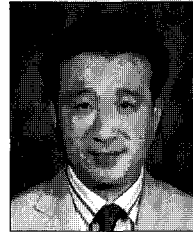
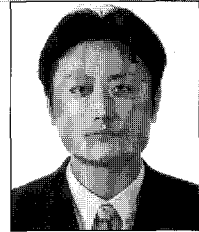


초경량 건축인장재 ETFE

Super Lightweight Material of Construction, ETFE



배 부 환*



이 창 훈**

*마크막스코리아(주) 대표이사
**마크막스코리아(주) 과장

1. 서 론

1950년경부터 발전하여온 콘크리트 셸 건축물은 1960년대에 널리 보급되어 졌지만 보다 나은 건축 디자인에 대한 욕구와 함께 출연한 유리건축물에게 그 자리를 내어주게 된다. 하지만 유리 건축물은 여전히 무게가 무겁고 외부변형에 의한 파손의 위험이 항상 내재되어 있어 디자이너의 욕구를 충족시키는데 한계가 있었다. 현재 유럽을 중심으로 급속히 보급되고 있는 ETFE 포일 건축구조물은 유리의 투명성과 개방성을 충족시키면서도 초경량 자재의 특성으로 디자이너의 무한한 창작 욕구를 충족시켜 줄 수 있는 건축자재로 높이 평가받고 있다(그림 1).

2008년 북경 올림픽은 건축 구조물의 주요 건축자재로서 ETFE 포일의 무한한 가능성을 보여주는 중요한 계기였다. 가장 돋보인 건축물이었던 새 동지의 이미지를 반영한 주경기장과 물방울 이미지를 반영한 수영장에 ETFE가 적용되었다. 주경기장에는 ETFE 단일막과 PTFE막재가 복합 적용되었고, 수영장에는 ETFE 에어쿠션이 사용되었는데, 매일 밤 베이징의 야경을 아름답게 만들어 주었던 두 건축물은 현재 ETFE 포일이 세계 건축흐름의 중요한 역할을 담당하고 있음을 알 수 있었다.

ETFE 포일 건축물은 유럽을 중심으로 많이 사용되었지만 국내에는 이제 서서히 보급되기 시작하고 있다. 해외 사

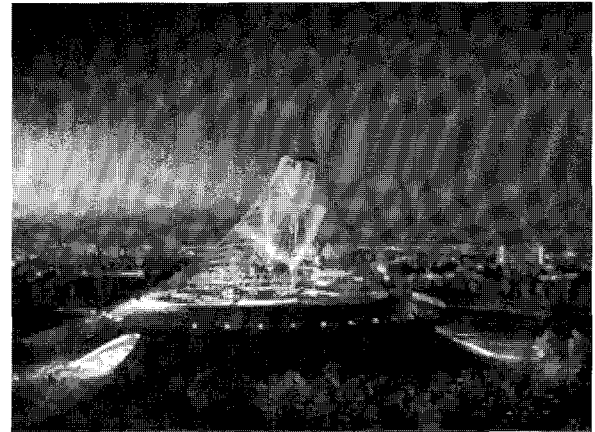


그림 1 카자흐스탄 아스타나 프로젝트(계획안)

례들과 국내의 부산 자이 주택문화관을 중심으로 ETFE 포일의 현 주소를 알아보고 국내 건축물이 앞으로 나아갈 방향을 제시해보기로 한다.

1. 해외 ETFE 건축물의 현황

1.1 에덴 프로젝트(영국, 2001) ETFE 돔형 식물원

영국 남서부인 콘월지역에 위치하고 있는 에덴 프로젝트는 2001년 완성된 대규모 식물원이다(그림 2). 물방울 모양

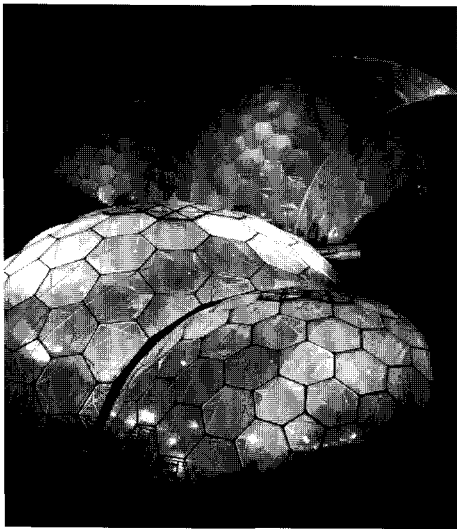


그림 2 에덴 프로젝트 주간(상) 및 야간 전경(하)

의 형상을 만들어내는 ETFE 쿠션 이중막으로 구성되어 있으며 유리 무게의 1/100정도의 초경량 구조로서 대공간 경간 구조물을 실현하였다.

설하중과 풍하중을 이겨내기 위해서 이중막으로 구성되어 있는 ETFE 쿠션의 내부에 공기가 일정 압력으로 들어가게 된다. 평소 내압은 250Pa로 유지가 되다가 외부 하중의 변화를 센서가 측정하여 일정 하중 이상시 내압이 400Pa까지 올라가게 된다. 세 개의 바이오 돔중 가장 큰 스펠은 직경 250m이며, 모든 변위를 ETFE 쿠션이 부담을 하기 때문에 Expansion Joint는 만들어놓지 않았다. ETFE유닛은 직경 5~11m의 육각셀로 구성되어 있으며 ETFE유닛이 모여 총 8개의 바이오 돔을 형성하고 있다. 상부에는 식물의 환기를 위해 삼각형으로 분할되어 있는 ETFE유닛이 들어 올려지며 개폐된다(그림 3).

건축물 전체의 무게를 줄이면서 장스팬의 대공간을 만들어 낼 수 있었던 에덴 프로젝트를 통해 좀 더 가벼우면서도 하중에 강한 해결책을 찾기 위한 방향을 제시하였다고 할 수 있다.

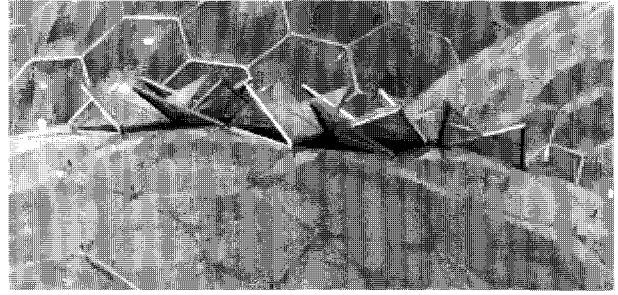


그림 3 에덴 프로젝트 환기구

1.2 알리안츠 아레나(독일, 2005) 축구 경기장

2006년 독일 월드컵을 위해 신설된 총 12개의 스타디움 중 뉘른에 건설된 알리안츠 아레나는 LED 조명에 의한 시각적 효과를 표현해 내어 ETFE 막구조의 새로운 가능성을 제시해 주었다(그림 4).

바닥 면적 약 6600m²의 건물의 외부를 모두 덮는 스타디움으로 총 2784개의 ETFE유닛으로 구성되어 있으며 기본적인 형태는 평행사변형으로 크기는 2m×7m부터 5m×17m의 크기까지 다양하다. 유닛은 이중막으로 구성되어 있으며 ETFE막재는 반투명, 흰색, 도트 프린트등이 사용되었으며 조명을 이용해 다양한 효과를 연출해 낸다. 평소 300Pa로 유지되어 있던 공기압은 풍하중과 설하중의 작용시 800Pa까지

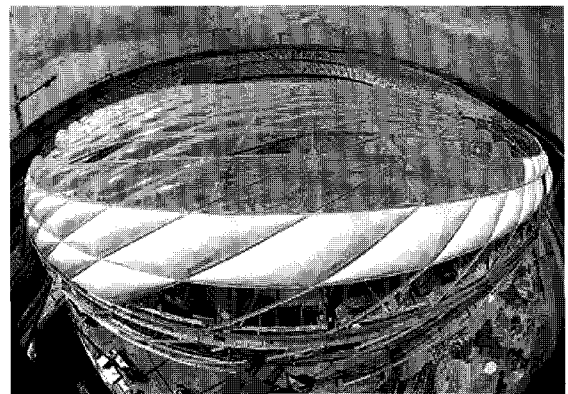


그림 4 알리안츠 아레나 시공 중 사진(상) 및 전경(하)

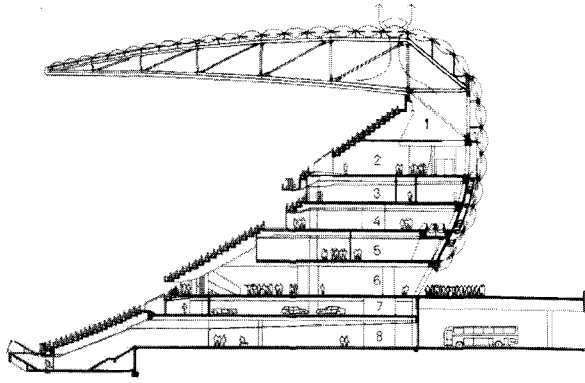


그림 5 알리안츠 아레나 단면

올라가게 된다.

그림 5에서 보이는 것처럼 지붕면이 평평하기 때문에 풍당의 위험이 있지만 알루미늄 클래딩 시스템이 물흐름통의 역할을 하도록 설계되어 있어 그곳으로 빗물이 흘러내리게 된다. 지붕재의 무게는 알루미늄 클래딩을 포함해서 제곱미터당 약 22kg 정도로 다른 지붕재에 비해 매우 가벼워 형태를 만들어주는 철골 부재도 함께 줄어든다. 알리안츠 아레나의 경우 풍하중과 설하중을 최고로 놓고 설계를 해도 경기장 내부에는 기둥이 전혀 없다. 하중에 의한 변형을 ETFE 쿠션이 받아 주기 때문에 Expansion Joint에 대한 부담도 없다. 대형 스타디움에서 ETFE의 역할이 어떻게 나아갈 것인가를 보여주는 사례였다.

1.3 워터 큐브(2008, 중국) 국가 수영장

2008년 베이징 올림픽의 메인 무대가 되었던 올림픽 국가 수영장과 메인 스타디움은 기하학적인 형태와 아름다운 야경으로 많은 이들에게 강한 인상을 남겼다(그림 6, 7). 워터 큐브의 크기는 가로 세로 각각 177m에 높이 31m이며 ETFE의 표면적은 약 100,000m²에 달해 세계 최대 규모의 ETFE 대형 프로젝트였다. 특히 Green Olympic을 내건 중국 정부의 의지로서 친환경적인 건물로서 ETFE의 가능성을 발견한 사례였다.

전통적으로 사용되었던 유리에 비해서 ETFE는 높은 빛 투과율과 단열성능으로 약 30%의 에너지가 절감된 것으로 평가받고 있다.

전체가 ETFE로 둘러싸여져 있는 건물은 높은 투광성으로 주간 태양광을 받아들이고 그로 인해 만들어지는 에너지를 높은 단열 성능으로 건물 내에 보존해 놓을 수 있어 상당량의 에너지를 절감할 수 있다.

여름철의 경우에는 높은 투광성이 문제가 될 수 있는데 ETFE에 프린트되어 있는 흰 점(클래딩 도트)에 의해 강한

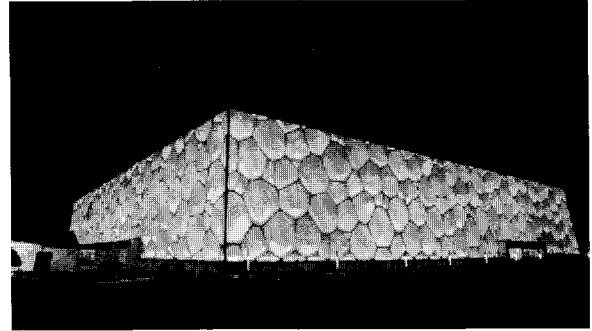


그림 6 워터큐브 야경

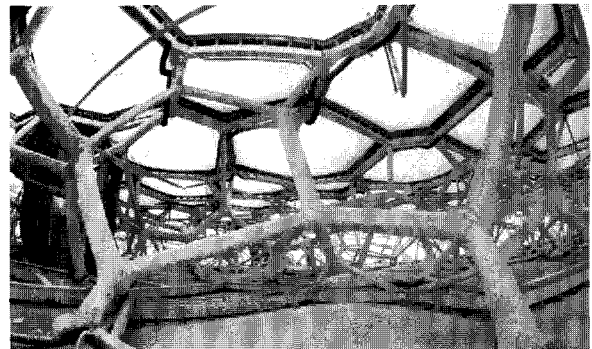


그림 7 워터 큐브 내부 철골 구조

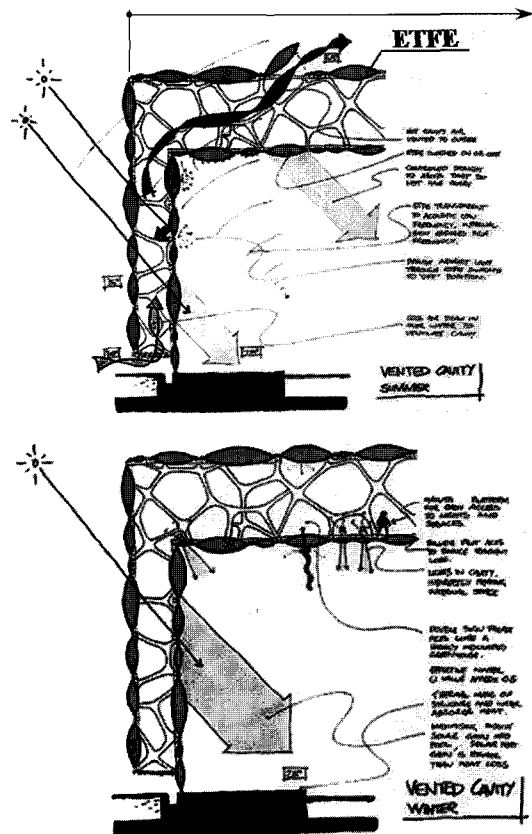
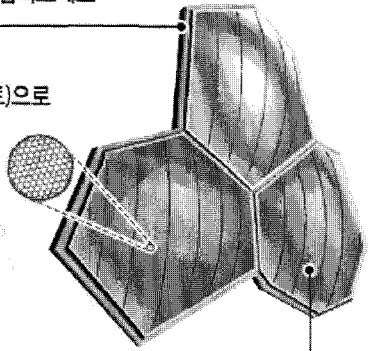


그림 8 하절기(상) 및 동절기(하) 공조 개념

외장재로 사용된 쿠션형 열용해성 불소수지(ETFE)

가벼운 알루미늄 압축소재로
구조물 지지

흰 점(클래딩 도트)으로
얇은 표면은
강한 태양광을
분산시킨다



저압의 공기로 팽창시켜
단열 효과를 높이고
바람의 저항을 덜어 준다.
빗물을 이용해 자체 세척

그림 9 워터 큐브 ETFE 구성

태양광을 분산시키고 내부 공조에 의해 더워진 공기를 외부로 배출시킬 수 통풍구를 지붕과 벽면에 설치해서 과열을 방지하고 있다. 또한 겨울철의 경우에는 쿠션의 공기량을 조절해 프린트 무늬의 위치를 변경시켜 태양의 복사열이 최대한 많이 내부로 들어오게 한다. 또한 유리에 비해 단열성능이 좋은 ETFE의 특성을 바탕으로 난방을 통해 공급되는 열이 외부로 손실되는 양을 줄여 난방에 소모되는 에너지를 줄일수 있다(그림 8). ETFE의 쿠션은 외부에 이중막 그리고 내부에 또 이중막 한겹이 설치되어 있어 실제로는 ETFE 4중막의 구조라고 볼 수 있다. 프린트된 도트들이 공기압에 의해 위치가 바뀌게 되는데, 이때 프린트 점들의 위치가 겹치는 정도에 따라 건물 내부로 들어오는 태양광의 양을 조절할 수 있다(그림 9). 에너지 절감에 기여하는 ETFE의 역할을 알 수 있었던 좋은 사례였다.

1.4 신생 워터파크(2009, 중국) 개폐식 막구조

2008년 베이징 올림픽을 계기로 중국내에 많은 ETFE 건축물의 공사가 한창 진행중에 있다. 그 중 한 프로젝트로서 신생 워터파크 프로젝트가 있다. 2008년 7월 공사가 시작되어 현재 약 80%정도의 공정율을 보이고 있다(그림 10). 시공은 타이요코교(주)의 상하이 현지 법인인 상하이 타이요코교에 의해 시공되고 있으며 ETFE는 3중막으로 구성되어 있다. 특히 이 건물은 전면부의 ETFE 구조체 전체가 슬라이딩 방식으로 개폐가 가능하도록 설계되어 있다. 삼각형과 평행사변형의 연속 형태로서 알리안츠 아레나와 같은 볼륨통 방식의 ETFE 클래딩 디테일을 사용하였다(그림 11).

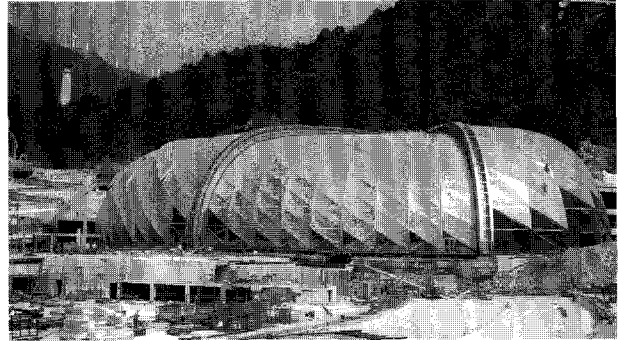


그림 10 신생 워터 파크 공사 중 전경

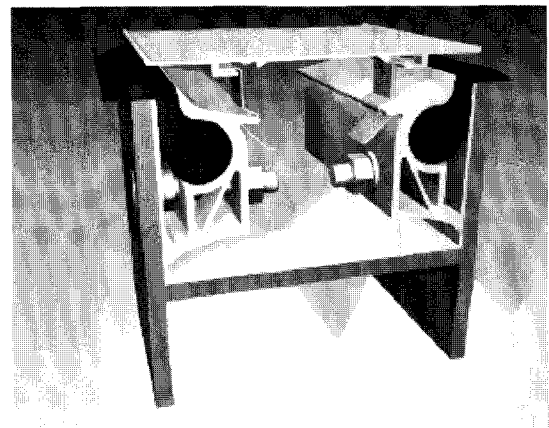
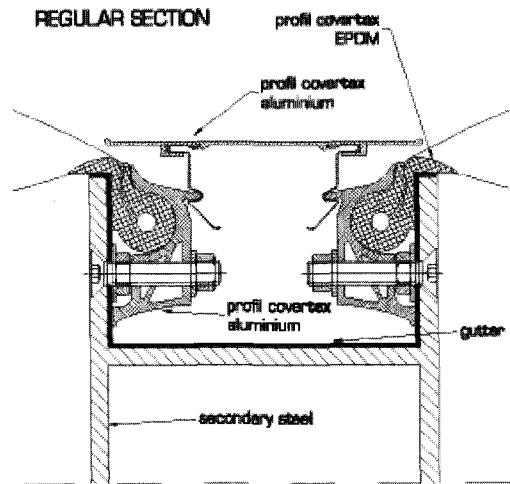


그림 11 신생 워터 파크 ETFE 디테일

2. 국내 ETFE 건축물의 현황

2.1 부산 자이 주택문화 전시관 (2007, 한국)

2006년 겨울, Mass Studies의 설계로 부산 GS건설의 주택문화전시관이 계획되고 있었다. 계획 초기에 벽면의 재료마감을 두고 건설사 내부에서 많은 논의가 되었다. 스타

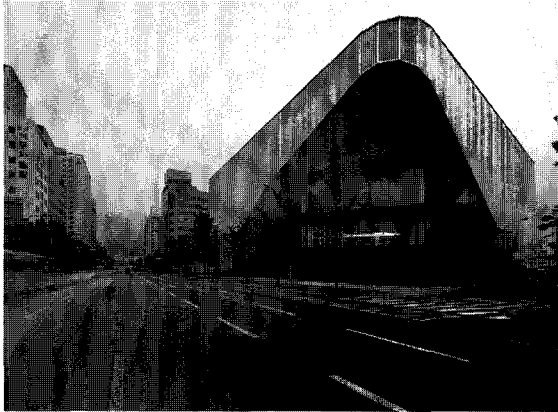


그림 12 부산 자이 주택문화관 전경(상) 및 야경(하)



그림 13 부산 자이 주택문화관 ETFE 송풍설비



그림 14 부산 자이 주택문화관 벽부 시공 전경

다음에서 사용되는 유리섬유의 PTFE 막재가 최초 검토되던 중 전 세계적으로 많이 사용되고 있는 ETFE재료에 대한 검토가 긍정적으로 검토되기 시작했다. 한국 최초의 ETFE 건축물이 탄생되는 순간이었다. 건축주에게 가장 호응도가 높았던 부분은 화려한 야경이었다(그림 12). 높은 품질의 LED 조명에 의해 연출되는 화려한 야경에 의해 높은 점수를 받아 외벽 마감에 일반 PTFE 막구조에서 ETFE로 전면 수정되었다.

표면적 약 1800m², 81개의 판넬로 구성된 ETFE 2-Layer 시스템으로 2007년 2월부터 8월까지 마크막스 코리아(주)에 의해 시공되었다. 최상층에 위치한 기계실에 ETFE 송풍설비가 설치되었고 그곳으로부터 81개의 판넬로 공기가 주입된다(그림 13). 특히 부산지역은 습도가 높아 ETFE 내부에 생기는 결로현상을 방지하기 위해 일본에서 들여온 고성능 제습기에 의해 습기가 제거된 공기만이 송풍장치를 통해 쿠션 내부로 들어가게 된다.

ETFE 막재가 시공되기 위해서는 ETFE가 붙는 2차 철골의 정밀도가 높게 요구되었다. 폭 1m~3.5m, 길이 7m~15m까지 다양한 판넬의 구성을 10mm이내의 오차범위 내에서 정밀하게 시공하였다. 국내에서 처음으로 시공을 하는 현

장이었기 때문에 시공 상 재료의 취급에 각별히 주의를 기울였다(그림 14).

부산지역은 풍하중이 세며 매년 태풍에 의해 피해가 발생되는 지역 중에 하나이며, 특히 시공 현장은 해운대가 가까워 약 10분간 평균속도 45m/s의 풍하중을 견딜 수 있도록 설계되었다. 평소 200Pa로 유지되는 내압은 순간 최고

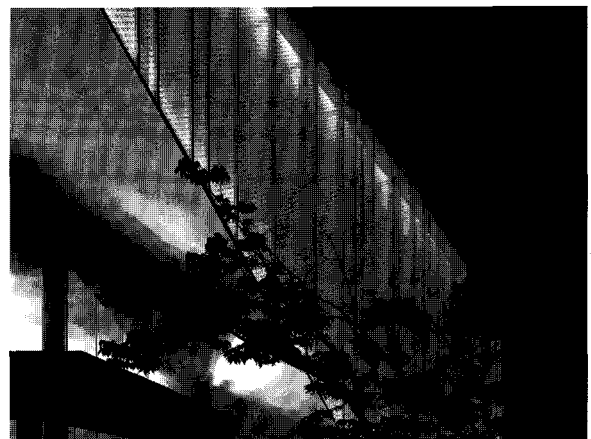


그림 15 부산 자이 주택문화관 조명

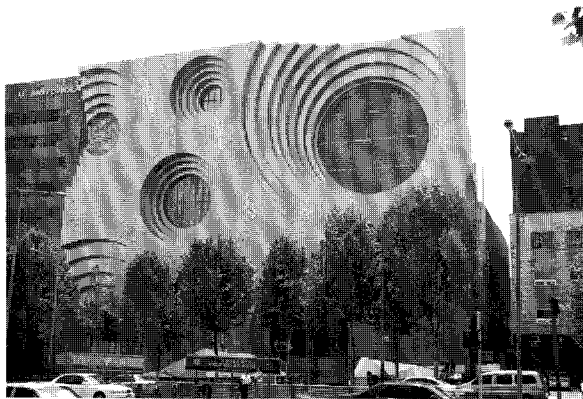


그림 16 금호 주택문화관 Cring 전경

풍속 15m/s 이상이 되면 자동적으로 600pa까지 내압이 올라가게 된다.

LED조명은 판넬 각각의 상하부에 위치하여 ETFE를 비춘다. 조명 유닛마다 세 개씩의 조명이 내장되어 있어 조명 제어에 따라 건물이 각각 다른 색으로 빛나게 된다(그림 15).

2.2 Cring 금호 주택문화 전시관 (2008, 한국)

한국의 유명 건축설계사무소중 하나인 운생동의 설계로 서울 대치동에 금호 주택문화전시관(Cring)이 계획되었다(그림 16).

최초 네 개의 큰 원 모두를 유리로 계획하였으나 가장 큰 원(직경 약 15m)의 원에서 유리로 시공되는데 문제점이 제기되었다. 가장 큰 원의 후면부에 조명을 비춰 야간 조명에 의한 연출을 계획하고 있었는데 직경 15m의 유리창이 구조적으로 안전하기 위해서는 유리창 하부에 철골이 촘촘히 들어가야 했다. 그럴 경우 후면부의 조명이 철골에 가려져 야간 조명 연출이 불가능하게 되었다. 이에 대한 해결책으로 ETFE가 검토되기 시작하였다. 유리와 같은 투명도에 두꺼운 철골 부재가 아닌 얇은 케이블로 구조체를 지지하고 풍하중을 견딜수 있게 하여 원래 목적인 야간 조명 연출이 가능하도록 설계변경이 되었다(그림 17).

금호 주택문화전시관 Cring의 ETFE는 다른 쿠션 ETFE와 달리 단일막(250NJ)으로 구성되었으며, 약 1500m 간격으로 12mm의 케이블이 ETFE막을 지지하게 된다. 시공의 편이를 위해 ETFE의 단부는 ETFE용 소형 패스너를 이용해 막 시공시 장력 조절이 가능하도록 설계하였다. 유리에 비해 철골 공사의 양이 줄어 총공사비의 절감이 가능하였고 원래 설계의 목적이었던 야간 조명연출이 가능하게 되어 초기 설계 목적을 만족시킴과 동시에 공사비 절감의 효과까지 얻을 수 있었다.

ETFE는 태풍에 강하면서도 가볍기 때문에 건축가의 상

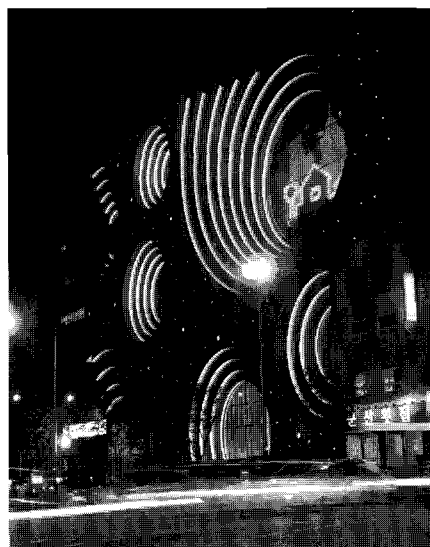


그림 17 금호 주택문화관 Cring 조명 연출 및 야경

상력을 발휘할 수 있는 디자인이 가능하다는 점에서 ETFE는 앞으로도 새로움을 찾는 건축가들에 의해 사용되어지고 국내 건축문화 발전에 공헌할 수 있으리라 판단된다. 유리가 불가능한 분야를 대체할 수 있는 건축 재료로서 앞으로도 무한한 가능성을 가진 재료로 평가받고 있다.

3. 결론

전세계적으로 ETFE에 관한 관심이 높아져 가는 가운데 국내에서도 최초의 ETFE 건축물이 건립되는 등 건축분야에서 새로운 시도들이 다양하게 전개되고 있다.

가벼우면서도 튼튼한 대공간 건축물의 수요가 증가함과 동시에 기존의 건축재료들이 대체되어 가고 있으며 그 중심에 ETFE가 존재하고 있다. 오랫동안 대규모 공간에 사용되었던 유리의 구조적인 해결책으로서 그리고 아름다운 미래의 건축자재로서 ETFE는 계속적으로 새로움을 찾는 건축가들에게 사용되어 질 것이다. **ㄷ**

[담당 : 나창순, 편집위원]