

SEISMIC ISOLATION BEARING

지진격리받침



1976 GUATEMALA "Guatemala EQ"

1989 USA "Loma Prieta EQ"

1994 USA "Northridge EQ"

1995 JAPAN "Hanshin EQ"

2010 CHILE "Chile EQ"



Contents

■ 지진격리란? *Seismic Isolation*

개요	03
특징	03
내진 · 지진격리 비교	03
지진격리받침 종류	04
해석모델	05
해석방법	05
성능시험	06

■ 납삽입 지진격리받침 (LRB)

개요	07
구성 및 기능	07
받침종류	07
작동원리	08
받침배치	08

■ 고감쇠고무 지진격리받침 (HDR)

개요	09
구성 및 기능	09
받침종류	09
작동원리	10
받침배치	10



■ 폴리우레탄 마찰형 지진격리받침 (EQS)

개요	11
구성 및 기능	11
받침종류	11
작동원리	12
받침배치	12

■ E형 강재댐퍼 지진보호장치 (ESD)

개요	17
구성 및 기능	17
장치종류	17
작동원리	18
장치배치	18

■ 마찰진자형 지진격리받침 (FPS)

개요	13
구성 및 기능	13
받침종류	13
작동원리	14
받침배치	14

■ C형 강재댐퍼 지진보호장치 (CSD)

개요	15
구성 및 기능	15
장치종류	15
작동원리	16
장치배치	16



지진격리란?

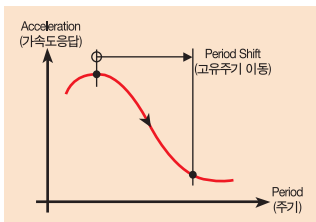
Seismic Isolation

개요

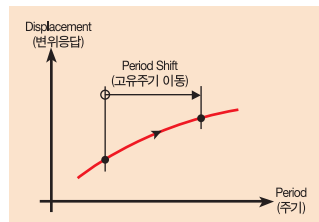
내진설계와 지진격리를 비교하면 내진(耐震)설계란, 구조물 부재의 강도 및 인성 등 부재력을 크게 하여 지진력 값 이상으로 설계하는 것이고, 지진격리란, 구조물의 고유주기를 인위적으로 길게하여 지진의 탁월주기 대역과 어긋나게 함으로써 지진과 구조물의 공진(共振)을 피하게 하고 전달되는 지진력의 크기를 줄여 설계하는 것이다.

지진파에는 단주기 성분은 많이 내포하고 있으나 장주기 성분은 별로 없다는 지진파의 주기특성을 파악한 이래로, 구조물을 지진파에 대항하여 튼튼하게 설계하는 내진설계의 개념보다는 구조물을 부드럽게 설계하여 지진의 탁월주기로부터 벗어나게 하는 지진격리가 보다 효율적이다.

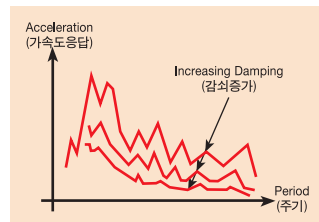
특징



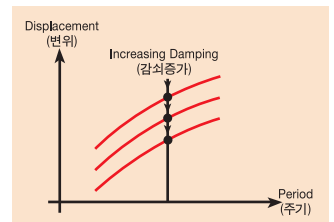
고유주기 증가에 따른
하중 감소



고유주기 증가에 따른
변위 증가



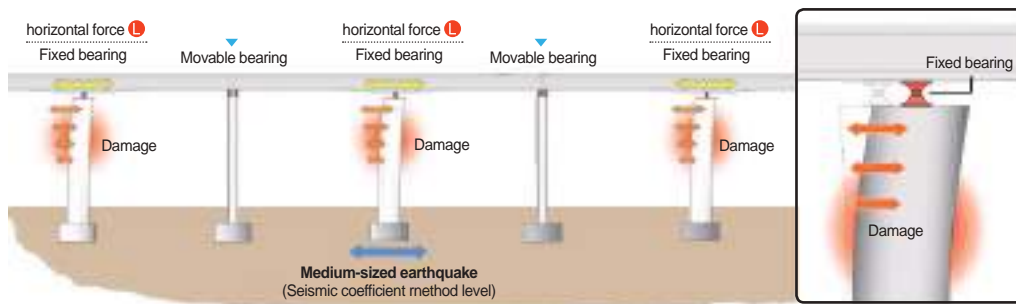
지진에너지 소산으로 인한
하중 감소



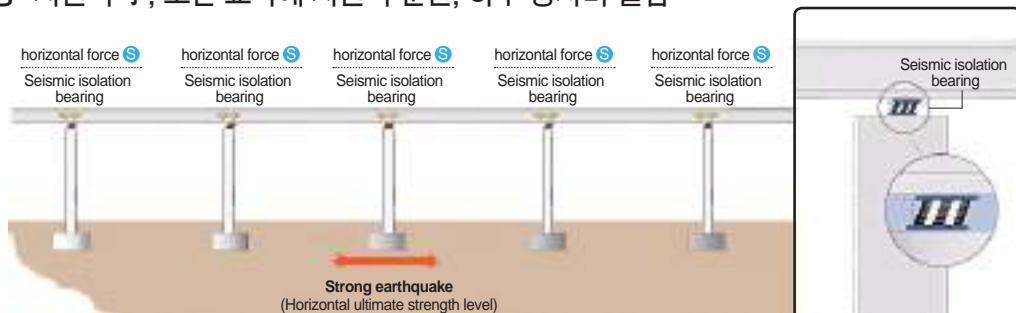
지진에너지 소산으로 인한
변위 제어

내진 · 지진격리 비교

내진교량: 지진력 大, 고정단 교각에 지진력 집중, 하부 공사비 상승



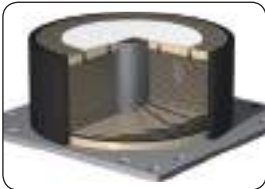
지진격리교량: 지진력 小, 모든 교각에 지진력 분산, 하부 공사비 절감





지진격리받침 종류

AASHTO Guide Specifications for Seismic Isolation Design



- **Lead Rubber Bearing** - The value of Q_d is influenced primarily by the lead core. In cold temperatures, natural rubber will cause the most significant increase in Q_d . The value of K_d depends on the properties of the rubber. Rubber properties are affected by aging, frequency of testing, strain and temperature.



- **High Damping Rubber Bearing** - The value of Q_d is a function of the additives to the rubber. The value of K_d is also a function of the additives to the rubber. High Damping rubber properties are affected by aging, frequency of testing, strain, temperature and scragging.



- **Friction Pendulum System** - The value of Q_d is a function primarily of the dynamic coefficient of friction. The value of K_d is a function of the curvature of the sliding surface. The dynamic coefficient of friction is affected by aging, temperature, velocity of testing, contamination and length of travel or wear.



- **Eradi Quake System** - The value of Q_d is a function of the dynamic coefficient of the disc bearing and the preload friction force, when it is used. The value of K_d is a function of whatever springs are incorporated in the device. The dynamic coefficient of friction is affected by aging, temperature, velocity of testing, contamination and length of travel or wear. The variations in spring properties depend on the materials used.



- **Viscous Damping Devices** - These can be used conjunction with either elastomeric bearings or sliders. The value of Q_d is a function of both the viscous damper and the bearing element. The value of K_d is primarily a function of the bearing element.

도로교의 면진 설계법 매뉴얼 (道路橋の免震設計法ガイドライン(案))

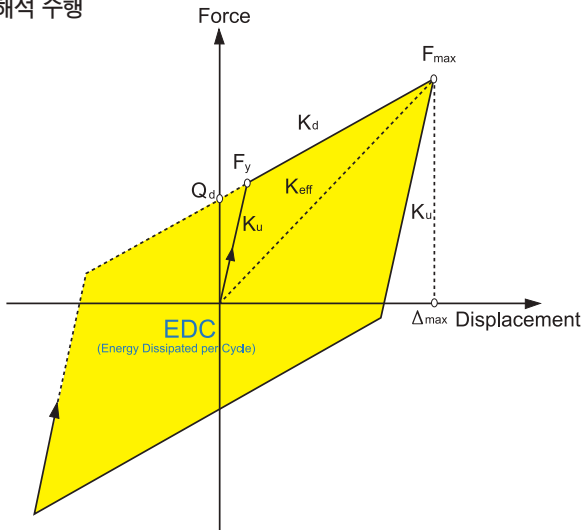
작동원리	일체형	분리형
변위의존형	LRB / HDR Roller형 지진격리받침	탄성받침 + Steel Damper
마찰형	링크받침	탄성받침 + Friction Damper 미끄럼받침 + 수평 Spring
속도의존형	-	탄성받침 + Viscous Damper

지진격리란?

Seismic Isolation

해석 모델

비선형 시간이력해석을 수행할 때 지진격리받침의 성능시험으로부터 얻은 이력곡선을 이상화한 Bi-linear 해석모델을 사용하여 내진해석 수행



Q_d : 특성감도

F_y : 항복력

F_{max} : 최대력

K_u : 탄성강성(1차강성)

K_d : 항복후강성(2차강성)

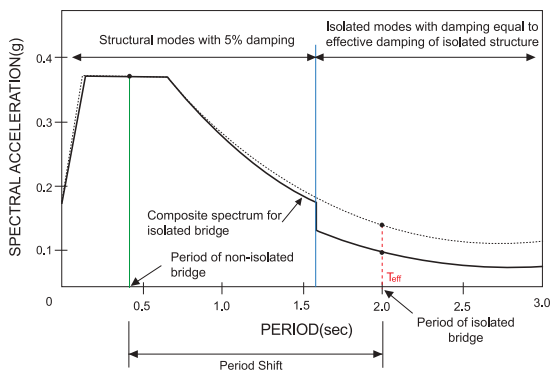
K_{eff} : 유효강성

Δ_{max} : 최대 지진격리교량받침변위

EDC : 한 반복주기(cycle)동안 소산된 에너지

해석 방법

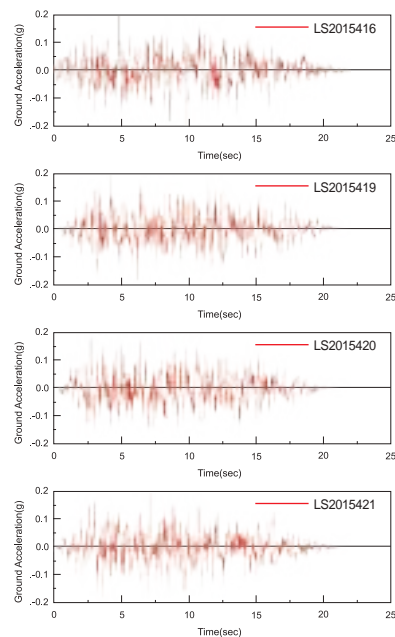
다중모드 스펙트럼 해석법



$$C_{si} = \frac{AS_i}{T_i} \quad (T_i \leq 0.8T_{eff})$$

$$C_{si} = \frac{AS_i}{T_i B} \quad (T_i > 0.8T_{eff})$$

비선형 시간이력 해석법



개
요

주
기
점

- 선형 해석프로그램 이용
- 사교·곡선교·비대칭교 등 다중모드 구조물에 적용
- 지진격리받침의 등가감쇠비를 임의 가정하여 스펙트럼 작성
- 지진격리받침의 비선형 특성을 정확하게 고려하기 어려움

- 비선형 해석프로그램 이용
- 사교·곡선교·비대칭교 등 다중모드 구조물에 적용
- 입력데이터로 실측된 지진파형이나 인공파형이 필요
- 지진격리받침 비선형특성 고려로 보다 정확한 동적거동 파악



성능시험

- 수직하중시험** (1) 시험목적 : 지진격리받침의 수직하중 전달능력을 검토
 (2) 시험방법



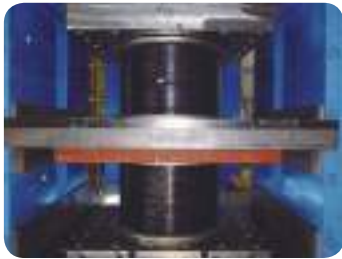
시험체



시험체 치수측정



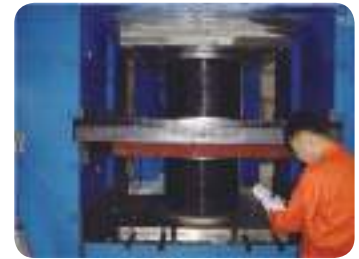
시험체 Setting



수직하중재하
(설계하중의 1.5배 5분 유지)



상부시험편 육안검사



하부시험편 육안검사

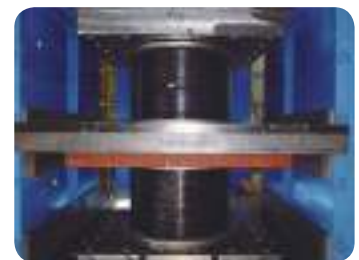
- 수평전단시험** (1) 시험목적 : 지진격리받침의 수평방향 거동특성을 나타내는 수평강성 및 소산면적을 설계값과 비교, 평가
 (2) 시험방법



시험체



시험체 Setting



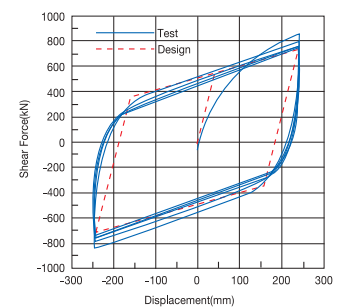
수직하중재하 (Dead Load만 재하)



설계수평변위재하
(제시된 Cycle 반복)



육안검사



시험결과분석

납삽입 지진격리받침

Lead Rubber Bearing, LRB

개요

납삽입 지진격리받침은 대표적인 지진격리받침의 한 종류로서 구조물의 고유주기를 길게 하여 수평 지진력의 크기 자체를 감소시키는 지진격리받침이다. 다만, 탄성받침의 내부에 납을 압착하여 삽입한 것이 탄성받침과 다른 점이다. 납은 장기하중으로 분류되는 온도하중에 대해서는 쉽게 항복하여 교량상판의 온도하중에 의한 수평력을 교각에 작게 전달하는 반면, 풍하중 및 제동하중과 같은 단기하중에 대해서는 큰 강성을 발휘하여 변위를 억제하는 재료적인 특성이 있다. 또한 지진하중에 대해서는 납이 완전히 항복하여 구조물의 고유주기를 늘려 지진력의 크기를 감소시키고 교량상판의 진동에너지를 납의 비선형 거동으로 흡수하여 교량상판의 진동을 억제하는 기능을 갖는다.

구성 및 기능

엔드 플레이트(End Plate)

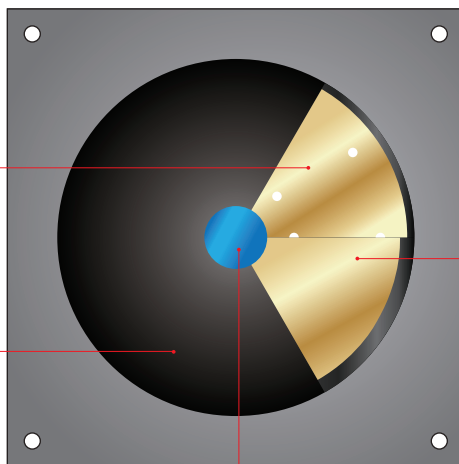
상, 하부판과 고무패드가 일체되도록 설치하는 플레이트로 하중전달, 납의 변형억제 그리고 받침의 표면을 평평하게 함

고무층(Rubber Layers)

고무의 전단변형에 의한 이동 및 고무의 탄성 변형에 의한 회전 등으로 상부구조의 하중을 효과적으로 전달하며 지진종료후 고무의 복원력으로 상부구조물을 원위치 시킴

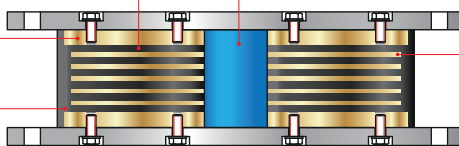
피복고무(Rubber Cover)

내구성이 강한 특수고무를 사용하여 오존 및 자외선에 대한 열화 방지



납봉(Lead Core)

제동하중 및 풍하중에 대해서는 초기강성으로 변위를 억제, 온도하중에 대해서는 납의 크리프 특성으로 적은 온도응력 전달 및 지진시 납의 에너지소산으로 지진력 저감 및 변위 감소



보강철판(Reinforced Steel Plates)

고무와 철판의 적층으로 받침 측면의 팽출현상 (Bulging)을 억제하고 수직강성을 크게 하여 수직하중을 지지 그리고 받침 전단변형시 납의 과다변형을 억제함

받침 종류

일체형 LRB



Sliding LRB



ILM LRB

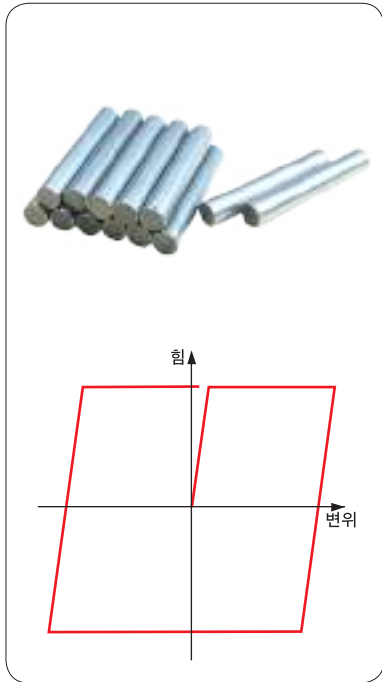


철도용 LRB



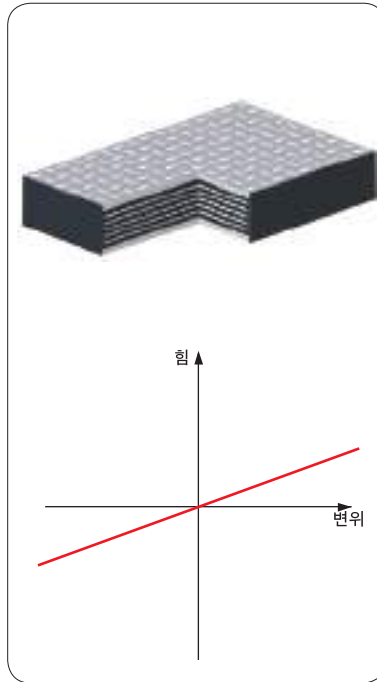


작동 원리



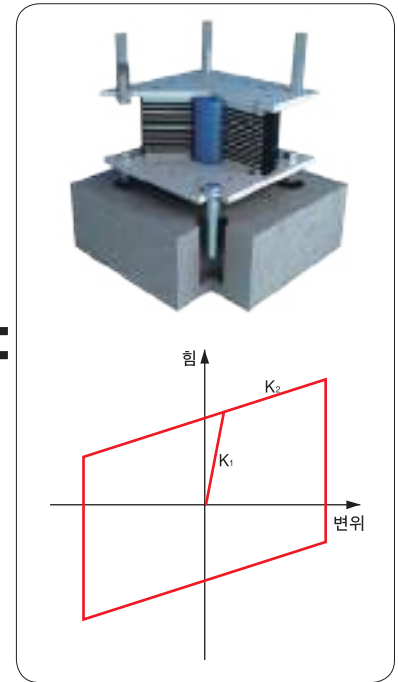
납의 소성거동

+



탄성패드의 탄성거동

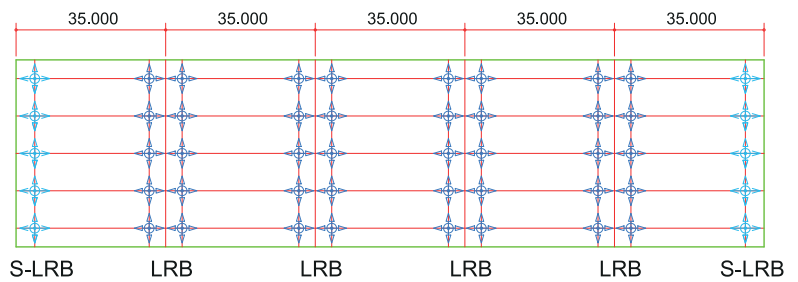
=



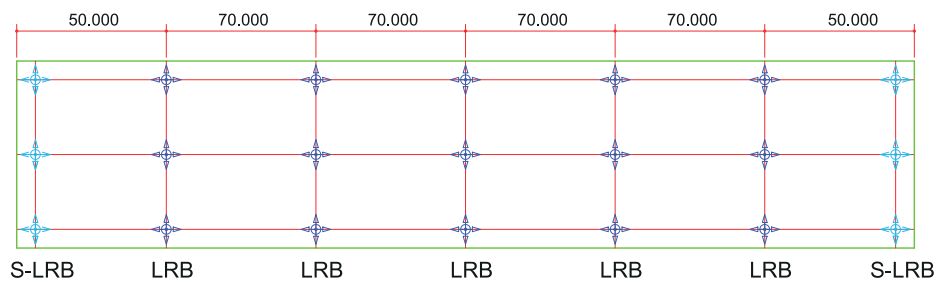
LRB 지진격리받침의 이력거동

받침 배치

CON'C GIRDER교



ST BOX교 / PSC BOX교



고감쇠고무 지진격리받침

High Damping Rubber Bearing, HDR

개요

고감쇠고무 지진격리받침의 형상은 탄성받침과 동일하지만, 고무 배합시 진동에너지를 흡수할 수 있는 특수 혼합물을 첨가하여 고무 분자간 마찰감쇠와 분자간에 존재하는 점성체에 의한 점성감쇠 요소가 합쳐져서 에너지를 흡수 할 수 있는 받침으로, 에너지를 흡수할 수 있는 메커니즘을 고무자체에 갖고 있어 지진 종류 후 복원력 특성은 납삽입지진격리받침보다 우수한 장점이 있다.

구성 및 기능

엔드 플레이트(End Plate)

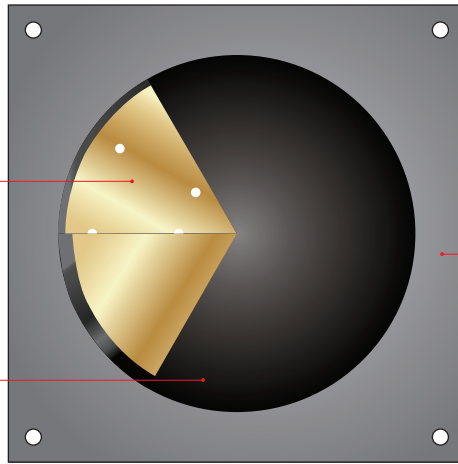
상, 하부판과 고무패드가 일체되도록 설치하는 플레이트로 하중전달, 받침의 표면을 평평하게 함

고감쇠 고무층 (High Damping Rubber Layers)

고무의 전단변형에 의한 이동 및 고무의 탄성변형에 의한 회전 등으로 상부구조의 하중을 효과적으로 전달하며, 전단변형시 에너지를 흡수하여 지진력 저감 및 지진중요후 고무의 복원강성으로 상부구조물을 원위치 시킴

피복고무(Rubber Cover)

내구성이 강한 특수고무를 사용하여 오존 및 자외선에 대한 열화 방지

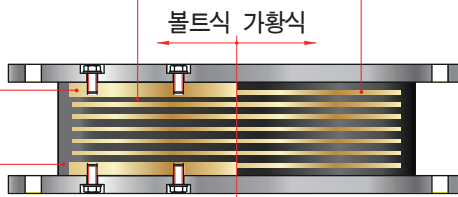


보강철판(Reinforced Steel Plates)

고무와 철판의 적층으로 받침 측면의 팽출현상 (Bulging)을 억제하고 수직강성을 크게 하여 수직하중을 지지

상, 하부판(Top & Bottom Plates)

스플레이트 및 앵커볼트와 연결되는 플레이트로 하중전달 및 받침의 표면을 평평하게 함



받침 종류

일체형 HDR



Sliding HDR



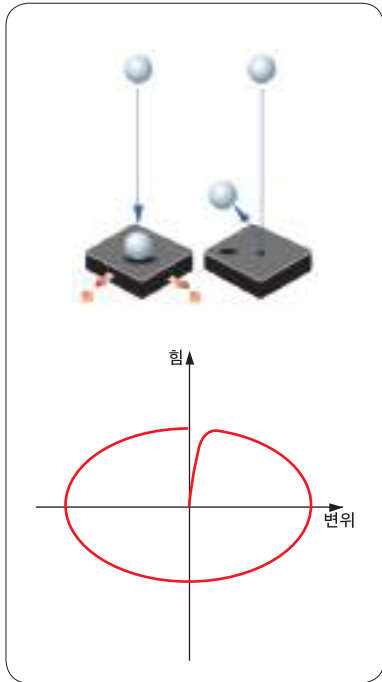
ILM HDR



철도용 HDR

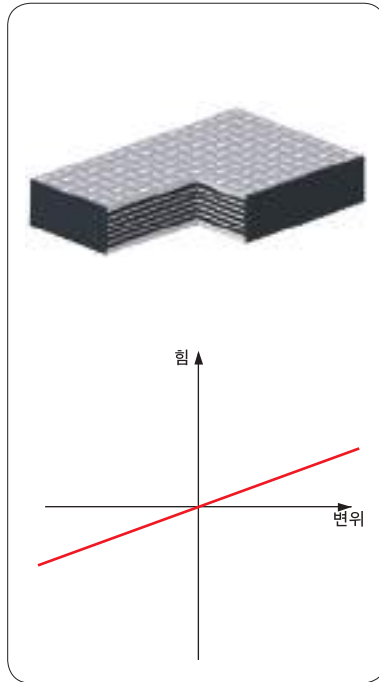


작동 원리



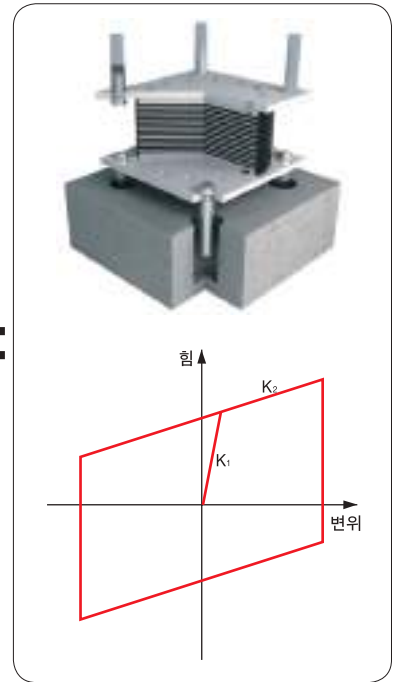
고감쇠고무의 감쇠거동

+



탄성패드의 탄성거동

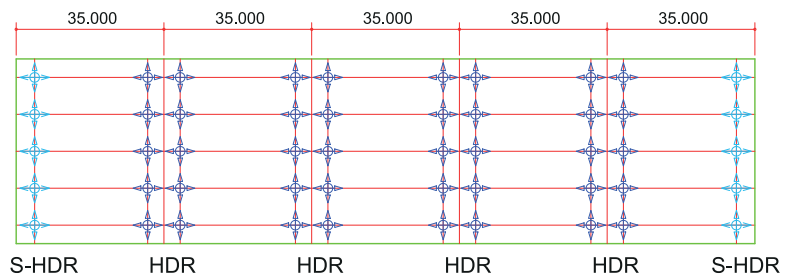
=



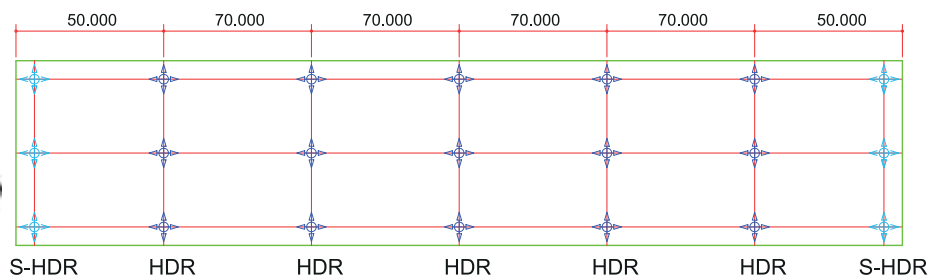
HDR 지진격리받침의 이력거동

받침 배치

CON'C GIRDER교



ST BOX교 / PSC BOX교



폴리우레탄 마찰형 지진격리받침

Eradi Quake System, EQS

개요

폴리우레탄 마찰형 지진격리받침은 지진 시 수평력이 어느 방향으로 작용되더라도 교량 상부와 하부구조물 사이에서 지진격리가 될 수 있도록 설계된 디스크받침(Disc Bearing)과 지진시 작용되는 수평하중을 적당한 압축변형에 의한 강성으로 저항하여 구조적 안정성을 확보하는 메스에너지 조절장치(Mass Energy Regulator, MER)가 서로 조합되어 지진력을 흡수·소산 시키는 지진격리받침으로 하부판 규격이 작아서 연단거리 확보에 유리하고 지진이나 충격 이후 원위치 복원력이 우수한 받침이다.

구성 및 기능

가이드 박스(Guide Box)

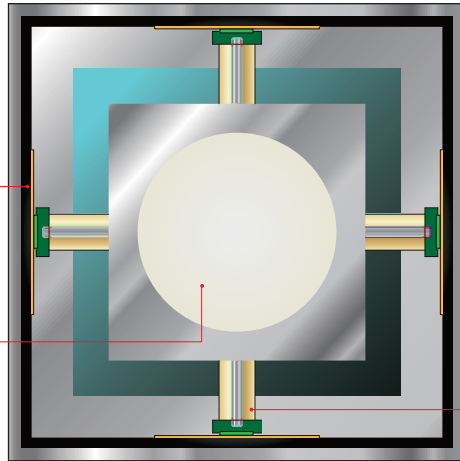
MER Spring의 압축시 저항하여 구속하는 부분으로 MER Spring 이동시 최소마찰로 이동하도록 내부에 스테인레스 판(Stainless steel)이 부착되어 있음

미끄럼판(P.T.F.E)

스테인레스 판(Stainless steel)과의 미끄러짐(Sliding)에 의한 기초분리와 마찰저항에 의한 감쇠 제공으로 지진력 저감 및 변위 감소

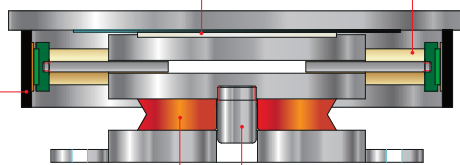
폴리우레탄 디스크(Polyurethane Disc)

고강도 폴리우레탄 디스크로 회전변형을 수용하며, 외부에 오목한 홈이 있어 압축변형을 수용함



MER(Mass Energy Regulator) Spring

수십만회의 고속충격에도 복원력이 완벽한 폴리우레탄 계열의 합성수지로, 압축변형에 의한 강성으로 저항하여 구조적 안정성 확보 및 지진 종료후 복원강성으로 상부구조물을 원위치 시킴



전단 핀(Shear Pin)

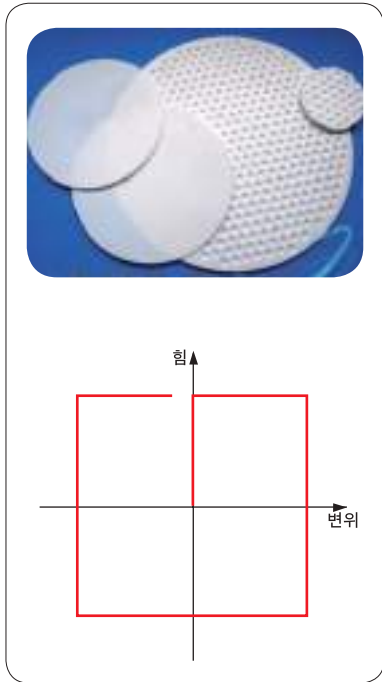
고강도 핀(Pin)으로 폴리우레탄 디스크 내부에 회전여유(Rotational Clearance)가 있어 베어링의 회전(Rotation)을 수용

받침 종류



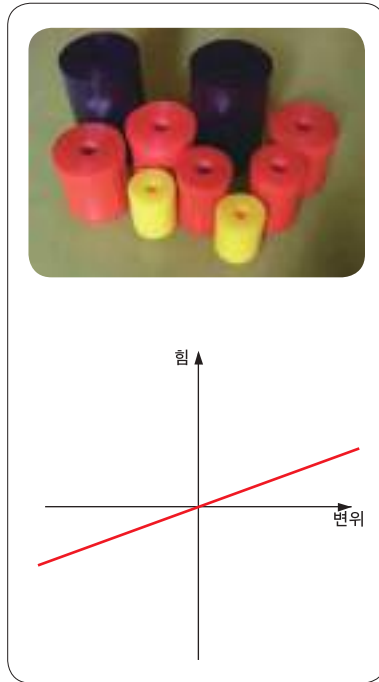


작동 원리



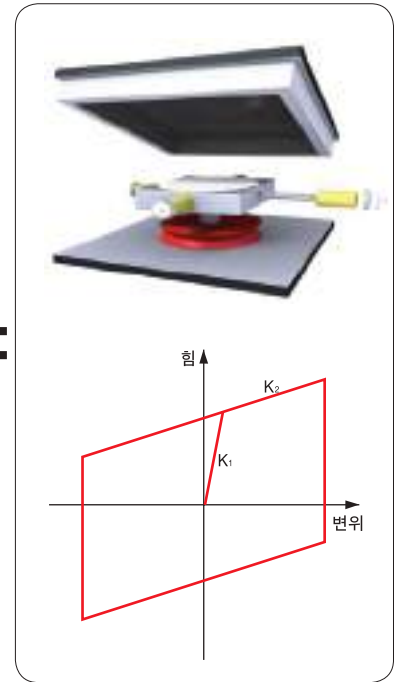
PTFE의 마찰거동

+



MER Spring 탄성 거동

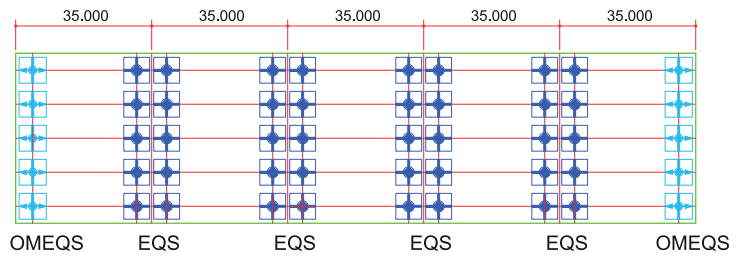
=



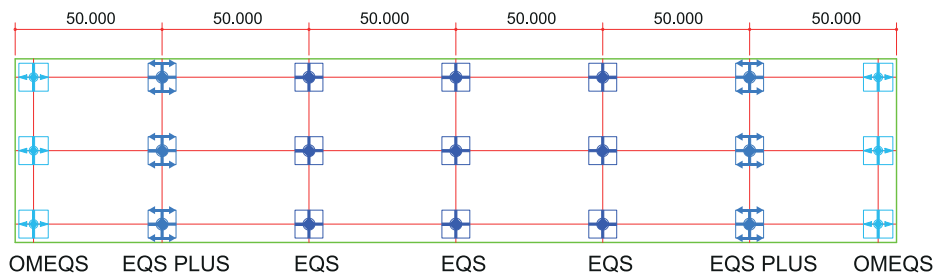
EQS 지진격리받침의 이력거동

받침 배치

CON'C GIRDER교



ST BOX교 / PSC BOX교



마찰진자형 지진격리받침

Friction Pendulum System, FPS

개요

마찰진자형 지진격리받침은 마찰면을 구면으로 하여 받침의 진자운동으로 구조물의 주기를 장주기화하고 지진에너지를 소산시키며, 중력에 의한 복원력을 갖는 마찰받침이다. 지진종료 후 받침의 곡률면을 따라 자연 복원되는 특성을 가지고 있으므로 여진 등에 의한 피해를 예방할 수 있으며, 지진 종료 후 별도의 유지보수가 불필요하다. 내구성이 우수하고 압축강도가 큰 특수 마찰판을 사용하여 받침의 규격을 최소화하고 받침의 사용연한을 증대할 수 있는 지진격리받침이다.

구성 및 기능

상부판(Concave Slider Plate)

보통 주철에 비해 연성이 2배, 충격강이 몇배 향상된 덕타일주철(ductile cast Iron)이나 주강(cast steel)으로 제작되며 스프레이팅 및 앵커볼트와 연결되는 플레이트로 하중전달 및 받침의 표면을 평평하게 함

미끄럼판(Sliding Material)

높은 지압강도와 낮은 마찰계수 특성을 갖는 미끄럼재료를 슬라이딩면(Concave Surface)과의 미끄러짐(Sliding)에 의한 기초분리와 마찰저항에 의한 감쇠 제공으로 지진력 저감

곡률반경 R

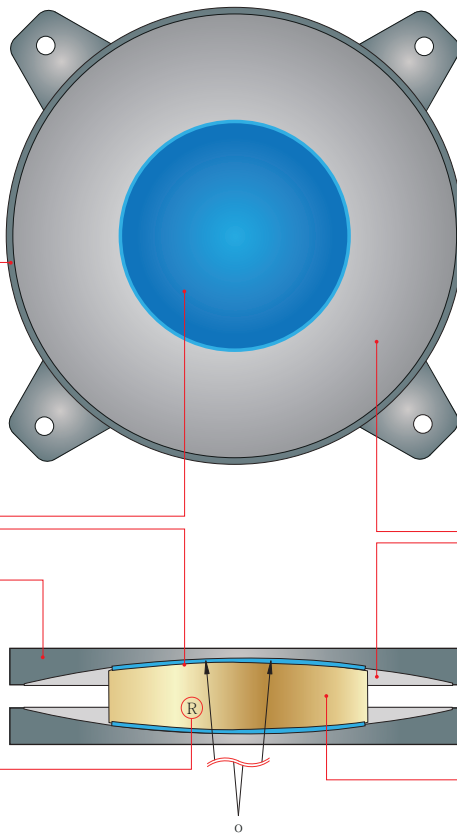
상부판(Concave Slider Plate) 미끄럼면의 곡률반경으로 복원강성(W/R)을 결정하며 복원 강성은 곡률반경, 접촉압력, 이동속도 및 온도 등에 따라 달라짐

슬라이딩면(Concave Surface)

스테인레스판(Stainless steel)을 부착하거나 크롬 도금하여 미끄럼판이 이동면위에 대해 적은 마찰계수로 미끄럼기능을 수행하게 함

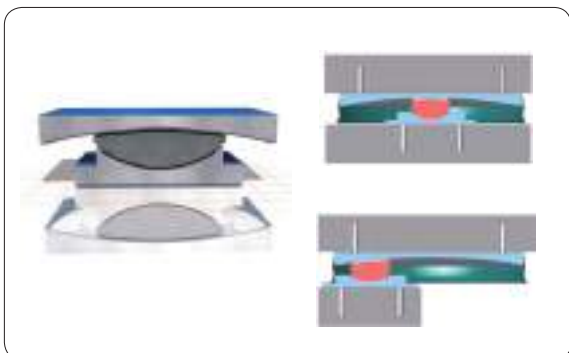
중간판(Articulated Slider)

상·하부면에 내구성이 크고 압축강도가 큰 특수 마찰판과 함께 구성되어 있어, 수직하중 전달 및 상시 온도신축 수용

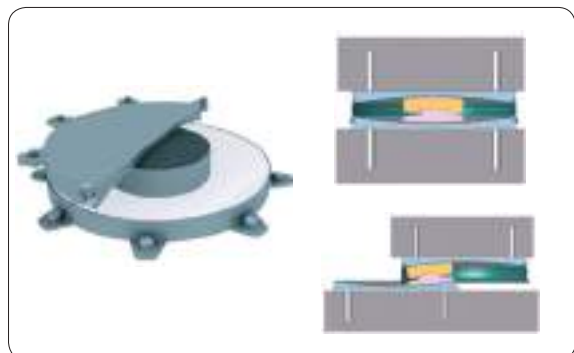


받침 종류

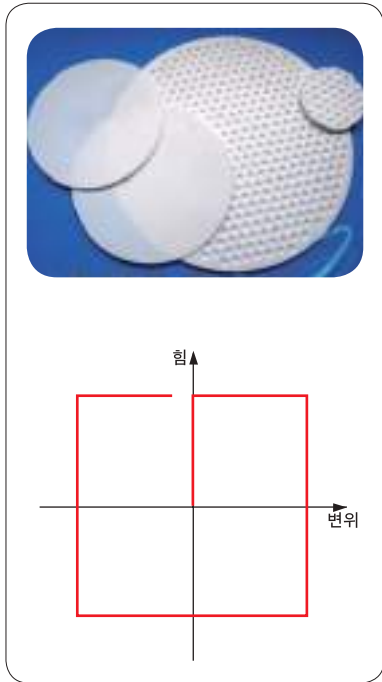
단일곡면(Single Concave) FPS



2중곡면(Double Concave) FPS

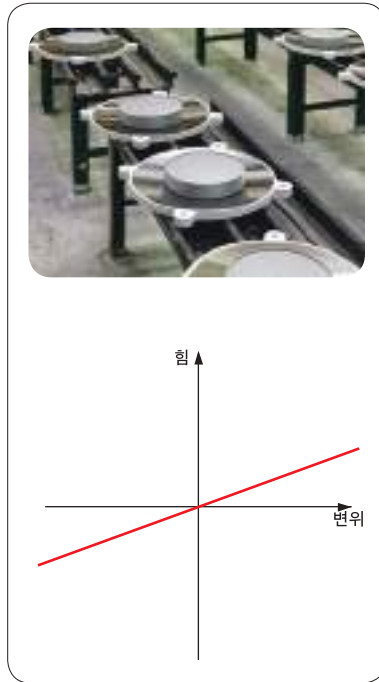


작동 원리



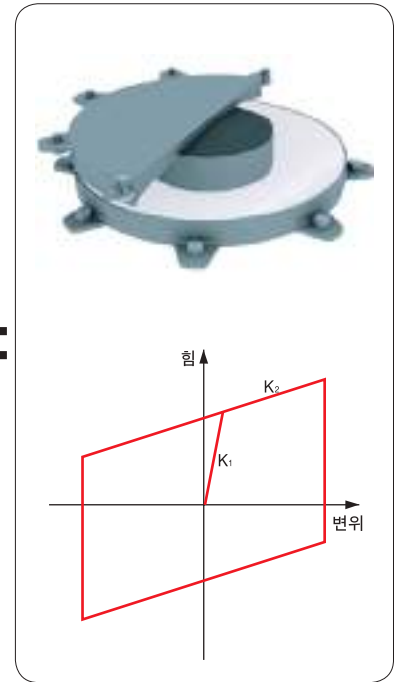
미끄럼판의 마찰거동

+



곡면의 복원강성

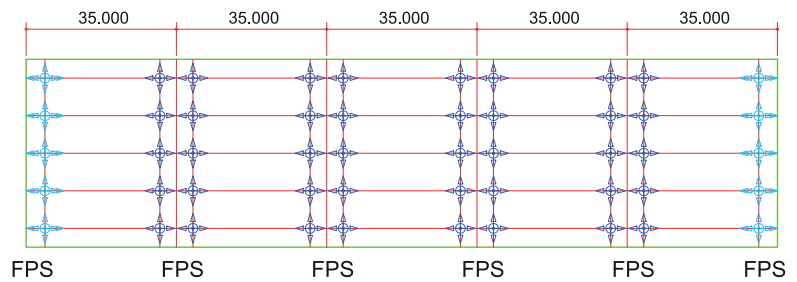
=



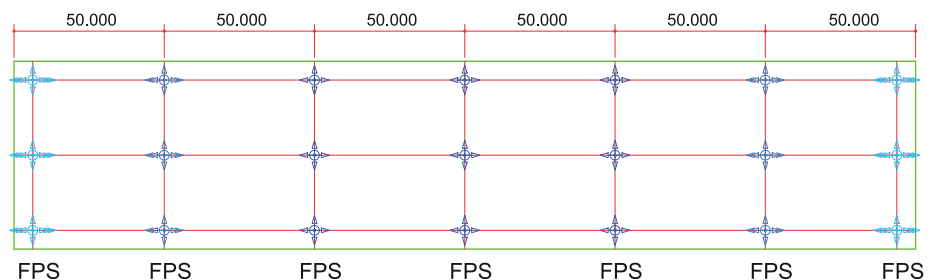
FPS 지진력리받침의 이력거동

받침 배치

CON'C GIRDER교



ST BOX교 / PSC BOX교



C형 강재댐퍼 지진보호장치

C-shape Steel Damper, CSD

개요

C형 강재댐퍼는 상시에는 받침의 주요 기능인 하중전달 기능 및 변위수용 기능, 회전수용 기능을 안정적으로 유지하면서 지진시에는 C형의 강재댐퍼를 장착하여 지진 발생시 과도한 지진 에너지를 C형 강재댐퍼의 탄·소성 변형에 의한 변형에너지와 열에너지로 소산시켜 그 일부만을 하부구조로 전달하는 지진보호장치이다.

구성 및 기능

C-형 강재(C-shape Steel)

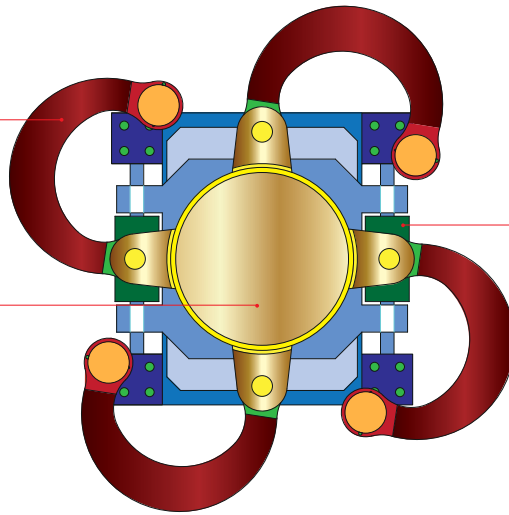
높은 연성을 갖는 강재로 변형경화 및 연화현상이 미소하여 긴 반복수명(소성 범위내에서 80Cycle 이상)을 가지며 탄, 소성 휨 변형에 의한 에너지 소산으로 지진력 저감 및 변위 감소

불소수지판(P.T.F.E)

내마모성, 내크리프성이 우수한 불소수지(Polytetrafluorethylene, PTFE)판으로 스테인레스 스틸 판 사이에 윤활유를 주입하여 이동 변위에 대해 적은 마찰계수로 미끄럼 기능을 수행

이동유도장치(Guide)

잠김장치와 평행하게 설치하여 상부구조의 온도 변형시 C형 강재의 변형을 억제하며, 지진시 교축 직각방향으로 저항하여 C형 강재의 변형을 유발함

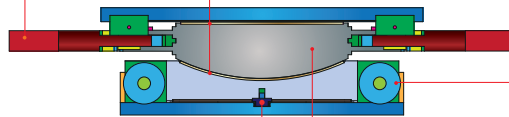


잠김장치(Lock Up Device)

온도하중과 같은 저속하중에 대해서는 큰 저항없이 변위를 쉽게 수용하고, 지진하중과 같은 고속 하중에 대해서는 내부충진재(Silicon Putty)의 고형화(유체 → 탄성고체)로 변위를 제어하여 C형 강재의 변형을 유발함

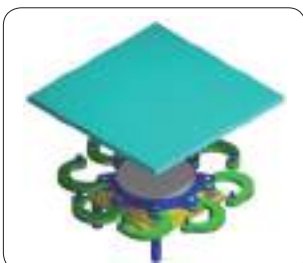
스페리컬(Spherical)

중간판과 하부판의 곡면접촉면에서 회전을 수용하며, 마찰저항이 최소화 되도록 불소수지판(P.T.F.E) 및 특수 실리콘 윤활유로 구성됨

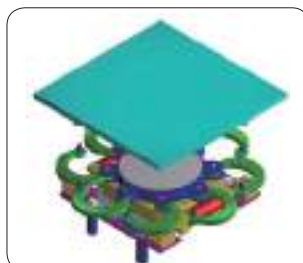


장치 종류

고정 지진보호장치 (CSDF)



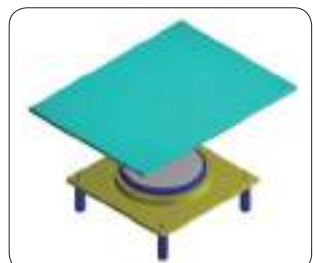
가동 지진보호장치 (CSDL)



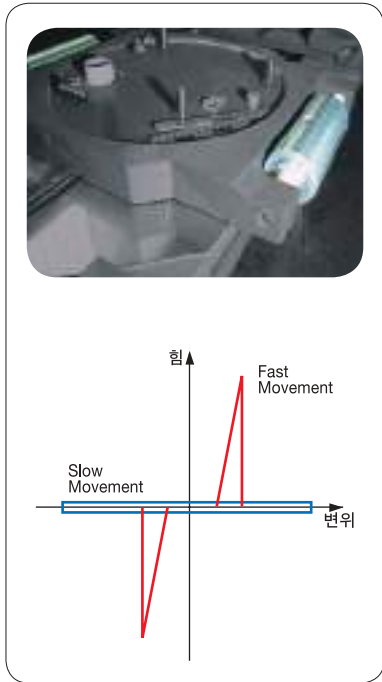
가동 지진보호장치 (CSDT)



전방향 가동받침 (CSDM)

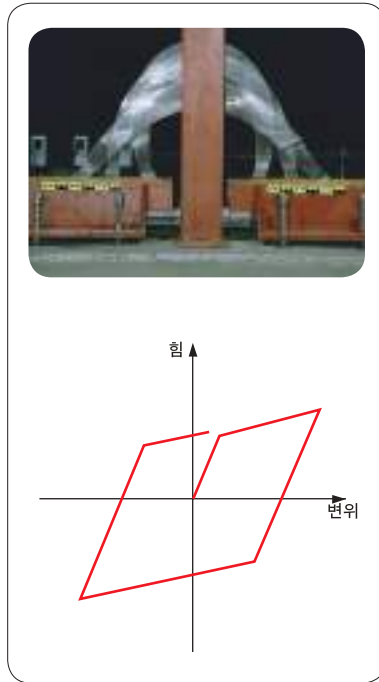


작동 원리



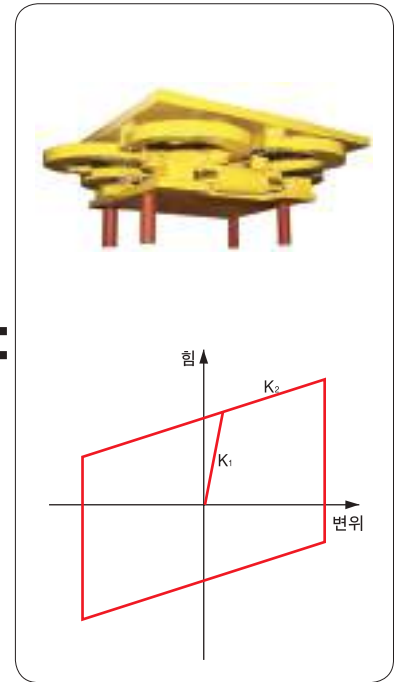
LUD의 잠김거동

+



C형 강재의 이력거동

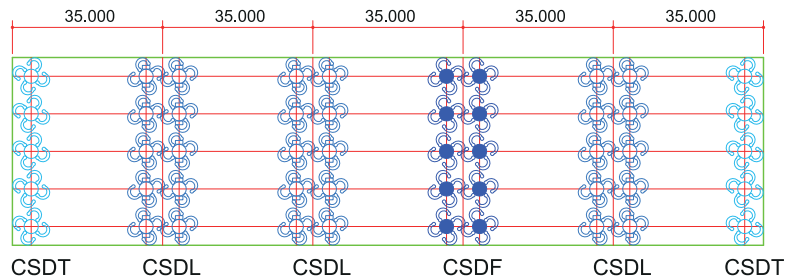
=



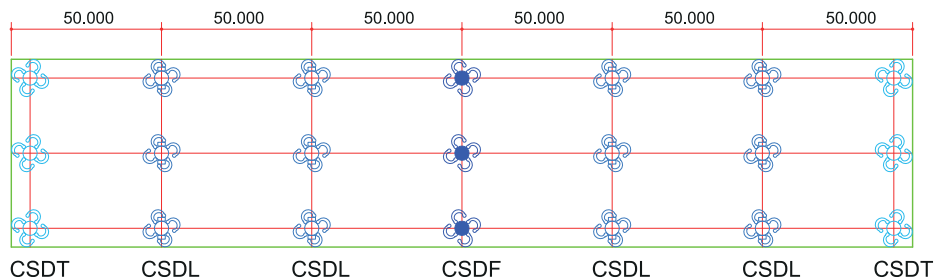
CSD 지진보호장치의 이력거동

장치 배치

CON'C GIRDER교



ST BOX교 / PSC BOX교



E형 강재댐퍼 지진보호장치

E-shape Steel Damper, ESD

개요

E형 강재댐퍼는 상시에는 받침의 주요 기능인 하중전달 기능 및 변위수용 기능, 회전수용 기능을 안정적으로 유지하면서 지진시에는 E형의 강재댐퍼를 장착하여 지진 발생시 과도한 지진 에너지를 E형 강재댐퍼의 탄·소성 변형에 의한 변형에너지와 열에너지로 소산시켜 그 일부만을 하부구조로 전달하는 지진보호장치이다.

구성 및 기능

E-형 강재(E-shape Steel)

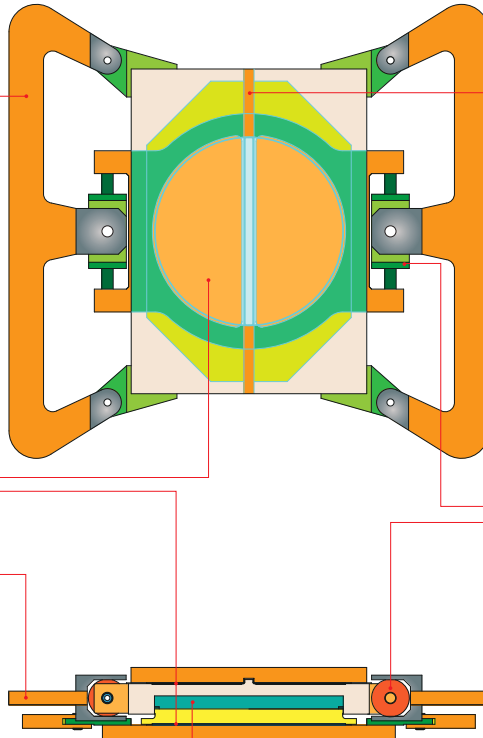
높은 연성을 갖는 강재로 변형경화 및 연화현상이 미소하여 긴 반복수명(소성 범위내에서 80Cycle 이상)을 가지며 탄, 소성 휨 변형에 의한 에너지 소산으로 지진력 저감 및 변위 감소

불소수지판(P.T.F.E)

내마모성, 내크리프성이 우수한 불소수지(Polytetrafluorethylene, PTFE)판으로 스테인레스 스틸 판 사이에 윤활유를 주입하여 이동 변위에 대해 적은 마찰계수로 미끄럼 기능을 수행

고무판(Rubber Pad)

원형의 밀폐용기 속에서 고무가 유체처럼 작용하여 수직반력을 끌고로 분포시키며, 고무의 탄성변형에 의해 회전을 수용함



잠김장치(Lock Up Device)

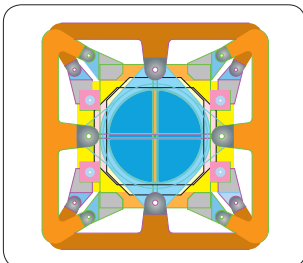
온도하중과 같은 저속하중에 대해서는 큰 저항없이 변위를 쉽게 수용하고, 지진하중과 같은 고속 하중에 대해서는 내부충진재(Silicon Putty)의 고형화(유체 → 탄성고체)로 변위를 제어하여 E형 강재의 변형을 유발함

이동유도장치(Guide)

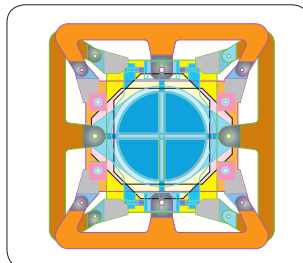
잠김장치와 평행하게 설치하여 상부구조의 온도 변형시 E형 강재의 변형을 억제하며, 지진시 교축 직각방향으로 저항하여 E형 강재의 변형을 유발함

장치 종류

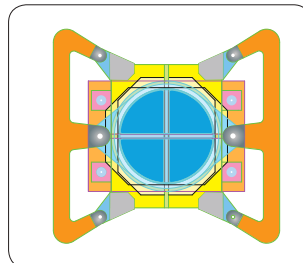
고정 지진보호장치 (ESDF)



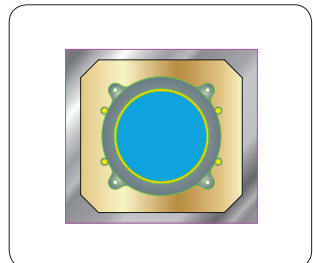
가동 지진보호장치 (ESDL)



가동 지진보호장치 (ESDT)

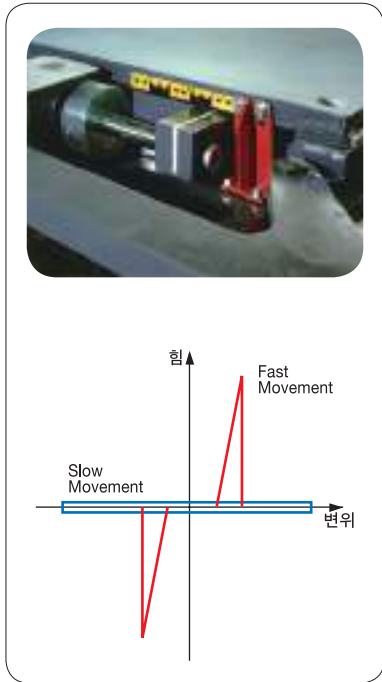


전방향 가동받침 (ESDM)



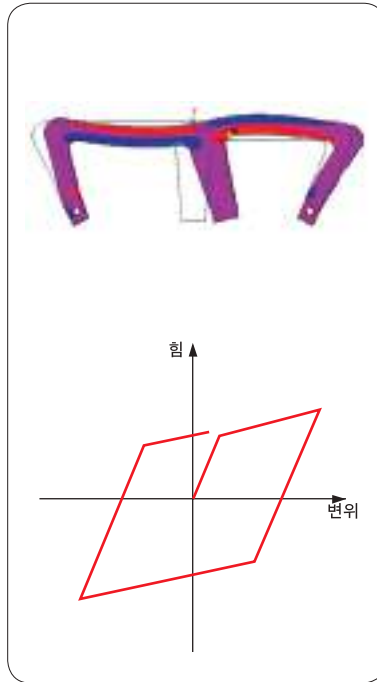


작동 원리



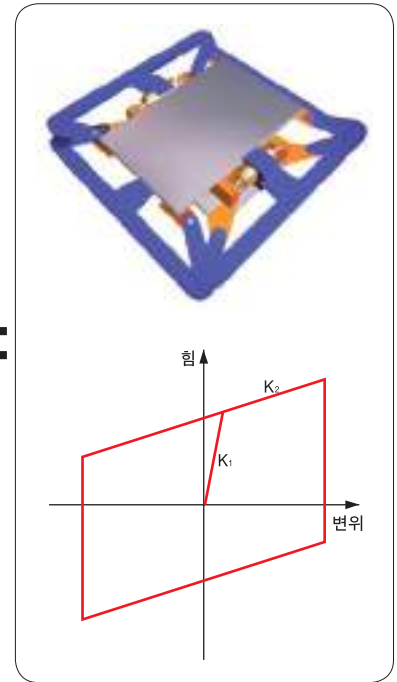
LUD의 잠김거동

+



E형 강재의 이력거동

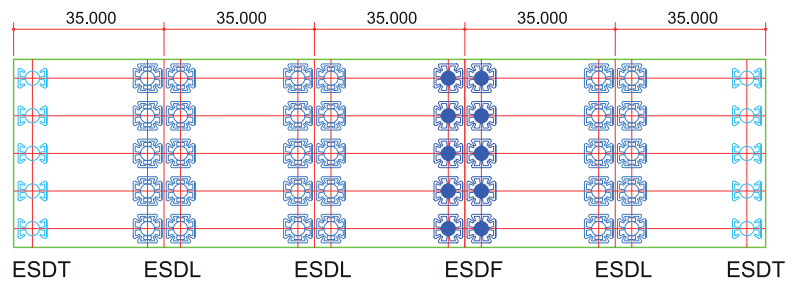
=



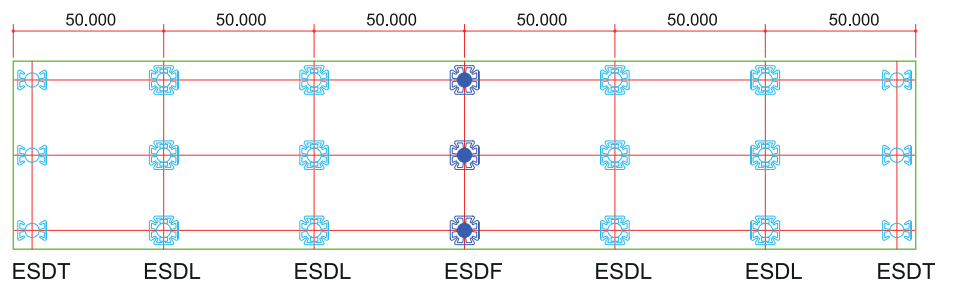
ESD 지진보호장치의 이력거동

장치 배치

CON'C GIRDER교



ST BOX교 / PSC BOX교



Venture for
Tomorrow
벤처 인증기업

koita
한국산업기술진흥협회
기업부설연구소

INNOBIZ
기술혁신형중소기업
기술혁신형중소기업

ISO9001 인증기업

 아이컨(주)
I-Con. Co., Ltd.

본 사 | 경기도 안양시 동안구 시민대로 401,1305호
기술연구소 (관양2동 224-5 대륭테크노타운 1305호)
공 장 | 경기도 안성시 보개면 남사당로 340-28

Tel. 031-463-3588 Fax. 031-463-3599
Home page. www.iconeng.co.kr