

# CONTROVENTI DISSIPATIVI PER L'ADEGUAMENTO SISMICO DI EDIFICI ESISTENTI: PRINCIPI E PROGETTAZIONE

**Prof. Ing. C. Nuti**



*Dipartimento di Strutture*

# OGGETTO DELLA PRESENTAZIONE

---

- Normativa Italiana- Protezione sismica delle strutture
- Controventi dissipativi – Controventi tradizionali
- Descrizione dei principi alla base della metodologia studiata
- Analisi non lineare delle strutture
- Descrizione della procedura progettuale
- Validazione con caso studio:
  - Discussione dei risultati ottenuti dalle analisi di spinta con quelli ottenuti conducendo analisi dinamiche
- 3 applicazioni a edifici

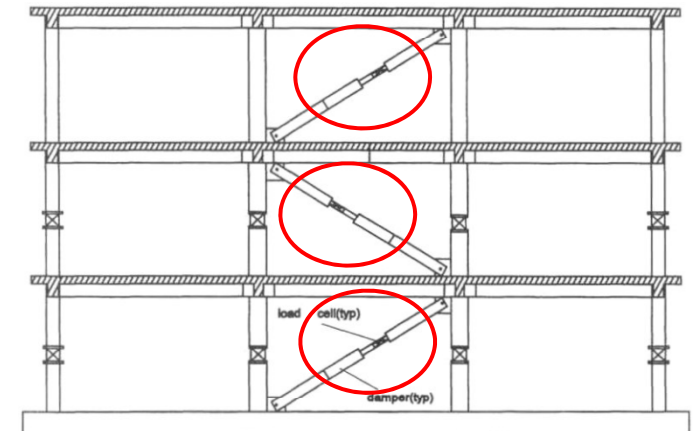
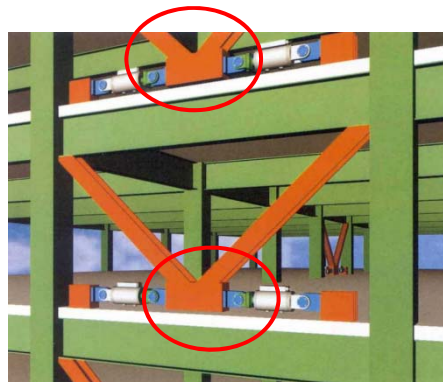
# PROTEZIONE SISMICA DELLE STRUTTURE

## Strutture di nuova realizzazione

- progettazione classica:
  - Resistenza
  - Duttilità
- (Protezione attiva e semiattiva)
- **Protezione passiva**
  - **Isolamento alla base**
  - **Controventi dissipativi**

## Adeguamento di strutture esistenti

- Interventi di tipo tradizionale:
  - Resistenza
  - Duttilità
- Interventi di rinforzo con materiali di ultima generazione
  - Resistenza
  - Duttilità
- (Protezione attiva e semiattiva)
- **Protezione passiva**
  - **Isolamento alla base**
  - **Inserimento di controventi dissipativi**



# Normativa Italiana

---

Il DM 14 Gennaio 2008 tratta l'isolamento al punto 7.10:

## **7.10 COSTRUZIONI E PONTI CON ISOLAMENTO E/O DISSIPAZIONE**

Ove si dice in modo esplicito:

*Le prescrizioni del presente capitolo non si applicano ai sistemi di protezione sismica basati sull'impiego di elementi dissipativi distribuiti a vari livelli, all'interno della costruzione.*

La Circolare del 2 Febbraio 2009, N. 617 dedica ai controventi dissipativi l'appendice C7A( al capitolo C7)

## **C7A.10. (APPENDICE AL § C7.10) COSTRUZIONI CON ISOLAMENTO E/O DISSIPAZIONE**

*Questa appendice ha lo scopo di fornire indicazioni utili alla progettazione e la realizzazione di costruzioni, in particolare di edifici, dotati di sistemi di protezione sismica basati sulla dissipazione di energia.*

# C7A.10. (APPENDICE AL § C7.10) COSTRUZIONI CON ISOLAMENTO E/O DISSIPAZIONE

- **C7A.10.1 SCOPO**
- **C7A.10.2 REQUISITI GENERALI E CRITERI PER IL LORO SODDISFACIMENTO**
- **C7A.10.3 CARATTERISTICHE E CRITERI DI ACCETTAZIONE DEI DISPOSITIVI**
- **C7A.10.4 INDICAZIONI PROGETTUALI**
  - C7A.10.4.1 Indicazioni riguardanti i dispositivi e il sistema dissipativo
  - C7A.10.4.2 Controllo di movimenti indesiderati
- **C7A.10.5 MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE**
  - C7A.10.5.1 Proprietà del sistema di dissipazione di energia
  - C7A.10.5.2 Analisi
    - *C7A.10.5.2.1 Analisi Lineari*
    - *C7A.10.5.2.2 Analisi non lineari*
- **C7A.10.6 VERIFICHE**
  - C7A.10.6.1 Verifiche agli stati limite di esercizio
  - C7A.10.6.2 Verifiche agli stati limite ultimi
- **C7A.10.7 ASPETTI COSTRUTTIVI, MANUTENZIONE, SOSTITUIBILITÀ**
- **C7A.10.8 ACCORGIMENTI SPECIFICI IN FASE DI COLLAUDO**

# Normativa Italiana

---

## **C7A.10.1 SCOPO**

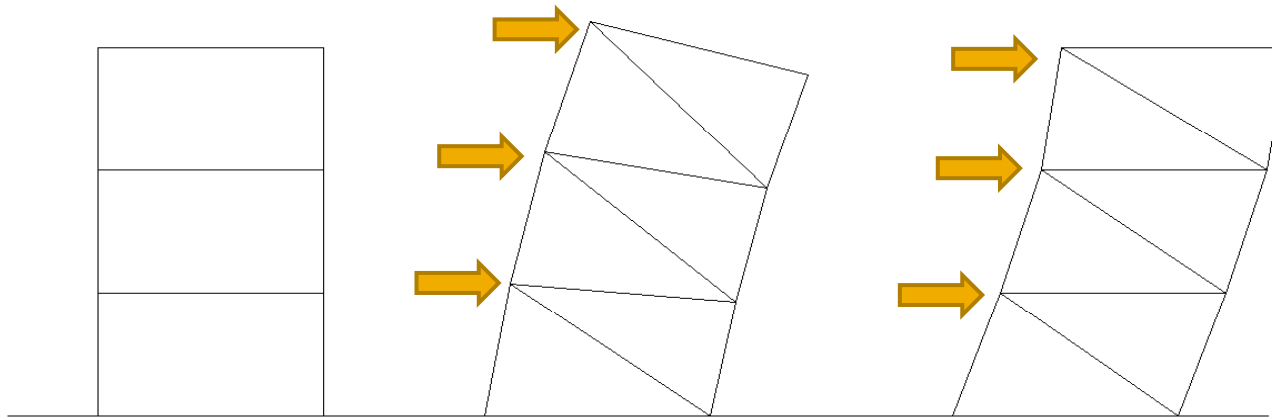
Come detto in C7.10.1, **per l'applicazione dei sistemi di controventi dissipativi ad edifici con struttura intelaiata non si forniscono indicazioni aggiuntive**. Le NTC, infatti, forniscono le necessarie indicazioni e prescrizioni generali sugli strumenti e i metodi di valutazione (modellazione e analisi strutturali lineari e non lineari) nonché le regole per le verifiche di sicurezza degli elementi strutturali e dei dispositivi.

*Tra i vari schemi applicativi, quello sicuramente più spesso utilizzato nella protezione sismica degli edifici, e al quale si rivolge prevalentemente questa appendice, si fonda sull'introduzione all'interno della maglia strutturale di un sistema supplementare, che utilizza speciali dispositivi incorporati in (o collegati a) controventi rigidi, quasi sempre di acciaio, che connettono due piani della struttura, solitamente consecutivi.*

*Lo spostamento interpiano prodotto dal sisma attiva i meccanismi di dissipazione di energia prima che gli spostamenti relativi possano produrre danni significativi sugli elementi strutturali. In tal modo la maggior parte dell'energia in entrata viene immagazzinata e dissipata nei dispositivi, mentre la funzione di sostegno dei carichi verticali rimane attribuita alla struttura convenzionale.*

.....

# Controventi Convenzionali Vs Dissipativi: rigidezze - resistenze



es. struttura esistente  
Comportamento "shear  
type"

Struttura con  
controventi  
convenzionali: elastici  
Comportamento a  
"mensola"

Struttura con controventi  
dissipativi  
Comportamento "shear type"

## Controventi tradizionali:

- fanno aumentare la rigidezza
- spesso modificano il comportamento strutturale
- spesso riducono lo smorzamento equivalente

## controventi dissipativi

- consentono (se opportunamente dimensionati) il mantenimento della risposta strutturale originale, ad es: tipo "shear type"
- In queste condizioni è possibile considerare il contributo della componente strutturale rimanga inalterato anche dopo l'inserimento dei controventi

# Normativa Italiana

---

## C7A.10.1 SCOPO

.....

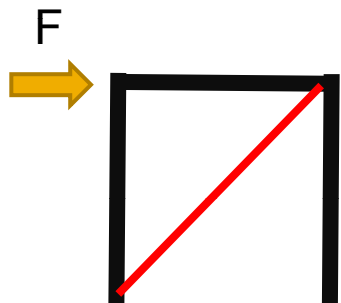
Facendo riferimento alle forme tipiche degli spettri di risposta elastici delle accelerazioni e degli spostamenti, **il comportamento di una struttura dotata di dispositivi dissipativi, assimilata ad oscillatore elementare, può essere interpretato osservando che l'introduzione del sistema di dissipazione produce un aumento dello smorzamento e, se il sistema determina un irrigidimento della struttura, una riduzione del periodo, oltre che, per molti sistemi di uso corrente, un aumento della resistenza complessiva.** Ciò determina una sensibile riduzione degli spostamenti complessivi (v. spettro degli spostamenti) e, quindi, degli spostamenti interpiano, con conseguente riduzione dei danni agli elementi strutturali e non.



# Sistemi di controventi dissipativi

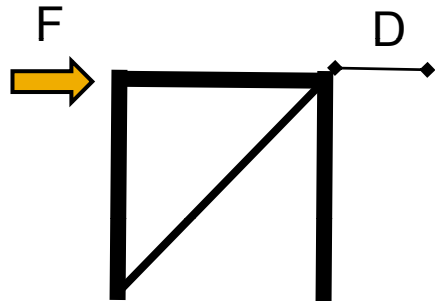
---

- È UNA TECNICA DI PROTEZIONE PASSIVA
- APPLICATA INIZIALMENTE A STRUTTURE NUOVE OFFRE GRANDI POTENZIALITÀ NELLA PROTEZIONE DEGLI EDIFICI ESISTENTI
- I CONTROVENTI DISSIPATIVI AGISCONO SU RIGIDEZZA E DISSIPAZIONE
  - ✓ i controventi tradizionali incrementano rigidità e resistenza della struttura esistente
  - ✓ I controventi dissipativi, ben dimensionati, debbono conferire capacità dissipativa senza incrementare eccessivamente resistenza e rigidità



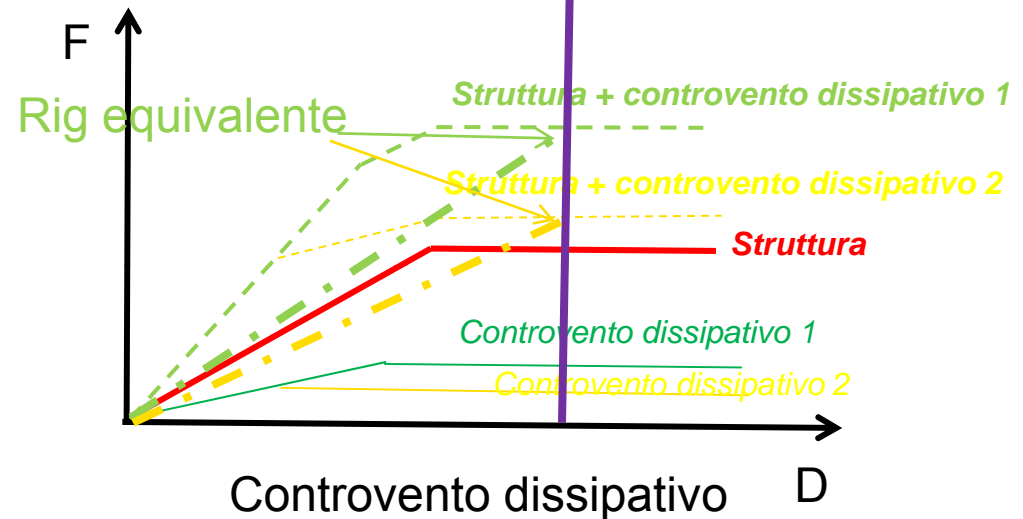
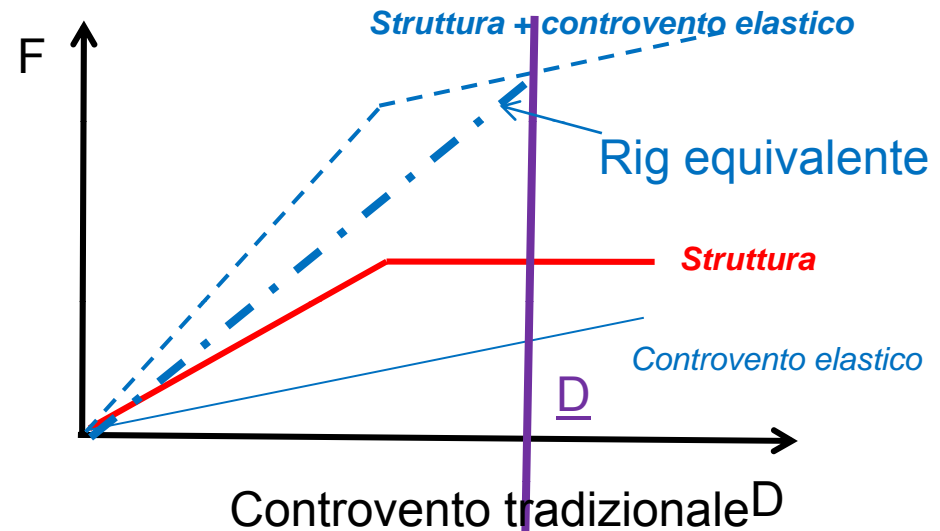
- Un controvento tradizionale rimane elastico e dunque irrigidisce la struttura
- Un controvento dissipativo oltre ad irrigidire la struttura incrementa la dissipazione

# Sistemi di controventi elastici o dissipativi

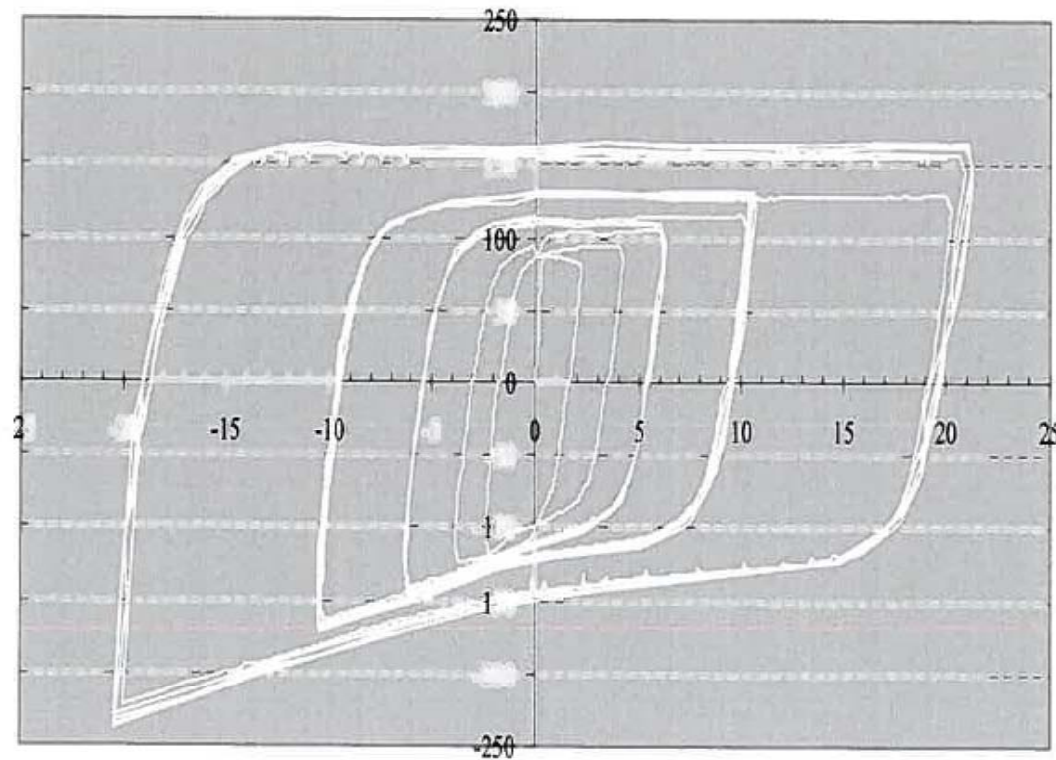


- Un controvento tradizionale rimane elastico e dunque irrigidisce la struttura
  - I controventi possono modificare lo stato di sollecitazione e quindi il comportamento strutturale globale: es da telaio a mensola
  - Certamente aumentano le sollecitazioni (taglio alla base)
  - Certamente si riducono gli spostamenti
  - Lo smorzamento equivalente si riduce!

- Un controvento dissipativo oltre ad irrigidire la struttura incrementa la dissipazione



# Prova Ciclica di Controventi Dissipativi

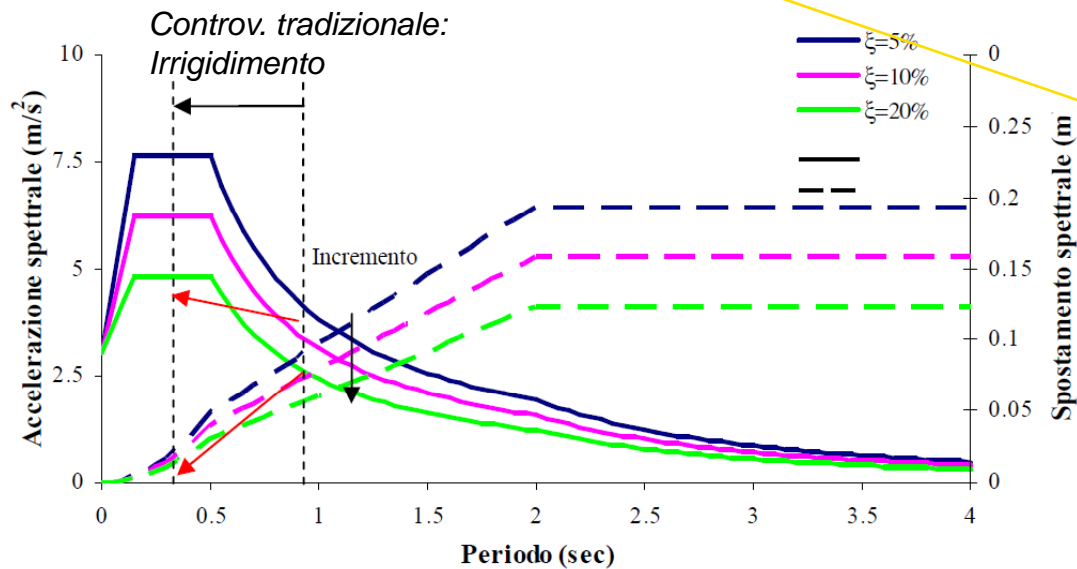
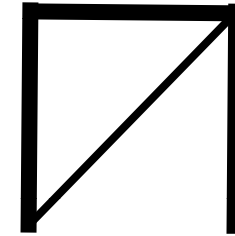


# controventi tradizionali

## CONTROVENTI TRADIZIONALI

Devono restare elastici

- Incrementano la rigidezza
  - ridotti gli spostamenti
  - crescono le sollecitazioni (taglio alla base) perché si aggiunge la resistenza del controvento
  - Lo smorzamento equivalente si riduce: aumenta l'energia elastica

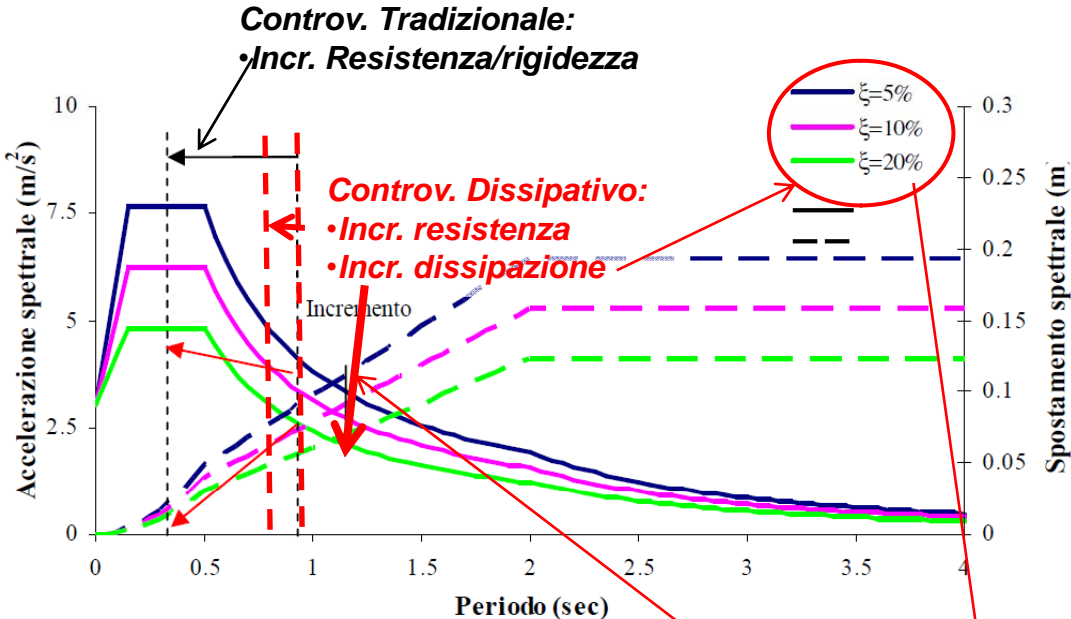


È solo quella della struttura originale

$$V_{eq,S} = \frac{1}{4\pi} \frac{E_{D,S}}{E_{S,S}}$$

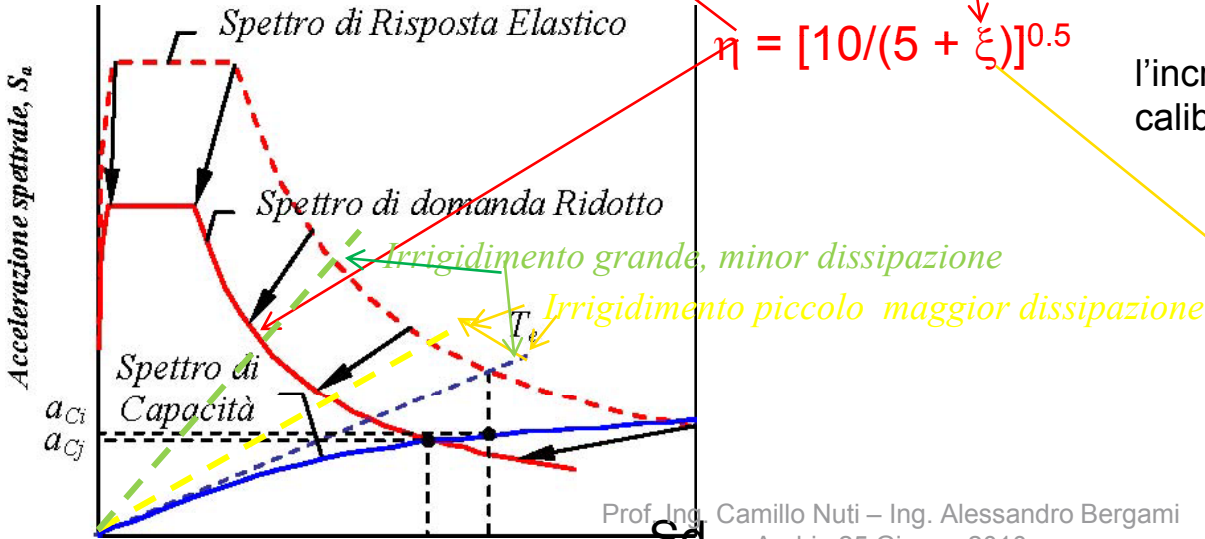
È la somma della strutt. Originale e dei controventi

# Controventi dissipativi



## CONTROV. DISSIPATIVO

- Incrementano la rigidezza e anche la dissipazione
  - riducono gli spostamenti per 'incremento di rigidezza (sino alla plasticizzazione)
  - limitando l'incremento di sollecitazioni (fusibile) + dissipazione
  - limitando gli spostamenti anche per la dissipazione

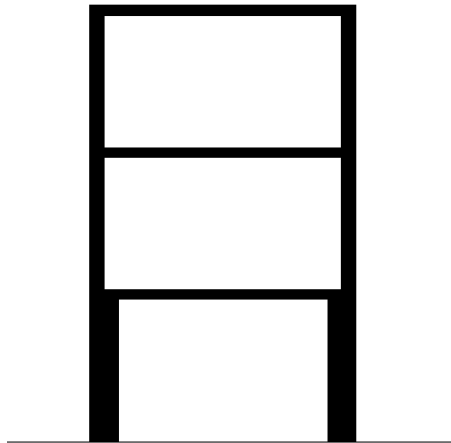


l'incremento di rigidezza può essere calibrato per regolarizzare la struttura

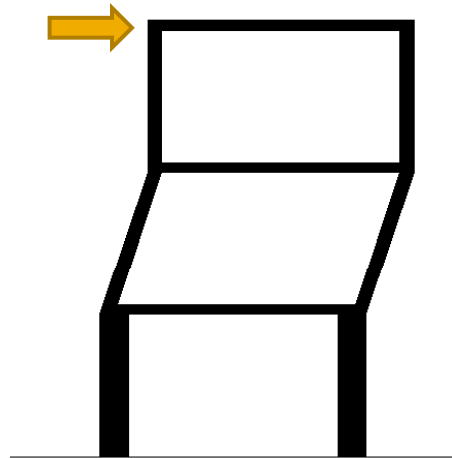
$$V_{eq,S} = \frac{1}{4\pi} \frac{E_{D,S}}{E_{S,S}}$$

## Sistemi di controventi dissipativi: distribuzione delle rigidezze

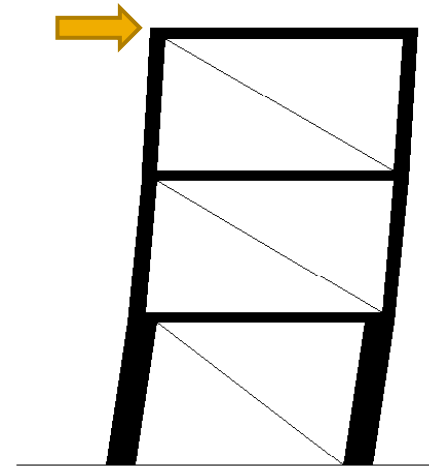
---



es. struttura esistente  
Irregolare in elevazione



Struttura esistente:  
Deformata irregolare  
a causa dei pilastri  
tozzi al primo ordine



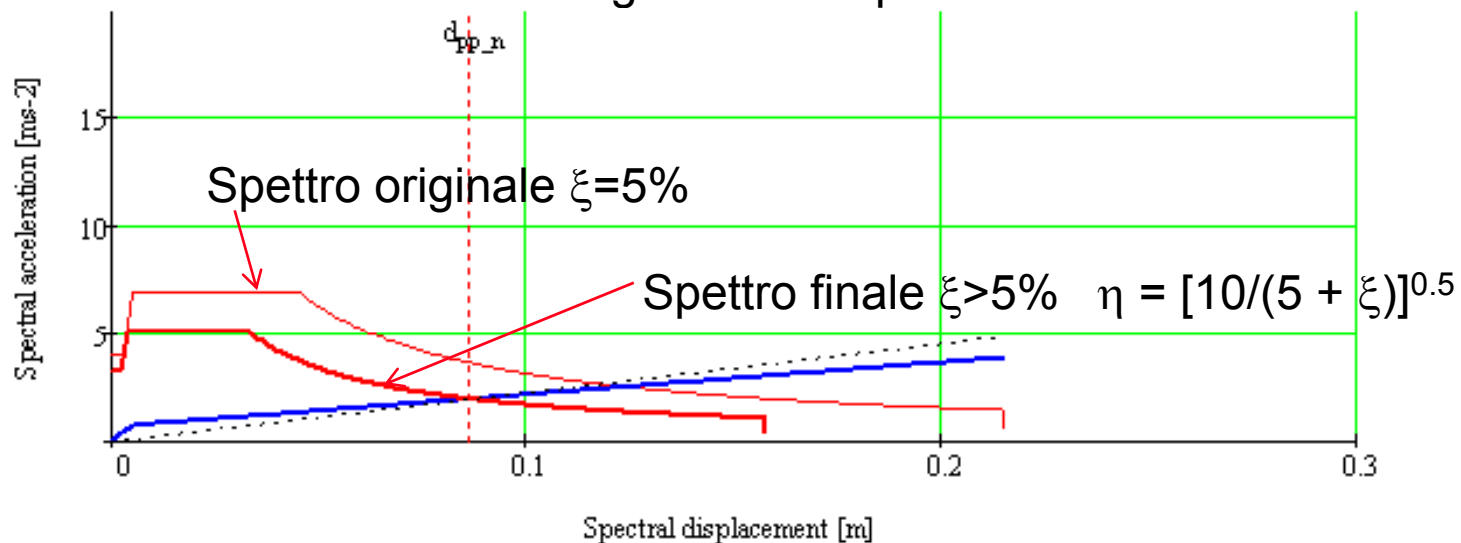
Struttura controventata:  
Deformata regolarizzata da  
una opportuna distribuzione  
delle rigidezze

NB: Così come in elevazione le rigidezze dei controventi possono eliminare anche irregolarità in pianta.

La rigidezza conferita dai controventi dissipativi regolarizza, la dissipazione riduce le sollecitazioni

# Determinazione della Risposta Massima

- Gli americani: ATC40, propongono l'uso di un metodo iterativo basato sullo spettro di risposta abbattendo lo spettro di risposta con lo smorzamento equivalente della struttura.
- Se i controventi non modificano lo smorzamento  $\xi$  la risposta è data dall'intersezione tra curva forza-spostamento (elastica equivalente) e spettro di risposta.
- Per calcolare la risposta è necessario conoscere lo smorzamento equivalente
- È possibile valutarlo in modo adeguato e semplice?



# Determinazione dello smorzamento

Data la deformazione raggiunta dalla struttura, sia essa nuda o dotata di controventi dissipativi, corrisponde un livello di energia che la struttura ed i dissipatori dissipano;  
 tale energia la si può tenere in conto mediante lo smorzamento viscoso equivalente.

Dato  $D$  con la relazione proposta da *A.K.Chopra (2001)*, lo smorzamento viscoso equivalente della sola struttura  $v_{eq,S}$ :

$$v_{eq,S} = \frac{1}{4\pi} \frac{E_{D,S}}{E_{S,S}}$$

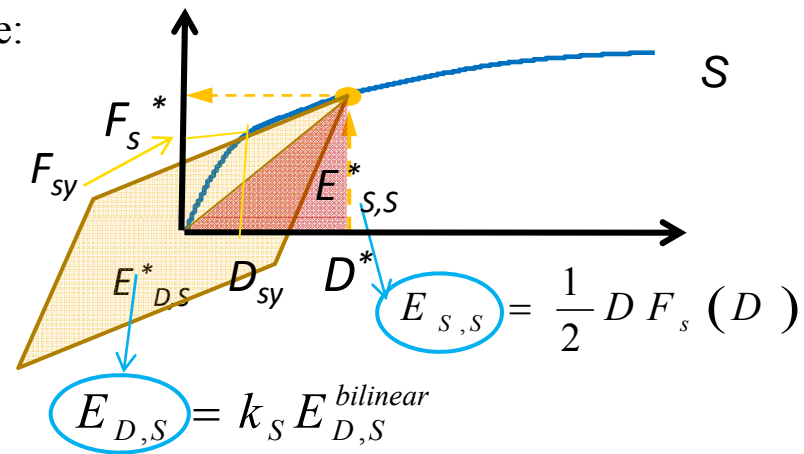
$E_{D,S}$  è l'energia dissipata in un singolo ciclo di ampiezza  $D$

$E_{S,S}$  l'energia di deformazione del sistema relativa allo spostamento  $D$ .

rappresentazione bilineare elasto-plastica incrudente:

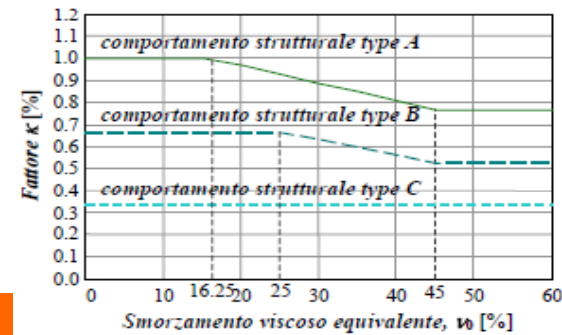
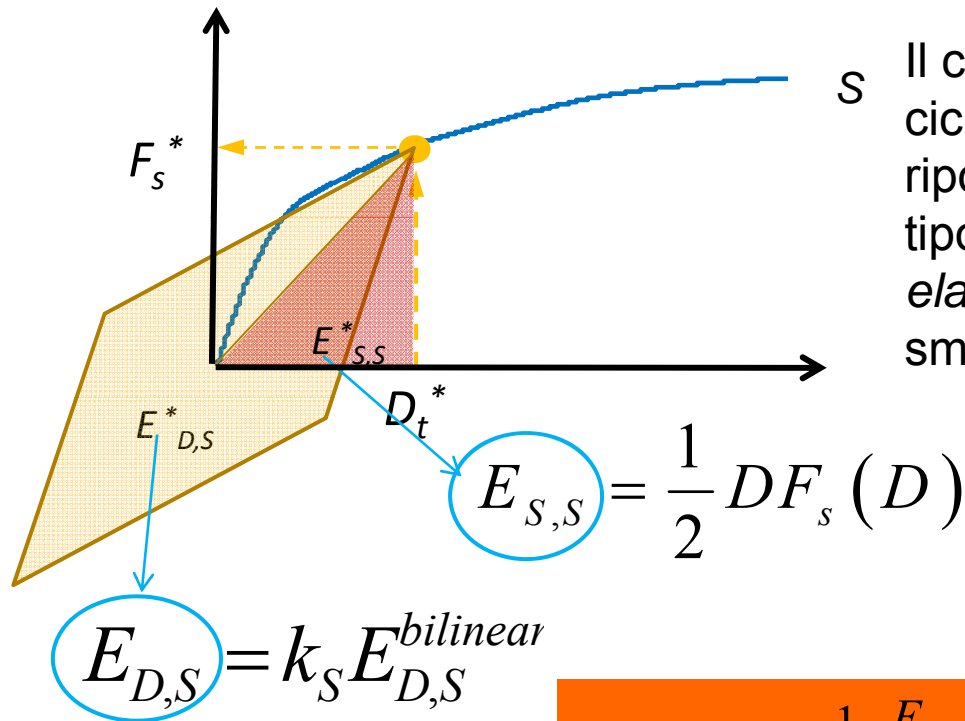
$$E_{D,S}^{bilinear} = 4 \left( F_{sy} D - D_{sy} F_s(D) \right)$$

$$E_{S,S} = \frac{1}{2} D F_s(D)$$





# Determinazione dello smorzamento viscoso equivalente



$$v_{eq,S}^*(D_t^*) = \frac{1}{4\pi} \frac{E_{D,S}(D_t^*)}{E_{S,S}(D_t^*)}$$

Nel caso dei controventi dissipativi si segue lo stesso criterio adottando però un  $K=K_b$  circa pari ad 1 (i cicli dei controventi sono generalmente molto regolari)

$$v_{eq,B}^*(D_t^*) = \frac{1}{4\pi} \frac{E_{D,B}(D_t^*)}{E_{S,S+B}(D_t^*)}$$

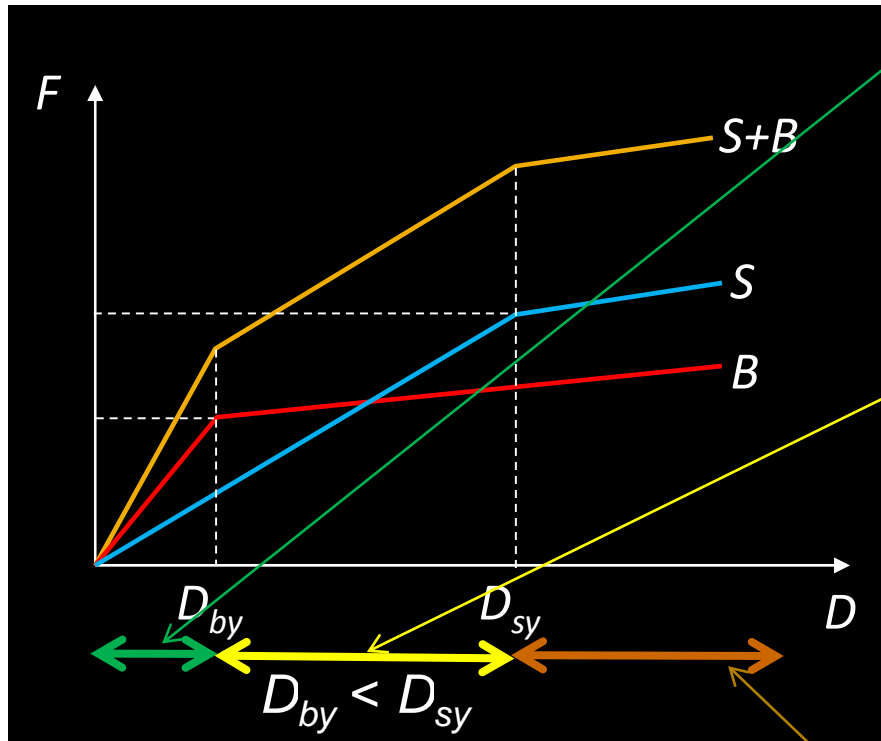
$$v_{eq,S+B}^*(D_t^*) = \frac{1}{4\pi} \frac{E_{D,S}(D_t^*) + E_{D,B}(D_t^*)}{E_{S,S+B}(D_t^*)}$$

Smorzamento dei controventi

Smorzamento della struttura con controventi

# Determinazione dello smorzamento

Alcune scelte possibili



## Controventi tradizionali

S e B elastici lineari (S non danneggiato)

$K_{S+B} > K_S \Rightarrow D_{S+B} < D_S$  per carichi laterali

$$v_{S+B} = v_I$$

## Controventi dissipativi (struttura rimane elastica)

S lineare, B snervato (S non danneggiato)

$K_{S+B} > K_S$  ( $\beta_b > 0$ )

$$v_{S+B} = v_I + v_B$$

## Controventi dissipativi (struttura plastica)

S e B plasticizzati (S danneggiato)

$$v_{S+B} = v_I + v_S + v_B$$

# Procedura semplificata di dimensionamento

1. Si esegue una analisi statica non lineare sulla struttura esistente
2. Si ipotizza una distribuzione di controventi e si esegue una analisi statica non lineare ricavando la curva di spinta S+B
3. Si determina per differenza il contributo dovuto ai soli controventi

$$v_{eq,S+B}^*(D_t^*) = \frac{1}{4\pi} \frac{E_{D,S}(D_t^*) + E_{D,B}(D_t^*)}{E_{S,S+B}(D_t^*)}$$

2) Dall' analisi sulla struttura controventata

$$E_{D,S+B}(D_t^*) = E_{D,S}(D_t^*) + E_{D,B}(D_t^*)$$

3) Può essere dedotto dalla curva ricavata per differenza

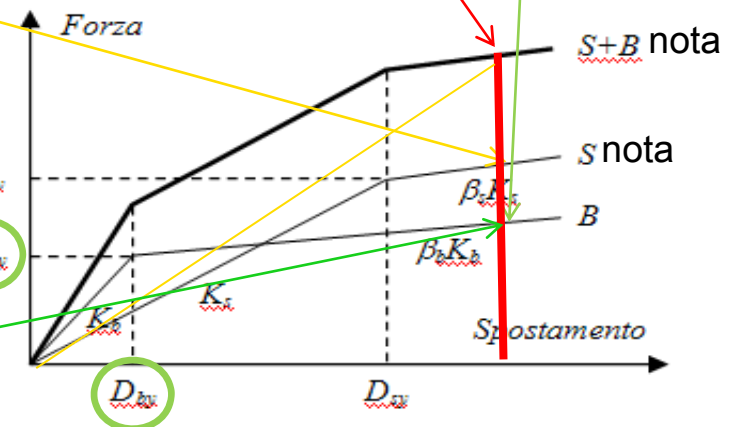
1) Dall' analisi sulla struttura esistente

$$E_{D,S} = k_S E_{D,S}^{bilinear}$$

$$E_{D,S}^{bilinear} = 4 (F_{sy} D - D_{sy} F_s (D))$$

$$E_{S,S+B} = \frac{1}{2} F_{S,S+B} D_{S,S+B}$$

$$E_{D,B} = 4 \cdot (D_s F_{sy,B} - D_{sy,s+B} F_s)$$



Prof. Ing. Camillo Nuti – Ing. Alessandro Bergami

Noto : le caratteristiche dei controventi  $F_{sy,B}$  e  $D_{sy,B}$  posso determinare  $E_{D,B}$

# Procedura semplificata di dimensionamento: osservazioni

---

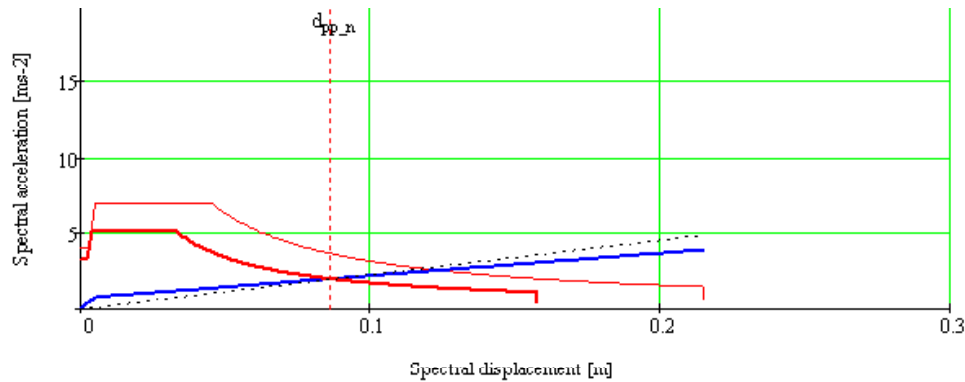
## Ipotesi fatte

1. Il comportamento strutturale non cambia salvo una maggiore regolarità
2. l'ipotesi 1 vale solo se  $D_{by} \ll D_{sy}$  ovvero i controventi entrano in campo plastico molto prima della struttura originaria (scarso aumento rigid. equivalente)
3. E' possibile studiare la dissipazione dovuta ai controventi sulla base della curva di spinta S+B

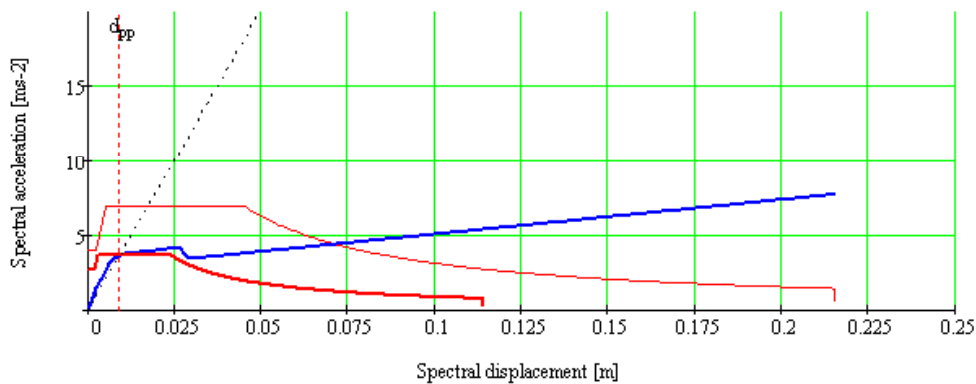
NB

l'ipotesi 3 è la più incerta, la procedura illustrata è utile per un predimensionamento e da un errore pari a circa il 10% nella stima dello smorzamento viscoso equivalente

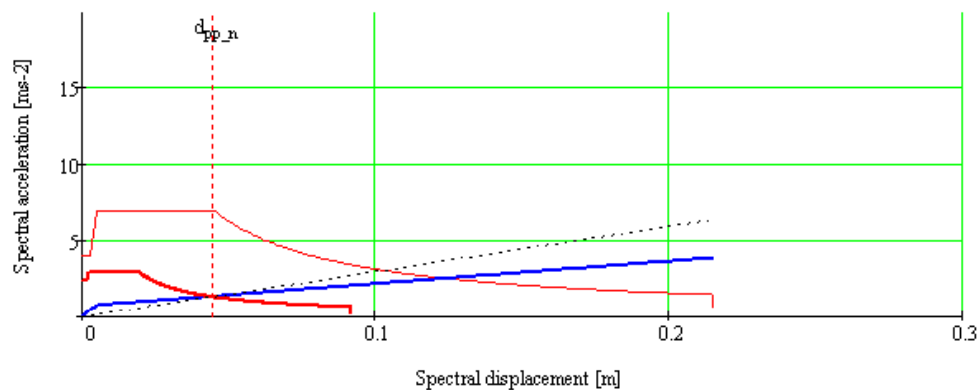
# Effetti dell'inserimento dei controventi dissipativi



Struttura esistente:  
determinazione del punto di  
funzionamento

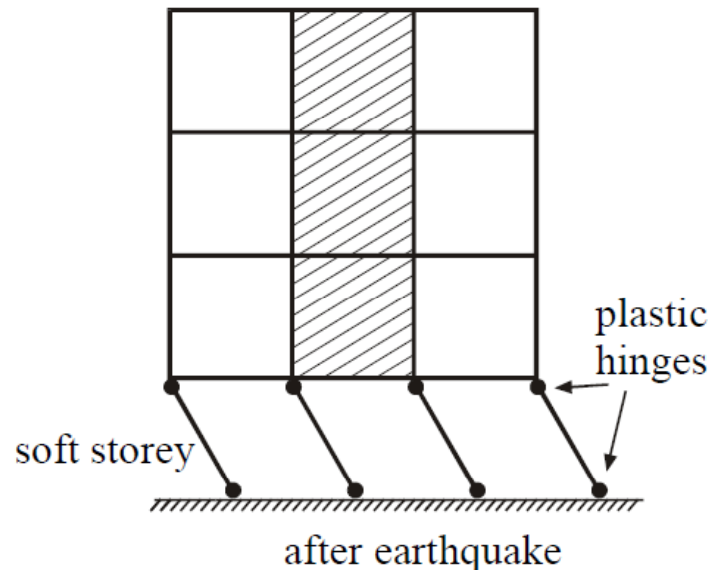


Struttura con controventi dissipativi  
molto rigidi:  
determinazione del punto di  
funzionamento



Struttura con controventi dissipativi  
ben calibrati (bassa rigidezza e alta  
dissipazione):  
determinazione del punto di  
funzionamento

# DANNI RISCONTRATI SU TELAI IN C.A.



*Meccanismo di collasso per piano soffice, tipico in strutture ove è presente una brusca diminuzione della rigidezza in elevazione ad es. per un non costante distribuzione delle tamponature*



# DANNI RICONTRATI SU TELAI IN C.A.

---



# DANNI RICONTRATI SU TELAI IN C.A.

---

*Esplosione delle tamponature agli angoli delle strutture: le strutture realizzate su forte pendio hanno risentito di forte torsione*

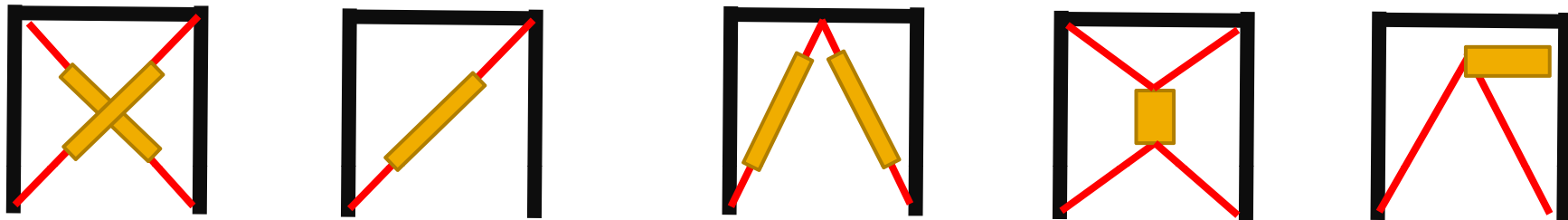




# CONTROVENTI DISSIPATIVI

---

- DISPOSITIVI VISCOELASTICI
- DISPOSITIVI AD ATTRITO
- DISPOSITIVI PER PLASTICIZZAZIONE DELL'ACCIAIO



# controventi dissipativi

## Alcune tipologie esistenti

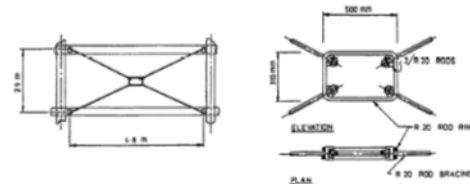
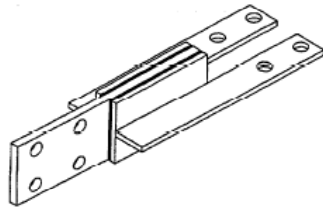


Figure 3.10 Yielding steel brace system (after Tyler, 1985)

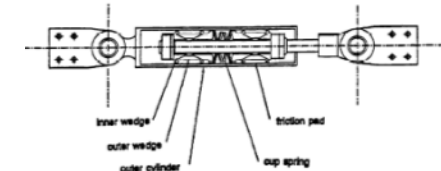


Figure 3.3 Sumitomo friction damper (after Aiken et al., 1992)

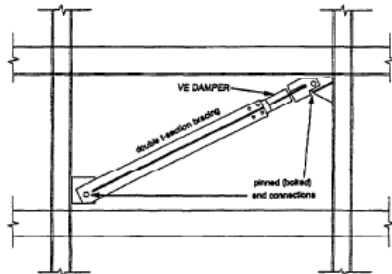


Figure 3.20 Viscoelastic damper and installation (after Aiken et al., 1990)

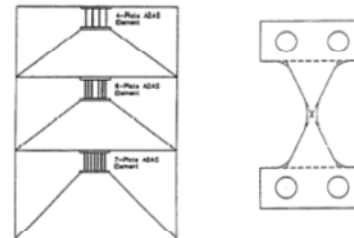


Figure 3.11 ADAS elements and installation (after Whittaker et al., 1991)

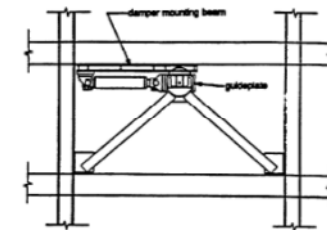


Figure 3.4 Installation detail of Sumitomo friction dampers in the experimental frame (after Aiken et al., 1992).

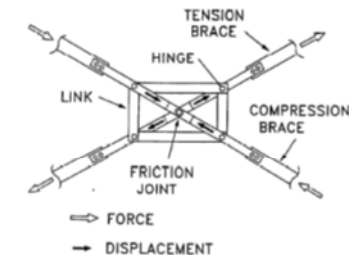
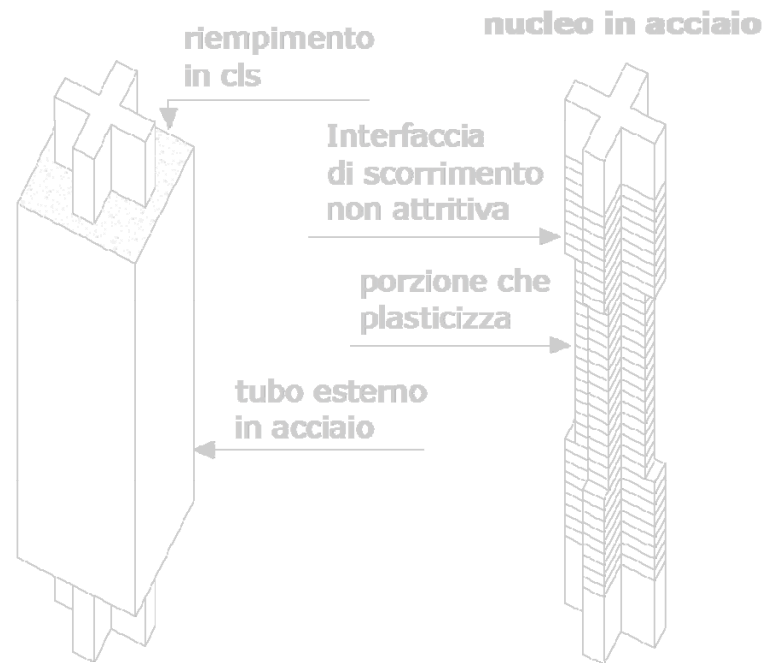


Figure 3.2 Pall friction damper (after Pall and Marsh, 1982)

# CONTROVENTI DISSIPATIVI AD INSTABILITÀ IMPEDITA

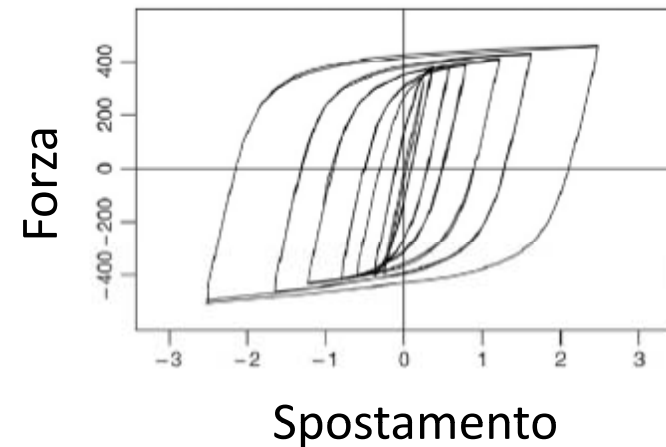
Dispositivo di larga diffusione che offre notevoli vantaggi



# CONTROVENTI DISSIPATIVI AD INSTABILITÀ IMPEDITA

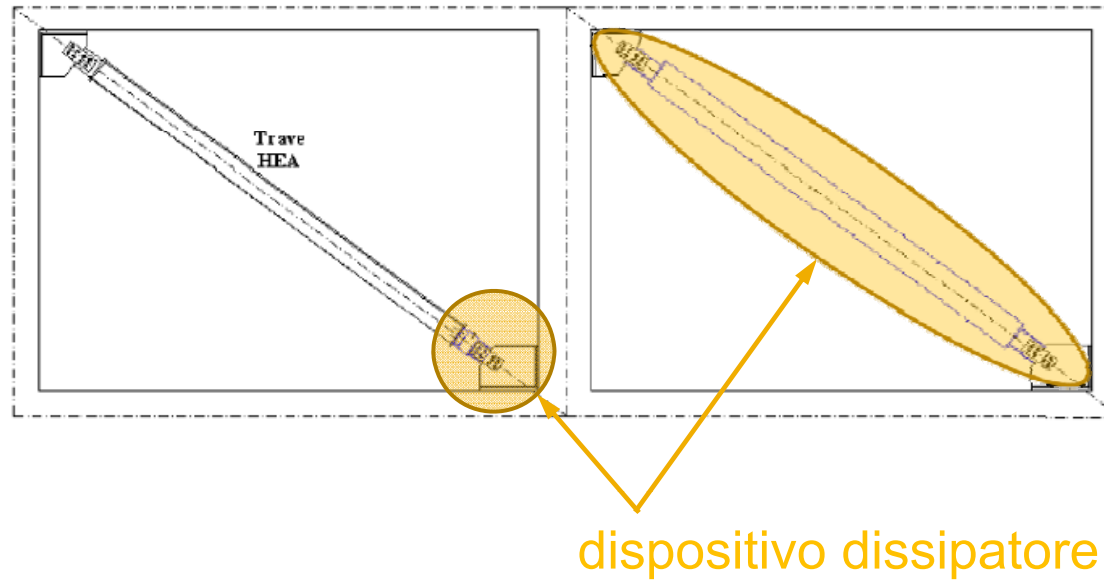
## Vantaggi

- adattabilità alle aperture
- minimo incremento di peso (lavora sia in comp. che in traz.)
- interferenza modesta con l'uso dell'edificio
- semplice modellazione
- controllo dell'incremento di resistenza
- elevata dissipazione di energia



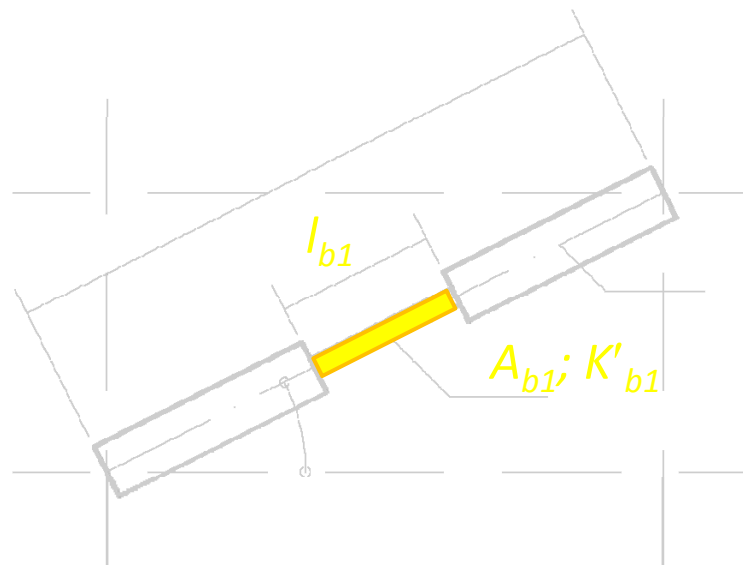
# CONTROVENTI DISSIPATIVI AD INSTABILITÀ IMPEDITA

Configurazione tipo – altre disposizioni possono essere adottate



# CONTROVENTI DISSIPATIVI AD INSTABILITÀ IMPEDITA

## Schematizzazione



$$K'_b = \frac{K'_{b1} K'_{b2}}{K'_{b1} + K'_{b2}}$$

$$F'_{by} = f_{by} A_{b1}$$

$$D'_{by} = \frac{F'_{by}}{K'_{b1}} = \frac{f_{by}}{E_b} l_{b1}$$

# CRITERI PROGETTUALI

## Comportamento del BRB

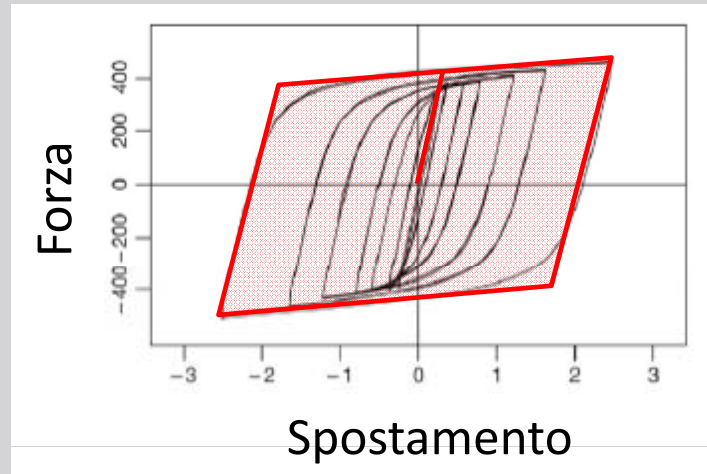
Proprietà meccaniche ( $f_{by}$ ,  $E_b$ ,  $\beta_b$ )

Caratteristiche geometriche ( $I_b$ ,  $\theta_b$ ,  $A_b$ )

Posizione piano-altimetrica



Comportamento ciclico stabile

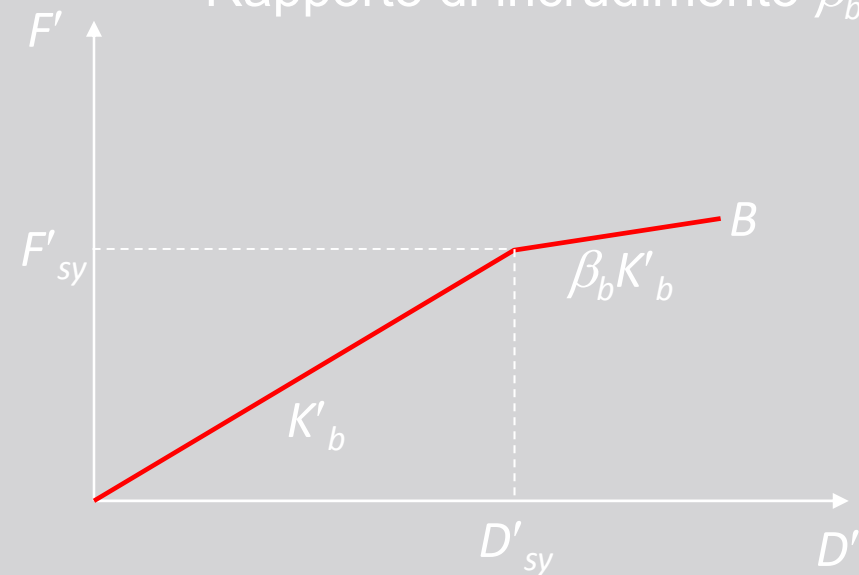


Comportamento monotono bilineare

Rigidezza assiale  $K'_b$

Forza/spost. di snervamento  $F'_{sy}/D'_{sy}$

Rapporto di incrudimento  $\beta_b$



# ANALISI STRUTTURALE

---

Una struttura dotata di sistemi di dissipazione dell'energia deve essere studiata attraverso modelli non lineari.

E' di fondamentale importanza la metodologia che si adotta per l'analisi strutturale.

## ANALISI DINAMICA NON LINEARE:

È la tecnica più sofisticata ma che impone un elevato onere computazionale ed una grande raffinatezza in fase di modellazione strutturale

L'accuratezza del risultato è legata alla qualità della modellazione eseguita ed agli accelerogrammi selezionati

## ANALISI STATICA NON LINEARE:

Richiede un minor onere computazionale rispetto alla precedente, l'azione sismica viene applicata sotto forma di forze orizzontali monotonamente incrementate.

L'accuratezza del risultato è legata alla regolarità strutturata ed alla distribuzione di forze scelta



# ANALISI STRUTTURALE

---

## **Il metodo per la progettazione dei controventi qui presentato si avvale della analisi statica non lineare**

metodologia agevole

adatta allo studio di strutture regolari

attraverso un opportuno inserimento di controventature possono essere regolarizzate.

Sembra perciò ragionevole, assumendo che l'accuratezza dell'analisi statica non lineare sia legata principalmente alla regolarità della struttura analizzata, considerare che una struttura dotata di controventi dissipativi possa divenire "più regolare" e dunque maggiormente adatta per una analisi di questo tipo.

L'analisi dinamica non lineare richiede modelli raffinati (che includano il comportamento ciclico), il controllo dei risultati è meno agevole.

**Nel caso di strutture opportunamente controventate e dotate di requisiti di regolarità si ritiene che l'analisi statica non lineare possa condurre a risultati.**

# ANALISI STATICA NON LINEARE: 2D O 3D

---

Quanto ora presentato fa riferimento :

- a modelli piani 2D che possono essere rappresentativi di strutture dotate di notevole regolarità

*In letteratura sono comunque presenti metodologie per condurre analisi di spinta che consentano di condurre comunque analisi piane includendo in esse, con una certa approssimazione, gli effetti di meccanismi propri del sistema 3D (Lin J., Tsai K. 2007; Chopra A.K., Goel R.K. 2004)*

- a strutture esistenti

Nello risposta dinamica delle strutture esistenti e dunque tridimensionali esistono meccanismi torsionali conseguenti alla specifica distribuzione di masse e rigidzze. Come noto l'accuratezza dell'analisi statica non lineare è legata alla regolarità della struttura analizzata:

L'inserimento dei controventi dissipativi secondo un'opportuna distribuzione può ridurre gli effetti torsionali "regolarizzando" la struttura .

# Analisi statica non lineare

---

Consiste nell'applicare alla struttura un sistema di forze (adottando una opportuna distribuzione) orizzontali monotonamente crescenti sino al raggiungimento della condizione ultima. L'analisi si articola come segue:

1. Si applicano le forze orizzontali secondo la prefissata distribuzione
2. Si incrementano le forze monotonamente e si determina un legame forza-spostamento tra le forze applicate (ovvero il taglio alla base) e la traslazione di un punto di controllo (es. baricentro dell'ultimo piano)
3. Si determina un sistema ad 1gdl equivalente caratterizzato da un legame forza-spostamento bilineare equivalente
4. Determinazione della risposta massima in spostamento del sistema ad 1gdl equiv. mediante spettro elastico
5. Conversione del sistema ad 1gdl equiv. nella reale configurazione deformata dell'edificio da verificare.

---

**Il sistema di forze applicato e che spinge sino al collasso la struttura deve essere rappresentativo degli effetti prodotti dal sisma**

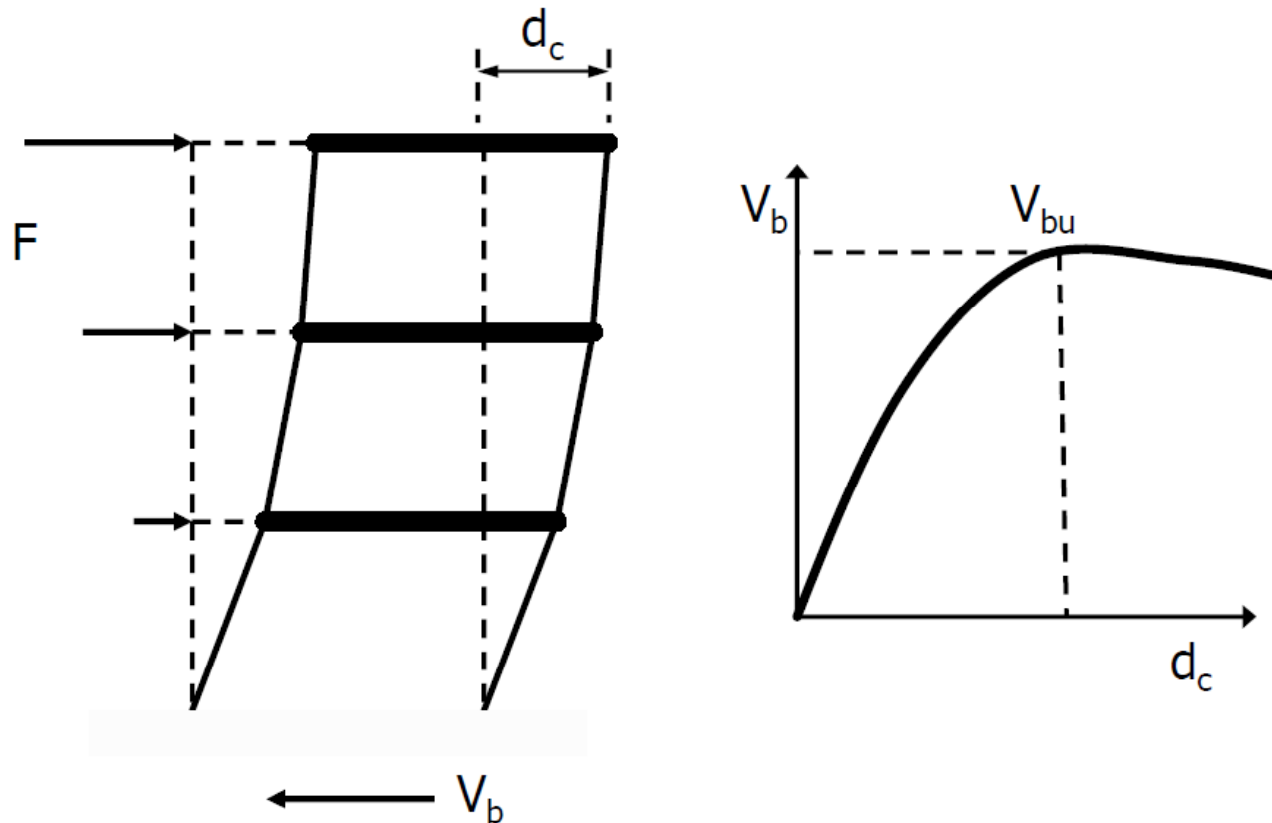
Gli effetti prodotti dal sisma sulla struttura sono legati alla risposta strutturale e dunque queste forze dovrebbero modificare la loro distribuzione durante le fasi dell'analisi (pushover adattivo)

Altro fattore da tenere in considerazione è l'eccentricità delle masse rispetto alle rigidità con conseguente accoppiamento roto-traslazionale. E' possibile tenere in conto di questi effetti introducendo una eccentricità delle forze o conducendo analisi distinte forza-spostamento e momento-rotazione (Lin J., Tsai K. C. (2008))

Esistono anche metodi per poter condurre analisi statica non lineare tenendo in conto degli effetti delle varie forme modali; il contributo delle forme modali superiori è particolarmente rilevante nelle strutture alte (Chopra A. K., Goel R. K. (2004))

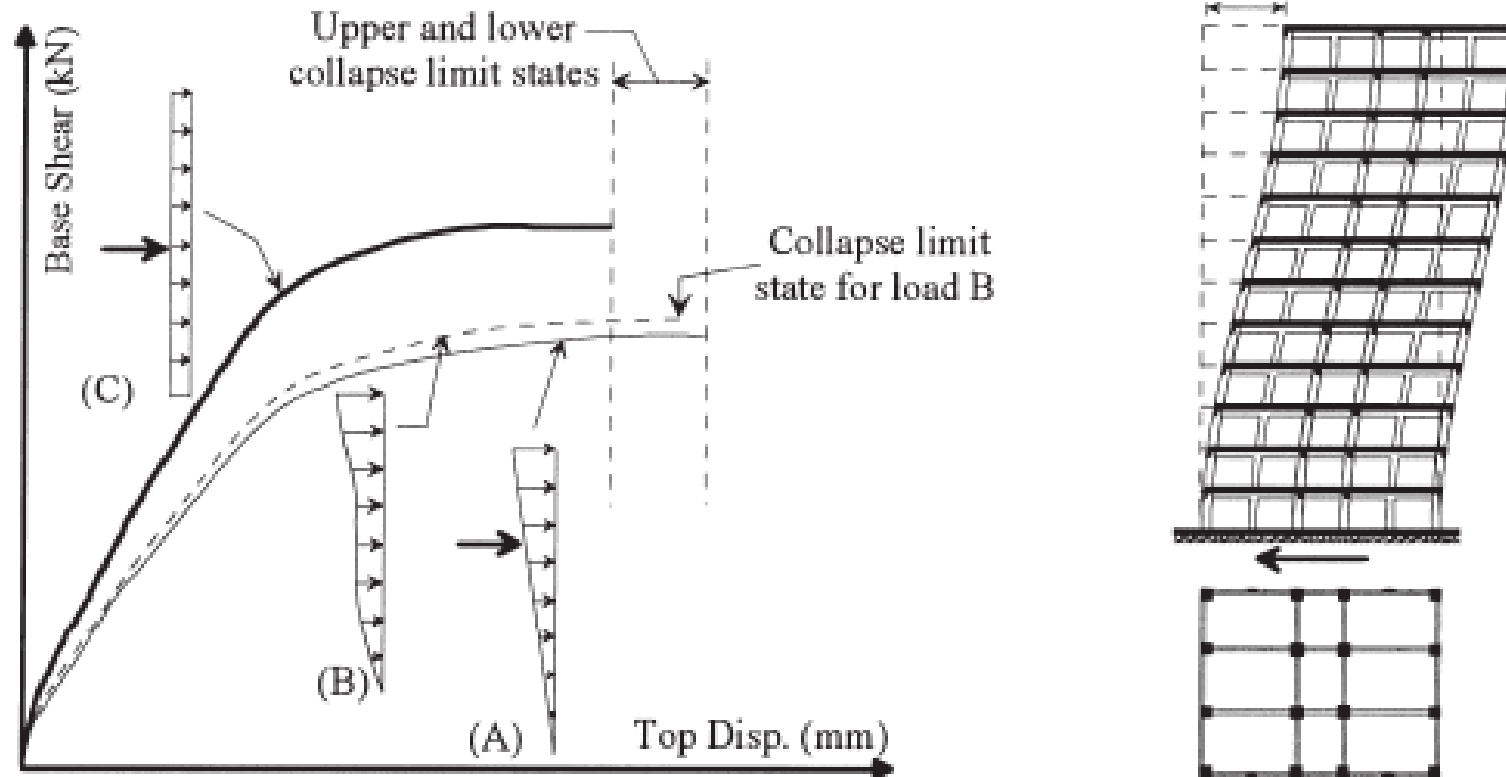
**In genere si adotta una distribuzione di forze orizzontali rappresentativa della prima forma modale (valida per strutture “a primo modo prevalente”)**

# ANALISI STATICA NON LINEARE



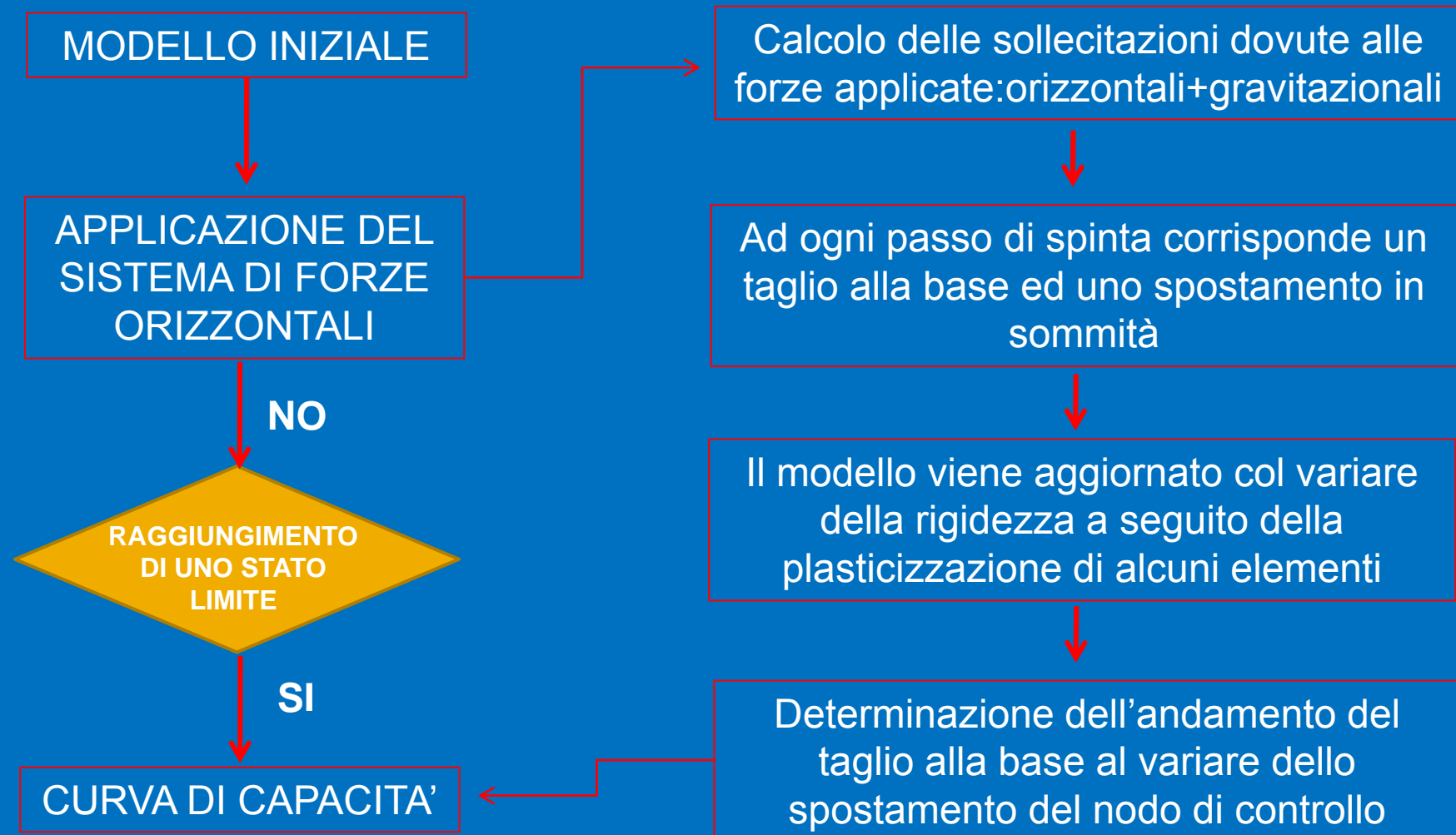
*traslazione “ $d_c$ ” del punto di controllo. La curva di capacità rappresenta il taglio alla base “ $V_b$ ” al variare dello spostamento “ $d_c$ ”*

# ANALISI STATICA NON LINEARE



*Curve di capacità ottenute con diversi profili di carico: (A) triangolare, (B) modale, (C) Costante.*

# Analisi statica non lineare



# Analisi dinamica non lineare

---

Consiste nell'applicare alla struttura una serie di accelerogrammi orizzontali (se necessario anche verticale), ad ogni passo dell'analisi corrisponde una risposta della struttura (nel corso dell'analisi può essere raggiunta una condizione ultima):

1. Definizione di un modello molto accurato (l'accuratezza del modello è fondamentale per evitare risultati non significativi)
2. Definizione di legami ciclici per gli elementi
3. Definizione dell'input sismico ovvero di una serie di accelerogrammi rappresentativi
4. Verifica della struttura

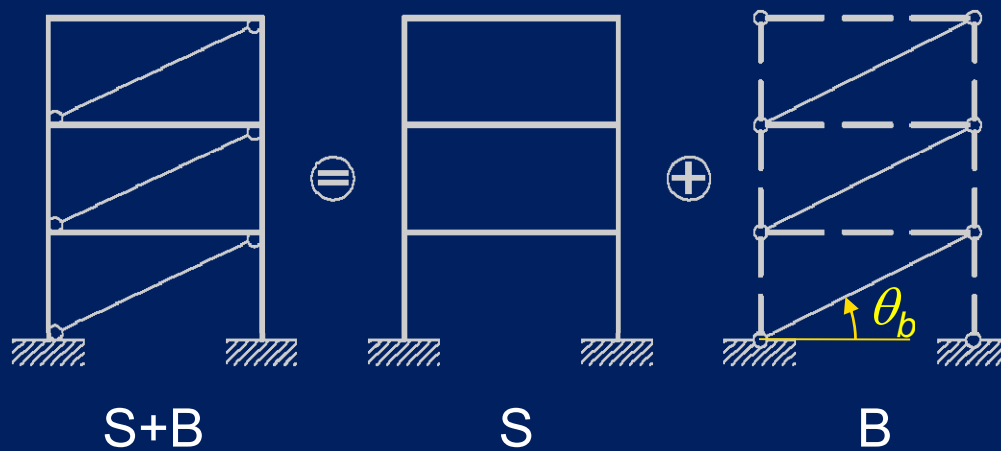
Questa analisi richiede un ingente onere computazionale ed i risultati ottenuti sono di più complessa interpretazione. Il modello strutturale richiede grande accuratezza e un'approfondita conoscenza delle caratteristiche, anche cicliche, di materiali ed elementi.



# CRITERI PROGETTUALI- CASO PIANO

## Telaio controventato

Il sistema B, connesso alla struttura S, è definito dalle componenti orizzontali



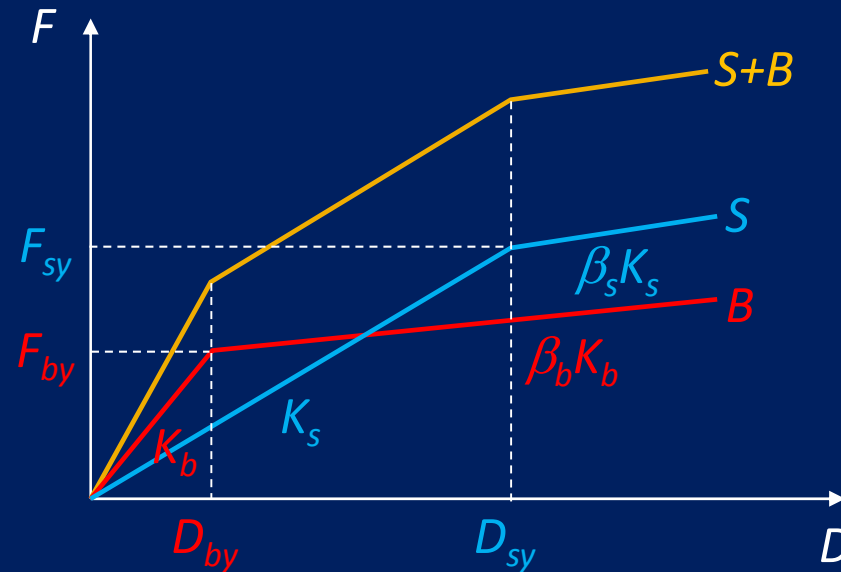
$$K_b = K'_b \cos^2 \theta_b$$

$$F_{by} = F'_{by} \cos \theta_b$$

$$D_{by} = D'_{by} / \cos \theta_b$$

# CRITERI PROGETTUALI

## Effetti dei BRB sul comportamento strutturale



1. Incremento di rigidezza iniziale
2. Incremento di resistenza
3. Modifica delle forme modali



**Influenza la curva di capacità**

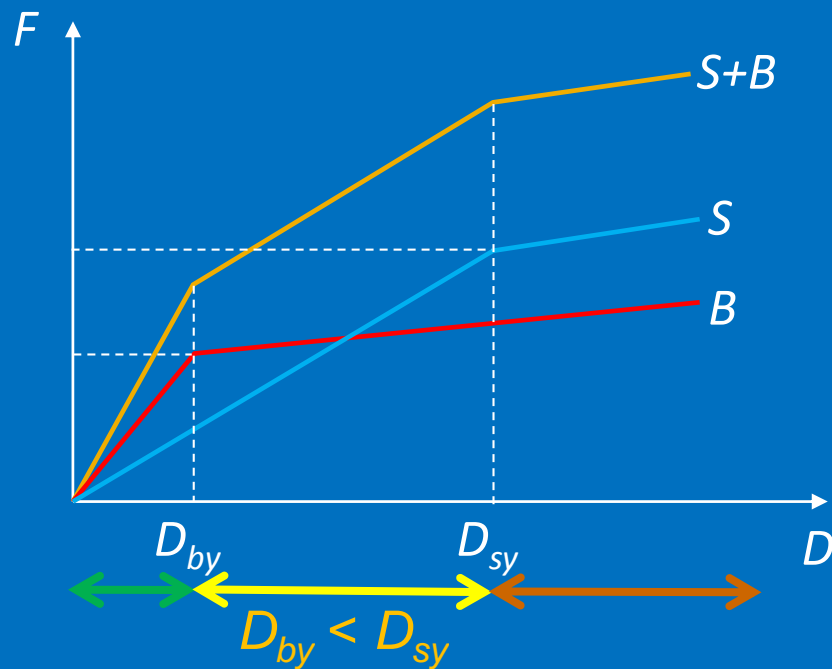
4. Incremento di energia dissipata



**Influenza la curva di domanda**

# CRITERI PROGETTUALI

## Scelte progettuali



S e B elastici lineari (S non danneggiato)

$K_{S+B} > K_S \Rightarrow D_{S+B} < D_S$  per carichi laterali

$v_{S+B} = v_I$

S lineare, B snervato (S non danneggiato)

$K_{S+B} > K_S$  ( $\beta_b > 0$ )

$v_{S+B} = v_I + v_B$

S e B plasticizzati (S danneggiato)

$v_{S+B} = v_I + v_S + v_B$

# CRITERI PROGETTUALI

## Scelte progettuali

Variabili del progetto:

1. proprietà del materiale ( $f_{by}$ ,  $E_b$ ,  $\beta_b$ ) ← prodotti commerciali
2. configurazione plano-altimetrica dei BRB ( $l_b$ ,  $\theta_b$ ) ← vincoli architettonici
3. spostamento di snervamento  $D_{by}$  ← spostamenti attesi
4. rigidezza laterale  $K_b$



Il progetto dei BRB si riduce a determinare la rigidezza  $K_b$

# CRITERI PROGETTUALI

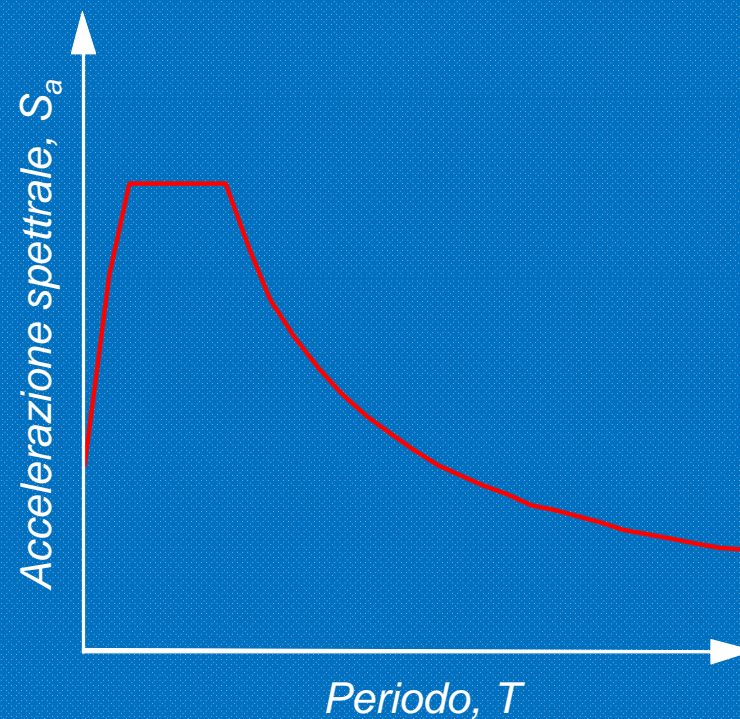
---

## Posizionamento dei BRB

- **La posizione dei controventi influenza**
    - la deformata della struttura (ne modifica le forme modali)
    - l'efficacia dello smorzamento dei dissipatori
  - **L'inserimento dei controventi dovrebbe**
    - ridurre/eliminare eventuali accoppiamenti roto-traslazionali
    - indurre spostamenti di interpiano costanti o linearmente crescenti
    - massimizzare lo smorzamento
  - **La distribuzione delle rigidzze dei BRB può essere assunta**
    - proporzionale agli spostamenti di interpiano
- possono essere adottati anche altri criteri

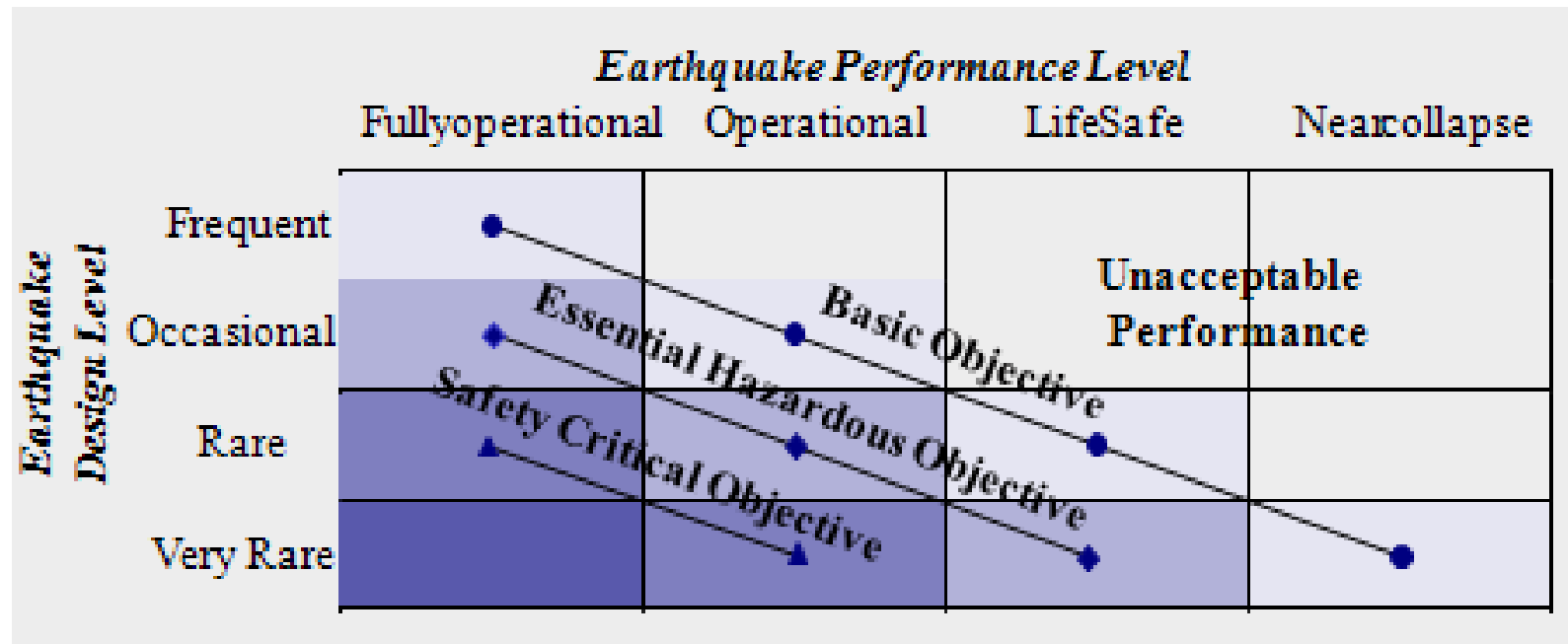
# PROCEDURA PROGETTUALE

1. Definire la richiesta sismica in termini di spettro elastico di risposta in accelerazione ( $T-S_a$ )



# PROCEDURA PROGETTUALE

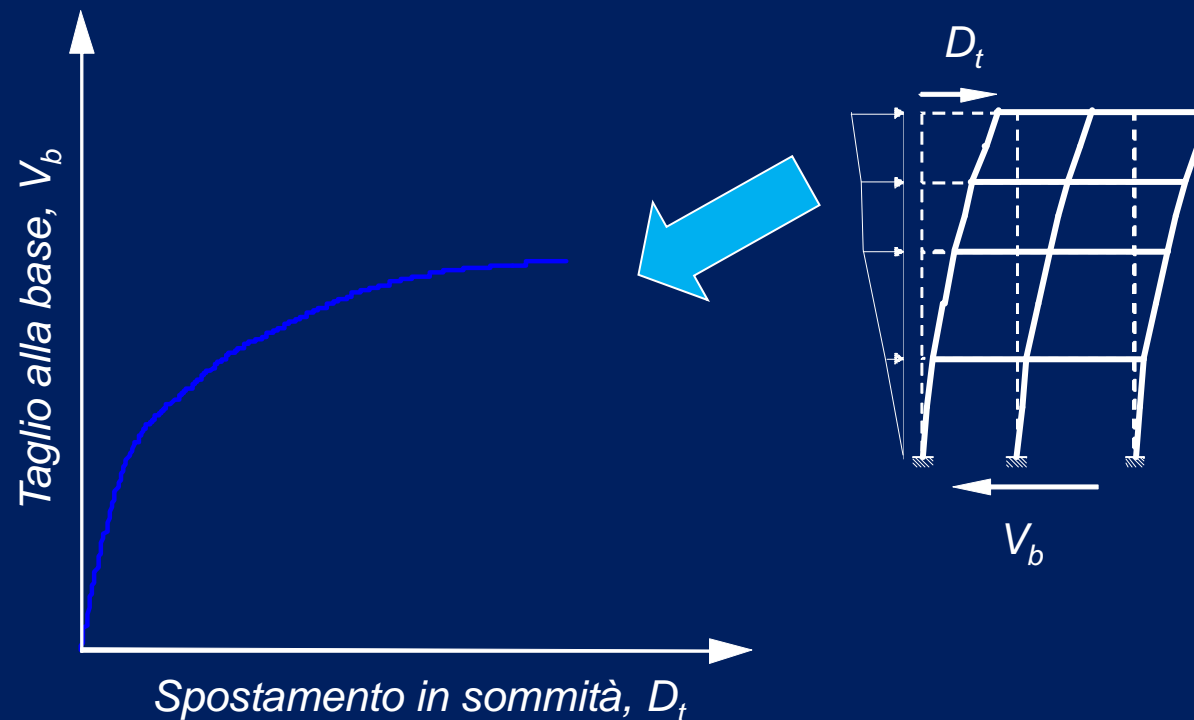
## 2. Selezionare lo spostamento obiettivo



# PROCEDURA PROGETTUALE

3. Definire la curva di capacità della struttura controventata S+B ( $D_t$ - $V_b$ ) mediante POA (es. con  $\psi = M\phi$ ).

N.B. Alla prima iterazione si considera la sola struttura S.





# PROCEDURA PROGETTUALE

4. Definire SDOF equivalente trasformando la CC del MDOF nello spettro di capacità ( $S_{dt}$ - $S_{ab}$ )

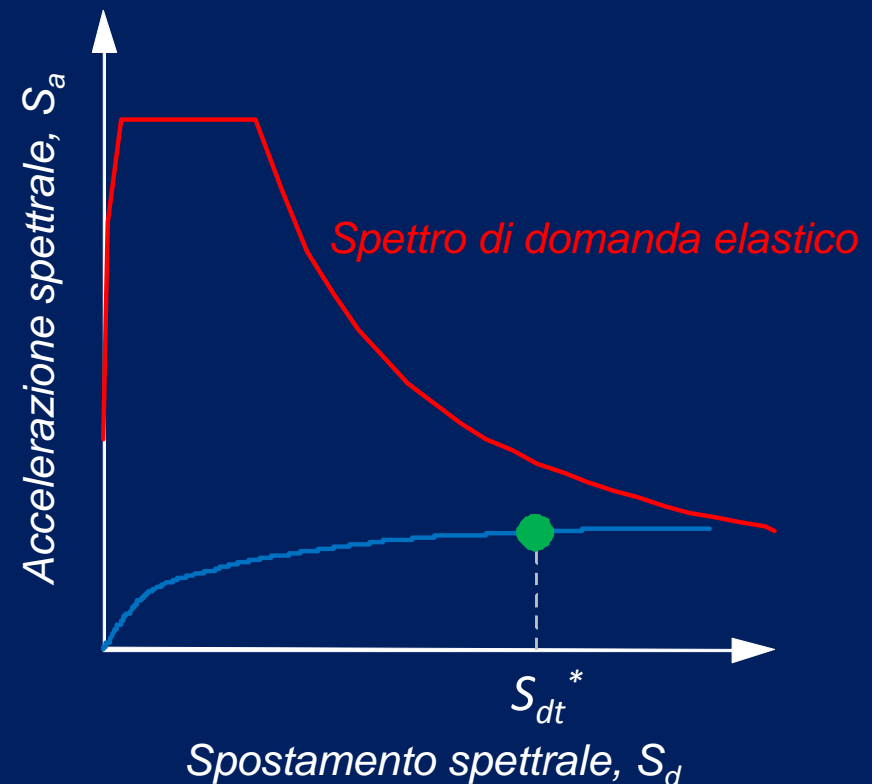
$$S_{dt} = \frac{D_t}{\Gamma \phi_t} \quad S_{ab} = \frac{V_b}{\Gamma \mathcal{L}}$$

$\Gamma$  = fattore di partecipazione della forma  $\phi$   
 $\mathcal{L} = \phi^T M I$ .

$$S_d = \left( \frac{T}{2\pi} \right)^2 S_a$$

$$S_{dt}^* = D_t^* / (\Gamma \phi_t)$$

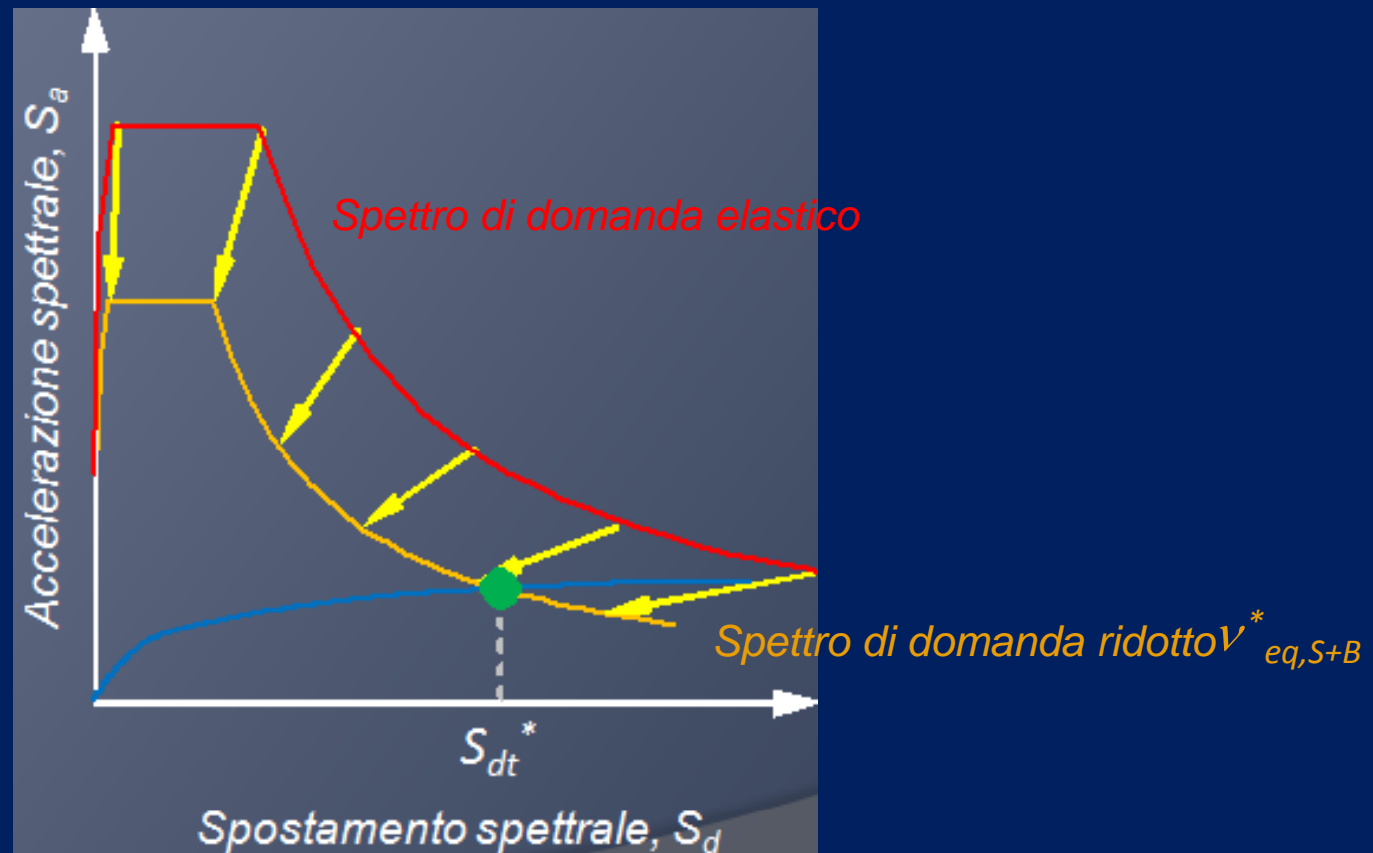
$D_t^*$  è lo spostamento obiettivo definito al punto 1



# PROCEDURA PROGETTUALE

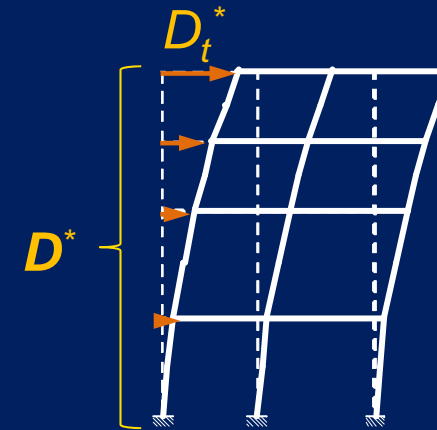
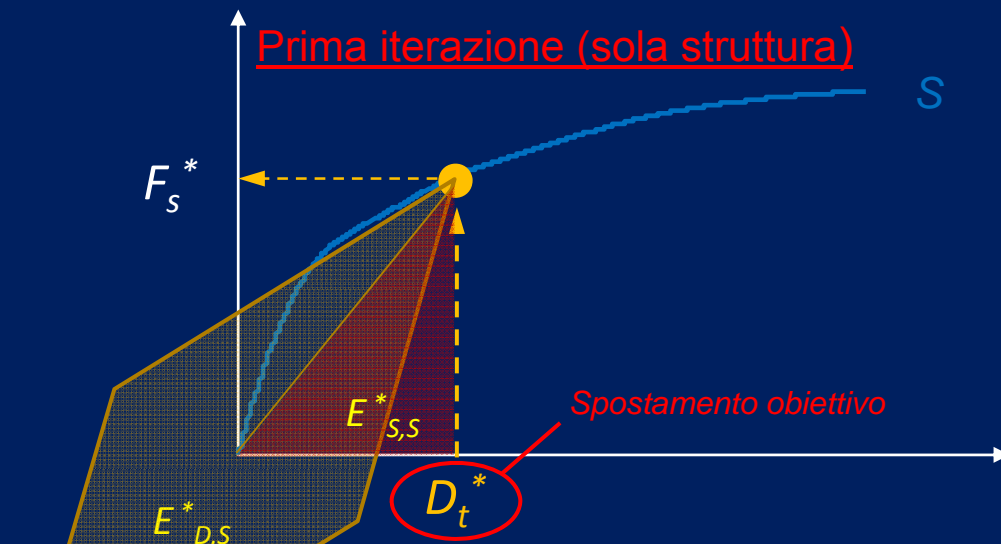
5. Valutare lo smorzamento viscoso equivalente  $v_{eq,S+B}^*$  di S+B necessario per ottenere lo spostamento spettrale obiettivo  $S_{dt}^*$

Secondo il Capacity Spectrum Method:  $v_{eq,S+B}^* \mid S_d(v_{eq,S+B}^*) = S_{dt}^*$

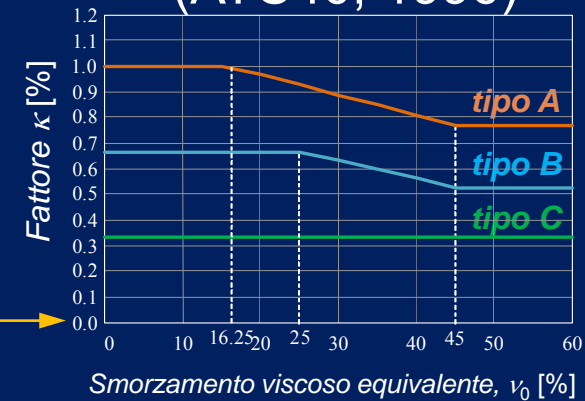


# PROCEDURA PROGETTUALE

6. Valutare lo smorzamento viscoso equivalente della sola struttura  $v_{eq,S}^*$  corrispondente allo spostamento obiettivo dovuto ad eventuali deformazioni plastiche di S.



(ATC40, 1996)



$$v_{eq,S}^* = \frac{1}{4\pi} \frac{E_{D,S}(D_t^*)}{E_{S,S}(D_t^*)} = \frac{2}{\pi} \frac{F_{sy} D_t^* - D_{sy} F_s(D_t^*)}{D_t^* F_s(D_t^*)} \kappa$$

# PROCEDURA PROGETTUALE

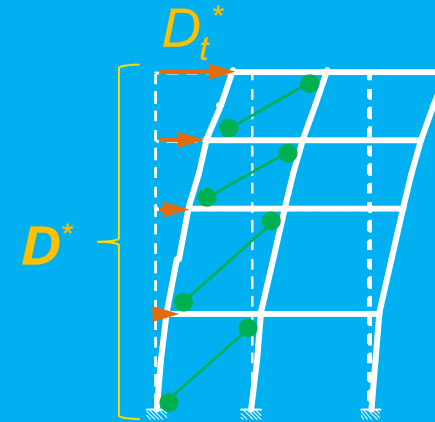
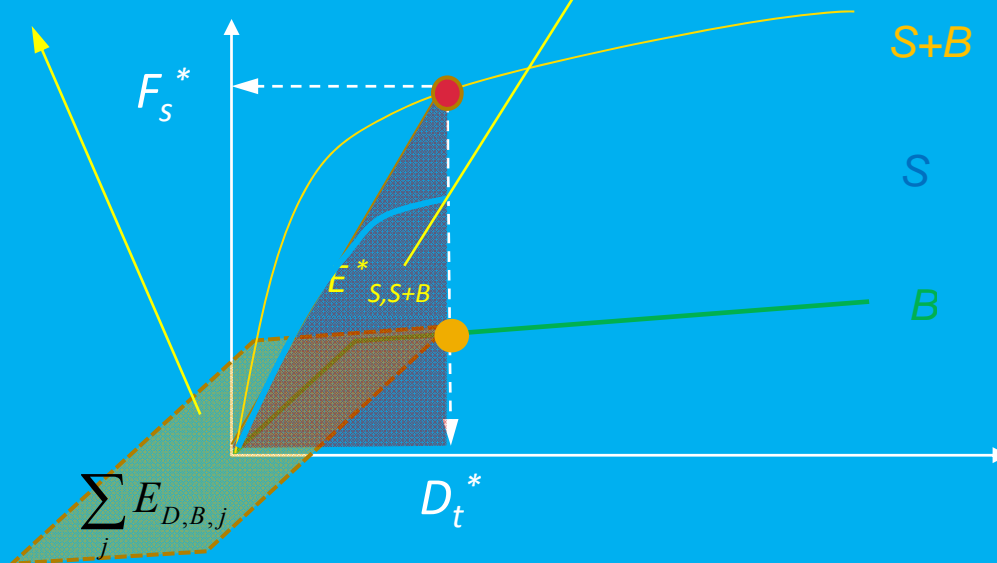
## 6. Valutare lo smorzamento viscoso per la struttura con controventi

Successive iterazioni (struttura + controventi)  $V_{eq,S+B} = V_{eq,S} + V_{eq,B} + V_I$

$$v_{eq,S+B} = \frac{1}{4\pi} \frac{E_{D,S+B}}{E_{S,S+B}} = \frac{1}{4\pi} \frac{k_S E_{D,S}^{bilinear} + k_B \sum_j E_{D,B,j}}{E_{S,S+B}}$$

$$v_{eq,B}^*(D_t^*) = \frac{1}{4\pi} \frac{E_{D,B}(D_t^*)}{E_{S,S+B}(D_t^*)}$$

$$v_{eq,S}^*(D_t^*) = \frac{1}{4\pi} \frac{E_{D,S}(D_t^*)}{E_{S,S+B}(D_t^*)}$$



# PROCEDURA PROGETTUALE

7. Valutare lo smorzamento viscoso equivalente aggiuntivo che deve essere fornito dai BRB per soddisfare lo spostamento obiettivo:

$$v_{eq,B}^*(D_t^*) = v_{eq,S+B}^*(D_t^*) - v_{eq,S}^*(D_t^*) - v_I = 0$$

8. Determinare la rigidezza assiale dei BRB per garantire il necessario smorzamento aggiuntivo

$$v_{eq,B}^* = \frac{1}{4\pi} \frac{4 \sum_j 4(1 - \beta_{Bj}) K'_{bj} (l_{bj} \delta_j \cos \theta_{bj} - l_{bj}^2 \frac{f_{byj}}{E_b}) \frac{f_{byj}}{E_b}}{\frac{1}{2} F_{S,S+B}(D^*) D_{S,S+B}^*}$$

$f_{byj}$  = resistenza di snervamento,  $E_b$  = modulo elastico,  $\beta_{bj}$  = rapporto di incrudimento dei BRB

$D_j, \delta_j$  = spostamenti di piano e di interpiano  $j$ -esimi @  $D_t^*$

$l_{bj}$  = lunghezza dei BRB al piano  $j$ -esimo

# PROCEDURA PROGETTUALE

a) Assumere BRB fatti dello stesso materiale:  $f_{bj} = f_b$  e  $\beta_{bj} = \beta_b$

b) Scegliere la configurazione dei controventi: **posizione**,  $l_{bj}$ ,  $\theta_{bj}$

c) Definire la distribuzione delle rigidezze di piano dei BRB:  $K'_{bj} = K'_b c_{bj}$   
 $c_{bj} = \delta_j / \max_j \{ \delta_j \}$



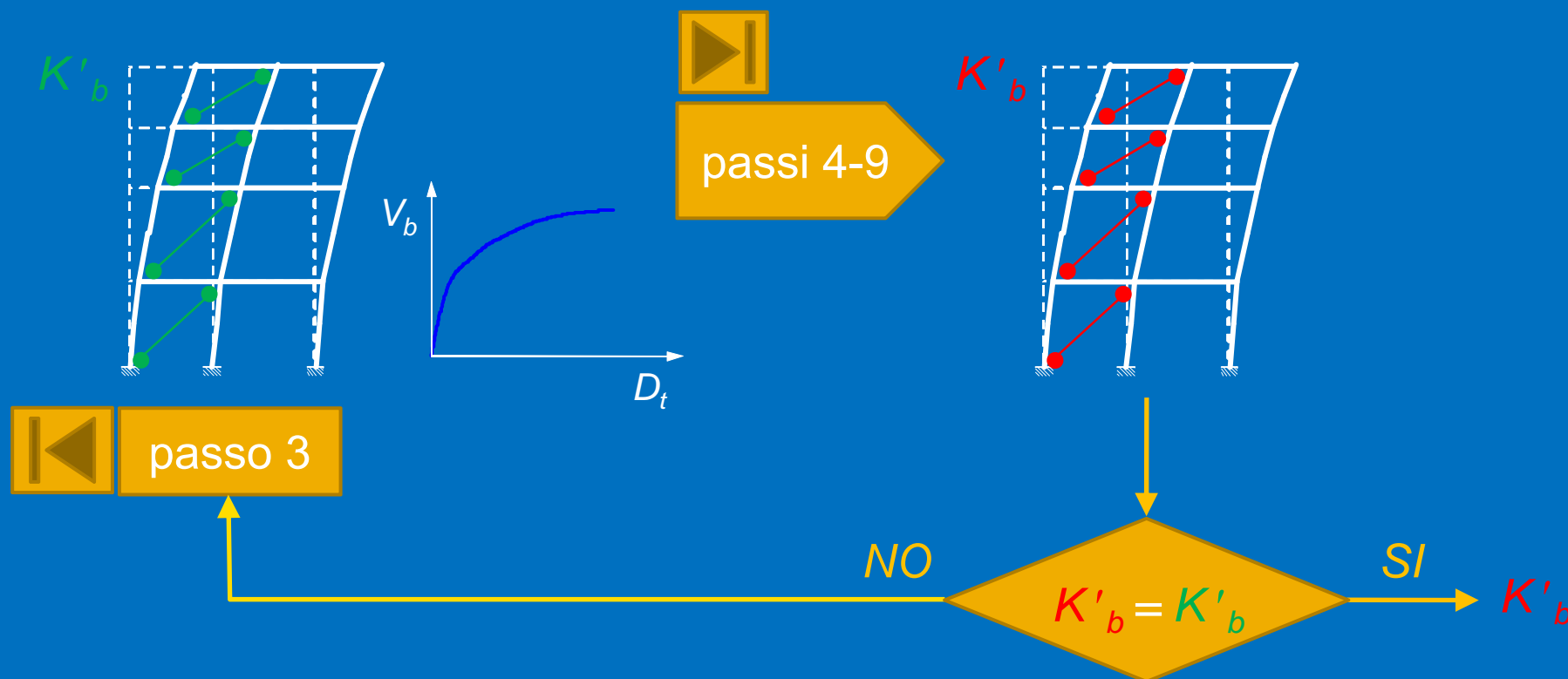
$$K'_b = \frac{\pi v^*_{eq,B} F_{S,S+B} (D^*) D^*_{S,S+B}}{2 C_1}$$

$$C_1 = \frac{f_{by}}{E_b} (1 - \beta_b) \sum_j c_{bj} \left( l_{bj} \delta_j \cos \theta_{bj} - l_{bj}^2 \frac{f_{by}}{E_b} \right)$$

# PROCEDURA PROGETTUALE

9. **Controllare la convergenza:** di solito  $K'_b$  differisce da quella usata per determinare la CC ed è necessario ripetere i passi 3-9.

A convergenza raggiunta, si progetta la sezione dei BRB.



# CASI DI STUDIO 2D

---

Applicazione della procedura su due telai piani in c.a., caratterizzati da una differente geometria, entrambi progettati con la Normativa Tecnica Italiana del 1992

## Obiettivo

Adeguamento di due strutture intelaiate 2D in c.a. progettate per soli carichi verticali

Azione sismica di progetto: spettro di risposta EC8 e  $p_{ga}=0.30\text{ g}$

## Analisi strutturale

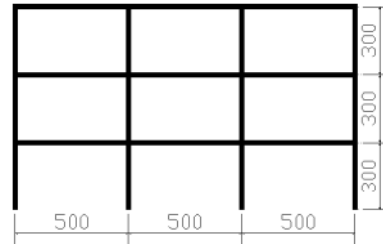
Software: OpenSees *modello non lineare a fibre*



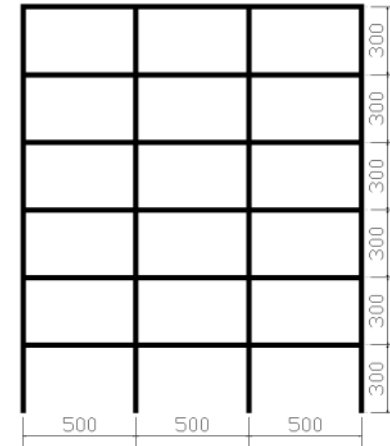
# CASI DI STUDIO

## Struttura esistente: punto di funzionamento

Telaio 2D 3x3  
Edificio basso e  
regolare



Telaio 2D 3x6  
Edificio alto e  
regolare



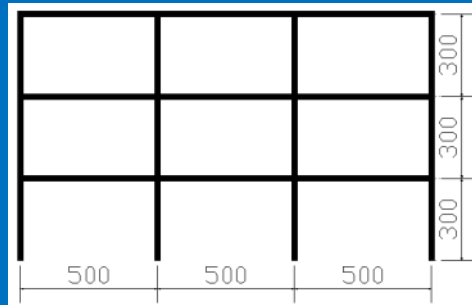
# CASI DI STUDIO

## Struttura esistente: punto di funzionamento

### Telaio 2D 3x3

$$D_{t3x3} = 44 \text{ mm}$$

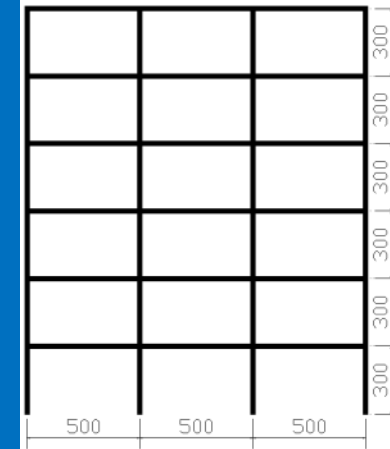
$$V_{b3x3} = 210 \text{ kN}$$



### Telaio 2D 3x6

$$D_{t3x6} = 82 \text{ mm}$$

$$V_{b3x6} = 227 \text{ kN}$$



## PROGETTO DEI CONTROVENTI BRB

Obiettivo:  
limitazione del  
danno

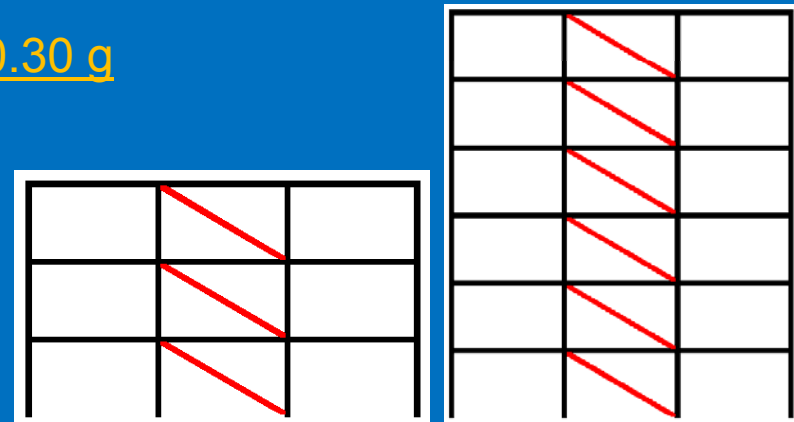
### Spostamento obiettivo @ $p_{ga}=0.30 \text{ g}$

$$D_{t3x3}^* = 25 \text{ mm}$$

$$D_{t3x6}^* = 25 \text{ mm}$$

$$D_t^*/H = 3\text{‰}$$

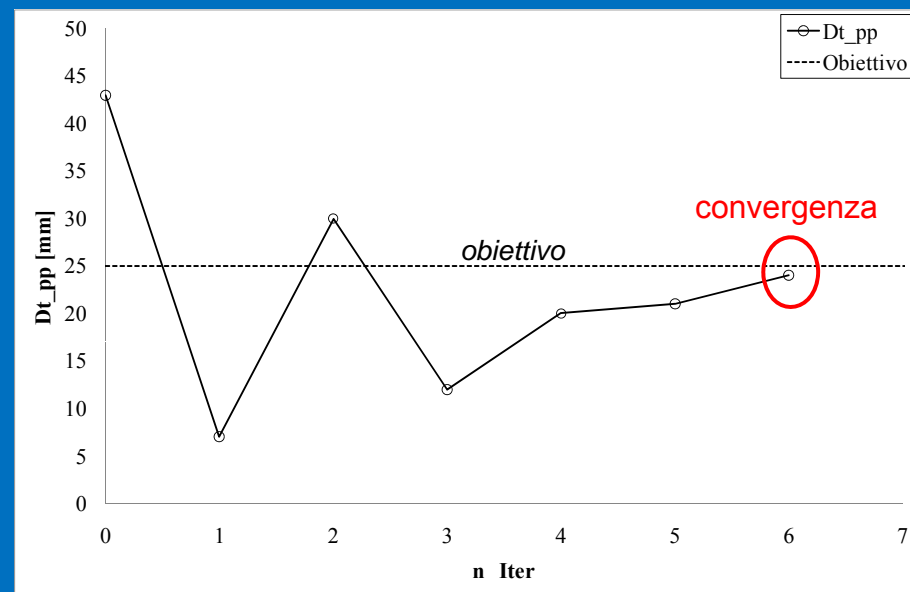
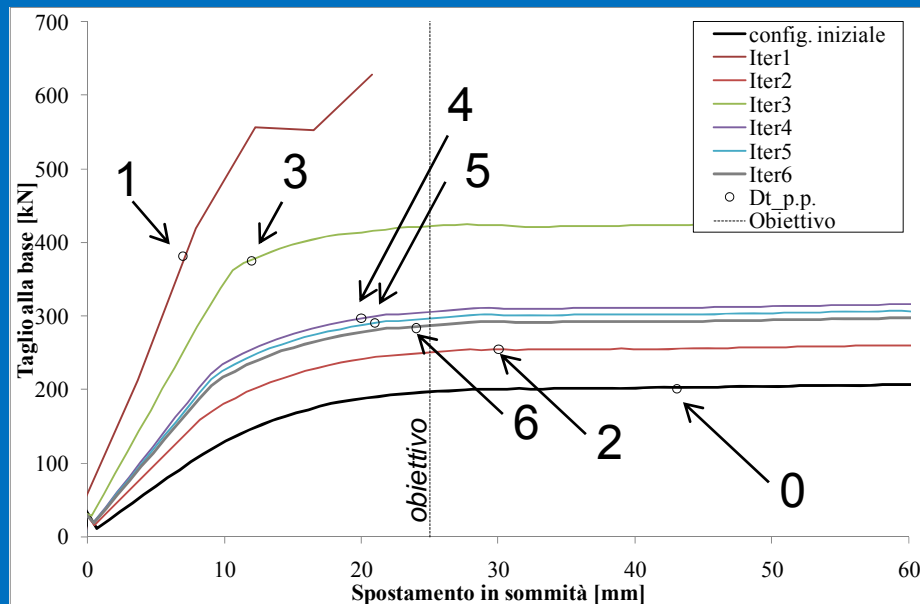
*Distribuzione della rigidezza tale da linearizzare  
la deformata e ridurre il drift interpiano*



# CASO DI STUDIO: TELAIO 3X3

## Telaio 3x3

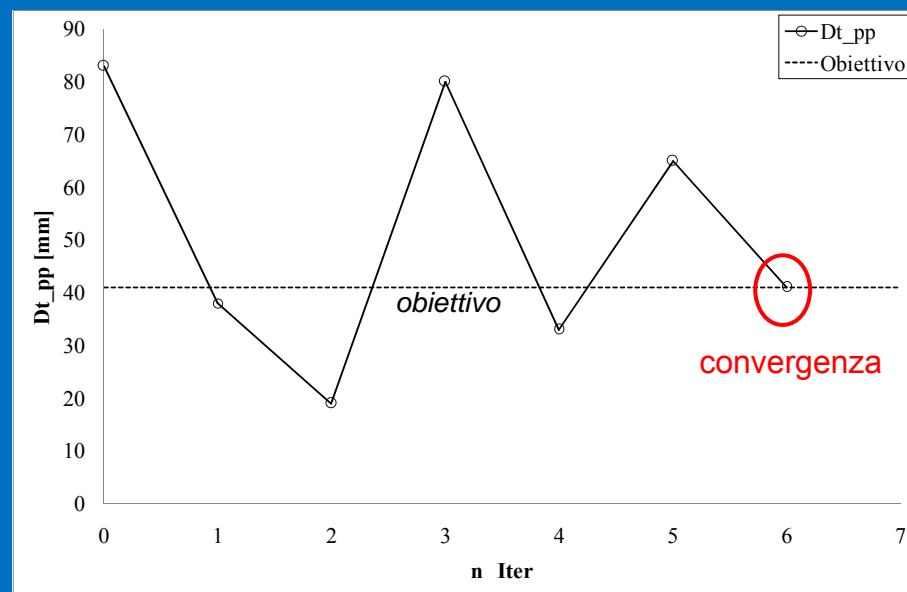
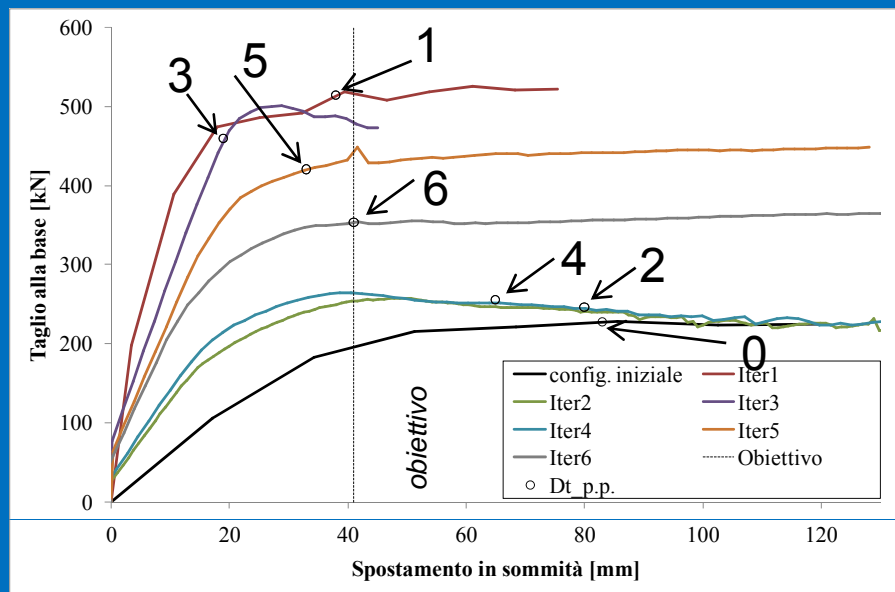
- (a) Influenza dei BRB sulla curva di capacità del telaio;
- (b) Individuazione del punto di funzionamento per ciascun passo della procedura (iter = 0 corrisponde al telaio esistente).



# CASO DI STUDIO: 3X6

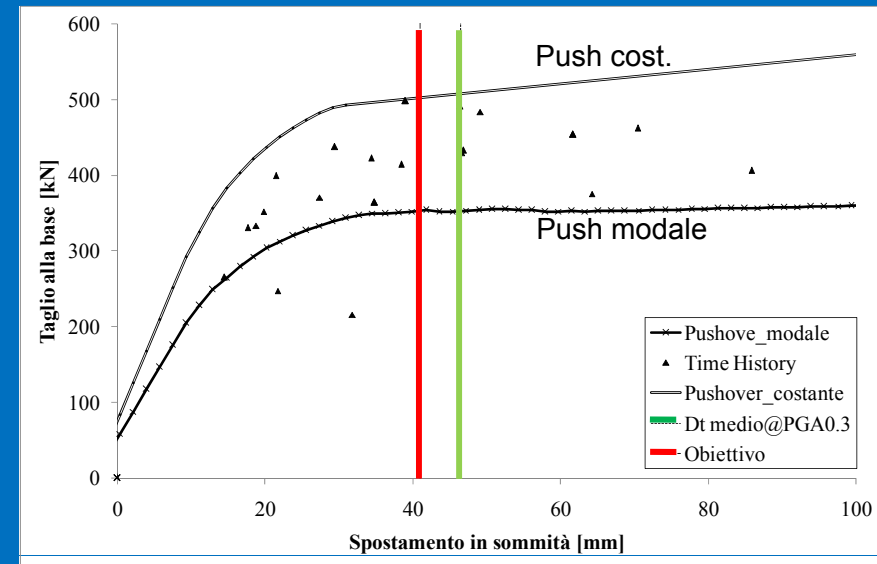
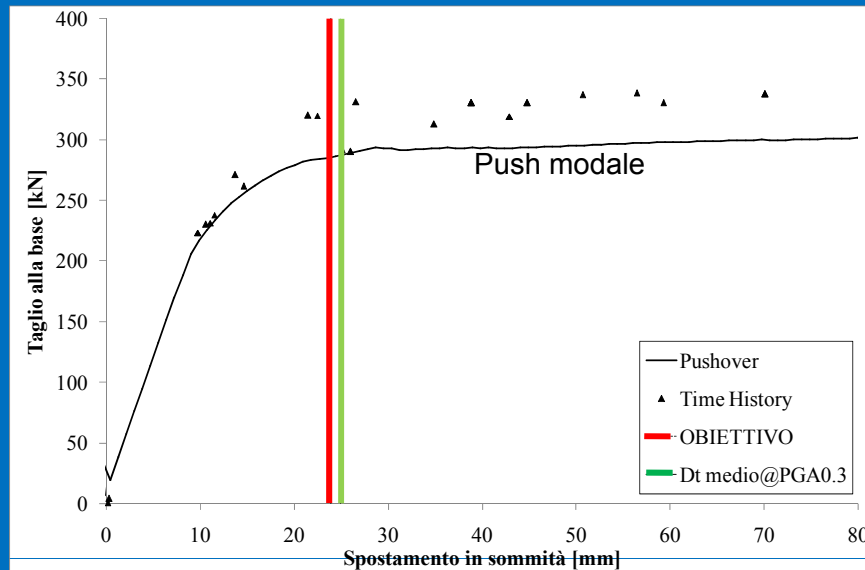
## Telaio 3x3

- (a) Influenza dei BRB sulla curva di capacità del telaio;
- (b) Individuazione del punto di funzionamento per ciascun passo della procedura (iter = 0 corrisponde al telaio esistente).



# CASO DI STUDIO

Confronto tra analisi statica n.l. e analisi dinamica n.l.

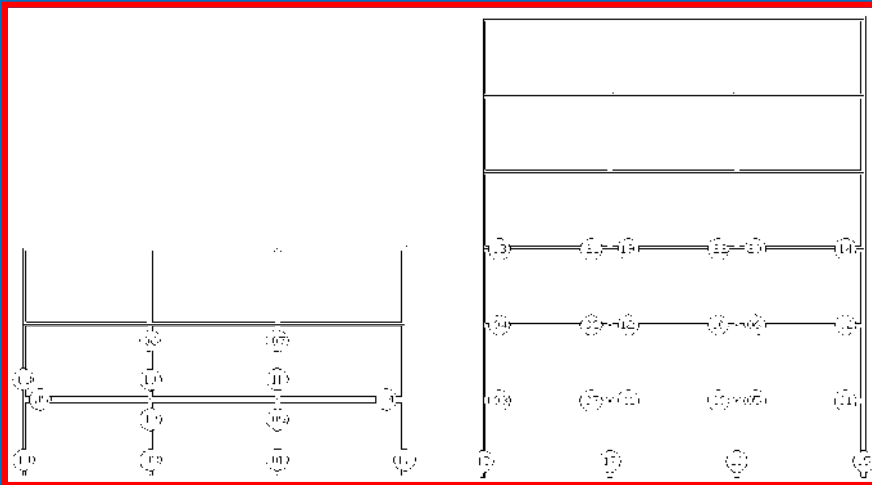


L' introduzione dei controventi dissipativi, in base al criterio adottato, rende maggiormente efficiente l'analisi di spinta.

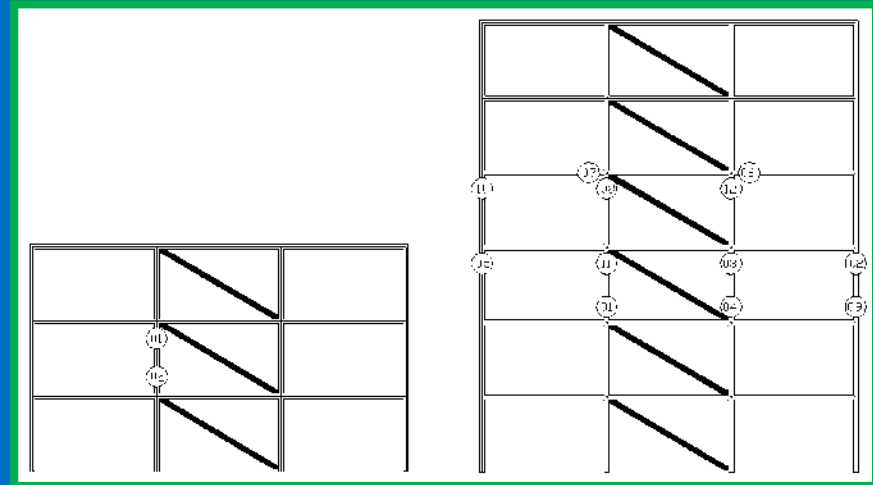
Da una comparazione con i risultati delle analisi dinamiche si conferma la validità dell'analisi statica non lineare per le strutture controventate

# CASI DI STUDIO – LIVELLO DEL DANNO

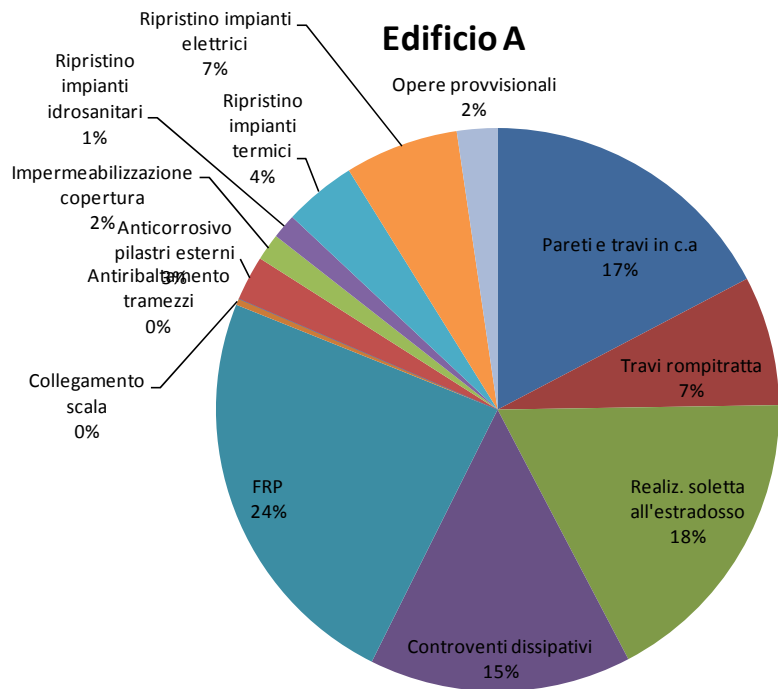
L'inserimento dei BRB riduce significativamente, rispetto all'edificio esistente, il danno nella struttura; al raggiungimento dello spostamento obiettivo:



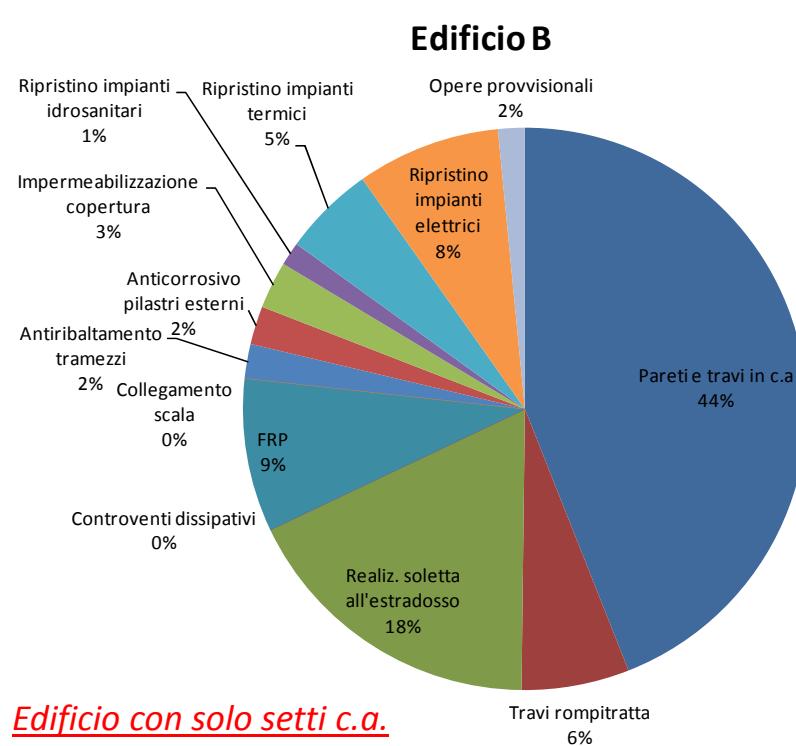
- la distribuzione delle cerniere nelle strutture prive di controventi è decisamente diffusa e caratterizzata da escursioni in campo plastico rilevanti.



- tutti i controventi sono in fase plastica
- la distribuzione delle cerniere plastiche risulta essere localizzata e caratterizzata da condizioni di limitata escursione in campo plastico.



**Edificio con controventi dissipativi**



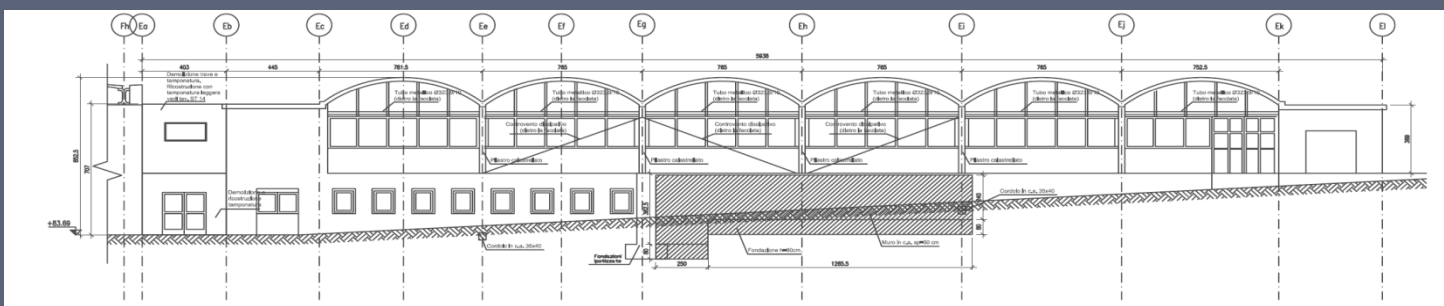
**Edificio con solo setti c.a.**

Voci di costo	Intera struttura				Edificio A					Edificio B				
	Spesa €	Incidenza			Spesa €	€ i / € tot	Incidenza			Spesa €	€ i / € tot	Incidenza		
	€	€/m2	€/m3	€ i / € tot	€	€ i / € tot	€/m2	€/m3	i / totA	€	€ i / € tot	€/m2	€/m3	i / totA
Pareti e travi in c.a.	902238	73	25	26,4%	229620	6,7%	70	27	17,3%	443206	13,0%	150	52	44,0%
Travi rompitratta	234732	19	7	6,9%	98577	2,9%	30	12	7,4%	62390	1,8%	21	7	6,2%
Realiz. soletta all'estradosso	586911	48	16	17,2%	233136	6,8%	71	27	17,6%	178924	5,2%	61	21	17,8%
Controventi dissipativi	325181	26	9	9,5%	199779	5,9%	61	24	15,1%	0	0,0%	0	0	0,0%
FRP	643616	52	18	18,8%	314356	9,2%	96	37	23,7%	88568	2,6%	30	10	8,8%
Collegamento scala	10000	1	0	0,3%	5000	0,1%	2	1	0,4%	0	0,0%	0	0	0,0%
Antiribaltamento tramezzi	19718	2	1	0,6%	0	0,0%	0	0	0,0%	19718	0,6%	7	2	2,0%
Anticorrosivo pilastri esterni	86041	7	2	2,5%	34060	1,0%	10	4	2,6%	22167	0,6%	8	3	2,2%
Impermeabilizzazione copertura	96113	8	3	2,8%	20664	0,6%	6	2	1,6%	27276	0,8%	9	3	2,7%
Ripristino impianti idrosanitari	46500	4	1	1,4%	18800	0,6%	6	2	1,4%	13600	0,4%	5	2	1,3%
Ripristino impianti termici	151978	12	4	4,5%	55136	1,6%	17	6	4,2%	52920	1,5%	18	6	5,3%
Ripristino impianti elettrici	238822	19	7	7,0%	86642	2,5%	26	10	6,5%	83160	2,4%	28	10	8,3%
Opere provvisionali	72605	6	2	2,1%	30815	0,9%	9	4	2,3%	15481	0,5%	5	2	1,5%
<b>Costi totali (euro)</b>	<b>3414455</b>	<b>277</b>	<b>95</b>		<b>1326585</b>	<b>38,9%</b>	<b>406</b>	<b>156</b>		<b>1007410</b>	<b>29,5%</b>	<b>341</b>	<b>119</b>	
Superficie (m2)	12313	m2			Sup. Ed.A	3270	m2			Sup. Ed.B	2950	m2		
Cubatura (m3)	36011	m3			Vol. Ed.A	8483	m3			Vol. Ed.B	8495	m3		

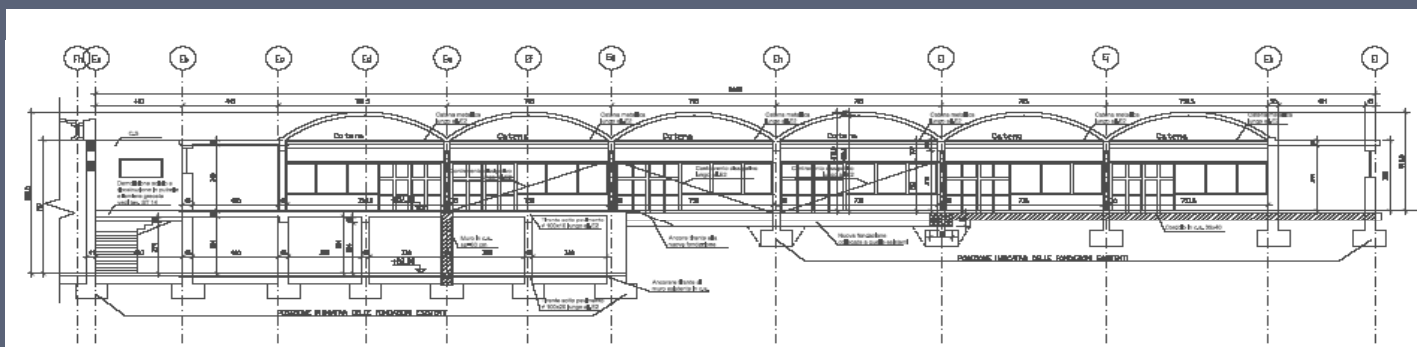
# PROGETTAZIONE DEI CONTROVENTI DISSIPATIVI

## INTERVENTO SU DI UNA STRUTTURA 1 Piano

E' prevista la separazione dell'edificio dalle strutture limitrofe per mezzo della realizzazione di giunti sismici in corrispondenza delle scale e dei corridoi e con la demolizione della copertura dell'atrio, e la sua ricostruzione in modo che sia indipendente dalla palestra.



Prospecto sud – Allineamento E5



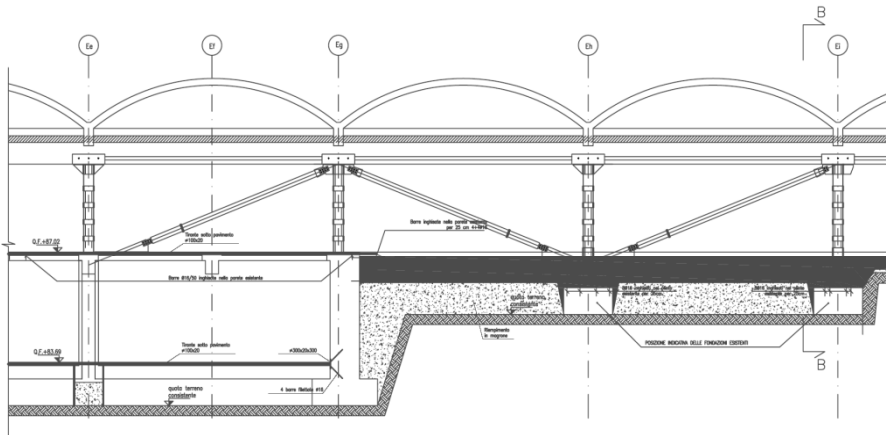
Sezione longitudinale



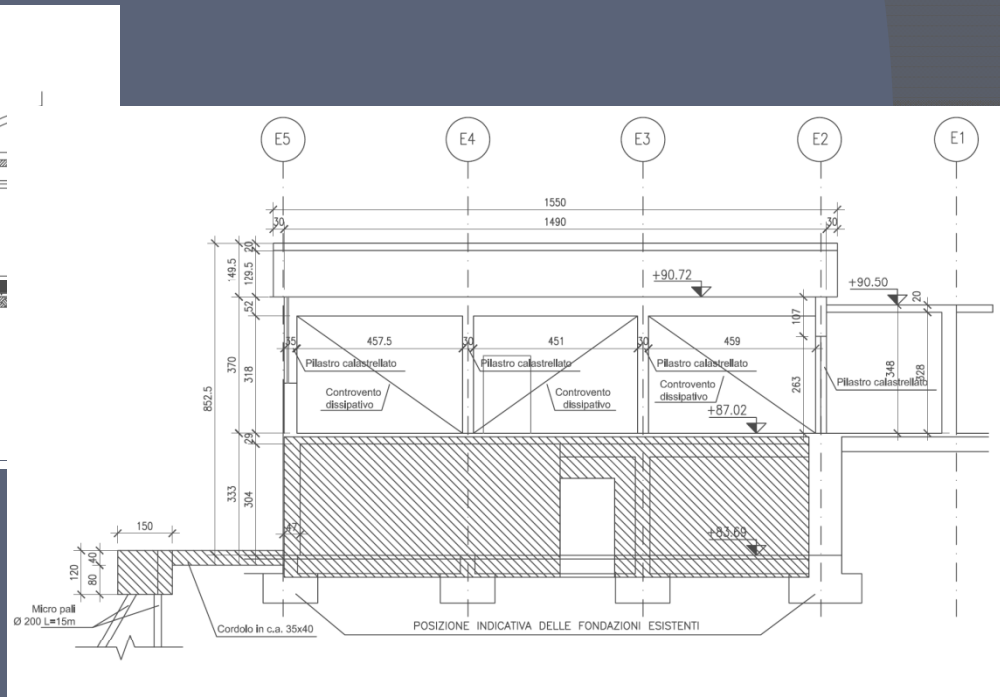
# PROGETTAZIONE DEI CONTROVENTI DISSIPATIVI INTERVENTO SU DI UNA STRUTTURA A UN PIANO

I controventi sono inseriti in maglie dei telai in c.a., che vengono rinforzati in carpenteria metallica con tralicci calastrellati, intorno ai pilastri, e con tiranti costituiti da piatti, in corrispondenza delle travi.

La posizione dei controventi trasversali è in zona centrale, sugli allineamenti Ee ed Ei, visto che nella struttura attuale, oltre ai telai in c.a., non idonei a resistere alle forze orizzontali, trasversalmente sono presenti solo alcune pareti in muratura alle estremità.



Sezione longitudinale – Controventi dissipativi

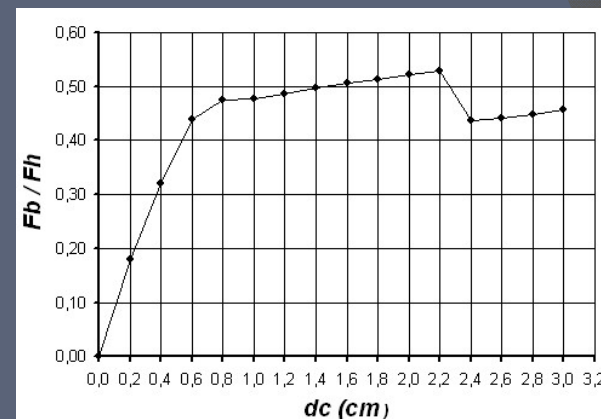
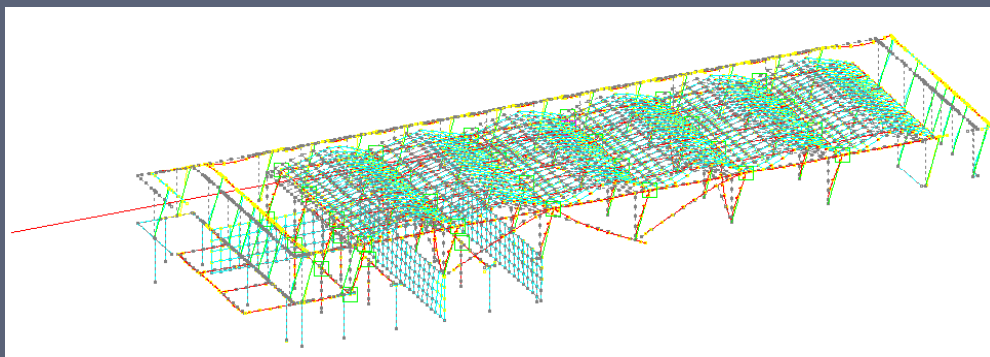


Sezione trasversale – Nuova parete in c.a. e controventi dissipativi  
sull'allineamento Ee

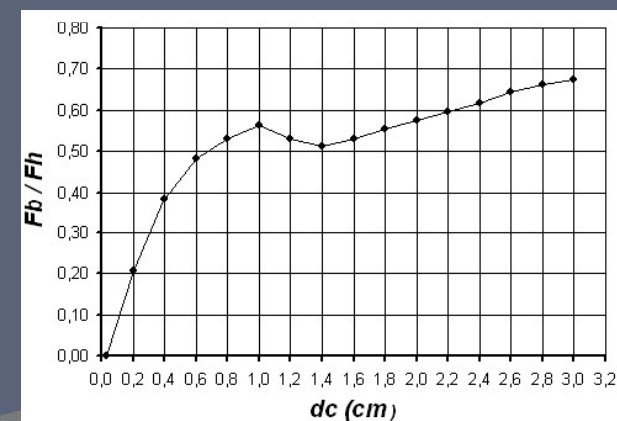
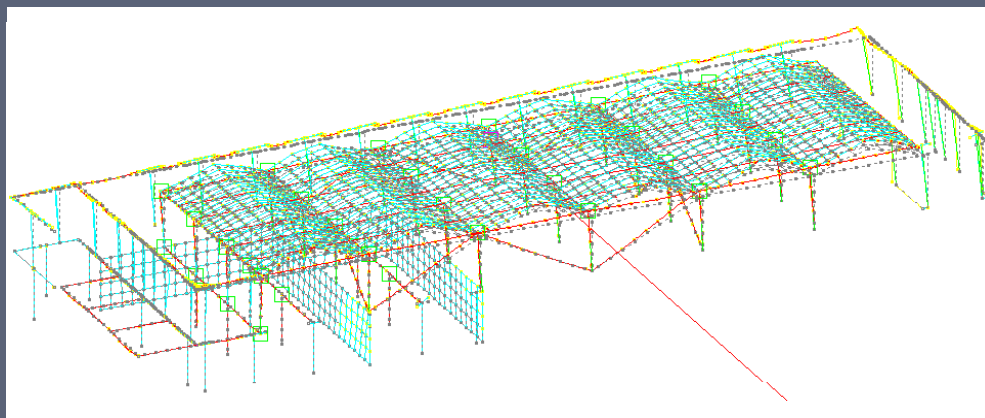
# PROGETTAZIONE DEI CONTROVENTI DISSIPATIVI

## INTERVENTO SU DI UNA STRUTTURA 1 Piano

E' stata condotta una analisi statica non lineare sul modello 3D in direzione longitudinale e trasversale



Pushover con forze proporzionali alle masse: dir. +X



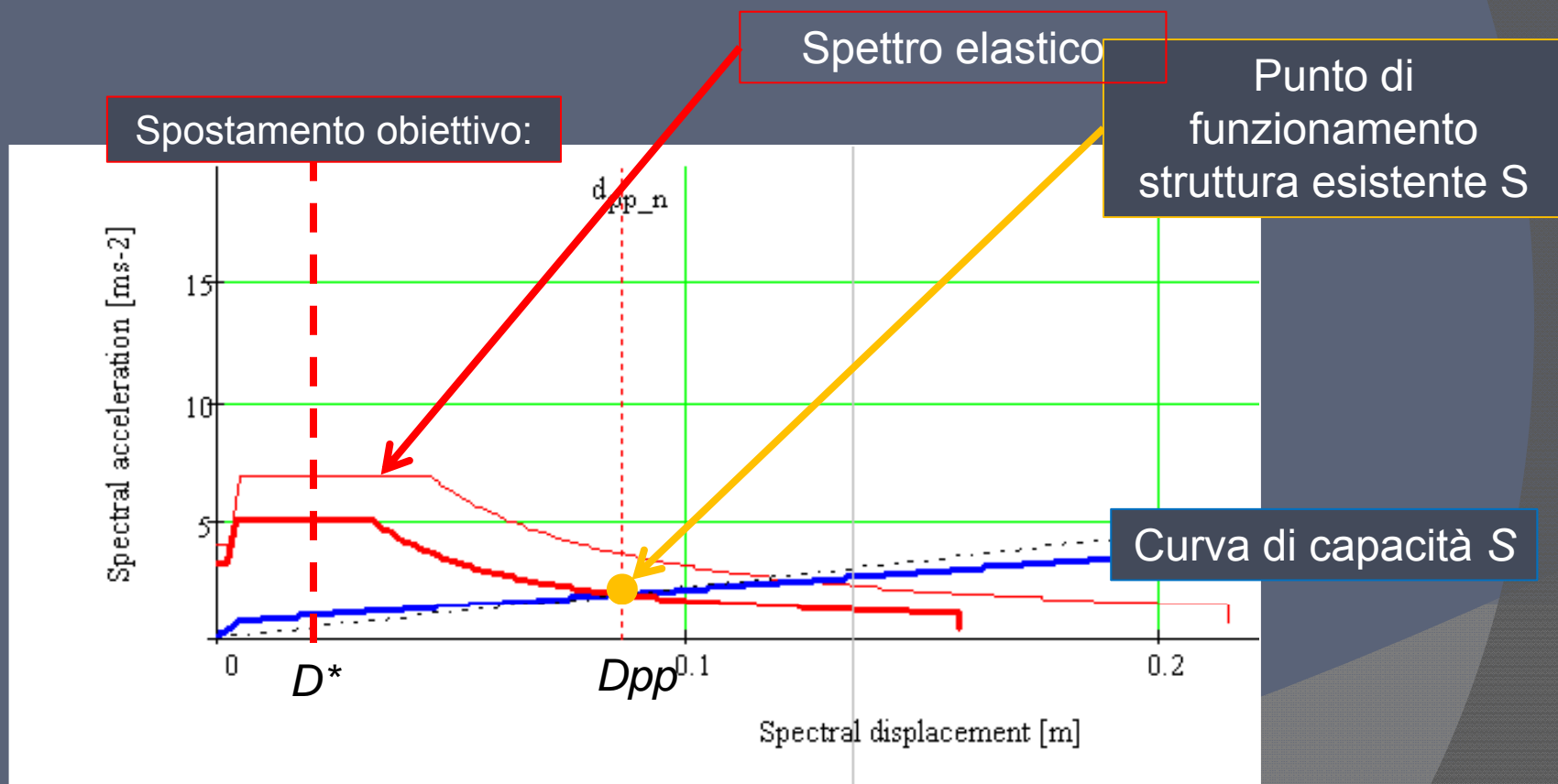
Pushover con forze proporzionali alle masse: dir. +Y

# Determinazione del punto di funzionamento della struttura esistente (analisi lungo X)

La struttura subisce spostamenti superiori al limite prestazionale prestabilito

$$D^* = 14 \text{ mm}$$

$$D_{pp} = 86 \text{ mm}$$



# Determinazione del punto di funzionamento della struttura dotata di controventi (analisi lungo X)

La struttura dotata dei controventi progettati, una volta individuato il prodotto commerciale più adeguato, subisce spostamenti inferiori al limite prestazionale prestabilito

$$D^* = 14 \text{ mm}$$

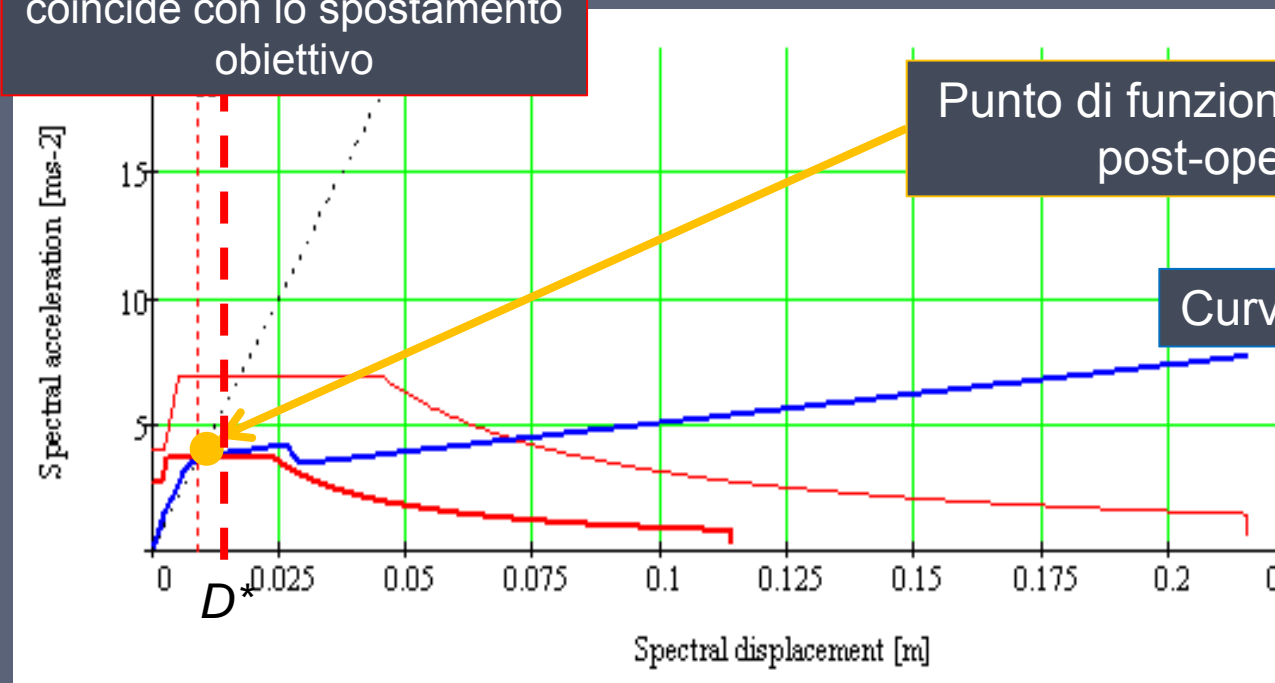
$$D_{pp} = 9.5 \text{ mm}$$

Caratteristiche dispositivo	BRAD 35/30-b	
Forza di primo snervamento	$F_y$	246
Forza di snervamento (T/C) al 3° ciclo allo spostamento $d_2$	$F_1$	284
Rigidità ramo elastico	$K_{el}$	206
Spostamento di snervamento medio	$d_1$	1,38
Forza massima media allo spostamento $d_2$	$F_2 = F_M$	317
Spostamento massimo di progetto	$d_2$	15
Forza di compressione al 3° ciclo allo spostamento $d_2$	$F_{C(3)}$	350
Forza di compressione al 20° ciclo allo spostamento $d_2$	$F_{C(20)}$	430
Lunghezza dispositivo BRAD	$L_{BRAD}$	1170
Lunghezza dispositivo BRAD fino a baricentro bulloni	$L'_{BRAD}$	1100
Diametro tubo di contenimento	$\phi_{BRAD}$	203
Lato minore flangia di collegamento	A	230
Lato maggiore flangia di collegamento	B	280
Peso del dispositivo	$P_{BRAD}$	131

Il punto di funzionamento coincide con lo spostamento obiettivo

Punto di funzionamento struttura post-operam S+B

Curva di capacità S+B

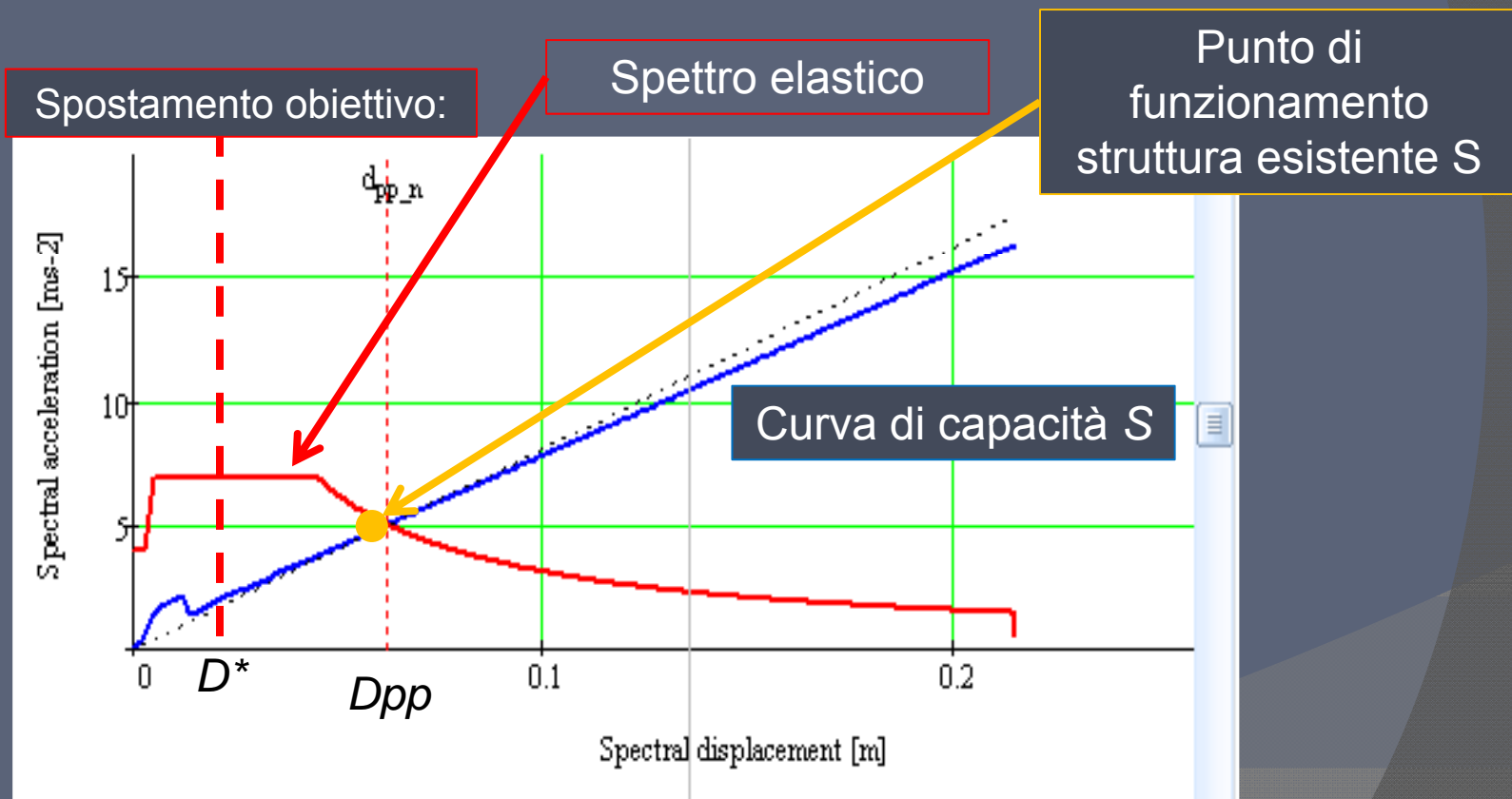


# Determinazione del punto di funzionamento della struttura esistente (analisi lungo Y)

La struttura subisce spostamenti superiori al limite prestazionale prestabilito

$$D^* = 10 \text{ mm}$$

$$D_{pp} = 62 \text{ mm}$$



# Determinazione del punto di funzionamento della struttura dotata di controventi (analisi lungo Y)

La struttura dotata dei controventi progettati, una volta individuato il prodotto commerciale più adeguato, subisce spostamenti inferiori al limite prestazionale prestabilito

$$D^* = 10 \text{ mm}$$

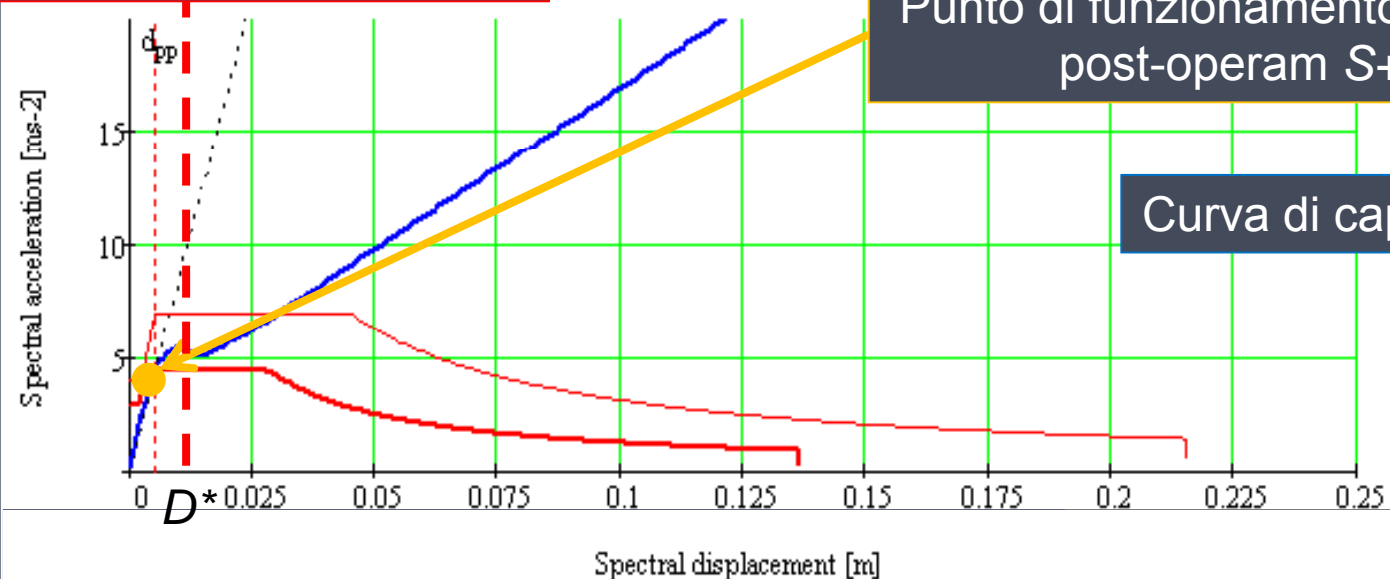
$$D_{pp} = 5.2 \text{ mm}$$

Caratteristiche dispositivo	BRAD 35/30-b	
Forza di primo snervamento	$F_y$	246
Forza di snervamento (T/C) al 3° ciclo allo spostamento $d_2$	$F_1$	284
Rigidezza ramo elastico	$K_{el}$	206
Spostamento di snervamento medio	$d_1$	1,38
Forza massima media allo spostamento $d_2$	$F_2 = F_M$	317
Spostamento massimo di progetto	$d_2$	15
Forza di compressione al 3° ciclo allo spostamento $d_2$	$F_{C(3)}$	350
Forza di compressione al 20° ciclo allo spostamento $d_2$	$F_{C(20)}$	430
Lunghezza dispositivo BRAD	$L_{BRAD}$	1170
Lunghezza dispositivo BRAD fino a baricentro bulloni	$L'_{BRAD}$	1100
Diametro tubo di contenimento	$\phi_{BRAD}$	203
Lato minore flangia di collegamento	A	230
Lato maggiore flangia di collegamento	B	280
Peso del dispositivo	$P_{BRAD}$	131

Il punto di funzionamento coincide con lo spostamento obiettivo

Punto di funzionamento struttura post-operam S+B

Curva di capacità S+B



# Determinazione del punto di funzionamento della struttura dotata di controventi (analisi lungo Y)

La struttura dotata dei controventi progettati, una volta individuato il prodotto commerciale più adeguato, subisce spostamenti inferiori al limite prestazionale prestabilito

$$D^* = 10 \text{ mm}$$

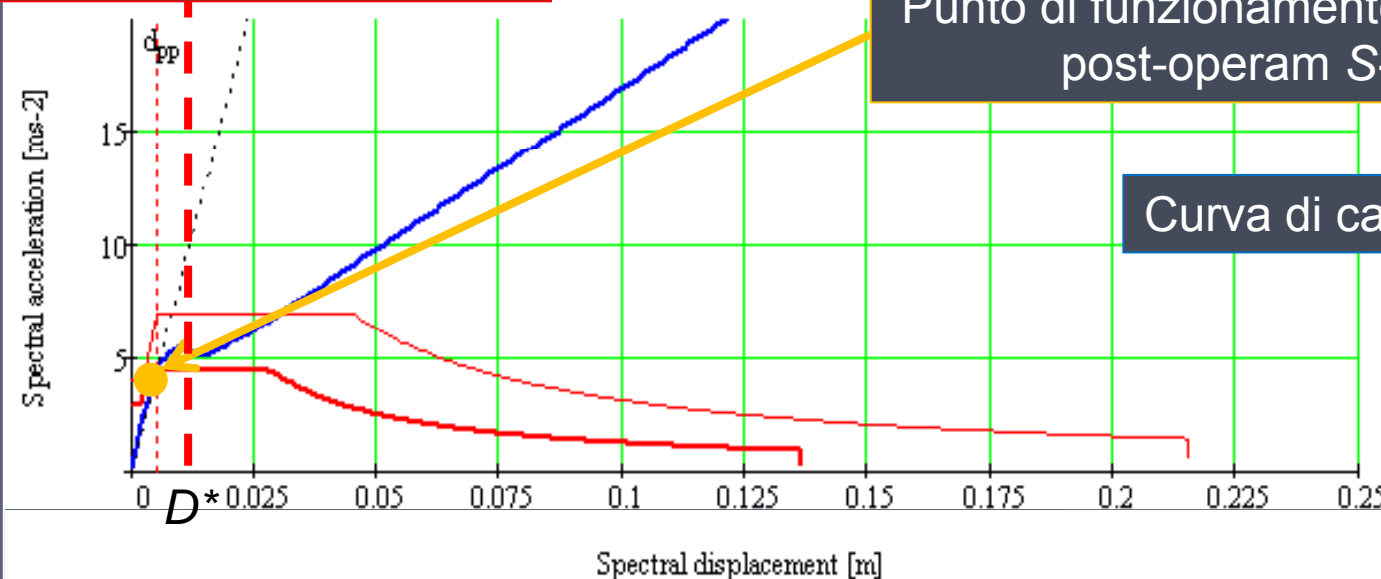
$$D_{pp} = 5.2 \text{ mm}$$

Caratteristiche dispositivo	BRAD 35/30-b	
Forza di primo snervamento	$F_y$	246
Forza di snervamento (T/C) al 3° ciclo allo spostamento $d_2$	$F_1$	284
Rigidezza ramo elastico	$K_{el}$	206
Spostamento di snervamento medio	$d_1$	1,38
Forza massima media allo spostamento $d_2$	$F_2 = F_M$	317
Spostamento massimo di progetto	$d_2$	15
Forza di compressione al 3° ciclo allo spostamento $d_2$	$F_{C(3)}$	350
Forza di compressione al 20° ciclo allo spostamento $d_2$	$F_{C(20)}$	430
Lunghezza dispositivo BRAD	$L_{BRAD}$	1170
Lunghezza dispositivo BRAD fino a baricentro bulloni	$L'_{BRAD}$	1100
Diametro tubo di contenimento	$\phi_{BRAD}$	203
Lato minore flangia di collegamento	A	230
Lato maggiore flangia di collegamento	B	280
Peso del dispositivo	$P_{BRAD}$	131

Il punto di funzionamento coincide con lo spostamento obiettivo

Punto di funzionamento struttura post-operam S+B

Curva di capacità S+B



# CONCLUSIONI

---

- procedura basata sugli spostamenti per il progetto di controventi dissipativi ad instabilità impedita (BRB) per l'adeguamento sismico di edifici in c.a.
- **Obiettivo** è ridurre gli spostamenti massimi entro limiti compatibili con un prefissato stato limite
- **Dato lo smorzamento totale necessario per avere il prefissato spostamento obiettivo.**
- Lo smorzamento dei BRB è dato dalla differenza tra lo smorzamento totale e lo smorzamento dovuto alle plasticizzazioni della struttura.
- **La procedura si è dimostrata efficace**
- Un opportuna distribuzione dei controventi rende l'analisi statica non lineare ancor più accurata e dunque adeguata per lo studio di queste strutture



Cosa è la sostenibilità nella progettazione strutturale?

Nel convegno si discuterà il problema con esperti internazionali che illustreranno le loro esperienze e con studiosi e tecnici italiani che illustreranno anche quanto si sta facendo per la ricostruzione dopo il terremoto dell'Aquila. Gli interventi eseguiti e da eseguire hanno come obiettivo la sicurezza dei componenti strutturali e non, nel rispetto delle necessità a breve, medio e lungo termine di proprietari ed utilizzatori, tenendo conto delle condizioni al contorno, di tipo economico e logistico. Si intenderà fare il punto su quanto eseguito sia dal punto di vista strettamente tecnico, con illustrazione delle scelte effettuate, sia delle ragioni che hanno condotto a tali scelte, per illustrare il concetto di "sostenibilità".

A titolo di esempio si pensi alla realizzazione del progetto C.A.S.E., per dare accoglienza ai senza tetto in tempi brevi, agli interventi sugli edifici scolastici dell'Aquila, in particolare a quelli debolmente danneggiati, che sono stati riparati in tempi brevi; ai progetti preparati per l'adeguamento delle scuole di Avezzano, perché sostengano gli eventi attesi; agli interventi di riparazione dei ponti ed altre infrastrutture. Saranno accettati lavori anche su altri temi, purché di rilievo in relazione agli aspetti sia meramente tecnici che significativi per la discussione delle scelte di sostenibilità anche in termini finanziari.

#### Con il sostegno di:

- Master di II livello MICA
- Dipartimento di Struttura, Università Roma Tre
- Consorzio Reluis ([www.reluis.it](http://www.reluis.it))
- Provveditorato OOPP Lazio Abruzzo e Sardegna
- Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco – ISA
- Associazione AICAP

#### Key Note Speakers

##### Klaus Ostefeld

Director and Expert Consultant COWI A/S (DK)

##### Airong CHEN

Prof. Tonji Univ. Shanghai (PRC)

##### Qilin ZHANG

Prof. Tonji Univ. Shanghai (PRC)

#### Invited Lecturers/Relatori su invito

##### G. Michele Calvi

Prof. Università di Pavia

##### Mauro Dolce

Prof. Protezione Civile

##### Xin Ruan

Prof. Tonji Univ. Shanghai (PRC)

##### Tobia Zordan

Prof. Tonji Univ. Shanghai (PRC)

#### Orari

*Mattina* 9:00-13:00

*Pomeriggio* 14:30-18:30

#### Modalità

*Sessione unica di due giorni*

#### Segreteria organizzativa

##### Master MICA – Università Roma Tre

Via Corrado Segre, 6 - 00146 Roma

Tel.: 06 5733 6241/6245/3467

Fax: 06 5733 6265

Prof. Ing. Carlo Neri – Ing.

Alessandro Bergami Andria 25

Giugno 2010



## Sustainable Development Strategies for Constructions in Europe and China

Strategie di sviluppo sostenibile per le costruzioni in Cina, in Europa ed in Italia per la ricostruzione dopo il terremoto dell'Aquila del 6 Aprile 2009



**Roma 19-20 Aprile 2010**

**Aula Magna**

**Istituto Superiore Antincendi**

**Via del Commercio 13 Roma**

**[www.mastermica.org](http://www.mastermica.org)**

---

# GRAZIE PER L'ATTENZIONE



**DiS**