

# 춘천 스포츠센터 카펠라 구조설계

## Structural Design of Chuncheon Sports Center(CAPELLA)

김 중 수\*  
Kim, Jong Soo

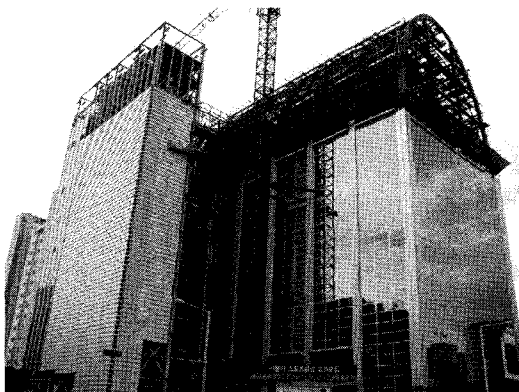
신 창 훈\*\*  
Shin, Chang Hoon

이 회 수\*\*\*  
Lee, Hee Su

### 1. 서 론

춘천시 퇴계동에 건립중인 스포츠 센터 “카펠라(CAPELLA)”는 최상층 높이 67m의 철골로 형성된 지상 12층 건물과 철근 콘크리트로 형성된 지하 7층의 다중 이용 건물이다.

지상의 건물은 주동과 별동의 두개의 건물로 형성되어 있고, 두동은 연결복도(Bridge)로 지상 11층 까지 연결되어 주동의 스포츠 시설과, 별동의 사무동이 하나의 건물로 연결되게 계획되어 있다. 두 건물을 연결하는 연결복도는 두 건물의 횡하중에 의한 변형에 자유 분리될 수 있도록 신축 이음(E.J : Expansion Joint)이 설치되어 있다.



〈그림 1〉 건물 전경 : 공사 사진

건물이 위치하는 지반은 대부분 풍화암에 위치하는 것으로 파악되었고, 허용 설계 지내력은 80

\* 정회원, (주)CS구조엔지니어링, 대표이사  
\*\* 정회원, (주)CS구조엔지니어링, 실장  
\*\*\* 정회원, (주)CS구조엔지니어링, 대리

tonf/m<sup>2</sup>이 적용되었다. 지반조사 결과 공내 지하수위는 비교적 낮은 값을 나타내었지만, 토질 전문가와의 협의를 통하여 건물 존재 기간동안의 최대 지하수위를 설계지하수위로 GL-1.8m를 적용하였다.

본 건물의 설계는 2005년 4월에 시작하였기 때문에 2000년 제정 공포된 규준에 의해 설계를 진행하였다.

### 2. 구조설계 개념

#### 2.1 설계 하중

##### 2.1.1 고정하중 및 적재하중

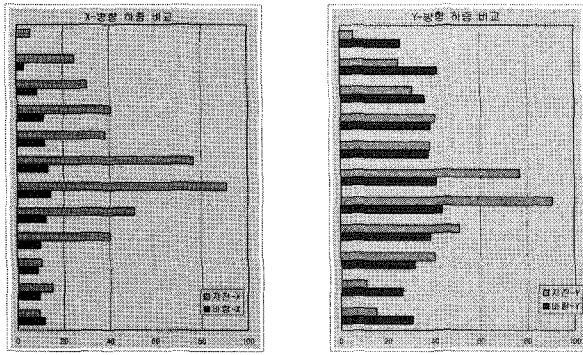
건물에 작용하는 중력하중인 고정하중과 적재하중은 건물의 용도에 맞는 설계하중을 건축마감과 실용도 등에 맞추어 산정하여 적용하였다.

##### 2.1.2 횡하중

본 건물이 건설되는 춘천의 지역적인 특징과 지반의 특성 등을 고려하여 풍하중 및 지진하중 산정을 위한 여러 가지 계수들을 산정하여 적용하였다 <표 1>.

〈표 1〉 횡하중 적용계수

풍하중	지진하중
기본풍속 : 25 m/sec	지역계수 : 0.07(강원도춘천)
노풍도 : B	지반계수 : 1.2(지반2)
중요도계수 : 1.0 (근린생활시설)	반응수정계수 주동 : 4.5(보통모멘트골조) 별동 : 3.5(가새골조)



〈그림 2〉 풍하중 & 지진하중 비교

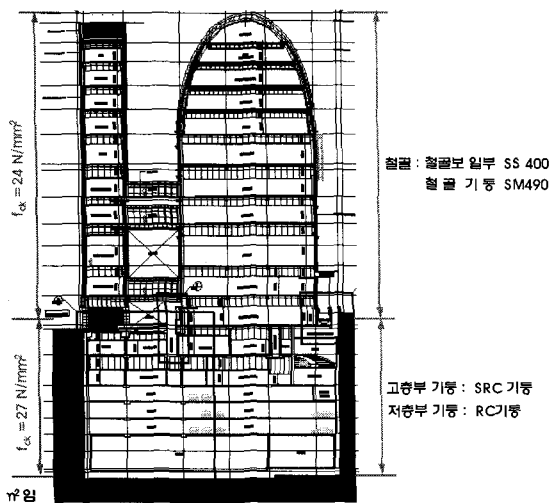
〈그림 2〉에서 보이는 것과 같이 본 건물은 작용하는 횡하중 중에서 풍하중 보다는 지진하중에 의해 지배되는 것으로 파악할 수 있다. 지진하중과 풍하중의 크기를 비교하면, 지진하중이 풍하중보다 X방향 400%, Y방향 109% 더 큰 것으로 계산되었다.

### 2.2 적용 구조 재료

본 건물은 지하층의 RC조와 지상층의 철골조로 구성되어 있고, 각각의 재료의 강도를 <표 2>와 단면 상세에 표현한 <그림 3>에 나타내었다.

〈표 2〉 적용 구조 재료 강도

콘크리트	$f_{ck} = 24 \text{ N/mm}^2$ $f_{ck} = 27 \text{ N/mm}^2$
철근	$f_y = 400 \text{ N/mm}^2$ HD로 표시
강재	SS400 ( $F_y = 240 \text{ N/mm}^2$ ) SM490 ( $F_y = 330 \text{ N/mm}^2$ )



〈그림 3〉 주동 재료강도

### 2.3 구조해석

본 건물에 대한 동적 해석을 수행하고, 규준에 의한 사용성(풍하중에 대한 최상층 변위, 지진하중에 대한 층간변위)을 만족시키는 강성을 확보하였다. 본 설계에서 진행된 여러 조건들과 구조 해석 및 설계에 대한 기본 층축 조건들을 <표 3>에 나타내었다.

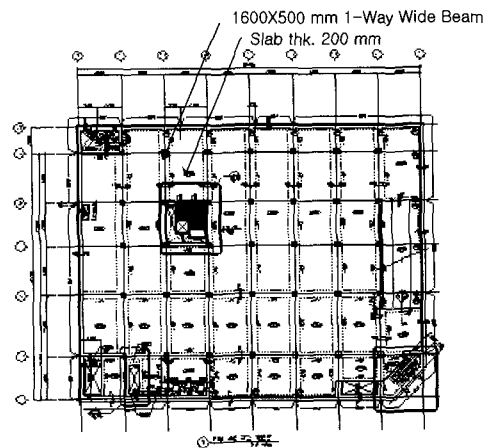
〈표 3〉 구조개요

	주 동	별 동
기초 시스템	지내력 기초 (mat. thk 1,400 mm) 허용지내력 : 80 tonf/m <sup>2</sup>	
지하수위	GL -1.8 m	
지하층 중력시스템	One Way Wide Beam System	
지상층 중력시스템	철골 모멘트 골조	
횡력저항 시스템	보통모멘트골조방식 (R=3.0)	가새골조(R=3.5)
최상층 높이	67 m	56 m
고유주기	1차 : 3.8 sec(Rot-Z)	1차 : 1.1 sec(Y-Tran.)
	2차 : 2.1 sec(X-Tran.)	2차 : 0.6 sec(X-Tran.)
	3차 : 1.2 sec(Y-Tran.)	3차 : 0.2 sec(Rot-Z)
풍하중 최상층 변위	X-방향 : 9 cm(1/710 H) Y-방향 : 14.2 cm(1/470 H)	X-방향 : 10 cm(1/560 H) Y-방향 : 5 cm(1/1120 H)
	최대 층간 변위비	X-방향 : 0.0053 (0.015h) Y-방향 : 0.009 (0.015h)

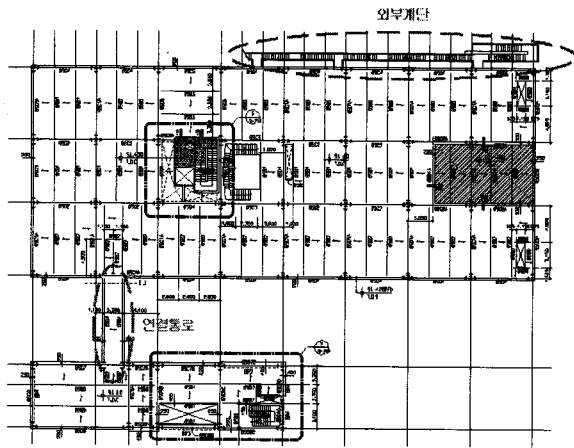
### 2.4 구조 시스템

#### 2.4.1 중력 저항 시스템

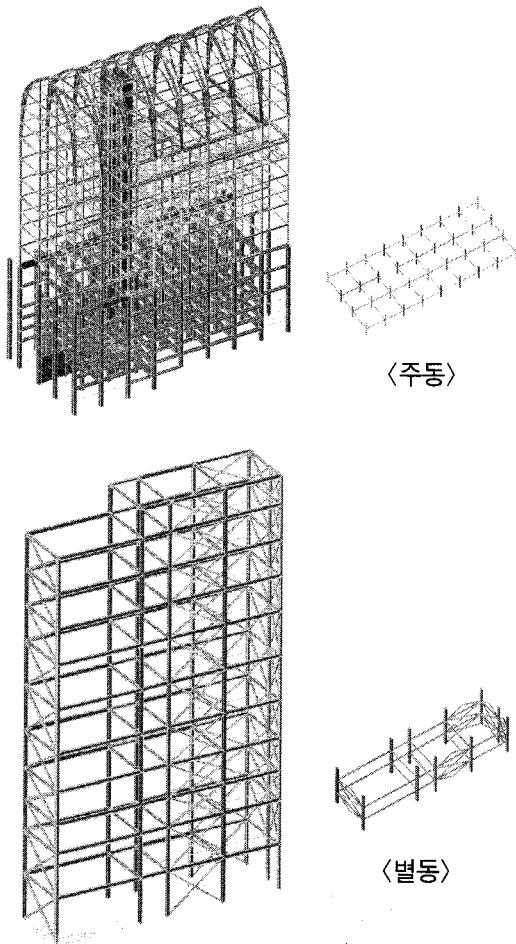
지하층에 대한 구조시스템은 일방향 폭이 넓은 보 시스템(One-Way Wide Beam System)을 적용하였다<그림 4>.



〈그림 4〉 지하층 구조평면도



<그림 5> 지상층 구조평면도



<그림 6> 지상층 횡력저항시스템

본 건물은 지하가 7층의 건물로 건물규모에 비해 지하층의 깊이가 깊은 건물이다. 이러한 지하층 깊은 건물의 가장 큰 이슈는 층고 절감을 통한 터파기 량을 줄이는 것이다. 이러한 목적과 경제성, 시공성 등을

고려하여 일방향 폭이 넓은 보 시스템을 적용하였다.

지하층에 적용한 폭이 넓은 보는 층 500mm를 적용하였고, 슬래브는 순스팬에 대한 고려로 두께 200mm를 적용하였다. 특히 이 부분에 대한 FEM 상세 해석을 통하여 장기 처짐 및 진동 등에 대해 안전하도록 설계하였다.

건물 부분인 지상층에 대한 계획은 장스팬에 대한 고려와 공기 절감, 건축 상세의 완성 등을 고려하여 철골 모멘트 골조(주동), 철골 가새 골조를 적용하였다. 특히 피난목적으로 지상1층에서 지상8층까지 올라 갈수 있는 외부계단(그림 8), 그리고 주동과 별동의 연결통로(그림 9) 해결이 주요 관점이었다. 거대 아치구조로 형성된 지붕(그림 15), 그리고 거기에 매달리는 스카이라운지(그림 13, 14)가 설계의 주요 이슈라고 할 수 있다.

#### 2.4.2 횡력저항시스템

<그림 6>와 같이 횡력저항 시스템은 주동은 보통 모멘트골조방식이며, 별동은 좁은 평면에 비해 강성이 부족하여 가새골조로 계획하였다.

### 2.5 기초시스템

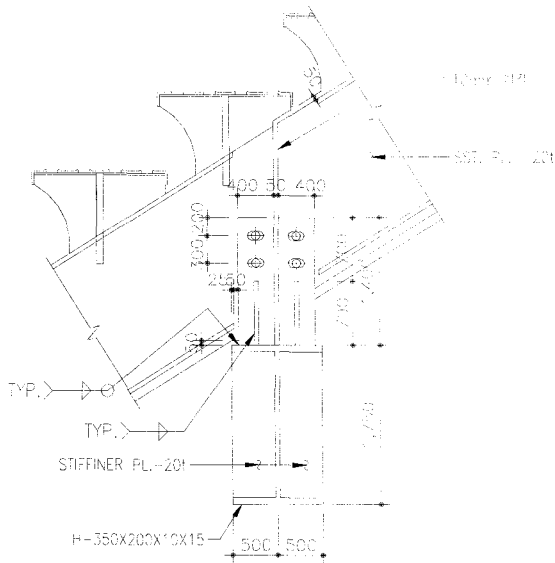
본 건물은 지하7층 건물로 지하수위 G.L-1.8를 기준으로 수압이 28tonf/m<sup>2</sup>이 작용한다. 이는 건물의 자중보다 더 큰 하중이며 이를 해결하기 위해 부력 Anchor System과 Dewatering System을 비교 검토하였고, 상대적으로 성능이 우수하고 경제성이 뛰어난 Dewatering System으로 최종 제안 및 설계되었다.

## 3. SPECIAL TOPIC

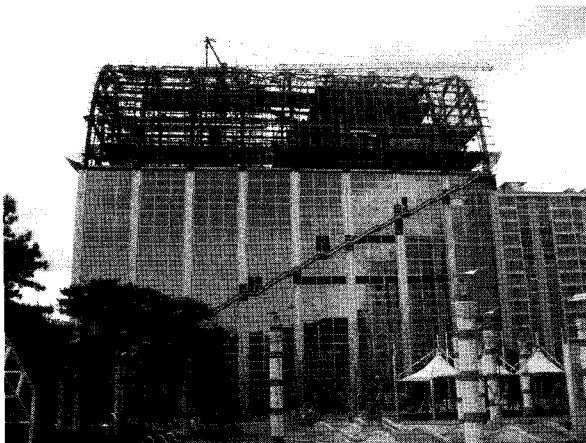
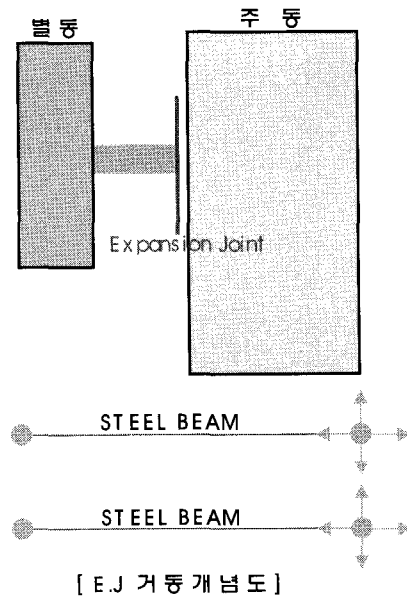
### 3.1 외부계단

본 건물은 건축 피난목적으로 지상1층에서 지상8층까지 올라 갈수 있는 외부계단이 계획되었다. 이 외부 계단의 위치 특성상 외기에 노출되어 있어야 하는 구조물이다. 그래서 철골로 계획된 이 외부계단은 온도에 의한 변형영향이 클 것으로 예상되었다.

총 길이 00m인 외부 계단을 온도에 저항 할 수 있는 시스템으로 설계하기는 어려움이 있었다. 그래서 이러한 온도의 영향에 의해 계산된 팽창길이는 30mm



<그림 7> 외부계단 Expansion.Joint 상세



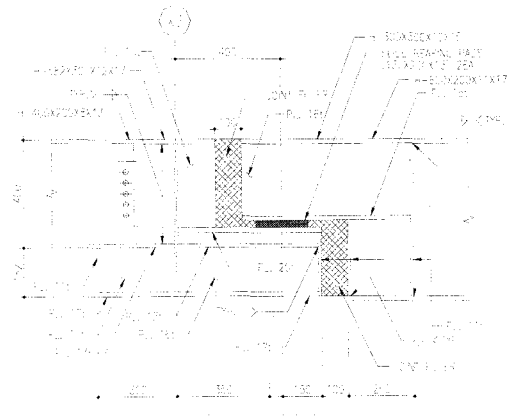
<그림 8> 외부계단 시공사진

로 산정되었고, 캔틸레버로 지지되는 계단을 이러한 변형에 응력으로 저항하는 형태가 아닌, 3개소로 분할하여 신축이음(E.J:Expansion Joint)를 설치하여 변형을 제거하는 형태의 계획을 적용하였다.

이러한 신축이음에 대한 상세로 <그림 7>과 같이 SLOT HOLE을 적용하여 수축과 팽창에 대한 변형을 허용, 흡수할 수 있도록 계획하였다.

### 3.2 연결통로 (Bridge)

본 건물 주동과 별동이 연결통로로 연결되어 있으며 연결통로는 두 건물의 횡하중 등에 의한 거동이 상함으로 발생할 수 있는 변형으로 인해 이를 강접함으로 연결할 경우 연결통로에서 응력 집중현상이 일어

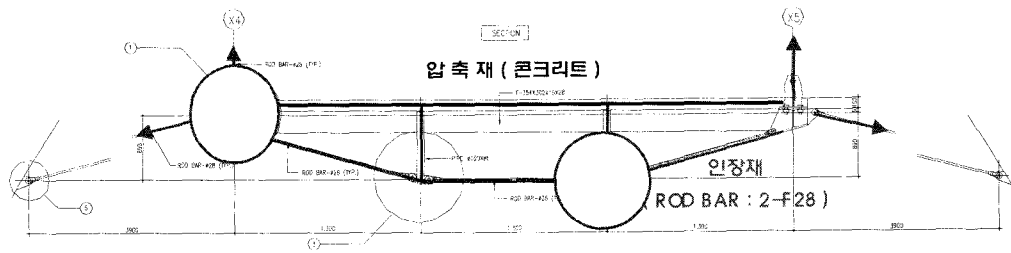


<그림 9> Expansion Joint 개념 및 상세

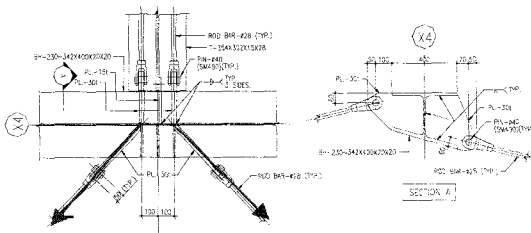
날수 있는 가능성이 있다. 이를 해결하기 위해서는 응력을 만족할 수 있는 거대한 철골부재가 필요하다. 본 건물에서는 이런 거동이 상이한 경우에서 발생할 수 있는 문제를 해결하기 위해 두 건물의 거동을 자유롭게 할 수 있는 상세로 신축이음(E.J: Expansion Joint)을 설치하여 주동과 별동이 각각 거동 성능을 가질 수 있도록 계획하였다<그림 9>.

### 3.3 스카이라운지

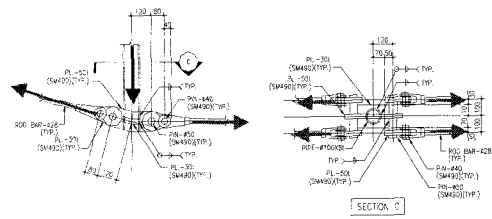
본 건물 주동의 상부는 아치 형상으로 형성된 지붕이 있고 이 지붕에 스카이라운지가 매달려 있다. 건축 용도에 대한 요구에 의해 스카이라운지의 거동을 하부로 내릴 수가 없었기 때문에 바닥판의 형성을 위해 아치 형상의 주부재에 Steel Rod(고강도



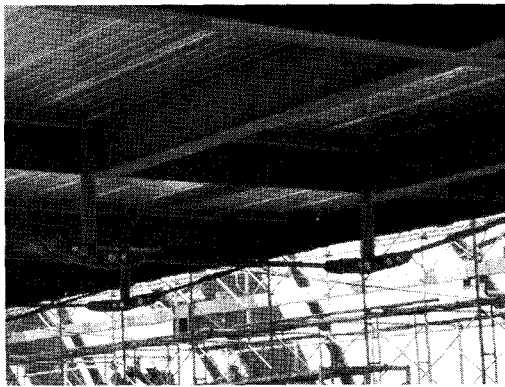
〈그림 10〉 SKY LOUNGE 하부 바닥판 TRUSS



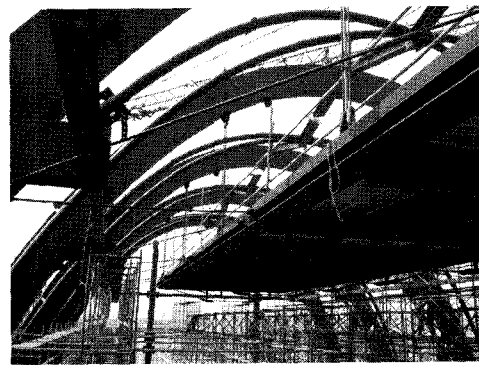
〈그림 11〉 접합상세



〈그림 12〉 접합상세



〈그림 13〉 스카이 라운지 시공사진



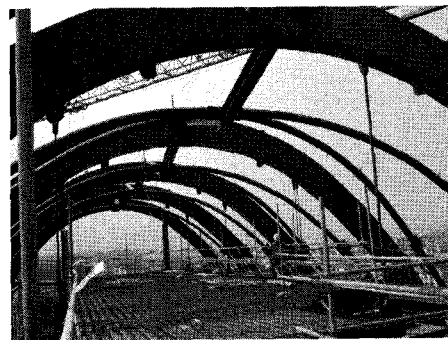
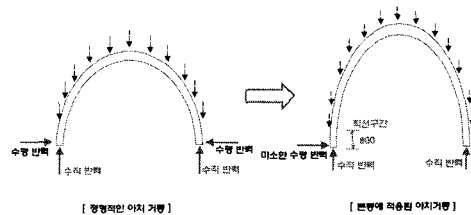
〈그림 14〉 스카이 라운지 시공사진

강봉)를 설치하여 스카이라운지 바닥판을 매다는 상세를 적용하여 해결하였다.

스카이라운지 바닥의 수평 변형을 제어하기 위해 강봉을 대각 방향으로 지지할 수 있게 계획하였고 추후 강봉의 파단 등이나 혹은 보수를 위한 유지 관리를 위해 2개의 강봉을 한 Line에 설치하는 상세를 적용하였다<그림 11~13>.

### 3.4 지붕

지붕은 커다란 아치로 형성되어 있으며, 지붕은 SKY LOUNGE의 바닥판을 형성하는 강봉에 매달려 있다. 지붕은 아치거동을 하며 아치거동은 <그림 13>과 같이 수평 반력과 수직반력이 형성된다. 아치의



〈그림 15〉 시공사진



〈그림 16〉 시공사진

높이비를 키워서 이 수평반력을 최소화하고 수직으로 힘이 흐르도록 계획 및 설계하였다<그림 15, 16>.

### 3. 결 론

본 프로젝트를 수행하면서 주변의 많은 제약사항들을 극복하기 위한 시스템과 공법을 제안하였으며,

건축설계, 시공사와 많은 협의를 통해서 최종안을 결정하였다. 앞으로 이런 상황이 더욱 빈번이 발생할 것이라 생각된다. 건물 복잡성으로 인하여 어느 특정한 분야의 노력만으로 문제를 극복하기에는 한계가 있다. 건축계획, 건축구조, 시공이 협력해야만 좀 더 경제적이고 시공성이 우수한 안이 나올 수 있다고 생각한다.

다양해지는 요구를 수용하면서 구조적, 안전성, 경제성을 도모할 수 있는 엔지니어링 기술력을 향상시킬 수 있도록 정보의 축적, 공유 등에 대한 노력의 필요성이 점점 중요해지고 있는 시점이다.

### 참고문헌

1. 김규석, 철골구조학, 1999.
2. 한국강구조학회, 허용응력설계법에 의한 강구조설계기준, 2003.
3. 이리형외, 철근콘크리트구조, 2001
4. 한국강구조학회, 강구조의 설계, 2000
5. 건축학회, 콘크리트 구조설계기준 건축구조물 설계예제집, 2004
6. 대한건축학회, 건축물 하중기준 및 해설, 2000