

## 울산 공용여객 자동차 터미널 구조설계 소개



김 종 호



조 성 구

### 1. 건물 개요

울산광역시 남구 삼산동에 다중이용 시설인 “울산 공용여객 자동차 터미널” 공사가 진행중이다.

아시안 게임 및 월드컵 분산개최 등의 대규모 대회 관련 관광객 유입에 따른 대중 교통시설 확충과 지역경제의 활성화 및 도심 숙박시설의 확충, 도심경관 정비 등의 대책사업이 추진 중이며 본 프로젝트는 이러한 필요성의 일환으로 개발되는 민간투자사업이다.

본 건물은 도시설계상의 여객자동차터미널 부지에, 종합터미널(시외, 고속)이라는 교통시설의 역할 뿐만 아니라 판매, 숙박, 그리고 문화시설등의 복합용도개발(MIXED-USE DEVELOPMENTS)로 울산의 관문, 도시공간의 중심, 랜드마크적 성격을 띠게 될 것이다. 구체적인 시설로는 총30대의 승하차장을 갖춘 주용도인 시외 및 고속터미널, 210여실 규모의 객실과 대규모 회의장으로도 손색이 없는 대연회장, 동시에 8개 영화상영이 가능한 멀티플렉스 영화관 및 판매시설 등이 있으며, 각기능의 건

물과 유기적으로 연계되어 있는 광장은 독립성을 유지하면서 이용객 및 지역주민의 휴식공간으로도 제공된다. 또한, 건물의 상부에 설치되어 있는 대관람차는 놀이시설의 기능 뿐만 아니라, 계획대지의 인지성을 극대화 하는 역할을 한다. 연면적 약 50,000평 규모의 본 복합건물은 시외버스터미널, 고속버스터미널, 호텔, 백화점, 할인점, 어뮤즈먼트 등이 중앙광장을 사이에 두고 에워싸듯 배치되어 있다.

본 건물 전체에 대한 배치는 그림 1과 같으며 2001년도 12월에 준공될 예정이다.

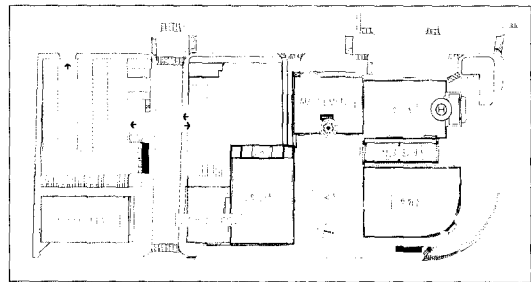


그림 1 건물 배치도

\* 정희원 · (주)창민우구조건설тан트 대표이사, 건축구조기술사  
 \*\* 정희원 · (주)창민우구조건설탄트 이사, 건축구조기술사



그림 2 건물 전경 (2001. 8)

본 복합건물의 건축설계는 (주)범건축에서 수행하였으며 시공은 (주)롯데건설에서 공사하였다.

## 2. 구조개요

본 건물의 구조형식, 수평저항구조 등의 구조적 특징은 표 1에 나타내었다.

콘크리트 강도는  $F_c=210\sim 240\text{kg/cm}^2$ 을 혼용하여 사용하였으며, 철골재질은 SS400, SWS400, SM490A를 적절하게 사용하였다.

본 대지는 지하수위가 GL -3.0m 정도로 높게 조사되어 부력에 대해 건물별 제어 시스템을 달리 하였는데 호텔, 백화점은 역타 공법 적용에 따라 연속벽에 의한 건물 외주부의 지하수 유입을 차단한 후에 기초 슬래브 하부에 작용하는 지하수는 영구배수공법을 적용하여 부력을 최소화하였으며, 호텔, 백화점을 제외한 나머지 건물은 토질의 특성으로 인하여 구조체의 매스를 키워서 부력에 저항하도록 하였다.

## 3. 토질 분석

본 건물의 대지는 2개의 대형 블록으로 나누어져 있어 32개소의 시추조사 및 474회의 표준관입 시험을 하였으며, 공내수위 측정, 현장 Vane 시험, 투수시험, 수압시험, 공내재하시험 등 현장조사를 수행하였다.

또한 물리적 특성시험, 역학적 특성시험 및 암석 시험 등의 실내시험을 완료하였다. 본 대지의 정밀 토지조사는 (주)천일지오컨설팅에서 수행하였다.

본 대지의 지질형태를 살펴보면 남측대지(고속버스터미널부지)는 GL-27m 하부에 기반암이 형성되어 있고 북측대지(호텔, 백화점 부지)는 GL-41m 하부에 기반암이 형성되어 있어 지하 5층의 호텔, 백화점이 북측에 배치되는 것이 시공상, 구조상으로 다소 불리하지만 지하2층의 할인점, 어뮤즈먼트, 광장의 파일기초 적용시 파일 시공깊이가 짧아 유리한점이 있었다.

본 건물 대지의 남북을 연결하는 지질분포도를 그림 3에 나타내었다. 본 대지의 지하수위는 남측대지의 경우 GL-3.0m 이고, 북측대지는 GL-8.0m로 변화하고 있어 안전측면에서 GL-3.0m를 적용하였다.

## 4. 흠막이 공법

호텔, 백화점은 지하5층 규모의 바닥면적  $90\text{m}\times 130\text{m}$  정도의 대형공간이므로 오픈컷 방식의 가설 흠막이를 적용할 경우 최소직선거리가 90m정도 되어 흠막이 지지에 경제적, 기술적인 어려움이 있고 대지주변의 변형으로 인하여 하자민원이 예상되므로 대지주변의 지반안정성 확보 및 공기단축을

표 1 건물별 구조적 특징

건물명	규모(지상/지하)	구조 형식	수평저항구조	부력 저항구조
시외버스 터미널	3/1	RC	RIGID FRAME	MASS 저항구조
고속버스 터미널	1/0	RC	RIGID FRAME	-
호텔	24/5	SRC	SHEAR WALL+BRACED RIGID FRAME	영구 배수공법
백화점	8/5	SRC	BRACED RIGID FRAME	영구 배수공법
할인점	7/2	SRC	SHEAR WALL+BRACED RIGID FRAME	MASS 저항구조
어뮤즈먼트	6/2	SRC	BRACED RIGID FRAME	MASS 저항구조

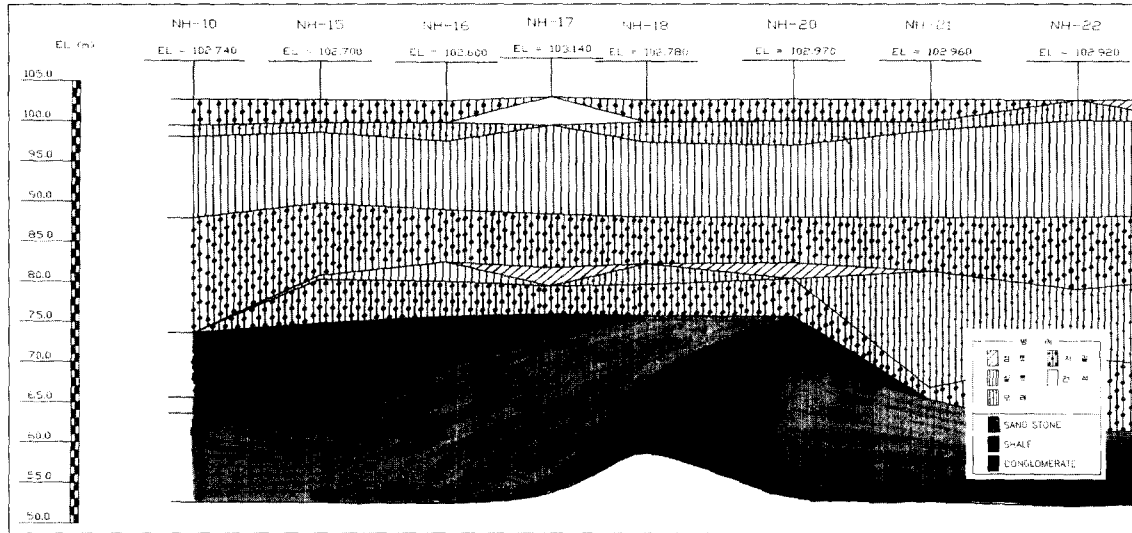


그림 3 대지 남북방향 지질분포도

위해서 역타공법을 적용하였다. 특히 1층 바닥구조는 철골구조로 설계하여 공기단축 및 시공성 향상을 도모하였다. 호텔, 백화점을 제외한 다른 건물은 지하2층 규모로서 오픈컷 방식을 적용하여 해결하였다.

### 5. 건물별 구조설계 특징

본 절에서는 각 건물별 구조설계 특징을 간략하게 소개토록 한다.

#### 5.1 호텔+백화점

호텔, 백화점은 대지의 북측에 위치하고있으며 정글프라자를 사이에 두고 각각의 건물이 독립적 거동 및 안정성을 확보하기위해 백화점측면에 E.J를 설치하였다. 지하층은 한개의 연속된 건물로써 4면이 연속벽(SLURRY WALL)에 의해 강하게 구속되어있고 일체화된 구조를 갖고 있다.(그림 4 참조)

##### 5.1.1 지하층 구조형식

호텔, 백화점 1개층 바닥면적은 90.0m×130.0m 크기이며 지하5층으로 구성되어 있다. 호텔, 백화점은 지하외벽을 연속벽(SLURRY WALL)으로 설계하였고 역타공법을 적용하여 지상층, 지하층 골조공사를 동시에 진행하였다.

구조모듈이 8.0m×8.0m 또는 10.2m×8.0m로 이루어져 있어 1800×600 또는 3000×600의 일방향 광폭보(WIDE BEAM)를 적용하였고 순 지간 6.2m~7.2m의 슬래브는 두께 250mm로 설계하여 역타공법 시공성을 최대한 확보하였다.(그림 5 참조)

일방향 광폭보를 적용함으로써 철골기둥과 RC WIDE보의 연결 철골브라켓을 2방향 설치하지 않고 1방향 설치하였다. 이에 대한 상세를 그림 6에 나타내었다.

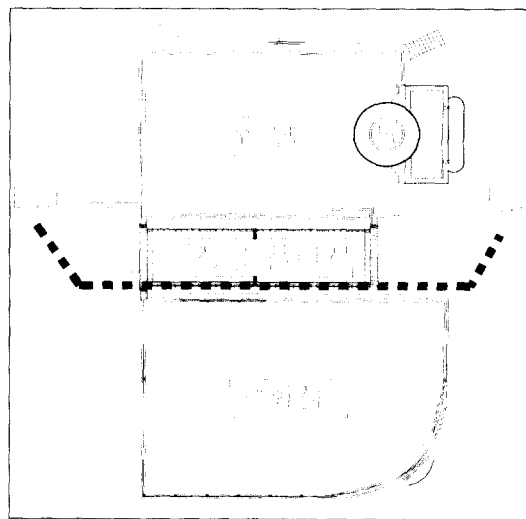


그림 4 호텔과 백화점 E.J 설치도

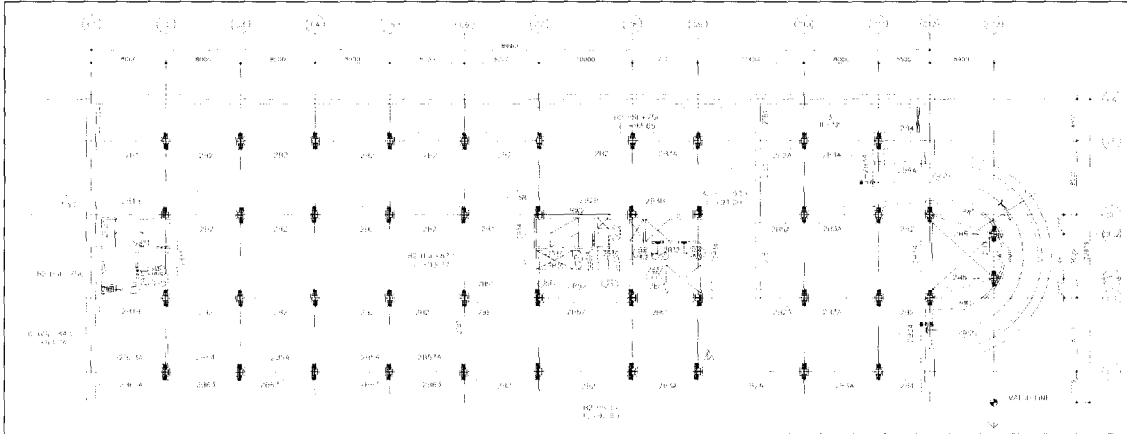


그림 5 지하기준층 구조평면도(호텔동 일부분)

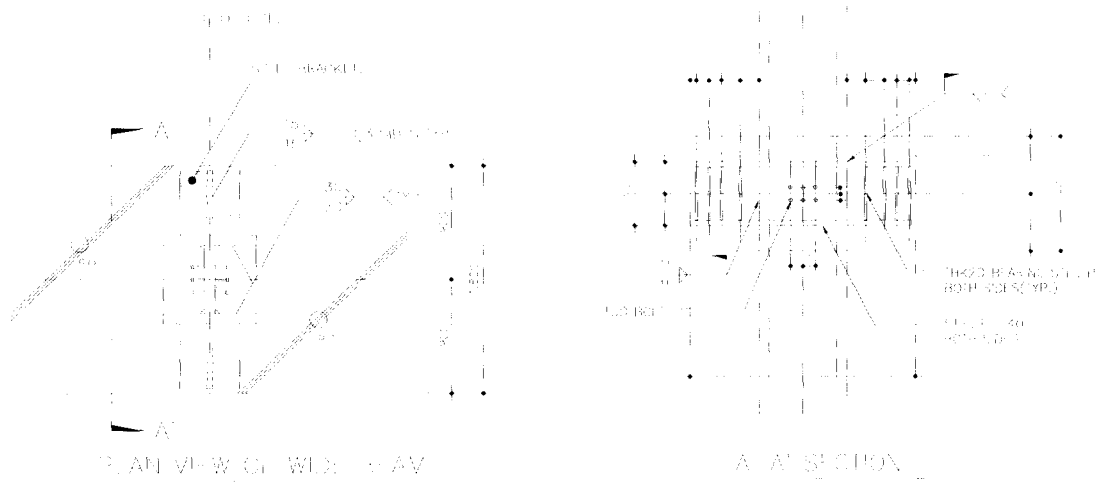


그림 6 지하층 철골브라켓 상세(SECTION)

지하층 RC 보, 슬래브와 연속벽과의 접합을 위해서 지하 각 층마다 400×700의 테두리보(PERIMETER BEAM)를 설치하였으며, 연속벽에 기 시공된 연결 철근(DOWEL BAR)과 연결시공하여 연속벽과 슬래브 횡격막이 일체가 되어 외부 수평 토압에 저항토록 설계하였다.

### 5.1.2 호텔 상부 구조형식

본 건물의 횡력저항 시스템을 결정하는데 영향을 미친 주요한 건축적 요소는 다음과 같다.

- ① 호텔객실부 종방향 구조모듈이 2-BAY로 되어

있고 브레이싱 설치시 제약이 따름.

- ② 저층부의 층고가 H=7.0m(1F~5F)로 계획되어 강성이 지하됨.
- ③ 저층부와 고층부의 연결층(6층)에 구조재의 전이발생과 전이층의 층고(H=7.0m)가 높아 강성 지하됨

위에서 언급한 여러 가지의 건축적 제한으로 인하여 수평저항 강성 확보에 문제가 되었다. 특히 저층부의 층고가 높아 철골 브레이싱의 변위제어 효과가 떨어져 그림 7의 A위치에 전단벽(t=400)을 설치하였으며 기계실층의 공간을 이용하여 OUTRIGGER

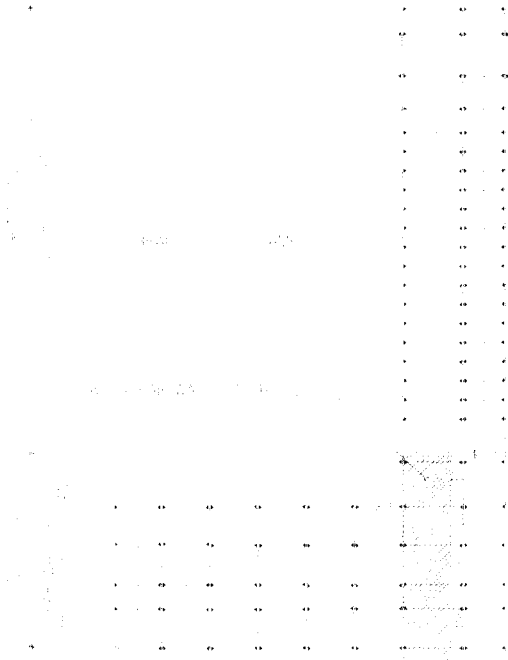


그림 7 호텔상부 단면도

표 2 호텔부 수평최대변위

하 중	최대수평변위		목 표
	X-Dir	Y DIR	
풍하중	25.09cm (H/430)	22.56cm (H/478)	H/400 ~ H/500
지진하중 (층간변위)	0.00492	0.00762	0.0015

FRAME을 추가로 설치하여 수평변위를 제어하였으며 그 결과를 표 2에 나타내었다.

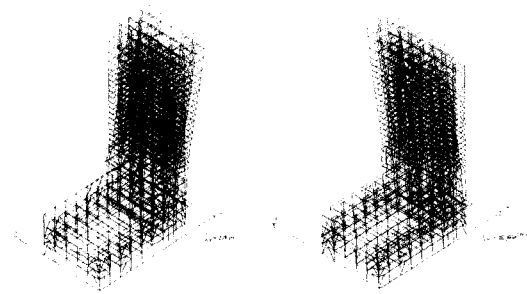
지상층 횡력저항 구조시스템을 크게 분류하면 고층부는 BRACED RIGID FRAME SYSTEM 이고 저층부는 SHEAR WALL+BRACED RIGID FRAME SYSTEM으로 설계되었다.

### 5.1.3 호텔 객실부 구조계획

호텔 객실부의 층고계획은 층고3200mm에 천장고,

- 객실 : 2550mm
- 복도 : 2200mm로 설계하였다

횡방향(LONGITUDINAL DIR.)수평 저항구조는



X 방향 수평변위

Y 방향 수평변위

그림 8 풍하중에 의한 변형도

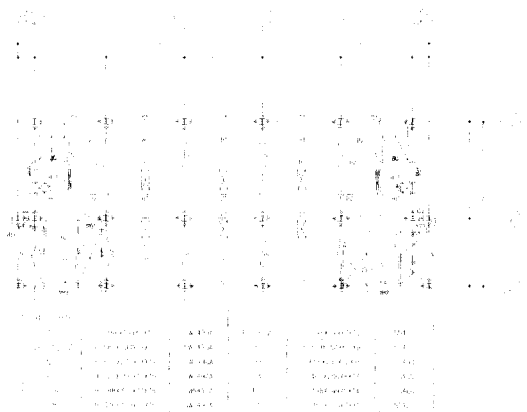


그림 9 호텔객실부 구조평면도

MOMENT FRAME이고 종방향(CROSS DIR)에 대해서는 횡하중에 대하여 저항할 수 있는 MOMENT FRAME이 2-BAY 이므로 2-BAY의 종방향 MOMENT FRAME에는 큰 강성의 거더를 설치하여 건물수평 변위를 제어하기 위해 BEAM의 방향을 MOMENT FRAME과 직각방향으로 구조계획하여 경제적인 설계가 되도록 노력하였다(그림 9 참조). 또한 객실 복도의 거더(H-582×300,G5)에 650×250(W×H) 크기의 설비용 측면개구부를 설치하여 기계,전기, 소방 등의 배관을 처리하므로써 적정한 천정고가 되도록 하였다.

### 5.1.4 백화점 상부 구조

백화점은 지상 7층에 1개층 증축을 고려하여 설계된 건물로써 횡력에 대한 저항방식으로 BRACED RIGID FRAME을 채택하였다.

본 건물은 모멘트 골조만으로도 횡력에 대하여 충분한 저항력이 있었으나 호텔과 백화점 사이에 위치한 정글프라자의 E.J 변위를 제어하기 위해 BRACE를 추가 설치하여 설계하였다.

### 5.1.5 정글프라자 구조

정글프라자의 지붕은 백화점과 호텔 사이에 위치한 아치형상의 철골구조이다. 지붕의 마감은 태양광선의 직접 채광을 목적으로 유리마감으로 설계되어, 양쪽 건물의 수평변위를 전달하는 횡경막(DIAPHRAGM)으로 이용하기 어려워서 그림12와 같이 골조자체를 트러스 형상으로 제작하였다. 호텔과 백화점의 캔틸레버 거더 위에 정글프라자 아치구조가 올려지는 건축적 모양으로 인하여 백화점 캔틸레버 거더 한쪽단에 SLIDING PAD를 설치하여 양쪽건물에서 발생하는 수평, 수직변위를 흡수하도록 설계하였다(그림 10, 11참조).

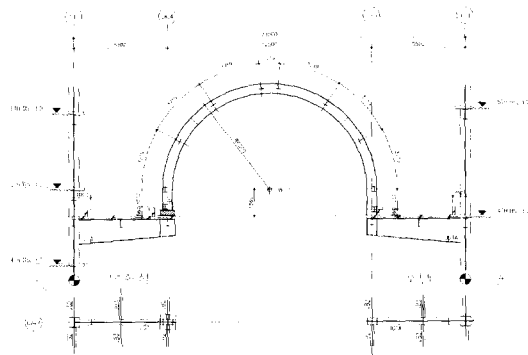


그림 10 정글프라자 단면도

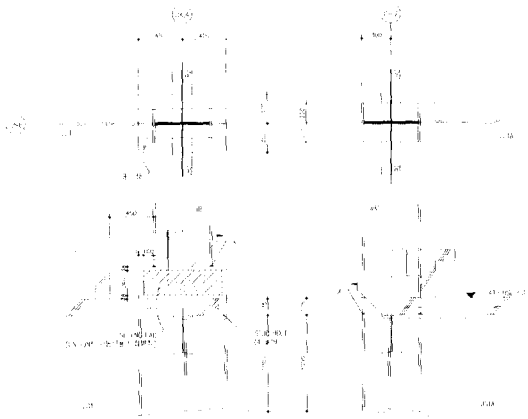


그림 11 정글프라자 지점부 상세

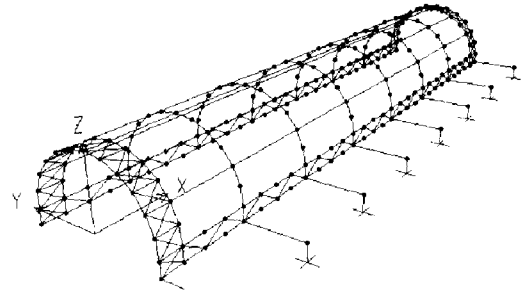


그림 12 정글프라자 3D 해석모델

## 5.2 어뮤즈먼트 +광장

본 대지 중앙에 배치되어 있고 위락시설, 관람집회시설인 어뮤즈먼트 건물은 지하 2층, 지상 6층 규모의 SRC구조로 설계되어 있다.

### 5.2.1 지하구조

본 건물 하부의 토질상태를 보면 기반암층이 GL-21m에 위치하고 있고 지하수위가 GL-3.0m로 측정되고 있어 기초형식을  $\phi 600$  PHC PILE을 사용한 깊은기초를 적용하였다.

GL-3.0m ~ -15.0m 까지 약 12m정도 실트층이 형성되고 있고 그 하부 GL-15m ~ -27m까지는 자갈층으로 이루어져 있다. 그런데, 약 12m 두께의 자갈층 사이에 불투수 토질인 점토층이 자리잡고 있어 건물기초에 직접 닿는 직접부력은(약  $7.5t/m^2$ ) 영구배수를 통하여 지하수압을 제거하고 점토층 하부에서 작용하는 간접부력(약  $6.0t/m^2$ )은 기초슬래브의 두께를 증가시켜 부력에 저항토록 하였다.

특히 중앙광장은 지상층이 없이 지하층으로만 설계되어 있어 기초판 두께를 증가시키는 것은 물론이고 지하 1층, 지상 1층을 FLAT PLATE SLAB 구조를 적용한 자중의 증가가 필요하였다. 광장 지하주차장 1층은 T=550, 지상1층은 T=600으로 각각 해결하였다. 본 건물은 일반적인 오픈컷 방식에 의해 공사가 진행되었으며 공기상의 이유로 지하층에 철골기둥을 적용하였다.

중앙광장 이외 부분의 지하1층은 부력 문제로 인하여 6.9m×8.4m 모듈을 광폭보 1200×500 또는 1000×500을 적용하였고 이때 슬래브 두께를 T=300으로 해결하여 자중을 증가시켰다. 철골기둥과 RC

보의 집합은 CT형강 브라켓으로 설계하여 일체성을 확보하였다.

### 5.2.2 지상층구조

1층을 포함한 지상층은 철골조로 설계하였으며 4층~6층까지 영화관으로 설계되어있다. 영화관 객석바닥은 구조자중을 줄이기 위하여 T=150의 DOG-LEG계단을 적용하였다. 지상 2층에 설치되는 DMT (Dynamic move theater)사용을 위해 높이기구제원, 하중분석, 진동검토 등을 통하여 구조안전성을 확보하였다.

### 5.3 활인점

지하2층, 지상7층의 철골철근콘크리트 활인점 건물 최상부에 대형 놀이시설인 직경 75m 규모의 대관람차가 8개의 강관래티스 기둥에 의해 설치되었다. 대관람차는 14개의 부채살 모양 가지관으로 구성되어 있고 이 가지관은 35m의 캔틸레버로서 원 중심에 대하여 동시에 연결되어 있다. (그림 13 참조) 대관람차는 8개의  $\phi 700$  강관 래티스 기둥에 의해

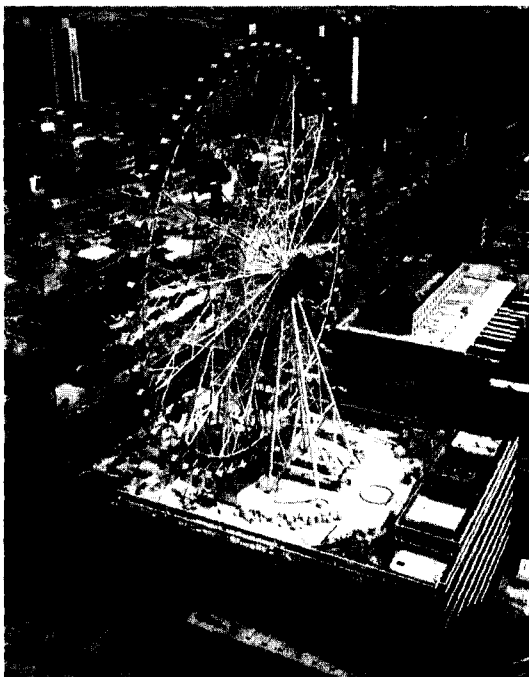
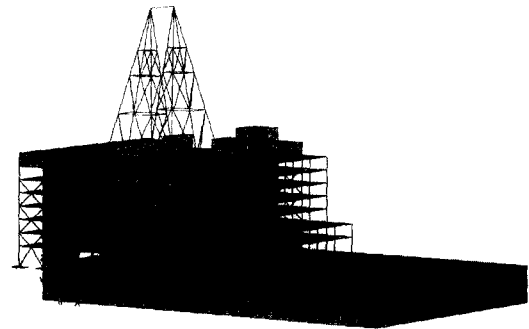


그림 13 활인점 & 대관람차 전경

지지되어 있으며 이 기둥은 활인점 건물 기둥과 일치하도록 하여 수직력 및 수평력을 직접 전달하고 건물에 미치는 영향을 최소화하였다. 대관람차는 주행직각 방향으로 건물에 가해지는 힘이 크므로 건물 수평강성이 상대적으로 강한 건물 장변방향과 대관람차 주행직각 방향을 일치시켜 최적의 안정성을 확보하였다.(그림 14 참조)

또한 대관람차 작동시에 발생하는 소음, 진동을 방지하기 위하여 주각부에 방진패드를 설치하였다. (그림 15, 16 참조)

횡하중은 풍하중이 지배적이며, 건물내 코어전단벽과 브레이싱을 추가하고 기둥을 SRC로 처리하여 라멘강성을 증대시키는 방법으로 구조 계획하였다. 대관람차의 골조의 특성으로 인하여 본 건물도 고차모드에 지배되는 복잡한 동적거동을 보였으며 특히 비틀림 거동을 방지하기 위하여 건물의 양방향으로 브레이싱을 추가 배치하였다.



( $T_1=1.23s, T_2=1.05s, T_3=0.95s$ )

그림 14 구조해석 3차원 모델



그림 15 주각부 설치 공사 진행사진

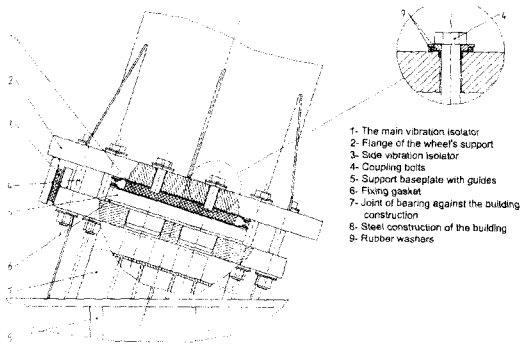


그림 16 주각부 상세

## 6. 글을 맺으며

1996년도 후반기부터 본 프로젝트 설계가 진행된

후 IMF 라는 경제 대혼란을 거쳐 여러번의 설계변경 끝에 착공이 되었고 착공후 FAST TRACK 시공 방법에 의해 몇 차례의 설계변경이 추가로 이루어지면서 올해 12월에는 본 복합건물이 준공이 될 예정이다. 특히 활인점 지붕에 설치된 대관람차는 현재까지 국내 시공된 관람차 중 최대 직경임은 물론이고, 건물 위에 설치됨으로 인하여 건물 사용성에 대한 검토가 필수적이라 생각된다. 대관람차 가동에 의한 하부층에 전달되는 진동 및 소음에 대한 기술적 검토 결과는 설계에 반영되어있으나 실제 상황과는 다소 차이가 있을 수도 있으므로 현장 계측 확인작업을 통한 사용성 검토가 추가로 이루어져서 향후 유사한 설계에 대한 기술적 데이터 구축 및 울산 시민을 위한 명소로 자리매김되길 바란다. [R]