

대구종합 경기장

건축설계 : (주) 종합건축사 사무소 이·상
 구조설계 : 지붕 Truss WS Atkins (U.K.)
 막구조 Tensys Ltd. (U.K.)
 풍동실험 BMT (U.K.)
 Stnad 구조 (주)서울구조건축사사무소
 감 리 : LG엔지니어링
 시 공 : 삼성물산(주), 극동건설(주), (주)우방
 코오롱건축(주), 화성산업(주)
 공사기간 : 1997.7.~2001.7.

1. 설계개념

대구시 수성구에 위치한 대구 종합경기장은 지구의 이미지를 담아 전세계인을 포용한다는 의미의 지붕형상을 나타냈으며, 남측대덕산의 지세에 순응하는 외형으로서 자연경관의 연속성 및 조화로운 인공조형물의 형상화에 힘썼으며 한국전통민가 지붕의 아름다운 곡선미를 도입하여 지붕형태를 표출하였다. 또한, 관중석의 74%를 자연채광이 가능한 테프콘코팅(PTFE)의 지붕막을 적용하여 쾌적한 관람환경을 조성하였으며 사후 활용방안에 대비한 내부공간을 조립식 경량 칸막이로 적용하였다. 7만여석 규모의 국제적인 관중석 확보 및 합리적인 동선체계를 구축하여 전체 관중퇴장시간을 최소화(약7분이내)하였다. 컴퓨터 제어를 통한 최적의 음향·방송설비 및 고화질의 전광판을 설치하였으며, 통합제어시스템의 설치로 에너지 절약 및 유지관리가 용이하도록 하였다.

건축규모는 512,479m²의 부지면적에 총 건축면적 47,406.23m²의 크기로 지하 3층, 지상 3층으로 계획된 경기장

이다. 총 수용인원은 주경기장 70,140석, 보조경기장 2,500석으로 이루어졌다. 구조방식은 크게 지붕구조, 스탠드구조, 기초구조로 이루어졌으며, 지붕구조는 철골트러스와 Fabric PTFE Membrane으로, 스탠드구조의 골조는 철골철근콘크리트조와 철골조, 스탠드는 PC로 이루어졌다.



건축개념도

2. 구조개요

2.1 사용구조재료

콘크리트	슬래브, 보, 기둥, 옹벽 및 기초	Fc = 270 kgf/cm ²
	기타	Fc = 210 kgf/cm ²
철근	이형철근	SD40 (Fy = 4,000 kgf/cm ²)
	와이어메쉬	SWRN3 (Fy = 4,000 kgf/cm ²)
	Beam, Girder	SS400 (Fy = 2,400 kgf/cm ²)
철골	Column, Base PL, Welded Girder	SWS490 (Fy = 3,300 kgf/cm ²)
	Roof Truss	SPS490 (Fy = 3,300 kgf/cm ²)
	고장력볼트	T.S.type H.T.B (F10T)
강관말뚝	ø508×9	SPS 400(100T/EA)

〈그림 2〉 Hyperion 연직하중 저항골조 평면

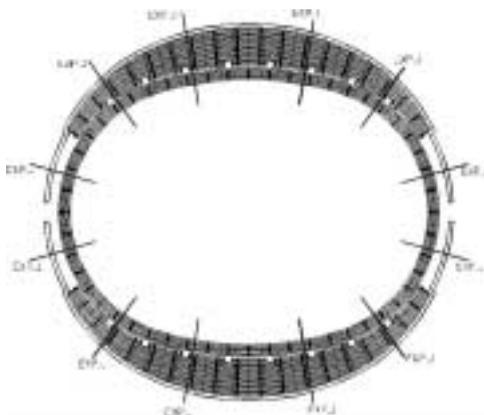
2.2 설계하중

고정하중	지붕	Fabric PTFE Membrane, Pipe Truss 지중, Catwalk, Lighting/Electric, Cable Trays, Speakers의 하중고려
	스탠드	650~520 kgf/m ² (P.C 스탠드 h=36~53cm)
	외부 Deck	780 kgf/m ² (conc. slab+방수 +누름 conc.+마감)
적재하중	스탠드	450 kgf/m ²
	외부 Deck	500 kgf/m ²
적설하중	설계용최심적설깊이	70cm
	평균단위중량	1.2kgf/m ²
풍하중	설계기준풍속	35m/sec (In open country)
	※ 풍력계수는 BMT(U.K.)사의 Wind Tunnel Test Report에 의함	
온도하중	구조물의 온도변화를 -15℃ -30℃로 함	
지진하중	지진지역 2.	A=0.12
	중요도 2. 도시계획구역	I=1.2
	지반 3.	S=1.5
	모멘트연성골조방식의 R.C	R=4.5(스탠드구조)
	모멘트연성골조방식의 철골조	R=6.0(지붕구조)

각 하중을 조합하여 가장 불리한 경우를 선택하여 단면설계하였으며 이 중 구조물의 성격상(지붕막) 풍하중의 영향이 커 영국의 BMT사에서 풍동실험하여 풍력계수를 적용하였다.

2.3 Expansion Joint

스탠드부분의 온도변화 및 콘크리트 신축에 따른 영향을 고려하여



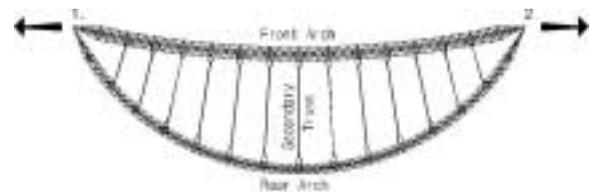
Expansion Joint 위치도

전운동장을 12등분하여 건물길이 약 70m마다 Double Column방식의 Expansion Joint를 설치

2.4 변위제한

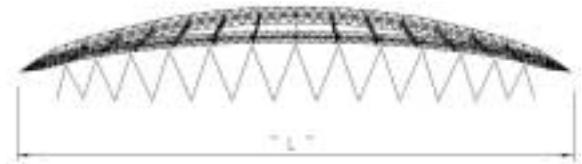
2.4.1 지붕구조 변위제한

가. 수평변위



1. Pined End 25mm 이하
2. Pined End 25mm 이하

나. 수직변위



- Front / Rear Arch = span / 360 이하
Secondary Truss = span / 250 이하

2.4.1 스탠드구조 변위제한

가. 수평변위

바람하중에 의한 최대변위 : $h/400$

지진하중에 의한 최대변위 : 층간변위량은 $0.015h$ 이하

나. 수직변위

철골보 $L/300 \sim L/400$

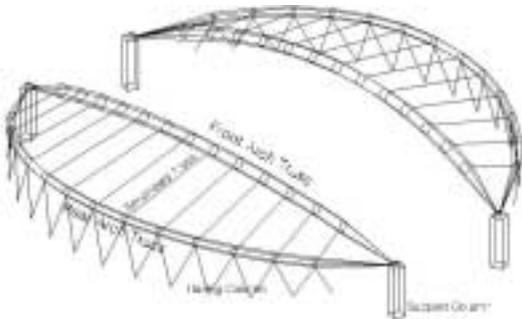
철근콘크리트보 $L/480$

3. 구조형식

3.1 지붕구조

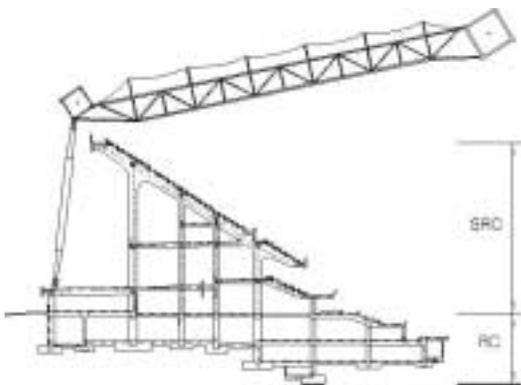
지붕구조는 Steel Arch Truss+PTFE Fabric 막구조 채용하였다. Steel Arch Truss는 크게 Front Arch Truss와 Rear Arch Truss로 구성되며, Front Arch Truss는 Support Column에 의해 지지되며 Rear Arch Truss는 Diagonal Raking Column에 의해 지지된 박스형

Pipe Truss 구조로 하였다. Front Arch Truss와 Rear Arch Truss를 연결하는 Secondary Truss는 음향, 조명기기를 지지하며 Main Arch Truss의 Strut역할을 하는 삼각형단면의 Truss이다. 지붕막구조(PTFE : Poly Tetra Fluor Ethylene)는 투광률 $13\pm 3\%$ 로 쾌청한날 1,500Lux이상 조도를 유지할 수 있으며, 비접착이 우수하여 백색의 표면을 지속유지시킬수 있으며, 에코발생방지효과를 가진다. 하중이 작고 높은 인장강도로 구조의 안정성 및 반영구적 수명을 가지고 있는 구조이다. Support Column과 Raking Column으로만 지지된 지붕구조는 하부스탠드구조와는 별도로 분리하여 구조해석 및 설계하였다.



32스탠드구조

주개구는 80개의 축이 4방향으로 대칭을 이루며 X,Y,Z방향의 Dimension이 축마다 변화하는 이형개구이다. 그랜드 스탠드의 길이는 8~10m로 큰 Span이며, 경사에 의한 변형을 방지하기 위하여 기둥과 보의 춤을 크게하고 H형강으로 보강한 철골철근콘크리트 합성단면으로 계획하였다. 기둥과 만나는 횡방향 Girder는 기둥이 철골철근콘크리트 합성단면이므로 시공성·접합성을 위하여 철골철근콘크리트 합

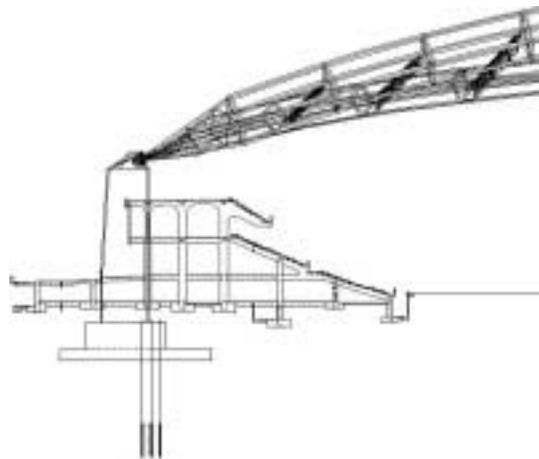


골조단면도

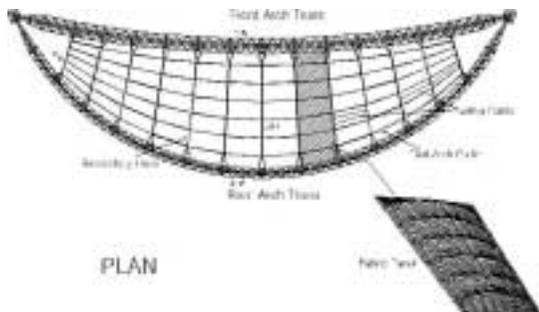
성으로 계획하였고 하부스탠드 및 부속시설 또한 시공성 및 경제성을 고려하여 철근콘크리트구조로 계획하였다. 스탠드 리브보는 철근콘크리트로 계획할 경우 가설지지 및 공사기간에 부적합하며, 경간이 10m 이상이 되어 크리프현상에 의한 변형이 우려되어 비교적 변형이 적고 시공성이 양호한 P.C. 제품을 채용하였다. 지진력 및 풍하중에 의한 수평력 저항구조형식은 모멘트연성골조로 계획하였다.

33 기조구조

지질조사에 의하여 주경기장부지의 45%는 절토지역에 해당하며 나머지 55%는 성토지역에 해당되었다. 이에 성토(55%)로 계획된 부분은 강관 Pipe($\Phi 508 \times 9 : 100T/EA$ 장기)지정에 의한 독립기초로 계획하며, 절토(45%)로 계획된 부분은 지내력($50T/m^2$, 장기) 독립기초로 계획하였다. 지붕구조의 Main Arch Truss 지지용 Support Column의 기초는 지내력($50T/m^2$, 장기) 독립기초로 계획하며, 인발력저항을



기초구조단면도
위한 Rock Anchor공법을 채택하였다.



PLAN

4. 구조설계

4.1 지붕구조

4.1.1 Purlin+Fabric PTFE Membrane

지붕은 막으로 구성된 24개의 분리된 Panel로 이루어지며 각 Panel은 Secondary Truss의 길이에 따라 등분된 6개의 Tied Arch Purlin에 의해 지지되며 막은 Valley Cable에 의해 Arch Purlin을 횡구속한다. Arch Purlin과 Secondary Truss의 접합부는 막설치를 위한 인장시에 재축방향의 회전을 허용하며 각 Arch Purlin 간의 평형유지와 막이 파손될 경우 인접판에 영향을 주지 않도록 하여 연속적인 파손을

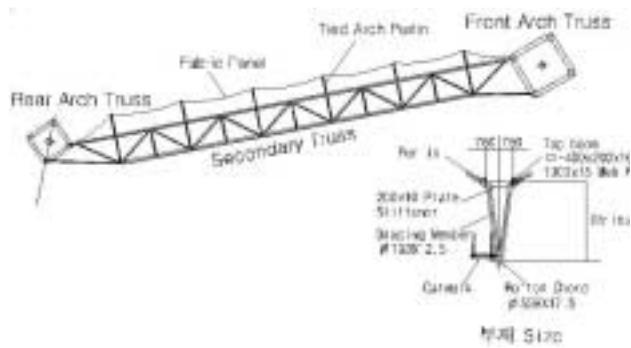


Section A-A

방지하게끔 계획하였다.

4.1.2 Secondary Truss

Front Arch Truss와 Rear Arch Truss를 연결한 부재로 최대길이 66m, 최대춤 4.1m이며 최소길이는 25m, 최소춤은 1.55m이다. 상현재는 2개의 장방향 강관으로, 하현재는 1개의 원형 강관으로된 삼각형 Truss로 역방향하중에 의한 비틀림강성을 확보한 구조이다. Secondary Truss는 연직하중의 지지와 기울어진 Front Arch Truss

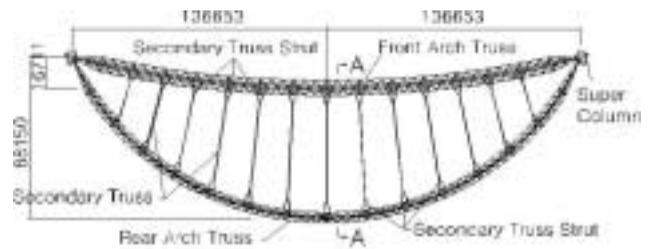


Section A-A

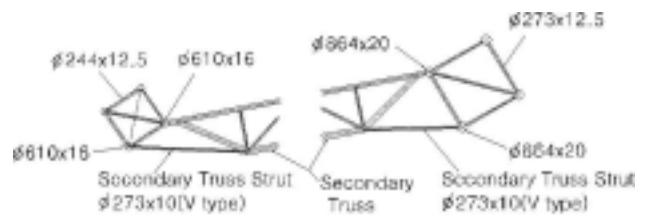
의 Strut 역할을 한다.

4.1.3 Main Arch Truss

Front Arch Truss는 Support Column에 의해 지지되며 스패น 273.0m, 높이 28.7m이고 30°기울어져 있으며, 장스팬구조를 지지하기 위하여 6.0m×6.0m의 박스형 Pipe Truss부재로 설계되었고, Rear Arch Truss는 Diagonal Raking Column에 의해 지지되며 4.0m×4.0m 박스형 Pipe Truss부재로 설계되었다. Front Arch Truss의 기울어짐과 Secondary Truss의 편심하중이 작용하기 때문에 Arch Truss와 Secondary Truss의 상호작용에 의해 전체구조의 안정성을 확보하였다. 기울어진 Front Arch Truss에 의해 발생된 수평력은 Secondary Truss로 전달되어 Rear Arch Truss에 인장력을 발생시키는 평면트러스 형태로 해석하였다. Front Arch Truss의 하현재에 접합된 Raking Strut(V Type)에 의해 Front Arch Truss의 비틀림에 저항하며 Rear Arch Truss의 하현재에 접합된 Raking Strut(V Type)에 의해 Raking Column 주두부의 Rear Arch Truss의 회전에

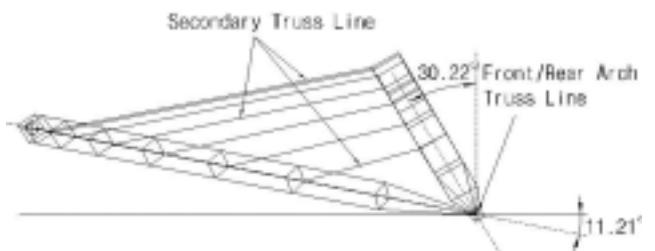


Plan



Section A-A

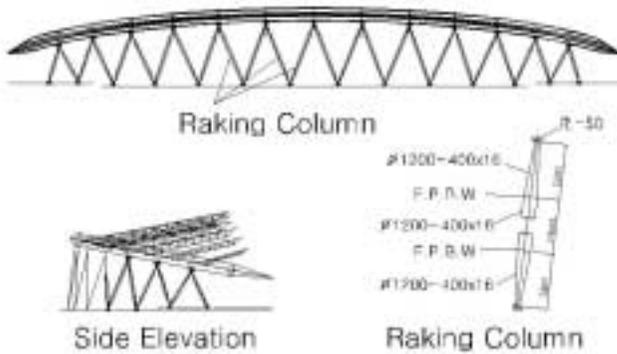
저항한다.



Elevation

4.1.4 Raking Column

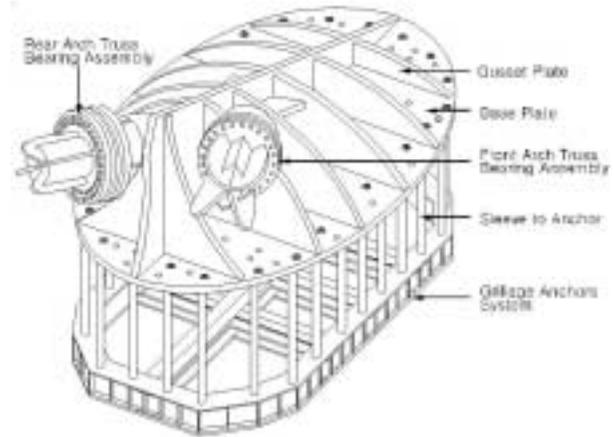
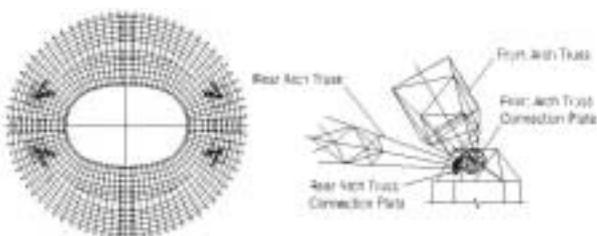
양단 Pin으로 Rear Arch Truss와 Base Plate에 접합되고 Rear Arch Truss를 지지하며 수직력을 받는 부재이다.



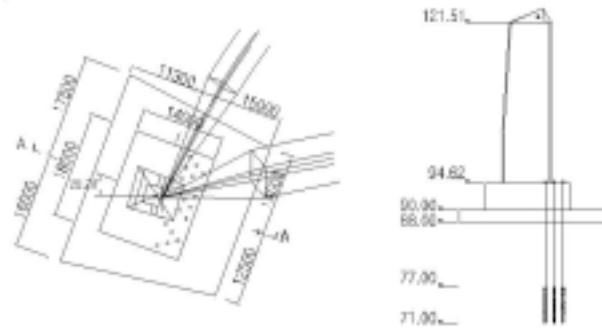
4.1.5 Support Column & Foundation

Main Truss는 4개의 Support Column과 기초로 지지되며 주두부의 접합부는 각 Arch Truss의 Anchor 철물을 Support Column에 매입하는 것으로 설계하였으나 시공 및 응력전달이 원활치 못할 것으로 보여 2개의 Anchor 철물을 1개의 Base Plate에 묶어 시공하도록 설계변경하였다. 이때 Rear Arch Truss는 주로 인장력을 받는 상세가 되어 볼트수가 비교적 많으며 Front Arch Truss는 주로 압축력을 부담한다. 또한 Base Plate의 Sliding 방지를 위해 Base Plate 하부에 Shear Key를 설치했다.

Main Arch Truss를 지지하는 기둥은 큰 횡력을 지지하기 위하여 약 7.0m×7.0m의 R.C 기둥으로 설계하였다. 또한 스탠드기초는 약 10.0m 길이의 Pile 기초 및 지내력기초로 되어있으나, Support Column 기초는 스탠드 기초보다 10.0m 아래에 위치하여 장기허용 지내력 $f_e = 50T/m^2$ 의 독립기초로 하며 큰횡력에 의해 발생하는 인

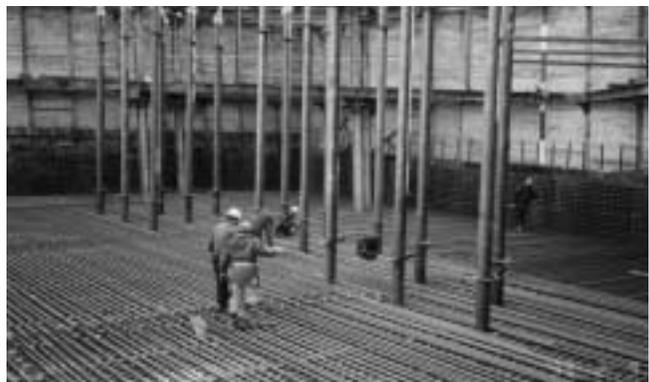


발력에 저항하기 위하여 Rock Anchor를 설치하였다.
Base Plate



Support Column의 Foundation Plan

Section A-A



기초배근, Rock Anchor 설치 모습

4.2 스탠드구조

4.2.1 System Form

대형거푸집 공법의 적용으로 공기 및 품질확보할 수 있으며,



거푸집 제작중의 모습



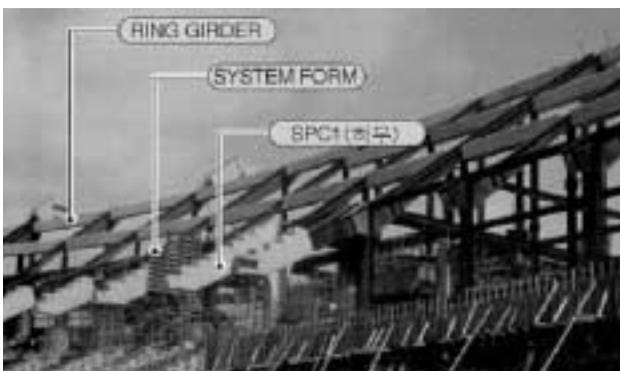
Ring Girder, 하부 Raking Gider 시공상태



탈형후 골조상태

4.22 SPC 공법

S.R.C 부분 공사의 어려움을 감안하여 철골(S조)과 RC를 일체화한 PC공법을 도입하여 공기단축, 품질 및 안전을 확보하였으며, Ring Girder, Raking Girder에 적용하였다. 또한 Paraper, Half Slab, Stand 관중석은 P.C 부재로 설계하였다.



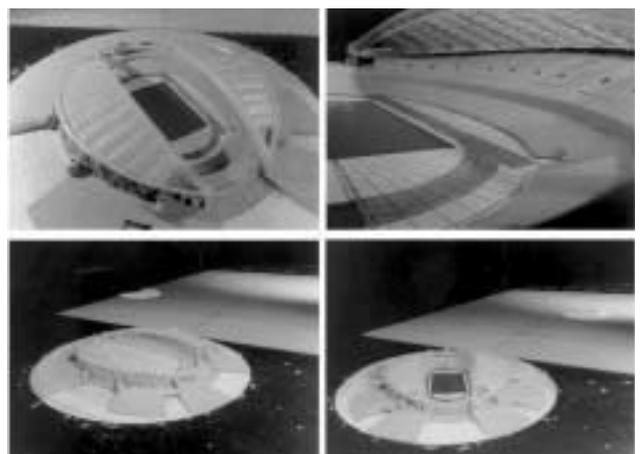
Ring Girder, 하부 Raking Gider 시공상태

5. 풍동시험

5.1 풍동시험 개요

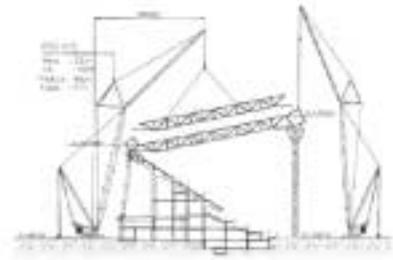
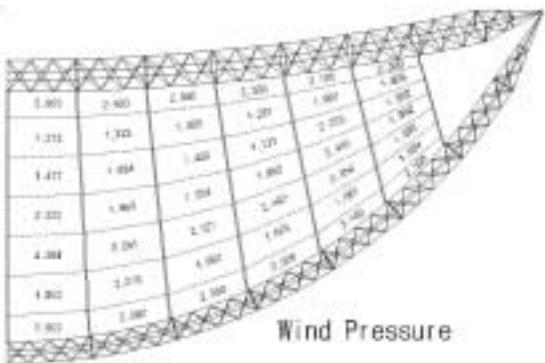
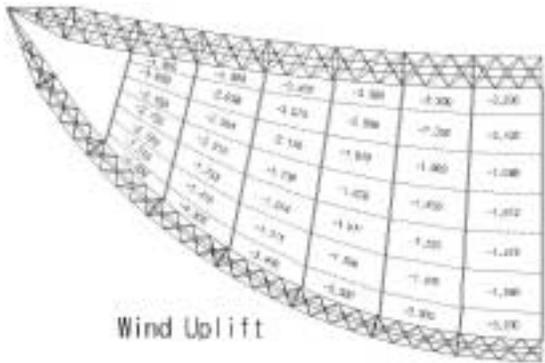
모형의 각위치에 센서를 부착하여 풍력계수를 측정하며 35m/sec의 풍속으로 3초간 돌풍실험과 난기류의 방향을 15°씩 회전시키며 24방향에서 측정하였다.

- 막재위의 지점 미분 압력측정: 1초 평균기간동안 최고 증가정점 50년 설계압력 및 3초 평균기간 설계압력
- 보조트러스 방향의 선을 따른 평균압력측정 : 최고 증가정점 50년 설계압력
- 공간평균압력측정 : 각 지붕에 대한 최고 증가정점 50년 설계압력
- Arch 하중 결정위한 압력 측정 : 1초 평균기간동안 최고 증가 정점 50년 설계압력, 3초 및 50초 기간동안의 최고 증가 정점 50년 설계압력



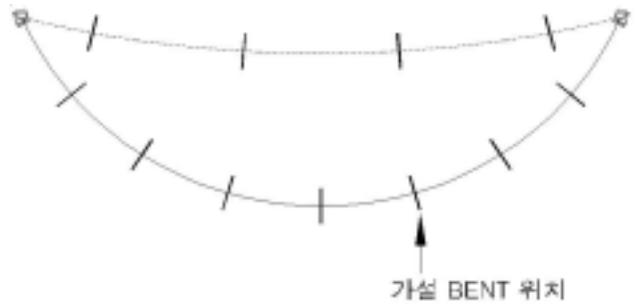
풍력시험 모형

52풍력 계수의 적용



설치단면도

6.2가설 Bent위치



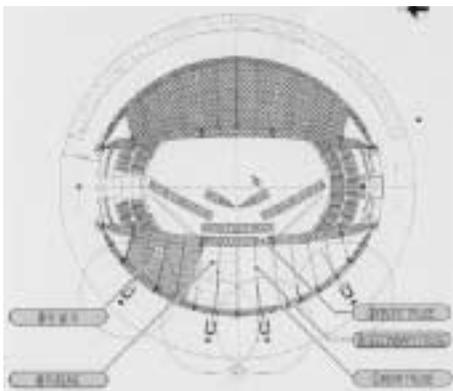
전면은 Front Arch Truss를 지지하기 위하여 운동장에 4개의 기초, 가설철탑을 설치하고 후면은 Rear Arch Truss를 지지하기 위하여 스탠드 최상부 통로 부분에 7개의 가설 Bent를 설치한다

6.지붕구조의 시공 계획

6.1Erection순서

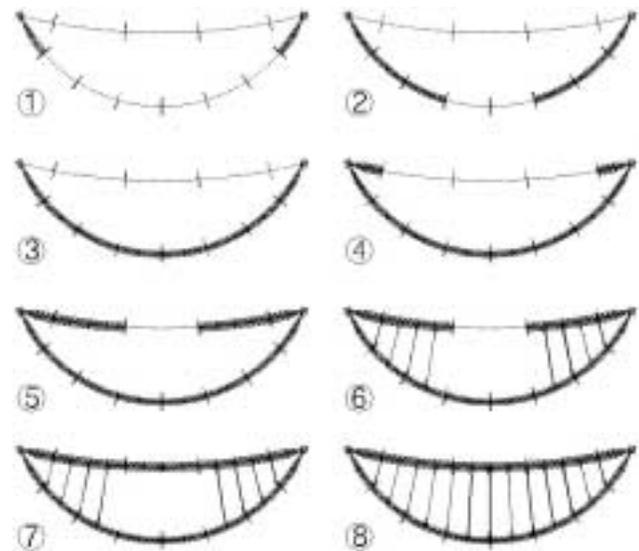
Support Column, Raking Column 설치후

- ①Rear Arch Truss 설치→②Front Arch Truss 설치→③Secondary Truss 설치→④Tied Arch Purlin 설치→⑤막설치의 순으로 시공한다.



설치단면도

6.2 Main Truss Erection 방법



- ①~③ : Raking Column 설치후 Rear Arch Truss를 설치하는데 각 절을 운동장 외부에서 조립하여 Support Column에서부터 대칭으로 1절씩 조립.
- ④~⑤ : Front Arch Truss는 운동장 내부에서 조립하여 역시Support Column에서부터 시작하여 1절씩 조립하여 설치.
- ⑥ : Front Arch Truss 2절 설치후 Secondary Truss를 설치하여 수평력 Strut에 도움이 되도록하여 가설 Bent 설계에 경제적인 설계가 되도록 하며 Secondary Truss는 운동장 외부에서 조립.
- ⑦~⑧ : Front Arch Truss 조립을 완료하고 Secondary Truss의 조립을 완료한다. 그리고 가설 Bent를 제거하고 Purlin 및 막 설치하여 지붕구조물을 완성.



건강상식

비타민 효과만점 복용법

비타민은 우리몸에 꼭 필요한 필수 섭취영양소이지만, 현대 생활에서 음식을 통해 충분히 섭취할 수 없으므로 이를 비타민 제제로 보충할 것을 권장하고 있습니다. '비타민이 약인가 식품인가'로 비타민을 과신하거나 경계하는 사람도 있지만, 비타민은 부족한 부분을 채워주므로, 부담 없이 즐겁게 복용하세요.

- 1) 수용성 비타민과 지용성 비타민의 복용법이 다르다. 수용성 비타민은 식사 직후 먹는다. 수용성 비타민(비타민 B와 비타민 C)는 물에 쉽게 녹고, 체내에도 소량 저장되고, 남은 양은 소변으로 배출된다. 지용성 비타민은 음식을 먹을 때 함께 먹는 것이 좋다. 지용성 비타민(비타민 A D E K)은 지방에는 녹으나 물에는 녹지 않으므로, 가능한한 음식을 먹을때 함께 복용하는 것이 흡수를 위해 더 좋다.
- 2) 매일 같은 시간대에 비타민을 복용하는 것이 효과적이다.
- 3) 한번에 과다하게 복용하지 않는다. 하루 복용량을 아침, 점심, 저녁으로 나눠 복용한다. 특히 수용성 비타민은 대사가 되면 소변을 통해 배출되므로, 수시로 복용하는 것이 좋다.
- 4) 공복에는 위장장애를 일으킬 수 있어 복용을 피하는 것이 좋다.
- 5) 1일 섭취 권장량에 집착하지 않는다. 같은 성별, 같은 나이라도 활동의 정도와 현재의 건강상태에 따라 1일 섭취권장량은 크게 차이가 난다. 수용성 비타민은 과량을 복용했다라도 소변으로 배출되고, 지용성 비타민의 경우도 특별한 치료방법으로 비타민을 투여하는 것이 아니라면, 비타민 제제로 나온 1일 복용량으로 과잉증이 되는 경우는 거의 없다.