성되어 있다.

26) R. King, Op. Cit., p.86, 141. 내부의 돔 두께는 드럼으로부터 하단부분에서는 약 2.1m에서 상부의 꼭대기 8각형 형태의 고리부분에는 약 1.5m 정도로 조금씩 좁아지면서 이루어졌고, 외부의 돔 두께는 내부의 돔 두께의 약 1/3정도의 두께로서 내부의 돔과 같이 상부방향으로 조금씩 좁아지면서 구성되었다.

(3) 기능적인 측면

돔 내부에서의 기본적인 기능은 교회 내부공간의 수평적인 본당과 돔 하부부분에 제단을 중심으로 비어 있는 수직적인 공간의 통합이었다. 또한, 돔의 기능은 내부의 둥근 천장과 외부의 지붕형태에 의해 교회건축에서의 하늘과 우주를 상징적으로 나타내고, 자연스럽게 천국으로 인식시키기 위함이었다.

돔 내부의 입면은 외부와 같이 시각적으로 보여지는 리브와 구조적인 요소가 포함된 모서리들의 윤곽이 나타나지 않도록 8각형 형태의 각각의 면들이 서로 연결된 선형으로 되어 있기 때문에, 전체적으로 반원형과 같이 단순하게 편편한 표면으로 구성되었다. 이러한 돔 내부에서 8개의 반복된 면들은 주랑과 측랑 및 8각형 형태의 제단을 중심으로 후진과 수랑부분에 의해 표현되어진 다양한 공간을 통합하고 있다. 그리고 돔의 내부는 ‘최후의 심판’ 내용의 거대한 벽화가 1572년부터 1579년 사이에 바사리(G. Vasari, 1511-1574)와 주카리(F. Zuccari, 1543-1609)의 작업에 의해 그려져 장식되어 있다.²⁷⁾ <Fig.18>

돔 외부에서의 기본적인 기능은 교회의 본당과 돔 하부부분의 수평적인 매스들을 수직적으로 통합하기 위함이었다. 그리고 도시에서의 돔의 대한 형태 및 크기와 높이에서 뿐만 아니라, 종교적인 중심 역할을 하고 있는 산타 마리아 델 휘오레 교회에 대한 상징적인 의미를 나타내고 있다.

돔 외부의 첨두형 아치의 입면은 십자가를 지지하고 있는 거대한 원구를 향해 수직적으로 상승하면서 랜턴으로 집중시키는 8개의 리브사이에 마감된 막이다. 돔을 보호하기 위한 외부마감은 8각형 형태의 드럼 모서리를 중심으로 돌출된 흰색의 리브가 눈에 띄게 돌출되어 구성되어 있는데, 이러한 리브는 상부부분의 랜턴방향으로 집중되어 상승감을 유도하고 있다. 그리고 리브와 리브사이에는 붉은 색의 얇은 벽돌로 마감되어 하중을 적게 하였으며, 특히 돌출된 리브의 구조적인 틀과 리브와 리브사이의 마감재료는 시각적으로 재료의 색깔과 구조사이의 대조를 이루어지고 있다. <Fig.4, 8, 12>

돔의 천장부분인 내부의 상부 중앙부분 꼭대기의 개구부는 내부 길이가 약 3m인 8각형 형태의 열린 형태로 구성되었다.²⁸⁾ 이러한 개구부는 돔 내부 입면을 따라

27) L. Benevolo, Op. Cit., p.57; G. Fanelli, Op. Cit., p.27.

28) 이러한 개구부는 완전하게 보존된 판테온의 반원형 둥근 천장의 상부 중앙부분 꼭대기에 열려진 개구부에 대한 브루넬레스키의 영감으로부터 계획되었다고 볼 수 있다. 그리고 1432년에 돔의 최상부 부분을 마무리하기 위한 고리형태에 대해 돔의 모형을 가지고

시각적으로 높게 상승하면서 별의 형상과 같이 구성되었으며, 그러한 외부의 상부부분에는 랜턴의 견고한 구조물이 구축되어졌다. 이와 같이 8각형 형태의 열려진 계획은 이후에 구성될 랜턴의 기본적인 형태를 고려하였으며, 8개의 리브들을 최상부 부분에 모으면서 돔의 형태를 완성시키기 위함이었다. 그리고 돔의 최상부 부분에 도달된 리브들은 거대한 8각형 형태의 고리로 서로 연결되면서 랜턴 하부부분에 랜턴의 구축을 위한 큰 단을 형성하고 있다. <Fig.15>

(4) 구축적인 측면

돔의 구축에 필요한 브루넬레스키의 연구에 의한 지식은 기술적이고 역학적인 측면에서 많은 중요한 문제들을 해결하였다. 브루넬레스키의 돔을 위한 계획 이전인 1300년 중반에는 장식적인 작업을 위해 홍예들을 제작할 수는 있었다. 그러나 브루넬레스키가 계획한 새로운 8각형 형태의 돔과 같은 구조물을 구축할 수 있는 길고 강한 홍예들을 제작할 수는 없었기 때문에, 돔은 당시의 기술적인 방법으로는 구축되어질 수 없었다.²⁹⁾ 따라서 1418년에 실시된 현상설계의 가장 중요한 부분은 무엇보다도 돔의 구축적인 기술에 관한 계획이었으며, 그러한 계획에는 보강철재, 공사를 위한 다리와 돔을 축조하기 위한 장비들의 도면과 모형이 포함되어 있었다.³⁰⁾

산타 마리아 델 휘오레 교회의 돔을 형성하기 위해 판테온으로부터의 영감은 돔의 형태보다는 홍예틀 없이 축조하는 방법이었다. 왜냐하면, 판테온은 홍예틀이 없이 축조되었는데, 그 이유는 홍예틀을 만들 수 있는 충분한 길이의 나무들이 없었기 때문에, 거대한 둥근 천장을 홍예틀이 없이 축조하기 위한 공사방법의 가능성이 존재하였다.³¹⁾ 그러므로 브루넬레스키는 이전에 돔의 전통적인 구축과정에서 돔을 지지하는 홍예틀을 제작하지 않고, 돔의 구조물을 이용하여 목재로 제작된 비계를 설치하는 방법으로 돔의 구축을 계획하였다. 이러한 계획은 내부와 외부 돔 사이에 통로, 내부 돔에 구성된 환기구와 외부 돔에 구성된 개구부를 중심으로 지지대를 깊이 끼워

서 기본적으로 발판을 구성한 이후에, 2단 혹은 3단의 비계를 설치하여 돔의 하부부분부터 상부방향으로 구축하는 새로운 공사방법으로 실행하였다. 그리고 돔의 내부와 외부부분에 설치된 비계들의 상부부분을 자세히 살펴보면, 작업자가 벽돌쌓기 공사를 하고 있는 모습이 표현되어 있다.³²⁾ <Fig.19>

fig. 1

fig. 2

fig. 3

fig. 4

Fig.19 Reconstruction design of scaffolding used for vaulting of Dome without armature (fig.1-4)

<Fig.19>에서 돔이 시작하는 부분부터 돔의 상부부분까지 돔 내부와 외부의 여러 부분에 설치된 비계와 비계 위에서 공사하는 모습을 구성한 그림(fig. 1-4)을 살펴보면 다음과 같다.

<fig.1>은 드럼 상부부분에 돔이 시작되는 레벨에서 드럼의 평면을 중심으로 돔 내부에는 8개의 면을 따라 돔 내부에서 작업하기 위한 비계의 발판과 함께, 그러한 발판을 설치하는데 필요한 깊은 구멍들이 드럼 구조물 내부에 표현되어 있다. <Fig.13 참조>

<fig.2>에서 좌측부분 내부의 비계는 돔이 시작되는 부분에 형성된 깊은 구멍들에 비계의 바닥을 구성하기 위한 지지대를 구축하여 두 번째 통로부분까지 3단의 비계를 설치한 모습이다. 그리고 우측부분 외부의 비계는 외부 돔의 하부부분에 있는 개구부에 비계의 바닥을 구성하기 위한 지지대를 구축하여 세 번째 통로부분까지 2단의 비계를 설치한 모습이다.

<fig.3>에서 좌측부분 외부의 비계는 외부 돔의 하부부분에 있는 개구부에 비계의 바닥을 구성하기 위한 지

논의하였으며, 그러한 결과로서 8각형의 형태로서 결정되었다. L. Benevolo, Op. Cit., p.58.

29) P. Murray, Op. Cit., p.12; G.C. Argan, Op. Cit., Vol. II, p.97.

30) L. H. Heydenreich-W. Lotz, Op. Cit., p.4; E. Battisti, Op. Cit., p.117; R. King, Op. Cit., pp.14-15.

31) P. Murray, Op. Cit., pp.14-15; G. Finelli, Op. Cit., p.11. 브루넬레스키는 1417년에 로마에서 판테온을 중심으로 고대 로마 시대의 둥근 천장의 공사기술을 연구하였으며, 그러한 결과로서 보강재와 홍예틀이 없이 돔을 구축이 가능하게 되었다.

32) E. Battisti, Op. Cit., p.123의 그림 117-b, p.166의 그림 171, 그리고 <Fig. 16> 과 각주 25) 참조.

지대를 구축하여 세 번째 통로부분까지 3단의 비계를 설치한 모습이다. 그리고 우측부분 외부의 비계는 외부 돔의 중간부분에 있는 개구부에 비계의 바닥을 구성하기 위한 지지대를 구축하여 세 번째 통로부분까지 2단의 비계를 설치한 모습이다.

<fig.4>는 돔의 좌·우부분에 있는 세 번째 통로를 중심으로 비계의 바닥을 구성하기 위한 지지대를 가로지르면서 구축하여 돔 상부부분의 8각형 형태 개구부까지 비계를 설치한 모습이다.

브루넬레스키는 위와 같은 돔의 구축과정에서 공사에 관련된 여러 가지의 재료와 부품을 끌어 올리고, 고정시키기 위한 특수한 기계들을 발명하였다. 그리고 돔의 영역 내에서 크고 무거운 재료들의 이동을 위한 다목적 전달용의 도르레, 순환하는 나사와 집게 및 특수하게 제작된 기중기 장치를 통해 새로운 기계와 장비들을 발명하였다.³³⁾ <Fig.20>

Fig.20 View of various types of pulleys and stone-engaging keys or hangers

<Fig.21>의 줄리아노 다 산갈로(Giuliano da Sangallo, 1445-1516)의 수첩에서 발견된 거대한 기중기의 그림과 모형은 소나 말과 같은 동물이 연자방아의 모습과 같이 돌면서 발생하는 운동력으로 석재와 같은 무거운 재료를 도르레를 이용하여 높이 끌어 올리는 장치이었다. 이러한 기계는 동물의 회전운동에 의해 수직축의 치차와 수평축의 치차가 서로 맞물리면서 운반통이 상하방향으로 전환되는 원리이었다.³⁴⁾ 위와 같은 기중기는 시계처럼 정확하고 규칙적으로 돌아가면서 약 10분에 한번씩 하루 평균 50번 정도의 인양작업을 할 수 있었다

33) L. H. Heydenreich-W. Lotz, Op. Cit., p.4; G. Fanelli, Op. Cit., p.11, 26; 그리고 도르레, 기중기, 나사가 포함된 갈고리 등의 도면과 모습은 E. Battisti, Op. Cit., pp.130-136, 그림 122-134에서 참조.

34) 크고 작은 기중기에 대한 줄리아노 다 산갈로의 그림과 모형은 E. Battisti, Op. Cit., pp.132-133의 그림 125-128에서 참조할 수 있으며, Fig. 20은 그림 125와 그림 128의 하부부분의 그림이다. 기중기에 관련된 전반적인 내용은 R. King, Op. Cit., pp.89-107.

고 한다.³⁵⁾ 그리고 <Fig.22>는 줄리아노 다 산갈로의 또 하나의 거대한 기중기를 통해 무거운 재료를 높이 끌어 올리는 장치를 위한 그림이다. <Fig.23>은 하부부분의 나사에 의해 회전하는 수직축의 나무막대로부터 움직이는 재료를 도르레를 이용하여 높이 끌어 올리는 장치로 되어 있는 기중기이다. 이러한 기중기는 중앙부분에 톱니바퀴가 있는 나무를 올리고 내리면서 좌측의 수평축에 있는 톱니바퀴가 서로 맞물리면서 운동의 방향도 상부와 하부방향으로 서로 바뀌게 할 수 있는 기계이었다.³⁶⁾ 따라서 돔의 구축은 브루넬레스키가 실제적인 작업의 도움을 주기 위해 발명한 많은 기계와 장비들에 의해 매우 간편하고 편리하게 공사가 이루어졌다.

Fig.21 Design of a lift for transport of heavy material, Model of Design

Fig.22 Partial design for the

Fig.23 Model of the another type lift

한편, 돔 내부와 외부를 형성하기 위한 벽면들은 자체적으로 하중을 지지하기 위해 《A Spina di Pesce 혹은 Spinapesce》라고 불리는 오니무늬 모양으로 끼워 넣는 체계의 벽돌마감으로 구성되었다.³⁷⁾ <Fig.24> 오니무늬의 마감이라고도 불리는 《A Spina di Pesce

35) F. D. Prager - G. Scaglia, 「Brunelleschi: Studies of His Technology and Inventions」, MIT, 1971, p.80; R. King, Op. Cit., p.97에서 재인용.

36) E. Battisti, Op. Cit., pp.132-133, 그림 127과 128의 상부부분.

37) AA. VV., Op. Cit., p.392; L. Benevolo, Op. Cit., p.54.

혹은 Spina pesce》는 고대 로마 시대의 오푸스 스피카툼(Opus Spicatum)에서 유래된 조적식 마감방법으로서 직사각형 형태의 작은 벽돌의 긴 면을 비스듬하게 물고기 등뼈의 가시모양으로 쌓는 조적식 마감방법이다.³⁸⁾ 〈Fig.25〉 위와 같은 마감방법은 브루넬레스키에 의해 돔의 구축을 위한 로마 시대의 벽체 조적법을 연구한 결과로서 돔을 구조적으로 안정시키는데 결정적인 역할을 하였다.

Fig.24 Walling view of herringbone bond brick in the inner dome

Fig.25 View of Opus Spicatum

안토니오 다 산갈로 일 조반네(Antonio da Sangallo il Giovane, 1484-1546)의 그림에서는 오히려 조적방식으로 벽돌을 쌓는 모습을 볼 수 있다.³⁹⁾ 〈Fig.26〉이 그림에서 좌측에는 벽돌쌓기와 우측에는 돔의 이중적인 쉘구조의 단면도가 그려져 있다. 그림 좌측부분에서 볼 수 있는 벽돌쌓기는 단순히 수평방향으로만 쌓는 것

이 아니었으며, 일정한 간격으로 수평면과 수직이 되도록 큰 벽돌을 수직방향으로 쌓아 올렸다. 수직방향의 벽돌쌓기는 돔의 하단부를 중심으로 약 90cm 간격으로 쌓기 시작하여 상부방향으로 좁아지면서 비스듬하게 형성되었다. 그러한 수직방향의 벽돌쌓기 사이의 수평 구간에는 하단부에 5개의 벽돌이 들어갔으며, 상부방향으로 벽돌의 수가 적어지면서 구축되었다. 특히, 수평 구간에는 5개의 벽돌은 양 옆의 수직방향의 벽돌들이 일종의 받침대 역할을 하였기 때문에 견고하게 제자리를 유지할 수 있었고, 새로운 층은 이미 구축된 층들과 서로 맞물리면서 스스로 버틸 수가 있게 구축되었다.

Fig.26 Drawing for herringbone bond brick of Antonio da Sangallo il Giovane

돔의 구축을 위한 주요한 재료는 목재, 대리석과 사암의 석재와 벽돌 및 모르타르가 사용되었다. 일반적인 벽돌의 길이는 25cm이고, 폭은 12.5cm 정도의 크기로서 많은 분량의 벽돌을 찍어내기 위해 나무틀을 제작하여 생산하였다. 이외에도, 특별한 크기와 형태의 직사각형 벽돌, 삼각형 벽돌, 비둘기 꼬지형 벽돌 등을 생산하였는데, 그 이유는 8각형 형태의 돔에서 상부방향으로 좁아지는 면들에 의해 발생하는 다양한 면의 폭과 각에 대한 보다 정확한 시공을 위해 틈이 없이 확실하게 구축하기 위함이었다. 그리고 모르타르는 석재와 벽돌을 고정시키기 위한 재료로서 고대 로마시대에 사용하였던 것과 유사하게 생석회와 물과 모래를 섞어 사용하였다.⁴⁰⁾

3-3. 랜턴에 대한 분석

랜턴은 채광창과 환기를 위해 돔의 최상부 부분이면서 꼭대기의 탑으로 이루어진 구조체이며, 이러한 랜턴은 브루넬레스키가 죽은 이후에 그의 계획안에 의해 구축되

38) N.Pevsner-J.Fleming-H.Honour, 『Dizionario di architettura』, Einaudi, 1992, 'opus'; 『Enciclopedia dell'Architettura Garzanti』, Garzanti, 1996, 'opus Spicatum'. 《A Spina di Pesce》는 영어의 Herringbone에 해당된다. 이와 같은 조적방식은 AD 1C 이후에 벽체의 마감뿐만 아니라, 중정이나 테라스 바닥마감으로 자주 사용되었던 구성방법이었다.

39) L. Benevolo, Op. Cit., p.53, 그림 22; R. King, Op. Cit., pp.144-147; G. Fanelli, Op. Cit., p.28, 그림 36에서 하부 중앙부분에는 “보강재가 없이 축조된 플로렌스에 있는 벽돌쌓기에 의한 둥근 천장”이라는 글이 적혀 있다. 이러한 그림은 플로렌스의 우피치 미술관 도면보관소(도면번호: Uffizi, dis. n. 900A)에 보존되어 있다.

40) 재료와 재료의 성분에 관한 내용은 H. Saalman, 『Filippo Brunelleschi: The Cupola of Santa Maria del Fiore』, London A. Zwemmer, 1980, p.199; R. King, Op. Cit., pp.136-141에서 재인용.

었다. 브루넬레스키는 1436년에 랜턴의 모형을 목재로 제작하였으며, <Fig.27> 1438년에는 대리석을 가공하여 랜턴의 구성요소들을 제작하기 시작하였다. 그 이후에 브루넬레스키가 죽은 해인 1446년에 랜턴의 조립이 시작되었고, 로셀리노(B. Rossellino, 1409-1464), 미켈로찌(M. Michelozzi, 1396-1472)와 마네티(A. Manetti, 1432-1497)에 의해 연속적으로 공사가 이루어지면서 1471년에 랜턴의 모형과 같이 공사가 완성되었다.⁴¹⁾ <Fig.28>

Fig.27 Model in wood of the lantern

Fig.28 View of the lantern

돔의 최상부분에 도달된 리브들은 거대한 8각형 형태의 고리로 서로 연결되면서 랜턴 하부부분에 랜턴의 구축을 위한 큰 단을 형성하고 있다. 이러한 단에 랜턴의 본체를 지지하고 있는 8개의 버팀기둥은 돔의 8개 리브들과 의도적으로 연속되어진 방향에 일치시키면서 돔의 중앙부분에 수직축을 따라 계획되었다.⁴²⁾ 랜턴은 구조적인 측면에서 돔의 리브들을 결합시키기 위해 도움이 되고 있으며, 내부공간과 외부공간사이에서의 관계를 모두 상부로 전달되는 힘을 하나의 점으로 모이는 형태적인 해결로서 강조되었다. 그러므로 돔의 8개 리브와 랜턴의 8개 기둥은 구성체계의 통일성뿐만 아니라, 돔의 리브와 함께 수직적으로 더욱 상승하는 분위기를 연출하고 있다.

그리고 랜턴의 기둥들은 전도된 S자형태의 소용돌이 모양의 장식들로 지지되어진 코린티안 주두양식의 필라스터와 랜턴 상부부분의 모서리를 따라 엔타블레이처가

둘러싸여 구성되어 있다.⁴³⁾ 그러한 상부부분에는 원뿔형태로 다시 상승하여 십자가를 지지하기 위한 원구에 수렴되어 있으며, 원구 상부에는 교회의 상징인 십자가가 세워져 있다.⁴⁴⁾

4. 결 론

브루넬레스키의 산타 마리아 델 휘오레 교회의 돔 계획에 관한 연구의 결과로서 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. 산타 마리아 델 휘오레 교회의 브루넬레스키의 돔 계획은 기본적으로 교회의 평면과 입면 및 횡단면계획과 서로의 연관성을 가지고 계획되었다. 특히, 교차부 부분에 제단을 중심으로 구성된 기하학적인 정형의 8각형 형태는 돔뿐만 아니라, 드럼의 평면형태 및 크기 그리고 랜턴의 평면형태가 결정되는 중요한 구성요소가 되었다.

2. 브루넬레스키가 계획한 돔은 판테온을 포함한 고대 로마 시대의 건축을 연구한 이후에, 교회계획에서 의도되었던 고딕적인 사교를 보존하면서 새로운 돔이 완성되었다. 그리고 교회에서의 가장 중요한 공간인 돔은 돔에 대한 계획, 구조, 기능과 구축적인 측면을 통해, 여러 가지 관점에서 건축의 전환점 및 새로운 시대인 르네상스 시대의 건축의 시작이라는 계기가 되었다.

3. 브루넬레스키에 의해 구축된 돔은 전통적인 반원형 형태의 돔과 홍예를 이용의 거부 및 이중의 쉘구조 형태를 창조하면서 혁신적인 해결을 통해 계획하였다. 그리고 돔의 구축은 8각형 형태의 쉘들을 연결하고 강화시키기 위해 계획한 석재리브, 벽돌공사의 중력을 줄이기 위한 지지방법, 고대 로마 시대 건축의 조적법인 오너무늬 모양의 벽돌쌓기와 같은 중요한 문제들을 각종 건설기계와 장비들의 발명과 함께 해결하였다.

4. 브루넬레스키가 계획한 돔은 이후에 르네상스 시대 교회건축을 중심으로 돔의 계획을 위해 많은 건축가들에게 영향을 주었다. 특히, 로마에 있는 산 피에트로 교회의 돔 계획은 미켈란젤로가 계획한 판테온과 같은 반원형 형태의 돔 이후에, 텔라 포르타에 의해 계획된 돔과

41) L. Benevolo, Op. Cit., p.58; L. H. Heydenreich-W. Lotz, Op. Cit., pp.4, 16; P. Murray, Op. Cit., p.17; G. Fanelli, Op. Cit., p.26.

42) 돔부분인 정사각형(HMIN) 상부에 연장되어 구성된 정사각형(GHLM)형태가 대각선 방향에 의해 서로 교차되는 부분이 원뿔 형태의 중간부분을 중심으로 연속적인 수직적인 축이 형성되었다. (Fig. 8 참조)

43) 돔의 돌출된 8개의 리브들과 랜턴을 구성하는 8개의 기둥들과의 도해적인 일치하는 경사지게 구성된 전도된 S자형태의 장식과 함께, 돌출된 버팀기둥의 역할을 더욱 명백하게 하고 있다. L. H. Heydenreich-W. Lotz, Op. Cit., p.16. 이러한 S자 형태의 장식은 초기 르네상스 시대 알베르티의 산타 마리아 노벨라교회의 정면계획에 이용되었으며, 이후에 교회의 정면계획에 많은 영향을 주었다.

44) L. Benevolo, Op. Cit., p.62. 랜턴에 여러 가지 많은 구성요소로서 형성된 이유는 원거리에서 눈에 잘 띄게 하고, 실제보다도 크게 보이도록 많은 요소로서 이루어졌다.

32 논문

런던에 있는 성 바울 교회의 돔이 산타 마리아 델 휘오레 교회의 돔과 같은 형태와 구조적인 유형인 첨두형 아치와 이중의 셸구조로서 계획되었다.

5. 르네상스 시대에 교회건축의 대표적인 돔은 초기에는 플로렌스의 산타 마리아 델 휘오레 교회의 돔과 후기에는 로마에 있는 산 피에트로 교회의 돔이라고 할 수 있다. 이러한 돔들은 시각적이고 미학적인 측면을 고려한 형태, 횡력을 적게 받기 위한 구조, 기술적인 측면에서의 구축, 도시와 건축 및 종교적인 측면에서의 상징성에 의해 새로운 신기원을 이루게 되었다.

References

1. L. Benevolo, 「Storia dell'architettura del Rinascimento」, Vol. I, Laterza, 1968
2. L. H. Heydenreich-W. Lotz, 「Architecture in Italy 1400 to 1600」, Penguin Books, 1974
3. AA. VV., 「Lineamenti di Storia dell'Architettura」, Carucci Editore, 1978
4. P. Murray, 「Architettura del Rinascimento」, Electa, 1978
5. R. Bartolini, 「Florence」, Becocci, 1979
6. B. Risebero, 「Il racconto dell'architettura occidentale」, Sanoni, 1980
7. G. Fanelli, 「Brunelleschi」, Scala, 1980
8. G.C.Argan, 「Storia dell'Arte Italiana」, Vol. I - II, Sansoni, 1982
9. J. Burckhardt, 「The Architecture of the Italian Renaissance(1867)」, Penguin Books, 1985
10. E. Battisti, 「Filippo Brunelleschi」, Electa, 1989
11. N. Pevsner - J. Fleming - H. Honour, 「Dizionario di architettura」, Einaudi, 1992
12. 「La Nuova Enciclopedia dell'Arte」, Garzanti, 1993
13. 「Enciclopedia dell'Architettura Garzanti」, Garzanti, 1996
14. R. King, 「브루넬레스키의 돔」(Brunelleschi's Dome, 2000), 이희재 옮김, 세미콜론, 2007
15. <http://books.google.co.kr/books=Brunelleschi> : studies of his technology and inventions

접수(2012. 6. 15)

수정(1차: 2012. 8. 14, 2차: 2012. 8. 30)

게재확정(2012. 9. 10)