

smart village *in tour*

CATANIA, 21 marzo 2013

PROGETTO DI EDIFICI IN ACCIAIO CON BRBs

Edoardo Michele Marino

Dipartimento di ingegneria Civile ed Ambientale

Università degli Studi di Catania

Protezione sismica mediante strutture tradizionali

Alcuni importanti progressi

Approfondita conoscenza dei fenomeni che influenzano il comportamento sismico delle strutture tradizionali

Normative antisismiche (Norme Tecniche per le Costruzioni 2008, Eurocodice 8) che recepiscono i risultati della ricerca e li traducono in criteri di progetto semplici ed efficaci:

- Possibilità di scegliere tra strutture ad alta e bassa duttilità
- Fattore di struttura q definito per le diverse tipologie strutturali e della classe di duttilità
- Criteri di gerarchia delle resistenze

Protezione sismica mediante strutture innovative

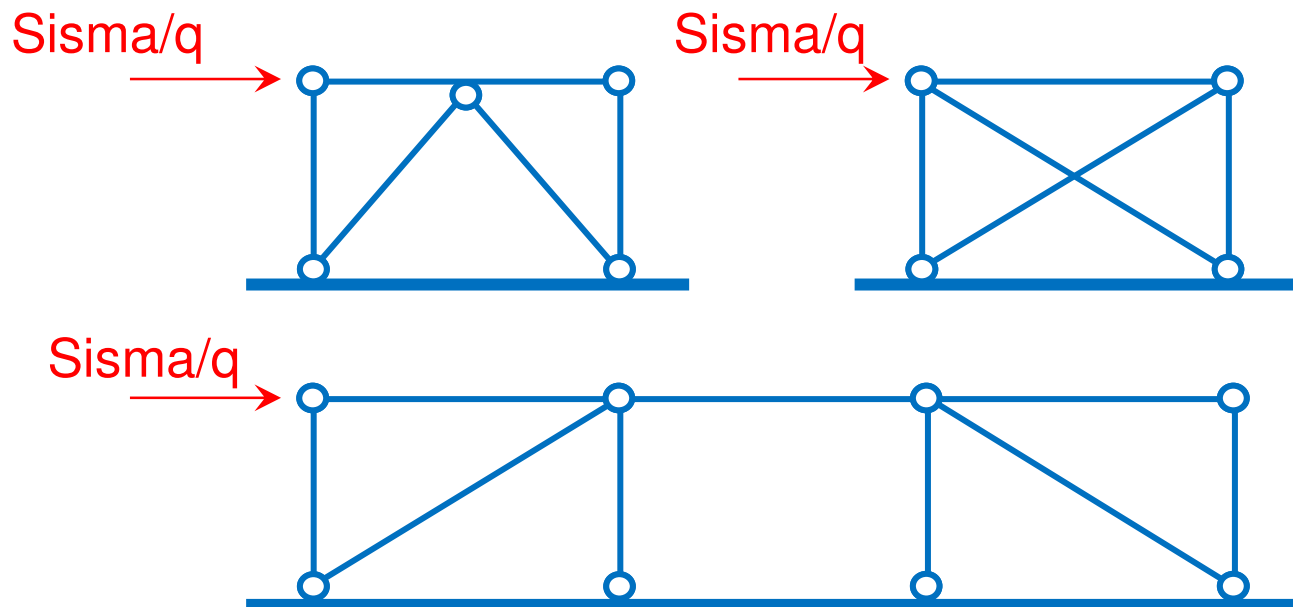
Alcuni importanti progressi

Definizione di tecniche di protezione sismica innovative che superano i limiti delle strutture tradizionali:

- Strutture isolate alla base
- Dissipatori isteretici e/o viscosi
- Dispositivi in lega a memoria di forma

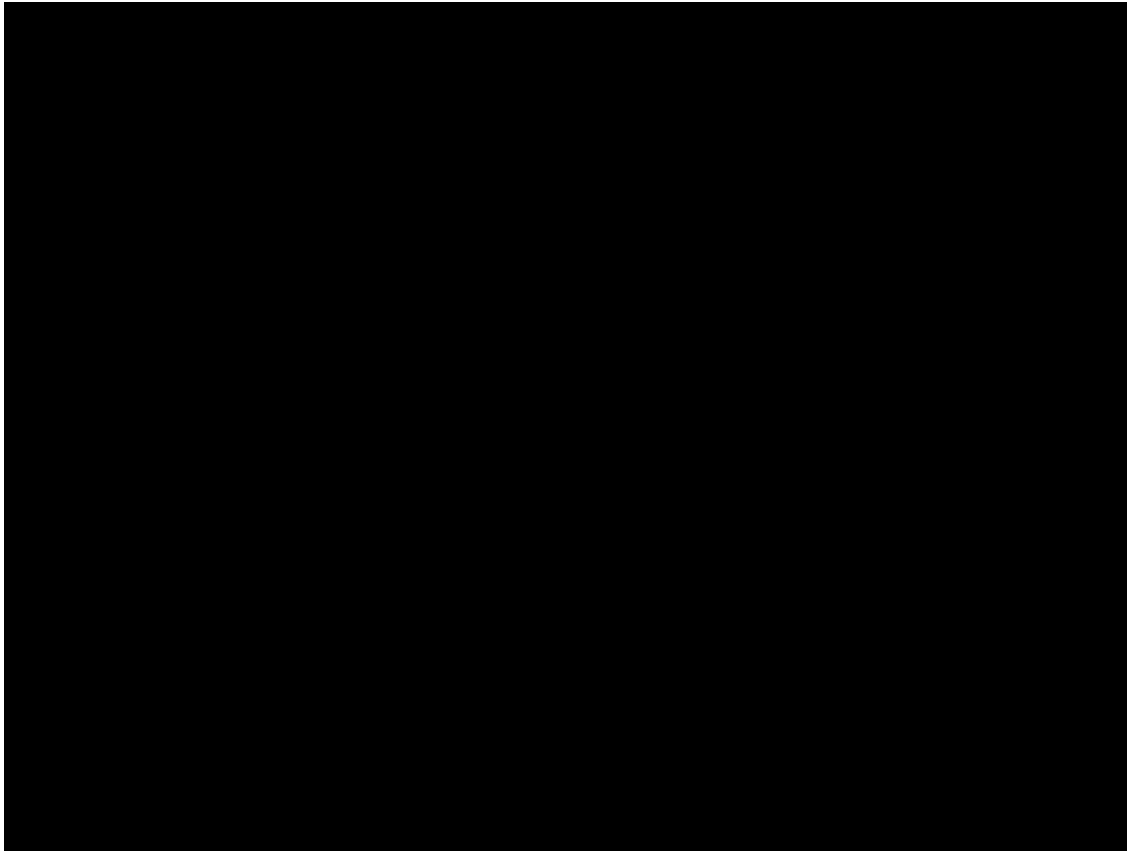
Ma per alcune di queste tecniche la normativa non fornisce indicazioni progettuali e, di fatto, ne frena la diffusione

Telai controventati in acciaio



Sopportano le azioni sismiche attraverso gli sforzi assiali che nascono nei controventi

Controventi tradizionali



L'instabilità:

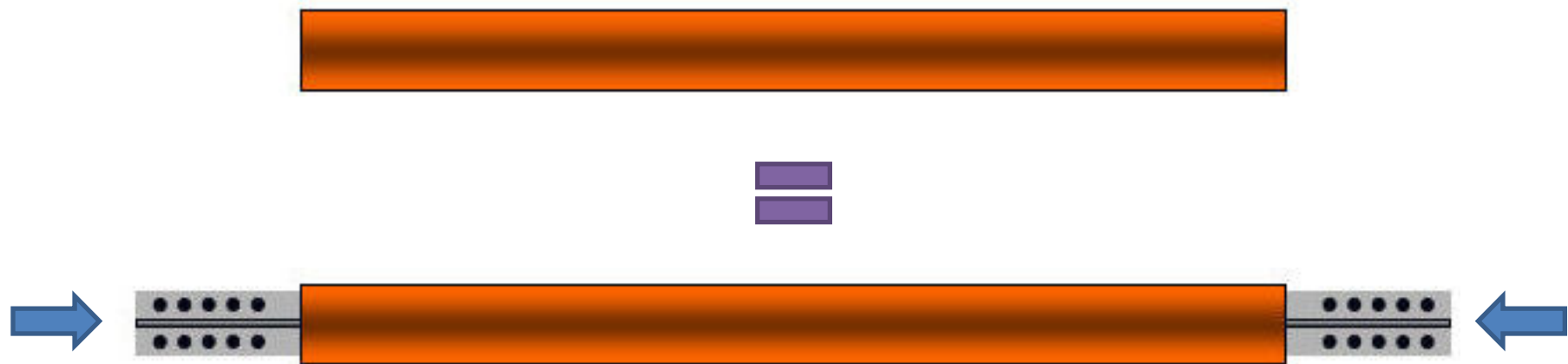
- riduce la capacità dissipativa
- rende la risposta più difficile da prevedere

Controventi ad instabilità impedita

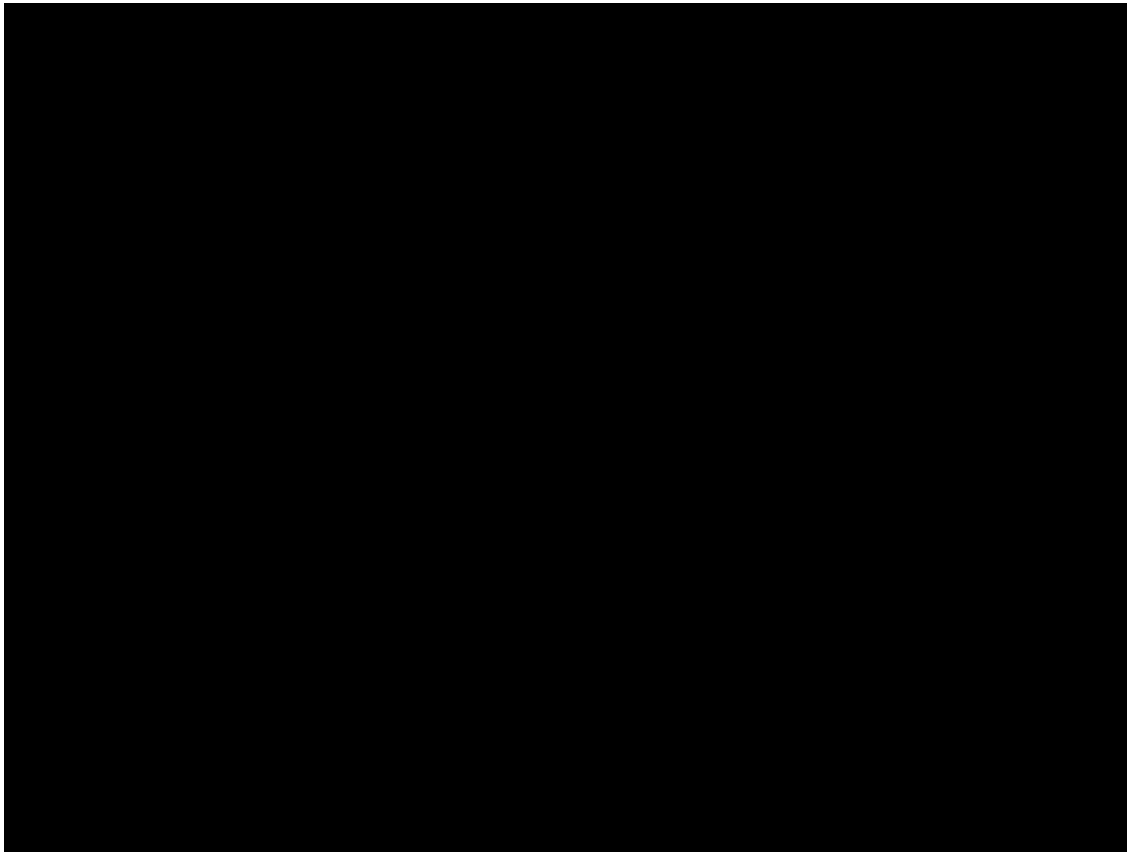
- Anima in acciaio: sostiene carico assiale



- Involucro esterno: impedisce instabilità

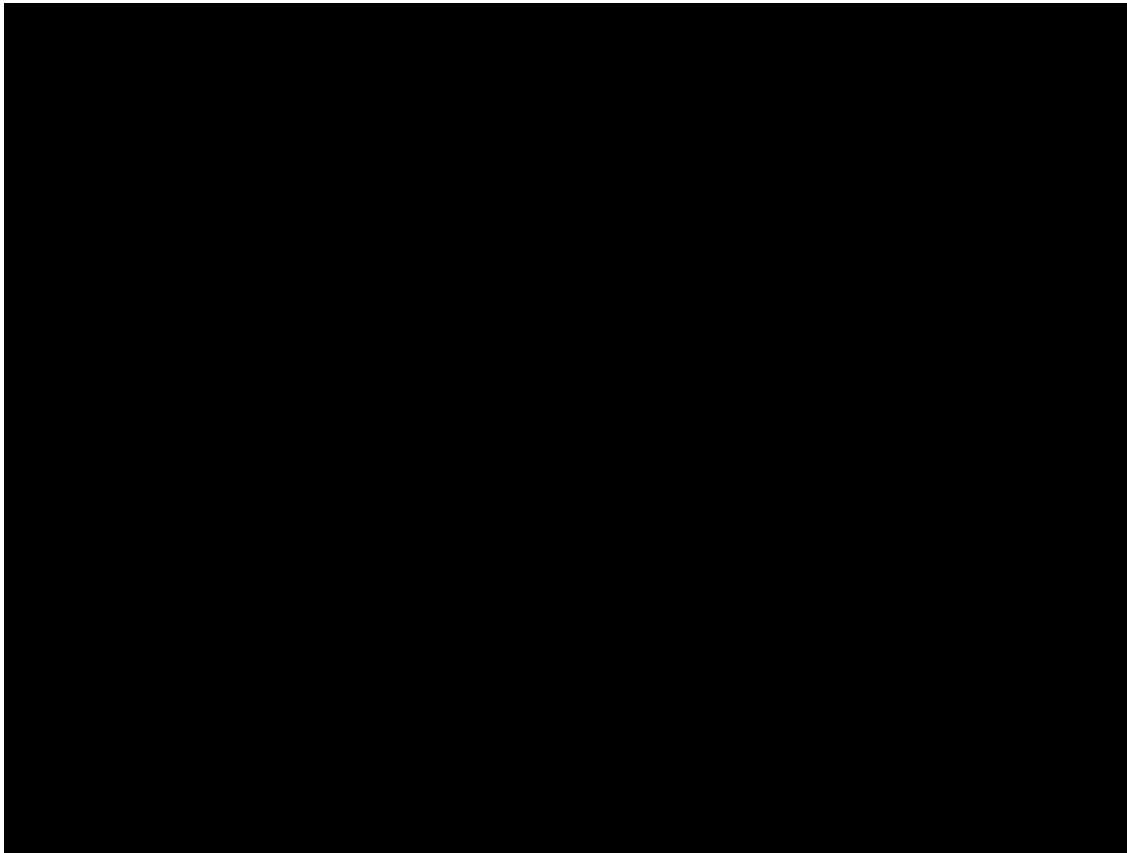


Controventi ad instabilità impedita



Il controvento dissipa
a trazione e
compressione

Controventi ad instabilità impedita



Se il telaio è ben
progettato dopo il
sisma basta
sostituire i BRBs

Controventi ad instabilità impedita

BRBs

Vantaggi dei BRBs

- Mancanza di instabilità, ed uguale comportamento a trazione e compressione
- Elevata capacità dissipativa
- Semplice riparabilità della struttura
- Tutti gli aspetti tecnologici connessi alla loro realizzazione ed al loro funzionamento sono ben noti
- I BRBs sono già disponibili sul mercato

La normativa italiana e quella europea non forniscono indicazioni per il progetto di telai equipaggiati con BRBs

Scopo del lavoro

Definire un metodo di progetto per telai con BRBs coerente con la normativa nazionale ed europea

Dati:

q = fattore di struttura (dovrebbe essere fornito dalla norma)

N.B. riduce la forza sismica di progetto in funzione della duttilità disponibile

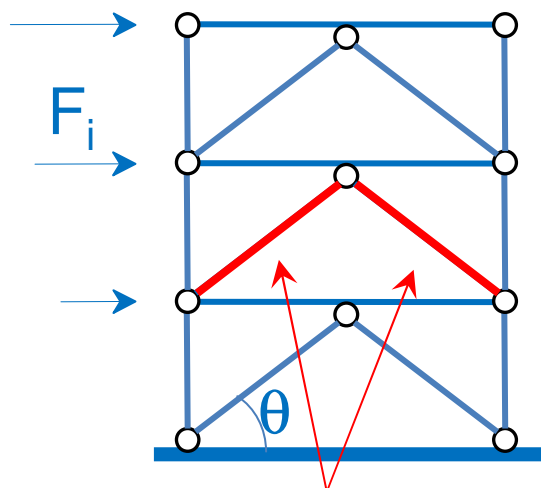
Δ^d = spostamento d'interpiano di progetto (assunto dal progettista)

- misura la duttilità disponibile dei BRB $\mu_{\max}$
- $\mu_{\max} \approx 2 \Delta^d / \Delta^y$ second AISC 2005

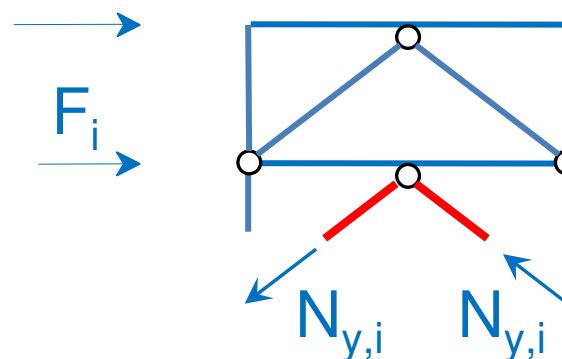
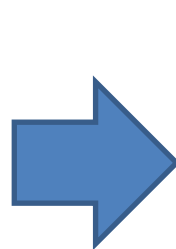
Calibrare il fattore di struttura q

Progetto di BRBs

Le forze sismiche di progetto F_i (ridotte tramite q) determinano la plasticizzazione dei BRBs



Plasticizzazione



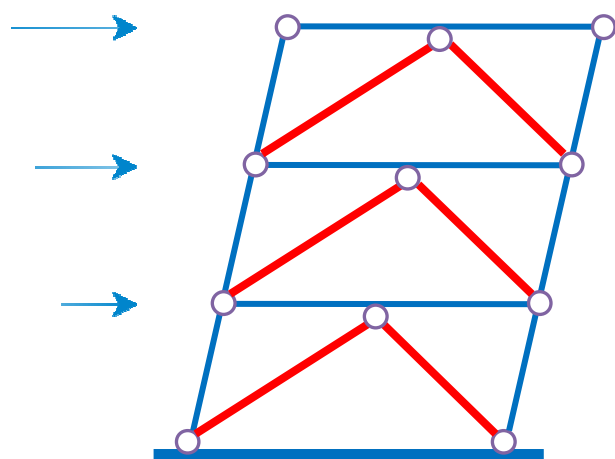
$$V_{Ed,i} = \sum F_i$$

$$V_{Rd,i} = 2 N_{y,i} \cos \theta$$

$$\text{Area del nucleo dei BRBs} = A_{c,i} = \frac{V_{Ed,i}}{2 f_y \cos \theta}$$

Progetto delle colonne (elementi non dissipativi)

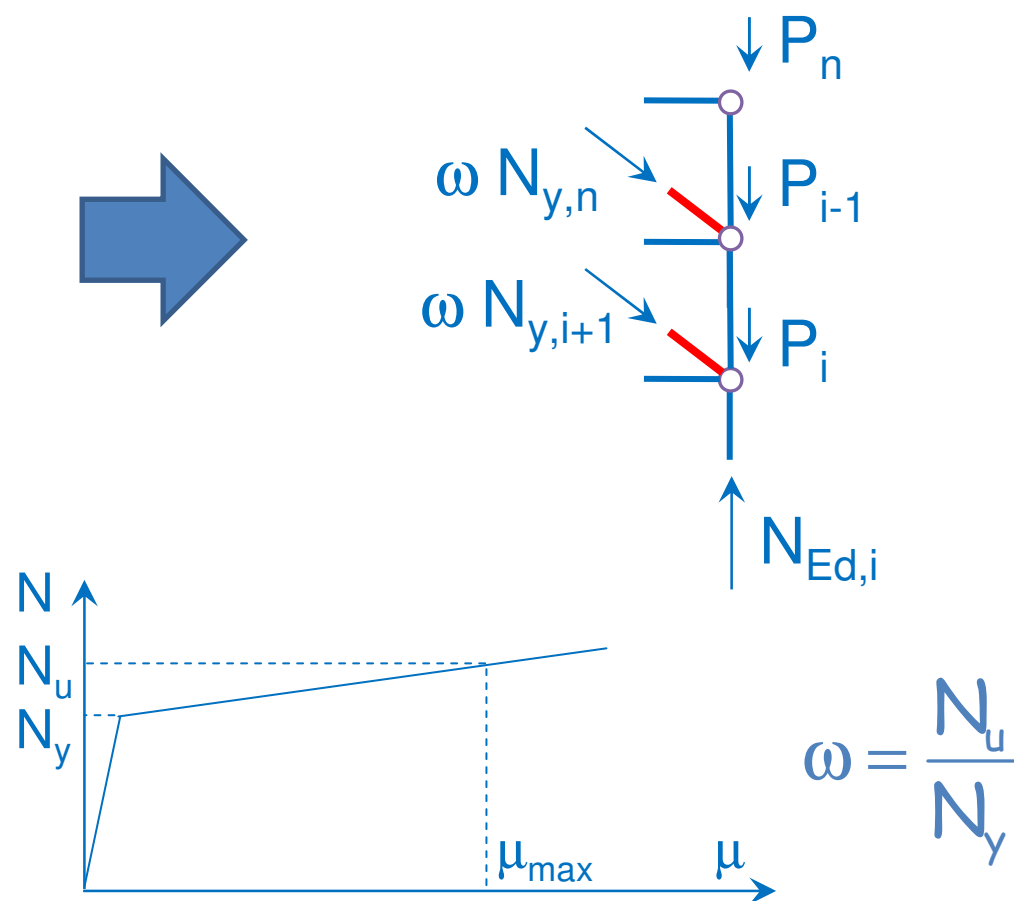
Si assume che i BRBs siano plasticizzati ed abbiano subito l'incrudimento



Modello numerico del BRB

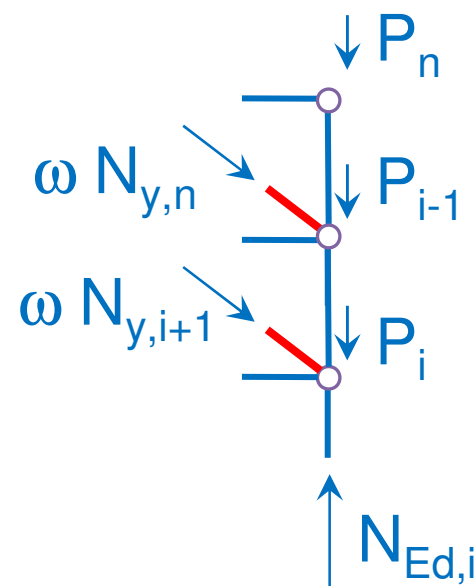
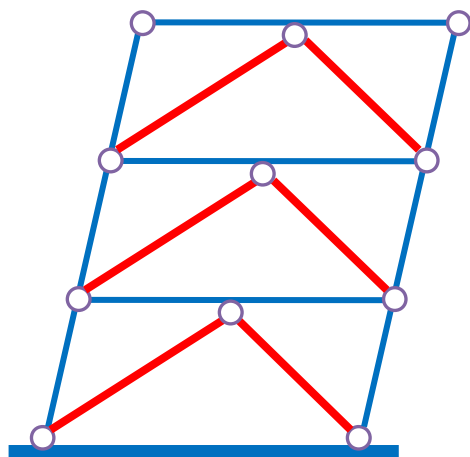
Sulla base di ricerche di
Merit, 2006 Newell 2006:

$$\omega = 1.75 \quad \text{per } \mu_{\max} = 15$$



Progetto degli elementi non dissipativi

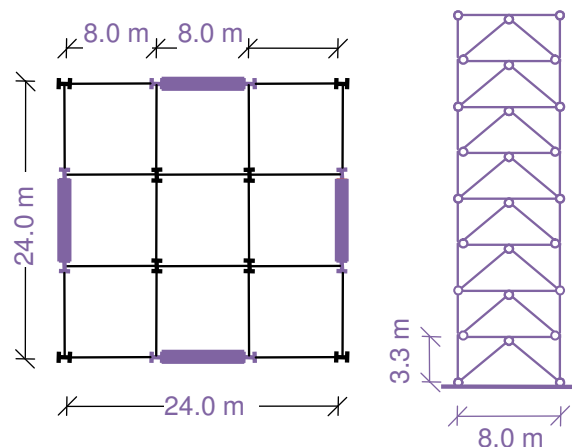
Si assume che i BRBs siano plasticizzati ed abbiano subito l'incrudimento



$$N_{Ed,i} = \sum_{j=i+1}^n \omega N_{y,j} \sin \theta + \sum_{j=i}^n P_j$$

Calibrazione del fattore di struttura q

- Un insieme di telai con BRBs è stato progettato con diversi valori di q



Sisma

Altezza: 4, 8 e 12 piani

BRBs:

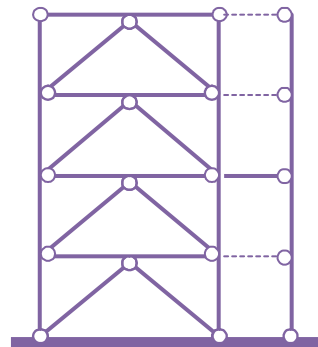
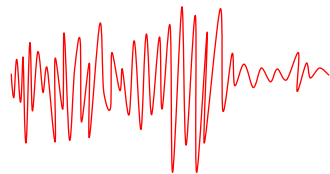
- Acciaio S235
- Drift di progetto $\Delta^d = 1.5\%$

Eccitazione sismica(EC8):

- PGA = 0.35 g
- Suolo C
- $q = 2.5 - 6.5$ con passo 1.0

Calibrazione del fattore di struttura q

- Un insieme di telai con BRBs è stato progettato con diversi valori di q
- La risposta sismica di questi telai è stata determinata mediante analisi dinamica non lineare



Calibrazione del fattore di struttura q

- Un insieme di telai con BRBs è stato progettato con diversi valori di q
- La risposta sismica di questi telai è stata determinata mediante analisi dinamica non lineare
- Il maggiore dei valori di q che consentono di ottenere una prestazione sismica accettabile* è assunto come adeguato

* Salvaguardia della vita per terremoti con probabilità di superamento del 10% in 50 anni

Valutazione della prestazione sismica

- Ogni telaio è sottoposto a 20 terremoti (FEMA/SAC project, probabilità di superamento del 10% in 50 anni)
 - Per ogni accelerogramma si valuta (ad ogni piano):
 - Massima rapporto di duttilità dei BRBs
 - Massimo rapporto tra momento flettente e momento resistente delle colonne
 - Massimo rapporto tra sforzo normale e resistenza all'instabilità delle colonne
 - La mediana dei 20 terremoti è assunta quale indice di prestazione sismica
-

Richiesta di duttilità dei BRBs

$$\text{Rapporto di duttilità} = \bar{\mu} = \frac{\mu}{\mu^{LS}}$$

μ = massima richiesta di duttilità del BRB

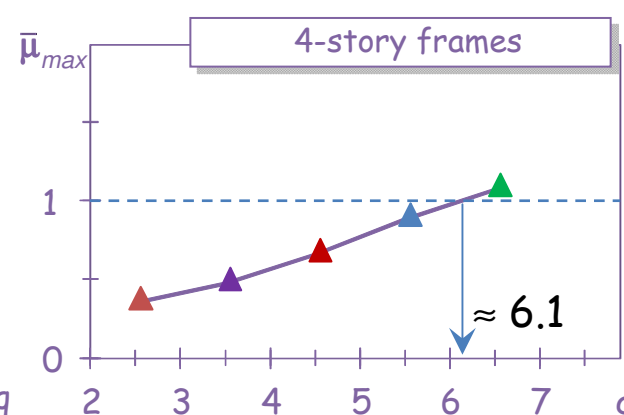
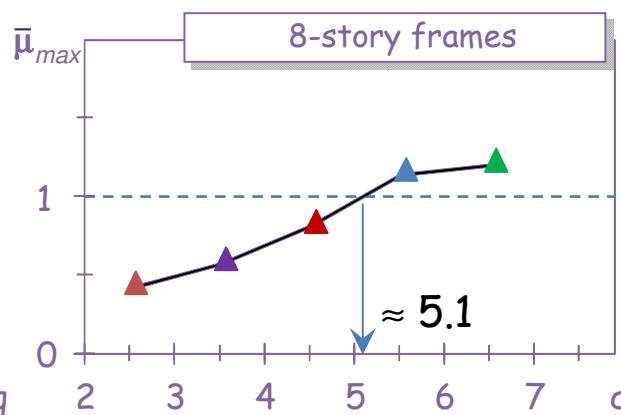
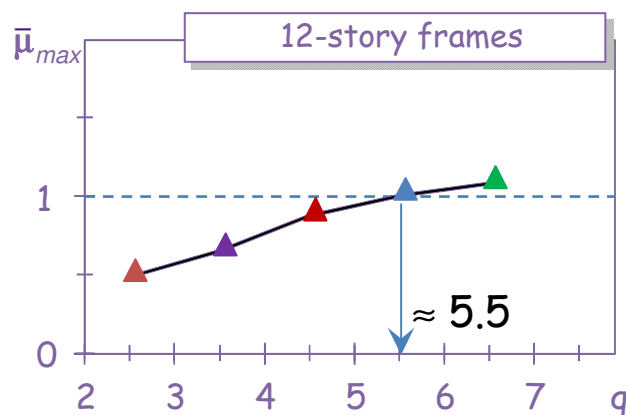
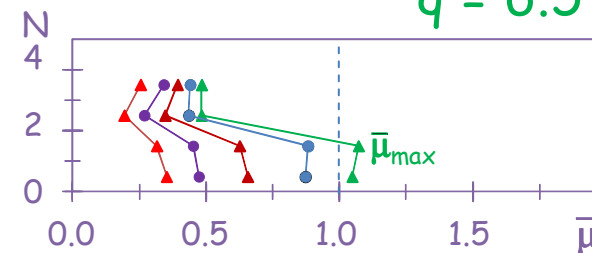
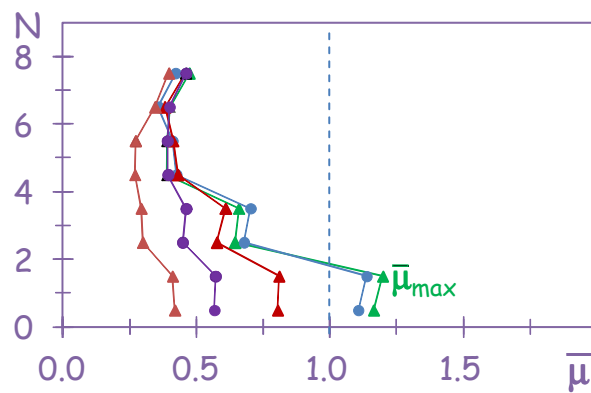
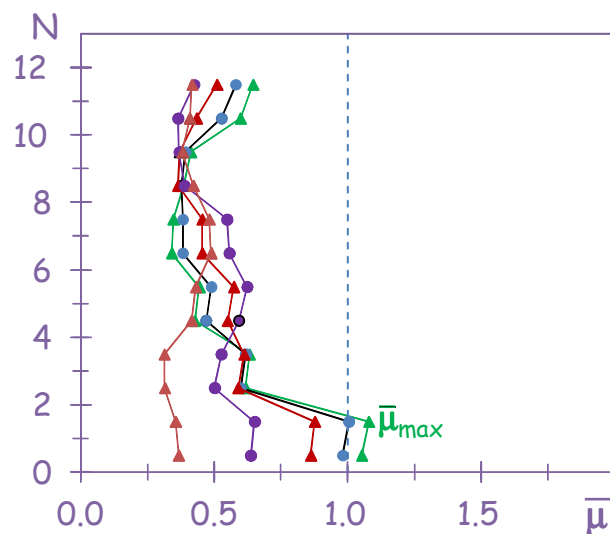
μ^{LS} = duttilità del BRB corrispondente allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV)
(assunto pari a $3/4 \mu_{\max}$)

$\mu_{\max}$ = duttilità corrispondente alla rottura del BRB

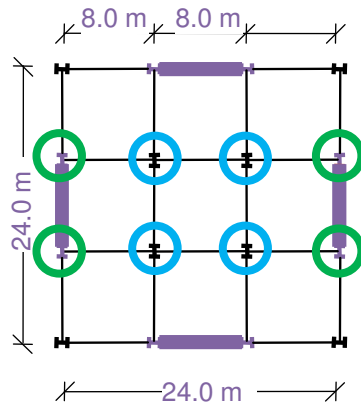
$\bar{\mu} = 1$ BRB raggiunge lo stato limite SLV

Richiesta di duttilità dei BRBs

Progettati con: $q = 2.5$
 $q = 3.5$
 $q = 4.5$
 $q = 5.5$
 $q = 6.5$



Richiesta di resistenza delle colonne



Sisma

Colonne del telaio controventato

Colonne per carichi verticali

Durante il terremoto le colonne sono soggette a sforzo normale e momento flettente

Richiesta di resistenza delle colonne

$$\text{Momento flettente normalizzato} = \frac{M}{M_{N,Rd}}$$

M = momento flettente della colonna

$M_{N,Rd}$ = momento resistente ridotto per effetto dello sforzo normale N (secondo EC3)

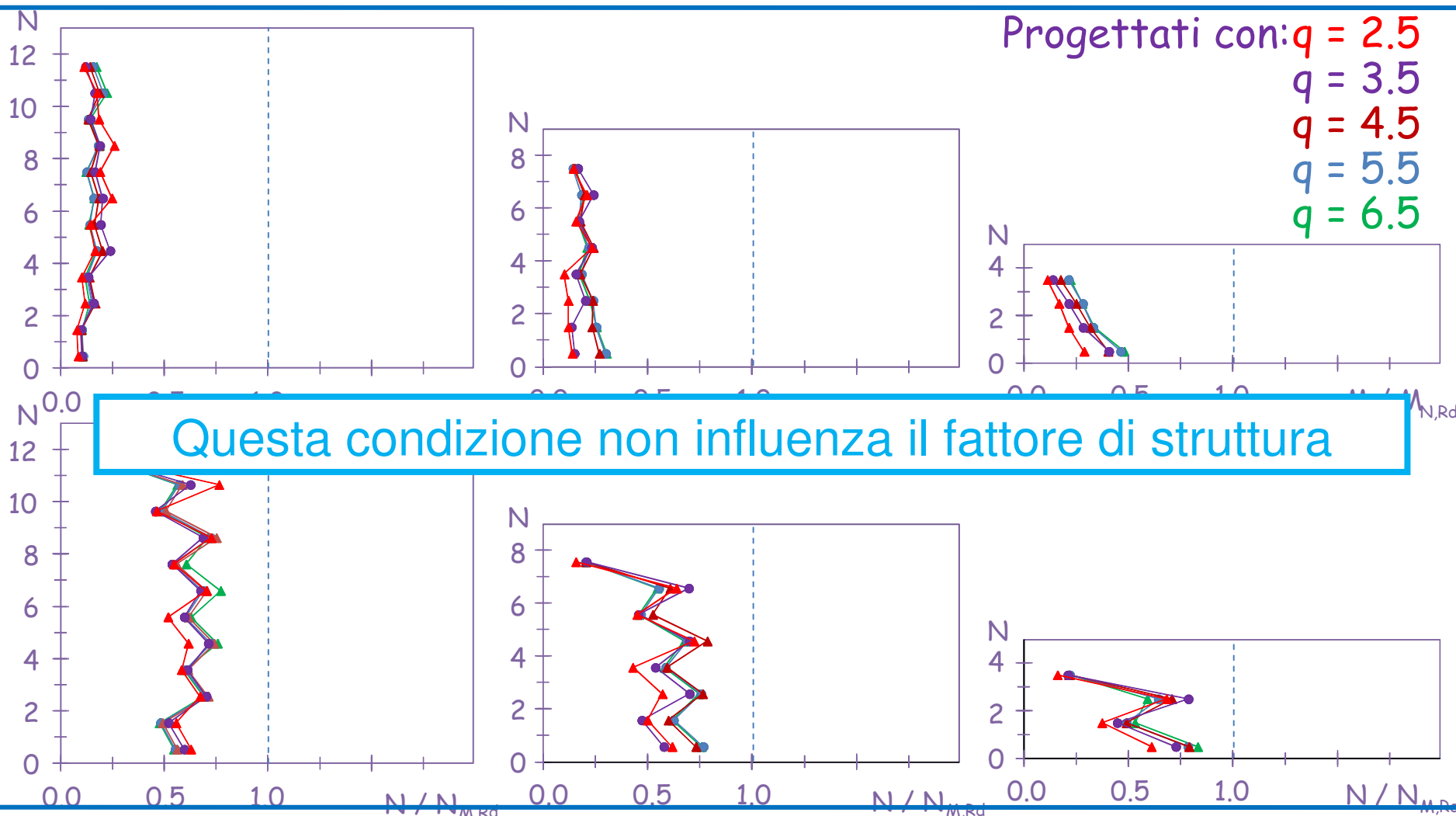
$$\text{Sforzo normale normalizzato} = \frac{N}{N_{M,Rd}}$$

N = sforzo normale della colonna

$N_{M,Rd}$ = resistenza all'instabilità ridotta per effetto del momento flettente M (secondo EC3)

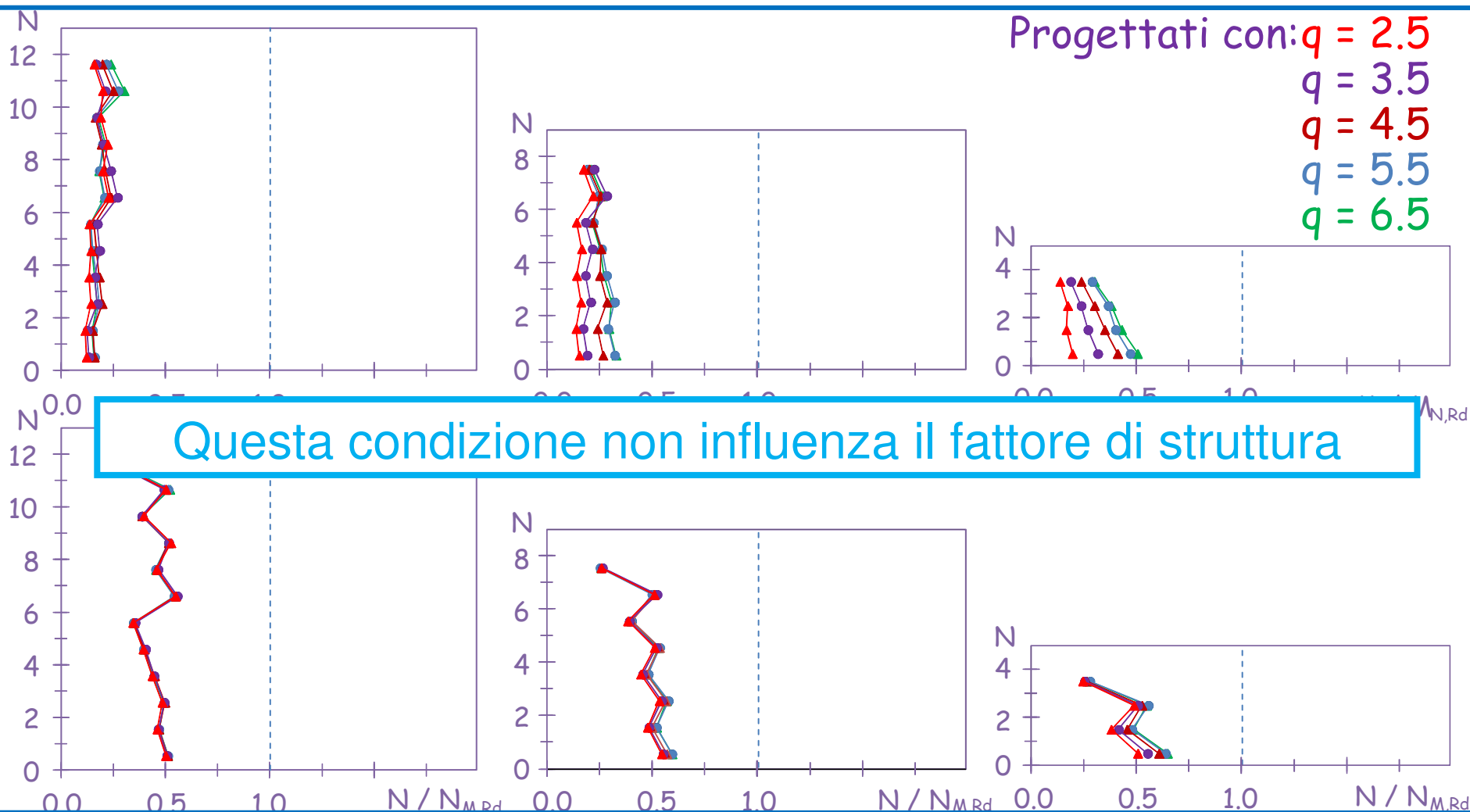
Richiesta di resistenza colonne del telaio controventato

Progettati con: $q = 2.5$
 $q = 3.5$
 $q = 4.5$
 $q = 5.5$
 $q = 6.5$



Richiesta di resistenza colonne per carichi verticali

Progettati con: $q = 2.5$
 $q = 3.5$
 $q = 4.5$
 $q = 5.5$
 $q = 6.5$



Conclusioni

Il metodo di progetto proposto è appropriato se applicato con un fattore di struttura $q = 5$

Il fattore di struttura $q = 5$ è stato determinato assumendo uno spostamento d'interpiano di progetto $\Delta^d = 1.5\%$

Lo studio è stato ripetuto con altri valori di Δ^d è stato ottenuta la seguente relazione*

$$q = 400 \Delta^d (\%) - 1.0$$

- * M. Bosco e E.M. “Marino Design Method and Behavior Factor for Steel Frames with Buckling Restrained Braces”, Earthquake Engineering and structural Dynamics, 2012, DOI: 10.1002/eqe.2269.

Grazie per l'attenzione