

메가 토글댐퍼를 이용한 초고층건물의 진동제어

Vibration Control for Highrise Building using Mega Toggle Damper

안상경† · 정형일* · 장상기**

Ahn, Sang Kyung, Jeong, Hyung Il, and Jang, Sang Ki

1. 서론

초고층건물은 사회적, 시대적 요구로 인하여 세계적으로 계획되거나 시공되고 있다. 이러한 초고층 건물의 경우에는 재료 및 구조설계 기술의 발전에 의하여 초고층 구조물이 점차적으로 세장해지고 있으며, 단위중량이 낮아지게 되어 건물의 횡방향 진동이 커질 가능성이 증대되고 있다. 초고층 건물에서는 저층건물에서와는 달리 바람 및 지진하중에 대해서는 필수적으로 진동에 대한 고려가 필수적이다. 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 다양한 진동저감 방법 중에서 스카이 브릿지에 메가 토글 댐퍼를 이용한 방법에 대하여 실구조물에 적용 및 설계하였다. 토글 댐퍼는 댐퍼의 효율성을 증가시킬 수 있는 매우 효과적인 장치이며 그동안 많은 연구자에 의하여 연구되었다. 본 논문에서는 스카이 브릿지와 건물과의 상대변위를 이용하여 진동제어 위

하여 토글댐퍼의 최적 설치 위치 및 여러 변수에 대하여 건물의 거동특성을 분석하였다.

2. 토글댐를 이용한 진동제어 원리

일반적으로 진동제어를 위하여 설치하는 감쇠기의 설치 위치는 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.

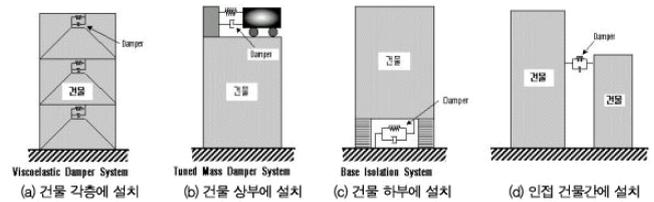


그림1. 감쇠기의 설치 위치

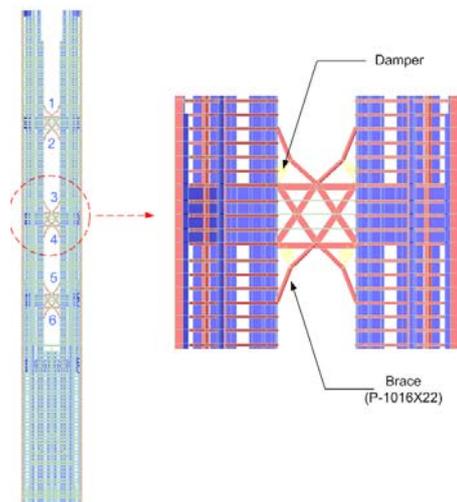


그림 2 토글댐퍼를 적용한 스카이 브릿지

† 안상경; 삼성물산 건설부문
E-mail : s.k.ahn@samsung.com
Tel : (02) 2145-5778, Fax : (02) 2145-5770

* 삼성물산 건설부문

** 삼성물산 건설부문

일반적으로 바람에 의하여 초고층 건물에 발생하는 층간변위는 매우 미소하여 일반적인 지진에 의한 진동대책에 사용되는 일반 가세형태의 댐퍼 설치방법은 효율성이 매우 작다. 따라서 본 논문에서는 그림 2와 같이 스카이 브릿지와 건물사이에 토글을 이용하여 댐퍼를 설치하여 댐퍼의 효율성을 높였다.

3. 토글댐퍼의 설계

토글댐퍼는 설치하는 방법에 따라서 효율성에 큰 차이를 보인다. 따라서 그림 3과 같이 건물과 스카이브릿지의 설치 위치에 따른 최적 설치위치를 계산하였다.

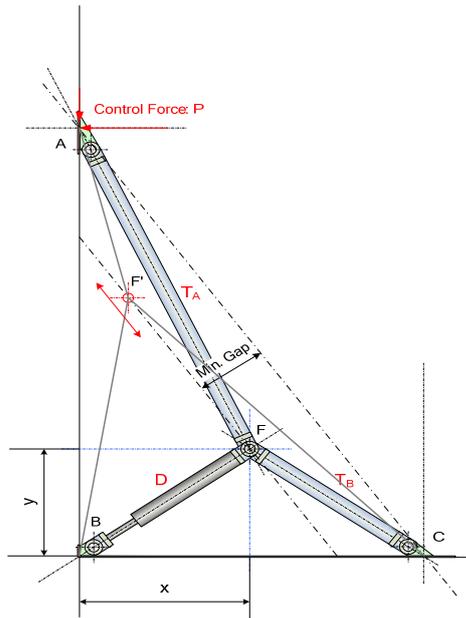


그림 3 토글댐퍼의 최적 설치 위치

그림 4는 각 토글의 설치위치에 따른 제어력을 나타내었다. 이것은 스카이 브릿지와 건물의 설치 위치에 따라서 변화하며, 또한 최소 이격거리 또한 미리 산정하여야 한다.

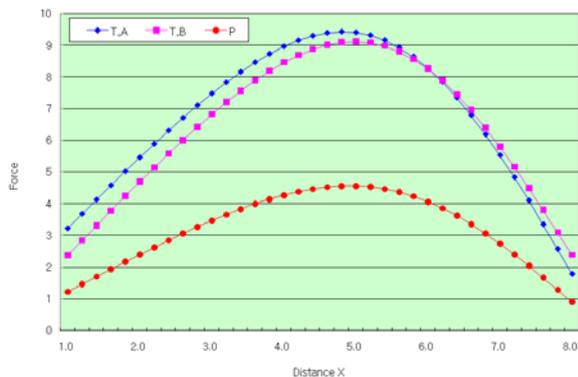


그림 4 토글의 위치에 따른 제어력의 변화

표 1과 2는 감쇠계수와 감쇠비계수의 변화에 따른 건물의 감쇠비의 변화를 나타내었다. 감쇠비계수를 변화시키면 좀 더 효율적인 진동제어 시스템을 구성할 수 있음을 알 수 있다. 또한 감쇠기의 작은 용량으로도 충분한 감쇠비를 얻을 수 있음을 알 수 있다. 또한 처음 구조물의 감쇠비를 2%로 가정하였으며 목표 감쇠비를 6%이상으로 하였으며 충분히 목표치에 도달할 수 있음을 알 수 있었다.

표 1 X방향 진동제어효과 비교

Model	Return Period (Year)			Damping Ratio
	10(0.47m)	100(1.1m)	1000(1.4m)	
Without Damper	0.77m	1.23m	1.96m	2.0%
Cd=15,000tonf/sec/m, α=1.0	0.22m	0.35m	0.55m	10.7%
Cd= 2,500tonf/sec/m, α=0.7	0.17m	0.30m	0.54m	10.7%
Cd= 800tonf/sec/m, α=0.5	0.20m	0.39m	0.73m	9.7%

표 2 Y방향 진동제어효과 비교

Model	Return Period (Year)			Damping Ratio
	10(0.27m)	100(1.1m)	1000(1.4m)	
Without Damper	0.39m	0.62m	0.98m	2.0%
Cd=15,000tonf/sec/m, α=1.0	0.12m	0.20m	0.32m	5.4%
Cd= 2,500tonf/sec/m, α=0.7	0.13m	0.23m	0.39m	5.7%
Cd= 800tonf/sec/m, α=0.5	0.13m	0.24m	0.44m	5.3%

4. 결 론

토글댐퍼 시스템은 댐퍼를 적용하고자 할때 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 초고층건물의 연결부분에 메가 토글을 적용하였을 경우 진동감쇠효과가 매우 높음을 확인할 수 있었다. 초고층 건물이 여러 개의 타워로 설계되는 경우에는 타워간의 연결부분에 메가 토글 시스템을 적용하면 여러 층에 걸친 응답의 증폭효과로 인하여 진동 감쇠성능을 높일 수 있을 것이다. 댐퍼의 비선형 특성으로 인한 응답이 예민하므로 신중히 고려해서 적용하여야 할 것이다