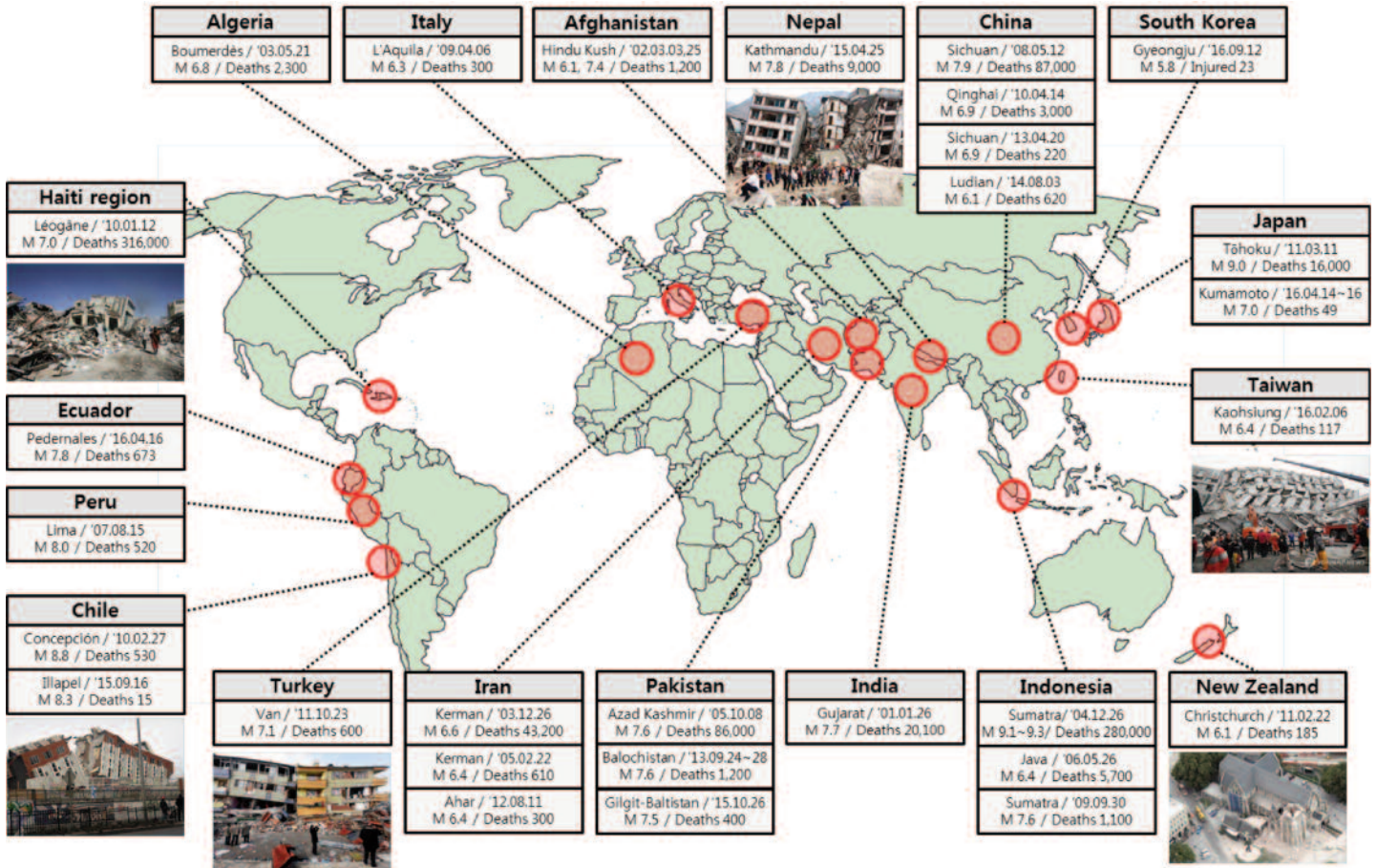


# 면진시스템

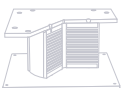
Seismic Isolation System

20세기에 들어와 세계 각지에서 지진이 잇달아 발생하는 가운데 지진에 대한 피해를 최소화하기 위한 연구가 더욱 활발히 진행되어 왔습니다. DRB동일은 60년간 축적된 고무응용 연구, 기술을 바탕으로 지진력을 효율적으로 저감하고 진동 에너지를 최대한 흡수하여 지진피해를 사전에 예방할 수 있는 면진 고무 제품을 개발, 공급하고 있습니다.



## Contents

면진구조 건물이란	03
면진구조의 종류	03
내진구조와 면진구조	04
면진구조의 성능비교	04
면진건물의 건설비용과 경제적 가치비교	04
면진구조와 면진고무	05
면진고무의 종류와 특징	05
성능 평가 시험기	06
성능평가 항목	06
제품 성능 및 특성(NRB)	07
제품 제원(I, II)	08
설계 프로세스	10
시공 과정	11
적용 사례	11



## 면진구조 건물이란

구조물과 지반 사이에 장치를 설치하여 지반으로부터 전달되는 지진력을 차단 또는 감소시켜 인명보호 및 건물의 피해를 방지하고 건물의 기능을 유지하도록 한다.

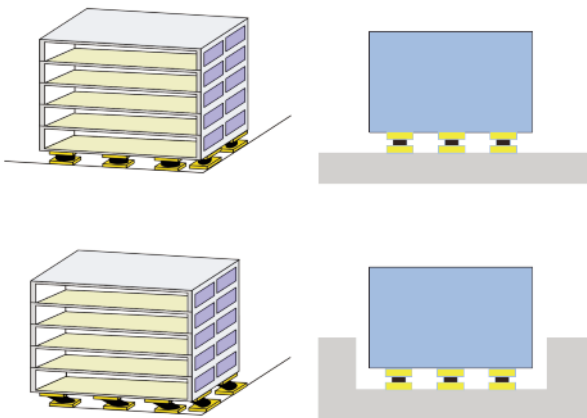


### 장점

- 상부구조의 지진하중을 저감함으로써 건물의 지진시 안정성 확보(안전성 확보)
- 인명의 보호뿐만 아니라 재산의 보전, 건물기능의 확보 가능 (재산의 보전, 기능성 유지)
- 수용물의 손상방지와 2차 피해방지(재산의 보전, 기능성의 유지)
- 진동의 체감 저감으로 심리적 불안, 불쾌감의 제거와 안정감, 거주성 향상(안정, 거주성의 향상)
- 설계 자유도의 증대에 따른 새로운 건축형태의 가능성 (설계 자유도의 향상)

## 면진구조의 종류

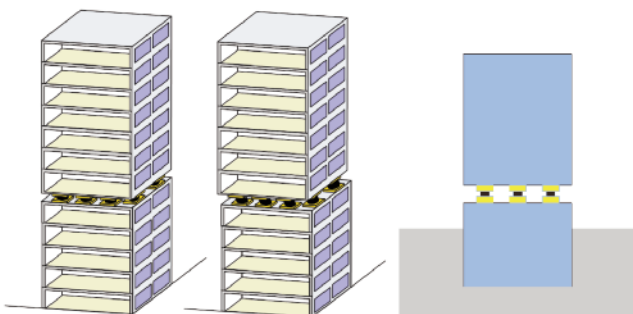
### • 기초면진/지상층면진



건물의 하부에 면진시스템을 설치하여 건물과 지반을 분리시키는 구조

- ① 저층구조물에 적합한 면진구조
- ② 건물 전체를 보호해야 하는 데이터센터, 병원 등에 적용
- ③ 지하기초인 경우, 이격거리 확보를 위한 토공사 진행되어야 함

### • 중간층면진



건물의 중간에 면진시스템을 설치하여 부분적으로 질량을 분리시키는 구조

- ① 중, 고층구조물에 적합한 면진구조
- ② 구조물에 전달되는 지진력을 감소하여 건물의 피해를 줄임
- ③ 강성비정형성이 강하고, 횡하중에 약한 구조물에 적용한 경우, 관성력의 감소와 하부골조의 소성흔지 발생을 방지

## 내진구조와 면진구조

### • 내진구조란

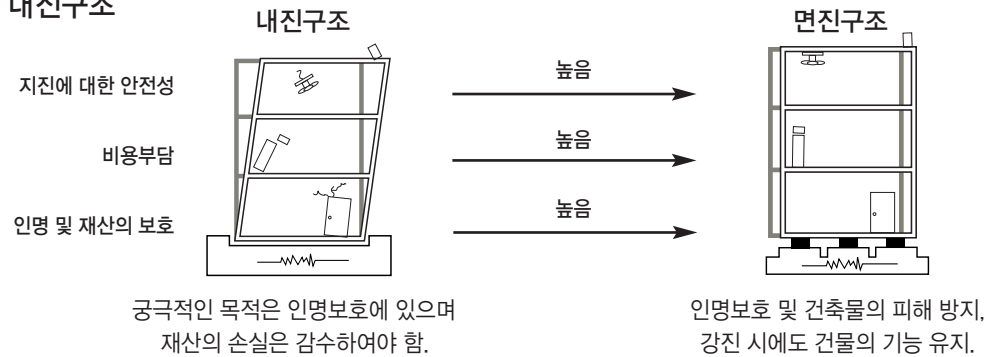
지진외력에 충분히 저항할 수 있도록 건축물의 부재를 적절히 선택 배치하여 건축물의 강도, 견고성, 강성을 확보하여 '지진에 견딜 수 있게' 한 구조를 말한다. 즉 건축물을 튼튼하게 설계하여 지진에 대응하는 건축구조이다. 내진 구조는 건축물이 보다 지진외력에 대응하기 위해 큰 소성 변형을 일으키게 된다. 이때 건축물이 붕괴되지 않더라도 건축물이 소성변형을 일으키기 때문에 건물내부에 들어있는 중요한 물건들이 파괴되며, 건축물의 피해로 인한 건축물이 보유하는 건물기능성을 상실하게 된다.

### • 면진구조란

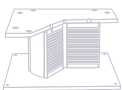
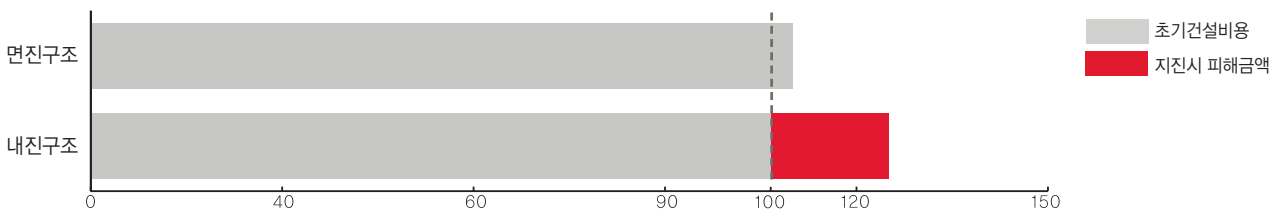
지진에 대응할 수 있도록 건축물의 강도나 강성을 증가하는 것이 아니고 면진고무 등 면진 부재에 의해 구조물을 지반의 진동에서 격리하고 건축물 자체에 큰 힘이 작용하지 않게 하여 '지진으로부터 피한다'라는 개념이다. 지진시 흔들림을 보면 내진구조의 경우 강한 흔들림인 것에 비해 면진구조물은 약한 흔들림을 보이며 구조물의 가속도와 변형이 적은 특징을 가지고 있다. 면진구조에서는 지진시 흔들림의 강도를 약하게 함으로써 인명보호는 물론 건축물의 파괴와 파손을 방지하여 재산가치 보호, 기능성, 거주성을 확보할 수 있다.

## 면진구조의 성능비교

### • 성능비교 : 면진구조 > 내진구조



## 면진건물의 건설비용과 경제적 가치비교



## 면진구조와 면진고무

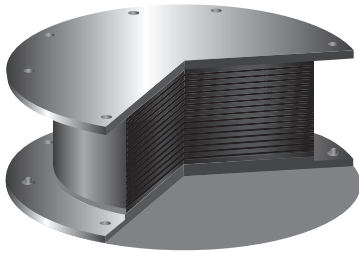
면진구조는 지진파가 가지고 있는 주파수를 장주기화 시키고 큰 에너지를 감소시켜 지진을 피하는 시스템으로 일반적으로 면진고무를 사용한다. 면진고무를 설치한 면진층에서 지진동의 에너지를 흡수하고, 건축물에 입력되는 지진동을 저감시킨다. 대지진이 발생할 경우 지진파에 의한 변위를 면진고무가 부담하여 건축물의 구조적인 손상을 방지한다.

### 면진구조를 실현하기 위한 면진장치는

- 수직방향으로는 구조물의 중량을 지지할 수 있는 높은 강성
- 수평방향으로는 고유주기를 장주기화 할 수 있는 낮은 강성(큰 변형 능력)
- 내력
- 복원능력
- 감쇠성능 등을 필요로 한다.

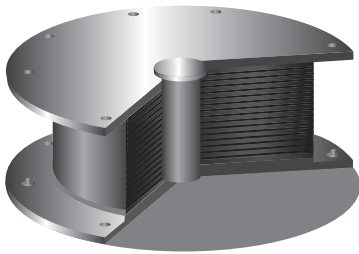
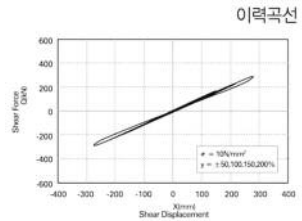
면진고무는 강판과 얇은 고무를 상호 적층하여 접착한 것으로 수직하중에 대해서는 고무의 변형을 강판으로 구속함으로써 높은 강성과 내력을 얻고, 수평방향의 힘에 대해서는 고무의 전단변형이 구속되지 않기 때문에 낮은 강성과 큰 변형능력을 얻을 수 있다.

## 면진고무의 종류와 특징



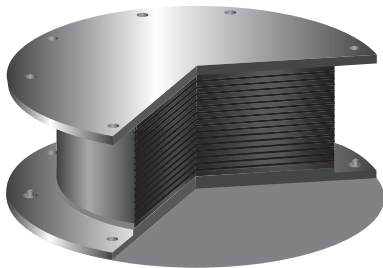
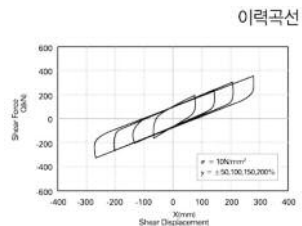
### ● 천연고무계 적층고무(NRB)

구조물의 하부를 지반과 분리하여 건물의 기본진동주기를 길게 하고, 강한 에너지를 갖는 지진의 진동수 대역으로부터 구조물의 진동수를 격리시킴으로써 구조물에 전달되는 횡하중을 감소시키는 면진부재



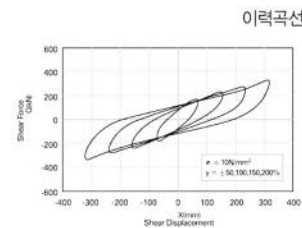
### ● 납삽입계 적층고무(LRB)

내구성(Durability)이 우수한 특수배합의 고무와 보강철판이 교대로 적층되어 있고 중앙에 원형의 납이 삽입되어 수평방향의 유연성(Horizontal flexibility)과 높은 수직강성을 가지고 있다. 작은 하중이 작용하는 경우에는 변위를 억제하고 지진시에는 납의 비선형거동으로 지진에너지를 흡수하며, 고무의 탄성에 의하여 원래의 위치로 복원된다.



### ● 고감쇠계 적층고무(HDRB)

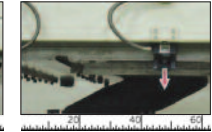
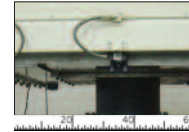
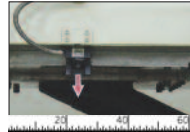
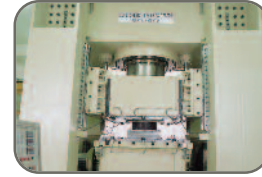
감쇠성능(Damping performance)이 우수한 특수배합의 고무와 보강철판(Reinforcing plate)이 교대로 적층된 면진고무로서 작은 변형시 강성이 크고, 큰 변형시 강성이 작아 지진시 면진효과를 최대한 발휘한다. 이것은 고무자가 갖는 스프링요소(Spring factor)와 마찰감쇠요소(Friction damping factor), 점성감쇠요소(Viscosity damping factor)에 의해 큰 에너지 소산 면적을 가지게 되어 지진에너지를 흡수하도록 설계되어 있다.



## 성능 평가 시험기

최대연직하중 3000톤의 압축전단시험기로서 적층고무의 수평강성, 연직강성, 한계성능시험을 실시하고 있다.

최대압축하중	3000ton
최대수평하중	± 600ton
최대수평변위	± 600mm
최대속도	20mm/sec
최대폭	2000mm x 2000mm
최대고압	1200mm



## 성능평가 항목

시험항목	시험조건	허용기준	기준값 (x103kN/m)	판정기준		합격여부	
				강성(x103kN/m)	오차		
압축특성 시험	기본강성 시험	설계압축력100%±30% 전단변형률0%	설계기준값 ±30% 이내	설계기준값 : 2,680	2,949.9 (300,821kg/mm)	10.07%	■ ACCEPT □ REJECT
	전단변형률 의존성 시험	설계압축력100%±30% 전단변형률50%	시험기준값 ±30% 이내	시험기준값 : 2,950 (기본강성 시험값 기준)	3,138.4 (320,052kg/mm)	6.39%	■ ACCEPT □ REJECT
		설계압축력100%±30% 전단변형률100%	시험기준값 ±30% 이내		3,253.7 (331,809kg/mm)	10.30%	■ ACCEPT □ REJECT
	압축응력 의존성 시험	설계압축력100%±50% 전단변형률0%	시험기준값 ±30% 이내	시험기준값 : 2,950 (기본강성 시험값 기준)	2,730.0 (278,396kg/mm)	7.45%	■ ACCEPT □ REJECT
설계압축력100%±100% 전단변형률0%		시험기준값 ±30% 이내	2,368.3 (241,512kg/mm)		19.72%	■ ACCEPT □ REJECT	
전단특성 시험	기본강성 시험	설계압축응력100% 전단변형률100%	설계기준값 ±15% 이내	설계기준값 : 1,080	0.970 (0.099ton/mm)	10.17%	■ ACCEPT □ REJECT
	전단변형률 의존성 시험	설계압축응력100% 전단변형률50%	시험기준값 ±15% 이내	시험기준값 : 0.970 (기본강성 시험값 기준)	1.039 (0.106ton/mm)	7.07%	■ ACCEPT □ REJECT
	압축응력 의존성 시험	설계압축응력50% 전단변형률100%	시험기준값 ±15% 이내	전단탄성 시험기준값 : 0.970 (기본강성 시험값 기준)	1.058 (0.108ton/mm)	9.09%	■ ACCEPT □ REJECT
		설계압축응력150% 전단변형률100%	시험기준값 ±15% 이내		0.853 (0.087ton/mm)	12.12%	■ ACCEPT □ REJECT
		설계압축응력200% 전단변형률100%	시험기준값 ±25% 이내		0.774 (0.079ton/mm)	20.20%	■ ACCEPT □ REJECT
	반복변형 의존성 시험	설계압축응력100% 전단변형률100% 50th cycle 재하	시험기준값 ±15% 이내	시험기준값 : 0.990 (최초 3rd cycle 시험값 기준)	0.990 (0.101ton/mm)	0.00%	■ ACCEPT □ REJECT
전단탄성	전단탄성	설계 최대변형에서 파단, 좌굴 등이 발생하지 않아야 함.	-	설계 최대변형에서 파단, 좌굴 등의 현상은 관찰되지 않았으며, 정상적인 특성치를 보임.		■ ACCEPT □ REJECT	



## 제품 성능 및 특성(NRB)

### • 면진구조에 사용하는 면진고무의 안전성

#### 경년변화

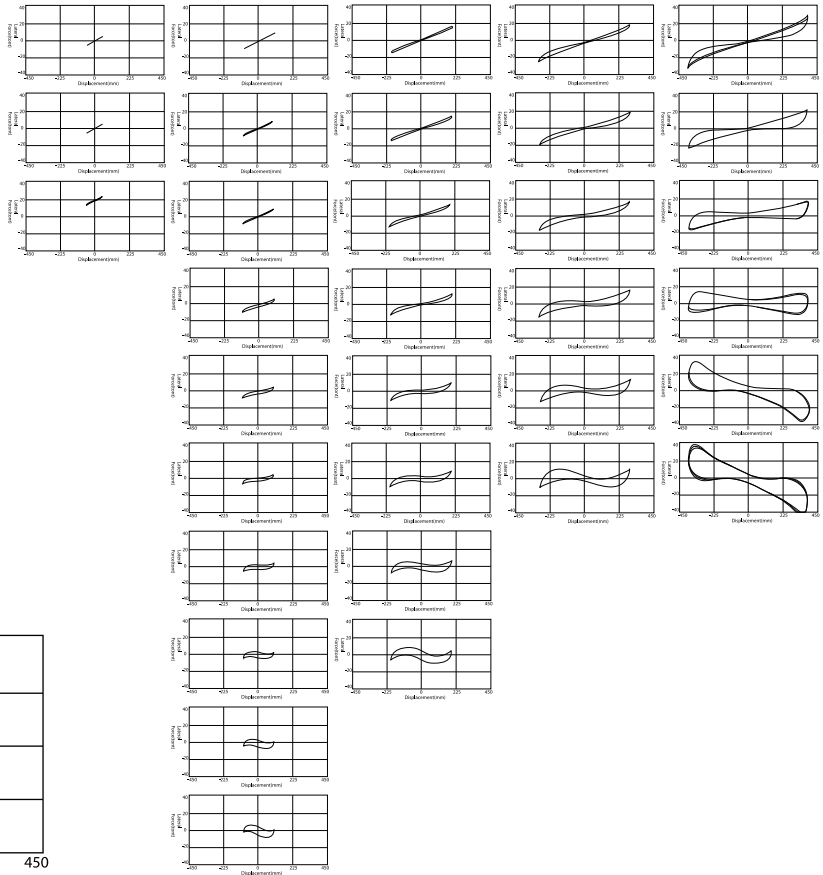
- 100년 경과한 천연고무 제품을 조사한 결과, 산화 열화는 표면부에 한정
- 60년 정도에서 강성은 10~20% 정도 증가, 파단신율 변화율 : 10%정도 저하



일본 국토교통성 인정서

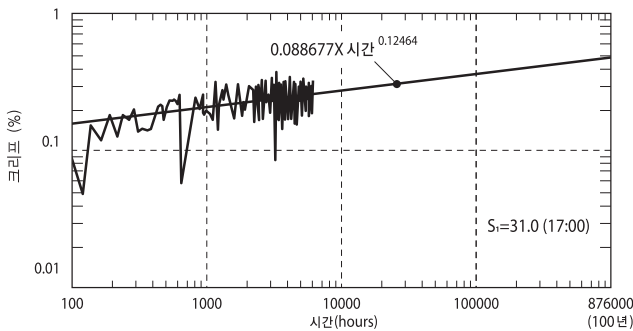


### 면압 변위별 성능 이력 곡선



### 크리프 특성

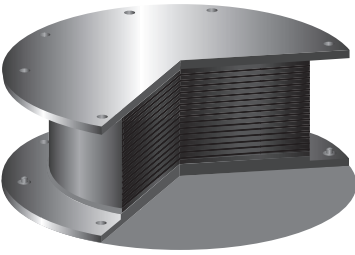
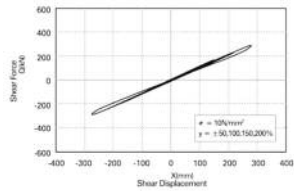
- 크리프변형의 기준치는 시험체에 면압을 재하한 상태에서 연직변위를 5000시간이상 측정하고 시험데이터를 Linear-Linear Log-Log로 표시하여 그 결과로부터 60년 후의 크리프변형을 추정하여 구한다.



구분		S=31.0
시험면압 (N/mm <sup>2</sup> )		15.30
크리프변형량(%) [Linear-Linear]	60년후의 예측치	5.36
	100년후의 예측치	8.78
크리프변형량(%) [Log-Log]	60년후의 예측치	0.46
	100년후의 예측치	0.49
기준면압 (N/mm <sup>2</sup> )		11.7

## 제품 제원(1)

### ● 천연고무계 적층고무(NRB)

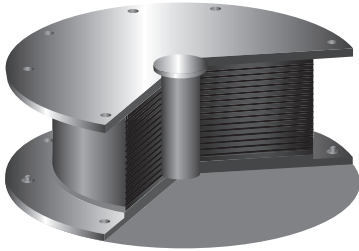
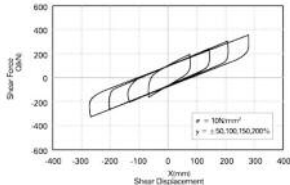
적층고무의 종류	천연고무계 적층고무(NRB)													
														
제품 명칭		NRB 400	NRB 500	NRB 600	NRB 700	NRB 800	NRB 900	NRB 1000	NRB 1100	NRB 1200	NRB 1300	NRB 1400	NRB F800	NRB F900
고무 외경	mm	400	500	600	700	800	900	1,000	1,100	1,200	1,300	1,400	F800	F900
고무 내경	mm	15	20	20	20	20	20	25	25	25	40	40	20	20
고무 총 두께	mm	80.0	100.0	120.0	140.0	160.0	180.0	200.0	220.0	240.0	260.0	280.0	160.0	180.0
제품 높이 (고무, 내부강판 포함)	mm	156.8	176.8	196.8	216.8	268.0	288.0	308.0	328.0	348.0	368.0	388.0	268.0	288.0
제품 높이 (End Plate 포함)	mm	206.8	232.8	252.8	272.8	332.0	352.0	372.0	392.0	424.0	444.0	464.0	332.0	352.0
제품 높이 (Flange Plate 포함)	mm	256.8	288.8	308.8	328.8	396.0	416.0	436.0	456.0	500.0	520.0	540.0	412.0	432.0
제품 높이 (Base Plate 포함)	mm	306.8	344.8	364.8	384.8	460.0	480.0	500.0	520.0	576.0	596.0	616.0	492.0	512.0
연직 강성	kN/mm	1,517	1,891	2,287	2,682	3,077	3,472	3,846	4,242	4,637	4,968	5,364	12,308	13,889
수평 강성	kN/mm	0.615	0.768	0.923	1.077	1.231	1.385	1.538	1.692	1.846	1.999	2.153	4.923	5.539
허용 축내력	kN	1,600	2,499	3,601	4,903	6,405	8,107	10,008	12,110	14,414	16,907	19,611	25,619	32,429
허용 전단변형	mm	200.0	250.0	300.0	350.0	400.0	450.0	500.0	550.0	600.0	650.0	700.0	400.0	450.0
		<ul style="list-style-type: none"> <li>· 연직강성 : 면압 13MPa 가력시의 강성을 나타냄.</li> <li>· 수평강성 : 면압 13MPa, 변위 ±100% 가력시의 강성을 나타냄. 상기 표는 대표 규격을 나타낸 것이며, 설계 사양에 따라 변경 가능함.</li> </ul>												<p style="text-align: center;">이력곡선</p> 





## 제품 제원(II)

### • 납삽입계 적층고무(LRB)

적층고무의 종류	납삽입계 적층고무(LRB)													
														
제품 명칭		LRB 500	LRB 500	LRB 600	LRB 700	LRB 800	LRB 900	LRB 1000	LRB 1100	LRB 1200	LRB 1300	LRB 1400	LRB F800	LRB F900
고무 외경	mm	400	500	600	700	800	900	1,000	1,100	1,200	1,300	1,400	F800	F900
고무 내경	mm	70	90	110	125	145	160	180	200	220	240	250	145	160
고무 총 두께	mm	80.0	100.0	120.0	139.5	160.0	181.5	201.5	221.0	240.0	264.0	280.0	160.0	181.5
제품 높이 (고무, 내부강판 포함)	mm	156.8	176.8	212.8	235.5	299.5	325.5	336.5	369.5	379.5	408.0	433.0	299.5	325.5
제품 높이 (End Plate 포함)	mm	206.8	232.8	268.8	291.5	363.5	389.5	400.5	433.5	455.5	484.0	509.0	363.5	389.5
제품 높이 (Flange Plate 포함)	mm	256.8	288.8	324.8	347.5	427.5	453.5	464.5	497.5	531.5	560.0	585.0	443.5	469.5
제품 높이 (Base Plate 포함)	mm	306.8	344.8	380.8	403.5	491.5	517.5	528.5	561.5	607.5	636.0	661.0	523.5	549.5
연직 강성	kN/mm	1,579	1,974	2,793	3,366	3,917	4,444	4,715	5,584	5,875	6,341	7,306	15,668	17,774
수평 강성	kN/mm	1,053	1,352	1,653	1,886	2,179	2,385	2,685	2,992	3,306	3,552	3,758	8,715	9,541
허용 축내력	kN	1,602	2,503	3,605	4,907	6,409	8,111	10,014	12,117	14,420	16,923	19,627	25,635	32,445
허용 전단변형	mm	200.0	250.0	300.0	348.8	400.0	400.0	503.8	552.5	600.0	660.0	700.0	400.0	453.8
	<p>· 연직강성 : 면압 13MPa 가력시의 강성을 나타냄.                      · 수평강성 : 면압 13MPa, 변위 ±100% 가력시의 강성을 나타냄.                      상기 표는 대표 규격을 나타낸 것이며, 설계 사양에 따라 변경 가능함.</p>													
	<p style="text-align: right;">이력곡선</p> 													

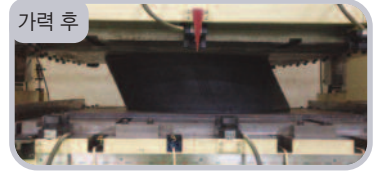
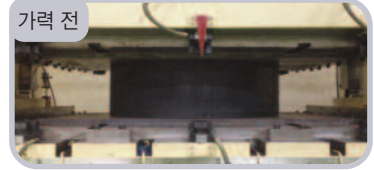
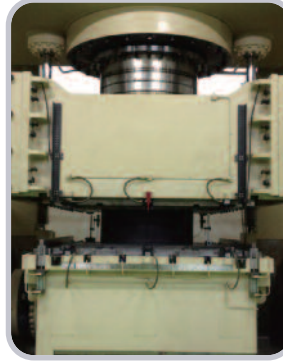
## 설계 프로세스

### ● 장치 설계

장치 요구 성능

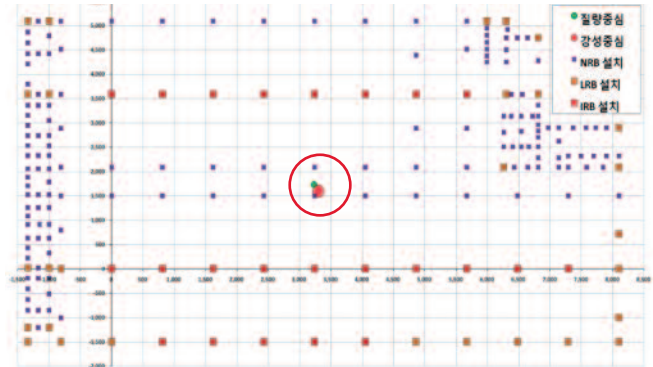
- ① 강도와 강성
- ② 유연성, 복원성
- ③ 경제성, 시공성, 내구성

실험을 통해 부재 조건에 따라 다양한 성능을 보유한 면진장치 설계 가능



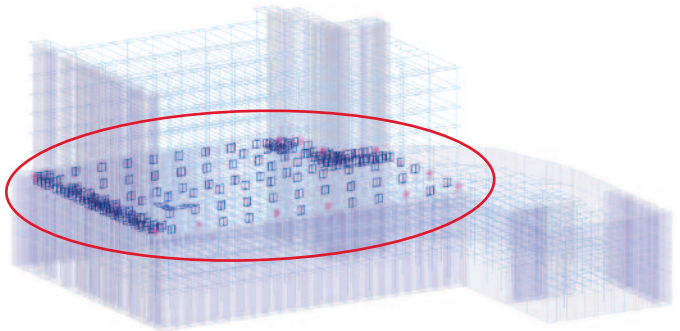
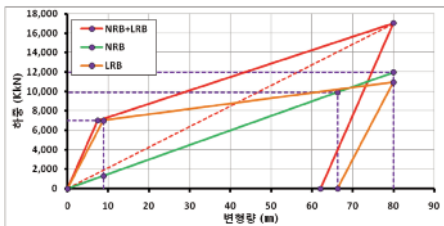
### ● 장치 배치 및 종류, 용량 결정

질량중심과 강성중심이 일치하도록 (3%, 1000mm 이내) 면진장치의 설치위치를 선정하고, 종류와 용량 결정

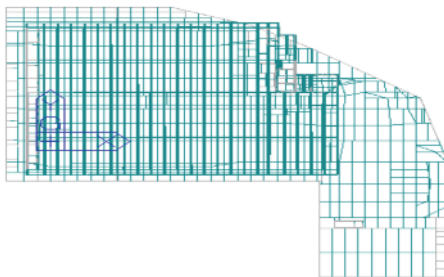


### ● 구조물 모델링

장치 종류와 용량에 따라 이력특성 입력



### ● 구조물 해석



고유치 해석 후 모드형상 및 주기 확인

```

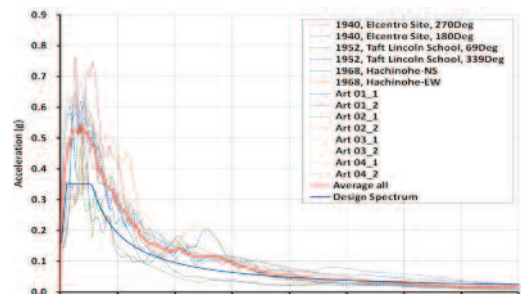
midea Gen
POST-PROCESSOR
VIBRATION MODE

FREQUENCY
(CYCLE/SEC)
0.254630

NATURAL PERIOD
(SEC)
3.927266

MPM (%)

DX= 93.854092
DY= 6.050228
DZ= 0.000000
RX= 0.000000
RY= 0.000000
RZ= 0.000726
    
```



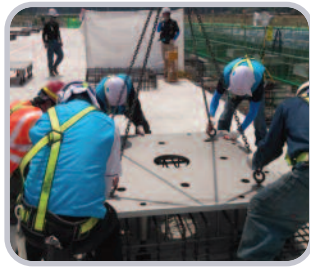
비선형 시간이력해석 지진파 선정 및 scale 조정



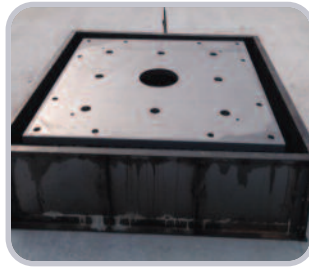
## 시공 과정



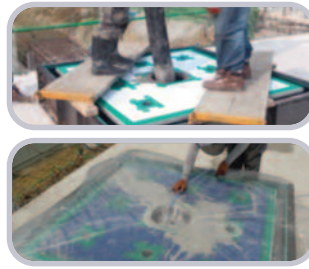
① 하부 페데스탈 철근작업



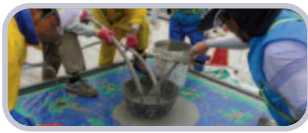
② 하부 베이스 플레이트 설치



③ 거푸집 설치



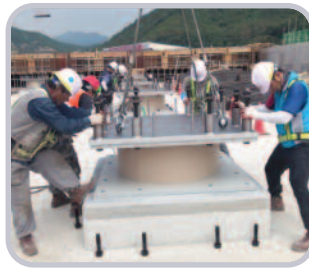
④ 1차 콘크리트 타설 및 습윤보양



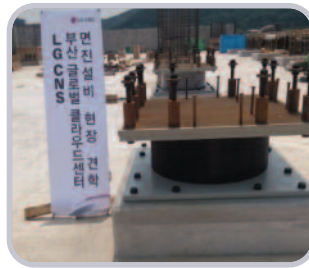
⑤ 2차 무수축 몰탈 타설 및 습윤보양



⑥ 거푸집 탈형 후 면작업



⑦ 면진장치 설치



⑧ 면진장치 설치 전경

## 적용 사례



### 서산 주공아파트 주민복지관

- 위치 : 충청남도 서산시 예천동
- 용도 : 공공시설
- 설계/시공 : DRB동일 / 주택공사공사
- 기간 : 2003. 11 ~ 2005. 07



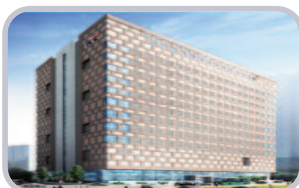
### 동일하이빌 주상복합 건물

- 위치 : 서울시 하월곡동
- 용도 : 주상복합
- 설계/시공 : DRB동일 / 한빛구조  
동일하이
- 공사기간 : 2009. 11 ~ 2010. 02



### 부산 LG CNS 데이터센터

- 위치 : 부산시 미음지구
- 용도 : 데이터센터
- 설계/시공 : DRB동일 / 서브원
- 공사기간 : 2012. 01 ~ 2012. 12



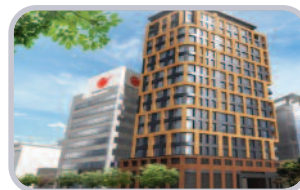
### Kt 목동 데이터센터

- 위치 : 서울시 목동
- 용도 : 방송통신시설
- 설계/시공 : DRB동일 / kt engcore
- 공사기간 : 2015. 11 ~ 2016. 02



### 부산대학교 지진모사 실험동

- 위치 : 경상남도 양산시 부산대학교
- 용도 : 실험실
- 설계/시공 : DRB동일 / 대우건설
- 공사기간 : 2007. 02 ~ 2008. 06



### 삼성동 라테라스

- 위치 : 서울시 강남구 삼성동
- 용도 : 공동주택
- 설계/시공 : DRB동일  
동양메이저건설
- 공사기간 : 2011. 04 ~ 2011. 06



### NH 통합 IT 센터

- 위치 : 경기도 의왕시
- 용도 : 교육연구시설 (연구소)
- 설계/시공 : DRB동일 / 현대건설
- 공사기간 : 2015. 01 ~ 2015. 03



### BNK금융그룹 통합IT센터

- 위치 : 부산시 미음지구
- 용도 : 데이터센터
- 설계/시공 : DRB동일 / 롯데건설
- 공사기간 : 2016. 05 ~ 2016. 07



## 주식회사 디알비동일

**본사 및 부산공장** 부산광역시 금정구 공단동로55번길 28  
Tel. 051) 520-9000 Fax. 051) 523-9591

**면진제진사업팀** 서울 영등포구 영등포로53길 26  
Tel. 02) 2168-9742 Fax. 02) 2672-6423

※ 이 카탈로그의 내용을 무단전제 및 복제하는 것은 저작권법에 의해 금지되어 있습니다.  
※ 이 카탈로그는 예고 없이 변경될 수 있으니, 주문 시에 사양에 대해 확인 하시기 바랍니다.