TECNOLOGIE DI ISOLAMENTO SISMICO:
un cambio di mentalità per la sicurezza non più rinviabile

ASCOLI PICENO - 22 Maggio 2018

Stato dell'arte dei dispositivi per la protezione sismica

Ing. Carlo Galli

STORIA DEL GRUPPO

Freyssinet Products Company **Italia** è una società di ingegneria che nasce dall'esperienza della società Alga conosciuta ed apprezzata in tutto il mondo da oltre **50 anni**, per i suoi apparecchi di appoggio, giunti di dilatazione, sistemi di post-tensione e apparecchiature antisismiche.

Freyssinet Products Company **Italia** fa parte del gruppo Soletanche-Freyssinet. Freyssinet è stata fondata oltre **75 anni** fa da Eugène Freyssinet, l'inventore della precompressione.

IL NOSTRO GRUPPO

Il gruppo Soletanche Freyssinet è leader mondiale nelle lavorazioni del **suolo**, nelle **strutture** e nel **nucleare**

VINCI CONSTRUCTION

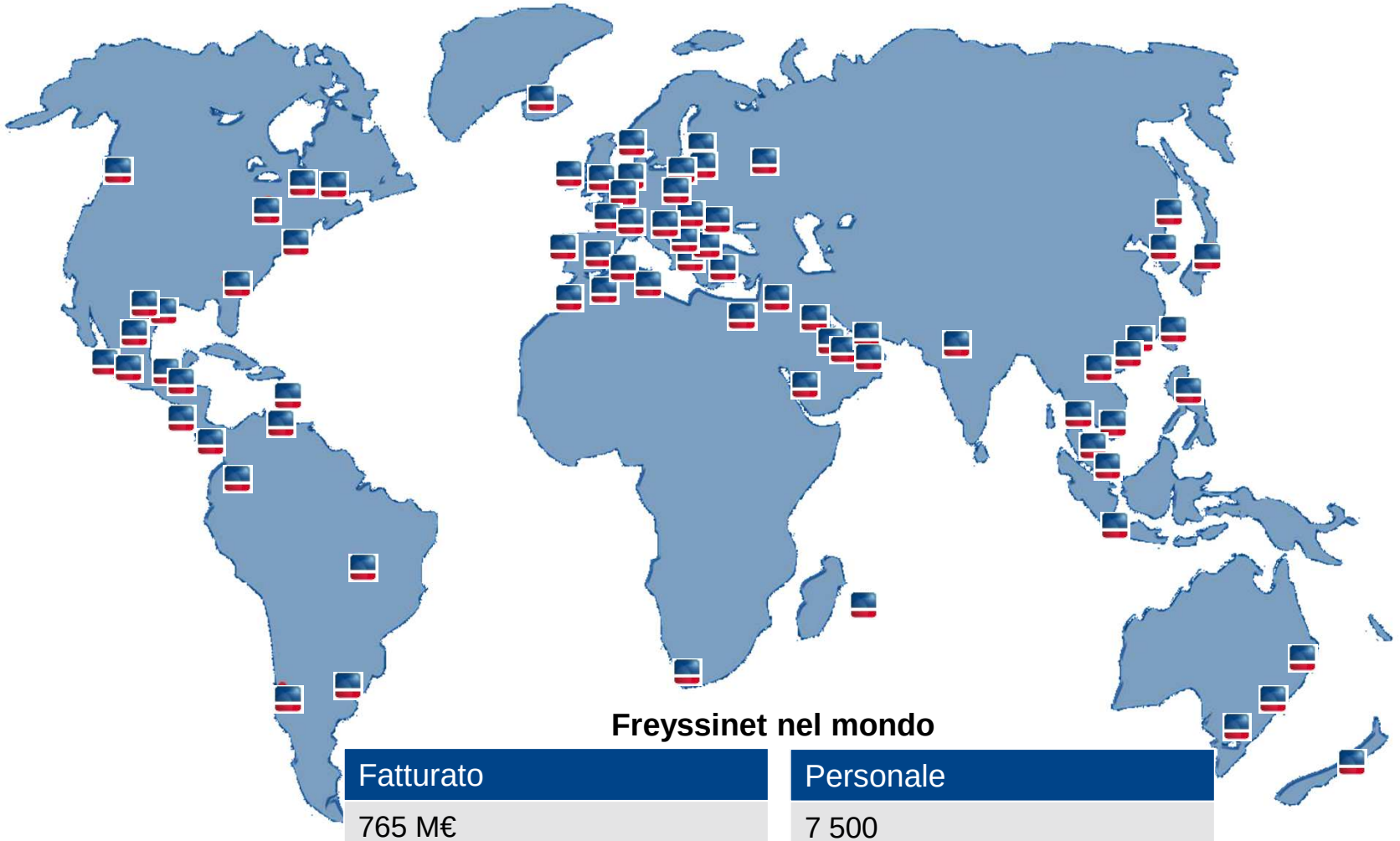
SOLETANCHE BACHY · MENARD · FREYSSINET · TERRE ARMEE · NUVIA

ISOSISM CONNECTION · ISOSISM DISSIPATION · ISOSISM ISOLATION · ISOSISM JUNCTION ⟷ FPC ITALIA ⟷ ISOSISM QUALITY & ASSEMBLY · ISOLAB TESTING

Foreva Solutions

FPC ITALIA

IL NOSTRO BUSINESS



Freyssinet nel mondo

Fatturato	Personale
765 M€	7 500

GAMMA ISOSISM
Soluzioni di prevenzione sismica


Isolamento - HDRB & LRB


Dissipazione - FD


Dissipazione - EPAD


Connessione - STU


Isolamento - PS

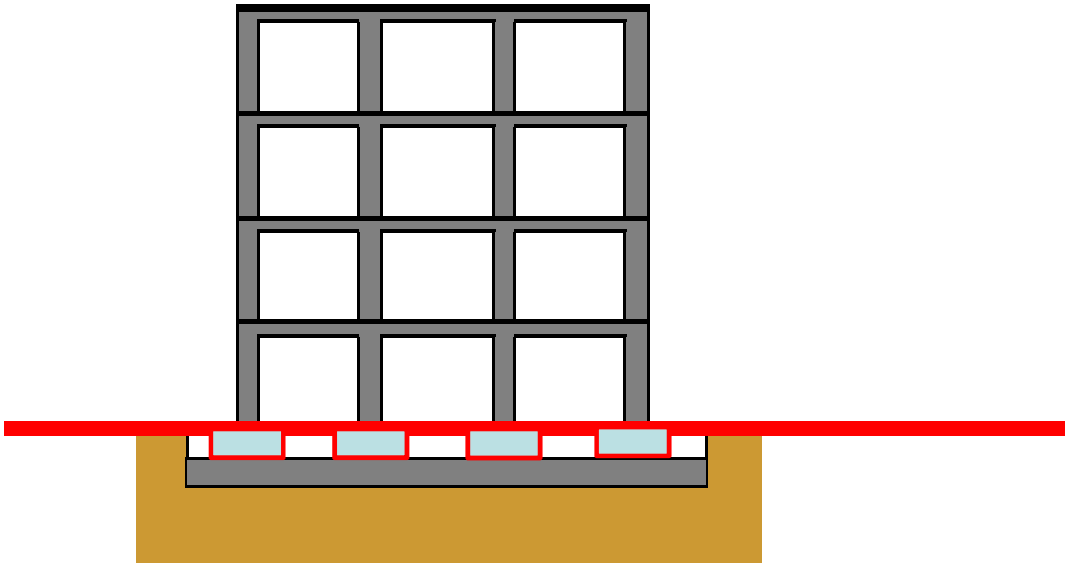

Dissipazione - PDS


Dissipazione - ELASTOPLASTICI


Giunti - SFX

ISOLAMENTO SISMICO

APPROCCI PROGETTUALI

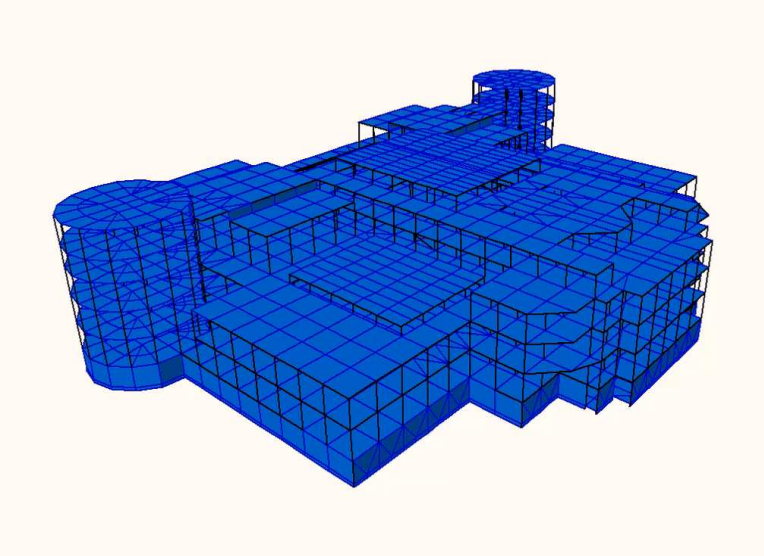


L'isolamento sismico alla base consiste nell'inserire **elementi deformabili** in cui **concentrare il danno** che permettono di **disaccoppiare il moto** terreno e della struttura

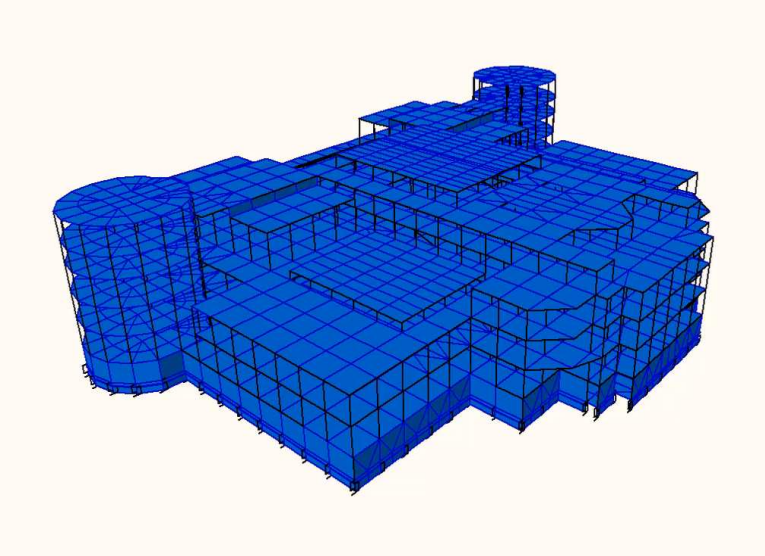
L'isolamento sismico alla base è l'unico sistema che permette di **proteggere** sia la **struttura** che le **parti non strutturali** ed il contenuto

ISOLAMENTO SISMICO

APPROCCI PROGETTUALI

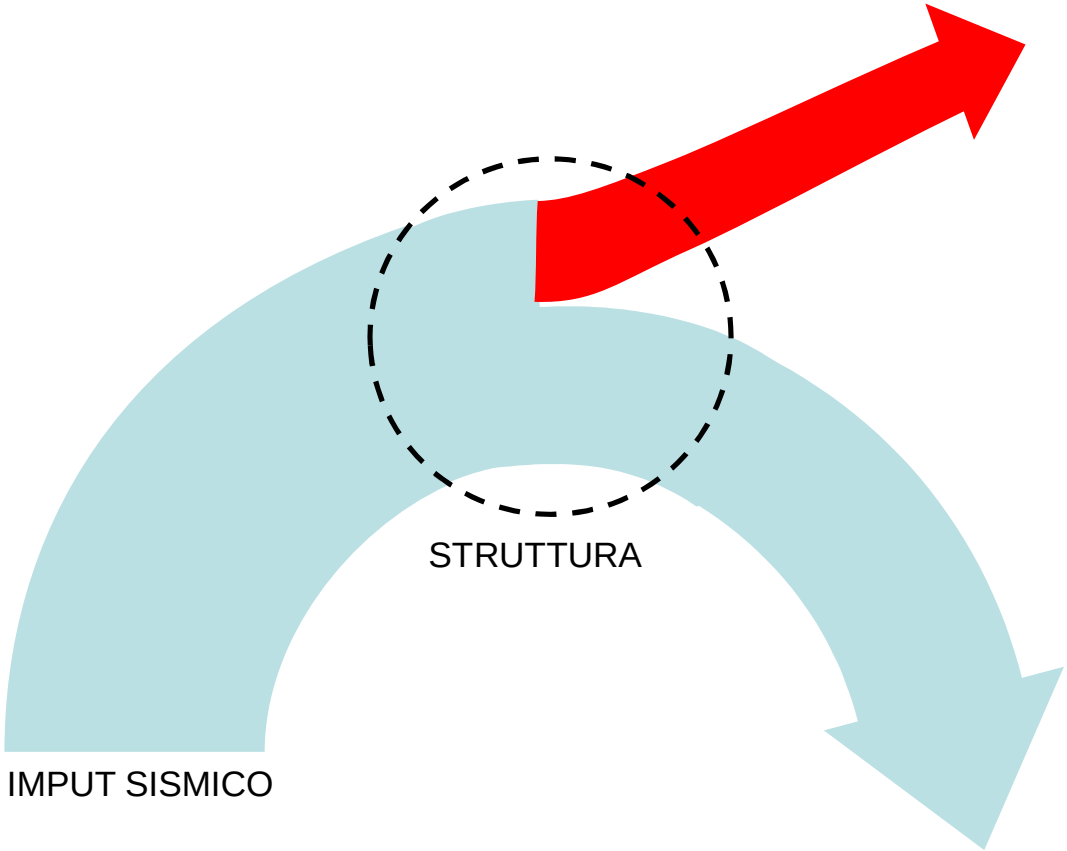


Edificio non isolato



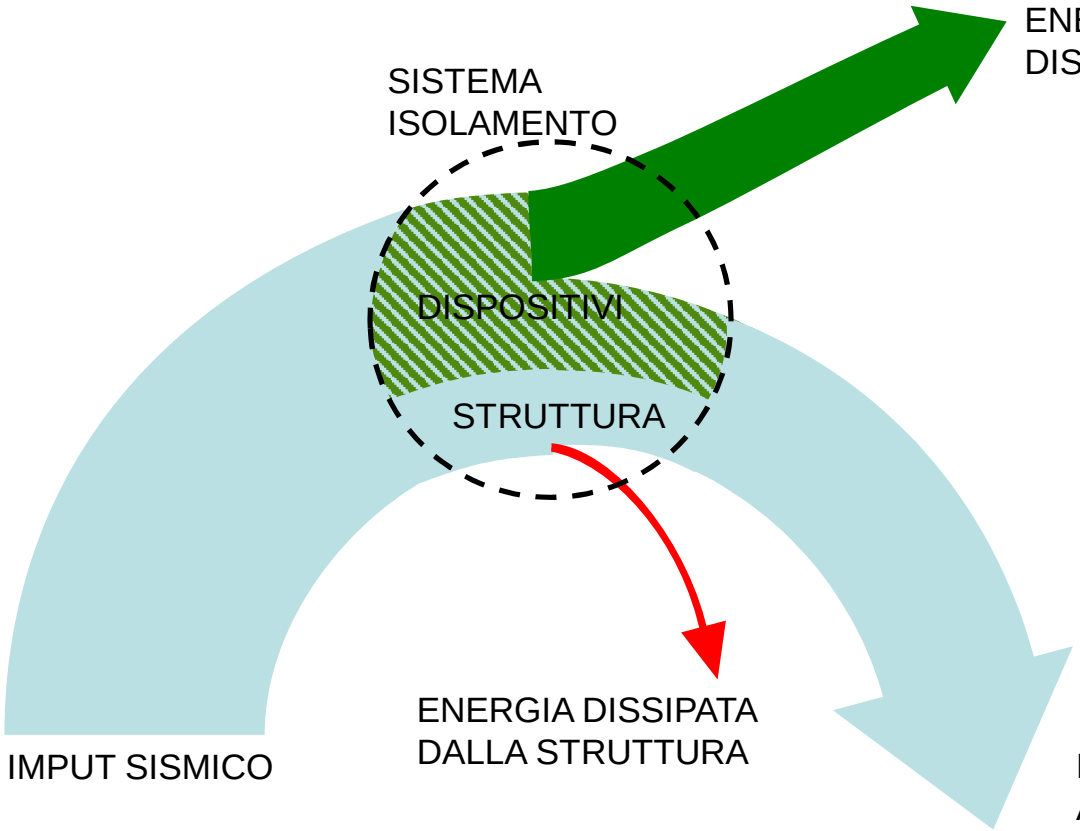
Edificio isolato

APPROCCIO – PROGETTO IN DUTTILITA’



- **Struttura campo plastico**
- **danneggiamenti**
- **Operatività NON garantita dopo sisma**
- **Necessità di riparazione dopo sisma**
- **Protezione elementi non strutturali**

APPROCCIO - ISOLAMENTO SISMICO

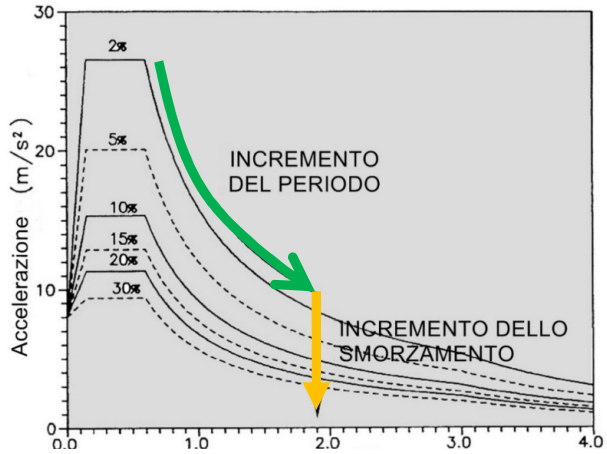


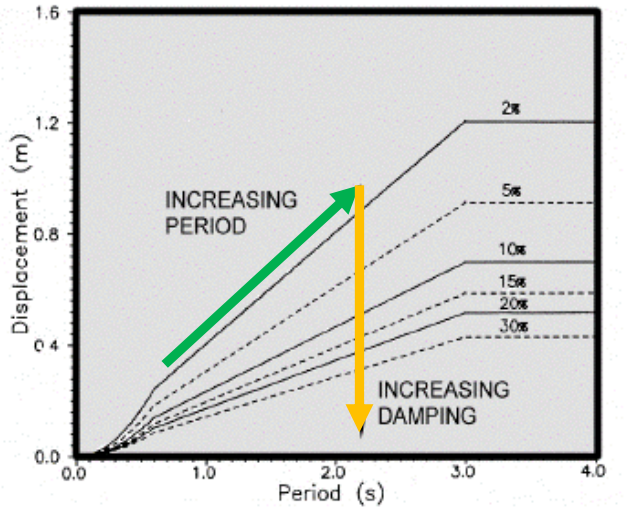
- **Struttura campo elastico**
- **NO danneggiamenti**
- **Operatività garantita dopo sisma**
- **NO riparazione dopo sisma**
- **Protezione elementi non strutturali**

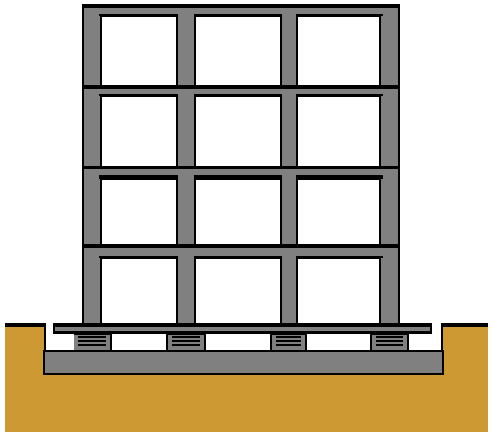
- L’isolamento sismico è il sistema più efficace per proteggere una struttura dal terremoto.
- L’adeguamento sismico di edifici esistenti per mezzo dell’isolamento alla base minimizza la necessità di rinforzi strutturali.
- L’adeguamento sismico per mezzo dell’isolamento alla base ha un impatto molto basso sull’attività svolta all’interno dell’edificio e in alcuni casi può essere eseguito anche senza l’interruzione dell’attività stessa.
- L’adeguamento sismico per mezzo dell’isolamento alla base ha un costo limitato e in ogni modo più economico di altri sistemi.
- L’adeguamento sismico per mezzo dell’isolamento alla base semplifica moltissimo la progettazione.

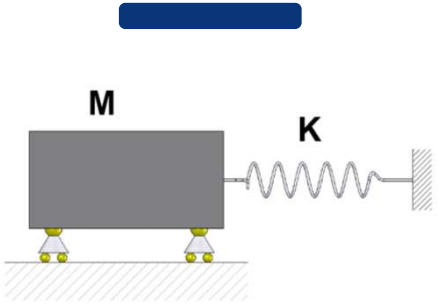
APPROCCI PROGETTUALI

EFFETTI ISOLAMENTO SISMICO









$$T = 2\pi\sqrt{\frac{M}{K}}$$

- **INSERIMENTO NELLA STRUTTURA DI ELEMENTI DEFORMABILI**

  Aumento del Periodo Proprio delle struttura

- **INSERIMENTO NELLA STRUTTURA DI ELEMENTI DISSIPATIVI**

  Aumento dello smorzamento di energia

TIPOLOGIE DI DISPOSITIVI E COMPORTAMENTO

PRODOTTI ISOSISM®

DISSIPATION

- FD
- FD-HR
- PDS

CONNECTION

- STU

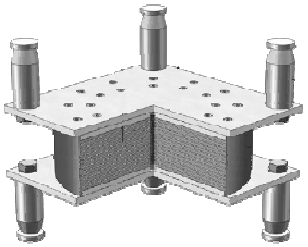
ISOLATION

- LRB
- HDRB
- LDRB
- PS

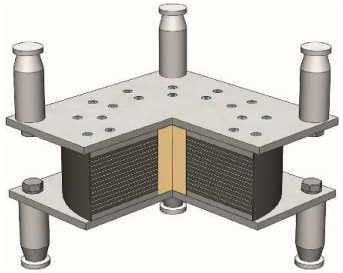
JUNCTION

- SFX
- Architettonici

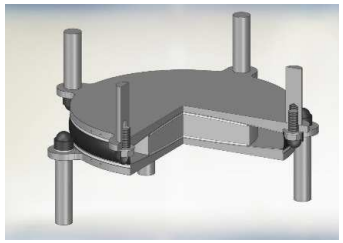
Freyssinet ISOSISM® è una gamma completa di dispositivi per la protezione sismica progettati, costruiti e testati in Italia da FPC ITALIA e comprende:



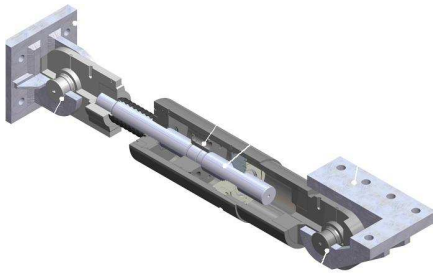
ISOLATORI IN GOMMA AD ALTO SMORZAMENTO



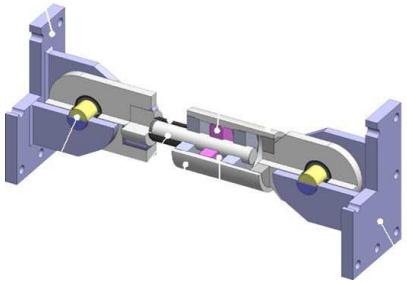
ISOLATORI IN GOMMA/PIOMBO



ISOLATORI A PENDOLO SCORREVOLE

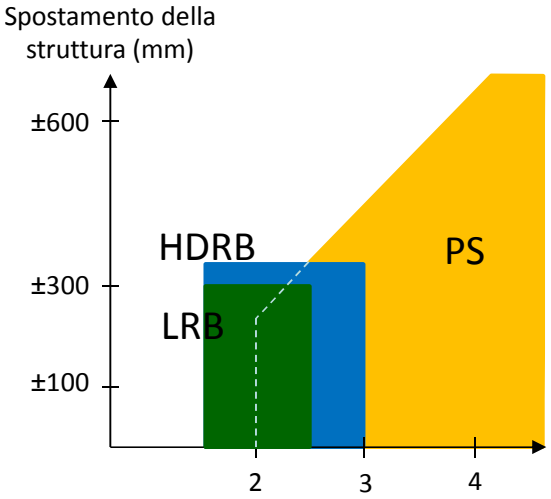


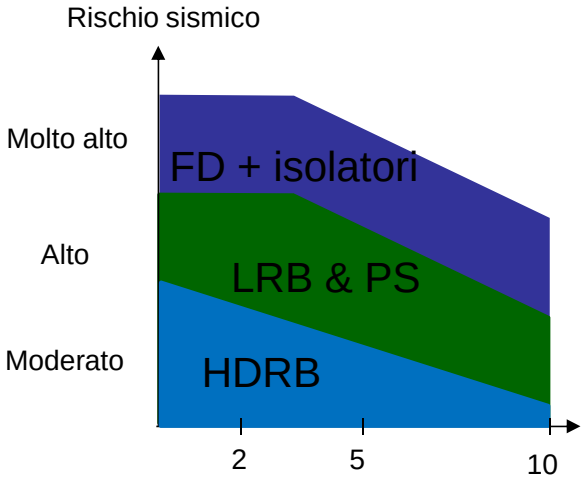
AMORTIZZATORI IDRAULICI

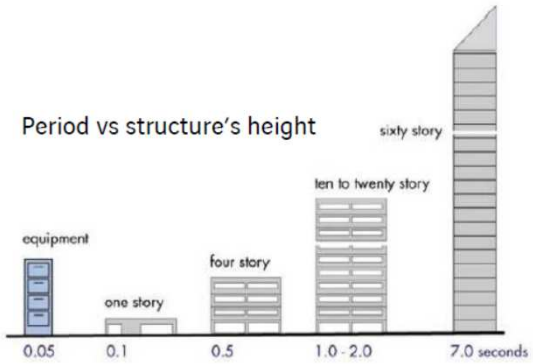


CONNETTORI SISMICI

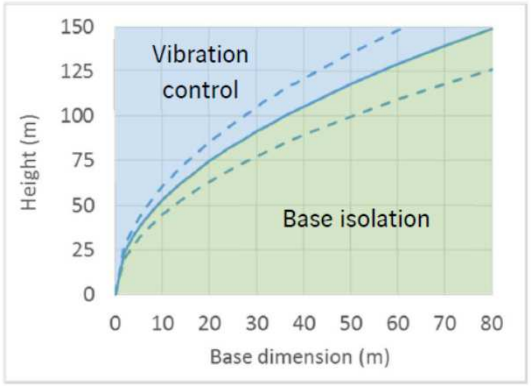
L'isolamento sismico degli edifici







FEMA 454, 2006, designing for earthquakes, a manual for architects



Height versus base dimension curve for structures having a period of 1.5 s

TIPOLOGIE DI DISPOSITIVI E COMPORTAMENTO

HDRB – *High Damping Rubber Bearing*

- Isolatore in gomma armata realizzato da strati di gomma e piastre di acciaio
- La mescola possiede capacità dissipative

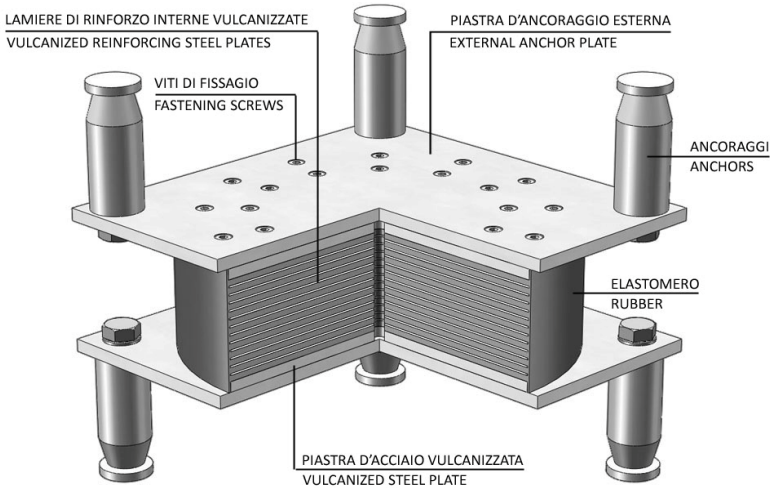
  Smorzamento ξ=10% - 16%
- La mescola é deformabile trasversalmente

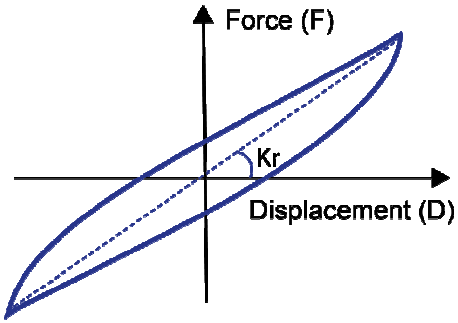
  deformazioni massime $\tan\gamma$=2,5
- LEGGE COMPORTAMENTO

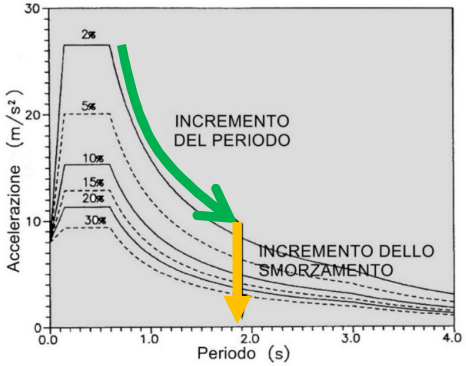
  $F = Kr \cdot D$
- EFFETTO isolamento

  Aumento periodo ★★☆

  Dissipazione ★☆☆





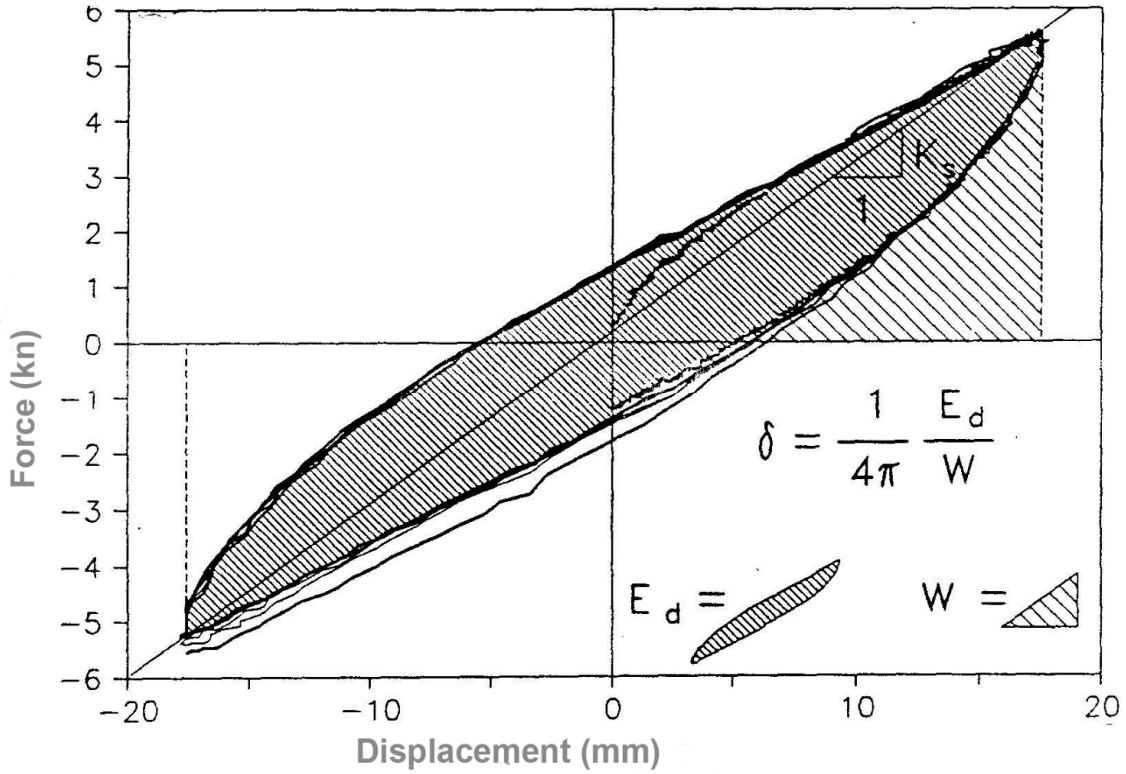


HDRB - SMORZAMENTO VISCOSO EQUIVALENTE

δ
Smorzamento viscoso equivalente

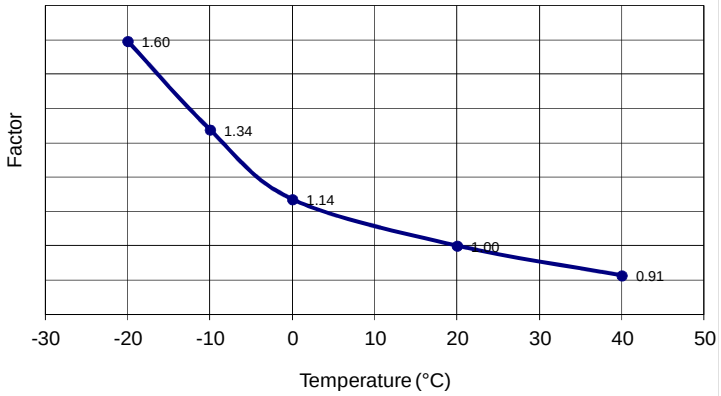
E_d
Energia dissipata per ciclo

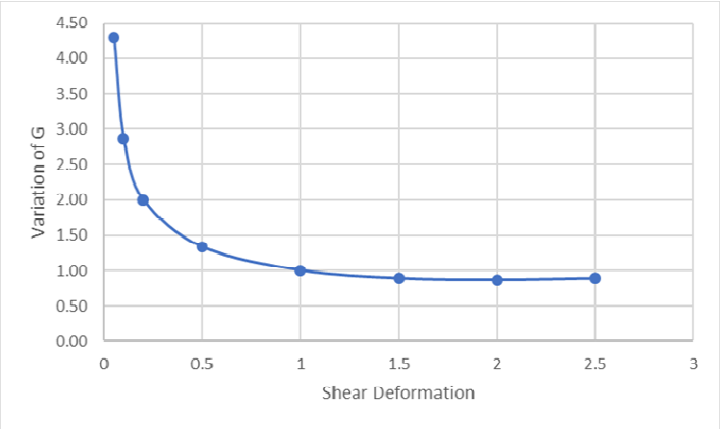
W
Lavoro esterno

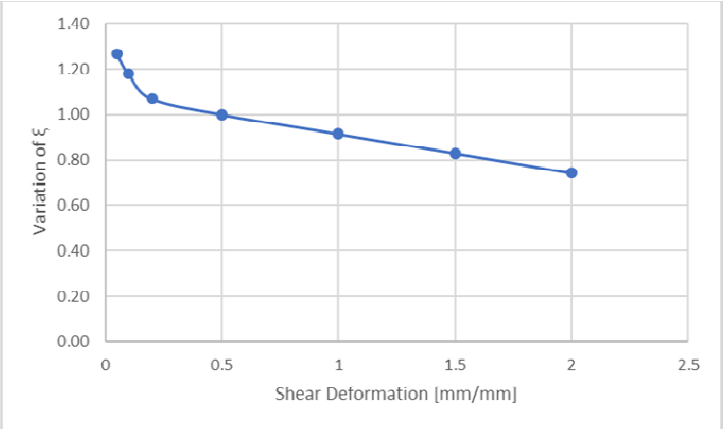


LA RIGIDEZZA E' INFLUENZATA DAI SEGUENTI FATTORI

- Temperatura
- Deformazione a taglio
- Invecchiamento (dipende dal tipo di mescola. Solitamente l'invecchiamento causa un aumento della rigidezza di circa il 15-20% in 50 anni).
- Carico verticale
- Frequenza (effetto non rilevante)







TIPOLOGIE DI DISPOSITIVI E COMPORTAMENTO

LRB – *Lead Rubber Bearing*

- Isolatore in gomma armata realizzato da strati di gomma e piastre di acciaio che contiene nucleo in piombo
- Dissipazione é fornita dalla mescola e dello snervamento del nucleo di piombo

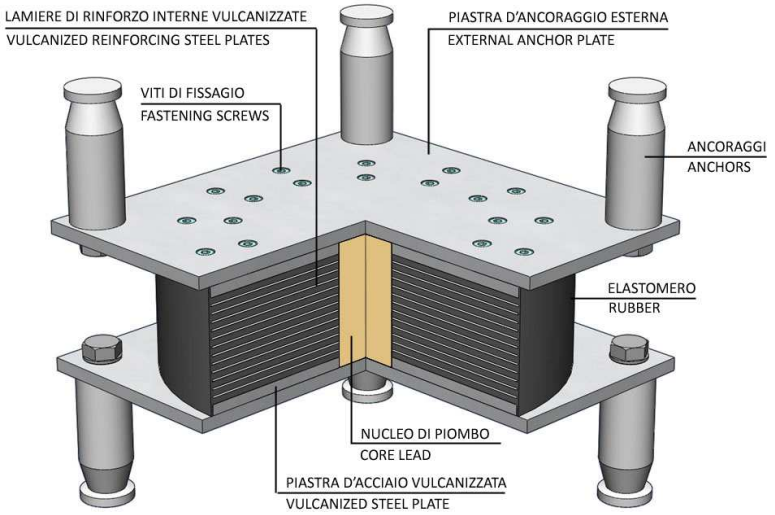
  Smorzamento ξ=15% - 35%
- Deformabile trasversalmente

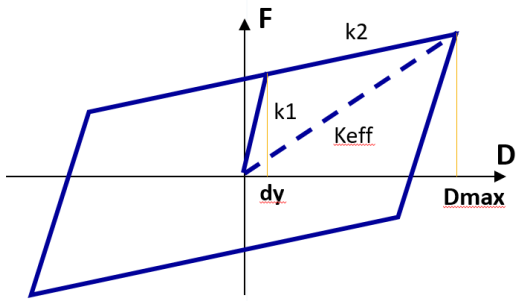
  deformazioni massime $\tan\gamma$=2,5
- LEGGE COMPORTAMENTO

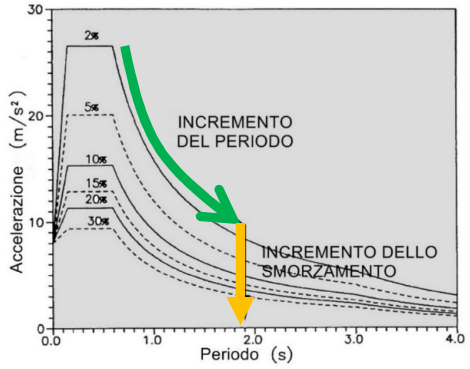
  $F = K1 \cdot dy + K2 \cdot (Dmax - dy)$
- EFFETTO isolamento

  Aumento periodo ★☆☆

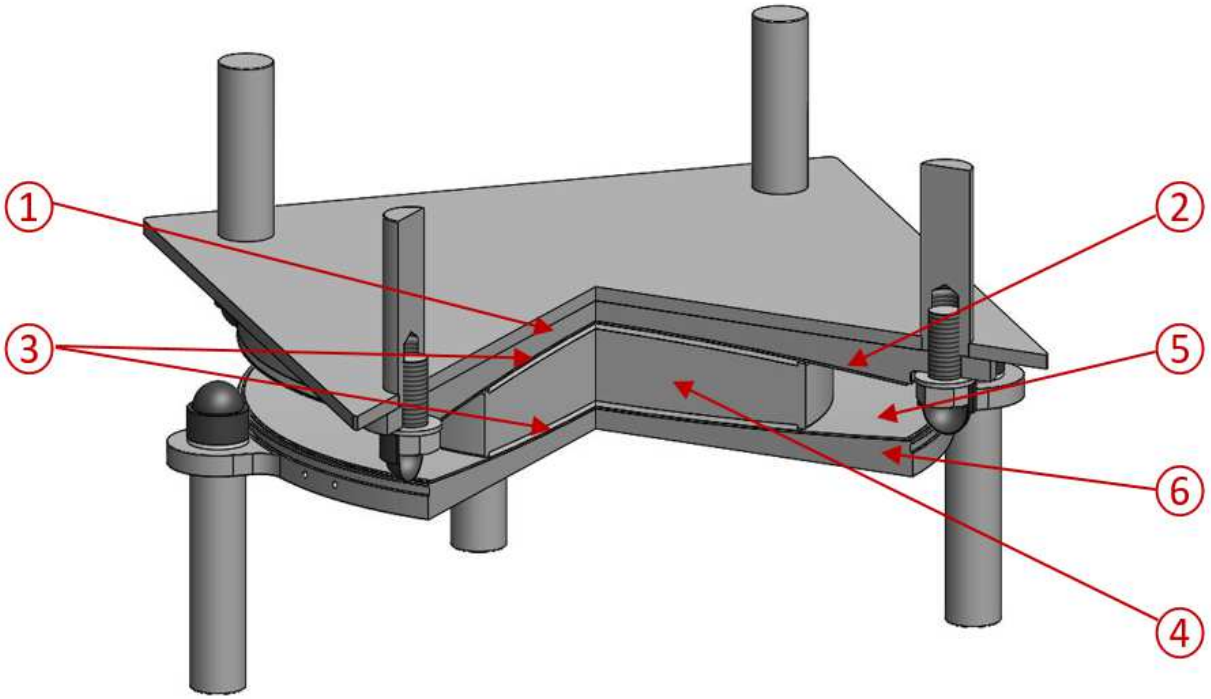
  Dissipazione ★★☆







PS – *Pendulum System*



1. Piastra superiore
2. Superficie di scorrimento primaria inox
3. Materiale di scorrimento ISOGLIDE
4. Piastra mediana
5. Superfice di scorrimento secondaria inox
6. Piastra inferiore

PS – *Pendulum System*

Gli isolatori a pendolo ISOSISM® si basano sulle elevate caratteristiche meccaniche del materiale di scorrimento speciale ISOGLIDE® risultato di un programma di ricera in collaborazione con il Politecnico di Milano

Il materiale ad attrito controllato ISOGLIDE® ha le seguenti peculiari caratteristiche:

- **Coefficiente di attrito controllato significa che l'attrito reale corrisponderà a quello specificato entro una tolleranza ristretta.**
- **Eccezionale resistenza all'usura e alle alte temperature.**
- **Resistenza caratteristica a compressione molto alta: 180 MPa**

Il coefficiente di attrito nominale consigliato è dell'ordine del 4,5 – 5 %

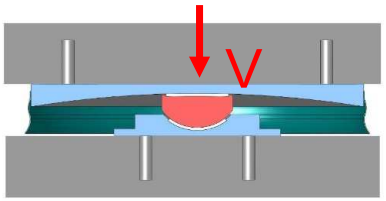
Il raggio di curvatura effettivo da utilizzare in progetto tra 3.500 e 4.000 mm

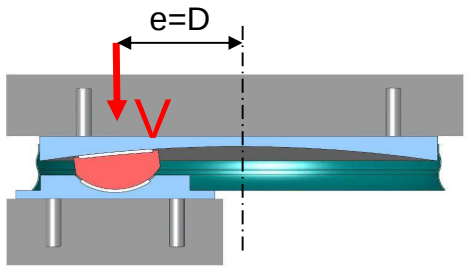
PS – *Pendulum System*

- Dispositivo metallico con piastre concave in cui scorre piastra contenente materiale di scorrimento
- Pendoli doppia o singola superficie
- Dissipazione é fornita dal materiale di scorrimento

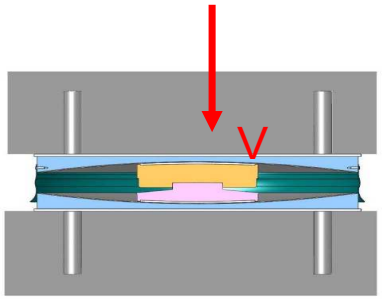
Smorzamento ξ=15% - 35%

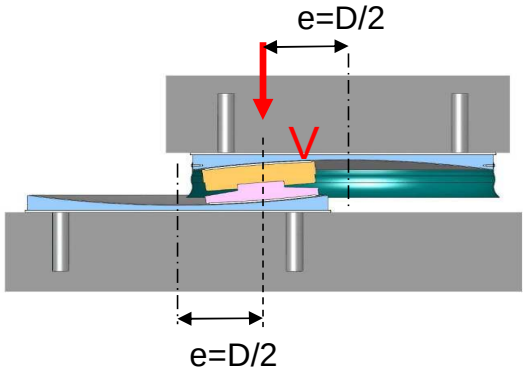
PS – *singola superficie*





PS – *doppia superficie*





TIPOLOGIE DI DISPOSITIVI E COMPORTAMENTO

PS – *Pendulum System*

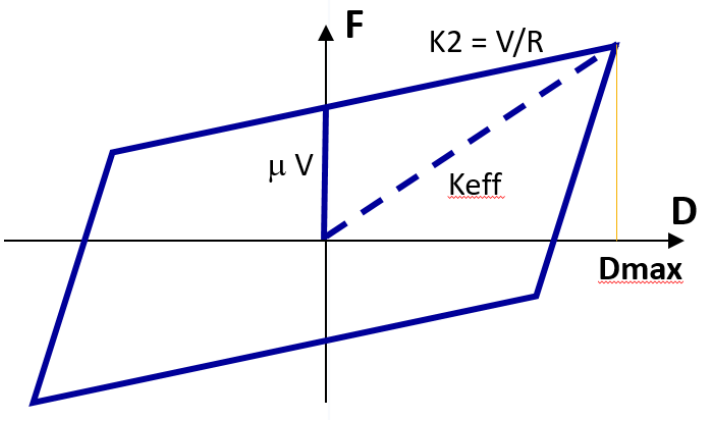
- **LEGGE COMPORTAMENTO**

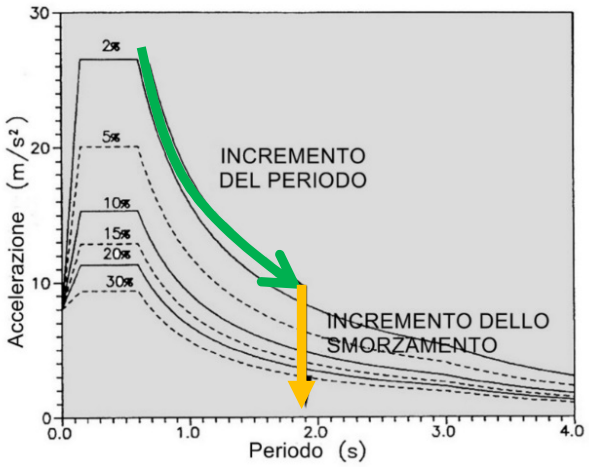
$$F_H = \mu \cdot V + \frac{V}{R} \cdot D$$

$$K_{eff} = \frac{F_H}{D} = \left(\mu \cdot V + \frac{V}{R} \cdot D\right)\Big/_{D}$$

$$T_{eff} = 2\pi \sqrt{\frac{RD}{(D + \mu R)g}}$$

$$\varepsilon_{eff} = \frac{2}{\pi}\left[\frac{\mu}{\mu + \frac{D}{R}}\right]$$





- **EFFETTO isolamento**

Aumento periodo	★★★
Dissipazione	★★☆

TIPOLOGIE DI DISPOSITIVI E COMPORTAMENTO

VANTAGGI dell'isolamento con PS – *Pendulum System*

- Periodo di oscillazione é costante, non cambia con i carichi variabili
- Forza e rigidezza orizzontale sono proporzionale al carico agente

  V ↓ FH ; Keff ↓
- Centro delle masse e centro delle rigidezze concidono
  - **La rigidezza é dipendente so**

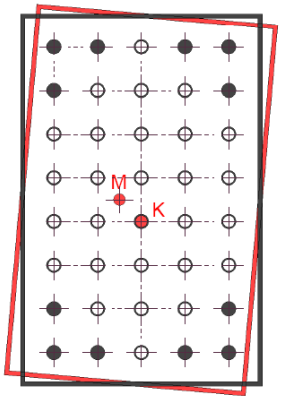
HDRB F = Kr · D →

LRB F = K1 · dy + K2 ·

$$K_{eff} = \frac{F_H}{D}$$

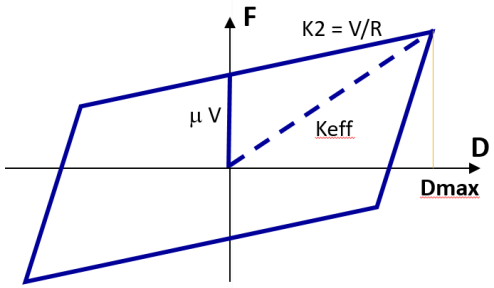
  - **Periodo dipende dalla massa**

$$T_{eff} = 2\pi \sqrt{\frac{V}{K_{eff}\, g}}$$



AZIONE SISMICA

PENDULUM SYSTEM



- **La rigidezza é proporzionale al carico verticale**

$$F_H = \mu \cdot V + \frac{V}{R} \cdot D$$

$$K_{eff} = \frac{F_H}{D} = \left(\mu \cdot V + \frac{V}{R} \cdot D\right)\Big/_{D}$$

- **Periodo non dipende dalla massa**

$$T_{eff} = 2\pi \sqrt{\frac{R\, D}{(D + \mu\, R)g}}$$

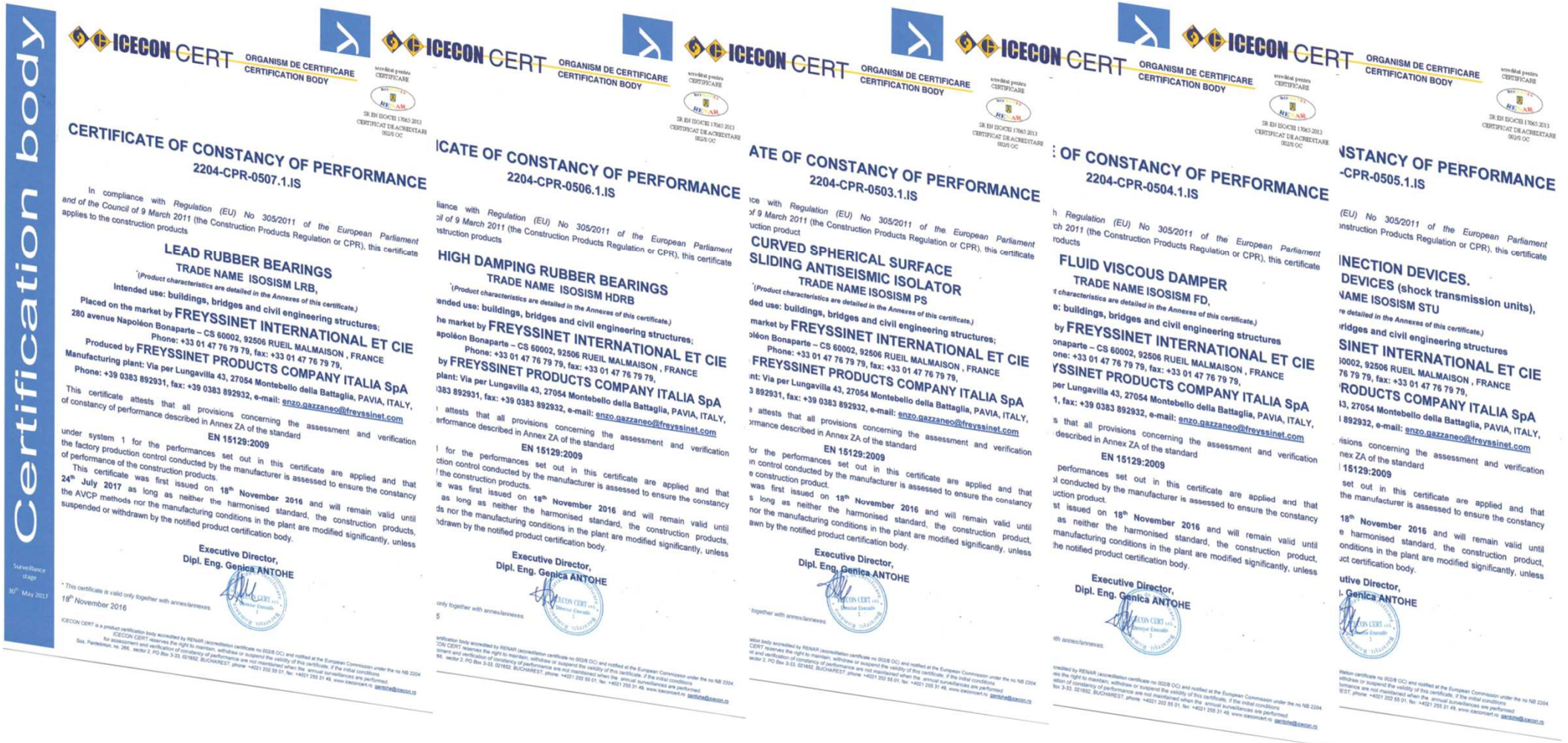
M?

MARCATURA CE

EN15129

- **È obbligatoria in tutti i Paesi dell'Unione Europea nei quali sia stata recepita la norma armonizzata**
- **Implica la certificazione del Sistema di Qualità ISO 9001**
- **Implica il regolare svolgimento di audits ai produttori da parte di un Organismo Notificato a tutto il processo di produzione (fornitori qualificati, materie prime certificate, ecc…)**
- **Implica la realizzazione di test prototipali alla presenza dell'Organismo Notificato**
- **Per i dispositivi antisismici, se i materiali, i carichi, gli spostamenti oppure uno dei parametri di progetto varia più di una definita percentuale, ➔ i test prototipali vanno ripetuti**
- **I produttori devono certificare le prestazioni (DOP)**
- **I dispositivi possono circolare liberamente all'interno dei Paesi dell'Unione Europea**

FPC ITALIA



ICECON CERT ORGANISM DE CERTIFICARE CERTIFICATION BODY

Certification body

Surveillance stage

30th May 2017

CERTIFICATE OF CONSTANCY OF PERFORMANCE
2204-CPR-0507.1.IS

In compliance with *Regulation (EU) No 305/2011 of the European Parliament and of the Council of 9 March 2011* (the Construction Products Regulation or CPR), this certificate applies to the construction products

LEAD RUBBER BEARINGS
TRADE NAME ISOSISM LRB,
(Product characteristics are detailed in the Annexes of this certificate.)

Intended use: buildings, bridges and civil engineering structures;

Placed on the market by FREYSSINET INTERNATIONAL ET CIE
280 avenue Napoléon Bonaparte – CS 60002, 92506 RUEIL MALMAISON , FRANCE
Phone: +33 01 47 76 79 79, fax: +33 01 47 76 79 79,

Produced by FREYSSINET PRODUCTS COMPANY ITALIA SpA
Manufacturing plant: Via per Lungavilla 43, 27054 Montebello della Battaglia, PAVIA, ITALY,
Phone: +39 0383 892931, fax: +39 0383 892932, e-mail: enzo.gazzaneo@freyssinet.com

This certificate attests that all provisions concerning the assessment and verification of constancy of performance described in Annex ZA of the standard

EN 15129:2009

under system 1 for the performances set out in this certificate are applied and that the factory production control conducted by the manufacturer is assessed to ensure the constancy of performance of the construction products.

This certificate was first issued on 18th November 2016 and will remain valid until 24th July 2017 as long as neither the harmonised standard, the construction products, the AVCP methods nor the manufacturing conditions in the plant are modified significantly, unless suspended or withdrawn by the notified product certification body.

Executive Director,
Dipl. Eng. Genica ANTOHE

* This certificate is valid only together with annex/annexes.
18th November 2016

ICECON CERT is a product certification body accredited by RENAR (accreditation certificate no 002/8 OC) and notified at the European Commission under the no NB 2204.
ICECON CERT reserves the right to maintain, withdraw or suspend the validity of this certificate, if the initial conditions for assessment and verification of constancy of performance are not maintained when the annual surveillances are performed.
Soa. Panteilimon, no. 266, sector 2, PO Box 3-33, 021652, BUCHAREST, phone: +4021 255 55 01, fax: +4021 255 31 49, www.icecon.ro, genhne@icecon.ro

ICECON CERT ORGANISM DE CERTIFICARE CERTIFICATION BODY

CERTIFICATE OF CONSTANCY OF PERFORMANCE
2204-CPR-0506.1.IS

liance with *Regulation (EU) No 305/2011 of the European Parliament* cil of 9 March 2011 (the Construction Products Regulation or CPR), this certificate nstruction products

HIGH DAMPING RUBBER BEARINGS
TRADE NAME ISOSISM HDRB
(Product characteristics are detailed in the Annexes of this certificate.)

ended use: buildings, bridges and civil engineering structures;

he market by FREYSSINET INTERNATIONAL ET CIE
apoléon Bonaparte – CS 60002, 92506 RUEIL MALMAISON , FRANCE
Phone: +33 01 47 76 79 79, fax: +33 01 47 76 79 79,

by FREYSSINET PRODUCTS COMPANY ITALIA SpA
plant: Via per Lungavilla 43, 27054 Montebello della Battaglia, PAVIA, ITALY,
0383 892931, fax: +39 0383 892932, e-mail: enzo.gazzaneo@freyssinet.com

attests that all provisions concerning the assessment and verification erformance described in Annex ZA of the standard

EN 15129:2009

for the performances set out in this certificate are applied and that ction control conducted by the manufacturer is assessed to ensure the constancy the construction products.

e was first issued on 18th November 2016 and will remain valid until as long as neither the harmonised standard, the construction products, ds nor the manufacturing conditions in the plant are modified significantly, unless ndrawn by the notified product certification body.

Executive Director,
Dipl. Eng. Genica ANTOHE

only together with annex/annexes.
5

ICECON CERT ORGANISM DE CERTIFICARE CERTIFICATION BODY

ATE OF CONSTANCY OF PERFORMANCE
2204-CPR-0503.1.IS

ce with *Regulation (EU) No 305/2011 of the European Parliament* f 9 March 2011 (the Construction Products Regulation or CPR), this certificate uction product

CURVED SPHERICAL SURFACE
SLIDING ANTISEISMIC ISOLATOR
TRADE NAME ISOSISM PS
(Product characteristics are detailed in the Annexes of this certificate.)

ded use: buildings, bridges and civil engineering structures;

market by FREYSSINET INTERNATIONAL ET CIE
oléon Bonaparte – CS 60002, 92506 RUEIL MALMAISON , FRANCE
Phone: +33 01 47 76 79 79, fax: +33 01 47 76 79 79,

FREYSSINET PRODUCTS COMPANY ITALIA SpA
nt: Via per Lungavilla 43, 27054 Montebello della Battaglia, PAVIA, ITALY,
3 892931, fax: +39 0383 892932, e-mail: enzo.gazzaneo@freyssinet.com

attests that all provisions concerning the assessment and verification ormance described in Annex ZA of the standard

EN 15129:2009

or the performances set out in this certificate are applied and that n control conducted by the manufacturer is assessed to ensure the constancy e construction product.

was first issued on 18th November 2016 and will remain valid until s long as neither the harmonised standard, the construction product, nor the manufacturing conditions in the plant are modified significantly, unless awn by the notified product certification body.

Executive Director,
Dipl. Eng. Genica ANTOHE

together with annex/annexes.

ICECON CERT ORGANISM DE CERTIFICARE CERTIFICATION BODY

E OF CONSTANCY OF PERFORMANCE
2204-CPR-0504.1.IS

h *Regulation (EU) No 305/2011 of the European Parliament* ch 2011 (the Construction Products Regulation or CPR), this certificate roducts

FLUID VISCOUS DAMPER
TRADE NAME ISOSISM FD,
f characteristics are detailed in the Annexes of this certificate.)*
e: buildings, bridges and civil engineering structures

by FREYSSINET INTERNATIONAL ET CIE
onaparte – CS 60002, 92506 RUEIL MALMAISON , FRANCE
one: +33 01 47 76 79 79, fax: +33 01 47 76 79 79,

YSSINET PRODUCTS COMPANY ITALIA SpA
per Lungavilla 43, 27054 Montebello della Battaglia, PAVIA, ITALY,
1, fax: +39 0383 892932, e-mail: enzo.gazzaneo@freyssinet.com

s that all provisions concerning the assessment and verification described in Annex ZA of the standard

EN 15129:2009

performances set out in this certificate are applied and that ol conducted by the manufacturer is assessed to ensure the constancy uction product.

st issued on 18th November 2016 and will remain valid until as neither the harmonised standard, the construction product, manufacturing conditions in the plant are modified significantly, unless he notified product certification body.

Executive Director,
Dipl. Eng. Genica ANTOHE

th annex/annexes.

credited by RENAR (accreditation certificate no 002/8 OC) and notified at the European Commission under the no NB 2204
res the right to maintain, withdraw or suspend the validity of this certificate, if the initial conditions
ation of constancy of performance are not maintained when the annual surveillances are performed
for 3-33, 021652, BUCHAREST, phone: +4021 202 55 01, fax: +4021 255 31 49, www.icecon.ro, genhne@icecon.ro

ICECON CERT ORGANISM DE CERTIFICARE CERTIFICATION BODY

NSTANCY OF PERFORMANCE
-CPR-0505.1.IS

(EU) No 305/2011 of the European Parliament nstruction Products Regulation or CPR), this certificate

NECTION DEVICES.
DEVICES (shock transmission units),
NAME ISOSISM STU
re detailed in the Annexes of this certificate.)*
ridges and civil engineering structures

SINET INTERNATIONAL ET CIE
0002, 92506 RUEIL MALMAISON , FRANCE
76 79 79, fax: +33 01 47 76 79 79,

RODUCTS COMPANY ITALIA SpA
3, 27054 Montebello della Battaglia, PAVIA, ITALY,
892932, e-mail: enzo.gazzaneo@freyssinet.com

risions concerning the assessment and verification nex ZA of the standard

15129:2009

set out in this certificate are applied and that the manufacturer is assessed to ensure the constancy

18th November 2016 and will remain valid until e harmonised standard, the construction product, onditions in the plant are modified significantly, unless uct certification body.

utive Director,
. Genica ANTOHE

ation certificate no 002/8 OC) and notified at the European Commission under the no NB 2204.
withdraw or suspend the validity of this certificate, if the initial conditions
mance are not maintained when the annual surveillances are performed
EST, phone: +4021 202 55 01, fax: +4021 255 31 49, www.icecon.ro, genhne@icecon.ro

TEST

TEST

- NTC 2017 prevede che tutti i **Dispositivi** siano dotati di **marcatura CE**

  La nuova NTC 2017 ha recepito la EN 15129 per la tipologia delle prove ma non per la quantità (sempre 20% della produzione)

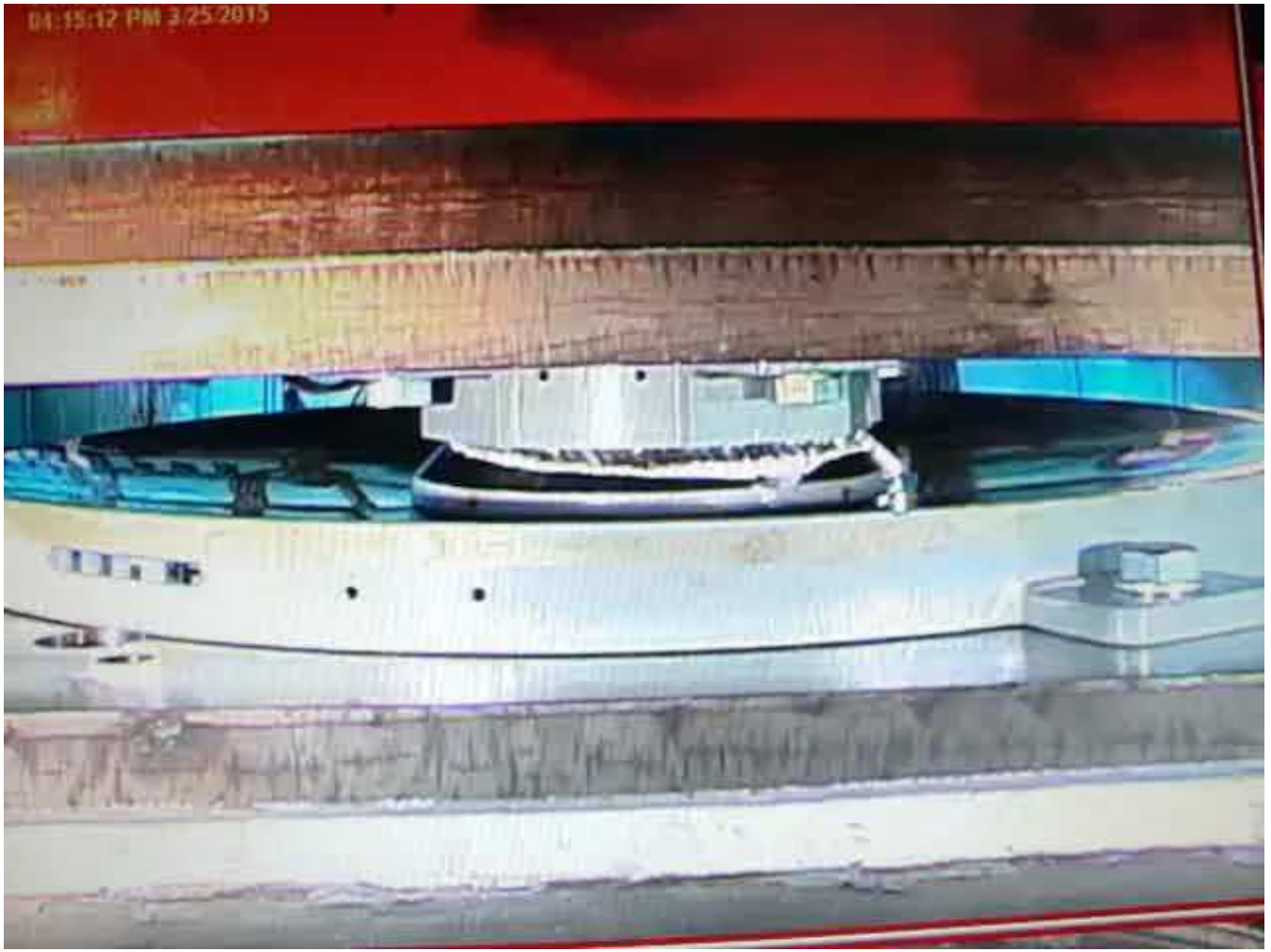
- TEST in accordo alla **EN 15129**

- **Ente certificatore indipendente** → - verifica processo produttivo e
  - corrispondenza tra prestazioni isolatori e proge

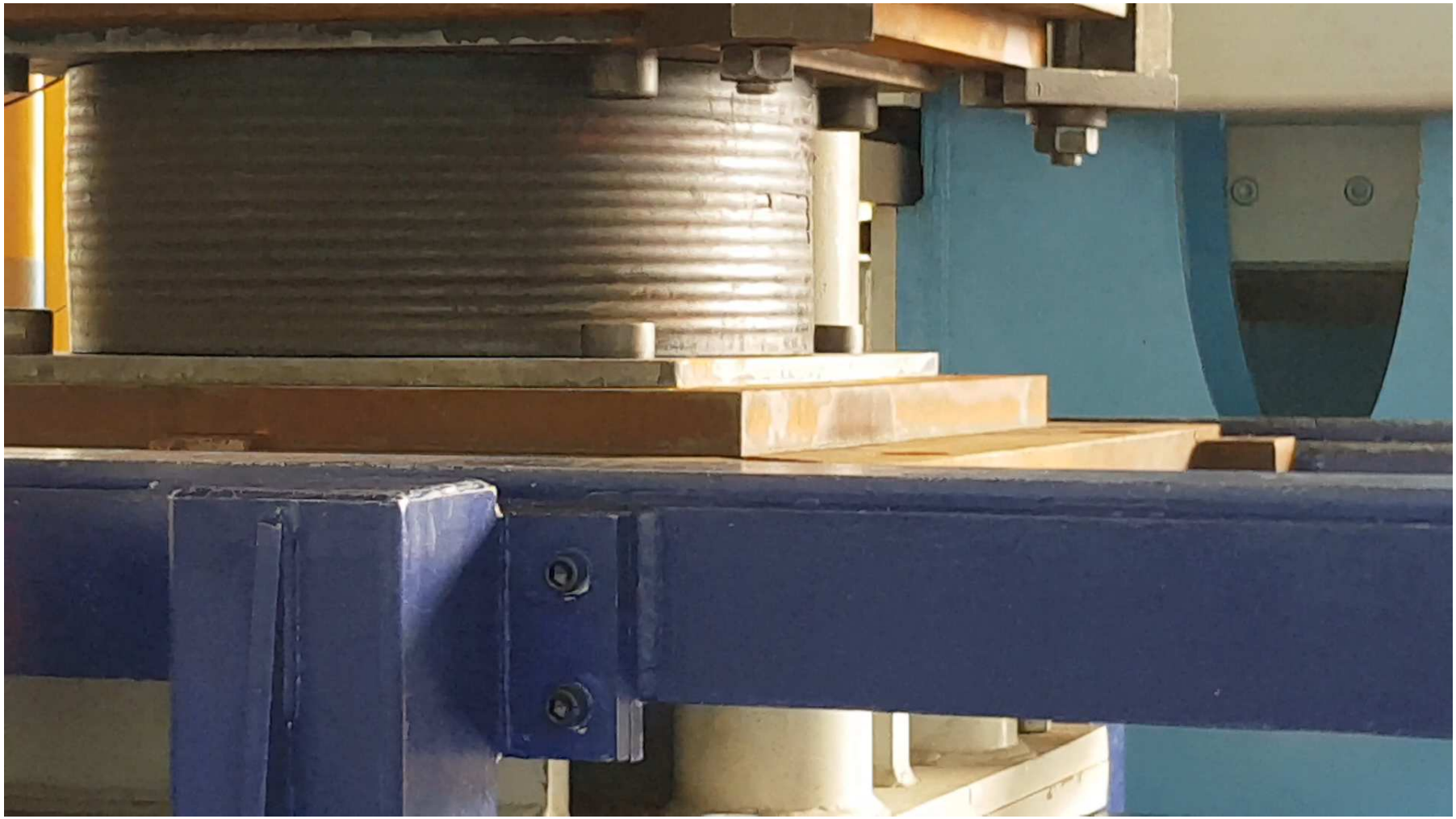
- **Tipologie di test:**
  - **ITT** – test di qualifica → - test prototipale
    - verificare caratteristiche isolatori
  - **FPC** test – test di accettazione → - controllo produzione (dal 5% al 20% del numero totale di una singola fornitura)
    - verificare la costanza delle prestazioni

Laboratorio prove ISOLAB

Prova di qualifica PS



Prova di qualifica LRB



FPC ITALIA

- Laboratorio prove interno

  ISOLAB – Montebello della Battaglia (PV)

TEST

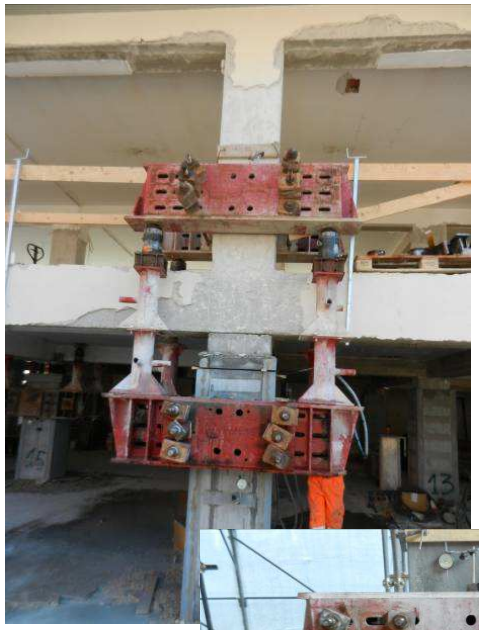
DYNAMIC	STATIC
VERTICAL / AXIAL FORCE	
18 MN	70 MN
HORIZONTAL FORCE	
3000 kN	20 MN
VERTICAL / AXIAL STROKE	
150 mm	150 mm
HORIZONTAL STROKE	
1000 mm	-
MAX VELOCITY (IN MAIN DIRECTION)*	
500 mm/s	-
DEVICE TO TEST	
BEARINGS – HDRB – LRB – PS	
SAMPLE PLAN SIZE LIMITS	
2500x3000 mm	
SAMPLE HEIGHT LIMITS	
1500 mm	

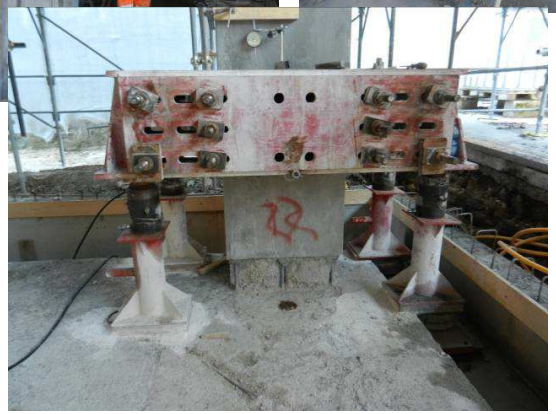
* The maximum velocity can be increased by means of accumulators, and its actual value depends on the device under test, the force, frequency and number of cycles

OSPEDALE BASIBUYUK – ISTANBUL (TURCHIA)

Retrofitting con isolatori a pendolo

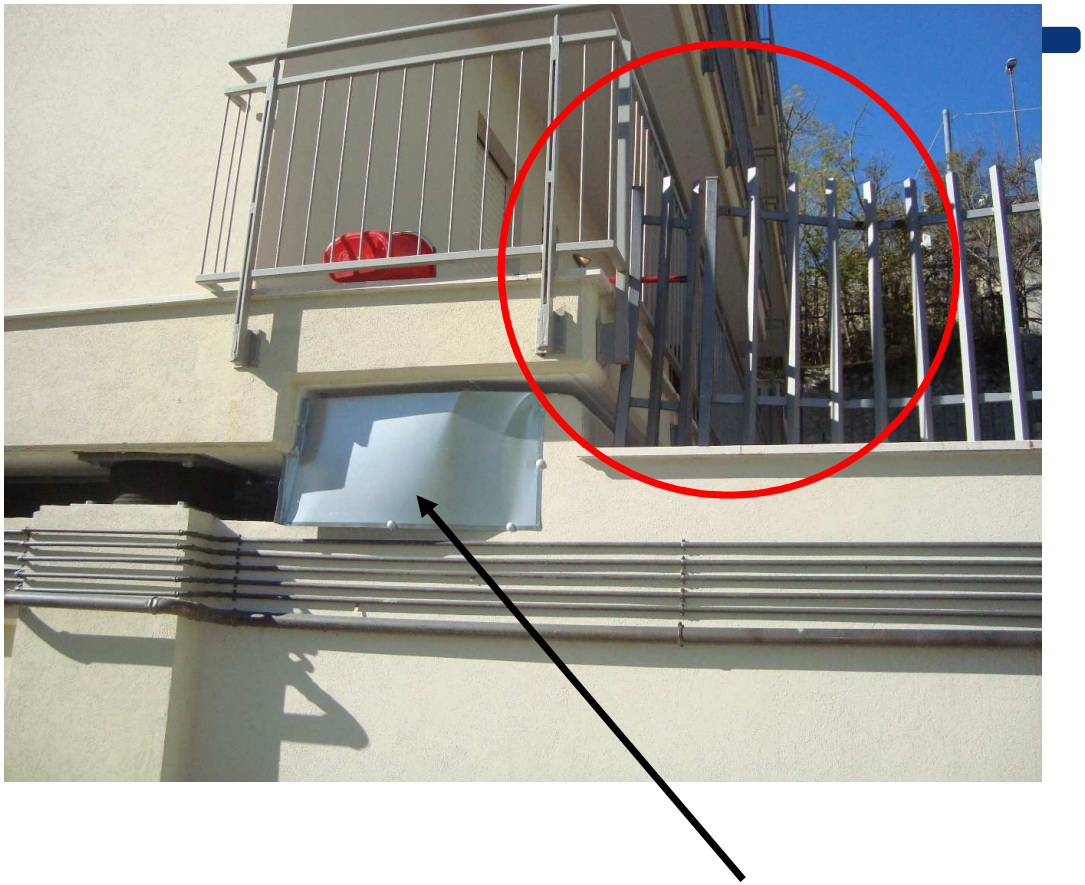
Retrofitting con isolatori HDRB





Dettagli costruttivi da non trascurare

FPC ITALIA



GRAZIE

fpcitalia@freyssinet.com

www.fpcitalia.it

GRAZIE PER LA VOSTRA ATTENZIONE