

바람에 의한 建物の 振動

金 東 備*

1. 序

건설기술의 발전 및 필요성에 의하여 초고층 건물은 구조적으로 점차 경량화되며 유연성이 높아지고 있다. 이러한 초고층건물의 디자인은 날로 발전하는 구조시스템, 컴퓨터화된 구조해석 프로그램의 개발, 고강도 재료의 개발 및 공법의 개발로 인하여 많은 영향을 받고 있다. 구조적인 효율성이 높아진다는 것은 자재비의 가격이 낮아진다는 것을 의미하며 이 경우 초고층 건물은 에너지의 분산이 떨어짐과 동시에 댐핑(Damping : 진동감쇄)이 저조하다는 것을 의미하게 된다. 이에 따라 건물에 가해지는 바람으로 인한 동적인 힘에 의하여 초고층 건물은 바람에 예민한 구조적인 반응을 보이게 된다. 따라서 초고층 건물의 디자인은 정적인 풍하중 해석방법에서 동적인 풍하중해석으로 전환되고 있다. 따라서 초고층 건물의 바람에 의한 횡적인 움직임은 거주성의 측면에서 흔들림이나 어지러움, 혹은 멀미를 느끼지 않을 정도로 조절되어야 한다.

캐나다, 호주, 일본등의 풍공학이 발달한 나라의 풍하중 코드는 이러한 측면에서의 기준이 될 수 있는 고려사항을 다루기 위하여 많은 노력을 기울이고 있으며 풍하중에 의한 건물의 진동을 줄이기 위하여 상당한 공학적인 발전을 이루고 있다. 반면 건물의 새로운 형태를 창출하기 위한 디자인적인 노력은 위에 언급한 풍하중의 일반화된 코드에 의한 분석을 어렵게 하고 있는 면도 있다.

특히, 기존 대다수의 외국의 풍하중 코드는 단순한 풍하중에 관한 측면만을 다루고 있으며 극히 일부 코드만이 바람에 의한 건물의 거동을 다루고 있는 실정이다.

현재의 미국 빌딩 코드는 상기의 건물거동에 대한 사항을 다루고 있지 않으며 건물의 진동에 의한 거주성 측면에서의 가속도 정도(Acceleration Level)을 정하고 있지 않고 있다. 반면에 캐나다의 코드(National Code of Canada)는 건물의 바람에 의한 거동에 대하여 서비스적인 요구조건들이나 거주성 측면에서의 가속도 정도에 대한 기준을 설정하고 있다. 호주 풍하중 코드는 존재하는 풍하중 코드에서도 가장 발전된 코드로 인정되고 있는데 건물의 고유진동을 산정하는 수학적인 모델외에 건물의 진동감쇄치(Damping Value of Buildings)를 제시하고 있다.

풍동실험(Wind Tunnel Test)은 초고층건물을 바람직하게 디자인 하기 위하여 사용될 수 있는 유용한 도구이며 호주 풍하중 코드가 초고층건물 디자인을 위한 제안이나 대안으로서 풍동실험에 관한 사항을 다루고 있다. 풍동실험방법은 건물의 구조적인 특성만 안다면 바람으로 인한 풍하중과 그로 인한 건물의 거동에 관한 신빙성 있는 정보를 제공해 줄 수 있다. 이에 대한 현재의 정량적인 분석방법은 초고층 건물의 질량(Mass)와 경직성(Stiffness)을 어느 정도 정확히 산출해 낼 수 있으며 산출된 결과가 실측치와 유사한 것으로 밝혀지고 있다. 그러나 완공된 건물의 확실한 댐핑(Damping : 진동감쇄)을 확실히 알 수 있는 신빙성 있는 디자인 방법은 아직까지 알려진 바 없다.

* 大韓住宅公社 住宅研究所 先任研究員

그 이유는 고층건물 댐핑의 상당부분이 파티션과 같은 비내력구조물에 의하여 이루어지기 때문이다. 이러한 이유때문에 건물의 디자인 상태에서는 댐핑값을 산정하기가 어려우며 정확치 않은 댐핑값을 얻게 된다.

건물의 거동을 제어하기 위하여는 엄청난 양의 구조적인 댐핑이 필요하게 된다. 때로는 건물에 추가로 댐핑을 설치하는 작업을 하게 되는데 예를 들어 조율된 질량 댐퍼(Tuned Mass Damper)나 점착탄성물질(Viscoelastic Material)을 사용하면 건물의 거동으로 인한 에너지를 확산시킬 수 있거나 댐핑값을 올릴 수 있다.

현재 가장 높은 아파트로써 지어져 있거나 지어지고 있는 30층 규모의 초고층 아파트의 구조는 대부분 철근 콘크리트 구조이기 때문에 같은 규모의 철골조 건물에 비하여 바람과 같은 횡적인 힘에 의한 건물의 거동정도가 상대적으로 적다고 판단되나 현재까지 30층 규모의 아파트가 지니고 있는 거동의 정도가 안전한 거주성의 기준으로 판단하였을 경우 안전한 거주성을 확보하고 있는지에 대한 건물의 거동을 실측된 결과에 근거한 검토작업은 현재까지 우리나라에서 연구된 바 없다.

2. 바람으로 인한 超高層 建物の 振動

가 배경

지난 30년간 풍공학은 엄청난 양의 연구와 실험이 누적되면서 건물과 구조물에 가해지는 바람의 영향을 이해하는데 많은 발전을 이루었다. 이중 많은 연구결과가 현재 세계각국의 풍하중 코드에 반영이 되었다. 그러나 바람과 건물간의 복잡한 상호역학 관계, 건물 디자인의 끊임없는 발전, 새로운 건축자재의 발달과 기상학 분야의 지속적인 발전에 의하여 풍동실험과 같은 실험적인 접근방법은 앞으로도 풍공학 연구분야 및 바람에 적절히 대응할 수 있는 건물의 디자인에 있어 중요한 역할을 하리라 예측된다.

바람에 대응하는 건물을 설계함에 있어 먼저 고려해야할 사항은 건물이 바람에 예민한 반응을 보일 것인지를 예측하는 작업이다. Harris(1979)와 Surrey(1982)는 표 2.1에 나타난 바와 같이 바람

의 영향을 고려하였을 때 건물의 반응정도를 예측할 수 있는 분류를 하였으며 이 분류는 건물의 디자인 상황에서 유용하게 쓰일 수 있는 자료로 사용될 수 있다.

표 2.1 바람의 영향으로 인한 건물 및 구조물의 분류

| 분 류 | 구조물의 성격 및 형태 | 비 고 |
|---------|------------------------------|---|
| Class A | 작고 경직성이 높은 구조물 혹은 구조물의 부재 | -정적구조해석에 의한 단순한 풍하중 코드 해석작업이 가능 -작은 건물이나 간판 혹은 플래카드 같이 작은 소재 |
| Class B | 크고 경직성이 강한 구조물 | -풍하중 코드에 의한 해석작업이 가능 -주택 및 공장건물 |
| Class C | 크고 경직성이 강하며 복잡한 형태를 갖춘 구조물 | -행어(Hanger)나 Bin 혹은 Silo와 같은 구조물 및 특이한 형태의 건물 |
| Class D | 동적해석이 필요한 연성구조물 | -상세한 코드작업이나 풍동실험이 필요함 -1차 모드 진동이 1Hz 보다 적은 경우 -타워나 초고층 건물 |
| Class E | 연성이 높은 공기탄성(Aeroelastic) 구조물 | -공기역학적으로 불안정한 특수한 구조물 -사창교, 굴뚝, 초고층 건물, 철선으로 고정된 타워, 전선라디오 수신 접시, 캔티레버식 혹은 케이블로 고정된 지붕 -풍동실험이 필요함 |

나. 동적 하중

상기에서 나타난 바와 같이 초고층 건물이나 타워같은 형태의 구조물은 동적인 해석이 필요하며 동적하중은 다음과 같은 기본적인 요인을 갖추고 있다.

1) 기계로 인한 동적하중

건물내 상당부분의 기계류가 존재해야하는 초고층 건물에 있어 기계로 인한 동적하중은 전체 동적하중의 상당부분을 차지하고 있다.

2) 지진과 같은 자연현상이나 교통으로 인한 진동 및 폭파등으로 인한 인위적인 지각의 움직임으로 인하여 발생하는 동적하중

3) 건물이나 구조물 주위를 지나가는 유체에 의하여 형성되는 동적하중(바람, 조류등)

다. 바람에 의한 진동

바람에 의하여 발생하는 건물에 가해지는 하중 및 반응은 그림 2.1에 나타난 바와 같이 통상 두가지 축으로 나타내어 진다. 한 방향은 평균풍향과 평행인 방향(along-wind 혹은 drag)이며 다른 방향은 수직인 방향(cross-wind 혹은 lift)이다. 이외에도 건물의 형태에 따라 방향이 설정되기도 한다.

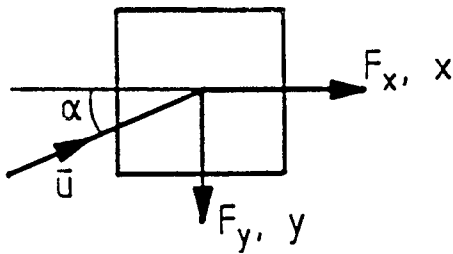


그림 2.1 바람에 의한 하중과 구조적인 성분

1) 바람의 방향과 평행인 방향의 건물거동

자연적인 바람의 난류나 거스트(돌풍)는 진동(buffeting)을 일으키며 구조물에 떨림과 같은 파동을 일으키는 직접적인 영향을 미치고 있다. 풍속의 변화나 바람의 영향으로 인한 건물의 거동은 돌발적으로 일어나며 이로 인한 건물의 거동은 구조물의 크기와 관련된 난류의 크기에 따라 그 정도가 결정된다.

난류와 이로 인한 건물에 가해지는 하중간의 관계를 결정하기 위하여는 파장의 길이(wavelength)와 주파수를 고려하는 것이 일반적이다. 예를 들어 일정 높이 z 에 있어서 평균풍속을 $\bar{u}(z)$ 라고 한다면 파장의 길이는 진동수 n 과 연관되어 $\lambda = \bar{u}(z) / n$ 으로 나타내어 진다. λ 는 이때 진동수 n 일때 진동하중을 발생시키는 거스트나 소용돌이의 크기를 나타내는 선형크기이다. 이러한 진동하중을 어느정도 발생시키지는 건물의 크기(b)와 거스트 크기사이의 관계(λ/b 혹은 \bar{u}/u_b)가 중요한 역할을 하고 있다. 고주파진동의 경우는, 즉 $\lambda/b=1$, 발생하는 압력이나 하중은 건물의 극히

일부분에 국한되는 것이 일반적이다. 또한 이러한 고주파진동이 전체 하중에 미치는 영향을 극히 일부분이며 건물의 일부분에만 미쳐 전체하중을 감소시키거나 또는 약간 증가시킬 수도 있다. 반면 저주파진동, 즉 $\lambda/b \gg 1$ 일때는, 건물의 전체 혹은 넓은 부분에 동시에 느껴질 수 있다.

좀더 구체적으로 바람의 방향과 평행인 방향의 건물거동을 일으키는 성분을 분류해 보면 다음과 같이 나누어진다.

- 가) 진동전단하중(fluctuating drag forces)
- 나) 거스트 반응 요소(gust response factor)
- 다) 공기역학 진동감쇄(aerodynamic damping)

2) 바람의 방향과 직각인 방향의 건물거동

바람의 방향과 직각인 방향으로 움직이는 건물 거동의 기계적인 성격은 다음과 같이 크게 3가지로 나뉘어질 수 있다(Melbourne, 1975).

- 渦流分散(vortex shedding)과 같은 後流刺戟(wake Excitation)
- 入射 亂流(incidence turbulence)
- 구조물의 橫風에 의한 움직임

구조물의 횡풍에 의한 움직임에 관련된 기계적인 특성과 변수는 그림 2.2에서 나타난 바와 같다.

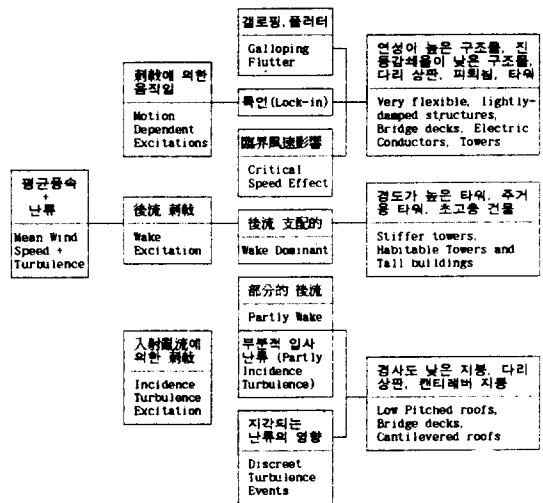


그림 2.2 건물에 가해지는 횡풍에 의한 움직임에 관련된 주요 변수와 기계적 특성

바록 이러한 건물의 거동을 일으키는 요인들이 별개의 것으로 나뉘어질 수 있다 하더라도 건물에 나타나는 반응의 형태에서는 종종 상호혼합되어 발생되고 있는 것이 보편적이다. 최근 풍공학의 빠른 발전에도 불구하고 초고층 건물의 횡풍에 의한 거동을 정확히 정량화하여 분석할 수 있는 수식은 아직까지 일반화되어 있지 못한 실정이다.

가) 後流刺戟

횡풍에 의한 자극중에서 가장 보편적으로 나타나는 현상은 渦流分散(vortex shedding)이다. 어떤 구조물을 대상으로 설명한다면 渦流分散은 스트라우할 數(Strouhal Number)에 의하여 정의되는 분산주파수(Shedding Frequency)에 의하여 지배된다. 스트라우할 數는 레이놀즈 數(Reynolds Number), 건물의 단면형태, 표면조도(Surface Roughness)와 자유류의 난류(Free Stream Turbulence)의 함수로 표시된다.

구조물은 바람에 의한 주기적인 압력하중에 의하여 거동하게 되며 이 거동은 횡풍력(cross-wind force)으로 나타나게 된다. 만약 구조물의 고유진동주파수(Natural Frequency)가 와류의 분산주파수와 일치할 경우 공명현상(resonant response)이 일어나게 된다.

나) 入射亂流(incidence turbulence)에 의한 자극(Excitation)

자연적인 바람에 내포된 난류는 풍속의 변화와 구조물에 가해지는 전단력의 변화성을 발생시키는데 가장 큰 역할을 하는 풍향을 바꾸게 한다. 이때 건물의 거동을 일으키는 자극현상은 앞서 언급한 공명현상에 의한 자극에 의해서나 구조물의 1차 혹은 1차 이상의 고유진동주파수 및 거스트에 의한 일차적인 움직임등에 의하여 성격지워진다.

다) 구조물의 橫風에 의한 움직임

구조물의 橫風에 의한 자극은 크게 갠로핑(galloping), 록-인(lock-in), 그리고 플러터(flutter)의 3가지로 대별된다. 이러한 자극현상은 구조물의 형태에 의하여 발생하는 구조물 주변을 흐르는 유체의 패턴에 의해서나 혹은 구조물의 거동에 의한 공기역학적인 힘의 변화에 의하여 일어난다.

갠로핑은 구조물의 一自由度(single degree of freedom)에 의한 큰 진폭을 지니고 있는 현상을

말하며 횡풍방향의 힘을 증가시키는 구조물의 부분적으로 일어나는 공기역학적인 힘의 성격에 의하여 영향을 받게 된다. 갠로핑은 정사각형이나 직사각형의 형태를 지닌 구조물 주위를 흐르는 부드러운 난류에 의하여 발생한다.

록-인(lock-in)은 구조물의 흔들림의 정도가 임계크기(critical magnitude)에 도달하였을 때의 현상을 칭한다. 이때 구조물 흔들림의 주파수와 渦流分散(vortex shedding)의 주파수가 비슷할 경우 구조물에 나타나는 횡풍력은 급격하게 증가된다. 현대 초고층 건물에서의 록-인 현상은 커다란 횡풍반응에 의하여 기인되며 이는 後流刺戟과 같은 또 다른 형태의 횡풍자극(cross-wind excitation)현상에 의하여 발생된다. 따라서 록-인은 낮은 경직성을 가지며 낮은 진동감쇄율을 지닌 초고층건물에서 발생되기 쉽다.

플러터(Flutter)는 二自由度 혹은 多自由度와 관련된 움직임으로서 갠로핑이나 록-인 보다는 좀더 복잡한 현상이다. 구조물의 진동력(fluctuating force)이 구조물의 움직임에 의하여 조절된다는 측면에서 볼 때는 갠로핑 자극과 유사한 점을 띄우고 있다. 주로 날개와 같은 형태에서 나타나므로 일반적인 구조물이나 건축물에서 나타날 확률은 비교적 희박하다.

3) 바람으로 인한 영향을 고려한 초고층건물 디자인기준을 위한 고려사항

위에서 언급한 바와 같이 바람으로 인하여 건물이나 타워형 구조물에 발생하는 진동은 구조물에 구조적인 피해를 유발시키게 된다. 또한 이러한 진동은 건물의 기계적인 진동과 교차되어 거주성에 있어서 불편함을 야기시킨다. 이를 다시 요약하면 :

- 동적인 압력으로 인한 부분적인 구조물의 파괴는 건물이나 구조물의 구조적인 피해를 유발시킨다.
- 진동은 건물이나 구조물에 설치된 승강기의 작동, 기계실의 진동 및 기타 기기류의 작동에 의하여 영향받을 수 있다.
- 건물의 진동은 사람들의 운동조절능력을 감소시키며 아울러 멀미나 시력저하등의 불편함을 유발시킨다. 건물의 진동을 사람이 감지

할 수 있는 정도는 1.6 Hz 정도의 주파수대에 해당되며 많은 학자들은 0.01g가 건물에 있어서는 받아들일 수 없는 정도로 취급하고 있다.

상기와 같은 디자인 고려사항들은 건물의 계획 및 설계단계에서 검토되어야 한다. 가벼운 구조물의 성격을 지닌 타워를 대상으로 할 때 진동이 사람이나 기계에 미치는 영향은 그리 중용한 것은 아니나 조명탑의 경우 탑의 흔들림으로 인하여 조명면적의 불균형으로 인한 문제점은 디자인시 고려되어야 한다.

4) 진동의 조절

구조물의 진동은 위치, 형태, 높이, 질량 및 질량의 분포 및 건물이나 구조물의 구조적 진동감쇄(Damping)에 의하여 영향을 받는다. 구조설계자는 건물의 형태나 질량 및 높이에 대한 영향력을 행사할 수 있기 때문에 건물이나 구조물에 발생하는 물리적인 반응(진동)을 진동감쇄율을 높임으로서 효율적인 대처를 할 수 있다.

특히 초고층건물의 디자인에 있어 진동감쇄는 디자인에 있어 가장 중용한 요소로서 인식되고 있는 사안이다. 더 나아가 원래 진동감쇄의 효능이 잘 고려되지 않았던 건물이나 구조물이라 하더라도 다양한 형태의 진동감쇄장치를 디자인하여 설치함으로써 진동감쇄율을 높일 수 있는 공학적인 발전의 여지가 상당히 내재되어 있다.

5) 진동감쇄

진동감쇄란 진동으로 인한 운동에너지(kinetic energy)를 분산시키기 위한 구조체의 능력을 의미한다. 초고층건물에 있어 진동감쇄에 해당되는 요인들은 다음과 같다.

- 고유적인 내부진동감쇄 구조물의 재료로서 철골 혹은 콘크리트등이 해당
- 기초에 가해지는 에너지의 분산으로 인한 진동감쇄 및 지반자체가 흡수하는 진동감쇄
- 구조적이거나 건축적인 구조물의 부품의 마찰로 인한 미세한 진동감쇄
- 강풍시 바람으로 인한 구조물의 움직임으로 인한 공기역학적 진동감쇄
- 구조물에 인위적으로 설치하는 부수적인 진동감쇄 시스템. 이는 마찰력을 이용한 타이프

혹은 질량을 추가하는 시스템이 있으며 질량을 이용한 진동감쇄시스템에는 능동형과 수동형으로 나뉘어진다.

가) 고유적인 재료에 의한 진동감쇄

동적인 압력이 가해지는 상황하에서 에너지의 분산이 유도되는 구조물 재료의 행태는 실로 다양하다. 여기에는 마찰력에 의한 움직임, 크리스탈의 행태를 지닌 재료 내부의 움직임과 위치이탈의 메카니즘으로 인한 내부적인 마찰과 전기력과 자장력에 의한 영향등이 포함된다. 다만 철골구조체의 경우에는 고유적인 재료에 의한 진동감쇄가 큰 영향을 미치지 않는다.

나) 기초의 진동감쇄

기초에 의한 진동감쇄는 특별한 경우에만 작용된다. 이를 산정하기 위하여 컴퓨터를 이용한 계산방법은 이미 개발이 되어 있으나 토질의 동적 움직임에 대한 해석과 지층의 단층별 움직임에 대하여 구체적인 데이터가 필요하다. 상기의 방법으로 계산하는 방법은 아직까지 충분히 정립되어 있지 않다.

다) 부품의 마찰로 인한 진동감쇄

이미 지어진 구조물 혹은 건물의 진동감쇄는 상당량이 마찰에 의한 진동감쇄라는 주장이 지배적이며 이러한 부품은 볼트에 의한 조인트, 베어링판, 바닥과 빔사이의 구조체, 프레임에 끼워진 판넬, 프레임과 외장재사이의 마찰등이 이에 해당된다.

라) 공기역학적인 진동감쇄

초고층건물에 있어 공기역학적인 진동감쇄는 굉장히 중요한 요소이다.

마) 추가로 설치할 수 있는 진동감쇄

이러한 현상을 줄이기 위하여 사용되는 진동감쇄시스템(Damper System)은 건물의 흔들림을 즉각 감지하고 반대방향으로 일정량의 질량을 작동으로 움직이게하는 능동형 진동감쇄시스템(Active Damper System)과 건물의 흔들림을 매달아 놓은 구조체의 질량으로 흡수하는 수동형 진동감쇄시스템(Passive Damper System)으로 대별된다. 더 나아가 엄청난 무게의 콘크리트등의 중량을 시계추같이 매달아 바람으로 인하여 움직이는 건물의 힘을 흡수하는 질량진동감쇄시스템(Mass

Damper System)과 물과 같은 유체를 용기에 담아 건물상층부에 설치하여 건물의 흔들림을 유체가 흡수하는 액체 진동감쇄시스템(Liquid Damper System)으로 대별되고 있다. 액체 진동감쇄시스템에는 더 나아가 유체를 담은 용기의 형태 및 유체의 이동저항방식에 따라 액체 컬럼 슬러시 진동감쇄 시스템(Liquid Column Slush Damper System)과 액체 질량 진동감쇄 시스템(Liquid Mass Damper System) 및 두가지를 합친 액체 컬럼/질량 진동감쇄 시스템(Liquid Column/Mass Damper System)이 있다. 그 효율성은 건물의 형태와 높이에 따라 영향이 있으나 최근의 연구결과에 따르면 수동형 액체 컬럼/질량 진동감쇄 시스템이 가장 효율적인 것으로 밝혀지고 있다.

위의 진동감쇄시스템(Damper system)외에 트러스의 구조체에 완충장치를 설치하여 흔들림을 흡수시키는 진동감쇄시스템이 있다. 시카고의 시어즈타워의 경우 이러한 시스템을 건물 전체에 수천개 설치하여 건물의 진동을 줄이기 위한 노력을 하였으나 실제 입주자들의 경우를 보면 상층부 거주자들중 민감한 사람들은 바람이 많이 부는 날 약간의 떨기때문에 아래층으로 내려와 커피를 마시고 휴식을 취하는 사람이 있어 문제점은 아직도 내재해 있다고 볼 수 있다.

호주 시드니시 중앙에 위치한 시드니 타워의 경우 완공후 장기간 실측을 통하여 고유진동주기를 파악한 후 원형 띠모양의 물탱크를 주구조체에 매달아 수동형 진동감쇄시스템을 사용하였으나 1차 모드(1st mode) 진동만이 감소되고 2차 모드진동이 감소되지 않아 다시 원형띠모양의 수동형 질량 진동감쇄시스템을 설치하여 타워이 흔들림을 현저히 줄일 수 있었다.

일본 동경의 한건물의 경우 직경 2m, 높이 약 20cm의 원통에 반가량의 물을 채우고 12개를 겹쳐 쌓고 이와 같은 원형의 수동형 액체 진동감쇄 시스템을 9개 옥상위에 설치하여 건물의 흔들림을 효과적이고 경제적으로 막고 있는 예도 있다.

능동형 질량 진동감쇄 시스템의 경우 수동형 액체 진동감쇄 시스템보다 상당히 복잡한 장치를 요하고 엄청난 경비가 소용되는 단점이 있으나 건물

의 인텔리젠트화를 통한 선전효과를 노리기 위하여 일본의 경우 활발히 연구되고 있다. 본인의 경험 및 설치비의 크고 작음에 비추어 볼 때 굳이 능동형 질량 진동감쇄 시스템을 선호하고 싶지는 않으며 차라리 수동형 컬럼/질량 진동감쇄 시스템이 가장 효과적이라고 판단한다.

일본의 요코하마에 새로 건설중인 랜드마크 타워는 상층부에 능동형 질량 진동감쇄 시스템을 설치하고 있으나 건물상층부내 공간이용률을 높이기 위하여 이중의 진자장치(Pendulum)를 설치하고 있으며 질량체(Mass)도 콘크리트가 아니라 납을 사용하고 있다. 최근 일본에서 발표된 논문에 의하면 질량의 형태를 한개의 덩어리로 하지 않고 여러개로 나누어 넓은 분야의 주파수에 맞추어 각각의 질량체를 튜닝(Tuning)하면 훨씬 높은 진동감쇄효과를 얻을 수 있음이 증명된 바 있다.

이러한 진동감쇄시스템을 설치할 경우 가장 중요한 것은 건물자체의 고유진동주기(Natural Frequency)를 파악하고 설치할 진동감쇄시스템을 건물의 고유진동주기에 맞게 튜닝(tuning)하는 일이다. 건물의 고유진동주기 측정방법은 가속도기를 사용하여 진동주기를 측정하고 측정된 데이터를 파워스펙트럼분석방법을 사용하여 알아낼 수 있다. 때로는 건물준공직전 타워크레인이 해체되기전 크레인에 추를 아래 위로 흔들리게 하여 진동주기를 인위의 충격을 주어 잔향진동을 측정하여 분석하면 건물의 고유진동주기를 알 수 있다.

건물이 지어지기전 건물의 고유진동주기를 동적구조해석방법(Dynamic Analysis)을 통하여 산출할 수도 있으나 건물의 질량은 쉽게 알 수 있어도 건물의 경직성(Stiffness)를 정확히 산정하기 힘들기 때문에 정확한 결과치를 기대하기 힘든 실정이다. 호주의 약 22개 건물과 4개의 타워를 대상으로 건물의 고유진동주기를 실측한 결과 동적해석에 의한 결과치는 실측보다 훨씬 많이 빗나간 것이 밝혀졌으며 오히려 경험치로 산출된 $46/H = \text{Natural Frequency}$, 즉 46을 건물의 높이로 나누는 경험적인 공식이 훨씬 실측치와 유사하다는 흥미로운 결과가 도출되었다.

디자인과 장비값을 합한 댄핑장치의 설치비를

대략 말한다면 일본의 예를 들어 볼 수 있다. 수동형 액체 진동감쇄 시스템은 건설비의 약 0.5%, 수동형 질량 진동감쇄 시스템은 건설비의 약 1%, 능동형 질량 진동감쇄 시스템은 건설비의 약 2%로 산정하고 있다. 외국의 경우 건물의 진동을 고려한 건물의 종류에 따른 평가기준을 설정하여 구조설계에 고려함은 물론 건물의 심의에도 적용하고 있다. 세워질 건물의 고유진동수의 측정은 건물이 세워지기전에 모델을 사용하여 간단한 풍동실험(aerodynamic test)을 통하여 측정될 수 있다.

3. 結 · 提案

향후 우리나라의 건설환경은 택지부족, 기능공의 부족, 인건비의 상승으로 인한 양태를 띄울 것으로 쉽게 예측할 수 있다. 따라서 공사의 간편화와 공기단축을 위하여 건식화 건물의 경량화와 건식공법을 근간으로한 건설기술이 불가피하게 될 것으로 전망되며 특히 도심지내의 택지부족으로 인한 건물의 초고층화가 예상된다.

건물의 PC화는 정부주도의 환경조성에 힘입어 우리나라의 건설업계에 침투되어 전개되고 있는 기술이며 전체 PC와 부분 PC의 방법론을 구사하고 있다. 습식공법도 기존의 공법에서 벗어나 건설환경의 악화에 따른 공기단축의 측면에서 터널 폼동의 기술이 고려되고 있기도 하고 이미 개발·적용되어 있는 곳도 있다.

그러나 가까운 장래에 일반화된 형태로 도래될 수 있으리라 예측된 40층이상의 초고층건물을 대상으로한 공법은 철골조를 이용한 건식공법으로 예측된다.

철골조 초고층 건물의 문제는 구조, 공법, 재료 등의 근본적인 문제를 포함하고 있으며 보다 구체적으로는 거주자의 안락성 및 안전성을 확보하기 위하여 설비분야의 많은 기술개발을 전제로 하고 있다.

본 글은 그중의 일부인 바람이라는 횡력에 의하여 발생되는 건물의 흔들림을 대상으로 하였으며 간단하나마 문제점의 배경 및 흔들림의 물리적 현상을 설명하며 문제해결을 위한 공학적인 접근방법을 간략히 소개하였다.

이러한 건물의 흔들림을 다루는 풍공학이라는 학문분야는 구조분야 및 환경분야, 토목분야, 기계학 분야, 계측기술 분야, 컴퓨터 시뮬레이션등 다양한 학문분야와 접목되어 있다. 흔히 요사이 대두되고 있는 환경공학분야 뿐만이 아니라 구조공학의 일각에서도 다루고 있으며 기계공학분야의 유체역학도 밀접한 관련이 있다.

따라서 기타 다른 분야의 학문과는 달리 종합적인 지식과 총체적인 문제해결의 의식구조를 요하는 학문이니만큼 각 분야의 관심있는 전문가들의 종합적인 노력이 필요하다고 할 수 있다.

현재 국내에서 활동하고 있는 건설관련 전문가들중 해외의 대학에서 풍공학 분야의 박사학위를 취득한 사람들이 적지 않게 있으며 최근 일부 국내대학에서는 이미 풍공학 분야의 박사학위자를 배출하였고 기계공학분야에서도 풍공학 관련 박사학위자를 배출한 바 있다. 아직은 우리나라에서 유아기인 풍공학분야이기는 하나 공통관심을 가진 전문가 12명이 모여 "풍공학연구회"를 조직하여 개인적인 차원에서 연구활동을 하고 있음은 고

현재 국내에서 활동하고 있는 건설관련 전문가들중 해외의 대학에서 풍공학 분야의 박사학위를 취득한 사람들이 적지 않게 있으며 최근 일부 국내대학에서는 이미 풍공학 분야의 박사학위자를 배출하였고 기계공학분야에서도 풍공학 관련 박사학위자를 배출한 바 있다. 아직은 우리나라에서 유아기인 풍공학분야이기는 하나 공통관심을 가진 전문가 12명이 모여 "풍공학연구회"를 조직하여 개인적인 차원에서 연구활동을 하고 있음은 고무적인 일이라 할 수 있다. 풍공학 관련 박사학위 과정자 혹은 학위소지자라면 누구라도 활동을 같이 할 수 있으며 관심있는 분들의 적극적인 참여를 바란다.

풍공학연구회 연락처
김동혁
02-513-3822
Fax)02-514-1022