

특 집

|| 콘크리트의 아름다움 ||

콘크리트와 구조 그리고 미(美)

- Structure and Beauty in Concrete Buildings -



안종문*



신성우**

1. 구조(Structure)와 미(Beauty)

우리 주변에서 볼 수 있는 나무형태에서 무의식중에 자연적인 구조미를 느낄 수 있다. 뿌리를 땅 밑에 굳건하게 뻗고 있는 나무는 구조적으로 상부의 하중을 지지하기에 적절한 굵기의 수간(樹幹)에서 위로 퍼져서 뻗어 올라가 있는 굵은 가지들과 그에서 다시 가지쳐 올라간 가는 가지들이 모두 구조적으로 합리성을 띠고 있는 형태로 완벽한 구조미를 갖추고 있는 것을 알 수 있다. 합리적인 구조의 활용은 구조부재를 이루는 재료의 양이나 크기를 적게 해 주기도 하고, 그에 따라 구조부재의 단면이 더 합리적으로 디자인되기도 하며, 물리적인 측면에서나 시각적인 측면에서 구조(構造)와 미(美)가 어우러진 합리적인 형태의 건축물이 이루어질 수 있는 것이다. 이러한 구조미는 중력을 수반하는 하중에 대한 반력사이의 균형감 속에서 생겨나는 시각적인 중량감을 느끼게 하는 형태에 대해서 적절한 지지형태가 주는 반력이 서로 균형을 이루고 있을 때 구조적인 형태미의 아름다움을 느낄 수 있다.

프랭크 로이드 라이트(Frank Lloyd Wright)의 카프만 하우스(Kaufmann house, <사진 1>)의 본체에서 게스트하우스로 올라가는 옥외계단은 평면적으로 1/4원을 경사지게 그리면서 올라가게 되어 있다. 라이트는 이 계단을 지붕만 있는 곡선형으로 디자인하면서 절판구조형식의 구조활용을 통하여 조망을 확보하



사진 1. Kaufmann House 계단의 절판지붕

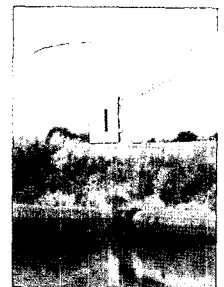


사진 2. 물저장탱크 덴마크, Kruger 그룹

면서도 디자인과 구조미를 느낄 수 있도록 적절히 구조를 활용한 예를 보여 주었다.

덴마크의 알보그(Alborg) 지역을 상징하는 랜드마크적 역할을 하고 있는 물저장탑 구조물(사진 2)은 전체적인 형태와 구조로 보았을 때 크기와 무게와 방향감을 느끼게 하는데, 거대한 물저장고인 원형 그릇과 같은 조형물을 지지하는 두 개의 벽은 시각적으로 너무 크지도 작지도 않아 하중에 대한 반력 사이에서 발생하는 역학적 균형감을 합리적인 구조미로 돋보이게 한다.

또한 미국 예일(Yale)대학 희귀본 도서관은 거대한 매스인 상부 구조체가 네 모서리 부분에서 지지되도록 설계되었는데, 이로 부터 나타나는 지지부분의 형태감은 구조의 아름다움을 느낄 수 있도록 하고 있다.(사진 3)

이와 같이 다양한 형태의 미적 요소와 디자인적 요소를 갖춘 수많은 구조물들은 철이나 콘크리트와 같은 구조재료의 출현, 그

* 정희원, 한양대학교 STRESS 연구조교수

** 정희원, 한양대학교 건축학부 교수

리고 구조설계기술의 발달로 가능하였으며, 특히 지구상에 건설되는 구조물의 80%이상을 차지하는 철근 콘크리트 구조물들은 현대 건축기술의 발전에 큰 역할을 한 것이 사실이다. 이에 본고에서는 콘크리트가 가지는 우수한 장점과 이를 활용하여 건축된 다양한 용도와 형태의 구조물로부터 디자인적 측면에서 느낄 수 있는 구조와 미에 대하여 기술하고자 한다.

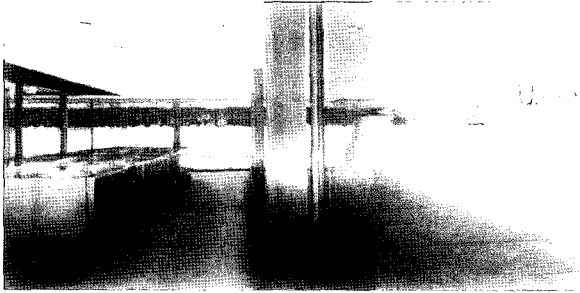


사진 3. Yale 대학 희귀본도서관 지지부분

수 있다는 점이다. 바로 이점을 이용하여 단순한 압축체인 콘크리트를 인장력에도 강한 철근 콘크리트로 만들 수 있게 되는 것이다. 구조 보강을 위한 철근만 매립할 수 있는 것이 아니라 철골 기둥을 시공하기 위한 앵커 볼트를 매립하기도 하고 전기 배선을 위한 배선관을 미리 설치하기도 하며 현수교 끝단에서 인장 와이어를 매립하여 현수 와이어를 지탱하게 하기도 한다.

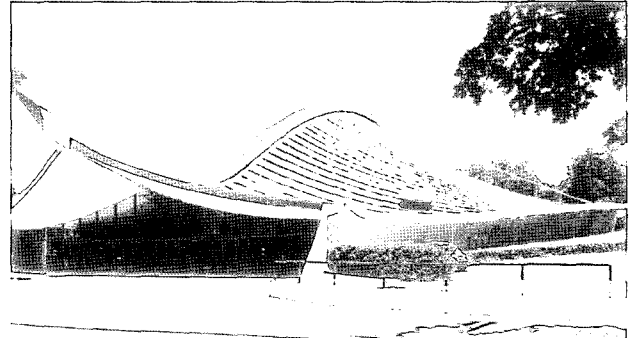


사진 4. Yale대학 하키경기장, Eero Saarinen

2. 콘크리트와 구조물

2.1 콘크리트의 시작

철근 콘크리트에서 콘크리트는 시멘트콘크리트를 일컫는 것으로, 시멘트가 물과 결합하여 모래나 자갈 등의 골재와 같이 경화된 암석과 같은 덩어리라고 할 수 있다. 콘크리트는 일정한 비율로 배합한 모래, 자갈 등의 골재와 포틀랜드 시멘트, 혼화제, 물 등으로 구성되며, 이러한 콘크리트를 철근과 혼합하여 사용함으로써 각각의 재료가 가지는 약점을 보완할 수 있고, 구조물이 만족할 만한 강도와 연성, 내화성, 내구성 등을 보유할 수 있도록 한다.

철과 마찬가지로 콘크리트는 아주 오래 전부터 사용되었다. 판테온을 비롯한 로마 시대의 도움형 지붕은 거의 콘크리트로 성형해서 만든 것들로서 콘크리트 자체의 강도는 화강암의 5분의 1정도 밖에 되지 않는다. 또한 석재와 마찬가지로 압축력에는 어느 정도 강하나 인장력에는 취약하다. 다만 조적조가 고체 상태의 조각들로 축조하는 방식임에 반해 콘크리트는 반액상(半液狀, semi-liquid)의 반죽을 성형시켜 고체화시키는 점이 다르다.

이러한 콘크리트의 가소성(可塑性)은 조적조에 비해 여러 가지 이점을 가지는데, 우선 어떠한 형태이든 자유자재로 성형해 낼 수 있다. 사린넨(사진 4), 네르비(사진 5), 칼라트라바의 콘크리트 구조물은 건축물이기 이전에 하나의 조각품으로 평가받고 있다. 두 번째 이점은 구조체를 일체화시킴으로써 접합부분의 강성을 높일 수 있다는 점이다. 조적조의 경우에는 단위와 단위를 모르타르 등으로 접합하는데 이 부분은 모재보다 강도가 떨어지므로 구조적으로 취약점이 되지만 콘크리트는 구조체 전 부분이 균일한 조건을 가지기 때문에 국부 파괴에 저항한다. 세 번째 장점은 액상화된 상태로 타설을 하기 때문에 미리 구체안에 무엇인가를 매립하여 놓을

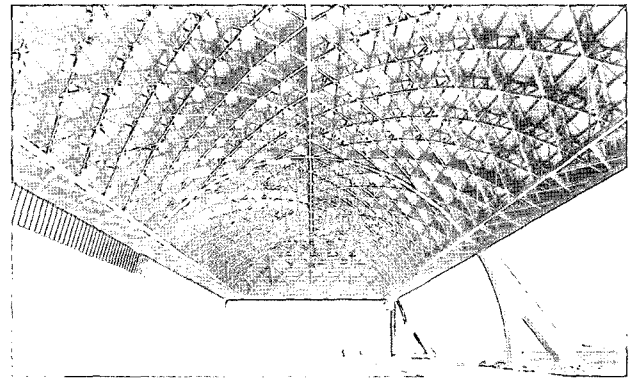


사진 5. Aircraft hangar, Pier Luigi Nervi(1939)

2.2 철근 콘크리트

최초의 보강 콘크리트는 로마시대에도 있었는데 당시에는 청동 막대를 넣어 철근의 역할을 하도록 하였다. 그러나 우리가 통상적으로 말하는 의미의 철근 콘크리트는 19세기말 약 10여년 간에 이루어진 것으로 이 때까지의 철은 인장력에는 취약한 주철이 고작이었기 때문에 철근 콘크리트의 아이디어는 있었으나 이를 실현해 낼 방법이 적합하지 못하였다. 그러다가 19세기 제철 기술의 발달로 인장력에도 강한 철을 만들면서 철근 콘크리트가 탄생하게 된 것이다.(그림 1)

철근 콘크리트의 발명을 재촉한 가장 큰 요인 중 하나는 내화 구조의 필요성이다. 급격한 도시화에 따른 밀집된 건물 군은 1871년 시카고 대화재를 통해 보여졌듯이 대재앙이 될 수 있음을 알게 하였다. 이에 각 도시들은 내화 규준을 강화시켰는데 주철보와 나무 상판으로 된 바닥을 테라코타 벽돌로 싸는 등 갖가지 묘안이 등장했지만 궁극적인 방안은 콘크리트 안에 철을 심는 것이었던 것이다. 여러 회사에서 다양한 방식의 철근 보강 콘크

Complete Structures of every Description in
REINFORCED CONCRETE.
JOHNSON'S
LATTICE AND "KEEDON" SYSTEM.

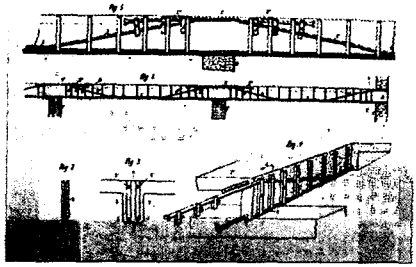
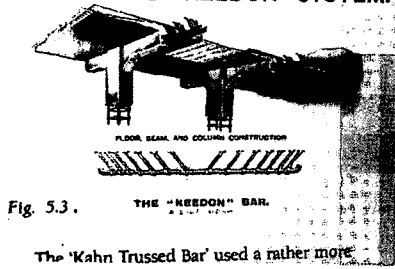


그림 1. 초기의 철근 콘크리트 개념

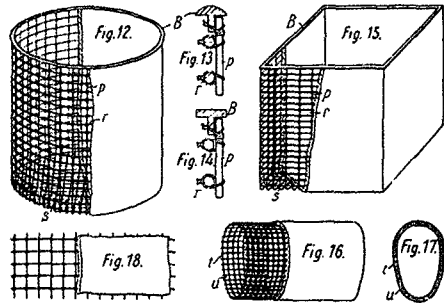


그림 2. Joseph Monier(1871)

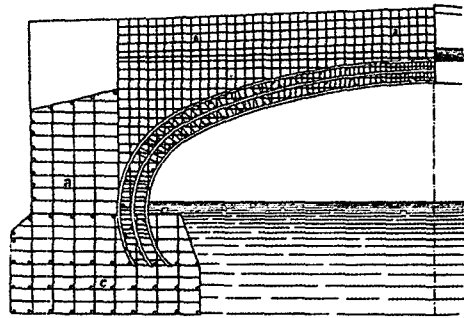


그림 3. Bridge Drawing, Joseph Monier(1873)

리트를 선보였지만 최종적으로 사용하게된 개념은 엔느빅(Hennebique) 등이 제안한 현장 타설식 일체형 방식이었다.

철근 콘크리트는 대체로 세가지 연원을 가진다. 하나는 1867년 프랑스 정원사 모니에르(Joseph Monier)가 와이어 메쉬로 콘크리트 용기를 보강하는 기술(그림 2, 3)로 특허를 얻음으로 시작된 경로인데 이 기술은 독일로 건너가서 와이스(G. A. Wayss)에 의해 기업화된다. 두 번째는 1879년 역시 프랑스의 엔느빅(F. Hennebique)이 개인 주택의 메탈 프레임에 내화피복을 입히는 것으로 시작하여 본격적인 철과 콘크리트의 일체화 공법으로 발전시킨 것이다(그림 4, 5). 세 번째는 19세기 주로 교량 기술자들이 자연 석재 대신 인공 석재를 만들어 쌓는 것이 훨씬 경제적인에 착안하여 발전시킨 경로이다.

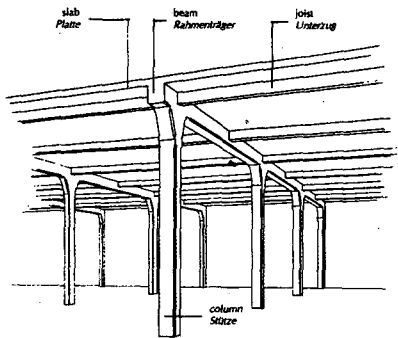


그림 4. Concrete Frame, Francois Hennebique(1904)

3. 미(美)와 콘크리트 구조물

독일과 프랑스에서 각각 발전한 철근 콘크리트는 사뭇 다른 방식을 보인다. 즉 와이스 같은 사람은 엔지니어링이란 미학과는 별개의 분야이며 건물은 엔지니어가 아닌 건축가의 영역이라고 여기는 반면 엔느빅은 석조 기능공으로 시작한 그의 경력에 걸맞게 건축에 콘크리트를 적용하는 일에 몰두하면서 콘크리트 구조의 미학적 측면에도 각별한 관심을 기울인다. 이 같은 차이는 독일과 프랑스의 문화적 차이에서 기인하는 것으로 보이는데 관념적 전통이 강한 독일에서는 수학적으로 정확한 계산에 의해 구조물의 형태와 안정성을 확보하는 경향이었던 반면 예술적 직관의 전통이 우세한 프랑스에서는 이미 성공한 구조물에서 추출한 경험칙에 의존하는 경향이였다.

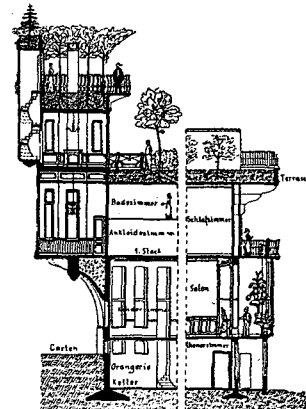


그림 5. Hennebique가 설계한 자신의 주택(1904)

이상에서 기술한 배경으로부터 콘크리트를 활용한 구조물에서 미적요소를 강조한 몇 가지 예를 소개한다.

3.1 로베르트 마이아르(Robert Maillart)

독일의 과학과 프랑스의 미학을 종합하여 철근 콘크리트의 완

성을 이루어낸 곳은 바로 스위스이다. 이는 지리적인 이유도 있을 것이고 척박한 자연조건 하에서 민주적이고 실용적인 사상이 오래 전부터 발달한 스위스적인 전통도 적용했을 것이다. 1855년 취리히 연방 공과대학이 설립되면서 국가적인 공업교육이 실시되는데 토목공학부의 쿨만(Culmann)과 리터(Ritter)는 위대한 공학자인 마이아르(Robert Maillart)와 암만(Othmar Ammann)을 길러낸다. 특히 리터는 구조물의 창조는 과학적인 동시에 미학적인 과업임을 강조하면서 다음과 같은 세 가지의 디자인 원리를 강조하였다. 첫째는 구조계산의 중요성인데 단순한 분석을 통해 더욱 효율적인 형태를 증명하기 위해서였다. 그러나 그의 목적은 분석보다는 설계였으므로 자신의 연구는 구조 일반론보다는 실무를 위한 지침에 집중되었다. 두 번째는 완성된 구조물만큼이나 시공과정에서의 구조적 안정성 문제의 중요성을 강조하였다. 세 번째는 시공 품질과 구조계산 사이의 괴리를 극복하기 위하여 1:1 모델에 의한 상황과 어떠한 차이가 있는지를 알아내어 그 차이를 보정하는 효과를 거둬와 동시에 구조미에 대한 실물적 체험을 통해 기술적 정밀성과 시각적 만족을 같이 얻으려 하였다.

마이아르는 구조물에서 조적조의 잔재를 완전히 지워버리면서도 콘크리트의 기술적, 미학적 기능성의 최대 경지를 보여준 공학자이자 건축가이다. 1872년 베른 출생인 그는 1894년 취리히 연방 공대를 졸업하면서 실무작업을 시작하였다. 그의 작품이 세계적으로 알려진 것은 1947년 뉴욕의 현대미술관의 전시회를 통해서이고 우리에게는 가디온의 극찬(Space, Time and Architecture)에 의해 잘 알려져 있다.

초기 작품인 주오르 브리지에서 그는 종래 다리의 스패드럴에 있던 장식적인 조적벽을 구조적인 벽으로 통합하여 콘크리트로 된 최초의 중공 상자형(hollow-box) 교량을 만들고 있다. 그의 가장 유명한 교량인 살지나토벨(사진 6)에서는 양단의 석조 부축벽까지 제거하여 그야말로 경쾌하기 이를 데 없는 모습을 보이고 있다. 이 같은 형태는 선부재인 철로도 얻을 수 있는 것으로 콘크리트 구조물의 구조적 특성과 미적 감각이 완벽하게 결합된 작품이다. 마이아르는 이것을 통해 최소의 재료와 비용으로 최대의 미학적 효과를 얻은 것으로 평가받는다.

또한 그는 몇 개의 건축물도 남겼는데 이중 주목할만한 것이 1939년에 지어진 시멘트 홀(사진 7)이다. 규모는 크지 않지만 헬부재가 가지는 구조적 진실을 보여주고 있는 중요한 작품이다. 이 쉘의 경우 전체 곡률이 쉘로서의 기능을 발휘하기 적합한 수직적인 비례를 가지고 있고 지붕과 벽의 구분이 없다. 이렇게 구조적 효율성을 극대화할 수 있는 쉘의 기하학적 형태를 선택함으로써 쉘의 두께를 혁신적으로 줄이고 있는 것이다. 이것과 르꼬르뷔제의 필립스 파빌리온, 사린네의 TWA 터미널(사진 8)과 크레스지 강당, 옷존의 시드니 오페라 하우스(사진 9)를 비교해 보면 뒤의 것들은 상당히 두꺼운 쉘을 가졌음을 알게 될 것이다.

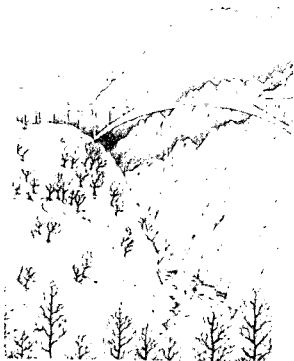


사진 6. Salginatobel Bridge



사진 7. Cement Hall(1939)



사진 8. TWA Terminal, Eero Saarinen(1956)

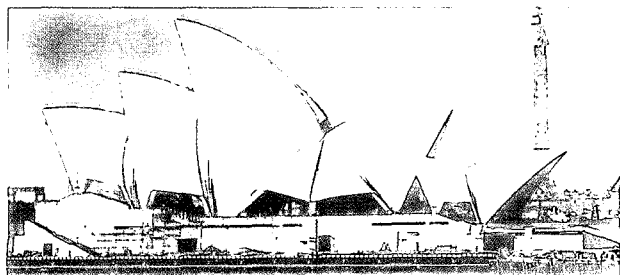


사진 9. Sydney Opera House, Jorn Utzon(1956 ~ 1976)

3.2 피에르 루이지 네르비(Pier Luigi Nervi)

네르비(Pier Luigi Nervi)는 아름다운 장스팬 구조를 많이 남긴 건축가이자 구조공학자로서 '구조(Structure)'를 비롯한 많은 구조 관련 명저를 남긴 이론가로서 유명한 사람이다. 그의 콘크리트로 된 장스팬 구조는 하나의 뚜렷한 공통점을 가지고 있는데 그것은 리브를 사용하고 있다는 것이다. 이 리브는 로마시대부터 기인한 이탈리아의 고유한 구조 방식이다. 로마 시대 판테온과 콘스탄틴의 바실리카로부터 시작하여 르네상스 시대의 성 베드로 성당의 도움은 자오선 방향의 리브가 외부에 있으며 내부는 격자형 홈을 모방한 장식이 사용된다. 피렌체의 브루넬레스키의 도움도 2방향 리브 내, 외부에 2개의 쉘이 있어 지붕과 천장이 되고 있다.

네르비를 유명하게 만들어 준 첫 작품은 피렌체의 시립 스타디움의 계단(그림 6)이다. 이 구조물은 통상적인 직선 계단 대신 곡선을 쓰고 기둥을 받치는 대신 나선형 캔틸레버 보로 지지하게 하여 역동적이고 리드미컬한 표현을 보여주고 있다.

또한 그는 튜란의 전시장(1949)과 노동자홀(1961), 로마의 경기장(1960)과 교황의 강연장(1971) 등과 같은 많은 공간을 설계하였는데 규모의 장대함으로가 아니라 내부 공간의 시각적 효과를 통해 사람들에게 공간적 감동을 전하려 하였다. 둠으로 덮힌 내부 공간은 우주의 경계 없음을 암시하며 끝없이 펼쳐져 가는 리브는 그 무한성을 더욱 강조하는 듯 보인다. <사진 10>

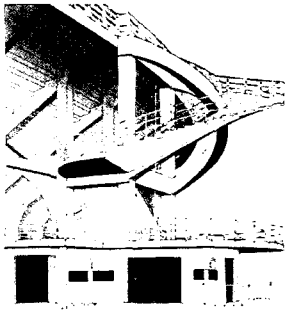


그림 6. 시립스타디움 계단(1932)

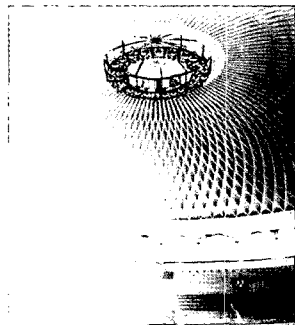


사진 10. 로마의 경기장 내부(1932)

그의 대표작이라 할 수 있는 소 경기장(small Gymnasium, 1957, <사진 11>)은 이중으로 된 리브가 고도로 장식적인 효과도 연출하면서 구조적인 의미를 함축하고 있는 걸작이다. 얇은 셸에서의 구조적 취약점은 바로 면좌굴로서 좌굴에 의한 파괴는 하중보다는 자체 강성의 부족 때문에 발생하는데 셸은 구조적 효율이 뛰어난 만큼 얇아지고, 얇아지기 때문에 좌굴이 일어나기 쉽다. 셸의 내부에 촘촘히 형성된 리브는 좌굴방향의 강성을 증가시켜 국부 좌굴을 막아주는 역할을 한다. 그렇다고 하여 재료가 증가하는 것은 아니며, 리브가 생기는 만큼 셸의 두께는 더 얇아지기 때문에 전체적으로는 재료의 재분배만 일어나는 것이다. 지붕 셸로부터 흘러 내려오는 하중은 기울어져 있는 이 버트레스에 의해 지반으로 전달된다. 거의 누울 듯이 급격히 기울어져 있는 이 버트레스는 자체의 무게로 강력한 지반과의 마찰력을 만들어 내고 이로써 지붕으로부터의 추력에 저항하고 있다.

샌프란시스코에 있는 성 마리 성당(St. Mary, 1971, <사진 12>)은 상부의 십자가형과 하부의 정방형 사이를 연결하여 만들

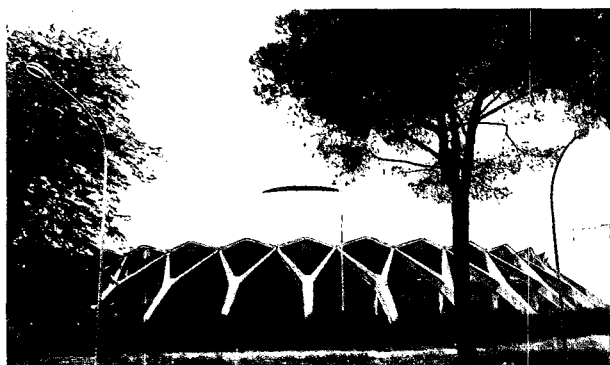


사진 11. Plazetto Dello Sports(Small Gymnasium), Rome, Nervi, 1957

어지는 쌍곡선의 포물선체로 셸을 구성한 예이다. 네 개의 셸이 서로 의지하되 각각은 자립하고 있으며 셸 사이의 슬릿을 통하여 들어오는 빛은 신비한 느낌의 내부 공간을 연출한다. 이 셸을 지지하는 기둥이 있는데 수직력과 더불어 추력에도 저항해야 하므로 마치 공룡의 거대한 뒷발 모양을 하고 있는데 구조적 타당성을 떠나 하나의 조각품으로서의 완성도를 보이고 있다.

구조합리주의는 네르비에 이르러 비로소 가시적 성과물을 얻는다. 이것은 물론 그가 장스팬 구조라는 구조가 결정적 요인이 되는 건축을 다루었기 때문이다. 구조가 지배적일수록 형태는 구조적 효율(최소의 재료를 써서 최대의 강성을 얻는)을 따르게 되고 이는 당연히 자연의 물리적 법칙에 순응하는 자연의 형태를 닮게 된다. 그러므로 네르비가 "구조적으로 타당한 것이 미적으로도 만족스럽다"라는 결론에 도달하는 것은 당연한 일이다. 경제성의 문제도 마찬가지이다. 그는 경제성을 얻는다는 것이 "최소의 재료를 사용하여 고정하중과 활하중이 기초에 이르게 하는 길을 찾는 것"이라고 했는데, 힘이 최단의 길을 가도록 하는 것은 형태 작동적 구조(form-active structure)의 특성이라 할 수 있다.

즉, 네르비는 '구조적 타당성 = 경제성 = 미'라는 법칙을 자신의 건축을 통해 별 모순없이 보여줄 수 있었다.

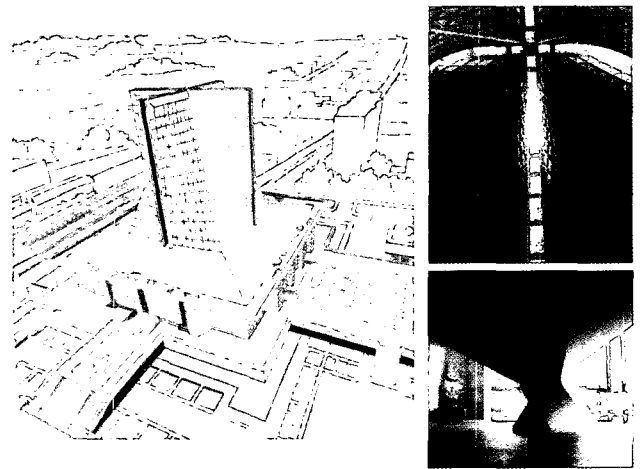


사진 12. St. Mary성당

4. 구조(構造)와 콘크리트 구조물

4.1 아치와 볼트구조

평편한 지붕구조에 대하여 지붕을 위쪽으로 볼록하게 곡선과 곡면으로 걸친 골조형태를 아치(Arch)라고 하며, 아치를 그 면과 직각인 방향으로 연속 배치하여 터널과 같은 구조를 만들어서, 지붕 등에 사용하는 구조를 볼트(Vault)라고 한다. 이러한 구조는 철과 콘크리트를 본격적으로 사용한 19세기 이후부터 보다 넓은 공간을 새로운 재료를 사용하여 건축함으로써 장스팬 구조의 새로운 형태가 급격히 발전하게 되었다. 1913년에 폴란드

의 브레슬라우가 설계한 65 m의 돔구조인 세기관 건물(사진 13)의 지붕구조는 콘크리트 재료가 갖는 역학적 특성을 강하게 나타낸 구조물이며, 이러한 구조적인 특징을 조형적으로 활용한 대표적인 건축가로서 스페인의 안토니오 가우디와 페로시멘트를 사용하여 새로운 구조형태를 제안한 네르비 등의 작품들에서도 아치와 볼트구조의 아름다움을 많이 찾아볼 수 있다.

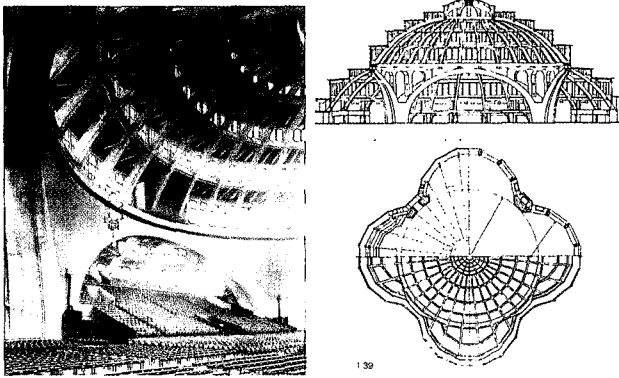


사진 13. Centennial Hall(세기관), Breslau, 1913

4.2 돔(Dome) 구조

돔은 아치와 함께 고대로부터 사용된 구조형식으로 원형이나 육각 또는 팔각형태의 다각형 평면위에 만들어진 반구형의 천장이나 지붕형식을 의미한다. 돔구조는 오랜 역사를 가지지만 근대의 돔 구조는 사용재료와 구축방법에 따라 철골트리스크구조, 철근 콘크리트 아치구조, 콘크리트 셸구조 등으로 재분류되고 있으며, 이러한 형식들은 곡면과 평면형태를 사용하여 돔 형태를 매우 자유스러운 형태로 변화시키면서 보다 경량인 재료로 넓은 공간을 덮을 수 있는 기술적 발전을 가져왔다. 돔구조의 본격적인 시작은 로마건축의 대표적인 건축물인 판테온(Pantheon)신전으로 높이 43.4 m, 직경 43.3 m의 장스팬 구조물로서 천연시멘트인 포졸라나 콘크리트와 벽돌만을 이용하여 만든 일체식 구조라는 의미를 가지고 있다.(그림 7, 사진 14)

4.3 셸(Shell)구조

기둥과 보는 일반적으로 단면에 비해 길이가 긴 형태를 가져 선형부재 또는 1차원 부재라 칭하며, 슬래브와 같은 평판은 변 길이에 비하여 두께가 매우 작으므로 면부재 혹은 2차원 부재라 칭한다. 이러한 2차원 부재가 임의의 곡률을 갖는 만곡 형태로 구성되는 곡면형태를 셸구조라 부른다. 만곡된 얇은 곡면은 주변의 지지조건이 적당하면 면에 분포되는 하중을 면내를 통하여 지지점으로 전달시키는 역학적 특성을 가지며, 큰 공간을 덮는 지붕이나 내압을 받는 용기 등을 가볍고 강하게 만들어 낼 수 있는 장점을 가진다. 넓은 의미에서 돔형상을 갖는 구조체도 셸구조의

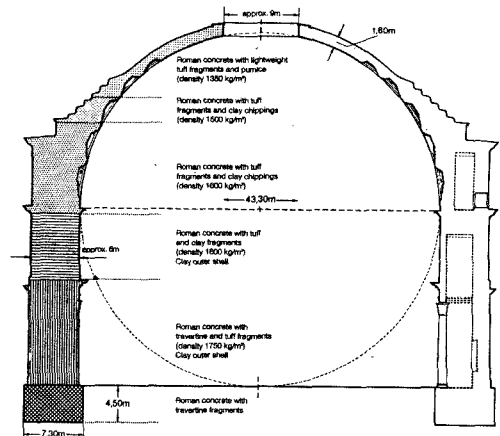


그림 7. Pantheon 신전 단면도, Rome(BC 27)

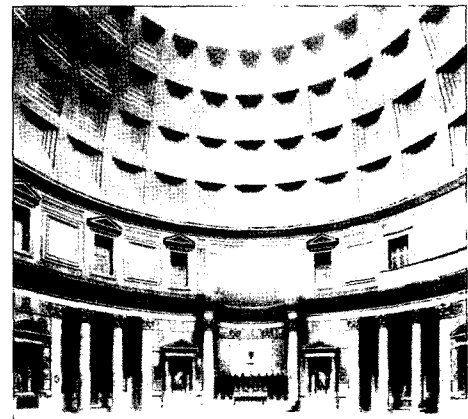


사진 14. Pantheon 신전내부, Rome(BC 27)

일종이라 할 수 있다.

19세기말부터 본격적으로 철근 콘크리트가 구조물에 사용되면서 셸구조도 비약적인 발전을 하게 되었는데, 거푸집을 사용하여 적은 비용으로도 연속된 곡면을 간단하게 세울 수 있었고, 균열 발생이 예상되는 인장부위에는 철근을 보강함으로써 같은 두께의 평판슬래브에 비하여 훨씬 강한 셸구조의 주택, 교회, 운동경기장, 공항, 집회시설과 같은 10 ~ 100 m의 스패를 가지는 구조물을 설계할 수 있게 되었다. 1930년대 이후 철근 콘크리트 셸구조는 중간지지부재 없이 넓은 공간을 덮는 지붕의 역할을 하였다. 네르비는 1957년에 로마올림픽을 위하여 Palazzetto Dello 경기장(일명 Small Gymnasium)을 직경 60 m의 원형돔으로 설계하였다. 지붕 돔은 1,620개의 페로시멘트에 의한 프리캐브 부재(두께 2.5 cm)를 설치하고 그 위에 4 cm의 철근 콘크리트로 일체화시킨 지붕구조로서, 각 곡면의 연장방향에 36개의 Y형 지주가경사방향으로 설치되어 지붕 추력을 자연스럽게 기초에 전달시키고 있다.(사진 15)

또한 칸델라가 설계한 멕시코의 레스토랑은 한 변이 30m인 정방형 지붕을 8매의 H.P.셸(Hyperbolic Parabolic Shell)을 중첩시켜 구성한 것으로 안정형 곡면의 경쾌함과 약동감 및 구조가 갖는 화려함을 표현하였다.(사진 16)

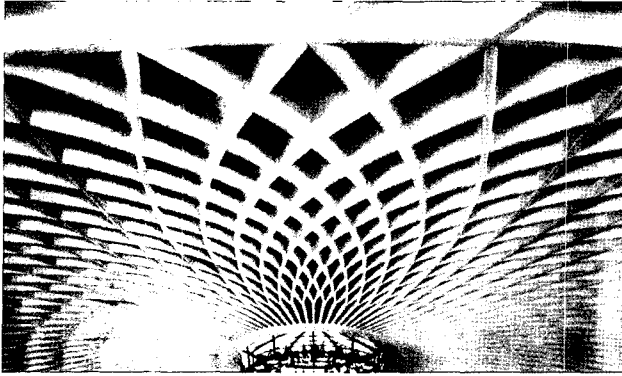


사진 15. Small Gymnasium

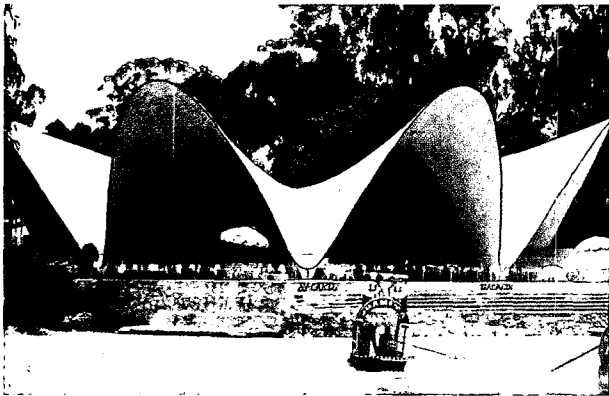


사진 16. Mantiles Restaurant, Mexico, Felix Candela, 1958

4.4 고층건물

철에 비하여 콘크리트 기둥은 부재의 크기와 강도면에서 철보다 단점이 크기 때문에 지금까지 고층구조물의 하중을 지지하기 위하여는 주로 철골재가 사용되어 왔다. 그러나 최근에는 미국 시카고에 압축강도 650 kgf/cm^2 이상의 콘크리트를 사용한 고층빌딩이 건설되고 있으며, 시애틀에서는 $1,330 \text{ kgf/cm}^2$ 의 콘크리트가 사용된 예도 있다. 고층건물의 설계에서 우선적으로 요구되는 성능은 활용성, 구조성능, 시공성 그리고 경제성 등으로 정리할 수 있으며, 고층건물의 형태를 결정함에 있어서 크게 영향을 미치는 것은 바람의 영향으로, 많은 고층건물들이 바람의 영향을 최소화하기 위하여 원통형 형태를 가지게 되었지만(사진 17, 18) 이 경우 각 층의 평면이 원형이 되어 채광면적이 줄어드는 것 같은 공간활용에 제약이 따르는 단점이 있기도 하여 Lake Point Tower의 경우처럼 바람하중도 경감시키고 공간활용성도 높은 형태의 건물도 시공되기도 하였다.(사진 19)

가장 일반적인 고층건물의 평면형태는 수정된 사각형으로 코어(사진 20)나, 건물 전면에 비렌달 거더(Vierendeel Girder)와 같은 골조를 설계하여 부담시키든지(사진 21), 전면에 구멍이 뚫린 튜브나 래티스 거더 형태의 튜브구조를 채택하여 수평하중을 부담시키는 방법(사진 22)들을 사용하였다. 그리고 주거용 건물에는 세대간 벽을 강성 전단벽으로 설치한 예(사진 23)도 있다.



사진 17. National Bank Headquarters Tampa, (1988)

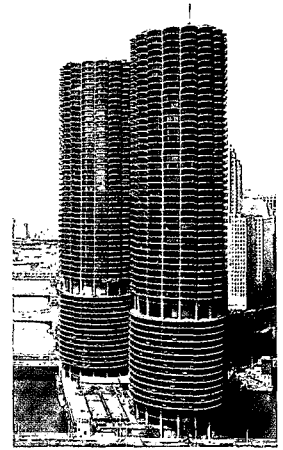


사진 18. Marina City Chicago, (1967)



사진 19. Lake Point Tower Chicago, (1968)

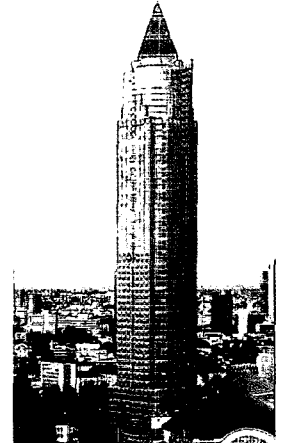


사진 20. Messeturm, Frankfurt, 1991

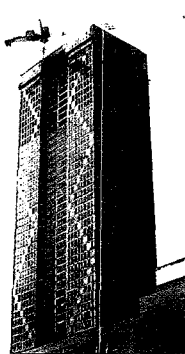


사진 21. Ontario Center, Chicago, 1986

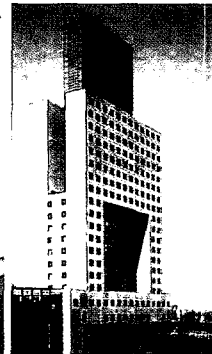


사진 22. Torhaus Messe, Frankfurt, 1983

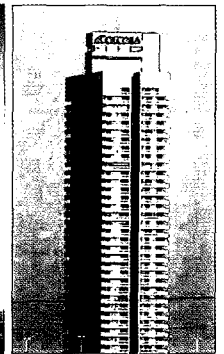


사진 23. Colonia Tower, Cologne, 1971

4.5 서스펜디드 고층빌딩

서스펜디드 빌딩(Suspended High Rise Building)을 설계할 때 특별히 주의할 점은 각 층이 코어와 서스펜션부재에 의해 어떻게 지지하도록 하느냐는 것이다. 이러한 것들은 서로 다른 수직 변위를 발생시키기 때문에, 서스펜디드 부재에서 지점의 상대적인 수직변위는 코어의 압축변형, 크리프, 서스펜션 부재의 팽창 등에 의한 변위의 합이다. 남아프리카 요하네스버그에 건설

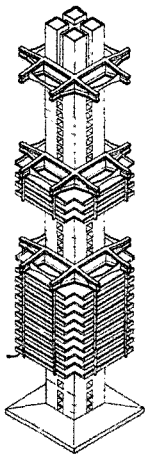


그림 8. Standard Bank Center, Ove Arup & Partners(1970)



사진 24. Standard Bank Center, Ove Arup & Partners(1970)

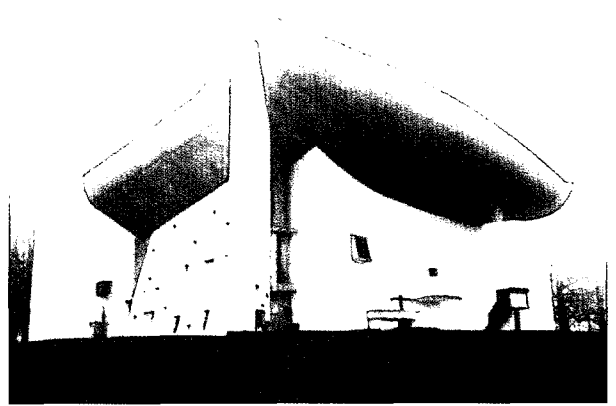


사진 26. 통상교회, 르꼬르뷔제

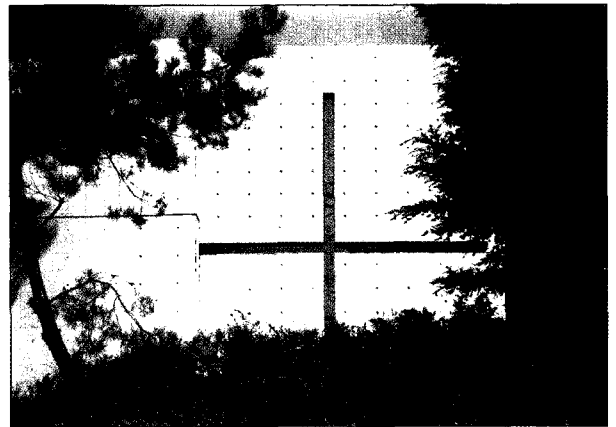


사진 27. 빛의 교회, 안도 타다오

된 스탠더드 뱅크 센터(Standard bank Center)의 경우 전체 건물을 삼등분 하여 10개 층이 하나의 서스펜션 부재와 코어에 지지되도록 하였다.(그림 8, 사진 24)

5. 노출 콘크리트

노출 콘크리트는 재료의 솔직성과 의의성을 통하여 요즘의 건축가들로부터 선호되는 건축 마감 재료의 하나로 각광받고 있다. 특히 최근 십여 년 사이에 콘크리트는 건축가에게 자주 선택되는 훌륭한 재료이고 팔목할 만한 중요한 건물들이 노출 콘크리트로 완성되었다(사진 25). 노출 콘크리트는 콘크리트의 역사와 맥을 같이 한다. 노출을 통하여 콘크리트의 재질을 그대로 드러내 보이고, 콘크리트의 본성을 가장 잘 표현할 수 있도록 콘크리트의 대담성과 유연성이 나타나게 하는 것이다. 이러한 콘크리트의 노출은 재료를 정확하게 이해하고 잘 다룰 수 있어야 한다. 즉, 구조물의 내구성을 확보하고 엄밀한 시공이 가능할 때 노출 콘크리트는 건축물의 마감재료로서의 아름다움을 확보할 수 있게 된다.

콘크리트가 주요 구조재로 그리고 마감재로서 노출되기까지

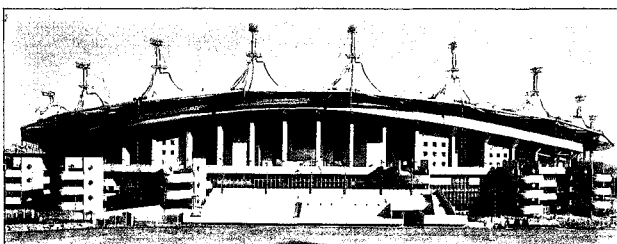


사진 25. 2002월드컵 인천 문화경기장

긴 역사적 여정을 가지고 있으며, 근대시기를 지나오면서 이탈리아의 건축가 네르비(Pier Luigi Nervi)의 스타디움에서 드러나는 수려한 구조미를 찾을 수 있으며, 이후로 르꼬르뷔지에, 카를로 스카파, 루이스 칸, 안도 타다오 등의 건축에서 노출 콘크리트의 시적인 아름다움과 그 형태적 순수성을 보여주고 있다. <사진 26, 27> □

참고문헌

1. 유희준, "건축디자인 이야기", 문운당, 1999, pp.237~261
2. 대한건축학회, "건축학전서 5권, 철근콘크리트구조", 기문당, 1998.
3. 송호산, "건축구조디자인의 세계", 기문당, 2001, pp.89~126.
4. 함인선, "건축가를 위한 건축구조 이야기 - 구조의 구조", 도서출판 발언, 2001, pp.106~108, 174~184.
5. Kind-Barkauskas, "Concrete Construction Manual", Birkhauser Editorial Detail, 2002.
6. 장림중, "노출콘크리트의 현재와 미래", 한국콘크리트학회 제3회 기술강좌 논문집, 2002, pp.3~15.