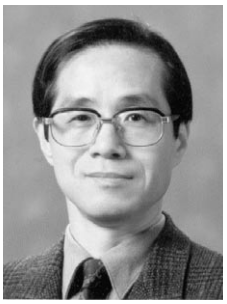
일송 체육관의 구조설계와 시공



윤호기 대표
(주)오푸스 펄

1. 일반사항

1.1 개요

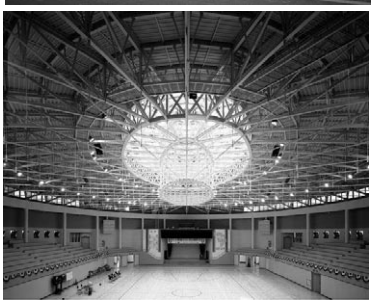
1) 공 사 명 : 일송체육관 신축공사
2) 소 재 지 : 강원도 춘천시 동면 장학리
3) 주요용도 : 운동시설
4) 발 주 처 : 한림정보산업대
5) 설　　계 : 일건 C&C(건축설계 및 감리) + (주)오푸스 · 펄(구조설계)
6) 설계기간 : 2000.11. ~ 2001.04.
7) 시 공 자 : (주)대양
8) 공사기간 : 2001.06. ~ 2002.09.

1.2 건물개요

1) 대지면적 : 151,400㎡
2) 연 면 적 : 4045㎡
3) 층수 : 지하 1층, 지상 2층
4) 높이 : 지상 14.7m
5) 구조형식

〈표 1〉 구조형식

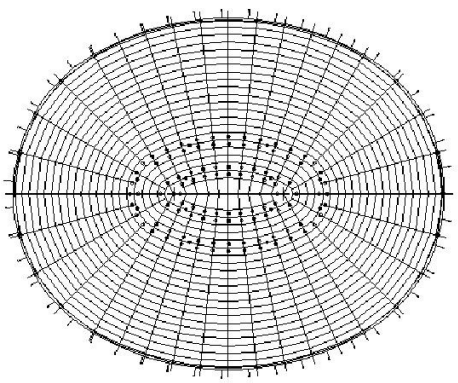
구　분	구조형식	구조재
지붕구조	방사형의 언더텐션 트러스	H형강 및 로드바
지지구조	모멘트골조	H형강 및 각형강관
하부구조	모멘트골조	철근콘크리트
기초구조	지내력 기초 및 파일기초	Φ350 고강도 콘크리트 파일



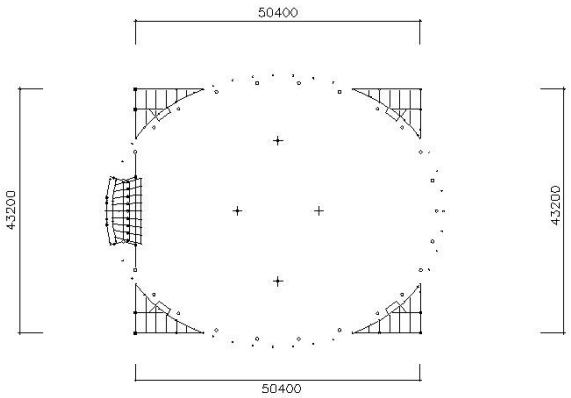
〈사진 1〉 일송체육관

2. 구조약도

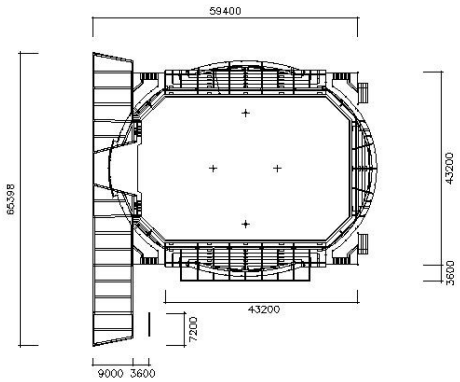
2.1 지붕 구조평면



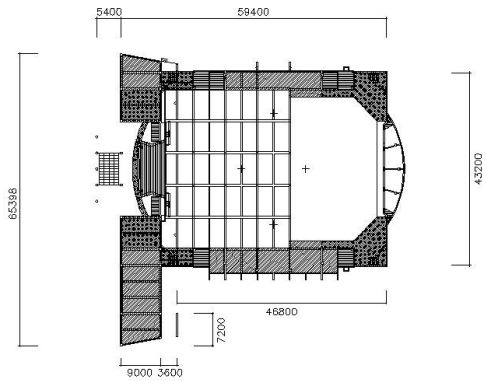
2.2 무대상부 구조평면



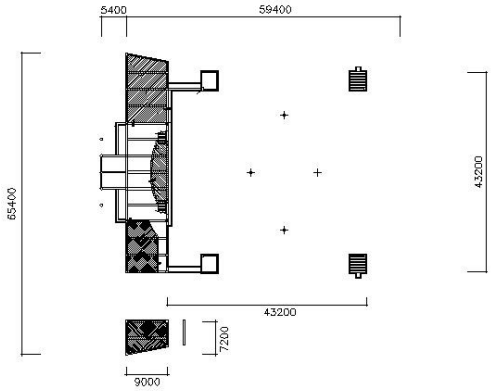
2.3 2층 구조평면



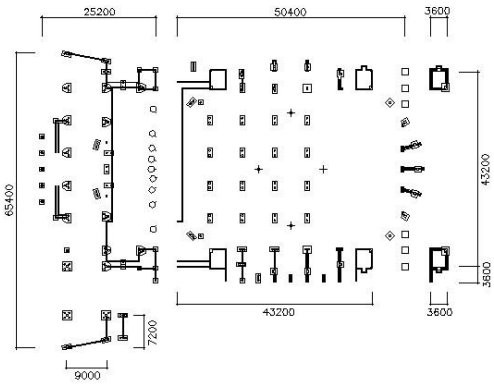
2.4 1층 구조평면



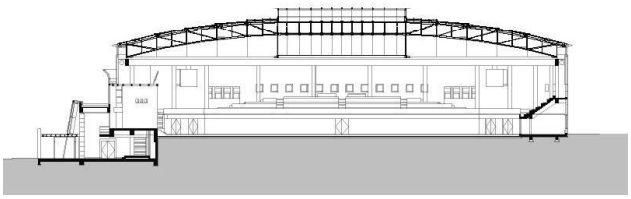
2.5 지하층 구조평면



2.6 기초평면



2.7 주단면



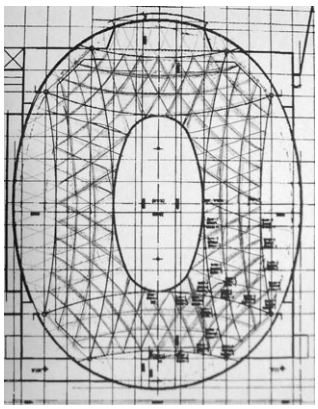
3. 구조계획

3.1 지붕구조

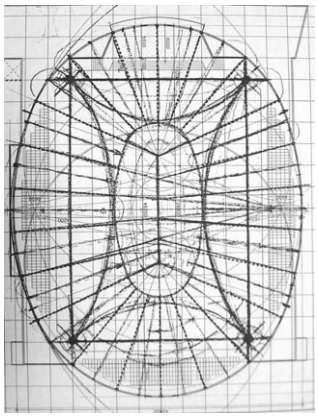
3.1.1 지붕구조선택과정

건축설계자의 주문은 좁은 폭 48.2m, 넓은 폭 58.1m의 타원 돔 형상의 지붕과 내부에 소수의 기둥으로 지지하는 지붕골조 힘찬 구조미(構造美)였다. 이 조건을 만족하기 위해, 8개의 큰 기둥이 주위의 작은 기둥과 함께 지지하는 그리드 돔 (grid dome)방식〈그림 1〉과, 4개의 큰 기둥에서 지지하는 4개의 큰 트러스에서 많은 작은 부

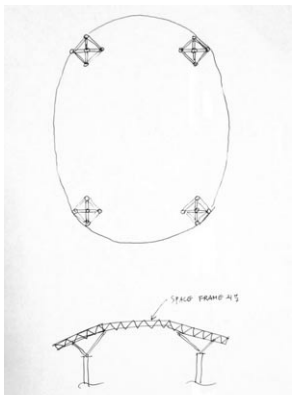
재를 지지하는 방식〈그림 2〉, 그리고 4개의 큰 기둥에서 벌어진 16개의 지점을 덮는 입체트러스 방식〈그림 3〉등을 검토했으나, 모두 다 타원 돔의 구조미를 살리는데 적절하지 않았다.



〈그림 1〉



〈그림 2〉



〈그림 3〉

국외의 여러 사례도 참고하여 건축설계자와 협의한 결과, 비록 원형이 아닌 타원이지만 중심부의 압축링이나 인장링을 두고 방사형트러스를 설치하는 것이 가장 구조미가 좋다는 결론에 이르렀고, 트러스 춤이 크면 지붕구조가 무거운 느낌이 나므로 로드바 (rod bar)를 이용한 언더 텐션 (under tension)방식으로 춤을 줄여서 문제를 해결하였다.

3.1.2 상부트러스

돔 중앙의 압축링을 향해 쭉 뻗어있는 상부 트러스는 1.65m 춤의 프랫트러스 (pratt truss)방식을 채택했으며 고강도강(SM490)의 작은 H형강을 사용하여 날렵한 느낌을 주도록 하였다.

〈표 2〉 상부 트러스의 부재 일람표

구 분	상, 하현재	수직재 · 사재
상부 트러스 부재	H-150×150×7×10	H-100×100×6×8

3.1.3 로드바의 언더텐션

돔 중앙의 인장링을 향해 뻗어가는 로드바는 트러스를 포함한 지붕구조체의 춤을 4.6m로 늘려주면서도 Φ52의 비교적 가는 부재로 지붕구조체를 무겁지 않게 느끼는 중요한 요소가 되었다. 이 로드바는 고강도강(인장강도 610MPa, 항복강도 460MPa)의 가는 부재를 사용하였다. 또한 로드바가 자중에 의해 처지면 미관상 좋지 않을 것으로 판단하여 중간중간에 상부 트러스에서 매달도록 하였다.

3.1.4 중앙링

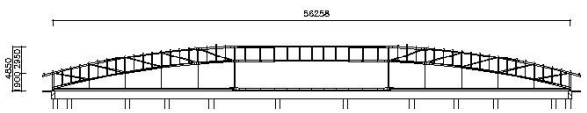
타원 돔이므로 중앙의 링은 고구마모양을 하게 된다. 압축링은 건축계획상 채광창의 기능도 겸하게 되므로 비교적 넓은 면적을 차지하고 있으며, 인장링은 채광에 방해되지 않게 최소한으로 좁게 만들었다.

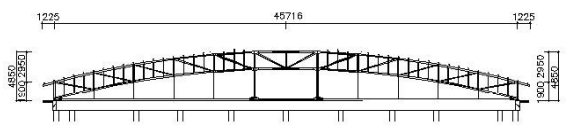
〈표 3〉 중앙링의 부재 일람표

구 분	링 부재	수직재 · 사재
중앙 링 부재	H-250×250×9×14	H-100×100×6×8

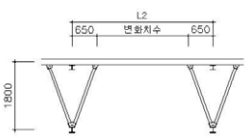
3.1.5 가새

방사형 트러스 사이에는 중도리를 니 브레이스 (Knee brace)로 잡아 동심타원방향으로 서로 연결하도록 하였고, 중앙 링은 엑스 모양의 가새 (X brace)로 강하게 잡았다.



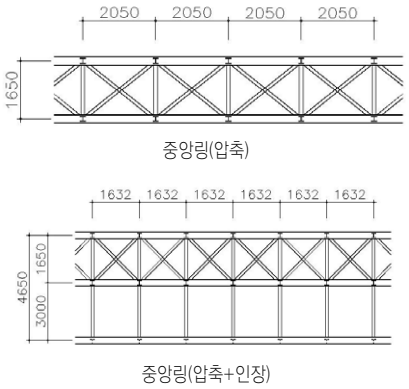


넓은 폭 트러스



좁은 폭 트러스

원주방향부재

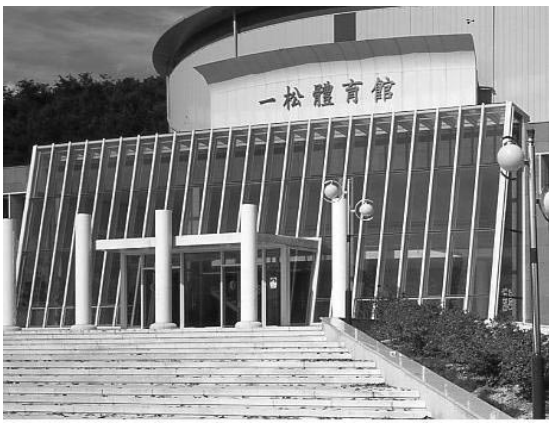


〈그림 4〉 언더텐션드 트러스 지붕

3.2 기타철골구조

3.2.1 전면로비창지지

체육관의 주 출입구가 되는 방풍실 뒤의 로비는 2개층을 터서 7.5m 높이의 창이 형성되는데 폭 100mm H형강을 900mm 간격으로 배치하여 해결하였다.



〈사진 2〉 로비부재

3.2.2 전후면차양

전후면 차양은 강관기둥과 최대춤 250mm의 강관보 및 H형강보로 골조를 형성하여 차양의 이미지를 잘 살리도록 하였다.

3.2.3 무대상부

무대상부는 조명과 장치물의 하중을 고려하여 설계하되, 최대 11.5m 스팬이지만 모든보를 춤 300mm의 H형강으로 해결하여 노출되는 골조의 느낌을 잘 살렸다.

3.2.4 외벽과 계단실 지붕

타원형의 외벽에도 3m 내외의 간격으로 194mm H형강 기둥을 세워 외벽의 풍하중을 지지하도록 하였고, 계단실 지붕도 역시 최대 194mm의 H형강으로 구조체를 만들어 지붕과 외벽 대부분을 철골구조로 하였다.

3.3 콘크리트 구조

3.3.1 관람석

관람석 하부는 각종 용도의 실로 쓰이기 때문에 철근콘크리트 모멘트골조로 하였고 보춤 600mm의 평이한 구조로 하였다. 다만 경사진 관람석의 특성을 이용하여 보춤을 크게 하기도 하고 변 단면으로도 처리하였다. 관람석 끝의 난간도 역보의 형태로 바닥을 지지하도록 하였다.

3.3.2 경기장 바닥

경기장 바닥 전체를 18㎝ 슬래브로 하였는데 절토구간은 지반지지 슬래브 (slab on grade)로 하였고, 성토구간은 페데스탈과 보로 골조를 형성하여 지지하도록 하였다.

3.3.3 기초

절토구간은 지내력 기초 (fe=400kPa)로 성토구간은 고강도 콘크리트 말뚝 (Φ350PHC Pile, 내력 600kN)으로 하였다.

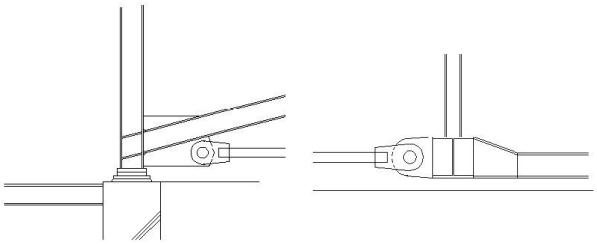
3.4 접합부

3.4.1 H형강의 이음

트러스부재는 주로 축력이 작용하므로 그 부재의 이음은, 대표적인 고장력볼트의 기둥이음으로 하였는데, 중앙 링을 따로 제작하여 설치하고 여기에 방사형의 트러스가 연결될 수 있도록 그 이음위치는 설정하였다. 그 외 H형강 기둥과 보의 접합을 공장 용접, 현장 볼트 접합의 원칙을 따랐다.

3.4.2 로드바 접합부

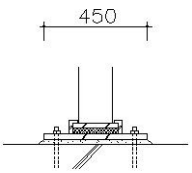
로드바 접합부는 완전 핀으로, 제작업체의 클레비스 엔드 (clevis end)를 채택하였고, 여기에 맞춰 가셋플레이트 (gussett plate)를 설계하였다.



〈그림 5〉 로드바의 접합

3.4.3 트러스 지지부

지붕구조체의 각 트러스는 단순보의 기능을 하기 때문에 지지점에서 중심을 향하는 방향에 대하여 풀려 있어야 한다. 그렇더라도 그 직각방향에 대하여 움직임을 구속하면 전체구조체는 어느 방향으로든지 움직이지 않는다. 이 논리에 맞도록 지지부를 설계하였고, 작은 움직임을 흡수할 수 있도록 네오프렌(neoprene) 고무로 받쳤다.



(그림 6) 트러스 지지부

4. 설계하중

4.1 활하중

〈표 4〉 용도별 활하중

용 도	활 하중(kPa)	비 고
평지붕	2.0	
돔지붕	0.6	경사지붕으로 Lr =100 R1 적용
경기장	5.0	
관람석, 계단	4.0	
무대상부 및 돔 중앙링	2.0	조명, 기타무대장치

4.2 적설하중

지역 : 춘천 → 지상적설하중(Sg) : 0.5kPa 〈 1.0kPa

중요도계수(Is) : 1.0(기타건물)

평지붕 적설하중(Sf) : Sf = Is · Sg = 0.5(1.0) =0.5kPa

지붕 활하중 보다 작으므로 고려하지 않음

4.3 풍하중

지역 : 춘천 설계기본풍속 : 25m/sec 노풍도 : C

풍속의 고도분포계수(Kzr) : 지상 10m까지 1.0

지형에 의한 할증계수(Kzt) : 1.18

중요도 계수(Iw) : 0.95 (기타건물)

설계풍속 Vz = 25(1.0)(1.18)(0.95) =28.0m/sec

설계속도압 $q_z = 1/2 \times \rho \times V_z^2 = (1/2)(1.25)(28.0)2/1000$

=0.49kPa

풍동실험을 하면 좋았겠으나 건물의 규모, 예산 등의 이유로 시행하지 못했다. 대신 풍하중기준의 곡면지붕의 풍력계수를 적용하였다.

4.4 지진하중

해당건물이 아니므로 고려하지 않았다.

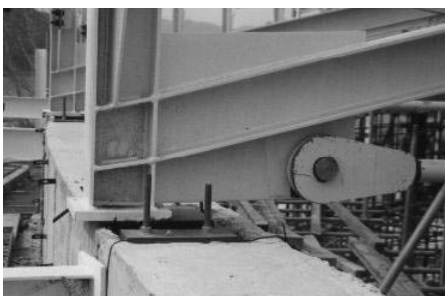
5. 시공

5.1 지붕구조체의 시공

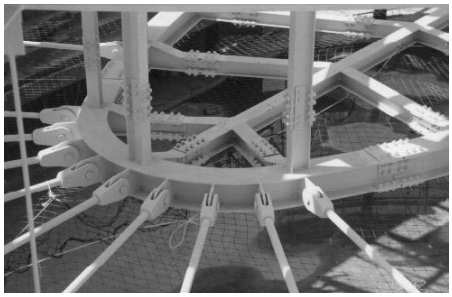
지붕구조체를 지지할 기둥과 보가 시공된 상태에서 공장제작한 지붕구조체를 반입했고, 중앙링을 조립한 후 설치높이까지 들어올려 6개의 가설 받침대에 지지해놓고, 여기에 각 방향 트러스를 크레인으로 들어올려 조립하였다.

중앙링의 조립

지붕트러스의 조립



설치 직전의 트러스지지부



중앙링과 트러스 접합부

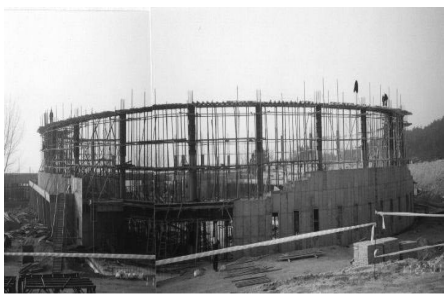
〈사진 3〉 지붕구조체의 시공

5.2 시공전경

2001년 7월

2001년 8월

2001년 9월



2001년 11월

2002년 3월

2002년 5월

2003년 7월

2002년 9월

〈사진 4〉 시공전경