

CISM International Centre for Mechanical Sciences

METODI NUMERICI NELL'INGEGNERIA SISMICA

Udine, 6 Dicembre 2006

**ANALISI STATICA NON LINEARE DI UN TELAIO IN ACCIAIO
MEDIAMTE L'UTILIZZO DEL SOFTWARE MIGAS/GEN 7.0.2**

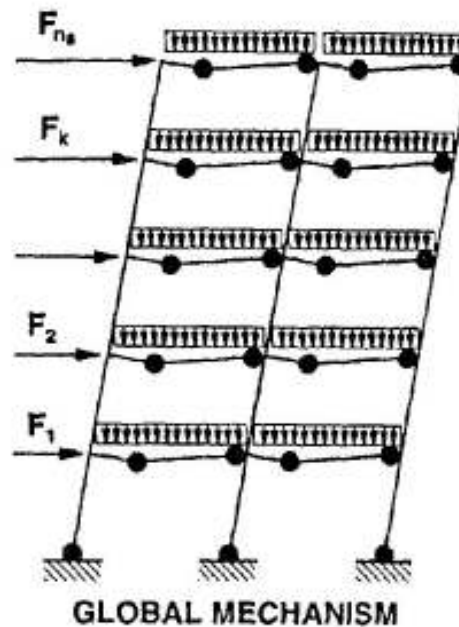
Dott. Ing. Stefano Tortella,

B.R.I.C.K. workgroup

stefano.tort@alice.it

Premessa (1/2)

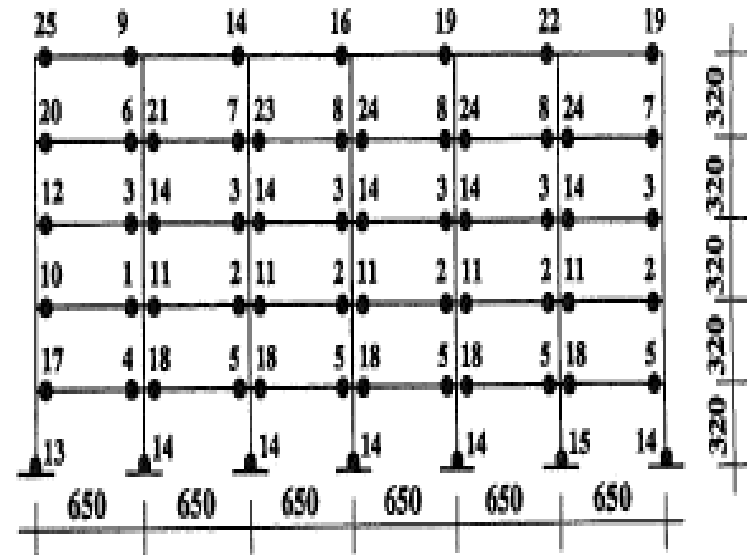
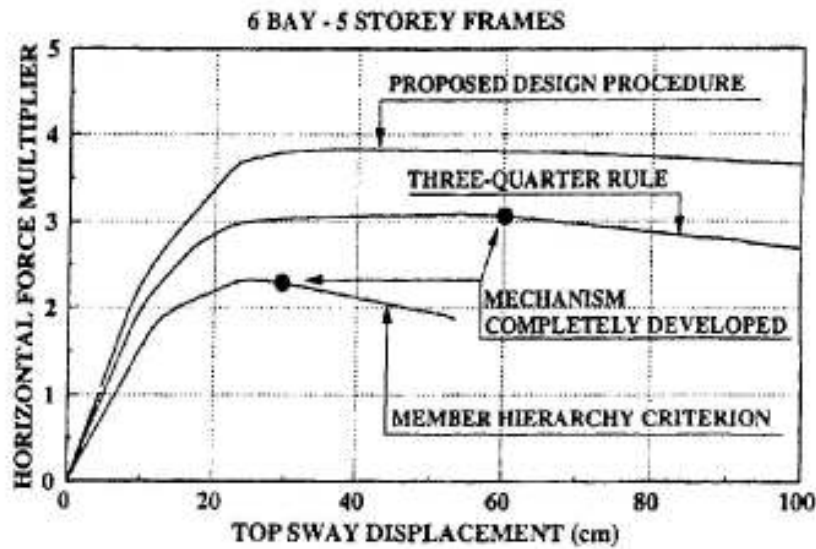
- Oggetto delle analisi: telaio piano sismoresistente in acciaio.
- Progetto secondo quanto proposto in “Plastic design of seismic resistant steel frames”, Mazzolani F.M., Piluso V., 1997.
- Metodo di progetto che garantisca un meccanismo di collasso globale.



CISM - METODI NUMERICI NELL' INGEGNERIA SISMICA

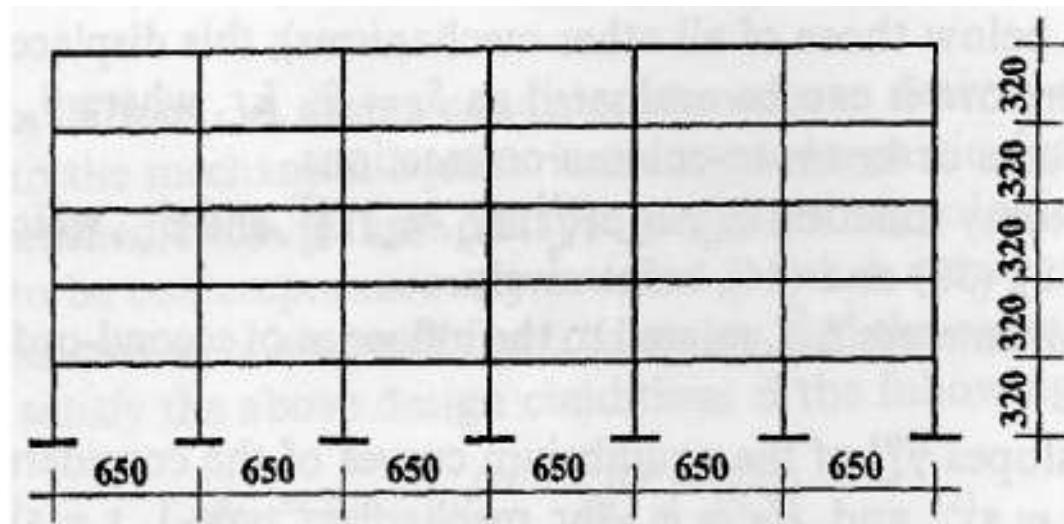
Premessa (2/2)

- Metodo validato mediante serie di analisi pushover.



Geometria

- 6 campate ($L=6,5$ m).
- 5 impalcati rigidi ($H=3,2$ m).
- Pilastrini incastrati alla base.



CISM - METODI NUMERICI NELL' INGEGNERIA SISMICA

Profili

- Acciaio: Fe430
- Travi: IPE330
- Pilastrini:

Piano	interni	esterni
5	HEB280	HEB280
4	HEB320	HEB320
3	HEB320	HEB320
2	HEB340	HEB340
1	HEB360	HEB400

Carichi

- Permanenti G_k : 15 KN/m; Accidentali Q_k : 10 KN/m;
- Combinazione dell'azione sismica E con le altre azioni:

$$\Sigma G_k + \Sigma \psi_2 Q_k + \gamma_I E \quad \text{con } \psi_2 = 0,3; \gamma_I = 1$$

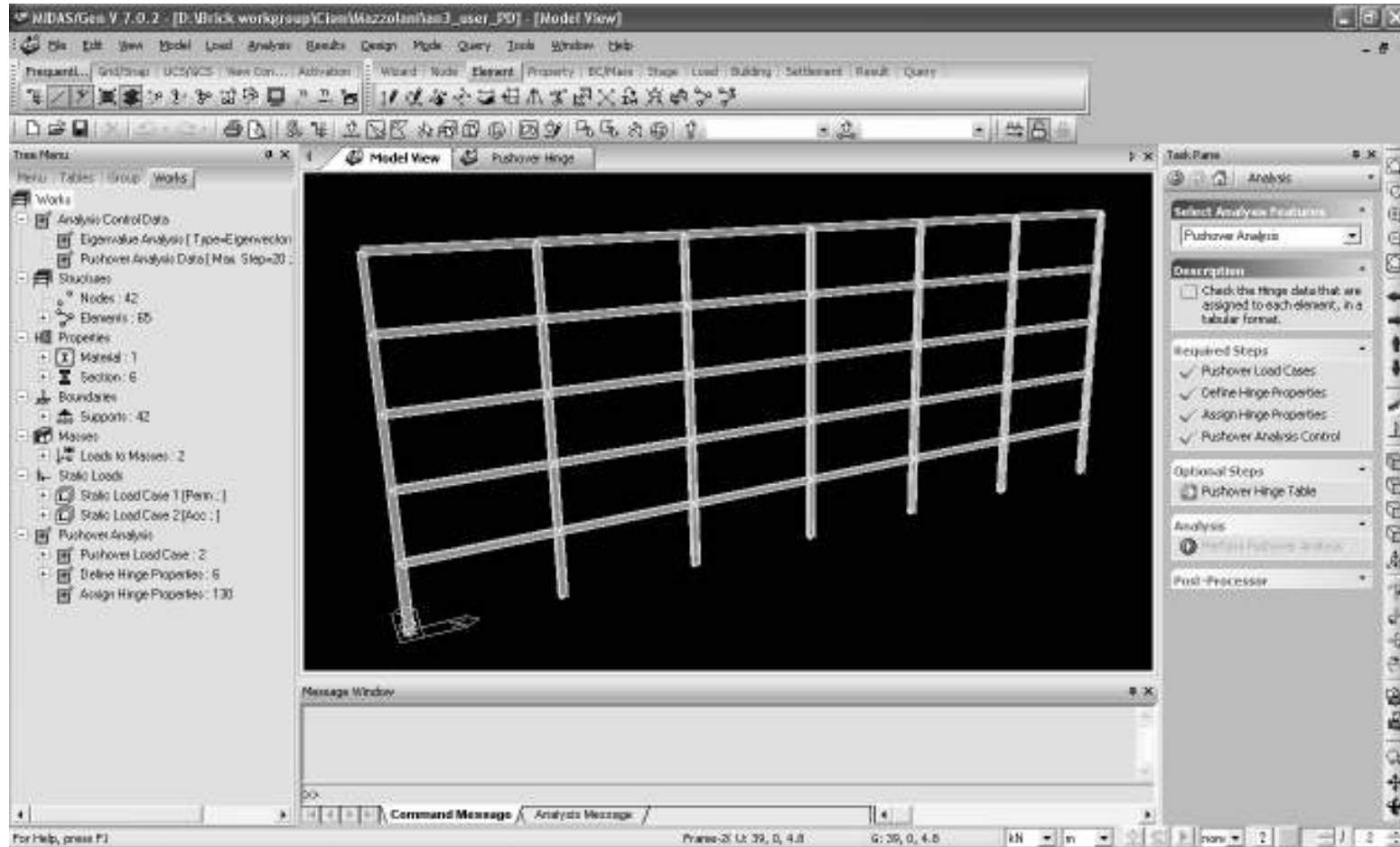
- Masse associate a : $\Sigma G_k + \Sigma \varphi \psi_2 Q_k$ con $\psi_2 = 0,3; \varphi = 0,5$

- Azione sismica di progetto E:

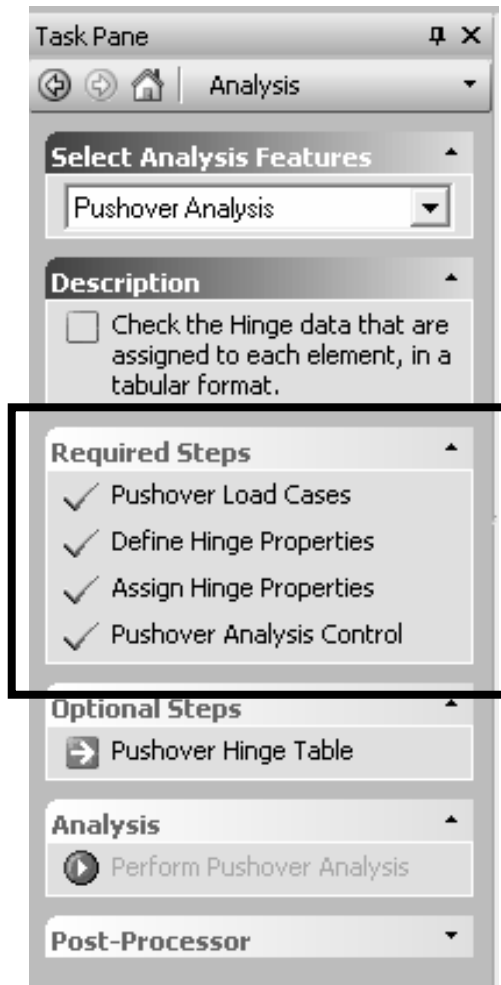
Piano	KN
5	118,40
4	86,84
3	65,13
2	43,42
1	21,71

CISM - METODI NUMERICI NELL' INGEGNERIA SISMICA

Modello

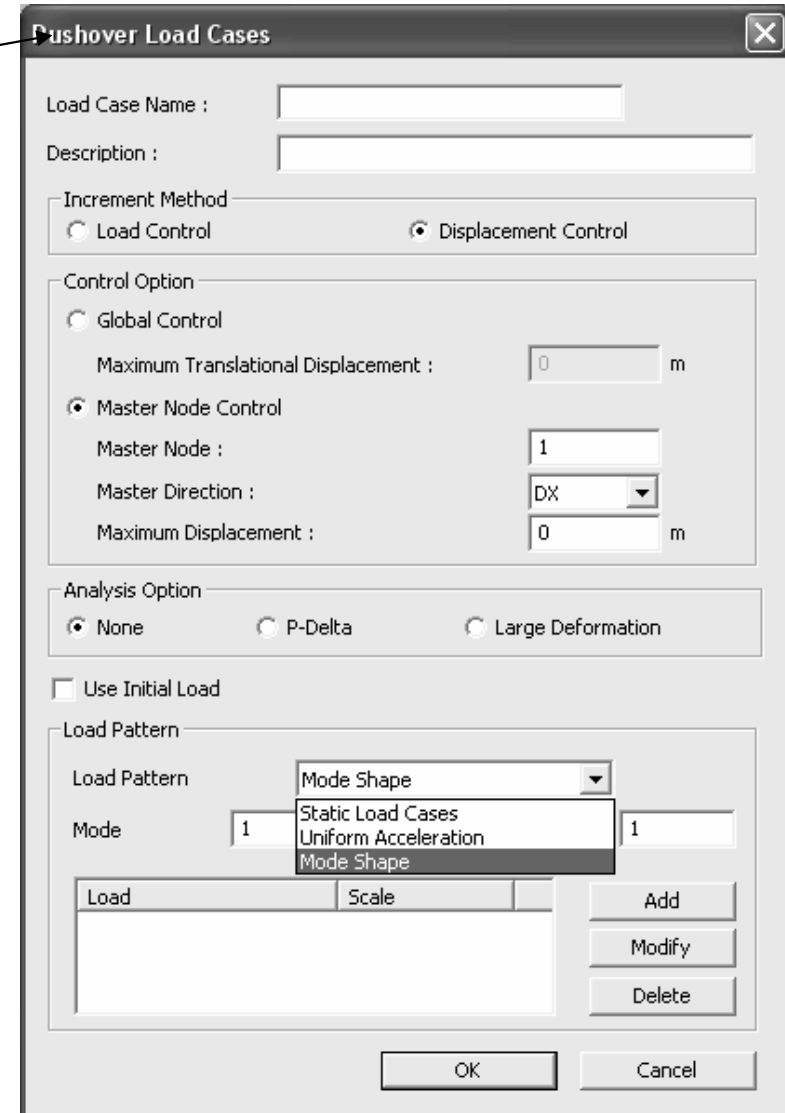
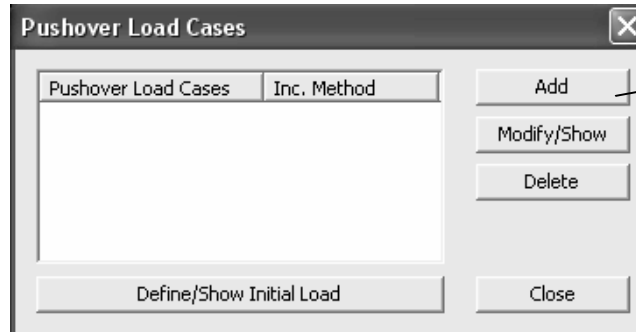


Task Pane



- Guida (definibile dall'utente)
- In fase di rilascio da CSPfea serie di T.P. in italiano per:
 - analisi modale con spettro di risposta;
 - pushover con cerniere plastiche;
 - pushover con fibre;
 - analisi dinamica non lineare (NL TH);

Pushover Load Cases (1/2)



- Carico iniziale;
- Load/Displacement control;
- P-Delta/Grandi spostamenti;
- Distribuzione delle forze orizzontali:
 - proporzionale alle masse
 - proporzionale al primo modo di vibrare
 - definita dall'utente

Pushover Load Cases (2/2)

La presente analisi:

- in controllo di spostamenti;
- considera l'effetto P-Delta;
- distribuzione delle forze orizzontali proporzionale al primo modo di vibrare

Pushover Load Cases

Load Case Name : Push1 triangolare

Description :

Increment Method
 Load Control Displacement Control

Control Option
 Global Control
Maximum Translational Displacement : 0.32 m
 Master Node Control
Master Node : 42
Master Direction : DX
Maximum Displacement : 1 m

Analysis Option
 None P-Delta Large Deformation

Use Initial Load

Load Pattern
Load Pattern : Mode Shape
Mode : 1 Scale Factor : 1

Load	Scale
Mode:1	1

Add
Modify
Delete

OK Cancel

CISM - METODI NUMERICI NELL' INGEGNERIA SISMICA

Define Hinge Properties

The image shows a software interface with a 'Task Pane' on the left and two dialog boxes in the center.

Task Pane:

- Analysis
- Select Analysis Features: Pushover Analysis
- Description: Check the Hinge data that are assigned to each element, in a tabular format.
- Required Steps:
 - ✓ Pushover Load Cases
 - ✓ Define Hinge Properties
 - ✓ Assign Hinge Properties
 - ✓ Pushover Analysis Control
- Optional Steps:
 - ➔ Pushover Hinge Table
- Analysis:
 - ▶ Perform Pushover Analysis
- Post-Processor

Define Hinge Properties Dialog:

Hinge Properties	Type	Multi/FEMA
------------------	------	------------

Buttons: Add, Modify/Show, Delete, Close

Show Generated Hinges

Add/Modify Hinge Properties Type Dialog:

Hinge Properties Type Name :

Define Properties Type : Axial-P

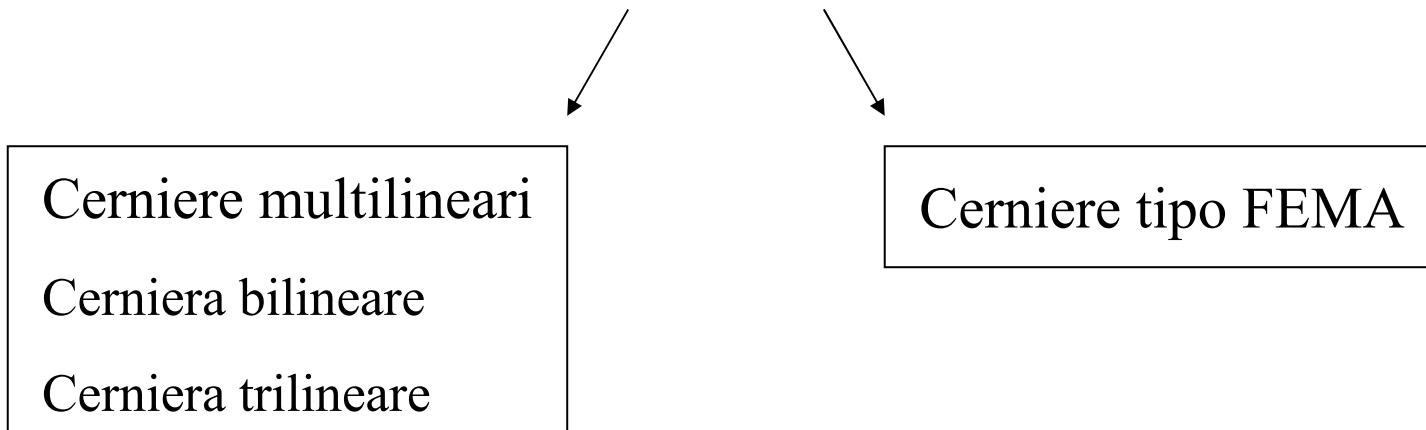
Hinge Type:
 Multi-Linear Type FEMA Type

Hinge Properties:
Hinge Type: Axial-P

Buttons: OK, Cancel

Cerniere plastiche in Midas/Gen (1/4)

- Modello a plasticità distribuite (fibre);
- Modello a plasticità concentrate;

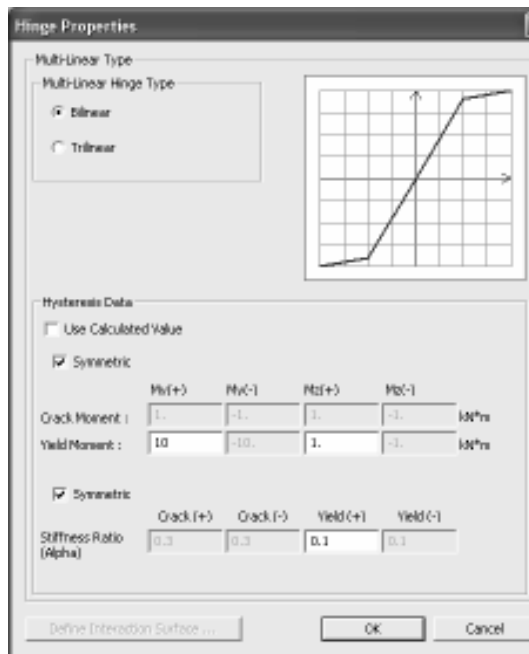


CISM - METODI NUMERICI NELL' INGEGNERIA SISMICA

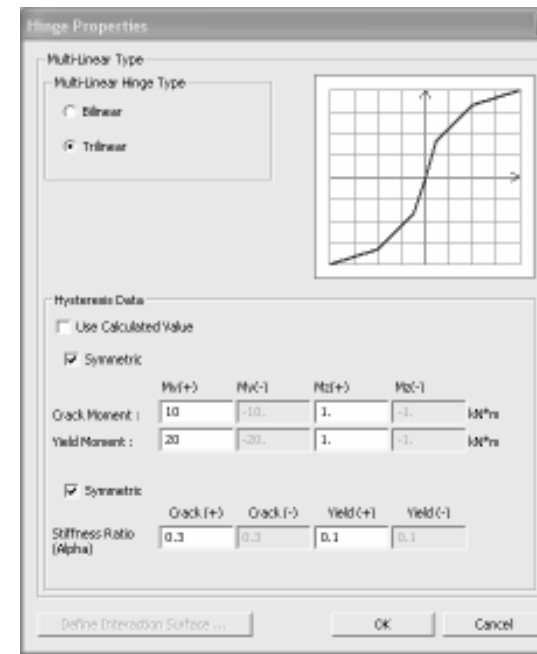
Cerniere plastiche in Midas/Gen (2/4)

Cerniere multilineari

Cerniera bilineare



Cerniera trilineare



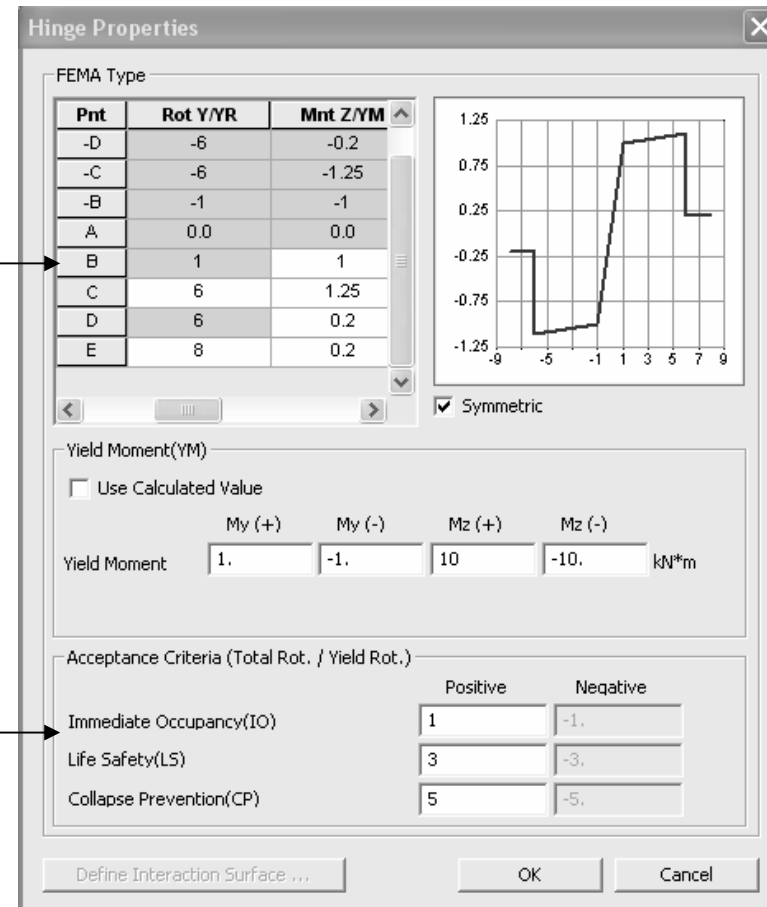
Comportamento elasto-plastico

Cerniere plastiche in Midas/Gen (3/4)

Cerniere tipo FEMA

Comportamento elasto-plastico
con limite di deformabilità e softening

Capacità di deformazione per
verifiche meccanismi duttili



Cerniere plastiche in Midas/Gen (4/4)

- Cerniere definibili per strutture in acciaio e calcestruzzo armato.
- In fase di implementazione cerniere per strutture in muratura.
- Cerniere per caratterizzare:
 - momento
 - interazione momento – azione assiale
 - azione assiale
 - taglio
- Proprietà delle cerniere: definibili dall'utente o automaticamente generate a partire dalla struttura definita.

Caratterizzazione delle cerniere plastiche (1/2)

- Proprietà dei materiali: valori medi.
- Comportamento elastico perfettamente plastico.

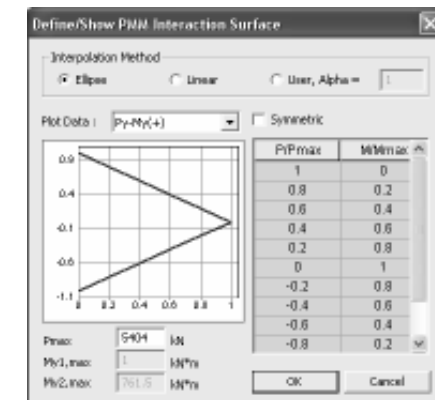
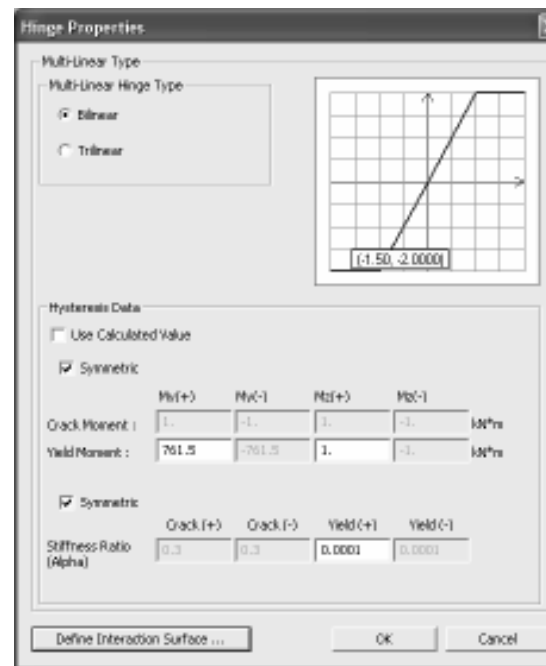
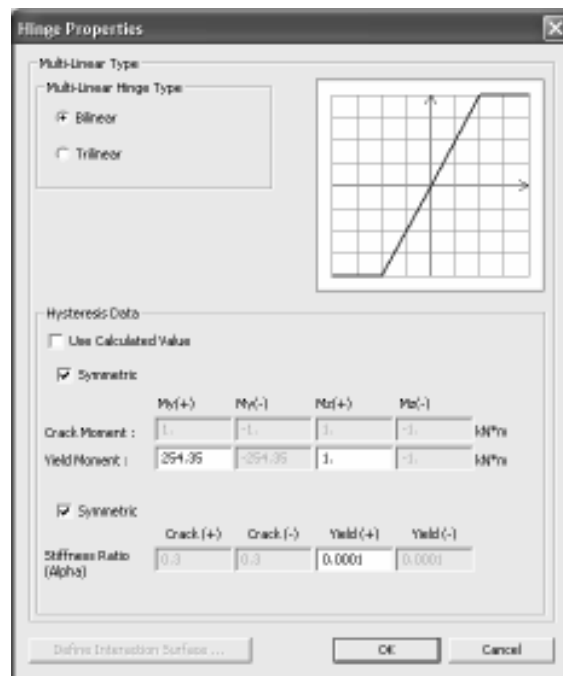
Sezione	M_y (kNm)	N_{max} (kN)
IPE330	254.27	-
HEB400	1022.04	6254.72
HEB360	848.49	5712.51
HEB340	761.56	5404.64
HEB320	679.70	5102.46
HEB320	679.70	5102.46
HEB280	485.26	4154.40

CISM - METODI NUMERICI NELL' INGEGNERIA SISMICA

Caratterizzazione delle cerniere plastiche (2/2)

Travi: flessione pura

Pilastri: dominio interazione M/N



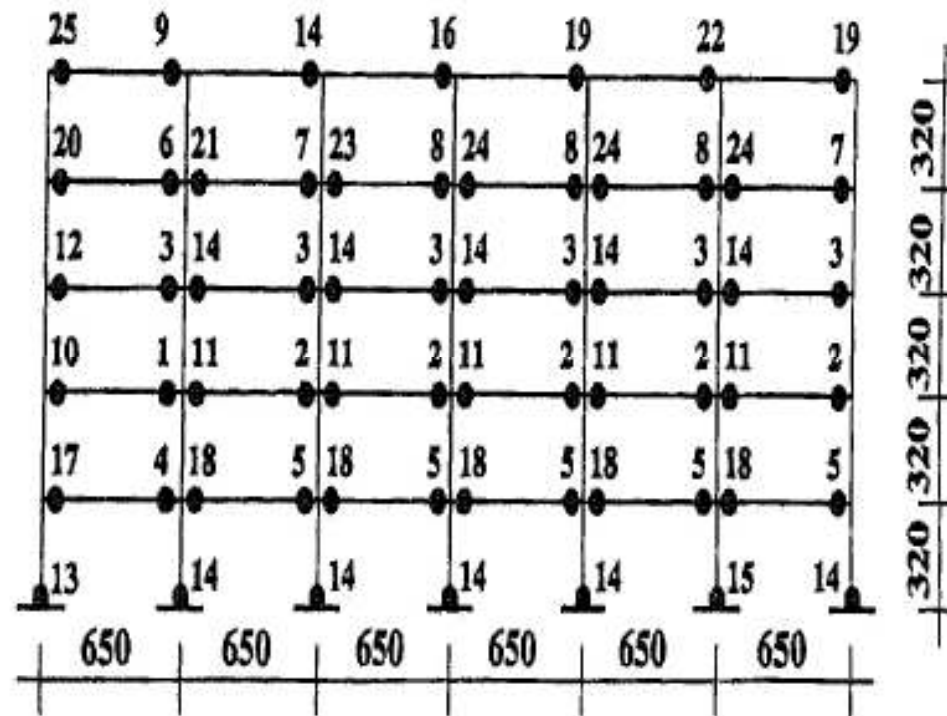
Load contour method (Bresler)

Riassumendo

- Analisi pushover in controllo di spostamenti (100 step, $DX=1$ metro).
- Effetto P-Delta.
- Distribuzione delle forze proporzionale al primo modo.
- Cerniere con comportamento elastico perfettamente plastico.

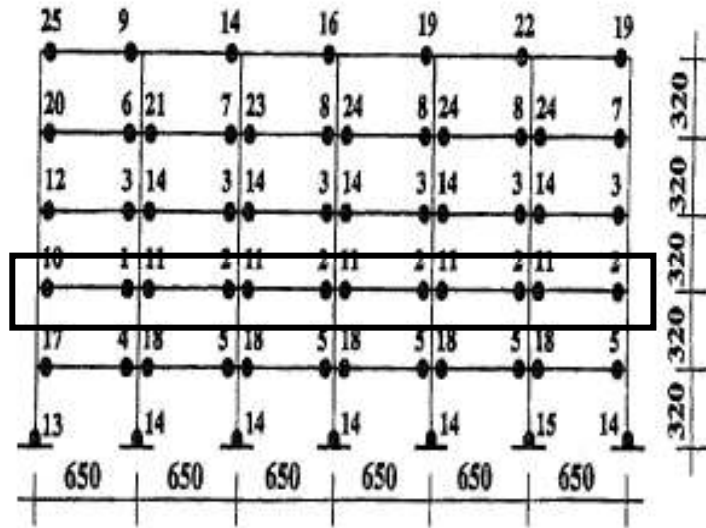
Risultati (1/7)

Meccanismo globale: ordine di formazione delle cerniere plastiche

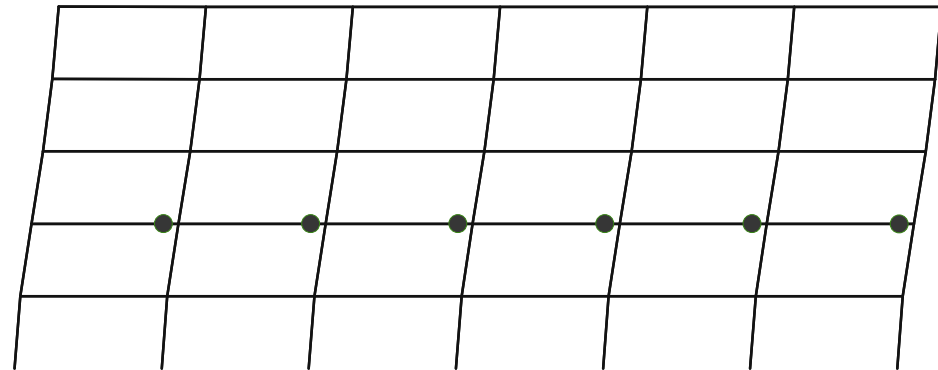


CISM - METODI NUMERICI NELL' INGEGNERIA SISMICA

Risultati (2/7)

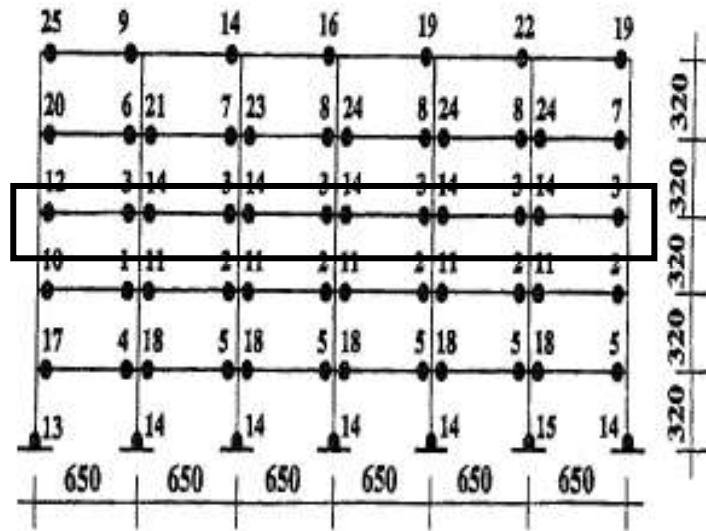


Step 12

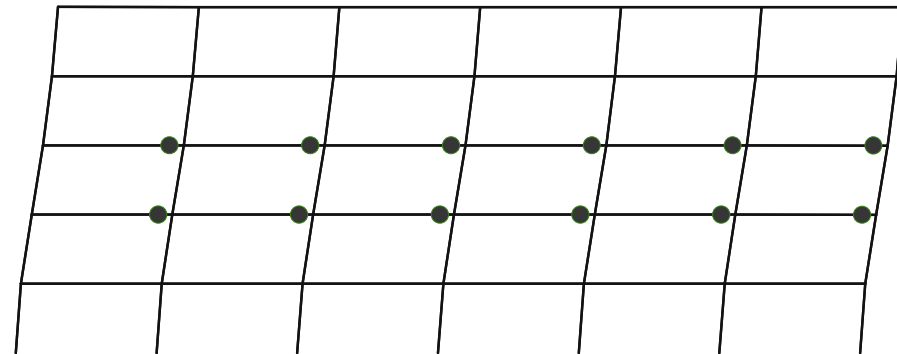


CISM - METODI NUMERICI NELL' INGEGNERIA SISMICA

Risultati (3/7)

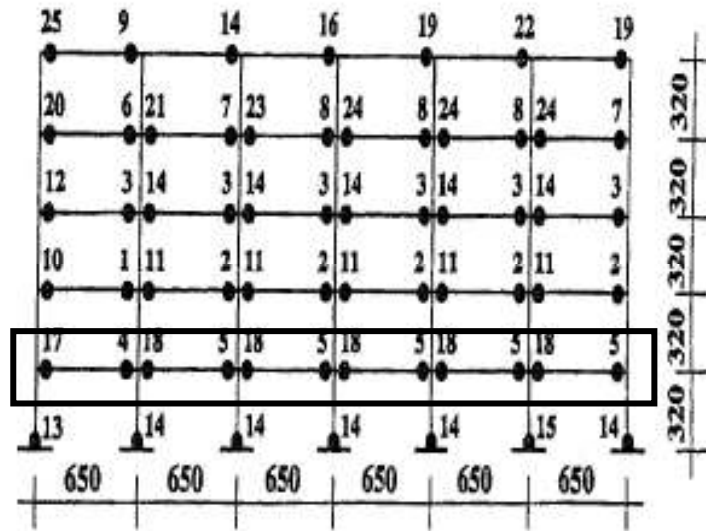


Step 14

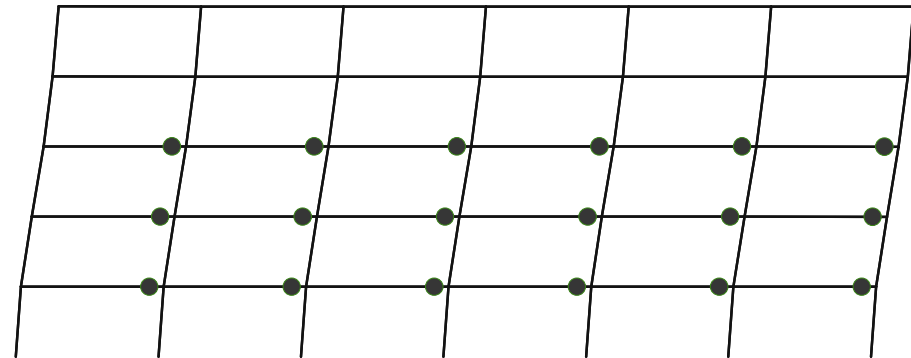


CISM - METODI NUMERICI NELL' INGEGNERIA SISMICA

Risultati (4/7)

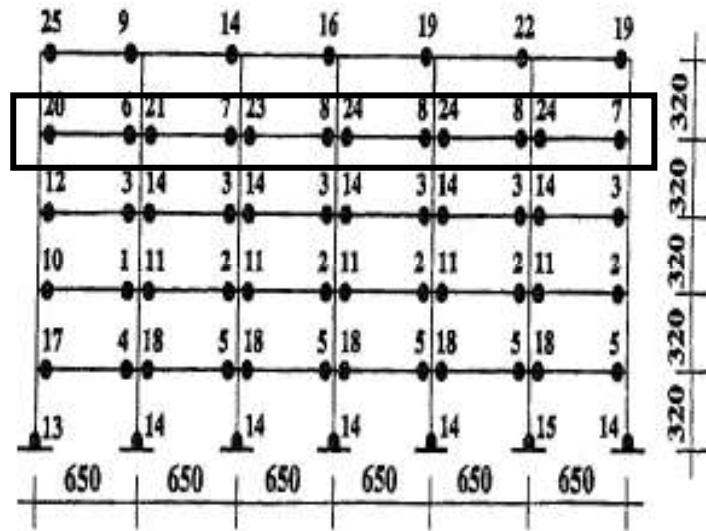


Step 16

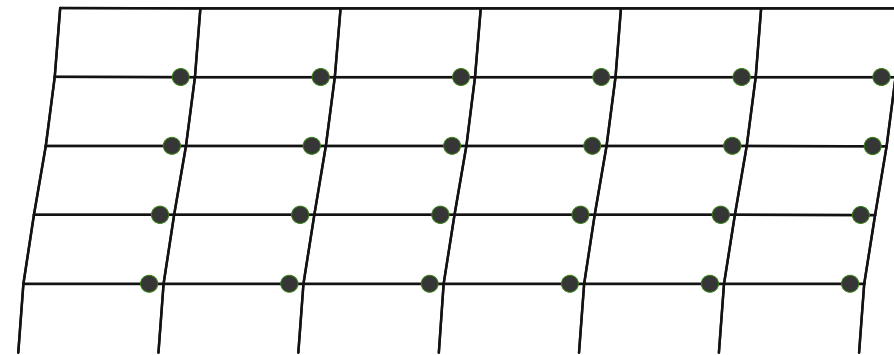


CISM - METODI NUMERICI NELL' INGEGNERIA SISMICA

Risultati (5/7)

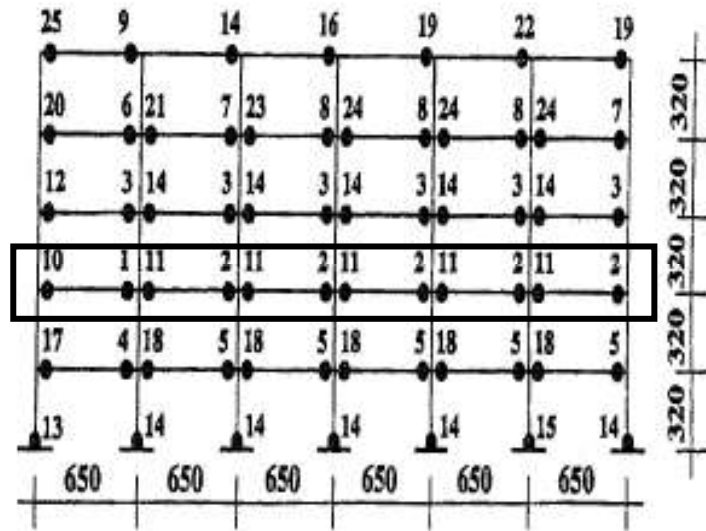


Step 20

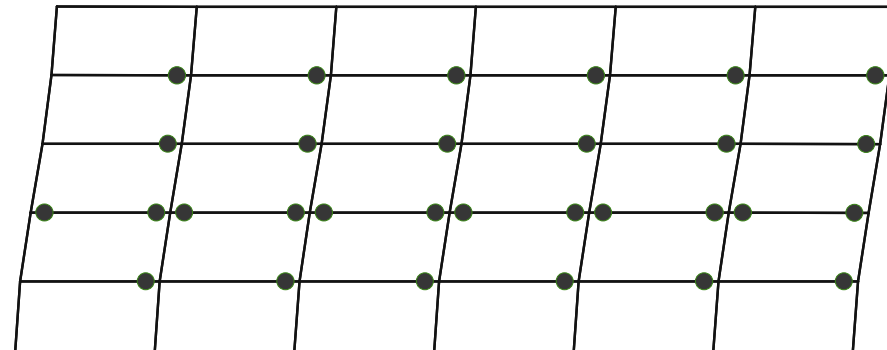


CISM - METODI NUMERICI NELL' INGEGNERIA SISMICA

Risultati (6/7)

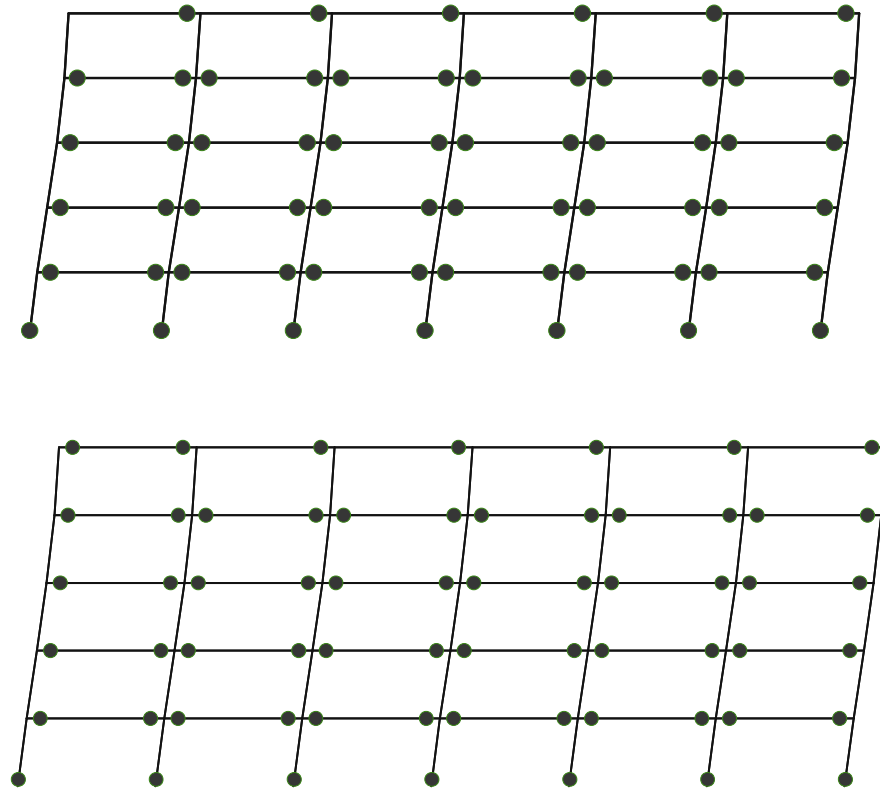
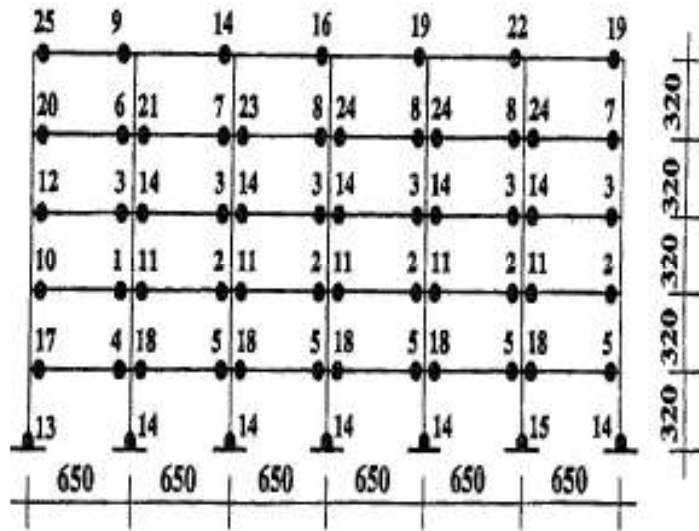


Step 25

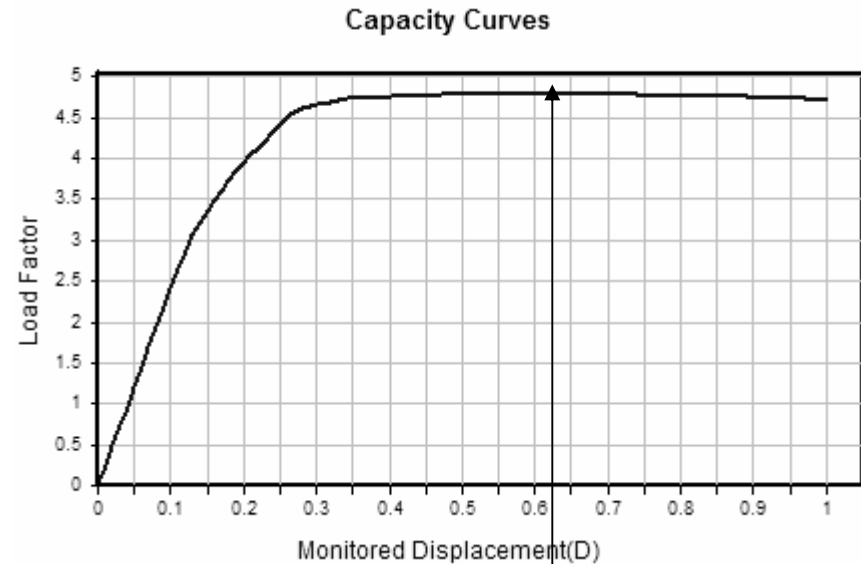
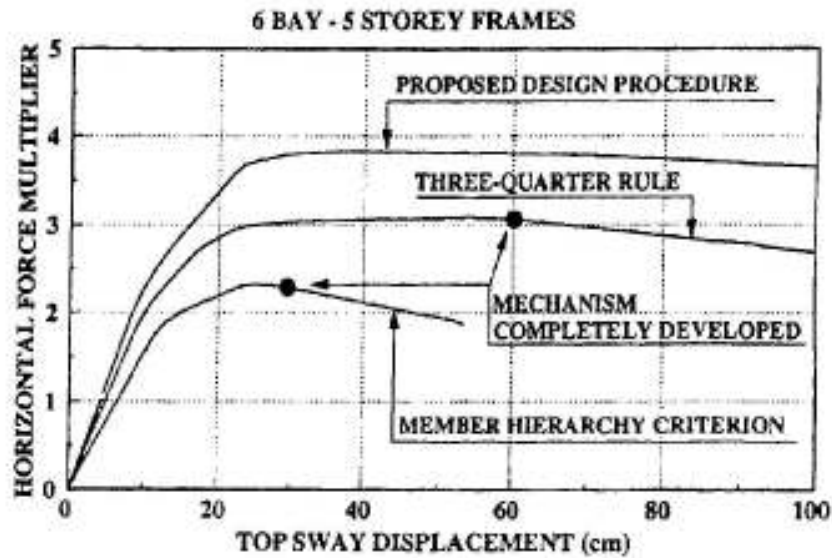


CISM - METODI NUMERICI NELL' INGEGNERIA SISMICA

Risultati (7/7)



Curva di capacità

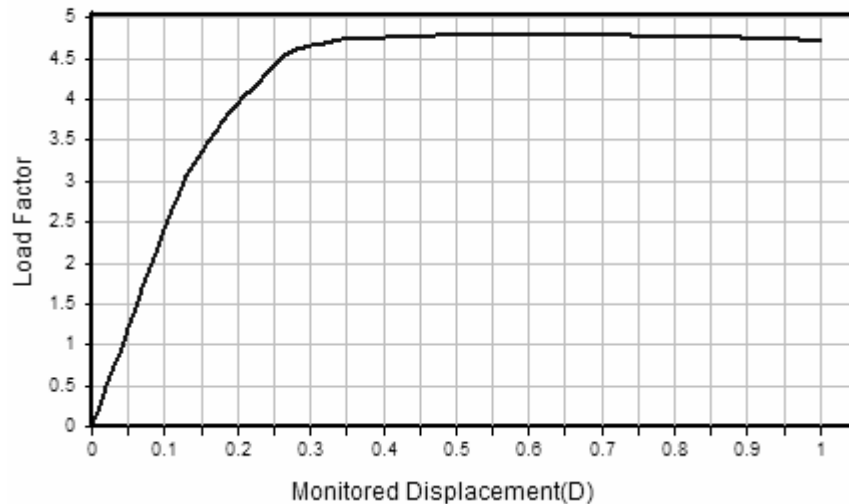


Taglio alla base massimo: 1572 KN
per spostamento in sommità pari a 62 cm

Influenza dell'effetto P-Delta

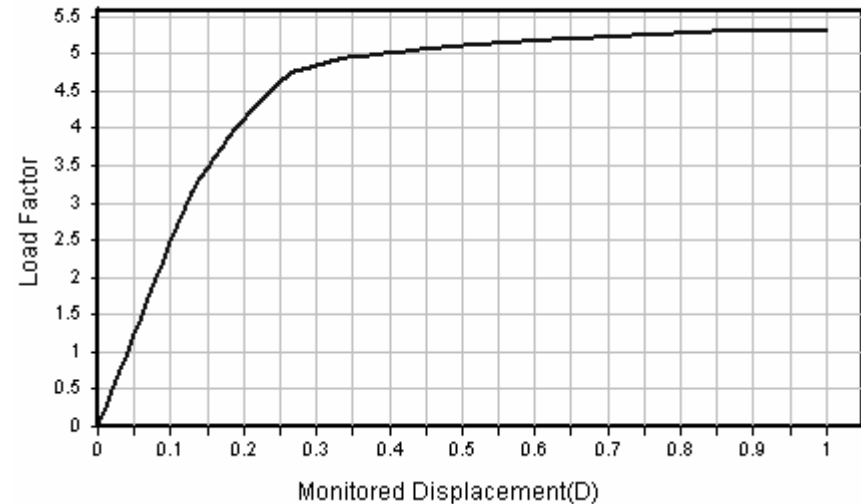
- Meccanismo globale analogo

Capacity Curves



Taglio alla base massimo: 1572 KN
per spostamento in sommità pari a 62 cm

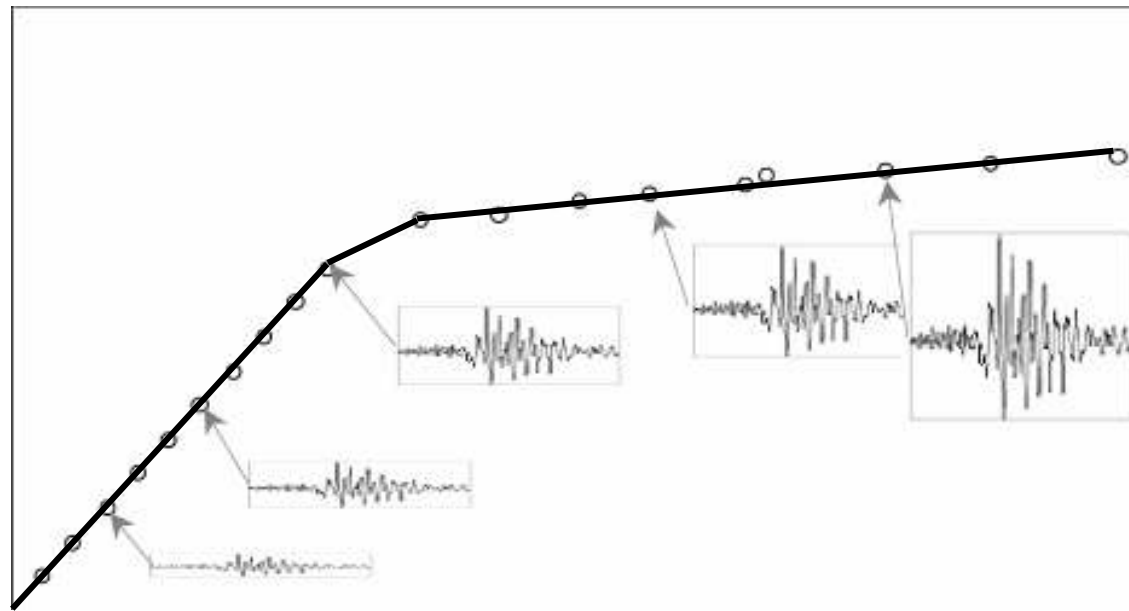
Capacity Curves



Taglio alla base massimo: 1740 KN
per spostamento in sommità pari a 100 cm

Confronto con analisi dinamica non lineare (1/3)

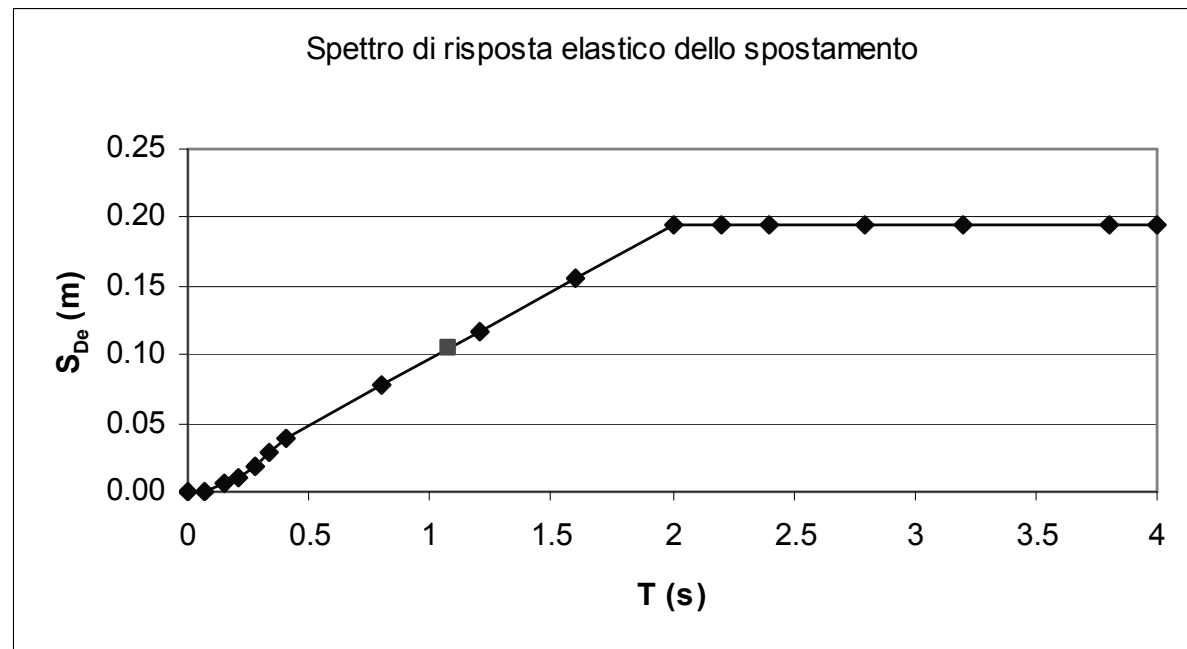
Idea alla base del metodo pushover: applicare alla struttura una distribuzione di forze crescente al fine di ottenere una curva forza-spostamento che involupi tutte le possibili risposte strutturali calcolate mediante analisi non lineari dinamiche.



1. Calcolo della domanda in termini di spostamento ottenuta con l'analisi pushover.
2. Confronto con lo spostamento massimo ottenuto con l'analisi dinamica non lineare della stessa struttura.

Confronto con analisi dinamica non lineare (2/3)

1. Risposta sistema della struttura >> caratteristiche di un sistema NL equivalente a 1 GDL.
2. Determinazione dello spostamento massimo atteso del sistema equivalente mediante lo spettro di risposta in termini di spostamento.
3. Determinazione della domanda di spostamento per la struttura in oggetto.



Confronto con analisi dinamica non lineare (3/3)

- Per zona sismica 1 e categoria di suolo A, la domanda di spostamento per lo stato limite di danno severo, calcolato con analisi PO, risulta pari a 0,136 m.
- Lo spostamento massimo ottenuto con un analisi dinamica non lineare della medesima struttura, impiegando un accelerogramma spettro-compatibile, risulta pari a 0,125 m.

