

Corso di aggiornamento
Progettazione strutturale e
Norme Tecniche per le Costruzioni

**L'isolamento alla base nella progettazione sismica
e nell'intervento sull'esistente**

Spoletto
5-6 giugno 2015

09 - Dispositivi di dissipazione

Quali sono le funzione che devono
essere espletate
da un sistema di isolamento?

Dispositivi di isolamento

Funzioni

I dispositivi di isolamento devono essere in grado di espletare le funzioni:

- resistenza ai carichi verticali, con elevata rigidità verticale;
- resistenza alle forze di inerzia orizzontali, con bassa rigidità orizzontale;
- dissipazione di energia;
- ricentraggio del sistema;
- vincolo laterale, sotto carichi orizzontali di servizio non sismici;

OBBLIGATORI

OPZIONALI

Dispositivi ausiliari

Funzioni

I dispositivi ausiliari espletano una o più delle seguenti funzioni:

- dissipazione di energia;
- ricentraggio del sistema;
- vincolo laterale,
sotto carichi orizzontali di servizio non sismici;

Pertanto, essi espletano le funzioni che non sono necessariamente svolte dai dispositivi di isolamento.

Sistemi di isolamento

Tipologie

Un sistema di isolamento può essere costituito:

- (i) Unicamente da isolatori elastomerici, eventualmente realizzati con elastomeri ad alta dissipazione o comprendenti inserti di materiali dissipativi (ad es. piombo);
- (ii) Unicamente da isolatori a scorrimento o rotolamento, che inglobano funzioni dissipative o ricentranti per la presenza di elementi capaci di svolgere tali funzioni;
- (iii) Da un'opportuna combinazione di isolatori e dispositivi ausiliari.

Dispositivi ausiliari

Classificazione

Dispositivi dipendenti
dallo spostamento

in cui la forza trasmessa dipende dallo
spostamento relativo delle sue estremità
(dissipatori isteretici , in lega a memoria
di forma, viscoelastici elastomerici)

Dispositivi dipendenti
dalla velocità

in cui la forza trasmessa dipende dalla
velocità relativa delle sue estremità
(dissipatori viscosi e viscosi ricentranti)

Dispositivi
di vincolo rigido

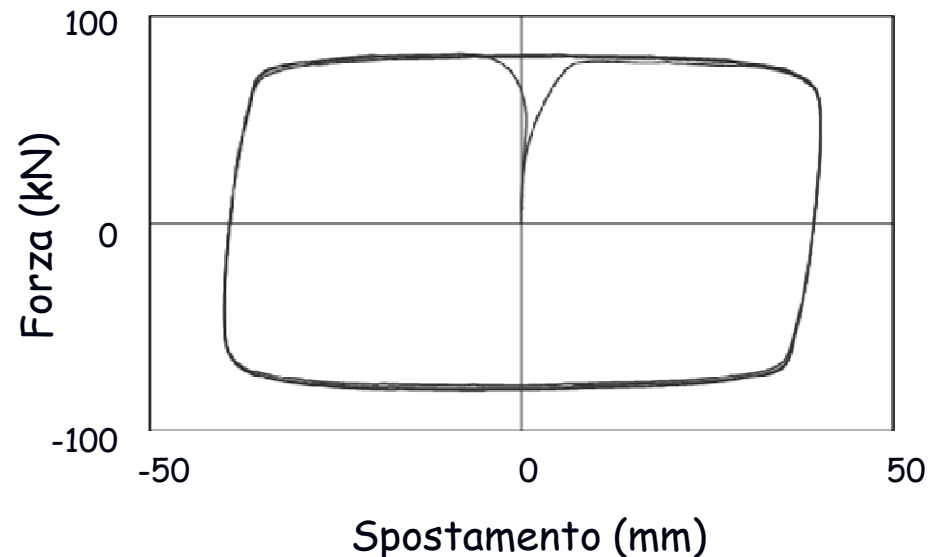
Dispositivi ausiliari

Classificazione

DISPOSITIVI DIPENDENTI DALLA VELOCITA'

VISCOSI

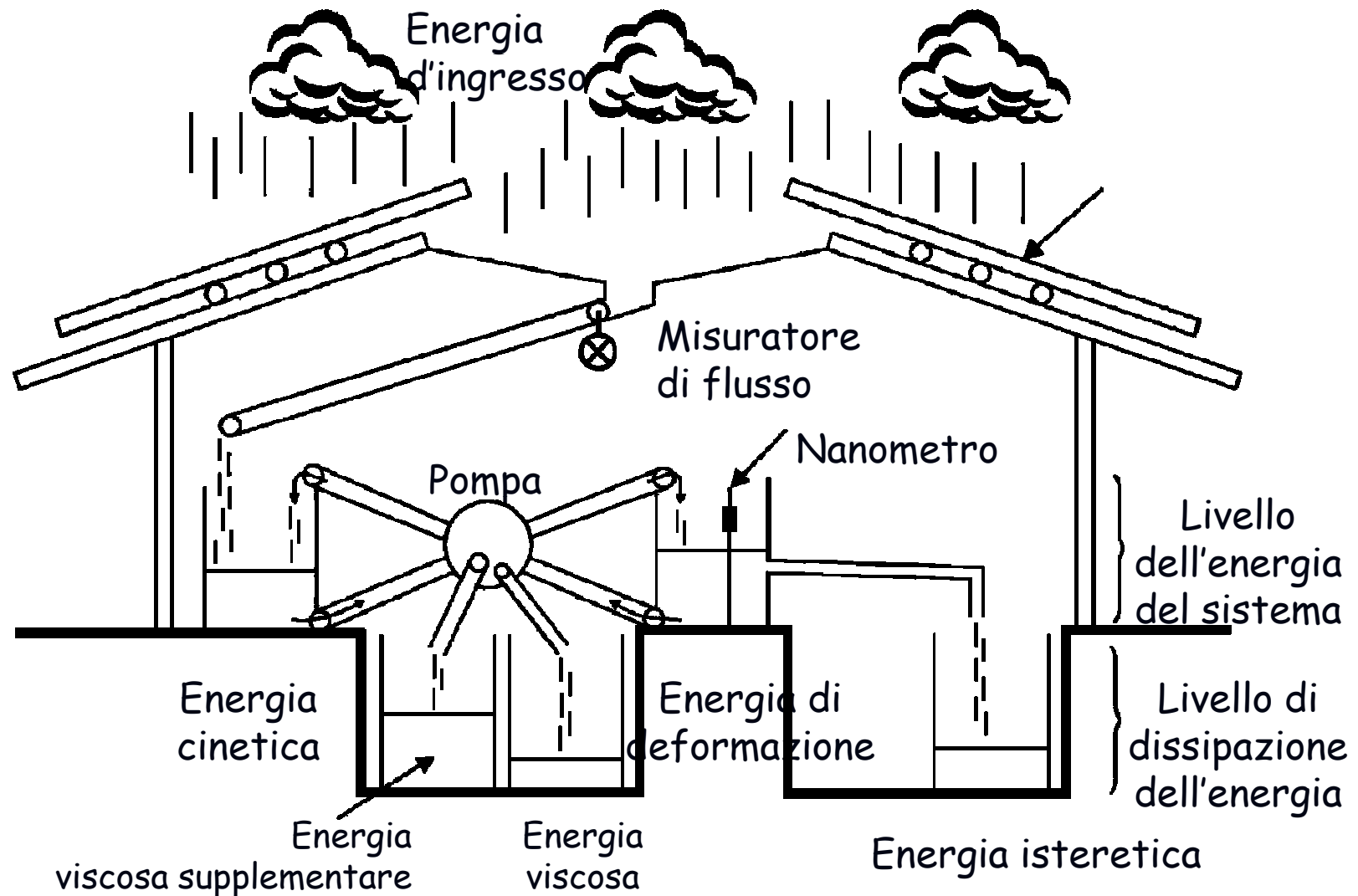
I dispositivi viscosi sono dispositivi cilindro/pistone in cui la laminazione di un fluido siliconico attraverso un idoneo circuito idraulico permette la dissipazione di energia.



Equazione di bilancio energetico

Rappresentazione pratica

Durante l'evento sismico



Dispositivi di dissipazione viscosa nonlineare

Nei dispositivi di dissipazione viscosa nonlineare la forza sviluppata dal dispositivo è legata alla velocità relativa tra gli estremi del dispositivo dalla seguente relazione:

$$F(t) = C_{NL} \operatorname{sgn}[\dot{x}(t)] |\dot{x}(t)|^{\alpha_{vd}}$$

La costante C_{NL} è detta costante di smorzamento viscoso nonlineare.

Nota !

Il coefficiente α_{vd} può essere uguale ad uno, inferiore ad uno o superiore ad uno.

Dispositivi di dissipazione viscosa nonlineare

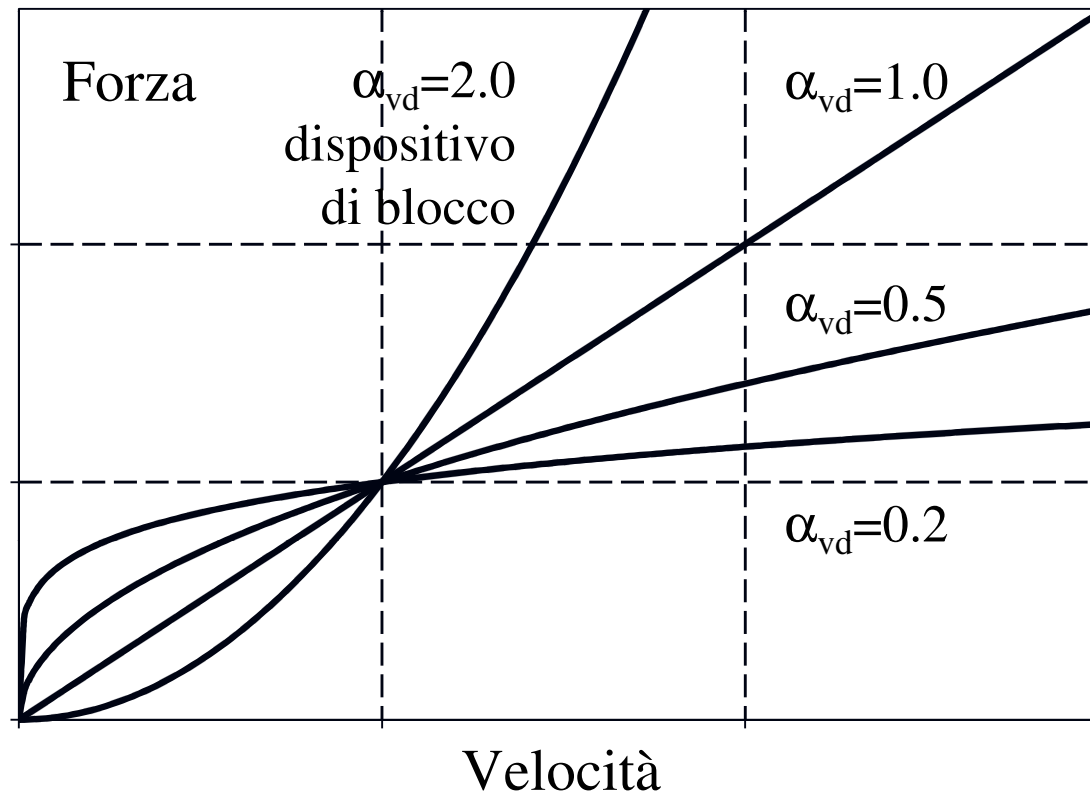


Diagramma Forza/velocità di dissipatori viscosi lineari e non lineari

Dispositivi di dissipazione viscosa nonlineare

Se si imprime un moto relativo di tipo sinusoidale agli estremi del dispositivo:

$$x(t) = X_0 \sin \omega t$$

la forza sviluppata dal dispositivo è:

$$F(t) = C_{NL} \operatorname{sgn}(\cos \omega t) |\omega X_0 \cos \omega t|^{\alpha_{vd}}$$



ovvero,

ricordando che $\cos \omega t = \pm \sqrt{1 - \sin^2 \omega t}$

$$\frac{F(t)}{C_{NL} (X_0 \omega)^{\alpha_d}} = \pm \left\{ 1 - \left[\frac{x(t)}{X_0} \right]^2 \right\}^{\frac{\alpha_{vd}}{2}}$$

Dispositivi di dissipazione viscosa nonlineare

L'energia dissipata dal dissipatore viscoso lineare in un ciclo di spostamento è pari a :

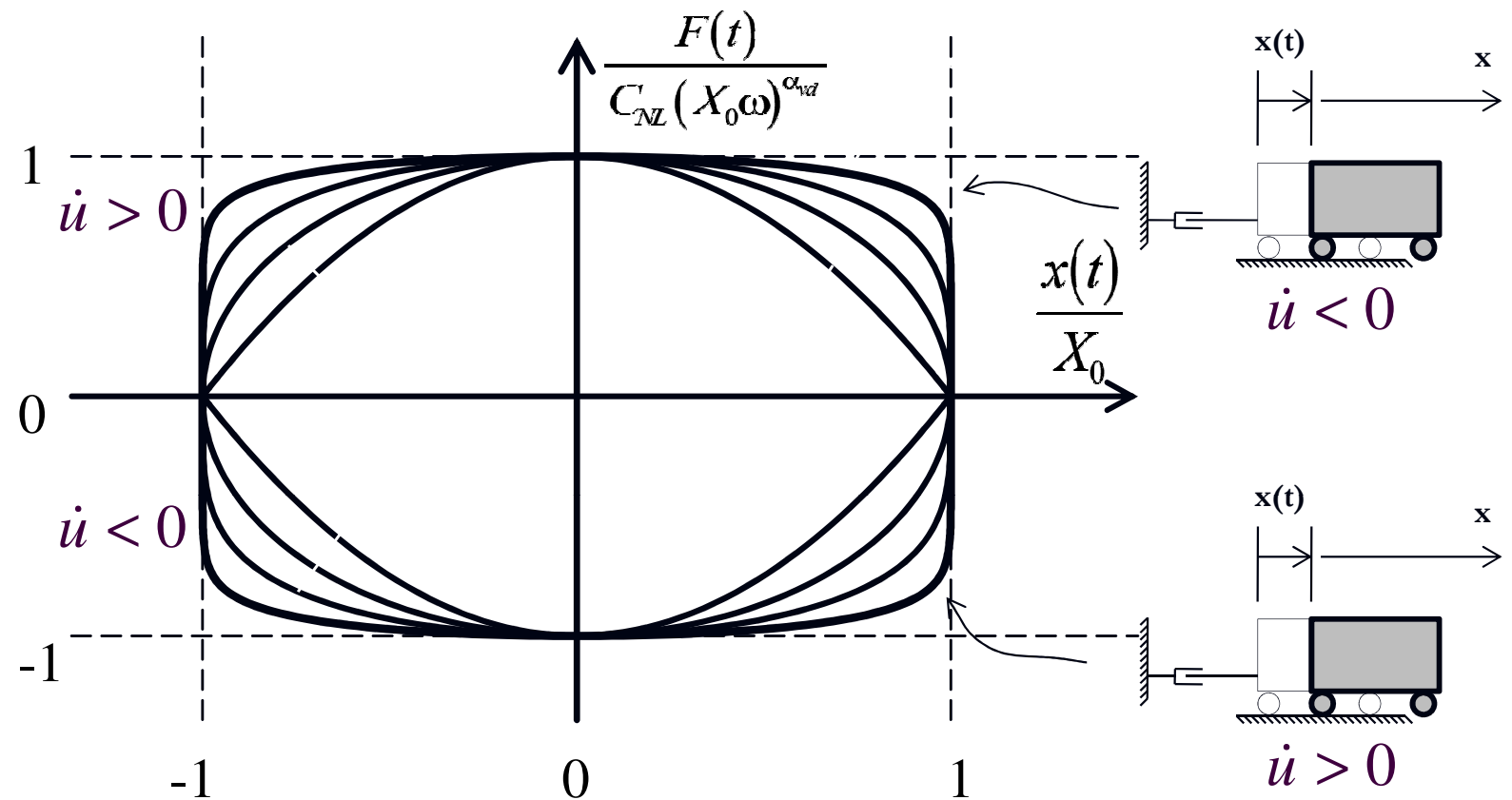
$$E_{vd} = \int_0^{2\pi/\omega} F(t) \dot{x}(t) dt = 4C_{NL} \left(X_0 \omega \right)^{\alpha_{vd}+1} \int_0^{\pi/2\omega} \cos^{\alpha_{vd}+1} \omega t dt$$



ovvero :

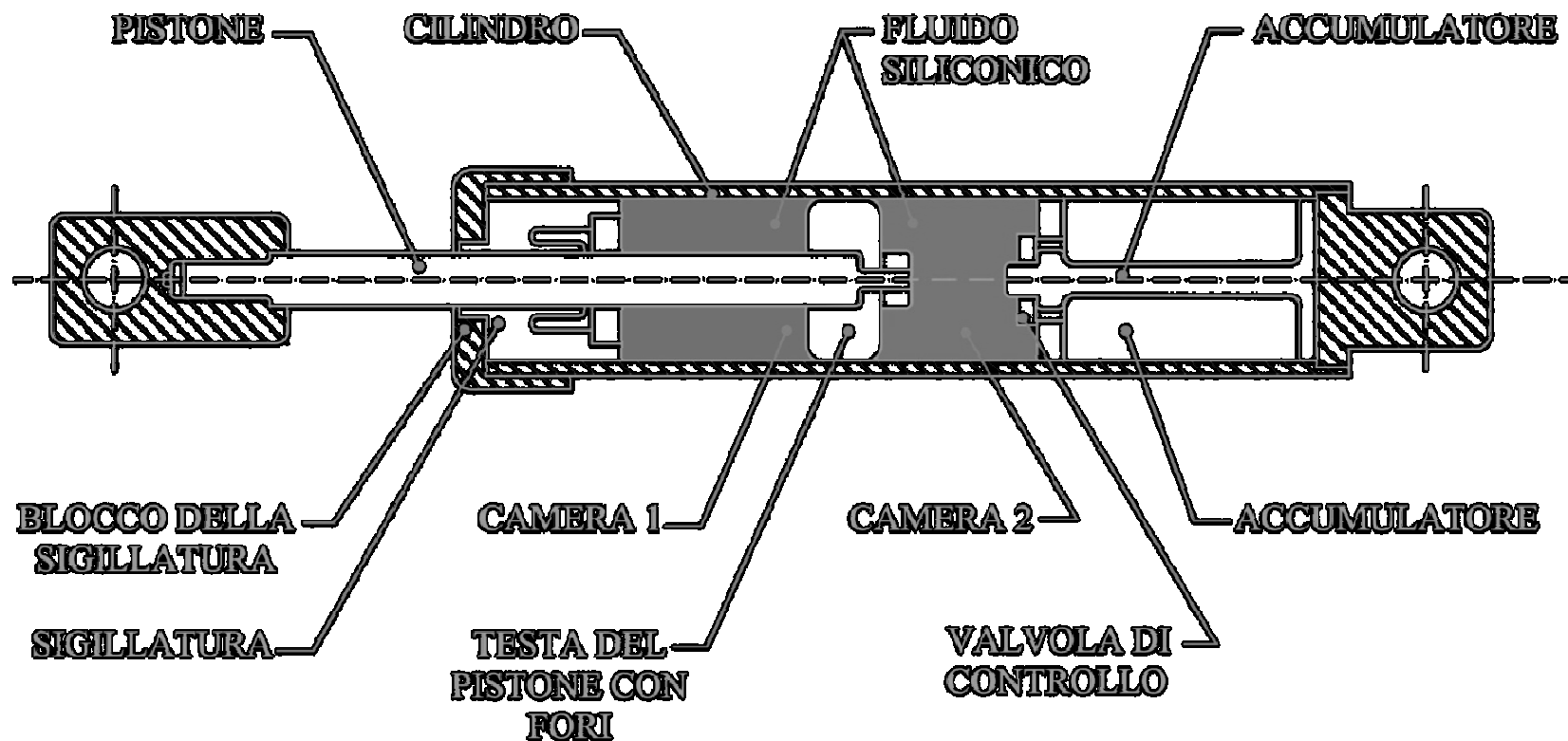
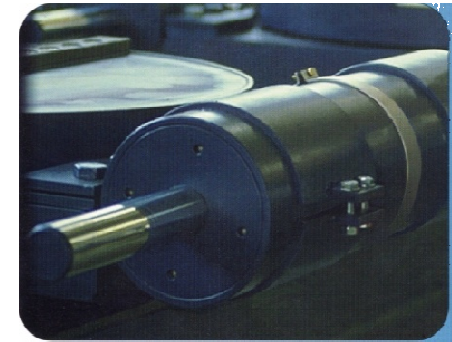
$$E_{vd} = 2\sqrt{\pi} C_{NL} \left(X_0 \right)^{\alpha_{vd}+1} \omega^{\alpha_{vd}} \frac{\Gamma(1 + \alpha_{vd}/2)}{\Gamma(1.5 + \alpha_{vd}/2)}$$

Dispositivi di dissipazione viscosa lineare e nonlineare



Dispositivi di dissipazione fluidodinamici

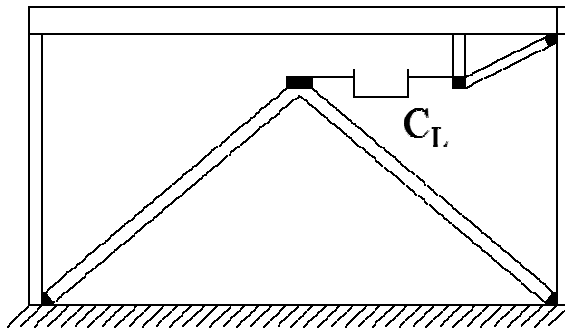
Schema generale



Dispositivi di dissipazione viscosa

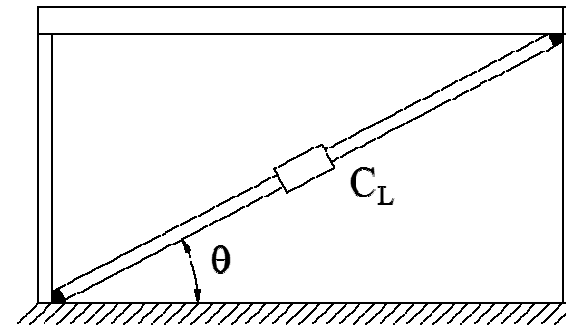
Posizionamento

$$f = 1$$



Posizione
orizzontale

$$f = \cos \theta$$



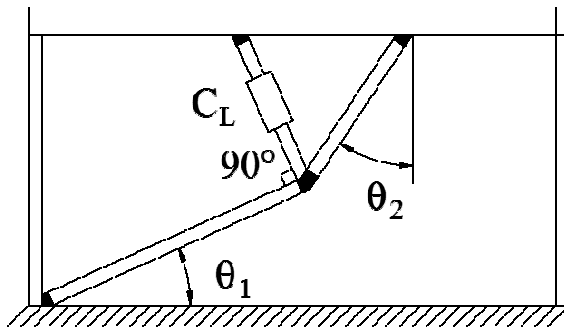
Posizione
diagonale

$$\xi = \frac{C_L f^2 g T}{4\pi W}$$

Dispositivi di dissipazione viscosa

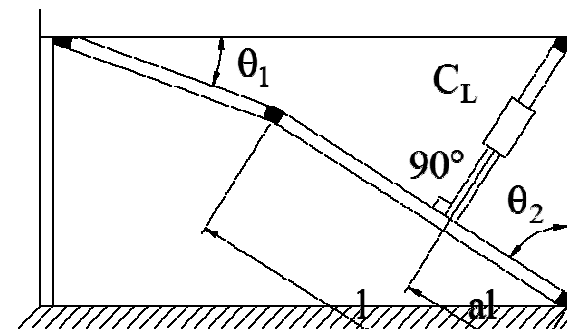
Posizionamento

$$f = \frac{\sin \theta_2}{\cos(\theta_1 + \theta_2)} + \sin \theta_1$$

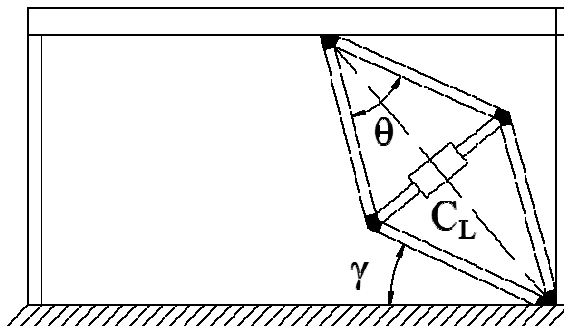


Ginocchio superiore

$$f = \frac{a \cos \theta_1}{\cos(\theta_1 + \theta_2)} - \cos \theta_2$$



Ginocchio inverso

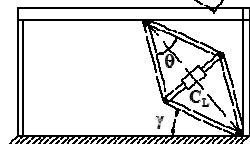
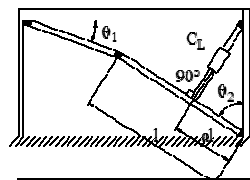
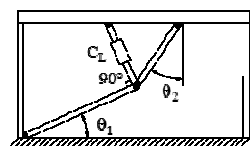
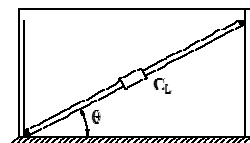
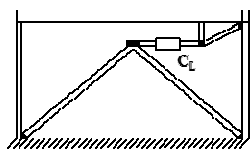


$$f = \frac{\cos \gamma}{\tan \theta}$$

Scissor-jack

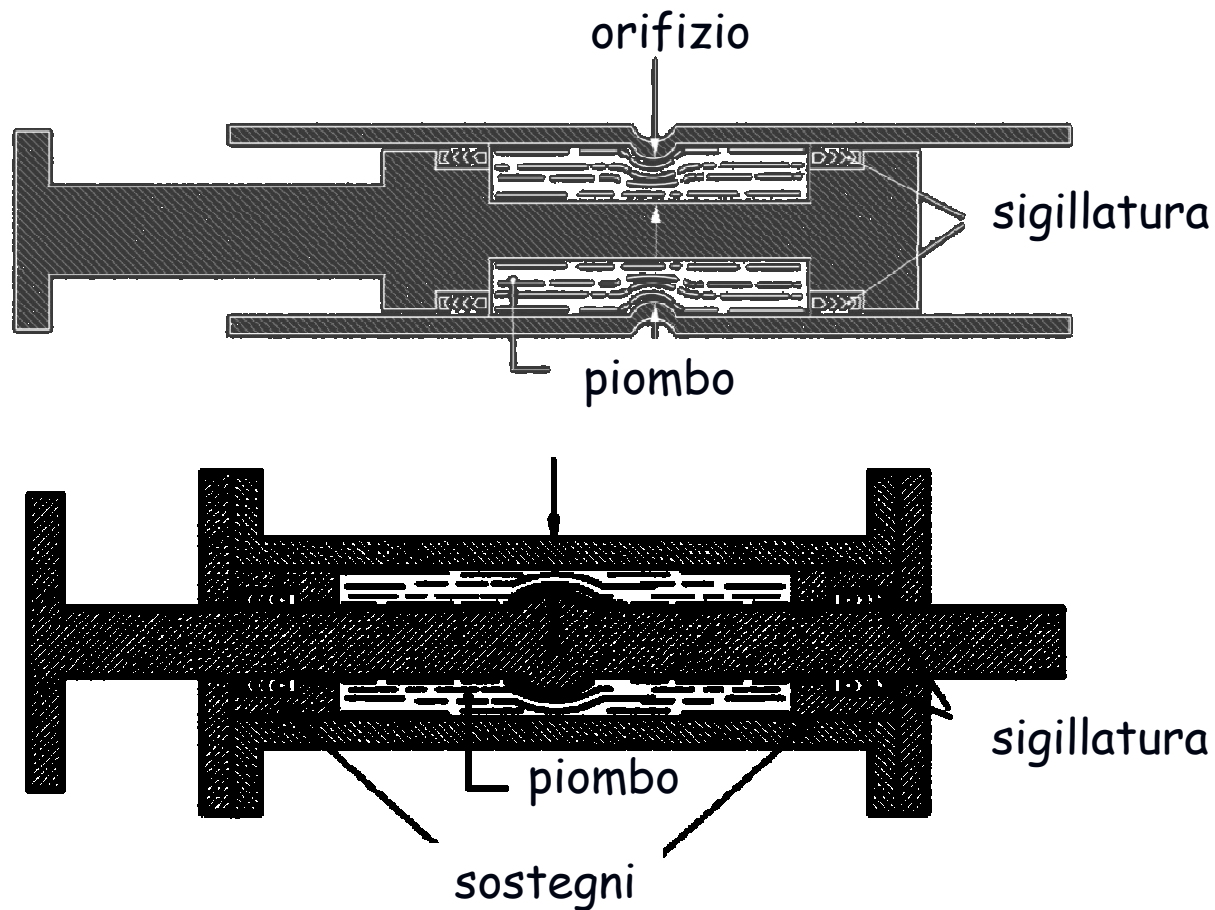
Dispositivi di dissipazione viscosa

Posizionamento



Configurazione	Parametri geometrici	f	ξ
Orizzontale	-	1.00	0.05
Diagonale	$\theta=37^\circ$	0.80	0.03
Ginocchio superiore	$\theta_1=31.9, \theta_2=43.2^\circ$	3.19	0.51
Ginocchio inverso	$\theta_1=30^\circ, \theta_2=49^\circ, a=0.7$	2.52	0.32
Scissor-jack	$\theta=9^\circ, \gamma=70^\circ$	2.16	0.23

Dispositivi di dissipazione ad estrusione di piombo



Dissipatore ad estrusione di piombo

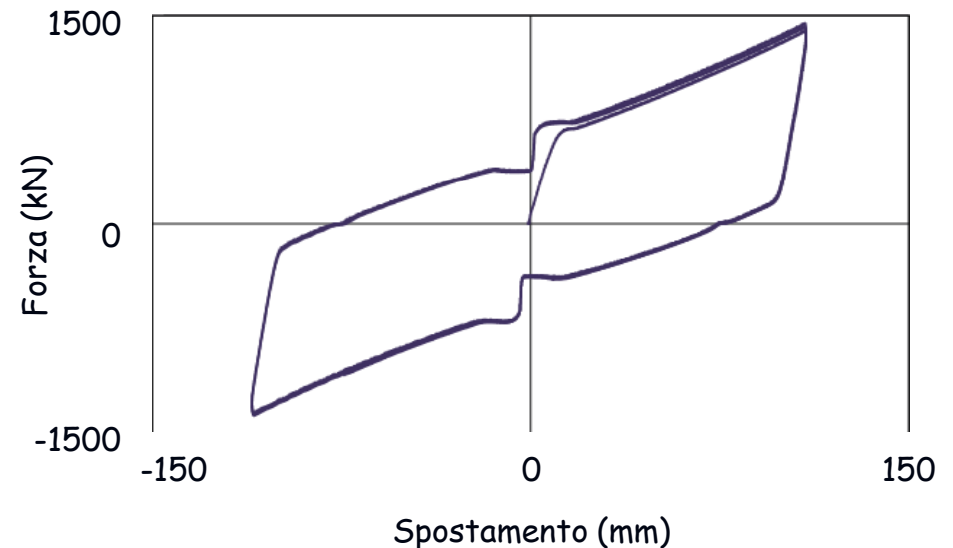
Dispositivi ausiliari

Classificazione

DISPOSITIVI DIPENDENTI DALLA VELOCITA'

VISCOSI RICENTRANTI

I dispositivi viscosi ricentranti sono dispositivi cilindro/pistone caratterizzati da un legame costitutivo in cui la forza di reazione dipende sia dalla velocità che dallo spostamento



Dispositivi ausiliari

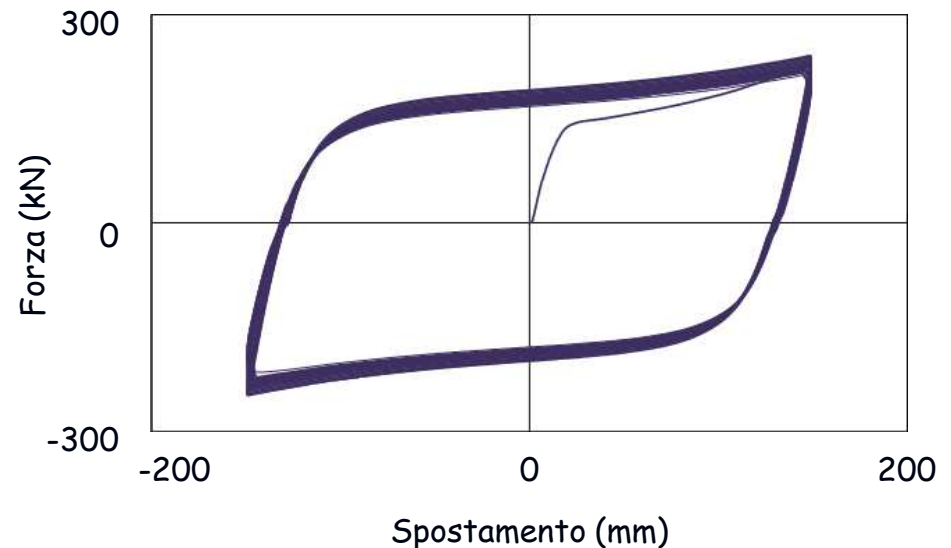
Classificazione

DISPOSITIVI DIPENDENTI DALLO SPOSTAMENTO

NON-LINEARI

ISTERETICI

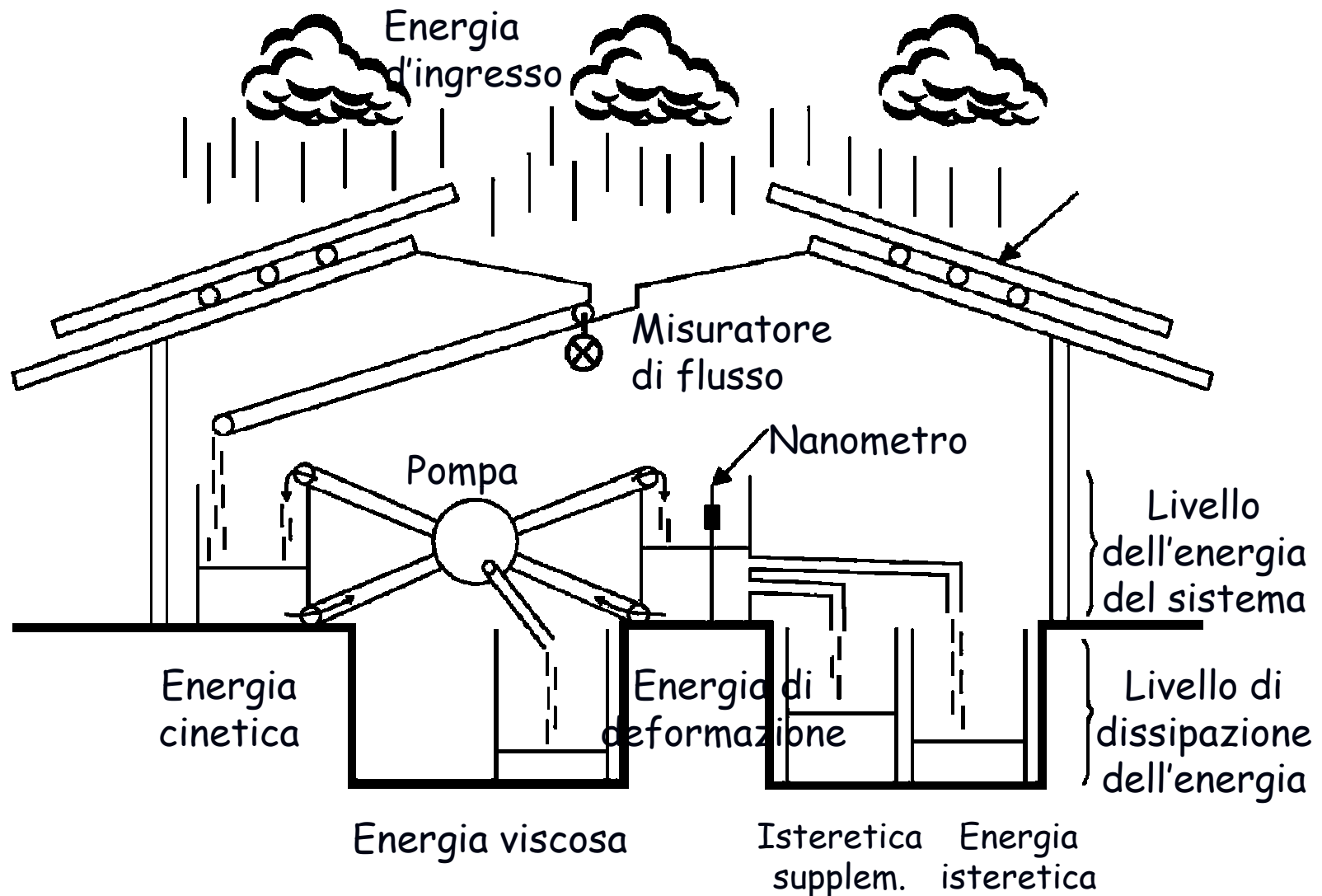
I dissipatori isteretici in acciaio sfruttano la plasticizzazione di elementi in acciaio di forma opportuna, progettata per garantire un comportamento ciclico stabile.



Equazione di bilancio energetico

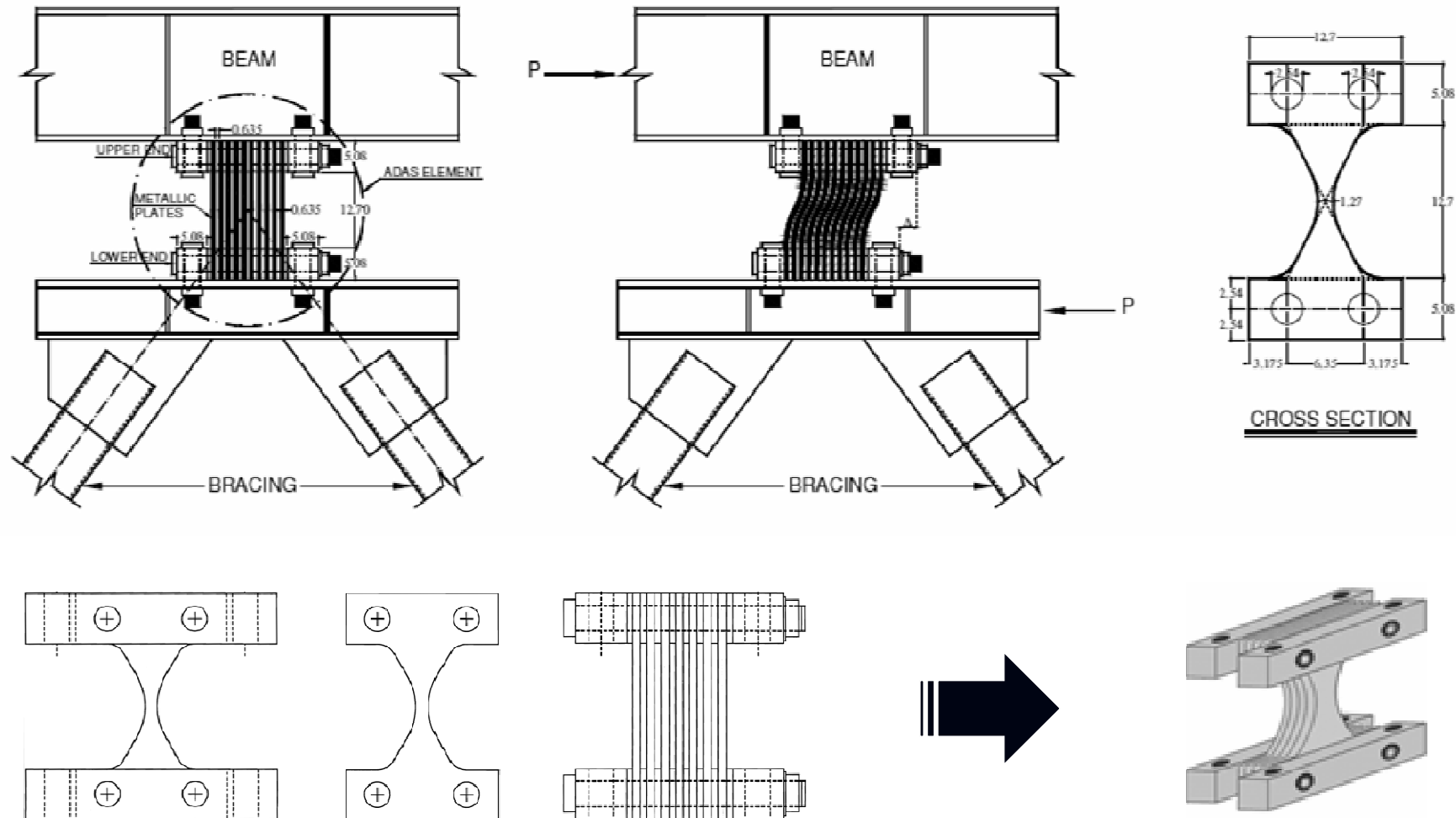
Rappresentazione pratica

Durante l'evento sismico



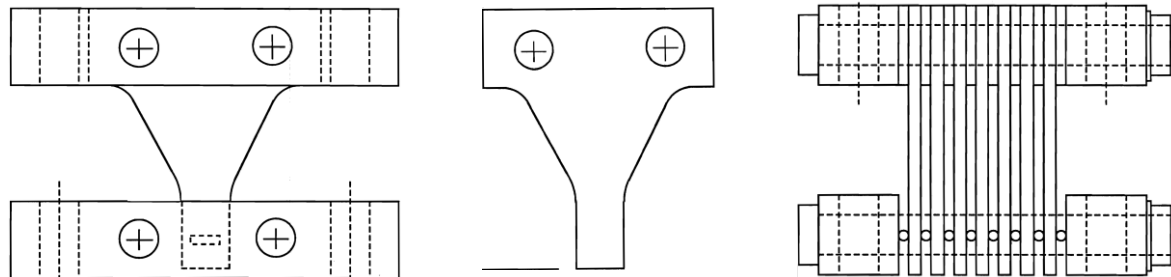
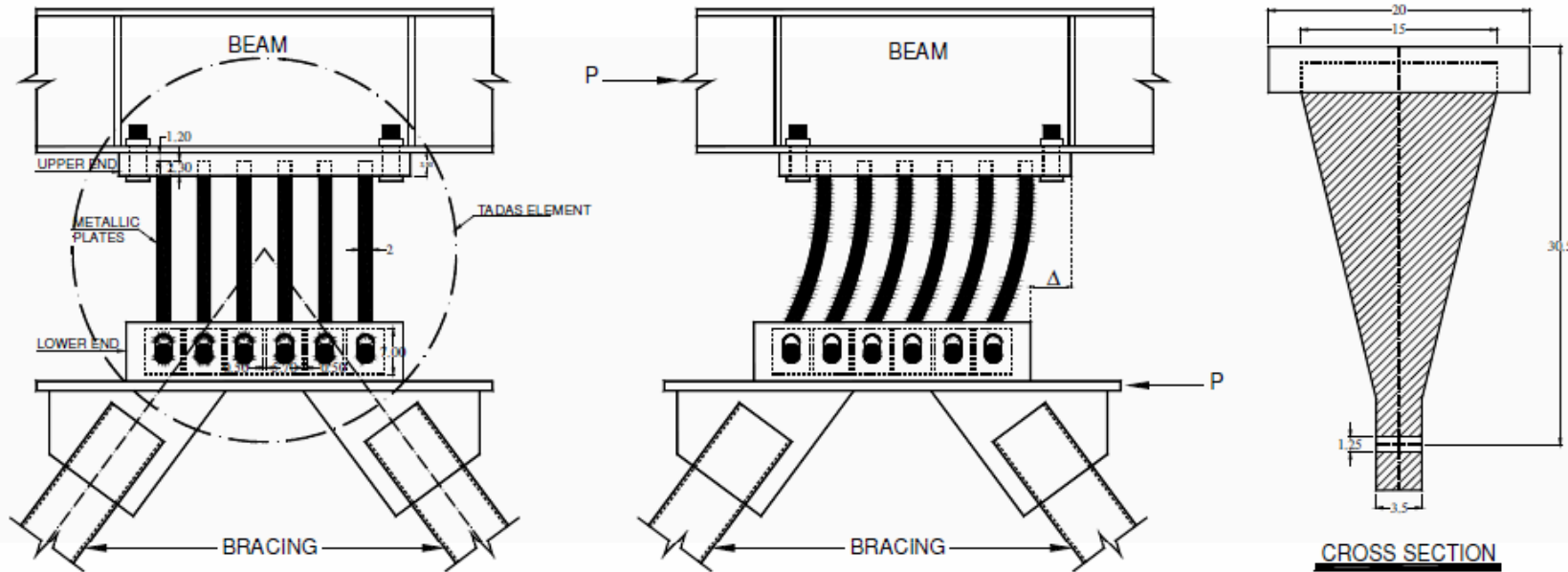
Dispositivi di dissipazione isteretica

Dissipatori ADAS



Dispositivi di dissipazione isteretica

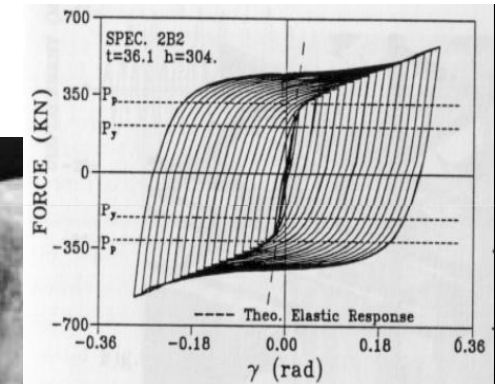
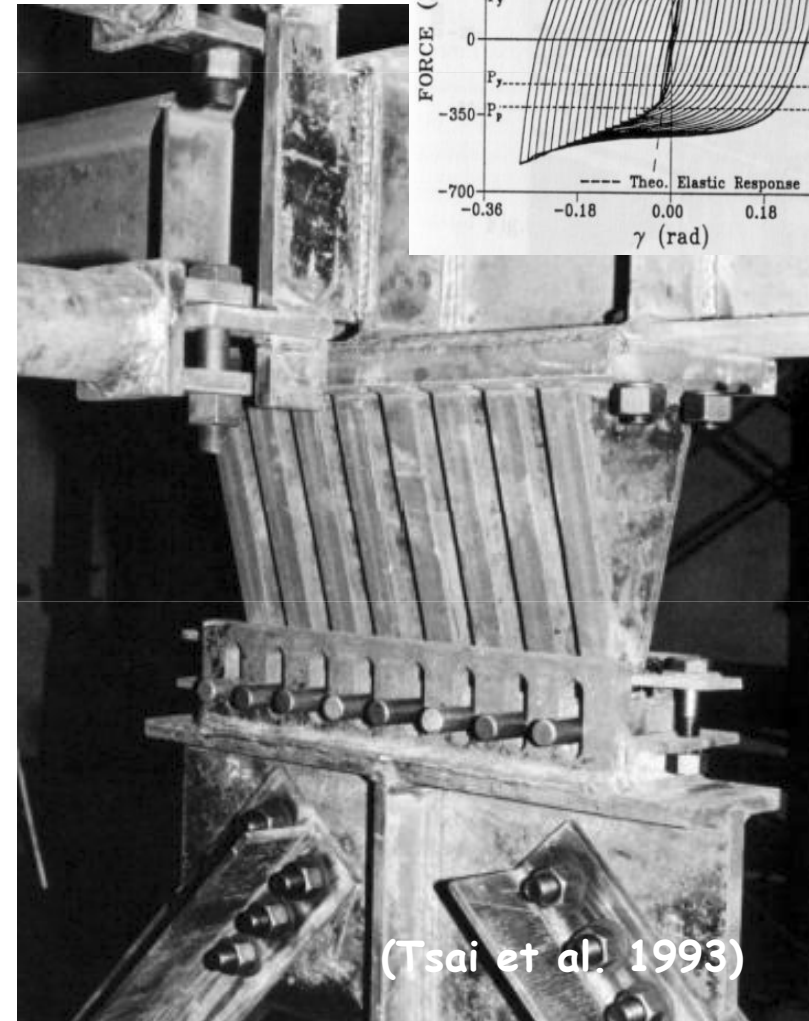
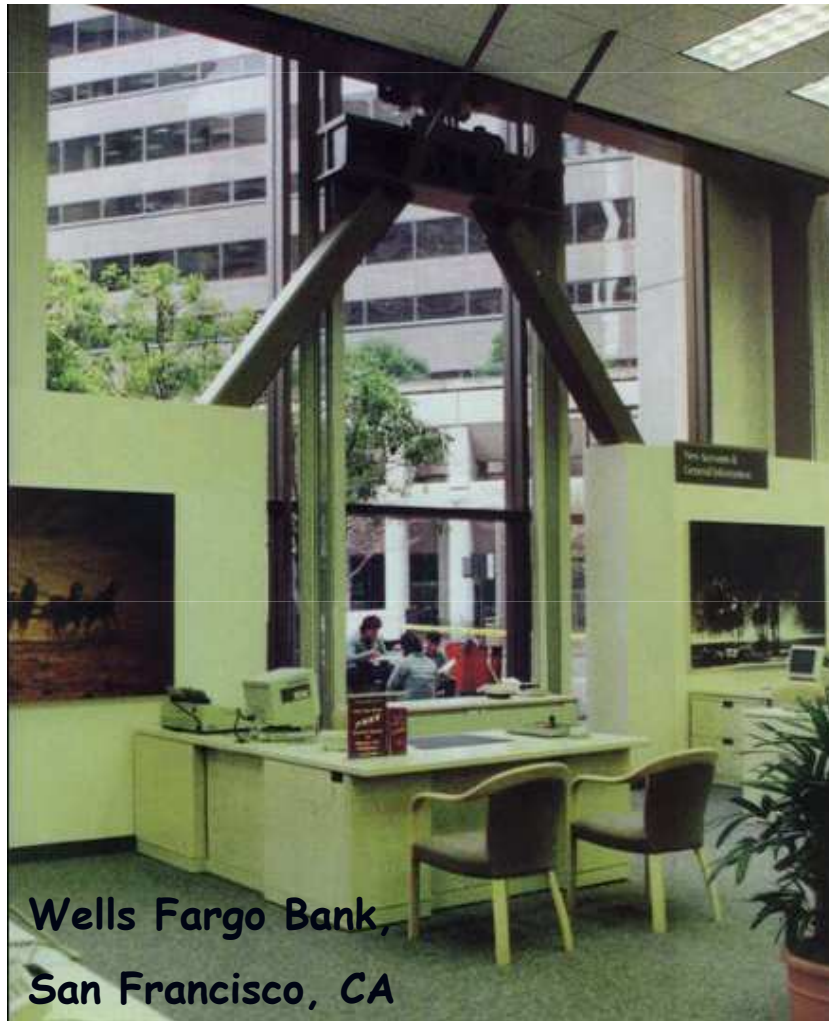
Dissipatori TADAS



Dissipatori isteretici TADAS

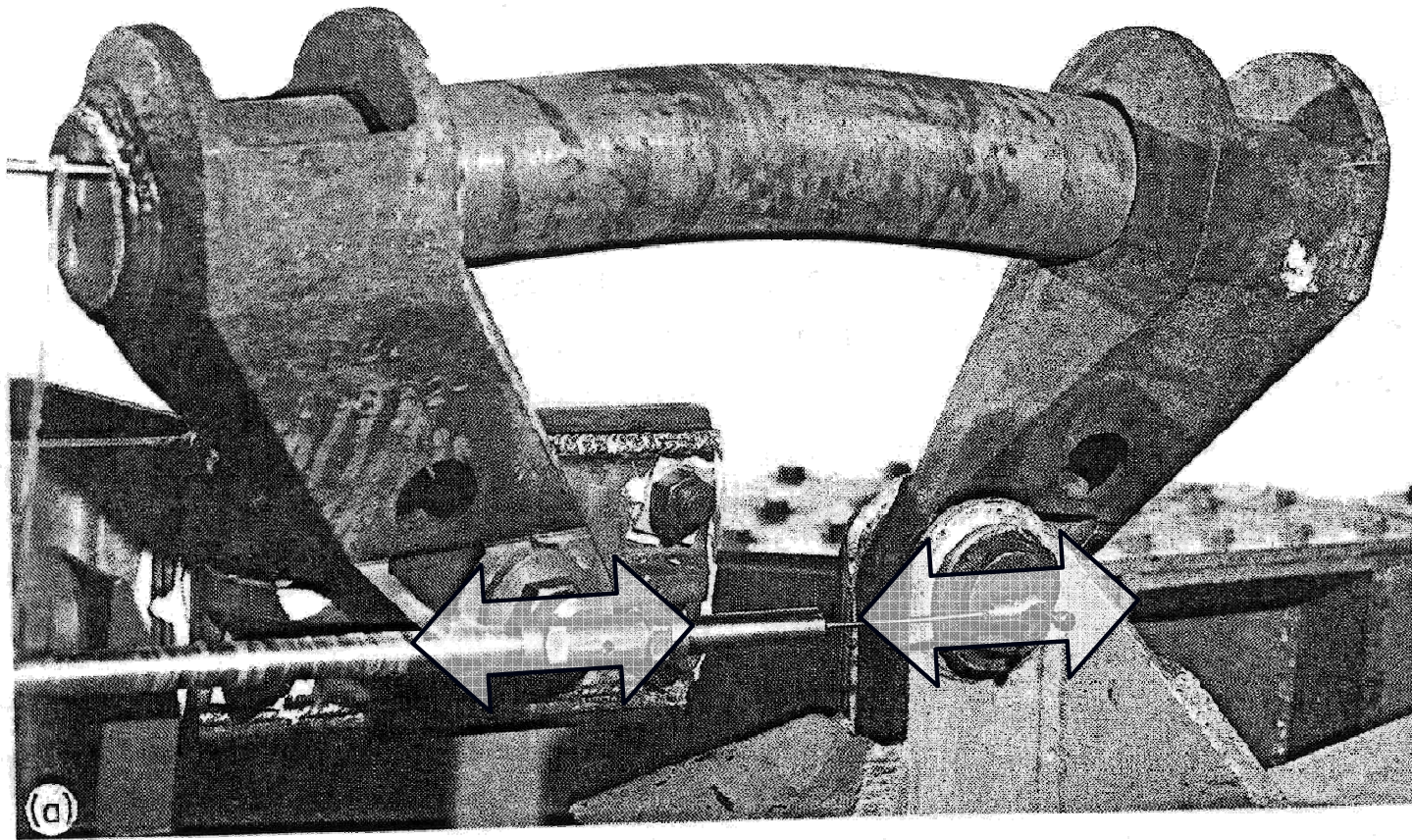
Dispositivi di dissipazione isteretica

Dissipatori ADAS-TADAS



Dispositivi di dissipazione isteretica

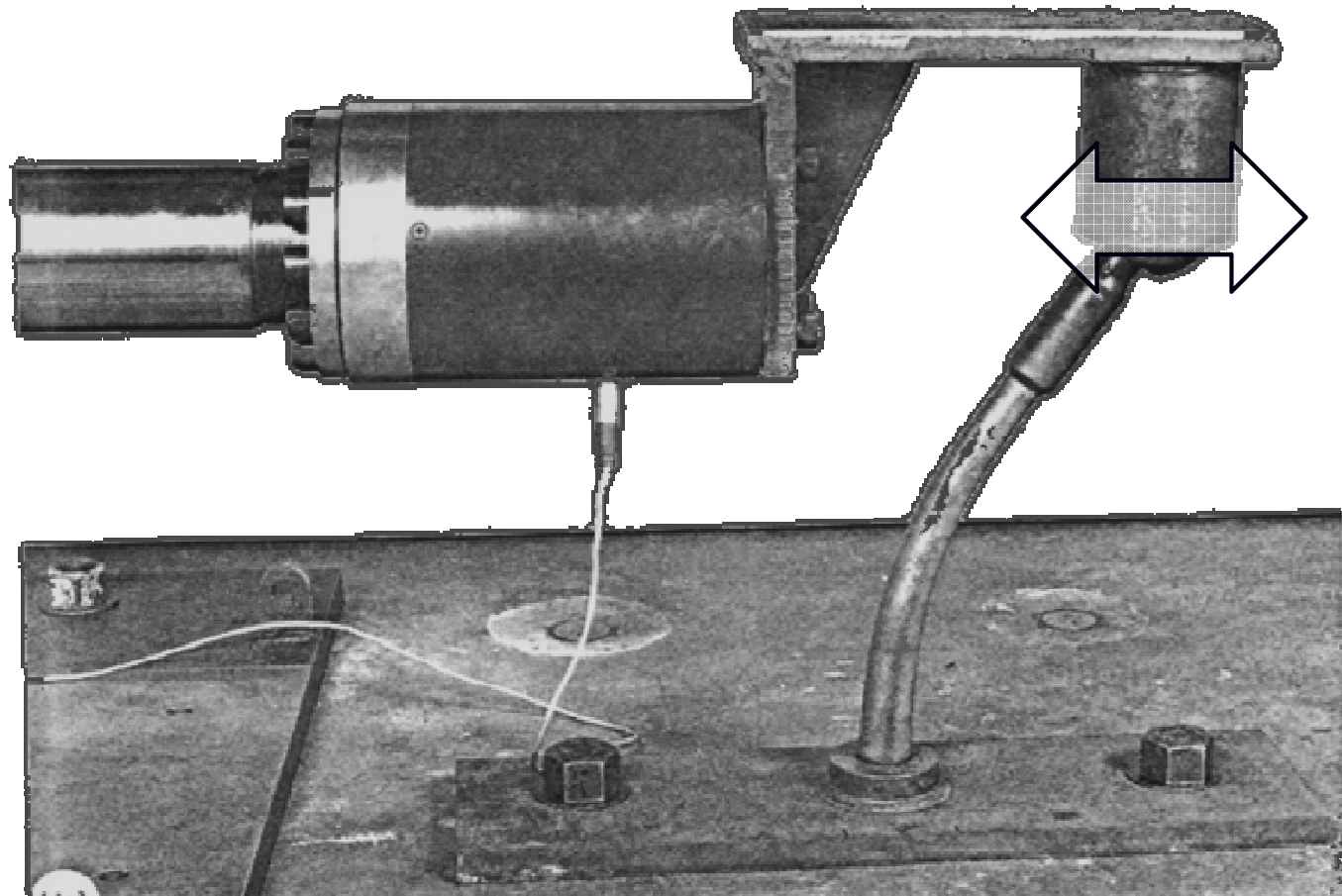
Dissipatore a momento flettente uniforme (Tipo U)



Dissipatore isteretico a momento flettente uniforme

Dispositivi di dissipazione isteretica

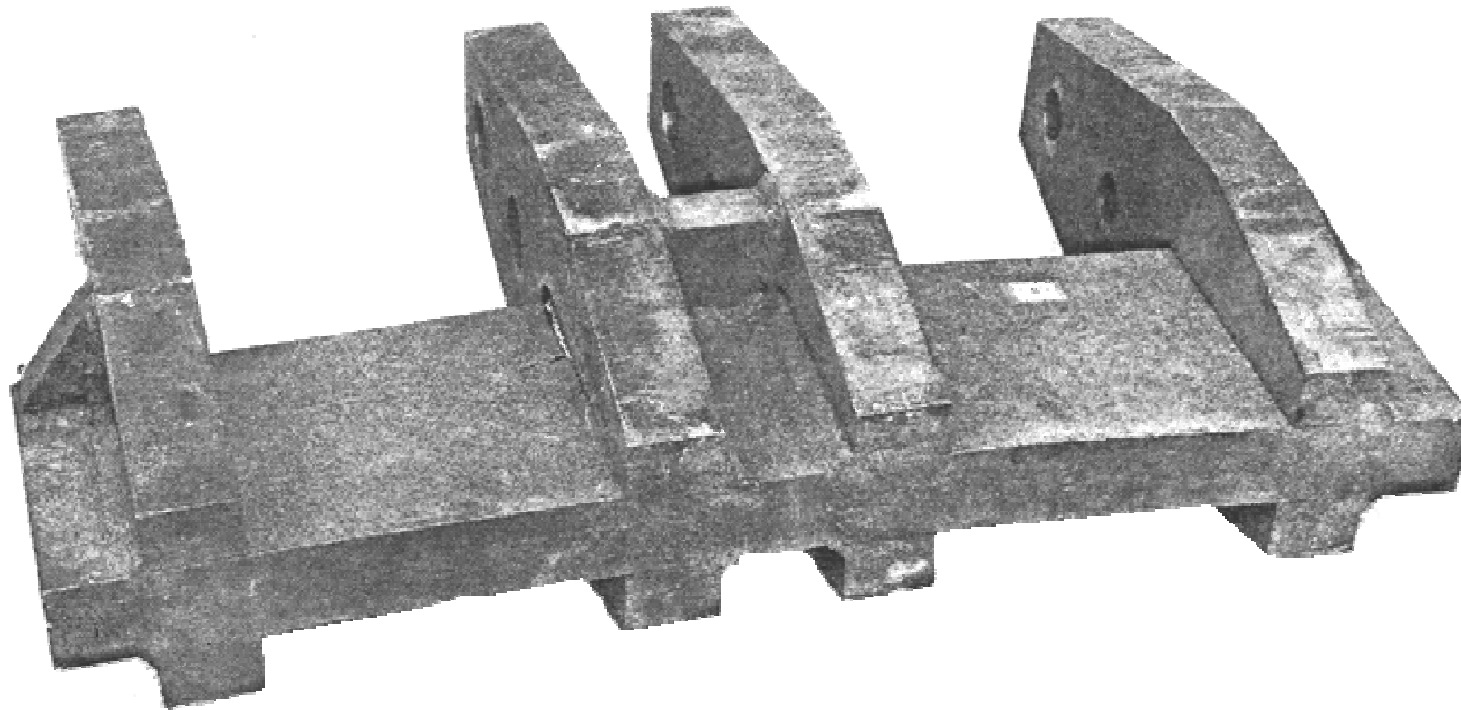
Dissipatore a momento flettente variabile (Tipo T)



Dissipatore isteretico a momento flettente variabile

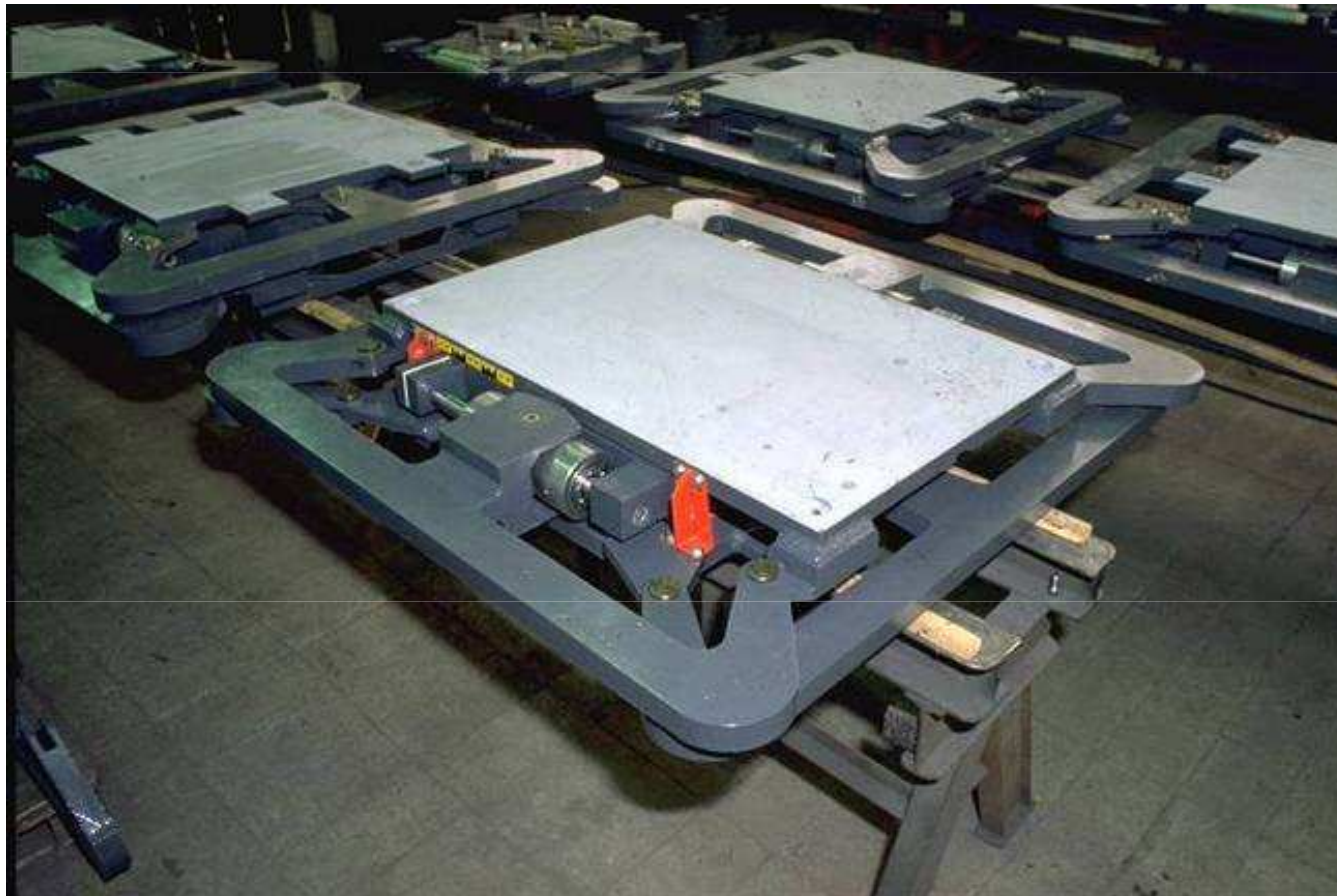
Dispositivi di dissipazione isteretica

Dissipatore a torsione (Tipo E)



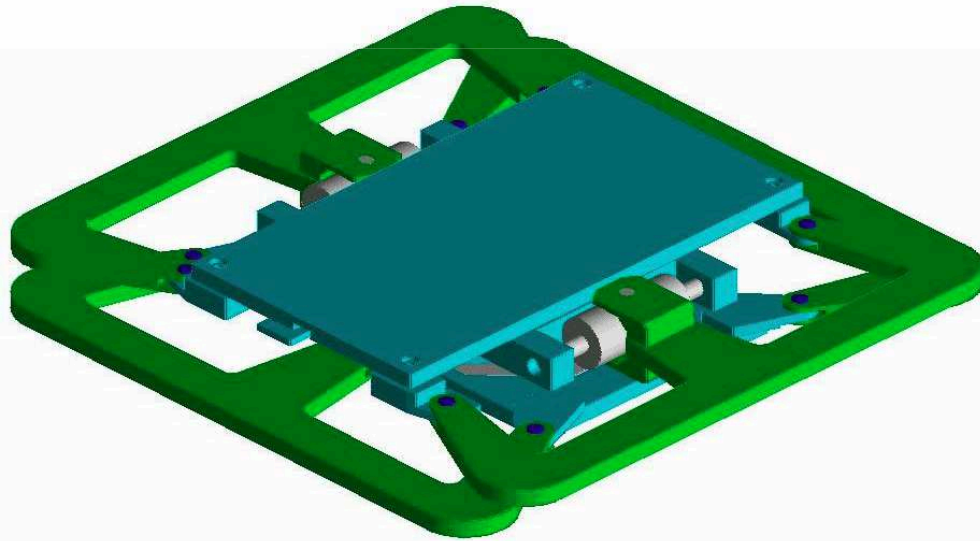
Dissipatore isteretico a torsione

Dispositivi di dissipazione isteretica

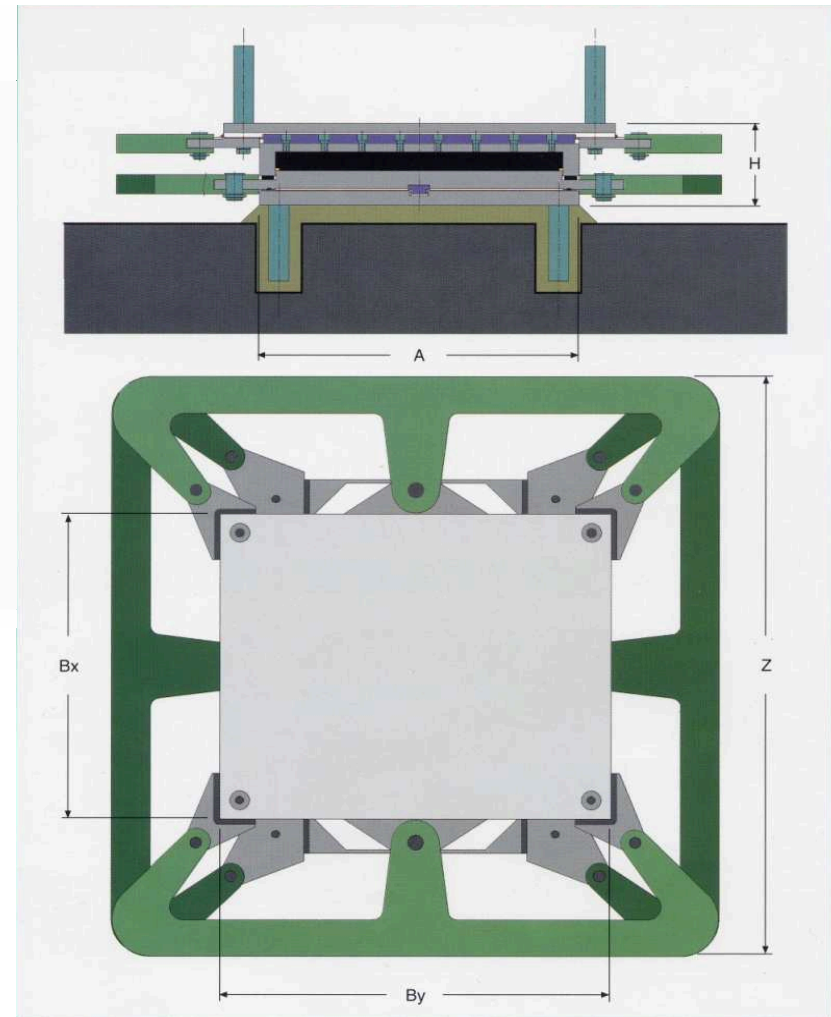


Dissipatore isteretico (tipo E)

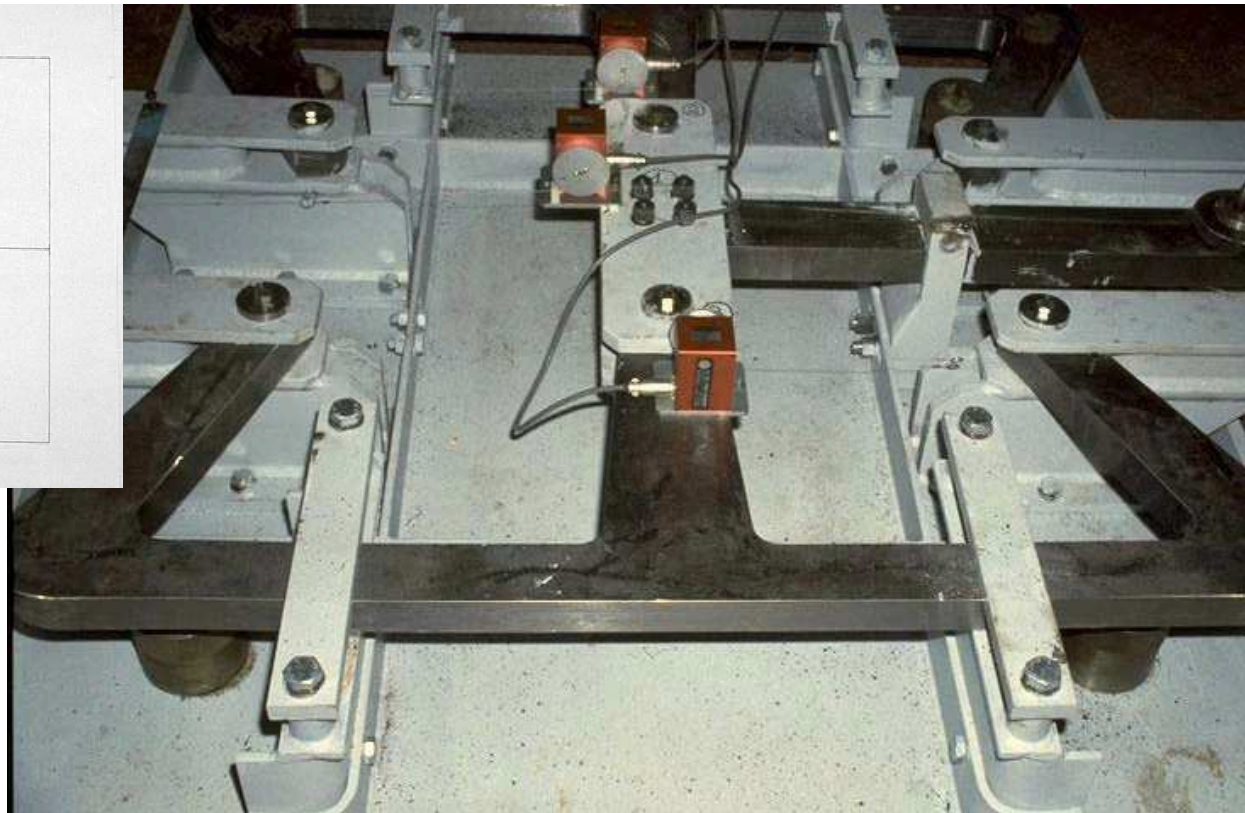
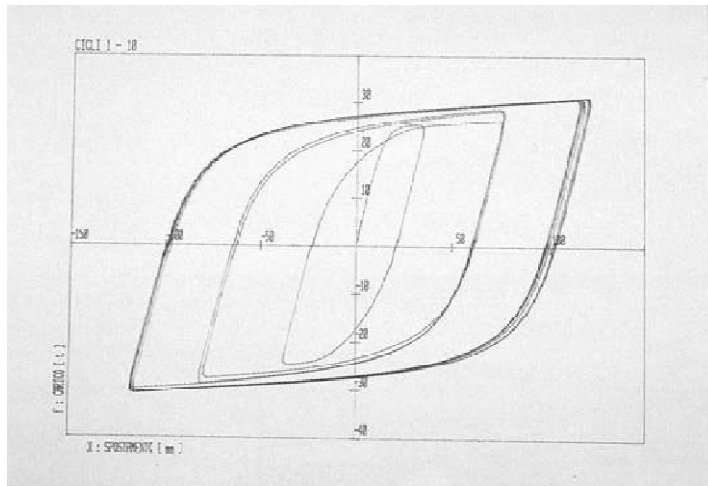
Dispositivi di dissipazione isteretica



Dissipatore isteretico (tipo E)



Dispositivi di dissipazione isteretica



Dissipatore isteretico (tipo E)

Dispositivi di dissipazione isteretica



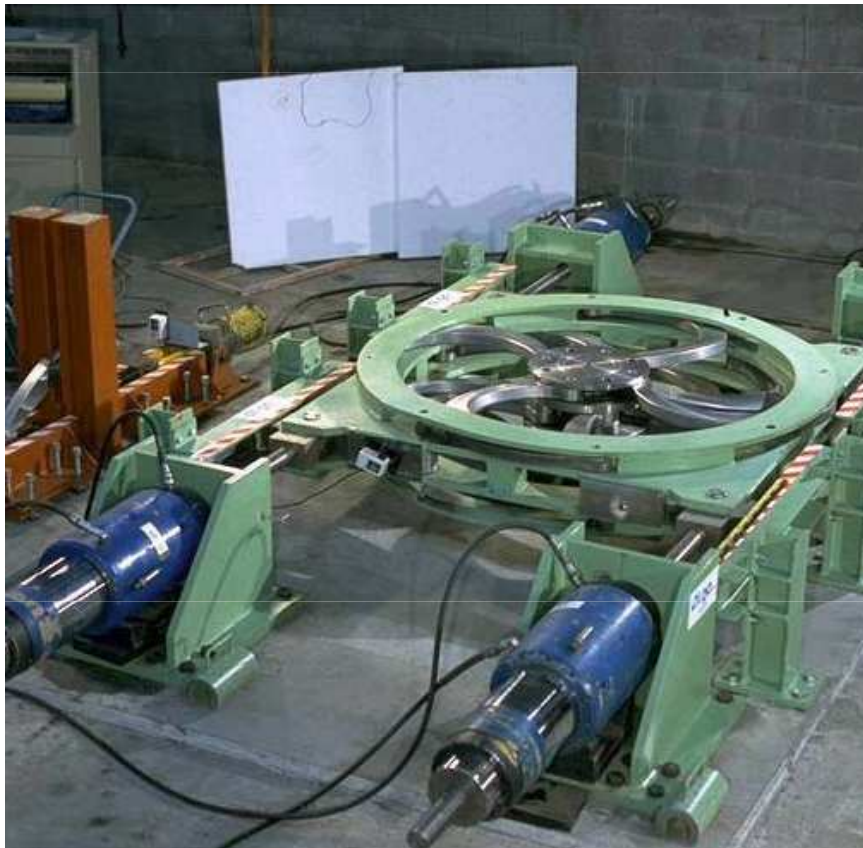
Dissipatore isteretico (tipo E)

Dispositivi di dissipazione isteretica



Dissipatore isteretico (tipo C)

Dispositivi di dissipazione isteretica



Dissipatore isteretico (tipo C)



Dispositivi ausiliari

Classificazione

DISPOSITIVI DIPENDENTI DALLO SPOSTAMENTO

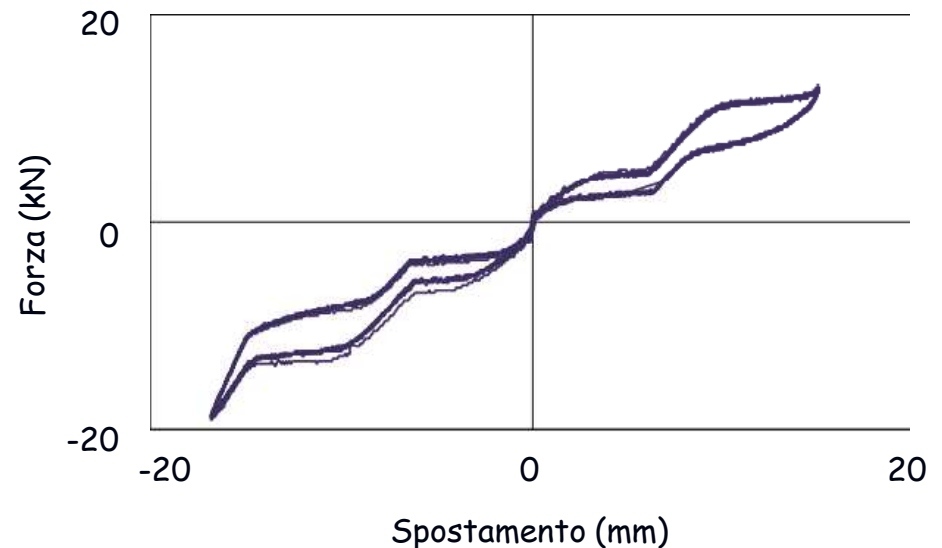
NON-LINEARI

MEMORIA DI FORMA

I dispositivi in lega a memoria di forma sono dispositivi che sfruttano le proprietà superelastiche delle leghe a memoria di forma.

La curva forza-spostamento, caratterizzata da plateaux, consente di limitare la forza trasmessa alla struttura .

Tali dispositivi possiedono anche un'elevata capacità ricentrante.



Dispositivi ausiliari

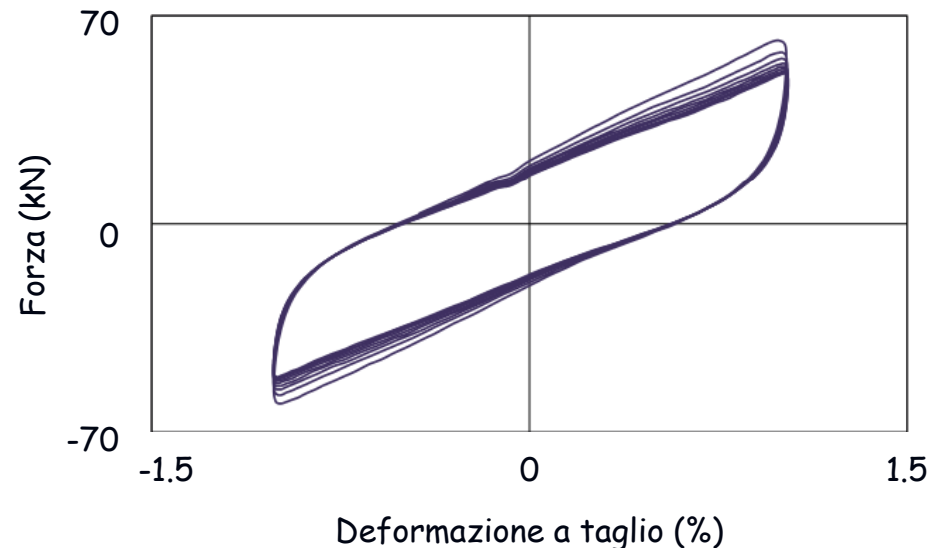
Classificazione

DISPOSITIVI DIPENDENTI DALLO SPOSTAMENTO

LINEARI

VISCOELASTICI

I dispositivi viscoelastici elastomerici sono costituiti da uno o più strati in mescola elastomerica ad alto smorzamento. Solitamente sono utilizzati come componenti di controventi dissipativi in edifici intelaiati. Possono essere disposti sia sul piano verticale che orizzontale.



Dispositivi viscoelastici

Comportamento

Equilibrio

$$\tau_E(t) + \tau_c(t) = \tau_s(t)$$

Compatibilità

$$\gamma_E(t) + \gamma_c(t) = \gamma_s(t)$$

$$\dot{\gamma}_E(t) + \dot{\gamma}_c(t) = \dot{\gamma}_s(t)$$

$$\frac{\dot{\tau}_E(t)}{G_E} + \frac{\tau_c(t)}{G_C} = \dot{\gamma}_s(t)$$

ovvero

$$\tau_E(t) = G_E \gamma_s(t)$$

$$\tau_c(t) = G_C \dot{\gamma}_s(t)$$



$$\tau_s(t) = G_E \gamma_s(t) + G_C \dot{\gamma}_s(t)$$

$$F(t) = \bar{k} x(t) + \bar{c} \dot{x}(t)$$

Dispositivi di dissipazione viscosa lineare

Se si imprime un moto relativo di tipo sinusoidale agli estremi del dispositivo:

$$x(t) = X_0 \sin \omega t$$

la forza sviluppata dal dispositivo è:

$$F(t) = \bar{k} X_0 \sin \omega t + \bar{c} X_0 \omega \cos \omega t$$



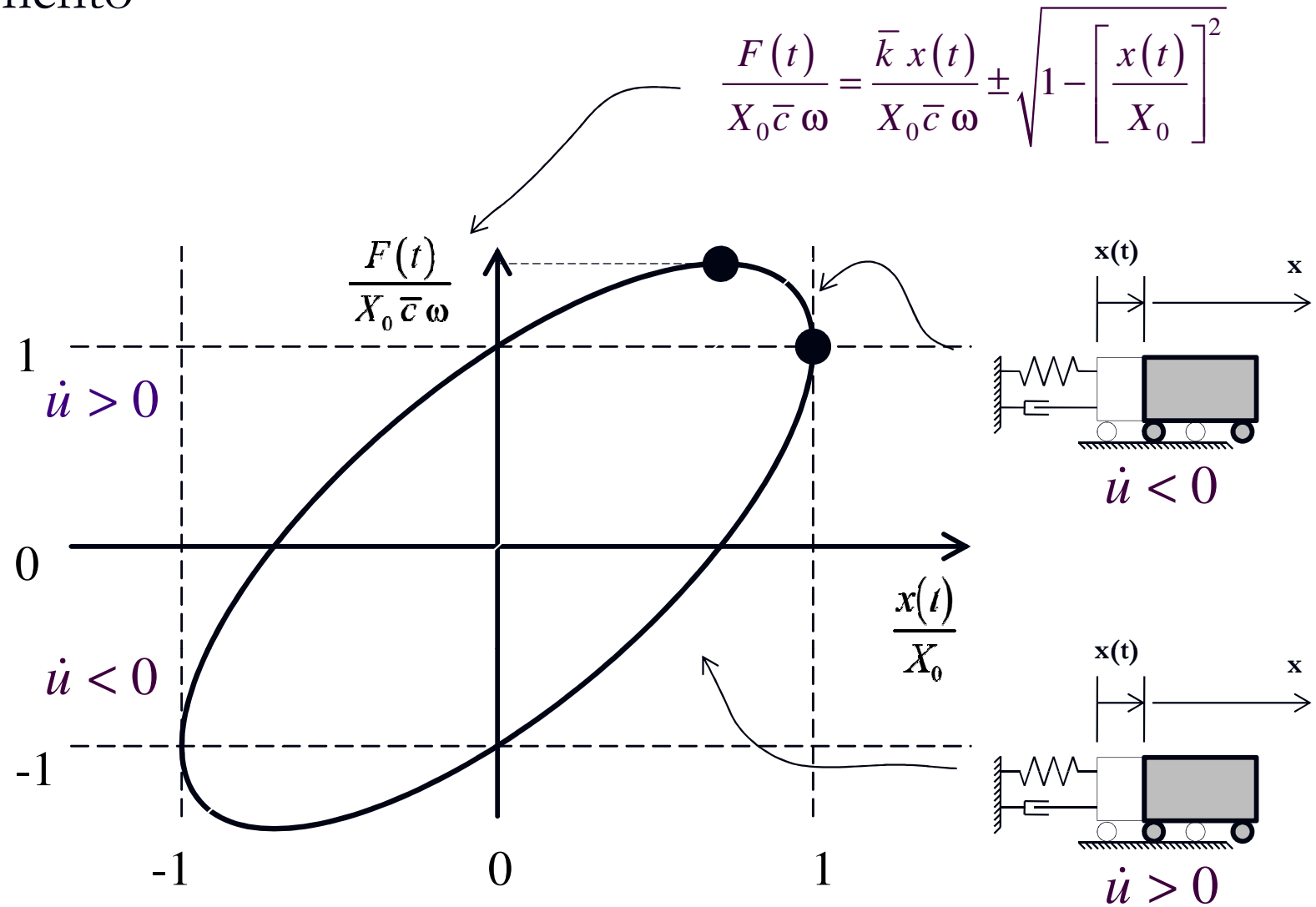
ovvero,

ricordando che $\cos \omega t = \pm \sqrt{1 - \sin^2 \omega t}$

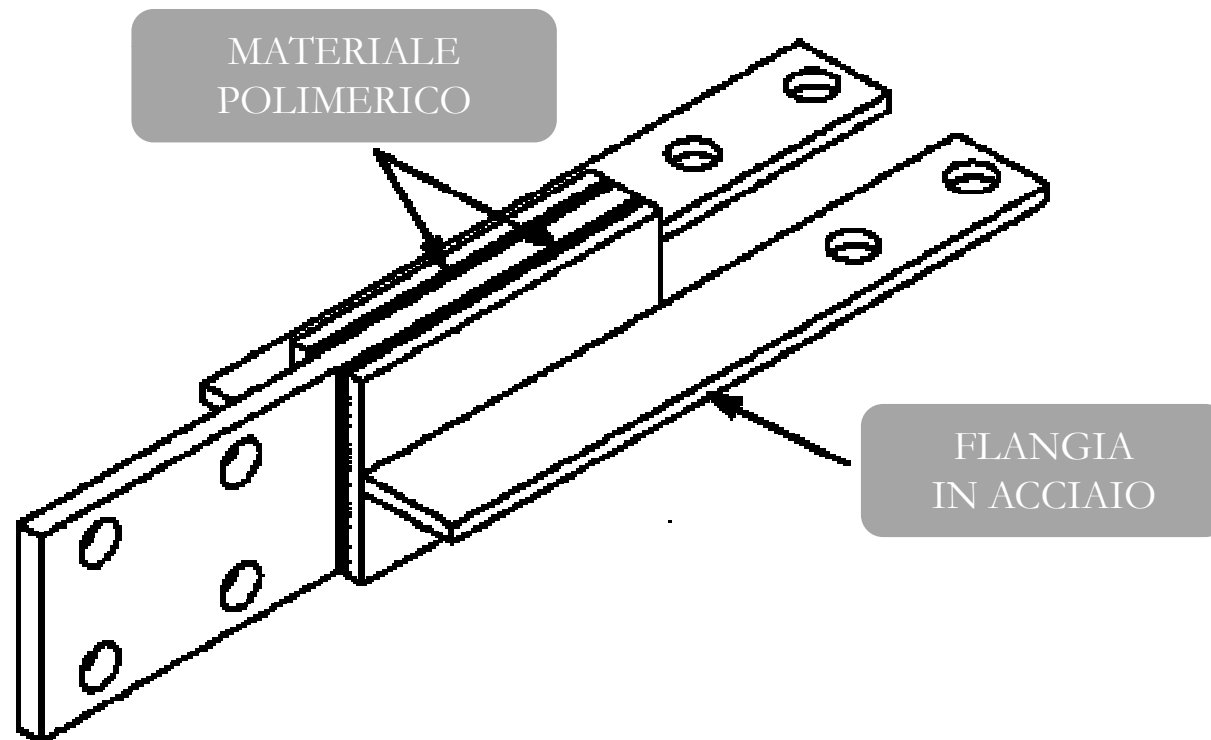
$$F(t) = \bar{k} x(t) \pm \bar{c} \omega \sqrt{X_0^2 - x^2(t)}$$

Dispositivi viscoelastici

Comportamento



Dispositivi viscoelastici



Dissipatore viscoelastico

Dispositivi di dissipazione viscoelastici

Il rapporto di smorzamento viscoso equivalente dei dispositivi viscoelastici

$$\xi = \frac{\bar{c}}{2 \bar{\omega} m}$$

può essere scritto nella forma:

$$\xi = \frac{\bar{c} \bar{\omega}^2}{2 \bar{\omega} \bar{k}} = \frac{\bar{c} \bar{\omega}}{2 \bar{k}} = \frac{G_c \bar{\omega}}{2 G_E} = \frac{\eta}{2}$$

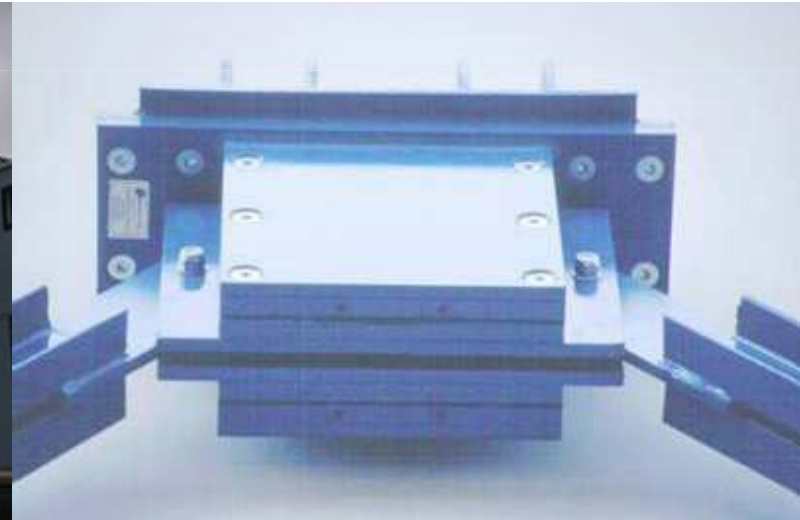
essendo

G_E il modulo di carico del taglio

G_c il modulo di perdita del taglio

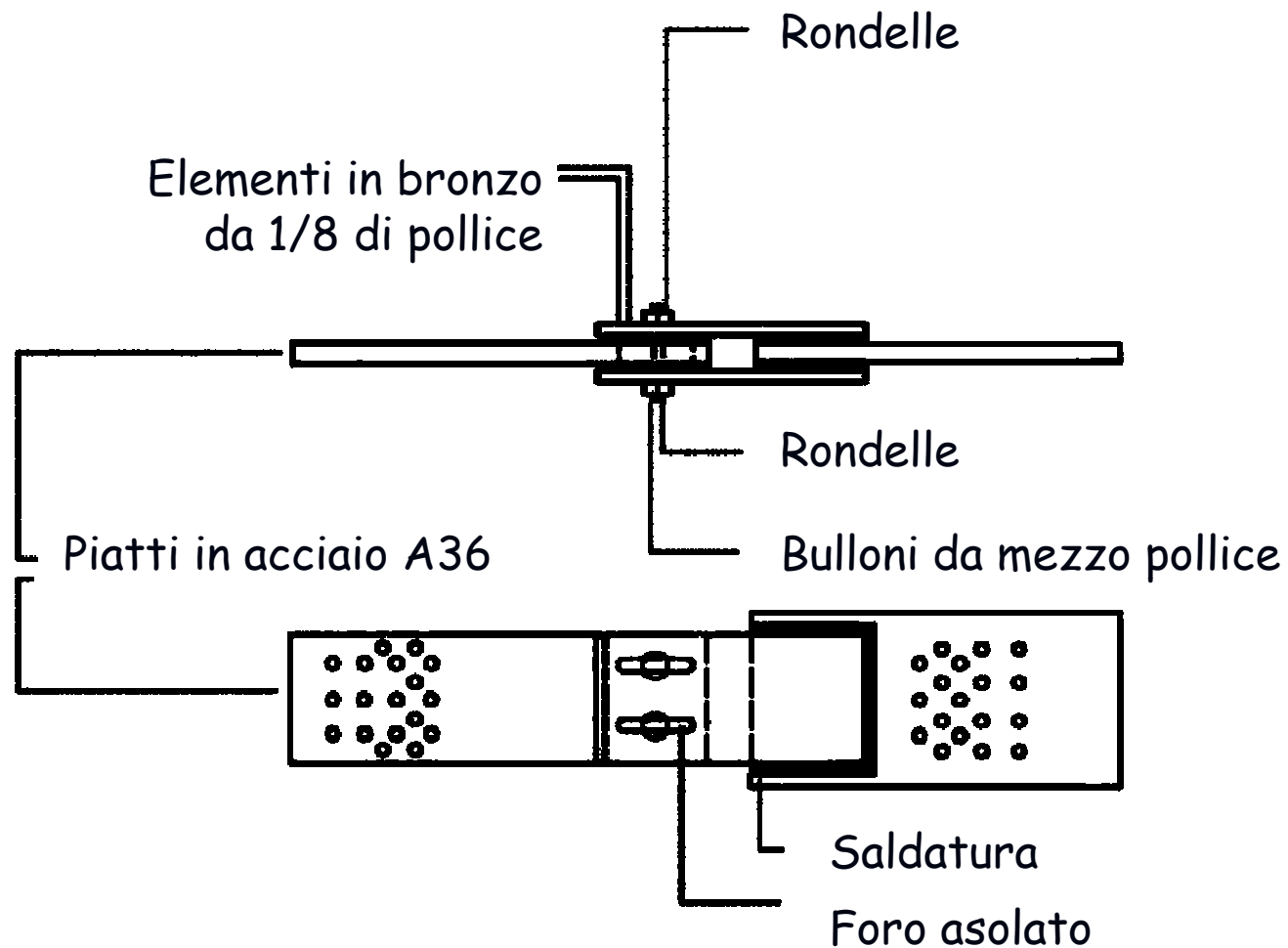
η il modulo di perdita totale

Dispositivi viscoelastici

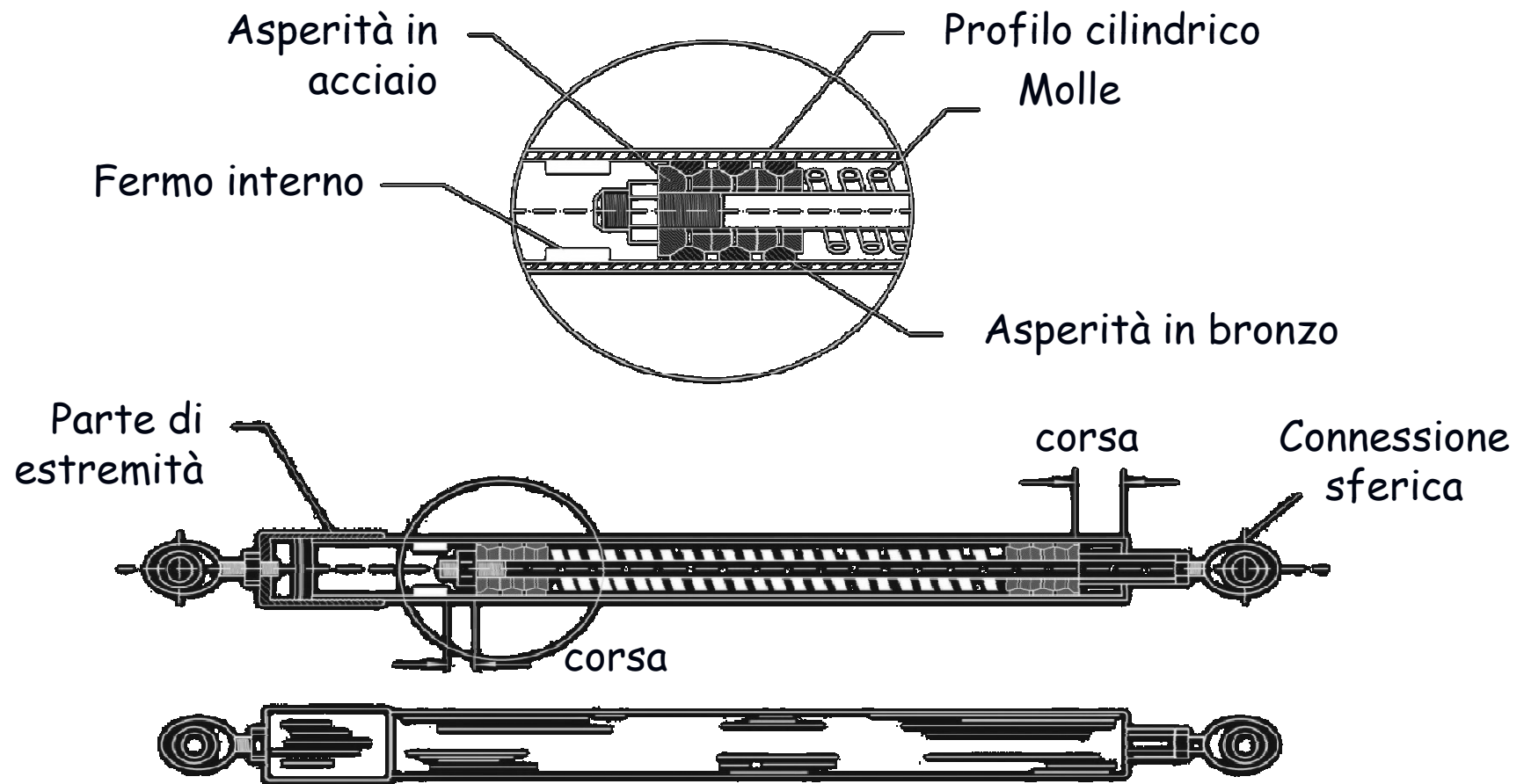


scuola Gentile Fermi, Fabriano (AN)

Dispositivi di dissipazione ad attrito



Dispositivi di dissipazione ad attrito



Dispositivi ausiliari

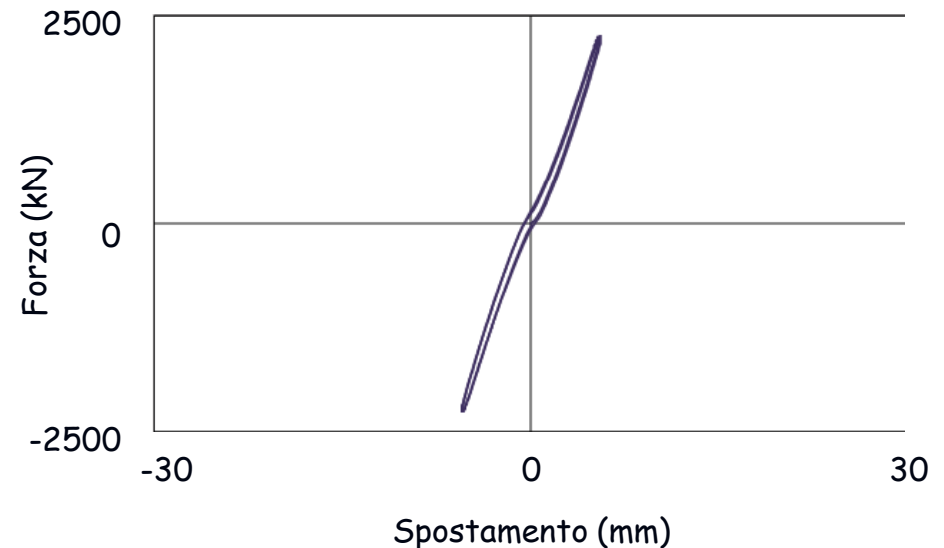
Classificazione

DISPOSITIVI DI VINCOLO RIGIDO

TEMPORANEO

VINCOLO DINAMICO

I dispositivi di vincolo dinamico, noti anche con il nome di shock transmitters, costituiscono un vincolo molto rigido a fronte di un'azione dinamica, mentre consentono i movimenti lenti delle strutture (ad esempio quelli prodotti dalle variazioni termiche)



Dispositivi ausiliari

Classificazione

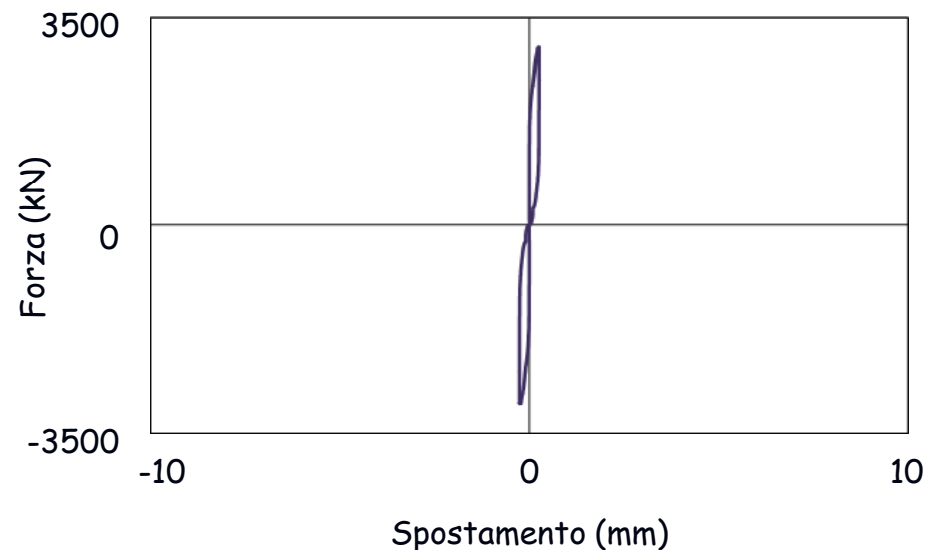
DISPOSITIVI DI VINCOLO RIGIDO

PERMANENTE

Guide e ritegni

Le guide sono dispositivi meccanici che consentono lo scorrimento in una direzione del piano orizzontale, trasmettendo la forza nella direzione ortogonale.

I ritegni sono dispositivi meccanici fissi, che bloccano gli spostamenti nel piano trasmettendo la forza in ogni direzione. Entrambi non trasferiscono carichi verticali.



Dispositivi ausiliari

Classificazione

DISPOSITIVI DI VINCOLO RIGIDO

A fusibile meccanico

Impediscono i movimenti relativi fra le parti collegate sino al raggiungimento di una soglia di forza. Al superamento di tale forza, grazie alla rottura di un elemento sacrificale, consentono i movimenti prima bloccati. Sono utilizzati per escludere il sistema di protezione sismica nelle condizioni di servizio.

