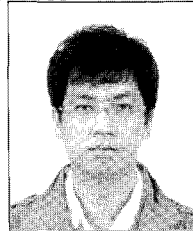
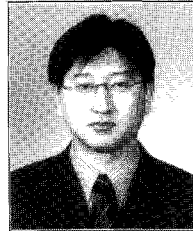


제진시스템 소개 및 제진 건축물 설계사례

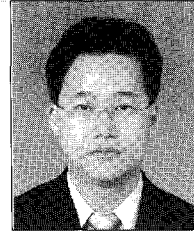
Introduction of Damping System and Design Examples of Damped Structures



박진화*



김영주**



안태상***

* DRB동일 면진제진기술연구소 책임연구원
 ** DRB동일 면진제진기술연구소 수석연구원
 *** DRB동일 면진제진기술연구소 소장

1. 서론

최근 세계적으로 대지진 발생에 따른 피해사례를 많이 접하게 되는데, 이러한 지진은 그 예측이 어려워 사전 대책 수립이 곤란하며, 일단 대지진이 발생하면 인명 및 재산피해 또한 막대하다. 보통 지진은 지진 다발지역인 판의 경계 부위 지진대에서 주로 발생하고 있으나, 사실은 지구표면 어디에서나 발생할 수 있다는 것이 지진학자들의 일반적인 견해이다.

국내의 경우도 통상 지진이 발생하지 않는 것으로 인식

되어왔으나, 사실 중소 지진들은 과거부터 현재까지 발생하고 있었으며, 그림 1에서와 같이 최근 뚜렷한 증가세를 보이고 있다. 이러한 지진에 대비하기 위해 국내에서는 1988년 내진설계를 도입하였으며, 표 1에서 나타난 바와 같이 최근 내진설계기준은 점차 강화되고 있는 실정이다.

기존의 내진설계는 지진발생 시 광범위한 재해를 방지하기 위해 횡력저항시스템을 규정하고, 요구 연성도에 따라 밀면전단력과 배근상세를 정하는 하중기반설계를 기반으로 하고 있다. 그러나 이러한 설계법은 실제 노스리지(1994), 고베(1995) 지진 등의 경험을 통해 비경제적인 설계

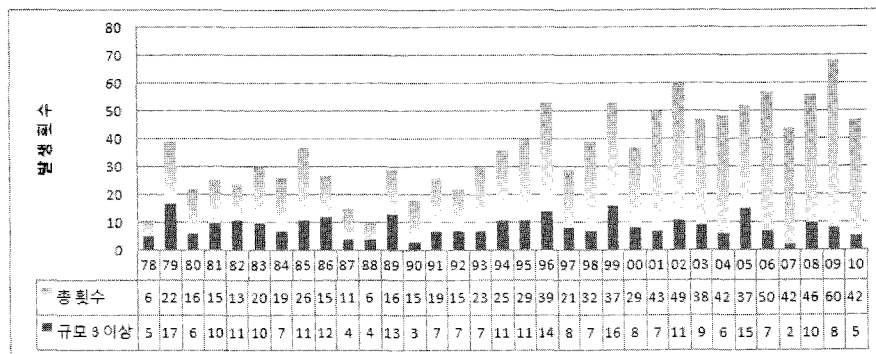


그림 1 국내 지진발생 연도별 현황(출처 : 기상청)

표 1 국내 내진설계기준 변화

개정년도	기준	내용
1962	건축법 제정	구조계산 시 지진에 대하여 검토하도록 하였으나, 구체적 기준 없음
1988	내진기준 최초도입	내진설계 계산 기준을 구체적으로 정함 (미국의 ATC 3-06기준을 적용) 6층 이상 건물에 전면적용, 아파트 2등급으로 분류, 지진규모 5.0대비
2000	내진기준 1차 개정	내진설계기준 부분개정 5층이상 건물, 15층 이상 아파트를 특등급으로 상향분류
2005	내진기준 2차 개정	건축구조설계기준(Korean Building Code) 제정 3층 이상 연면적 1,000㎡이상, 지진하중 상향 조정, 지진규모 6.2대비
2008	내진기준 3차 개정	건축구조설계기준(Korean Building Code) 개정 상세 지진재해도 채용, 내진설계범주 'D'에 대한 시스템 제한과 높이제한 설정

혹은 요구성능을 만족시키지 못하는 등 구조물에 동일한 구조안전성을 부여하지 못하는 것으로 나타났다. 최근 이러한 전통적인 내진설계의 문제점을 보완하기 위해서 선진국을 중심으로 강화되는 내진설계기준 하에서 건축물을 안전하고 경제적으로 설계하기 위하여, 지진하중에 대해 구조물의 적합한 성능평가에 의해 산정된 목표변위를 기준(Direct Displacement Based)으로 구조물을 평가하는 성능기반(Performance Based) 설계방법이 도입되고 있다. 이러한 설계방법의 변화에 따라서 최근 각광받고 있는 것이 제진설계이다. 제진설계는 내진설계와는 달리, 구조물에 인위적으로 손상을 집중시키는 부재(제진장치)를 건물 전체에 분포시켜 구조물에 안정성을 부여하는 개념으로, 지진이 빈번하게 발생하고 있는 미국, 일본을 중심으로 뉴질랜드, 중국, 일부 유럽국가 등 다수의 국가에서 활발히 연구가 진행되어 다양한 제진설계 기법들이 개발되었다. 또한 이를 실제 건물에 적용하기 위해 법규 및 규범들이 제도적으로 정비되어 있고, 이를 바탕으로 제진댐퍼가 건물에 반영된 사례들이 점차 늘어가고 있는 실정이다.

본 고에서는 이러한 제진댐퍼 중에서 중층규모 구조물에 적합한 수동형 제진댐퍼의 특성에 대하여 살펴본 후 국내에서 적용된 구조물 설계사례를 중심으로 제진댐퍼의 효과를 구체적으로 설명하고자 한다.

2. 제진댐퍼 분류 및 특성

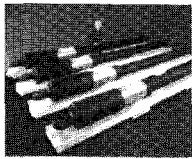
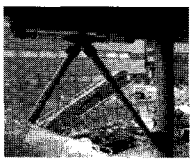

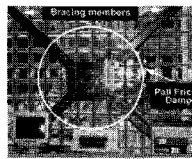


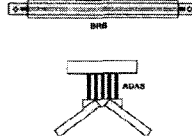

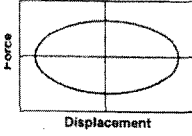
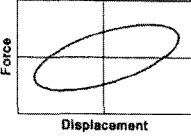
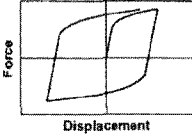
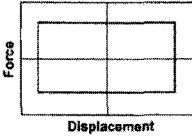
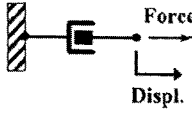
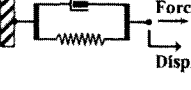
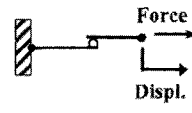
제진댐퍼의 종류는 매우 다양하며, 현재에도 새로운 설계개념, 새로운 물질을 이용한 제진댐퍼가 지속적으로 개발 적용되고 있다. 현재 널리 사용되고 있는 제진댐퍼는 진동제어 방식에 의해 능동형(Active)과 수동형(Passive)으로 분류되고 있다. 능동형의 경우, 외부에서 오는 진동과 이에 따른 구조물의 진동을 감지하는 기능을 구조물 자체에서

갖추고 구조물의 내부나 외부에서 구조물의 진동에 대응한 제어력을 가하여 구조물의 진동을 저감시키는 방법이다. 반면, 수동형은 건물에 부가적인 에너지소산장치를 설치하여 구조물의 감쇠성능을 향상함으로써 건물의 동적인 응답을 제어한다.

수동형 제진댐퍼 중 에너지 소산형 댐퍼가 현재 실무에서 가장 보편적으로 널리 사용되는 댐퍼로서 성능별, 재료별에 따라 그 종류가 다양하고, 변위 의존형(displacement-dependent) 댐퍼와 속도 의존형(velocity-dependent) 댐퍼로 나눌 수 있는데, 변위 의존형 댐퍼는 재료 사이의 마찰력이나 금속의 소성변형에 의한 에너지소산특성을 이용한 것으로 가새의 좌굴을 방지하여 안정된 이력거동을 하도록 제작한 좌굴방지가새(buckling-restrained braces, BRB)가 그 대표적인 예이다. 속도 의존형 댐퍼는 점성, 점탄성 물질이 변형할 때 열이 발생하며 진동에너지가 소산하는 특성을 이용한 것으로 소산되는 에너지는 속도에 비례하여 커지는 특성이 있다. 점성 댐퍼(viscous dampers) 또는 점탄성 댐퍼(viscoelastic dampers) 등이 건물이 주로 적용되고 있다.

변위 의존형 댐퍼 중 강재 댐퍼의 경우는 금속재료가 하중을 받아 탄소성 이력 거동을 할 때, 에너지를 소산할 수 있는 원리에 착안한 것이다. 대표적인 사례로 BRB 댐퍼와 ADAS 댐퍼(Added Damping and Stiffness Dampers)를 들 수 있다. 그 중 최근 비좌굴가새 또는 좌굴방지가새인 BRB 댐퍼는 중심부의 철골부재 주위를 강관과 콘크리트를 보강한 것으로, 기존 가새 골조와 달리 압축가새의 좌굴이 발생하지 않으므로 매우 안정적으로 많은 에너지를 소산시킬 수 있다. BRB 댐퍼가 설치된 건물은 강한 지진이 작용하여도 보나 기동에 소성현상이 발생하지 않으며, 모든 손상이 BRB 댐퍼에 집중하게 된다. 변위 의존형 장치의 또 다른 장치로, 마찰댐퍼를 들 수 있는데, 이는 두 개의 단단한 요소 표면에서 미끄러짐에 의해 발생하는 마찰력에 의해 에

표 2 수동형 제진댐퍼의 종류별 특징

구분	점성댐퍼	점탄성댐퍼	강재댐퍼	마찰댐퍼
형상				
설명	속도의존적인 점성유체를 사용하여 충격하중에 작용하는 진동에 의한 응답저감능력이 탁월함	속도의존적인 점성 물질의 에너지 흡수능력을 이용하여 지진 및 바람에너지를 소산시킴	연성이 뛰어난 강재의 소성에너지가 건물의 지진에너지를 소산시키도록 고안한 장치	안정적 거동을 하는 마찰재가 건물이 흡수해야 할 지진에너지를 마찰에너지로 소산시킴
개념도				
이력형상				
이력모델				
장점	작은 변위에서 거동 선형댐퍼, 이력모델 단순 진동수의존성 없음	작은 변위에서 거동 선형댐퍼 : 이력 모델 단순	안정적 이력거동, 장기간의 안정성 대기온도에 대한 성능변화무관 재료 및 거동특성이 실무자에 널리 알려짐	사이클당 에너지소산 매우 큼 대기온도에 대한 성능변화 무관
단점	사용액체 봉인유출 : 신뢰성 관련	제한적 변형성능, 온도의존성 있음 진동수 의존성 있음	지진후 장치손상 : 교체의 필요성 비선형 거동 : 비선형 해석 요구	큰 비선형 거동 : 교차모드 유발 및 비선형 해석요구

너지를 소산시킨다. 표 2는 수동형 제진댐퍼의 특징을 정리한 것이다.

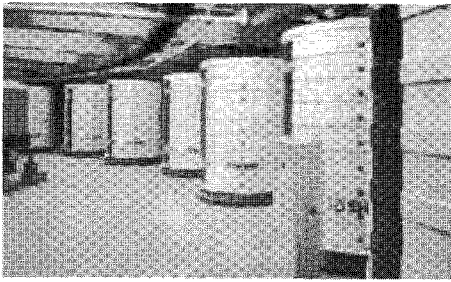
3. 제진댐퍼 적용현황

3.1 국외의 적용현황

국외의 경우 제진설계에 대한 역사가 국내보다 길고 실제 적용되는 건물의 수도 월등히 많기 때문에 다양한 재질과 다양한 형태를 갖는 제진댐퍼가 개발되어 실용화되고 있다. 지진 다발지역인 일본에서는 제진구조가 적용되기 시작한 단계에서는 수동형의 제진구조시스템이 주류를 이

루었으나, 1990년대에 접어들면서 능동형 제진구조가 일부 적용 되었다.

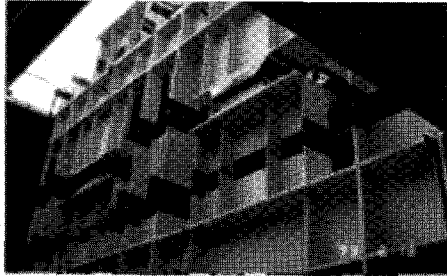
능동형 제진장치는 컴퓨터로 계산된 최적 제어력을 구조물에 가하여 진동을 제어하기 때문에 제어효율이 뛰어나지만, 수동형 제진장치에 비해 유지관리가 어렵고, 시스템의 적용에 따른 초기 제작비용 상승, 유지관리비 상승 및 지진발생 시에 제진댐퍼의 작동에 대한 신뢰성 문제 등을 이유로 적용사례가 제한적이다. 이러한 이유로 지진 발생시 손상이 제진장치에 집중되어 이후 쉽게 교체가 가능하고 구조물의 관리 및 보수보강에 용이한 에너지 소산형 수동형 댐퍼가 널리 사용되고 있고, 적용사례도 늘어나고 있다.



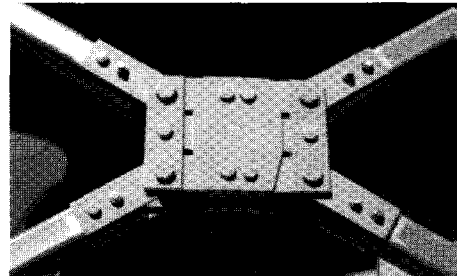
(a) 신요코하마 프린스호텔에 설치된 동조질량댐퍼(TLD)



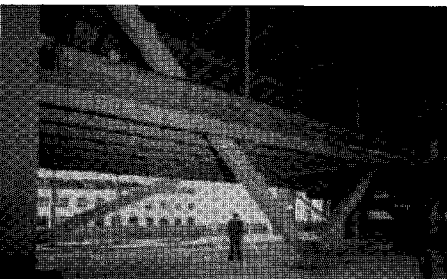
(b) New Pacific Northwest Baseball Park에 설치된 점성유체댐퍼



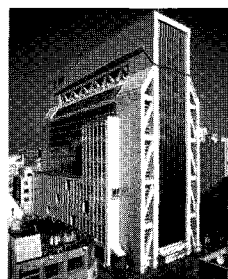
(c) 일본 건물의 기둥 사이에 설치된 점성댐퍼



(d) Patient Tower에 설치된 흑연소재의 마찰댐퍼 (철근콘크리트 전단벽식 14층 구조)



(e) Osaka Convention Center에 설치된 BRB



(f) 일본 건물에 설치된 BRB

그림 2 해외 건물에 적용된 제진댐퍼

3.2 국내의 적용현황

국내에 제진시스템이 본격적으로 도입된 것은 2000년 이후로, 적용된 제진시스템의 종류뿐만 아니라 사례도 제한적이다. 수십여 년 전부터 연구를 시작한 해외에 비하면 그 기간은 짧지만, 지속적인 관심과 연구로 현재는 실험실 수준의 검증단계를 지나 실구조물에 적용하는 단계에 이르렀으며 그 활용이 더욱 확대되고 있다.

표 3은 국내에 적용된 제진장치 사례를 정리한 것으로서, 적용건물 및 위치, 제진장치 유형 및 설치연도를 나타낸다. 갤러리아 팰리스는 주거용 건물로는 국내 최초로 제진장치를 적용하였으며 속도의존형 장치의 일종인 점탄성 댐퍼를 사용하였다. 국내에 적용된 제진시스템은 수동형 진동제어 시스템 중에서도 가장 보편적인 강재 댐퍼가 주로 적용되었으며, 일부의 초고층 건물에 TMD(Tuned Mass

Damper), TLD(Tuned Liquid Damper) 등의 동조감쇠기가 적용되었다. 외부전원 장치에 의해 구동되는 능동형 진동제어 시스템은 아직 적용된 사례가 거의 없는 것이 현실이다.

표 3과 같이 2009년 이전까지 국내 건물에 제진장치를 적용한 사례는 극히 제한적으로, 이는 제진댐퍼가 시공하기가 번거롭고 브레이스 혹은 벽체의 신설이 어려운 국내 건축 여건이 주요한 원인으로 보인다. 또한 신축설계 시 국내에서 주로 적용한 강재댐퍼는 가새형태로 설치하기 때문에 시공성이 떨어져 리모델링 공사와 같이 내진보강이 필수적인 경우와 철골구조물 신축공사 이외에는 제진댐퍼의 적용이 기피되었다.

2009년 이후에 들어서는 구조물에서는 이러한 제진댐퍼의 단점을 보완하고 국내 공동주택에 적합한 형태인 인방보에 적용이 가능한 제진댐퍼(그림 4)가 개발되어 점차적으로 적용이 확대되고 있다. 또한 그림 5와 같이 관공서 구

표 3 제진댐퍼가 적용된 국내 건물 사례

구분	건물명	소재지	제진장치 유형	연도	비고
1	인천국제공항관제탑	인천광역시	HMD	1999	100.4m
2	양양국제공항 관제탑	강원도	TMD	2000	80.1m
3	갤러리아 팰리스	서울특별시	VED	2003	46층
4	제2진도대교 상판	전라남도	TMD	2004	가설단계
5	제2진도대교 주탑	전라남도	슬라이딩블록	2004	가설단계
6	센텀 임페리얼 신축공사	부산광역시	TMD	2004	
7	아크리스백화점	서울특별시	강재이력(EaSy)	2004	리모델링
8	POSCO API 센터	경상북도	강재이력(EaSy)	2005	
9	제일모직 의왕연구소	경기도	강재이력(EaSy)	2005	
10	삼성 SDI 천안복지관	경기도	강재이력(EaSy)	2006	
11	북대구 KT	대구광역시	강재이력(EaSy)	2006	리모델링
12	센텀 임페리얼	부산광역시	강재이력(EaSy)	2008	신축공사
13	타워호텔 리모델링	서울특별시	강재이력(EaSy)	2009	리모델링
14	당산동 평화아파트 리모델링 공사	서울특별시	강재이력(EaSy)	2009	리모델링
15	도곡동 동신아파트 리모델링 공사	서울특별시	강재이력(EaSy)	2010	리모델링
16	남양주 별내동 쌍용예가 신축공사	경기도	인방보형 댐퍼(SS Damper)	2010	신축공사
17	현대홈쇼핑 리모델링 공사	서울특별시	강재이력(EaSy)	2011	리모델링
18	광교에듀타운 A13, 14, 15BL 신축공사	경기도	인방보형 댐퍼(SS Damper)	2011	신축공사
19	포항체육관 신축공사	경상북도	강재이력(EaSy)	2011	신축공사
20	코오롱 더 프라이 2차 신축공사	인천광역시	인방보형 댐퍼(SF Damper)	2011	신축공사
21	목동 시프트 신축공사	서울특별시	인방보형 댐퍼(SF Damper)	2011	신축공사
22	부산 우동 자이 신축공사	부산광역시	인방보형 댐퍼(GSF Damper)	2011	신축공사
23	용효5공동주택건립공사	부산광역시	인방보형 댐퍼(SS Damper)	2011	신축공사
24	부산 장전동 아파트 신축공사	부산광역시	인방보형 댐퍼(SS Damper)	2011	신축공사

조물 특히 학교구조물 내진보강에도 제진댐퍼 적용이 활발히 이루어지고 있다.

4. 제진댐퍼 적용사례

본 절에서는 다양한 건축물 중에서 신축예정인 공동주택과 내진보강 리모델링이 요구되는 학교를 중심으로 해석결과를 간단히 기술하였다.

4.1 공동주택 구조물

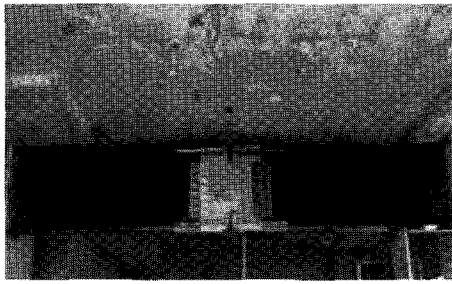
4.1.1 구조물 개요

인방댐퍼의 일종인 GSF 제진댐퍼를 적용한 신축 예정인 공동주택 구조물의 개요 및 형상은 표 4 및 그림 6과 같다.

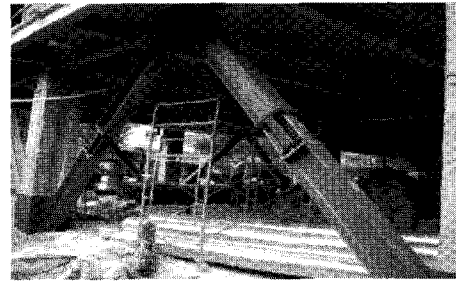
4.1.2 제진댐퍼 개요

본 예제 구조물에 적용한 제진댐퍼는 그림 7과 같이 인방보의 전단변형 특성을 응용하여 개발된 GSF 제진댐퍼(그림 4 참조)를 사용하였다. 이 제진댐퍼의 경우,

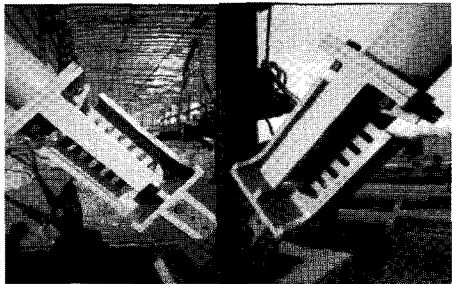
- 연속된 전단벽으로 외력을 지지하는 구조적 특성
- 리모델링 시 공간구성이 자유로운 가변성 구현
- 마찰패드 사용에 따른 지진에너지 흡수 극대화 등의 제반사항을 고려하여 인방보형 마찰형태로 개발된 제진댐퍼이다. 본 제진댐퍼는 기존의 일반적인 마찰형 제진댐퍼에서 문제점으로 지적되고 있는 시간변화에 따른 마찰력의 극대화와 저하를 방지하기 위하여 그림 8과 같이,
 - 미끄럼 방지용 유닛 홈
 - 2개 토크 입력용 고력볼트 사용에 의한 축력 균일 적용
 - 경도와 내구성을 증대시킨 단위 마찰패드 개발
 - 스테인레스 판재를 사용한 마찰면



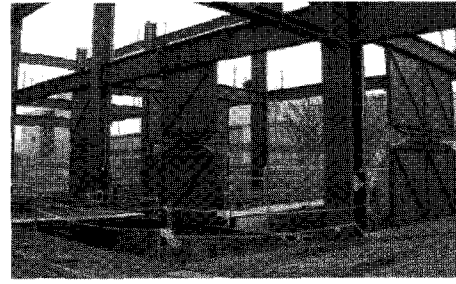
(a) 갤러리아 팰리스에 설치된 점탄성 댐퍼



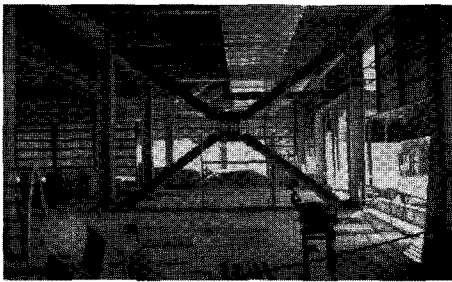
(b) 아크리스 백화점에 설치된 강제댐퍼



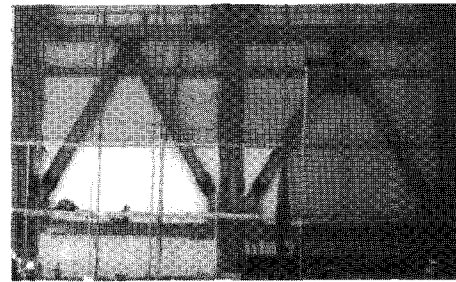
(c) POSCO API 연구센터에 설치된 강제댐퍼



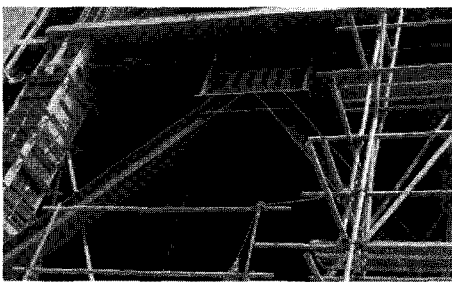
(d) 제일모직 의왕 연구소에 설치된 강제댐퍼



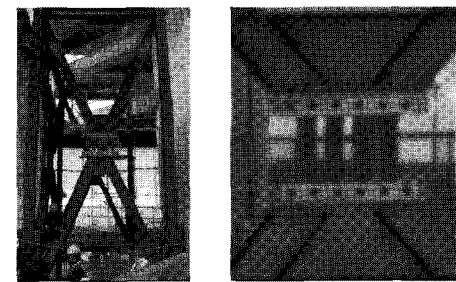
(e) 삼성 SDI 천안 복지관에 설치된 강제댐퍼



(f) 북대구 KT 건물에 설치된 강제댐퍼

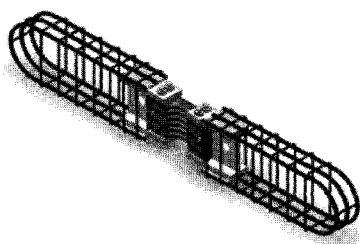


(g) 센텀 임페리얼에 설치된 강제댐퍼

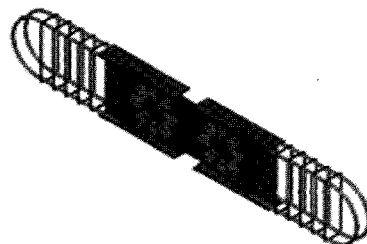


(h) 타워호텔에 설치된 강제댐퍼

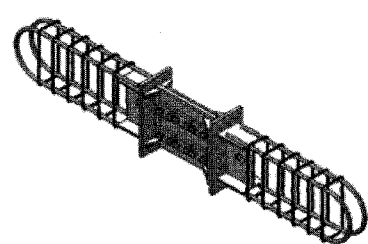
그림 3 2009년 이전 국내 건물에 적용된 제진댐퍼



(a) SS 제진댐퍼 형상

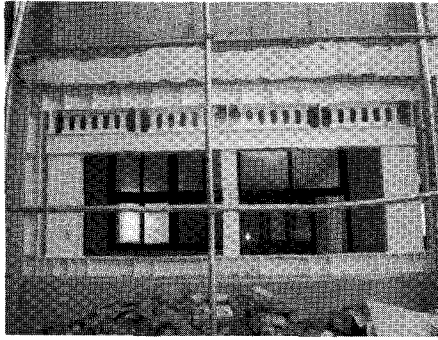


(b) SF 제진댐퍼 형상

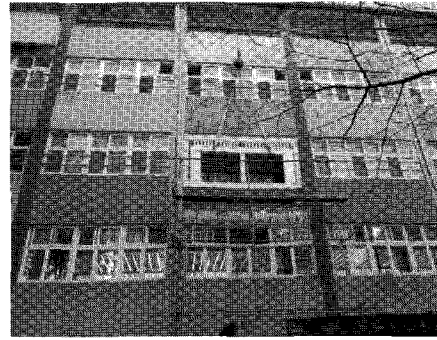


(c) GSF 제진댐퍼 형상

그림 4 인방보형 제진댐퍼 예



(a) 창호형 댐퍼 시공전경



(b) 00초등학교에 설치된 창호형 댐퍼



(c) 창호형 댐퍼 보강 완료 전경



(d) 00초등학교에 설치된 SSF 댐퍼

그림 5 학교 구조물 내진보강에 적용된 제진댐퍼 사례

등 네 가지의 구성요소를 사용하고 있다.

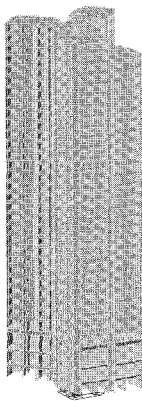
제진댐퍼의 배치는 구조 벽체의 평면배치를 고려하여 그림 7과 같이 각 층당 4개를 대칭으로 설치하였다.

4.1.3 해석결과

본 구조물의 내진설계기준인 KBC2005에 따르면, 지진동

표 4 공동주택 구조물 개요

구분	내용
공사명	00 주택재개발 공동주택 신축공사
대지위치	서울시
건물용도	공동주택(아파트) 및 부대복리시설
구조형식	내력벽 시스템 - 철근 콘크리트 전단벽
건물규모	지하3층 지상31층
건물적용기준	KBC2005



(a) 공동주택 구조물 형상



(b) 구조물 평면도 및 제진댐퍼 배치도

그림 6 구조물 형상 및 댐퍼배치도

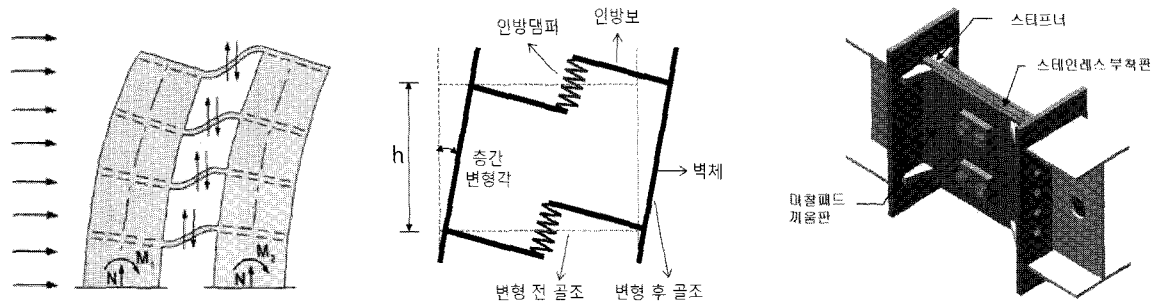
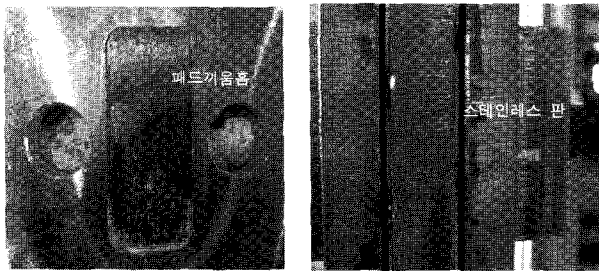
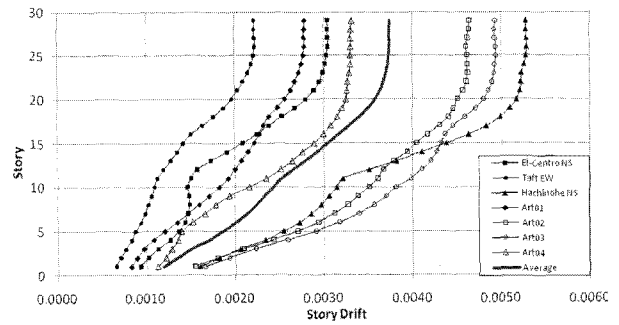


그림 7 GSF 제진댐퍼 작동원리 및 형상

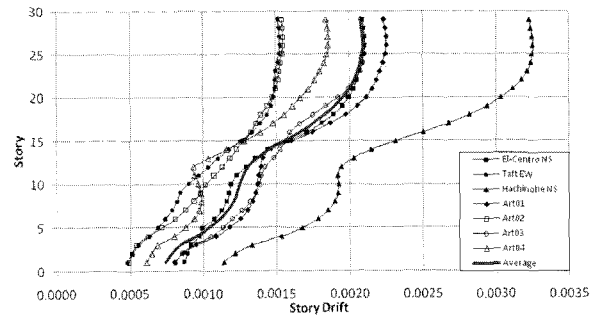


(a) 패드끼움, 양 고력볼트 (b) 마찰면 스테인레스 판

그림 8 마찰력 극대화 및 내구성 저하 방안



(a) X방향 층간변형각



(b) Y방향 층간변형각

그림 10 층간변형각

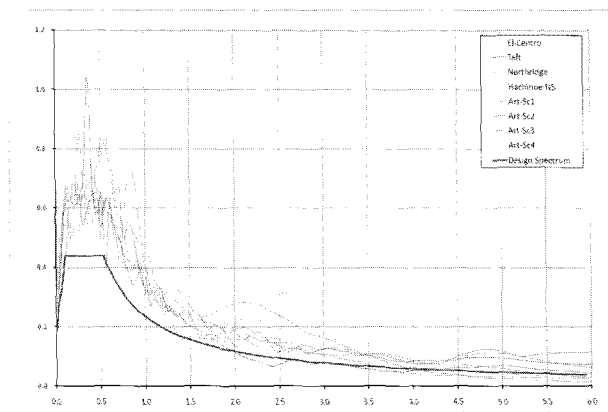


그림 9 해석에 사용된 지진파

을 받는 구조물 내의 힘과 변형을 해석하기 위한 보편적인 해석법으로는 등가정적해석법과 동적해석법(모드해석법), 시간이력해석법 등이 있으며, 중요도에 따른 내진설계범주와 비정형성 등에 따라 등가정적해석법과 동적해석법을 적용토록 하고 있다.

본 구조물은 등가정적과 응답스펙트럼 해석법을 주로 사용하는 기존 내진설계와는 달리, 비선형거동에 따라 지진 에너지를 소산하는 제진댐퍼 특성 때문에 비선형시간이력 해석법을 적용하였고, 시간이력해석 시 선정된 지반운동은 KBC2005에 따라 선정된 7개의 지진파에 대하여 건축물 지

반조건(Sc 지반)을 고려하여 해석을 수행하였다.

대상건축물의 비선형특성을 고려한 상세해석모델에 대하여 비선형해석 프로그램인 Preform 3D를 사용하여 해석을 수행한 결과, 그림 10과 같이 층간변형각이 기준에서 정하고 있는 허용 층간변형각을 모두 만족하는 것으로 검토되었다.

4.2 관공서 구조물

4.2.1 구조물 개요

창호형 제진댐퍼를 적용한 내진보강 리모델링 00학교 구조물의 개요 및 형상은 표 5 및 그림 11과 같다.

표 5 00학교 구조물 개요

구 분	내 용
공 사 명	그린 스킴사업
대 지 위 치	전라남도
건 물 용 도	교육시설
구 조 형 식	철근콘크리트 보통모멘트 골조
건 물 규 모	지상3층
건물적용규준	KBC2009

4.2.2 제진댐퍼 개요

본 구조물에 적용한 제진댐퍼는 그림 12와 같이 구조물의 층간변형을 응용하여 일반 창호의 형태를 함으로서 외부경관을 극대화한 제진댐퍼를 사용하였다. 이 제진댐퍼의 경우,

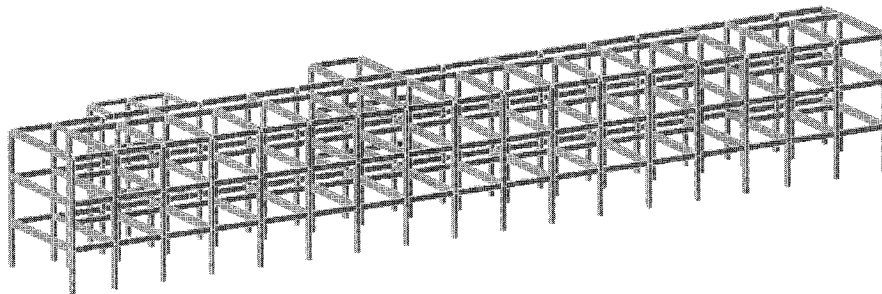
- 기동과 보에 매립 일체화되어 수평하중에 대해 뛰어난 지진에너지 흡수효과

- 일반 창호와 같은 형태로 설치 및 시공이 용이
- 창호의 형태로 창호에 대한 간섭이 채광 및 환기에 유리
- 설치 완료 후 특별한 유지관리가 없이 소성변형이나 파괴시 창댐퍼의 제거 및 교체용이

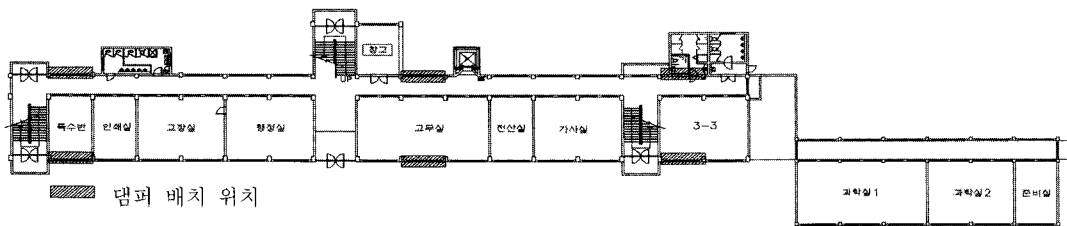
등의 특성을 갖고 있다. 제진댐퍼의 배치는 구조평면도 및 일반 조적벽의 평면배치를 고려하였다. 일반적으로 학교 구조물은 구조물 단변 방향으로 다수의 조적벽이 배치되어 조적벽이 내진성능을 향상시키고 있기 때문에 본 구조물에 대해서 그림 11과 같이 장변방향으로 각 층당 창호형 제진댐퍼 6개를 설치하였다.

4.2.3 해석결과

본 구조물 적용 내진설계기준인 KBC2009에 따라 대상건 축물의 지반조건(Sd 지반)에 적합하도록 14개의 지진파에 대하여 스케일을 조정한 후 사용하여 해석을 수행하였다.



(a) 00학교 구조물 형상



(b) 구조물 평면도 및 제진댐퍼 배치도

그림 11 구조물 형상 및 댐퍼배치도

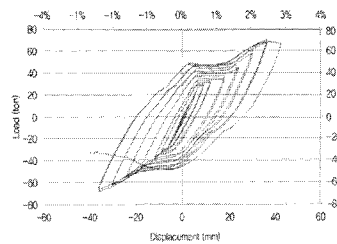
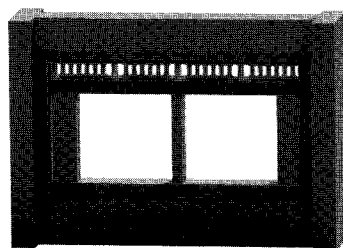


그림 12 창호형 제진댐퍼 형상 및 성능

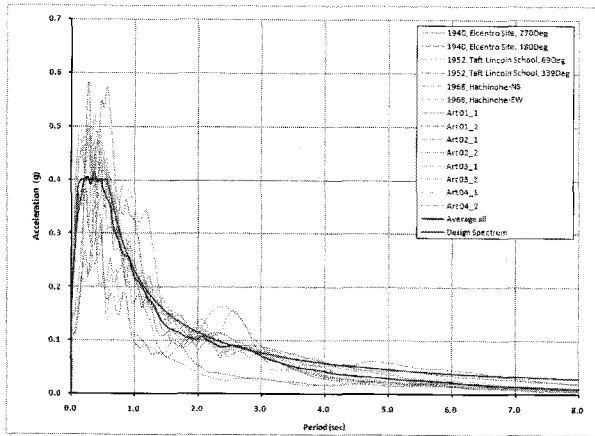
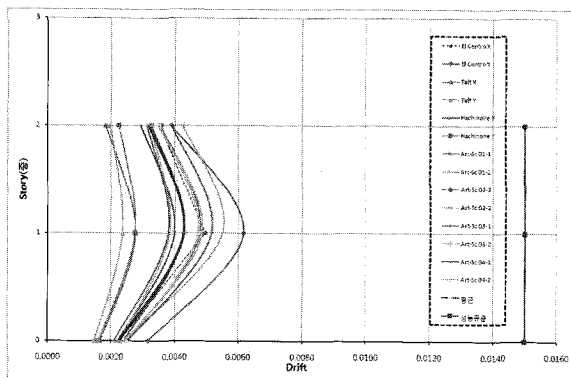
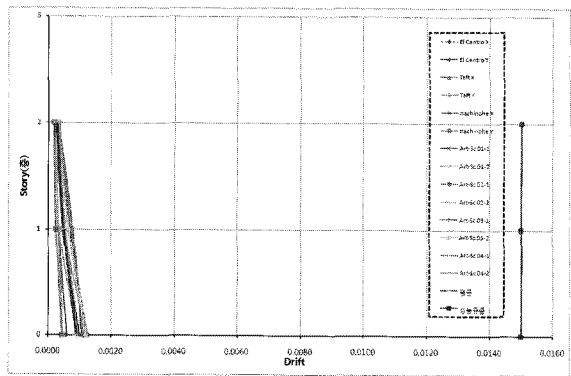


그림 13 해석에 사용된 지진파



(a) X방향 층간변형각



(b) Y방향 층간변형각

그림 14 기준 1.5배 세기 지진파에 대한 층간변형각

대상건축물의 재료 및 부재의 비선형특성이 정의된 상세 해석모델을 수립하여 비선형해석 프로그램인 Preform 3D를 사용하여 해석을 수행하였다. 구조물 성능검증서 본 구조물이 학교 구조물로 비상시 중요한 국가적 피난시설로 사용될 가능성이 높기 때문에 내진성능확보의 목표값을 규

준보다 1.5배 세기가 큰 지진파에 대하여 허용층간변형각 (1.5%)을 만족할 수 있도록 내진보강을 실시하였다. 구조물 비선형 시akai력 해석결과, 그림 14와 같이 층간변형각이 기준에서 정하고 있는 허용 층간변형각 허용값을 모두 만족하는 것으로 검토되었다.

5. 결 론

본 고에서는 제진댐퍼의 일반적인 사항 및 수동형 제진댐퍼의 대표적인 이력댐퍼인 강재댐퍼, 마찰댐퍼, 그리고 점성댐퍼, 점-탄성 댐퍼의 특성을 간략하게 기술하였다. 아울러, 제진장치의 국내외 적용사례를 살펴본 후, 제진댐퍼가 적용된 구조물 중에서 수동형 제진댐퍼가 적용된 일반 공동주택 구조물과 관공서(일반골조 내진보강 학교) 구조물을 사례로 하여 해석결과를 간단히 기술하였다.

현재, 빈번하게 발생하는 지진으로 인하여 전 세계적으로 다양한 제진댐퍼가 활발히 개발되고 있고, 국내의 경우도 점차 관련연구가 활발히 진행되고 있어 향후 제진장치의 구조물 적용 사례는 더욱 늘어날 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. Constantinou, M.C., Soong, T.T. and Dargush, G.F., 1998, "Passive Energy Dissipation Systems for Structural Design and Retrofit", MCEER Monograph No. 1, Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research, University at Buffalo, Buffalo, New York.
2. Constantin Christopoulos, 2006, "Principles of Passive Supplemental Damping And Seismic Isolation", IUSS press.
3. ASCE STANDARD, 2005, "Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures (ASCE 7-05)"
4. 김진구, "건축 구조물의 면진 및 제진기술", 대한건축학회지, v.48, n.8, 2004
5. 대한주택공사 주택도시연구원, "소규모 건축물 내진보강", 2006
6. 김영주, 안태상, 이창환, 김상대, "마찰형 댐퍼가 있는 RC 구조물에 관한 실험적 연구", 한국방재학회지, 2011

[담당 : 고동우, 편집위원]