

풍지진 동시제어가 가능한 복합제진댐퍼

Hybrid Damper System for Wind and Seismic Response Control



김 지 영*
Kim, Ji-Young



김 도 현**
Kim, Do-Hyun



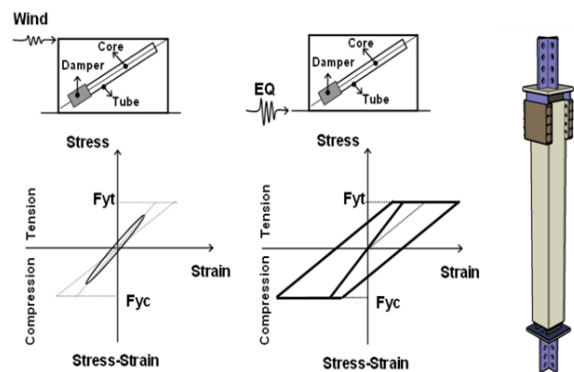
백 기 현***
Baek, Ki-Hyun

1. 서론

최근 세장비가 큰 초고층 건축물이 많이 건설되고 있어, 이와 같은 건축물은 진동에 의하여 큰 영향을 받기 때문에 바람이나 지진 등 다양한 진동에 대응하는 제진장치가 요구된다. 기존의 제진장치를 이용한 구조설계는 진동원의 종류에 따라 제진장치를 별로 설치하는 것이 일반적이어서 이에 따른 비용의 증가와 건축 계획상의 설치위치 제약 등이 문제로 지적되고 있다.

이러한 문제를 개선하기 위하여 하나의 제진장치로 바람이나 지진으로 인한 진동 에너지를 소산할 수 있도록 개발된 복합댐퍼가 최근 국내외에 개발되고 있다. 국내에서 <그림 1>과 같이 내진성능이 우수한 대표적인 이력댐퍼인 비좌굴가새에 풍하중에서 거동할 수 있도록 점탄성 댐퍼를 결합한 하이브리드 비좌굴가새가 개발되었다. 또한 해외에는 <그림 2>

와 같이 구조물에 많은 하중이 집중되는 아웃리거 부분에 점성이 큰 점성댐퍼를 설치하여, 풍하중과 지진하중을 저감하는 아웃리거 댐퍼시스템이 개발되었다. 하지만 앞서 소개한 복합댐퍼는 구조계획상 가새시스템이나 아웃리거 시스템이 있는 경우에만 적용된다는 단점이 있다.



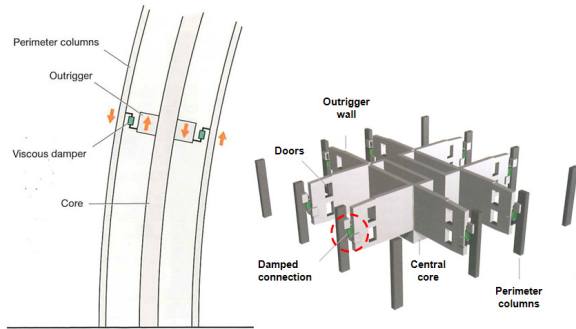
<그림 1> 하이브리드 비좌굴가새 개념 및 형상

따라서 하나의 장치를 이용하여 바람과 지진하중에 의한 진동을 저감하면서, 기존의 적용성 한계를 극복하기 위하여 <그림 3>과 같이 연결보에 설치하

* 정회원·(주)대우건설 기술연구원 책임연구원
** 정회원·경기과학기술대학교 건축인테리어과 조교수
*** 정회원·(주)대우건설 기술연구원 수석연구원

가능한 인방형 복합댐퍼를 (주)대우건설, SH공사, (주)DRB동일이 공동개발하였다. 이 기술은 “고감쇠 고무 및 강재를 이용한 스텝알고리즘형 풍지진 복합 제진댐퍼 기술”로 방재신기술로 지정되었다. 이 복합댐퍼는 건축계획상 공간제한을 받지 않는 연결보 부분에 설치가능한 복합제진시스템으로 바람과 지진에 모두 대응할 수 있도록 고감쇠 고무와 강진에서만 작동하도록 고안된 강재가 결합된 새로운 형상의 복합제진시스템(Hybrid vibration Controlling, Absorbing and Lessening Measure System, 이하 HY-CALM System)이다.

본고에서는 HY-CALM 시스템의 작동메커니즘 구성원리, 실험적 검증과정 및 현장적용을 소개하고자 한다.



〈그림 2〉 아웃리저 댐퍼시스템 개념 및 설치위치

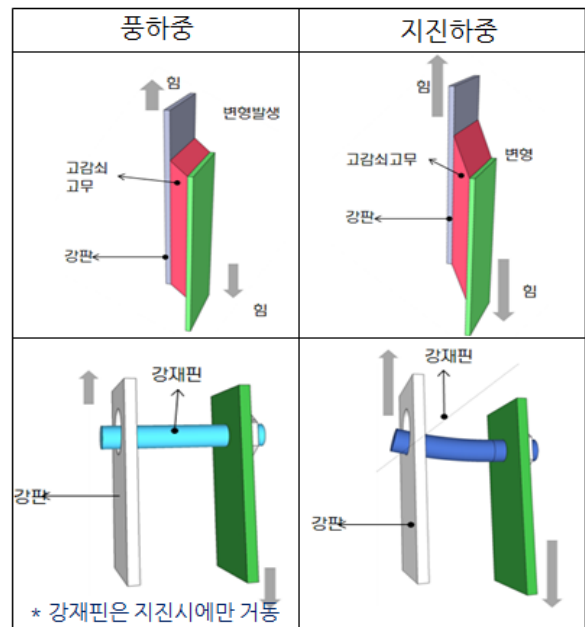


〈그림 3〉 연결보형 복합댐퍼 효과

2. HY-CALM 시스템 개념

HY-CALM 시스템은 고감쇠고무를 이용한 점탄

성댐퍼와 강재핀을 이용한 이력댐퍼의 조합으로 구성된다. 〈그림 4〉와 같이 고감쇠고무는 내부 철판 사이에 배치되어, 연결보 부재축과 직각방향 거동에 대하여 전단거동이 발생하여 에너지를 소산시킨다. 또한 강재핀은 고감쇠고무 상하부에 설치되어, 강재핀과 내부강판과의 갭(3mm~4mm)을 초과하는 영역에서 작동하기 시작한다. HY-CALM 시스템이 복합댐퍼로 거동할 수 있는 핵심메커니즘은 핀-락(Pin-Lock)거동이다.



〈그림 4〉 HY-CALM 거동 메커니즘

따라서 사용성 풍하중 영역에서는 강재핀과 내부판 홀 사이의 갭보다 작은 변위발생되어 고감쇠고무만 거동한다. 반면 지진하중과 같이 변형이 커져 강재핀과 내부판 홀 사이의 갭을 크게 초과하는 경우 강재핀이 내부강판에 닿는 순간부터 강재핀에 변형이 도입되며 고감쇠고무와 함께 강재핀이 거동한다.

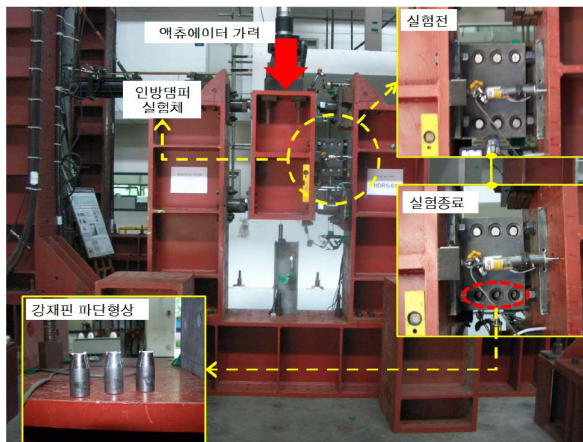
3. HY-CALM 장치 성능실험

핀-락 작동여부에 따른 거동의 차이를 분석하기 위하여 실험체는 150mm×190mm×6mm 고감쇠고무를 세 장을 사용하였고, 강재핀은 직경 27mm, 소

성구간 직경은 20mm를 6개 사용하였다. 또한 외측 판의 구멍크기를 34mm로 하여, 전체 겹의 크기는 7mm로 하였다. 실험체는 메커니즘 발생 및 등가감쇠율 평가를 위하여 300mm×300mm×300mm의 크기로 강재된 수량, 고감쇠고무 두께, 가력진동수 등을 실험변수로 반복가력시험을 수행하였다.

3.1 실험계획

실험체 세팅은 <그림 5>와 같이 댐퍼직각방향으로 가력하였다. 실험체 가력프로그램은 핀-락거동 전후로 구분하였다. 핀-락 발생전에는 고감쇠고무만 거동하므로 고감쇠고무의 성능을 검증하기 위하여 하나의 진폭(고무두께 10%~50%)에 대하여 가력주파수(0.167Hz~2.0Hz)를 달리하여 각 10회씩 정현파를 사용하여 총 50~60회씩 가력하였다. 또한 핀-락 발생이후에는 강재의 비탄성거동을 분석하기 위하여 진폭은 고감쇠고무 두께의 정수배로 증가시켜 10회씩 가력하였다.



<그림 5> 장치실험 세팅도 및 파괴모드

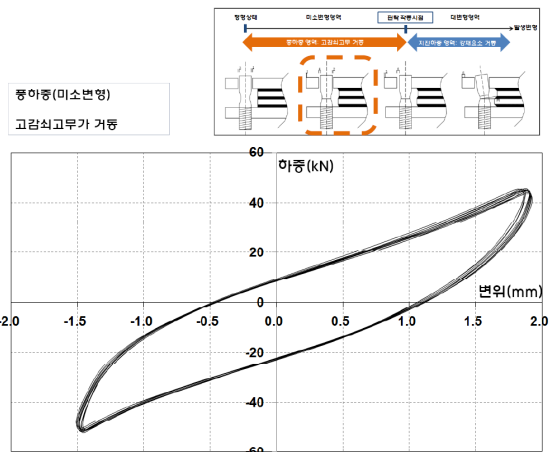
3.2 핀-락 발생전 거동

고감쇠고무의 주파수 의존성을 분석하기 위하여 핀-락 발생전 이력거동 중 가력진폭이 가장 큰 ±3mm에 대하여 <표 1>과 같이 변위, 하중, 평균강성을 비교하였다. 연속가력시 평균전단강성은 가력주파수 0.167Hz 대비 0.5Hz에서 최대 12% 작게 나

타났다. 강성저감현상은 1.0Hz를 제외하고 주파수가 증가될수록 감소되는 양상을 보이고 있다. <그림 6>과 같이 풍하중 상태인 핀-락 발생이전에는 오진 고감쇠고무만 작동하여 점탄성댐퍼로 작동함을 알 수 있다.

<표 1> 장치실험체 실험결과(핀-락 발생전)

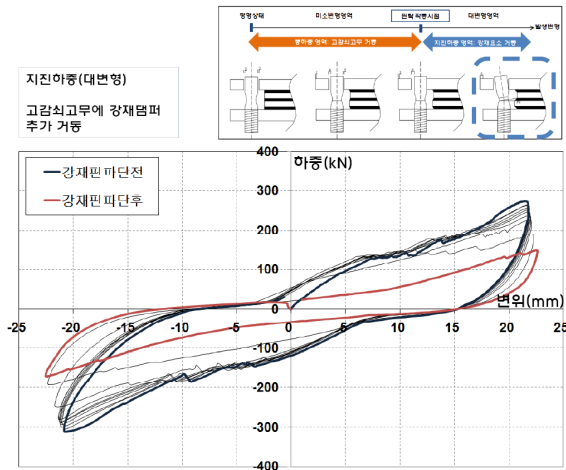
	변위(mm)		힘(kN)		평균강성(kN/mm)
	최대	최소	최대	최소	
0.167Hz (6sec)	2.690	-2.665	46.8	-53.4	18.7
0.25Hz (4sec)	2.685	-2.645	44.8	-50.4	17.9
0.33Hz (3sec)	2.715	-2.665	42.6	-49.8	17.2
0.5Hz (2sec)	2.715	-2.680	40.8	-47.7	16.4
1.0Hz (1sec)	2.640	-2.615	42.6	-49.8	17.6
평균	2.689	-2.654	43.5	-50.2	17.5



<그림 6> 핀-락 발생이전 실험체 이력곡선

3.3 핀-락 발생후 거동

핀-락 발생후 거동을 분석하기 위하여, <그림 5>와 같이 강재편이 6개가 적용된 실험체 결과를 분석하였다. <그림 7>과 같이 실험결과 가력변위로 고감쇠고무 두께의 400%를 가력한 단계에서 강재편이 순차적으로 파단되면서 최대내력이 274.9kN에서 145.75kN으로 단계적으로 저감하였다. 강재편이 모두 파단된 이후에는 고감쇠고무만으로 추가적인 내력 저하없이 안정적인 고감쇠고무의 거동이 확보되었다.



〈그림 7〉 핀-락 발생이후 실험체 이력곡선

4. 현장적용

4.1 현장개요

수원 주상복합건물은 109.5m 높이의 고층주거건물이며 북수원 중심지인 인계동의 관문에 건설되는 스카이라이프지로 연결된 트윈타워로, 새로운 랜드마크이다(〈그림 8〉).



〈그림 8〉 적용현장 조감도

4.2 적용목적

수원 주상복합건물의 경우 한 동에 93개의 HY-CALM시스템을 설치하여, 해석결과 풍진동 가속도를 방향별로 설치전 가속도 대비 최대 20%까지 저감시켜 거주성이 크게 향상될 것으로 예상된다. 또한 지진시 HY-CALM 시스템의 에너지 흡수를 통하여 설치전 대비 건물에 대한 구조안전성을 향상시켰다.

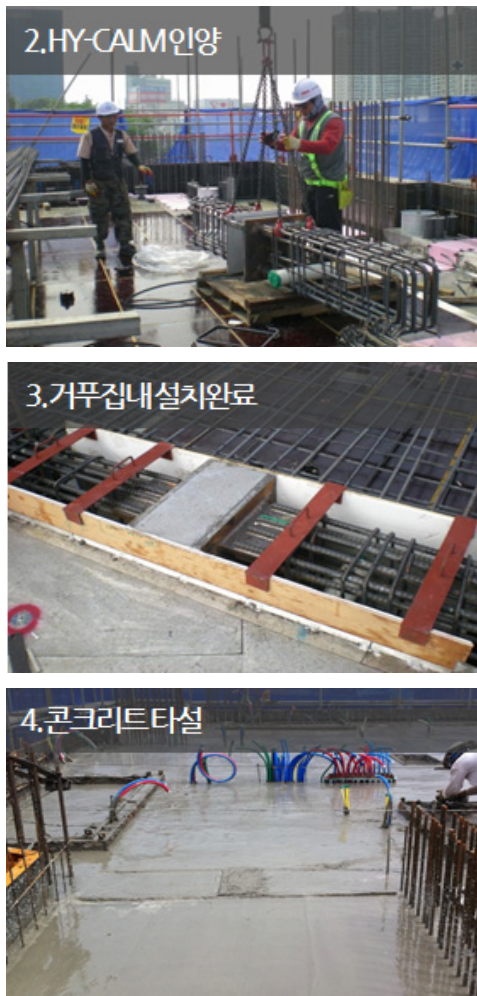
〈표 2〉 프로젝트 개요

공사명	수원 주상복합 신축공사
공사기간	2010.5 ~ 2012.12
용도	공동주택, 판매시설주거시설
규모	B4~34F, 2개동
대지면적	5,462m ²
연면적	36,595m ²
건폐/용적률	43.32%/398.63%
구조	철근콘크리트조
주요공법	고강도 콘크리트 복합제진댐퍼, 스카이라이프지

4.3 시공순서

복합제진댐퍼 시공순서는 기존 연결보 시공순서와 큰 차이가 없으나, 선조립공법으로 연결보내 철근배근작업은 없어 시공성이 우수하다. 〈그림 9〉는 시공순서로 해당층 벽체(철근+거푸집)와 슬래브 거푸집을 설치하고, 연결보에 복합제진댐퍼를 삽입한 후 슬래브 철근배근을 마무리하여 콘크리트를 타설하는 순서로 진행된다.





〈그림 9〉 복합제진댐퍼 시공순서

5. 결론

지금까지 하나의 장치로 풍하중과 지진하중에 사용가능한 복합댐퍼인 HY-CALM 시스템의 개념과 구조메커니즘을 설명하였고, 실험적 성능평가와 현장적용과정을 소개하였다.

HY-CALM 시스템은 본고의 사례 이외에 송도지역의 또 다른 초고층 건물에 적용이 완료되었다. 현재 개정중인 건축구조기준 적용시 풍하중에 의한 사용성 평가와 지진하중에 대한 성능설계 도입이 예상되며, 이러한 성능중심의 건축물 설계과정에서 HY-CALM의 많은 적용이 예상되고 있으며, 다각적인 방법으로 확대 적용할 예정이다.

References

1. 김도현, 주영규, 김명한, 성우기, 김상대, “하이브리드 비좌굴가새의 진동제어능력에 관한 실험적 연구”, 한국강구조학회 논문집, 2009, 21(1).
2. 양동기, 이진호, “수원 인계동 주상복합 신축공사”, 한국건축시공학회지, Vol. 12, 2012, pp. 21-25.
3. D.H.Kim, J.Y.Kim, I.H.Ha, D.Y.Kim, “Evaluation on Structural Performance of Hybrid Damper”, 2nd International Conference on Computational Design in Engineering, 2012, p. 93.
4. Rob J. Smith and Michael R. Willford, “The Damped Outrigger Concept for Tall Buildings”, The structural Design of Tall and Special Buildings, 2007, Vol. 16, pp. 501~517.