

# KBC 2005에 내진 설계 사례



김종수  
CSSE 대표이사



최동석  
CSSE 실장

## 1. 서론

### 1) 개요

본 프로젝트는 현재 시공 중인 죽전역을 중심으로 좌측으로 신세계 백화점, 우측으로 주차장을 신축하는 계획이며, 철도상부로 브릿지를 설치하여 두 건물을 연결하고 있다. 2003년 초부터 설계가 진행되었으므로 건축물하중기준(대한건축학회, 2000년)과 허용응력도 설계법(ASD83)이 적용되었다. 그러나 2005년 4월 6일 KBC-2005가 고시된 이후에 허가가 접수되어, 관공서와 최종 협의 끝에 건축구조설계기준(대한건축학회, 일명 KBC-2005, 2005년)으로 변경 적용하게 되었다. 이런 일련의 과정은 주차장 건물을 대상으로 2000년 건축물 하중기준(이하 구기준)을 적용한 결과와 2005 건축구조 설계기준(이하 신기준)으로 변경한 결과를 비교 분석할 수 있는 기회가 되었으며, 본 기사에서는 KBC-2005의 변경내용 중 내진설계가 대부분을 차지하므로, 이 부분에 중점을 두어 설명하겠다.

### (1) 건물 개요

주차장 건물은 <그림 1>에서 보는 바와 같이, 백화점과 브릿지로 연결되어 있으며, 건물 규모는 지상 9층/지하 4층이다. 지상 8층과 9층에는 판매, 문화시설이 위치하고 있으며, 그 외 층은 전용주차장으로 계획되어 있다. 건축설계는 해안건축, 시공은 신세계건설에서 수행하고 있으며, 현재 백화점부지는 토공사 마무리 단계이고 주차장부지는 전체 공사계획을 검토중이다. 한편 특이사항으로 건축계획에 의해 지상층에서 기둥간 최대 15.6m모듈인 장스팬 철골조로 계획되어 있다.

<표 1> 건물 개요

위 치	경기도 용인시 죽전 택지개발사업지구 특별설계구역내 82-6블록
용 도	자동차관련시설, 판매 및 영업시설, 업무시설
규 모	지하 4층, 지상 9층
연 면 적	60,911.231㎡(18,425.65평)
구 조	철골조(지상층) + 철근콘크리트조(지하층)
기둥 모듈	10m X 13.6m, 10m X 15.6m, 10m X 12.6m
건물 층고	지하층 : 3.8m, 지상층 : 3.6m
건축 설계	(주) 해안 종합건축사 사무소
시 공 사	(주) 신세계건설



<그림 1> 건물 배치 및 전경

## 2. 구조설계 개념

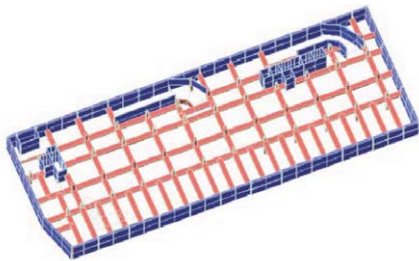
### 1) 구조 개요

본 주차장동은 죽전 신세계백화점과 동일하게 지상층은 철근콘크리트조, 지상층은 철골조로 계획되었다. 기초는 지내력이 1200kN/m<sup>2</sup>인 기반암이므로 지내력 기초로 계획되었으며, 터파기가 완료된 후에 지내력시험을 하여 지내력에 변경사항이 있는 경우 재검토가 필요하다. 상세한 구조적인 내용은 <표 2>를 참조하기 바란다.

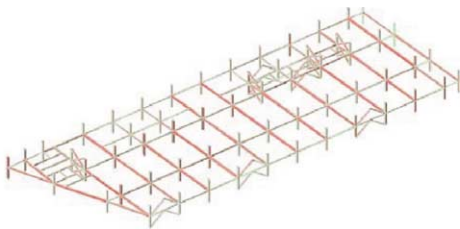
〈표 2〉 구조 개요

기초 시스템	지내력 기초 (독립기초, 일부 MAT기초) 허용 지내력 1200kN/㎡
지하수위	설계 지하수위 GL-1.0m 영구배수장치 설치
지하층 중력시스템	철근콘크리트 WIDE-BEAM SYSTEM
지상층 중력시스템	철골조 / DECK 슬래브
횡력 저항 시스템	가새골조(X방향), 이중골조(Y방향)
최상층 높이	41.9m
고유주기 (sec)	1차:2.09 (tran-Y) 2차:1.96 (tran-X) 3차:1.66 (rot-Z)
풍하중 최상층 변위	X 방향:0.68cm Y 방향:3.97cm 허용 변위:7.60cm (=H/500)
최대 층간 변위비	X 방향:0.0090 Y 방향:0.0104 허용 변위:0.015

중력저항시스템에서 지하층은 〈그림 2〉와 같이 시공성을 고려하여 Wide-Beam System으로 계획하였으며, 지상층은 〈그림 3〉과 같이 장스팬과 층고를 고려하여 철골조로 계획하였다. 〈그림 3〉에서 나타난 것처럼 횡력저항 시스템은 가새골조로 계획하였으나, 강성이 부족한 Y방향은 이중골조로 계획하였다. 설계에 적용한 콘크리트, 철근과 철골의 강도는 〈표 3〉을 참조하기 바란다.



〈그림 2〉 지하층 구조 시스템



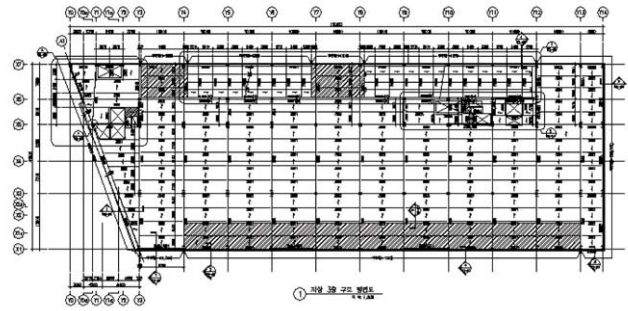
〈그림 3〉 지상층 구조 시스템

〈표 3〉 사용재료

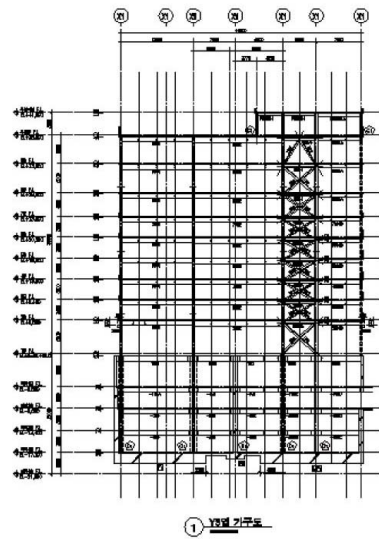
콘크리트	$f_{ck} = 21 \text{ MPa}$ : 지상층 데크 슬래브 $f_{ck} = 27 \text{ MPa}$ : 지하층 모든 부재
철근	$f_y = 500 \text{ MPa}$ (SD 500) : SHD로 표시 $f_y = 400 \text{ MPa}$ (SD 400) : HD로 표시 $f_y = 300 \text{ MPa}$ (SD 300) : D로 표시
강재	SM490 TMCP ( $F_y = 330 \text{ MPa}$ ) : 모든 부재 SS400 ( $F_y = 240 \text{ MPa}$ ) : 지정된 부재

## 2) 구조평면 및 단면계획

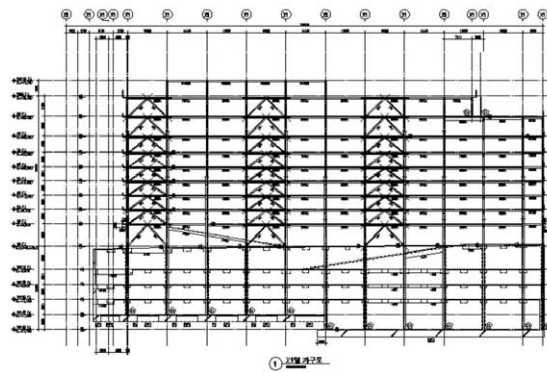
본 건물은 〈그림 4〉과 같이 전체적으로 120m × 42m 주차전용 건물이다. 가로 10m, 세로 최대 15.6m 모듈을 갖는 장스팬 구조물이며, 2개의 코어와 3개소의 차량램프구간으로 구성되어 있다. 〈그림 5, 6〉은 지상층 층고 3.6m와 주차통로와 건축입면계획을 고려하여 배치한 브레이스를 보여주고 있다.



〈그림 4〉 기준층 구조 평면도



〈그림 5〉 구조단면도-1



〈그림 6〉 구조단면도-2

### 3. 구조설계 결과 비교

구기준(AIK-2000)과 신기준(KBC-2005)에 대한 주요검토대상은 설계하중과 설계기준, 사용성, 지상층 철골 물량등으로 국한하였고, 이에 대해 비교검토를 하였다.

#### 1) 설계하중 및 설계기준 비교

〈표 4〉는 대상건물의 구기준과 신기준의 지진하중 설계 계수와 밀면전단력을 비교한 결과이며, 신기준의 밀면 전단력값이 약 30%정도 증가하였다. 그러나 이런 차이는 신기준이 극한하중 수준의 지진하중이기 때문에 큰 값을 나타내고 있다. 결국, 두 기준 사이에서 지진하중의 크기를 정확히 비교하기 위해서는 허용응력 수준의 지진하중에 0.7의 역수를 곱하여 극한하중 상태의 지진하중으로 변경하면 된다. 극한하중 상태에서 밀면 전단력을 비교한 결과, 구기준에 의한 값이 신기준보다 10% 크다는 것을 알 수 있다. 이는 스펙트럼을 비교한 〈그림 7〉에서도 다시 한번 확인할 수 있었다.

〈표 4〉 설계지진하중 및 factor 비교

구 분	AIK-2000	KBC-2005	비교
지진지역 및 지역계수 (A)	0.11	0.11	
내진설계등급과 중요도계수 (I)	1.2 (중요도 1)	1.2 (내진등급 1)	
지반계수 (S)	1.0 (지반 1)	SB (보통암 지반)	
반응수정계수 (R)	X 방향	3.5 (가새골조)	5 (철골 중심가새골조)
	Y 방향	3.5 (가새골조)	5 (중간 모멘트철골을 가진 이중골조 시스템의 가새골조)
내진설계범주	$h_n \}^{3/4}$	C 등급	
주기식 (T)	$rm \{ T=0.0488(h_n \}^{3/4} \}$	$rm \{ T=0.049(h_n \}^{3/4} \}$	
밀면전단력(X방향)	958 tf (허용응력수준) 1368 tf (=958/0.7, 극한하중수준)	1238 tf (극한하중수준)	1368/1238 =1.10(10%증가)

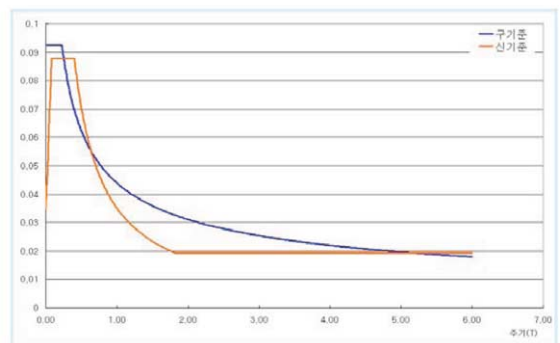
#### 2) 사용성 비교

여러 사용성 평가지표 중 여기서는 지진하중에 의한 층간 변위비를 비교하였다. 층간 변위 산정시 구기준은 R(반응수정계수)을 곱하고, 신기준은  $C_d/I_E$ (변위증폭계수/중요도계수)를 곱하여 산정하도록 하고 있다. 〈표 5〉에서 보는 바와 같이, 계수는 3.5와 3.75로 약 7%의 차이를 보이고 있고, 기준상 허용수준과 극한 수준의 지진하중 차이가 약 30%이므로, 결국 층간 변위에서 층간 변위 기준치가 동일하다면 신기준의 층간 변위는 구기준과 비교해 약 30~40% 증가하게 된다. 이로 인해 구기준에서는 양방향 가새골조로 층간 변위비를 만족하였지만 신기준의 경우 Y방향 층간 변위비가 기준치를 초과하여 이중골조로 설계 변경하였다. 〈표 5〉는 구기준과 신기준의 층간

변위증감을 잘 보여주고 있다. Y방향에서 구기준의 층간변위가 신기준보다 큰 이유는 위에서 언급했듯이, 이중골조로 설계변경하면서 층간 변위가 급감하였기 때문이다.

〈표 5〉 층간변위 고려사항

구분	구기준	신기준	비교
층간변위비 산정식	$\delta_x = R\delta_{xe}$	$\delta_x = \frac{C_d\delta_{xe}}{I_E}$	
X방향 반응수정계수	3.5	4.5/1.2=3.75	7%차이
Y방향 반응수정계수	3.5	4.5/1.2=3.75	7%차이



〈그림 7〉 스펙트럼 비교 그래프

#### 3) 물량비교

〈그림 8〉은 구기준과 신기준을 적용할 때, 지상층 철골 물량을 부재별로 비교·검토한 것이다. 기둥부재는 약 1.02% 증가하였으며, 보 부재는 1.02% 증가하였다. 반면, 브레이스는 0.89% 감소되었다. 결과적으로 총 철골 물량은 약 1.01% 증가하여 물량변화는 거의 없었다. 그러나 KBC-2005로 설계변경시, 기존 부재에 대한 적정성에 목적을 두고 설계하였으므로 철골을 한계상태법으로 설계하면 위에서 언급한 것과는 달리, 전체물량은 ASD83으로 설계했을 때 보다 조금 더 감소하리라 예측한다.



〈그림 8〉 물량 비교 그래프

〈표 6〉 물량비교표 (tf)

구분	구기준	신기준	%
기둥	743.8	760.2	1.02
보	1603.9	1642.1	1.02
브레이스	170.9	152.7	0.89
총합계	2518.6	2555.0	1.01

4) 기타 사항

KBC-2005에서는 필로티 등과 같이 전체 구조물의 불안정성이나, 붕괴를 일으키거나, 지진하중의 흐름을 급격히 변화시키는 주요 부재에서는 특별 지진하중 조합을 고려하도록 되어 있다. 그러나 본 구조물은 Transfer가 되는 기둥은 지진에 저항하도록 설계하지 않았으

므로 특별 지진하중을 고려할 필요가 없었다. 또한 평면비정형의 (유형1)에 해당되는 구조물이 아니므로 별도의 비틀림 동적 증폭계수를 고려할 필요가 없었다.

4. 결론

모든 계수를 고려하여 스펙트럼을 비교한 결과, 적어도 지반분류에서 SB에 해당되는 건물골조 시스템인 경우, 주기 1초미만에서는 신기준의 상당히 큰 값을 가지며, 주기 1초에서 5초까지는 신기준이 구기준에 비해 작은 값을 나타내고 있으며, 5초를 초과하는 경우는 거의 동일한 값을 나타내고 있다.

보통 단주기(주기 2초 이하)에서 신기준이 구기준보다 크고, 장주기(3초 이상)에서는 구기준이 신기준보다 크다고 알고 있지만, 지반의 분류에 따른 구조 시스템별로 이런 생각이 일관되게 나타나고 있지 못하므로 신중히 접근해야 할 필요성이 있다.

결국, 죽전 부지 신세계 주차장 건물의 경우, 신기준을 적용하여도 밀면 전단력이 10%정도 감소하고, 철골물량도 거의 변화가 없었다. 앞서 언급하였듯이, 기존 부재의 설계가능 여부를 판단하는 것이 검토의 주목적이었기 때문이다. 그러나 층간 변위는 구기준보다 크게 증가하므로 KBC-2005 적용시 주의해야 한다고 생각한다.

원 고 모 집

「건축구조」는 회원여러분의 참여를 기다리고 있습니다. 보내주신 원고는 소중히 생각하겠습니다. 회원여러분의 많은 협조 부탁드립니다.

■원고구분

- ① 신기술·신공법, 구조시스템 소개
- ② 구조기술관련 법규신설 및 제도변경, 기술소식
- ③ 일반소식, 학회소식, 칼럼, 참관기
- ④ 용어해설, 문예마당, 회원동정

■제출내용 및 형식

- ① 원고원본 및 원고저장 디스켓, 저자 사진
- ② 원고제출시 성명, 소속기관, 직위, 연락처 표시
- ③ 한글, MS워드 작성(분량 제한 없음)

■제출처

서울시 강남구 역삼동 635-4 한국과학기술회관 신관 1010호 TEL : (02)566-4711 / FAX : (02)566-4729  
E-mail: ksea@ksea.or.kr