

**Progetto di edifici antisismici in c.a.**

4 - Spettri di progetto

Spoletto  
11-13 novembre 2010  
Aurelio Ghersi

**Risposta sismica**

Schemi a un grado di libertà  
in campo plastico

**È possibile progettare le strutture  
in modo che rimangano in campo elastico?**

L'accelerazione massima del suolo, per terremoti con elevato periodo di ritorno, è molto forte (0.35 g in zone ad alta sismicità)

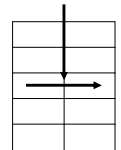
Per strutture con periodo medio-bassi si ha una notevole amplificazione dell'accelerazione, rispetto a quella del suolo (circa 2.5 volte)

Le azioni inerziali (forze orizzontali indotte dal sisma) possono essere comparabili con le azioni verticali

**È possibile progettare le strutture  
in modo che rimangano in campo elastico?**

Azioni orizzontali comparabili con le azioni verticali

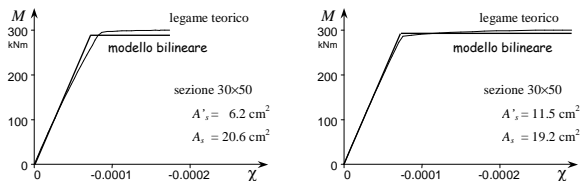
Le sollecitazioni provocate dalle azioni orizzontali sono molto forti



Non è economicamente conveniente progettare la struttura in modo che rimanga in campo elastico

**Comportamento oltre il limite elastico**

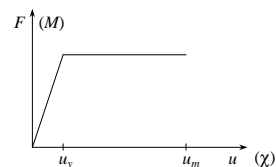
Occorre tener conto del comportamento non lineare delle singole sezioni



Il comportamento reale viene in genere rappresentato con un modello più semplice, bilineare (elastico-perfettamente plastico)

**Comportamento oltre il limite elastico**

Legame elastico-perfettamente plastico

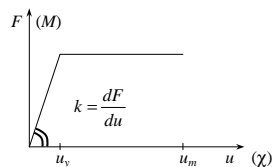


È caratterizzato da tre parametri fondamentali:

- Rigidezza
- Resistenza
- Duttilità

## Comportamento oltre il limite elastico

Legame elastico-perfettamente plastico



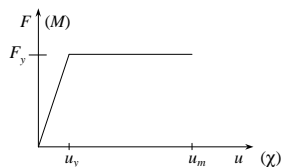
È caratterizzato da tre parametri fondamentali:

- Rigidezza
- Resistenza
- Duttilità

Rigidezza = inclinazione del diagramma

## Comportamento oltre il limite elastico

Legame elastico-perfettamente plastico



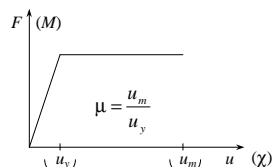
È caratterizzato da tre parametri fondamentali:

- Rigidezza
- Resistenza
- Duttilità

Resistenza = soglia di plasticizzazione

## Comportamento oltre il limite elastico

Legame elastico-perfettamente plastico



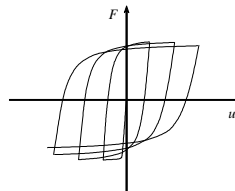
È caratterizzato da tre parametri fondamentali:

- Rigidezza
- Resistenza
- Duttilità

Duttilità = capacità di deformarsi plasticamente

## Comportamento oltre il limite elastico

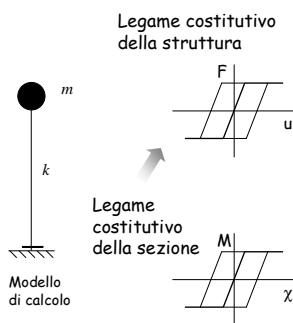
Per una valutazione della risposta sismica, occorre anche tener conto del comportamento ciclico, con i possibili degradi di rigidezza e resistenza



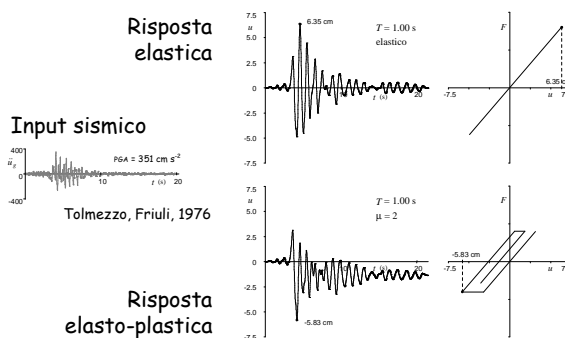
## Risposta sismica di un oscillatore semplice elasto-plastico



Foto



## Risposta sismica di un oscillatore semplice elasto-plastico

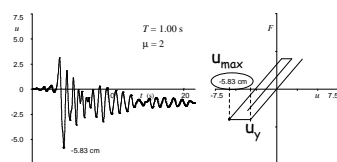


## Richiesta di duttilità

Il rapporto tra lo spostamento massimo  $u_{\max}$  ottenuto come risposta al sisma e lo spostamento  $u_y$  di plasticizzazione è la duttilità necessaria al sistema per non collassare (richiesta di duttilità)

In genere, abbassando la resistenza aumenta la richiesta di duttilità

Risposta elasto-plastica



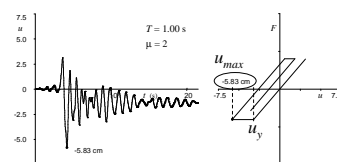
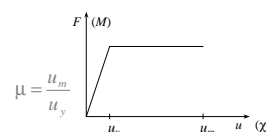
## Progettazione di strutture elasto-plastiche

È possibile progettare la struttura con una forza ridotta, accettando la sua plasticizzazione, purché la duttilità disponibile

sia maggiore di quella richiesta

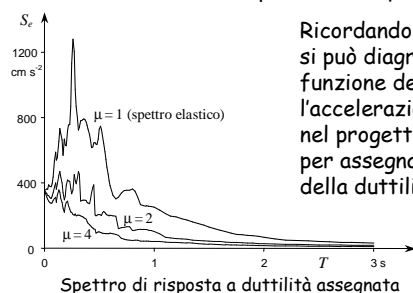
$$\mu = \frac{u_{\max}}{u_y}$$

Risposta elasto-plastica



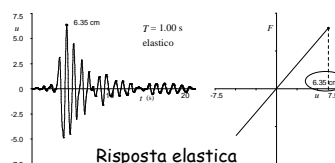
## Progettazione di strutture elasto-plastiche

La resistenza può essere ridotta tanto da far coincidere la duttilità disponibile con quella richiesta

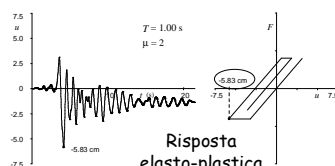


Ricordando che  $F = m a$ , si può diagrammare in funzione del periodo l'accelerazione da usare nel progetto, per assegnati valori della duttilità  $\mu$

## Progettazione di strutture elasto-plastiche

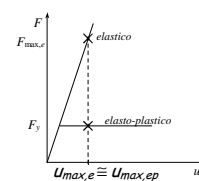


Risposta elastica



Risposta elasto-plastica

Le analisi numeriche mostrano che lo spostamento di schemi elastici ed elasto-plastici è più o meno lo stesso



## Progettazione di strutture elasto-plastiche

La forza di progetto può essere ottenuta dividendo

$F_d$

la forza necessaria per mantenere la struttura in campo elastico

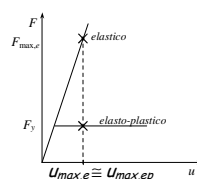
$F_{\max,e}$

per la duttilità

$\mu$

$$F_d = F_y = \frac{F_{\max,e}}{\mu}$$

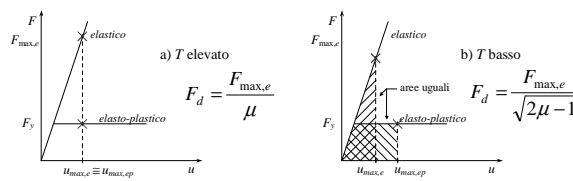
Le analisi numeriche mostrano che lo spostamento di schemi elastici ed elasto-plastici è più o meno lo stesso



## Progettazione di strutture elasto-plastiche

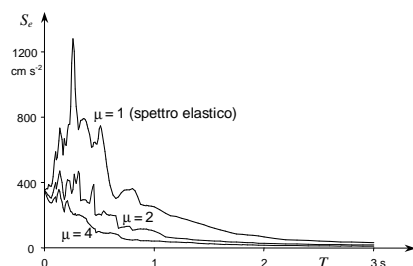
Il principio di uguaglianza di spostamenti vale solo per strutture con periodo medio-alto

Per strutture con periodo basso si può pensare ad una uguaglianza in termini energetici



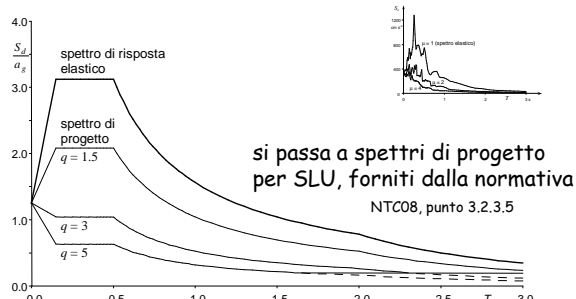
## Spettri di progetto di normativa

Dagli spettri di risposta a duttilità assegnata



## Spettri di progetto di normativa

Dagli spettri di risposta a duttilità assegnata

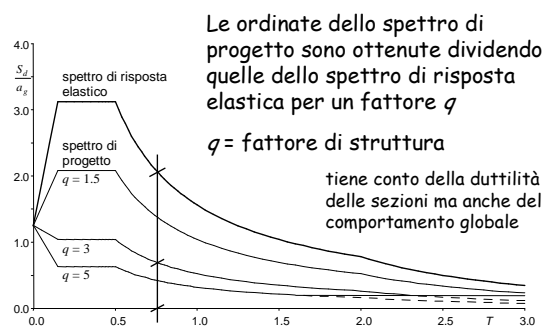


## Progetto a duttilità assegnata

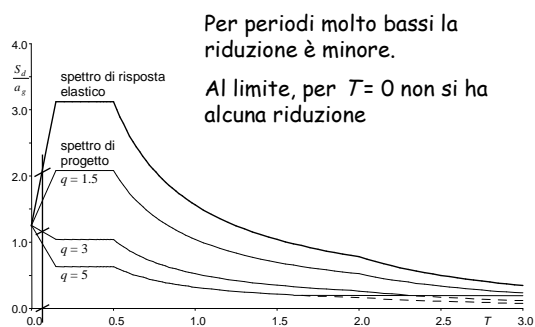
- Nota la duttilità, si può ricavare l'accelerazione (e quindi le forze) di progetto dagli spettri di risposta a duttilità assegnata.
- Risolvendo lo schema strutturale soggetto a queste forze (con analisi lineare) si verificano le sezioni.
- Se la struttura sopporta queste azioni ed ha la duttilità prevista, può sopportare (in campo inelastico) il terremoto.

## Spettri di progetto per SLV NTC 08 (D.M. 14/1/2008)

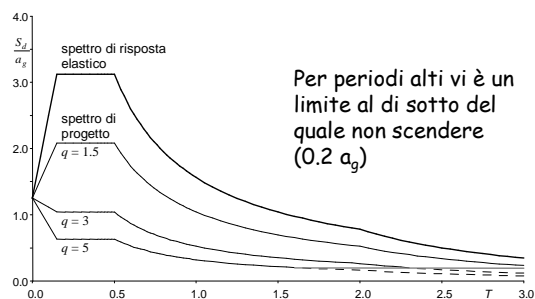
## Spettri di progetto di normativa



## Spettri di progetto di normativa

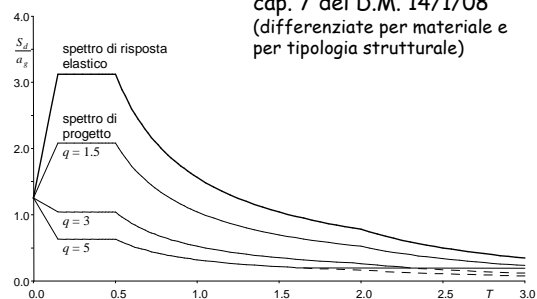


## Spettri di progetto di normativa



## Spettri di progetto di normativa accelerazioni orizzontali

Il valore del fattore di struttura  $q$  è definito nel cap. 7 del D.M. 14/1/08 (differenziate per materiale e per tipologia strutturale)



## Spettri di progetto di normativa accelerazioni verticali

