



ORDINE DEGLI INGEGNERI
della provincia di Latina

ORDINANZA 3274 03/2003, ORDINANZA 3316 10/2003
ESEMPI APPLICATIVI SVOLTI CON L'UTILIZZO
DEL CODICE DI CALCOLO SAP2000 E ETABS

www.leonardobandini.it

Leonardo@brunetta2.it

CENNO STATI LIMITE: SLU, SLE

AZIONE SISMICA OPCM3274

ANALISI STATICA LINEARE

COMBINAZIONE DELLE DIREZIONI

DINAMICA LINEARE

ESEMPI E PROBLEMATICHE

STAT. E DIN. NON LINEARE

MENU GENERALE**CENNO STATI LIMITE****AZIONE SISMICA****STATICA LINEARE****COMB. DIREZIONI****DINAMICA LINEARE****ESEMPI E PROBLEMATICHE****ANALISI NON LINEARI**

D.M. 16.01.1996 - «Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche».

STATI LIMITE:

$$\begin{aligned}
 \text{SLU} \quad F_d &= \gamma_g \cdot G_k + \gamma_p \cdot P_k + \gamma_q \cdot Q_k + \gamma_q \cdot \left[\sum_{i=2} \Psi_{0i} \cdot Q_{ki} \right] \\
 \text{SLE} \quad F_d &= G_k + P_k + Q_k + \left[\sum_{i=2} \Psi_{0i} \cdot Q_{ki} \right] && \text{Comb. Rare [0.995]} \\
 \text{SLE} \quad F_d &= G_k + P_k + \Psi_{11} Q_k + \left[\sum_{i=2} \Psi_{2i} \cdot Q_{ki} \right] && \text{Comb. freq. [0.95]} \\
 \text{SLE} \quad F_d &= G_k + P_k + Q_k + \left[\sum_{i=2} \Psi_{2i} \cdot Q_{ki} \right] && \text{Comb. quasi perm. [0.5]}
 \end{aligned}$$

- Valore caratteristico Q_k
- Valore di combinazione rara $\Psi_0 \cdot Q_k$
- Valore di combinazione frequente $\Psi_1 \cdot Q_k$
- Valore di combinazione quasi permanente $\Psi_2 \cdot Q_k$

MENU GENERALE**CENNO STATI LIMITE****AZIONE SISMICA****STATICA LINEARE****COMB. DIREZIONI****DINAMICA LINEARE****ESEMPI E PROBLEMATICHE****ANALISI NON LINEARI**

D.M. 16.01.1996 - «Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche».

$\gamma_g = 1,4$ (oppure 1,0 se il suo contributo aumenta la sicurezza);
 $\gamma_p = 1,2$ (oppure 0,9 se il suo contributo aumenta la sicurezza);
 $\gamma_q = 1,5$ (oppure 0,0 se il suo contributo aumenta la sicurezza);
 ψ_{0i} = coefficienti di combinazione allo stato limite ultimo,
da assumere pari a 0,7 per i carichi variabili di esercizio
nei fabbricati per abitazione e uffici e per le azioni da neve,
pari a 0 per le azioni da vento.

Destinazione d'uso	ψ_{0i}	ψ_{2i}
Abitazioni, uffici	0.70	0.30
Uffici aperti al pubblico, scuole, negozi, autorimesse	0.70	0.60
Tetti e coperture con neve	0.70	0.20
Magazzini, archivi	1.00	0.80
Vento	0.00	0.00

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

AZIONE SISMICA

STATICA LINEARE

COMB. DIREZIONI

DINAMICA LINEARE

ESEMPI E PROBLEMATICHE

ANALISI NON LINEARI

D.M. 16.01.1996 - «Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche».

$$S_d \leq R_d$$

SLU:

- CALCOLARE LE S_d [AZIONI INTERNE: N,T,M] AGENTI NELLE SEZIONI PIU' SOLLECITATE IN CORRISPONDENZA DELLE COMBINAZIONI DI CARICO PIU' GRAVOSE.
- CALCOLARE LE RESISTENZE DI PROGETTO R_d INTESE COME LE RESISTENZE DELLE SEZIONI SIGNIFICATIVE.

SLE:

- CALCOLARE LE S_d [DEFORMAZIONI, SPOSTAMENTI, DIMENSIONI DI FESSURE, ECC.] PRODOTTE DALLE COMBINAZIONI DI CARICO PIU' GRAVOSE TENENDO CONTO DI EFFETTI DI LUNGA DURATA.
- CALCOLARE LE RESISTENZE DI PROGETTO R_d CHE SONO VALORI NOMINALI RITENUTI ACCETTABILI.

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

AZIONE SISMICA

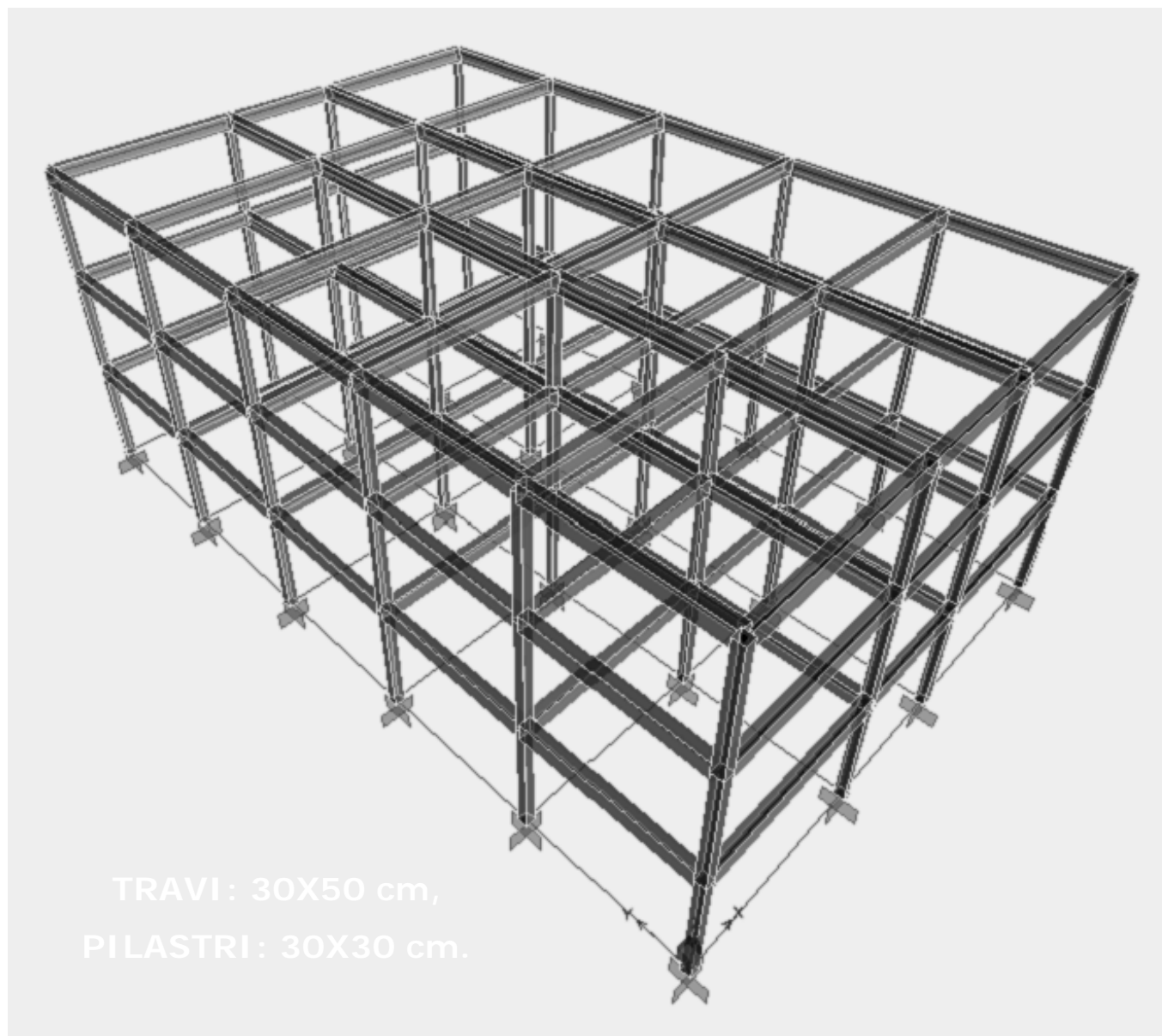
STATICA LINEARE

COMB. DIREZIONI

DINAMICA LINEARE

ESEMPI E PROBLEMATICHE

ANALISI NON LINEARI



TRAVI: 30X50 cm,
PILASTRI: 30X30 cm.

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

AZIONE SISMICA

STATICA LINEARE

COMB. DIREZIONI

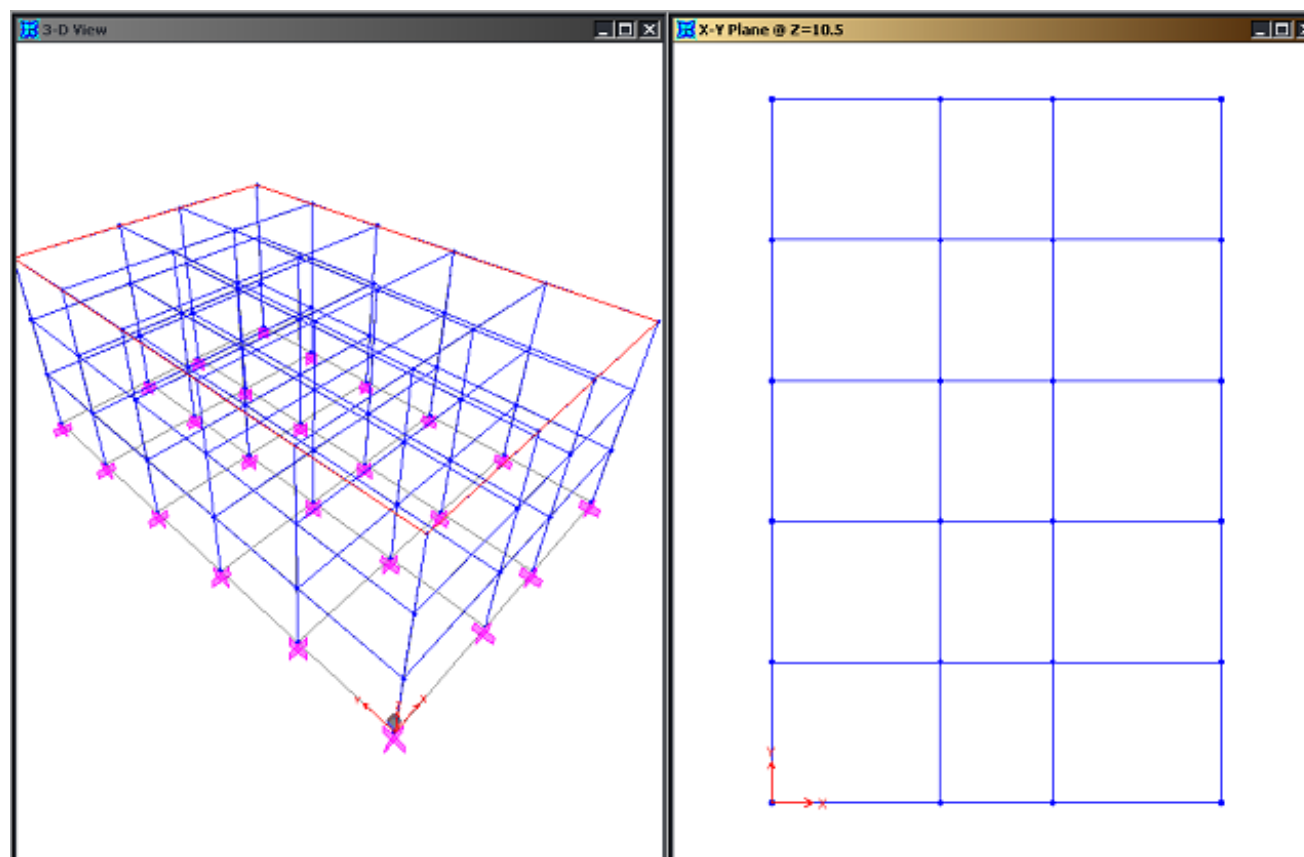
DINAMICA LINEARE

ESEMPI E PROBLEMATICHE

ANALISI NON LINEARI

ESEMPIO 1:

- edificio per uffici da realizzarsi nel territorio di Napoli
- 4 telai identici disposti lungo la direzione y
- 6 telai identici disposti lungo la direzione x
- solai orditi secondo la direzione y
- 3 livelli disposti a quota: 3.5 m, 7.0 m e 10.5 m



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

AZIONE SISMICA

STATICA LINEARE

COMB. DIREZIONI

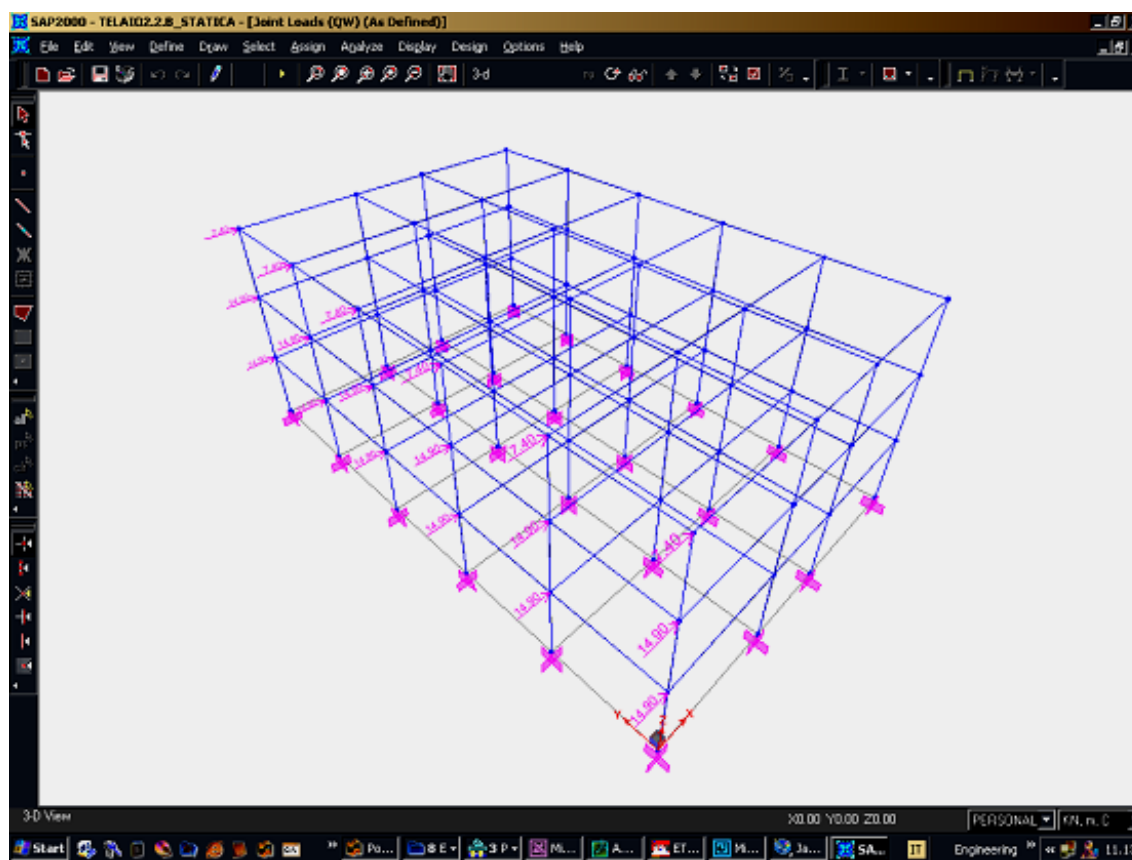
DINAMICA LINEARE

ESEMPI E PROBLEMATICHE

ANALISI NON LINEARI

NOMENCLATURA CARICHI:

- PP: *Peso proprio strutturale [automatico]*
- QP1: *carico permanente prima permutazione [26.5 kN/m]*
- QP2: *carico permanente seconda permutazione [26.5 kN/m]*
- QA1: *carico accidentale prima permutazione [10.0 kN/m]*
- QA2: *carico accidentale seconda permutazione [10.0 kN/m]*
- Qneve: *carico neve [3 kN/m]*
- QW: *carico vento [14.9 kN, 7,4 kN]*



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

AZIONE SISMICA

STATICA LINEARE

COMB. DIREZIONI

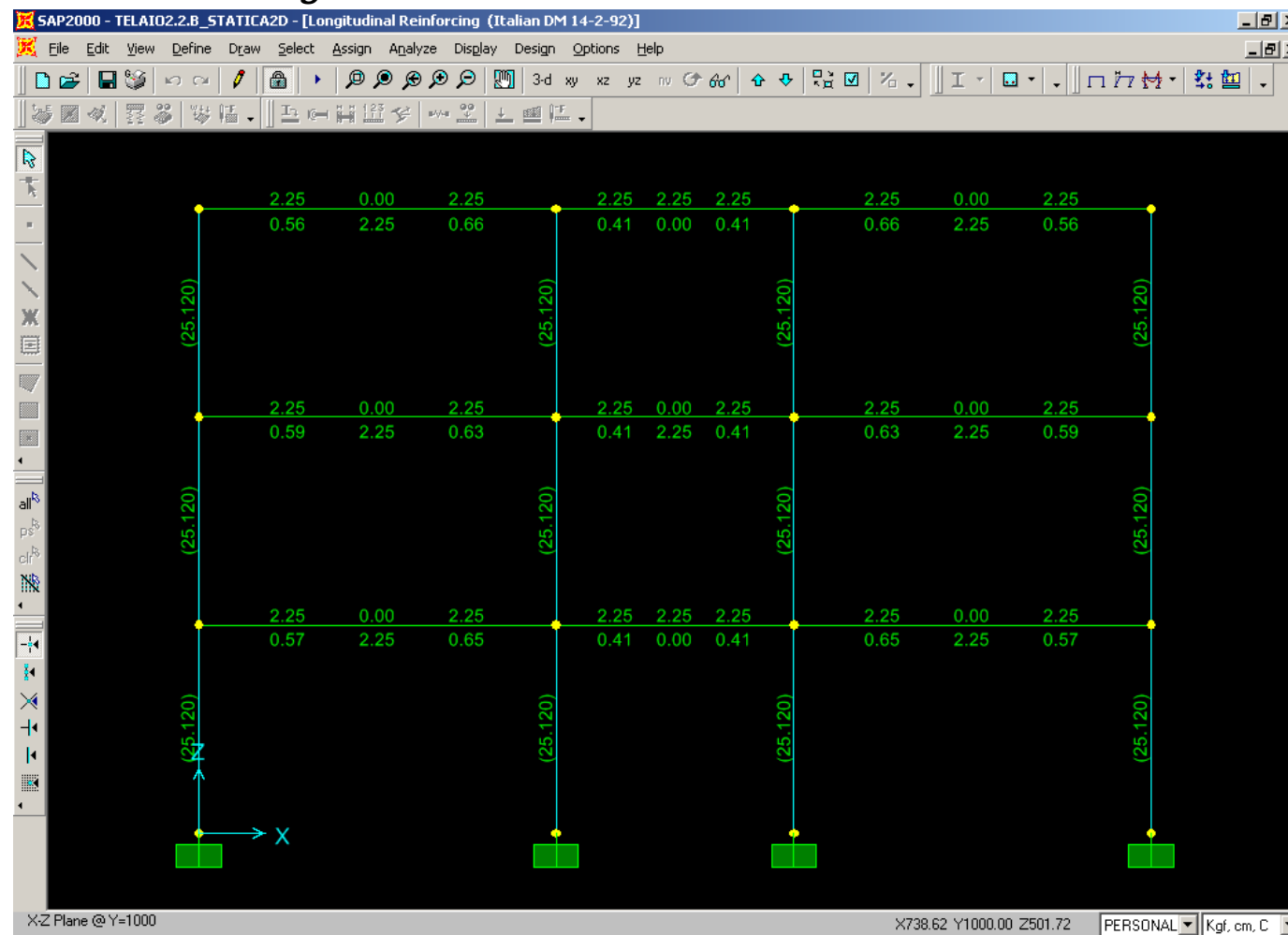
DINAMICA LINEARE

ESEMPI E PROBLEMATICHE

ANALISI NON LINEARI

VERIFICHE:

- *Involuppo automatico delle sollecitazioni di N, T, M2, M3.*
- *Verifiche condotte con il metodo semiprobabilistico agli stati limite.*
- *Verificatore integrato in SAP2000.*



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

AZIONE SISMICA

STATICA LINEARE

COMB. DIREZIONI

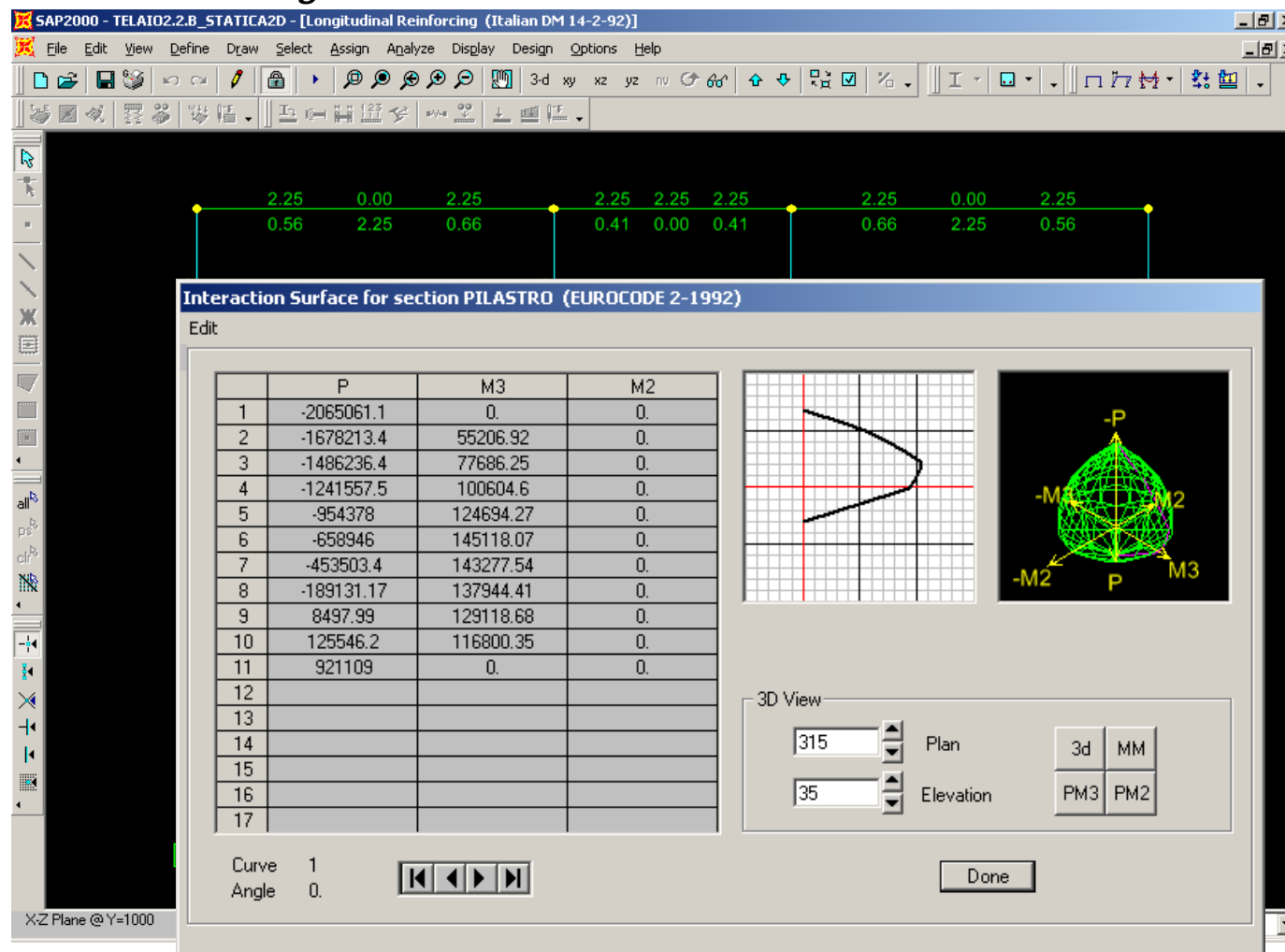
DINAMICA LINEARE

ESEMPI E PROBLEMATICHE

ANALISI NON LINEARI

VERIFICHE:

- *Involuppo automatico delle sollecitazioni di N, T, M2, M3.*
- *Verifiche condotte con il metodo semiprobabilistico agli stati limite.*
- *Verificatore integrato in SAP2000.*



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

AZIONE SISMICA

STATICA LINEARE

COMB. DIREZIONI

DINAMICA LINEARE

ESEMPI E PROBLEMATICHE

ANALISI NON LINEARI

METODI DI ANALISI SECONDO L'ORDINANZA 3274:

- **STATICA LINEARE**
- **DINAMICA MODALE**
- **STATICA NON LINEARE**
- **DINAMICA NON LINEARE**

L'EDIFICIO OGGETTO DI STUDIO PRESENTA REGOLARITA' SIA IN PIANTA CHE IN ELEVAZIONE, PERTANTO E' POSSIBILE APPLICARE UNO QUALUNQUE DEI METODI INDICATI.

Analysis Case Data - Linear Static

Analysis Case Name: Set Def Name

Stiffness to Use:

- ☒ Zero Initial Conditions - Unstressed State
- ☐ Stiffness at End of Nonlinear Case

Important Note: Loads from the Nonlinear Case are NOT included in the current case

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load	PP	1

Add Modify Delete

Analysis Case Type: Static

Analysis: Modal Response Spectrum Time History Moving Load Multi-step Static Buckling Steady State

OK Cancel

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

AZIONE SISMICA

STATICA LINEARE

COMB. DIREZIONI

DINAMICA LINEARE

ESEMPI E PROBLEMATICHE

ANALISI NON LINEARI

MASSA E PESI SISMICI SECONDO L'ORDINANZA 3274:

$$SLU \quad G_k + \varphi \left[\sum_{i=1}^n \Psi_{2i} \cdot Q_{ki} \right]$$

~~$$SLD \quad G_k + \varphi \left[\sum_{i=1}^n \Psi_{0i} \cdot Q_{ki} \right]$$~~

SLU SISMICO SECONDO L'ORDINANZA 3274:

$$F_d = \gamma_I \cdot E + G_k + P_k + \left[\sum_{i=2} \Psi_{2i} \cdot Q_{ki} \right]$$

Destinazione d'uso	Ψ_{0i}	Ψ_{2i}
Abitazioni, uffici	0.70	0.30
Uffici aperti al pubblico, scuole, negozi, autorimesse	0.70	0.60
Tetti e coperture con neve	0.70	0.20
Magazzini, archivi	1.00	0.80
Vento	0.00	0.00

Carichi ai piani	piani	ϕ
Carichi indipendenti	Copertura	1
	Altri piani	0.5
Archivi		
Carichi correlati ad alcuni piani	Copertura	1
	Piani con carichi correlati	0.8
	Altri piani	0.5

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

AZIONE SISMICA

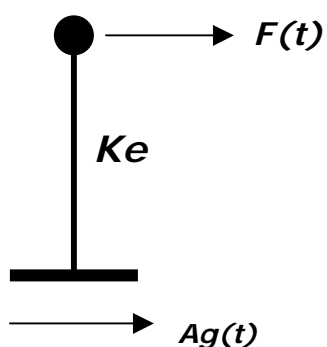
STATICA LINEARE

COMB. DIREZIONI

DINAMICA LINEARE

ESEMPI E PROBLEMATICHE

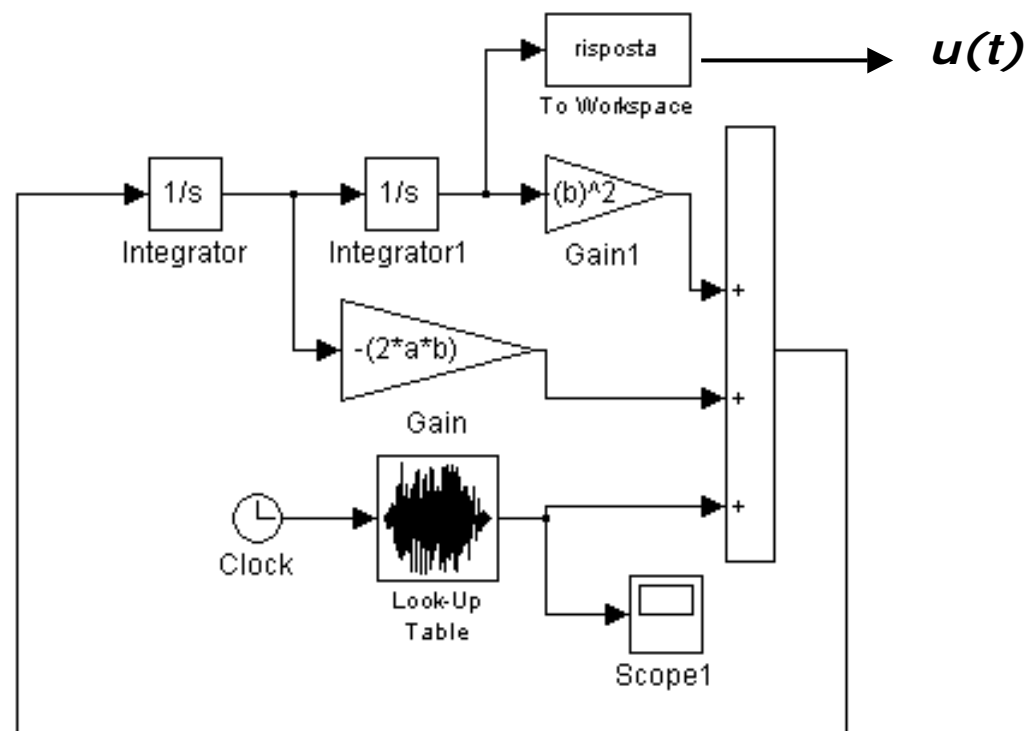
ANALISI NON LINEARI

CALCOLO DELLO SPETTRO DI RISPOSTA IN TERMINI DI ACCELERAZIONE:

$$\ddot{u} + 2\xi\omega \dot{u} + \omega^2 u = -a_g(t)$$

$$\xi = c/c_{CR} = c/(2\omega m)$$

$$\omega = \sqrt{k/m}$$



$$S_a = \frac{K \cdot S_d}{g \cdot M} = 4\pi^2 \cdot S_d / T^2$$

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

AZIONE SISMICA

STATICA LINEARE

COMB. DIREZIONI

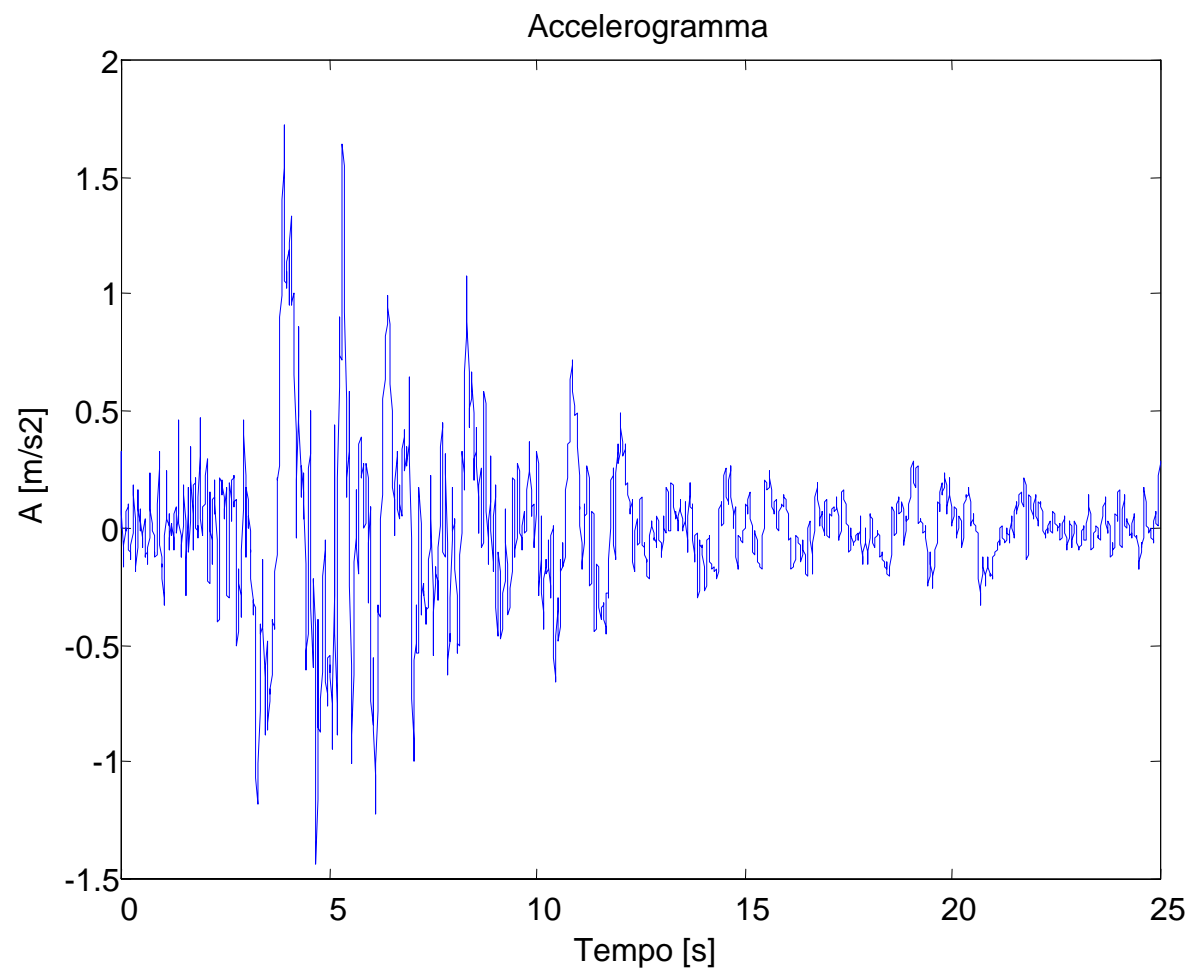
DINAMICA LINEARE

ESEMPI E PROBLEMATICHE

ANALISI NON LINEARI

CALCOLO DELLO SPETTRO DI RISPOSTA IN TERMINI DI ACCELERAZIONE:

Registrazione e spettro terremoto Irpinia



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

AZIONE SISMICA

STATICA LINEARE

COMB. DIREZIONI

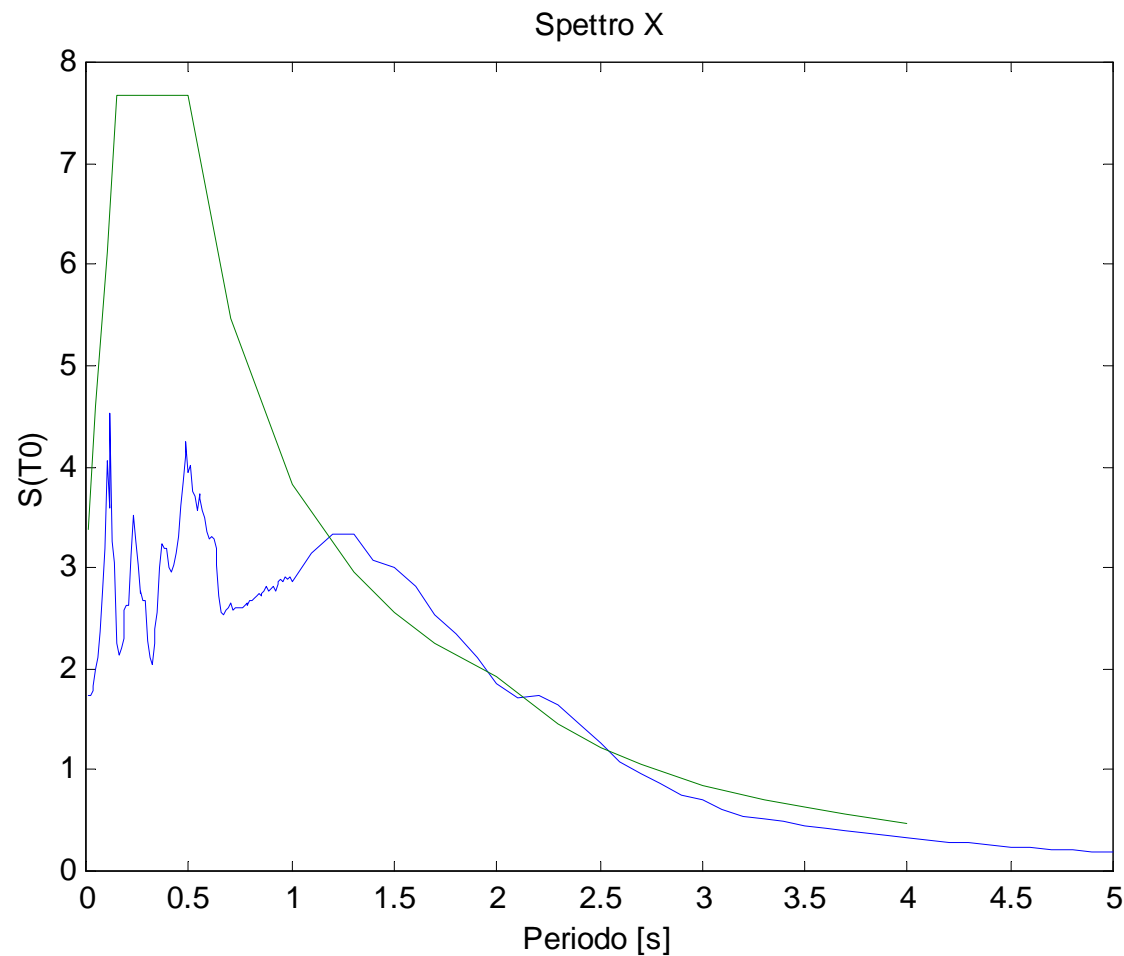
DINAMICA LINEARE

ESEMPI E PROBLEMATICHE

ANALISI NON LINEARI

CALCOLO DELLO SPETTRO DI RISPOSTA IN TERMINI DI ACCELERAZIONE:

Registrazione e spettro terremoto Irpinia



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

AZIONE SISMICA

STATICA LINEARE

COMB. DIREZIONI

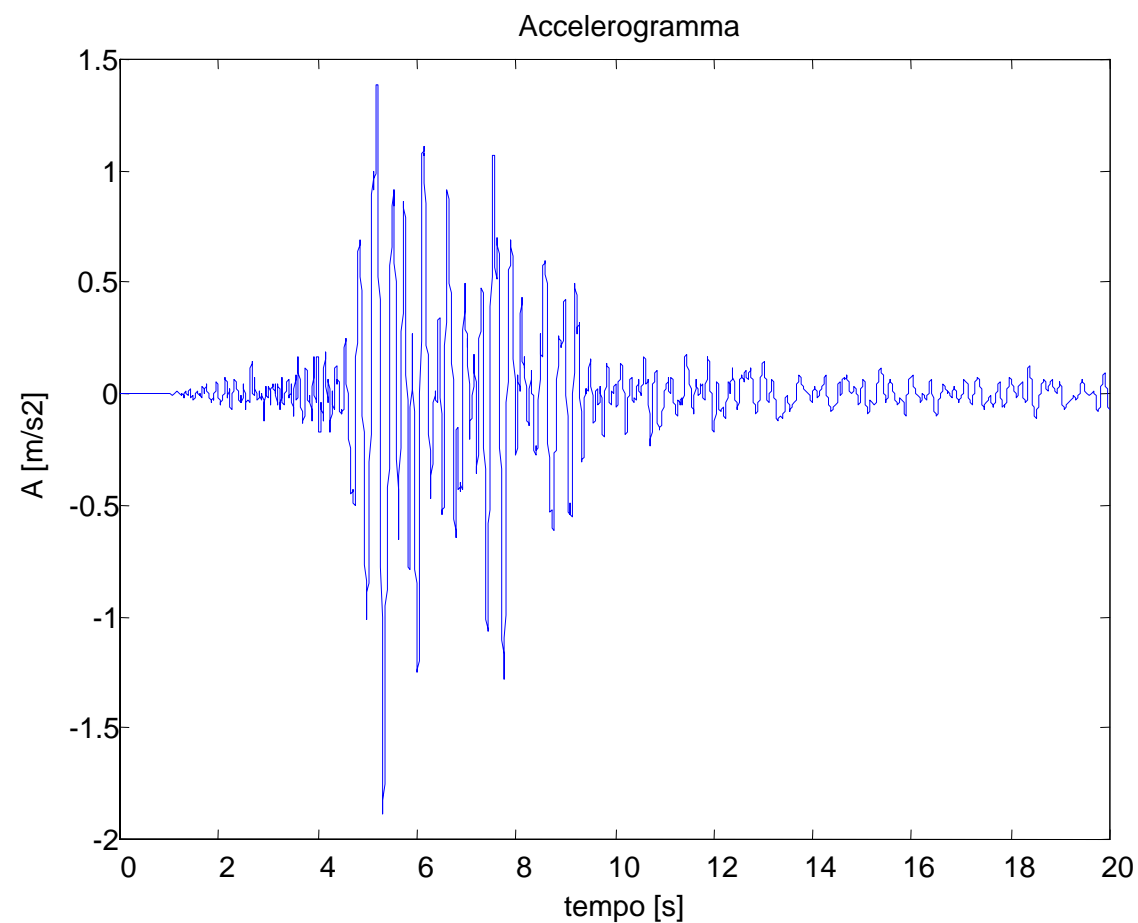
DINAMICA LINEARE

ESEMPI E PROBLEMATICHE

ANALISI NON LINEARI

CALCOLO DELLO SPETTRO DI RISPOSTA IN TERMINI DI ACCELERAZIONE:

Registrazione e spettro terremoto Assisi



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

AZIONE SISMICA

STATICA LINEARE

COMB. DIREZIONI

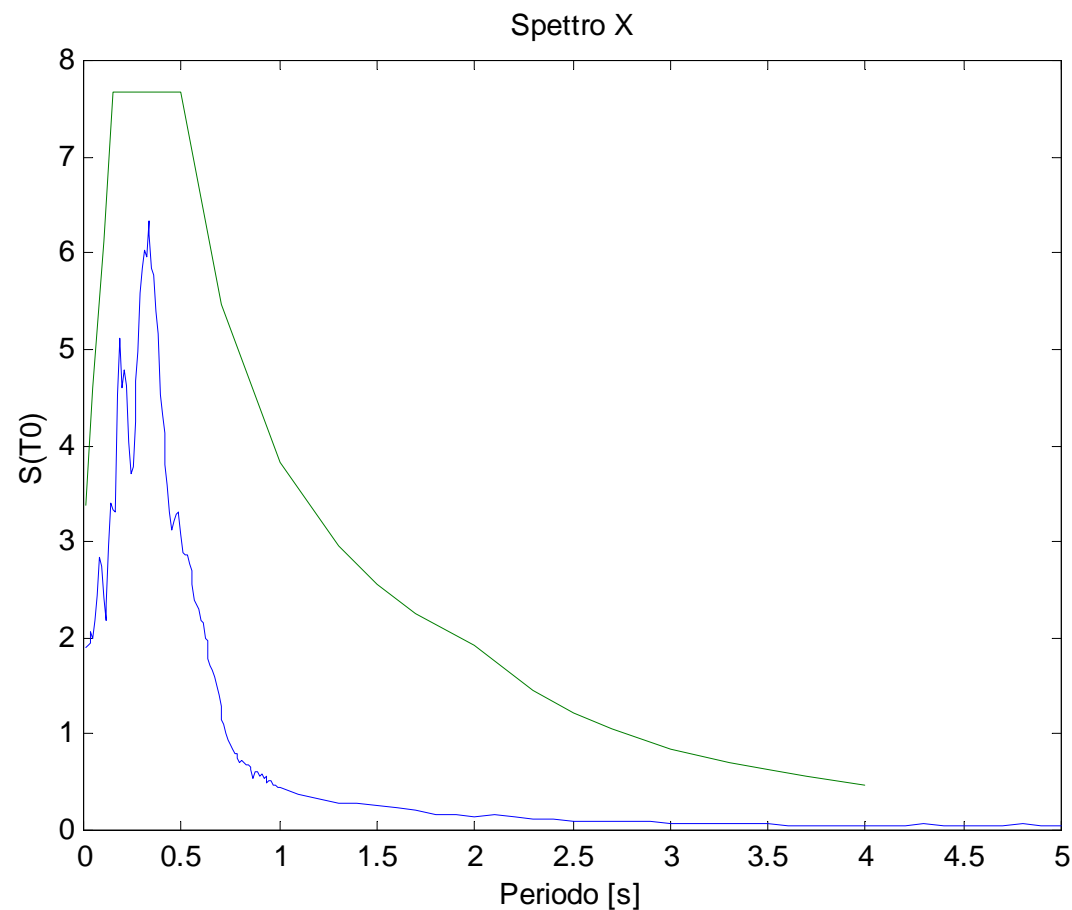
DINAMICA LINEARE

ESEMPI E PROBLEMATICHE

ANALISI NON LINEARI

CALCOLO DELLO SPETTRO DI RISPOSTA IN TERMINI DI ACCELERAZIONE:

Registrazione e spettro terremoto Assisi



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

AZIONE SISMICA

STATICA LINEARE

COMB. DIREZIONI

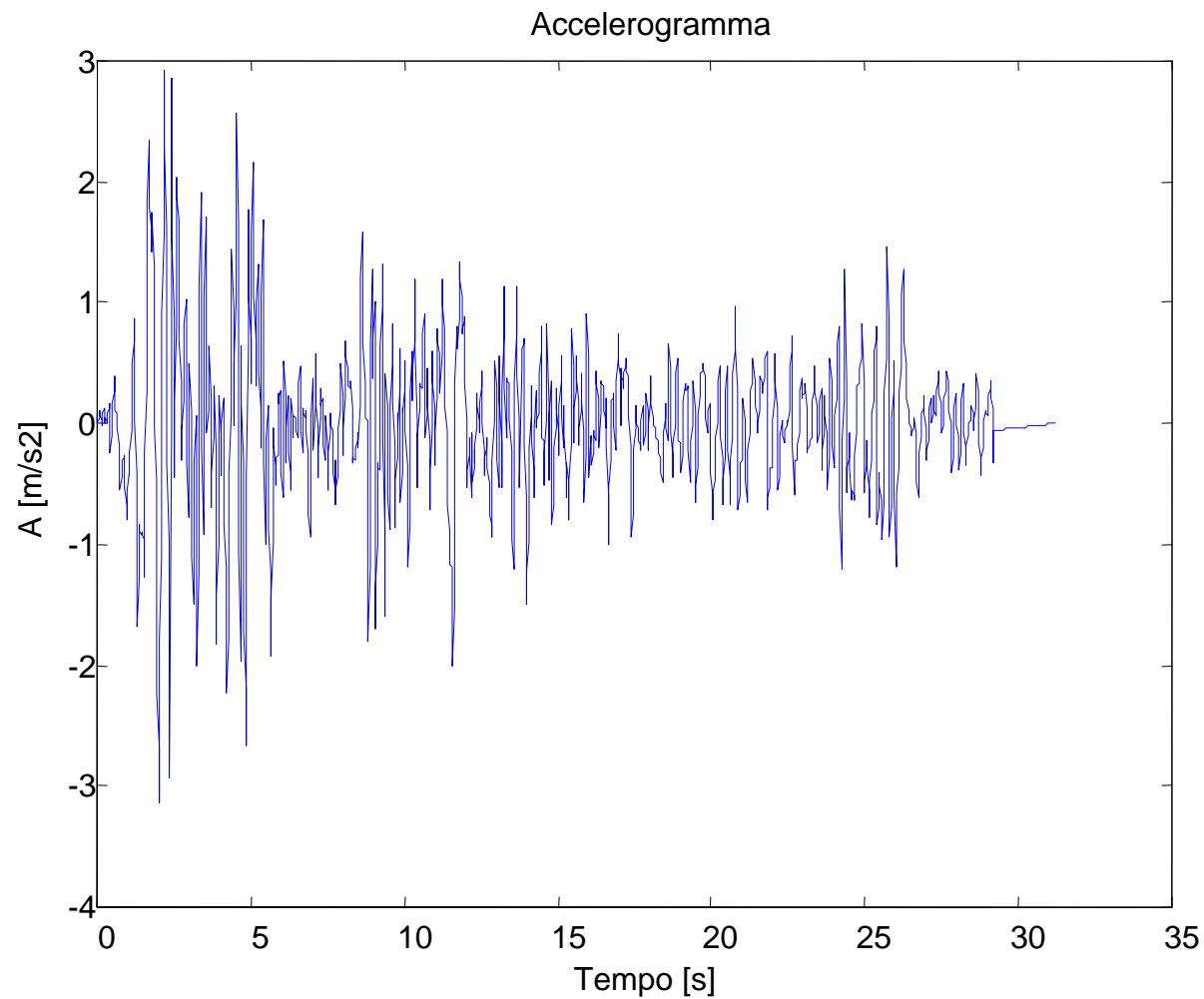
DINAMICA LINEARE

ESEMPI E PROBLEMATICHE

ANALISI NON LINEARI

CALCOLO DELLO SPETTRO DI RISPOSTA IN TERMINI DI ACCELERAZIONE:

Registrazione e spettro terremoto ElCentro



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

AZIONE SISMICA

STATICA LINEARE

COMB. DIREZIONI

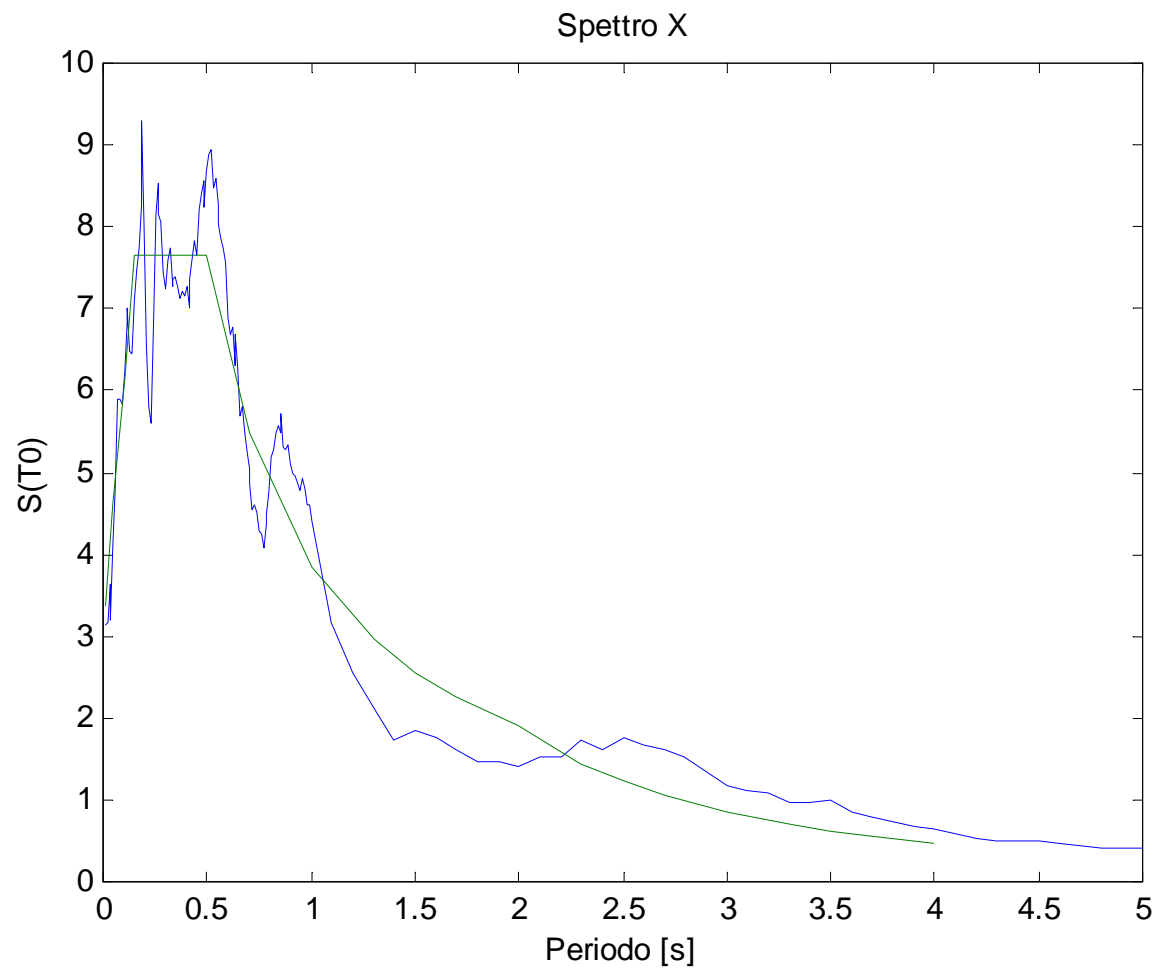
DINAMICA LINEARE

ESEMPI E PROBLEMATICHE

ANALISI NON LINEARI

CALCOLO DELLO SPETTRO DI RISPOSTA IN TERMINI DI ACCELERAZIONE:

Registrazione e spettro terremoto ElCentro



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

AZIONE SISMICA

STATICA LINEARE

COMB. DIREZIONI

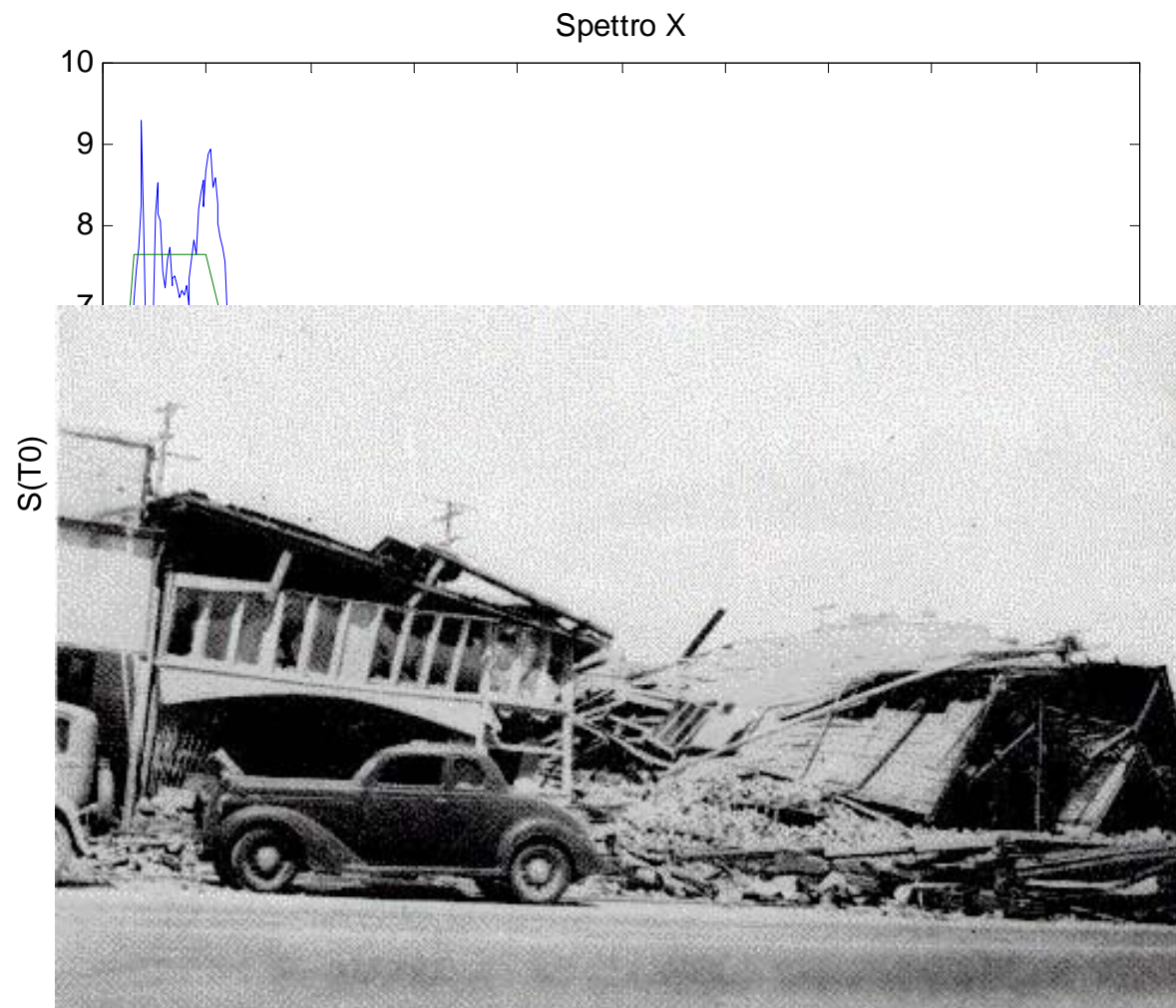
DINAMICA LINEARE

ESEMPI E PROBLEMATICHE

ANALISI NON LINEARI

CALCOLO DELLO SPETTRO DI RISPOSTA IN TERMINI DI ACCELERAZIONE:

Registrazione e spettro terremoto ElCentro



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

AZIONE SISMICA

STATICA LINEARE

COMB. DIREZIONI

DINAMICA LINEARE

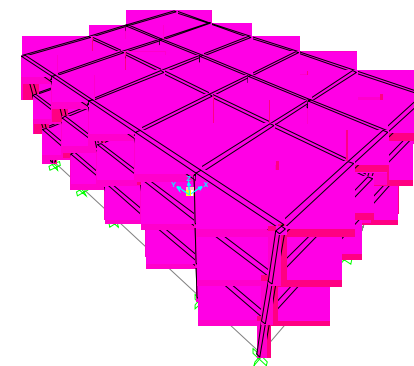
ESEMPI E PROBLEMATICHE

ANALISI NON LINEARI

METODO DI ANALISI STATICA LINEARE – modello spaziale

Calcolo del taglio alla base:

$$G_k + \varphi \left[\sum_{i=1}^n \Psi_{2i} \cdot Q_{ki} \right] \quad \text{"PESO SISMICO"}$$



$$\text{PIANO 3: } P3 = G3 + 0.3 \times Q3 + 0.2 \times QN = 323.74 \text{ t}$$

$$\text{PIANO 2: } P2 = G2 + 0.3 \times 0.5 \times Q2 = 315.88 \text{ t}$$

$$\text{PIANO 1: } P1 = G1 + 0.3 \times 0.5 \times Q1 = 315.88 \text{ t}$$

$$P_{tot} = 955.5 \text{ t}$$

$$S_{Adx}(T_{1x}) = a_g \cdot S \cdot \frac{2.5}{q} \cdot \left(\frac{T_c}{T_{1x}} \right) = 0.25 \times 1.25 \times \frac{2.5}{5.85} \times \left(\frac{0.5}{0.83} \right) = 0.0805g$$

$$S_{Ady}(T_{1y}) = a_g \cdot S \cdot \frac{2.5}{q} \cdot \left(\frac{T_c}{T_{1y}} \right) = 0.25 \times 1.25 \times \frac{2.5}{5.85} \times \left(\frac{0.5}{0.78} \right) = 0.0856g$$

$$V_{bx}^{MAX} = 0.0805 \times 955.5 = 76.9t$$

$$V_{by}^{MAX} = 0.0856 \times 955.5 = 81.8t$$

$$F_{si} = V_b \cdot \frac{W_i \cdot z_i}{\sum W_j \cdot z_j}$$

$\begin{matrix} \nearrow F_{si,1} \\ \rightarrow F_{si,2} \\ \searrow F_{si,3} \end{matrix}$

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

AZIONE SISMICA

STATICA LINEARE

COMB. DIREZIONI

DINAMICA LINEARE

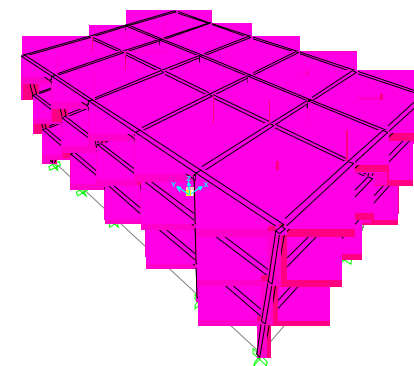
ESEMPI E PROBLEMATICHE

ANALISI NON LINEARI

METODO DI ANALISI STATICA LINEARE – modello spaziale

Calcolo del taglio alla base:

$$G_k + \varphi \left[\sum_{i=1}^n \Psi_{2i} \cdot Q_{ki} \right] \quad \text{"PESO SISMICO"}$$



$$\text{PIANO 3: } P3 = G3 + 0.3 \times Q3 + 0.2 \times QN = 323.74 \text{ t}$$

$$\text{PIANO 2: } P2 = G2 + 0.3 \times 0.5 \times Q2 = 315.88 \text{ t}$$

$$\text{PIANO 1: } P1 = G1 + 0.3 \times 0.5 \times Q1 = 315.88 \text{ t}$$

$$P_{tot} = 955.5 \text{ t}$$

$$S_{Adx}(T_{1x}) = a_g \cdot S \cdot \frac{2.5}{q} \cdot \left(\frac{T_c}{T_{1x}} \right) = 0.25 \times 1.25 \times \frac{2.5}{5.85} \times \left(\frac{0.5}{0.83} \right) = 0.0805g$$

$$S_{Ady}(T_{1y}) = a_g \cdot S \cdot \frac{2.5}{q} \cdot \left(\frac{T_c}{T_{1y}} \right) = 0.25 \times 1.25 \times \frac{2.5}{5.85} \times \left(\frac{0.5}{0.78} \right) = 0.0856g$$

$$\begin{aligned} V_{bx}^{MAX} &= 0.0805 \times 955.5 = 76.9t \\ V_{by}^{MAX} &= 0.0856 \times 955.5 = 81.8t \end{aligned} \longrightarrow F_{si} = V_b \cdot \frac{W_i \cdot z_i}{\sum W_j \cdot z_j} \begin{cases} F_{si,1} \\ F_{si,2} \\ F_{si,3} \end{cases}$$

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

AZIONE SISMICA

STATICA LINEARE

COMB. DIREZIONI

DINAMICA LINEARE

ESEMPI E PROBLEMATICHE

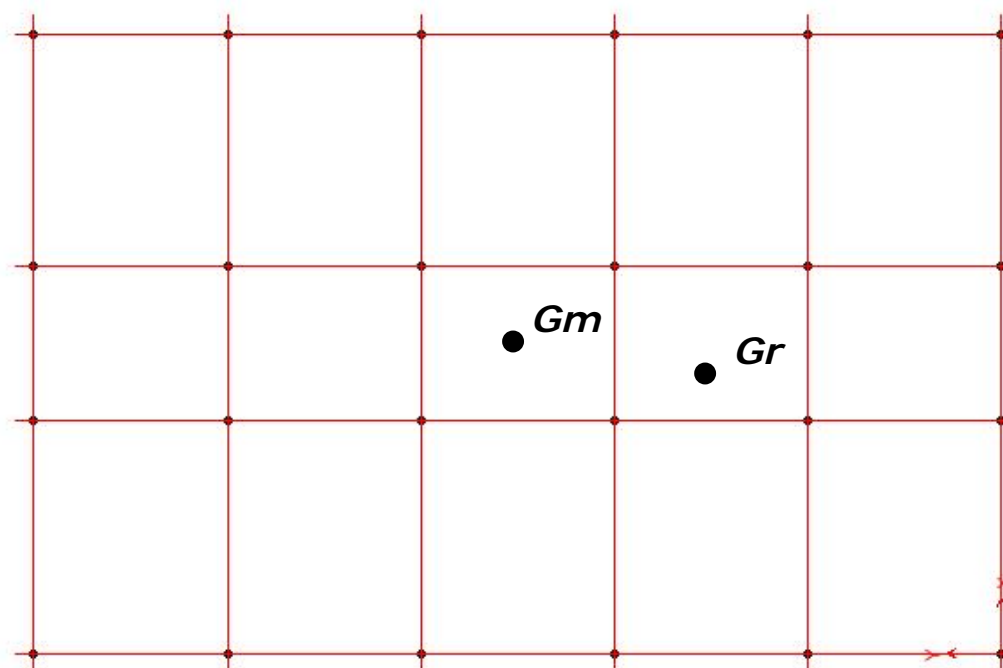
ANALISI NON LINEARI

METODO DI ANALISI STATICA LINEARE – modello spaziale**ECCENTRICITA' ACCIDENTALE: ordinanza 3274 punto 4.4**

“... ”

In aggiunta all'eccentricità effettiva, dovrà essere considerata una eccentricità accidentale, spostando il centro di massa di ogni piano, in ogni direzione considerata, di una distanza pari al 5% della dimensione massima del piano in direzione perpendicolare all'azione sismica.

“... ”



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

AZIONE SISMICA

STATICA LINEARE

COMB. DIREZIONI

DINAMICA LINEARE

ESEMPI E PROBLEMATICHE

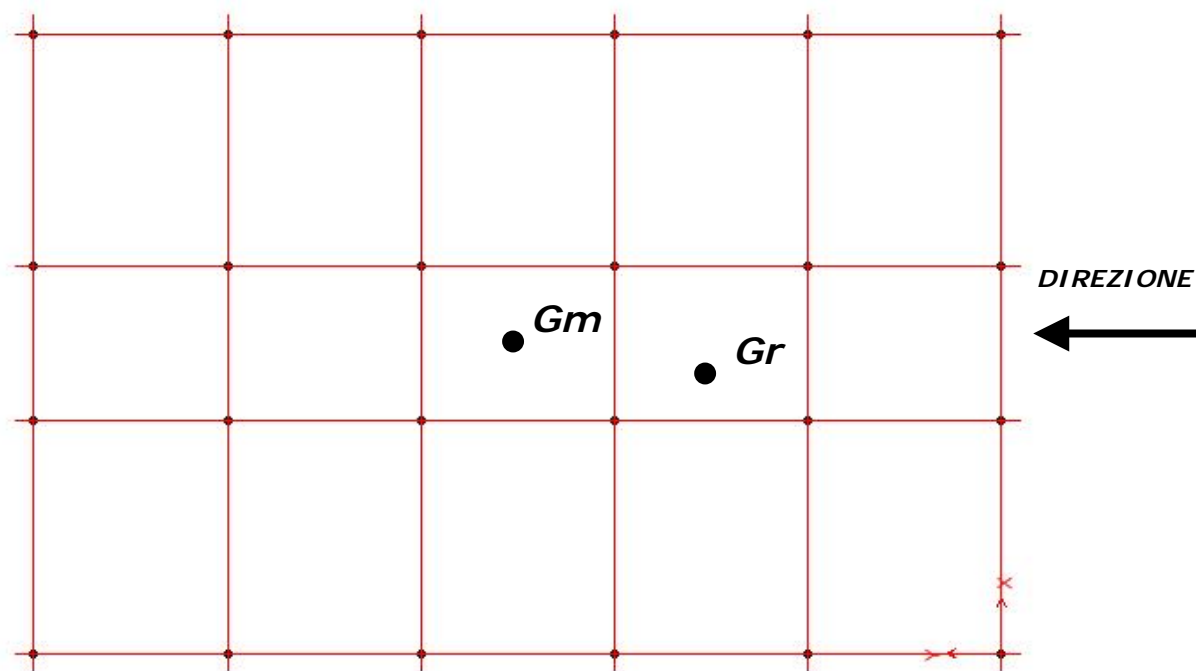
ANALISI NON LINEARI

METODO DI ANALISI STATICA LINEARE – modello spaziale**ECCENTRICITA' ACCIDENTALE: ordinanza 3274 punto 4.4**

“... ”

In aggiunta all'eccentricità effettiva, dovrà essere considerata una eccentricità accidentale, spostando il centro di massa di ogni piano, in ogni direzione considerata, di una distanza pari al 5% della dimensione massima del piano in direzione perpendicolare all'azione sismica.

“... ”



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

AZIONE SISMICA

STATICA LINEARE

COMB. DIREZIONI

DINAMICA LINEARE

ESEMPI E PROBLEMATICHE

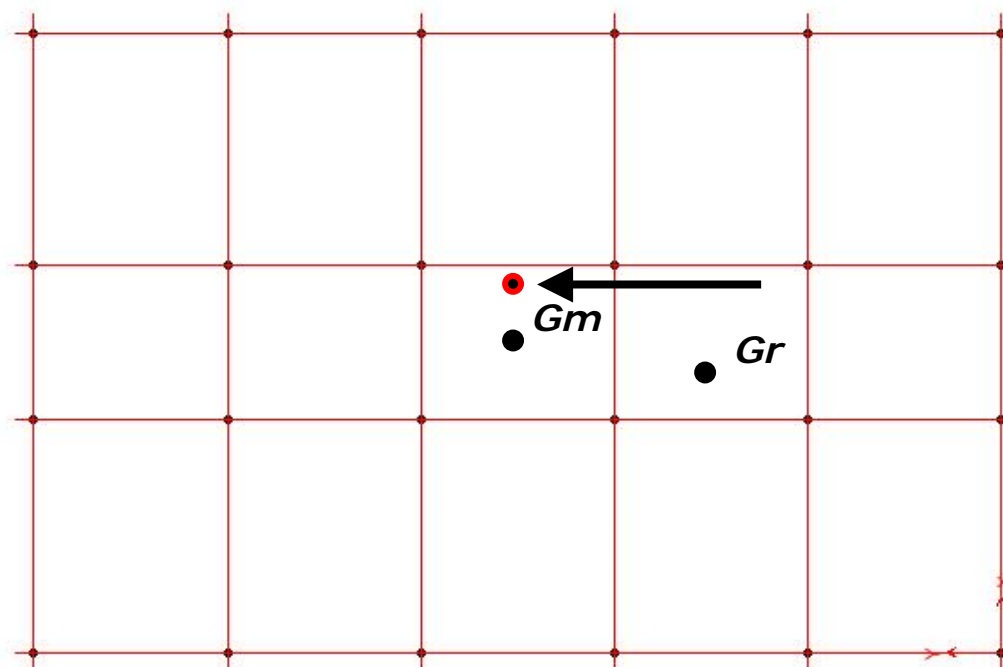
ANALISI NON LINEARI

METODO DI ANALISI STATICA LINEARE – modello spaziale**ECCENTRICITA' ACCIDENTALE: ordinanza 3274 punto 4.4**

“... ”

In aggiunta all'eccentricità effettiva, dovrà essere considerata una eccentricità accidentale, spostando il centro di massa di ogni piano, in ogni direzione considerata, di una distanza pari al 5% della dimensione massima del piano in direzione perpendicolare all'azione sismica.

“... ”



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

AZIONE SISMICA

STATICA LINEARE

COMB. DIREZIONI

DINAMICA LINEARE

ESEMPI E PROBLEMATICHE

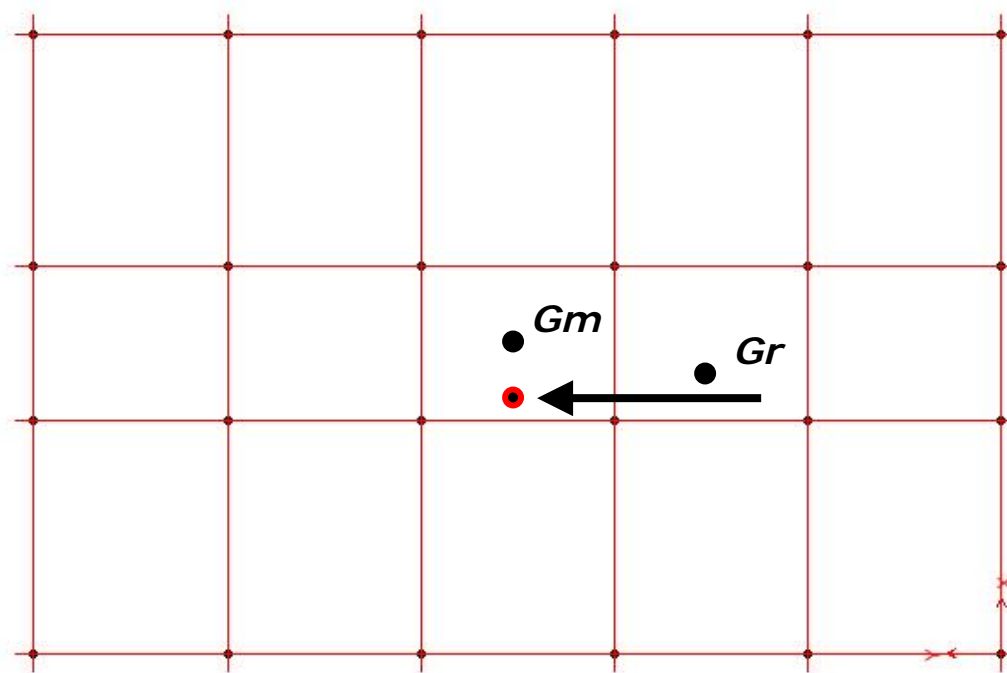
ANALISI NON LINEARI

METODO DI ANALISI STATICA LINEARE – modello spaziale**ECCENTRICITA' ACCIDENTALE: ordinanza 3274 punto 4.4**

“... ”

In aggiunta all'eccentricità effettiva, dovrà essere considerata una eccentricità accidentale, spostando il centro di massa di ogni piano, in ogni direzione considerata, di una distanza pari al 5% della dimensione massima del piano in direzione perpendicolare all'azione sismica.

“... ”



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

AZIONE SISMICA

STATICA LINEARE

COMB. DIREZIONI

DINAMICA LINEARE

ESEMPI E PROBLEMATICHE

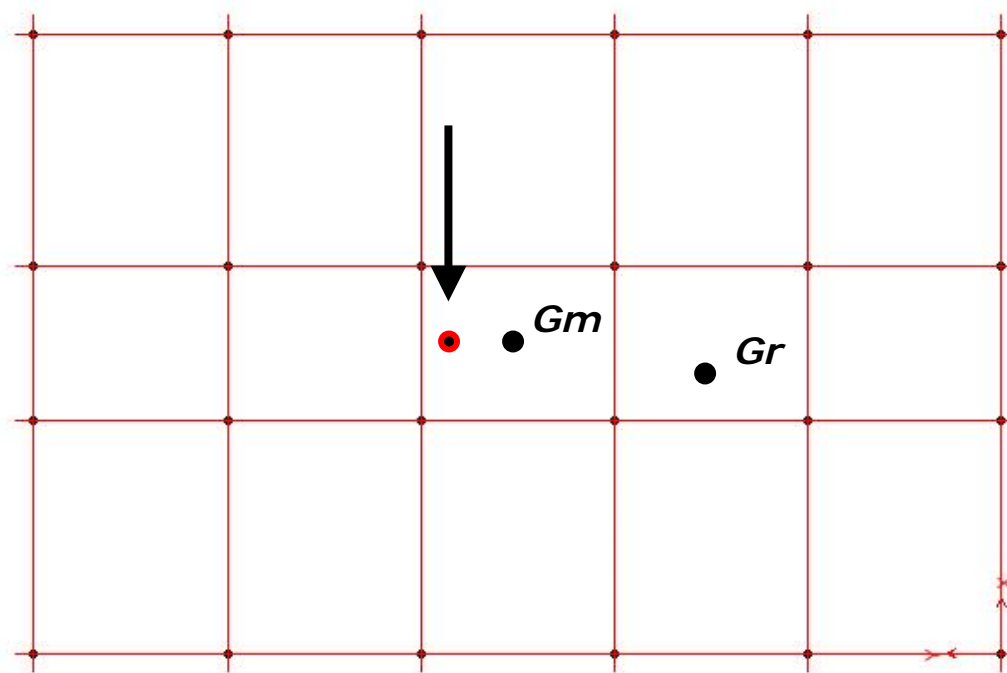
ANALISI NON LINEARI

METODO DI ANALISI STATICA LINEARE – modello spaziale**ECCENTRICITA' ACCIDENTALE: ordinanza 3274 punto 4.4**

“... ”

In aggiunta all'eccentricità effettiva, dovrà essere considerata una eccentricità accidentale, spostando il centro di massa di ogni piano, in ogni direzione considerata, di una distanza pari al 5% della dimensione massima del piano in direzione perpendicolare all'azione sismica.

“... ”



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

AZIONE SISMICA

STATICA LINEARE

COMB. DIREZIONI

DINAMICA LINEARE

ESEMPI E PROBLEMATICHE

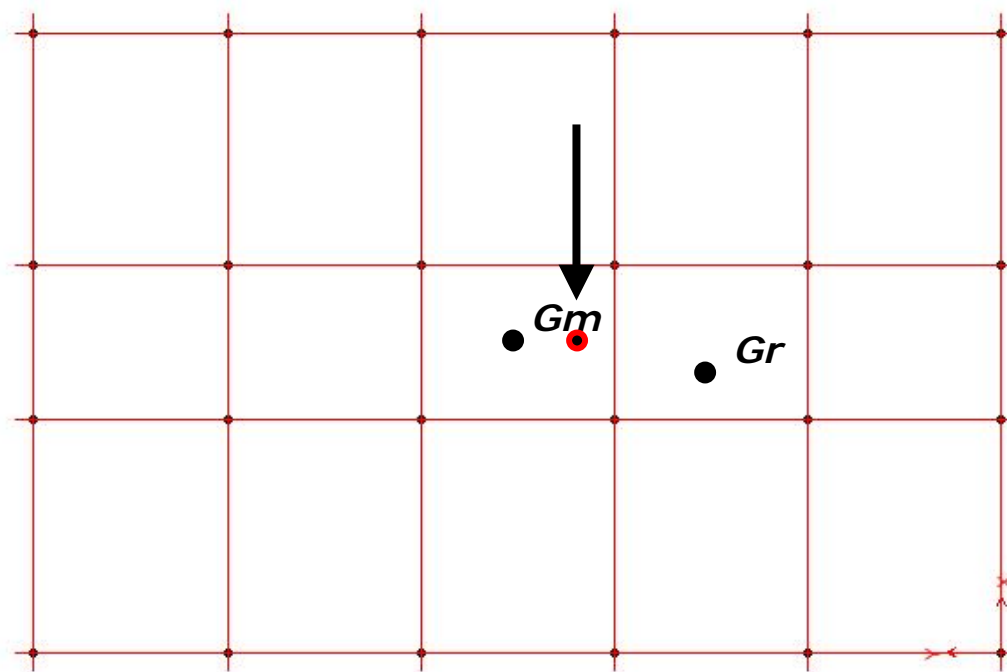
ANALISI NON LINEARI

METODO DI ANALISI STATICA LINEARE – modello spaziale**ECCENTRICITA' ACCIDENTALE: ordinanza 3274 punto 4.4**

“... ”

In aggiunta all'eccentricità effettiva, dovrà essere considerata una eccentricità accidentale, spostando il centro di massa di ogni piano, in ogni direzione considerata, di una distanza pari al 5% della dimensione massima del piano in direzione perpendicolare all'azione sismica.

“... ”



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

AZIONE SISMICA

STATICA LINEARE

COMB. DIREZIONI

DINAMICA LINEARE

ESEMPI E PROBLEMATICHE

ANALISI NON LINEARI

ESEMPIO: UTILIZZO DI SRSS COME COMBINAZIONI DELLE DIREZIONI

“COMBINAZIONE DELLE COMPONENTI DELL’AZIONE SISMICA [4.6]:

...

I VALORI MASSIMI DELLA RISPOSTA OTTENUTA IN CIASCUNA DELLE DUE DIREZIONI ORIZZONTALI APPLICATE SEPARATAMENTE POTRANNO ESSERE COMBinate CALCOLANDO LA RADICE QUADRATA DELLA SOMMA DEI QUADRATI, PER LA SINGOLA COMPONENTE DELLA GRANDEZZA DA VERIFICARE OPPURE SOMMANDO AI MASSIMI OTTENUTI PER L’AZIONE APPLICATA IN UNA DIREZIONE IL 30% DEI MASSIMI OTTENUTI PER L’AZIONE APPLICATA NELL’ALTRA DIREZIONE.

...

- QUALI DIREZIONI SCEGLIERE NEL CASO IN CUI L’EDIFICIO NON E’ REGOLARE?**
- QUANTE COMBINAZIONI CONSIDERARE?**

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

AZIONE SISMICA

STATICA LINEARE

COMB. DIREZIONI

DINAMICA LINEARE

ESEMPI E PROBLEMATICHE

ANALISI NON LINEARI

ESEMPIO: UTILIZZO DI SRSS COME COMBINAZIONI DELLE DIREZIONI

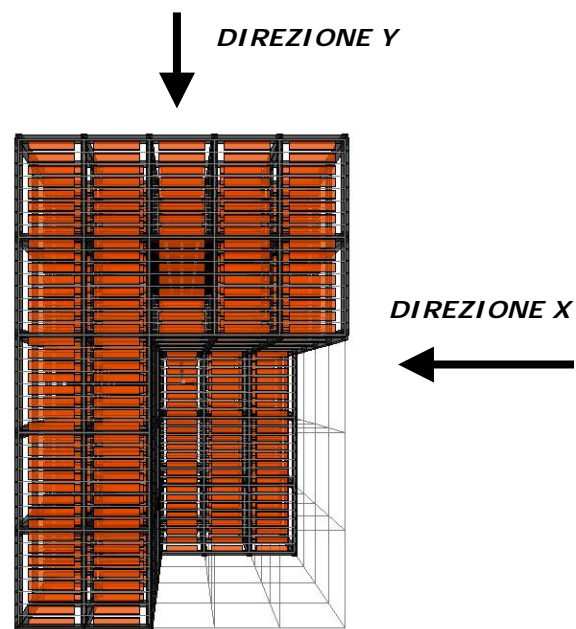
**SI SONO CONDOTTE ANALISI MODALI CON SPETTRO DI RISPOSTA
CONSIDERANDO DIVERSE COMBINAZIONI:**

DIR $x = X$, DIR $y = Y \Rightarrow$ (1) 100% $x + 30\%$ y ; (2) 100% $x + 30\%$ y ;

DIR $x = R_{30^\circ}(X)$, DIR $y = R_{30^\circ}(Y) \Rightarrow$ (3) 100% $x + 30\%$ y ; (4) 100% $x + 30\%$ y ;

DIR $x = R_{45^\circ}(X)$, DIR $y = R_{45^\circ}(Y) \Rightarrow$ (5) 100% $x + 30\%$ y ; (6) 100% $x + 30\%$ y ;

DIR $x = R_{90^\circ}(X)$, DIR $y = R_{90^\circ}(Y) \Rightarrow$ (7) 100% $x + 30\%$ y ; (8) 100% $x + 30\%$ y ;



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

AZIONE SISMICA

STATICA LINEARE

COMB. DIREZIONI

DINAMICA LINEARE

ESEMPI E PROBLEMATICHE

ANALISI NON LINEARI

ESEMPIO: UTILIZZO DI SRSS COME COMBINAZIONI DELLE DIREZIONI

**SI SONO CONDOTTE ANALISI MODALI CON SPETTRO DI RISPOSTA
CONSIDERANDO DIVERSE COMBINAZIONI:**

DIR x = X, DIR y = Y => (1) 100% x + 30% y; (2) 100% x + 30% y;

DIR x = $R_{30^\circ}(X)$, DIR y = $R_{30^\circ}(Y)$ => (3) 100% x + 30% y; (4) 100% x + 30% y;

DIR x = $R_{45^\circ}(X)$, DIR y = $R_{45^\circ}(Y)$ => (5) 100% x + 30% y; (6) 100% x + 30% y;

DIR x = $R_{90^\circ}(X)$, DIR y = $R_{90^\circ}(Y)$ => (7) 100% x + 30% y; (8) 100% x + 30% y;

OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	TAGLIO
Text	Text	Text	Ton	Ton	Ton

sp_45_1x03y	LinRespSpec	Max	1008.38	1325.73	1665.65
sp_45_03x1y	LinRespSpec	Max	1123.02	1107.10	1576.97
sp_30_03x1y-1	LinRespSpec	Max	989.38	1282.64	1619.89
sp_30_1x03y	LinRespSpec	Max	1135.39	1175.86	1634.55
sp_90_1x03y	LinRespSpec	Max	1216.34	714.97	1410.91
sp_90_03x1y	LinRespSpec	Max	660.14	1399.10	1547.02

sp_0_SRSS	LinRespSpec	Max	1165.09	1341.59	1776.88
sp_45_SRSS	LinRespSpec	Max	1165.09	1341.59	1776.88
sp_30_SRSS	LinRespSpec	Max	1165.09	1341.59	1776.88

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

AZIONE SISMICA

STATICA LINEARE

COMB. DIREZIONI

DINAMICA LINEARE

ESEMPI E PROBLEMATICHE

ANALISI NON LINEARI

METODO DI ANALISI MODALE

“L’ANALISI MODALE, ASSOCIATA ALLO SPETTRO ELASTICO DI PROGETTO E’ DA CONSIDERARSI IL METODO NORMALE PER LA DEFINIZIONE DELLE SOLLECITAZIONI E VA APPLICATO AD UN MODELLO TRIDIMENSIONALE DELL’EDIFICIO. DUE MODELLI PIANI SEPARATI [...] POSSONO ESSERE UTILIZZATI A CONDIZIONE CHE SIANO RISPETTATI I CRITERI DI REGOLARITA’ IN PIANTA ...”

TRE DIVERSE MODALITA’ DI INSERIMENTO DELLE MASSE

1. CONCENTRARE L’INERZIA TRASLAZIONALE E ROTAZIONALE NEL BARICENTRO DELLE MASSE

$$M_x = \sum m_{x,i}; M_y = \sum m_{y,i}; M_z = \sum m_{z,i}$$

$$I_z = \sum m_i \cdot d_i^2$$

2. INERZIE TRASLAZIONALI CONCENTRATE NEI NODI DELLA STRUTTURA [INERZIA ROTAZIONALE IMPLICITA]
3. MASSA RIPARTITA PER UNITA’ DI LUNGHEZZA [INERZIA TRASLAZIONALE E ROTAZIONALE IMPLICITA]

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

AZIONE SISMICA

STATICA LINEARE

COMB. DIREZIONI

DINAMICA LINEARE

ESEMPI E PROBLEMATICHE

ANALISI NON LINEARI

METODO DI ANALISI MODALE

- NUMERO DI MODI DA CONSIDERARE:
 - TUTTI I MODI CON MASSA PARTECIPANTE SUPERIORE AL 5%.
 - UN NUMERO DI MODI SUFFICIENTI AD ATTIVARE L'85% DELLA MASSA TOTALE.
- I MODI NON RAGGIUNGONO IL MASSIMO SIMULTANEAMENTE
- SRSS: SQUARE ROOT of SUM of SQUARES $E = \sqrt{E_1^2 + \dots + E_n^2}$
- CQC: COMPLETE QUADRATIC COMBINATION

$$E = \sqrt{\sum_i \sum_j \rho_{ij} \cdot E_i \cdot E_j}$$

$$\rho_{ij} = \frac{8\xi^2 \cdot (1 + \beta_{ij}) \cdot \beta_{ij}^{3/2}}{(1 - \beta_{ij}^2)^2 + 4\xi^2 \beta_{ij} (1 + \beta_{ij}^2)}$$

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

AZIONE SISMICA

STATICA LINEARE

COMB. DIREZIONI

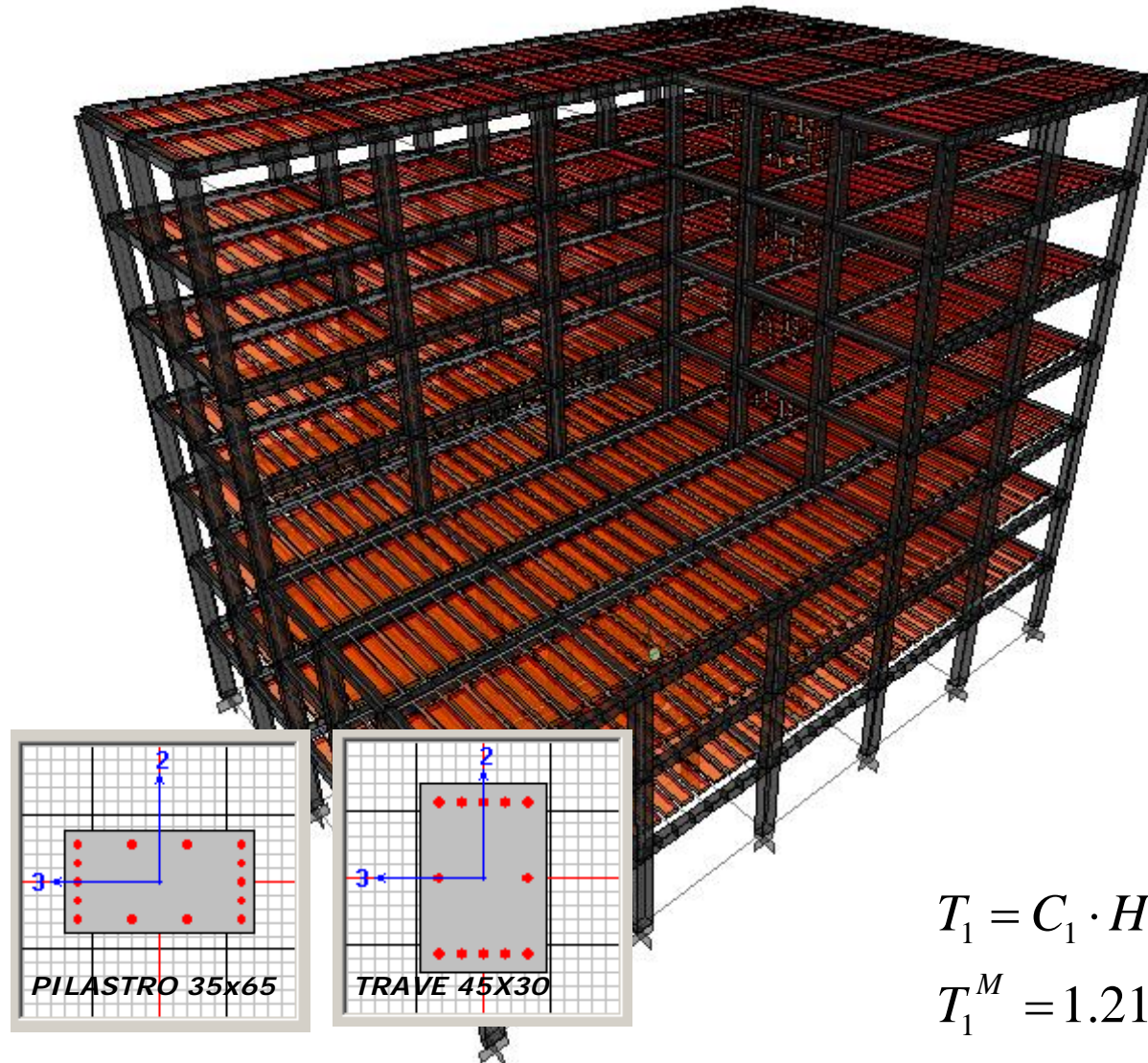
DINAMICA LINEARE

ESEMPI E PROBLEMATICHE

ANALISI NON LINEARI

ESEMPIO:

STRUTTURA NON REGOLARE IN ALTEZZA

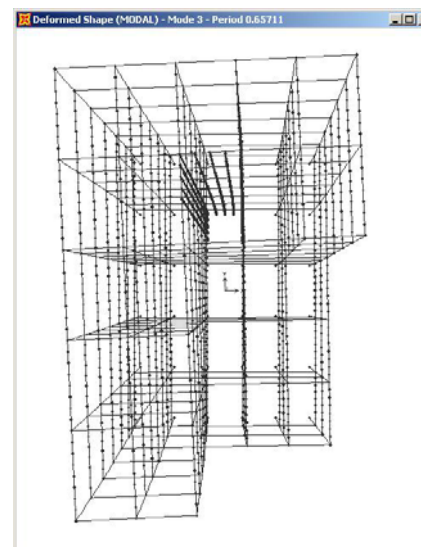
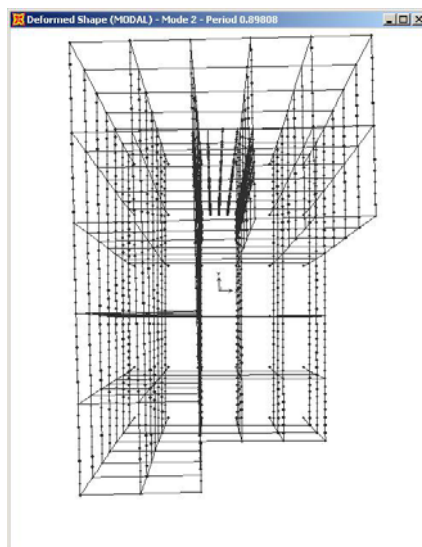
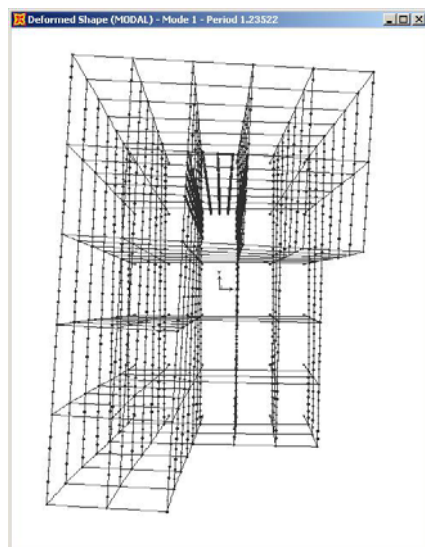


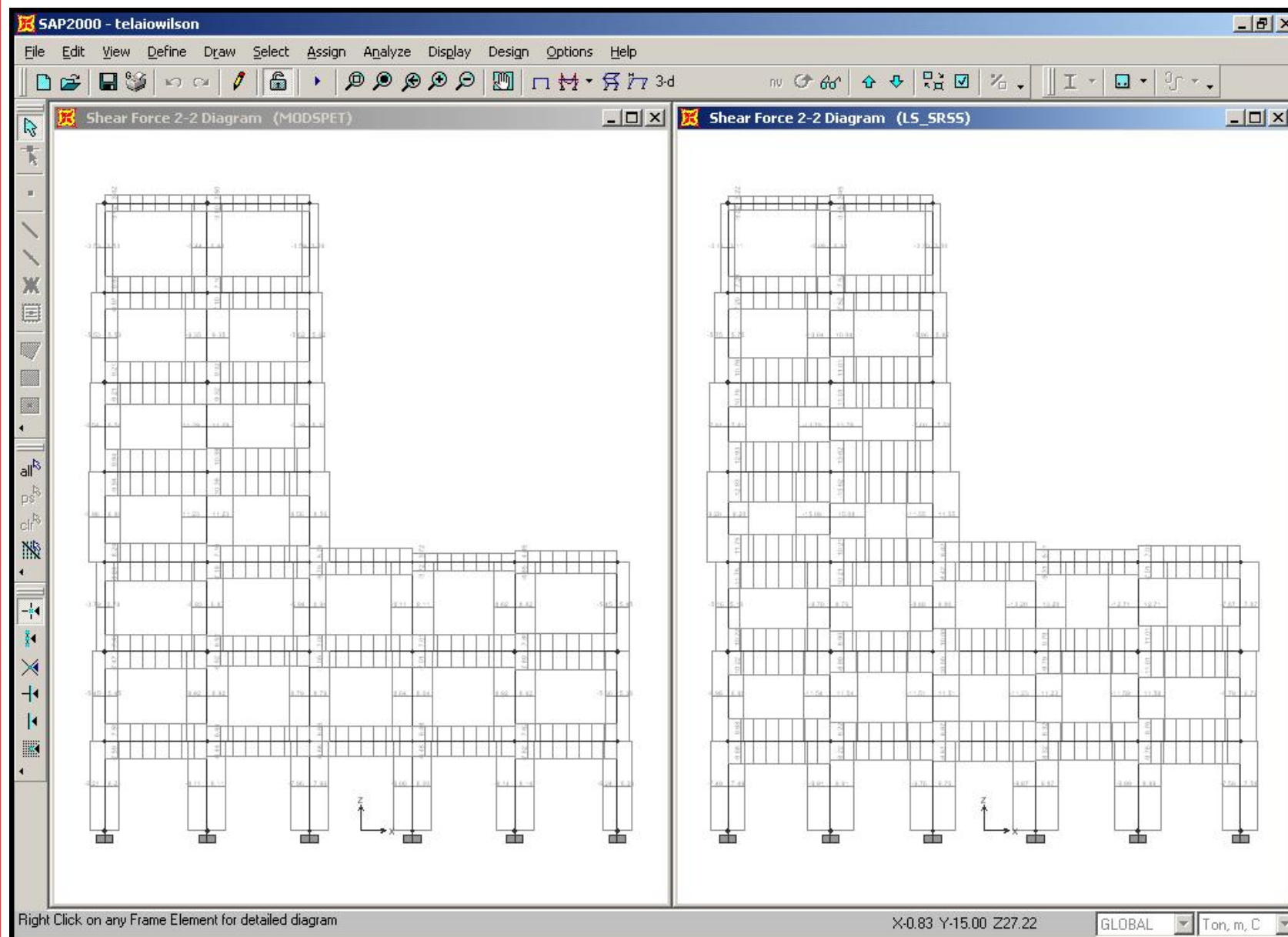
$$T_1 = C_1 \cdot H^{\frac{3}{4}} = 0.83s$$
$$T_1^M = 1.21s$$

Ing. Leonardo Bandini

ESEMPIO: STRUTTURA NON REGOLARE IN ALTEZZA

Modal	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY
Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
1	1.24	27%	3%	0%	27%	3%	0%	4%	29%	41%	4%	29%
2	0.90	3%	63%	0%	30%	66%	0%	67%	4%	0%	71%	33%
3	0.66	38%	1%	0%	68%	67%	0%	1%	50%	31%	72%	83%
4	0.48	9%	0%	0%	77%	67%	0%	0%	0%	10%	72%	83%
5	0.26	1%	4%	0%	79%	71%	0%	0%	0%	2%	72%	84%
6	0.25	0%	16%	0%	79%	87%	0%	1%	0%	0%	73%	84%
7	0.18	13%	0%	0%	92%	87%	0%	0%	0%	2%	73%	84%
8	0.17	1%	0%	0%	93%	87%	0%	0%	0%	8%	73%	84%
9	0.14	0%	0%	0%	94%	87%	0%	0%	0%	1%	73%	84%
10	0.13	0%	0%	35%	94%	87%	35%	1%	5%	0%	74%	89%
11	0.12	0%	0%	1%	94%	87%	36%	4%	0%	0%	78%	89%
12	0.12	0%	1%	0%	94%	88%	36%	0%	0%	0%	78%	89%





MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

AZIONE SISMICA

STATICA LINEARE

COMB. DIREZIONI

DINAMICA LINEARE

ESEMPI E PROBLEMATICHE

ANALISI NON LINEARI

RIEPILOGO:**RIEPILOGO DEFINIZIONI****PERIODO:**

$$T = 2\pi / \omega \quad [\text{sec}]$$

FREQUENZA:

$$f = 1/T \quad [\text{Hz}]$$

MASSA ATTIVATA NEL MODO J-esimo

$$\tilde{M}_j = \frac{(\Phi_j^T M R)^2}{M_j^*} \quad [\text{kgs}^2/\text{m}]$$

FATTORE DI PARTECIPAZIONE

$$\gamma_j = \frac{\Phi_j^T M R}{\Phi_j^T M \Phi_j};$$

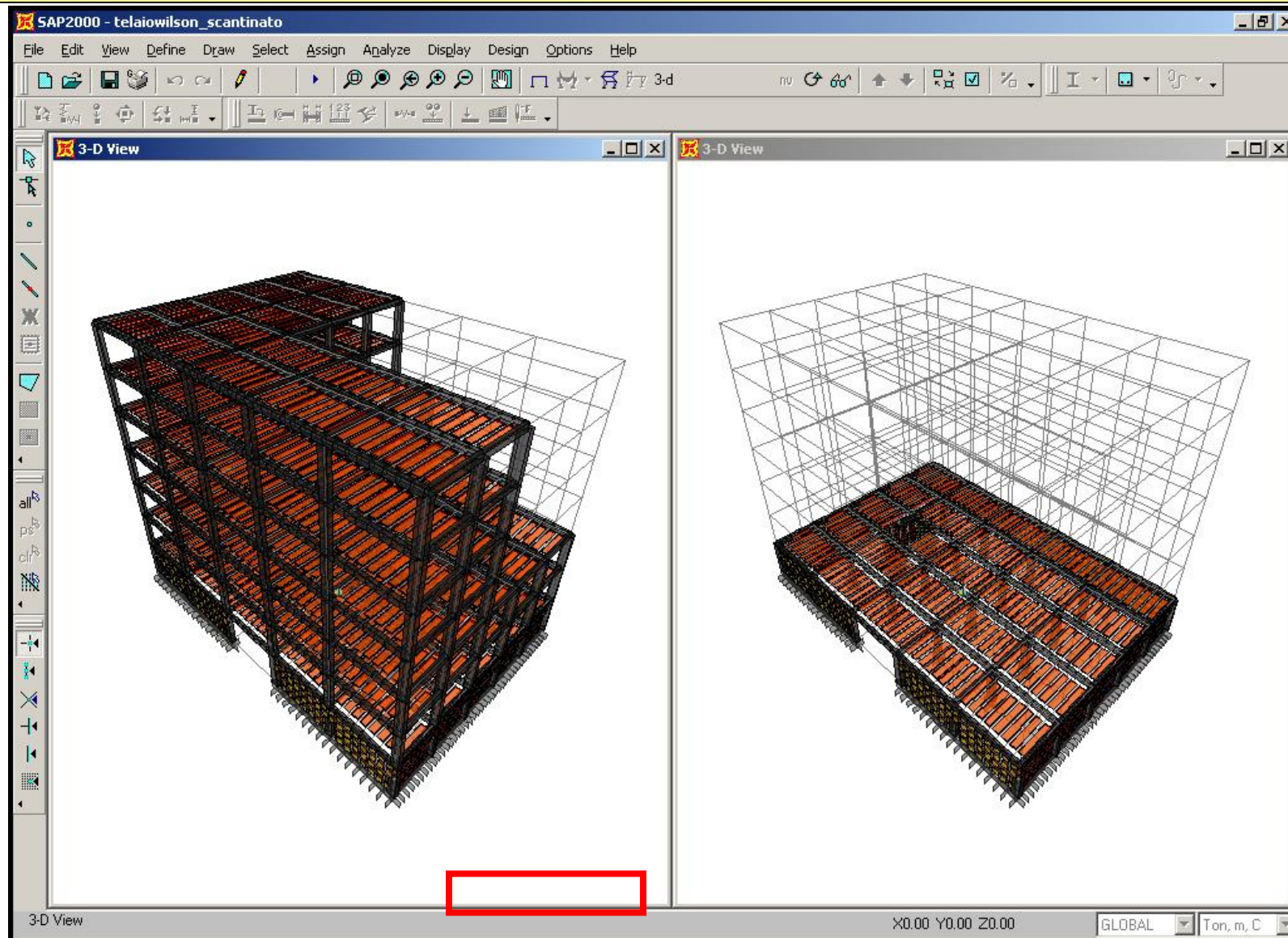
R: VETTORE DI TRASCINAMENTO**TAGLIO ALLA BASE**

$$V = \sum_{j=1}^n \frac{(\Phi_j^T M R)^2}{M_j^*} \cdot \omega_j^2 \cdot u_j(t)$$

STRUTTURE CON ZONE A RIGIDEZZA DIVERSA: PRESENZA DI SCANTINATI**DISACCOPPIARE LA STRUTTURA, SEPARANDO ELEMENTI A RIGIDEZZA DIVERSI****PROCEDURA DI DISACCOPPIAMENTO DELLA STRUTTURA:**

- 1) **SOSTITUZIONE DELLA PARTE DI STRUTTURA DELLO SCANTINATO CON VINCOLI OPPORTUNI [O CON ELEMENTI A MASSA 0]**
- 2) **RIMOZIONE DELLE MASSE AL LIVELLO 3.5m PERCHE' NON SISMICAMENTE ATTIVE PER LA SOVRASTRUTTURA**
- 3) **CALCOLO DELLA SOLA SOVRASTRUTTURA**
- 4) **DETERMINAZIONE DEL TAGLIANTE ALLA BASE DELLA SOVRASTRUTTURA**
- 5) **APPLICAZIONE DEL TAGLIANTE ALLA SOTTOSTRUTTURA**



STRUTTURE CON ZONE A RIGIDEZZA DIVERSA: PRESENZA DI SCANTINATI

STRUTTURE CON ZONE A RIGIDEZZA DIVERSA: PRESENZA DI SCANTINATI

PROBLEMA:

MACATO RISPETTO DEL LIMITE DELL'85% SUL GRADO DI PARTECIPAZIONE DI MASSA

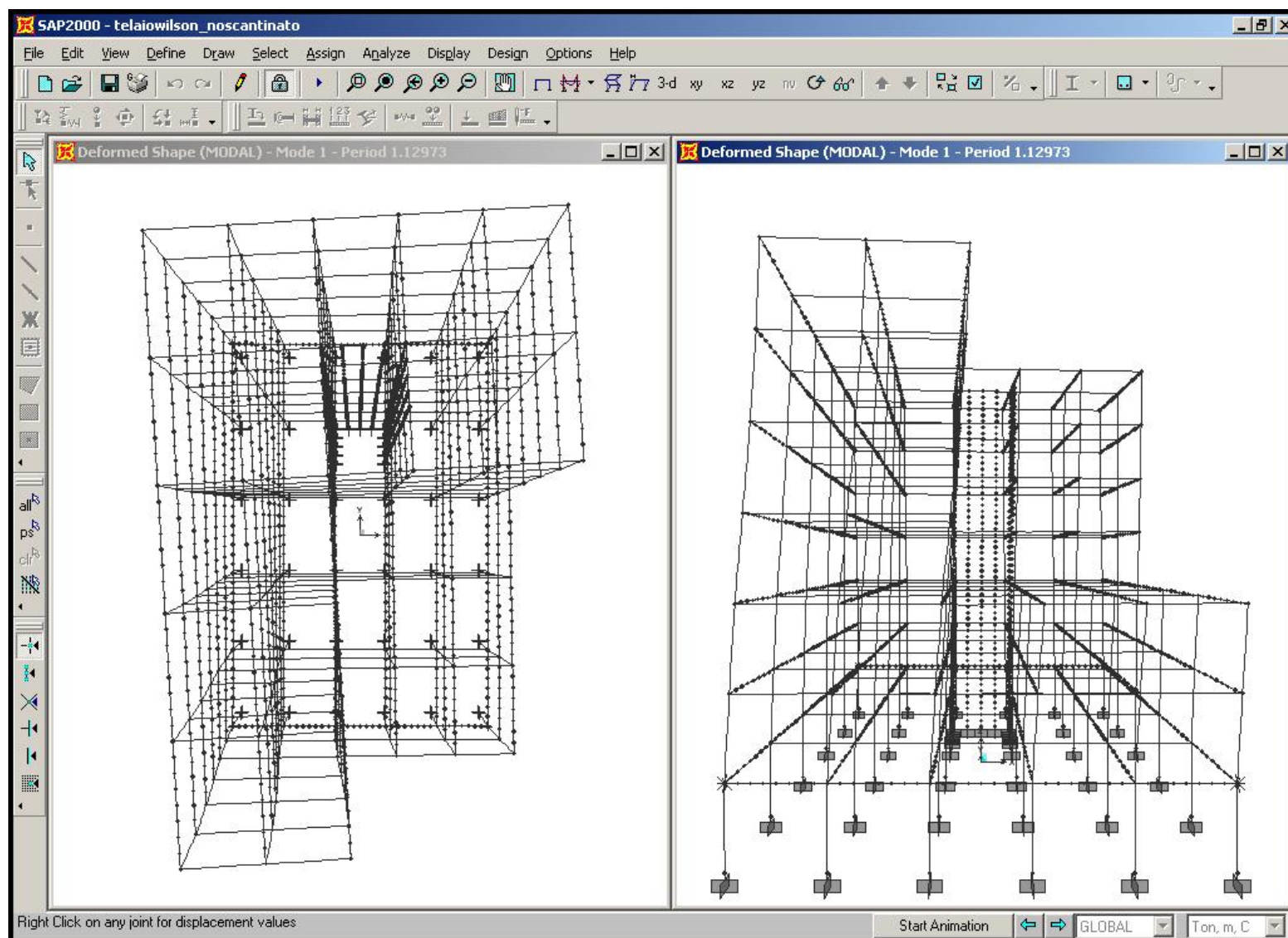
SOLUZIONI:

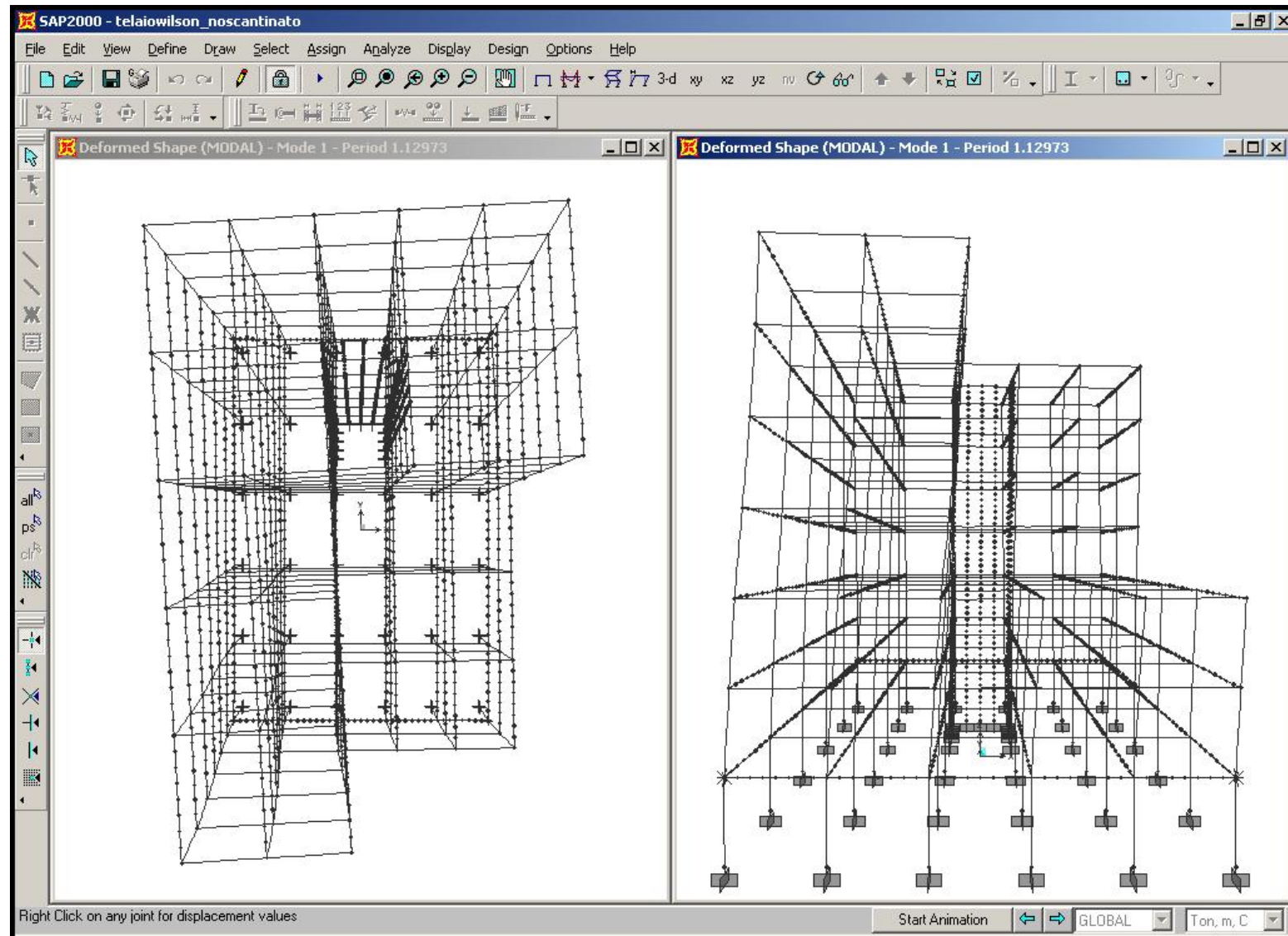
AUMENTARE IL NUMERO DI MODI CALCOLALATI

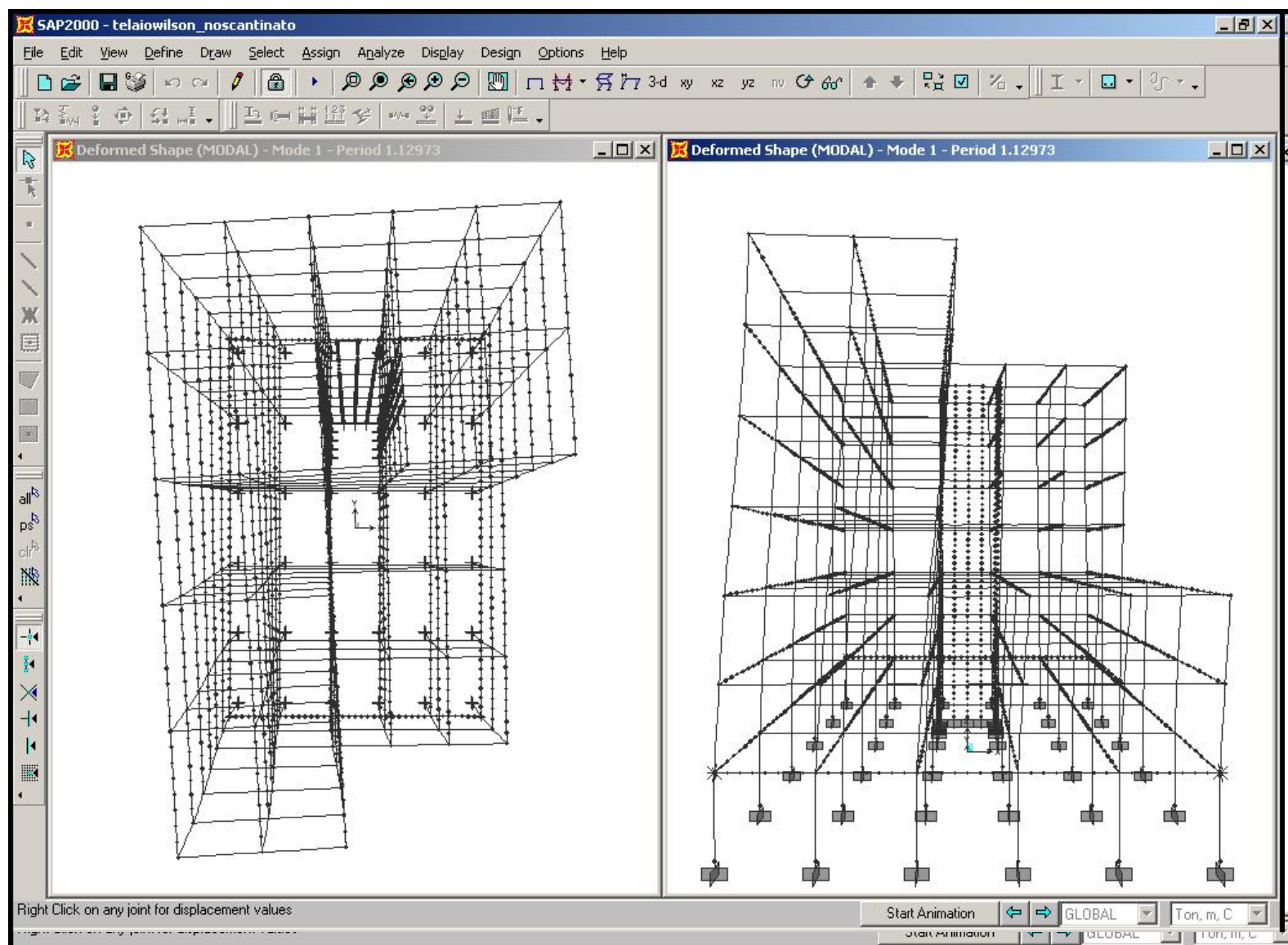
DISACCOPPIARE LA STRUTTURA, SEPARANDO ELEMENTI A RIGIDEZZA DIVERSI

STRUTTURE CON ZONE A RIGIDEZZA DIVERSA: PRESENZA DI SCANTINATI**AUMENTARE IL NUMERO DI MODI CALCOLALATI**

#M	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
1	1.11	0.23	0.03	0.00	0.23	0.03	0.00	0.04	0.30	0.28	0.04	0.30	0.28
2	0.85	0.04	0.54	0.00	0.27	0.57	0.00	0.63	0.05	0.00	0.68	0.35	0.28
3	0.65	0.32	0.01	0.00	0.59	0.58	0.00	0.01	0.45	0.27	0.69	0.80	0.54
4	0.41	0.07	0.00	0.00	0.66	0.58	0.00	0.00	0.01	0.09	0.69	0.81	0.63
5	0.24	0.02	0.05	0.00	0.68	0.63	0.00	0.00	0.00	0.02	0.69	0.81	0.65
6	0.22	0.00	0.11	0.00	0.68	0.75	0.00	0.01	0.00	0.00	0.70	0.81	0.65
7	0.17	0.11	0.00	0.00	0.79	0.75	0.00	0.00	0.01	0.06	0.70	0.82	0.71
8	0.15	0.00	0.00	0.00	0.79	0.75	0.00	0.00	0.00	0.02	0.70	0.82	0.73
9	0.12	0.00	0.00	0.29	0.79	0.75	0.29	0.02	0.02	0.00	0.72	0.84	0.73
10	0.12	0.00	0.00	0.01	0.79	0.75	0.30	0.00	0.00	0.00	0.72	0.84	0.73
11	0.12	0.00	0.00	0.01	0.79	0.75	0.31	0.01	0.01	0.00	0.73	0.86	0.73
12	0.12	0.00	0.00	0.00	0.80	0.75	0.32	0.01	0.00	0.01	0.74	0.86	0.74
13	0.12	0.00	0.00	0.00	0.80	0.75	0.32	0.04	0.00	0.00	0.78	0.86	0.74
14	0.12	0.00	0.00	0.12	0.80	0.75	0.44	0.02	0.03	0.00	0.80	0.89	0.74
15	0.11	0.00	0.00	0.01	0.80	0.75	0.45	0.00	0.00	0.00	0.80	0.90	0.74
16	0.11	0.00	0.02	0.00	0.80	0.77	0.45	0.00	0.00	0.00	0.80	0.90	0.74
17	0.11	0.00	0.01	0.00	0.80	0.78	0.45	0.00	0.00	0.00	0.80	0.90	0.74
18	0.11	0.00	0.00	0.02	0.80	0.78	0.47	0.00	0.00	0.00	0.80	0.90	0.74
19	0.11	0.00	0.00	0.00	0.80	0.78	0.47	0.00	0.00	0.00	0.80	0.91	0.74
20	0.11	0.00	0.00	0.01	0.80	0.78	0.48	0.00	0.00	0.00	0.81	0.91	0.74
21	0.10	0.00	0.00	0.00	0.80	0.78	0.48	0.00	0.00	0.00	0.81	0.91	0.74
22	0.10	0.00	0.01	0.00	0.80	0.79	0.48	0.00	0.00	0.00	0.81	0.91	0.74
23	0.10	0.00	0.00	0.00	0.80	0.79	0.48	0.01	0.00	0.00	0.82	0.91	0.74
24	0.10	0.00	0.00	0.00	0.80	0.79	0.48	0.01	0.00	0.00	0.82	0.91	0.74
25	0.10	0.00	0.00	0.00	0.80	0.79	0.48	0.00	0.00	0.00	0.82	0.91	0.74

STRUTTURE CON ZONE A RIGIDEZZA DIVERSA: PRESENZA DI SCANTINATI

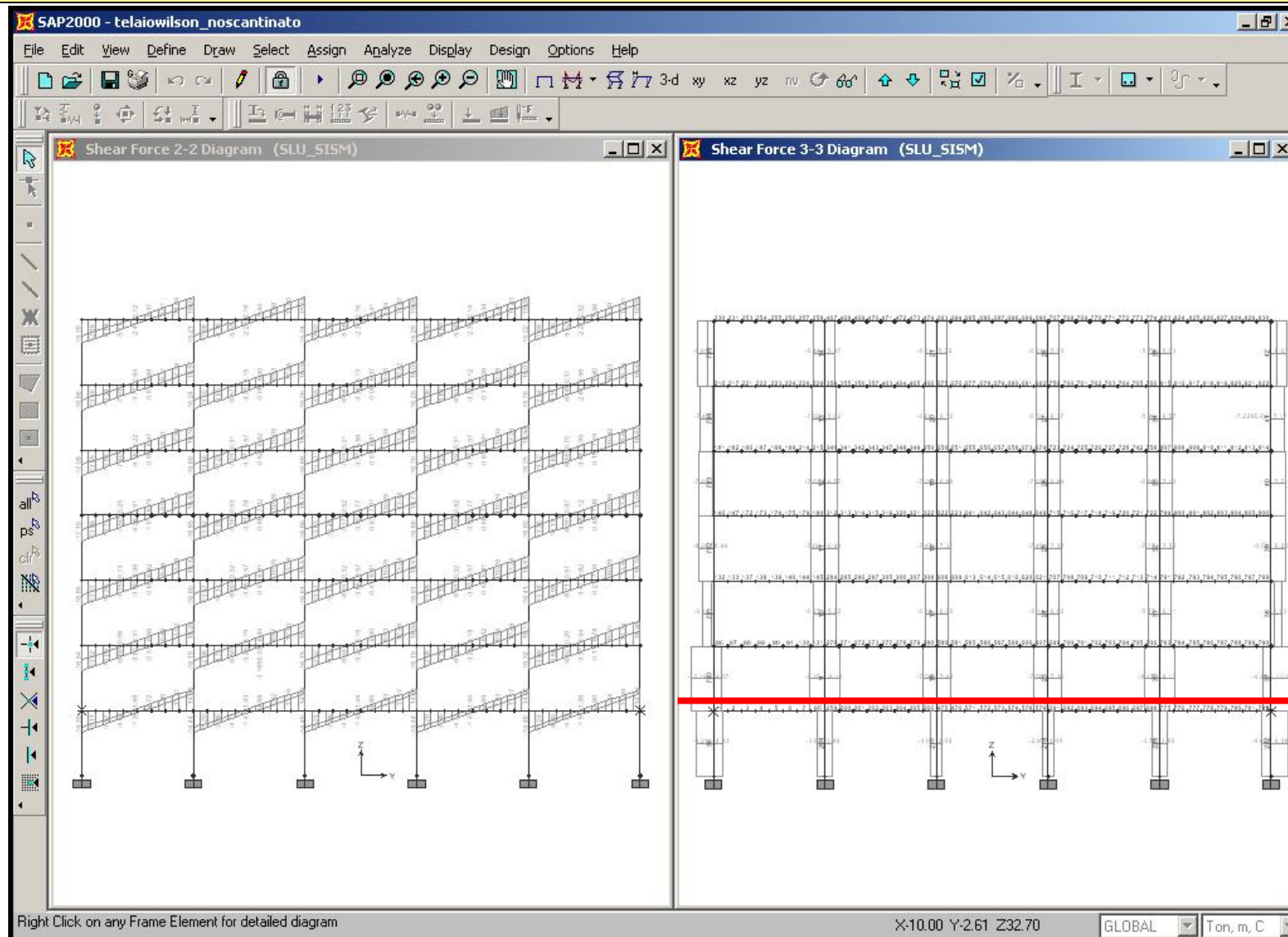
STRUTTURE CON ZONE A RIGIDEZZA DIVERSA: PRESENZA DI SCANTINATI

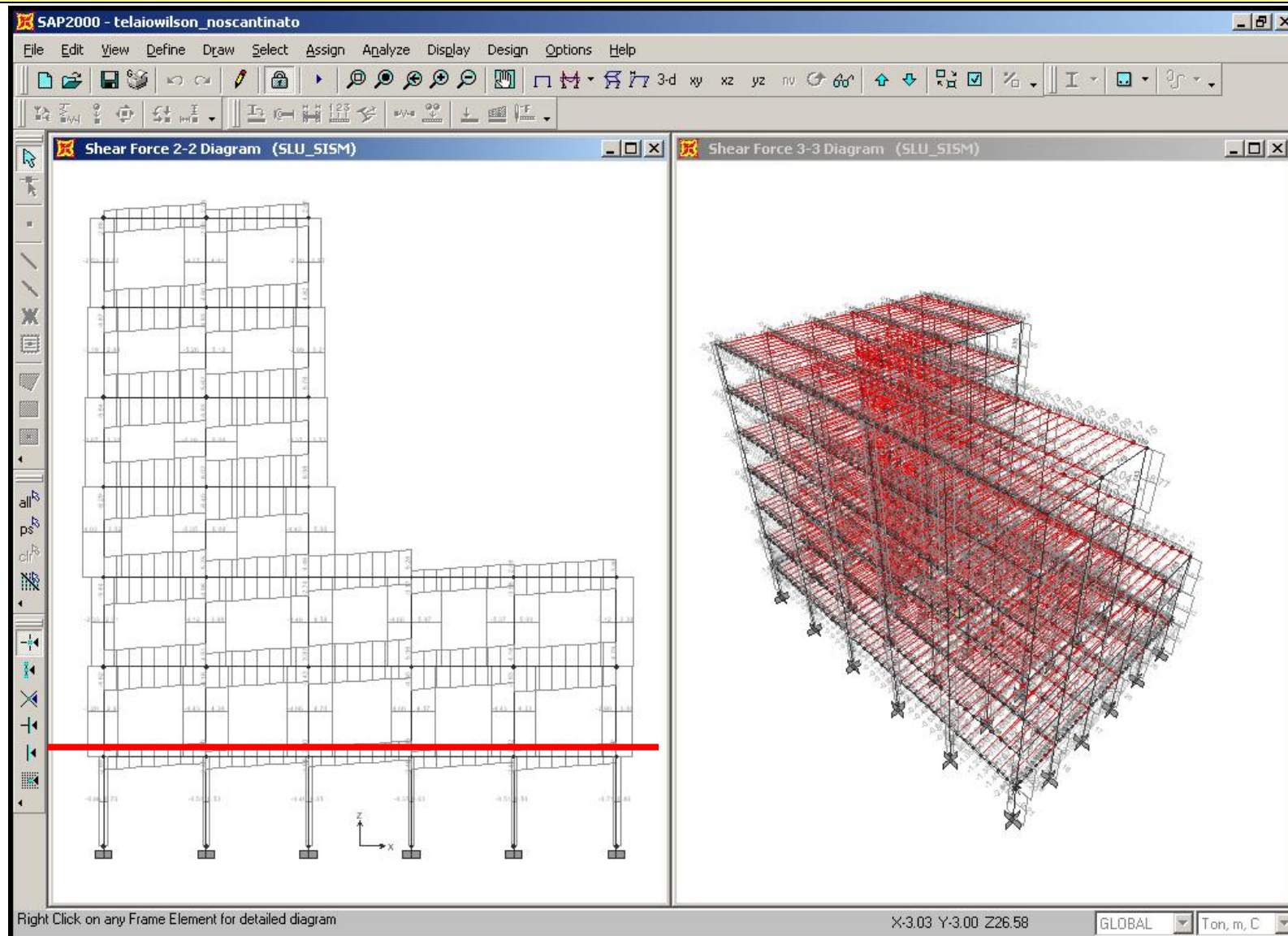
STRUTTURE CON ZONE A RIGIDEZZA DIVERSA: PRESENZA DI SCANTINATI*Ing. Leonardo Bandini*

STRUTTURE CON ZONE A RIGIDEZZA DIVERSA: PRESENZA DI SCANTINATI

#M	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
1	1.13	0.28	0.04	0.00	0.28	0.04	0.00	0.05	0.31	0.37	0.05	0.31	0.37
2	0.86	0.04	0.66	0.00	0.32	0.70	0.00	0.68	0.05	0.00	0.73	0.36	0.37
3	0.66	0.39	0.01	0.00	0.71	0.71	0.00	0.01	0.48	0.33	0.74	0.84	0.70
4	0.41	0.08	0.00	0.00	0.80	0.71	0.00	0.00	0.01	0.11	0.74	0.85	0.82
5	0.24	0.01	0.08	0.00	0.81	0.80	0.00	0.00	0.00	0.02	0.74	0.85	0.84
6	0.23	0.00	0.10	0.00	0.81	0.90	0.00	0.01	0.00	0.01	0.75	0.85	0.84
7	0.17	0.12	0.00	0.00	0.93	0.90	0.00	0.00	0.01	0.07	0.75	0.86	0.91
8	0.15	0.00	0.00	0.00	0.93	0.90	0.00	0.00	0.00	0.02	0.75	0.86	0.93
9	0.13	0.00	0.00	0.38	0.93	0.90	0.38	0.01	0.04	0.00	0.76	0.90	0.93
10	0.12	0.00	0.00	0.01	0.93	0.90	0.39	0.02	0.00	0.00	0.79	0.90	0.93
11	0.12	0.00	0.00	0.00	0.94	0.90	0.39	0.03	0.00	0.00	0.81	0.90	0.93
12	0.12	0.00	0.00	0.01	0.94	0.90	0.40	0.00	0.01	0.00	0.81	0.91	0.93

STRUTTURE CON ZONE A RIGIDEZZA DIVERSA: PRESENZA DI SCANTINATI

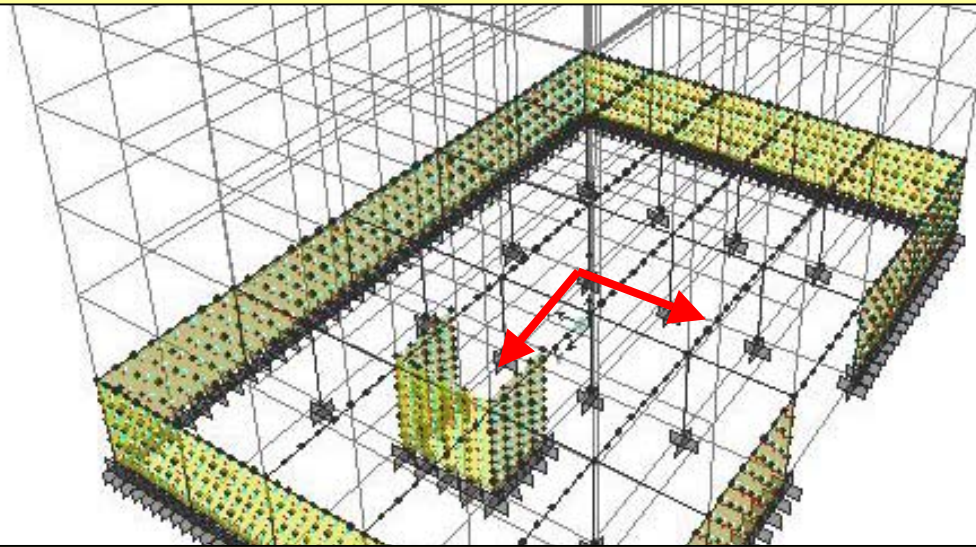


STRUTTURE CON ZONE A RIGIDEZZA DIVERSA: PRESENZA DI SCANTINATI

STRUTTURE CON ZONE A RIGIDEZZA DIVERSA: PRESENZA DI SCANTINATI

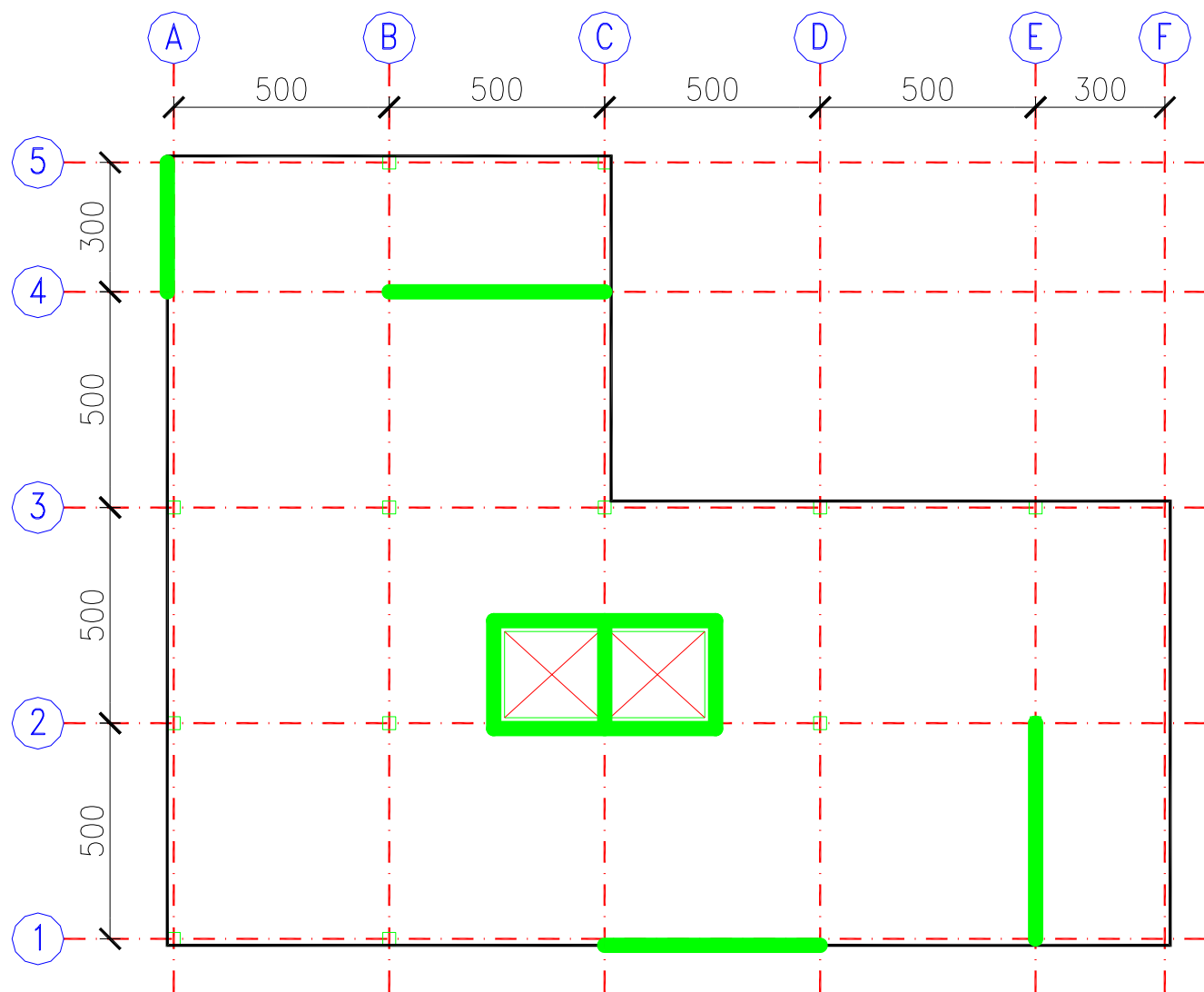
LE FORZE DA APPLICARE SONO RICAVATE DAL TAGLIO ALLA BASE, CALCOLATO PER LA SOVRASTRUTTURA A QUOTA 3.5m, SOMMANDO IL VALORE DELLA MASSA RELATIVA AL PIANO 3.5m MOLTIPLICATA PER S_{ad} (VALORE DI PLATEAU). A QUESTE FORZE VANNO SOMMATE LE AZIONI STATICHE.

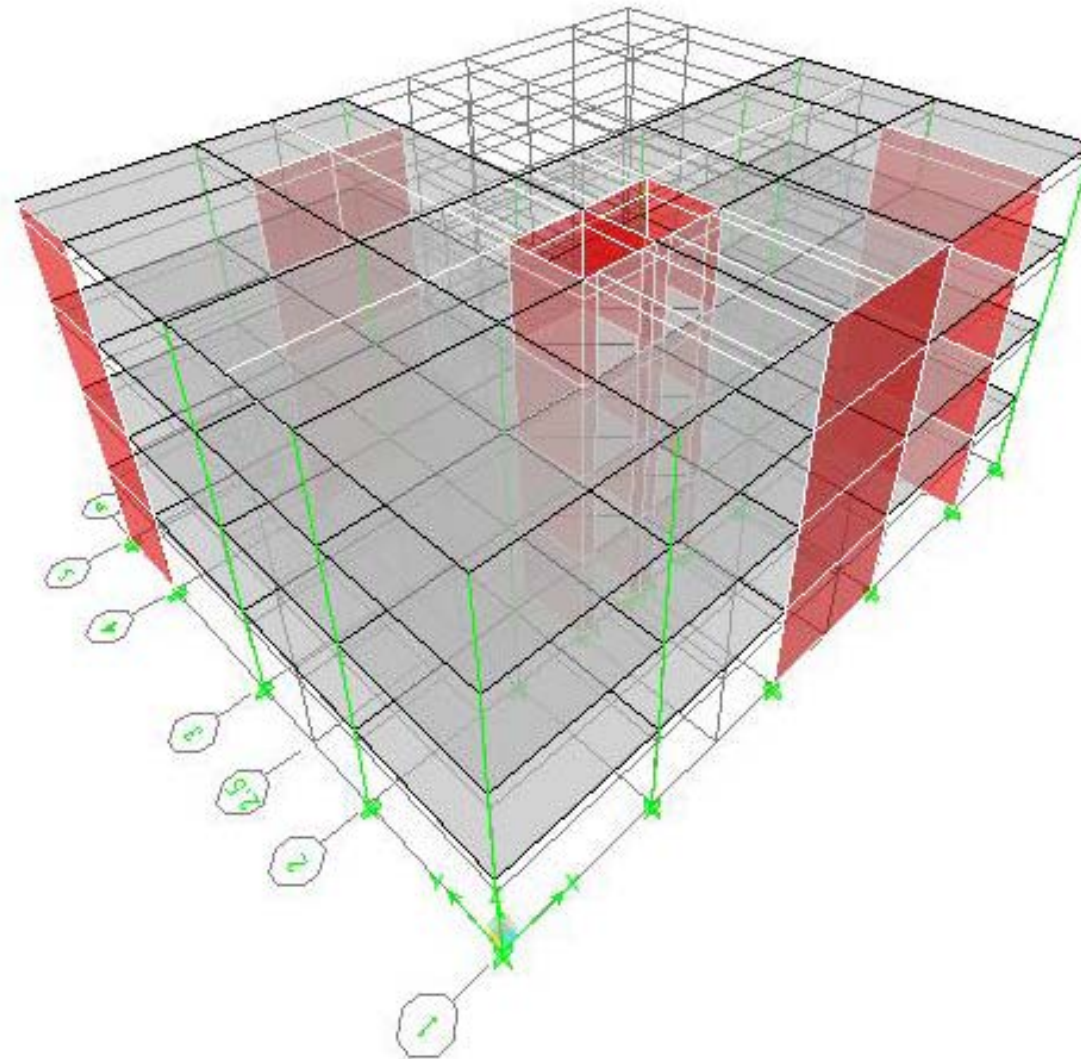
PER I PILASTRI I TAGLI E I MOMENTI OTTENUTI DA QUESTO MODELLO VANNO COMBINATI CON GLI SFORZI NORMALI OTTENUTI DAL MODELLO DELLA SOVRASTRUTTURA.

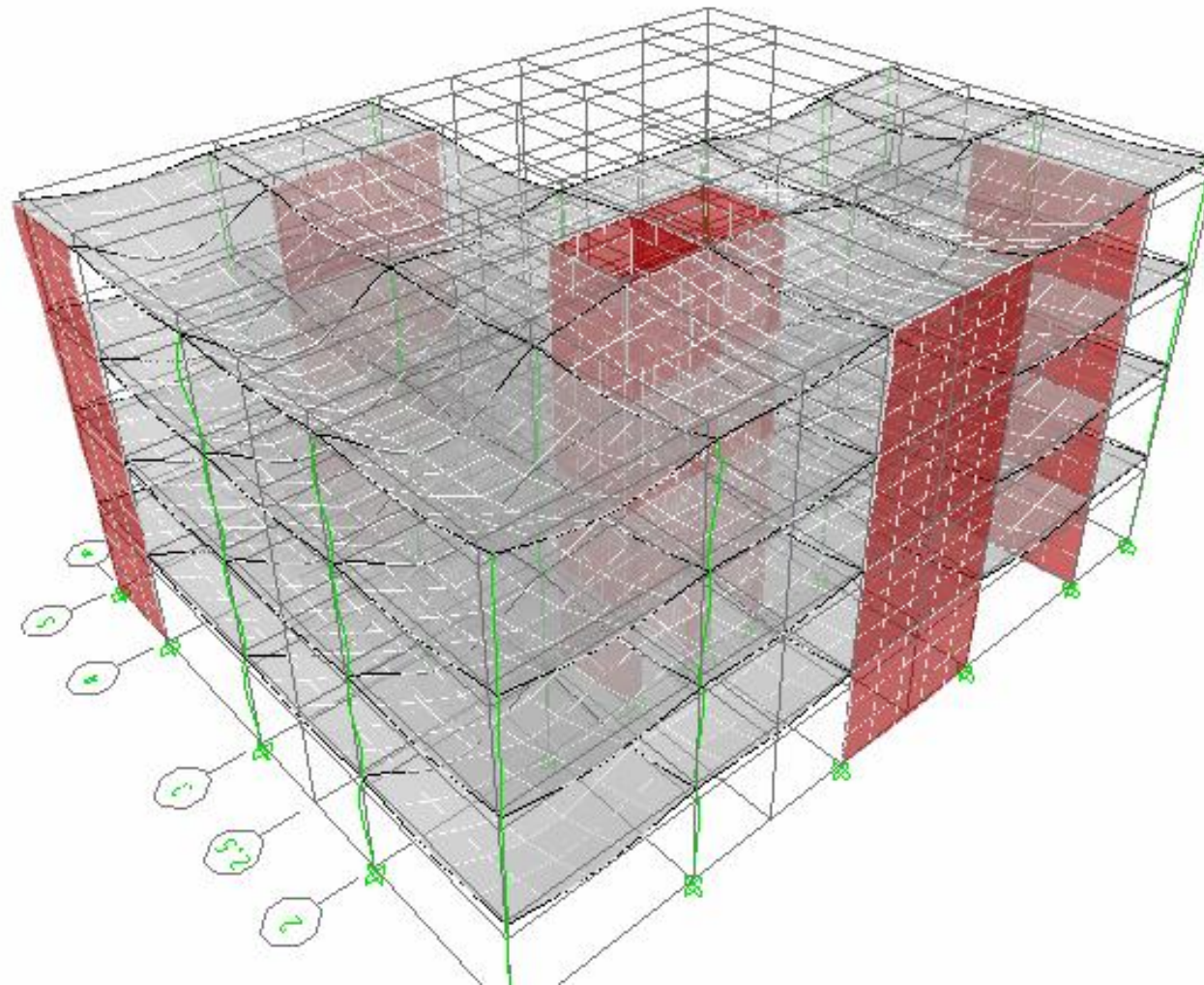


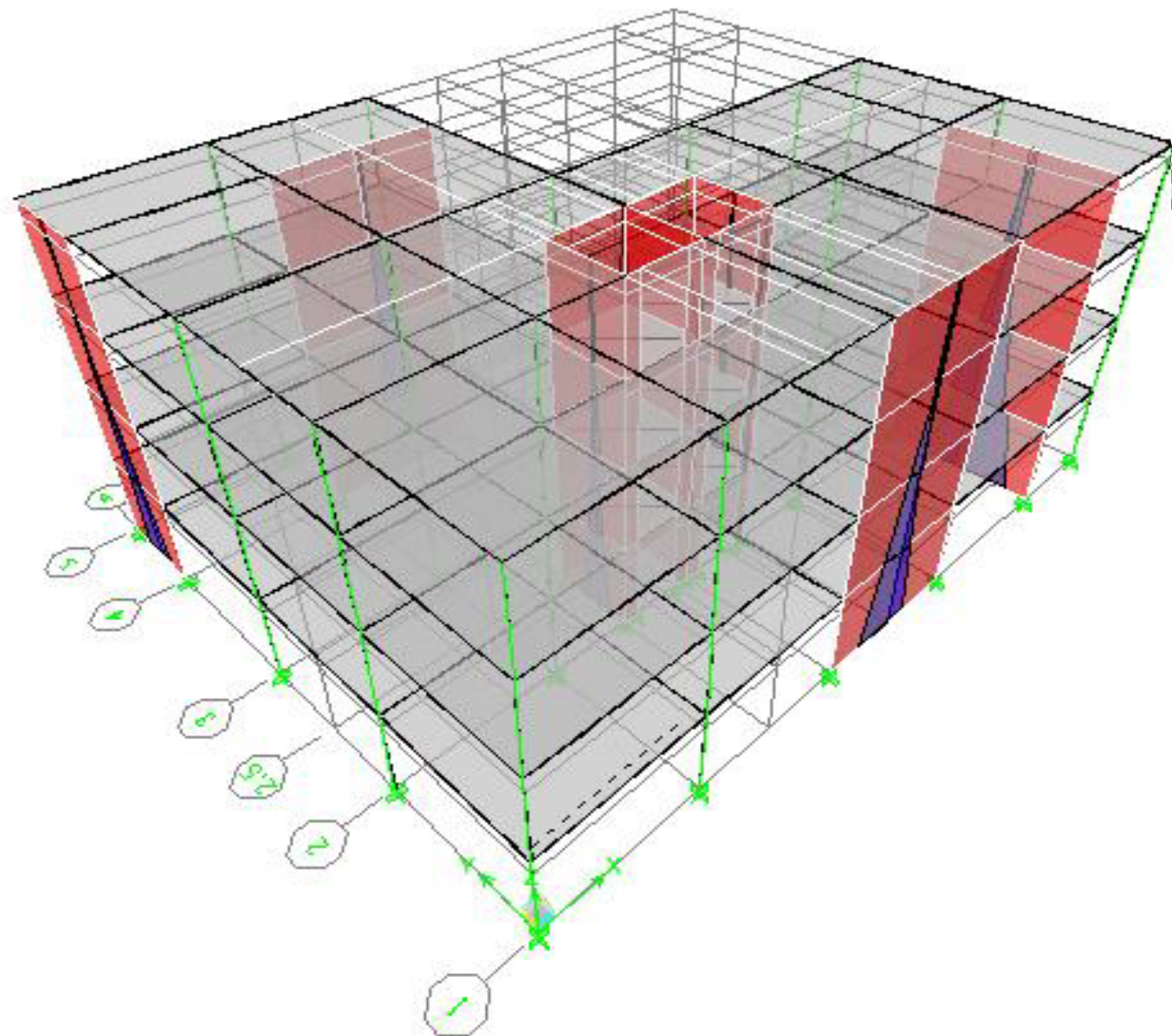
$$F_X = V_{b,x} + M_X \cdot S_{ad}(T_B) \cdot \gamma_I = 338 + 71.3 \cdot 2.03 \cdot 1.2 = 511.7t$$

$$F_Y = V_{b,y} + M_Y \cdot S_{ad}(T_B) \cdot \gamma_I = 388 + 71.3 \cdot 2.03 \cdot 1.2 = 561.7t$$

ESEMPIO DI MODELLAZIONE STRUTTURALE CON ETABS

ESEMPIO DI MODELLAZIONE STRUTTURALE CON ETABS

ESEMPIO DI MODELLAZIONE STRUTTURALE CON ETABS

ESEMPIO DI MODELLAZIONE STRUTTURALE CON ETABS

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

STATICA NON LINEARE: PUSHOVER

SI APPLICANO AD EDIFICI REGOLARI IN PIANTE ED IN ALTEZZA

L'ANALISI STATICA NON LINEARE CONSISTE NELL'APPLICARE ALL'EDIFICIO I CARICHI GRAVITAZIONALI ED UN SISTEMA DI FORZE ORIZZONTALI MONOTONICAMENTE CRESCENTI FINO AL RAGGIUNGIMENTO DELLE CONDIZIONI ULTIME

SCOPO DELL'ANALISI:

- VALUTARE I RAPPORTI DI SOVRARESISTENZA α_U / α_1
- VERIFICARE L'EFFETTIVA DOMANDA ANELASTICA DEGLI EDIFICI
- VALUTAZIONE DELLA CAPACITA' DEGLI EDIFICI

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

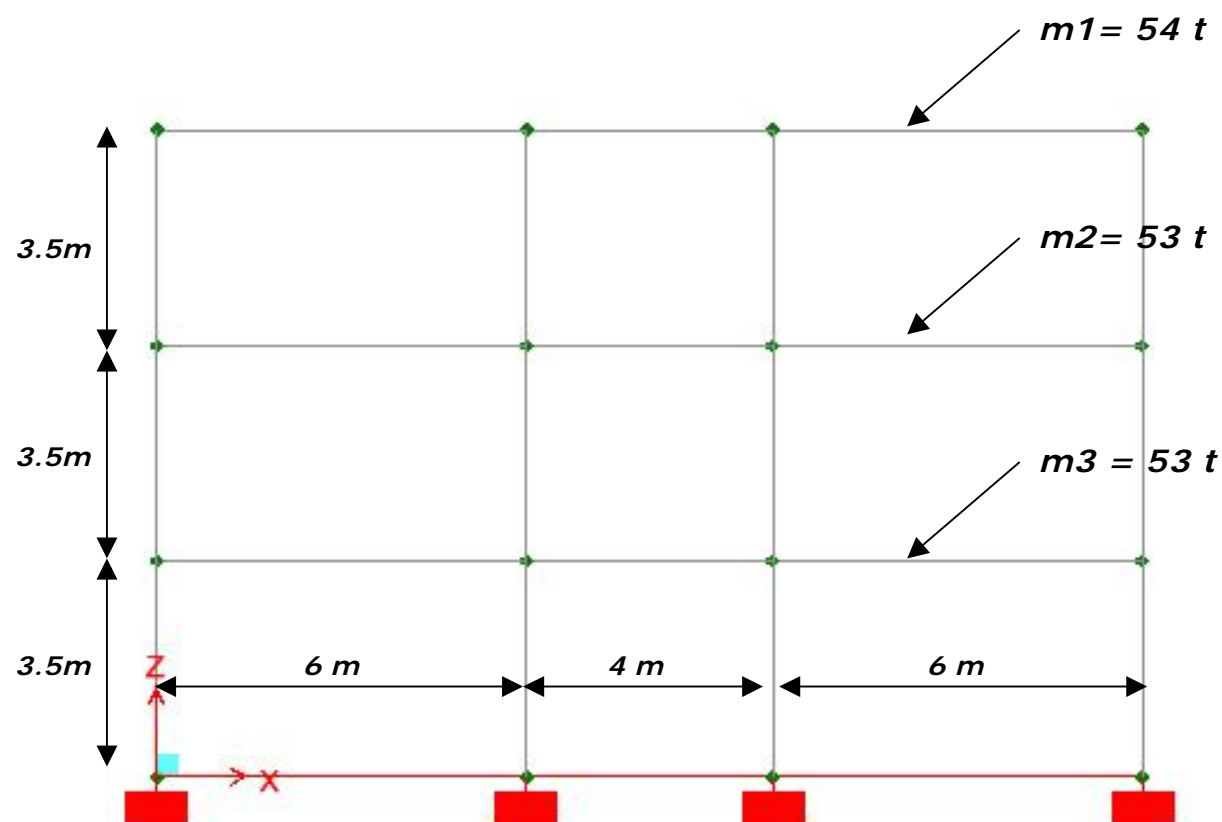
DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

STATICA NON LINEARE: PUSHOVER

SI APPLICANO AD EDIFICI REGOLARI IN PIANTA ED IN ALTEZZA



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

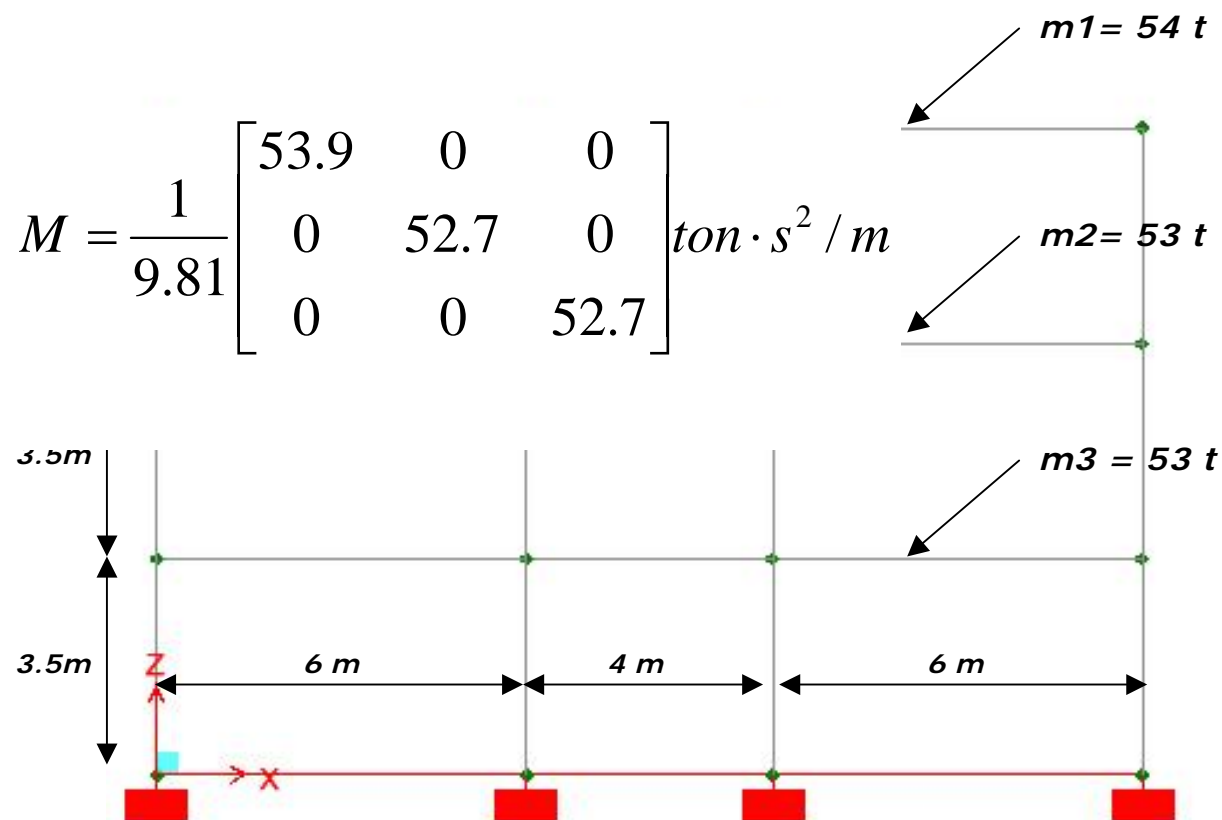
DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

STATICA NON LINEARE: PUSHOVER**SI APPLICANO AD EDIFICI REGOLARI IN PIANTA ED IN ALTEZZA**

$$M = \frac{1}{9.81} \begin{bmatrix} 53.9 & 0 & 0 \\ 0 & 52.7 & 0 \\ 0 & 0 & 52.7 \end{bmatrix} \text{ton} \cdot \text{s}^2 / \text{m}$$



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

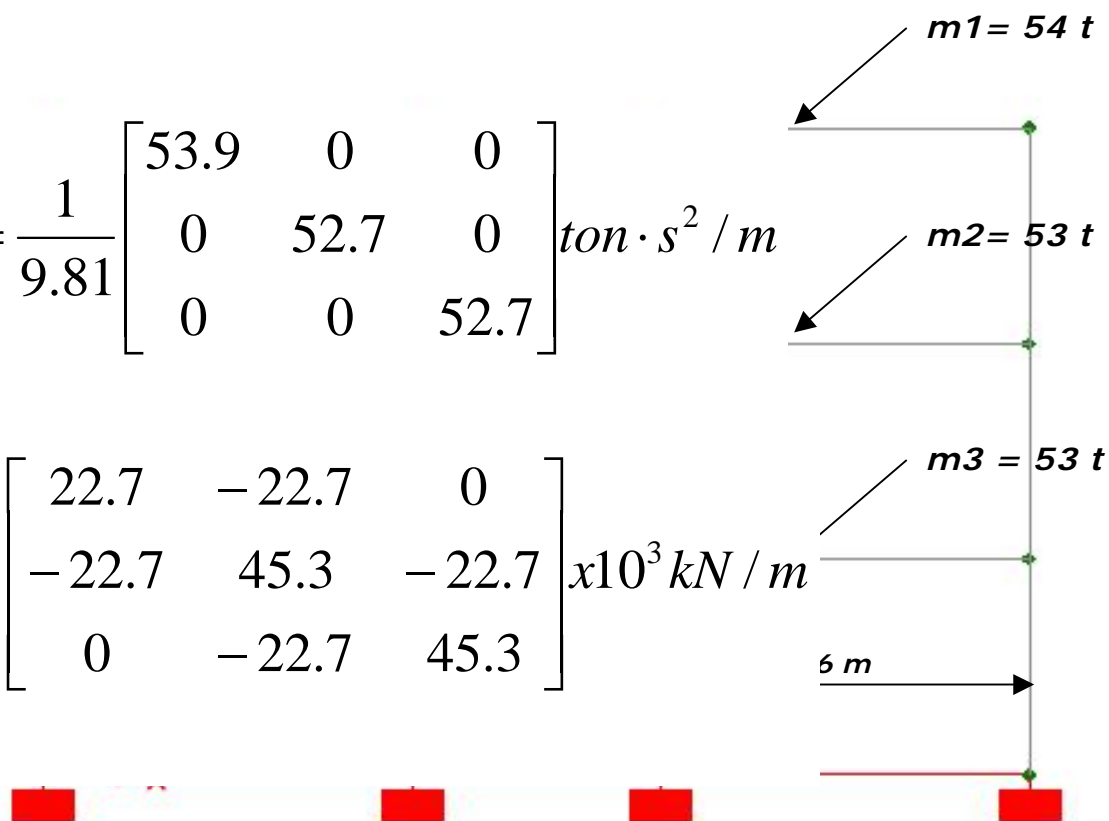
STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

STATICA NON LINEARE: PUSHOVER**SI APPLICANO AD EDIFICI REGOLARI IN PIANTA ED IN ALTEZZA**

$$M = \frac{1}{9.81} \begin{bmatrix} 53.9 & 0 & 0 \\ 0 & 52.7 & 0 \\ 0 & 0 & 52.7 \end{bmatrix} \text{ton} \cdot \text{s}^2 / \text{m}$$

$$K = \begin{bmatrix} 22.7 & -22.7 & 0 \\ -22.7 & 45.3 & -22.7 \\ 0 & -22.7 & 45.3 \end{bmatrix} \times 10^3 \text{ kN} / \text{m}$$



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

STATICA NON LINEARE: PUSHOVER**SI APPLICANO 2 DISTRIBUZIONI DI FORZE [4.5.4.2-3274/03]****-PROPORZIONALI ALLE MASSE**

PIANO	MASSA [t]	Mi/Mtot	F [KN]
3	55	0.34	33.74
2	54	0.33	33.13
1	54	0.33	33.13
tot	163	1	100

-PROPORZIONALI AL PRODOTTO DELLE MASSE PER LA DEFORMATATA DEL PRIMO MODO DI VIBRARE

PIANO	MASSA [t]	DEF	MixDEF	MixDEF/Mtot	F [KN]
3	55	1	55	0.47	46.54
2	54	0.78	42.12	0.36	35.64
1	54	0.39	21.06	0.18	17.82
tot	163		118.18		100

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

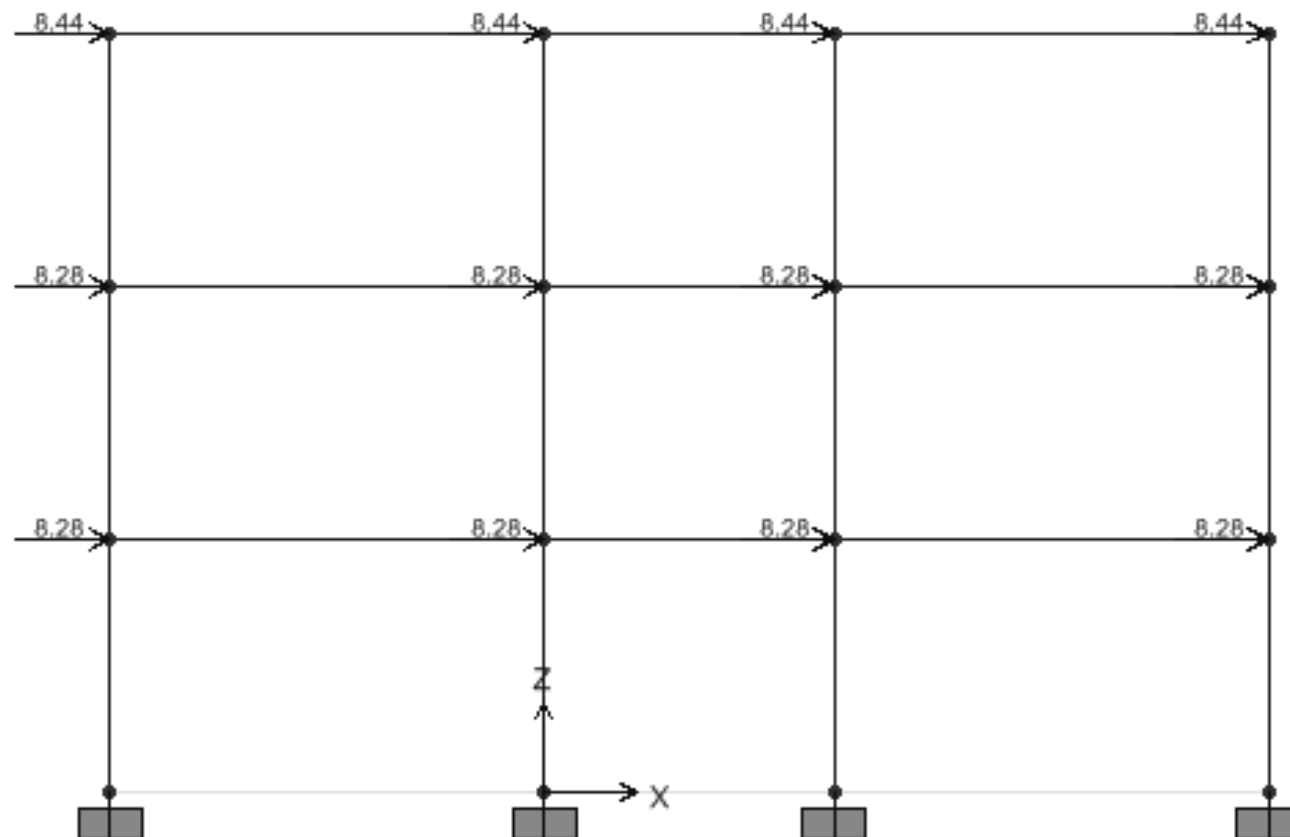
STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

STATICA NON LINEARE: PUSHOVER



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

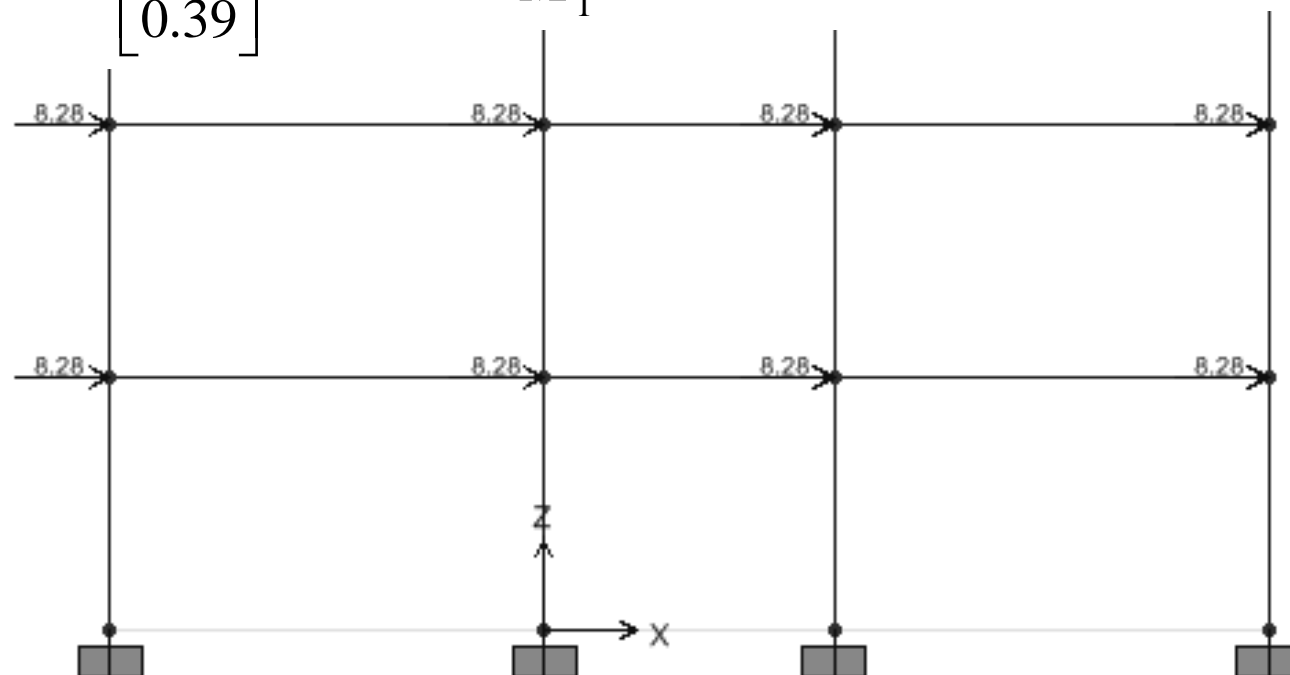
DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

STATICA NON LINEARE: PUSHOVER**-MASSA PARTECIPANTE E FATTORE DI PARTECIPAZIONE:**

$$\Phi_1 = \begin{bmatrix} 1.00 \\ 0.78 \\ 0.39 \end{bmatrix} \quad \tilde{M}_1 = \frac{(\Phi_1^T MR)^2}{M_1^*} = 95.4t \quad \gamma_1 = \frac{\Phi_1^T MR}{\Phi_1^T M \Phi_1} = 1.23;$$



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

STATICA NON LINEARE: PUSHOVER**DESCRIZIONE DELLA PROCEDURA:**

Si determina la curva di pushover del sistema MDOF:



V MAX TAGLIO, D MAX SPOSTAMENTO



Ci si riconduce ad un sistema SDOF elastoplastico equivalente



Si determina il periodo del sistema equivalente



Si determina dallo spettro spostamento lo spostamento massimo



Si valuta il danneggiamento corrispondente a quello spostamento
Compatibilmente allo stato limite considerato

Step	MDOF		NUMERO CERNIERE PLASTICHE									SDOF	
	D	V	A-B	B-IO	IO-LS	LS-CP	CP-C	C-D	D-E	>E	tot	D*	V*
0	0.0000	0	42	0	0	0	0	0	0	0	42	0.0000	0
1	0.0025	2	41	1	0	0	0	0	0	0	42	0.0020	2
2	0.0353	19	34	8	0	0	0	0	0	0	42	0.0287	16
3	0.0538	26	30	10	2	0	0	0	0	0	42	0.0437	21
4	0.0822	31	27	8	5	2	0	0	0	0	42	0.0668	25
5	0.0964	32	23	10	6	3	0	0	0	0	42	0.0784	26
6	0.1264	34	23	4	8	7	0	0	0	0	42	0.1028	27
7	0.1419	34	23	3	8	7	0	1	0	0	42	0.1154	28

γ_i	1.23
F_{ym}^*	28 t
dm^*	0.103 m
E^*m	2.03 tm
dy^*	0.06 m
Ky^*	462.39 tm
m^*	118.18 t
T^*	1.004495 s

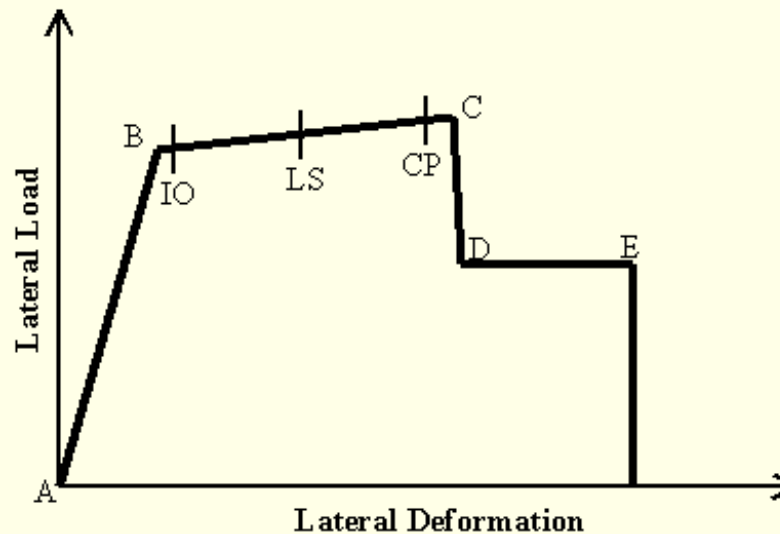
- 1) Si determina la curva di pushover del sistema MDOF:
- 2) V MAX TAGLIO, D MAX SPOSTAMENTO
- 3) Ci si riconduce ad un sistema SDOF elastoplastico equivalente
- 4) Si determina il periodo del sistema equivalente
- 5) Si determina lo spettro in termini di spostamento del sistema eq.
- 6) Si calcola il fattore di struttura

$$F^* = \frac{V_{\max}}{\gamma_1}; \quad d_y^* = \frac{D}{\gamma_1}$$

$$\gamma_j = \frac{\Phi_j^T M R}{\Phi_j^T M \Phi_j};$$

MDOF			NUMERO CERNIERE PLASTICHE									SDOF	
Step	D	V	A-B	B-IO	IO-LS	LS-CP	CP-C	C-D	D-E	>E	tot	D*	V*
0	0.0000	0	42	0	0	0	0	0	0	0	42	0.0000	0
1	0.0025	2	41	1	0	0	0	0	0	0	42	0.0020	2
2	0.0353	19	34	8	0	0	0	0	0	0	42	0.0287	16
3	0.0538	26	30	10	2	0	0	0	0	0	42	0.0437	21
4	0.0822											0668	25
5	0.0964											0784	26
6	0.1264											1028	27
7	0.1419											1154	28

γ_i	1.23
F_{ym}^*	28 t
dm^*	0.103 m
E^*m	2.03 tm
dy^*	0.06 m
Ky^*	462.39 tm
m^*	118.18 t
T^*	1.004495 s



- 1) Si determini
- 2) V MAX TAG
- 3) Ci si riconc
- 4) Si determini
- 5) Si determina lo spettro in termini di spostamento del sistema eq.
- 6) Si calcola il fattore di struttura

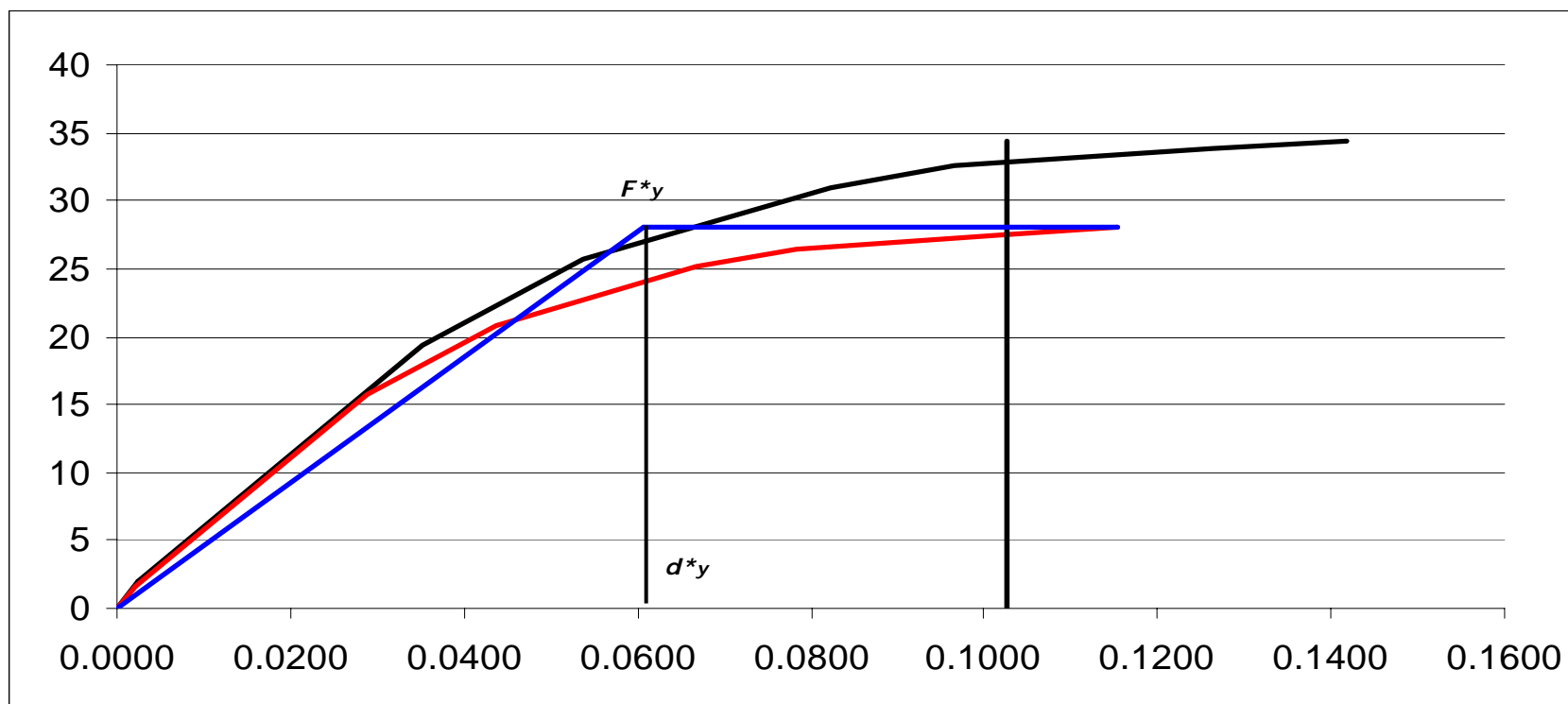
$$= \frac{V_{\max}}{\gamma_1}; \quad d_y^* = \frac{D}{\gamma_1}$$

$$\gamma_j = \frac{\Phi_j^T M R}{\Phi_j^T M \Phi_j};$$

Step	MDOF		NUMERO CERNIERE PLASTICHE									SDOF	
	D	V	A-B	B-IO	IO-LS	LS-CP	CP-C	C-D	D-E	>E	tot	D*	V*
0	0.0000	0	42	0	0	0	0	0	0	0	42	0.0000	0
1	0.0025	2	41	1	0	0	0	0	0	0	42	0.0020	2
2	0.0353	19	34	8	0	0	0	0	0	0	42	0.0287	16
3	0.0538	26	30	10	2	0	0	0	0	0	42	0.0437	21
4	0.0822	31	27	8	5	2	0	0	0	0	42	0.0668	25
5	0.0964	32	23	10	6	3	0	0	0	0	42	0.0784	26
6	0.1264	34	23	4	8	7	0	0	0	0	42	0.1028	27
7	0.1419	34	23	3	8	7	0	1	0	0	42	0.1154	28

γ_i 1.23
 F_{ym}^* 28 t
 dm^* 0.103 m
 E^*m 2.03 tm
 dy^* 0.06 m
 Ky^* 462.39 tm
 m^* 118.18 t

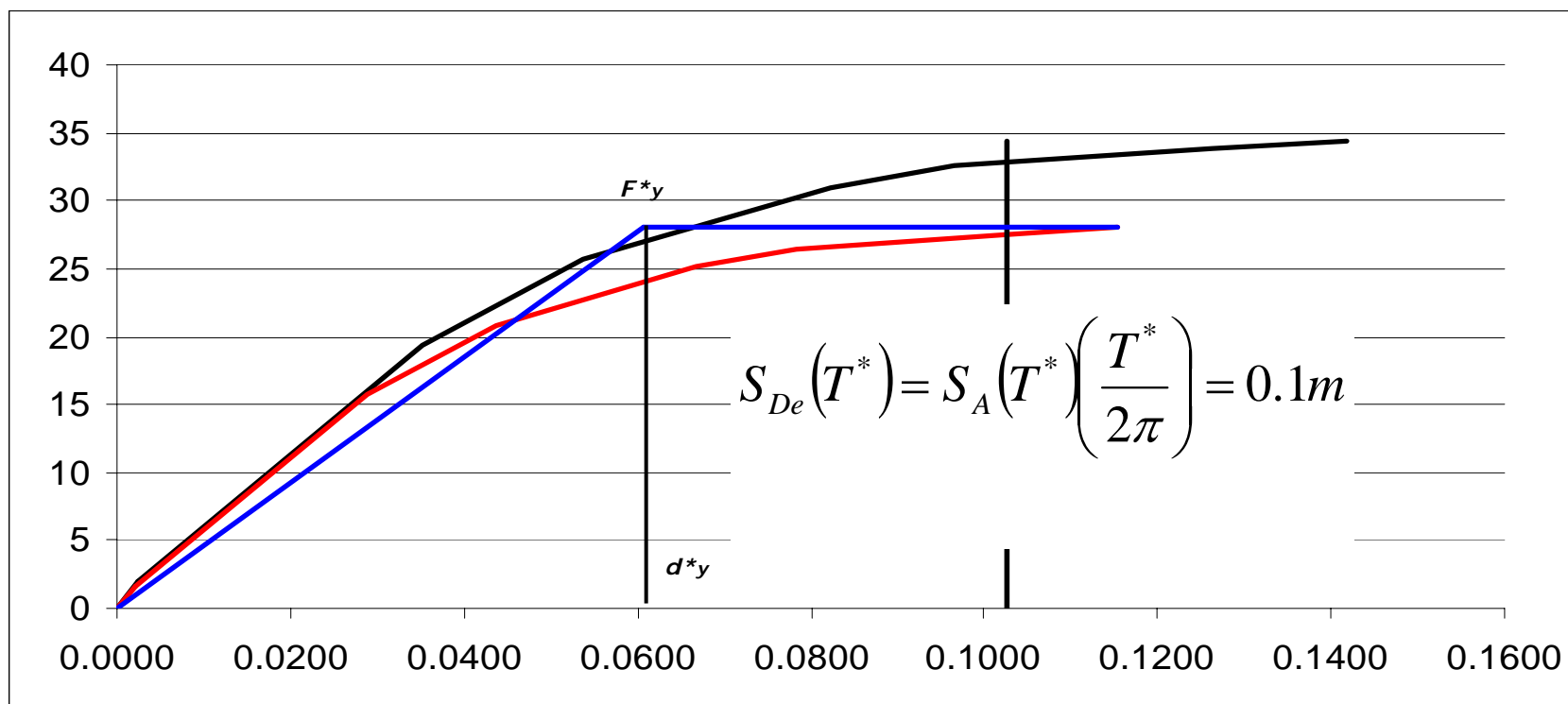
 T^* 1.004495 s



MDOF		NUMERO CERNIERE PLASTICHE										SDOF	
Step	D	V	A-B	B-IO	IO-LS	LS-CP	CP-C	C-D	D-E	>E	tot	D*	V*
0	0.0000	0	42	0	0	0	0	0	0	0	42	0.0000	0
1	0.0025	2	41	1	0	0	0	0	0	0	42	0.0020	2
2	0.0353	19	34	8	0	0	0	0	0	0	42	0.0287	16
3	0.0538	26	30	10	2	0	0	0	0	0	42	0.0437	21
4	0.0822	31	27	8	5	2	0	0	0	0	42	0.0668	25
5	0.0964	32	23	10	6	3	0	0	0	0	42	0.0784	26
6	0.1264	34	23	4	8	7	0	0	0	0	42	0.1028	27
7	0.1419	34	23	3	8	7	0	1	0	0	42	0.1154	28

γ_i 1.23
 F_{ym}^* 28 t
 dm^* 0.103 m
 E^*m 2.03 tm
 dy^* 0.06 m
 Ky^* 462.39 tm
 m^* 118.18 t

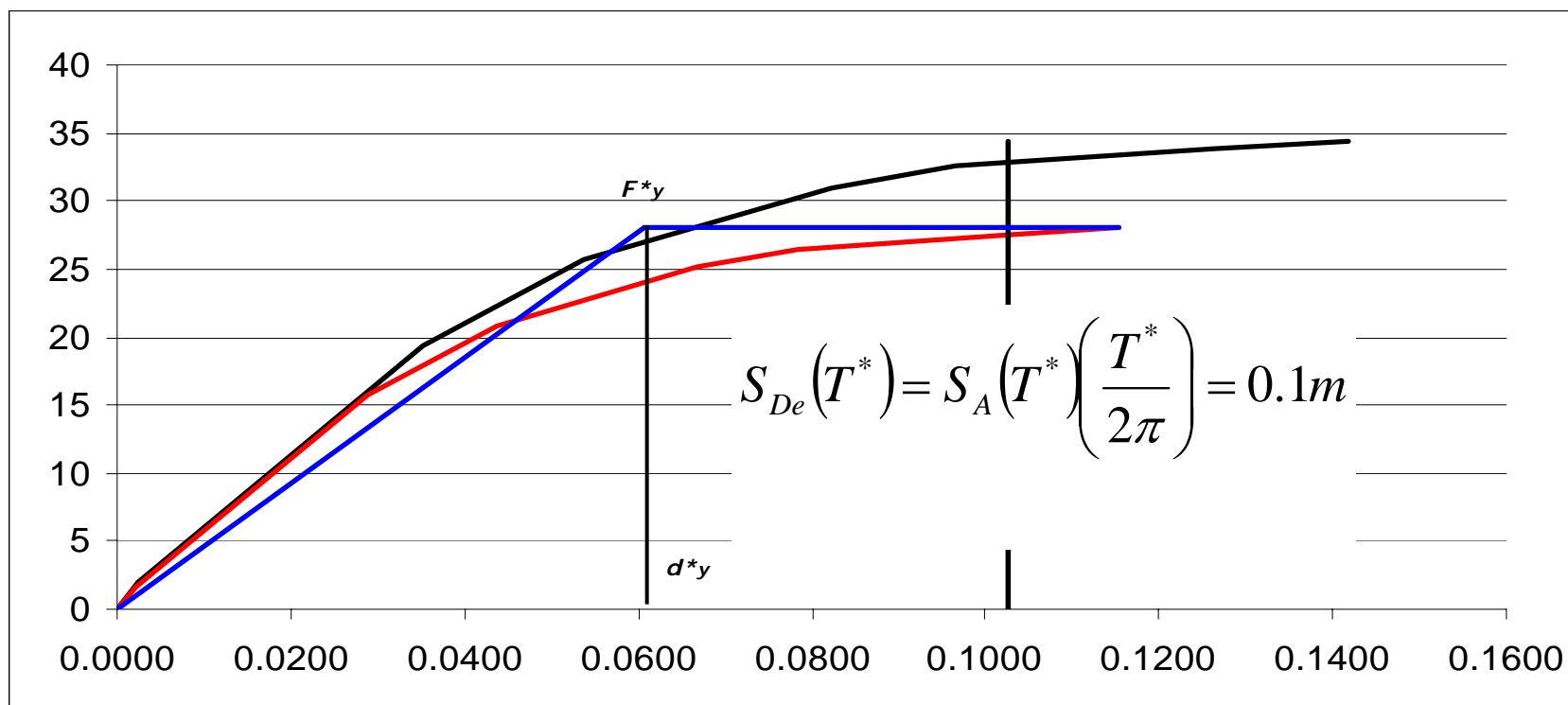
T^* 1.004495 s



Step	MDOF		NUMERO CERNIERE PLASTICHE									SDOF	
	D	V	A-B	B-IO	IO-LS	LS-CP	CP-C	C-D	D-E	>E	tot	D*	V*
0	0.0000	0	42	0	0	0	0	0	0	0	42	0.0000	0
1	0.0025	2	41	1	0	0	0	0	0	0	42	0.0020	2
2	0.0353	19	34	8	0	0	0	0	0	0	42	0.0287	16
3	0.0538	26	30	10	2	0	0	0	0	0	42	0.0437	21
4	0.0822	31	27	8	5	2	0	0	0	0	42	0.0668	25
5	0.0964	32	23	10	6	3	0	0	0	0	42	0.0784	26
6	0.1264	34	23	4	8	7	0	0	0	0	42	0.1028	27
7	0.1419	34	23	3	8	7	0	1	0	0	42	0.1154	28

γ_i 1.23
 F_{ym}^* 28 t
 dm^* 0.103 m
 E^*m 2.03 tm
 dy^* 0.06 m
 Ky^* 462.39 tm
 m^* 118.18 t

T^* 1.004495 s



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

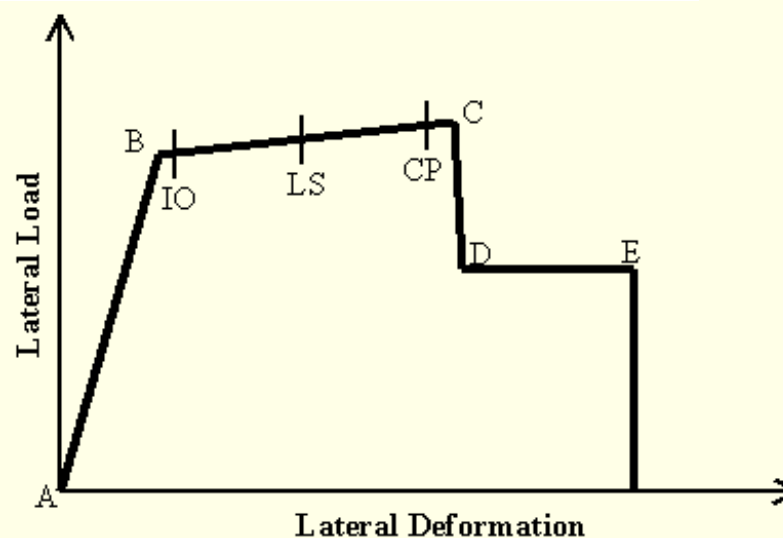
STATICA NON LINEARE: PUSHOVER – DETERMINAZIONE DEL MAX SPOST.**-se $T^* \geq T_c$:**

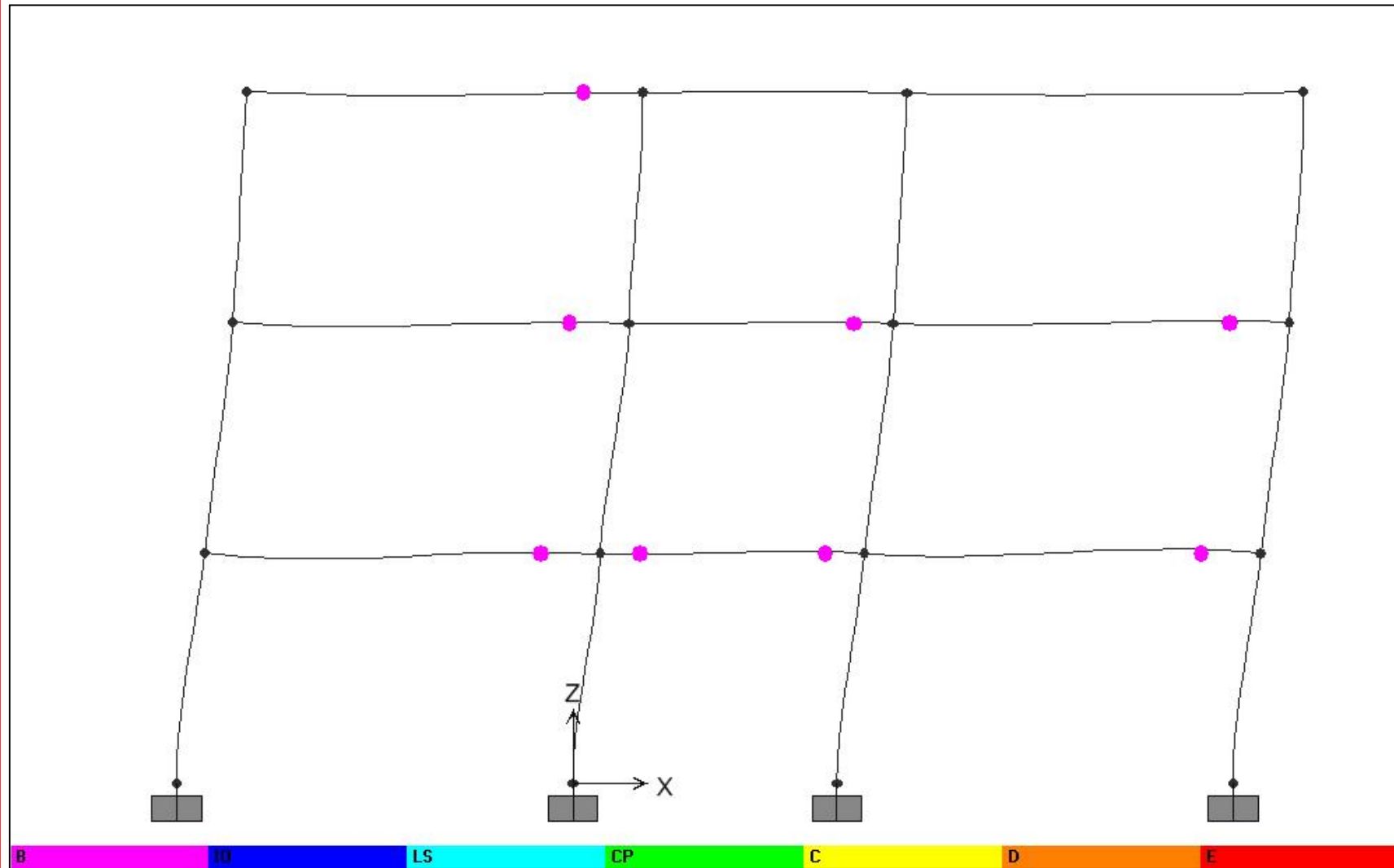
$$d_{e,\max}^* = S_{De}(T^*) = S_A(T^*) \left(\frac{T^*}{2\pi} \right)$$

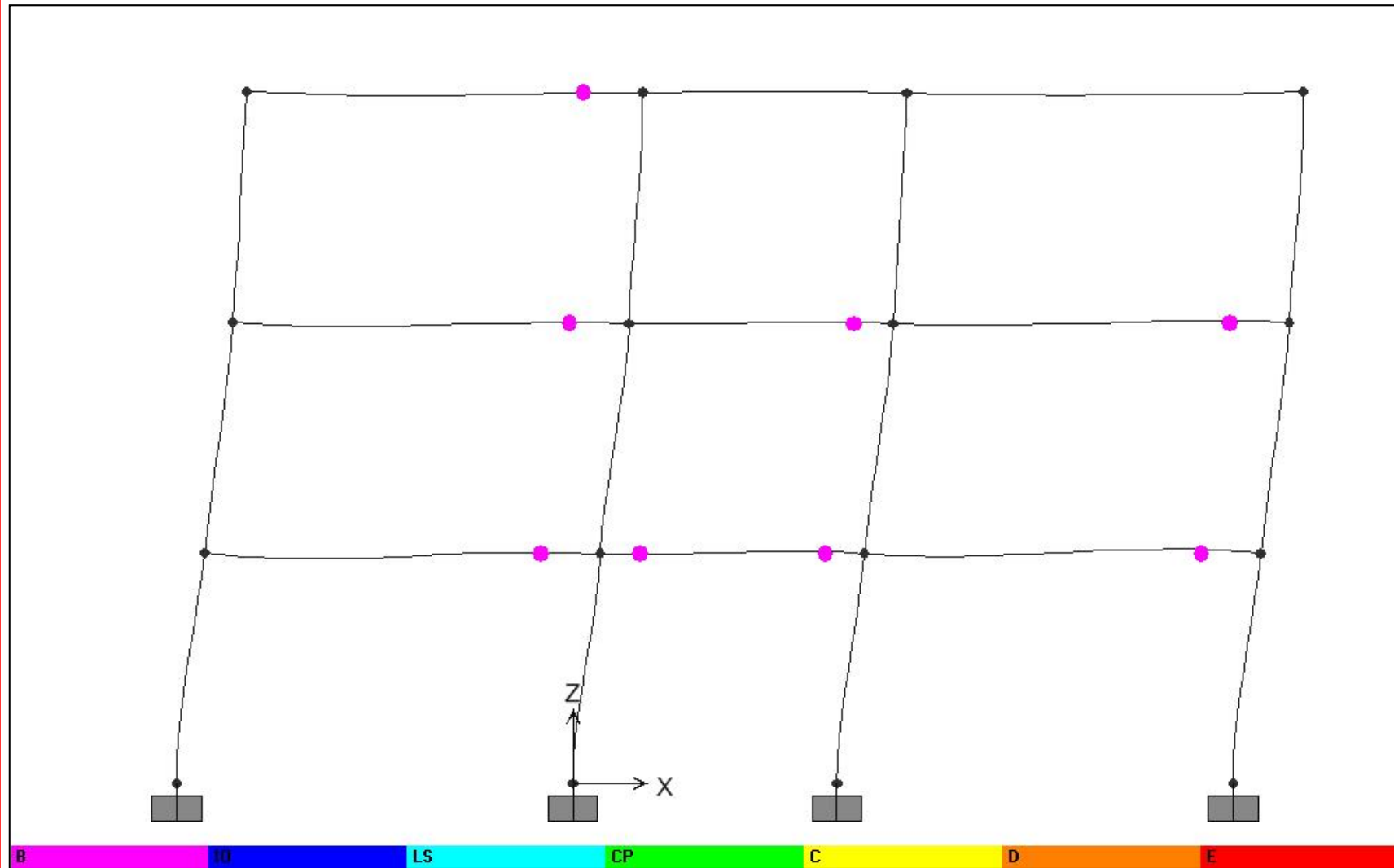
-se $T^* < T_c$:

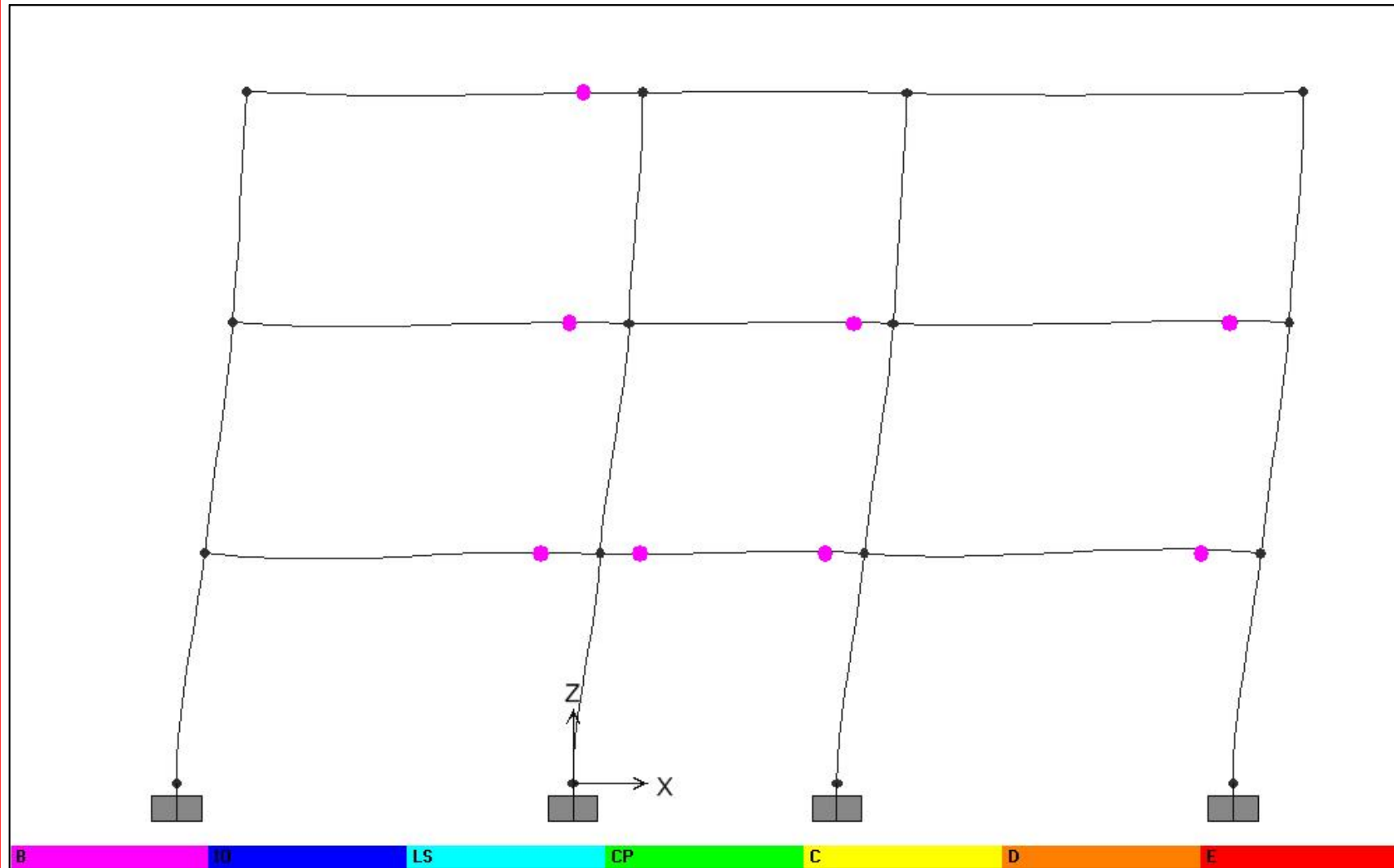
$$d_{\max}^* = \frac{d_{e,\max}^*}{q^*} \left[1 + (q^* - 1) \frac{T_c}{T} \right] \geq d_{e,\max}^*$$

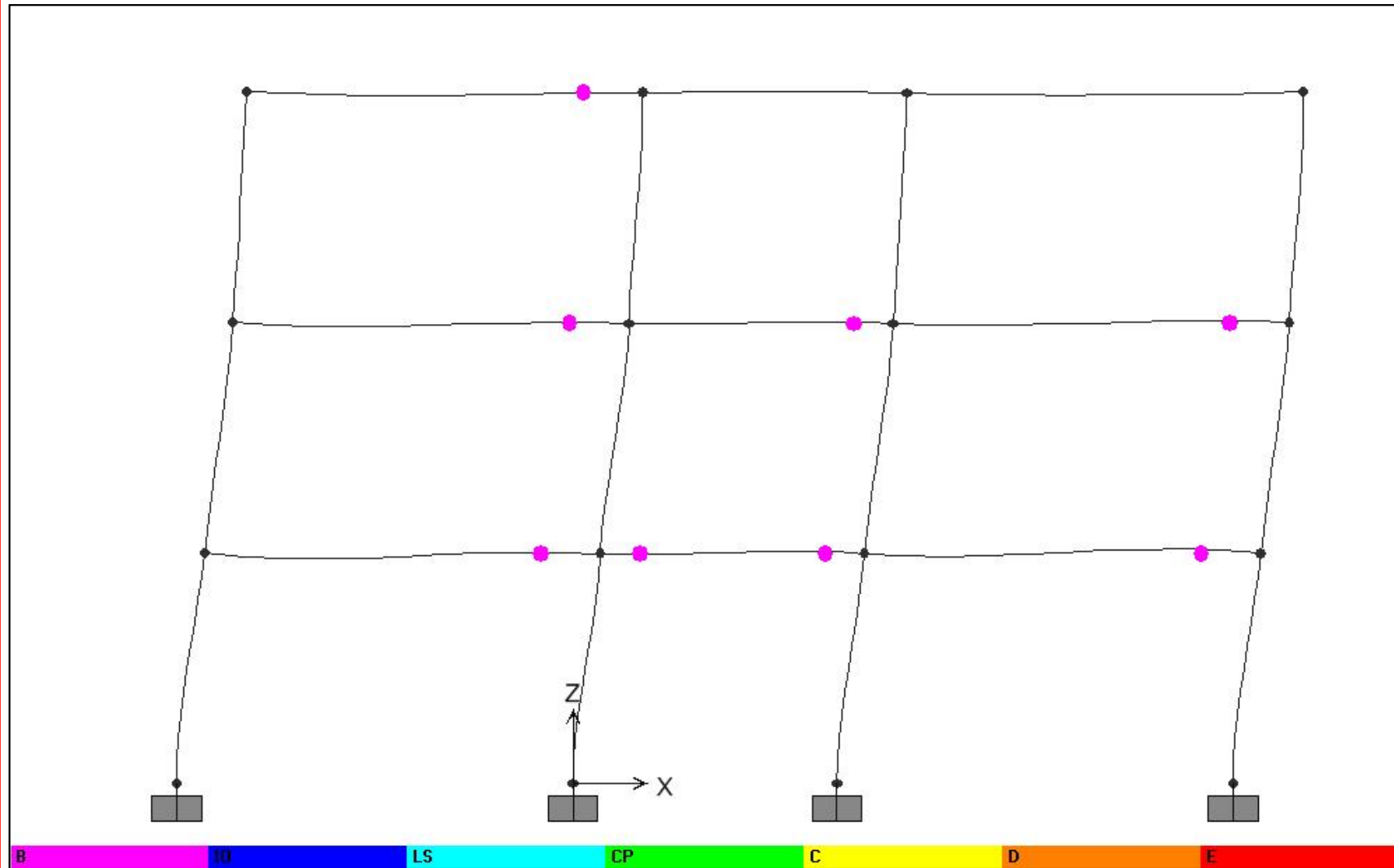
$$q^* = \frac{S_e(T^*) m^*}{F_y^*}$$

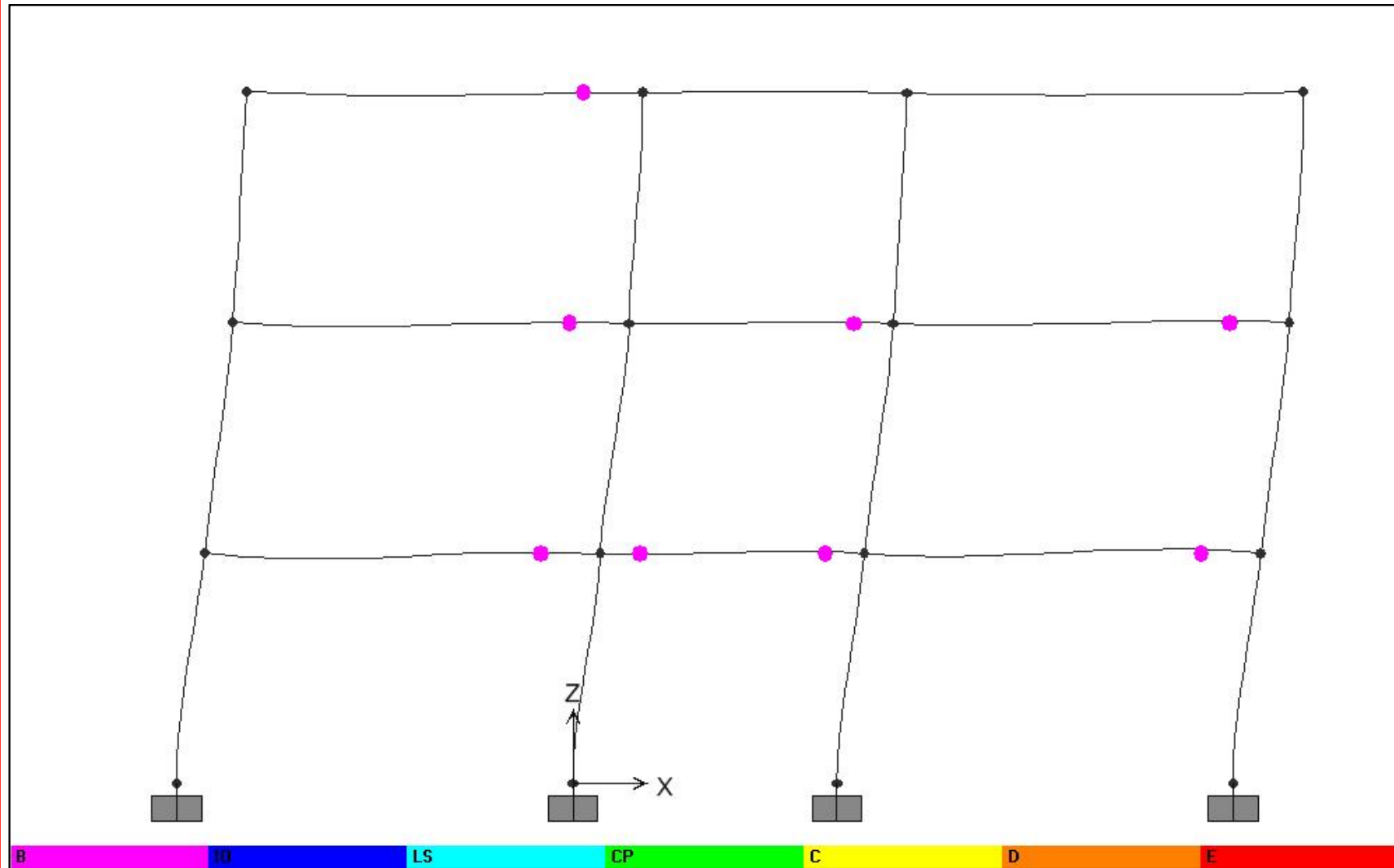












MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE**DINAMICA NON LINEARE:****DESCRIZIONE DELLA PROCEDURA:**

SCELTA DEL MODELLO COSTITUTIVO IN RELAZIONE ALLA
ENERGIA DISSIPATA PER ISTERESI



SCELTA DI ACCELEROGRAMMI ARTIFICIALI O NATURALI
COMPATIBILI CON LO SPETTRO ELASTICO A SECONDA DELLO
STATO LIMITE CONSIDERATO



INTEGRAZIONE DIRETTA DELLE EQUAZIONI DI MOTO, TENENDO
CONTO DI EFFETTI NON LINEARI: PLASTICIZZAZIONI,
DANNEGGIAMENTI STRUTTURALI, INSTABILITA', EFFETTI DEL
SECONDO ORDINE

CAMPI DI UTILIZZO:

POSSONO ESSERE UTILIZZATI CON QUALSIASI STRUTTURA.
SONO L'UNICA SCELTA IN CONDIZIONI DI ISOLAMENTO SISMICO,
PRESENZA DI DISPOSITIVI DI DISSIPAZIONE, CONTROLLO DEL
DANNEGGIAMENTO STRUTTURALE.
STUDIO AL COLLASSO DI EDIFICI STRATEGICI

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

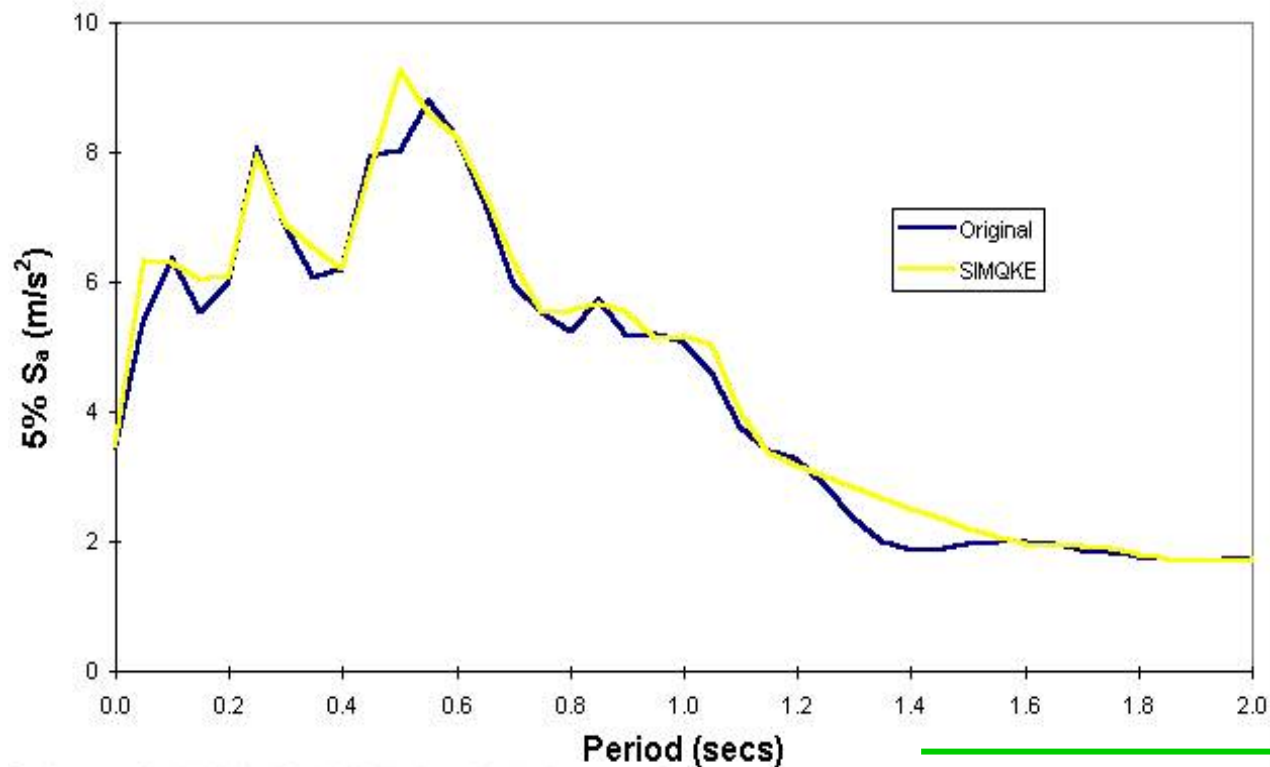
STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE**DINAMICA NON LINEARE:****PROBLEMI LEGATI GENERAZIONE DI ACCELEROGRAMMI
SPETTRO COMPATIBILI:****-ASSENZA O QUASI DI SOFTWARE COMMERCIALE.****-FORTE DIPENDENZA DEGLI EFFETTI NON LINEARI ALLE
STORIE DI ACCELERAZIONI GENERATE.**

CONFRONTO TRA SPETTRO DI ELCENTRO E SPETTRO
OTTENUTO DA UN ACCELEROGRAMMA ARTIFICIALE COMPATIBILE ALLO SPETTRO DI ELCENTRO

**Ing. Leonardo Bandini**

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

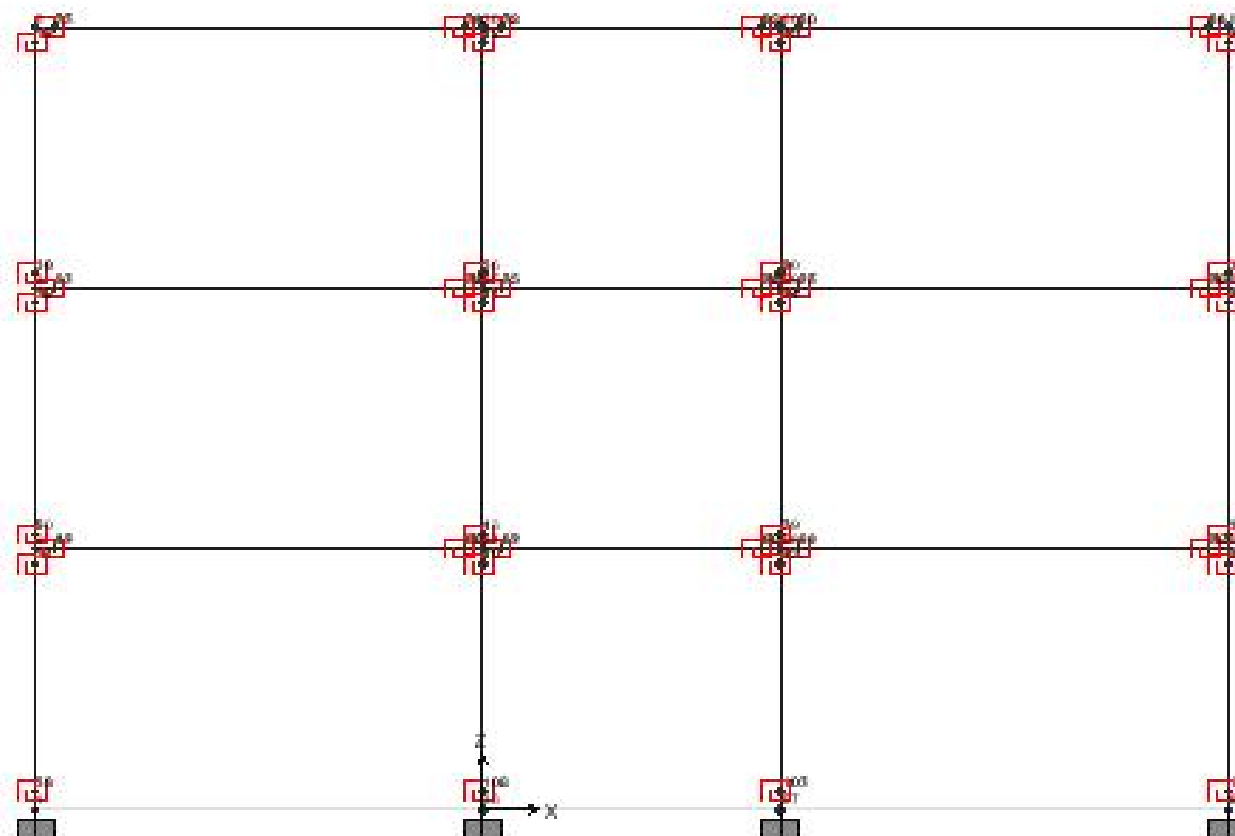
STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE:



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

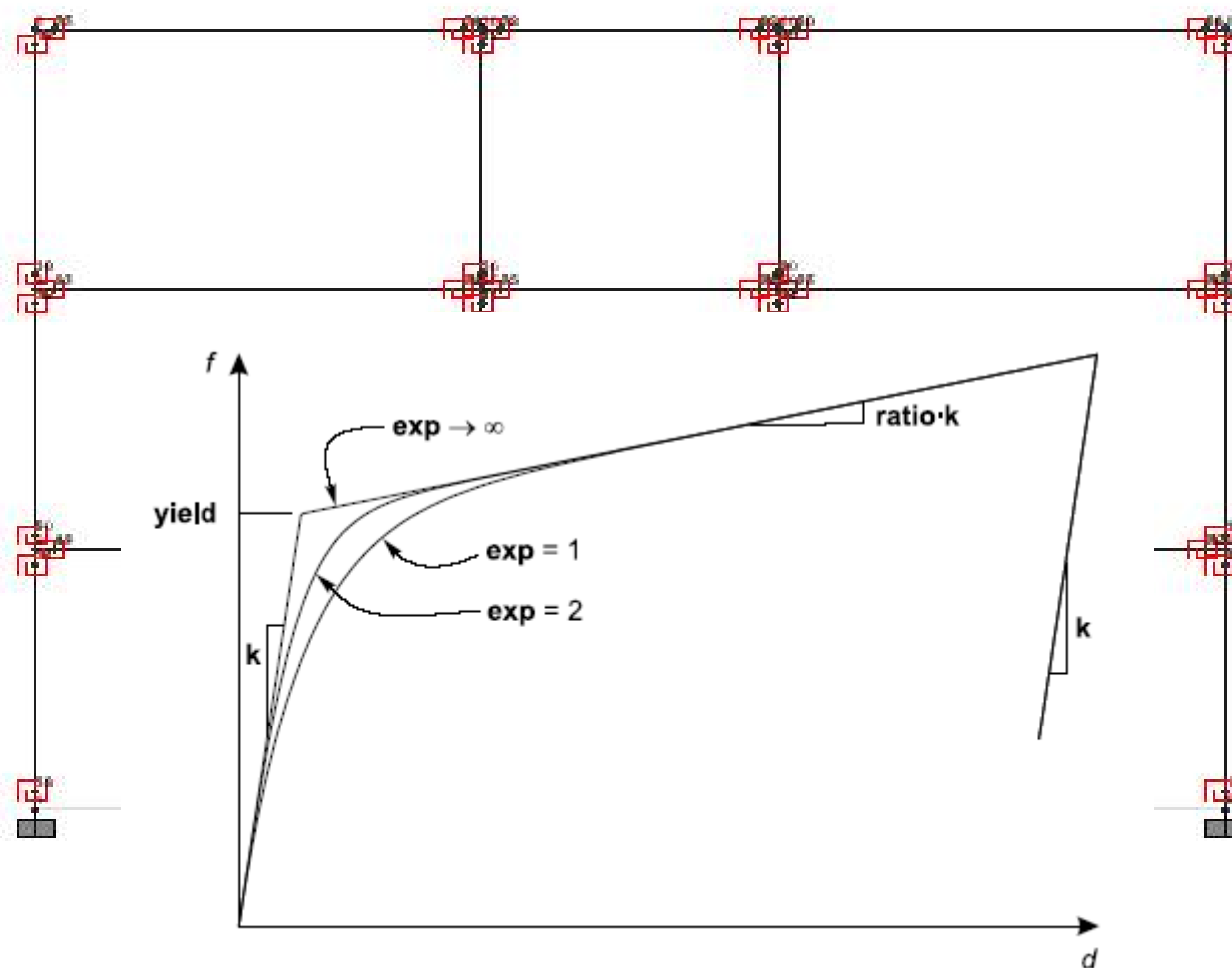
STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE:



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

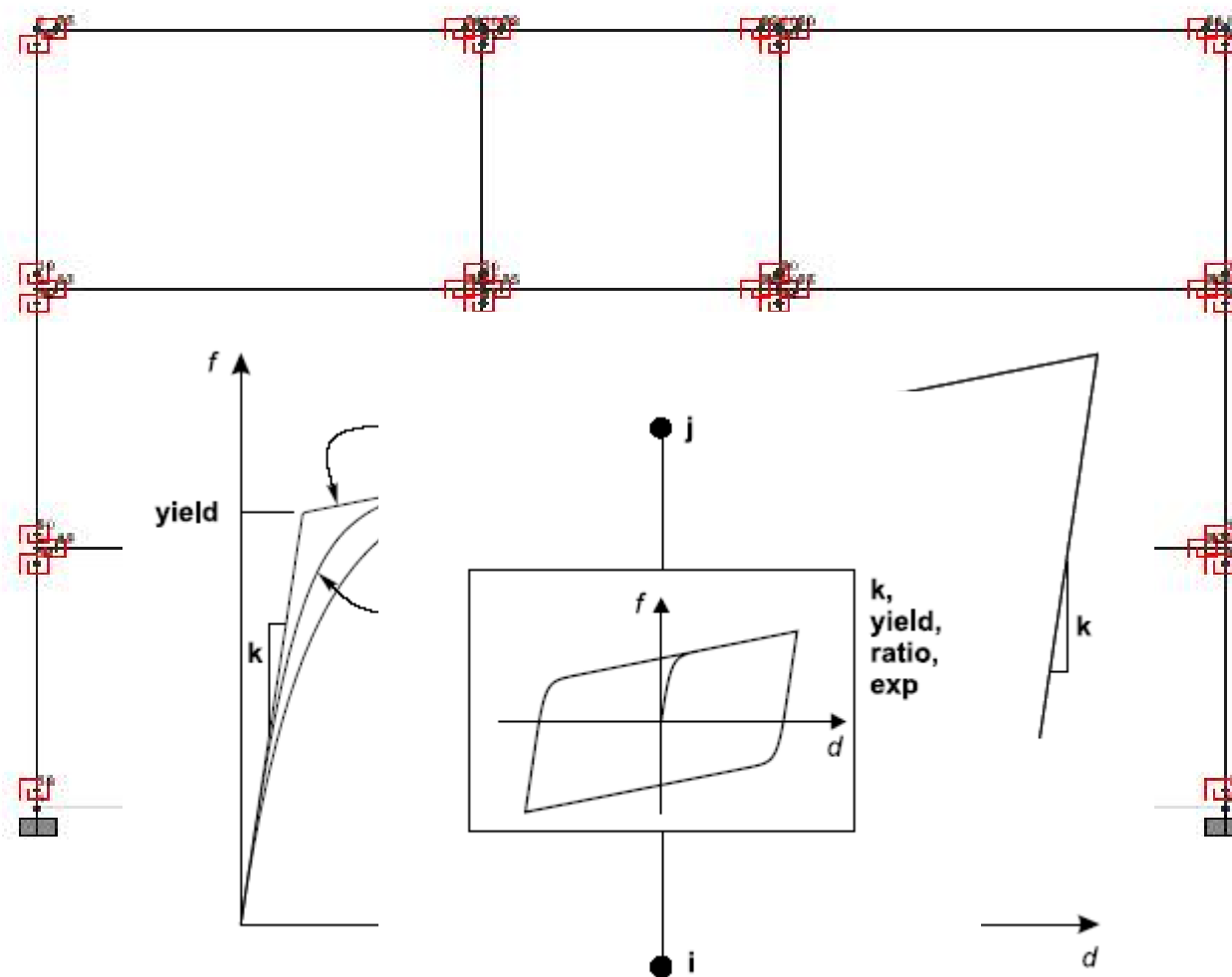
STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE:



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

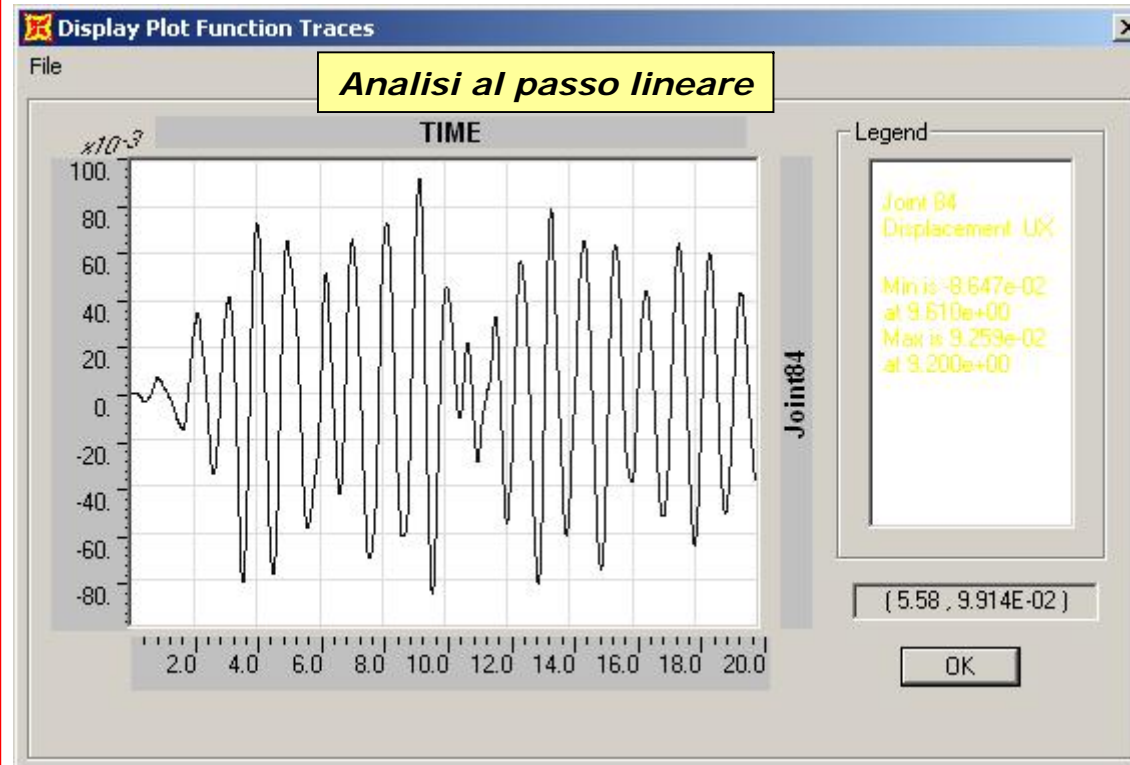
ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE**DINAMICA NON LINEARE:**

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

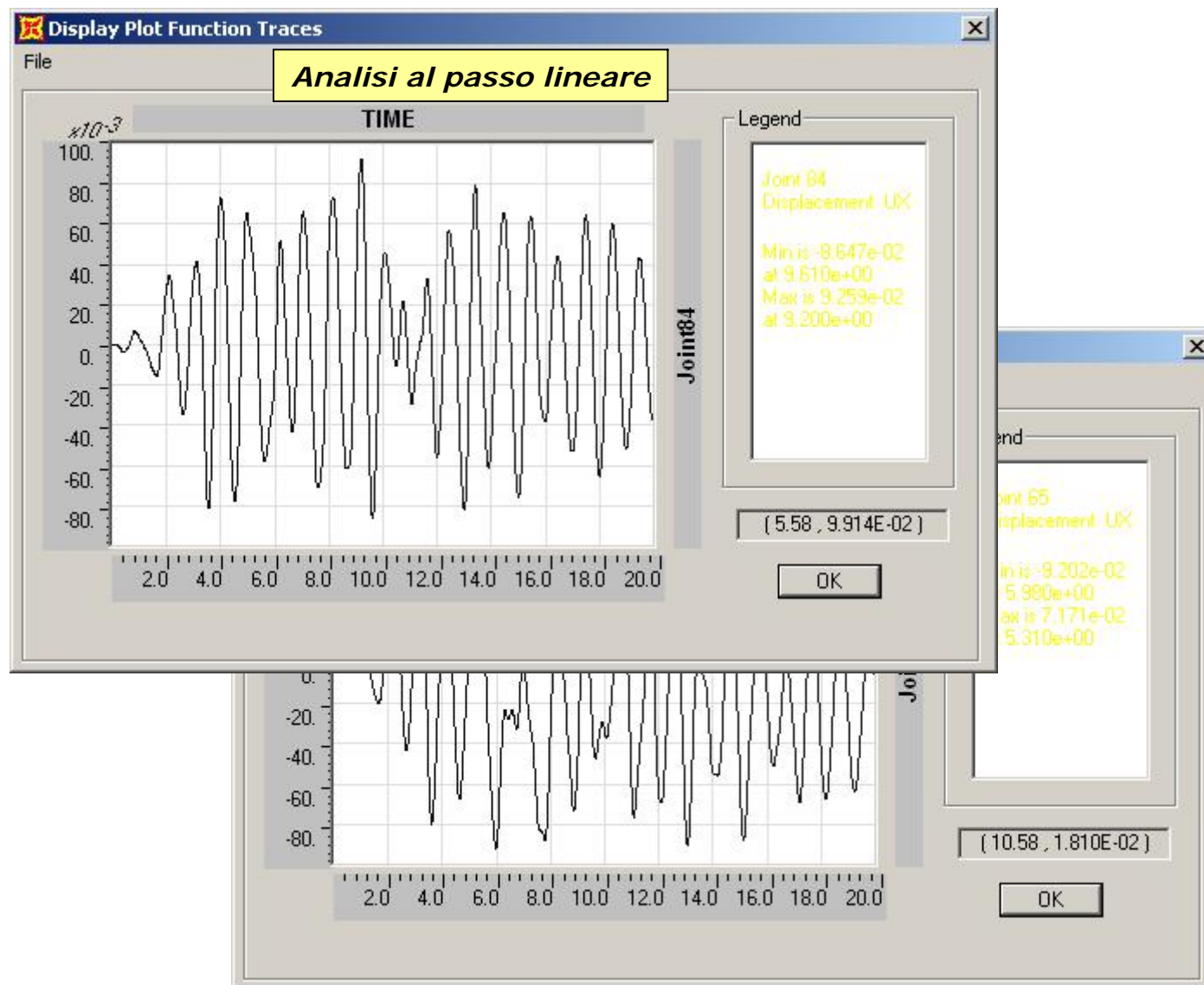
ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE**DINAMICA NON LINEARE:**

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

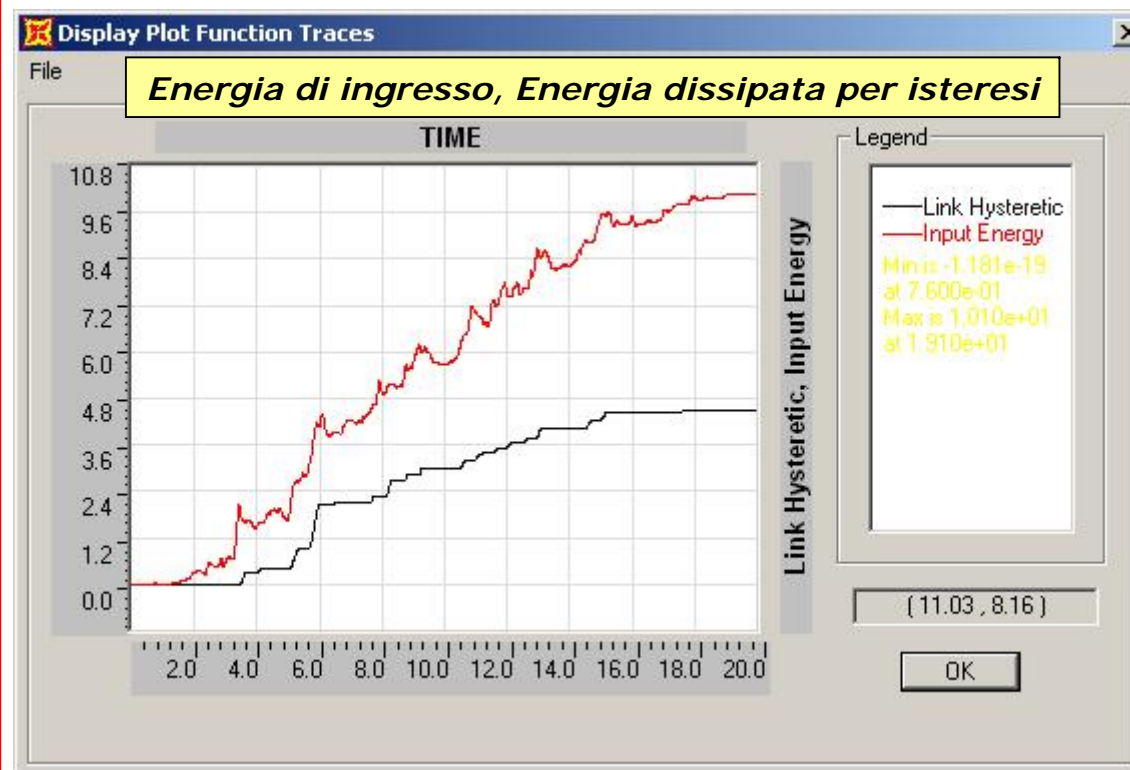
STATICA LINEARE 3D

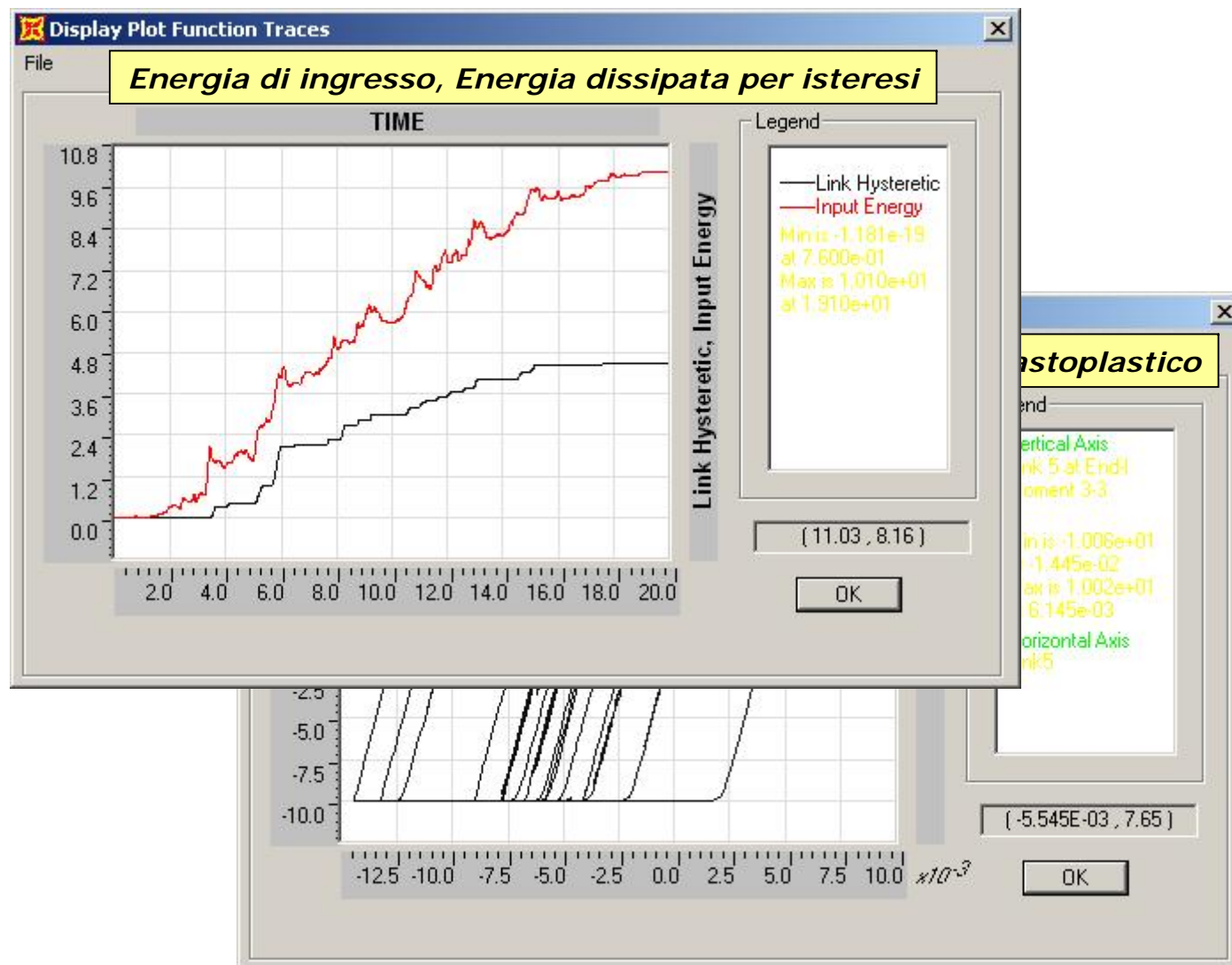
DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE:



MENU GENERALE**CENNO STATI LIMITE****ANALISI SISMICA****STATICA LINEARE 2D****STATICA LINEARE 3D****DINAMICA MODALE****STATICA NON LINEARE****DINAMICA NON LINEARE****DINAMICA NON LINEARE:**

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

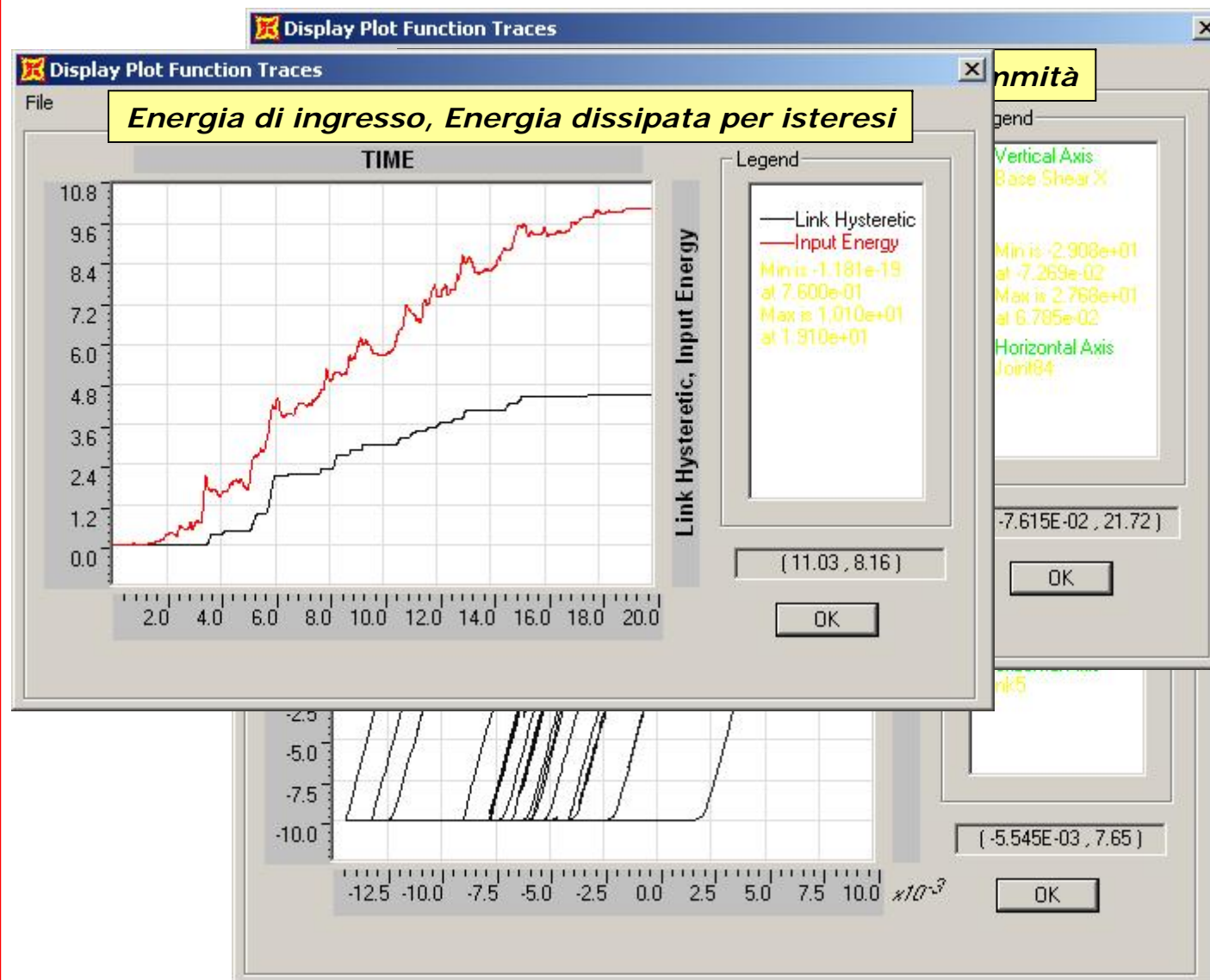
ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE**DINAMICA NON LINEARE:**

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

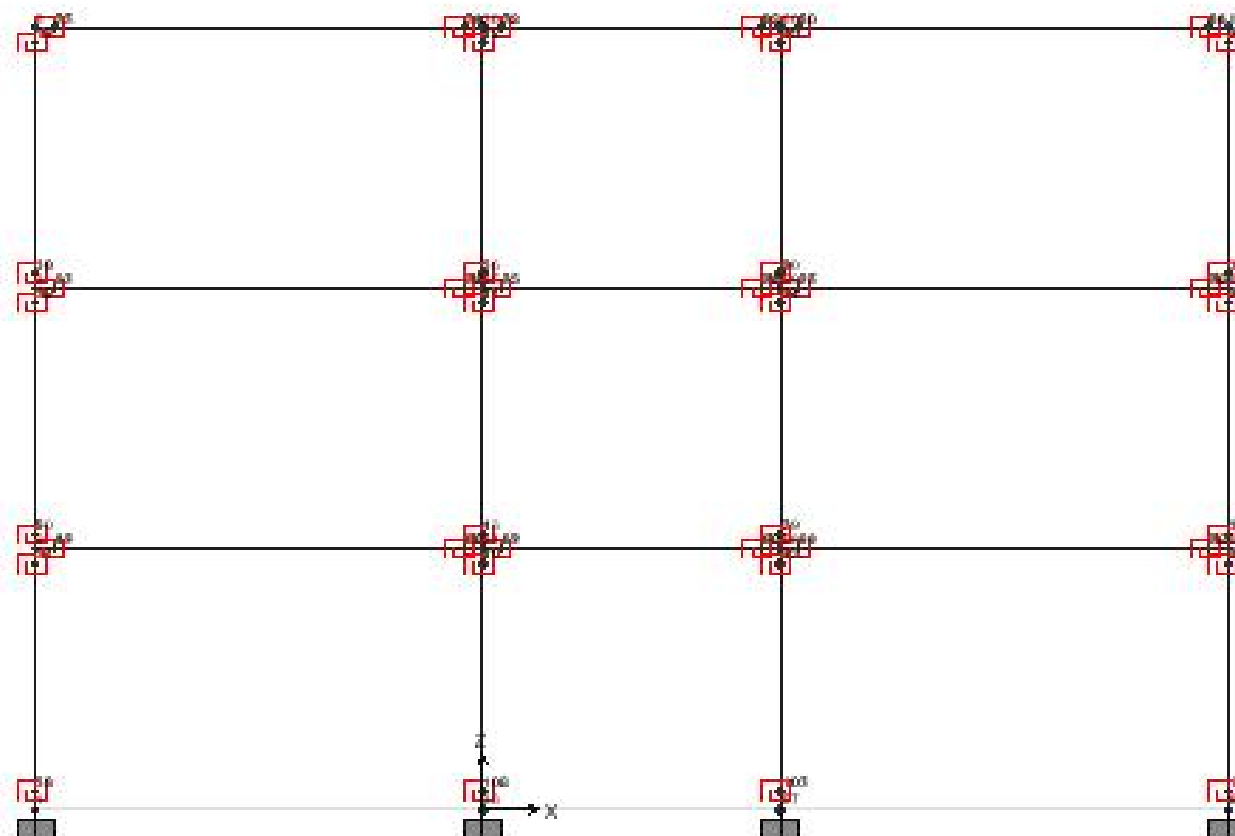
STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE:



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

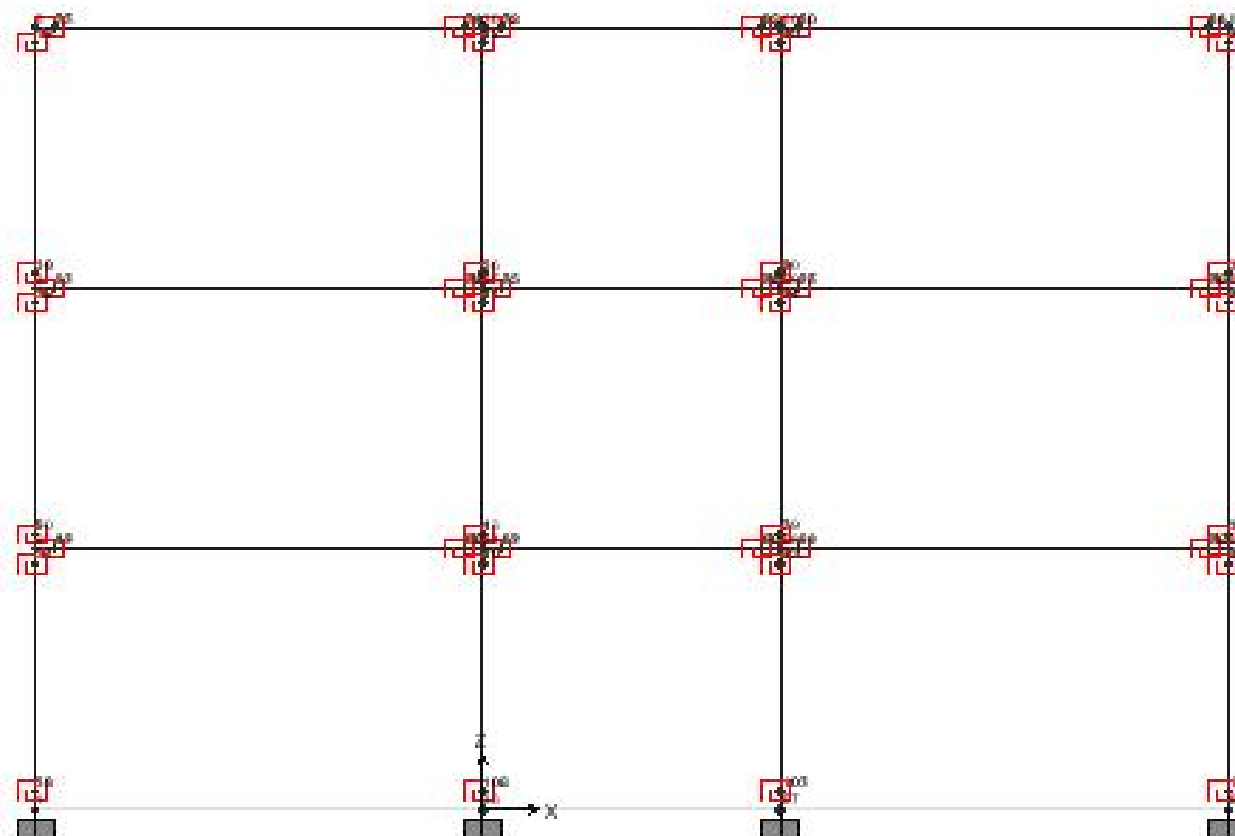
STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE:



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

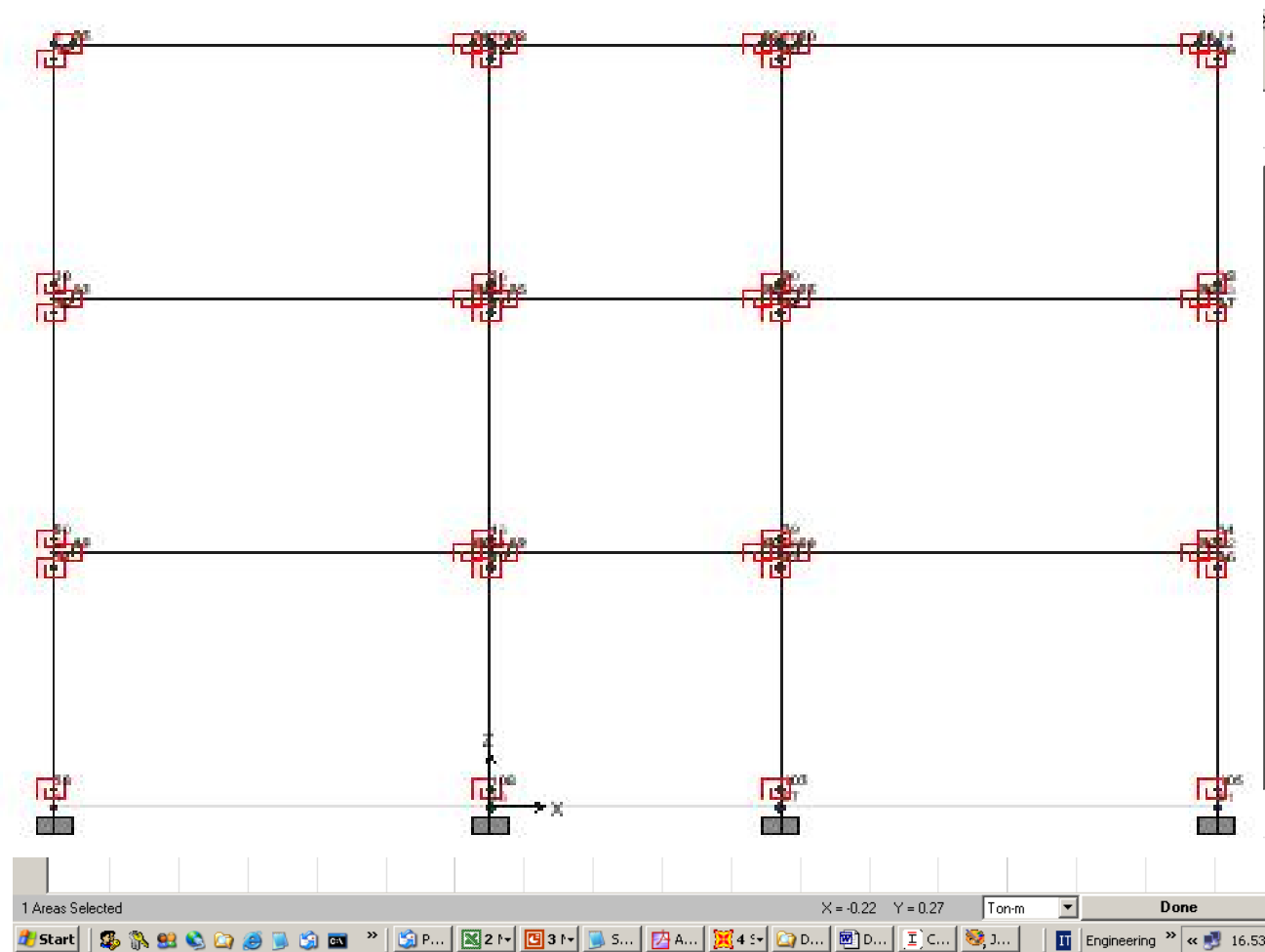
STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE:



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

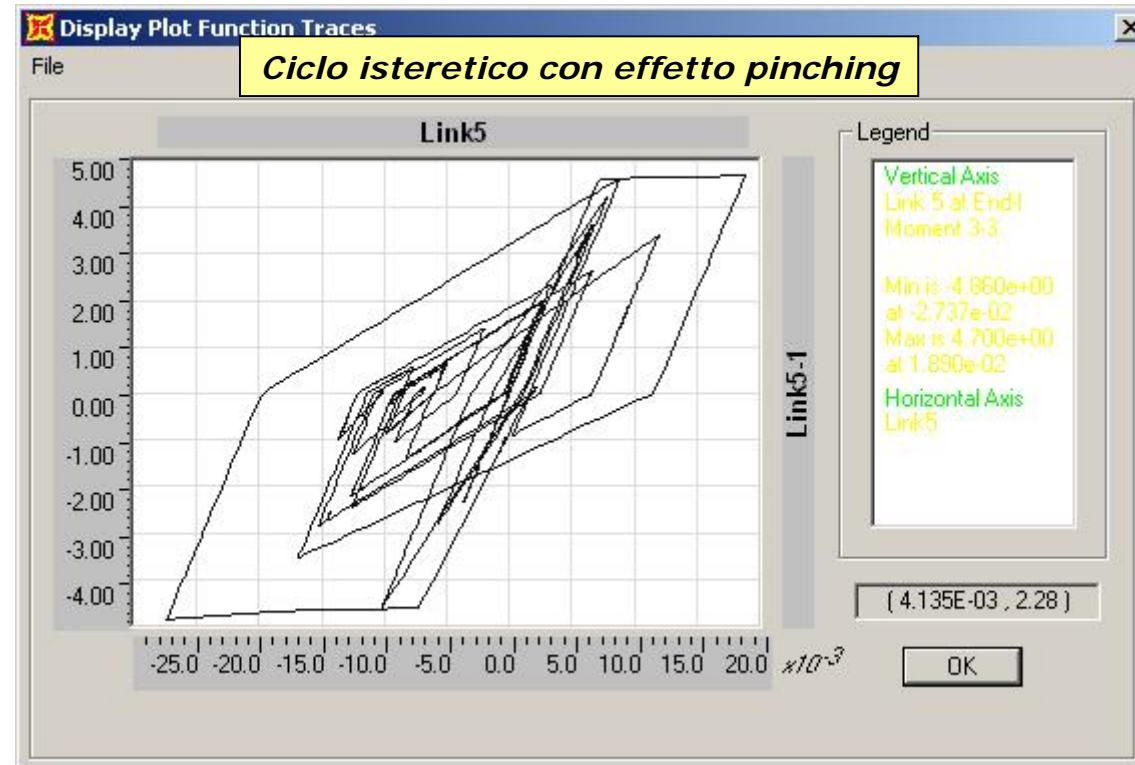
ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE**DINAMICA NON LINEARE:**

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

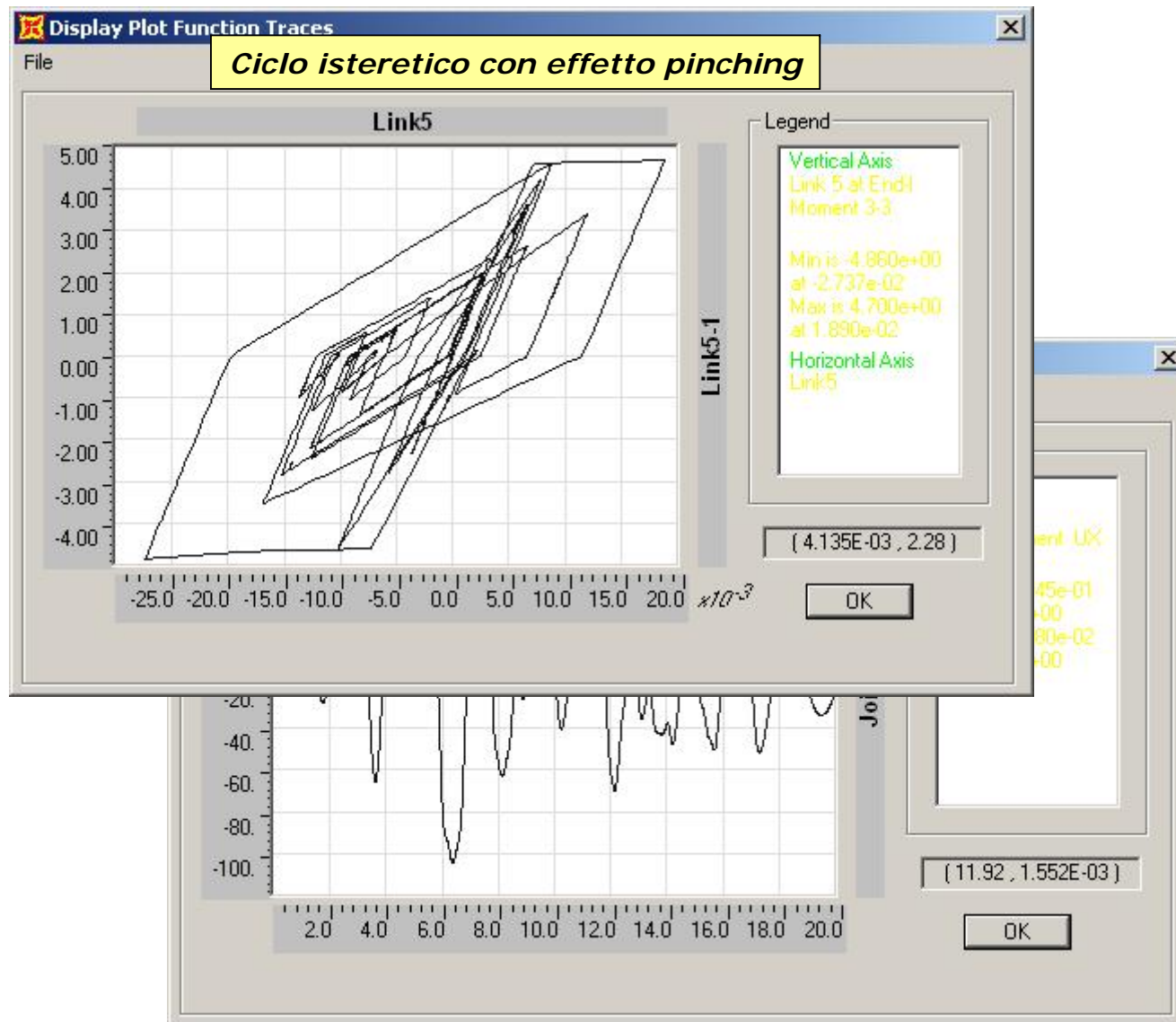
ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE**DINAMICA NON LINEARE:**

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

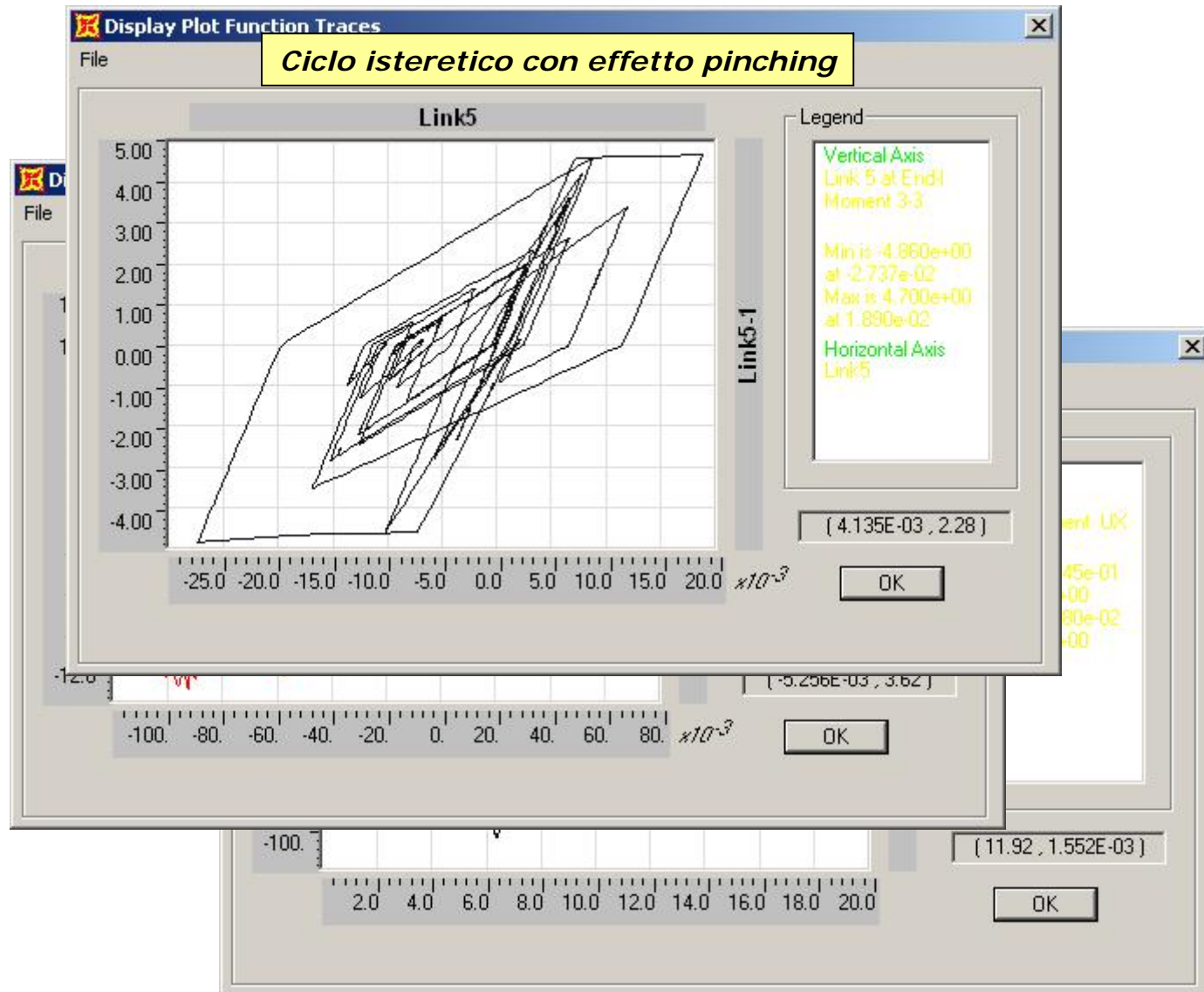
ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE**DINAMICA NON LINEARE:**

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

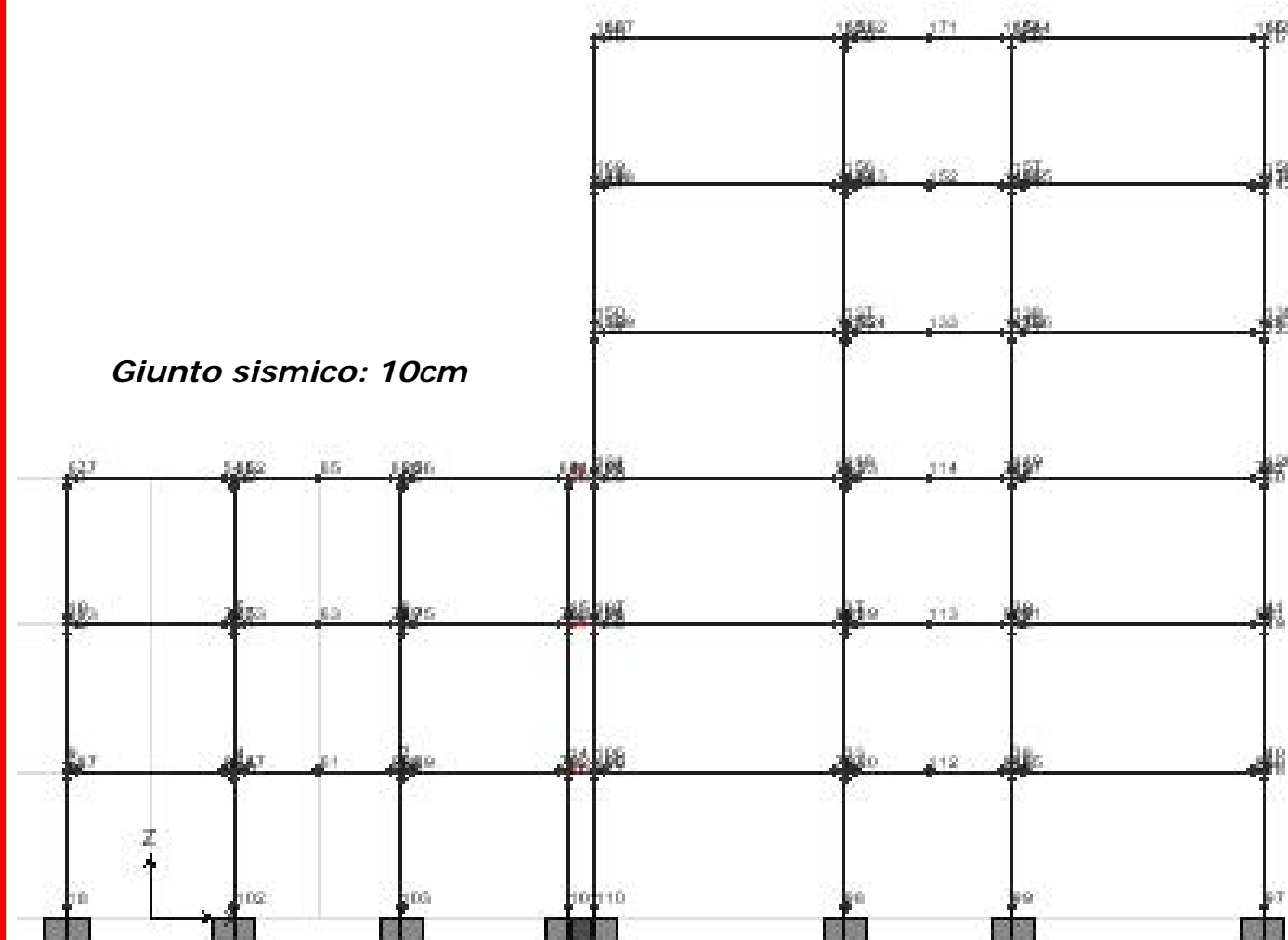
STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE: martellamenti strutturali



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

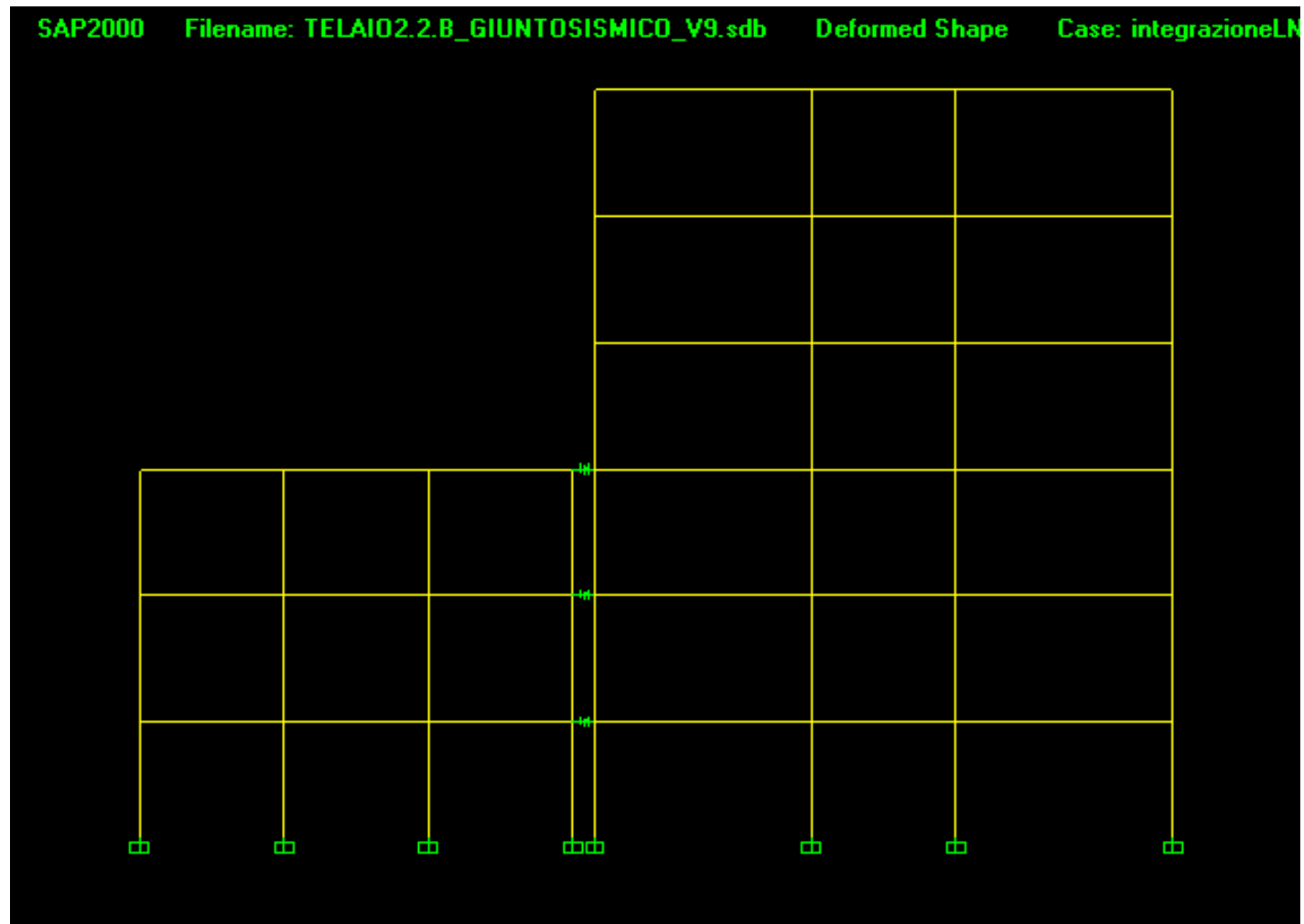
ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE**DINAMICA NON LINEARE: martellamenti strutturali**

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

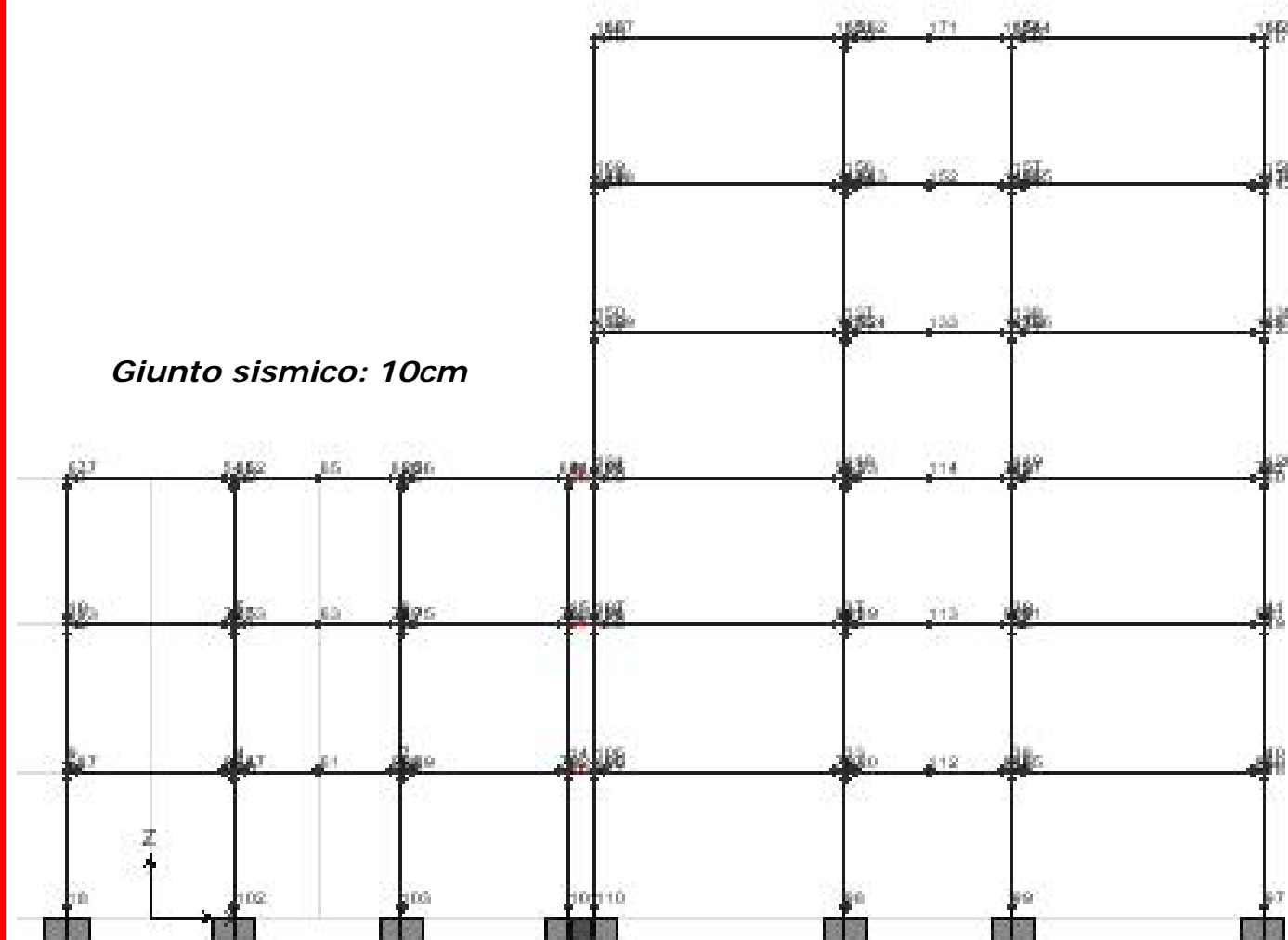
STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE: martellamenti strutturali



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

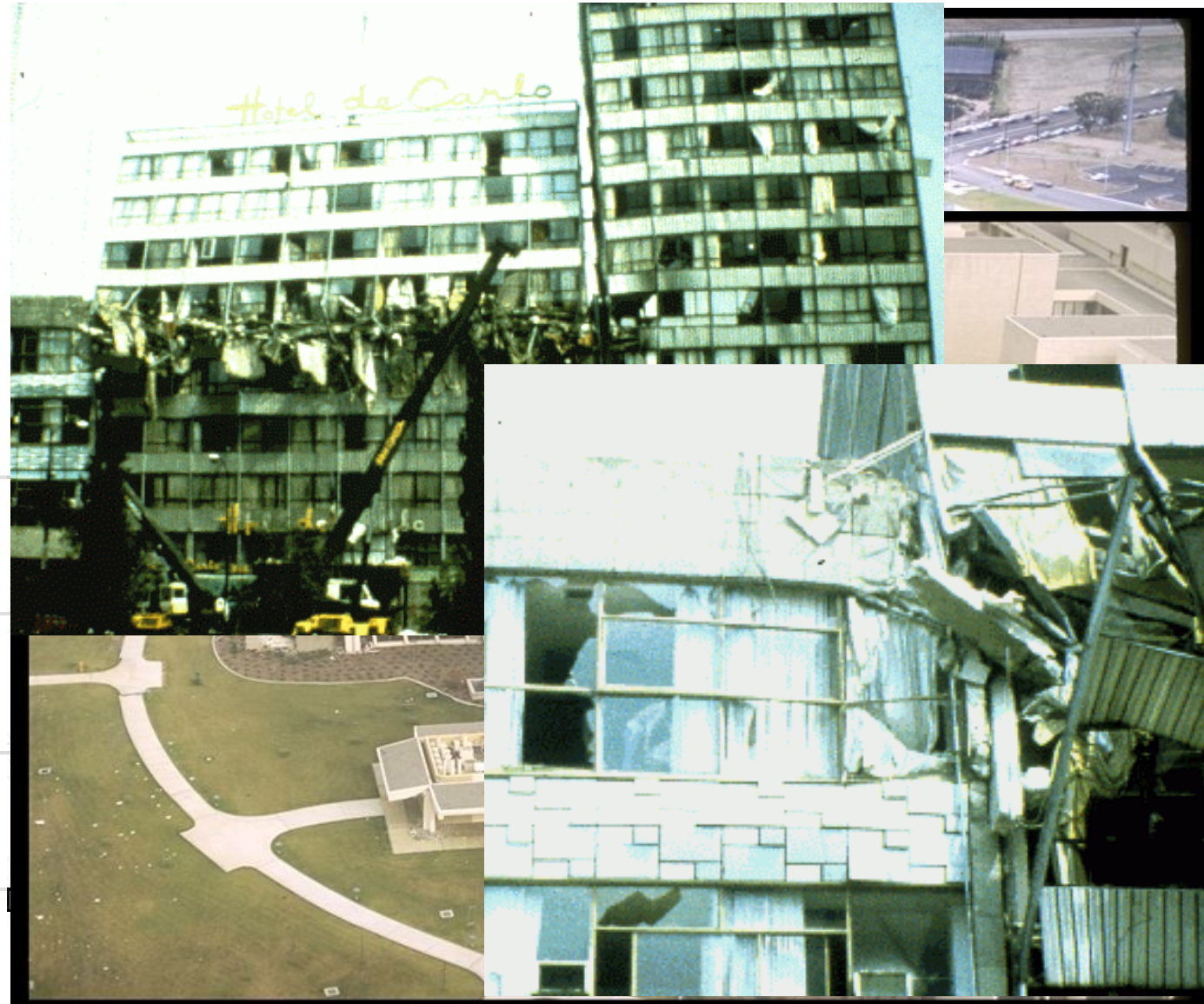
ANALISI SISMICA

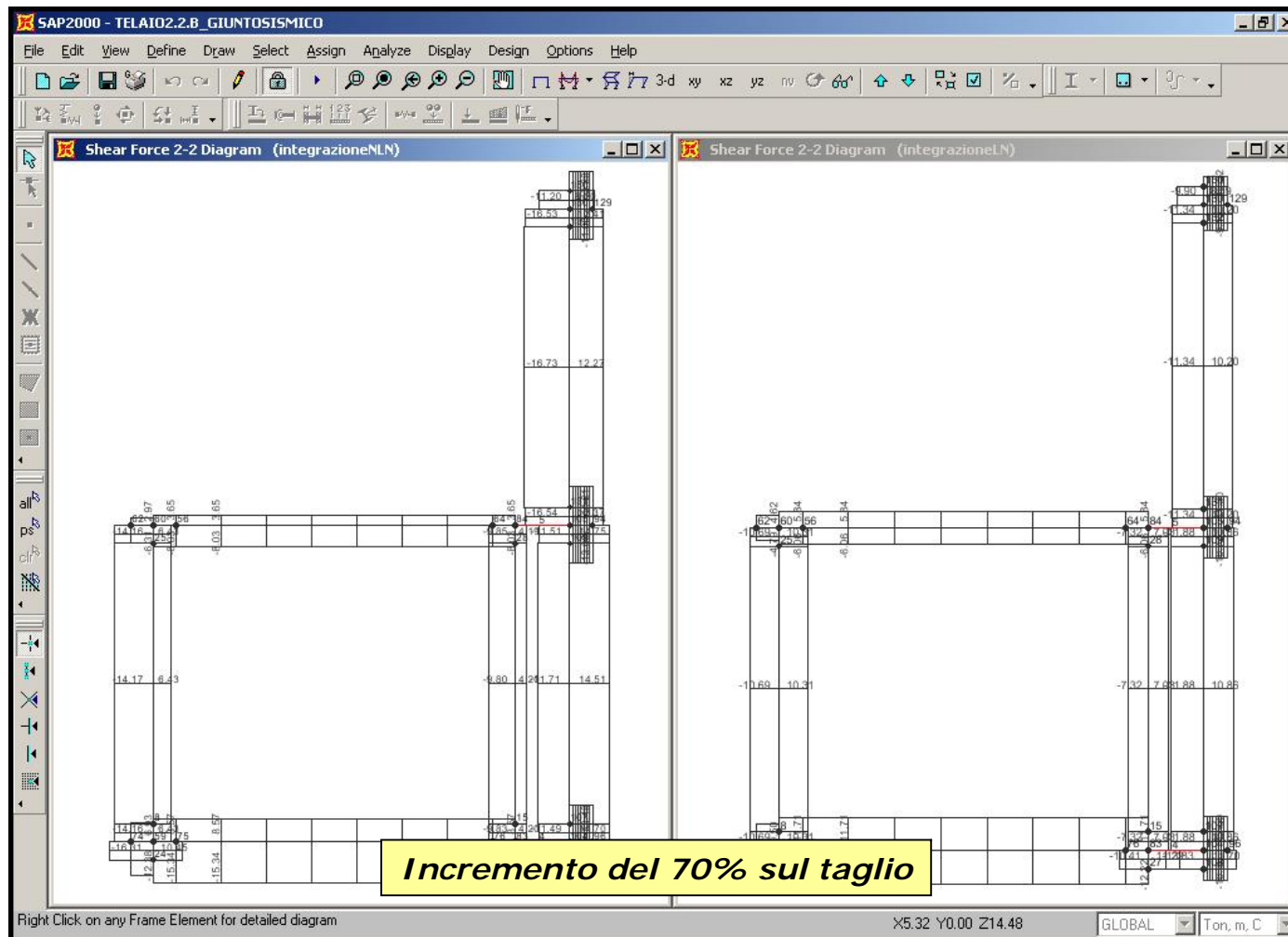
STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE**DINAMICA NON LINEARE: martellamenti strutturali**

MENU GENERALE**CENNO STATI LIMITE****ANALISI SISMICA****STATICA LINEARE 2D****STATICA LINEARE 3D****DINAMICA MODALE****STATICA NON LINEARE****DINAMICA NON LINEARE****DINAMICA NON LINEARE: martellamento strutturale**

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

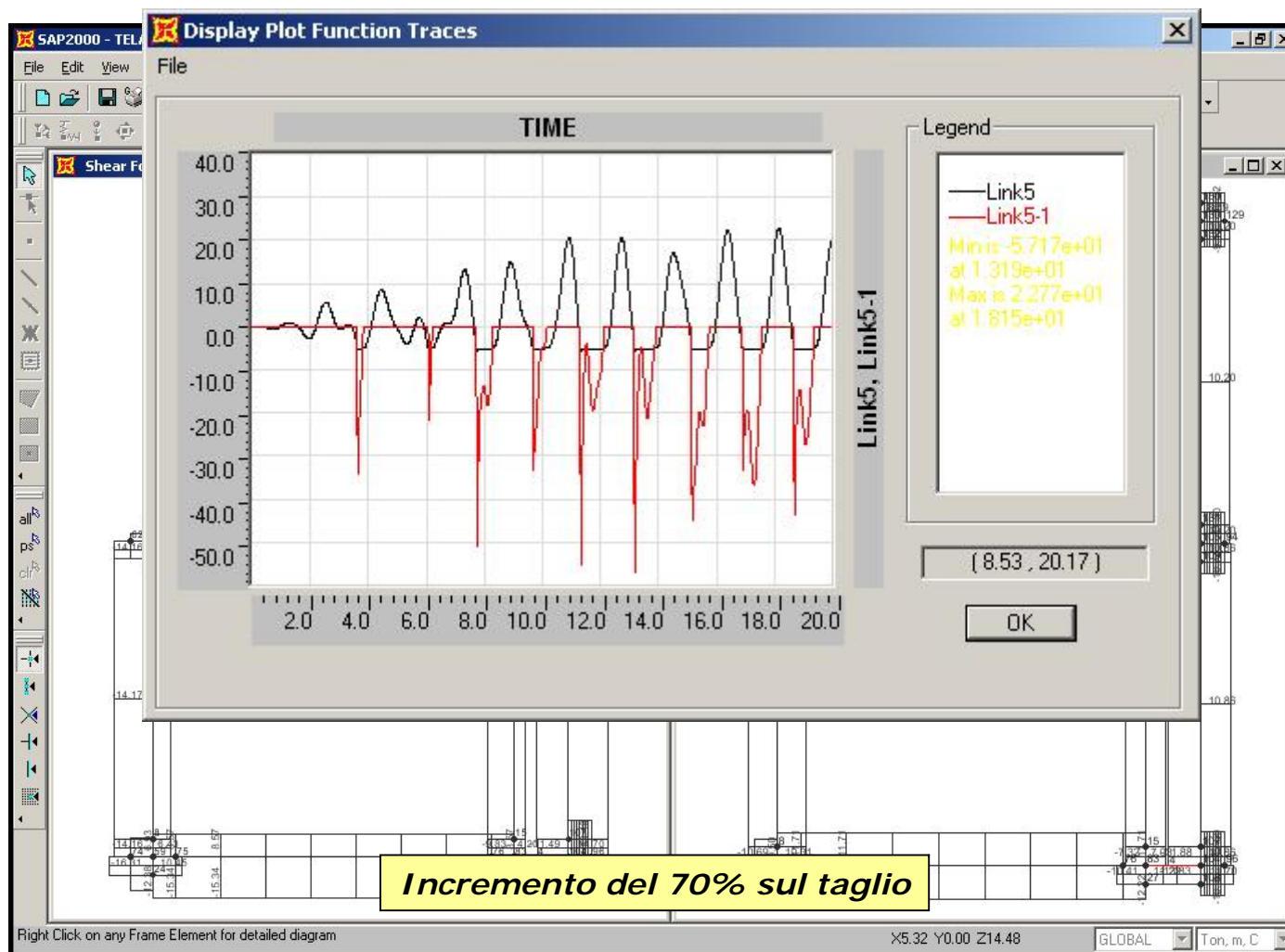
ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE**DINAMICA NON LINEARE: martellamento strutturale**

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

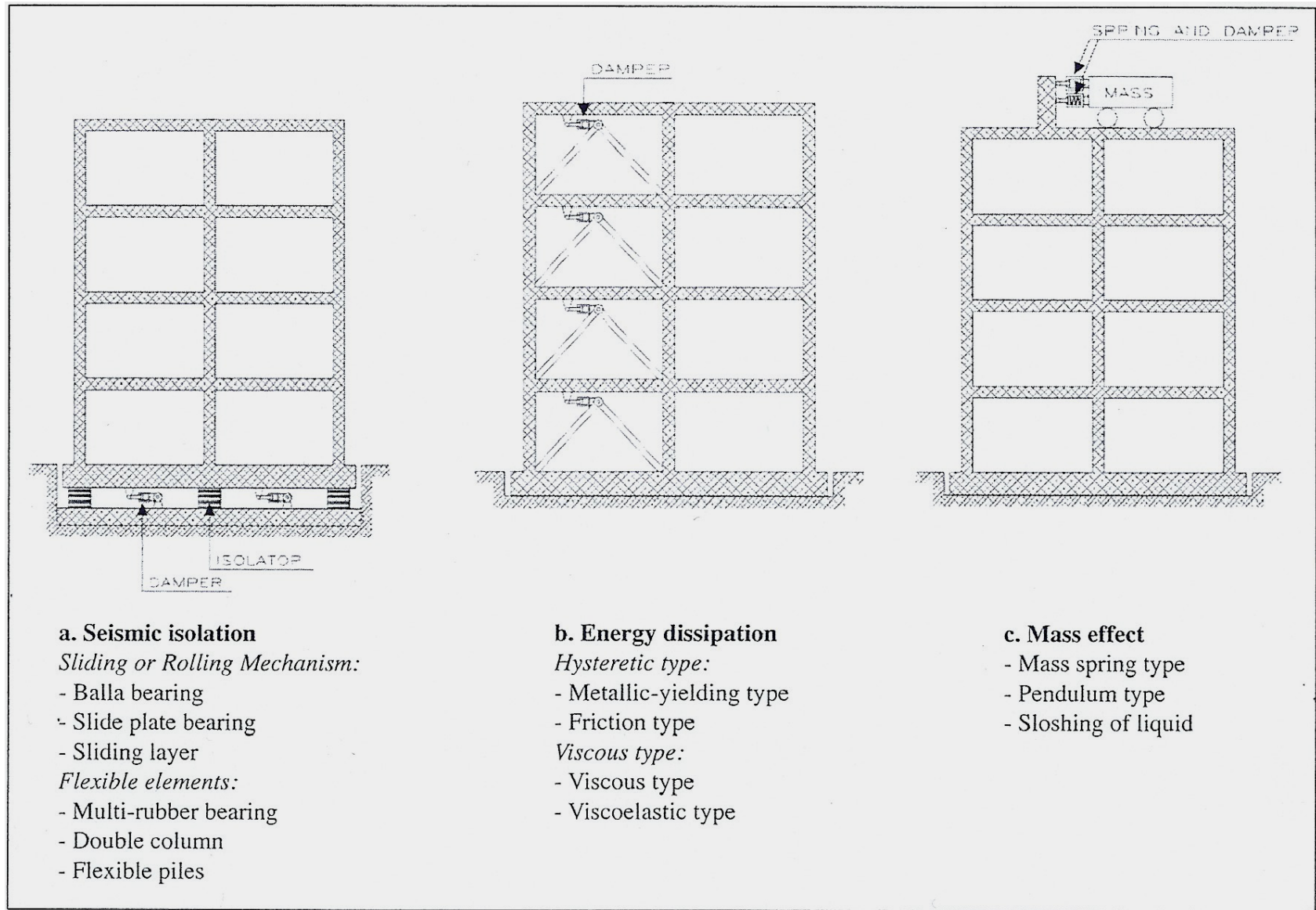
STATICA LINEARE 3D

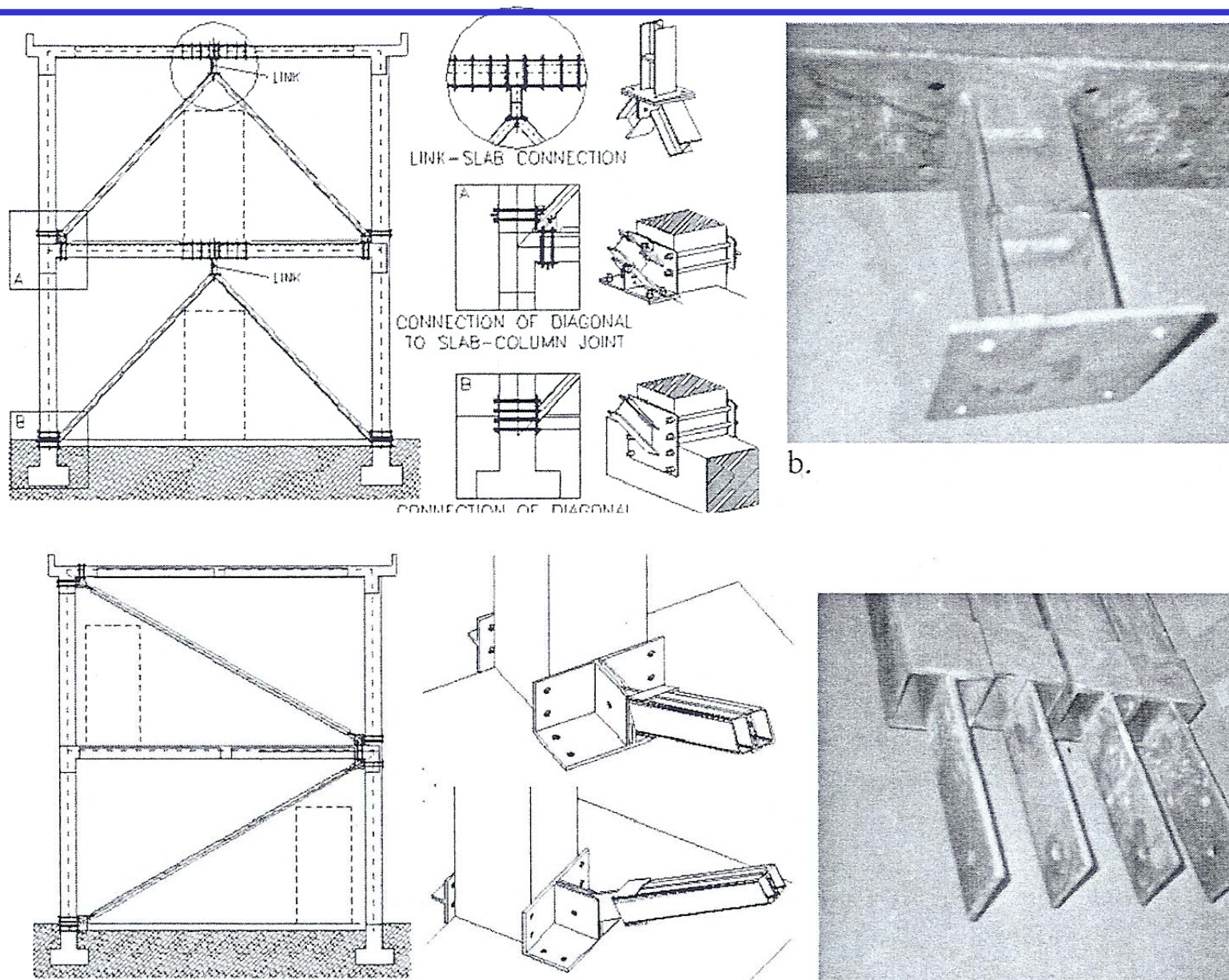
DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

PROTEZIONE SISMICA
ISOLAMENTO E DISSIPAZIONE





MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

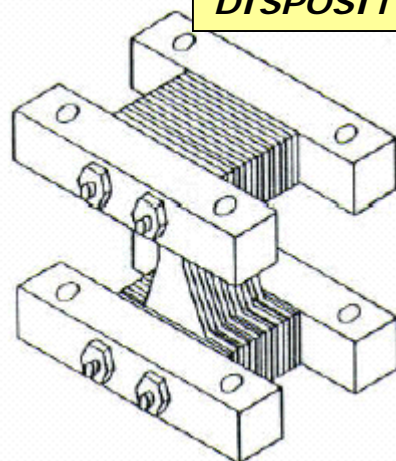
ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

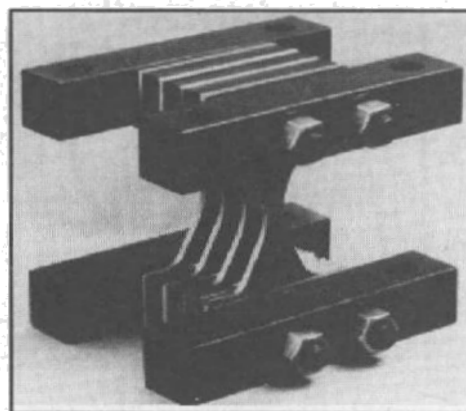
DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

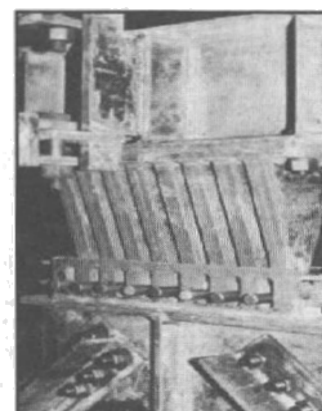
DINAMICA NON LINEARE**DISPOSITIVO ADAS – ADDING DAMPING AND STIFFNESS**

- Consistono in piatti metallici disposti reciprocamente in parallelo, inseriti nella struttura al di sotto della trave di piano, in sommità di controventi a K.

- Modalità di dissipazione: isteresi metallica.
- Indipendenza della dissipazione dalla velocità di applicazione del carico.



(a) X-shaped Plate Damper



(b) Triangular Plate Damper

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

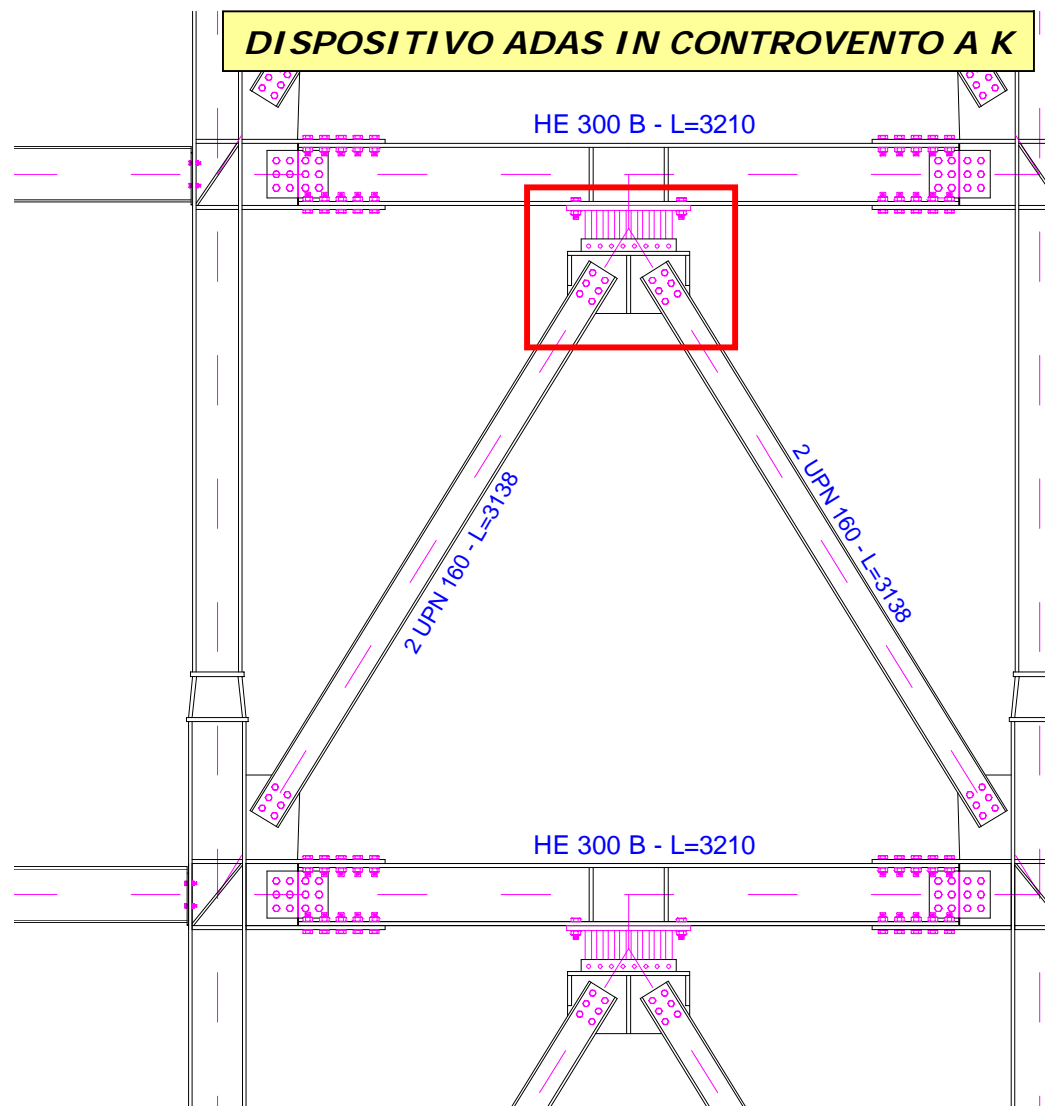
ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE**DISSIPAZIONE E ISOLAMENTO SISMICO:**

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

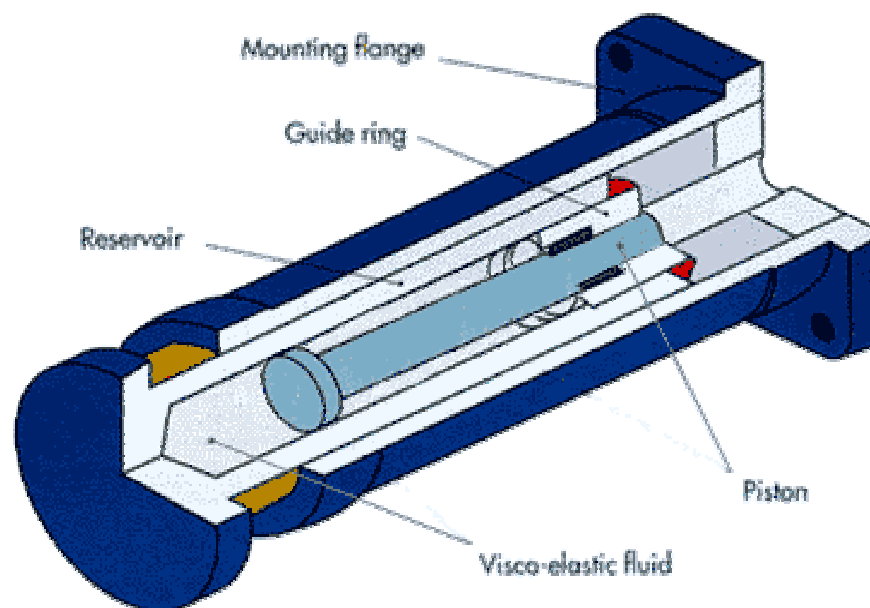
STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

DISSIPAZIONE E ISOLAMENTO SISMICO:



DISPOSITIVO SILICONICO FLUIDO VISCOSO

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

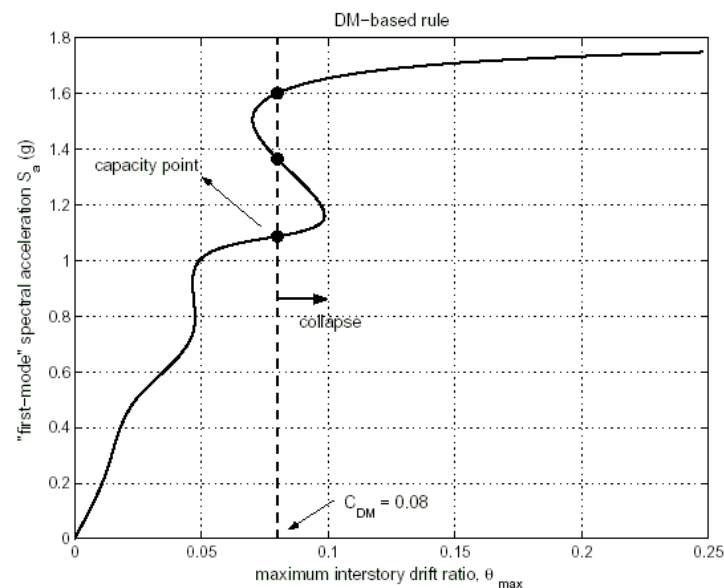
DINAMICA NON LINEARE**Livelli di prestazione indicati dalla F.E.M.A.**

Questi livelli rappresentano dei punti discreti sulla linea continua che descrive il comportamento della struttura, quindi sono individuabili nelle curve I.D.A.

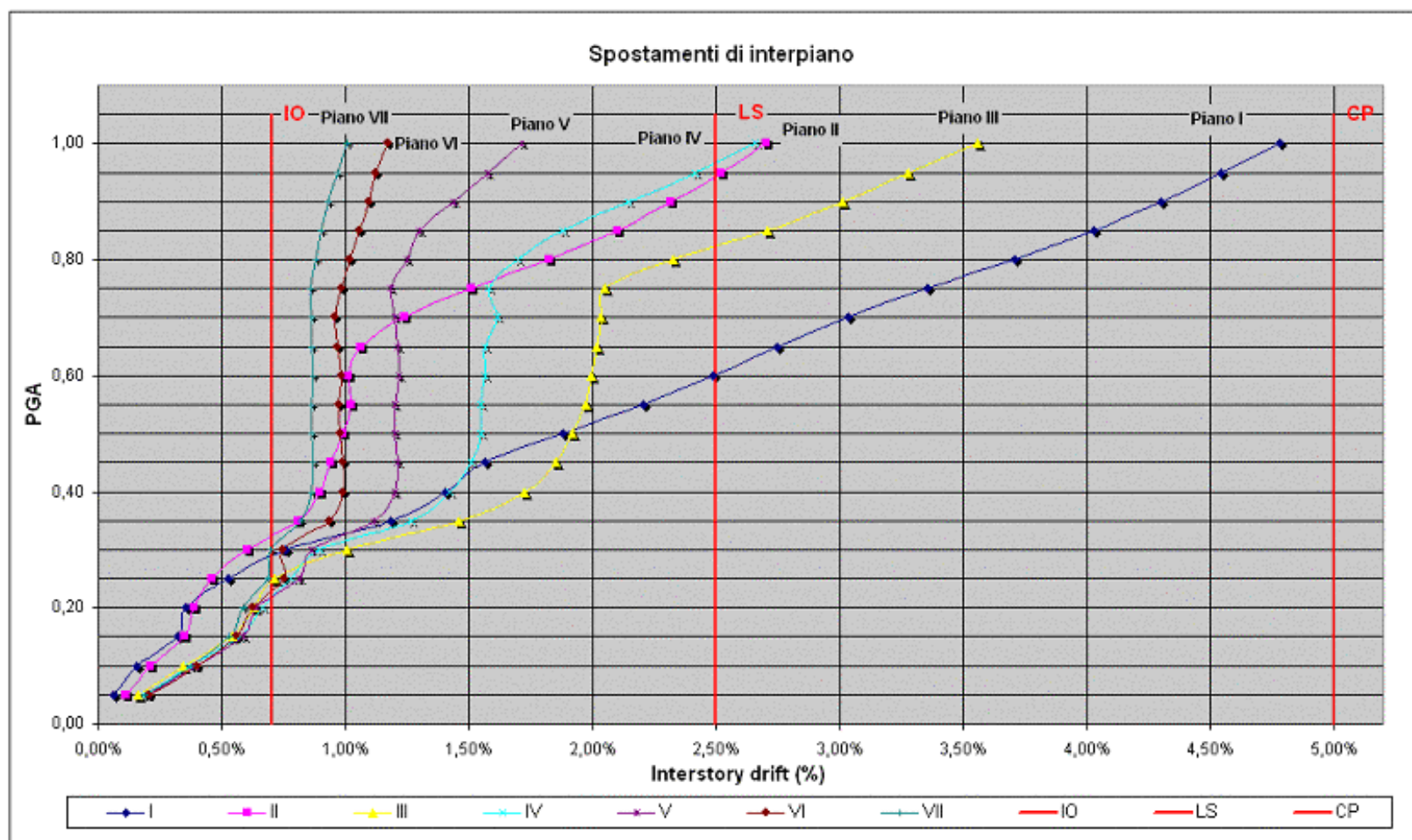
- Immediate Occupancy (IO);
- Life Safety (LS);
- Collapse Prevention (CP).

Criterio basato sulla misura del danno.

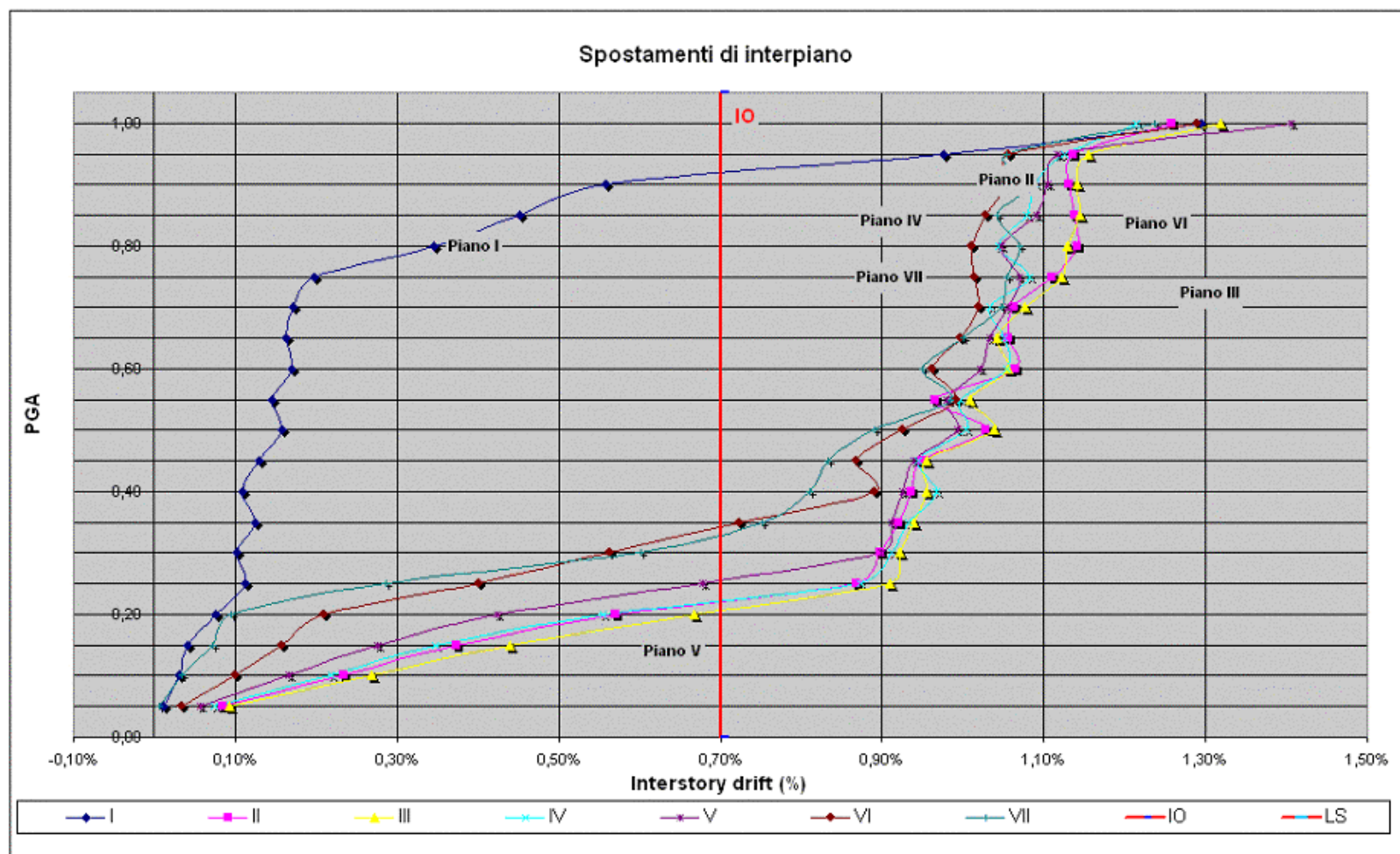
Tale criterio si basa sull'affermazione che se $DM > C_{DM}$ allora il livello è superato.



Curve I.D.A. spostamenti di interpiano telaio lungo X Condizione tradizionale



Curve I.D.A. spostamenti di interpiano telaio lungo X Condizione protetta





ORDINE DEGLI INGEGNERI

della provincia di Latina

***ORDINANZA 3274 03/2003, ORDINANZA 3316 10/2003
ESEMPI APPLICATIVI SVOLTI CON L'UTILIZZO
DEL CODICE DI CALCOLO SAP2000 E ETABS***

www.leonardobandini.it

Leonardo@brunetta2.it

CENNO STATI LIMITE: SLU, SLE

AZIONE SISMICA OPCM3274

ANALISI STATICA LINEARE

COMBINAZIONE DELLE DIREZIONI

DINAMICA LINEARE

ESEMPI E PROBLEMATICHE

STAT. E DIN. NON LINEARE