

고딕建築의 構造에 關하여

金 濟 東
(韓社大學 講師)

1. 序 論

人間이 重力과 對항 하여 싸우면서 風雨寒雲을 막기 위한 空間을 만들기 시작한 이래 수 많은 建築物을 構築 하였지만 이 建築物 들을 構造的으로 分析하여 大別하면 스트 앤드 린텔(Post and Lintel) 構造物과 캔틸레버(Cantilever) 또는 코오벨(Corbel) 構造物, 아아치(Arch)와 보울트(Vault) 構造物 및 트러스(Truss) 構造物의 4 가지로 分類 할 수 있을 것이다.

인간 들이 더 넓고 높은 내부공간을 확보하기 위해서 이러한 구조 방법들을 창안해 냈는데, 어떻게 하면 지붕의 하중을 기둥을 통해서 효과적으로 지반에 전달 하느냐가 문제의 관건이었다.

예로부터 西洋建築의 主建築材料는 石材였다. 그리이스나 로마시대에는 단지 石材를 쌓아 올려서 그들 자체의 무게에 의한 안정으로 구조물이 지탱하게 하였으나 構造를 잘 연구하여 石材를 쌓기 시작한 것은 돔(Dome) 建築 부터 였다고 할 수 있겠다. 돔(Dome) 建築이 발달하여 보울트(Vault) 構造가 발명되었으며 보울트(Vault) 構造가 가장 잘 발달된 시대는 고딕建築 시대라 할 수 있다. 고딕建築은 西洋建築史上 가장 찬란한 건축시대를 이루었던 것으로 建築構造 技術面으로 볼때는 建築史上 획기적인 시대라 할 수 있다. 이러한 고딕시대 建築의 構造를 일별한다는 것은 옛시대 건축을 역사적인 관점에서만 보는게 아니고 工學的으로 고찰해 본다는 의미에서 건축 발전에 다소나마 보탬이 될것으로 생각되어 본 小考를 쓰는 바이다.

2. 고딕의 語原 및 고딕건축의 발전

Gothique란 말이 맨처음 사용된 것은 화가 라파엘(Raphael)이 국왕 Leon X에게 보내는 글에서 였다. 고딕(Gothique)란 말에 대칭적으로 쓰여진 말로써 경멸적인 야만이란 뜻이 내포되어 있었다.

17~18세기에는 고딕양식은 고트족에 의해 발생되어졌다고 잘못 알려졌었으나 19세기 부터는 중세건축의 평가가 달라짐에 따라 새로운 뜻으로 통용되게 되었다. 이때

리 태생의 예술사가이며, 건축가로 알려진 비사리(Va-Sari Giargio)가 프랑스의 중세건축문화의 가치평가를 위하여 사용됨으로서 고트족에서 유래한 고딕이란 말이 새로운 뜻으로 통용되었다고 한다.

고딕건축물이 최초로 세워진것은 성드니(Saint Denis) 수도원(1127~1140) 13세기 중엽부터 성드니를 계속하는 고딕건축운동이 일어 이 운동은 얼마되지 않아 전유유럽으로 전파하게 되었고 그리하여 초기 고딕건축의 형태가 형성되었다고 할 수 있다. 고딕건축은 거의 4세기 동안 걸쳐 발전 계승되었다. 12세기에 생겨서 16세기초까지 계속되었으며 13세기에 가장 융성하였다.

이때 빠리(Paris), 랭스(Reims), 아미에(Amiens) 부루즈(Bourges)의 대부분의 성당이 건축되었다.

3. 石材의 使用과 構造技術의 發達

人間이 건축재료로 석재를 처음 사용하기 시작 한것은 돌맨(Dolmen), 맨히르(Manhir), 스톤 헨지(Stone Henge) 등에서 볼수 있듯이 원시 시대 부터라 할 수 있다. 그러나 이때는 단지 석재를 단순 하게 세워놓았다는데 불과한 구조물이라 하겠다.

이집트 시대에는 기계없이 거대한 석재를 다루는 기술을 터득하고 있었으며 석조건축물을 架構式으로 쌓기 시작 하였고, 그리이스 시대에는 정확하게 좌우 균제의 외관을 가지는 架構式 構造物을 건축하였다. 로마 시대에는 火山灰와 石灰石을 혼합하여 콘크리트를 발명하게 되었고 이 구조방법이 로마 시대의 건축 발달에 큰 역할을 하였다.

고딕시대 건축은 역사상 다른 어느 시대 보다도 고도로 발달한 石工 技術에 의하여 성립 되었다. 그 구조법과 細部工作들은 최고도로 완성된 건축양식만이 갖는 명료성을 갖고 있었다.

척두형과 아아치를 출입구·창 등 모든 개구부에 사용하였으며 지붕을 높게 솟아 올리고 하늘을 지향하는 피나클(Pinnacle)尖塔·종각 등을 건축하였다.

4. 고딕建築에 있어서 荷重의 解決方法

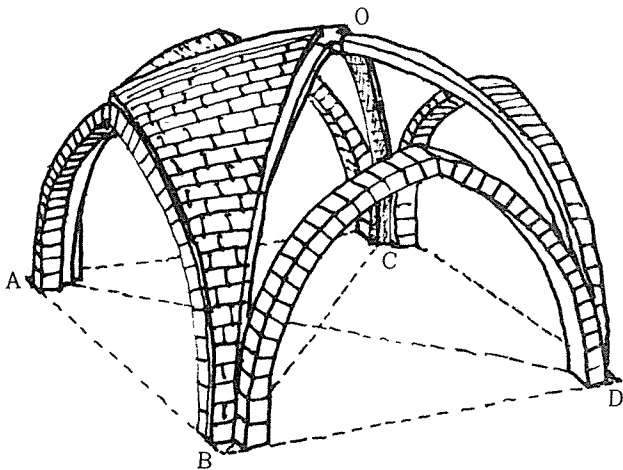
4-1 리브·보울트

모든 건축물은 荷重問題를 어떻게 해결 하느냐가 문제였다.

그리스 로마시대에는 架構式構造로 해결하였으며, 고딕시대에는 石材를 쌓은 보울트로써 해결 하였다.

보울트는 아아치가 계속되어 半圓筒形의 面構造를 형성한 것이다. 리브·보울트 구조법은 우선 보울트를 구축하기 전에 보울트의 꼭면을 몇개의 리브(Rib)로 분할하여 리브를 먼저 만들고, 리브사이의 面을 얇은 파넬(P-anel)로 덮는 방법이다.

고딕 건축물에서 가장 발전된 수법은 보울트 구조법이라 하겠다. 이것은 로마네스크 시대에서도 많은 발전을 하였으나 특히 고딕건축에 이르러서 광목할만한 발전을 가져왔다. 즉 어떠한 형상의 평면위에도 자유롭게 보울트를 만들 수 있게 되었다.



(그림 1)

고딕建築의 리브·보울트(Rib Vault)는 두개의 리브(Rib) AD, BC와 네개의 첨두형 아아치 AB, CD, DC, AC로 이루어졌다.

이중 두개의 첨두형 아아치는 고딕建築의 측랑인 아일(Aisle)과 内陳인 네이브(Nave) 중간에 위치하고 있는 벽체의 上部에 걸치게 된다.

두개의 사선 아아치 AD와 BC는 O점에서 만난다. 이 점을 끌레프(Clef)라고 한다. 이 끌레프가 리브의 견고성을 유지한다. 리브·보울트의 탁월성은 가벼움에 있다. 리브間的 간격을 무거운 石材 대신 얇은 石材를 파넬(P-anel)式으로 덮은 까닭이다.

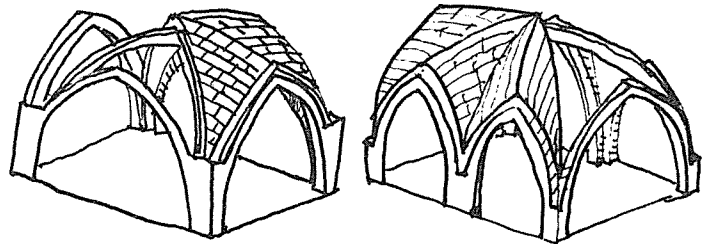
첨두형 아아치와 리브에 의해 분산된 하중은 A, B, C, D 네 점으로 집약되어 기둥을 통해서 지반으로 전달된다.

결과적으로 한 건축물의 모든 리브·보울트는 하중 문제가 독립적으로 되며 가벼워진다. 고딕 건축가들의 이러한 하중문제를 효과적으로 처리한 발명은 혁신을 가져왔다.

보울트의 가벼움은 기둥굵기의 변화를 가져 왔으며 고딕건축에서 벽체는 하중을 받지 않는 장막벽으로 되었다.

4-2 정사각평면 위의 6분 보울트

규모가 큰 성당을 지으려면 성당 내부의 천정고도 높아야 할 뿐만 아니라 内陣의 폭도 넓어져야 한다. 이렇게 되면 지붕의 무게가 너무 무거워지므로 리브(Rib)를 하나 더 추가하여 6분 보울트를 사용하였다.



4분보울트

6분보울트

(그림 2)

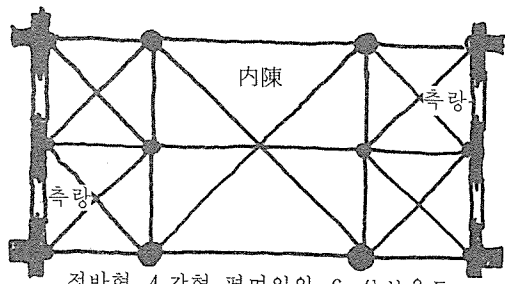
18세기의 빠리(Paris) 라옹(Laon), 부르즈(Boorges) 스와송(Soisson)의 성당에 사용되었다. 6분 보울트는 리브보울트(Rib Vault)에 또다른 한개의 리브(Rib)가 추가됨으로써 보울트(Vault)를 6등분 하게 된다. 이것은 보울트의 하중을 더 분산시키는 이점은 있으나 보울트의 하중을 똑같이 6등분 하는게 아니므로 기둥의 굵기가 서로 달라진다. 실내에서 보면 내진(Nave)과 측랑(Aisle) 사이의 열주가 굵기가 서로 다르면 조화가 잡히지 않는다. 그리고 천정부부분의 채광창들은 이 보울트의 축과 일치하지 않아 의장상으로도 조화가 되지 않는 결점이 있다.

4-3 장방형평면 위에 세운 보울트

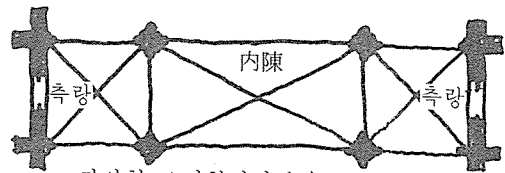
정사각형 평면위의 6분 보울트의 결점들은 장방형 평면위의 보울트로써 해결된다. 보울트의 하중은 똑같이 4등분 함으로써 기둥의 굵기가 같아지며 채광과 보울트의 축과 연결되는 기둥과의 일치가 이루어진다.

즉 보울트를 6등분 하지 않고 평면을 변형 시킴으로써 6등분 보울트 구조와 같이 높은 내부공간을 확보할 수 있었다.

内陳의 폭을 줄이지 않고 동시에 지붕의 하중을 감소시키는 방법은 内陳의 길이를 줄여서 지붕 하중의 감소 문제를 해결 했다.



정방형 4 각형 평면위의 6 분보울트

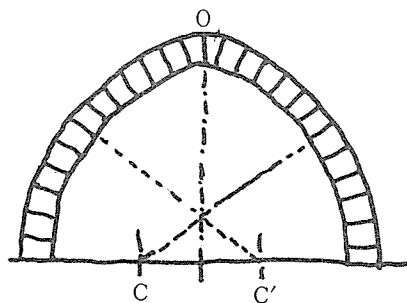


장방형 4 각형평면위의 4 분보울트

(그림 3)

4 - 4 尖頭形 아아치

(그림 4)의 첨두형 아아치는 서로 다른 중심을 가지는 반지름이 같은 두개의 원호를 따라 홍예형 석재를 서로 맞물리게 쌓으므로 형성된다.



(그림 4) 尖頭形 아아치

첨두형아치는 반원형아치 보다 더 좋은점이 있다.

반원형아치에서는 중심부분의 석재 (Clef 佛, Key 英)가 미끄러져 내려올려고 하나, 첨두형 아아치에서는 두개의 클레프(Clef)가 서로 견고하게 맞물려 있으므로 구조적으로 더 안전하게 되어있다.

5. FLYING BUTRESS (그림5)

내진(Nave)과 측랑(Alsle)의 사이와 같이 벽체 하부의 아치로 지지한 곳은 Flying Butress의 구조법을 사용하여 그 횡력을 바깥쪽의 Butress 에 전달 시켰다. Flying Butress 구조는 측랑의 지붕보다 높게 측랑 바깥쪽에다 Butress를 만들고 측랑의 지붕 上部 공중에다 내진의 보울트의 하중이 집중하는 곳에서 부터 바깥쪽 바트레스(Butress)로 弓形의 아아치(Arch)를 구축해서 내진의 보울트(Vault)로 부터 오는 橫力을 바깥쪽의 바트레스(Butress)에 전하게 하여 그 橫力을 지지 하도록 하는 구조이다.

플라이잉 바트레스(Flying Butress)는 두부분으로 되어 있다. 켈레(Culee)라고 불리우는 조적조 벽체와 한개 또는 수개의 아아치(Arch)로 되어 있다. 아치는 내진으로 부터의 횡력을 켈레(Culee)에 전달한다. 건축물이 낮을때는 플라이잉 바트레스(Flying Butress)는 간단하나 성당처럼 큰 구조물 일때는 플라이잉 바트레스(Flying Butress)는 2층으로 되어 있다. 만일 2重으로 되어 있을때는 플라이잉 바트레스(Flying Butress)는 이층으로 되어 있을 뿐만 아니라 중간(中間) 기둥에 의해 2重으로 되어 있다. 플라이잉 바트레스(Flying Butress)의 역할은 리브(Rib)의 하중의 횡력을 처리할 뿐 만 아니라 지붕위에 떨어지는 빗물을 처리하는 물받침의 역할도 하였다.

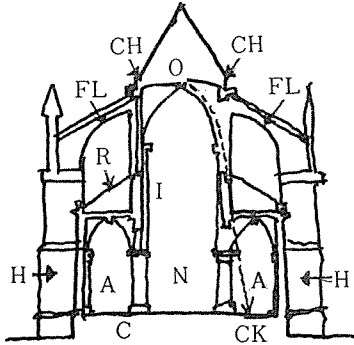


(그림 5)

플라이잉 바트레스(Flying Butress) 없이는 내진을 아주 높이 쌓을 수 없었으며, 보울트(Vault)의 횡력을 담당함으로써 기둥은 더욱더 가늘어지게 되었다. 기둥에 연결시켜 기둥옆으로 플라이잉 바트레스(Flying Butress)를 설치함으로써 측랑보다 높이 솟아있는 내진의 외벽 부분에 채광창을 마음대로 만들 수 있게 되었다. 켈레(Culee) 위에는 뾰족탑(Pinnacle)을 설치하여 고딕건축의 특징을 잘 나타내고 있으나 이 뾰족탑(Pinnacle)은 의장효과면 보다는 뾰족탑(Pinnacle)이 없으면 켈레(Culee)가 기울어질 염려가 있어 構造的인 문제 해결 때문에 뾰족탑(Pinnacle)을 만들었다고 볼수가 있다.

内陣의 보울트의 하중이 집중하는곳에 기둥을 세워 지붕의 하중을 지반에 전달시켰다.

Rib를 기둥의 柱頭 부분 위에 걸쳐 놓던가 또는 Rib를 계속 연장시켜 본기둥에 접한 東式 기둥으로 만들어서 지붕의 하중을 지반에 전달시킨 방법도 사용 하였으며 후기 고딕 건축에 가서는 Rib를 기둥에 묻어 버리는 기법도 사용 하였다. 이러한 기법의 발전은 내부 공간의 가시성을 좋게 하기 위해 기둥의 굵기를 가늘게 하려는 의도가 아닌가 추측된다.



고딕 성당의 단면도

- F. L = 플라잉 바트레스
- A : 측랑 N : 内陣
- H : 필레
- O : 아아치자 정점
- CH : 水路
- R : 측랑의 지붕
- O. K : 보울트의 횡력

이상과 같이 고딕건축물의 구조에 대해 살펴 보았다. 고딕건축의 구조법인 리브 보울트(Rib Vault)는 건축 구조법에 있어서 획기적인 발전이라고 할 수 있다. 지붕의 하중을 분산시킨 결과인 보울트(Vault)의 경량화는 기둥의 직경이 많이 가늘어져서 건축물 내부공간의 답답함을 감소시켜 주었으므로 성당건축물의 可視면적을 넓혀 주었다.

고딕건축은 합리적이고도 과학적인 방법으로 처리하려는데 많은 노력을 기울였다는 것을 볼 수 있다. 고딕건축에 있어서는 구조문제가 주요 문제였으며 의장 문제는 2차적인 것이라 할 수 있다.

고딕건축의 구조는 Form Follows structure라는 말을 받게 했다. 건축물의 構造문제를 합리적이고도 독창적인 방법으로 해결하려는 노력의 결과로 고딕건축의 독특한 외관형태가 결정 지어졌다고 할 수 있다.

고딕건축에 있어서는 평면과 構造문제를 동시에 해결하려고 한 흔적을 볼 수 있다. 6분 보울트의 결점을 제거 하기 위한 합리적 해결책은 내부공간을 그대로 확보하면서 내진의 폭은 변경없이 내진의 길이를 줄여서 즉 평면의 변경으로써 보울트의 하중을 똑같은 비율로 경감시켜서 같은 굵기의 기둥으로써 지붕의 하중을 지반에 전달케 한 방법에서 볼 수 있다.

끝으로 기초에 대해서는 자료수집의 곤란 때문에 고찰을 해볼 수 없었으며 아마 독립기초 일것으로 짐작 되나 거대한 규모의 조적식 구조물을 견고하게 하기 위해서는 특수한 구조법이 사용되지 않았나 생각되며 여기에 대해서는 더 많은 연구가 필요 하다고 생각한다. ■

會員建築設計作品展

건축은 인간을 담는 그릇이라 했습니다.
 보다 기능적이고 아름다운 그릇을 연출해 보려고 노력했습니다.
 선배님, 어른들을 모시고 건축에 대한 대화를 나눠 보고저 전시회를 마련해 보았습니다.
 부디 오셔서 본전시회를 빛내주시기를 바라오며 젊은 건축인들의 앞날에 인도자가 되어 주실것을 기원합니다.

장소 : 대륙백딩 지하다방(전주) 4-2593 3-3040
 기간 : 1980. 11. 21~12. 20
 개전 : 1980. 11. 21 오후 4시 정각
 후원 : 대한건축사협회 전북지부

유림건축연구소 전주시 고사동 1가29의1
 2-5964. 6-4619

1980. 11.

유림건축연구소장 유 철 갑
 임 등 윤 율립