

# 초고층 건물의 진동제어

## Vibration Control for Highrise Buildings

정형일† · 안상경\* · 정문숙\*

Jeong, Hyung IL, Ahn, Sang Kyung, Jeong, Moon Sook

### 1. 서론

설계 및 시공기술의 발달, 새로운 소재의 개발 및 시대적, 사회적 요구로 인하여 초고층 건물이 세계적으로 계획되거나 시공되고 있다. 건물이 초고층화되면서, 저층건물에서는 특별히 고려되지 않았던 구조적인 검토가 요구되는 사항이 여러가지 있다. 그 중에서도 바람, 지진과 같은 수평방향의 동적하중에 의해 발생하는 진동문제는 필수적으로 고려되어야 한다. 특히, 내진설계에서는 연성을 고려하여 골조 자체에서 진동에너지를 흡수하는 것으로 건물의 안정성을 확보하지만, 바람에 대해서는 구조물의 손상없이 에너지를 소산하여 거주성, 기능성, 안정성 및 경제성 등을 향상시키는 것이 진동제어의 중요한 목적이다. 이러한 풍하중에 의하여 고층건물에 발생하는 수평진동의 저감을 위하여 많은 연구가 지속적으로 이루어지고 있다.

풍하중에 의한 진동저감 방법은 크게 3 가지로 구분 될 수 있다. 첫째, 건물의 평면 및 입면과 같은 전체적인 형태를 변경하여, 공기역학적인 특성을 조절하여 풍진동을 감소시키는 방법이 있으며, 일반적으로 건축계획적인 요소와 함께 가장 먼저 고려되어 진다. 둘째로는 구조시스템을 조절하여, 동적 질량, 강성과 같은 건물의 동적 특성을 조절하여, 바람에 의한 동적 응답을 감소시키는 방법이 있다. 마지막으로, 건물에 부가적인 장치를 설치하여 에너지를 소산시킴으로써 궁극적으로 초고층 건물이 가지게 되는 감쇠성능을 증가시켜 동적 하중에 의한 응답을 감소시키는 방법이 있다. 본 논문에서는 이러한 여러가지 방법에 대한 최근의 경향을 간단히 소개하고, 국내외 초고층 건물을 설계하면서 고려하였던 몇가지 진동제어 방법을 간단히 나타내하고자 한다.

### 2. 최근 진동제어 동향

#### 2.1 공기역학적 설계

초고층 건물의 경우, 바람에 의해서 발생하는 진동을 감소시키기 위하여, 평면 또는 입면의 모양을 변경할 수 있으며, 이를 위해서 적용되는 방법은 그림 1 과 2 에 나타난 것과 같으며, 건축계획과 함께 우선적으로 고려되어야 한다.

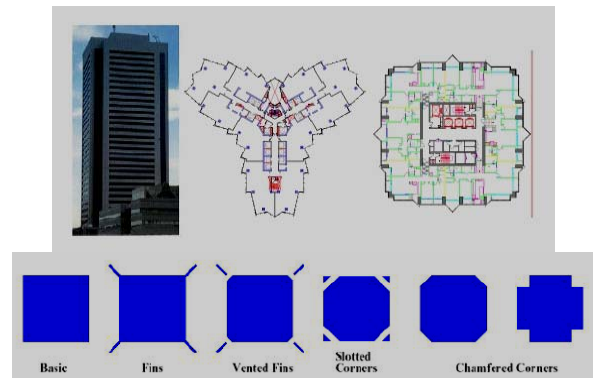


그림 1. 건물평면의 기하학적 형상변화



그림 2. 건물높이에 따른 단면적 감소 및 개구부

#### 2.2 구조적 설계

구조체의 동적 질량 및 강성을 조절하거나, 구조재료의 조절 등을 통하여 진동을 감소시키는 방법이다. 동특성의 변화에 따라 지진하중에 의한 응답특성도 함께 변경되므로, 바람과 지진하중 모두 신중히 고려해서 적용하여야 한다. 공기역학적 설계와 함께 외부 장치 등의 도움없이 진동을 제어하는 방식이다.

† 교신저자; 삼성물산 건설부분

E-mail : hyungil.jeong@samsung.com

Tel : (02) 2145-5751, Fax : (02) 2145-5770

\* 삼성물산 건설부분

### 2.3 진동제어 장치의 적용

기계 구조물 등의 진동저감을 위하여 사용되는 부가적인 진동제어 장치(Vibration Control Device)를 적용하는 방식으로 초고층 건물의 진동감소를 위해서 다양하게 적용되고 있으며, 대표적인 제어장치의 종류는 그림 3 과 같다. 질량체를 이용하는 댐퍼의 경우 최상층을 점유해야 하고, 에너지 소산형 감쇠기의 경우 가세를 사용하는 등 건축 계획적인 부분과 함께 고려되어야 한다. 제어 장치의 지속적인 개발로 인하여 새로운 방식들이 등장하고 있다.



그림 3. 진동제어 장치의 종류

## 3. 적용 사례

### 3.1 동조질량 감쇠기 (Tuned Mass Damper)

현재 세계 최고층 건물인 버즈 칼리파의 구조설계 당시 진동제어를 위한 방안으로 상층부에 동조질량 감쇠기를 설치하여 진동감소효과를 검토해 보았다. 여러모드에 따른 동조를 동적해석을 통하여 검토해 보았으며, 동조질량 감쇠기를 통하여, 감쇠성능을 향상시켜 진동을 효율적으로 제어할 수 있음을 확인할 수 있었고, 능동제어 방식을 도입한다면, 효과를 극대화 시킬 수 있음이 예상되었다.

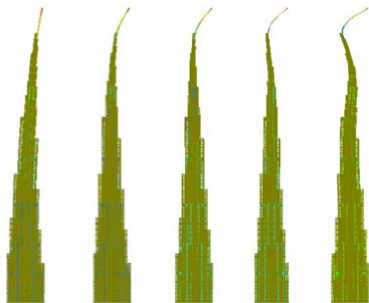


그림 4. 버즈 칼리파의 모드형상

### 3.2 댐퍼 아웃리거 (Damped Outrigger)

초고층 건물의 효율적인 횡력 저항 구조시스템으로 많이 사용되고 있는 아웃리거 구조가 가지고 있는 시스템의 장, 단점을 활용하는 방식으로 기둥과 아웃리거 구조의 접점부분에 댐퍼를 적용하여, 시공성을 향상 시킴과 동시에 풍진동의 저감에도 효과적인 방법이다. 현재 설계 중인 국내 초고층 건물의 설계에 댐퍼 아웃리거 시스템을 적용하여, 진동저감 효과를 크게 볼 수 있었으며 이 방식은 시공성을 향상시켜 아웃리거가 설치되는 층의 공기를 단축시킬 수 있는 동시에, 댐퍼의 설치로 인하여 감쇠를 증가시켜 진동을 저감시킬 수 있는 방법으로 많은 적용이 예상된다.

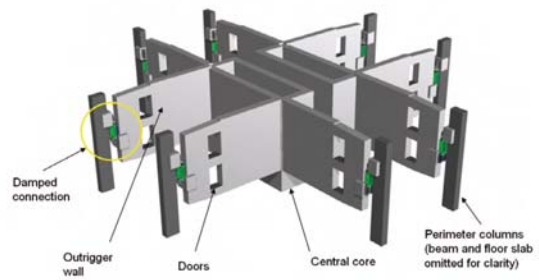


그림 5. 댐퍼 아웃리거 시스템 (Arup 사례)

### 3.3 메가 토글 댐퍼 (Mega Toggle Damper)

토글 댐퍼 시스템은 댐퍼를 적용하고자 하나, 발생하는 변위 양이 적을 경우에 적용하는 방법으로 토글을 이용하여 변위를 증폭시킨 위치에 댐퍼를 설치하여 댐퍼에 의한 감쇠비 증대효과를 극대화 하는 방식이다. 두개의 타워형으로 설계되고 있는 초고층 건물의 연결부분에 메가 토글을 적용하였을 경우 진동감쇠효과가 매우 높음을 확인할 수 있었다. 초고층 건물이 여러 개의 타워로 설계되는 경우에는 타워간의 연결부분에 메가 토글 시스템을 적용하면 여러층에 걸친 응답의 증폭효과로 인하여 진동 감쇠성능을 높일 수 있을 것이다. 댐퍼의 비선형 특성으로 인한 응답이 예민하므로 신중히 고려해서 적용하여야 할 것이다.

## 4. 결 론

초고층 건물의 진동제어에 사용되고 있는 방법의 최근 동향에 대해서 간단히 살펴보았으며, 국내외 초고층 설계시 검토한 진동제어 장치의 적용 사례를 소개하였다. 초고층 건물의 특성에 맞는 장치를 적용함으로써 인하여, 진동을 효율적으로 감소시킬 수 있음을 확인할 수 있었다.