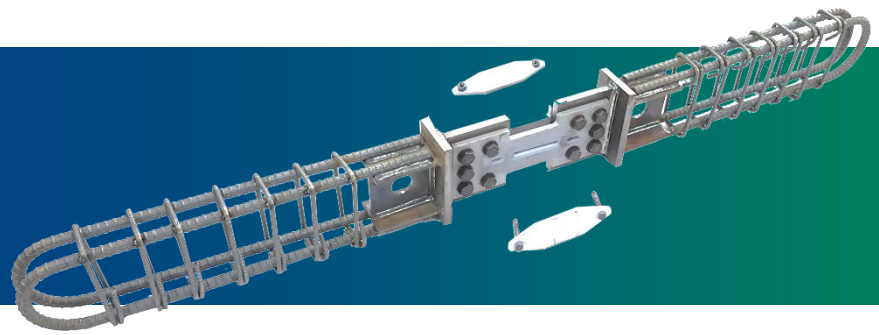
리코이엔씨(주)
Reeco
Engineering & construction



인방보형 강재슬릿댐퍼 제진시스템

Lintel Type Slit Damper



리코이엔씨(주) · 부산광역시 금정구 금샘로 398 재영빌딩2층 · T)051-523-3088 · F)051-523-3089 · reeco@reeco.co.kr

리코이엔씨(주)
Reeco
Engineering & construction

For your Safety
고객의 안전을 지키는기업

리코이엔씨㈜는
친환경적인 보수·보강 공법으로 고객의 안전을 보장합니다.

리코이엔씨㈜는 1985년 창립 이후 콘크리트 구조물 유지관리 보수보강 분야에 진출하여 다양한 선진기술을 습득하고, 이를 통하여 끊임없는 신소재 및 신기술개발 및 고품질의 시공을 통하여 신축현장은 물론, 시설물 유지관리 보수보강 전문기업의 자긍심을 바탕으로 최선을 다하고 있습니다.

기업이념 Philosophy

고객의 꿈을 현실로 실현시켜 삶의 질을 보다 더 윤택하고 안전하도록 하는데에 리코이엔씨의 이상이 있습니다. 리코이엔씨를 통하여 새로운 세상을 건설하고, 보다 더 나은 행복을 공유하여 행복도시 건설을 이룩하겠습니다.

비젼 Vision

고객의 안전을 지키는 기업!
외형으로 성장하는 회사보다는 독창적인 기술력으로 내형을 다져 변화에 두려워 하지 않는 기업을 이룩하겠습니다.
리코이엔씨㈜는 산학협력 및 인재양성에 주력하여 국내외 시장에 진취적으로 대응하고, 기업 그리고 고객의 안전을 통하여 21C 최고의 보수보강업체로 성장할 것입니다.

사업자등록증



사 업 자 등 록 증
(법인사업자)
등록번호 : 618-81-14658

법인명(단체명) : 리코이엔씨주식회사
대 표 자 : 손승열

개 업 연 월 일 : 1985 년 09 월 01 일 법인등록번호 : 184511-0001418
사업장 소재지 : 부산광역시 금정구 금샘로 398(구서동, 재영빌딩 2층)

본 점 소 재 지 : 부산광역시 금정구 금샘로 398(구서동, 재영빌딩 2층)

사 업 의 종 류 : 업태 건설업 / 제조 / 건설 / 도매 / 서비스
종목 시설물유지관리공사 / 강구조물제작 / 건설기계임대 / 건설자재 / 온라인정보제공

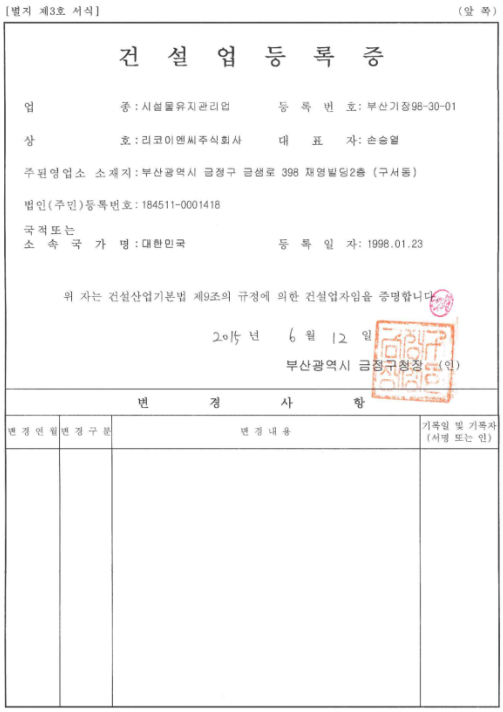
발 급 사 유 : 정정

사업자 단위 과세 적용사업자 여부 : 여 ( ) 부 (v)
전자세금계산서 전용 전자우편주소 :

2015 년 06 월 04 일
금 정 세 무 서 장

국세청

건설업등록증



[별지 제3호 서식] (앞 쪽)

건 설 업 등 록 증

업 종 : 시설물유지관리업 등 록 번 호 : 부산기장98-30-01
상 호 : 리코이엔씨주식회사 대 표 자 : 손승열
주된영업소 소재지 : 부산광역시 금정구 금샘로 398 재영빌딩2층 (구서동)
법인(주민)등록번호 : 184511-0001418
국적또는 소속국가명 : 대한민국 등 록 일 자 : 1998.01.23

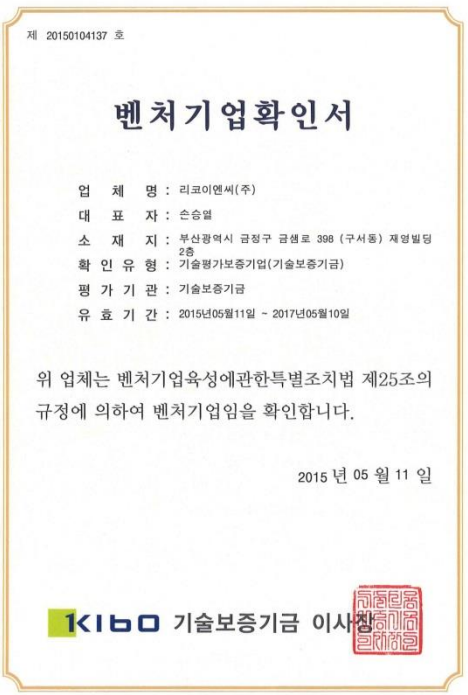
위 자는 건설산업기본법 제9조의 규정에 의한 건설업자임을 증명합니다.

2015 년 6 월 12 일
부산광역시 금정구청장 (인)

변 경 사 항

변경연월일	변경구분	변경내용	기록일 및 기록자 (서명 또는 인)

벤처기업확인서



제 20150104137 호

벤 처 기 업 확 인 서

업 체 명 : 리코이엔씨(주)
대 표 자 : 손승열
소 재 지 : 부산광역시 금정구 금샘로 398 (구서동) 재영빌딩 2층
확 인 유 형 : 기술평가보증기업(기술보증기금)
평 가 기 관 : 기술보증기금
유 효 기 간 : 2015년05월11일 ~ 2017년05월10일

위 업체는 벤처기업육성에관한특별조치법 제25조의 규정에 의하여 벤처기업임을 확인합니다.

2015 년 05 월 11 일

KIBO 기술보증기금 이사장



리코이엔씨㈜

부산광역시 금정구 금샘로 398 재영빌딩 2층

051 – 523 – 3088

051 – 523 – 3089

reeco@reeco.co.kr

www.reeco.co.kr

CONTENTS

01. 건축 구조물의 내진설계 05

02. 특수전단벽 시스템 09

03. 특수전단벽 시스템의 대안설계 17

04. LSD(인방보형 강재슬릿댐퍼) 공법 29

05. 고층공동주택의 성능기반내진설계 39

06. 구조성능 검증실험 47

07. 내진설계 및 내진보강실적 55



01

건축 구조물의 내진설계



내진설계의 일반 사항



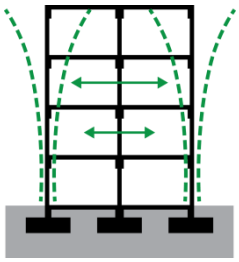
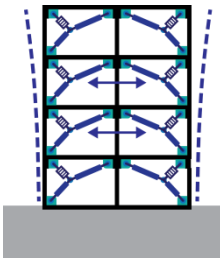
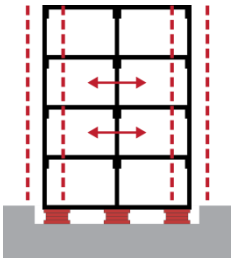
	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13
규모3이상	5	17	6	10	11	10	7	11	12	4	4	13	3	7	7	7	11	11	14	8	7	16	8	7	11	9	6	15	7	2	10	10	5	14	9	18
유감지진	5	8	1	3	8	4	2	6	9	5	1	4	4	8	5	4	8	8	13	8	9	22	5	6	9	12	10	6	7	5	7	10	5	7	4	15
총횟수	6	22	16	15	13	20	19	26	15	11	6	16	15	19	15	23	25	29	39	21	32	37	29	43	49	38	42	37	50	42	46	60	42	52	56	93

< 최근 35년간 지진발생 현황(규모 2.0 이상) >

구분	1988년	1997년	2000년	2005년	2009년
개요	내진기준 최조 도입	내진기준 이원화 (상위 개념 기준 제정)	내진기준 1차 개정	내진기준 2차 개정	내진기준 3차 개정
내용	6층 이상 건물에 전 면적을 아파트 2등급으로 분류, 지진규모 5.0 대비	6층 이상 아파트를 내진 1등급으로 상향분류	5층 이상 건물은 1등급, 15층 이상 아파트를 특등급으로 상향분류	3층 이상 건물로 확대적용, 지진 하중 상향조정 지진규모 5.5~6.5 대비	15층 이상 아파트, 오피스텔 1등급으로 조정 **특수전단벽 시스템 도입**
건축법시행령 제 32조, 건축물의 구조기준 등에 관한 규칙 제 56조					

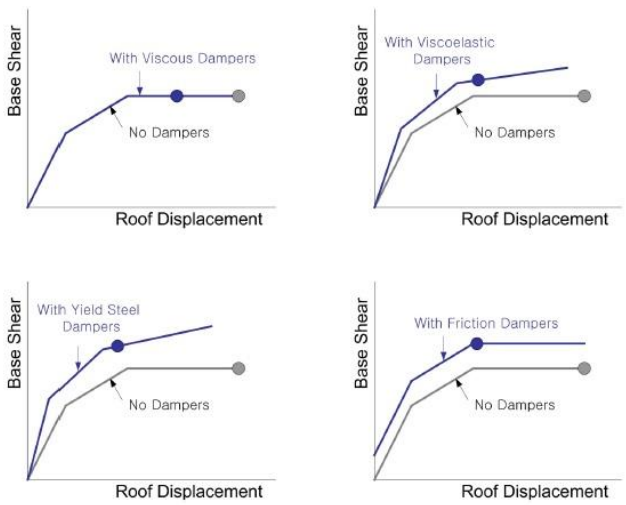
▶ 지진발생율 및 위험도 증가로 내진설계 대상의 범위 및 기준이 지속적으로 강화되었다.

구조물의 내진보강 분류

내진설계	제진설계	면진설계
		
구조물의 강도 및 강성을 증가시켜 지진력에 저항하게 한다.	댐퍼라는 특수한 진동 및 흡수재를 건물에 설치하여 지진에너지를 흡수한다.	건물과 지반 사이에 유연한 받침을 삽입하여 지반의 움직임이 건물에 전달되는 것을 경감시킨다.

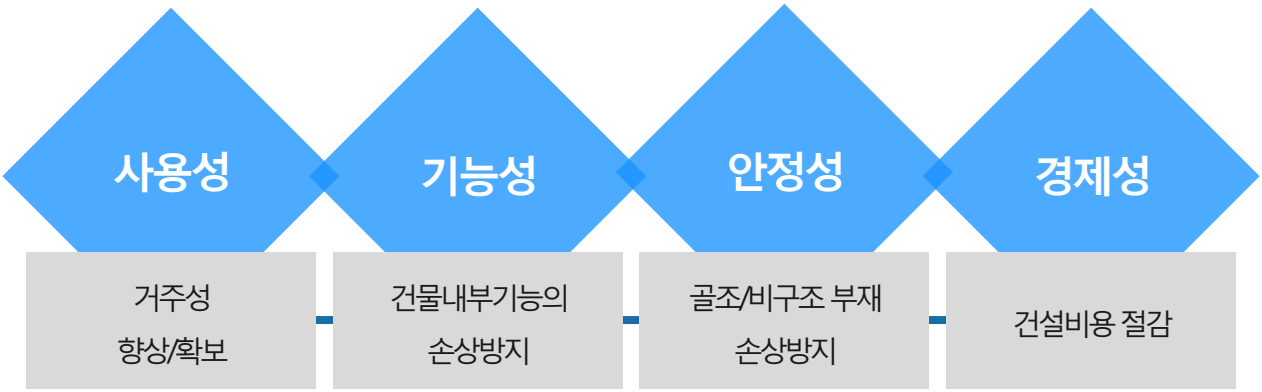
제진구조시스템의 종류

제진원리		제진구조시스템
감쇠 부가 방식	진동흡수	TMD (Tuned Mass Damper)
	에너지소산	점성댐퍼 (Viscous Damper) 점탄성 댐퍼 (Visco-elastic Damper) 탄소성댐퍼 (Hysteretic Damper, Yield Damper) 마찰댐퍼 (Friction Damper)

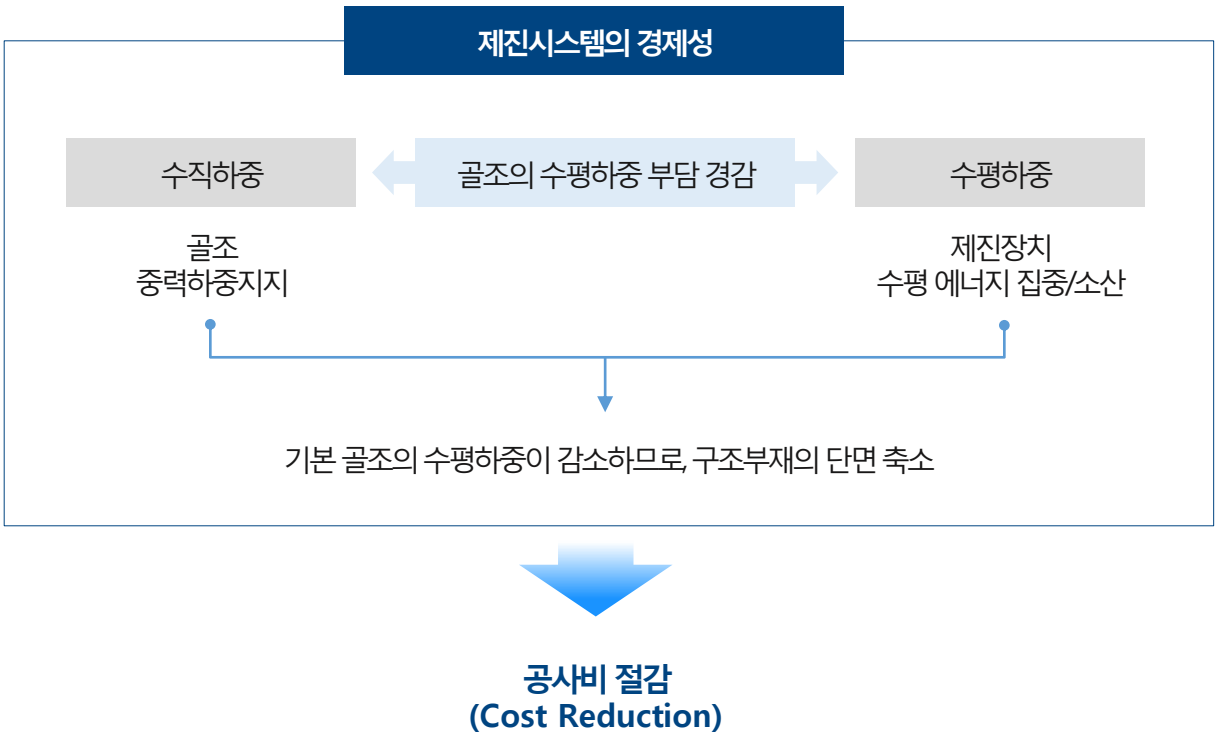


[그림] 에너지소산장치 보강 구조물의 성능점비교

제진시스템의 사용목적



제진시스템의 경제성



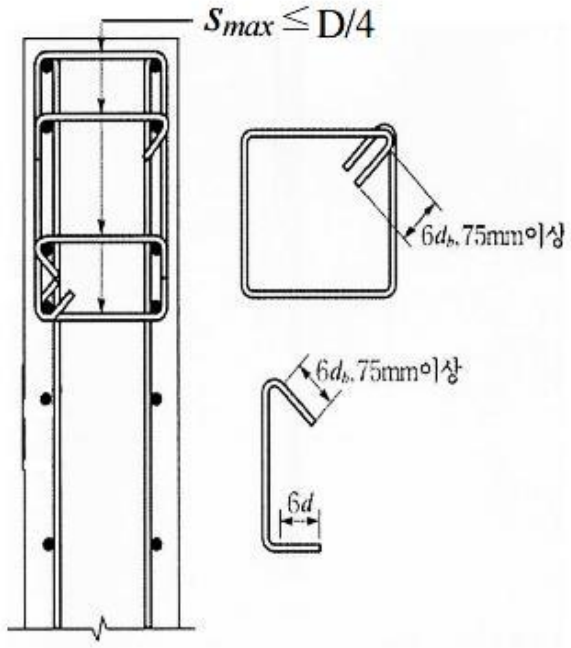
공사비 절감
(Cost Reduction)

제진시스템의 경제성은, 수직하중은 골조가 분담 하고 수평하중은 제진장치의 에너지 집중 및 소산을 통해 분담하는 방법에 의해 기본 골조의 물량을 줄임으로써 확보할 수 있다.

02
특수전단벽 시스템



특수전단벽 시스템의 개요



건축구조설계기준(KBC2009) 에서는 구조시스템에 따라 구조물의 안전성 확보를 위해 높이 제한에 관한 규정을 도입하였다.

RC 전단벽 구조시스템은 지진 위험성이 높은 내진설계범주 D에 속하고, 높이가 60m 이상인 경우, 특수전단벽으로 설계되어야 한다.

특수전단벽시스템은 내력벽이 가지고 있는 취성적인 붕괴현상이 발생하지 않기 위해 적절한 변형능력을 보유할 수 있도록 **벽체의 양단부를 특별경계요소 배근으로 보강하는 벽체시스템** 이다.

기본 지진력 저항 시스템	설계계수			시스템의 제한과 높이(m) 제한		
	반응수정계수R	시스템초과강도계수 I	변위증폭계수 Cd	내진설계범주 A또는 B	내진성계범주C	내진성계범주D
1 건물골조 시스템						제한없음
1-a. 철근콘크리트 특수전단벽	**6**	**2.5**	**5**	**-**	**-**	**-**
1-b. 철근콘크리트 보통전단벽	5	2.5	4.5	-	-	60
1-c 철근보강 조적 전단벽	3	2.5	2	-	60	불가
1-d 무보강 조적 전단벽	1.5	2.5	1.5	-	불가	불가

특수전단벽 시스템의 설계기준

경계요소적용구간 : L_0

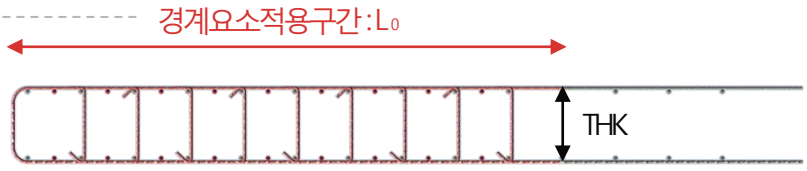
- c−0.1lw
- c/2

(c = 최대 중립축)

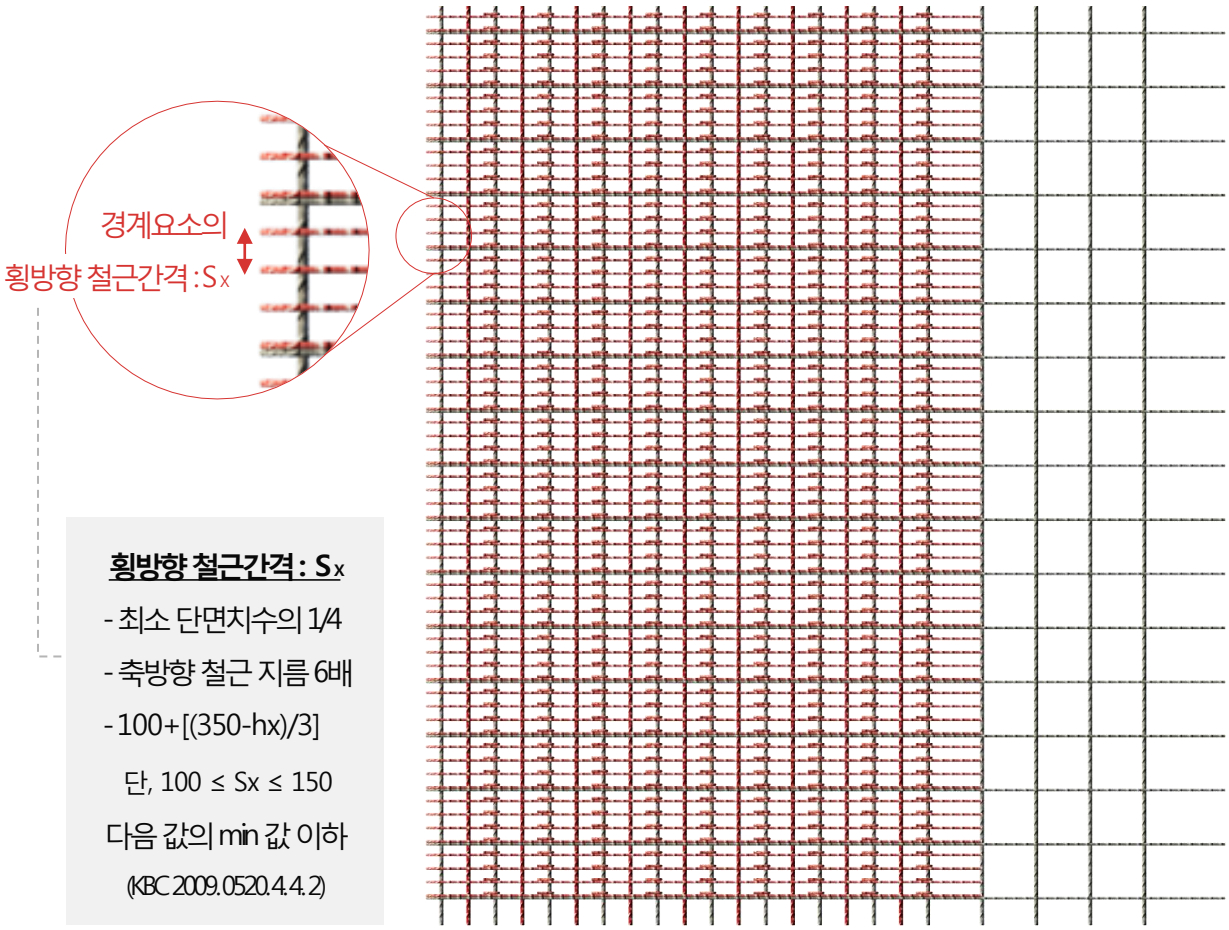
최대 압축연단으로부터

위의 값의 max 값 이상

(KBC 2009.0520.6.6.4)



[그림] 특수경계요소 평면도



횡방향 철근간격 : S_x

- 최소 단면치수의 1/4
- 축방향 철근 지름 6배
- 100+[(350-hx)/3]

단, 100 ≤ Sx ≤ 150

다음 값의 min 값 이하

(KBC 2009.0520.4.4.2)

[그림] 특수경계요소 입면도

특수전단벽 시스템의 적용

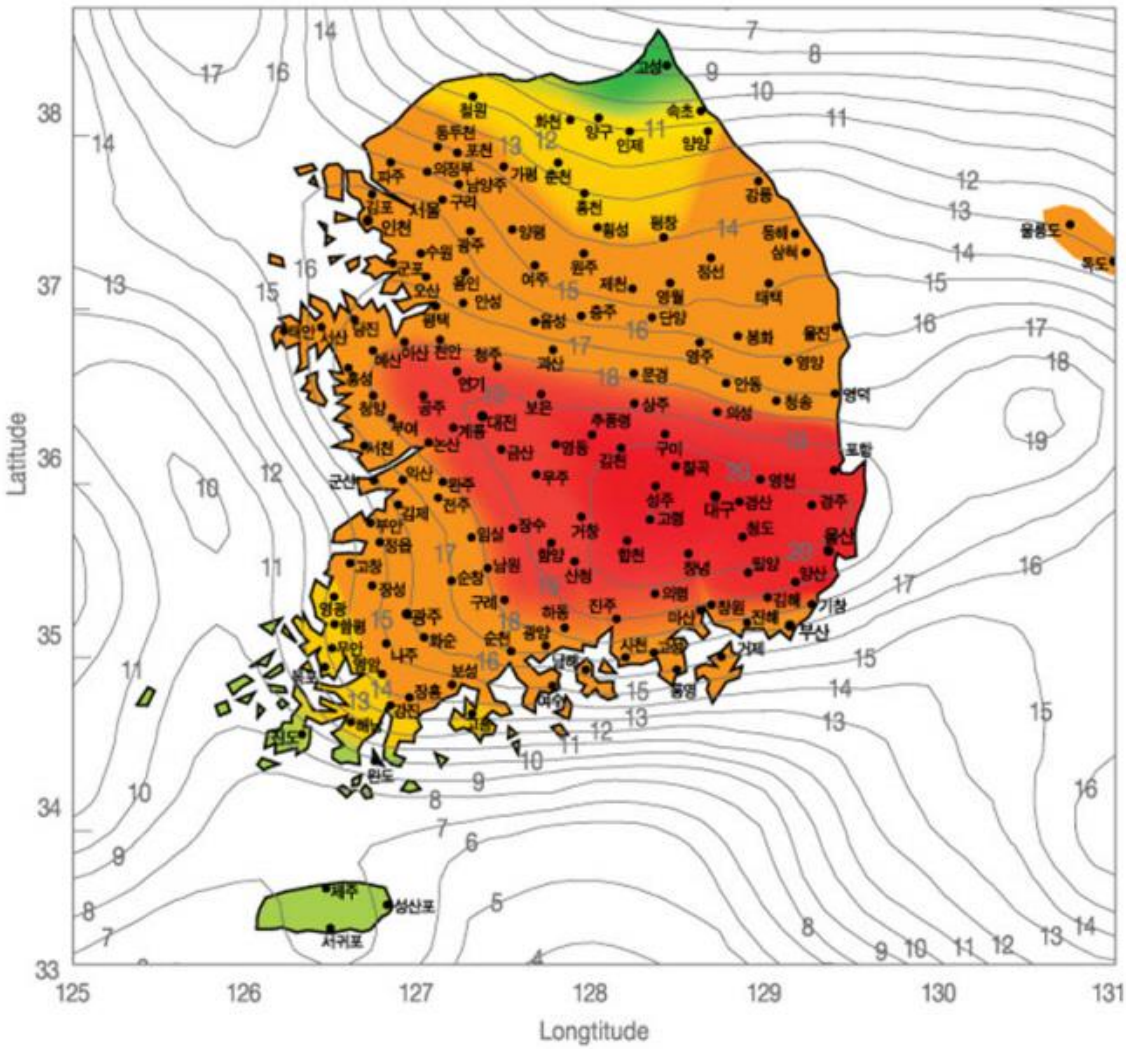
기본 지진력 저항 시스템	설계계수			시스템의 제한과 높이(m) 제한		
	반응수정계수R	시스템 초과강도계수 I	변위증폭계수 Cd	내진설계범주 A또는 B	내진성계범주C	내진성계범주 D
1 건물골조 시스템						
1-a 철근콘크리트 특수전단벽	6	2.5	5	-	-	-
1-b. 철근콘크리트 보통전단벽	**5**	**2.5**	**4.5**	**-**	**-**	**60**
1-c 철근보강 조적 전단벽	3	2.5	2	-	60	불가
1-d 무보강 조적 전단벽	1.5	2.5	1.5	-	불가	불가

제한없음

내진설계범주D의 높이 60m 이상 건축물에서는 보통전단벽 시스템 사용불가

지반조건 및 내진등급에 따른 내진설계범주 기준										
지반조건	지진지역 1					지진지역 2				
	Sds	Sd1	내진등급			Sds	Sd1	내진등급		
			특	I	II			특	I	II
Sa	0.293	0.177	C	B	B	0.168	0.065	C	B	B
Sb	0.366	0.146	D	C	C	0.233	0.093	C	B	B
Sc	0.439	0.234	D	D	D	0.279	0.149	D	C	C
Sd	0.527	0.336	D	D	D	0.372	0.214	D	D	D
Se	0.732	0.497	D	D	D	0.559	0.317	D	D	D

특수전단벽 시스템의 적용

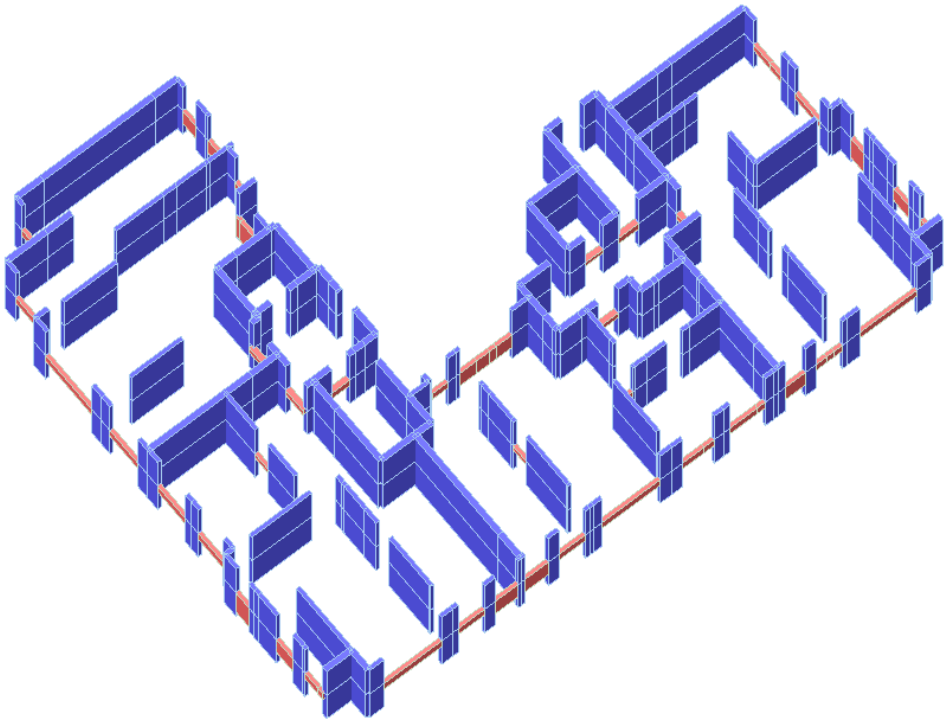


[그림] 재현주기 2400년 최대예상지진의 유효지반가속도(S)

지역계수 0.186이상 일 경우, Sc 지반도 내진설계범주 D에 속하며 시스템/높이 제한 규정에 따라 높이 60m 이상 건축물에서는 보통전단벽 시스템을 사용할 수 없다.

따라서 **지반조건이 Sd, Se일 경우와, 지역계수가 0.186 (경상도 지역 및 충청도, 전라도 일부지역) 이상의 Sc 지반의 경우 내진설계 범주 D**에 속하여 높이 60m 이상 건축물에 보통전단벽 시스템을 사용할 수 없으므로 **특수전단벽 시스템을 적용**하여야 한다.

특수전단벽 시스템의 문제점



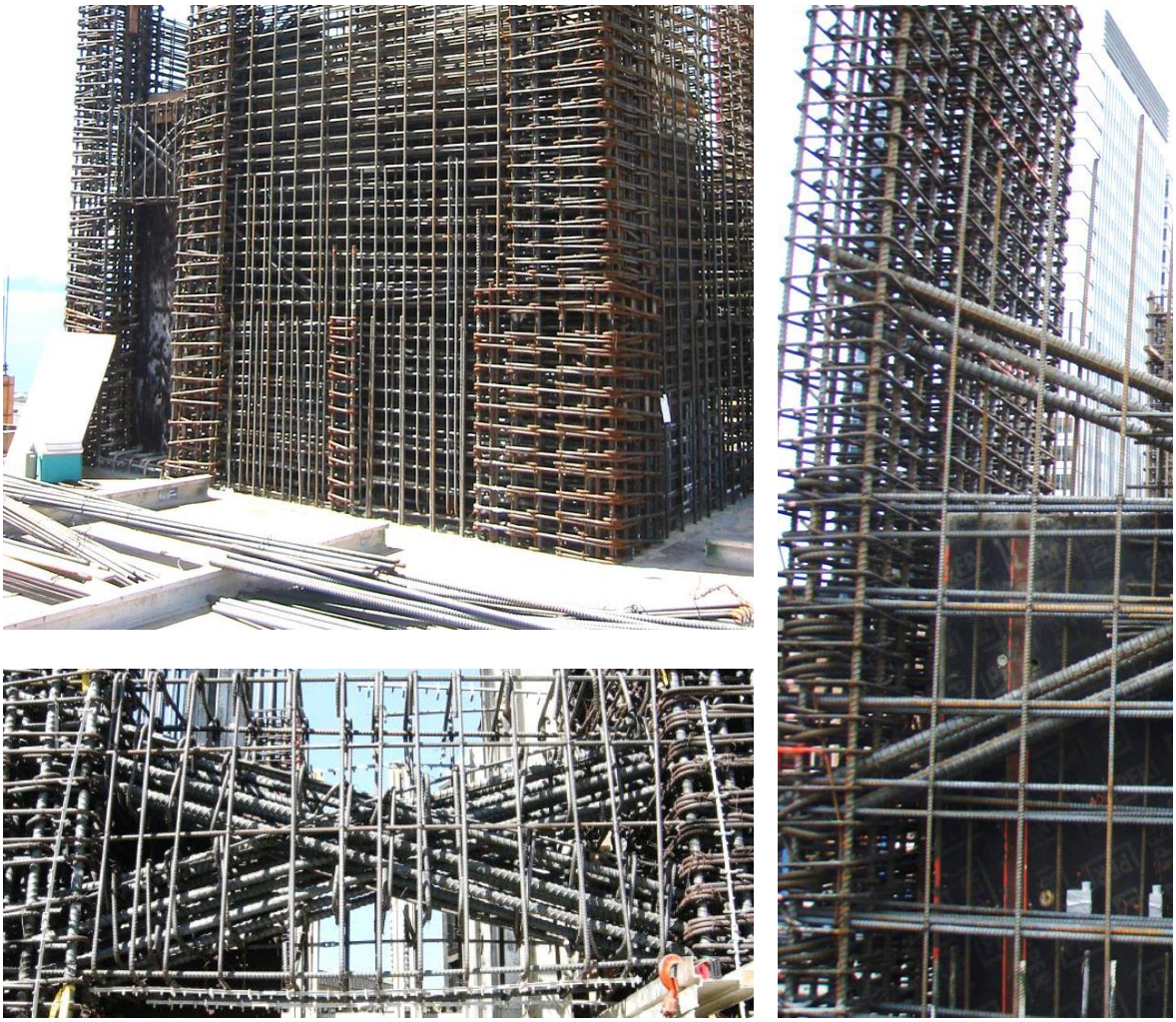
[그림] 국내에서의 공동주택 3D-Model

문제점 - 1

특수전단벽 시스템은 주상복합 및 사무실 건물 등의 정형화된 코어벽체로 구성된 건물골조 형식에 적용하는 것으로 수평하중(풍/지진하중) 에 대하여 코어벽체가 저항하여, 벽체 두께가 보통 500mm 이상의 두꺼운 벽체로 계획되므로 특수경계요소의 상세가 가능하여 시공성을 확보할 수 있다.

그러나, 국내의 공동주택의 내력벽식 구조시스템은 벽체두께가 150~200mm정도 되므로 특수경계요소의 상세를 반영할 경우 **시공성 확보가 어렵다.** 또한, 코어벽체처럼 특정부재가 횡력에 저항하는 것이 아니라, 내력벽체 전체가 횡력저항 요소이므로 모든 벽체에 특수경계요소를 반영하는 것은 **매우 비경제적이다.**

특수전단벽 시스템의 문제점



[그림] 특수전단벽의 국외 사례

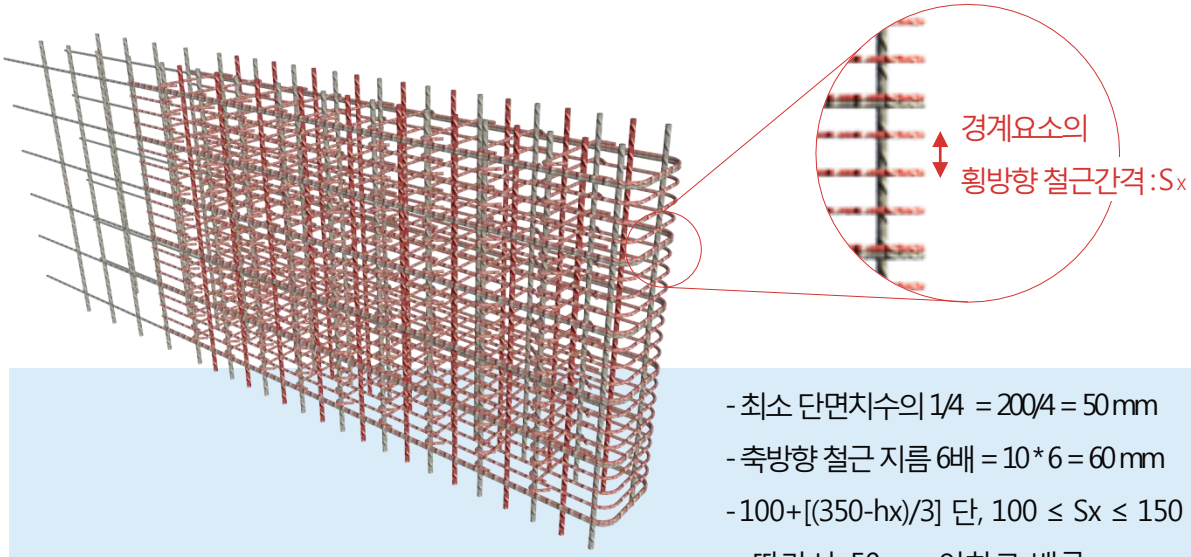
문제점 - 2

특수경계요소 내진상세를 적용시 전단벽 시스템에 비해 골조물량이 약 40~60% 증가하게 되어 **공사비가 증가** 된다.

특수전단벽 시스템의 문제점



[그림]특수경계요소 상세를 적용한 벽체의 콘크리트 타설 불량



- 최소 단면치수의 1/4 = 200/4 = 50 mm
- 축방향 철근 지름 6배 = 10 * 6 = 60 mm
- 100+[(350-hx)/3] 단, 100 ≤ Sx ≤ 150
  따라서, 50mm 이하로 배근

문제점 - 3

국내의 공동주택은 대부분 150~200mm의 벽두께로 이루어져 있다. 따라서 KBC2009기준에 따르면, 200mm의 벽두께를 갖는 경우 경계요소의 횡방향 철근간격은 50mm이내 이므로, **시공성이 저하**되고 **균질한 품질을 유지 하기 어려운 문제점**이 있다.

03

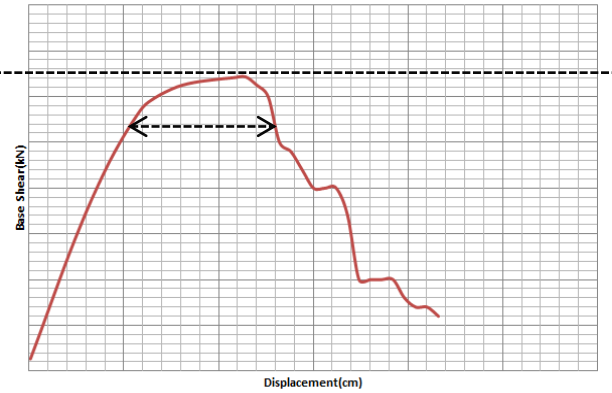
특수전단벽 시스템의 대안설계



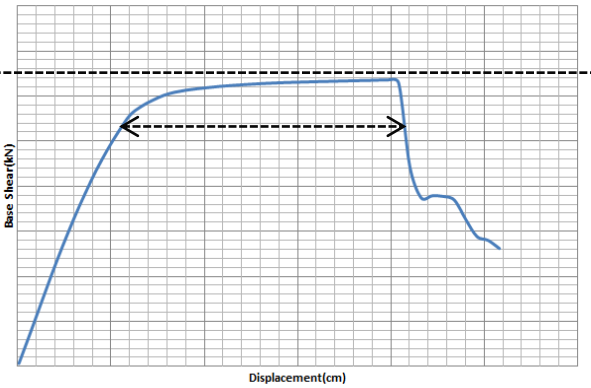
특수전단벽 대안 시스템

보통 전단벽 시스템과 특수전단벽 시스템의 구조물 보유 내력은 거의 유사하다. 그러나 두 시스템은 구조물의 항복 이후 연성능력에 큰 차이가 있다.

<보통전단벽 시스템>



<특수전단벽 시스템>



연성 확보

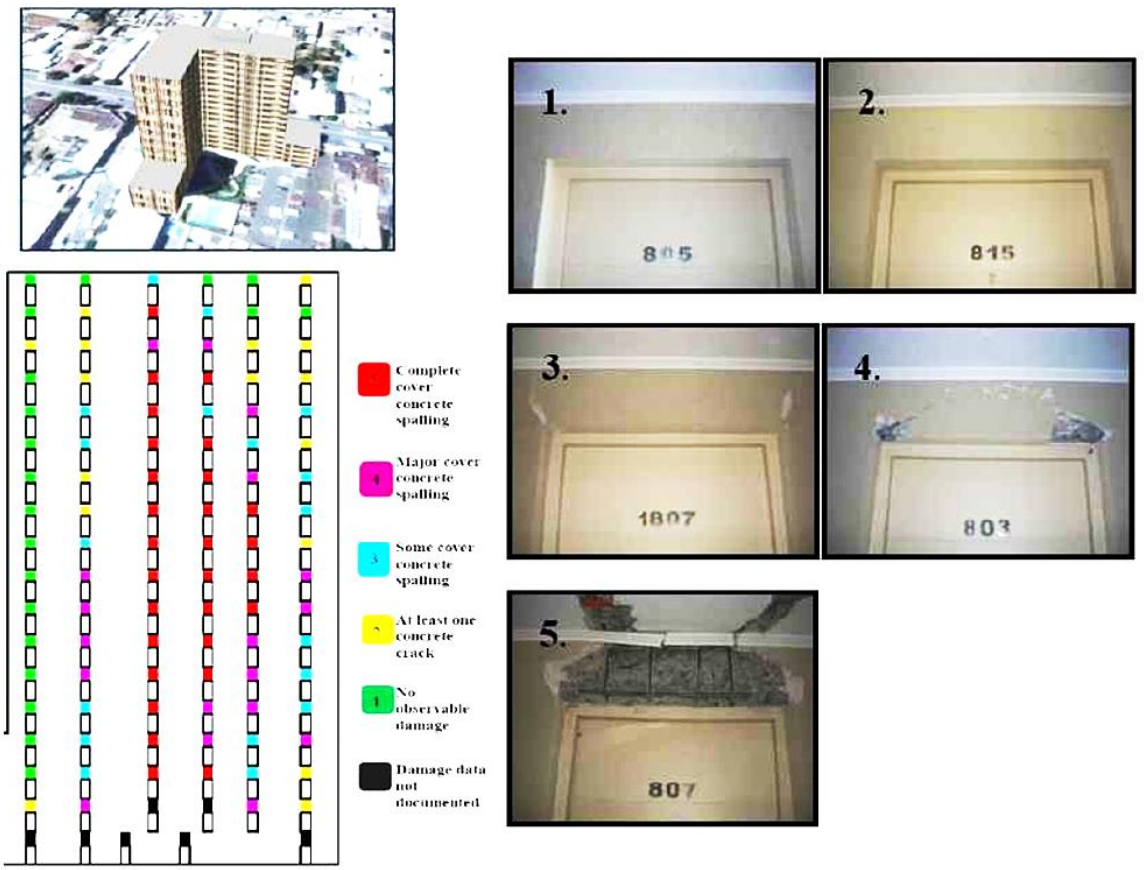
제진시스템의 적용 효과는 구조물의 연성능력 향상 및 감쇠력 증가에 있다.
따라서, **보통전단벽에 제진 시스템을 적용하여 특수전단벽 수준의 연성능력을 확보할 경우 특수전단벽 시스템의 대체가 가능**하다.

벽체 변형률 제어

설계기준에서 콘크리트 압축 극한변형률은 0.003으로 제시하고 있다. 벽체 외단의 압축변형률이 0.003을 초과할 경우 벽체는 취성파괴가 발생하게 된다. 특수경계요소는 벽체의 취성파괴를 예방하는데 목적이 있으므로, **보통전단벽에 제진시스템을 적용하여 지진력 제어를 통해 벽체 압축연단의 변형률을 제어할 수 있는 경우, 특수경계요소의 설치를 제외할 수 있다.**

특수전단벽 대안 시스템

지진하중을 받으면 인방보는 강성이 매우 큰 전단벽 사이에 있는 작은 부재이므로 이 부분에 피해가 집중된다.

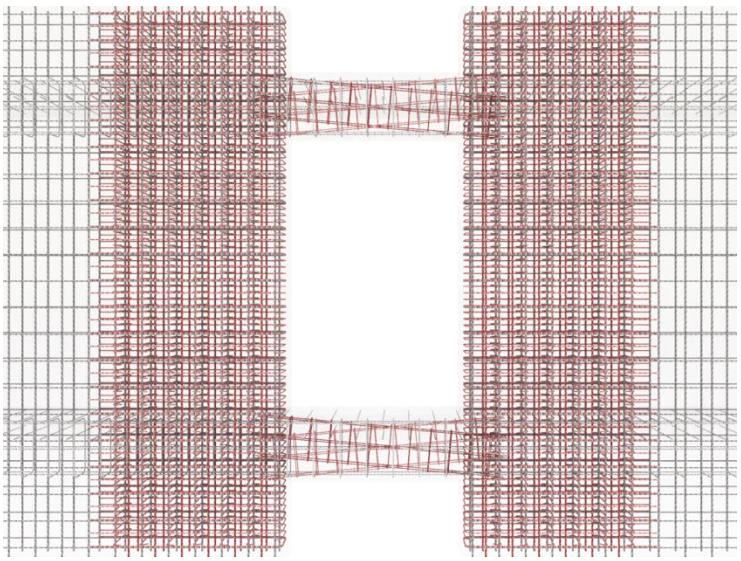


(a) 피해건물의 Google 이미지 및 커플링보 피해레벨 (b) 현장에서 균열정도로 조사한 피해레벨

[그림] 2010년 칠레지진시 공동주택 커플링보의 지진피해사례

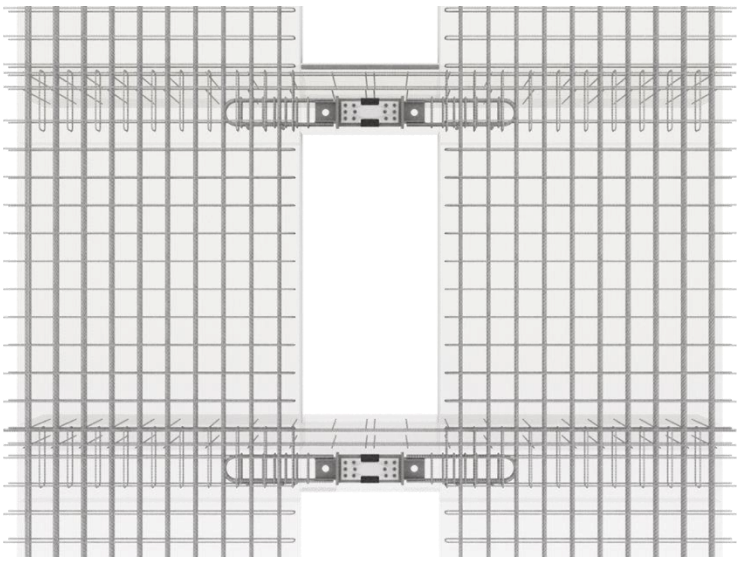
따라서, 인방보에 제진시스템을 설치하면 댐퍼의 에너지소산에 의해 응력재분재가 발생하여 특정층으로의 손상집중을 방지할 뿐만 아니라, 설계전단력을 감소시켜 경제성 확보에도 유리할 것으로 판단된다.
또한, 벽체 손상을 방지하여 연성능력 또한 향상되어 내진성능을 증가시킬 것으로 판단된다.

특수전단벽 대안 시스템



특수전단벽 시스템

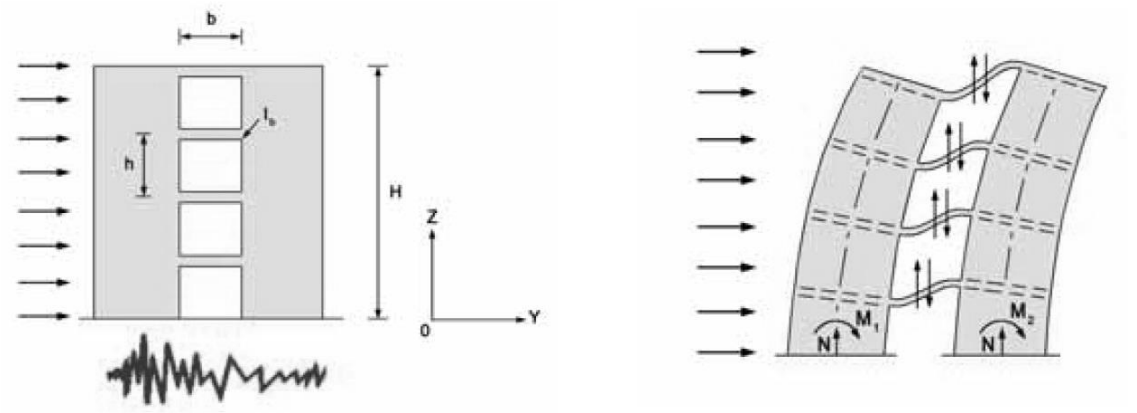
- 벽체두께 200mm이하의 경우 시공성 저하
- 골조물량 증가
- 공사비 증가
- 콘크리트 타설 불량
- 균질한 품질 불량



보통전단벽 + 제진 시스템

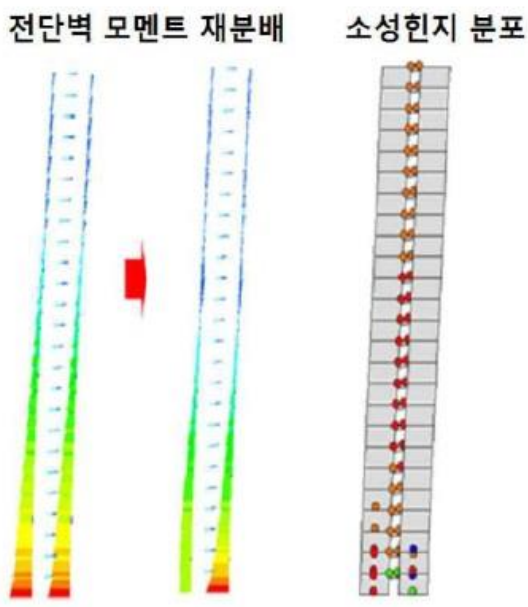
- 벽체두께 200mm이하의 경우도 시공성 확보 가능
- 골조물량 감소
- 공사비 감소
- 간단한 시공
- 균질한 품질 확보

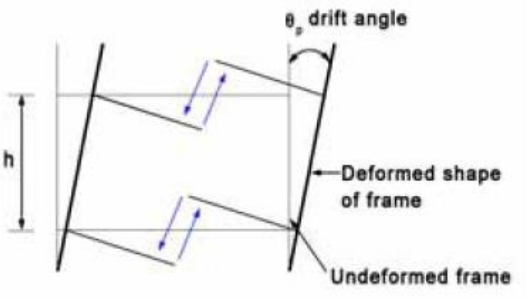
인방보는 전단벽의 상대변위에 따라 휨모멘트와 전단력을 받게 되며, 이러한 전단벽의 변형과 인방보에 발생하는 단면력에 대하여 에너지소산 장치인 댐퍼를 적용하여 기존 구조물의 손상을 최소화 시킬 수 있다.



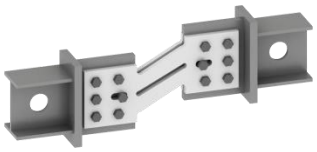
[그림] 횡력 작용시 전단벽의 상대변형 원리

작동원리



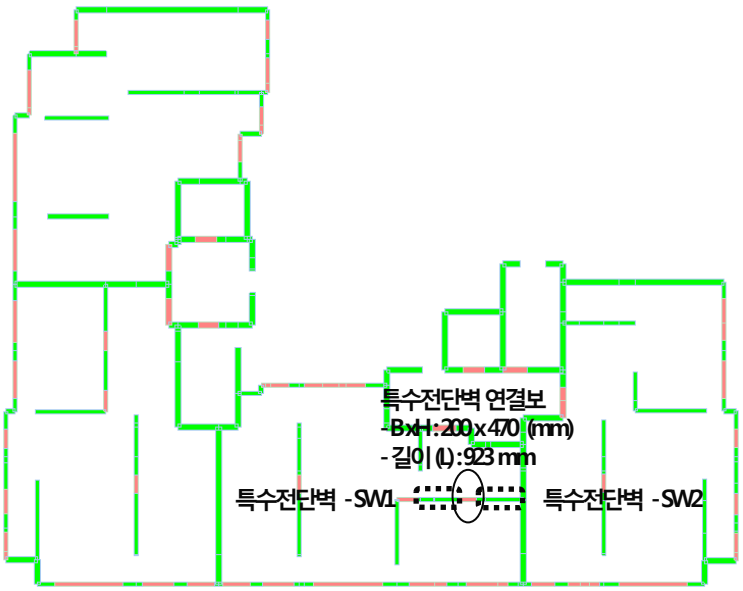


LSDamper 의 작동원리

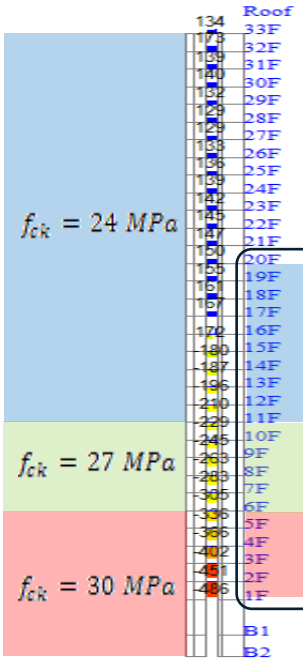


대안설계 사례

- 평면도상의 특수전단벽과 연결보 위치 : 공동주택 33층 규모



- 특수전단벽 연결보 대각철근 필요여부 검토



대각선 철근 설계 구역

$V_u > \frac{\sqrt{f_{ck}}}{3} A_{cp} = 154\ kN$

$V_u > \frac{\sqrt{f_{ck}}}{3} A_{cp} = 163\ kN$

$V_u > \frac{\sqrt{f_{ck}}}{3} A_{cp} = 172\ kN$

$V_u > \frac{\sqrt{f_{ck}}}{3} A_{cp}$ and $l_n / h < 2$

$l_n = 923\ mm$

$h = 470\ mm$

$b_w = 200\ mm$

$A_{cp} = 470 \times 200 = 94000\ mm^2$

$l_n / h = 1.96 < 2.00$

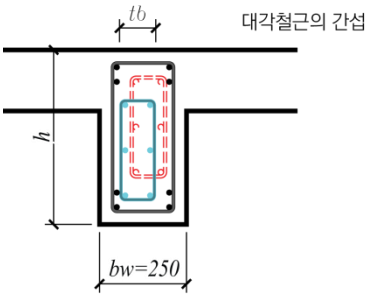
∴ 기준에 의해 대각선 철근 묶음으로 설계하여야 함.

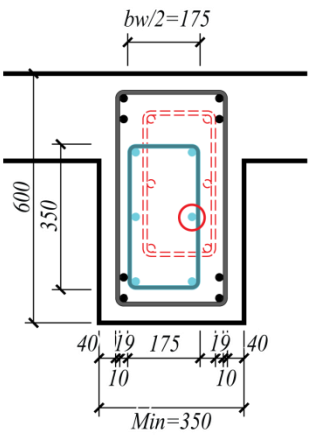
대안설계 사례

- **특수전단벽 연결보 대각철근 단면상세 검토**

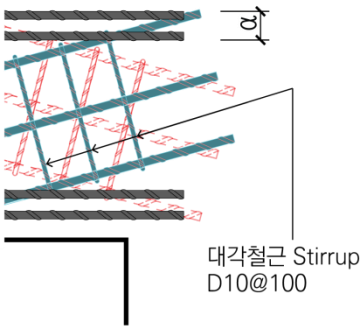
Acl 318 - 08.21.9
tb ≥ bw/2

tb = 112 < bw/2=125 (NG)

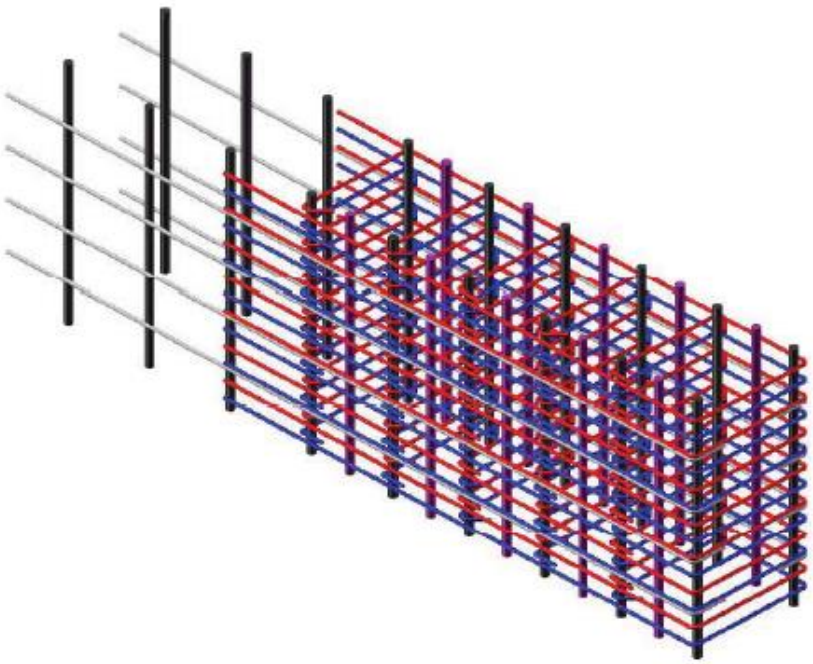




$$Avd = \frac{Vu}{2Fy \cdot \sin a}$$

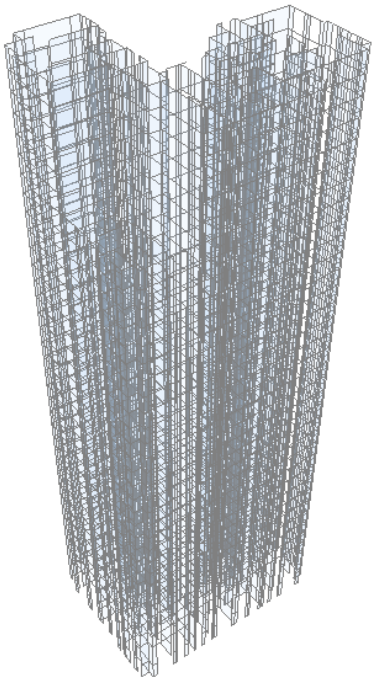


- **특수전단벽 철근배근 과정**

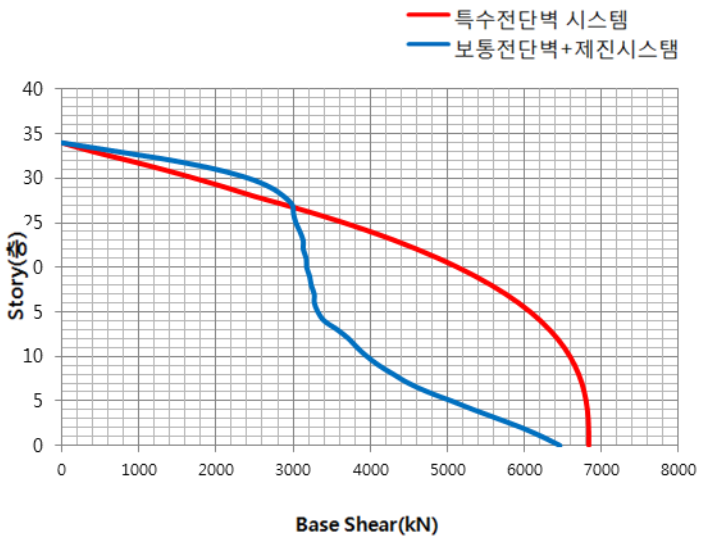


대안설계 사례

사업명	OOOO공동주택 신축공사
대지위치	경상남도 OOOO 아파트
건축규모	지하2층 / 지상35층, 8개동
용도	공동주택
구조형식	[지역계수 0.19, 지반등급 Sd – 내진설계범주 D] 내력벽시스템 (철근콘크리트 보통전단벽) + 제진 댐퍼



A동 Analysis Modeling
용도 : 공동주택
규모 : 33층

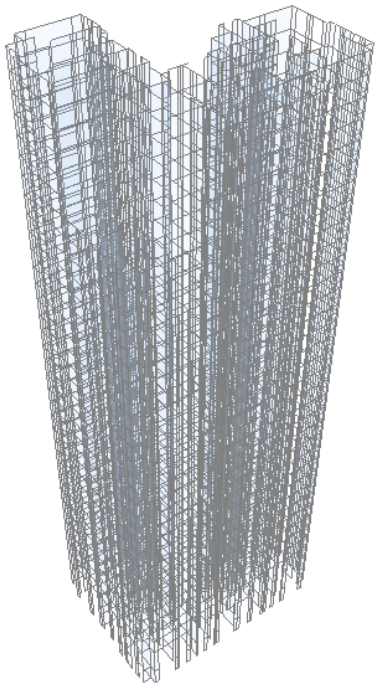


보통전단벽 + 제진 시스템 적용 설계 밑면전단력 (V_2) = 6,462 kN

V_2 / V_1 = 6,837 / 6,462 = 0.945 = 94.5%

⇒ 보통전단벽 + 제진 시스템이 적용된 설계 밑면전단력을 평가한 결과, 특수전단벽 시스템의 설계 밑면전단력 대비 약 94% 내외로 유사하게 성능을 발휘하는 것을 확인할 수 있다.

대안설계 사례





- **장단점 분석**

항목	특수전단벽	보통전단벽+제진장치
법리해석	설계범주 D, 60m 이상 사용	**실험, 해석에 의해 증명 후 사용가능 (국내기준)**
내진성능	특수전단벽의 연성에 의한 성능 발휘	댐퍼에 의해 특수전단벽 **동등 이상의 성능 발휘**
시공성	복잡한 디테일로 **작업성 저하 및 공기 매우 늘어남**	보통전단벽 시공과 동일 / 댐퍼시공에 의한 **추가공기 없음**
보수보강	지진 후 특수전단벽 부분 등 주요부재의 피해로 **비용이 매우 큼**	지진 후 제진댐퍼 부분에서 손상이 집중하여 제진댐퍼 교체만으로 보수보강이 이루어지므로 **비용 대폭 절감**

제진시스템 적용 관련 설계 기준

KBC 2009

0306. 지진하중 6. 지진력 저항시스템

<표 0306.6.1>의 기타 구조나 <표 0306.6.1>에 열거되지 않은 지진력 저항시스템을 사용할 경우에는 해석과 실험을 통하여 횡력저항능력과 에너지소산능력이 <표 0306.6.1>에 열거된 구조시스템 중 하나와 유사한 것이 입증된다면 해당 시스템의 반응수정계수, 시스템초과강도계수, 변위증폭계수를 사용할 수 있다.

➡ 해석 및 실험을 통해 검증 된다면 규정에 따라 보통전단벽+제진시스템 도입을 통해 구조설계시 특수전단벽 시스템과 관련된 내진설계계수 및 제한규정을 적용할 수 있다.

0520. 내진설계시 특별 고려사항 1.4. 예외규정

이 절의 요구사항을 만족하지 않는 철근콘크리트구조 시스템의 경우도 실험 혹은 해석에 따라 이 절에서 요구하는 충분한 강도와 인성을 보유하는 것으로 입증된다면 내진시스템으로 허용할 수 있다.

➡ 내진상세의 반영에 있어서 해석 및 실험을 통해 검증된다면 설계규정을 따르지 않아도 위반되지 않음을 명시하고 있다.

0520. 내진설계시 특별 고려사항 6.6.2 특수경계요소의 설계

벽의 비탄성 거동이 주요 항복단면에서 휨거동에 의해 지배된다는 가정에 기초하고 있다. 벽은 가장 위험한 단면이 의도된 위치에서 일어나도록 설계하여야 한다. 식(0520.6.2)은 변위기반설계법으로부터 유래한 것이다. 이 방법은 벽이 설계변위만큼 이동하였을때 벽의 최외단 압축연단에서의 변형률이 기준치를 초과하는 위치에서 콘크리트를 구속하기 위해 특수경계요소를 요구한다.

➡ 제진 시스템의 에너지 소산작용에 의해 구조물에 작용하는 지진력이 감소함으로써 벽체 단부 압축연단의 변형률이 허용범위를 초과하지 않는다면 특수경계요소를 제외할 수 있다.

제진시스템 적용 관련 설계 기준

ASCE/SEI 7-10

[CHAPTER 1] Genetal

1.3 Basic Requirements

1.3.1.1 Strength Procedures

1.3.1.2 Allowable Stress Procedures

1.3.1.3 Performance-Based Procedure

➡ 기존의 설계법 (하중설계 / 허용응력설계) 외 성능기반 설계법을 적용할 수 있도록 명시하고 있다.

[CHAPTER 17] Seismic Design Requirements for Seismically Isolated Structures

[CHAPTER 18] Seismic Design Requirements for Seismically Damping Systems

➡ 제진시스템 / 면진시스템에 대한 설계법을 설계기준에서 별도의 Chapter로 명시하고 있다.

제진설계 기준

구조해석 & 설계	➡	건축구조기준 2009 (KBC2009)
제진시스템 계획 / 검토	➡	건축구조기준 2009 (KBC2009) ASCE/SEI 7-10 Minimum Design Loads....
비선형 모델 수립	➡	ASCE/SEI 7-10 Minimum Design Loads.... ASCE/SEI 41-06 Seismic Rehabilitation....
비선형 해석 & 검증	➡	건축구조기준 2009 (KBC2009) 기존 시설물 내진성 평가요령 ASCE/SEI 7-10 Minimum Design Loads....



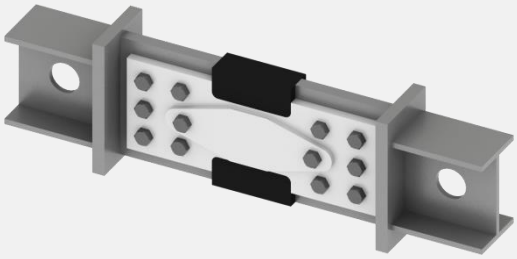
04

LSD(인방보형강재슬릿댐퍼)공법

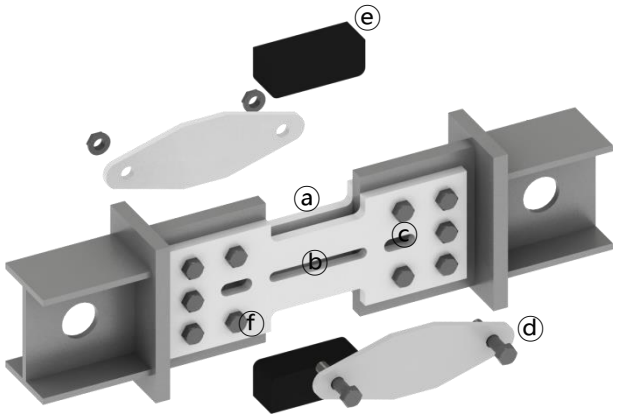


LSDamper

Lintel Type Slit Damper



LSDamper는 전단 항복형 댐퍼로서, 연결보 내에서 휨모멘트가 거의 발생하지 않고, 최대전단변형이 발생하는 연결보 중앙부에 설치되어 수평하중의 감쇠효율을 극대화 할 수 있는 전단 항복형 제진장치이다.

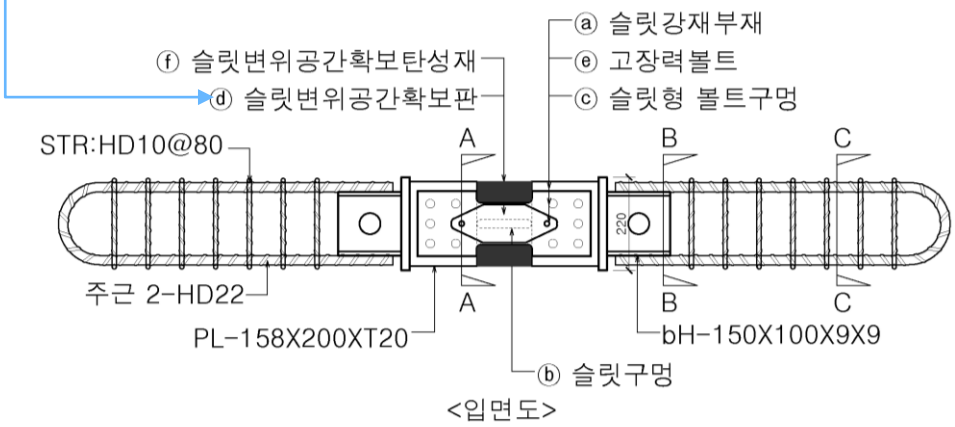


[그림] LSDamper의 상세구성도

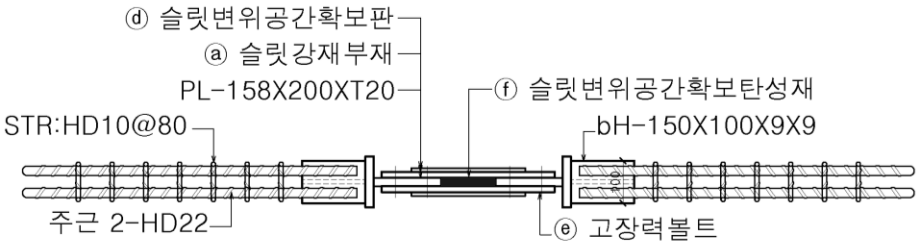
LSDamper는 ⓐ슬릿강재부재, ⓑ슬릿구멍, ⓒ슬릿형 볼트구멍, ⓓ좌굴방지 및 슬릿변위 공간확보판, ⓔ슬릿변위 공간확보탄성재 ⓕ고장력 볼트로 구성된다.

LSDamper는 전단 항복형 댐퍼로서 인방보에 설치되어 보의 중앙부에 에너지 소산장치를 1개소를 두는 것으로, 전단력이 많이 걸리는 보에서 좀 더 많은 에너지를 소산할 수 있다.

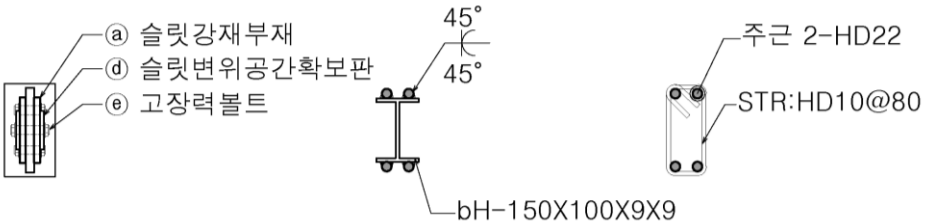
좌굴방지 및 슬릿변위 공간확보판 : 좌굴방지 및 슬릿변위 공간확보판은 콘크리트 타설시 슬릿구멍으로 콘크리트 유입을 막는 역할을 하여, 슬릿변위를 확보하도록 한다. 또한, 일관성 및 효율성이 보장된 수평하중 감쇠효과를 기대할 수 있다.



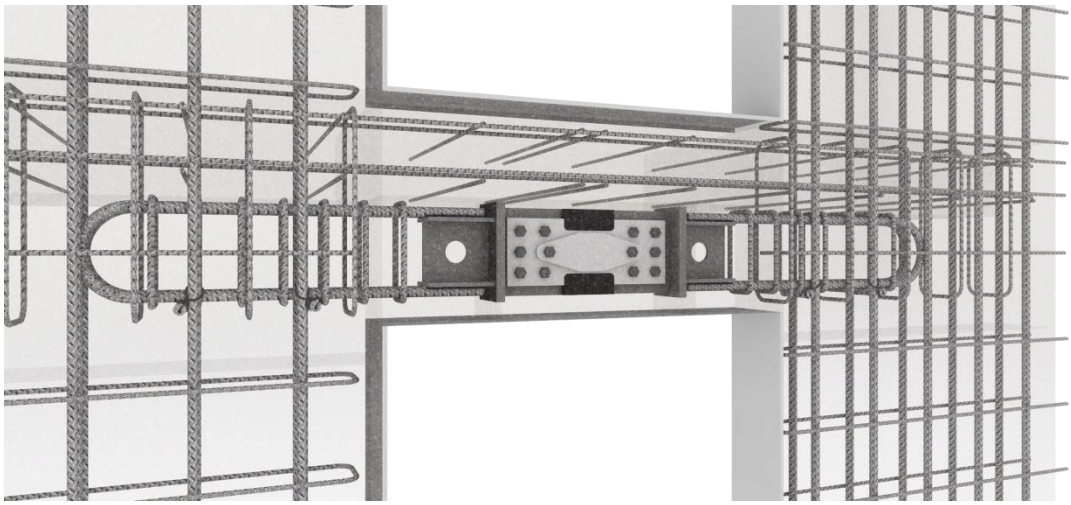
<입면도>



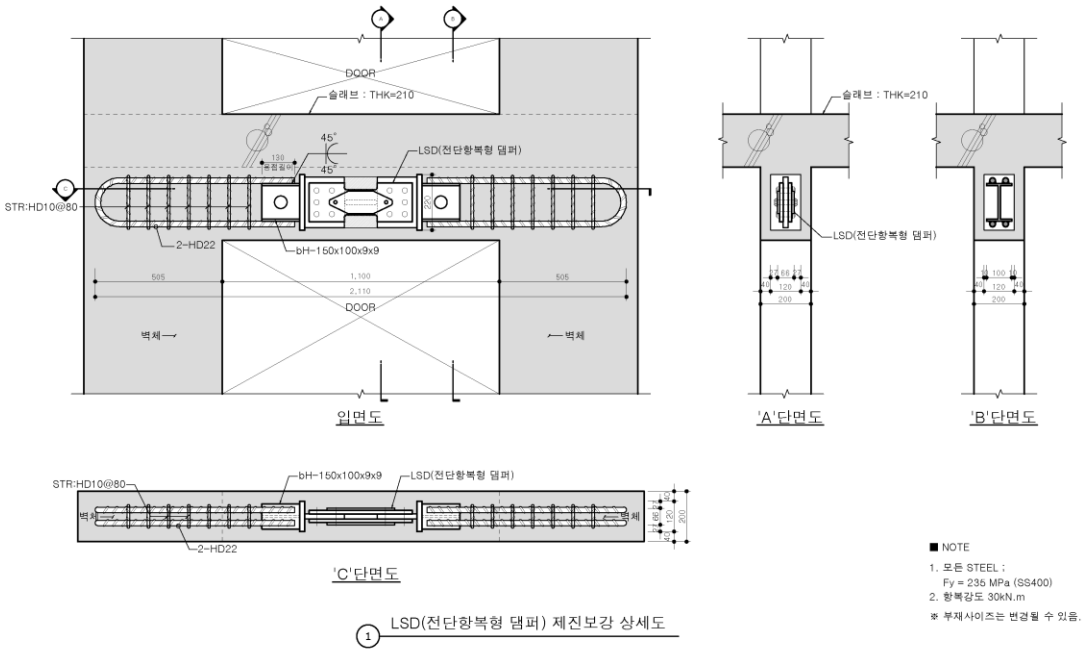
<평면도>



<A단면도> <B단면도> <C단면도>



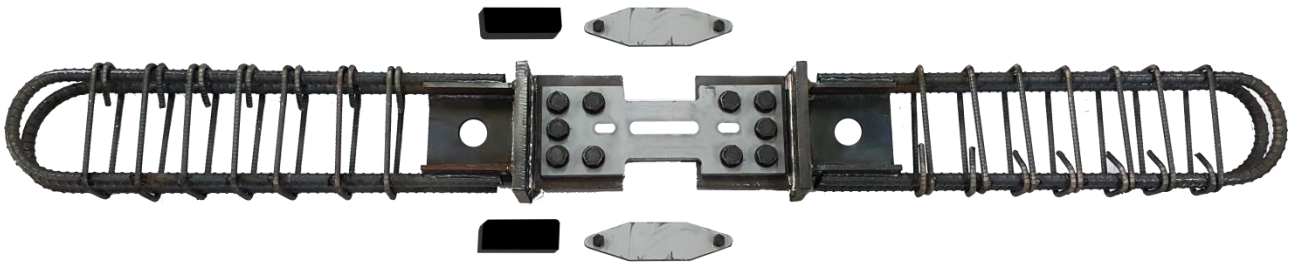
[그림] LSDamper의 설치형상

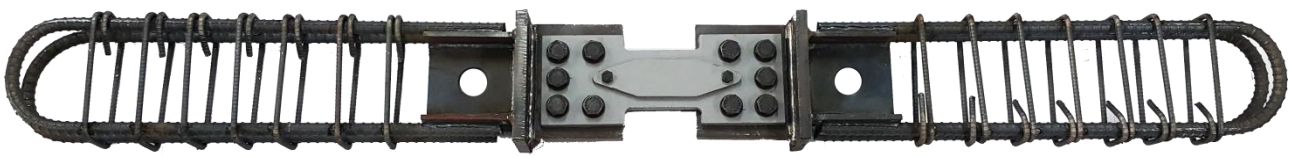


[그림] LSDamper의 일반상세도면

LSDamper

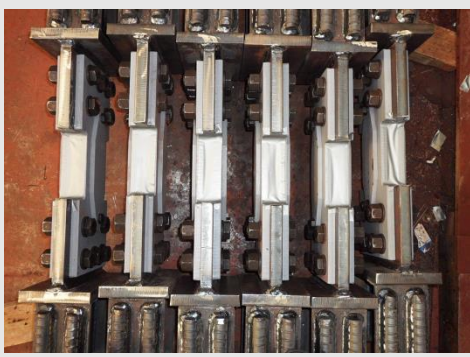
Lintel Type Slit Damper











[사진] LSDamper 공장생산

시공 순서

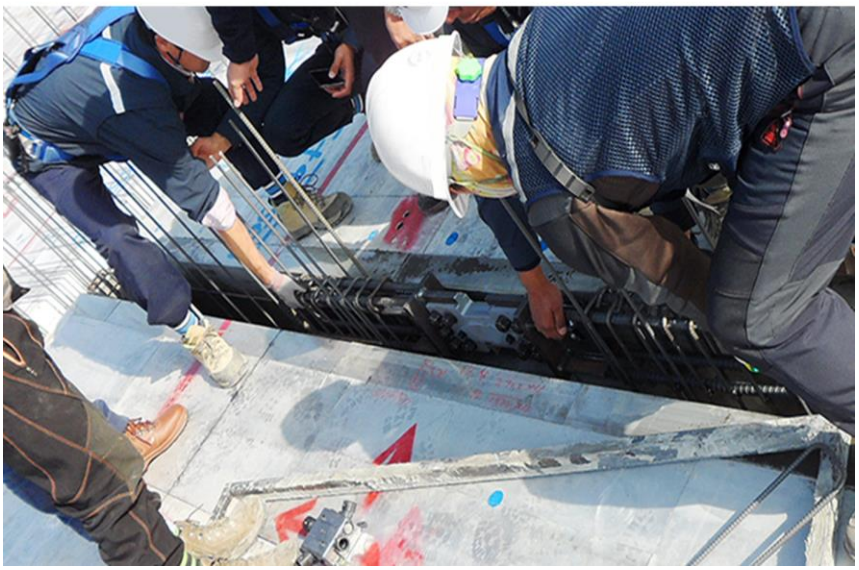
댐퍼 반입 > 골조공사 (거푸집/배근) > 댐퍼 설치 > 골조공사 (타설) > 시공완료

LSDamper는 반입 후 설치만 하면 되므로 기존 골조공사 공기에 영향이 없다.



댐퍼 반입

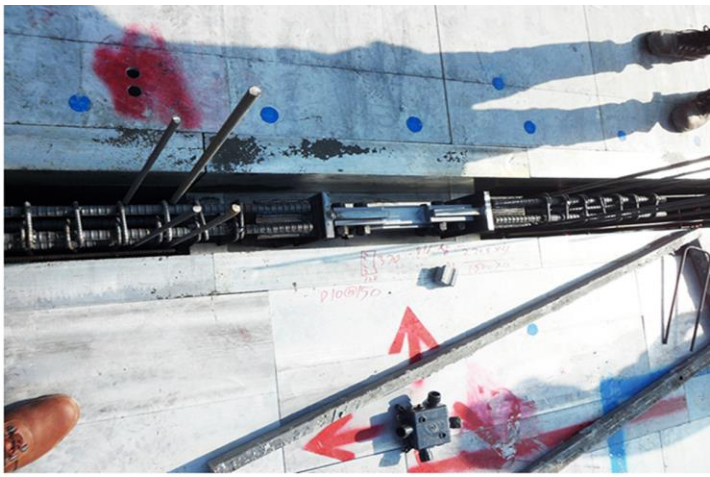
- 설계도서 준해서 제작
- 납품일 등을 확인하여 제작관리
- 검사 : 강재의 변형, 도면과의 상이, 접합부의 용접불량, 강재의 규격 상이 등.
- 운반 및 적재 : 4단이상 적재금지



댐퍼 설치

- 인방부분 댐퍼하부에는 스페이서를 설치하여 댐퍼가 콘크리트 타설 후 노출되지 않도록 피복을 유지
- 댐퍼 설치 후 반드시 수평을 확인
- 설치 후 타설 중 바이브레이터 진동 시 댐퍼의 움직임이 없도록 고정 확인



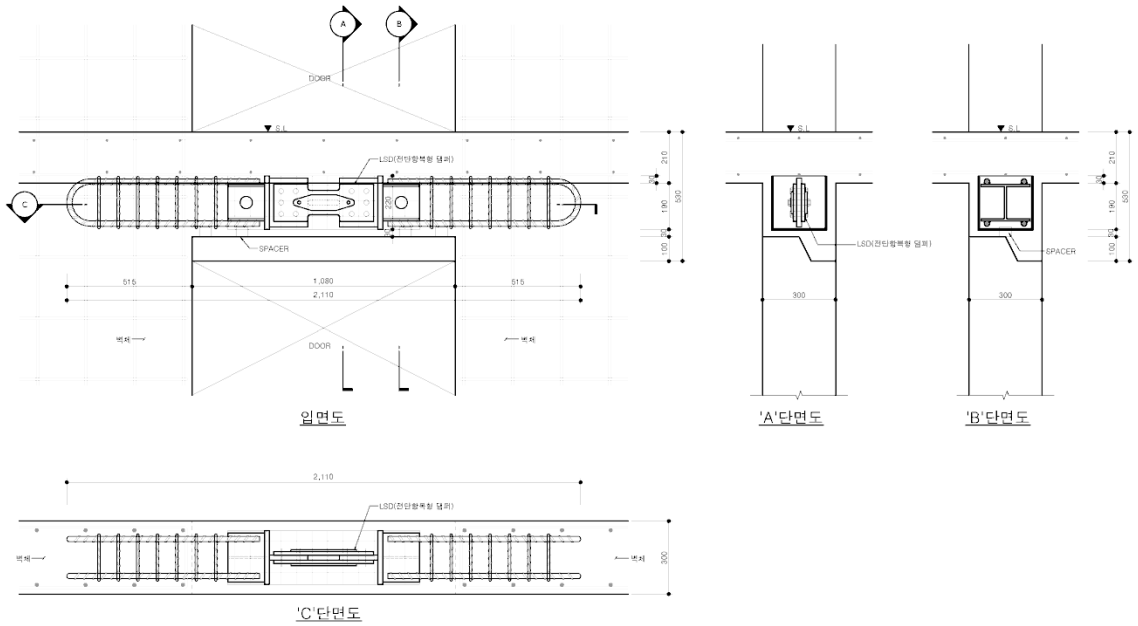



TYPE-3(105)
TYPE-3(105)
TYPE-3(105)

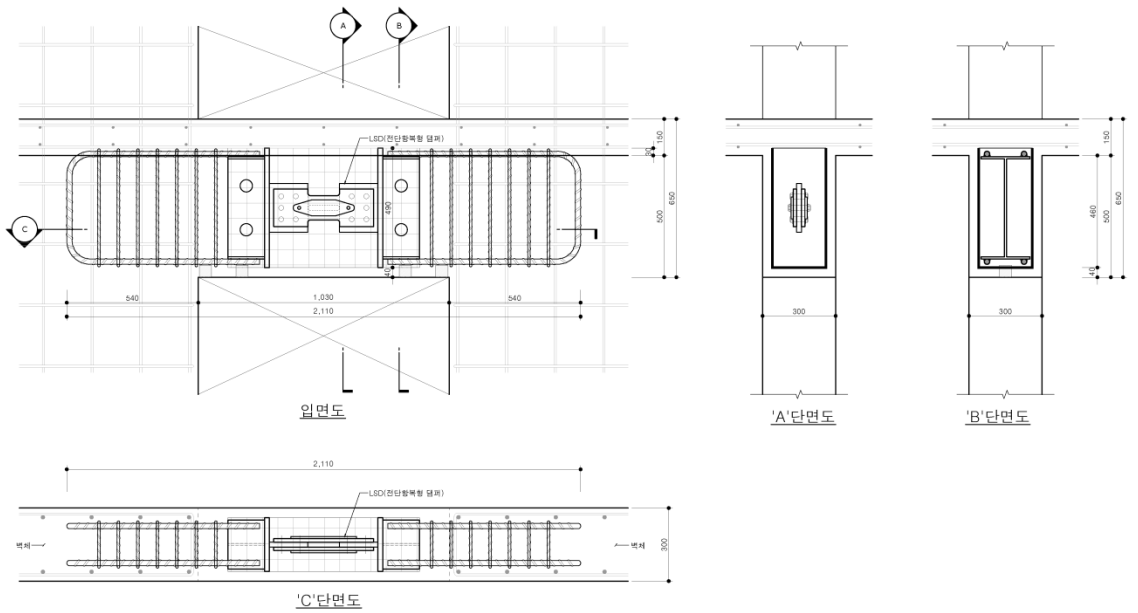




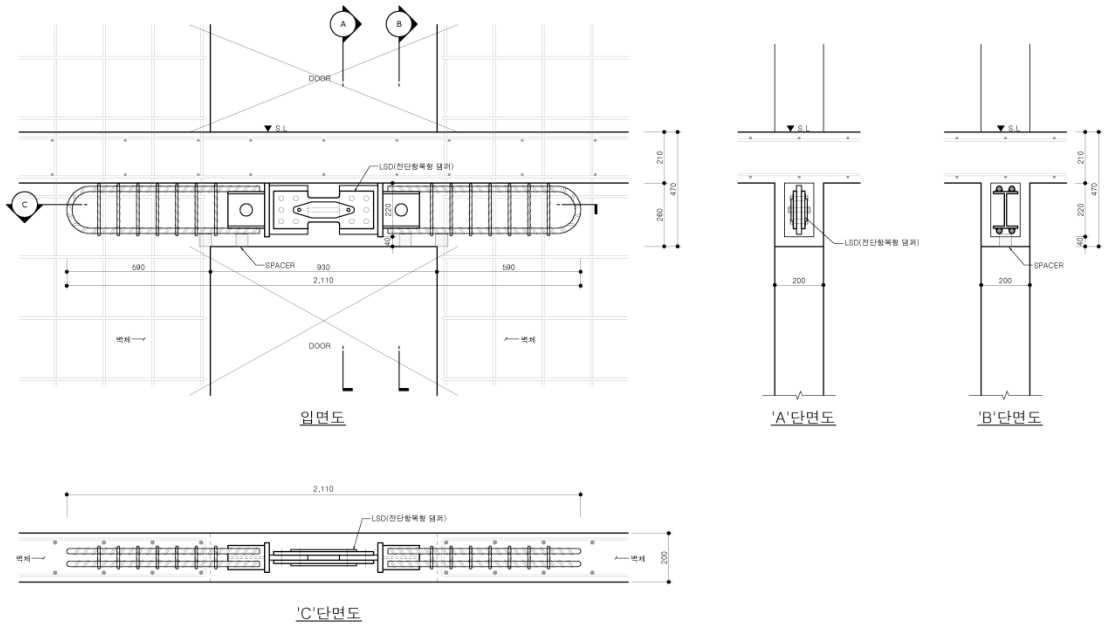




LSD(전단향복형 댐퍼) 제진보강 설치도
TYPE-1



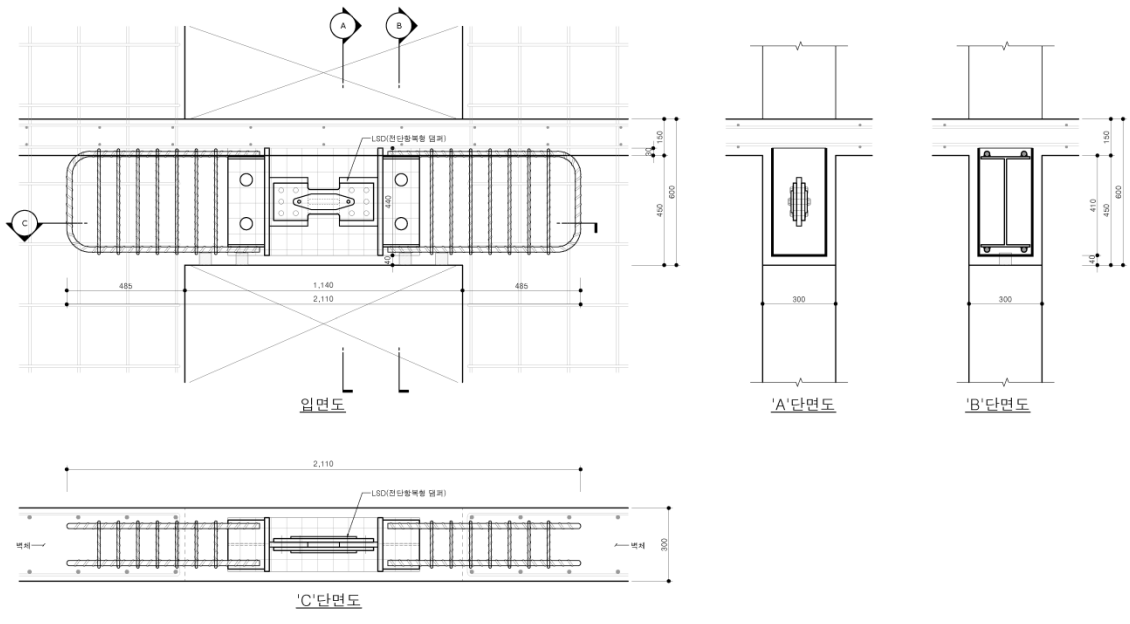
LSD(전단향복형 댐퍼) 제진보강 설치도
TYPE-2



입면도 'A'단면도 'B'단면도

'C'단면도

LSD(전단항복형 댐퍼) 제진보강 설치도
TYPE-3



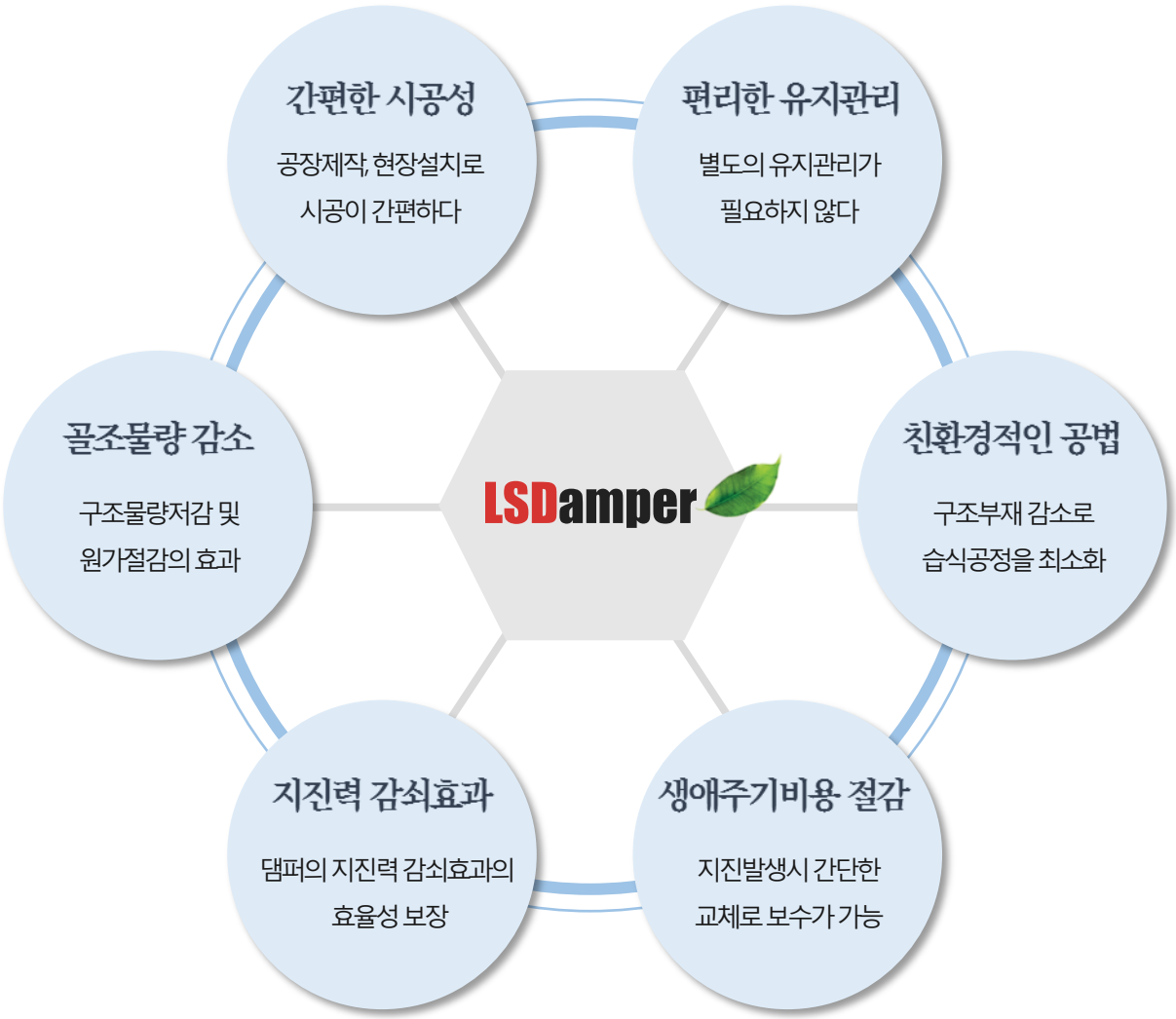
입면도 'A'단면도 'B'단면도

'C'단면도

LSD(전단항복형 댐퍼) 제진보강 설치도
TYPE-4

댐퍼 특성

LSDamper는 공장에서 제작, 완성된 댐퍼를 현장에서 간단하게 설치하는 공정으로 시공이 간편하다. 또한, 설계지진하중 감소로 인해 골조물량이 감소하여, 공사비 절감의 효과가 있다.
LSDamper의 좌굴방지 안전판이 지진력을 일관성 있게 전달하여 지진에너지 감쇠효과의 효율성을 보장할 수 있다.



[그림] LSD의 효과 및 특성

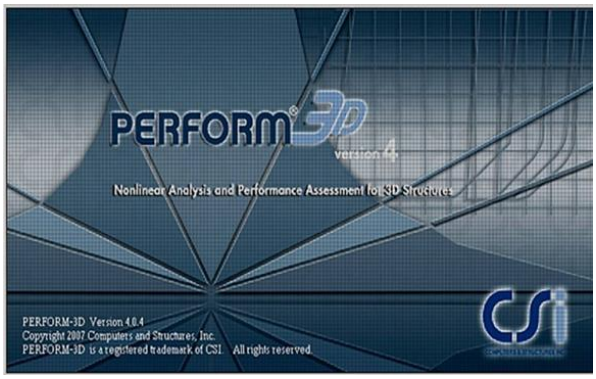
05

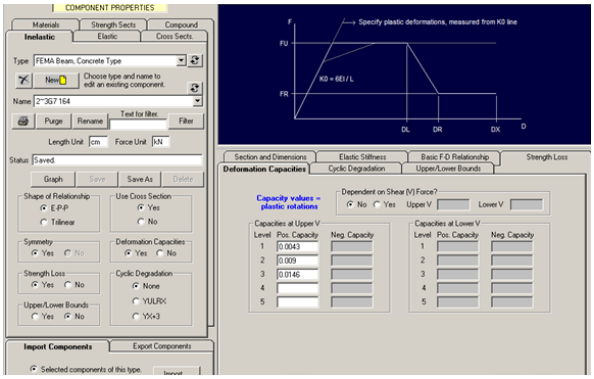
고층공동주택의 성능기반내진설계





▶ PERFORM-3D를 활용한 성능설계





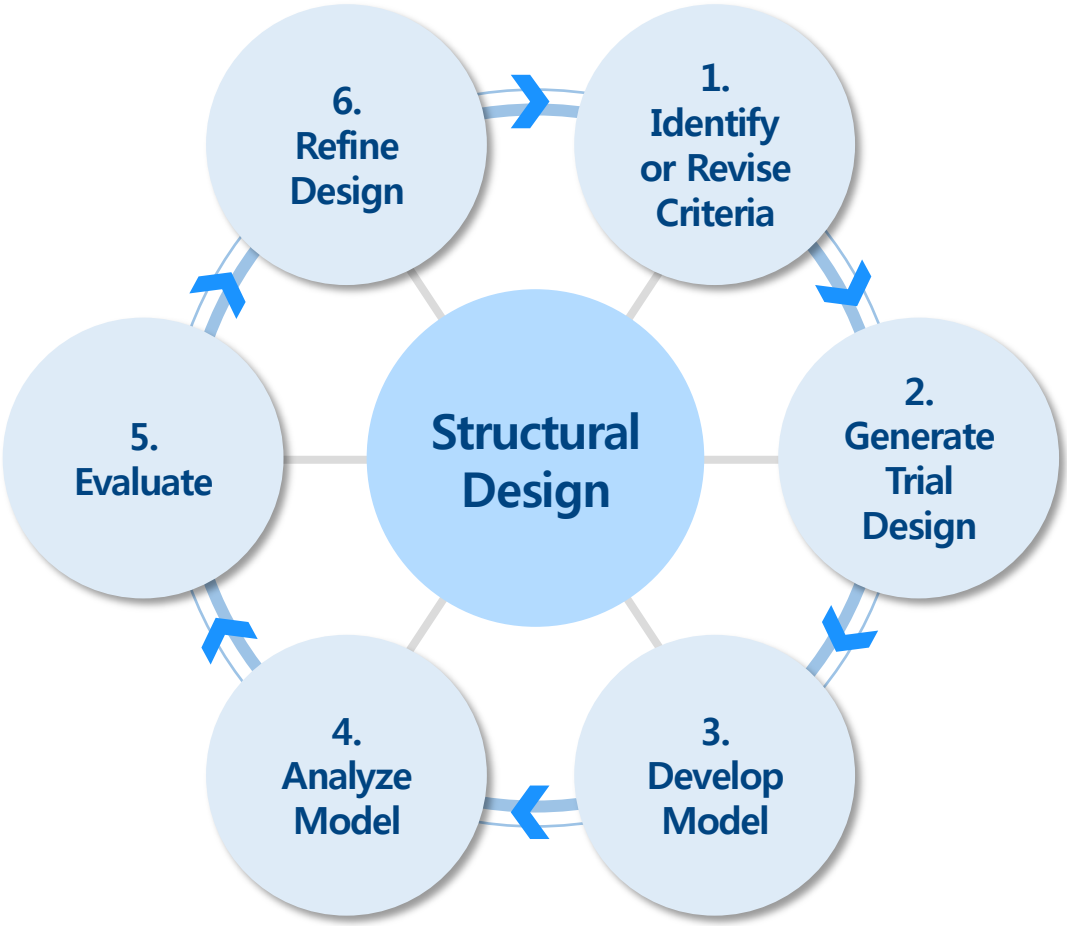
- 성능기반 내진설계 (performance-based seismic design)
- 재료적 / 기하학적 비선형해석 (material and geometric nonlinear analysis)
- 비선형 정적 / 동적해석 (nonlinear static and dynamic analysis)
- 면진 / 에너지 저감 장치를 고려한 해석 (analysis considering isolator and energy dissipation device)
- 사용자기반 내진설계 (user-based seismic design)
- 기타 전산구조해석 프로그램과의 연동해석

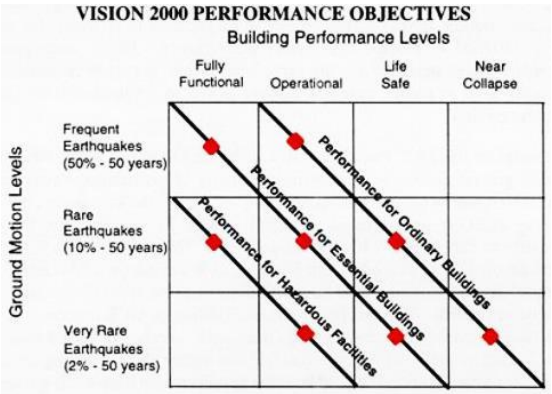
▶ 성능설계기반 내진설계 기준 및 지침서

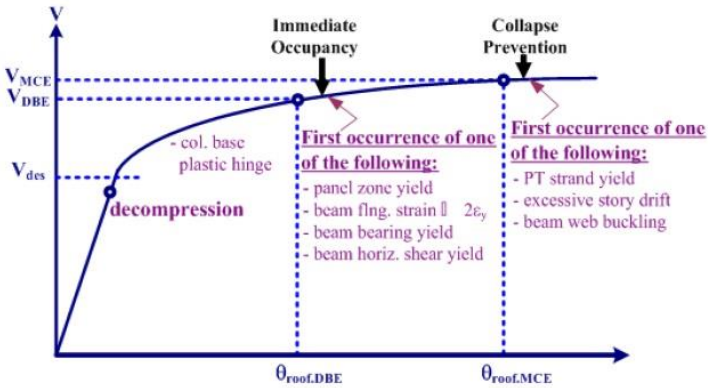


- 건축구조기준(KBCs) (2009)
- ATC 40 : Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings (1996)
- FEMA 306 : Evaluation of Earthquake Damaged Concrete and Masonry Wall Buildings (1998)
- FEMA 310 : Handbook for the Seismic Evaluation Buildings (1998)
- FEMA 350 : Recommended Seismic Design Criteria for New Steel Moment-Frame Buildings (2000)
- FEMA 356 : Prestandard and Commentary for Seismic Rehabilitation of Buildings (2000)
- FEMA 368 : NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings and Other Structures (2000)
- FEMA 397 : Incremental Seismic Rehabilitation of Office Buildings (2003)
- FEMA 399 : Incremental Seismic Rehabilitation of Retail Buildings (2003)
- FEMA 440 : Improvement of nonlinear Static Seismic Analysis Procedures (2005)
- FEMA 445 : Next-Generation Performance-Based Seismic Design Guidelines (2006)
- FEMA 547 : Techiques for the Seismic Rehabilitation of Existing Buildings (2006)
- CTBUH 2008 : Recommendations for the Seismic Design of High-rise Buildings (2008)
- Tall Buildings Initiative : Guidelines for Performance-Based Seismic Design of Tall Bildings (2010)
- PEER / ATC 72-1 : Modeling and acceptance criteria for Seismic Design and Analysis of Tall Bildings (2010)
- ASCE / SEI 41-13 Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings (2014)

성능설계기반 내진설계 절차





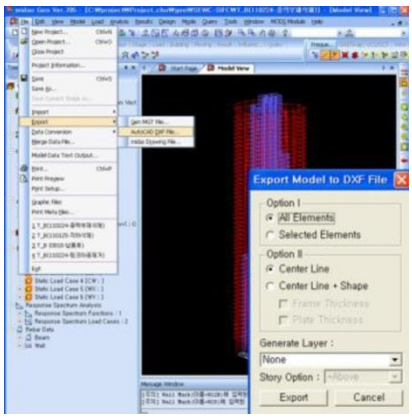


PERFORM-3D를 활용한 성능기반 내진해석 사례

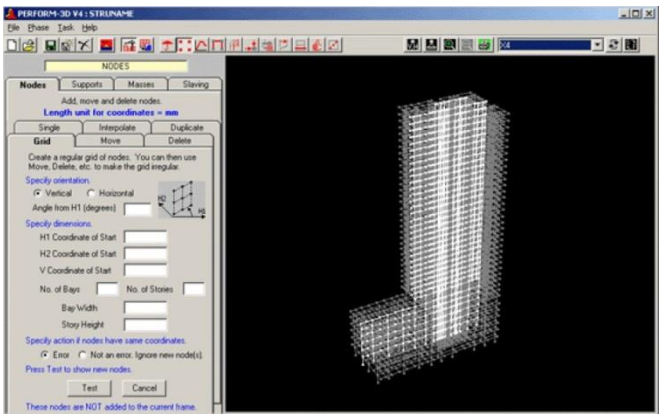
STEP 1

MIDAS 파일을 PERFORM-3D 파일로 변환

> 절점 / 부재 / Diaghragm / 경계조건 생성



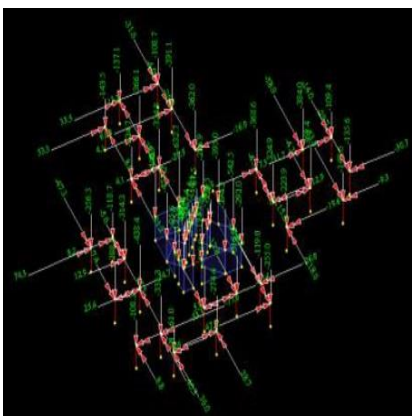
[MIDAS]



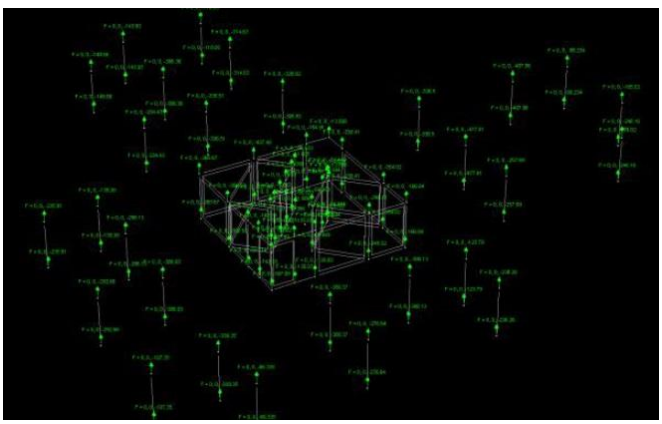
[PERFORM-3D]

STEP 2

하중변환 / 입력



[MIDAS]

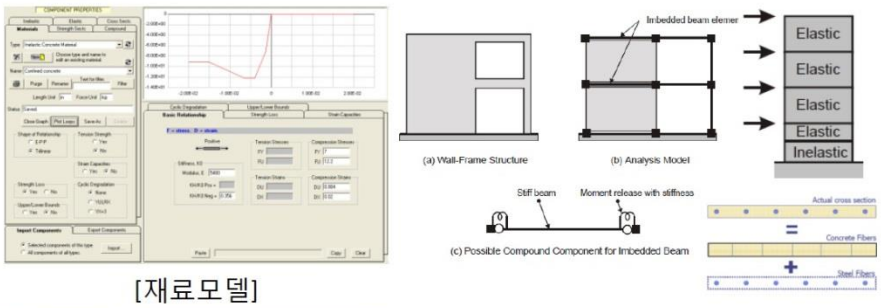


[PERFORM-3D]

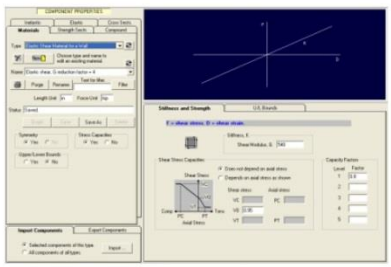
PERFORM-3D를 활용한 성능기반 내진해석 사례

STEP 3 재료모델 / 단면 / 요소 생성

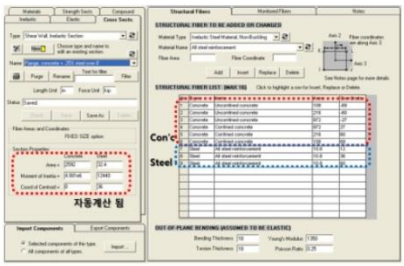
[Material Tab]	[Cross Section Tab]	[Compound Tab]
비선형 재료강도	**Shear Wall Inelastic**	**Shear Wall Component Compound**
Inelastic Steel Material, Non-Bucking (철근인장강도) Inelastic Concrete Material (콘크리트 재료 강도) - Confined / Unconfined	Auto Size Fiber Fixed Size Fiber	비선형 벽체
선형 재료강도	**Shear Wall Elastic**	**Shear Wall Component Compound**
Elastic Material for Fiber Sections (콘크리트 탄성재료 강도) Elastic Shear Material for a Wall (벽체 콘크리트 전단 강도) → Shear Strength D/C Ratio 산정시 이용	Auto Size Fiber Fixed Size Fiber	탄성벽체



[재료모델]



[단면생성]

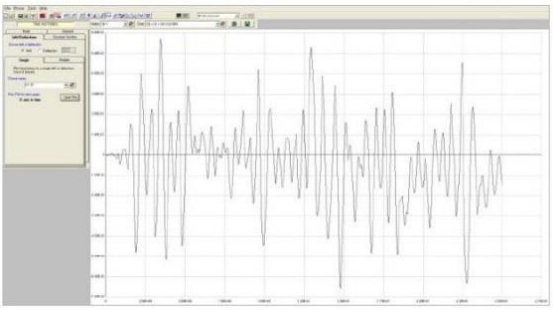


[요소생성]

PERFORM-3D를 활용한 성능기반 내진해석 사례

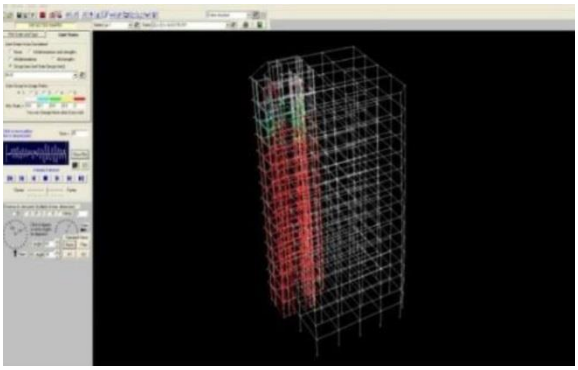
STEP 4

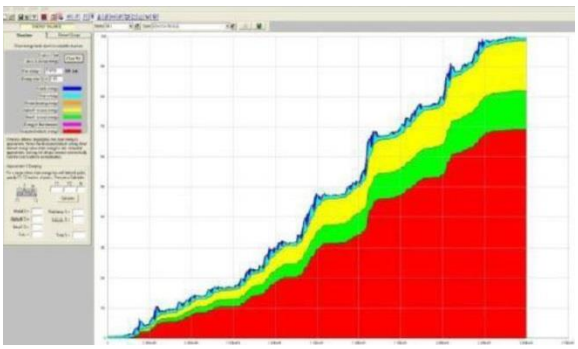
지진파의 선택 및 입력



STEP 5

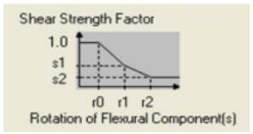
해석결과 분석 및 성능평가

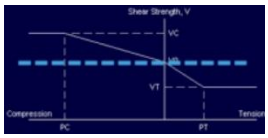




보

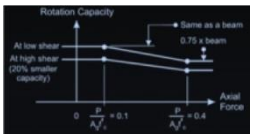
변형	강도
변위성능레벨 (IO, LS, CP) 전단의 영향이 큼	단부구속이 없는 보의 경우 중앙부모멘트 검토 전단검토

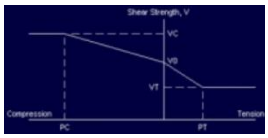




기둥

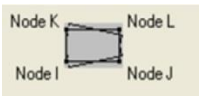
변형	강도
변위성능레벨 (IO, LS, CP) 축력과 전단의 영향이 큼	P-M 상관곡선 전단검토

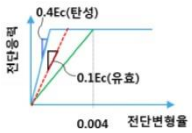




전단벽

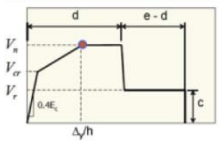
변형	강도
변위성능레벨 (IO, LS, CP) ROTATION GAGE STRAIN GAGE	전단검토 Material : Elastic Shear Material for a Wall STRUCTURE SECTIONS : 벽체단면적 설정

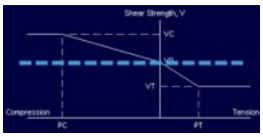




LINK BEAM

변형	강도
변위성능레벨 (IO, LS, CP) 전단지배부재 (IO, LS, CP)	전단검토 Strength Section 에서 강도검토





06

구조성능 검증실험



1. TEST OUTLINE

1-1. 실험명 : 인방보형 강재슬릿 제진장치의 기초성능검증 실험

1-2. 실험목적

- 인방보형 강재슬릿댐퍼(전단항복형 댐퍼)의 용량별 항복강도 및 변형산정
- 인방보형 강재슬릿 제진시스템 내의 이력 특성을 예측하여 적합한 시스템 제안

1-3. 실험장소 : 단국대학교 리모델링연구소 구조실험동

1-4. 실험날짜 : 2015년 8월

1-5. 측정 내용

- 하중패턴에 따른 댐퍼성능 실험

(단조가력, 5mm/10mm 정진폭 가력, 1mm/2mm/4mm 점증폭 가력)

- 용량별 강재이력댐퍼의 저항하중
- 용량별 강재이력댐퍼의 변위

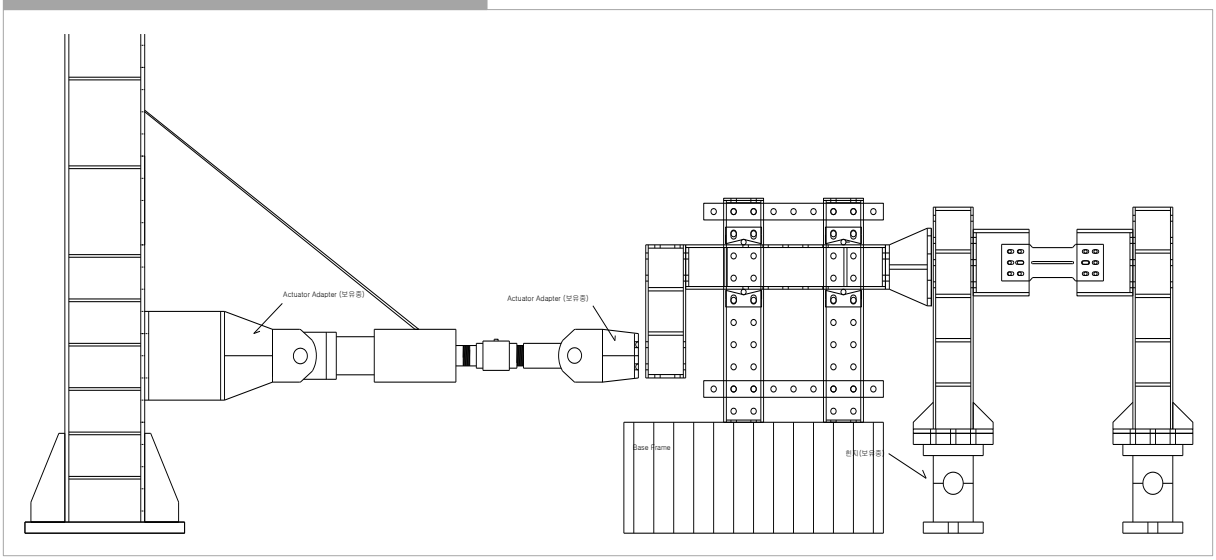
1-6. 실험결과 분석

① 용량별 제진장치의 거동모드는 예상모드와 비슷하게 거동함.

② 내부 슬릿강판의 시험 결과 해석치와 실험치는 거의 유사한 것으로 나타남.

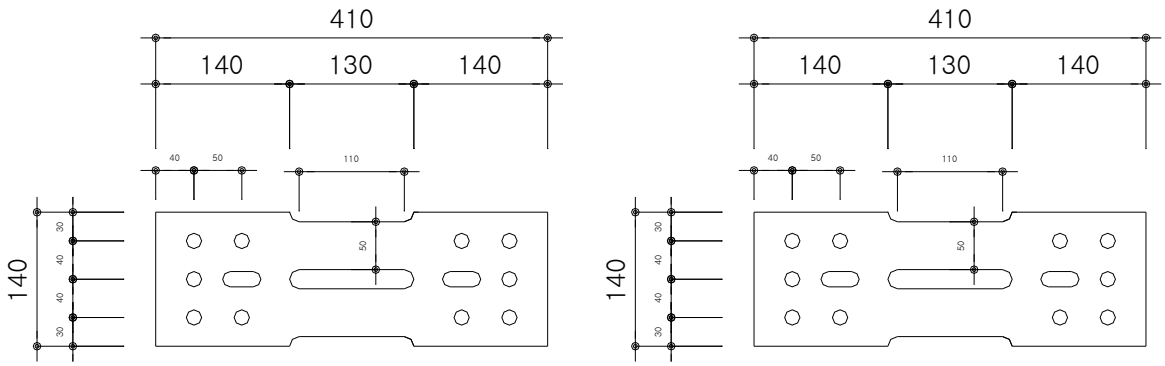
③ 용량별 슬릿강재댐퍼의 성능시험 결과 목표 용량과 유사한 것으로 나타나 이론을 통한 설계 적용이 가능한 것으로 판단됨.

실물실험체 TEST SET-UP 도면



2. TEST PLAN

2-1. 실험체 도면



[그림] 실험체 도면

2-2. 실험체 사진



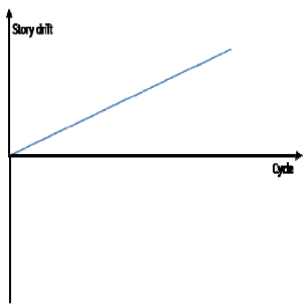
[슬릿플레이트 형상]

2. TEST PLAN

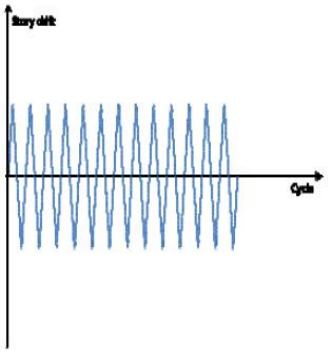
2-3. 실험체 일람

재료강도	강판두께 (mm)	설계항복강도 (kN)	강판면수 (EA)	Hole 지름 (mm)	가력방법
235	4.5	24	1	20	점증제어
235	6.0	32	1	20	점증제어
235	8.0	43	1	20	점증제어
235	10.0	53	1	20	점증제어
235	12.0	64	1	20	점증제어

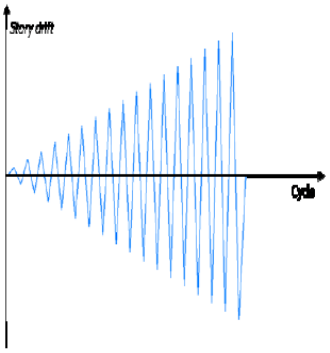
실험하중패턴



(a) 단조가력



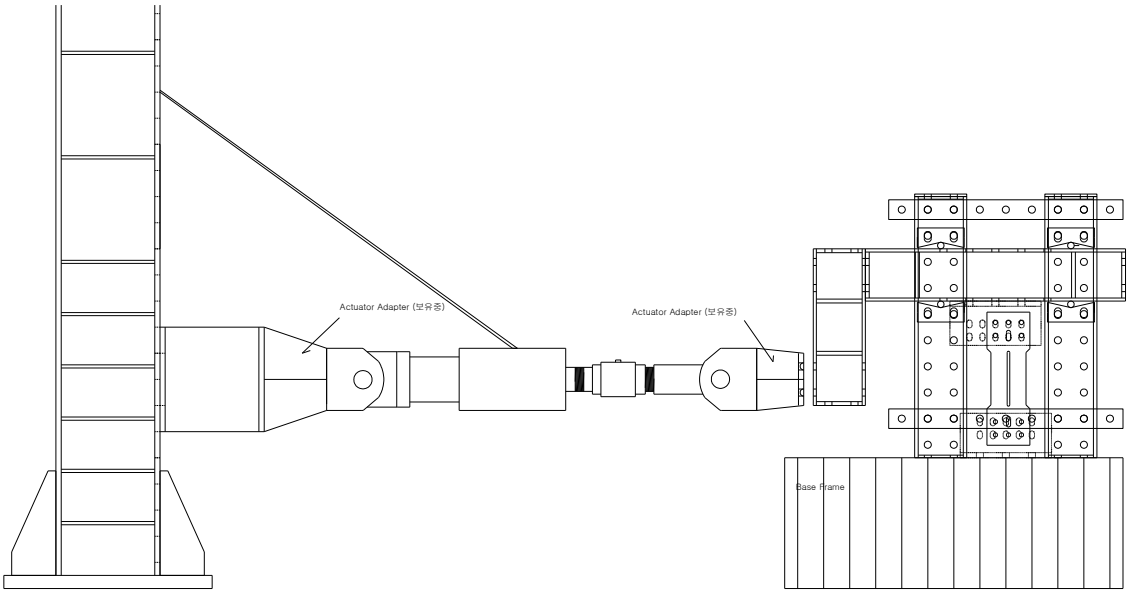
(b) 5mm/10mm
정진폭 가력



(c) 1mm/2mm/4mm
점증폭 가력

3. TEST SET-UP

3-1. 시편 테스트셋업 도면

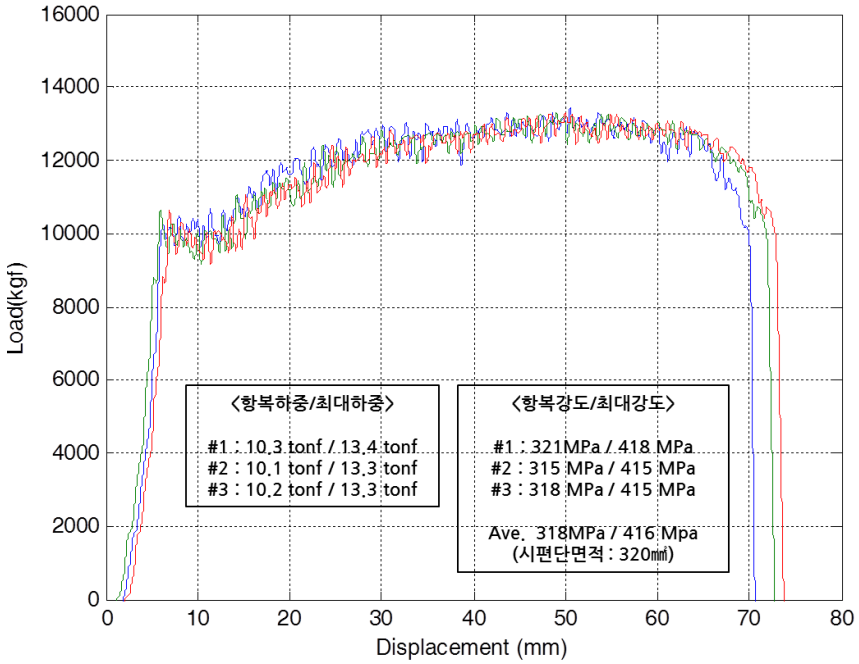




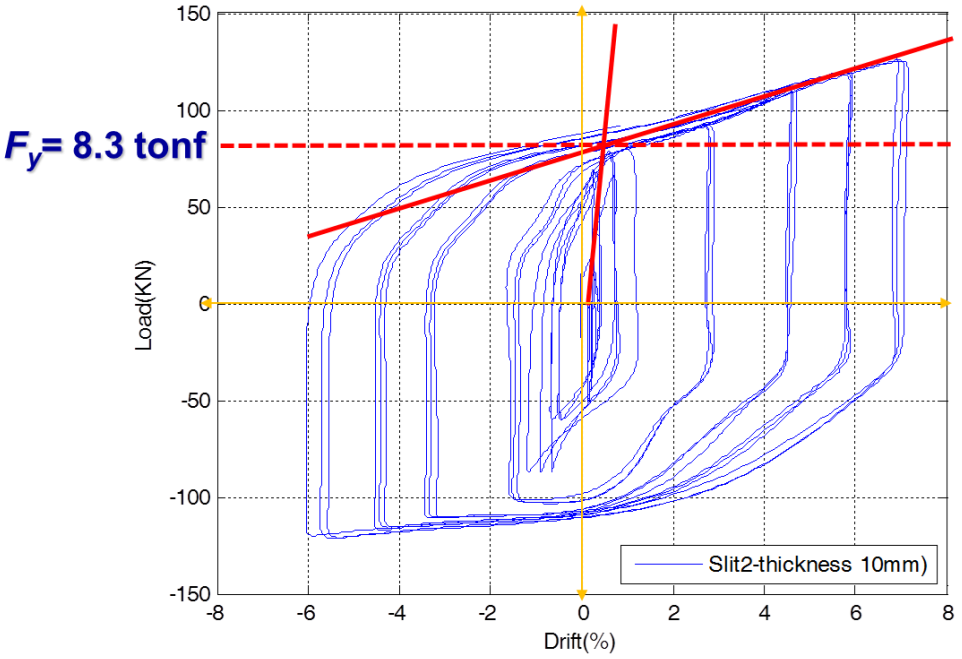
[실험체 치구]

4. 실험 결과

4-1. 소재(SS400)인장시험결과

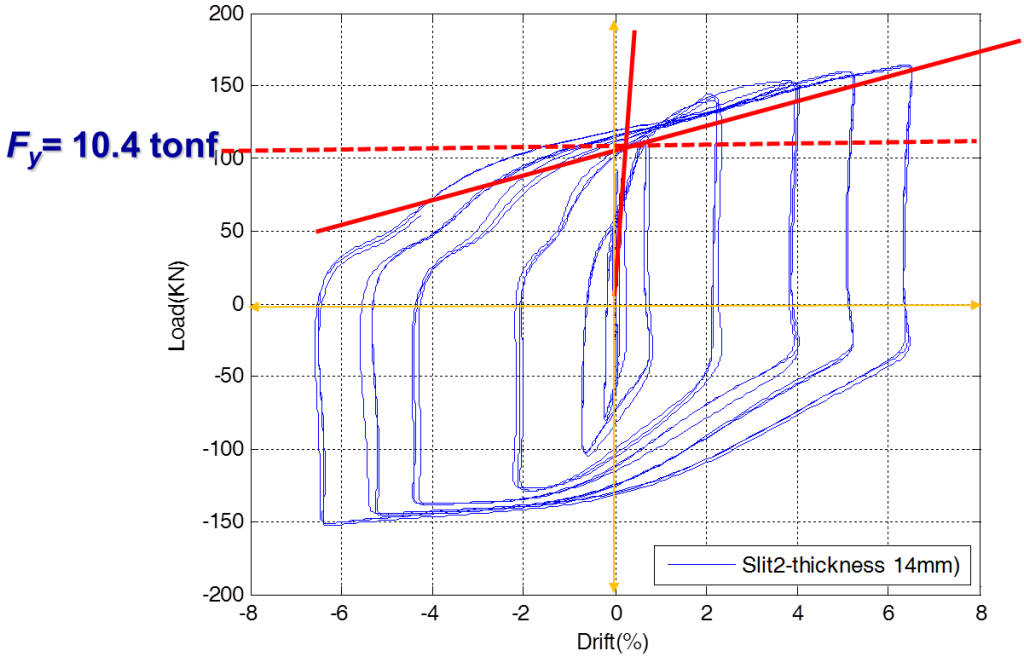


4-2. Damper의 이력거동(Fy= 8 tonf)



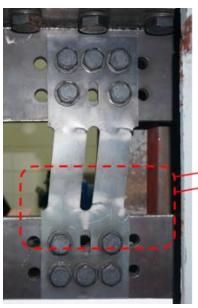
4. 실험 결과

4-3. Damper의 이력거동(Fy= 10 tonf)

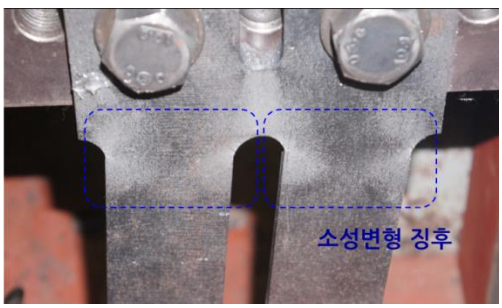


4-4. 결과 및 파괴모드

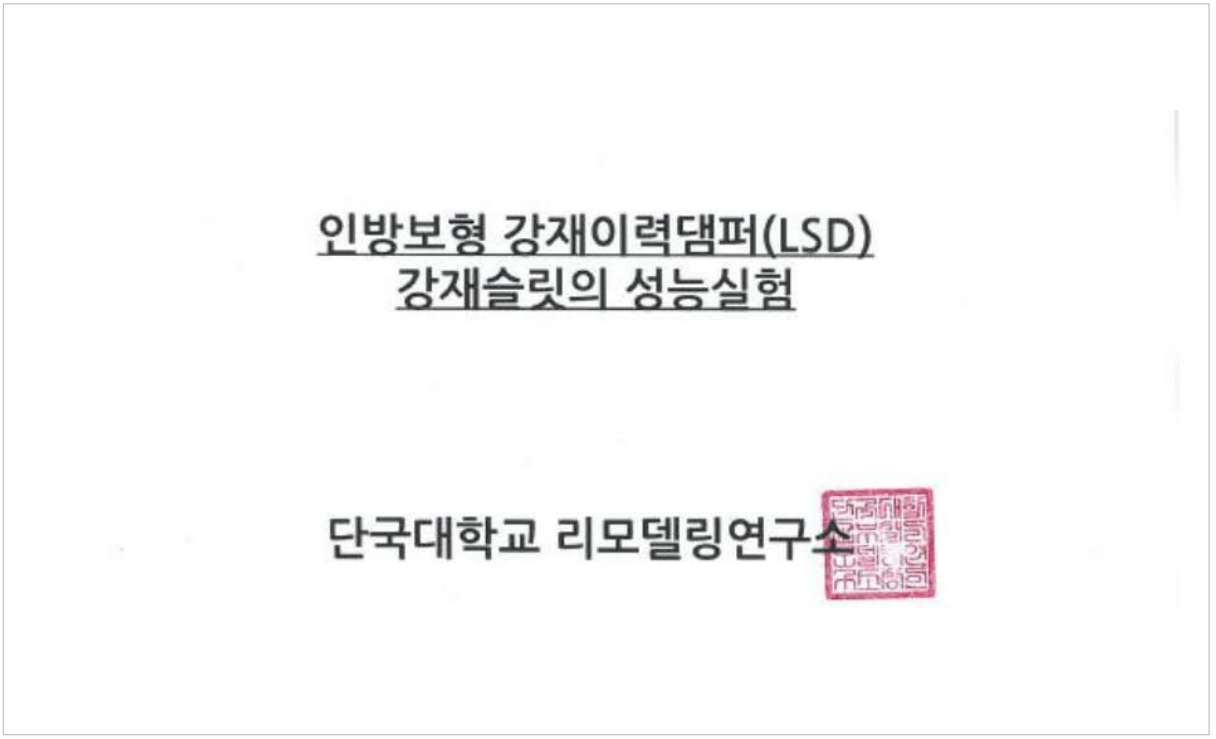
시험체명	설계항복강도 (kN)	항복강도 (kN)	최대강도 (kN)	항복변형 (%)	최대변형 (%)	탄성강성
S2-T10-M20(8t)	80	83	128	0.5	7	16.6
S2-T14-M20(10t)	100	104	162	0.5	6.4	20.8







5. 성능검증 확인서



인방보형 강재이력댐퍼(LSD) 강재슬릿 성능확인서

"인방보형 강재이력댐퍼(LSD)"에 대하여 본 단국대학교 리모델링 연구소에서는 2015년 8월~10월에 걸쳐, 강재슬릿 부분의 정적실험을 수행하여 강재슬릿이 전단에 대한 항복강도가 설계치와 실험치가 유사한지의 여부와 항복후 안정적인 소성변형을 통한 연성능력을 평가하여 강재이력댐퍼의 성능을 평가하였음.

정적 반복하중 실험 결과, 강재슬릿은 이론치와 거의 유사한 항복강도를 나타내는 것으로 나타났음.
이는 설계된 슬릿강판을 사용함으로 예상되는 지진하중에서 연성거동을 보일수 있음을 나타냄.

또한 항복후 최대 파단까지 충분한 소성변형을 보임으로써 지진하중 발생시 이력거동에 의한 충분한 에너지소산 능력을 보임으로써 안정적인 제진장치의 성능을 보일수 있음을 확인함.

대상 구조물에 따라 적절한 위치와 보강개수가 선정된다면, 본 인방보형 강재이력댐퍼를 사용하여 기존 구조물의 내진성능이 증진되고 적절한 에너지소산 및 감쇠능력이 향상됨을 확인함.

2015. 10

단국대학교 부설 리모델링 연구소장

07

내진설계 및 내진보강실적



내진보강 / LSDamper 실적

NO	구분	건물명	적용기술
1	초/중/고등학교	진주 가람초등학교	ERD 제진보강공법
2	초/중/고등학교	나주영산포초등학교	ERD 제진보강공법
3	초/중/고등학교	여수충덕중학교	ERD 제진보강공법
4	초/중/고등학교	인천 용현남초등학교	ERD 제진보강공법
5	초/중/고등학교	대구 동촌중학교	ERD 제진보강공법
6	초/중/고등학교	홍성중학교	ERD 제진보강공법
7	초/중/고등학교	대전문화여중학교	ERD 제진보강공법
8	초/중/고등학교	울산농소고등학교	ERD 제진보강공법
9	초/중/고등학교	용인죽전초등학교	ERD 제진보강공법
10	초/중/고등학교	동암중학교	ERD 제진보강공법
11	초/중/고등학교	가수원초등학교	ERD 제진보강공법
12	초/중/고등학교	양학중학교	ERD 제진보강공법
13	초/중/고등학교	순창중학교	ECO기둥 단면증설 내진보강공법
14	초/중/고등학교	풍남초초등학교	ERD 제진보강공법
15	초/중/고등학교	평산초초등학교	ECO기둥 단면증설 내진보강공법
16	초/중/고등학교	포항해양과학고등학교	FD 제진보강공법
17	초/중/고등학교	내서중학교	ERD 제진보강공법
18	초/중/고등학교	마산여고등학교	ECO기둥 단면증설 내진보강공법
19	초/중/고등학교	송화초등학교	ECO라멘조 단면증설 내진보강공법
20	초/중/고등학교	증평중학교	ECO라멘조 단면증설 내진보강공법

내진보강 / LSDamper 실적

NO	구분	건물명	적용기술
21	초/중/고등학교	증평초등학교	ECO기둥 단면증설 내진보강공법
22	초/중/고등학교	양산고그린스쿨	ECO라멘조 단면증설 내진보강공법
23	대학교	한국체대학교	PG패널 내진보강
24	공공시설물	삼산동주민센터	ECO 브레이스 내진보강공법
25	초/중/고등학교	삼보초등학교	ECO라멘조 단면증설 내진보강공법
26	공공시설물	부산정수장 (화명-중앙관리)	ECO 내부,외부프레임 내진보강공법
27	공공시설물	부산정수장 (덕산-오존발생기실)	ECO 외부프레임 내진보강공법
28	초/중/고등학교	구미여자고등학교	ECO라멘조 단면증설 내진보강공법
29	초/중/고등학교	장량초등학교	EDF 제진보강공법
30	초/중/고등학교	순창여자중학교	EDF 제진보강공법
31	공공시설물	진주보훈청	ECO기둥 단면증설 내진보강공법
32	대학교	한국과학기술대 청운관	ECO 외부프레임 내진보강공법
33	공공시설물	충주노인병원	PG패널 내진보강
34	공동주택	구미산단지구 한양수자인	LSD 인방보형 강재슬릿댐퍼
35	공동주택	e-편한세상 봉황역	LSD 인방보형 강재슬릿댐퍼
36			
37			
38			
39			
40			

***참고 문헌 및 자료**

1. 대한건축학회, 2009,「건축구조설계기준 및 해설」
2. 한국콘크리트학회, 2012,「콘크리트구조기준 예제집」
3. ASCE STANDARD, 2005,「Minimum Design Loads for buildings and other Structures」
4. 토지주택연구원, 2013,「내진성능 향상을 위한 공동주택 제진구조시스템 개발」
5. SH공사 도시연구소, 2013,「공동주택 코어집중형 제진시스템 개발」
6. 한국강구조학회지, 2009,「인방형 제진시스템의 구조설계절차」
7. 한국콘크리트학회 가을 학술대회 논문집, 2013,「비선형시간이력해석을 사용한 벽식구조 아파트의 특수경계요소 대체설계」
8. 한국지진공학회 논문집 17권 1호, 2013,「특수 및 준특수 상세에 따른 철근콘크리트 전단벽의 비선형 내진거동 해석」



T) 051-523-3088
F) 051-523-3089