

카타르 업무시설



김종호 대표
(주)칭민우구조건설파트너스

1. 건물개요

본 건물은 건축사무소 야마사키(트로이, 미국)와 함께 카타르의 수도, 도하(Doha)에 계획중인 은행 본사 건물로서 도심의 랜드마크적 성격의 오피스 건물이다. 규모는 지상32층, 지하5층이지만 32층 상부로 건물의 입면이 높게 계획되어 지상층 최고 높이는 187m로 실제로는 40층 규모에 해당하는 고층건물이다. 연면적은 60,358㎡이다.

건물의 외관은 평면과 입면의 양면으로 경사진 두 면이 기하학적으로 만나도록 계획되어 복잡한 형태를 띠지만 구조 골조는 장방향 박스가 최상층까지 연속되고 건물 모서리마다 코어가 설치된 단순한 구조평면을 가지고 있다. 네 모서리의 코어에 설치된 브레이스와 모멘트골조가 횡력에 저항 하고있으며, 공기단축을 위해 카타르에서는 최초로 Top/Down시공법이 적용될 예정이다.

도하는 지진이 거의 없는 지역으로 일반적인 건물은 지진하중이 별도로 고려하지 않는다. 따라서 본 건물은 풍하중에 의한 변위와 진동 가속도에 의해 건물의 구조시스템이 결정되었다.

2. 구조개요

구조설계관련 카타르 기준은 별도로 작성되어 있지 않으며, 일반적으로 BS(British Standard)에 준해 설계가 이루어지고 있으나, 근래에는 IBC적용도 병행되고 있다. 다만, 풍하중과 관련하여 설계기준



[그림 1] 조감도

풍속은 관례적으로 45m/sec(50년 재현주기, 3초 가스트 풍속)를 적용하고 있다. 본 건물의 구조설계에는 설계하중은 IBC 2006, 철골 설계는 AISC-LRFD, 콘크리트설계에는 ACI 318-02,99을 적용하였으며, 설계기본풍속을 적용한 풍동실험을 수행하여 건물의 응답가속도에 대한 사용성을 확인했고, 풍력실험 결과를 구조설계에 반영했다. 구조계획 관련 제반사항은 현지 컨설턴트와 협의에 의해 결정되었다.

■ 재료강도

구 분	내 용
철 골	ASTM A572 grade50($f_y=345N/mm^2$)
콘크리트	모든 부재 C50($50N/mm^2$) 적용(cube strength)
철 근	ASTM A615 grade60($f_y=420N/mm^2$)

■ 구조시스템

구 분	구 조 형 식
구조 재료	지상 : 철골조 지하 : SRC기둥 + 철근콘크리트조
횡력저항 구조형식	철골 브레이스 + 모멘트 골조 + Belt truss(옥탑층)
기초 구조형식	파일기초(R.C.D Pier)

■ 설계하중

- 고정하중 : 건축 재료마감에 준해 산정
- 적재하중 : IBC2006에 준해 적재하중이 적용되었으며, 사무실과 주차장하중 등은 현지 컨설턴트와 협의에 의해 현지여건을 고려한 하중으로 조정되었다. G.L층 바닥은 Top/Down공법을 고려한 시공하중이 고려되었다.

용 도	적재하중(kN/m ²)	용 도	적재하중(kN/m ²)
사무실	4.0(칸막이 포함)	지하층 금고	8.0
Sky Garden	7.5	1층 오피스	사용시 5.0
주차장 차로 (주차공간)	6.0(4.0)		시공시 20.0(for frame) 25.0(for slab)

- 풍하중 : 현지에서 제공한 관례적인 풍속자료에 의거하여 IBC 2006에 준한 풍하중을 산정하였고, 최종 풍동실험에 의한 풍하중을 구조설계에 적용하였고, 풍가속도에 대한 사용성을 검토하였다.

구 분	적 용 기 준
설계기본풍속	V=45m/sec(50년 재현주기, 3초 가스트 풍속)
중요도 계수	1.0
노풍도	D(해안가)

- 지진하중 : 지진이 거의 없는 지역으로서 UBC에서 제시한 최소 지진하중을 고려하였다. (UBC97의 Zone1의 설계 스펙트럼, IBC 2006의 Class C)

구 분	적 용 기 준
UBC 97 ZONE 1	SS=0.375, S1=0.15
Site Class	C(Fa=1.2, Fv=1.65, SDS=0.3, SD1=0.165)
중요도 계수	1.0
반응수정계수	3/4(Ordinary steel concentrically braced frames)

3. 구조 계획

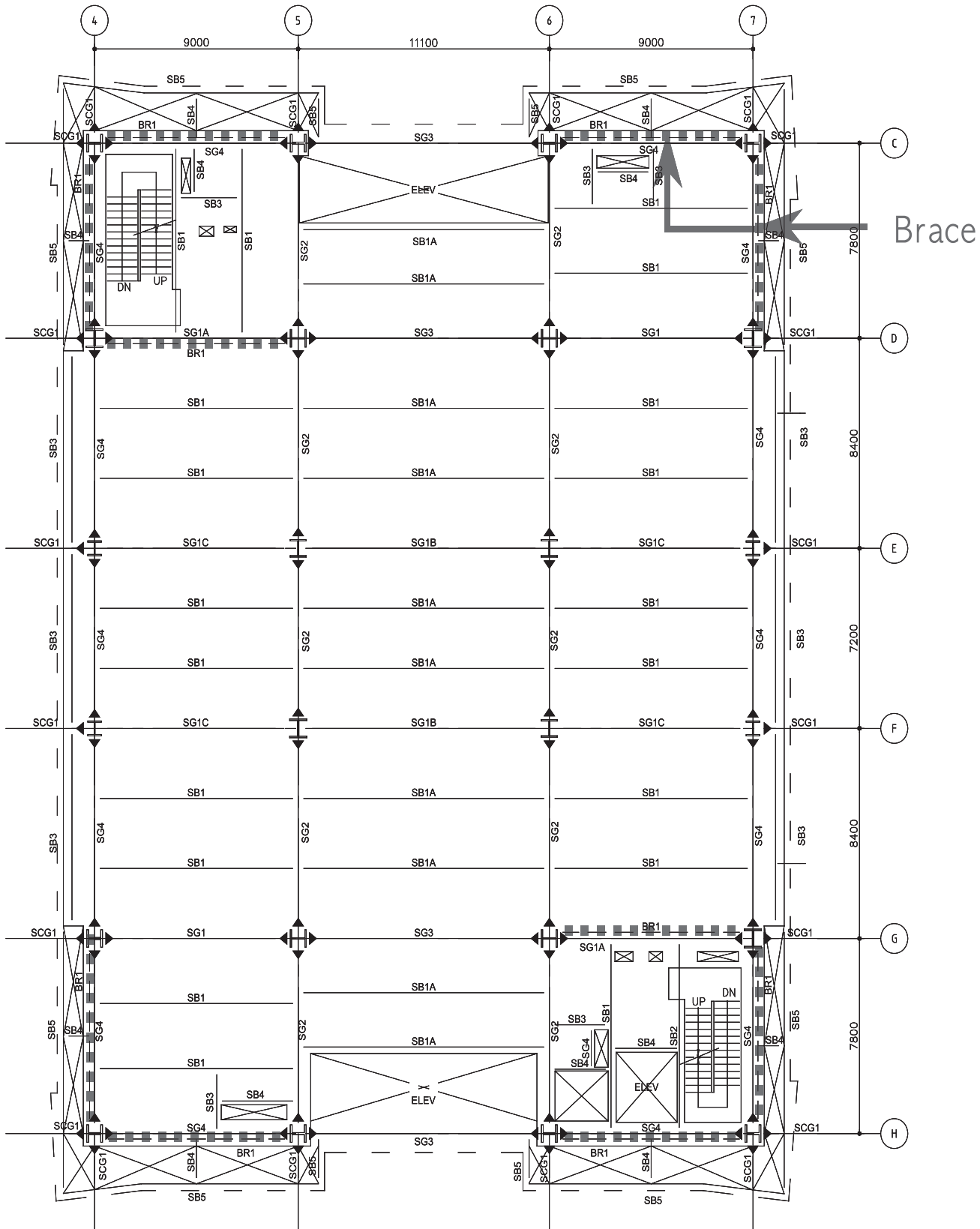
3.1 바닥 구조 계획

■ 기준층 구조계획

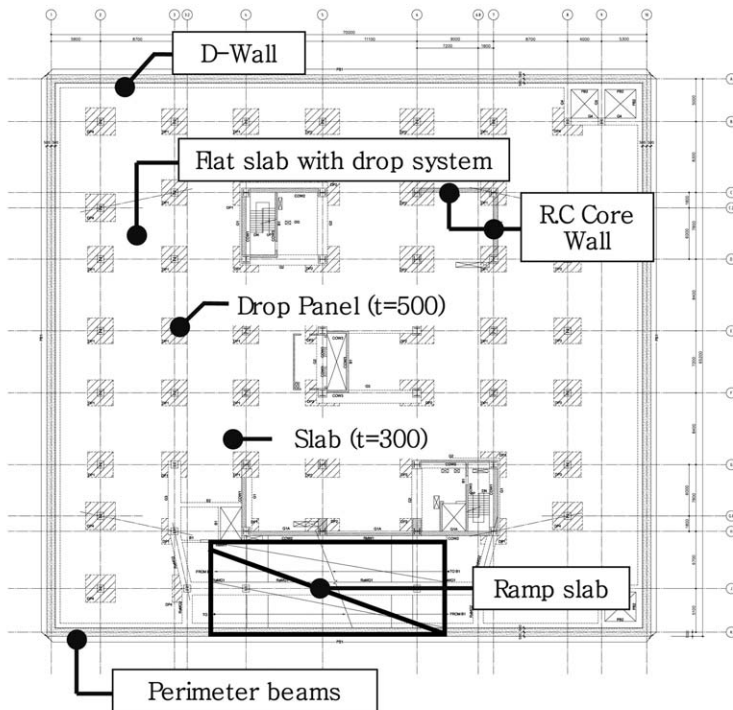
- 지상층은 건축주의 요구에 의해 공기 단축을 고려한 순수 철골구조가 적용되었다. 기준층 층고는 4.5m이다.
- 슬래브는 철근 선조립 Deck가 적용되었으며, 기준층 슬래브 두께는 135mm이다.
- 가로방향 작은보의 춤은 슬래브하부로 450mm이고, 세로방향 거더는 구조적으로는 700mm춤이 요구되지만 설비배관을 고려해 800mm가 적용되었다.
- 초기 건축계획부터 구조가 참여하여 평면의 네모서리는 코어로 계획되었고, 코어에 설치된 철골 브레이스로 풍하중 저항 강성을 확보하였다.

■ 지하층 및 기초 구조계획

- 지하층은 협소한 대지조건으로 카타르 현지에서는 흔치 않은 지하5개층으로 계획되었다. 따라서, 현지 물량수급이 용이한 철근 콘크리트구조를 적용하고, 층고절감을 위해 플랫폼슬래브가 적용되었으며, 공기단축을 고려해 Top/Down 공법이 적용되었다.
- 바닥슬래브 두께는 300mm이며, Drop panel 두께는 500mm이다.
- 지하외벽은 Top/Down공법 적용을 위해 Diaphragm wall($t=1000mm$)이 설치되고, Diaphragm wall과 바닥슬래브 연결을 위해 perimeter beam이 설치되었다.
- 지질조사보고서에 의하면 지표면 하부 3~8m정도는 모래·자갈층이 형성되어 있고, 그 하부는 연약하거나 단단한 석회암(Limestone)층이 반복되어 나타나는 지반조건을 가지고 있다. 지하수위는 주변 공사현장의 시공 중 배수공법 적용으로 G.L-7.0~8.0m로 나타났으나, 설계용 지하수위는 현지 토목엔지니어의 제안에 따라 G.L-2.0m가 적용되었다.

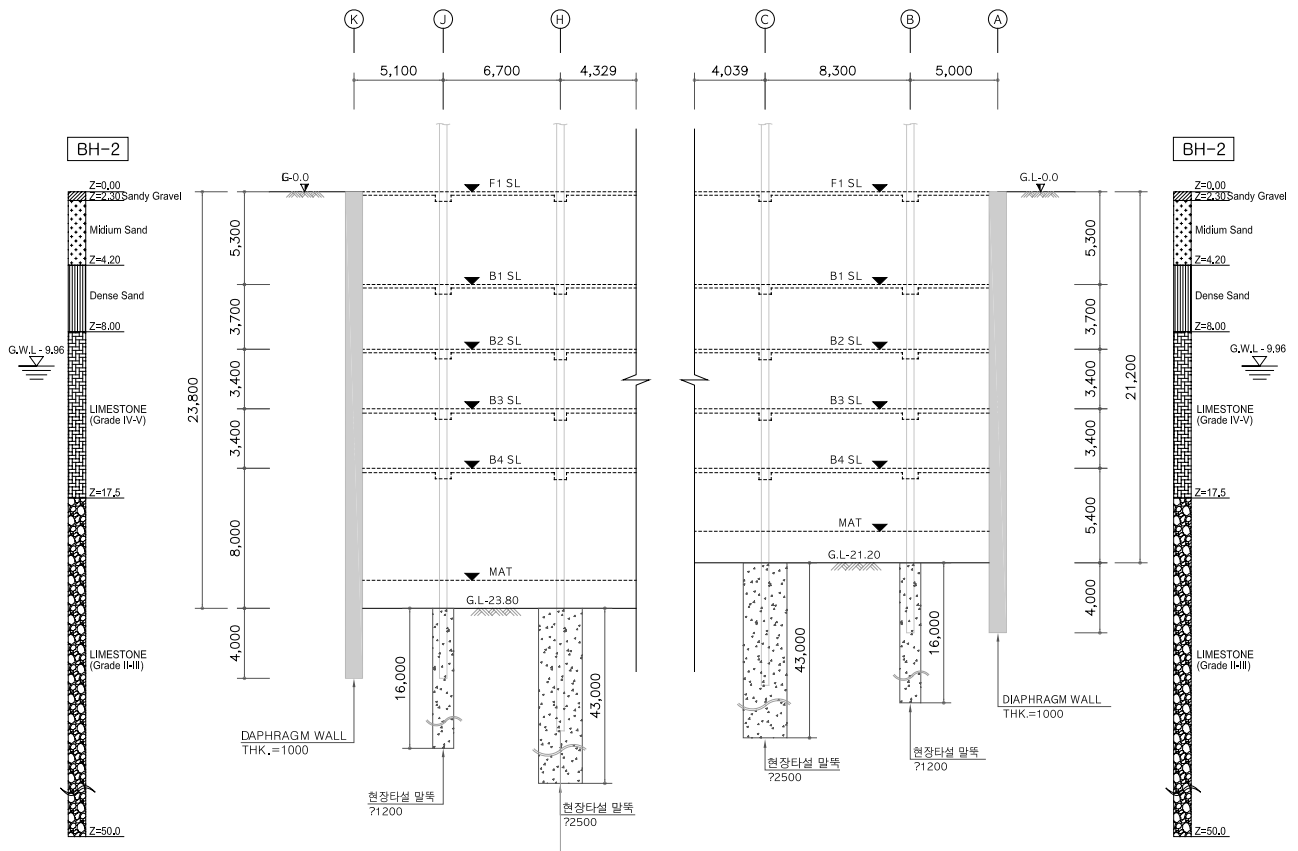


[그림 2] 기준층 구조평면도



[그림 3] 지하2~4층 구조평면도

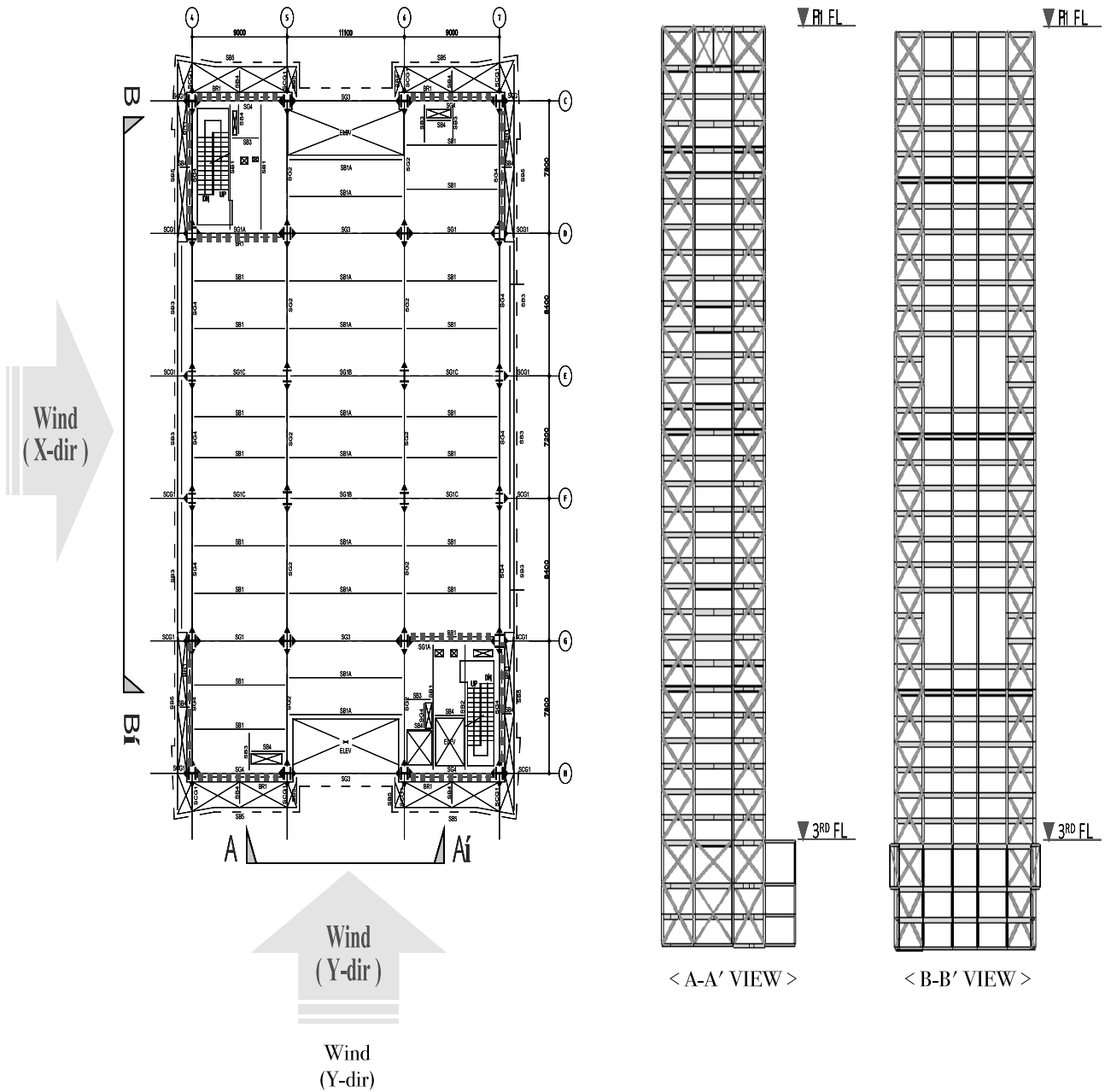
- 지반조건상 연약하거나 단단한 석회암층이 지층 전체에 걸쳐 반복되어 나타나 기초는 R.C.D파일로 계획되었고, 허용지지력은 주변마찰력에 의해 결정되었다. R.C.D파일의 직경은 코어하부는 $\phi 2500\text{mm}$, 그 외 타워하부는 $\phi 2000$, 저층부는 $\phi 1200$ 이 적용되었다.
- 지하수위에 의한 부력은 시공시는 배수공법을 적용하고, 사용 시에는 R.C.D파일이 인장력을 부담하는 것으로 계획되었다. MAT기초의 두께는 코어하부($t=2000\text{mm}$)를 제외하고는 1700mm로 계획되었다.



[그림 4] 기초계획 단면도

3.2 횡력 저항 구조시스템

- 횡력은 풍하중이 지배하며, 네모서리 코어에 대칭으로 설치된 철골브레이스와 모멘트골조에 의해 지지된다. X방향은 횡변위와 풍진동 제어를 위해 저층부에 Brace가 추가되고, 옥탑층에는 Belt truss가 계획되었다.



[그림 5] BRACE 위치도 및 입면도

3.3 구조해석 결과

■ 횡하중 검토

- 풍하중 및 지진하중 정적·동적 밀면 전단력 비교

구 분	풍하중(1.6W)	지진하중(1.0E)	비 고
V_x (kN)	33,838	7,740	풍하중 우세
V_y (kN)	20,477	7,740	풍하중 우세

- 풍하중 변위검토(풍력실험 결과 적용)

구 분	최상층변위	제안치	평 가
X 방향	355.7mm (H/427)	391.5mm (H/400)	만족
Y 방향	92.03mm (H/1651)	391.5mm (H/400)	만족



[그림 6] 구조해석 모델링

3.4 풍동 실험

풍동실험은 'BMT' 사에 의해 수행되었으며, 풍 응답가속도에 대한 거주자의 사용성을 평가했고, 풍력실험 결과를 구조설계에 반영하였다.

- 설계기본풍속 : 162km/hr(50년 재현주기, 3초 가스트 풍속)
- 사용성 평가를 위한 기본풍속은 도하 국제공항 으로부터 접수한 기상자료를 풍기후모델을 통해 산정하였다.

구 분	풍 속
10년 재현주기	17.5m/sec (Mean-hourly wind speed)
5년 재현주기	16.6m/sec (Mean-hourly wind speed)
1년 재현주기	14.1m/sec (Mean-hourly wind speed)
Damping ratio	풍하중 산정 시 1.0% damping 가속도 산정 시 0.8% damping



[그림 7] 풍동실험 모형

- 최대가속도에 대한 사용성 평가 결과

구 분	최대가속도	제안치(NBCC2005)	평 가
10년 재현주기	24.3mg	25.0mg	사용성 만족

4. 맺음말

본 프로젝트의 현재 설계 단계는 CD 50%까지 진행된 상태이며, 공사착공은 다소 지연되고 있는 실정이다. 설계 풍하중 산정에 있어 관례적인 풍속자료에 의하여 산정된 설계 기본 풍속 45m/sec(50년 재현주기, 3초 가스트 풍속)는 국내기준으로 적용 시 100년 재현주기, 10분 가스트 풍속으로 설계 기본 풍속을 환산하여야 함에 유의할 필요가 있다.