

스카이브릿지를 이용한 RC 주거용 건물의 진동제어

Vibration Control of RC Residential Building Structure Using Sky-Bridge

안 상 경* 오 정 근**
Ahn, Sang Kyung Oh, Jung Keun

ABSTRACT

Coupling adjacent building with supplemental damping devices is a developing method of reduced structural response due to wind and seismic excitations. The philosophy is to allow structures, vibrating at different frequencies, to exert control forces upon one another to reduce the overall responses of the system. This paper studies the effect of installing vibration control devices of two high rise building structures(49 stories and 42 stories) connected by sky-bridge. According to the analysis results the use of sky-bridge can be effective in increasing damping ratio of the system.

1. 서론

재료 및 구조설계 기술의 발전에 의하여 초고층 구조물이 점차적으로 세장해지고 있으며, 단위중량이 낮아지게 되어 건물의 횡방향 진동이 커질 가능성이 증대되고 있다. 이에 따라 사용성에 영향을 미치는 진동문제에 대한 관심이 더욱 고조되고 있으며, 특히 오피스구조물과는 달리 주거용 초고층구조물은 실내에서 365일 생활이 이루어지기 때문에 강풍이나 태풍에 의하여 구조물이 진동할 경우에는 거주자의 불쾌감이나 불안감 등은 가중될 수밖에 없다.

일본이나 미국과 같은 외국의 경우에는 고층구조물의 진동제어를 위하여 다양한 장치를 개발하여 사용 중에 있다. 국내의 경우에는 이론적인 연구단계에서 벗어나 잠실 갤러리아애플리스에 점탄성 감쇠기가 최초로 적용되었으며, 부산 센터시티에 TMD(Tuned Mass Damper)등이 설치되는 등 적용기술이 아직 초기 단계에 있다. 그러나 국내에서도 초고층 건물의 건설이 점차적으로 증가하고 있다.

진동제어 장치가 실제적으로 설치되는 건물은 진동에 대하여 상대적으로 민감한 주거용 건물이 대부분이며 거주 성능의 향상을 목적으로 다양한 진동제어 장치가 설치되고 있지만 대부분의 경우에는 설치공간이나 타 설비와의 간섭 등에 의하여 건물의 분양면적이 줄어드는 단점이 발생하게 된다.

본 논문에서는 인접한 두개의 건물 사이를 방재의 목적으로 설치되는 스카이 브릿지를 이용하여 진동제어를 할 수 있는 방안에 대하여 실제 건물을 대상으로 연구하였다. 인접한 두개의 건물을 진동제어장치로 연결하여 바람이나 지진에 의하여 발생하는 진동을 제어하는 방법은 지금 현재 많이 연구되어 있다. 이것은 두 건물의 층수 차이 등과 같이 동적거동에 영향을 미치는 인접건물들의 고유진동수

* 정회원, 삼성건설 기술연구소 선임연구원

** 정회원, 삼성건설 기술연구소 수석연구원

어장치로 연결하여 바람이나 지진에 의하여 발생하는 진동을 제어하는 방법은 지금 현재 많이 연구되어 있다. 이것은 두 건물의 층수 차이 등과 같이 동적거동에 영향을 미치는 인접건물들의 고유진동수의 차이를 이용하는 것이며, 각각의 건물에서 발생하는 건물의 진동이 서로 다른 주기로 진동함으로써 서로의 진동을 상쇄되게 하여 전체적인 구조물의 진동응답을 저감시키도록 유도하는 것이다. 따라서 본 논문에서는 49층과 42층의 두 건물을 Sky-Bridge로 연결한 후에 양 끝단에 진동제어장치를 설치하여 이에 대한 진동제어 효과에 대하여 연구하였으며, 사용되는 제진장치의 종류에 따른 특성을 연구하였으며, 제진장치 적용시 고려해야 할 사항들에 대하여 연구하였다.

2. 스카이 브릿지를 이용한 진동제어 원리

일반적으로 진동제어를 위하여 설치하는 감쇠기의 설치위치는 그림 1과 같이 다양하다. 그림 1(a)와 같이 건물의 각층에 설치하여 층간변위를 이용하는 방법과 그림 1(b)와 같이 TMD의 감쇠력을 높이기 위하여 사용되기도 한다. 또한 그림 1(c)와 같이 면진장치에 추가적인 감쇠력을 증가시켜 변위를 줄이기 위한 목적으로도 사용되고 있다. 마지막으로 그림 1(d)에 나타내었듯이 고유주기가 다른 두 건물사이에 감쇠기를 설치하는 방법 등이 있다. 이것은 본 논문에서 사용하는 방법이기도 하다.

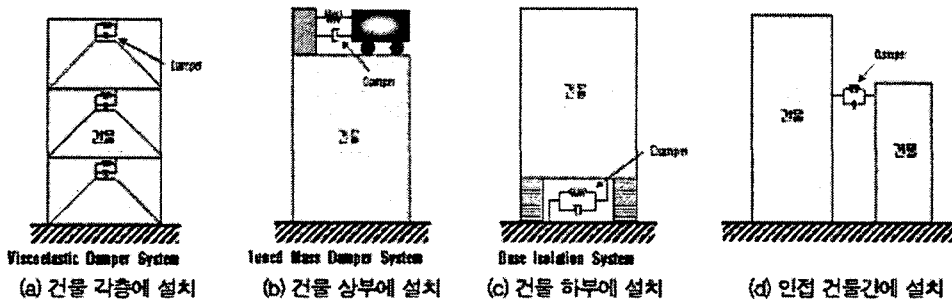


그림1. 감쇠기의 설치 위치

스카이 브릿지를 이용한 진동제어 방법이 최초로 사용된 것은 그림 2(a) 및 그림 2(b)에 나타난 것은 일본의 Triton Square Building이며, 능동제어 방식의 진동제어 장치를 높이가 다른 3개동의 건물에 서로 연결하였다. 그림 2(c) 및 그림 2(d)는 진동제어장치의 설치 전후에 따른 진동제어 효과를 나타내고 있으며, 약 40%~60% 정도의 진동제어 효과를 나타내는 것으로 조사되고 있다.

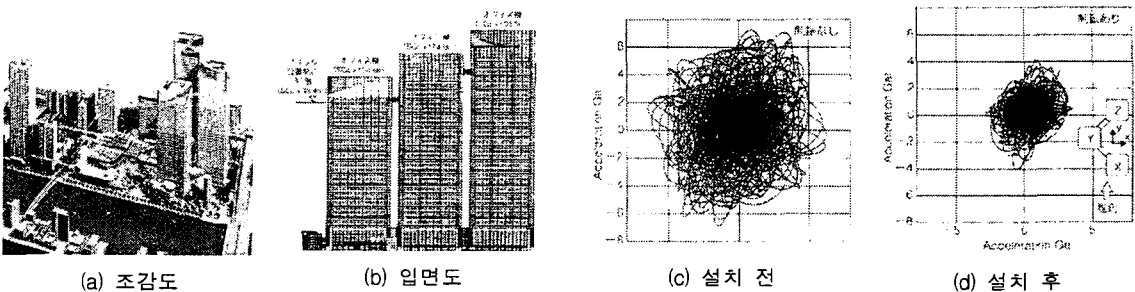


그림2. Triton Square Building

3. 대상 구조물의 개요

본 연구에서 대상으로 하는 구조물은 서울시 양천구에 시공되고 있는 주상복합건물로써 지상 49층 및 42층의 건물 2개동이 건설되고 있다. RC조로 되어 있고 스카이 브릿지는 34층에 설치하는 것으로 계획되어 있으며, 철골조로 설계되어 있다. 스카이 브릿지가 설치될 곳의 건물간 거리 약 10m~15m 내외로 그리 길지는 않은 편이며, 평상시에는 주민들의 커뮤니케이션을 위한 통로로 사용되며, 화재와 같은 비상시에는 비상통로로 이용될 수 있도록 설계되었다. 본 대상 건물의 주요 구조시스템을 살펴보면 그림 3과 같다. 기본적으로 횡력에 대해서는 내부의 코어(Core)가 저항하게 되며, 주로 기계실로 사용되는 34층에는 Belt Wall이 설치되어 횡력에 저항하도록 하고 있다. 또한 구조적인 특징 중 하나는 Side wall을 두어 세장한 장방형 평면에서 발생할 수 있는 비틀림의 효과를 방지하도록 하였다. 특히 이것은 Sky-Bridge를 연결하여 진동제어를 할 경우에는 기존에 1개의 방향에 대해서만 작용하도록 되어 있지만, 건물의 비틀림 효과를 제어하여 2개의 방향에 대해서도 진동제어 효과가 있도록 하였다. 선행연구에 의하면 연결 브릿지의 길이 방향으로는 25%~37% 진동제어 효과가 있으며, 연결브릿지의 직각방향에 대해서는 14%~19% 진동제어 효과가 있는 것으로 나타났다.

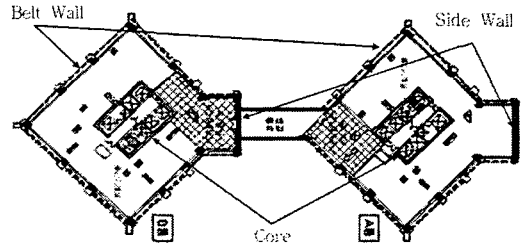
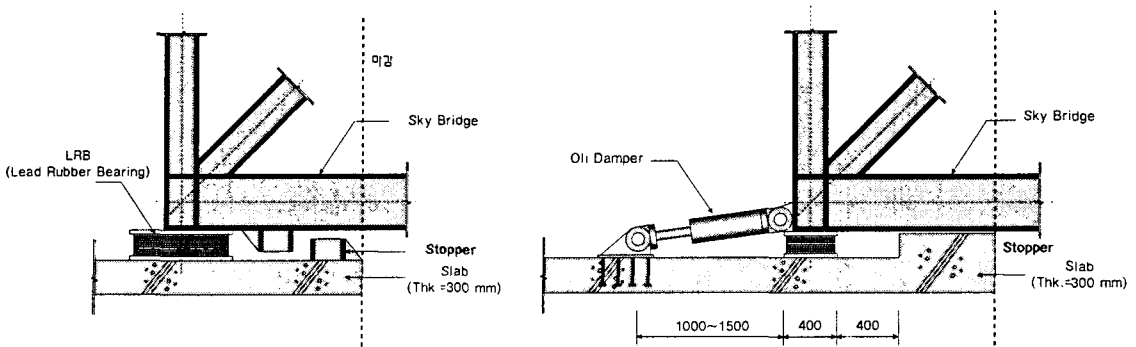


그림 3. 주요 구조시스템

4. 스카이 브릿지 적용에 따른 고려 사항

스카이 브릿지를 사용하여 건물을 연결할 경우에는 지진이나 강풍에 의하여 발생하는 진동에 의한 변위를 흡수할 수 있는 설계가 이루어져야 한다. 특히 당 현장에서는 34층에 스카이 브릿지가 설치됨에 따라서 두개의 수평방향(연결브릿지의 길이 및 직각방향)에 대하여 각각 $\pm 30\text{cm}$ 정도의 변위를 흡수하도록 설계되어야 한다. 이것은 진동제어장치의 선택에 있어 중요한 요소가 된다. 진동제어장치는 종류에 따라서 흡수할 수 있는 변위의 양에 따라 경제성이 좌우되기 때문이다. 점탄성 감쇠기의 경우에는 사용하는 재료의 특성에 따라 차이가 있지만 일반적으로 변위가 작은 곳에 적합하며, 오일 댐퍼와 같은 점성감쇠기는 비교적 변위량을 자유롭게 조절할 수 있는 장점이 있다. 본 연구에서는 여러 감쇠기들의 특성 등을 고려하여 아래 그림 4와 같이 초기안을 계획하였다.

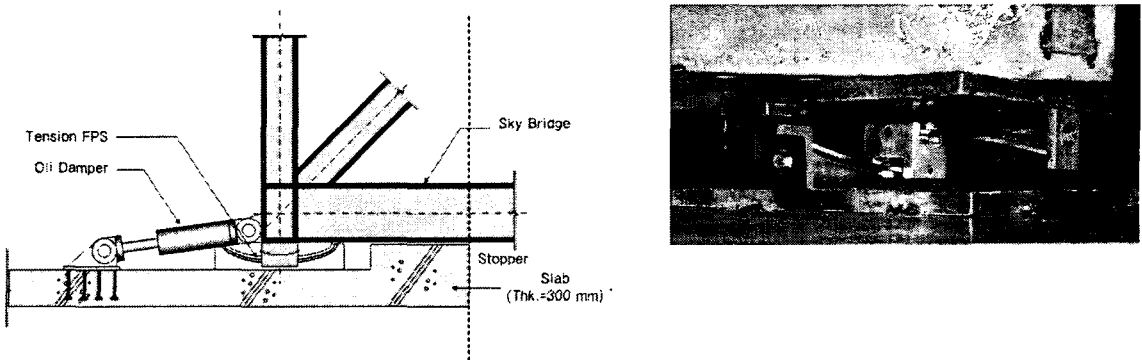


(a) LRB 사용 안

(b) 점성감쇠기와 탄성받침 혼용안

그림 4. 초기안에 사용된 제진장치 적용방안

그림 4(a)는 일반 교량에서와 같이 면진장치로 많이 사용되는 LRB를 사용하는 방안이다. 비교적 가격적으로 저렴하지만 충분한 감쇠값을 얻기에는 다소 무리가 있으며, 상부에서 적정 하중이 작용해야 한다는 조건이 필요하다. 그림 4(b)에 나타난 방안은 감쇠값을 높이기 위하여 오일댐퍼를 사용한 것이며, 가격적으로는 다소 비싸지만 충분한 감쇠값을 얻을 수 있는 장점이 있다. 이 방법 또한 상부에서 발생하는 하중에 영향을 받게 된다. 지금 현재 설계되어 있는 브릿지의 무게 만으로는 LRB의 적절한 변형을 유도하기 어렵기 때문에 브릿지 상부에도 동일한 LRB를 설치하는 것이 필요한 것으로 판단되었다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 방안 중 하나가 그림 5와 같이 LRB나 탄성받침 대신 Tension FPS(Friction Pendulum System)을 사용하는 것이다. Tension FPS는 자체 곡률에 의하여 복원력이 발생하도록 만들어진 장치이다. 따라서 Tension FPS 복원력을 담당하고 오일댐퍼는 감쇠력을 담당하게 하는 시스템이며, 지금 현재 가장 유력하게 검토되고 있는 시스템이다.



(a) Tension FPS 적용 안

(b) Tension FPS

그림 5 Tension FPS(Friction Pendulum System)을 사용하는 방안

5. 요약 및 추후 연구과제

본 논문에서는 선행연구에 이어서 스카리 브릿지를 진동제어의 목적으로 이용할 때 발생하는 문제점들과 어떠한 진동제어 장치를 적용할 것인가에 대하여 연구하였다. 진동제어장치들의 장담점을 파악하여 실제 적용에 있어서의 문제점들과 최종안에 대하여 나타내었다.

스카리 브릿지를 이용하여 진동제어를 할 경우에는 대하여 고려해야 할 사항들로써 먼저 진동제어 장치가 자체적으로 충분한 변위 흡수능력이 있어야 한다. 이것은 진동제어 장치의 종류를 선택하는 중요한 요소로 작용하게 되며, 유지 및 보수에도 막대한 영향을 미치게 된다. 또한 진동제어 장치의 특성을 잘 고려하여야 하며, 충분한 실험과 검증이 따라야 할 것이다.

추후 연구과제로는 제안된 적용안에 대하여 실제 성능과 내구성을 확보하기 위한 최적 설계검토가 필요하며, 스카리 브릿지와 건물의 접합부에 대한 처리 방안에 대한 연구가 필요하리라 판단된다.

참고문헌

1. 안상경, 오정근, 이성원, 박현일, 김원식, 김영석, “점탄성 감쇠기를 이용한 주거용 건물의 진동제어”, 한국콘크리트학회 춘계 학술발표대회 논문집, 제15권 1호, 2003.5, pp. 127~132
2. 이동근, 김진구, 홍성일, 이경아, “복소모드 중첩법을 이용한 점탄성 감쇠기가 설치된 고층건물의 효율적인 진동해석”, 대한건축학회 춘계 학술발표대회 논문집 제19호, 1999, pp21-26
3. 안상경, 오정근, “스카리브릿지를 이용한 초고층 건물의 진동제어”, 대한건축학회 추계 학술발표대회 논문집, 제25권 1호, 2005.10, pp. 35~38