

Corsi di aggiornamento

Progettiamo insieme

Teoria e pratica della progettazione strutturale

1. Risposta sismica delle strutture

05a - Lineare o non lineare? E non lineare come?

Spoletto

18-19 marzo 2016

Aurelio Ghersi

Comportamento delle strutture Lineare?

Sotto i carichi di esercizio

Strutture in acciaio

- Materiale: elastico lineare (fino allo snervamento)



Il comportamento è effettivamente elastico lineare

Comportamento delle strutture Lineare?

Sotto i carichi di esercizio

Strutture in cemento armato

- Acciaio: elastico lineare (fino allo snervamento)
- Calcestruzzo: approssimativamente lineare, ma con scarsa resistenza a trazione



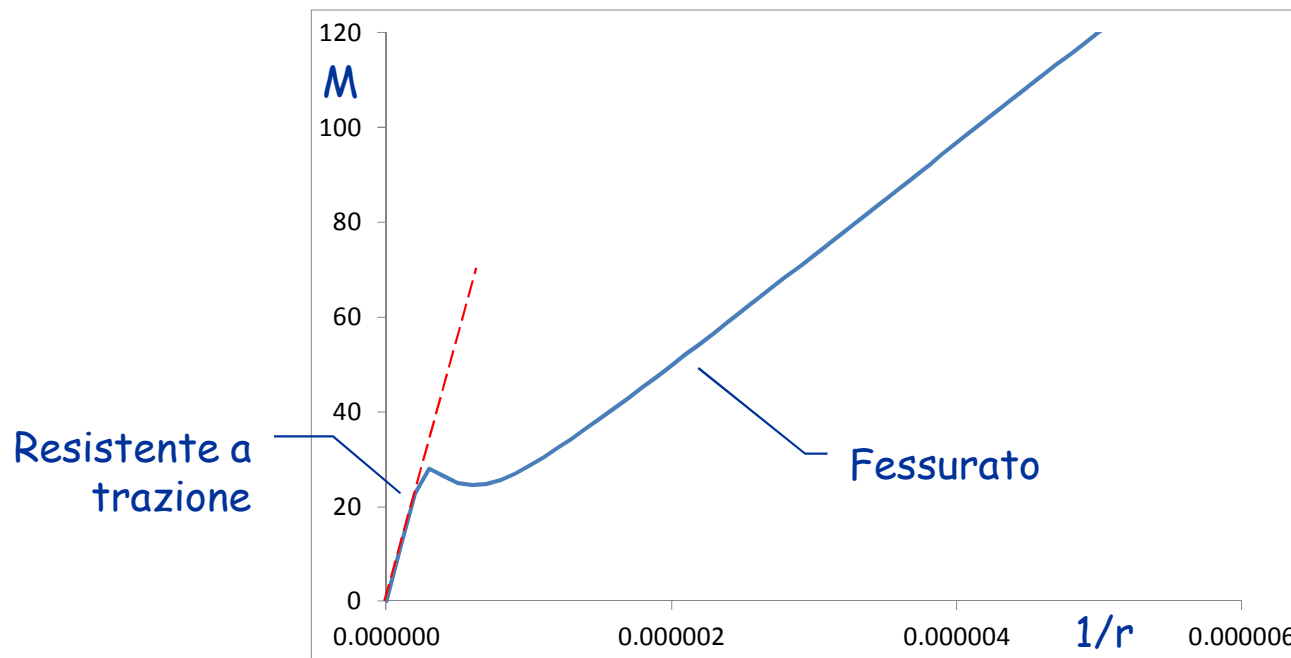
Si fa riferimento alla sezione omogeneizzata (primo stadio) o alla sezione reagente omogeneizzata (secondo stadio di comportamento)

Comportamento delle strutture Lineare?

Sotto i carichi di esercizio

Strutture in cemento armato

- Non linearità dovute alla fessurazione



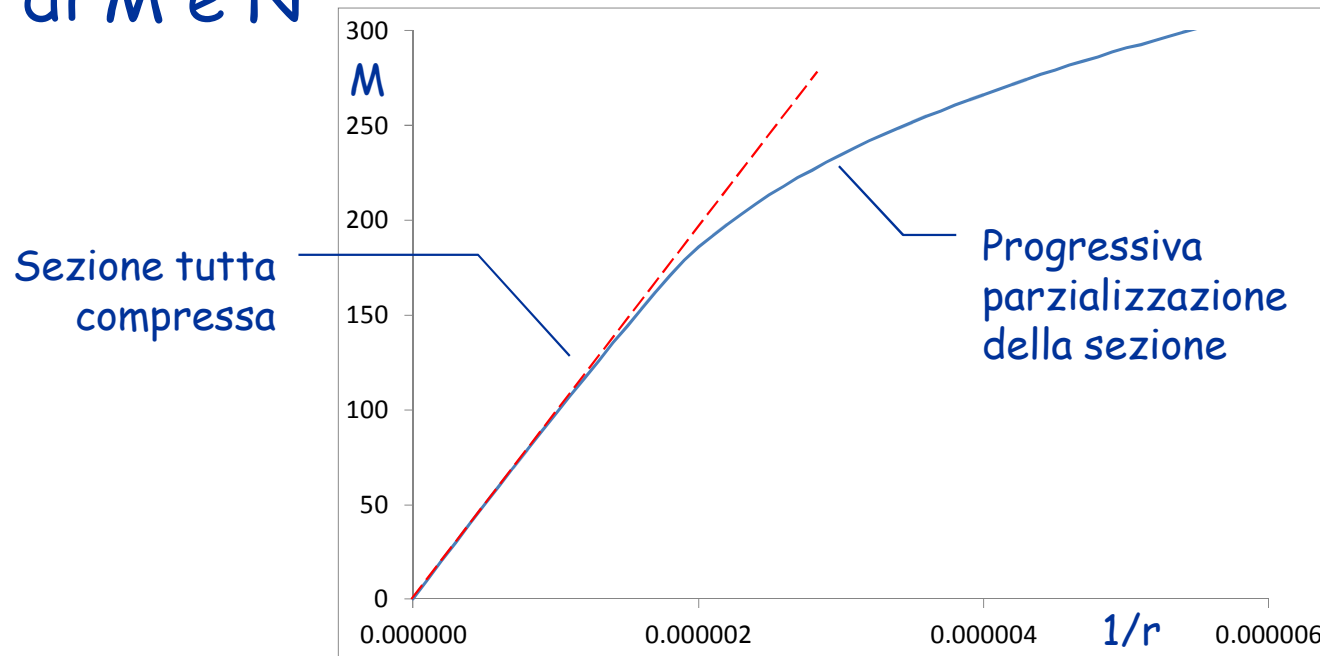
Esempio:
Trave
(elemento
soggetto solo
a flessione)

Comportamento delle strutture Lineare?

Sotto i carichi di esercizio

Strutture in cemento armato

- Non linearità dovute a variazione non proporzionale di M e N



Esempio:
Pilastro
(elemento
soggetto a
flessione
composta)
con N
costante

Comportamento delle strutture Lineare?

Sotto i carichi di esercizio

Strutture in cemento armato



Il comportamento reale non è elastico lineare



E allora cosa si fa?

Comportamento delle strutture Lineare?

Sotto i carichi di esercizio

Strutture in cemento armato

- Prime idee (ad esempio per volte in c.a.):
 - Determinare lo stato tensionale nell'ipotesi di materiale omogeneo a comportamento lineare
 - Disporre armatura diffusa dove il calcestruzzo teso non è in grado di portare tensioni

Non perfettamente identico a livello deformativo,
ma abbastanza corretto

Comportamento delle strutture Lineare?

Sotto i carichi di esercizio

Strutture in cemento armato

- Successivamente (ad esempio per travi):
 - Disporre armatura non diffusa bensì concentrata agli estremi, per massimizzarne il contributo a flessione
 - Risolvere gli schemi strutturali con modello lineare (per comodità operativa si fa riferimento alla sola sezione geometrica)

Non corretto, ma garantisce adeguata resistenza

Non dimentichiamo quindi che il calcolo lineare nel cemento armato è solo una comoda semplificazione

Comportamento delle strutture Lineare?

Per carichi più forti

Strutture in acciaio

- Materiale: elasto-plastico, con incrudimento
(trascurabile)



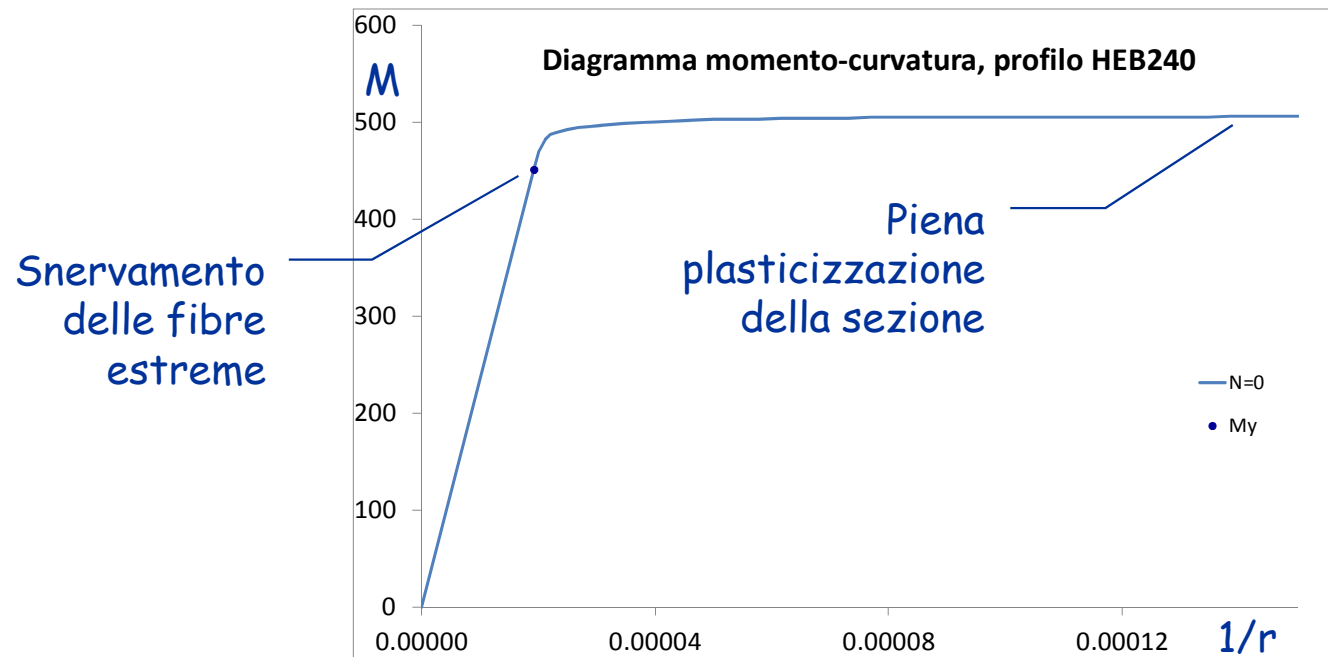
Il comportamento non è più elastico lineare

Comportamento delle strutture Lineare?

Per carichi più forti

Strutture in acciaio

- Non linearità dovute al legame σ - ϵ



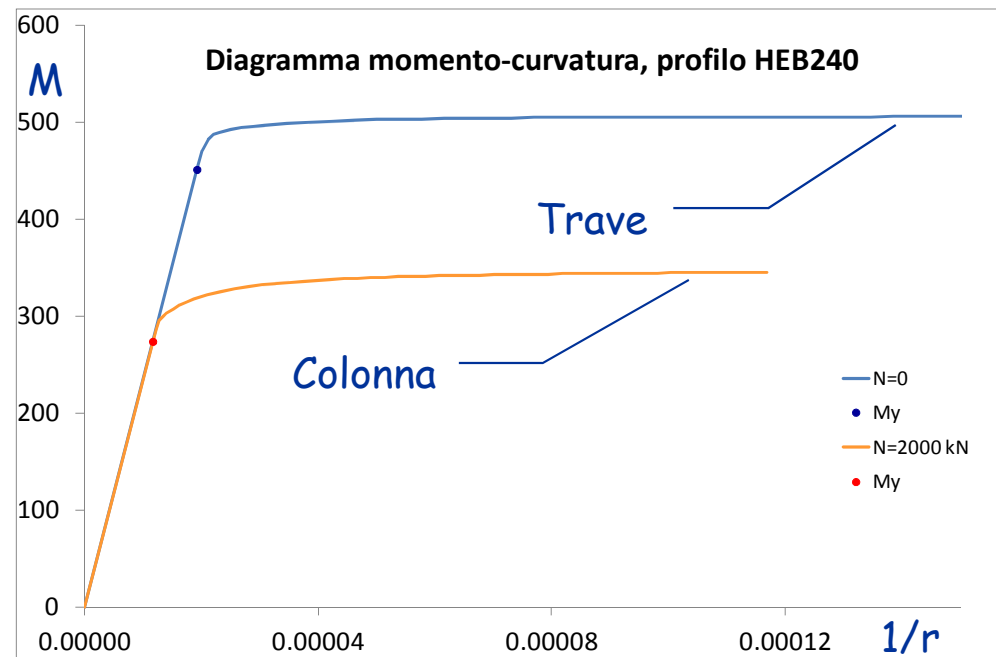
Esempio:
Trave
(elemento
soggetto solo
a flessione)

Comportamento delle strutture Lineare?

Per carichi più forti

Strutture in acciaio

- Non linearità dovute al legame σ - ϵ



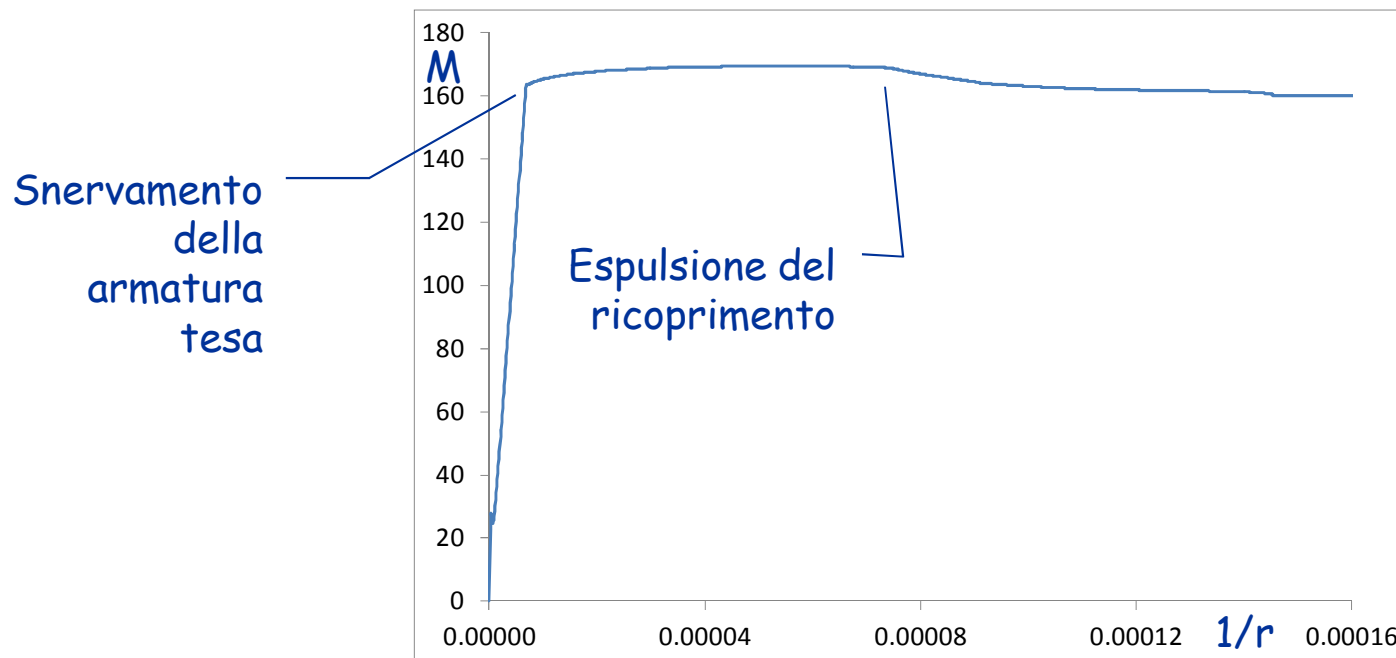
Comportamento
analogo anche
in presenza di
flessione
composta

Comportamento delle strutture Lineare?

Per carichi più forti

Strutture in cemento armato

- Non linearità dovute al legame σ - ϵ



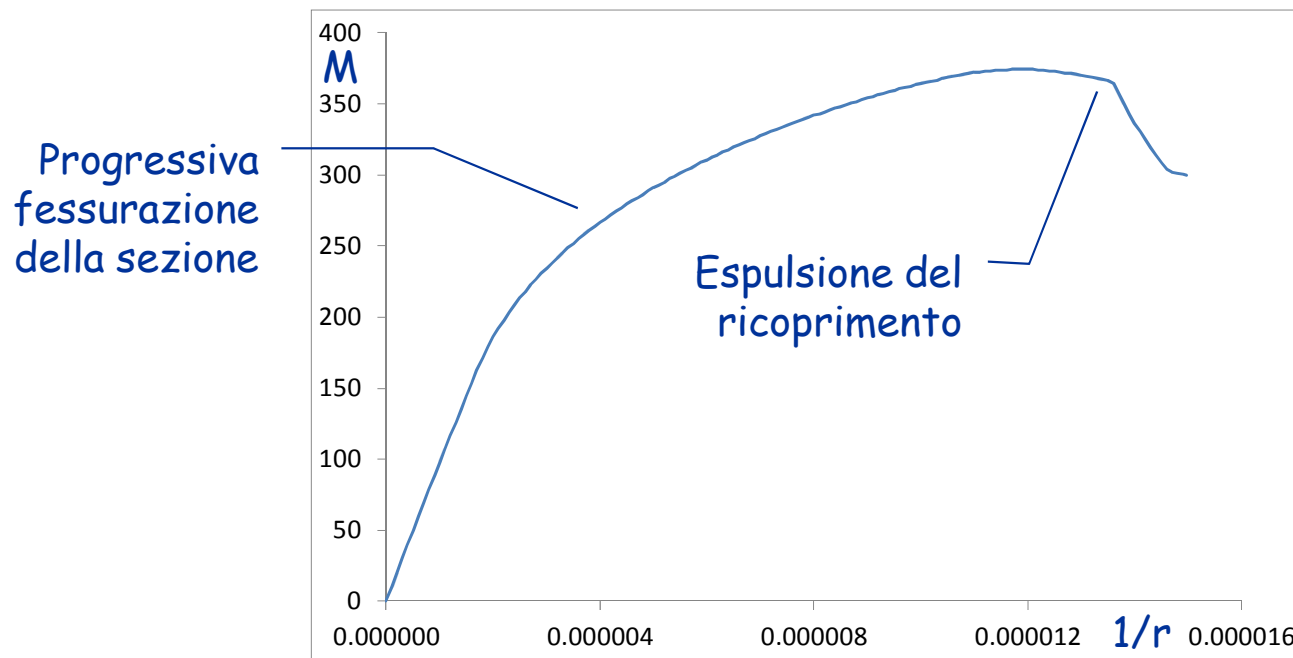
Esempio:
Trave
(elemento
soggetto solo
a flessione)

Comportamento delle strutture Lineare?

Per carichi più forti

Strutture in cemento armato

- Non linearità dovute al legame σ - ϵ



Esempio:
Pilastro
(elemento
soggetto a
flessione
composta)
con N
costante

Comportamento delle strutture

In che modo tener conto della non linearità?

- Modelli a plasticità diffusa:
 - Si valuta il comportamento della sezione (legame momento-curvatura) e quindi di un concio di trave (legame momento-rotazione)
 - Si divide ogni trave in conci
 - Assegnato un diagramma del momento flettente, si integra la curvatura (ovvero la rotazione relativa tra gli estremi dei conci) per determinare la deformazione dell'asta

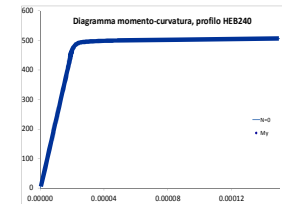
Comportamento delle strutture

In che modo tener conto della non linearità?

- Modelli a plasticità diffusa
Esempio - trave incastrata e appoggiata

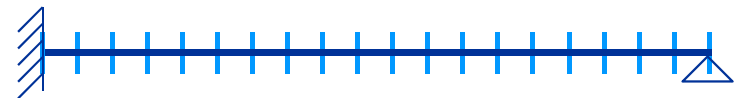


1. Legame momento-curvatura



momento-curvatura

2. Divisione in conci



Comportamento delle strutture

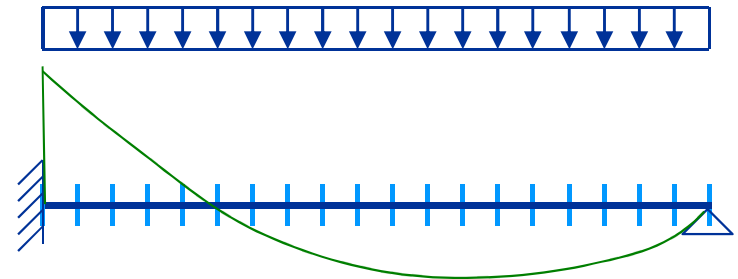
In che modo tener conto della non linearità?

- Modelli a plasticità diffusa
Esempio - trave incastrata e appoggiata



3. Applicazione carico

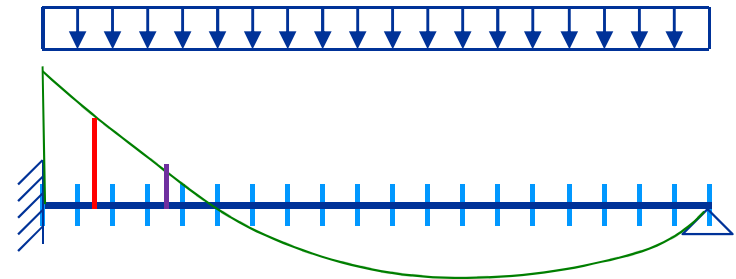
Poiché lo schema è iperstatico, il momento all'incastro è una incognita



Comportamento delle strutture

Integrando si trova la deformazione dell'asta
In che modo tener conto della non linearità?

- Modelli a plasticità diffusa
Esempio - trave incastrata e appoggiata

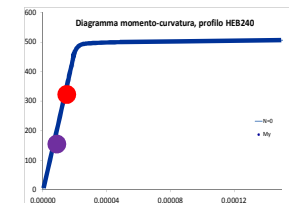


4. Integrazione

Ad ogni momento corrisponde una curvatura e quindi una deformazione del concio

Integrando si trova la deformazione dell'asta

Con condizioni di congruenza si trova il momento all'incastro, incognito



memento-curvature

Comportamento delle strutture

In che modo tener conto della non linearità?

- Modelli a plasticità concentrata:
 - Si valuta il comportamento della sezione (legame momento-curvatura)
 - Si schematizza il legame con un andamento elastico-perfettamente plastico
 - Quando si raggiunge il momento di plasticizzazione la sezione può ruotare liberamente, come se ci fosse una cerniera
- Quindi si incrementa progressivamente il carico, variando via via lo schema con formazione di cerniere

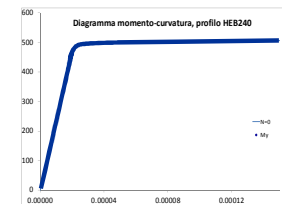
Comportamento delle strutture

In che modo tener conto della non linearità?

- Modelli a plasticità concentrata
Esempio - trave incastrata e appoggiata

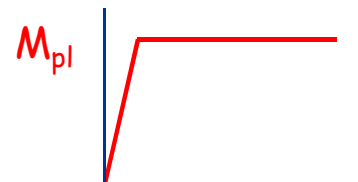


1. Legame momento-curvatura



momento-curvatura

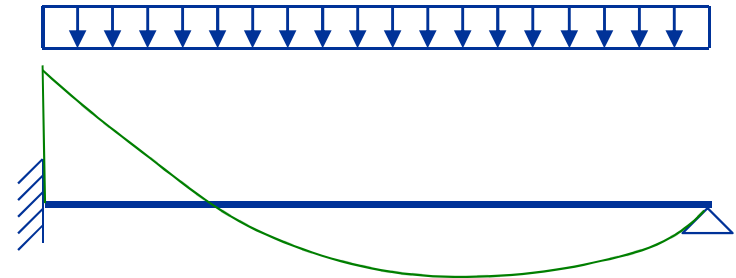
2. Bilinearizzazione del legame



Comportamento delle strutture

In che modo tener conto della non linearità?

- Modelli a plasticità concentrata
Esempio - trave incastrata e appoggiata



3. Applicazione carico

Il carico viene fatto crescere progressivamente, fino a raggiungere M_{pl}

Comportamento delle strutture

In che modo tener conto della non linearità?

- Modelli a plasticità concentrata
Esempio - trave incastrata e appoggiata



3. Applicazione carico

Per l'ulteriore incremento di carico si
usa uno schema variato, con cerniera

Il risultato complessivo è
somma dei due schemi

