

ORDINANZA 3274 03/2003, ORDINANZA 3316 10/2003

**ESEMPI APPLICATIVI SVOLTI CON L'UTILIZZO
DEL CODICE DI CALCOLO SAP2000**

Ing. Massimo Brunetta - Ing. Leonardo Bandini

Leonardo@brunetta2.it

CENNO STATI LIMITE: SLU, SLE

ANALISI SISMICA SECONDO ORD.

ANALISI STATICA LINEARE 2D

ANALISI DINAMICA MODALE

ANALISI STATICA LINEARE 3D

ANALISI DINAMICA NON LINEARE

ANALISI STATICA NON LINEARE

PROBLEMATICHE DI MODELLAZIONE

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

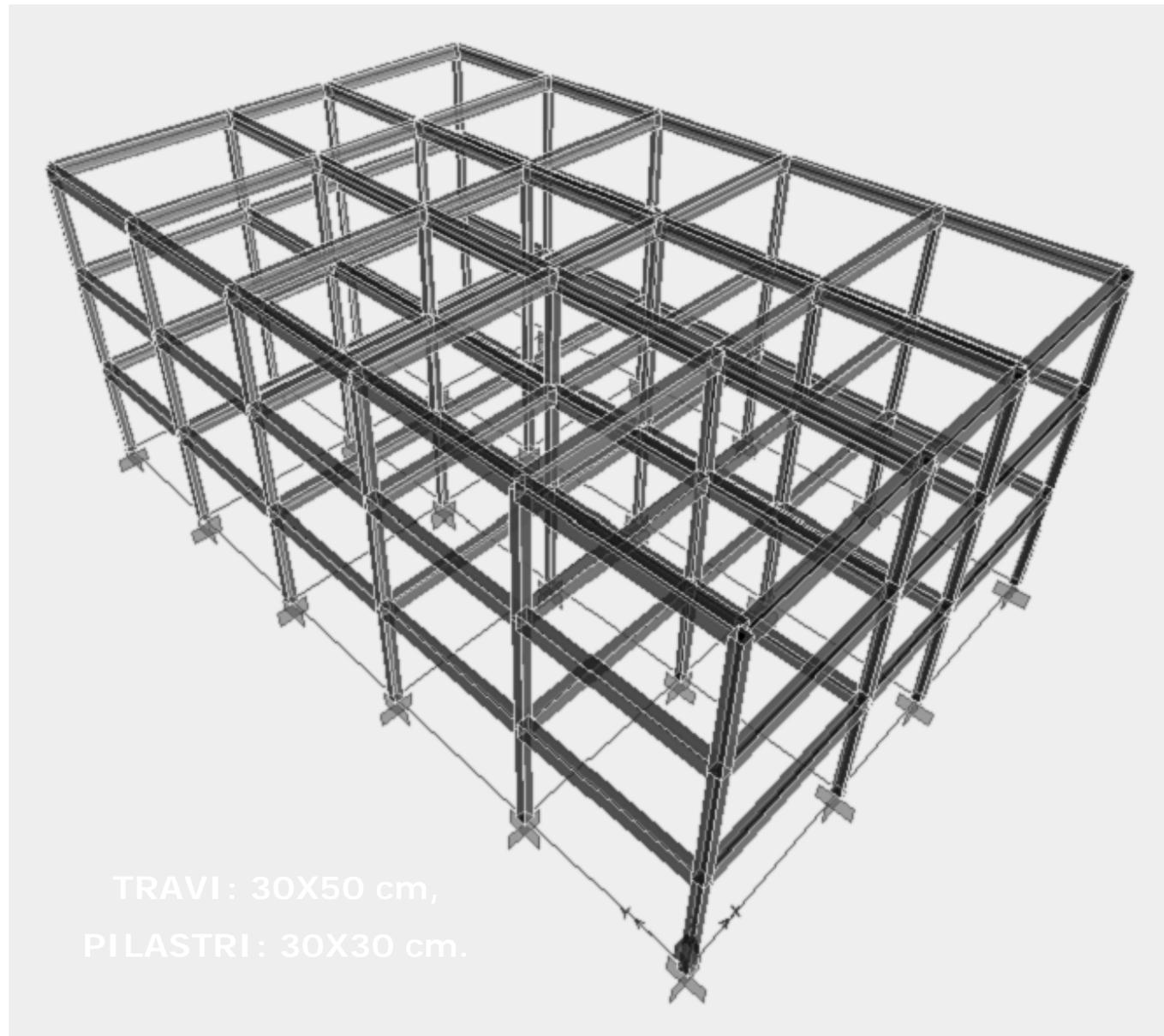
STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE



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

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

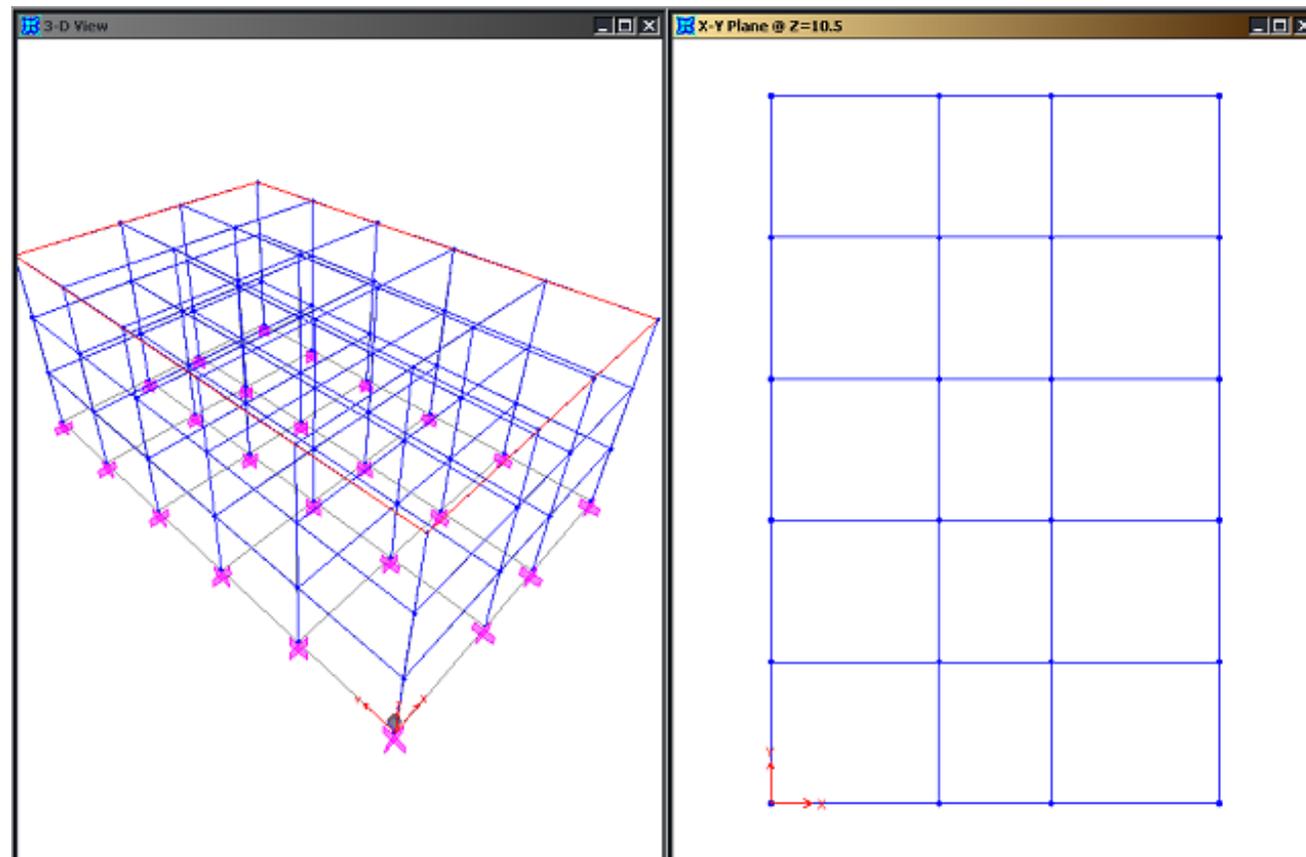
DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

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

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

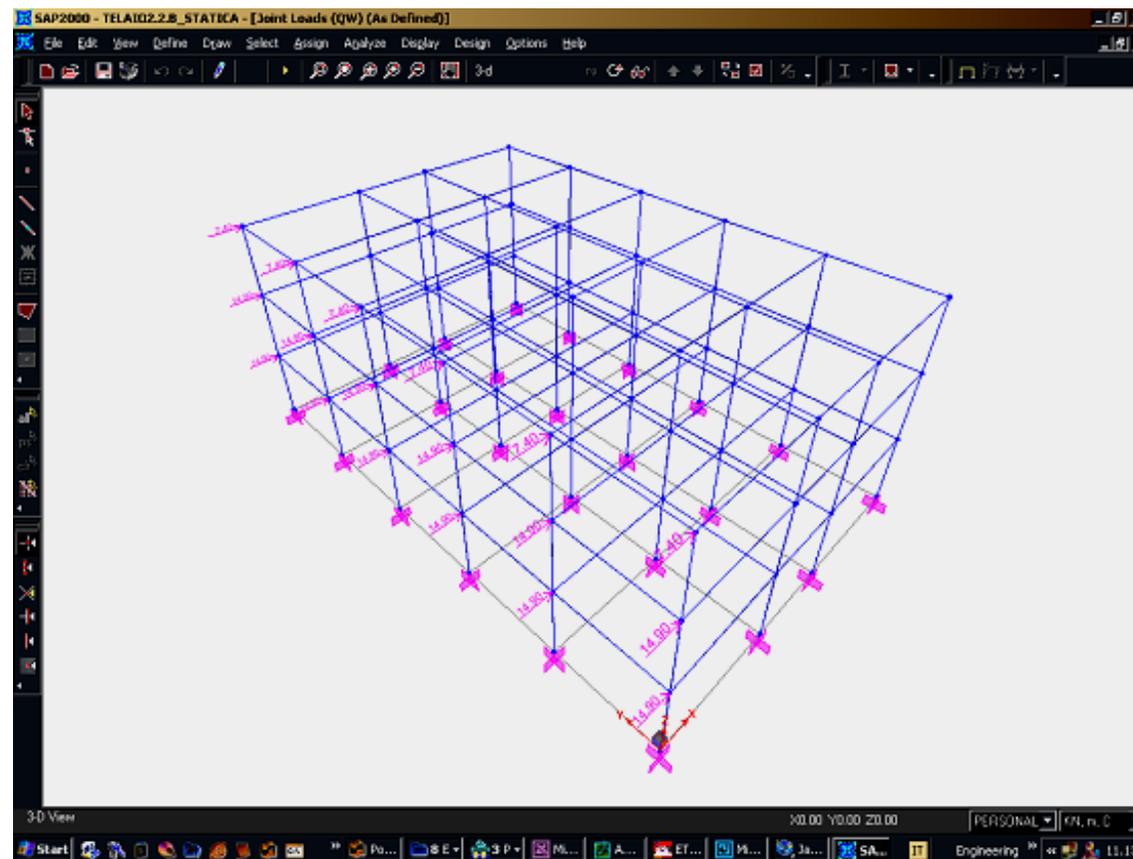
DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

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**

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

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****ANALISI SISMICA****STATICA LINEARE 2D****STATICA LINEARE 3D****DINAMICA MODALE****STATICA NON LINEARE****DINAMICA NON LINEARE**

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

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

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 INTESI 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

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LIENARE

COMBINAZIONE DEI CARICHI:

-COMBO1: $F_d = 1.4x(PP+QP1+QP2) + 1.5x(QA1+QA2) + 1.05x(QNEVE+QW)$;

-COMBO2: $F_d = 1.4x(PP+QP1) + 1x(QP2) + 1.5x(QA1) + 1.05x(QNEVE+QW)$;

-COMBO3: $F_d = 1.4x(PP+QP2) + 1x(QP1) + 1.5x(QA2) + 1.05x(QNEVE+QW)$;

-COMBO4: $F_d = 1.4x(PP+QP1+QP2) + 1.05x(QA1+QA2+ QNEVE) + 1.5x(QW)$;

$$F_d = \gamma_g \cdot G_k + \gamma_p \cdot P_k + \gamma_q \cdot Q_k + \gamma_q \cdot \left[\sum_{i=2} \Psi_{0i} \cdot Q_{ki} \right]$$

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

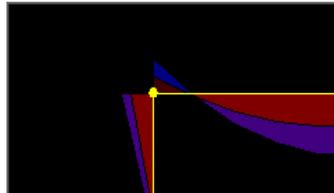
DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LIENARE

VERIFICHE:

- *Involuppo automa*
- *Verifiche condott*
- *Verificatore integ*



Concrete Design Information EUROCODE 2-1992

File

EUROCODE 2-1992 COLUMN SECTION DESIGN Type: Sway Frame Units: Kgf, cm, C

Element: P27
 Station Loc 350.000
 Section ID PILASTRO
 Combo ID ENVESLU

L=350.000
 B=30.000 d=30.000 dc=0.116
 E=305914.860 Fyk=4300.000 Fck,cyl=250.000 Light Wt. Shr. Fac.=1.000 fywk=2480.0
 RLLF=1.000 EQF=1.000

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT CHECK FOR PU, M2, M3

Capacity Ratio	Design Pu	Design M2	Design M3	Minimum M2	Minimum M3
0.357	34673.775	52010.662	-439580.437	52010.662	52010.662

Interaction Surface for section PILASTRO (EUROCODE 2-1992)

Edit

	P	M3	M2
1	-2065061.1	0.	0.
2	-1678213.4	55206.92	0.
3	-1486236.4	77686.25	0.
4	-1241557.5	100604.6	0.
5	-954378	124694.27	0.
6	-658946	145118.07	0.
7	-453503.4	143277.54	0.
8	-189131.17	137944.41	0.
9	8497.99	129118.68	0.
10	125546.2	116800.35	0.
11	921109	0.	0.
12			
13			
14			
15			
16			
17			

3D View

315 Plan 3d MM

35 Elevation PM3 PM2

Curve 1
 Angle 0.

Done



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

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

Analysis Case Type: Static

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

Analysis Case Type:

Static

Modal

Response Spectrum

Time History

Moving Load

Multi-step Static

Buckling

Steady State

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load	PP	1

Add

Modify

Delete

OK

Cancel

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

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

ANALISI SISMICA

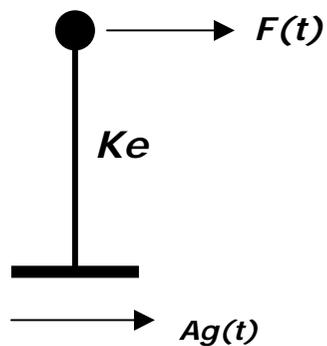
STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

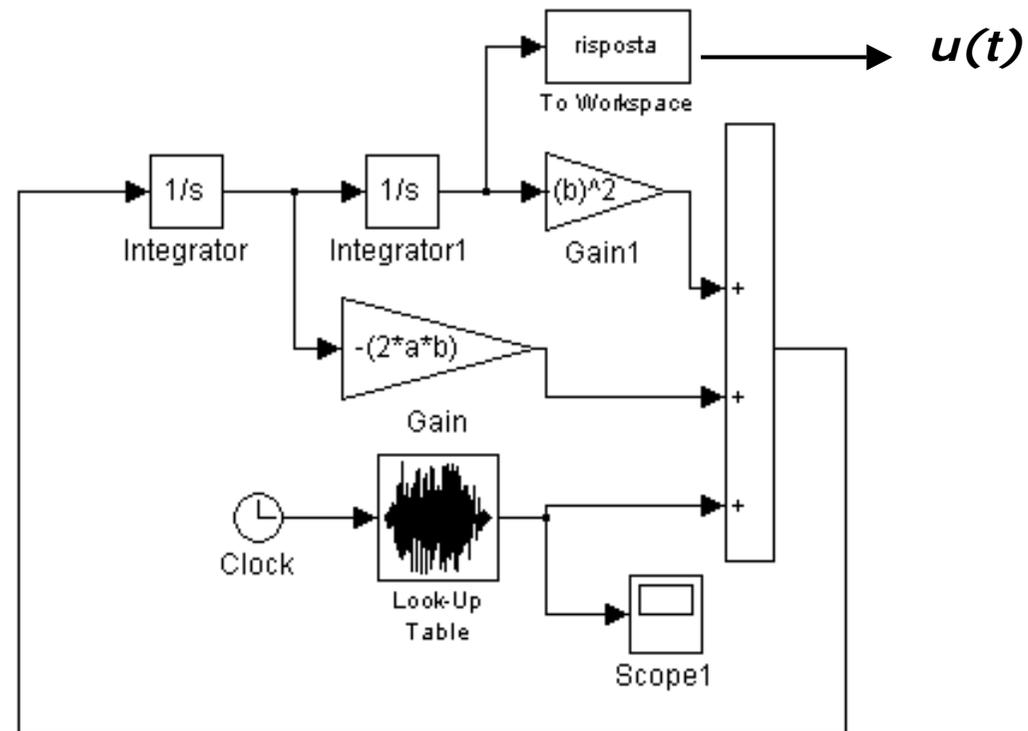
DINAMICA NON LIENARE

CALCOLO DELLO SPETTRO DI RISPOSTA IN TERMINI DI ACCELERAZIONE:

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

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

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



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

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

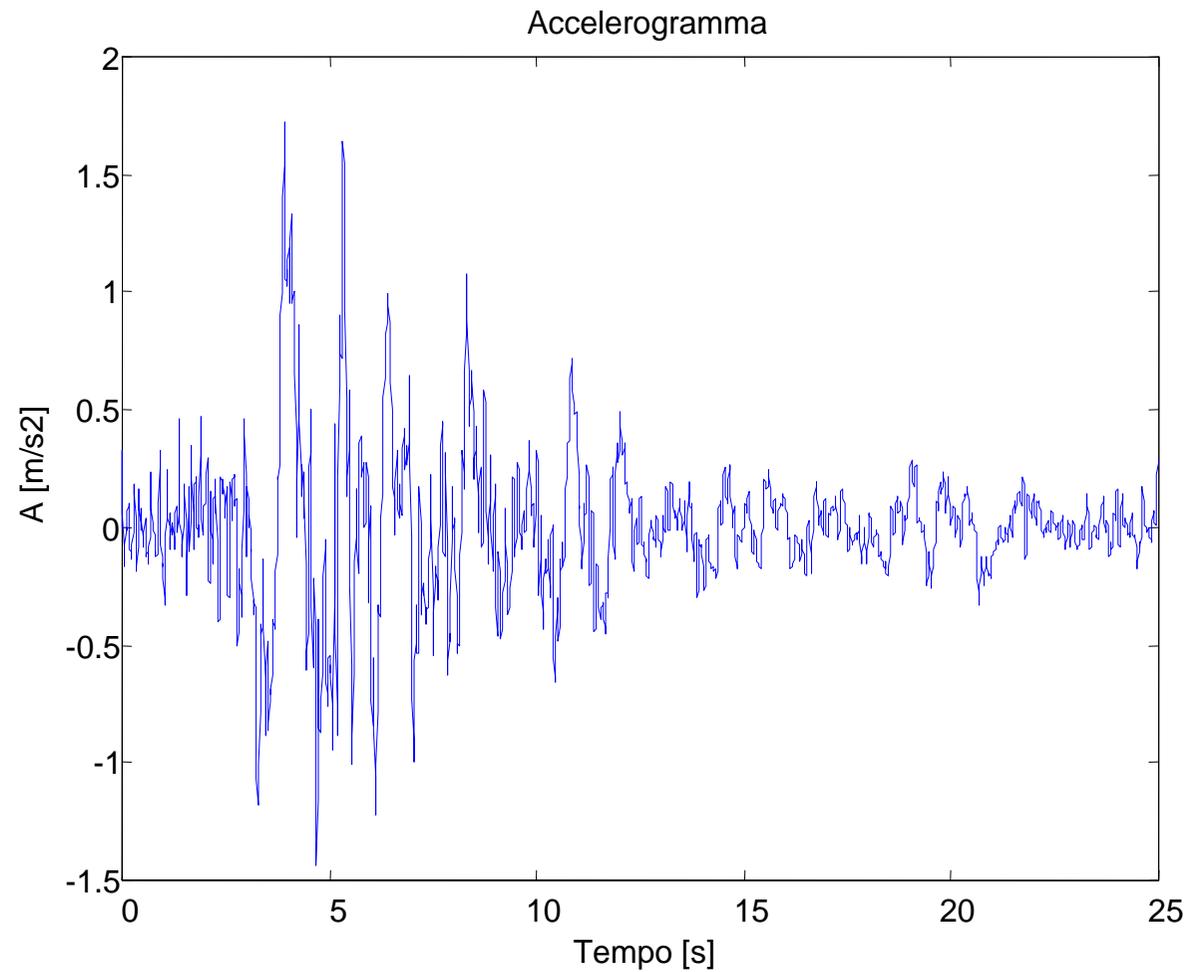
DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LIENARE

CALCOLO DELLO SPETTRO DI RISPOSTA IN TERMINI DI ACCELERAZIONE:

Registrazione e spettro terremoto Irpinia



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

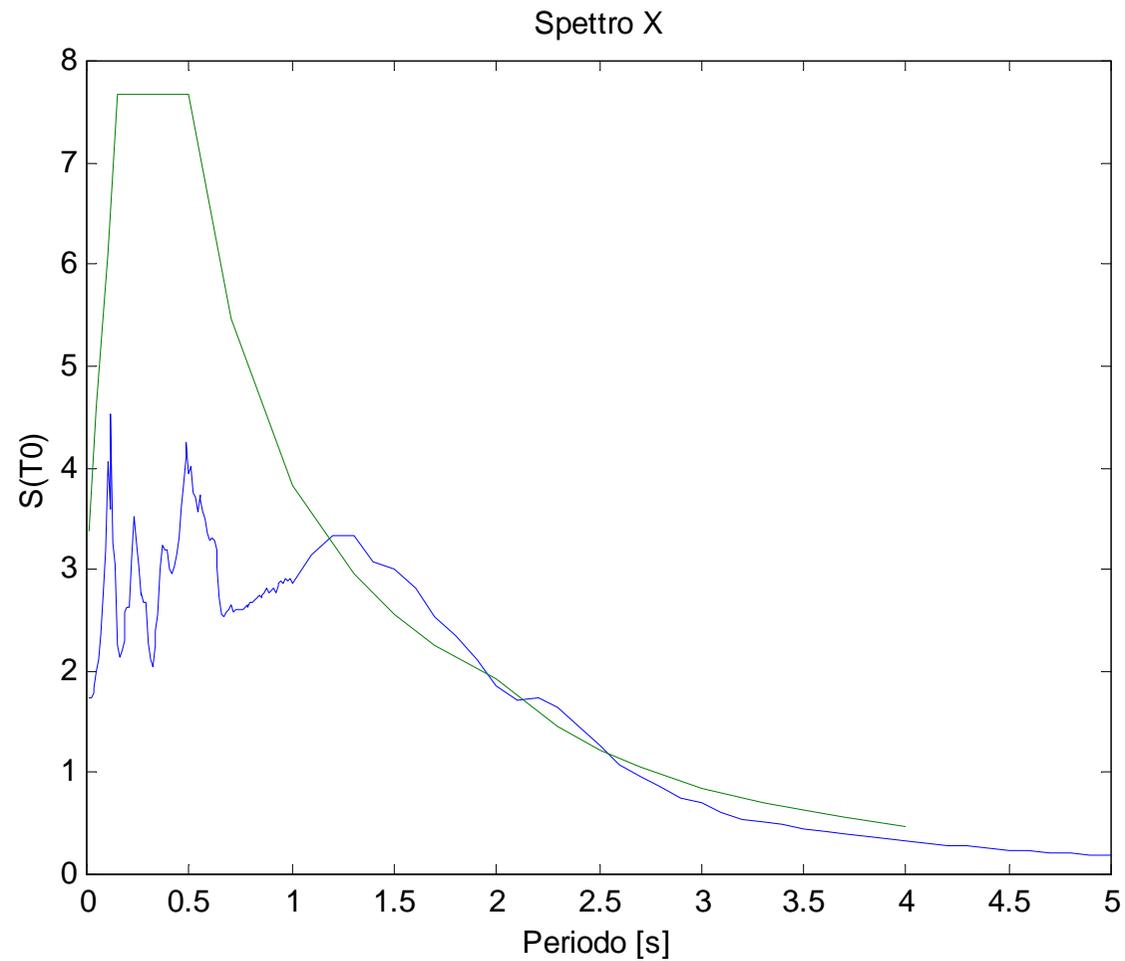
DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

CALCOLO DELLO SPETTRO DI RISPOSTA IN TERMINI DI ACCELERAZIONE:

Registrazione e spettro terremoto Irpinia



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

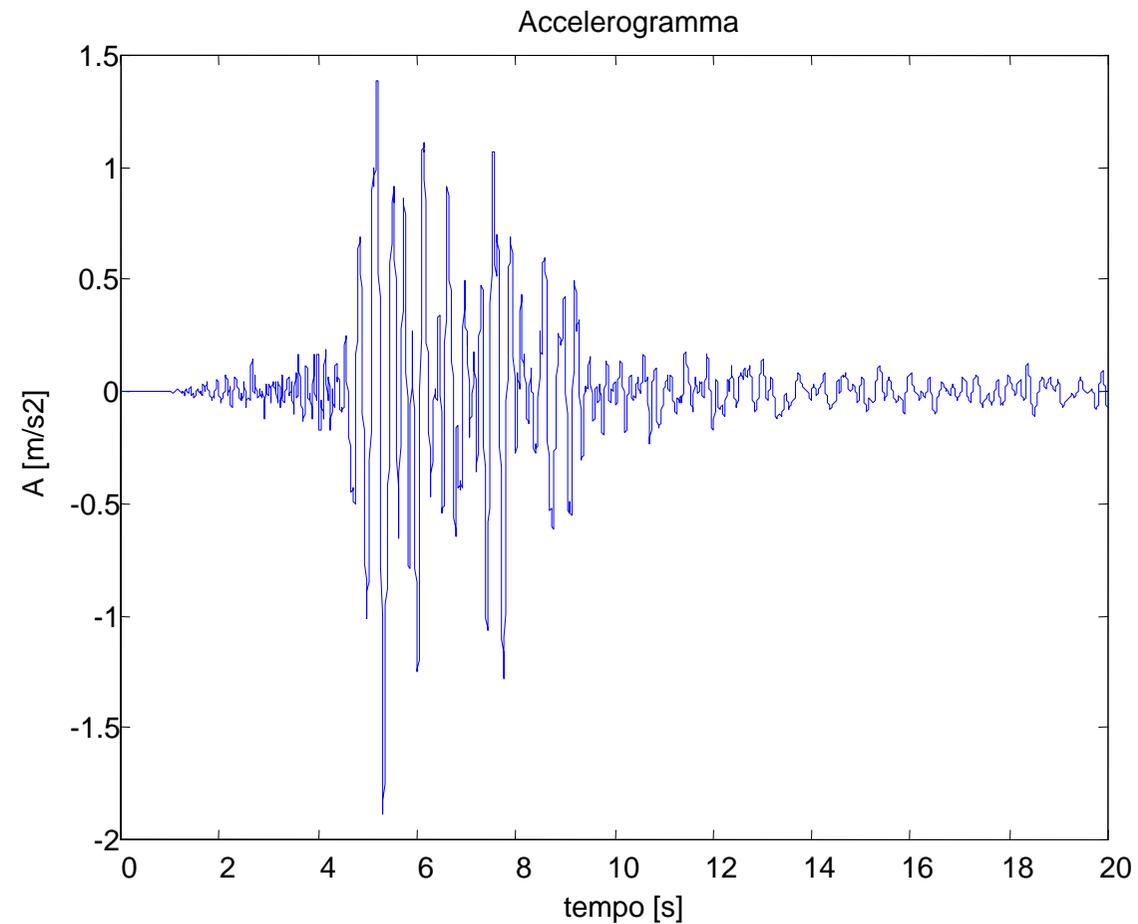
DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LIENARE

CALCOLO DELLO SPETTRO DI RISPOSTA IN TERMINI DI ACCELERAZIONE:

Registrazione e spettro terremoto Assisi



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

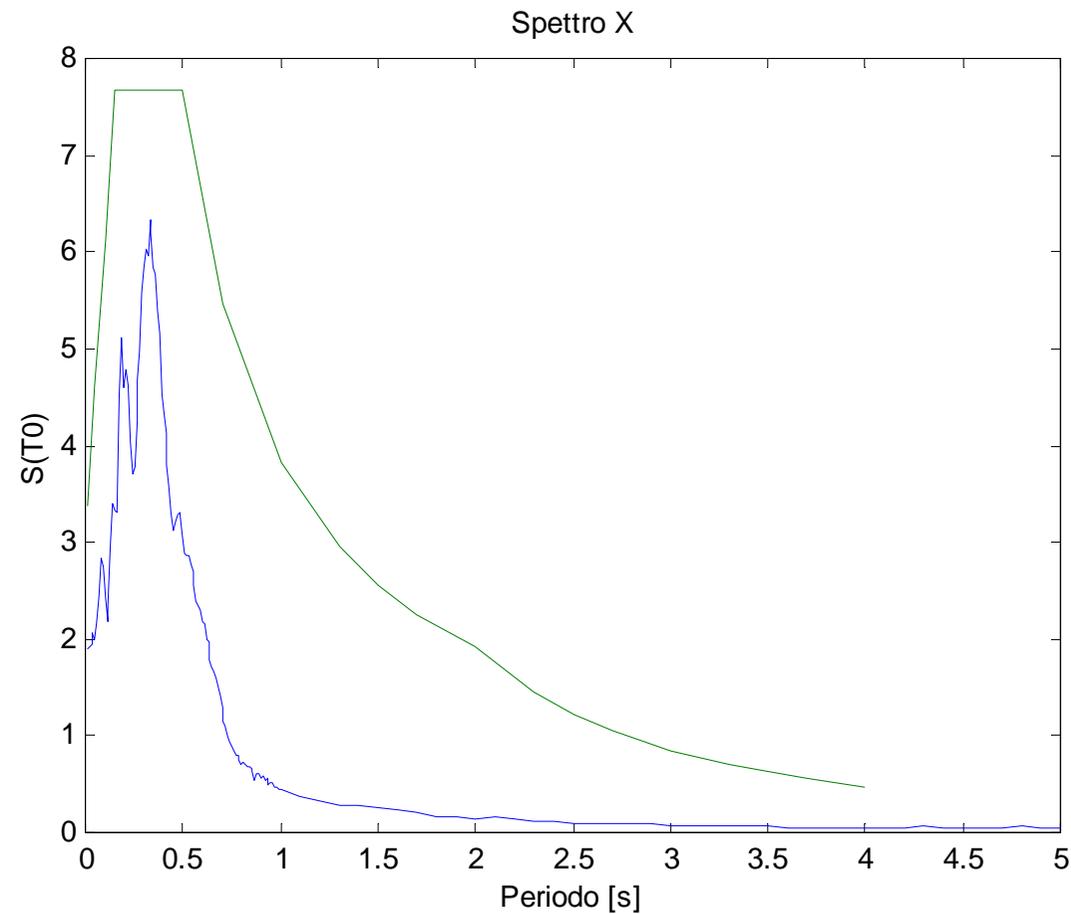
DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

CALCOLO DELLO SPETTRO DI RISPOSTA IN TERMINI DI ACCELERAZIONE:

Registrazione e spettro terremoto Assisi



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

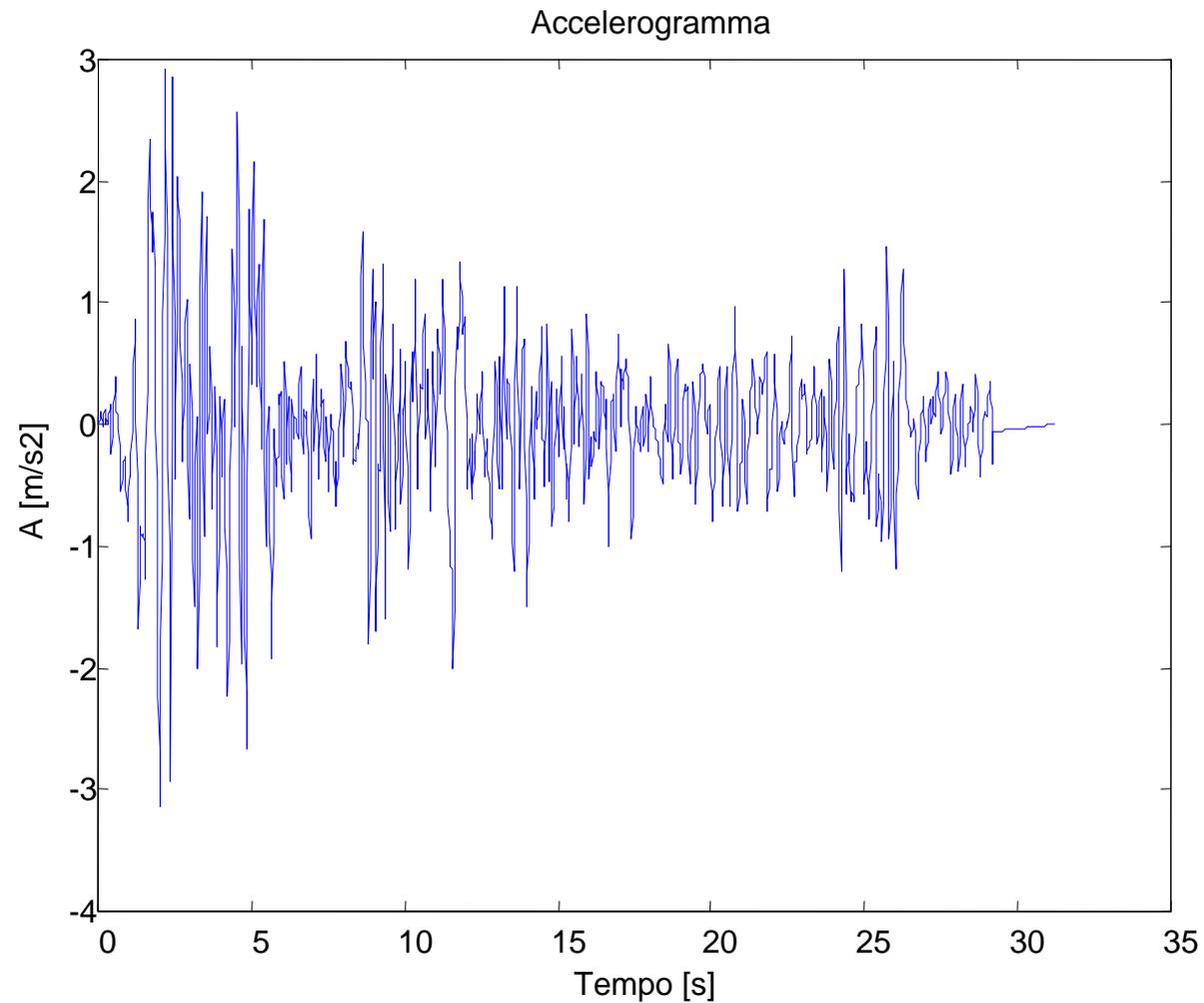
DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LIENARE

CALCOLO DELLO SPETTRO DI RISPOSTA IN TERMINI DI ACCELERAZIONE:

Registrazione e spettro terremoto EICentro



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

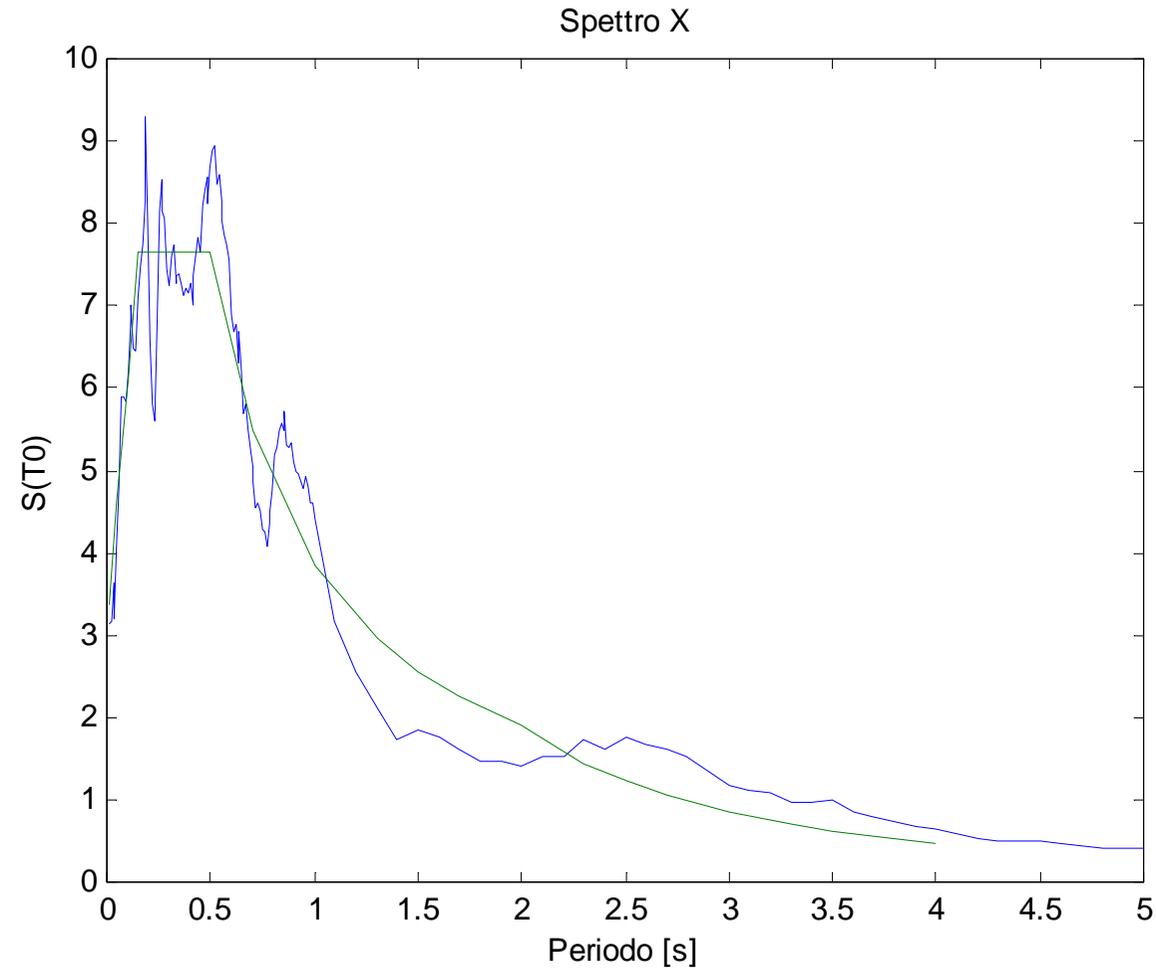
DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

CALCOLO DELLO SPETTRO DI RISPOSTA IN TERMINI DI ACCELERAZIONE:

Registrazione e spettro terremoto EICentro



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

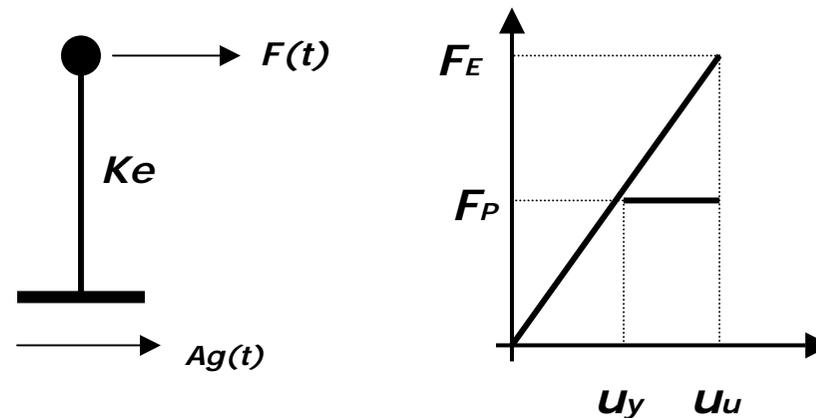
DINAMICA NON LINEARE

FATTORE DI STRUTTURA [trattazione semplificata, unico fattore di correzione]:

LA STRUTTURA REALE E' CARATTERIZZATA DA UN COMPORTAMENTO NON LINEARE:

EFFETTI VISCOSI E COMPORTAMENTI ELASTOPLASTICI

VERRA' STUDIATA INVECE MEDIANTE UN MODELLO LINEARE.



$$F_p = \frac{F_E}{q}$$

$$u_u = \mu \cdot u_y$$

UGUAGLIANDO GLI POSTAMENTI SI OTTIENE: $q = \mu$

- AD ALTE FREQUENZE SI HA UNA PROGRESSIVA RIDUZIONE DI q CHE TENDE A 1
- PER PERIODI INTERMEDI VALE L'UGUAGLIANZA DEGLI SPOSTAMENTI TRA IL SISTEMA REALE E QUELLO IDEALE ELASTICO.
- PER PERIODI PROSSIMI A QUELLI DOMINANTI DEL SISMA SI DOVREBBE UGUAGLIARE LE VELOCITA'. IN TAL CASO SI AVREBBE:

~~$$q = \sqrt{2\mu - 1}$$~~

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

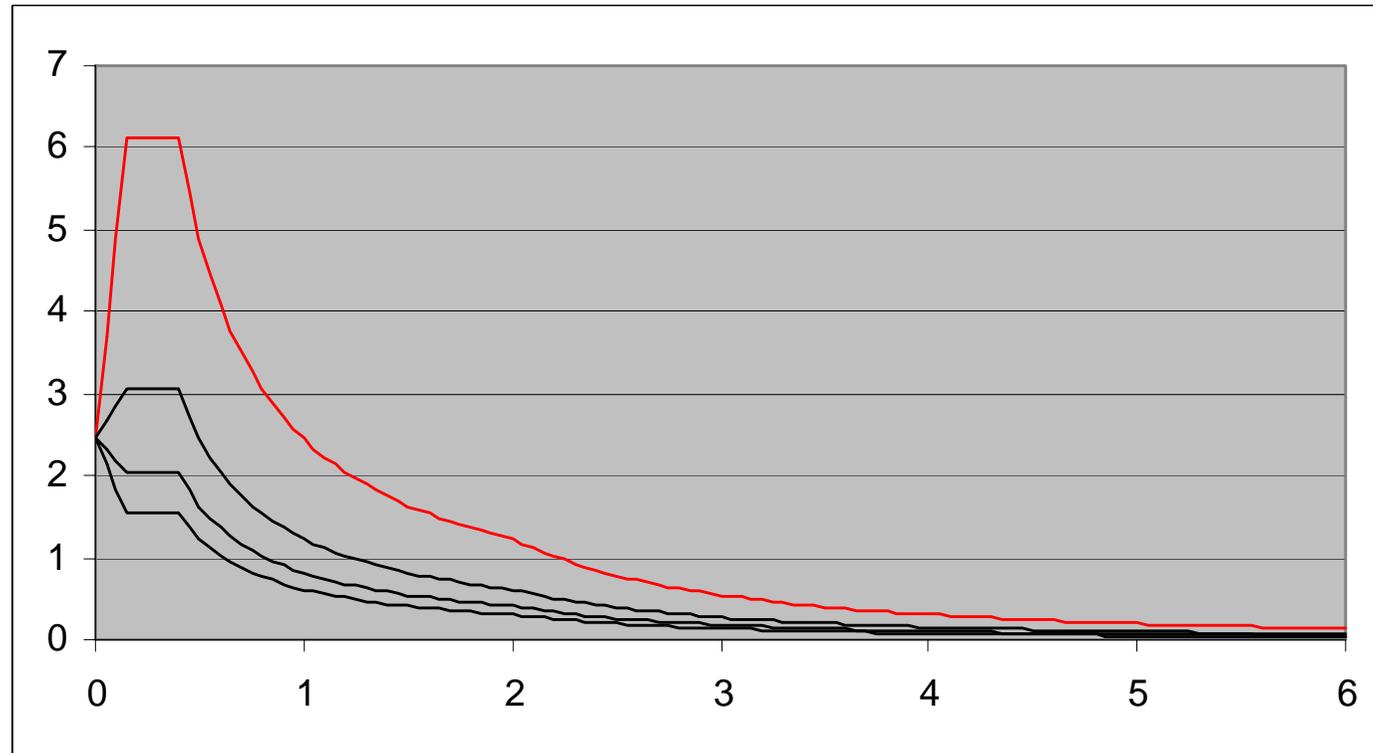
STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

FATTORE DI STRUTTURA [trattazione semplificata, unico fattore di correzione]:

- AD ALTE FREQUENZE SI HA UNA PROGRESSIVA RIDUZIONE DI q CHE TENDE A 1
- PER PERIODI INTERMEDI VALE L'UGUAGLIANZA DEGLI SPOSTAMENTI TRA IL SISTEMA REALE E QUELLO IDEALE ELASTICO.
- PER PERIODI PROSSIMI A QUELLI DOMINANTI DEL SISMA SI DOVREBBE UGUAGLIARE LE VELOCITA'. IN TAL CASO SI AVREBBE:

~~$$q = \sqrt{2\mu - 1}$$~~

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

ESEMPIO: CONFRONTO DIRETTA TRA ANALISI DINAMICA LINEARE E ANALISI MODALE CON SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO DI UN SDOF**SDOF:**

$$m = 8 \text{ t} \cdot \text{s}^2 / \text{m}$$

$$k = \frac{2 \cdot 12 \cdot E \cdot J}{l^3} = 1155 \text{ t} / \text{m}$$

$$\omega = \sqrt{k/m} = 12.02 \text{ rad/s}$$

$$T = 2\pi/\omega = 0.52 \text{ s}$$

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

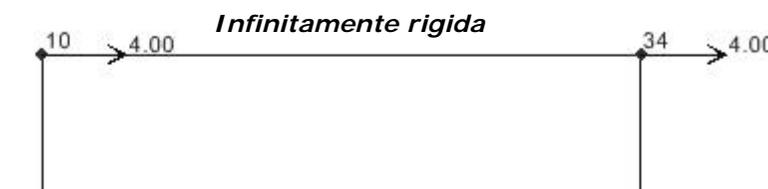
STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

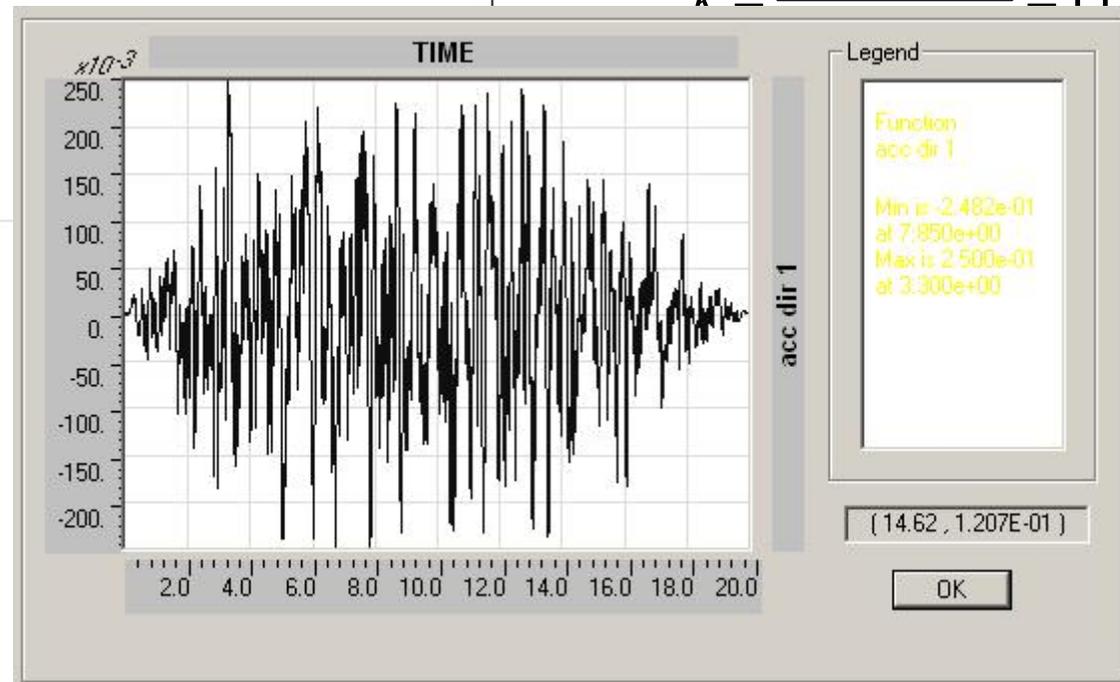
STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LIENARE

ESEMPIO: CONFRONTO DIRETTA TRA ANALISI DINAMICA LINEARE E ANALISI MODALE CON SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO DI UN SDOF**SDOF:**

$$m = 8 \text{ t} \cdot \text{s}^2 / \text{m}$$

$$k = \frac{2 \cdot 12 \cdot E \cdot J}{L^3} = 1155 \text{ t/m}$$

 d/s

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

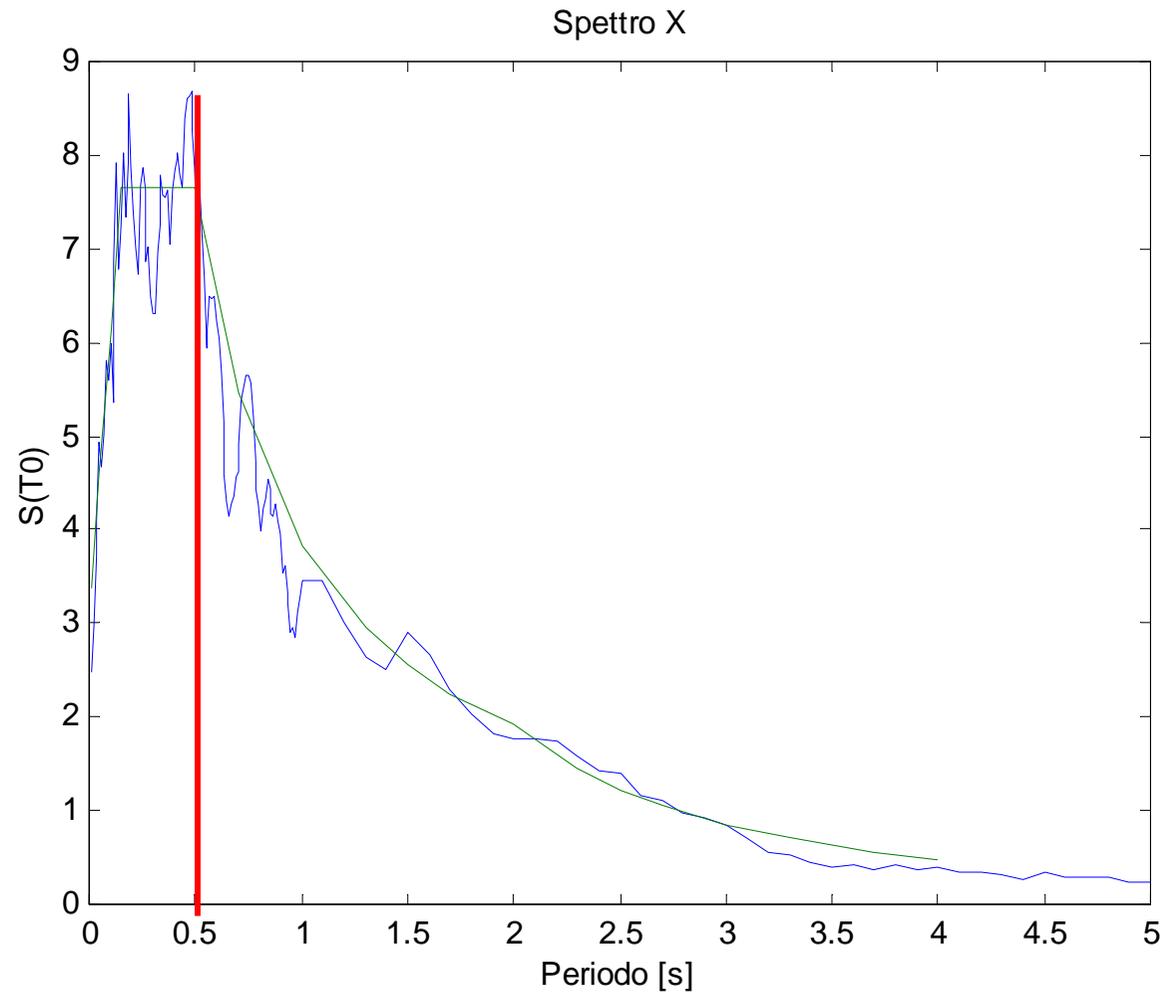
STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

ESEMPIO: CONFRONTO DIRETTA TRA ANALISI DINAMICA LINEARE E ANALISI MODALE CON SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO DI UN SDOF



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

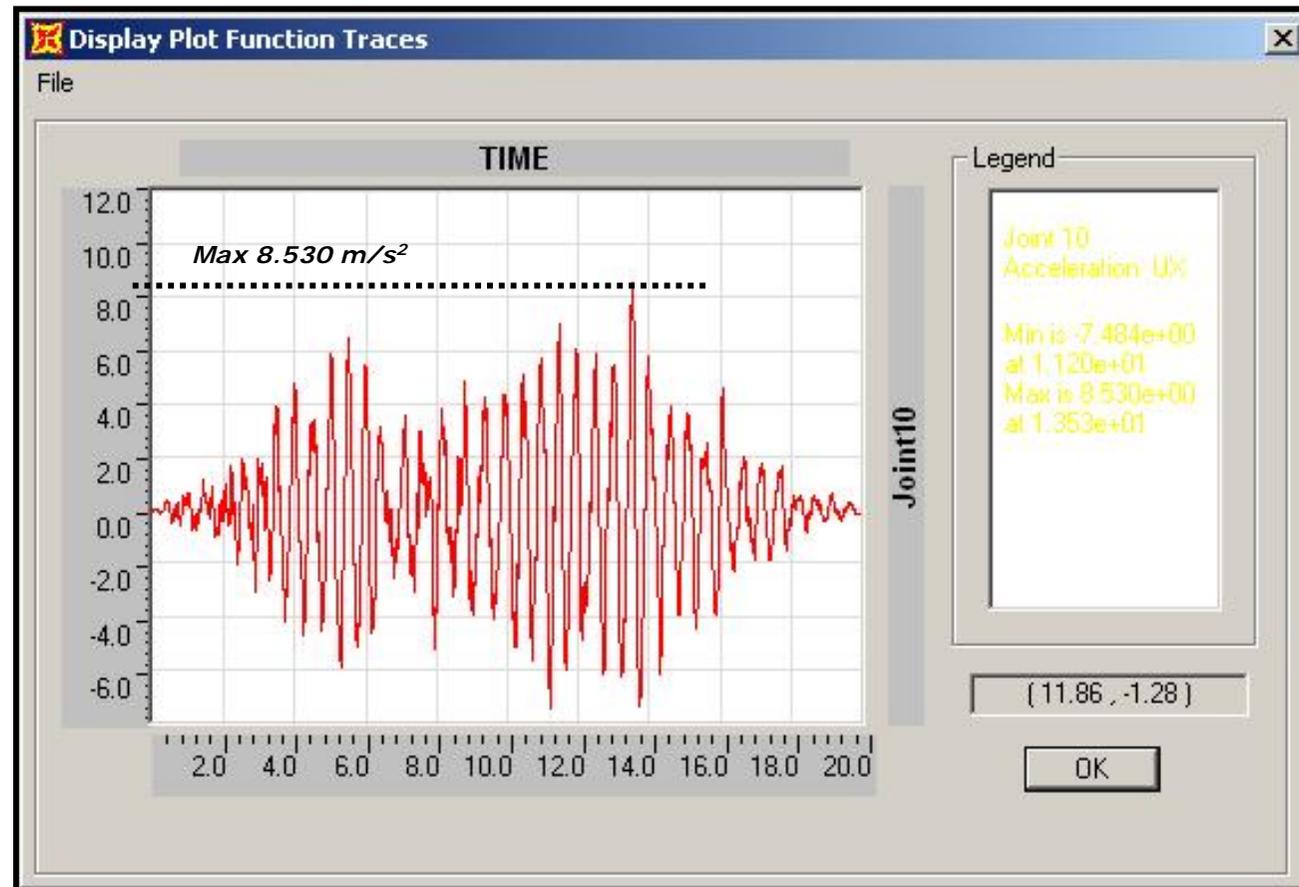
STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LIENARE

ESEMPIO: CONFRONTO DIRETTA TRA ANALISI DINAMICA LINEARE E ANALISI MODALE CON SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO DI UN SDOF*risposta in termini di accelerazione del sistema SDOF*

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

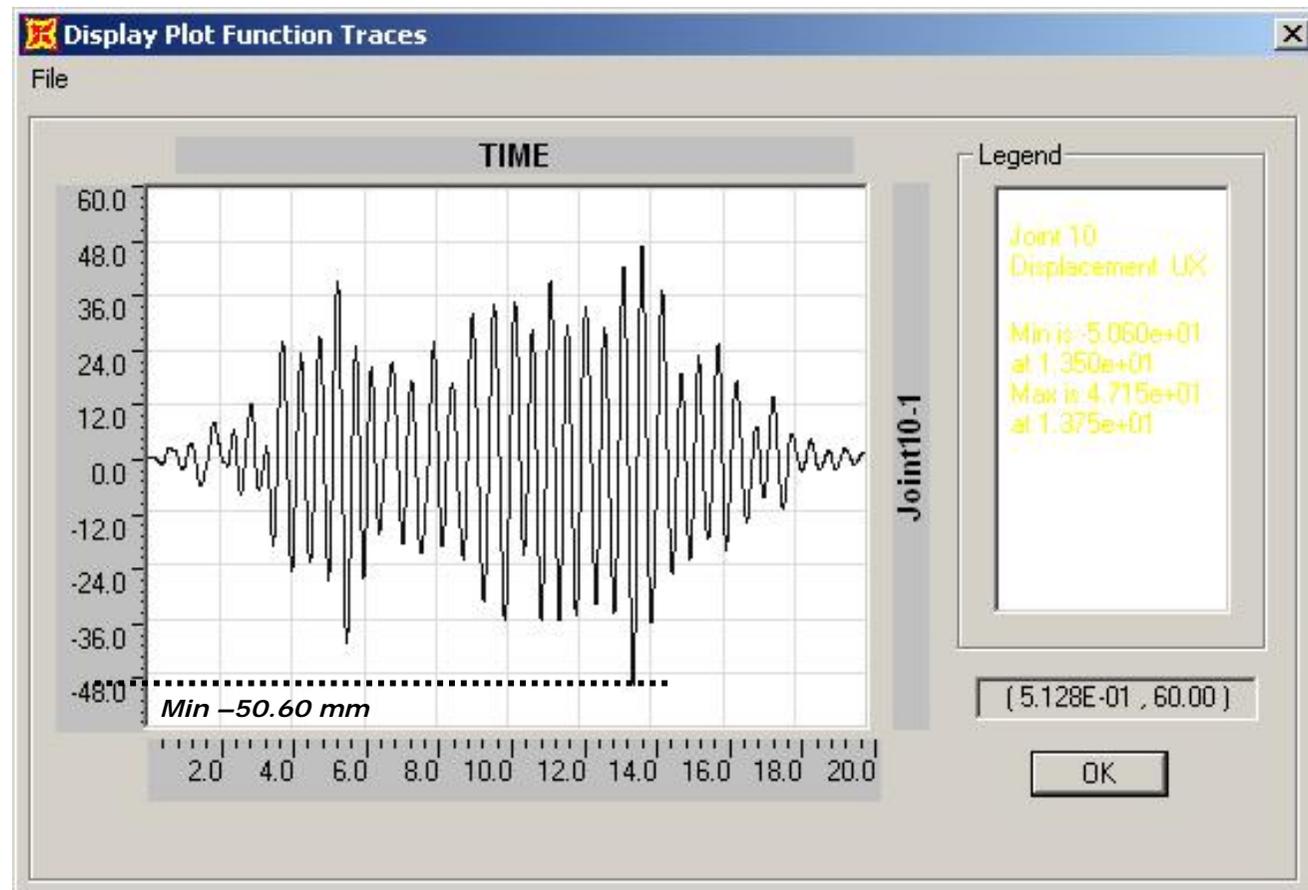
STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

ESEMPIO: CONFRONTO DIRETTA TRA ANALISI DINAMICA LINEARE E ANALISI MODALE CON SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO DI UN SDOF*risposta in termini di spostamento del sistema SDOF*

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

ESEMPIO: CONFRONTO DIRETTA TRA ANALISI DINAMICA LINEARE E ANALISI MODALE CON SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO DI UN SDOF*Massima risposta in termini di spostamento:*

$$\max u = 50.6 \text{ mm} = S_d @ \text{time } 13.50\text{s}$$

Massima risposta in termini di accelerazione:

$$\max \ddot{u} = 8.53 \text{ m/s}^2 @ \text{time } 13.53\text{sec}$$

Pseudo accelerazione spettrale:

$$S_a = S_d \cdot \omega^2 = 7.3 \text{ m/s}^2$$

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

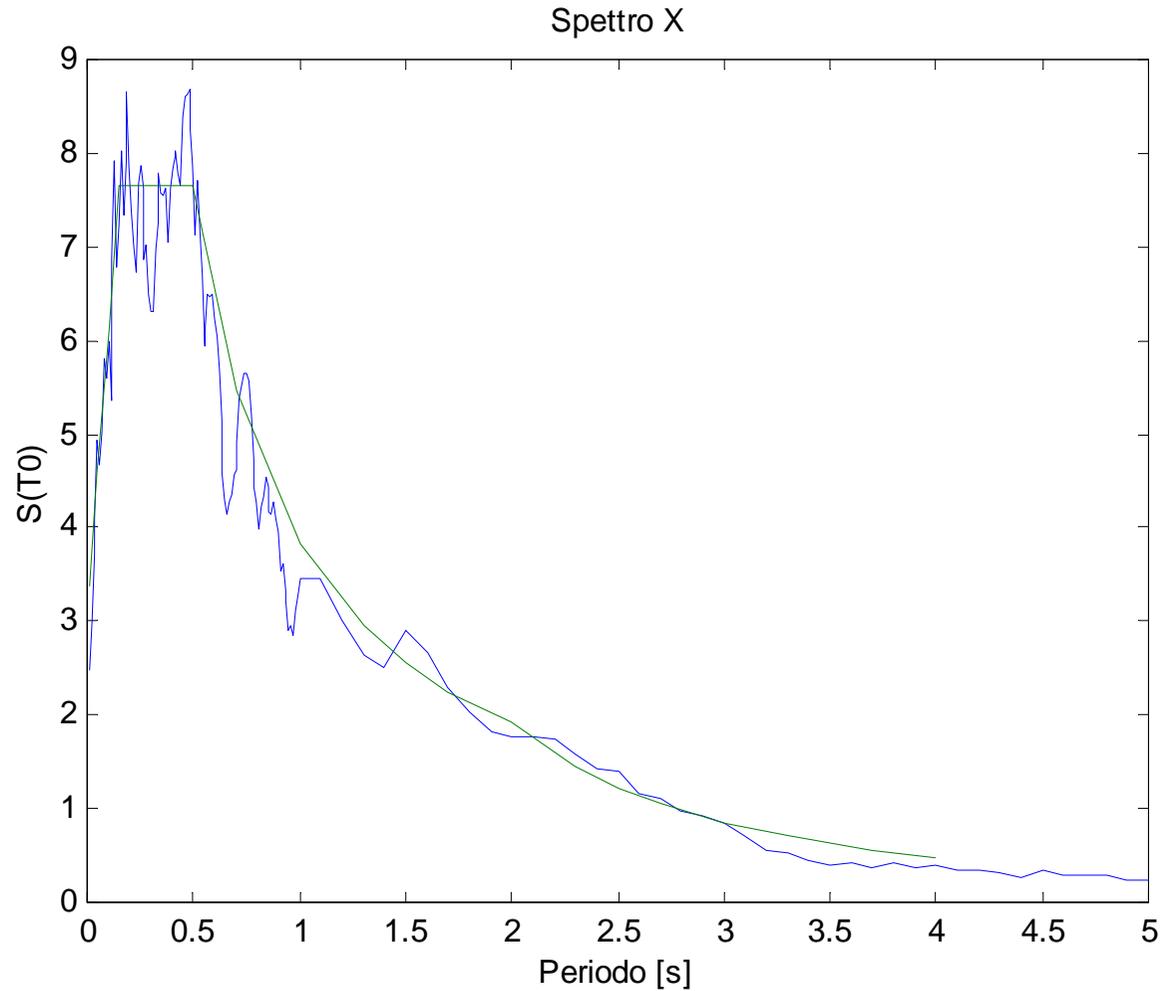
STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LIENARE

ESEMPIO: CONFRONTO DIRETTA TRA ANALISI DINAMICA LINEARE E ANALISI MODALE CON SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO DI UN SDOF



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

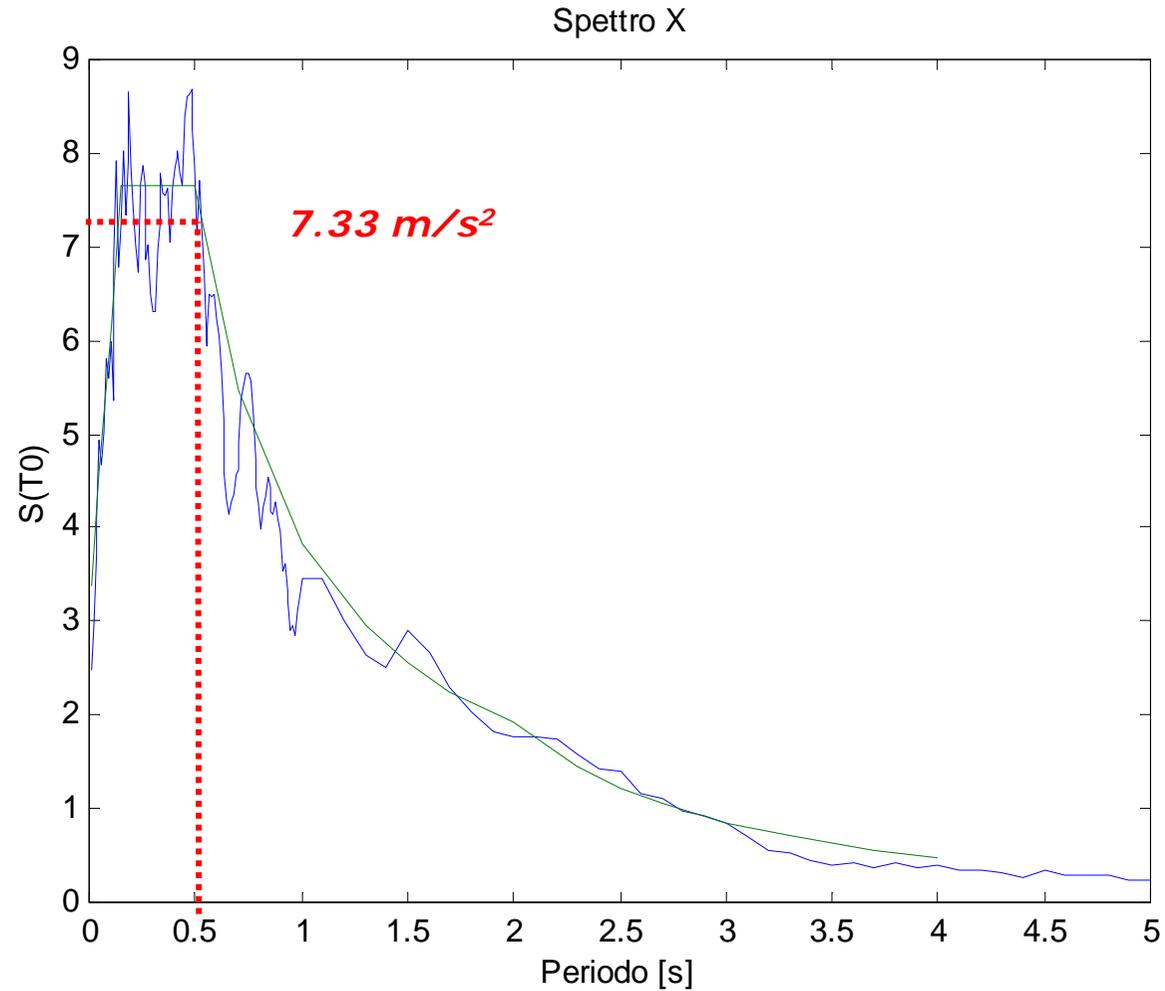
STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

ESEMPIO: CONFRONTO DIRETTA TRA ANALISI DINAMICA LINEARE E ANALISI MODALE CON SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO DI UN SDOF

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

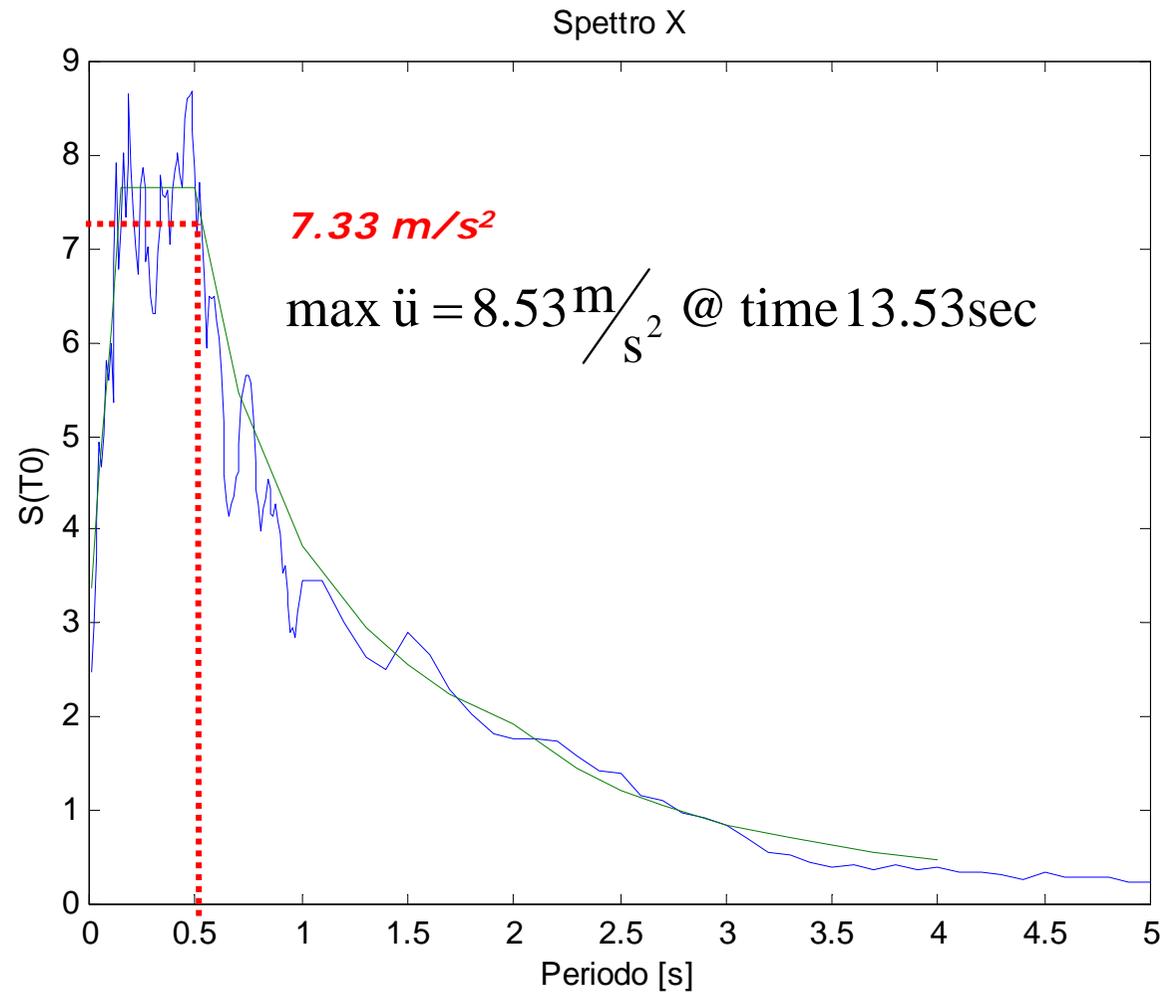
STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

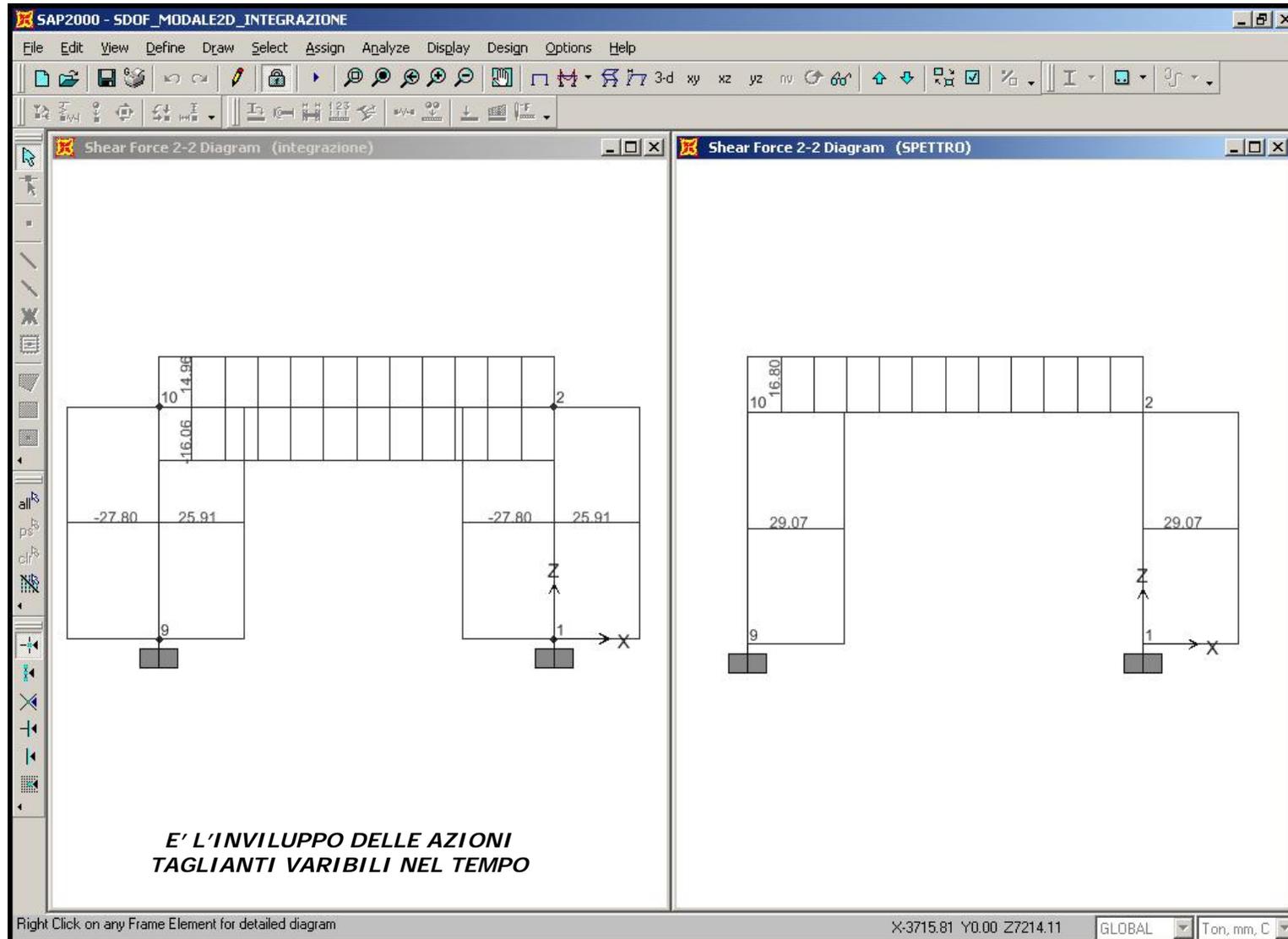
STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

ESEMPIO: CONFRONTO DIRETTA TRA ANALISI DINAMICA LINEARE E ANALISI MODALE CON SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO DI UN SDOF



**ESEMPIO: CONFRONTO DIRETTA TRA ANALISI DINAMICA LINEARE E ANALISI
MODALE CON SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO DI UN SDOF**



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

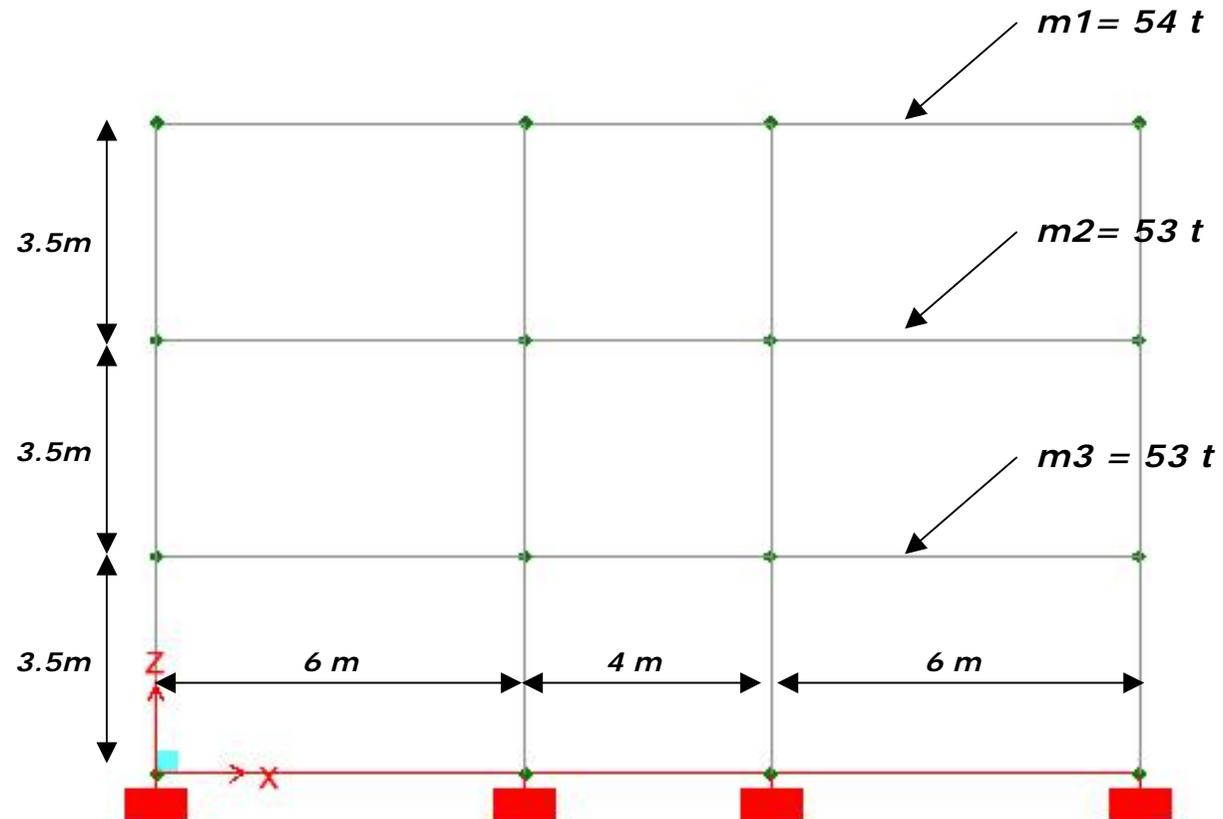
DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

ESEMPIO: CONFRONTO DIRETTA TRA ANALISI DINAMICA LINEARE E ANALISI MODALE CON SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO DI UN MDOF

MDOF:



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

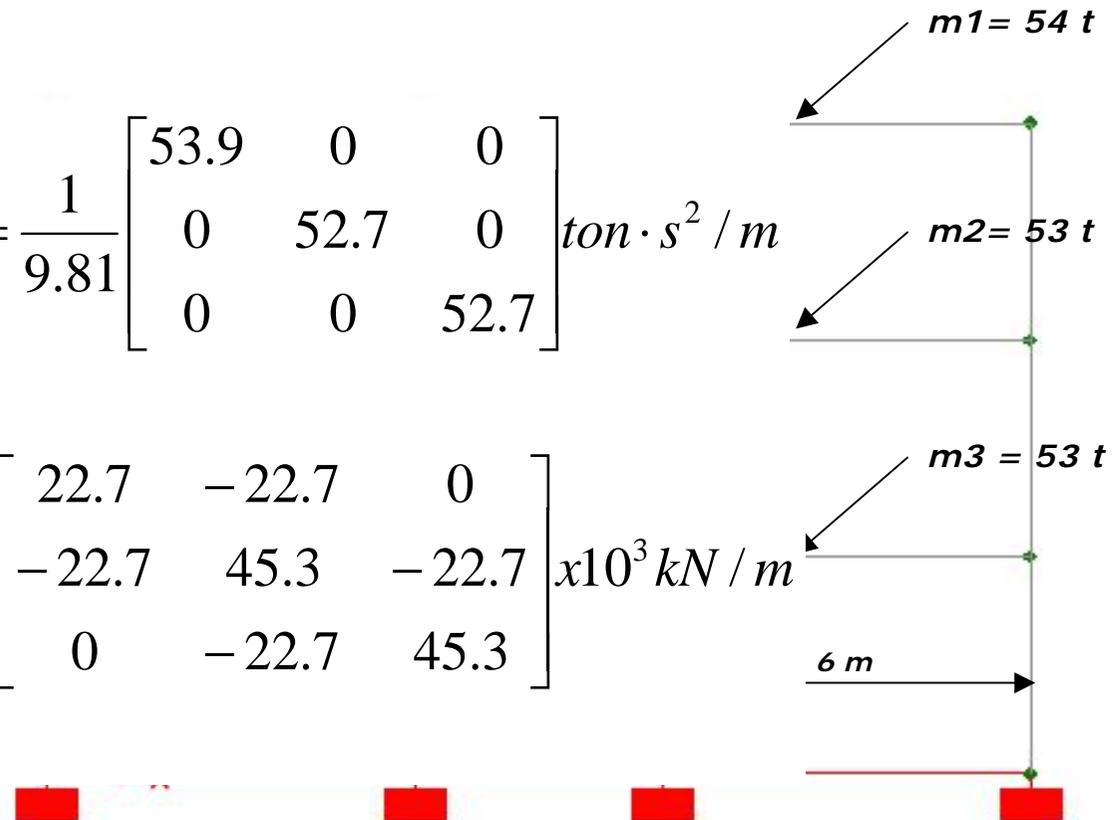
STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LIENARE

ESEMPIO: CONFRONTO DIRETTA TRA ANALISI DINAMICA LINEARE E ANALISI MODALE CON SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO DI UN MDOF**MDOF:**

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

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



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

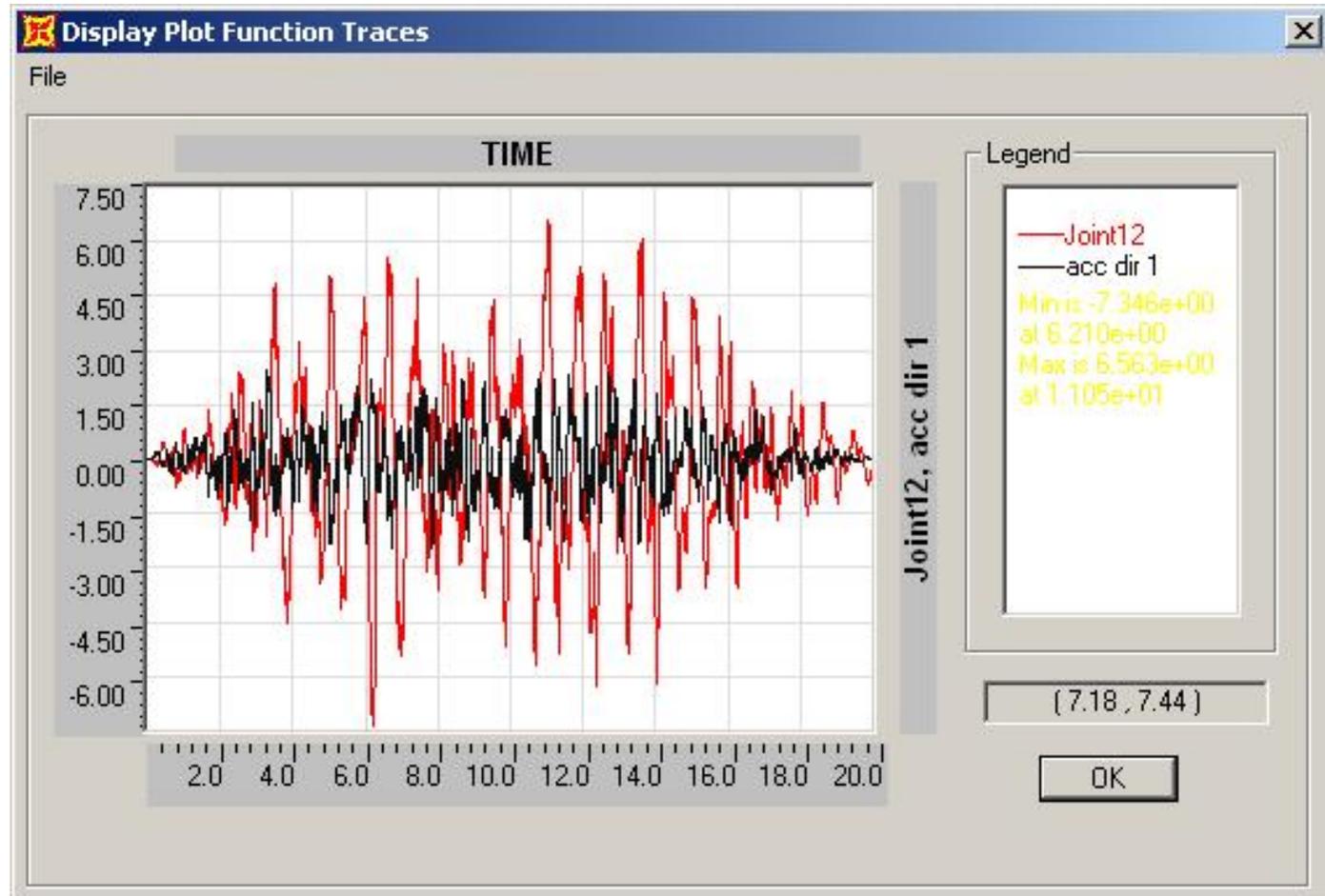
STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

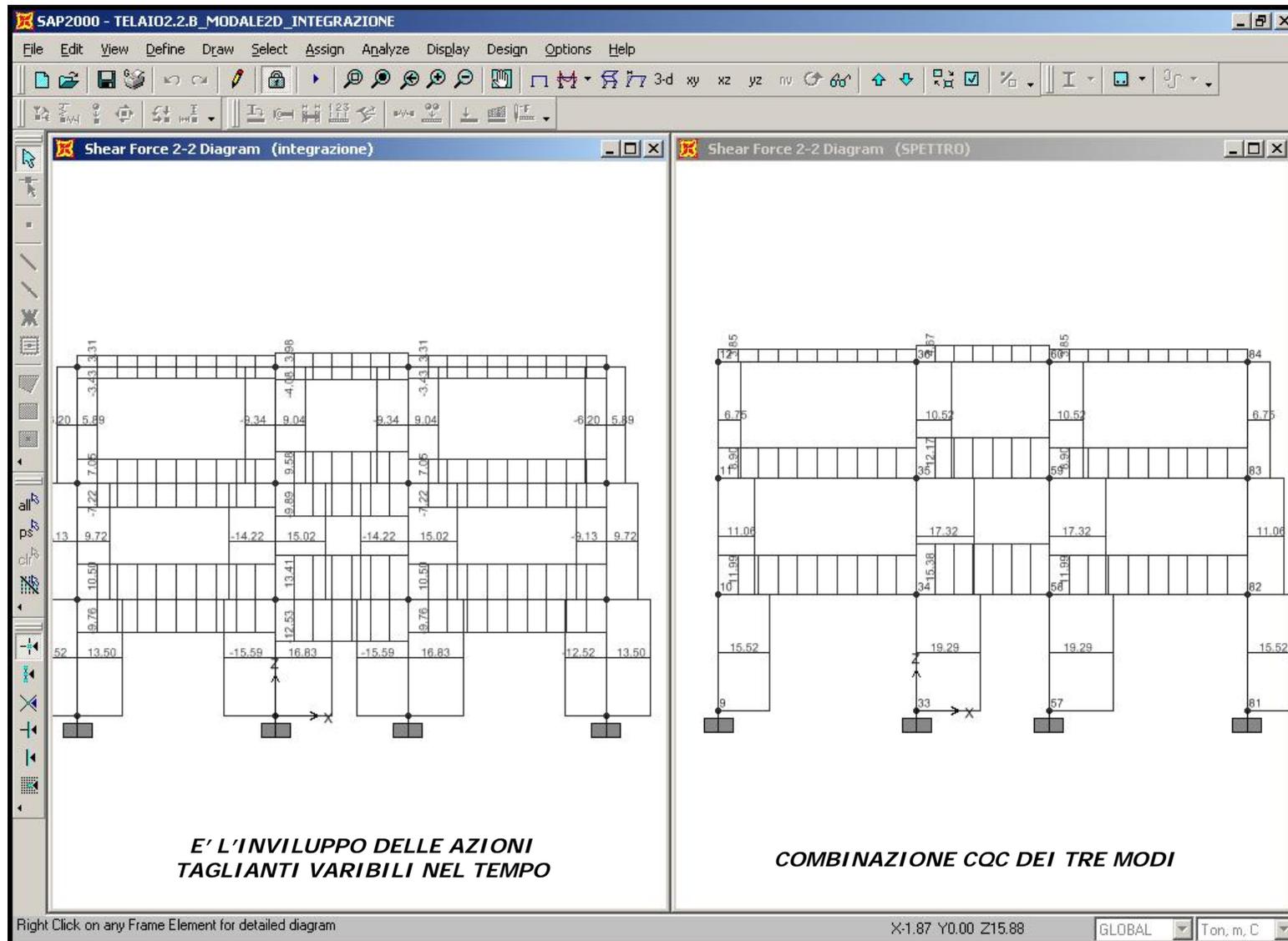
DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LIENARE

ESEMPIO: CONFRONTO DIRETTA TRA ANALISI DINAMICA LINEARE E ANALISI MODALE CON SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO DI UN MDOF

ESEMPIO: CONFRONTO DIRETTA TRA ANALISI DINAMICA LINEARE E ANALISI MODALE CON SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO DI UN MDOF



MENU GENERALE**CENNO STATI LIMITE****ANALISI SISMICA****STATICA LINEARE 2D****STATICA LINEARE 3D****DINAMICA MODALE****STATICA NON LINEARE****DINAMICA NON LINEARE****REGOLARITA':****EDIFICIO REGOLARE IN PIANTA:**

1. LA CONFIGURAZIONE IN PIANTA E' COMPATTA E APPROSSIMAMENTE SIMMETRICA RISPETTO A DUE DIREZIONI ORTOGONALI IN PIANTA, IN RELAZIONE ALLA DISTRIBUZIONE DELLE MASSE E DELLE RIGIDENZE.
2. IL RAPPORTO TRA I LATI DI UN RETTANGOLO IN CUI L'EDIFICIO RISULTA INSCRITTO È INFERIORE A 4.
3. EVENTUALI RIENTRI O SPORGENZE NON SUPERANO IL 25% DELLA DIMENSIONE TOTALE DELL'EDIFICIO NELLA DIREZIONE DEL RIENTRO E DELLA SPORGENZA.

EDIFICIO REGOLARE IN ALTEZZA:

1. TUTTI I SISTEMI RESISTENTI VERTICALI SI ESTENDONO PER TUTTA LA ALTEZZA DELL'EDIFICIO.
2. MASSA E RIGIDENZA COSTANTI O CON RIDUZIONI NON MAGGIORI DEL 20% TRA UN PIANO ED IL SUCCESSIVO.
3. RAPPORTO TRA RESISTENZA EFFETTIVA E RESISTENZA RICHIESTA DAL CALCOLO NON SIGNIFICATIVAMENTE DIVERSA TRA I PIANI (RAPPORTI COMPRESI TRA 0.85 E 1.15).
4. EVENTUALI RESTRINGIMENTI SIANO GRADUALI, AD OGNI PIANO IL RESTRINGIMENTO NON DEVE SUPERARE IL 30% DELLA DIMENSIONE CORRISPONDENTE AL PIANO PRIMO NE' IL 10% DELLA DIMENSIONE CORRISPONDENTE AL PIANO IMMEDIATAMENTE SOTTOSTANTE.

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

METODO DI ANALISI STATICA LINEARE

Può essere effettuata per costruzioni regolari in pianta, considerando due modelli piani separati a condizione che il primo periodo di vibrazione fondamentale della struttura T_1 , non superi $2.5 \times T_c$ [1.0 s, 1.25 s, 2.0 s].

In assenza di una analisi modale si può stimare il periodo associato al Primo modo con l'espressione semplificata:

Approccio semplificato:

$$T_1 = C_1 \times H^{3/4}$$

$$C_1 = 0.075 \text{ [edifici telaio in c.a.]}$$

$$H = 10.5 \text{ m}$$

$$T_1 = 0.437 \text{ s [metodo poco affidabile]}$$

Metodo di Rayleigh:

- Si applicano dei carichi a livello di impalcati pari al valore delle masse calcolate secondo il punto 3.3 dell'ordinanza: $G_k + \sum_i \psi_{Ei} \cdot Q_{ki}$
- Si determinano gli spostamenti di interpiano.
- Si calcola il periodo teorico:

$$T_{1x} = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{1}{g} \cdot \frac{\sum W_i \cdot \delta_i^2}{\sum W_i \cdot \delta_i}} = 0.81s$$

[metodo più complesso ma con soluzione più precisa]

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

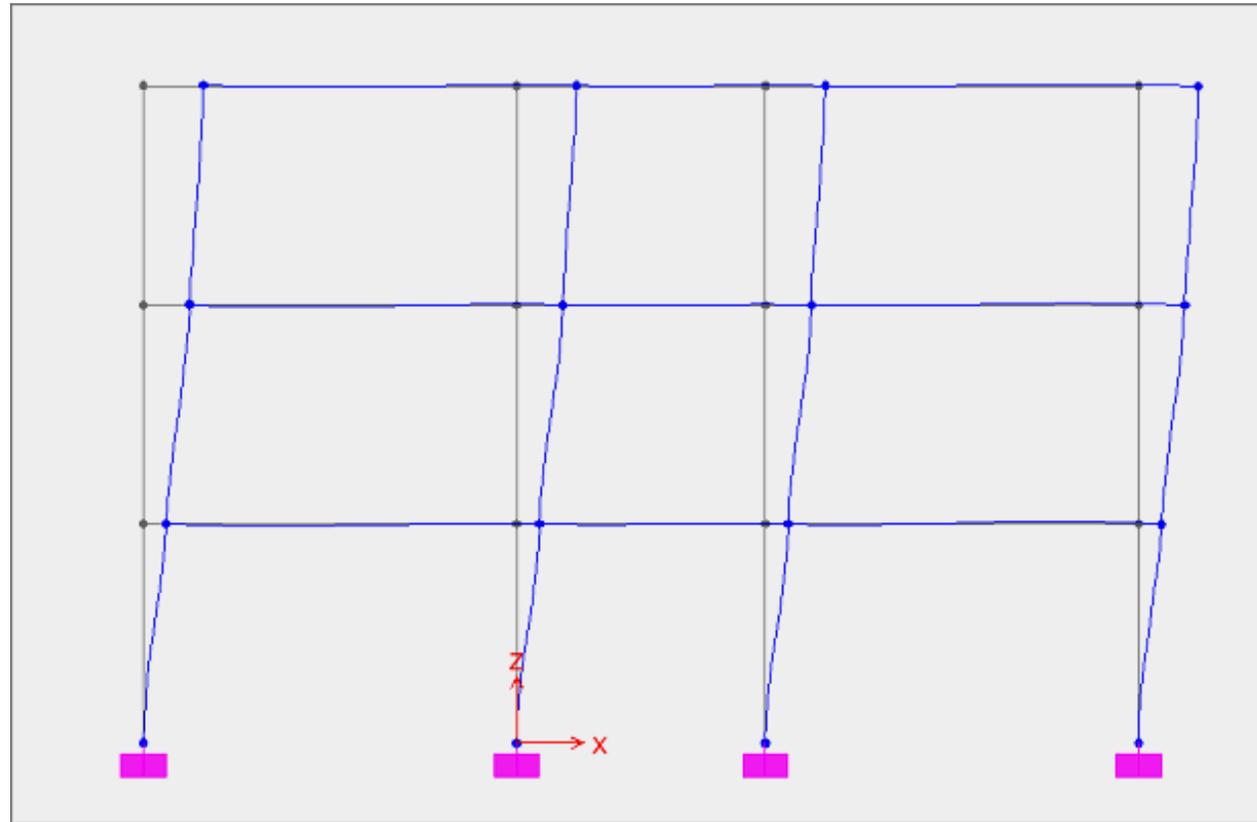
DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

METODO DI ANALISI STATICA LINEARE

Calcolo dei modi di vibrare e periodi associati con SAP2000



SAP2000: METODO ESATTO $T1: 0.810$ s; $T2: 0.282$ s; $T3: 0.179$ s

$T1: 0.437$
 $T1: 0.810$

[METODO APPROSSIMATO]
[METODO DI RAYLEIGH]

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

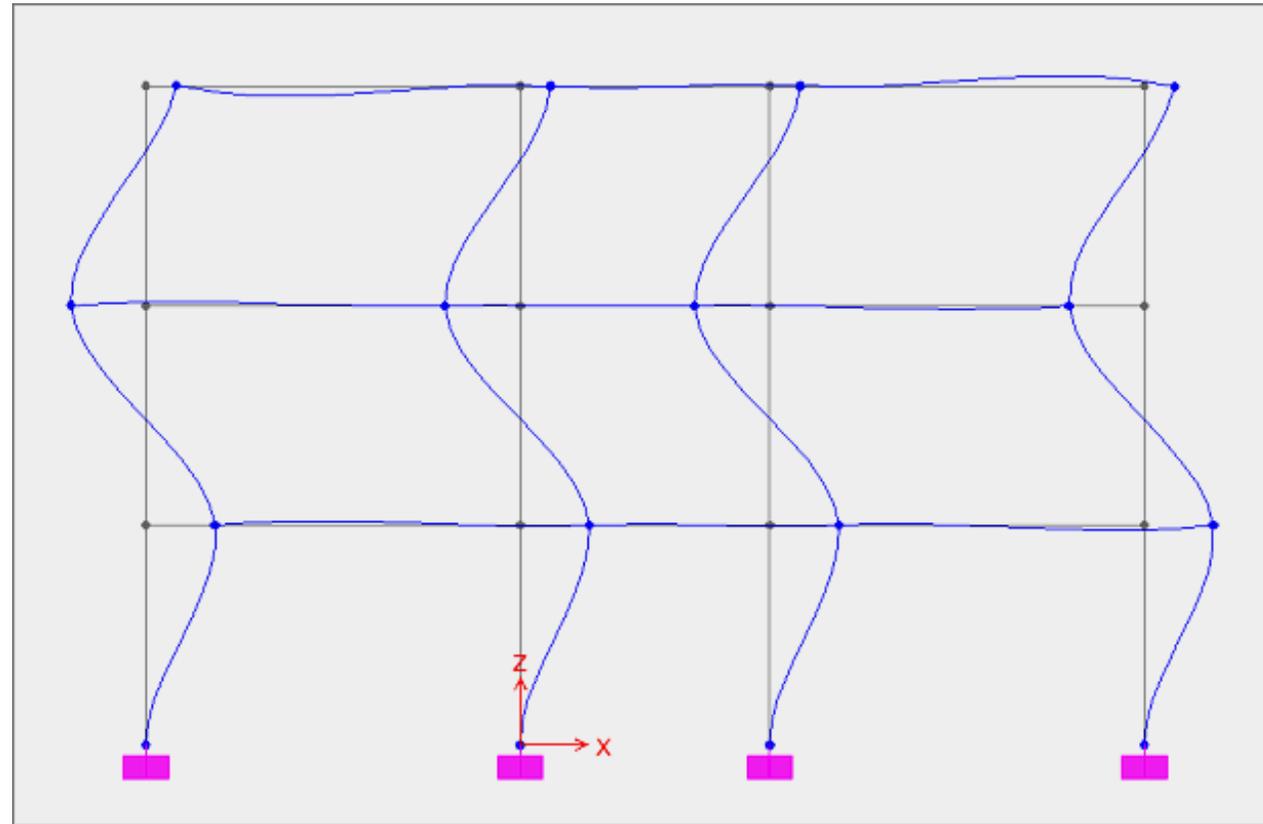
DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

METODO DI ANALISI STATICA LINEARE

Calcolo dei modi di vibrare e periodi associati con SAP2000



SAP2000: METODO ESATTO T1: 0.810 s; T2: 0.282 s; T3: 0.179 s

T1: 0.437
T1: 0.810

[METODO APPROSSIMATO]
[METODO DI RAYLEIGH]

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

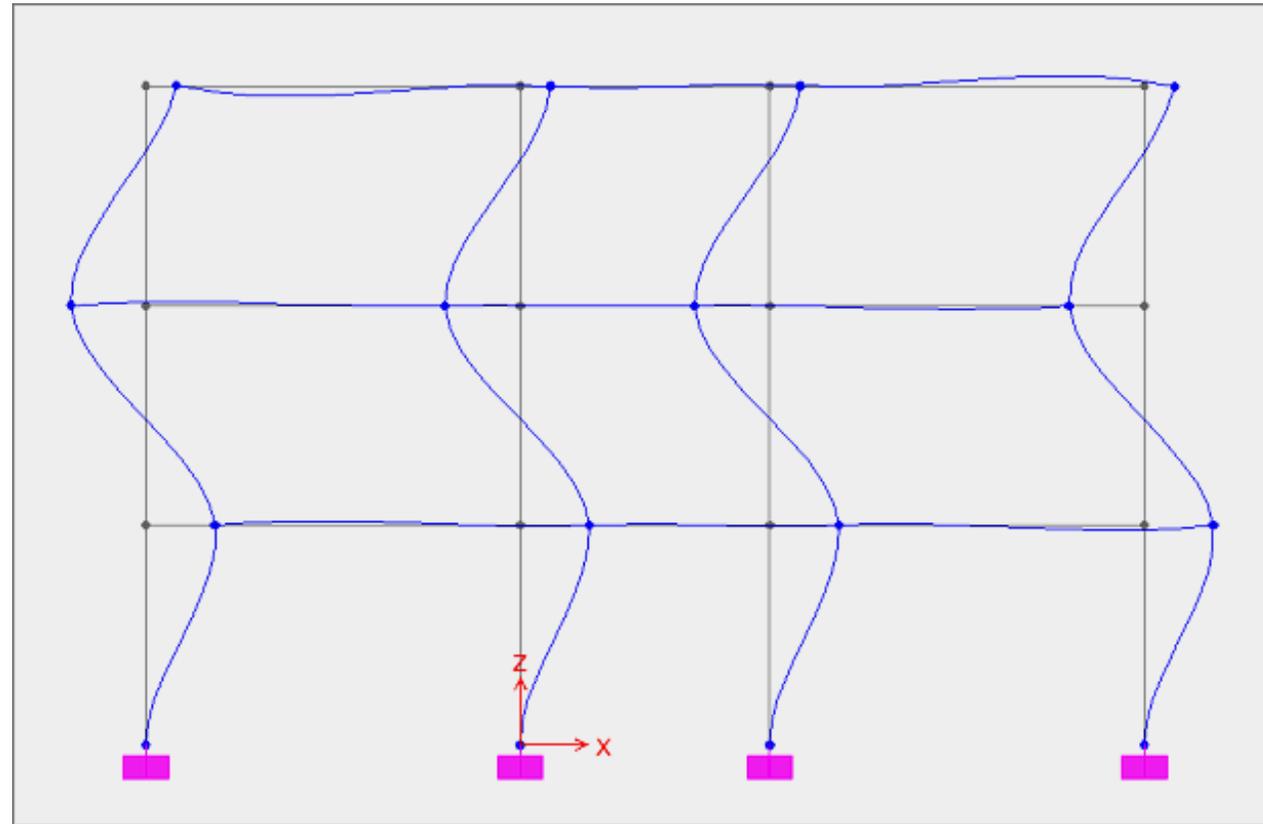
DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

METODO DI ANALISI STATICA LINEARE

Calcolo dei modi di vibrare e periodi associati con SAP2000



SAP2000: METODO ESATTO T1: 0.810 s; T2: 0.282 s; T3: 0.179 s

T1: 0.437
T1: 0.810

[METODO APPROSSIMATO]
[METODO DI RAYLEIGH]

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

METODO DI ANALISI STATICA LINEARE

Calcolo dei modi di vibrare e periodi associati con SAP2000

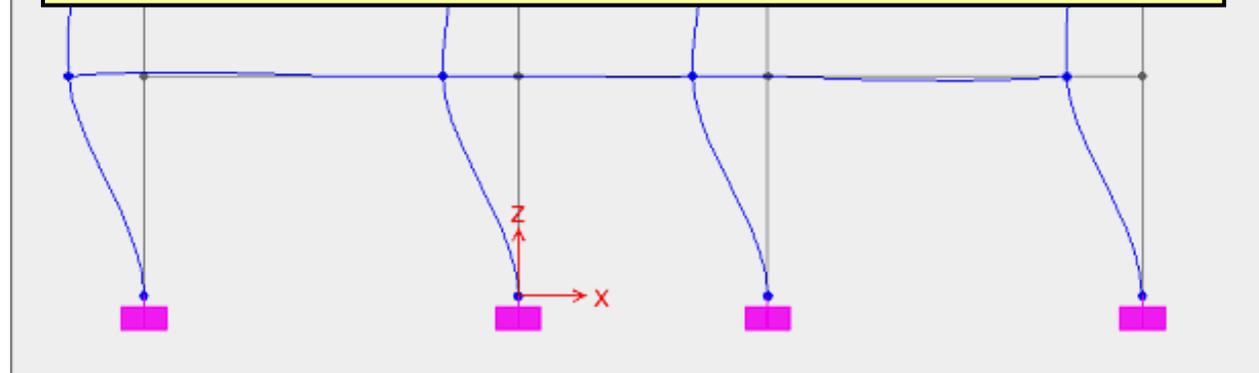
Il problema nasce dal testo contenuto nel punto 4.5.2:

//

Per edifici che non superino 40 m di altezza, in assenza di calcoli più dettagliati, T1 può essere stimato utilizzando la formula seguente.

$$T1 = C1 \times H^{3/4}$$

//



SAP2000: METODO ESATTO T1: 0.810 s; T2: 0.282 s; T3: 0.179 s

T1: 0.437

T1: 0.810

[METODO APPROSSIMATO]

[METODO DI RAYLEIGH]

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LIENARE

METODO DI ANALISI STATICA LINEARE

Ipotizzando un terreno di classe B e assumendo $a_g=0.25g$ [Comune Napoli]

Ed un fattore di struttura $q = 5.85$ si ha:

-Accelerazione spettrale [T1 calcolato con il metodo di Rayleigh]:

$$S_{Ad}(T_{1x}) = a_g \cdot S \cdot \frac{2.5}{q} \cdot \left(\frac{T_c}{T_{1x}} \right) = 0.083g$$

-Taglio alla base:

$$V_{bx}^{\max} = S_{Ad}(T_1) \cdot W / g = 131.8kN$$

$$F_{si} = V_{bx}^{\max} \cdot \frac{W_i \cdot z_i}{\sum W_j \cdot z_j}; F_{sx3} = 66kN; F_{sx2} = 43kN; F_{sx1} = 22kN;$$

-Combinazione per lo SLU:

$$F_d = \gamma_1 \cdot E + G_k + P_k + \sum_{i=1}^n (\psi_{2i} \cdot Q_{ki})$$

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

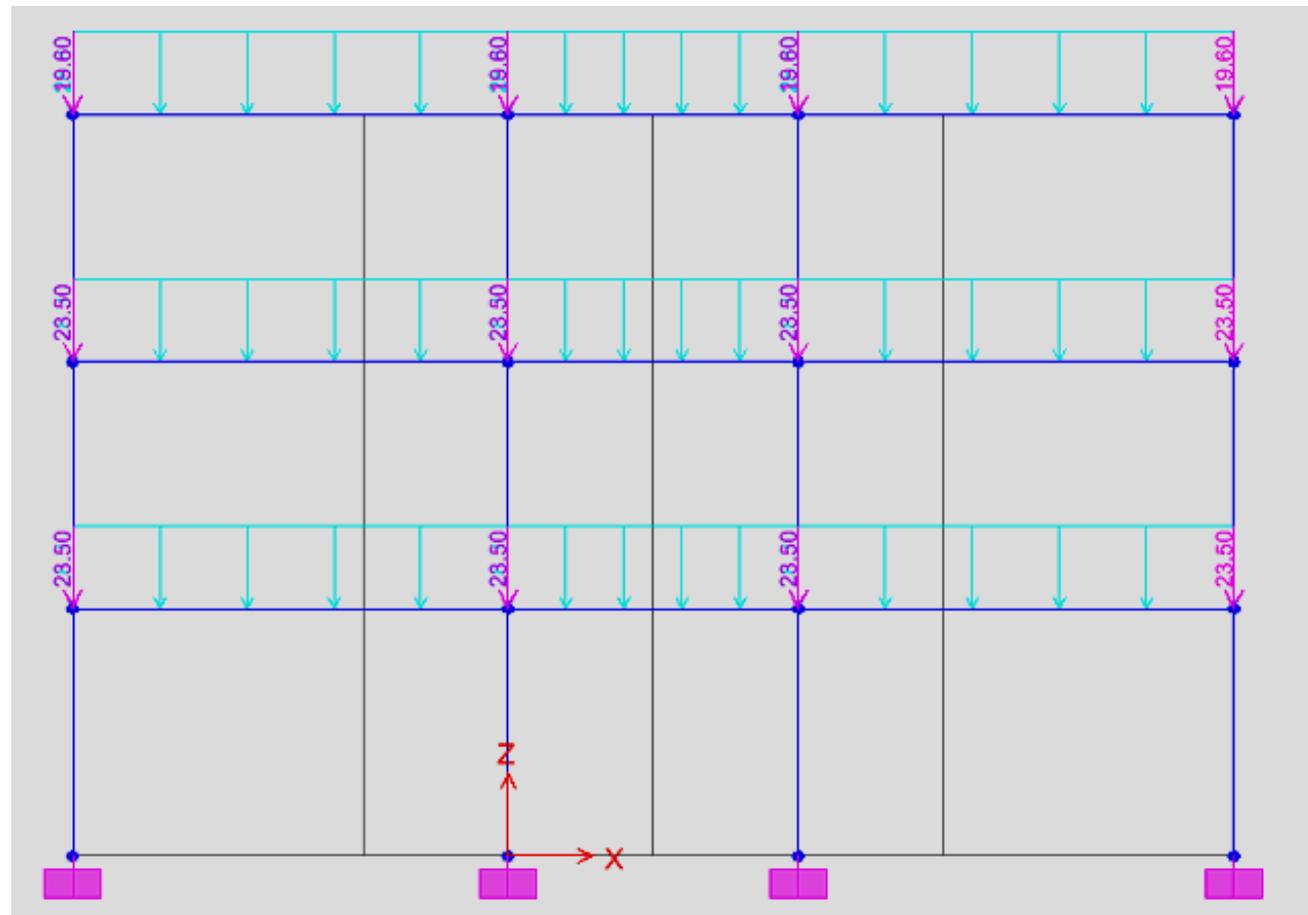
STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

METODO DI ANALISI STATICA LINEARE – modello piano

Si assume $I = 1$ [struttura ordinaria]

Si incrementano i tagli di piano [1.2] per tenere in conto effetti torcenti che altrimenti andrebbero perduti in una analisi piana.



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

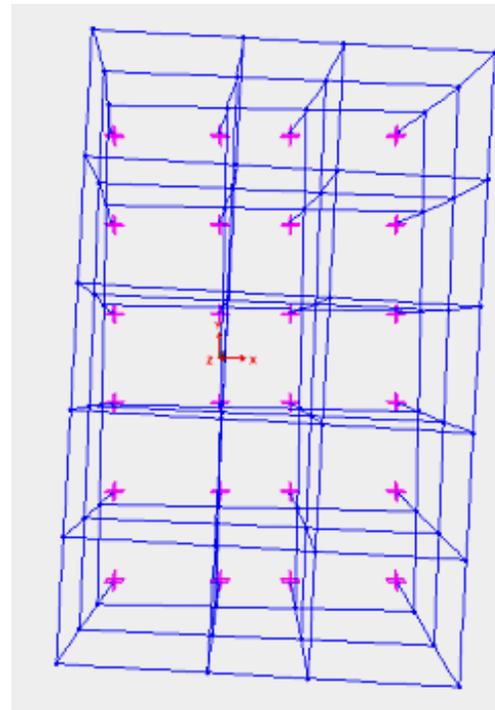
METODO DI ANALISI STATICA LINEARE – modello spaziale

Se la struttura non è regolare in pianta occorre effettuare una modellazione completa nello spazio.

Si ha una eccentricità tra il baricentro delle masse e quello delle rigidezze.

Esempio si modificano le sezioni dei pilastri di 2 telai vicino al bordo:

30x30 cm => 23x40 cm; A = 900 cm => 920 cm²; J = 67500 => 122666 cm⁴



Si procede come nell'esempio precedente nel calcolo delle forze di piano.

Si applicano le forze di piano al baricentro delle masse.

Si tiene conto di una eccentricità accidentale

Pari al 5% della massima dimensione.

Le forze ed i momenti vengono calcolati

In automatico da SAP2000.

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

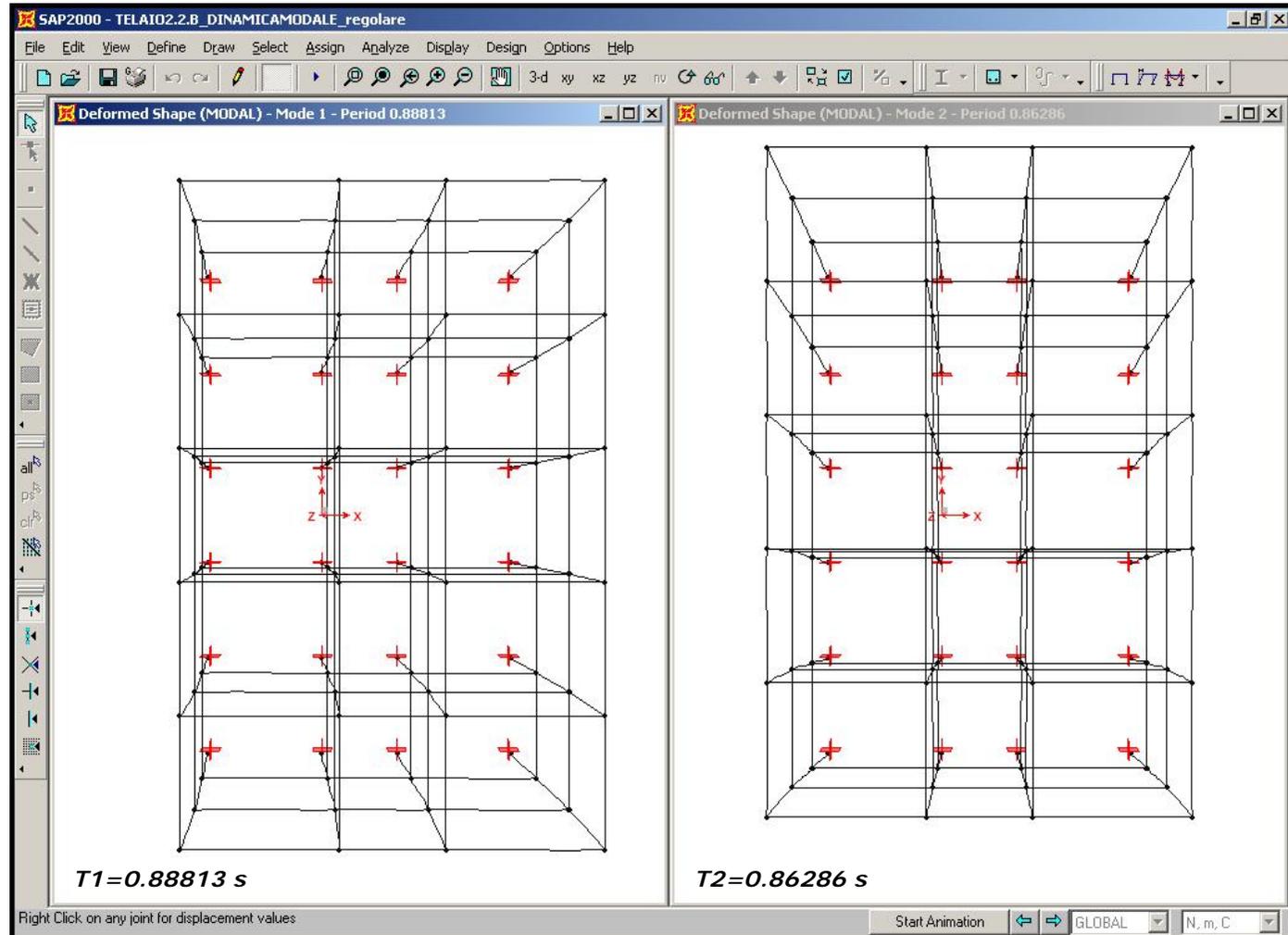
STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

METODO DI ANALISI STATICA LINEARE – modello spaziale

Confronto periodi, masse partecipanti e fattori di partecipazione modali:

STRUTTURA REGOLARE IN PIANTA ED IN ALTEZZA



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

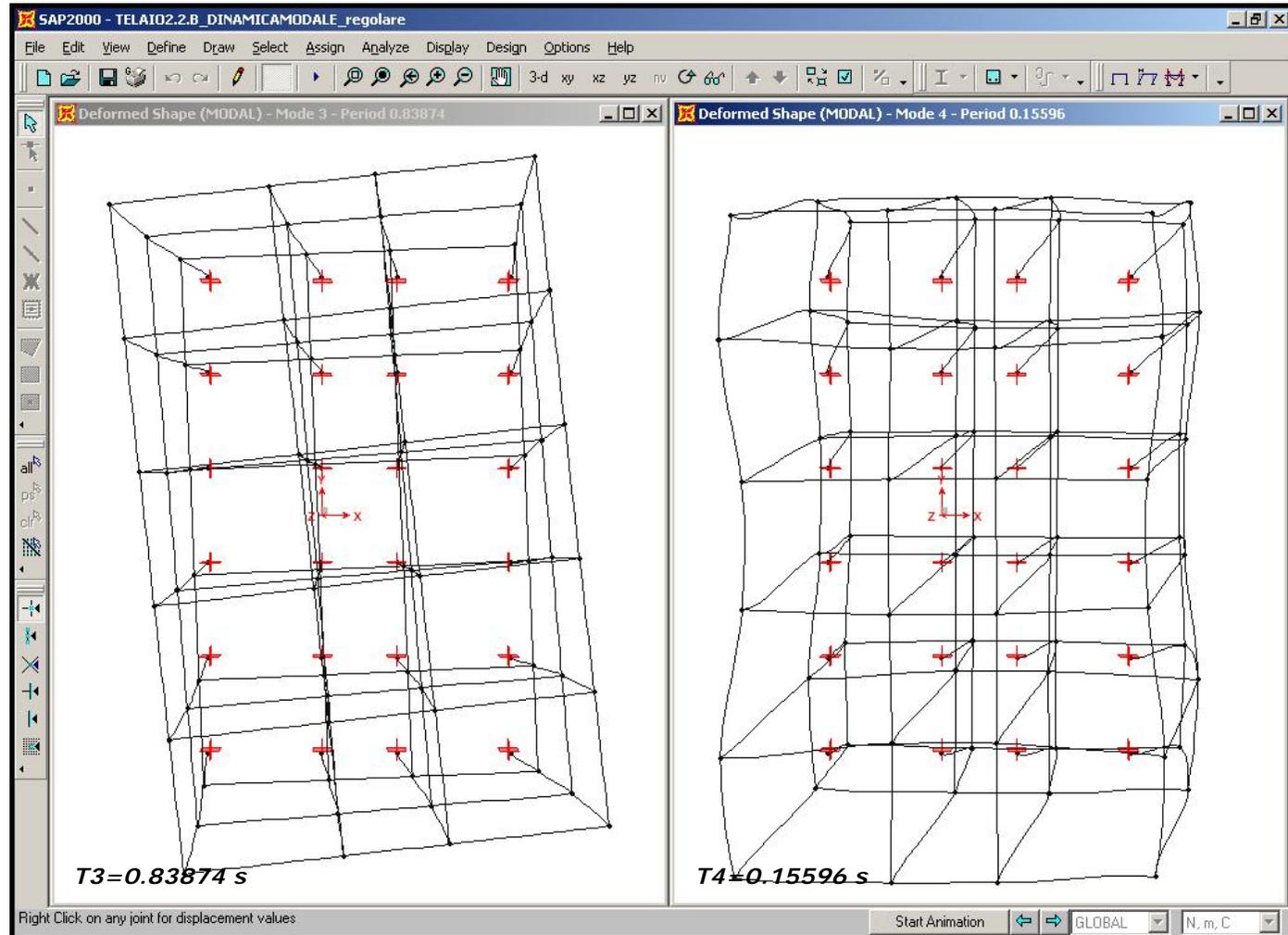
STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

METODO DI ANALISI STATICA LINEARE – modello spaziale

Confronto periodi, masse partecipanti e fattori di partecipazione modali:

STRUTTURA REGOLARE 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 LIENARE

METODO DI ANALISI STATICA LINEARE – modello spaziale

Confronto periodi, masse partecipanti e fattori di partecipazione modali:
STRUTTURA REGOLARE IN PIANTA ED IN ALTEZZA

OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0.888132	0.89	0.00	0.00
MODAL	Mode	2	0.862862	0.00	0.89	0.00
MODAL	Mode	3	0.838737	0.00	0.00	0.00
MODAL	Mode	4	0.155963	0.05	0.03	0.00
MODAL	Mode	5	0.069816	0.00	0.00	0.45
MODAL	Mode	6	0.068362	0.00	0.00	0.12
MODAL	Mode	7	0.065828	0.00	0.00	0.01
MODAL	Mode	8	0.056188	0.00	0.00	0.27
MODAL	Mode	9	0.053962	0.00	0.00	0.07
MODAL	Mode	10	0.024824	0.00	0.00	0.04
MODAL	Mode	11	0.019689	0.00	0.00	0.04
MODAL	Mode	12	0.000174	0.00	0.00	0.00

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

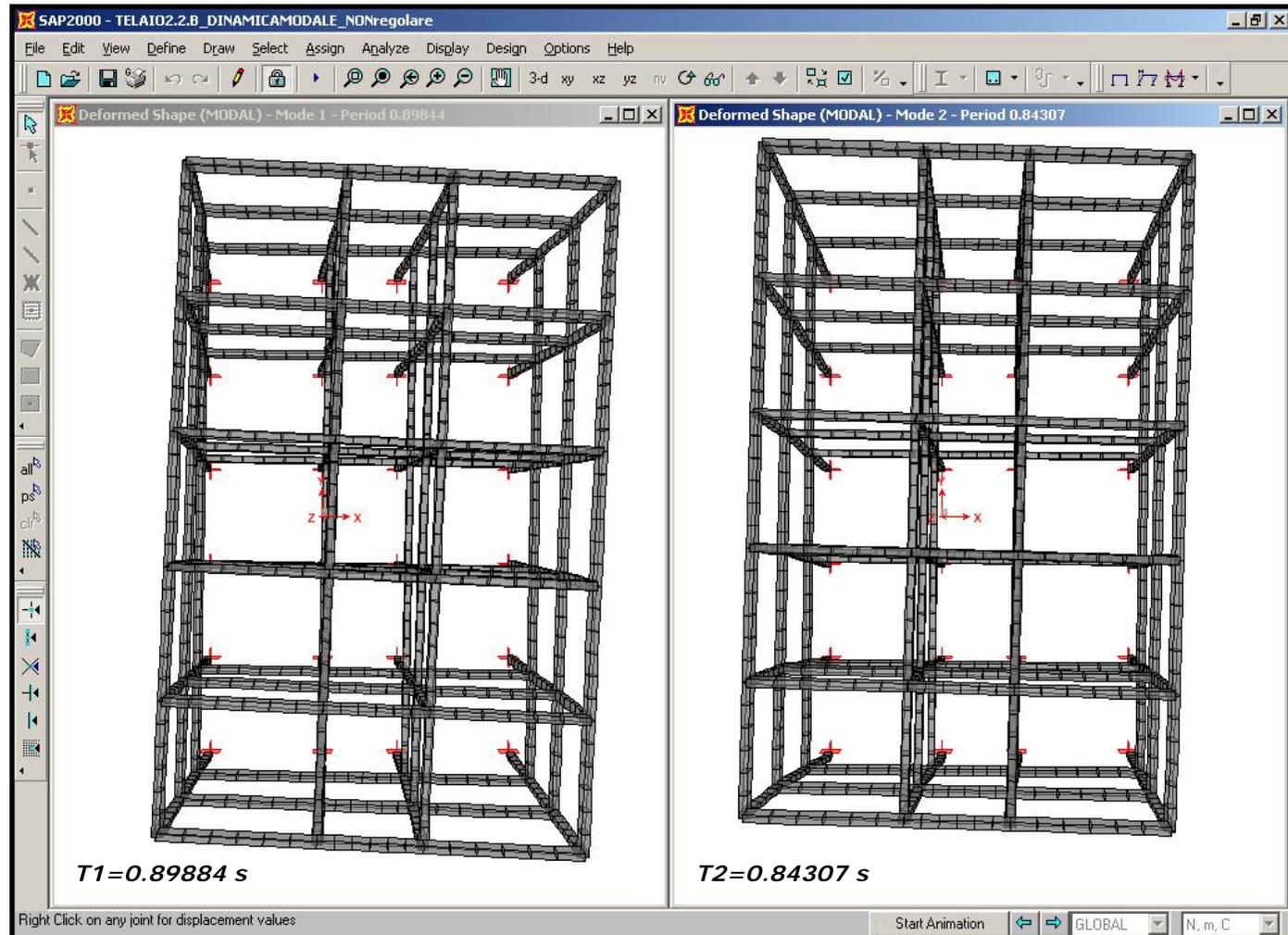
STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

METODO DI ANALISI STATICA LINEARE – modello spaziale

Confronto periodi, masse partecipanti e fattori di partecipazione modali:

STRUTTURA NON REGOLARE IN PIANTA REGOLARE IN ALTEZZA



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

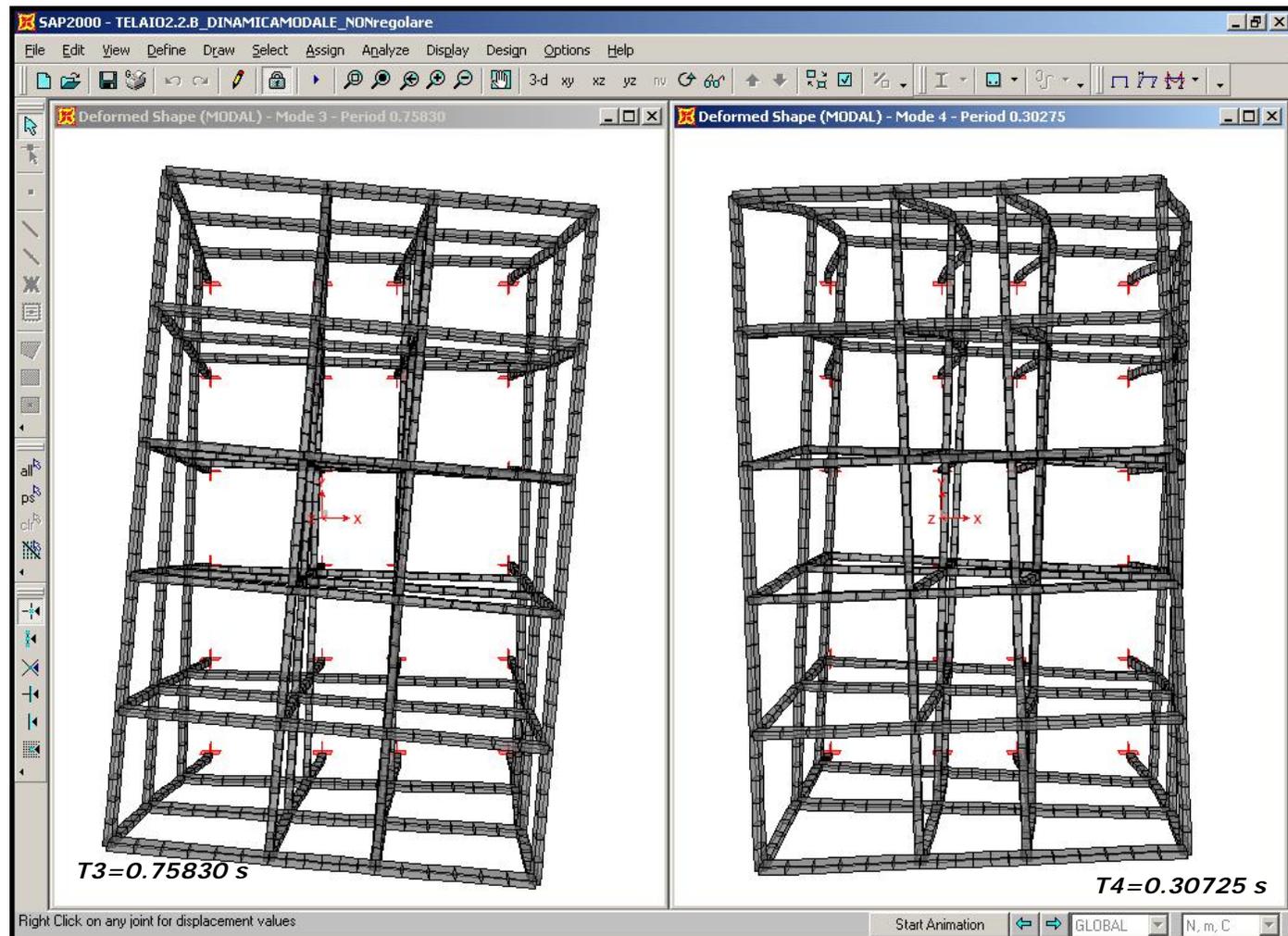
STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

METODO DI ANALISI STATICA LINEARE – modello spaziale

Confronto periodi, masse partecipanti e fattori di partecipazione modali:

STRUTTURA NON REGOLARE IN PIANTA REGOLARE IN ALTEZZA



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

METODO DI ANALISI STATICA LINEARE – modello spaziale

Confronto periodi, masse partecipanti e fattori di partecipazione modali:

STRUTTURA NON REGOLARE IN PIANTA REGOLARE IN ALTEZZA

OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1.00	0.90	0.68	0.06	0.00
MODAL	Mode	2.00	0.84	0.12	0.71	0.00
MODAL	Mode	3.00	0.76	0.08	0.12	0.00
MODAL	Mode	4.00	0.30	0.06	0.01	0.00
MODAL	Mode	5.00	0.28	0.02	0.07	0.00
MODAL	Mode	6.00	0.25	0.01	0.01	0.00
MODAL	Mode	7.00	0.19	0.01	0.00	0.00
MODAL	Mode	8.00	0.18	0.00	0.02	0.00
MODAL	Mode	9.00	0.07	0.00	0.00	0.54
MODAL	Mode	10.00	0.06	0.00	0.00	0.34
MODAL	Mode	11.00	0.04	0.00	0.00	0.04
MODAL	Mode	12.00	0.00	0.00	0.00	0.06

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

METODO DI ANALISI STATICA LINEARE – modello spaziale

Confronto periodi, masse partecipanti e fattori di partecipazione modali:

STRUTTURA NON REGOLARE IN PIANTA REGOLARE IN ALTEZZA

OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1.00	0.90	0.68	0.06	0.00
MODAL	Mode	2.00	0.84	0.12	0.71	0.00
MODAL	Mode	3.00	0.76	0.08	0.12	0.00
MODAL	Mode	4.00	0.30	0.06	0.01	0.00
MODAL	Mode	5.00	0.28	0.02	0.07	0.00
MODAL	Mode	6.00	0.25	0.01	0.01	0.00
MODAL	Mode	7.00	0.19	0.01	0.00	0.00
MODAL	Mode	8.00	0.18	0.00	0.02	0.00
MODAL	Mode	9.00	0.07	0.00	0.00	0.54
MODAL	Mode	10.00	0.06	0.00	0.00	0.34
MODAL	Mode	11.00	0.04	0.00	0.00	0.04
MODAL	Mode	12.00	0.00	0.00	0.00	0.06

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

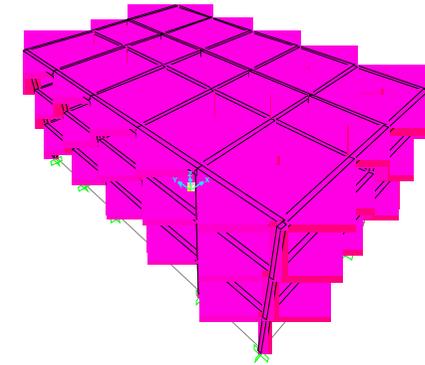
STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LIENARE

METODO DI ANALISI STATICA LINEARE – modello spaziale

Calcolo del taglio alla base:

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

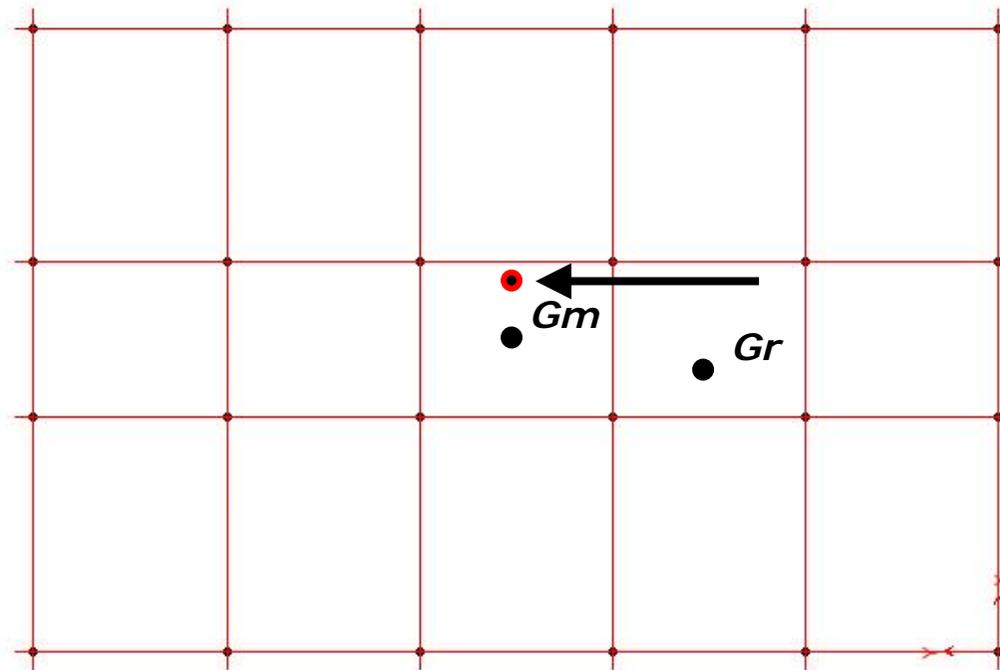
METODO DI ANALISI STATICA LINEARE – modello spaziale

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

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

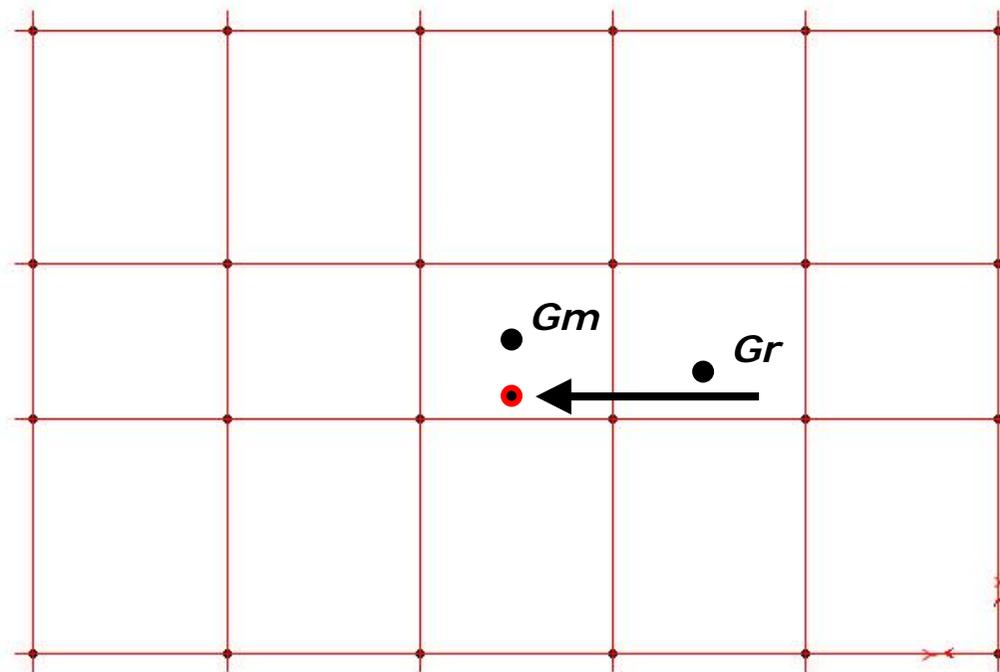
METODO DI ANALISI STATICA LINEARE – modello spaziale

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

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

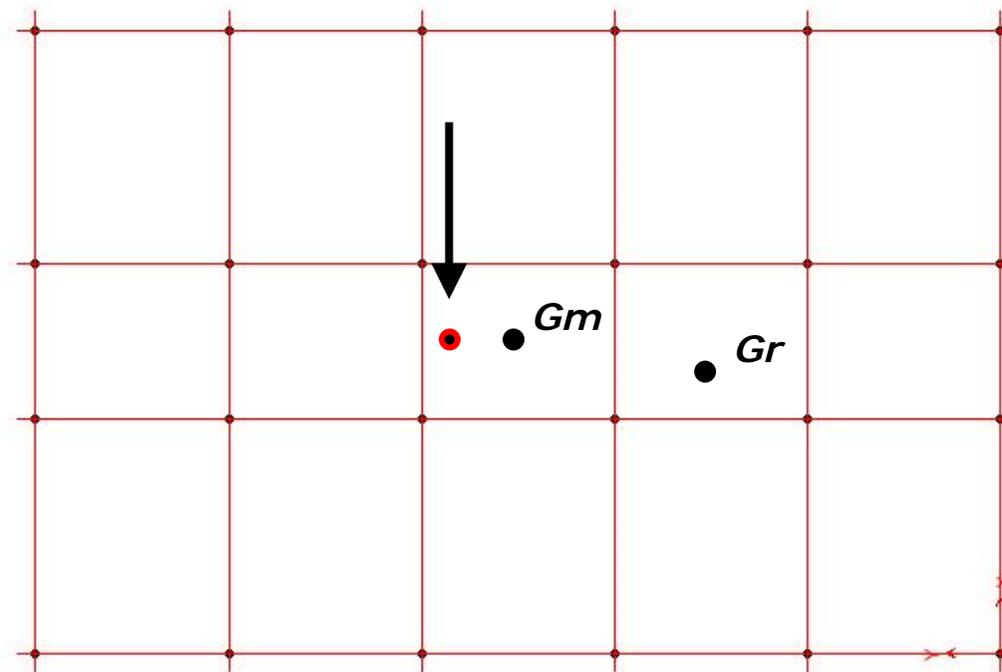
METODO DI ANALISI STATICA LINEARE – modello spaziale

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

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

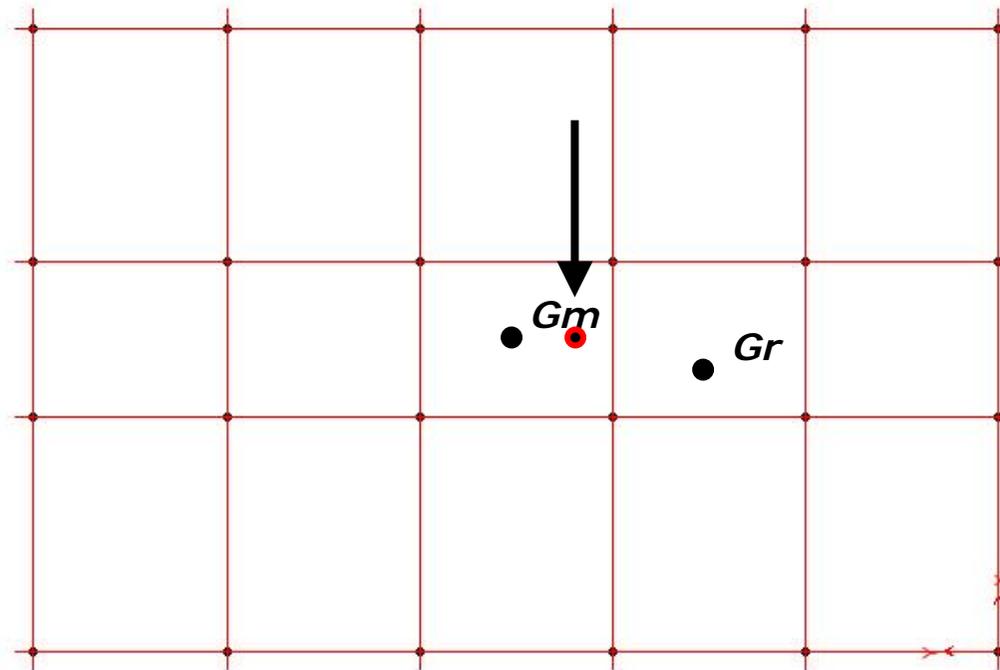
METODO DI ANALISI STATICA LINEARE – modello spaziale

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

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LIENARE

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.

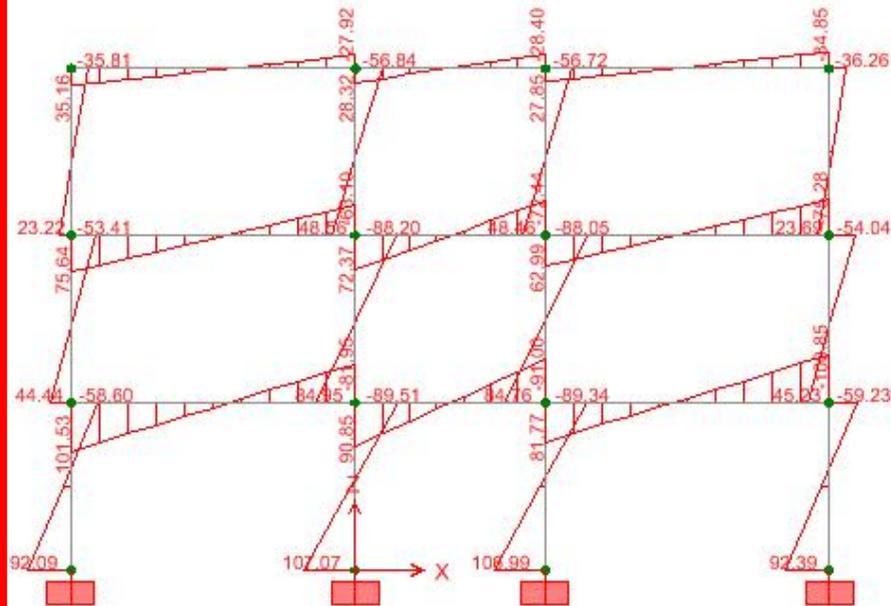
“... ”

$$e_{1x} = e_{2x} = e_{3x} = 0.05 \times 16 = 0.80m$$

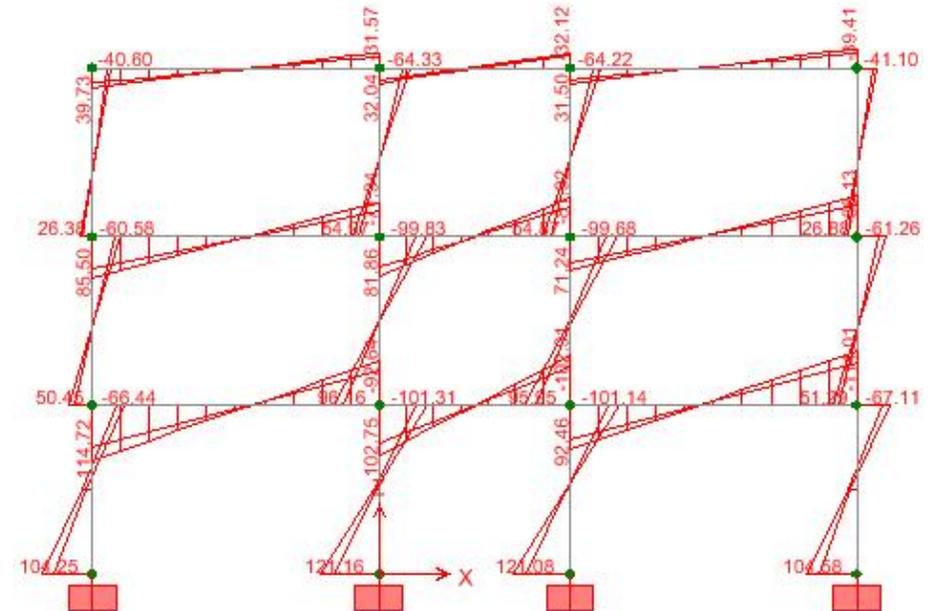
$$e_{1y} = e_{2y} = e_{3y} = 0.05 \times 25 = 1.25m$$

$$M_{3x}^+ = -M_{3x}^- = F_{six} \cdot e_{1y} = 38.9 \times 1.25 = 48.6tm$$

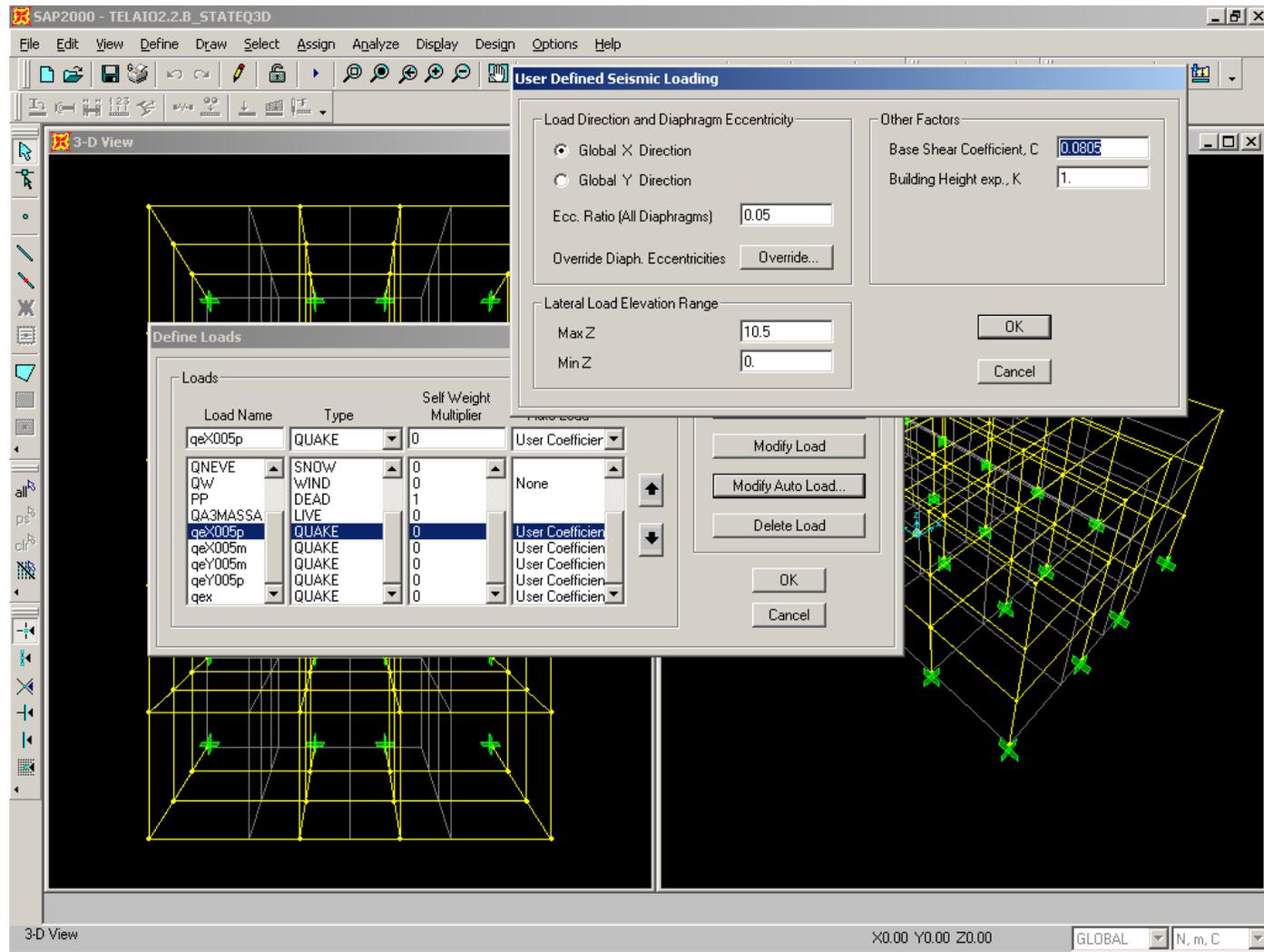
...nelle altre direzioni...

METODO DI ANALISI STATICA LINEARE – modello spaziale

MOMENTO INDOTTO DALLE FORZE SISMICHE
DIREZIONE X IN ASSENZA DI ECCENTRICITA'



MOMENTO INDOTTO DALLE FORZE SISMICHE
DIREZIONE X IN PRESENZA DI ECCENTRICITA'

MENU GENERALE**CENNO STATI LIMITE****ANALISI SISMICA****STATICA LINEARE 2D****STATICA LINEARE 3D****DINAMICA MODALE****STATICA NON LINEARE****DINAMICA NON LINEARE****METODO DI ANALISI STATICA LINEARE – modello spaziale – SAP2000**

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

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

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

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

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

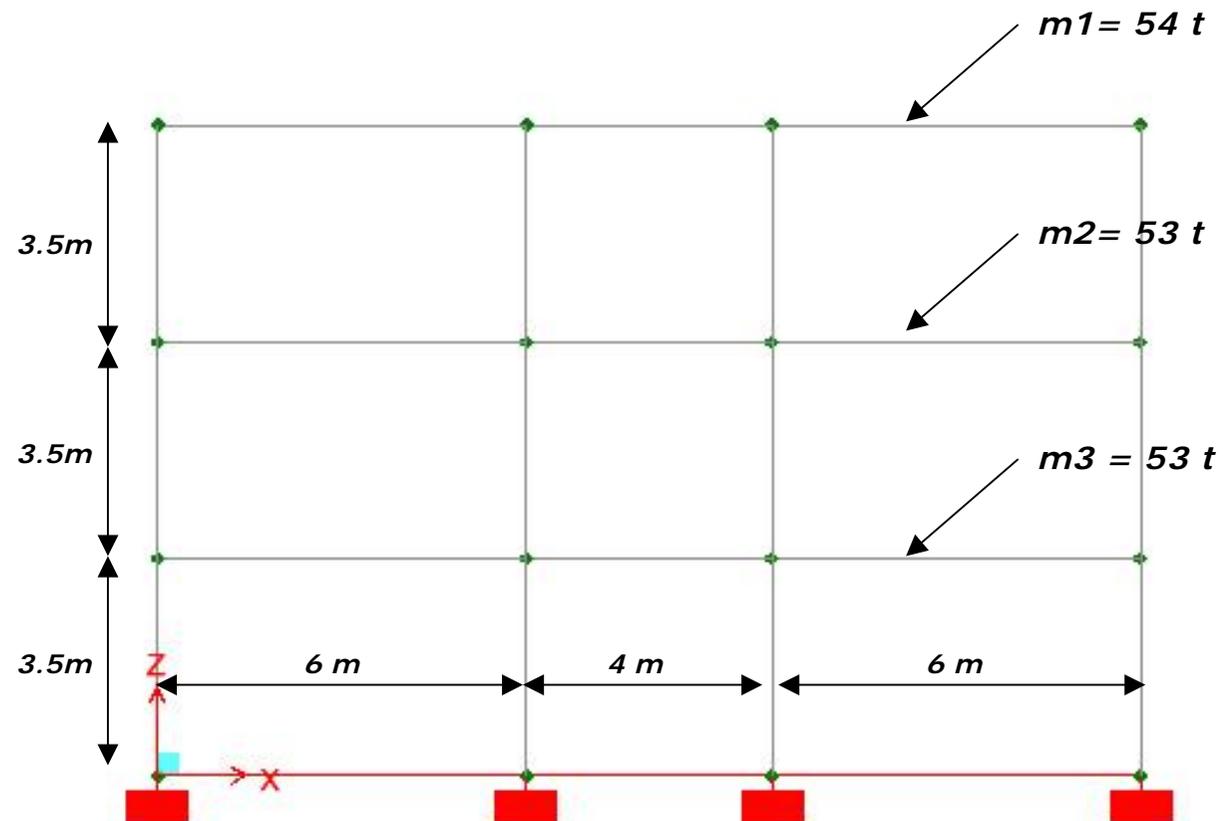
DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

ESEMPIO:

RIFERENDOSI ALL'ESEMPIO 1 NELL'IPOTESI DI SIMMETRIA SI PROCEDE AD UNA ANALISI MODALE PIANA.



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

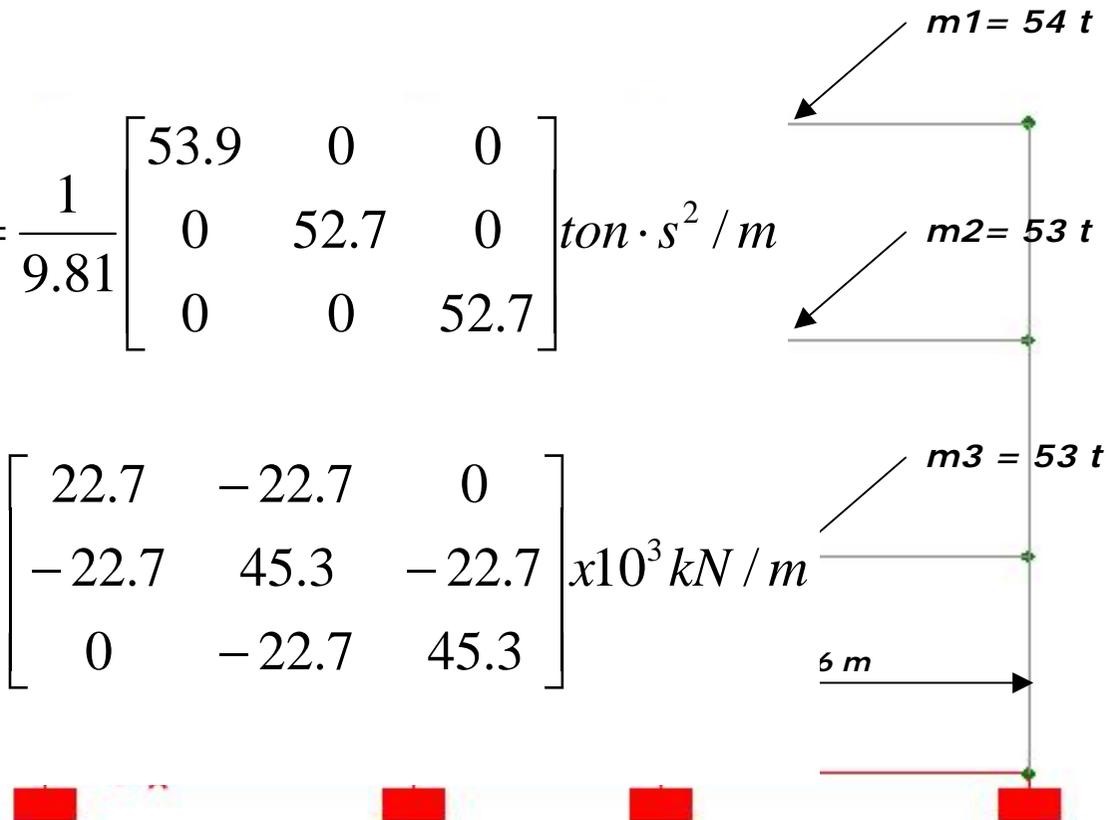
DINAMICA NON LINEARE

ESEMPIO:

RIFERENDOSI ALL'ESEMPIO 1 NELL'IPOTESI DI SIMMETRIA SI PROCEDE
AD UNA ANALISI MODALE PIANA.

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

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



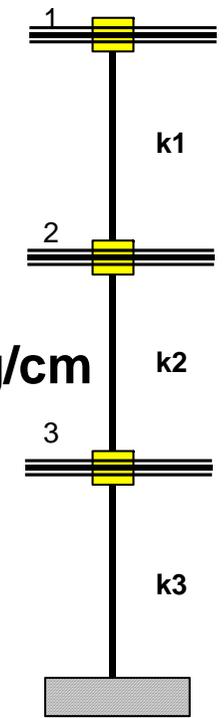
ESEMPIO:

RIFERENDOSI ALL'ESEMPIO 1 NELL'IPOTESI DI SIMMETRIA SI PROCEDE
AD UNA ANALISI MODALE PIANA.

H =	350 cm					
E =	300000 Kg/cm ²			k1=k2=k3=	22670.55 Kg/cm	
J =	67500 cm ⁴					
n =	4					

K =	K ₁₁	K ₁₂	K ₁₃	=	22.7	-22.7	0.0	x10³ kg/cm
	K ₂₁	K ₂₂	K ₂₃		-22.7	45.3	-22.7	
	K ₃₁	K ₃₂	K ₃₃		0.0	-22.7	45.3	

K_{ij} Forza al nodo i compatibile con lo spostamento del grado di libertà j-esimo



NB: SI E' TRASCURATA LA RIGIDEZZA A TAGLIO, GRADI DI LIBERTA' SOLO TRASLAZIONALI (IMP. INF. RIGIDI)

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

ESEMPIO:

RIFERENDOSI ALL'ESEMPIO 1 NELL'IPOTESI DI SIMMETRIA SI PROCEDE AD UNA ANALISI MODALE PIANA.

RICERCA DEGLI AUTOVALORI [FREQUENZE PROPRIE]:

$$|K - \omega^2 M| = 0 \Rightarrow \omega = \begin{bmatrix} 7.7 \\ 22.9 \\ 35.5 \end{bmatrix} \text{ rad / s} \Rightarrow T = \begin{bmatrix} 0.81 \\ 0.27 \\ 0.18 \end{bmatrix} \text{ s}$$

RICERCA DEGLI AUTOVETTORI [FORME MODALI]:

$$(K - \omega_i^2 M)\Phi_i = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \Rightarrow \Phi_1 = \begin{bmatrix} 1 \\ 0.776 \\ 0.390 \end{bmatrix}; \Phi_2 = \begin{bmatrix} -0.803 \\ 0.560 \\ 1 \end{bmatrix}; \Phi_3 = \begin{bmatrix} 0.414 \\ -1 \\ 0.901 \end{bmatrix}$$

CALCOLO DEL FATTORE DI PARTECIPAZIONE E DELLA MASSA PARTECIPANTE:

$$M_j^* = \Phi_j^T M \Phi_j; \quad \gamma_j = \frac{\Phi_j^T M}{M_j^*}; \quad M_{\%} = \frac{(\Phi_j^T M)^2}{M_j^*}$$

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

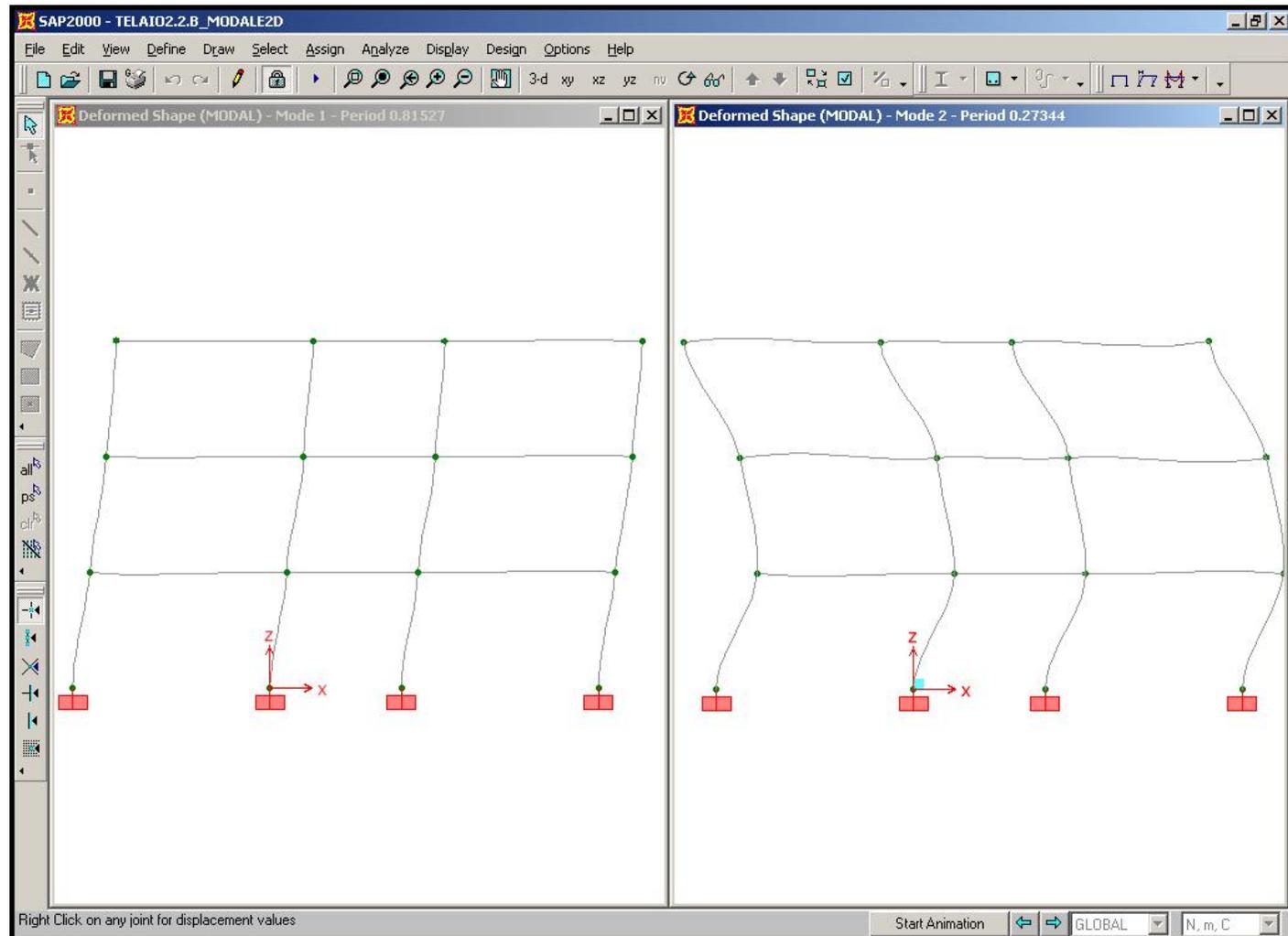
DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

ESEMPIO:

RIFERENDOSI ALL'ESEMPIO 1 NELL'IPOTESI DI SIMMETRIA SI PROCEDE AD UNA ANALISI MODALE PIANA.

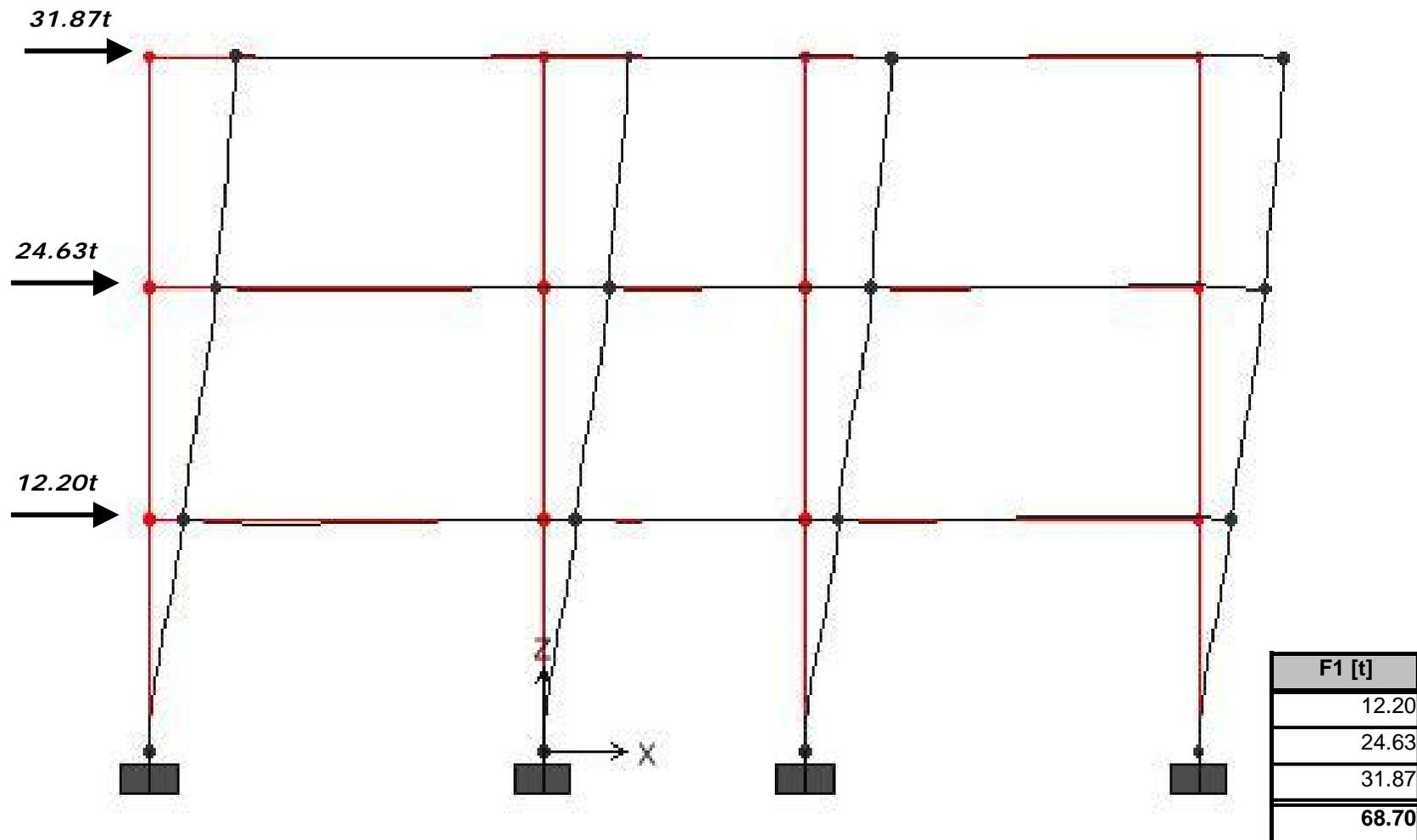


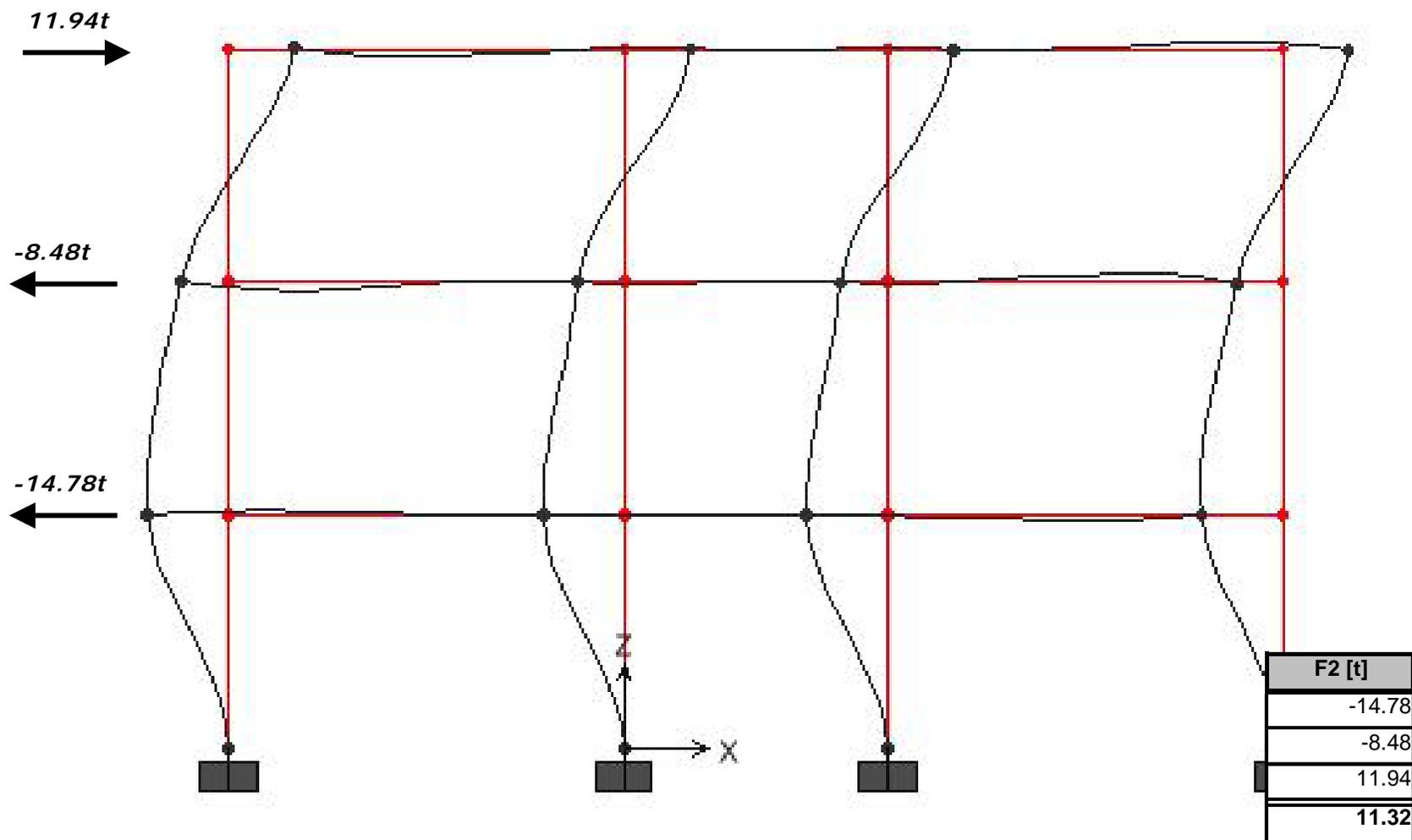
DETERMINAZIONE DEGLI AUTOVETTORI

OutputCase	CaseType	StepType	StepNum	Joint	U1	autovettore
Text	Text	Text	Unitless	Text	m	A1
MODAL	LinModal	Mode	1	10	0.125505	0.382973465
MODAL	LinModal	Mode	1	11	0.2533	0.772934772
MODAL	LinModal	Mode	1	12	0.327712	1
A2						
MODAL	LinModal	Mode	2	10	-0.308247	1
MODAL	LinModal	Mode	2	11	-0.176865	0.573776874
MODAL	LinModal	Mode	2	12	0.249084	-0.808066259
A3						
MODAL	LinModal	Mode	3	10	-0.281043	0.915148437
MODAL	LinModal	Mode	3	11	0.307101	-1
MODAL	LinModal	Mode	3	12	-0.126848	0.413049778

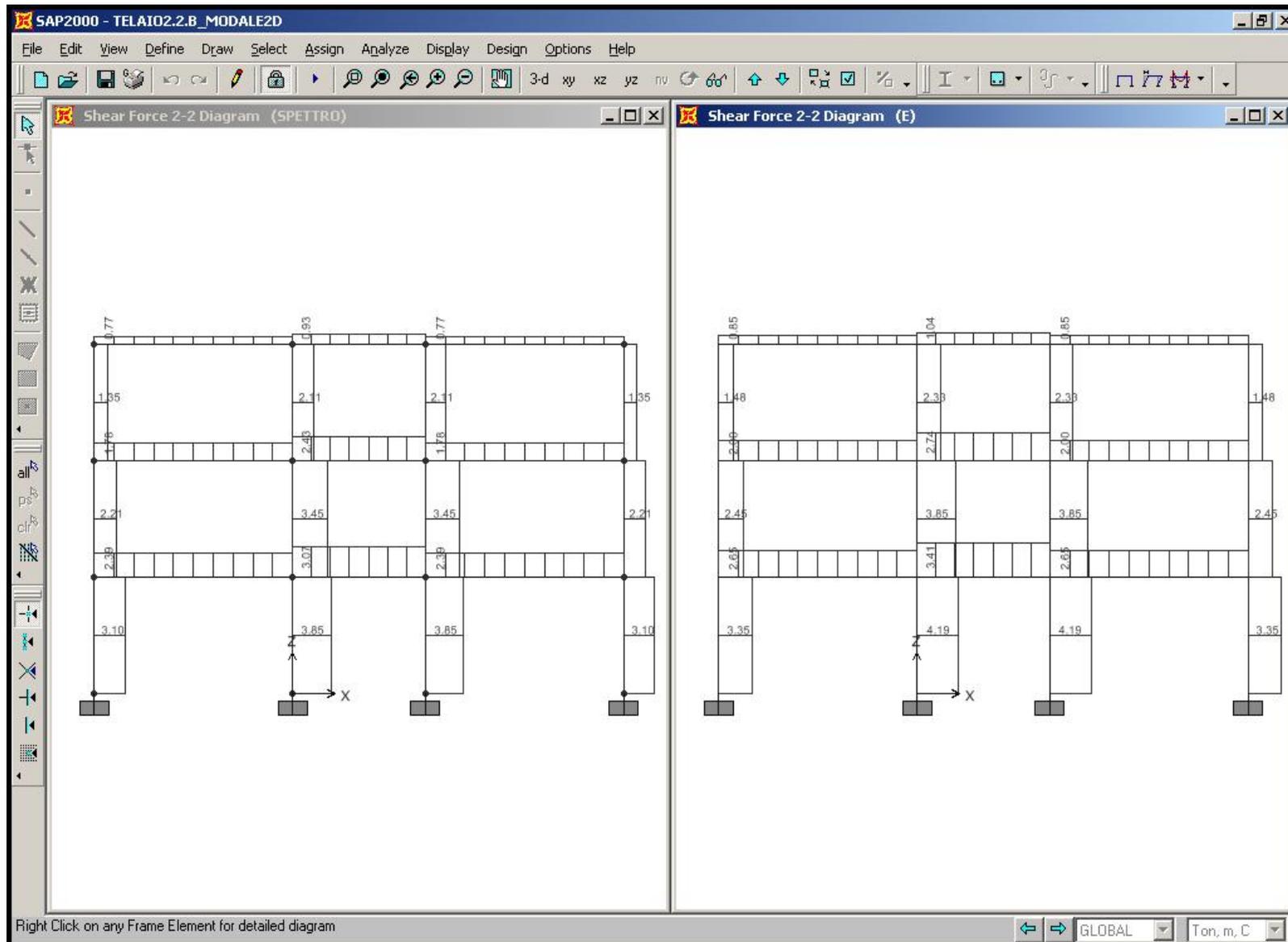
CALCOLO DELLE FORZE MODALI APPLICATE AI DIVERSI IMPALCATI

piano	M [ts ² /m]	Sad [m/sec ²]	gi	F1 [t]	F2 [t]	F3 [t]
1	5.28	4.84334	0.888745	12.20	14.78	6.39
2	5.28	7.664	0.092514	24.63	8.48	-6.98
3	5.40	7.664	0.018741	31.87	-11.94	2.89
	15.96			68.70	11.32	2.29
combinazione secondo SRSS				Vb	69.66 t	

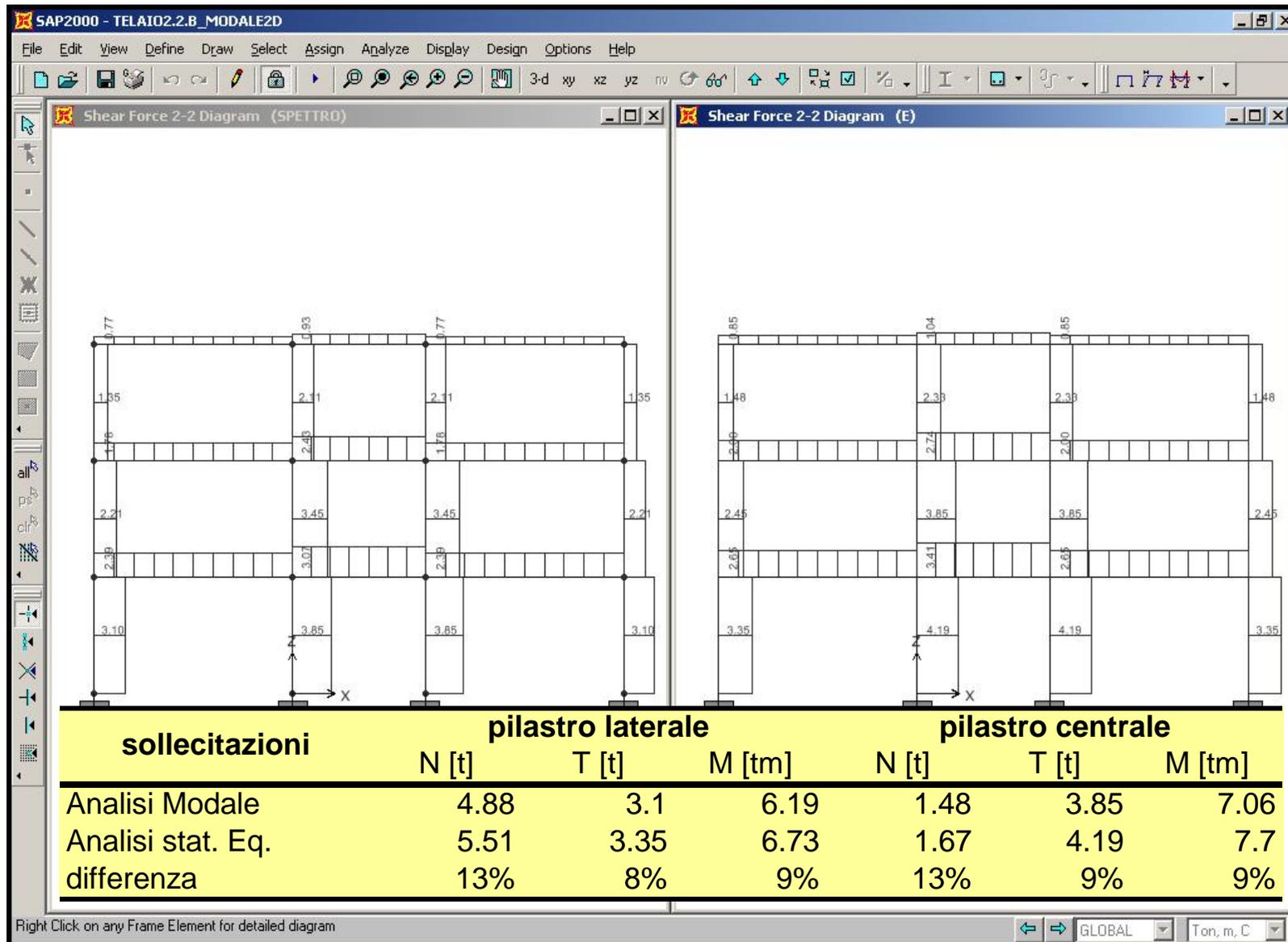
CALCOLO DEI TAGLIANTI CORRISPONDENTI AI DIVERSI MODI

CALCOLO DEI TAGLIANTI CORRISPONDENTI AI DIVERSI MODI

CONFRONTO ANALISI MODALE PIANA E ANALISI STATICA EQUIVALENTE



CONFRONTO ANALISI MODALE PIANA E ANALISI STATICA EQUIVALENTE



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LIENARE

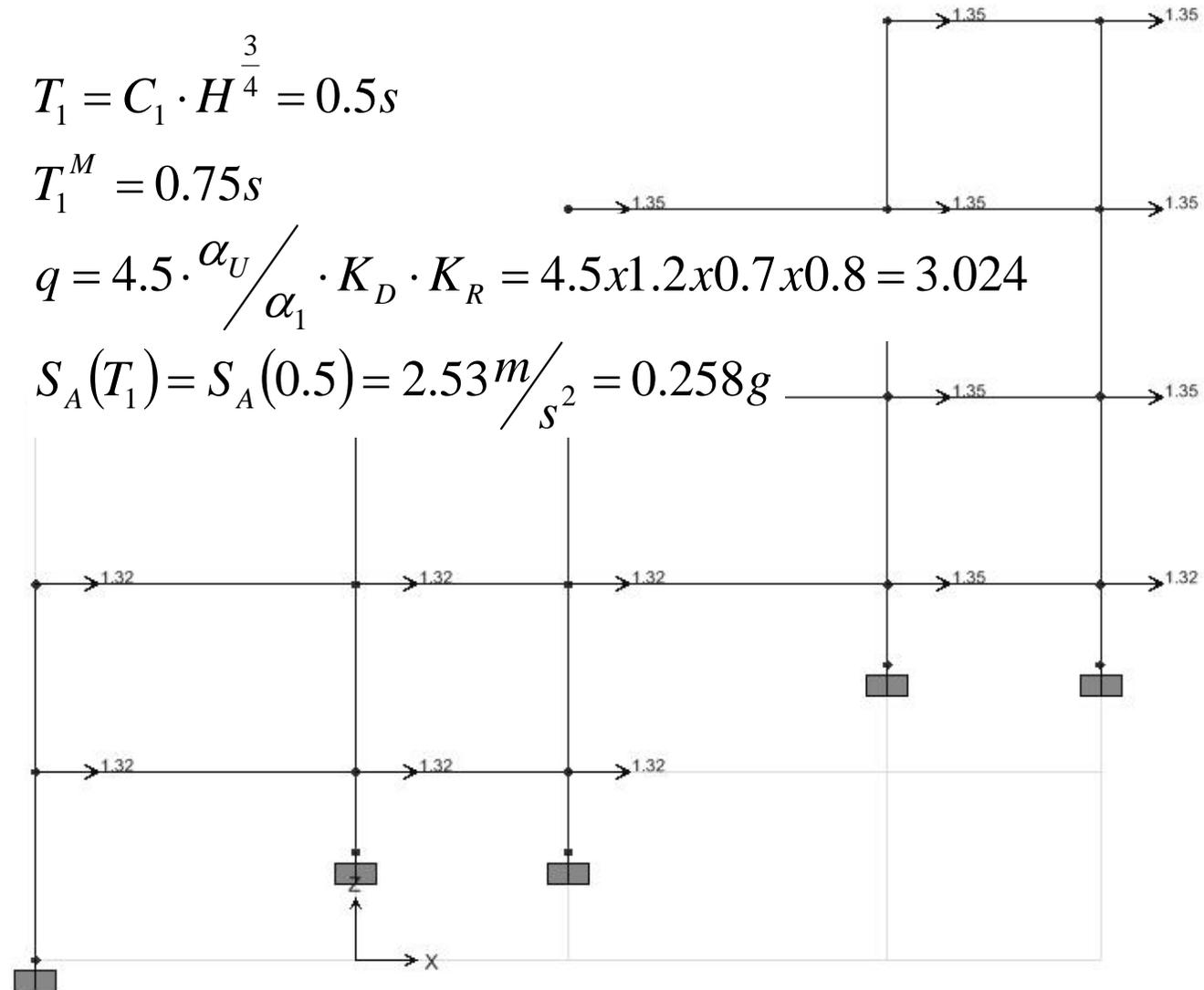
ESEMPIO:**STRUTTURA NON REGOLARE IN ALTEZZA**

$$T_1 = C_1 \cdot H^{\frac{3}{4}} = 0.5s$$

$$T_1^M = 0.75s$$

$$q = 4.5 \cdot \frac{\alpha_U}{\alpha_1} \cdot K_D \cdot K_R = 4.5 \times 1.2 \times 0.7 \times 0.8 = 3.024$$

$$S_A(T_1) = S_A(0.5) = 2.53 \frac{m}{s^2} = 0.258g$$



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LIENARE

ESEMPIO:**STRUTTURA NON REGOLARE IN ALTEZZA**

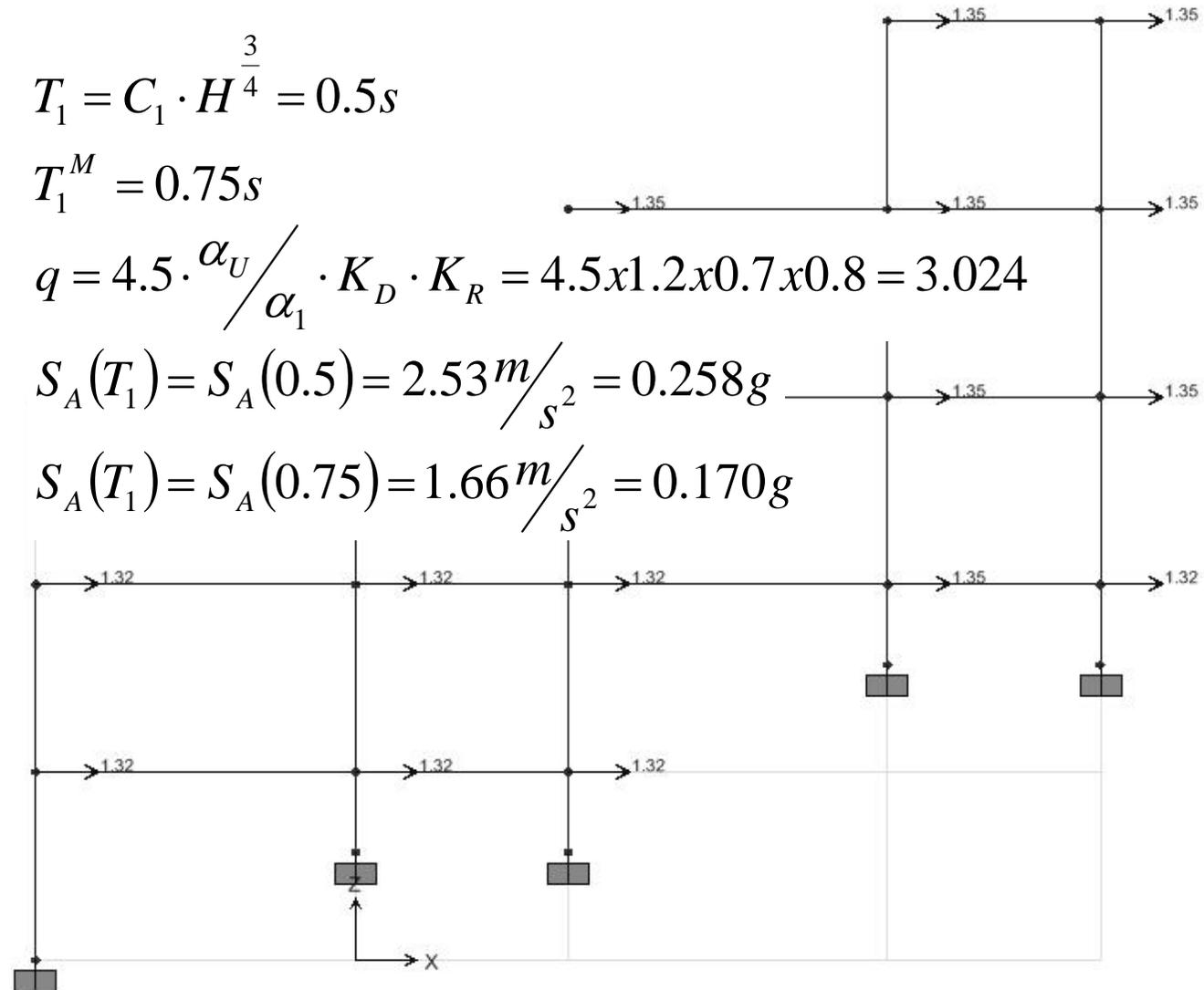
$$T_1 = C_1 \cdot H^{\frac{3}{4}} = 0.5s$$

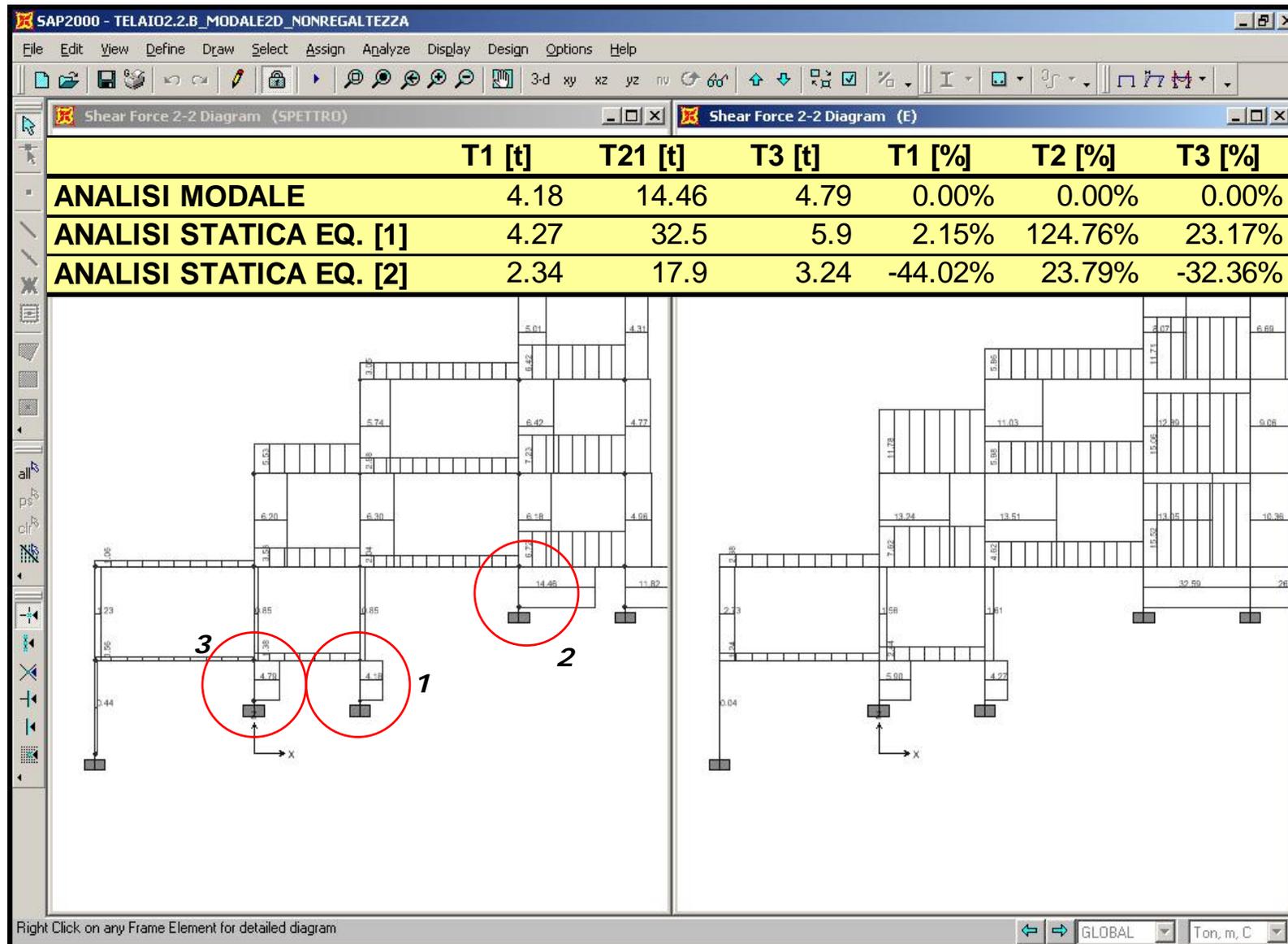
$$T_1^M = 0.75s$$

$$q = 4.5 \cdot \frac{\alpha_U}{\alpha_1} \cdot K_D \cdot K_R = 4.5 \times 1.2 \times 0.7 \times 0.8 = 3.024$$

$$S_A(T_1) = S_A(0.5) = 2.53 \frac{m}{s^2} = 0.258g$$

$$S_A(T_1) = S_A(0.75) = 1.66 \frac{m}{s^2} = 0.170g$$



ESEMPIO: STRUTTURA NON REGOLARE IN ALTEZZA

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

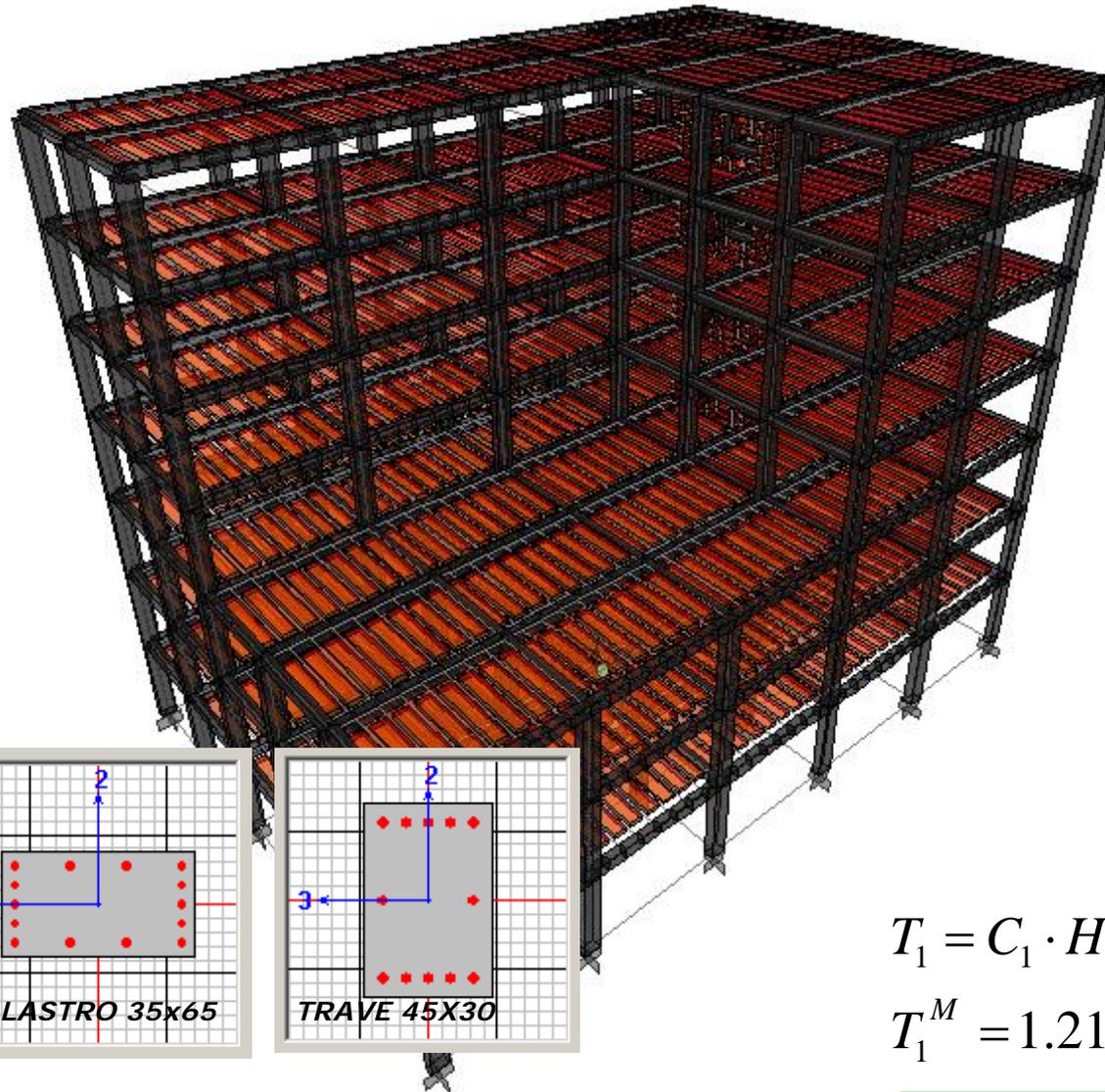
STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

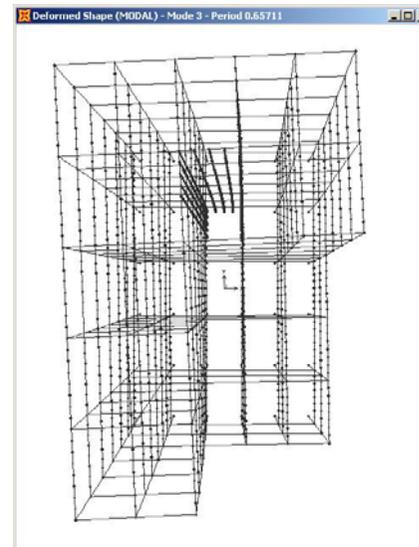
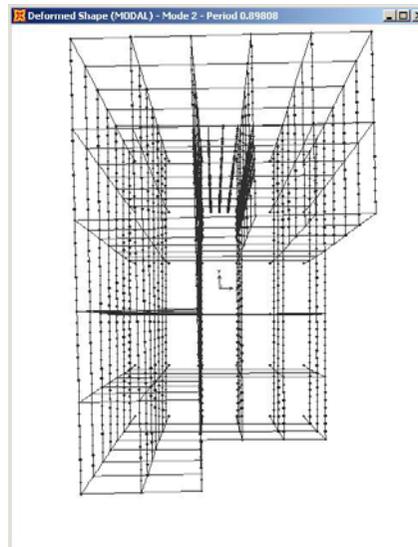
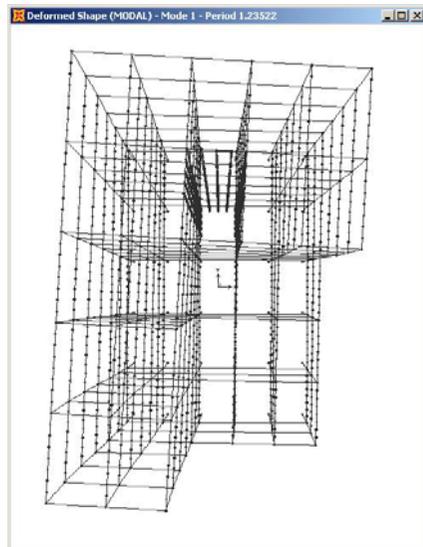
ESEMPIO:**STRUTTURA NON REGOLARE IN ALTEZZA**

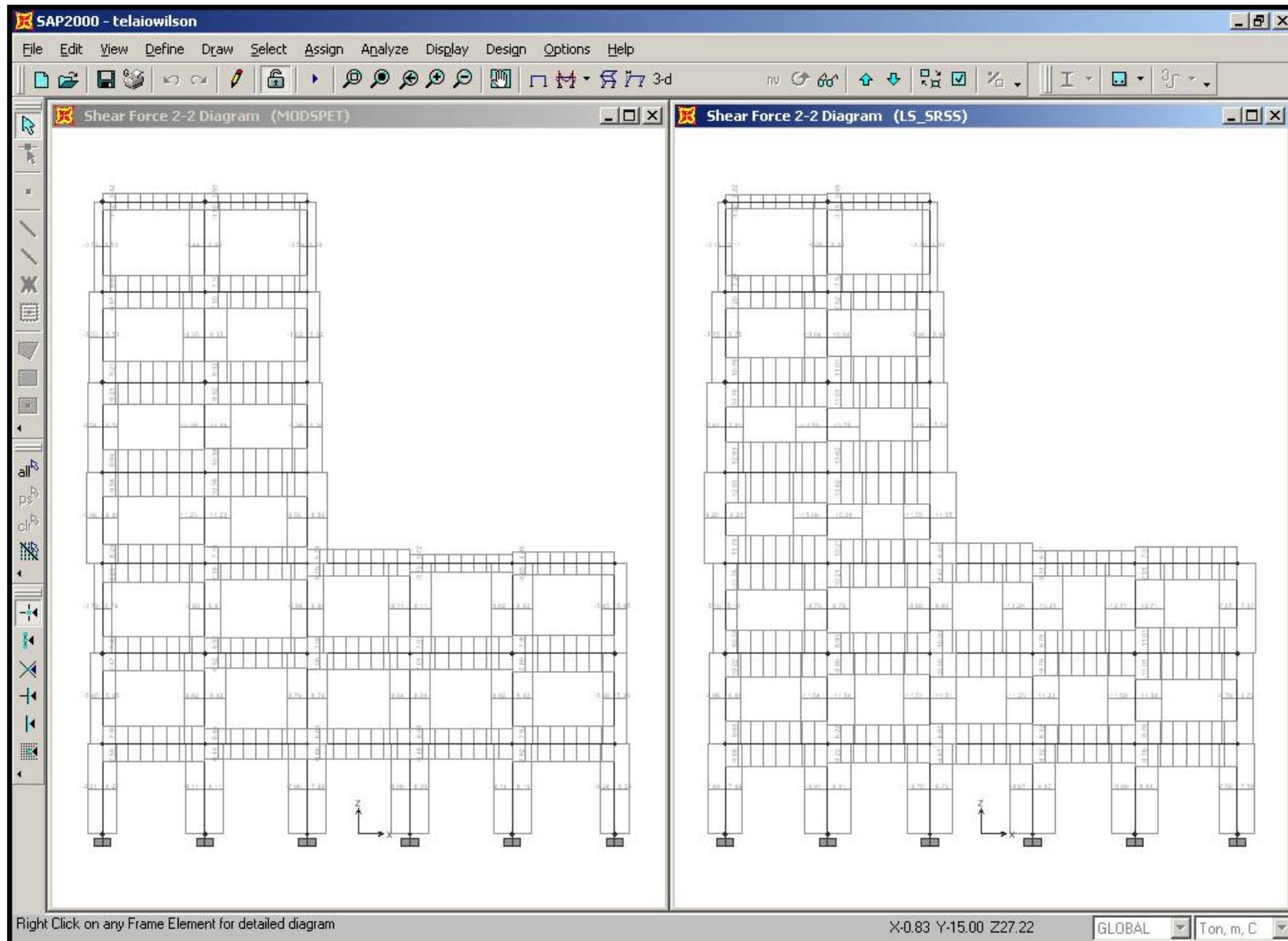
$$T_1 = C_1 \cdot H^{\frac{3}{4}} = 0.83s$$

$$T_1^M = 1.21s$$

ESEMPIO: STRUTTURA NON REGOLARE IN ALTEZZA

Modal	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY
Unitless	Sec	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

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

RIEPILOGO:**RIEPILOGO DEFINIZIONI**

PERIODO:

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

FREQUENZA:

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

MASSA ATTIVATA NEL MODO J-esimo

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

FATTORE DI PARTECIPAZIONE

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

R: VETTORE DI TRASCINAMENTO

TAGLIO ALLA BASE

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

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

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

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

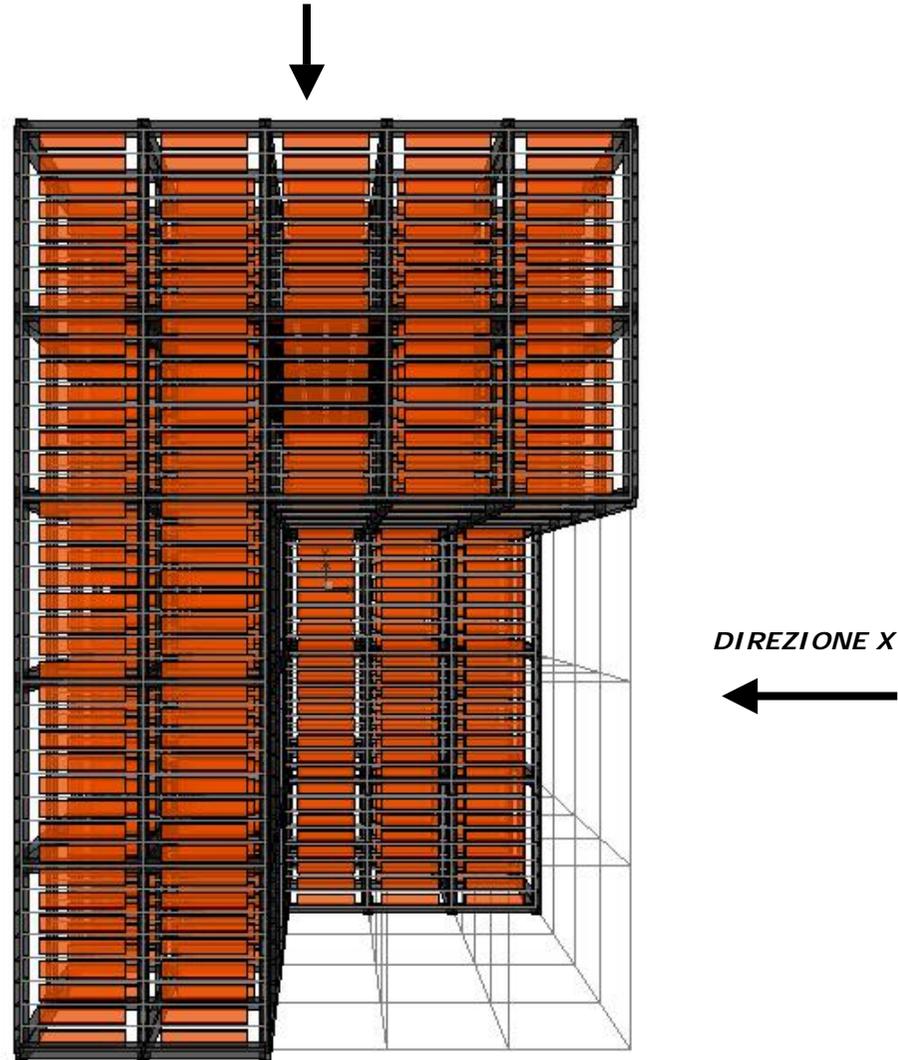
STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

ESEMPIO: UTILIZZO DI SRSS COME COMBINAZIONI DELLE DIREZIONI



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

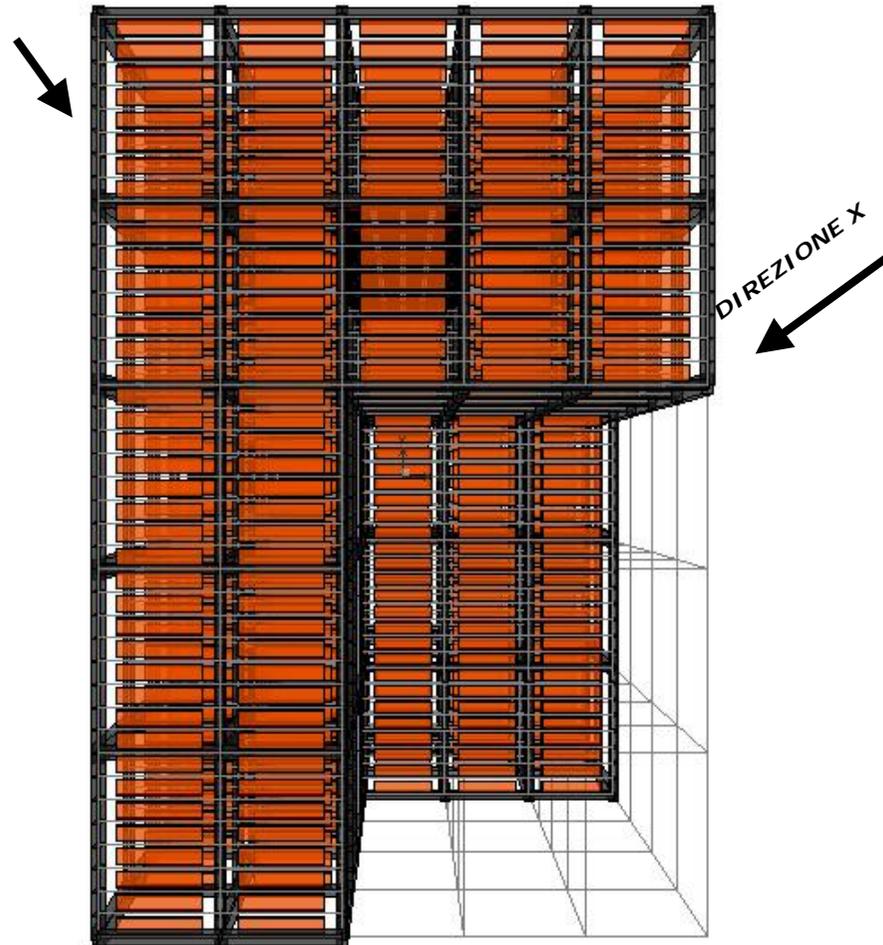
STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

ESEMPIO: UTILIZZO DI SRSS COME COMBINAZIONI DELLE DIREZIONI



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

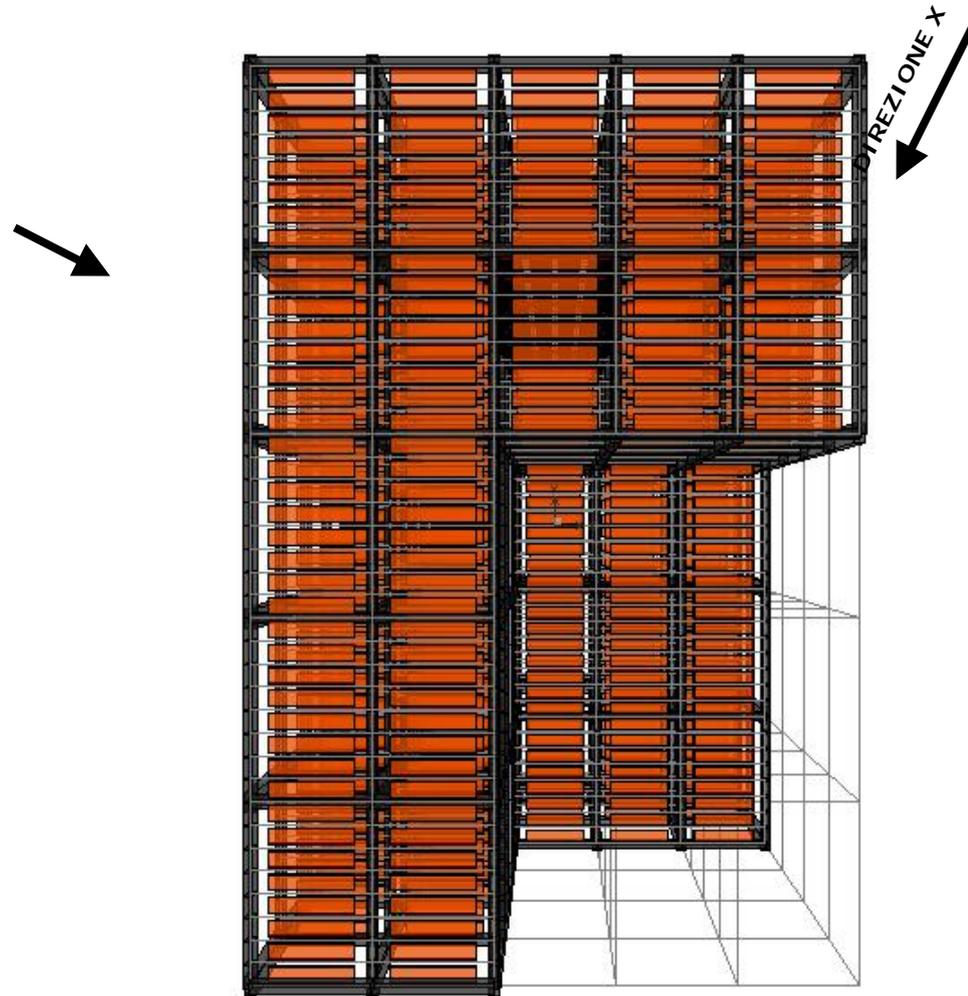
STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

ESEMPIO: UTILIZZO DI SRSS COME COMBINAZIONI DELLE DIREZIONI



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LIENARE

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

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

DIR x =R_{90°}(X), DIR y= R_{90°}(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

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****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

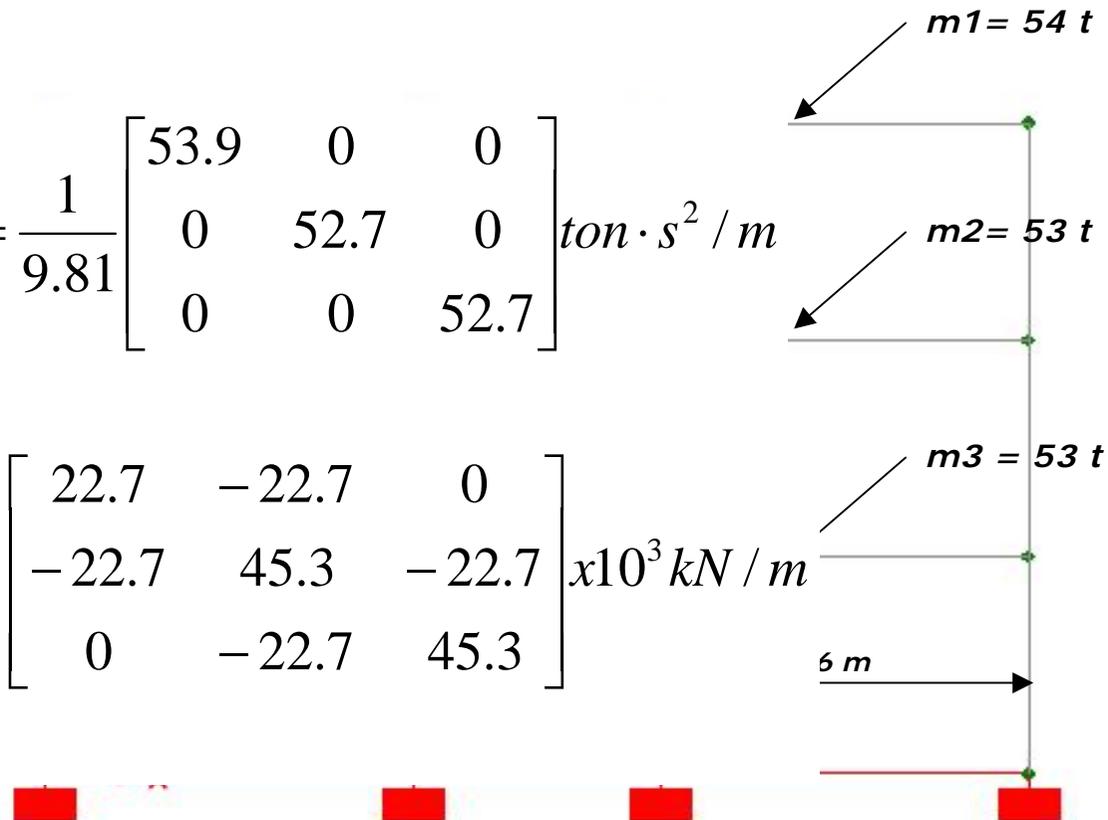
STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LIENARE

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 DEFORMATA 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

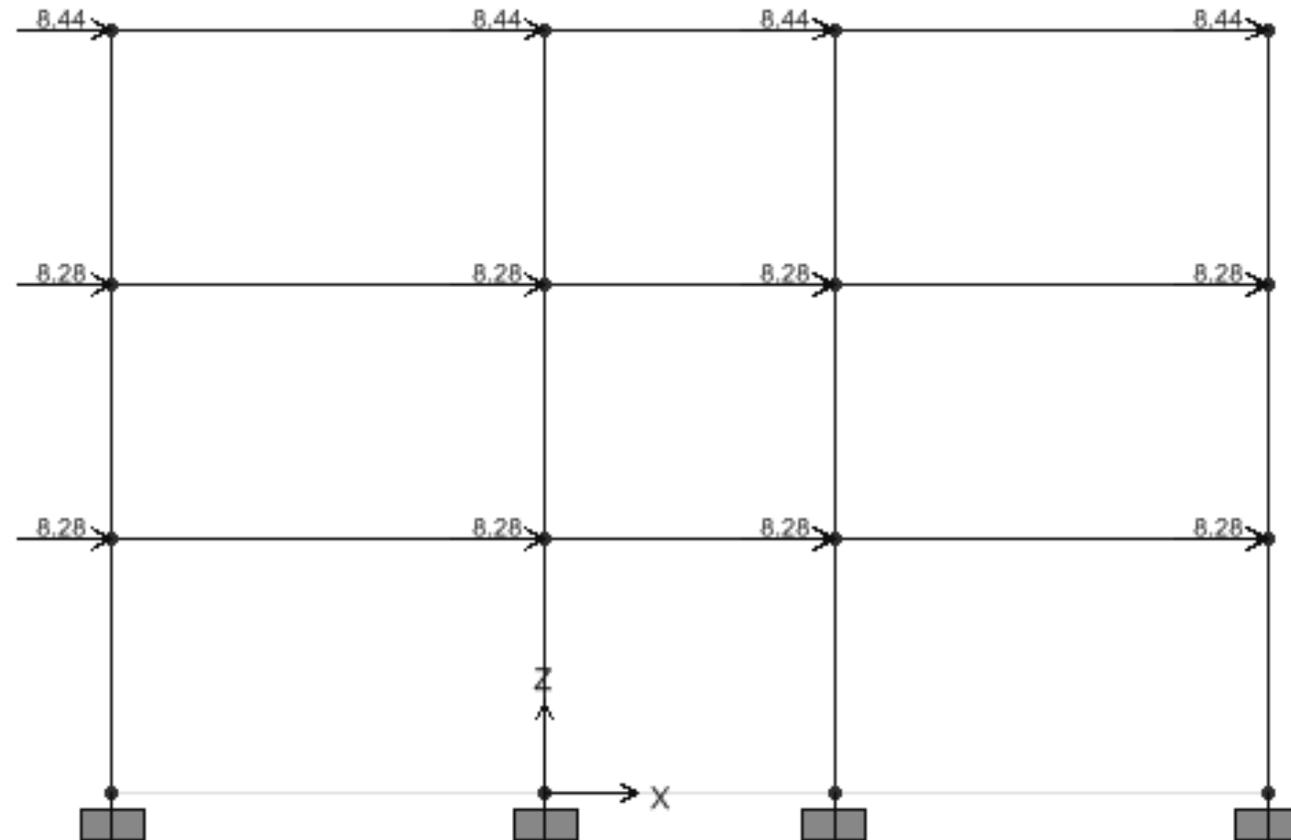
STATICA LINEARE 3D

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

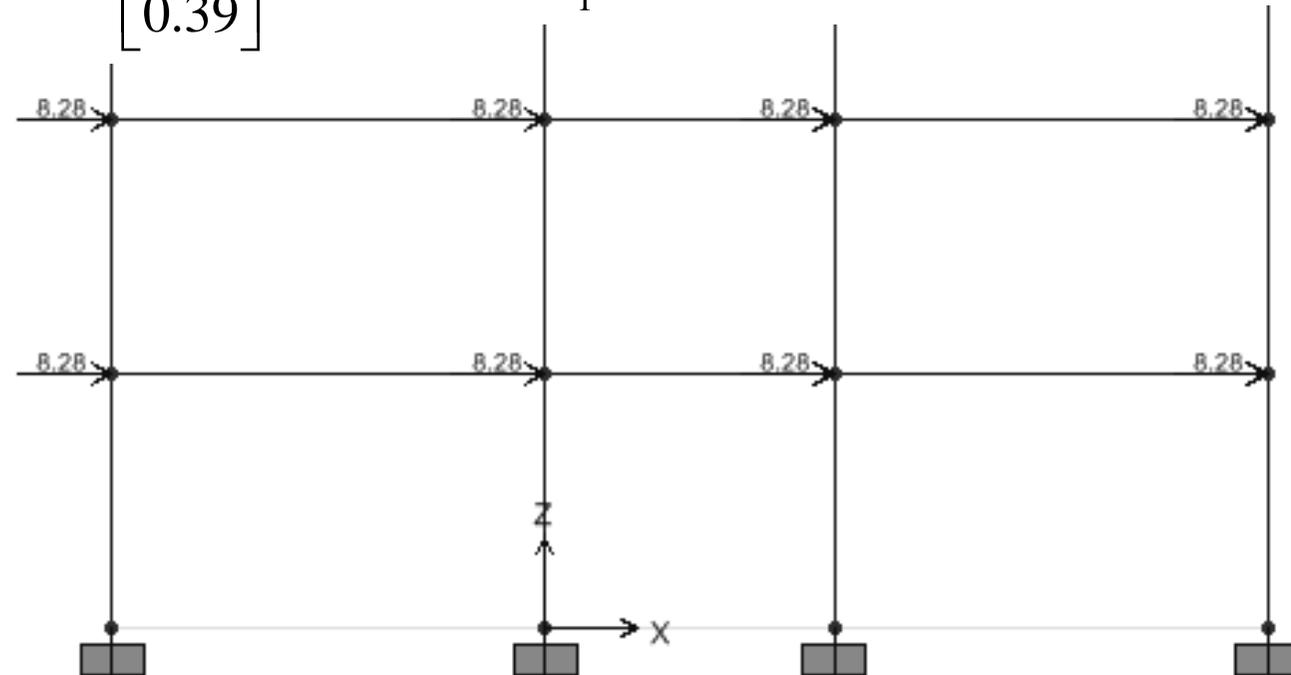
DINAMICA MODALE

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		γ_i	1.23	
	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	0	42	0.0000	0	F_{ym}^*	28 t
1	0.0025	2	41	1	0	0	0	0	0	0	0	42	0.0020	2	dm^*	0.103 m
2	0.0353	19	34	8	0	0	0	0	0	0	0	42	0.0287	16	E^*m	2.03 tm
3	0.0538	26	30	10	2	0	0	0	0	0	0	42	0.0437	21	dy^*	0.06 m
4	0.0822	31	27	8	5	2	0	0	0	0	0	42	0.0668	25	Ky^*	462.39 tm
5	0.0964	32	23	10	6	3	0	0	0	0	0	42	0.0784	26	m^*	118.18 t
6	0.1264	34	23	4	8	7	0	0	0	0	0	42	0.1028	27	T^*	1.004495 s
7	0.1419	34	23	3	8	7	0	1	0	0	0	42	0.1154	28		

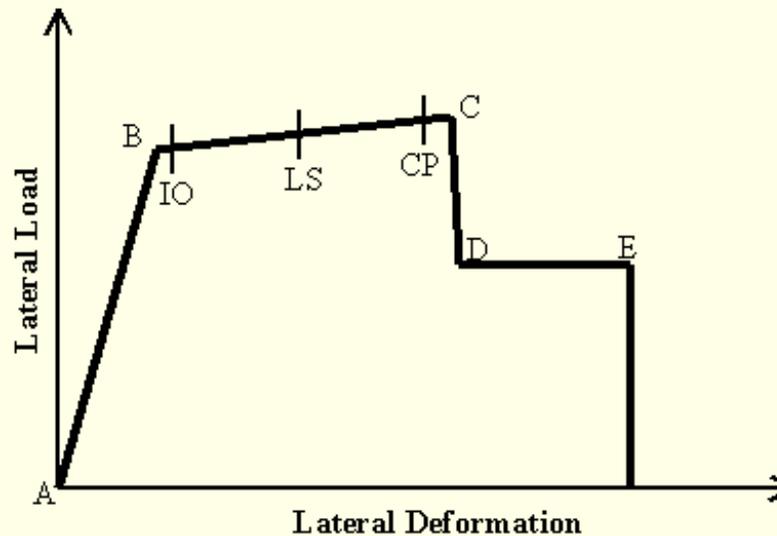
- 1) Si determina la curva di pushover del sistema MDOF:
- 2) V MAX TAGLIO, D MAX SPOSTAMENTO
- 3) Ci si riconduce ad un sistema SDOF elastoplastico equivalente
- 4) Si determina il periodo del sistema equivalente
- 5) Si determina lo spettro in termini di spostamento del sistema eq.
- 6) Si calcola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

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

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

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											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



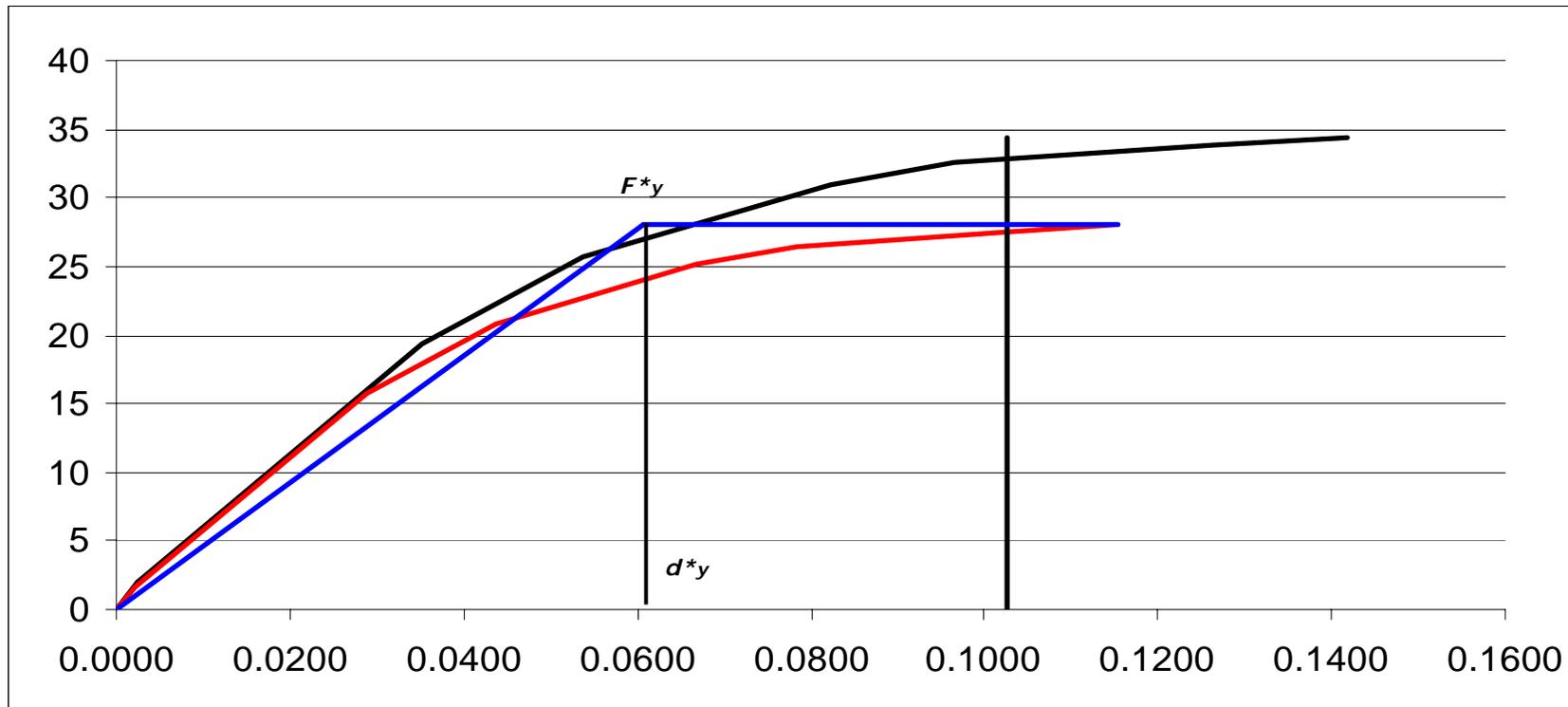
- 1) Si determi
- 2) V MAX TAG
- 3) Ci si riconc
- 4) Si determi
- 5) Si determina lo spettro in termini di spostamento del sistema eq.
- 6) Si calcola il fattore di struttura

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

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

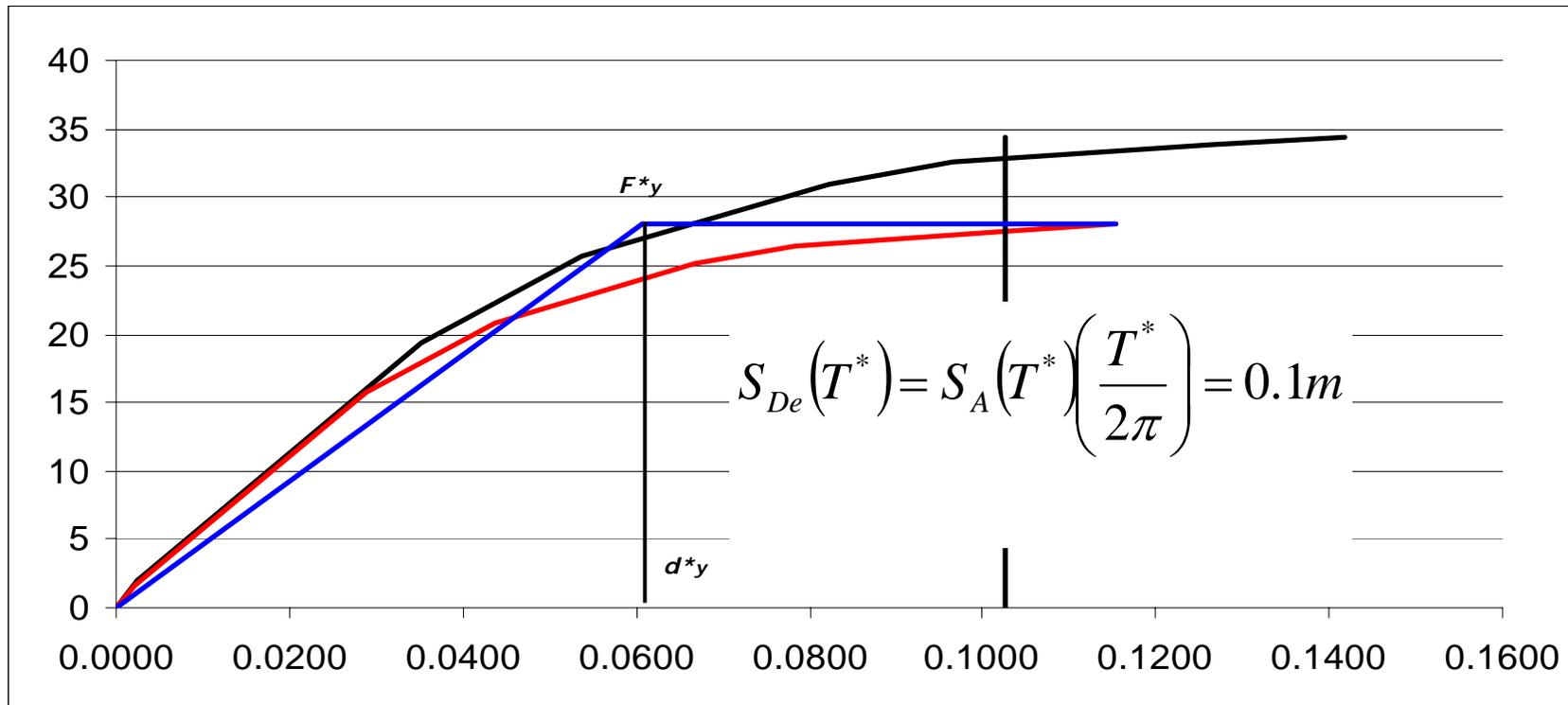
Step	MDOF		NUMERO CERNIERE PLASTICHE									SDOF	
	D	V	A-B	B-IO	IO-LS	LS-CP	CP-C	C-D	D-E	>E	tot	D*	V*
0	0.0000	0	42	0	0	0	0	0	0	0	42	0.0000	0
1	0.0025	2	41	1	0	0	0	0	0	0	42	0.0020	2
2	0.0353	19	34	8	0	0	0	0	0	0	42	0.0287	16
3	0.0538	26	30	10	2	0	0	0	0	0	42	0.0437	21
4	0.0822	31	27	8	5	2	0	0	0	0	42	0.0668	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



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

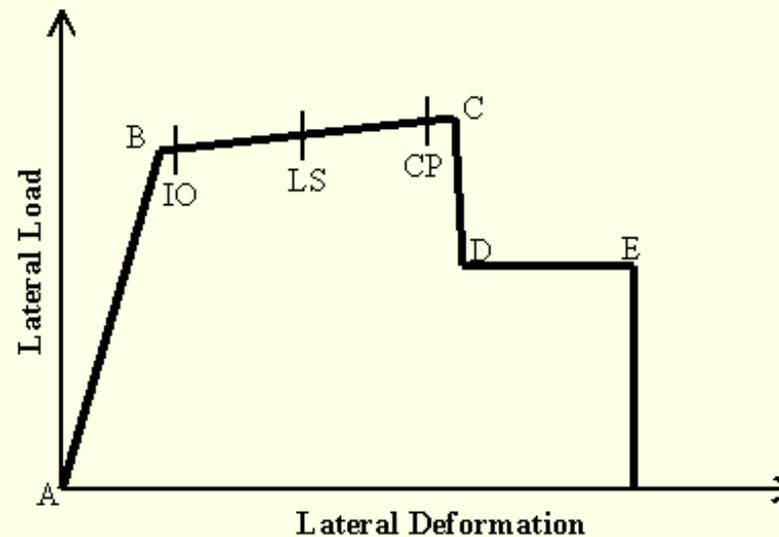
STATICA NON LINEARE: PUSHOVER – DETERMINAZIONE DEL MAX SPOST.-se $T^* \geq T_c$:

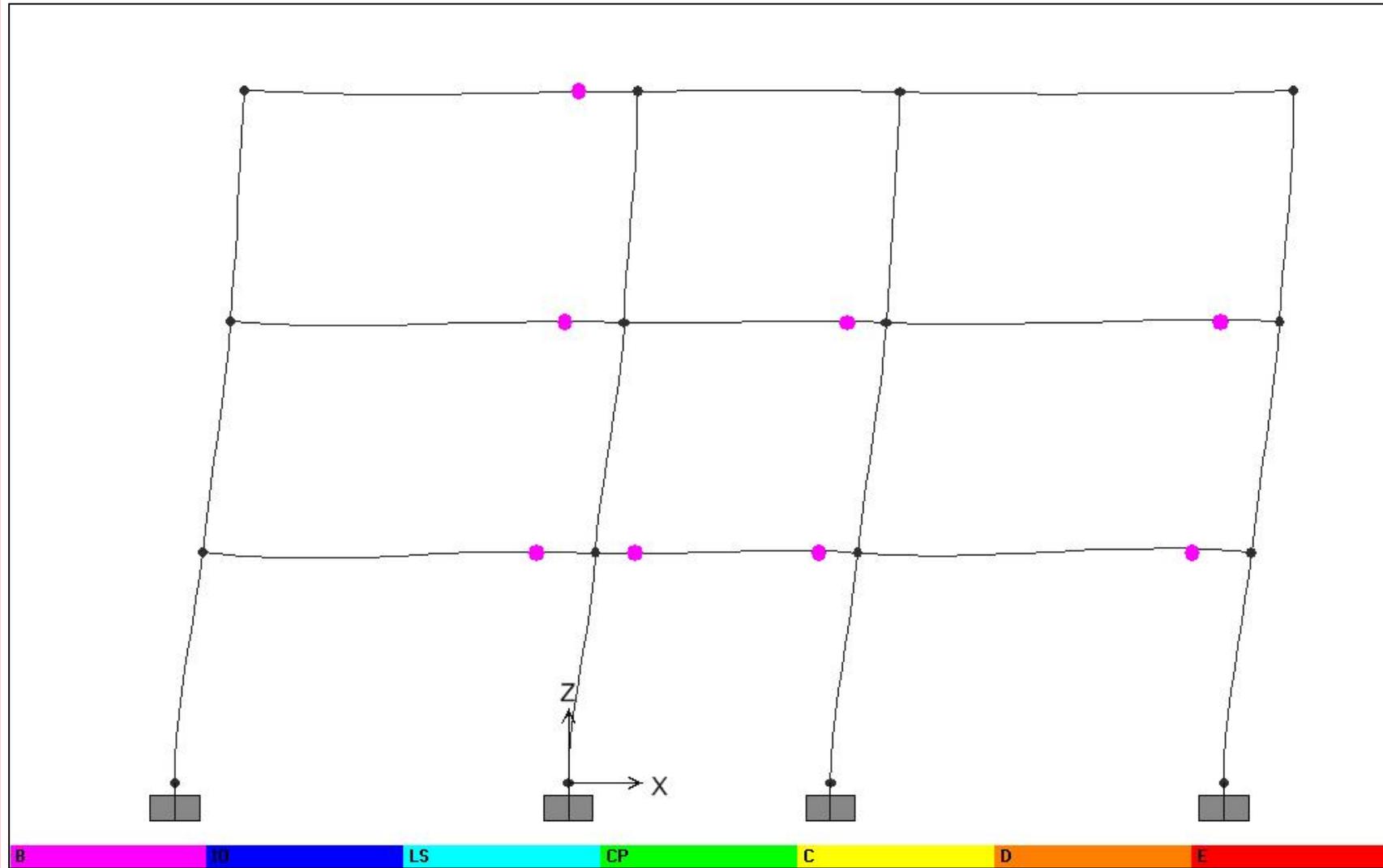
$$d_{e,\max}^* = S_{De}(T^*) = S_A(T^*) \left(\frac{T^*}{2\pi} \right)$$

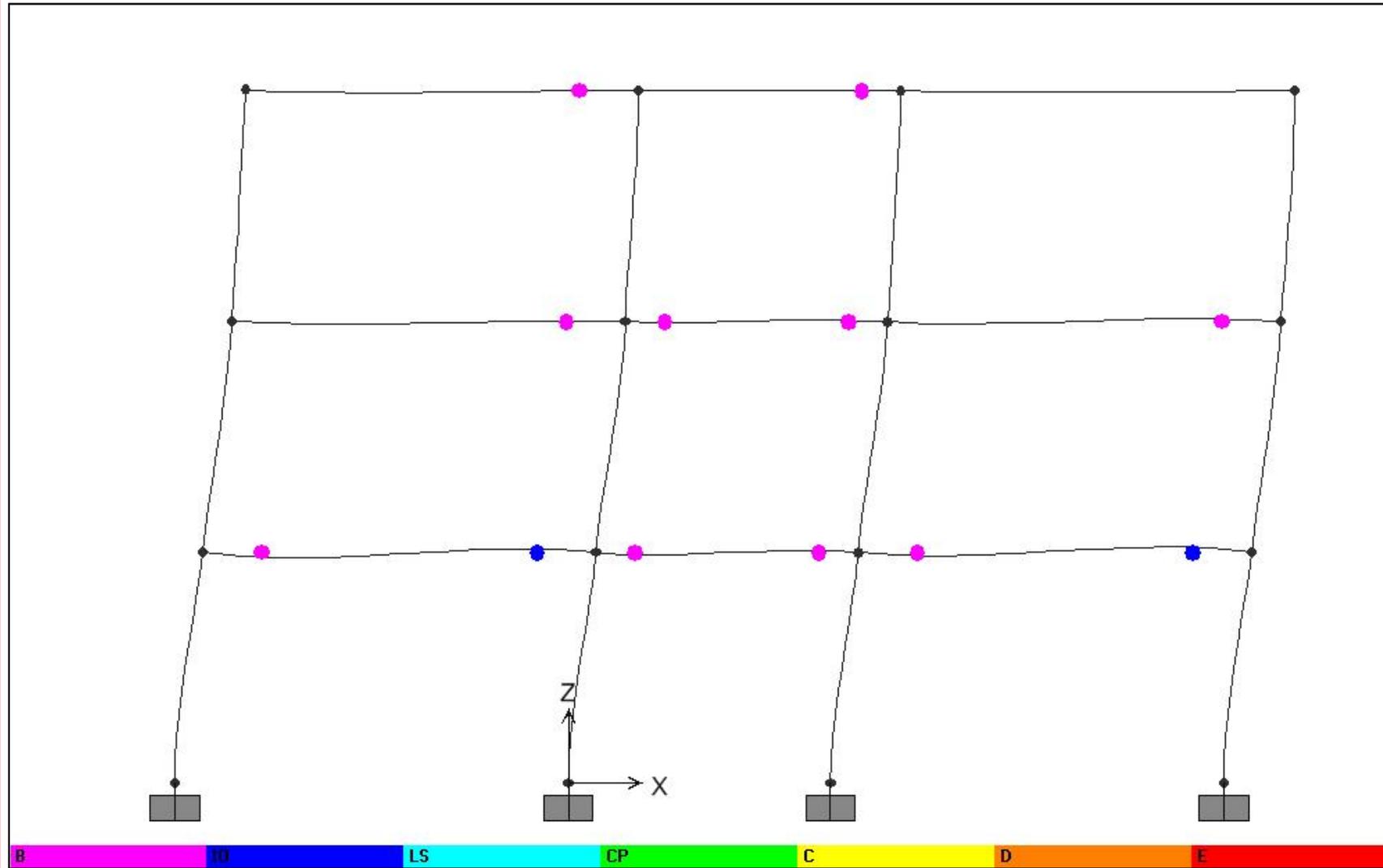
-se $T^* < T_c$:

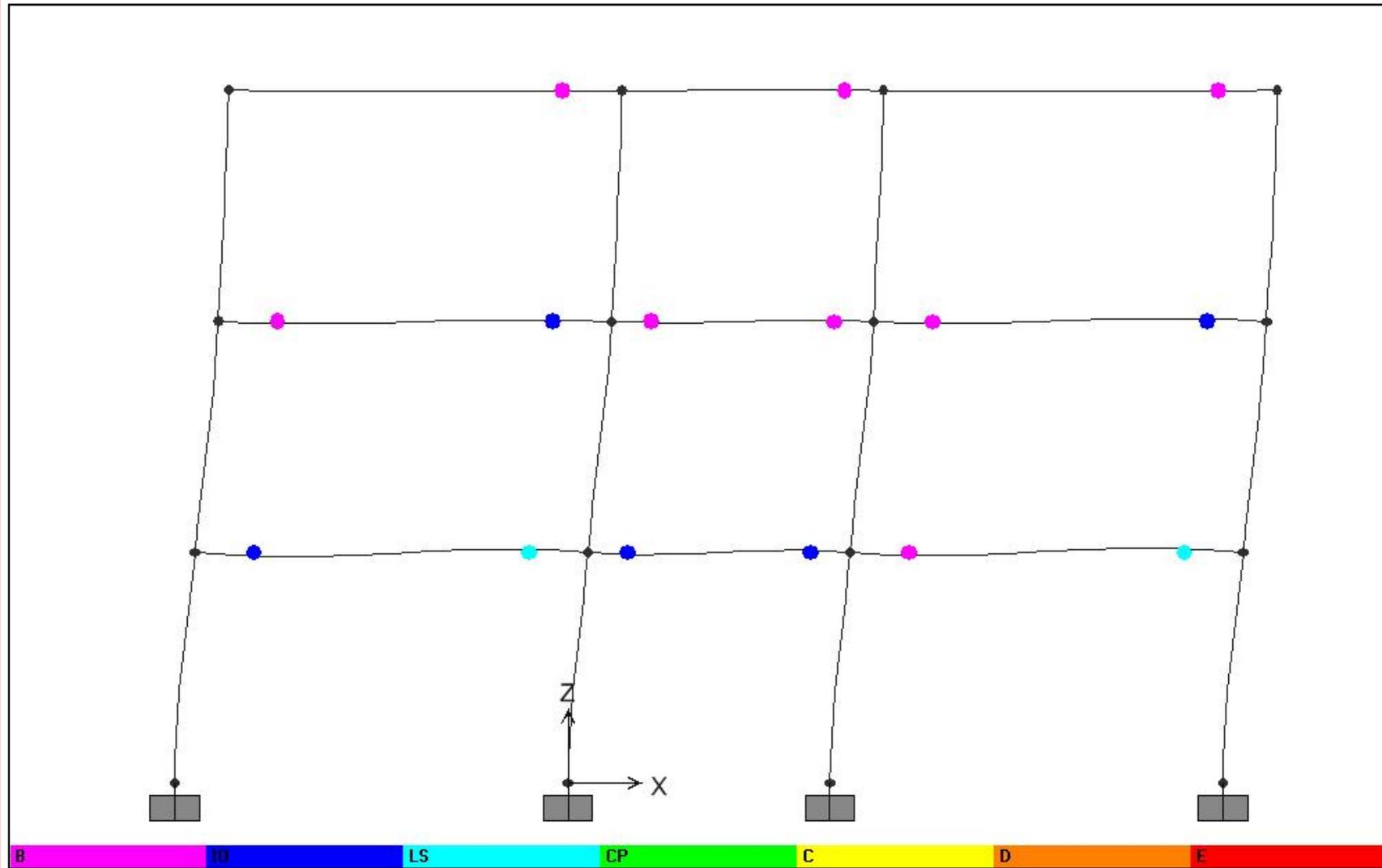
$$d_{\max}^* = \frac{d_{e,\max}^*}{q^*} \left[1 + (q^* - 1) \frac{T_c}{T} \right] \geq d_{e,\max}^*$$

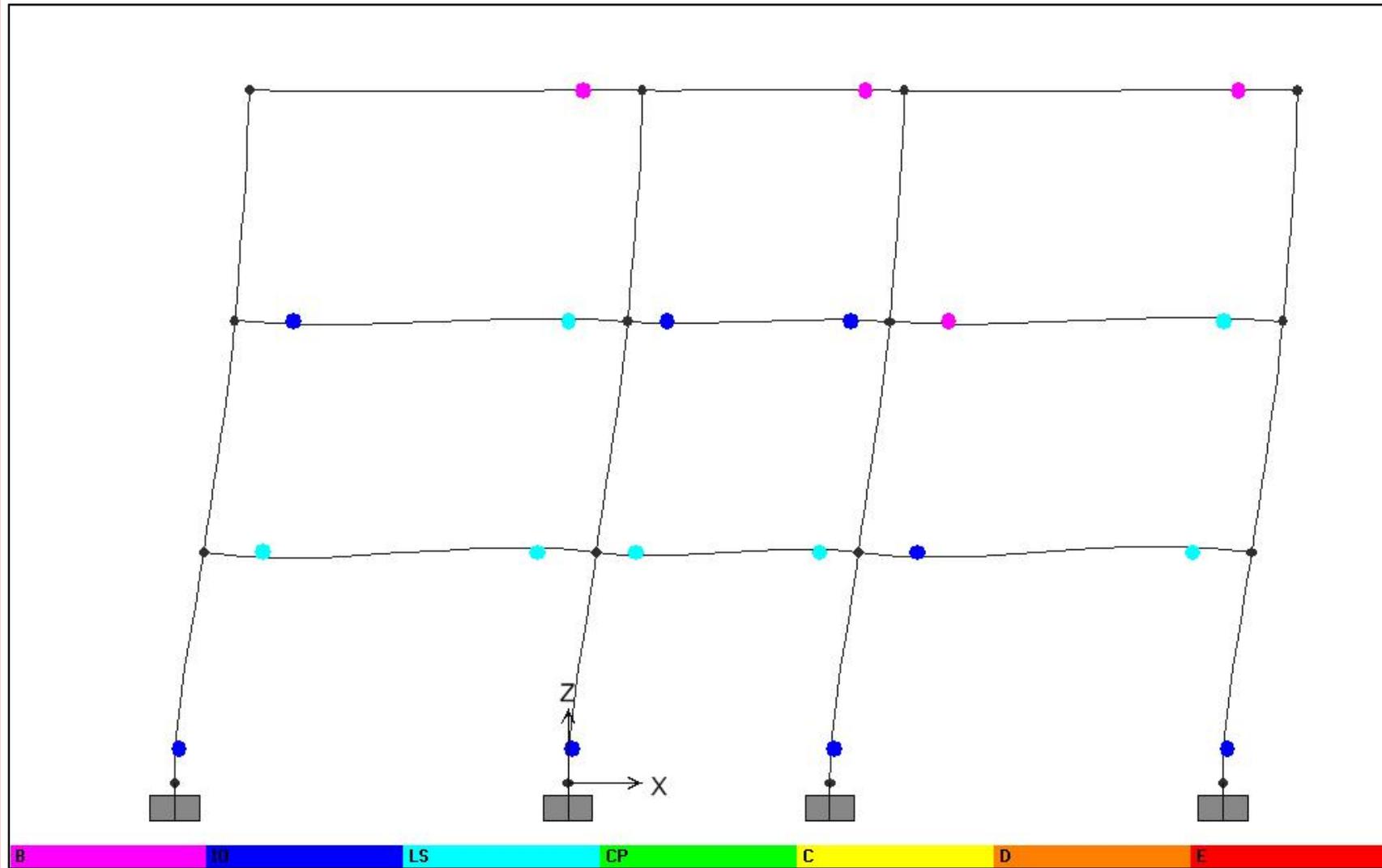
$$q^* = \frac{S_e(T^*) m^*}{F_y^*}$$

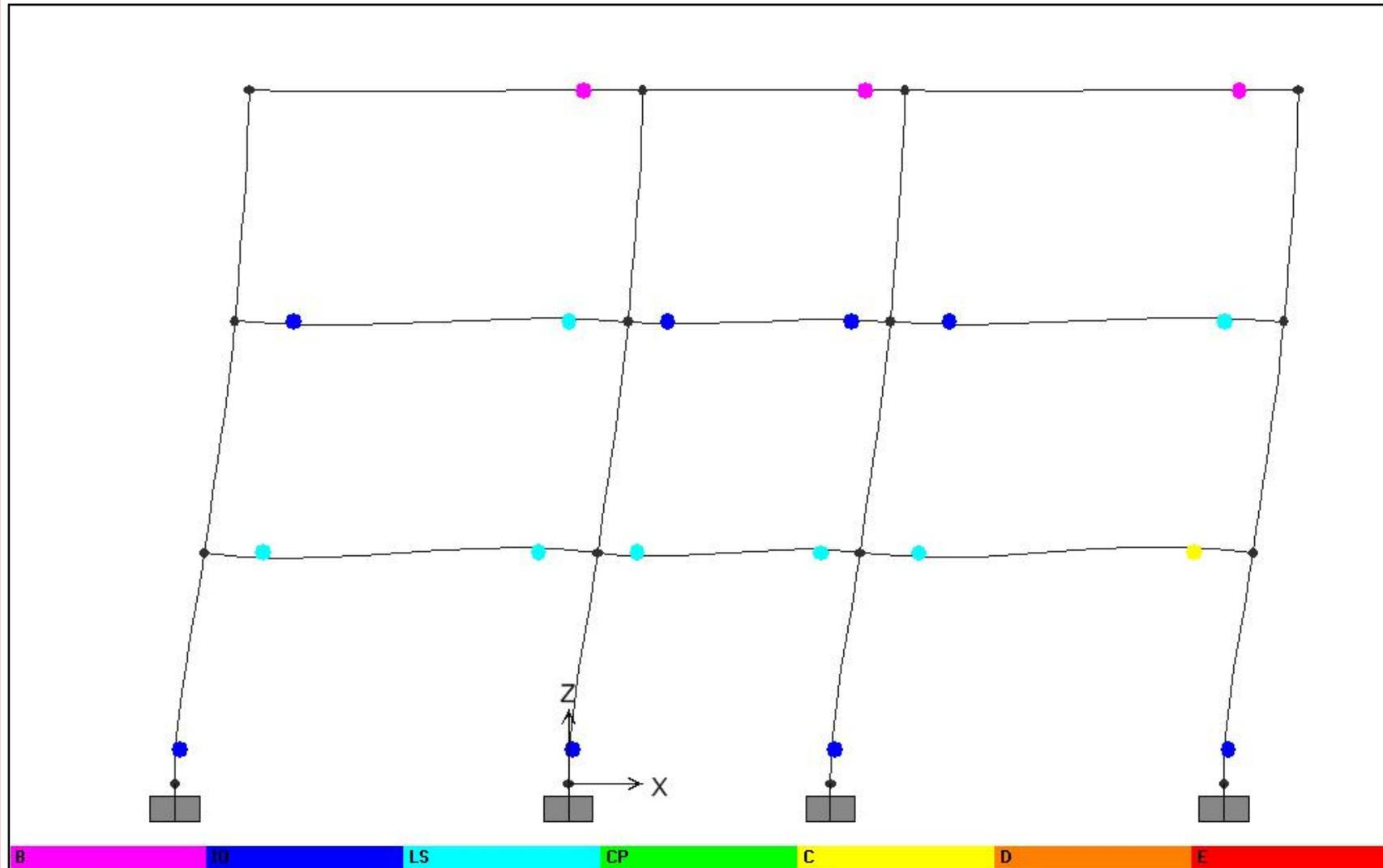












MENU GENERALE

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

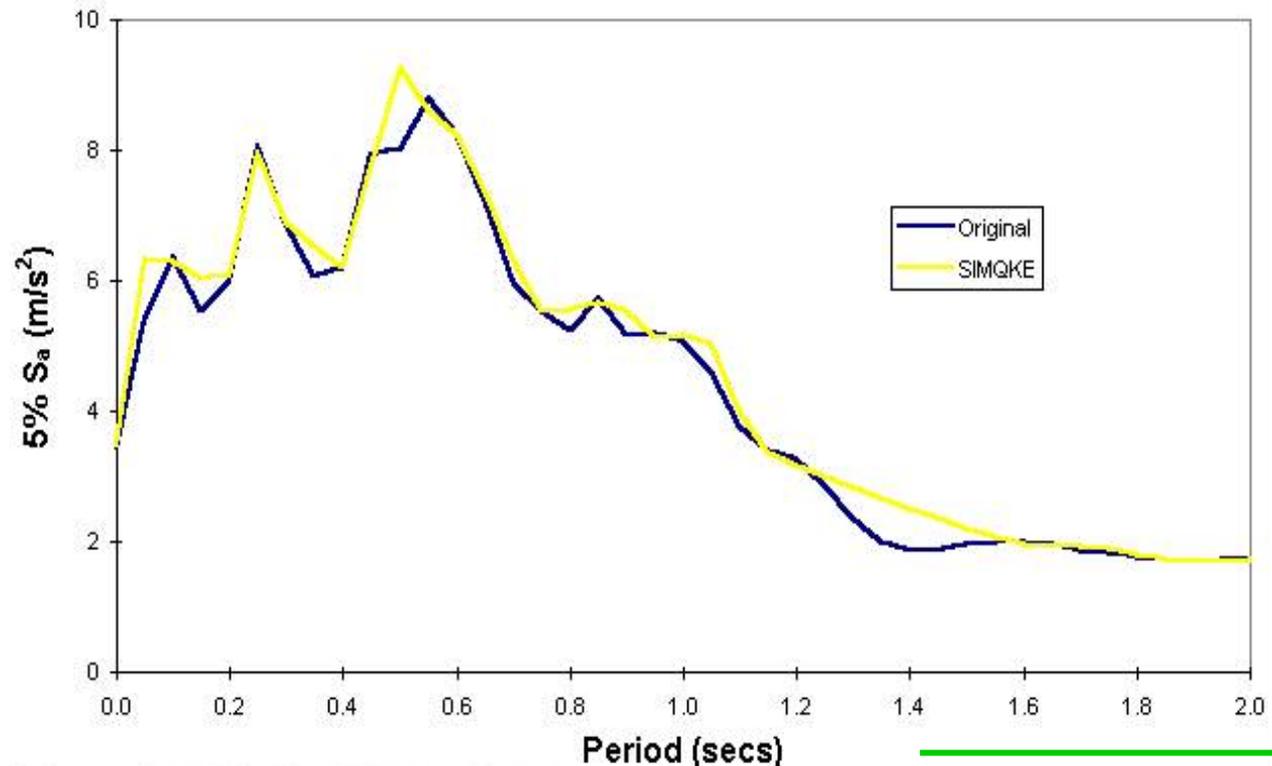
ANALISI SISMICA

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. Massimo Brunetta, Ing. Leonardo Bandini**

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

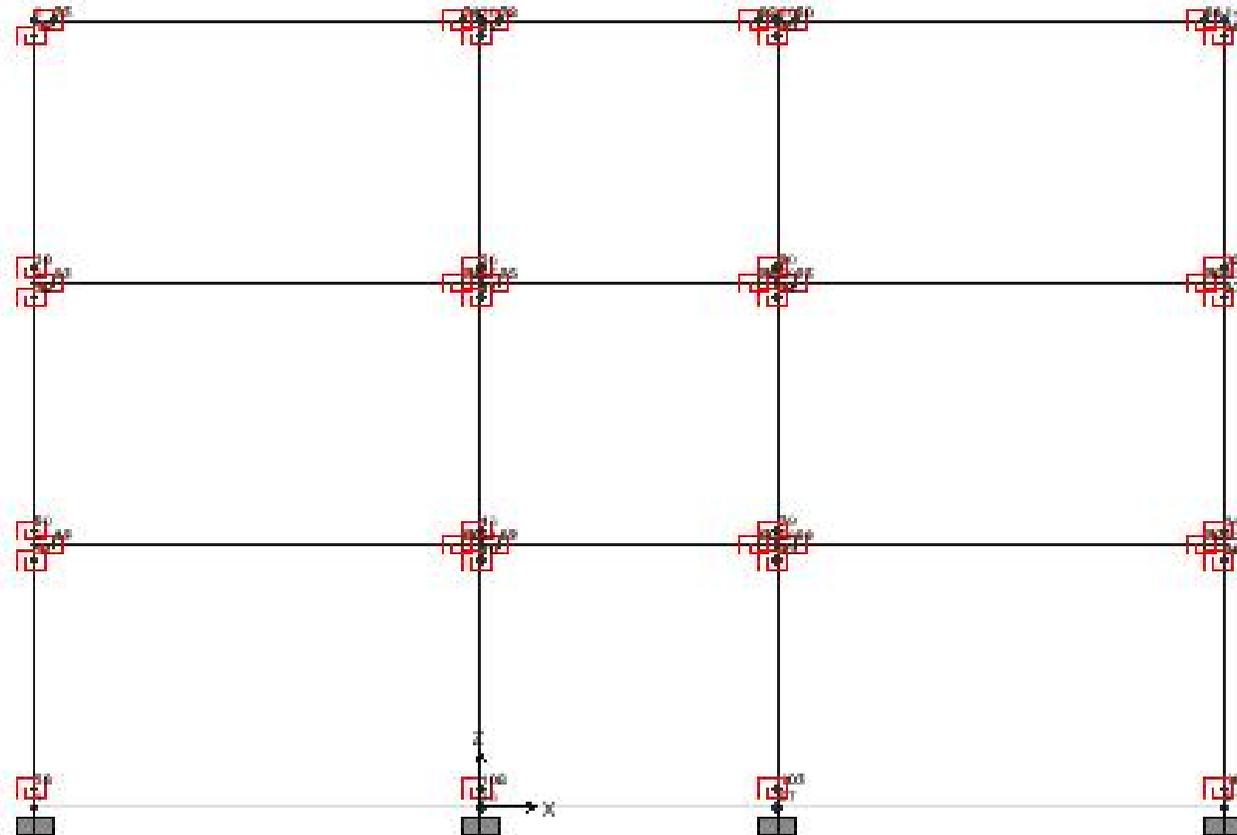
STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE:



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

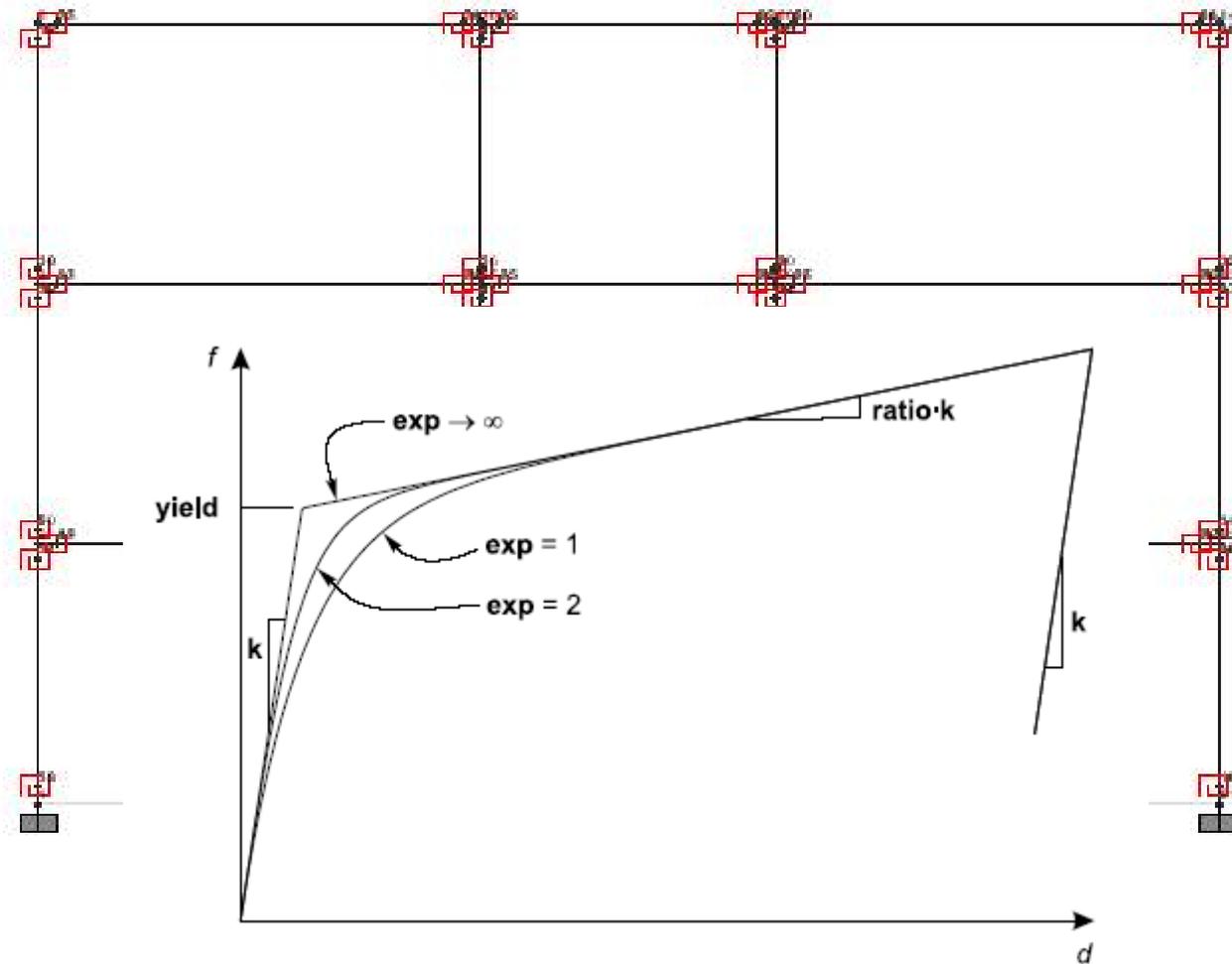
STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE:



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

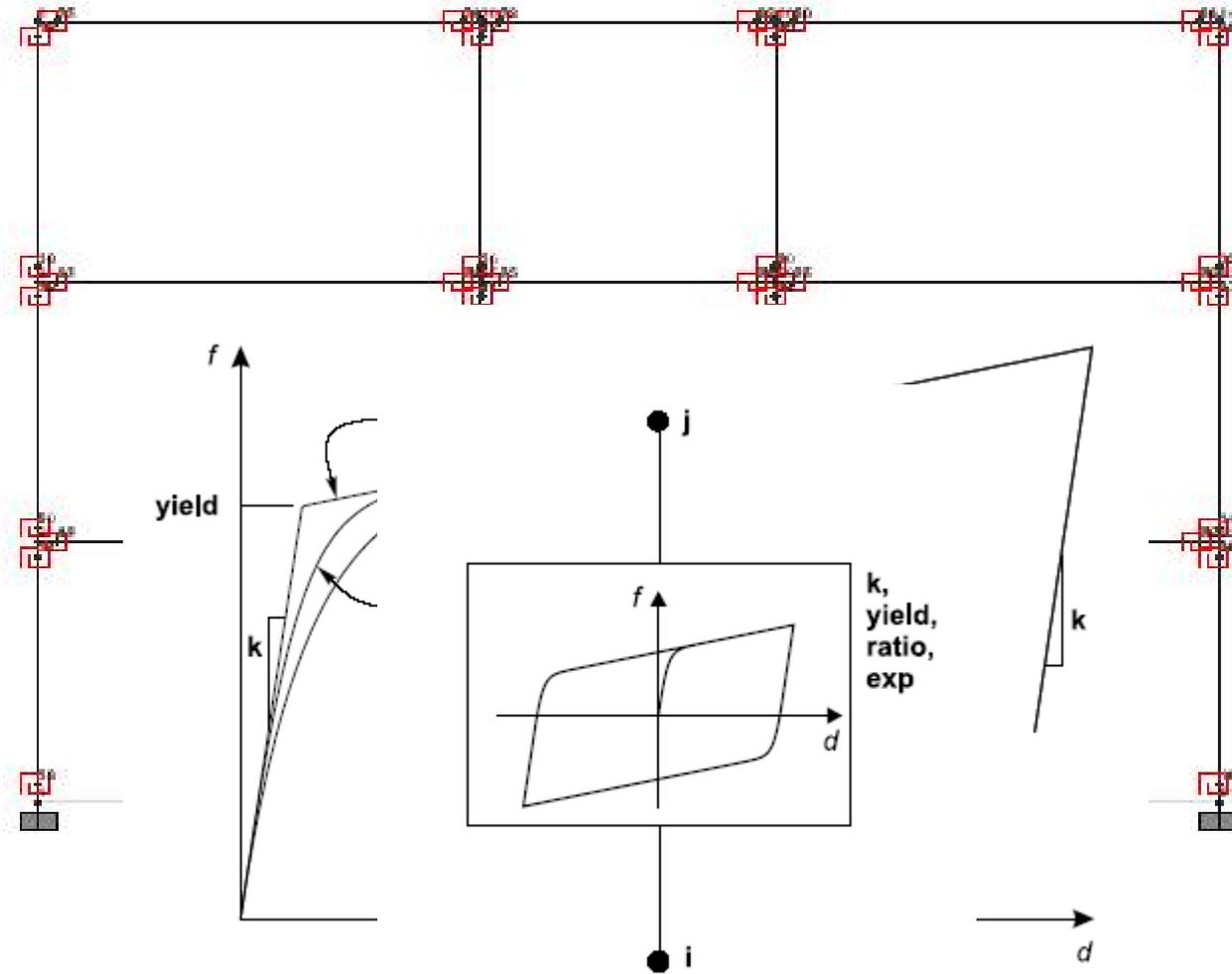
STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE:



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

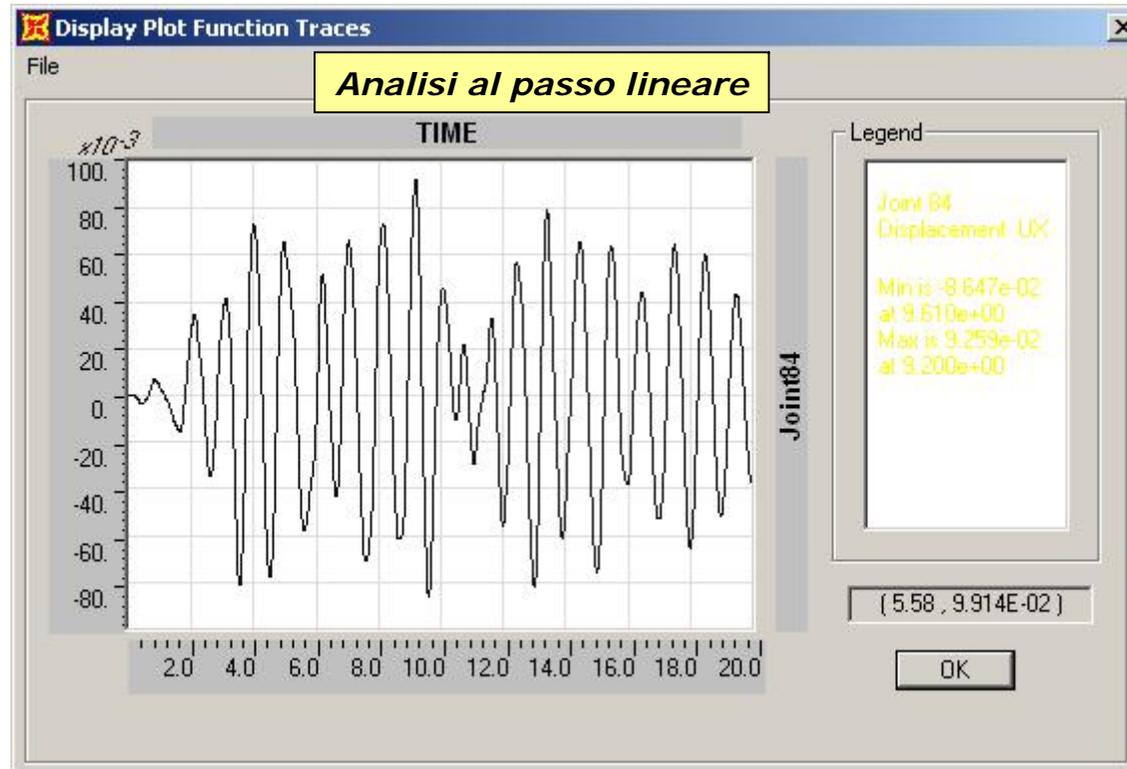
ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE**DINAMICA NON LINEARE:**

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

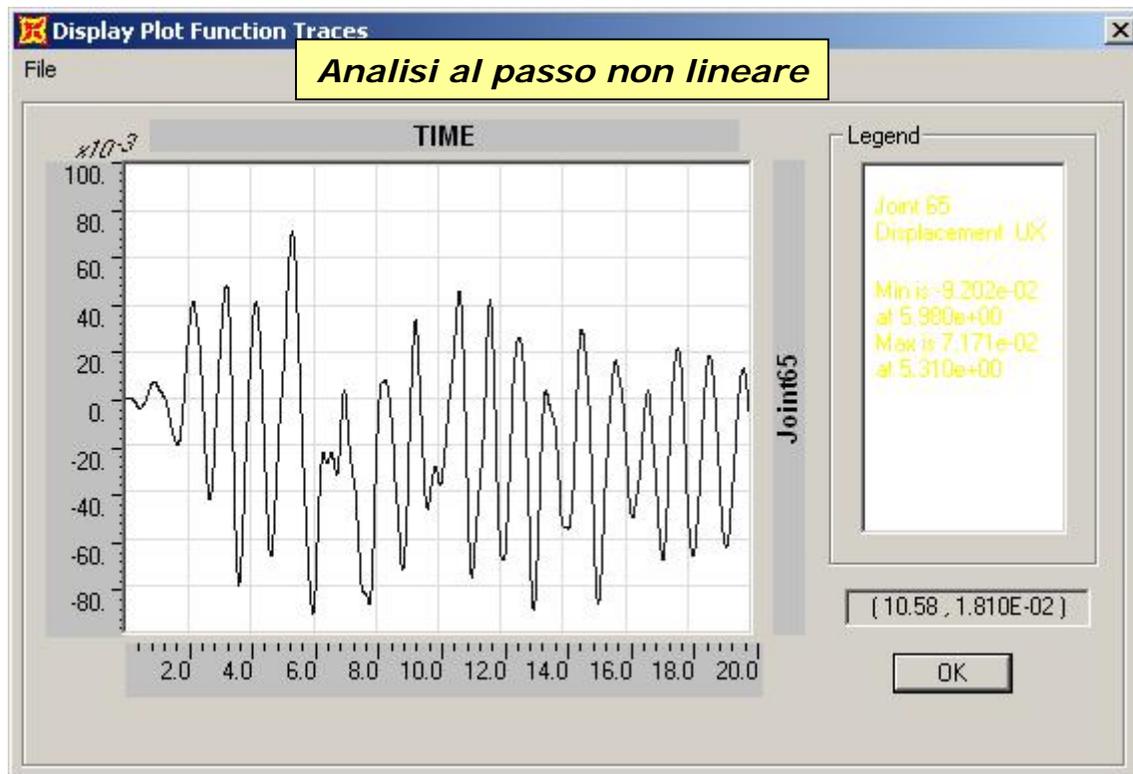
ANALISI SISMICA

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

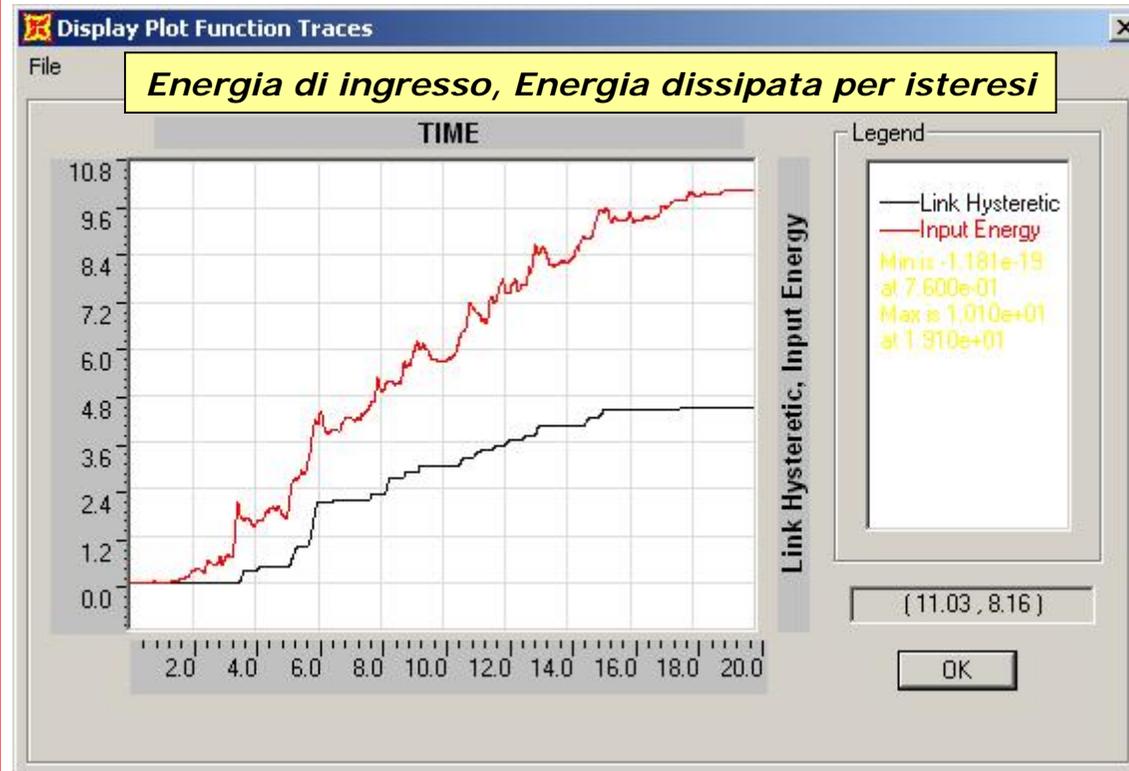
STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LIENARE

DINAMICA NON LINEARE:



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

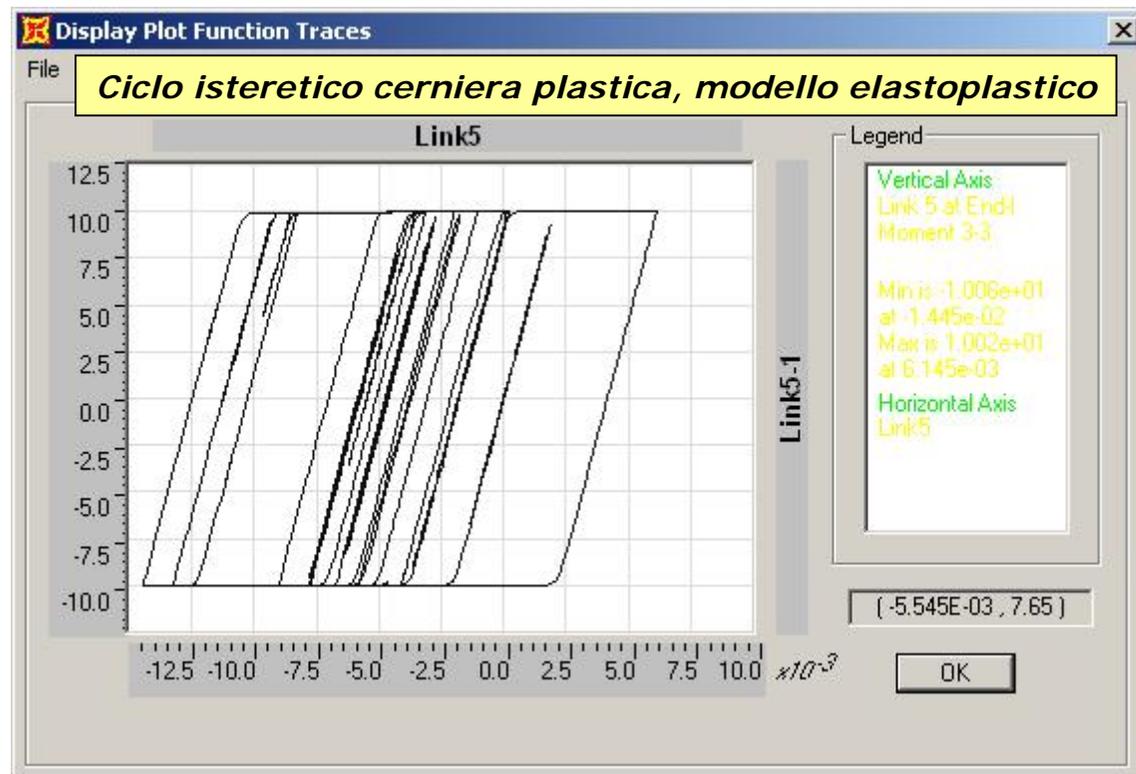
STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE:



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

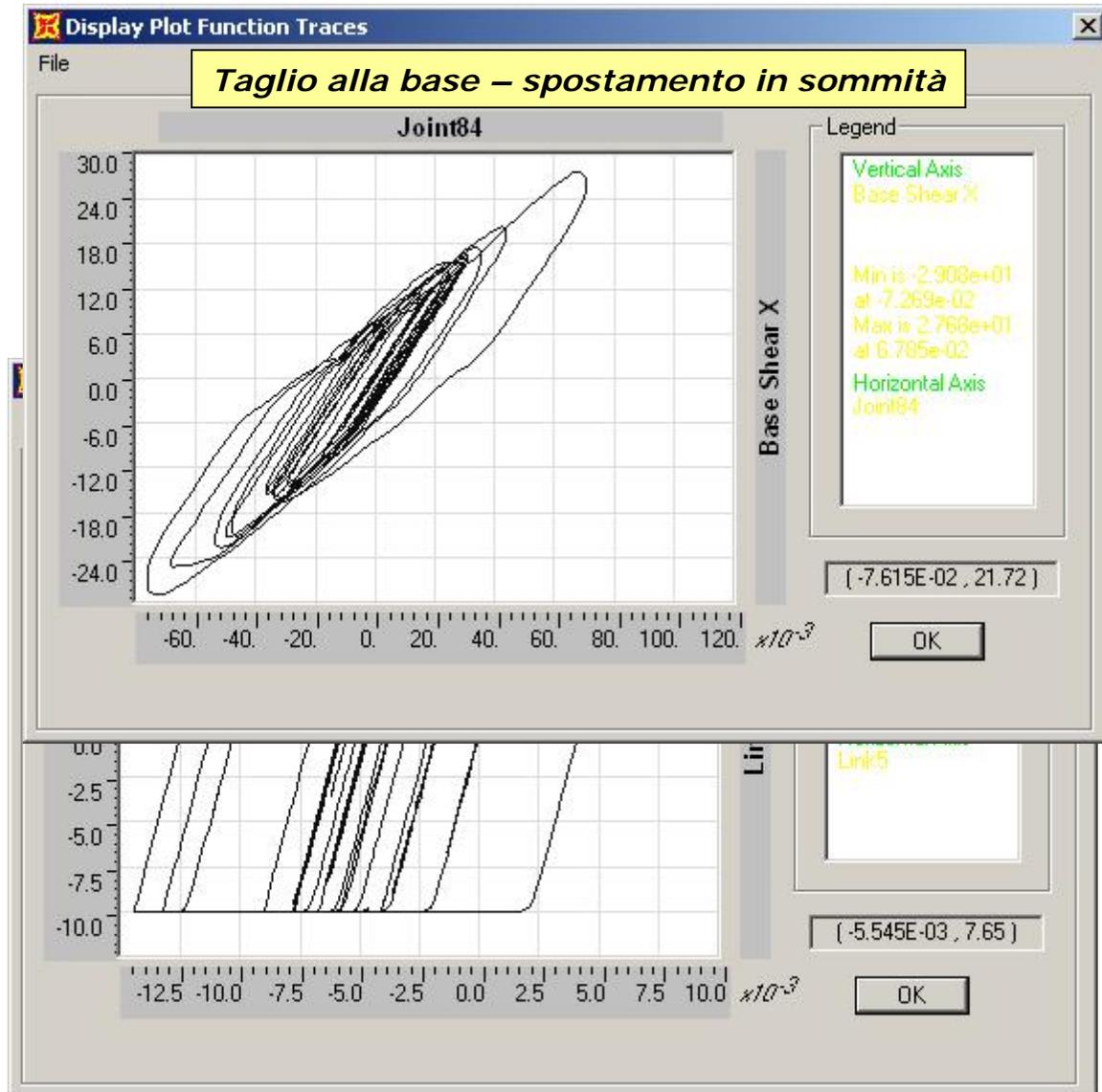
ANALISI SISMICA

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

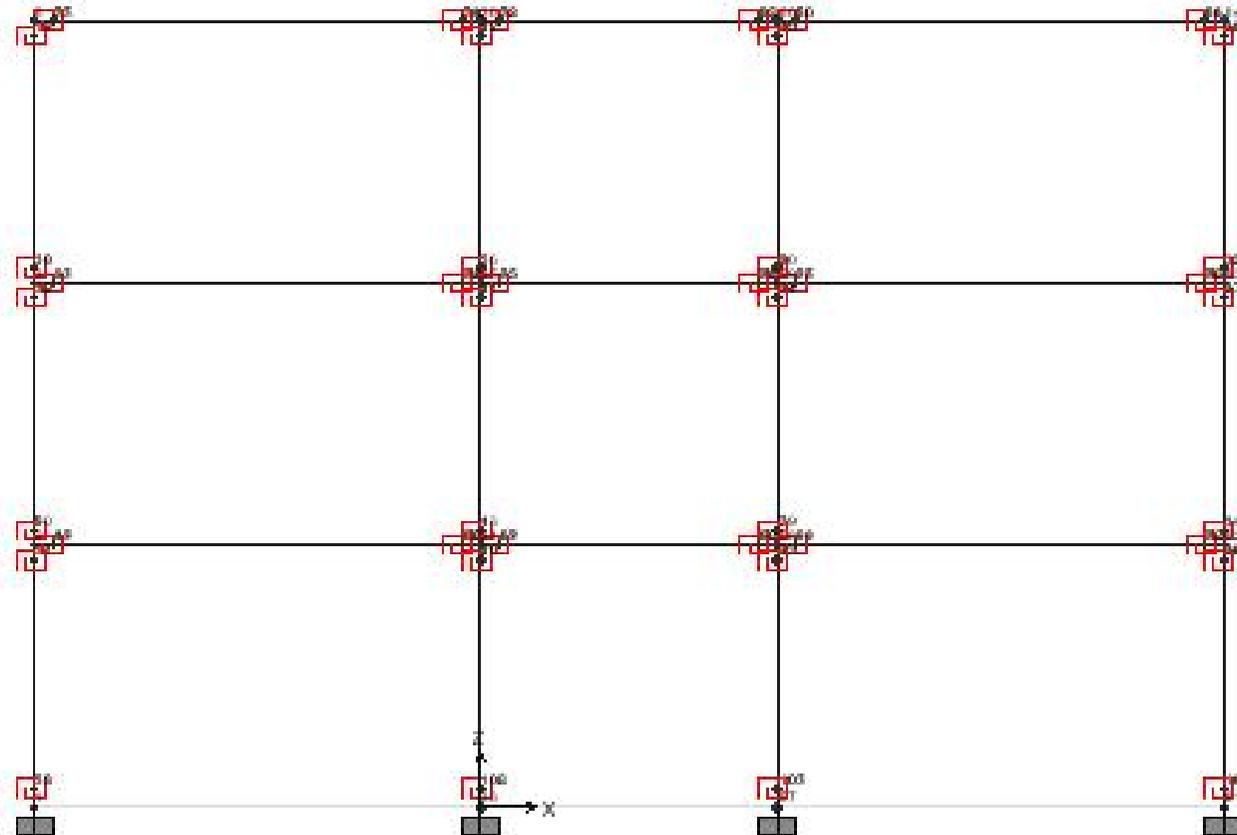
STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE:



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

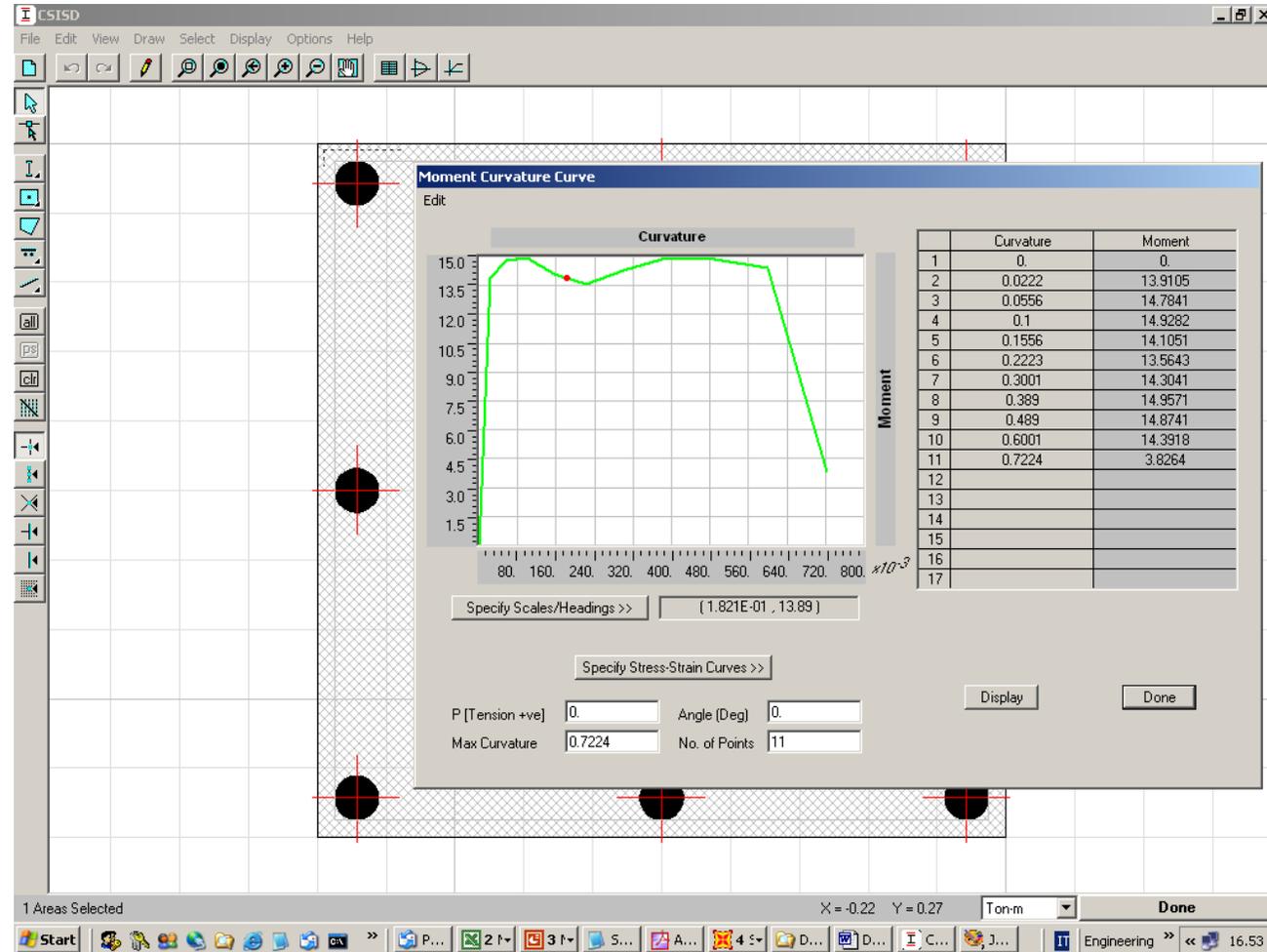
ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE**DINAMICA NON LINEARE:**

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

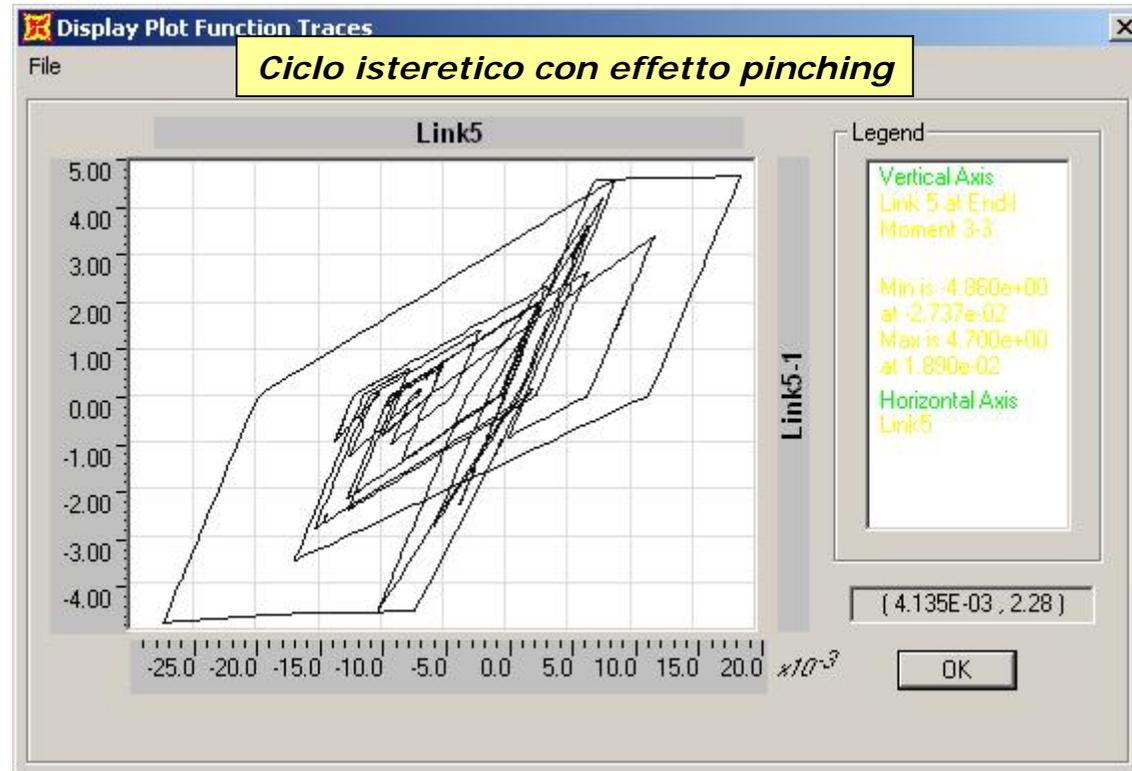
ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE**DINAMICA NON LINEARE:**

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

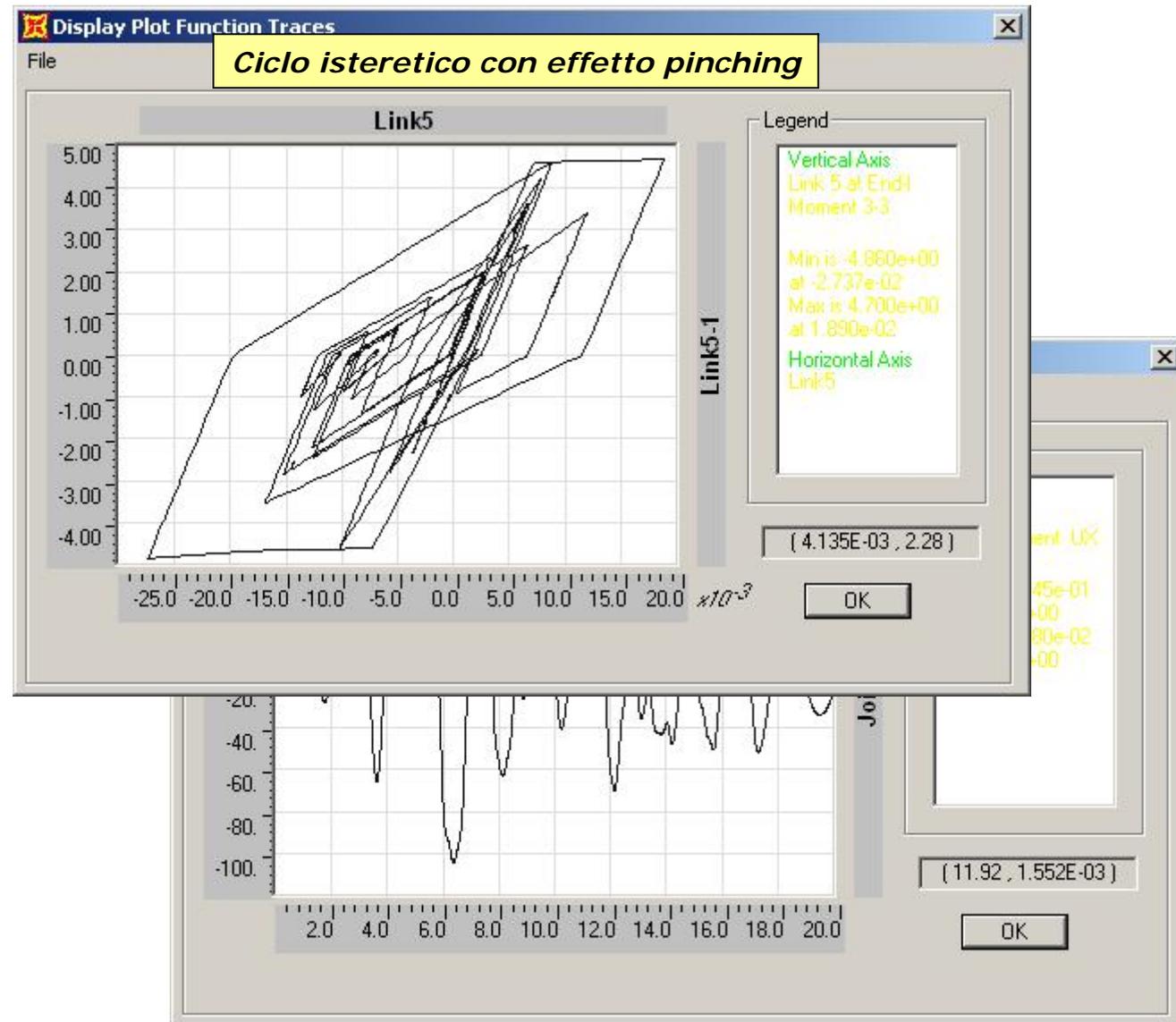
ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE**DINAMICA NON LINEARE:**

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

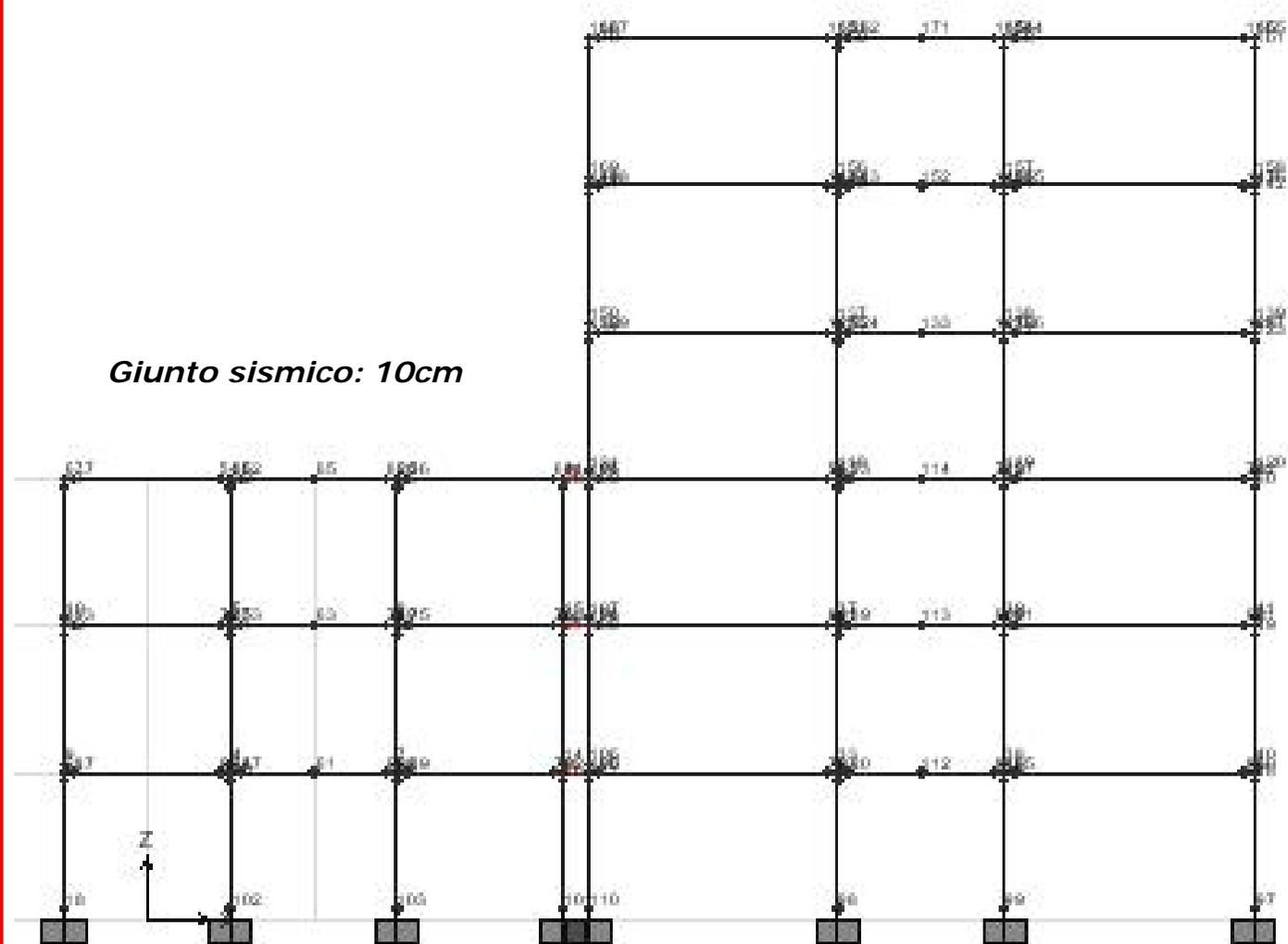
ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

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

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

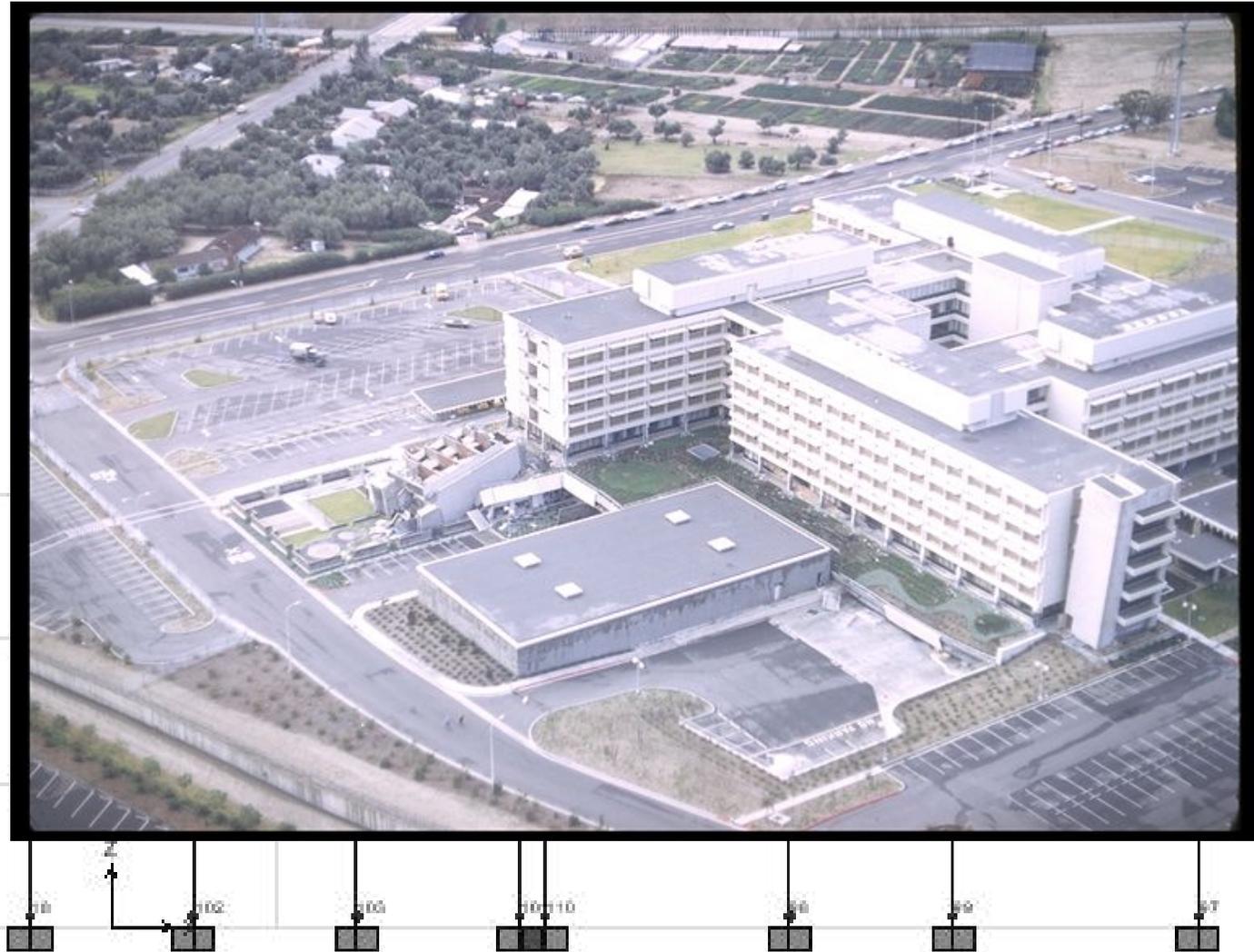
ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

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

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

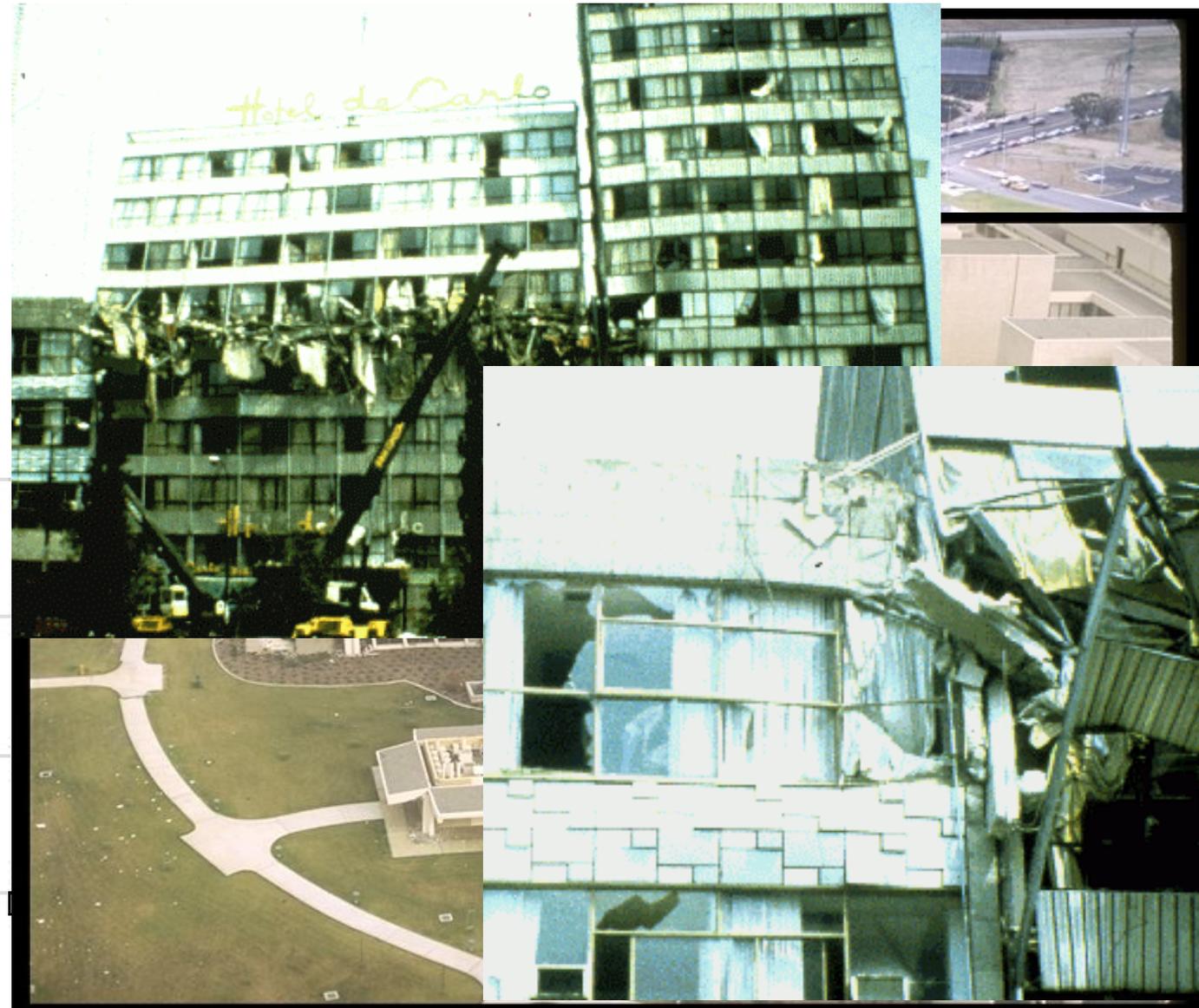
ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE**DINAMICA NON LINEARE: martellamenti strutturali****Ing. Massimo Brunetta, Ing. Leonardo Bandini**

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

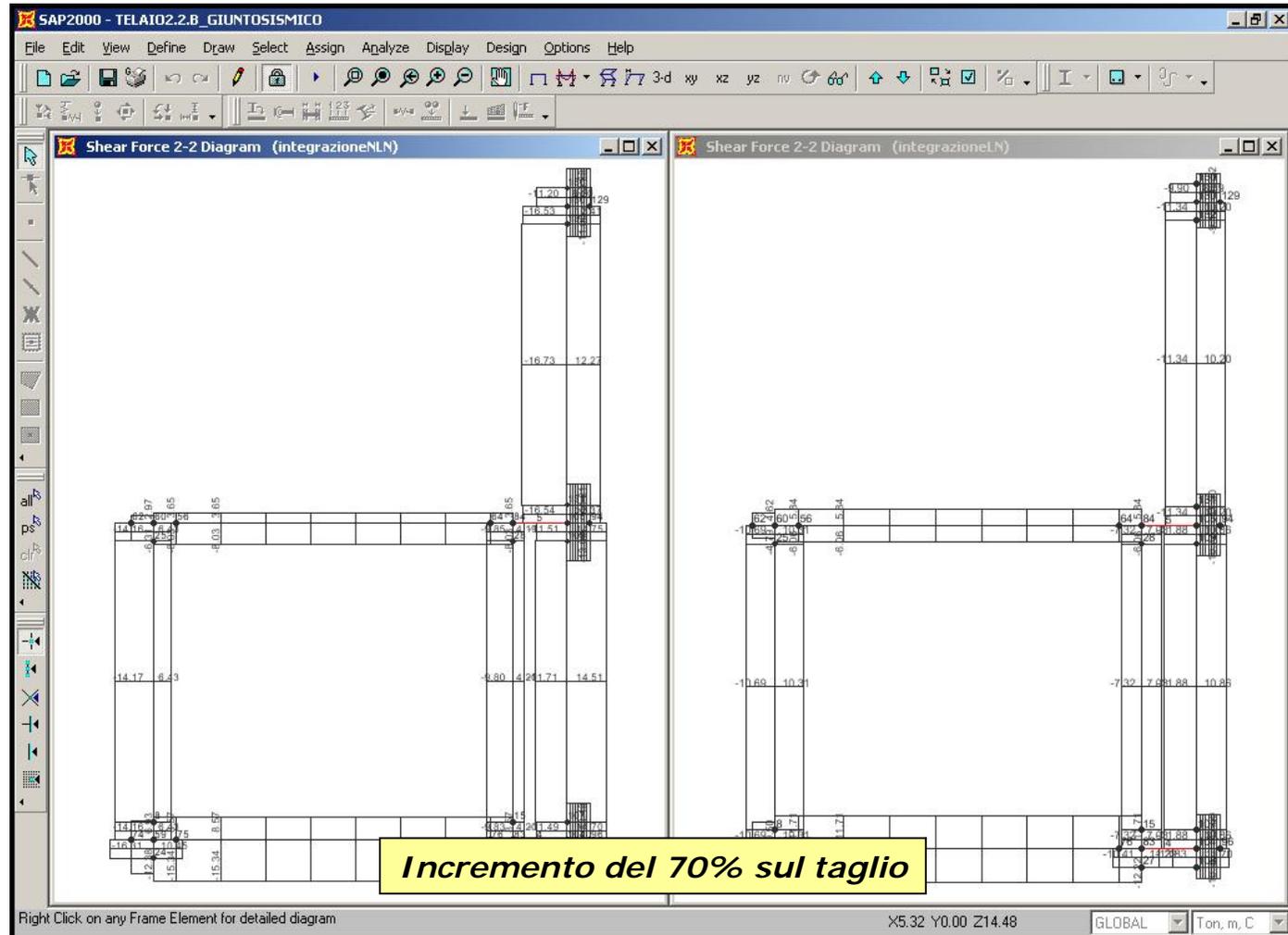
ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

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

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

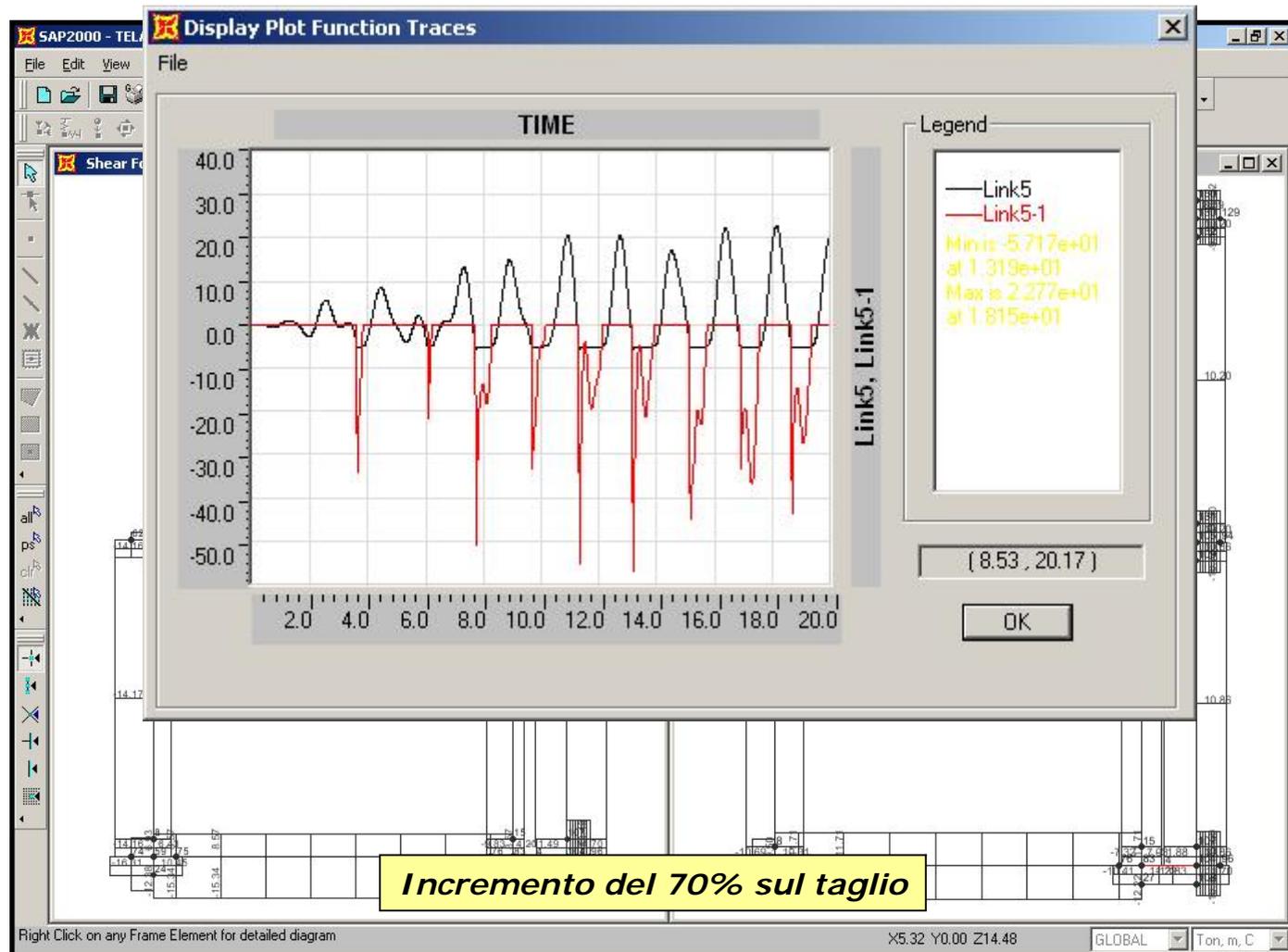
ANALISI SISMICA

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

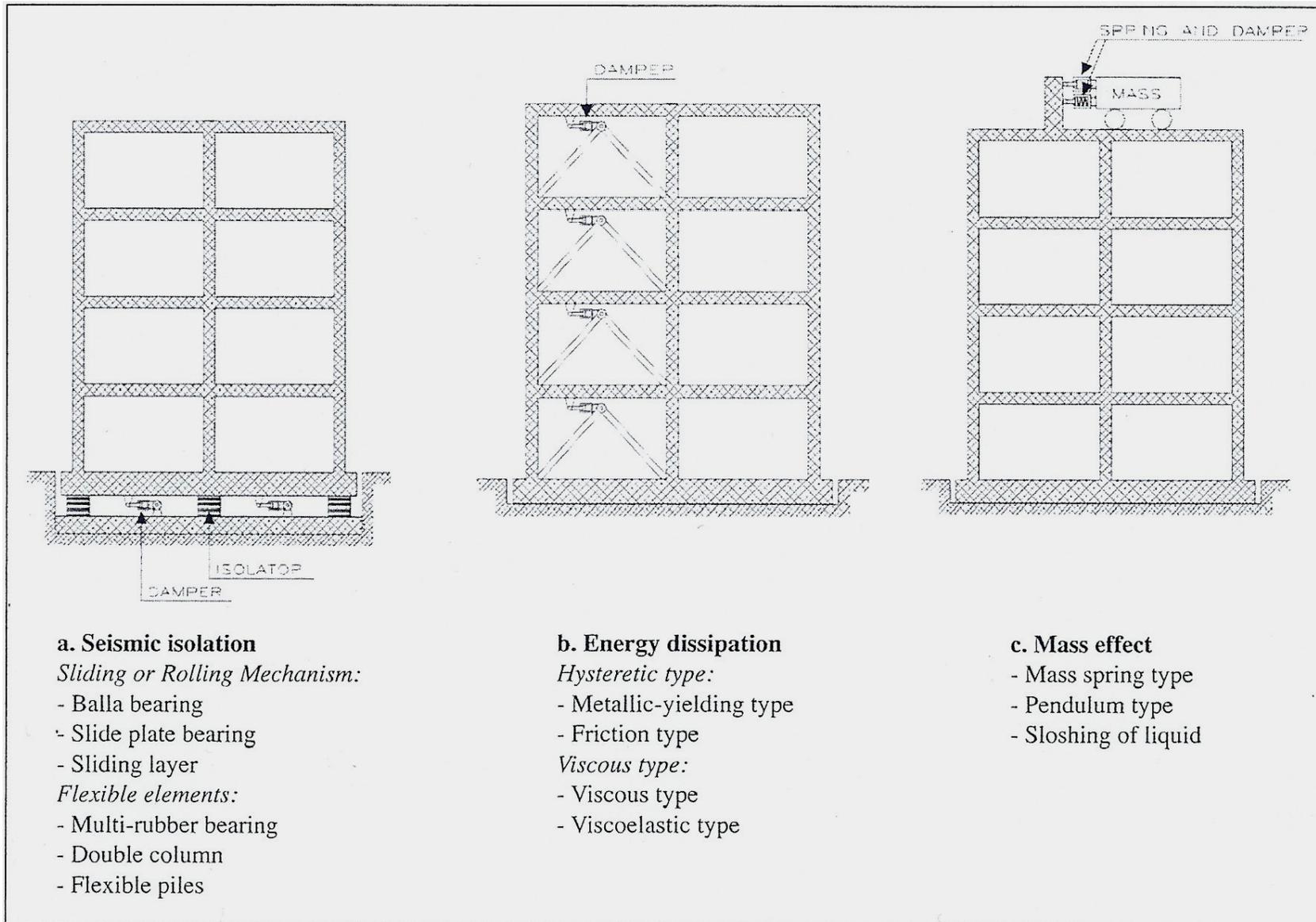
STATICA LINEARE 3D

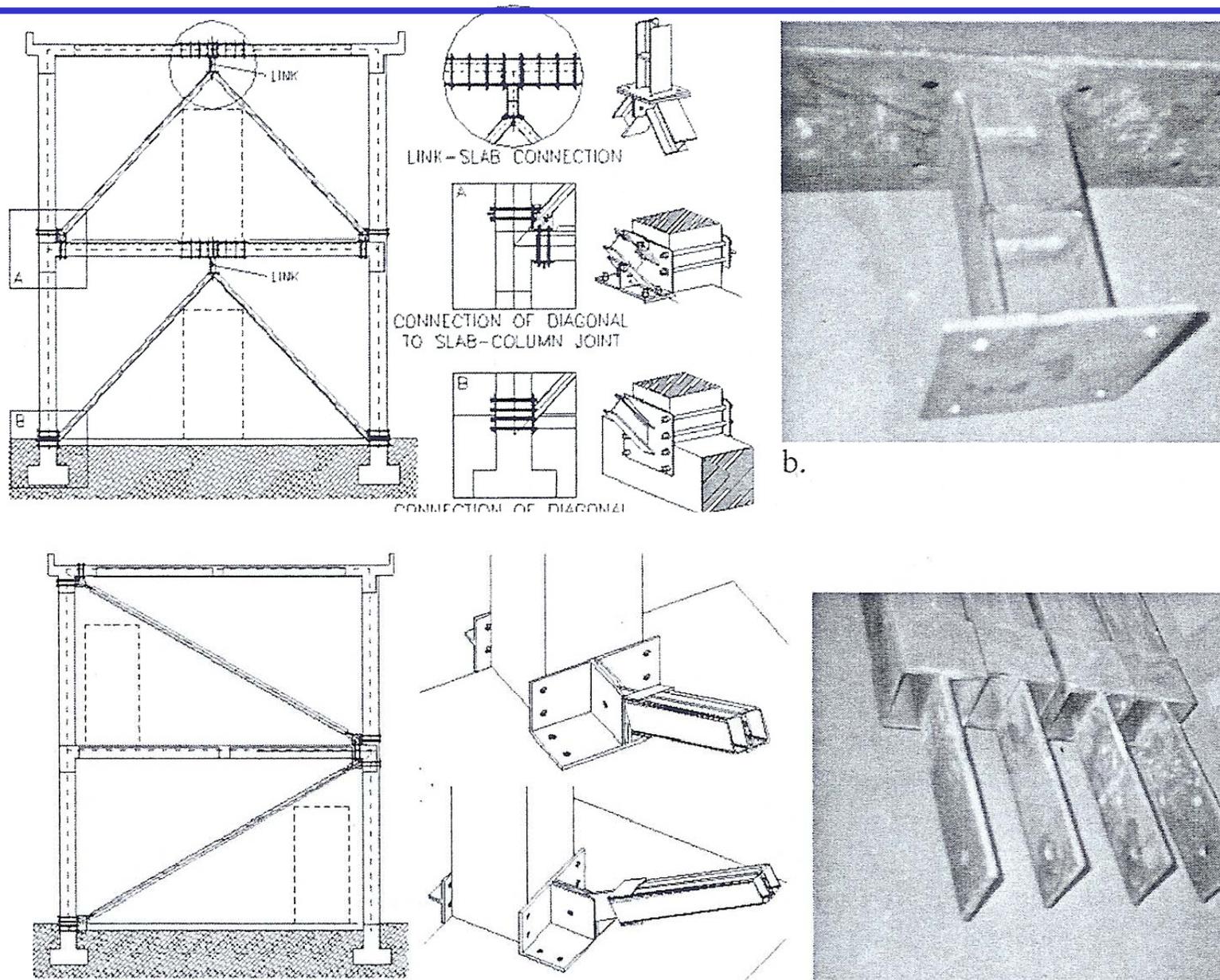
DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

PROTEZIONE SISMICA
ISOLAMENTO E DISSIPAZIONE





MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

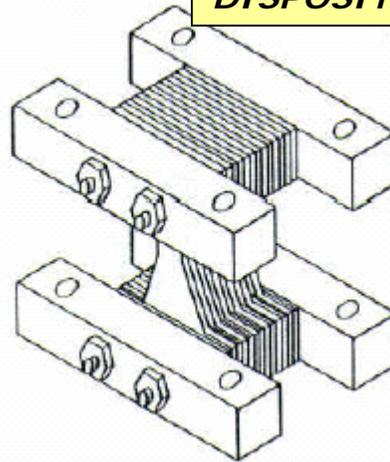
ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

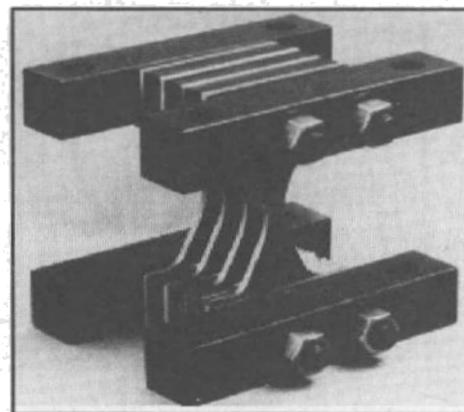
DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

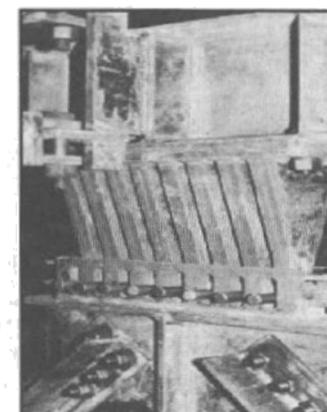
DINAMICA NON LINEARE**DISPOSITIVO ADAS – ADDING DAMPING AND STIFFNESS**

- 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

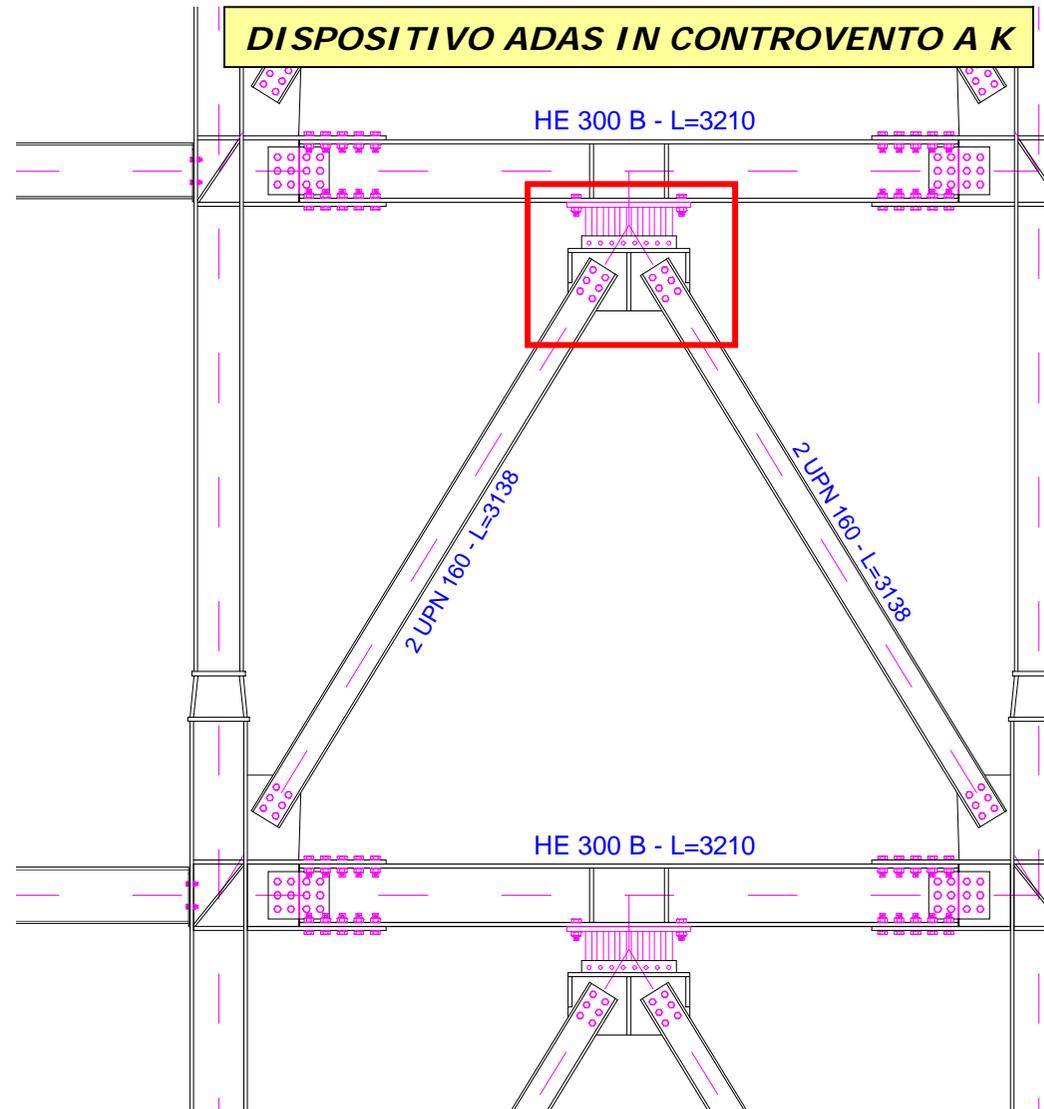
ANALISI SISMICA

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

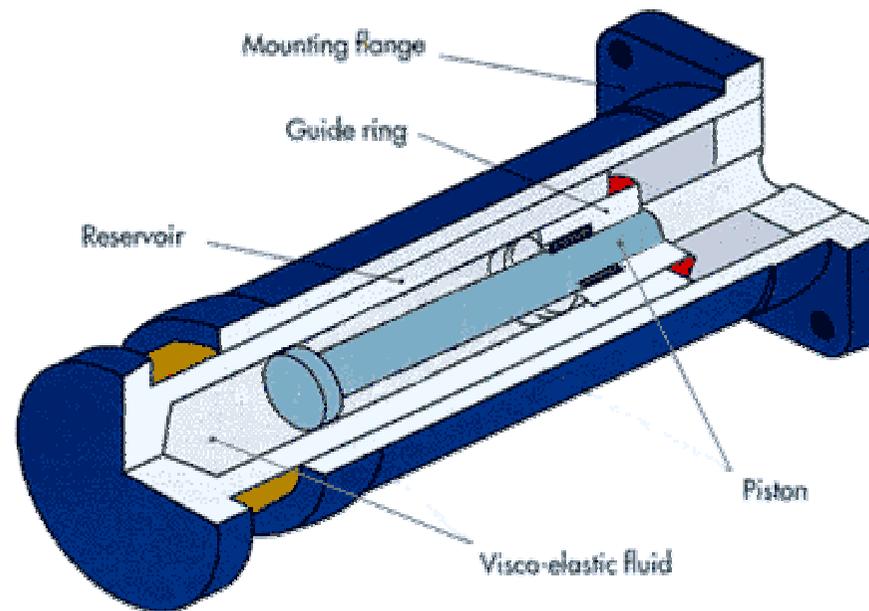
STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

STATICA NON LINEARE

DINAMICA NON LINEARE

DISSIPAZIONE E ISOLAMENTO SISMICO:



DISPOSITIVO SILICONICO FLUIDO VISCOSO

MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

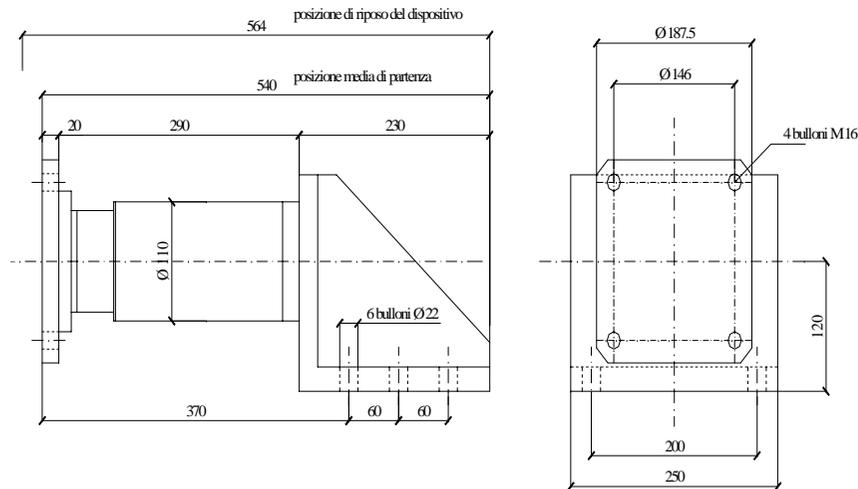
ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

STATICA LINEARE 3D

DINAMICA MODALE

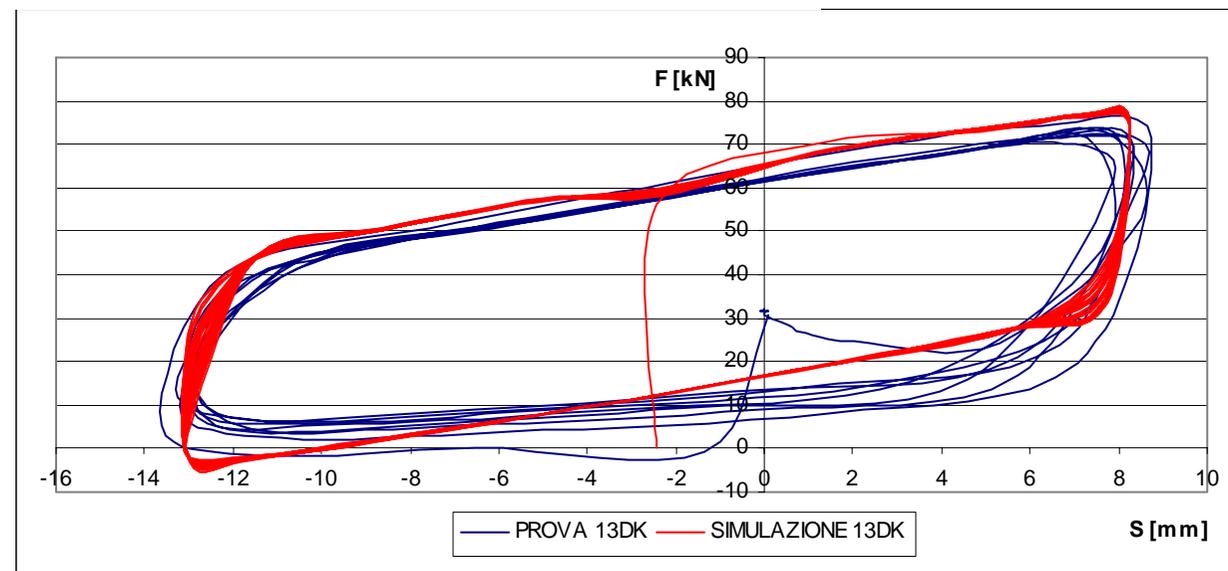
STATICA NON LINEARE

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

attuatore di tipo MTS 204.63 S/N 751 con caratteristiche di forza massima pari a 100 kN e di corsa pari a ± 120 mm

Forzante sinusoidale:

- Frequenza: 3,00 Hz
- Ampiezza: 10,70 mm
- Velocità: 197,6 mm/s



MENU GENERALE

CENNO STATI LIMITE

ANALISI SISMICA

STATICA LINEARE 2D

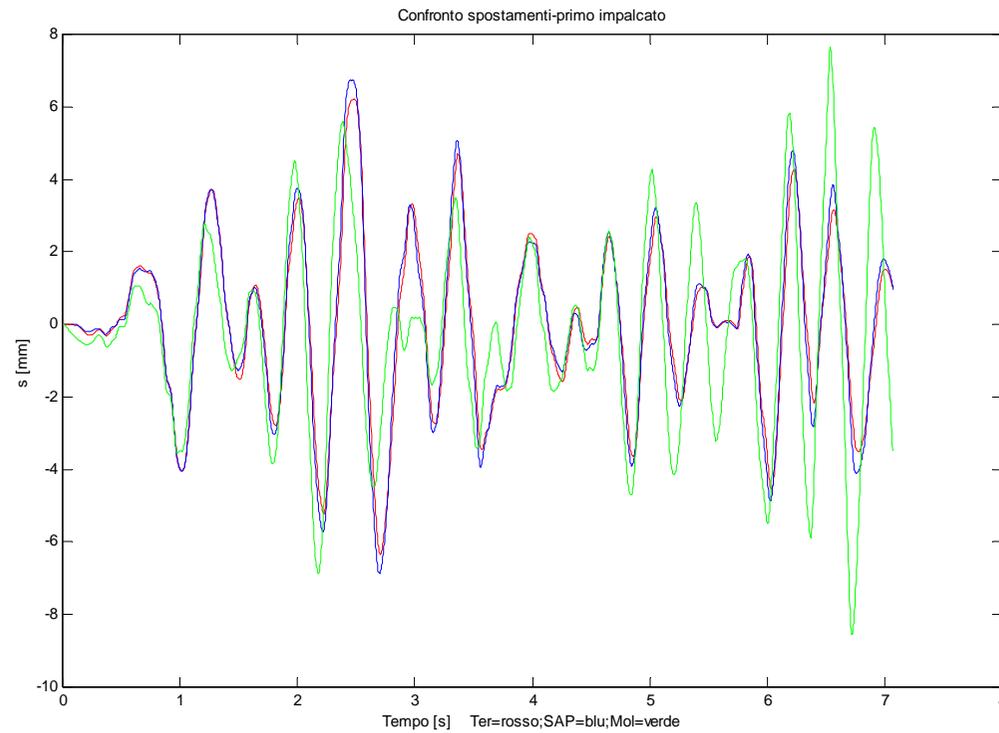
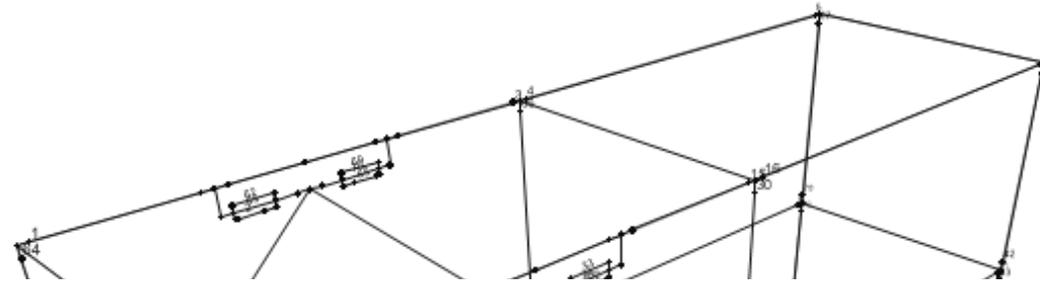
STATICA LINEARE 3D

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

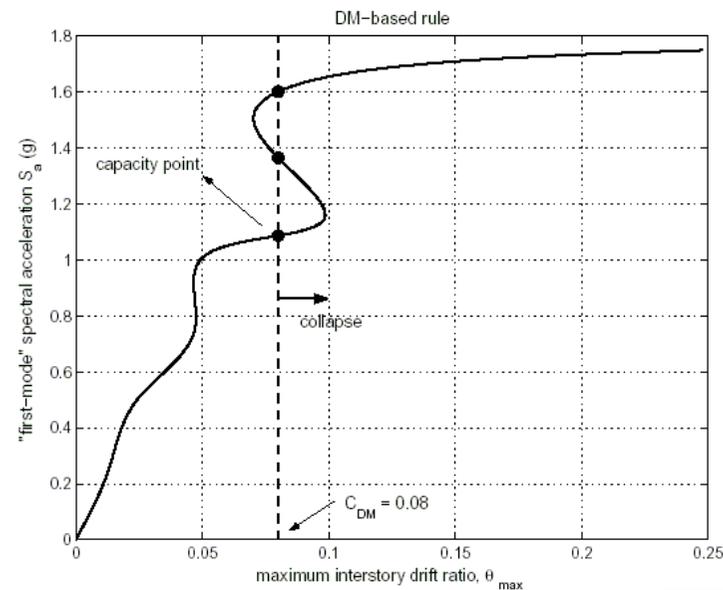
DINAMICA NON LINEARE**Livelli di prestazione indicati dalla F.E.M.A.**

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

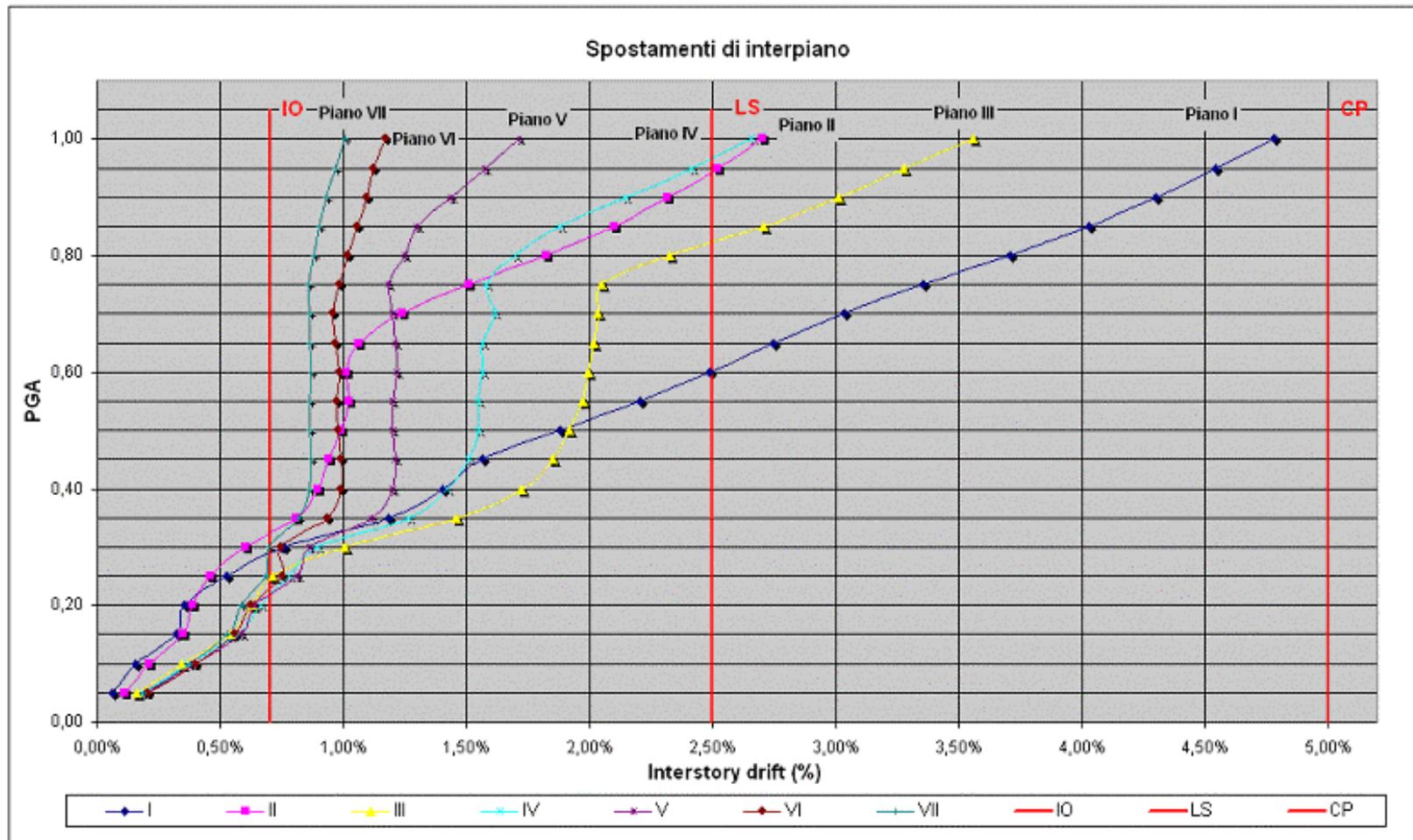
- Immediate Occupancy (IO);
- Life Safety (LS);
- Collapse Prevention (CP).

Criterio basato sulla misura del danno.

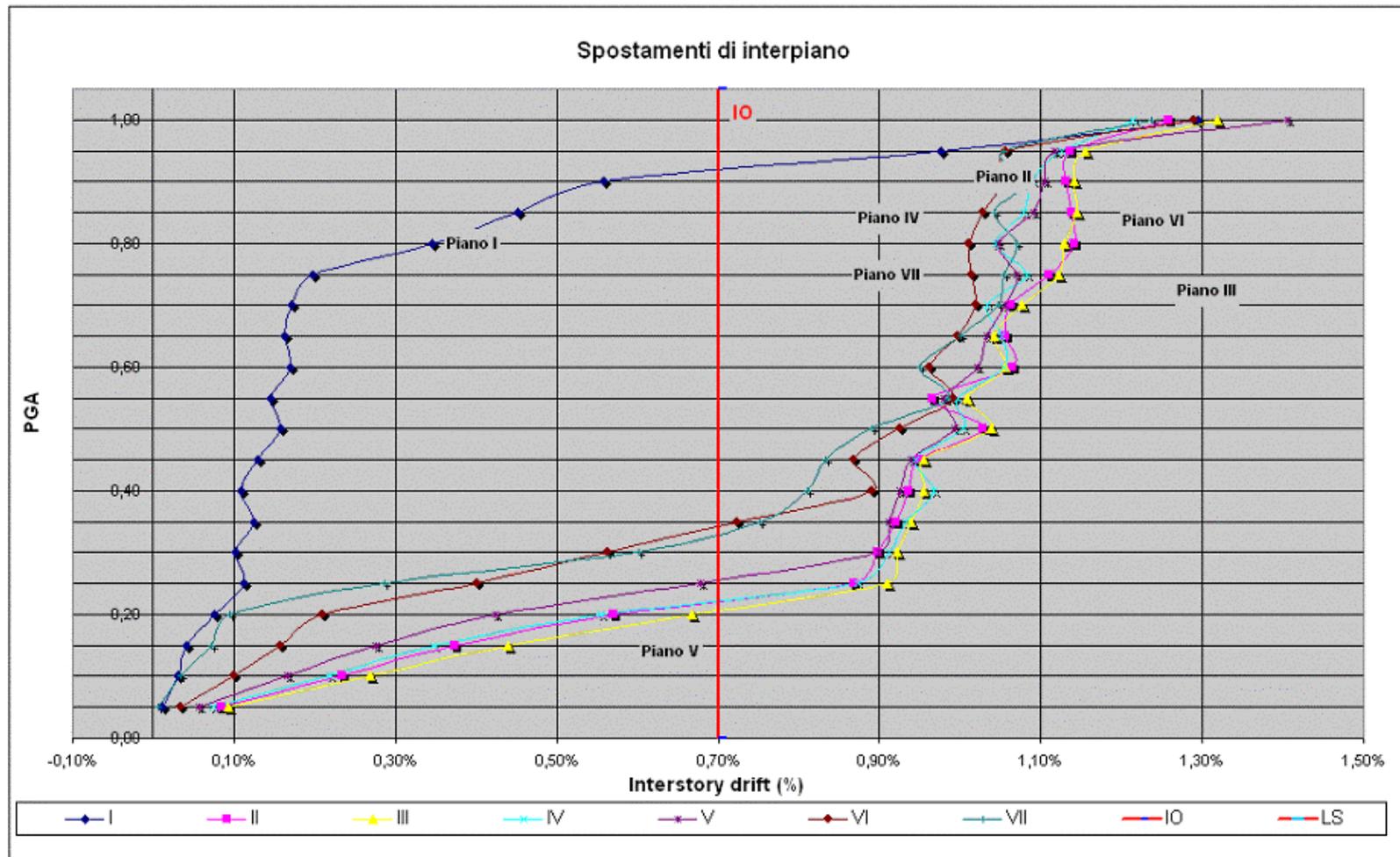
Tale criterio si basa sull'affermazione che se $DM > C_{DM}$ allora il livello è superato.

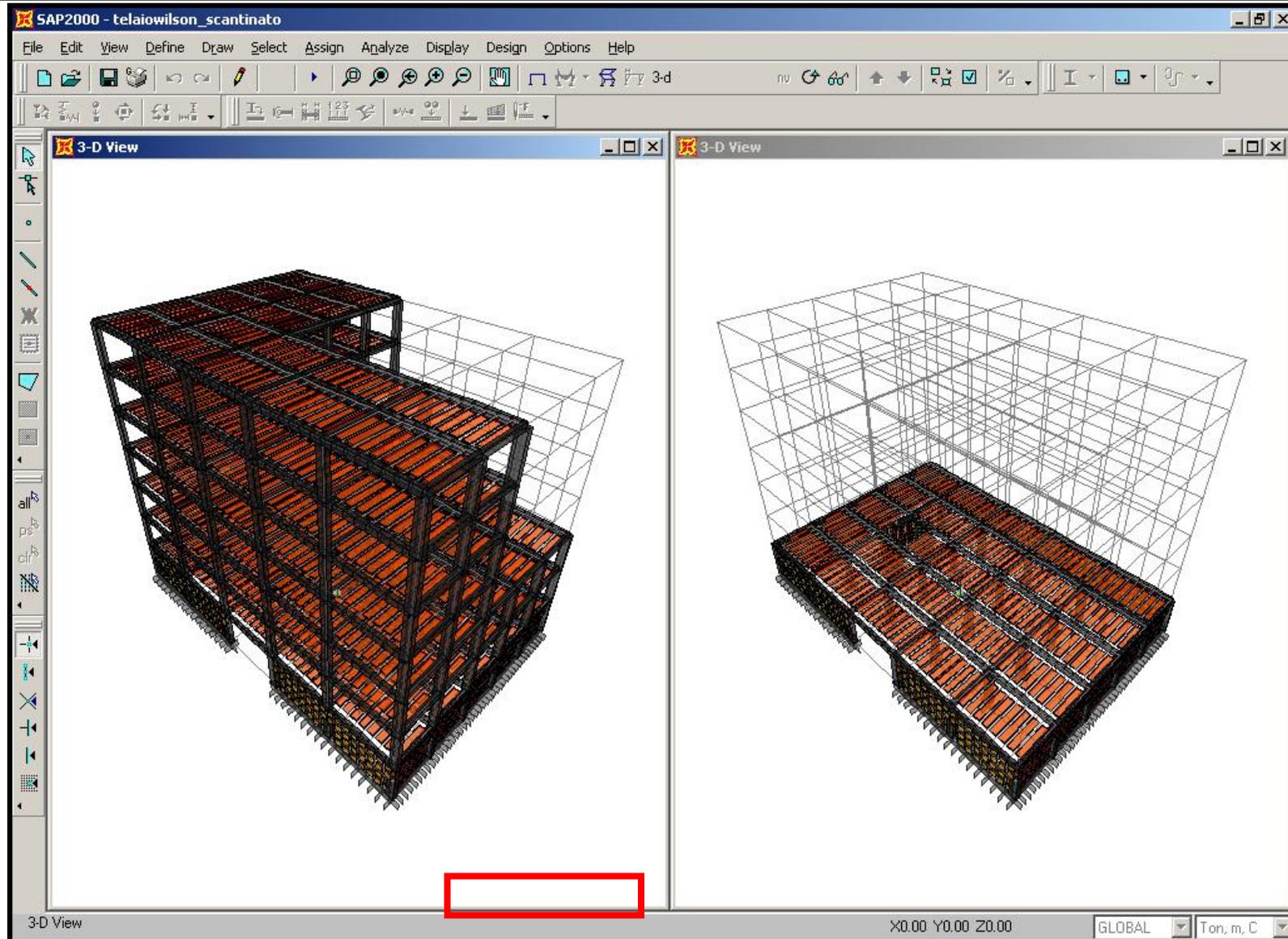


Curve I.D.A. spostamenti di interpiano telaio lungo X Condizione tradizionale



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



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 CALCOLATI

DISACCOPIARE LA STRUTTURA, SEPARANDO ELEMENTI A RIGIDEZZA DIVERSI

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

#M	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
	Sec	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

DISACCOMPIARE LA STRUTTURA, SEPARANDO ELEMENTI A RIGIDEZZA DIVERSI

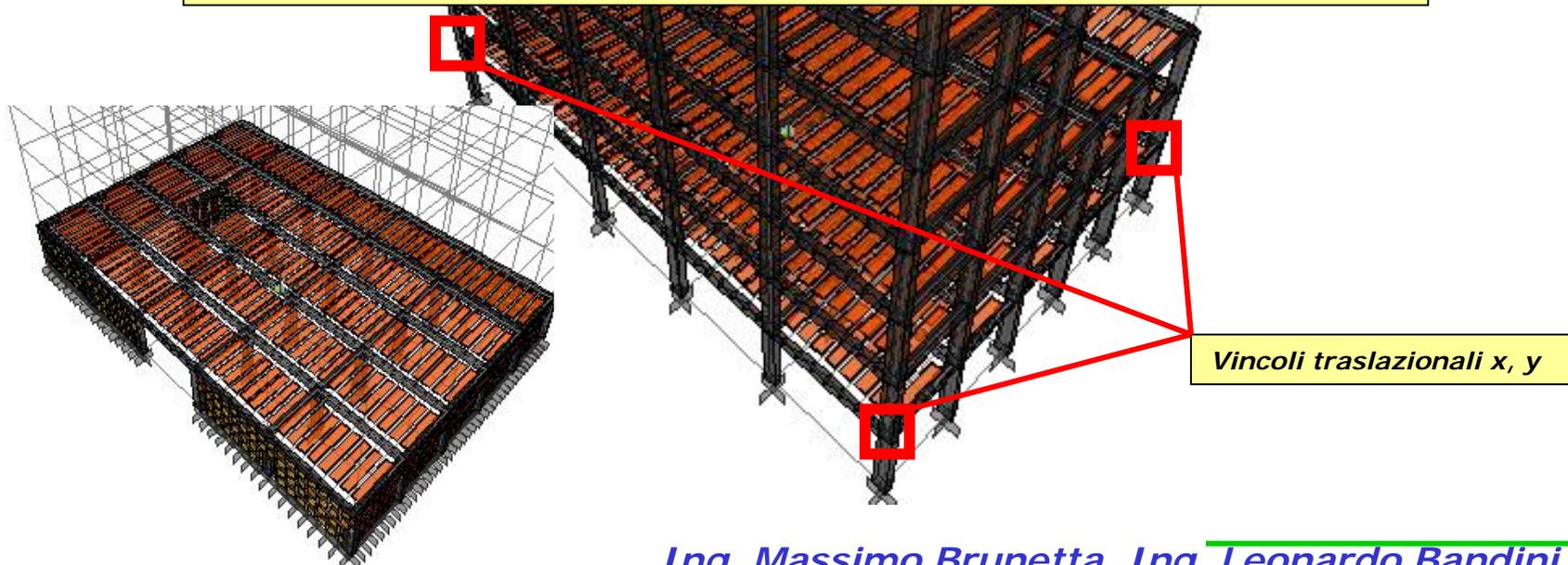


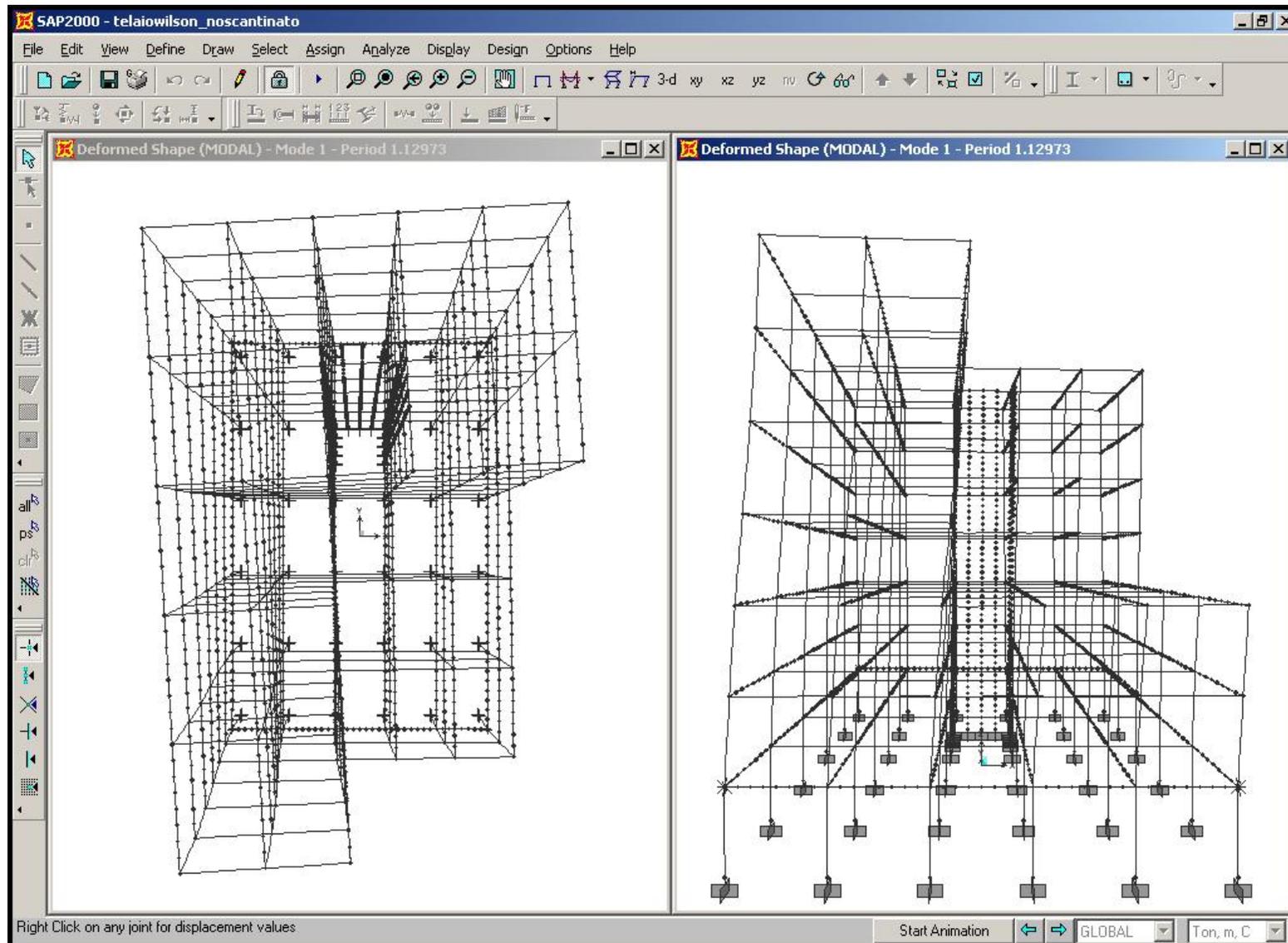
STRUTTURE CON ZONE A RIGIDEZZA DIVERSA: PRESENZA DI SCANTINATI

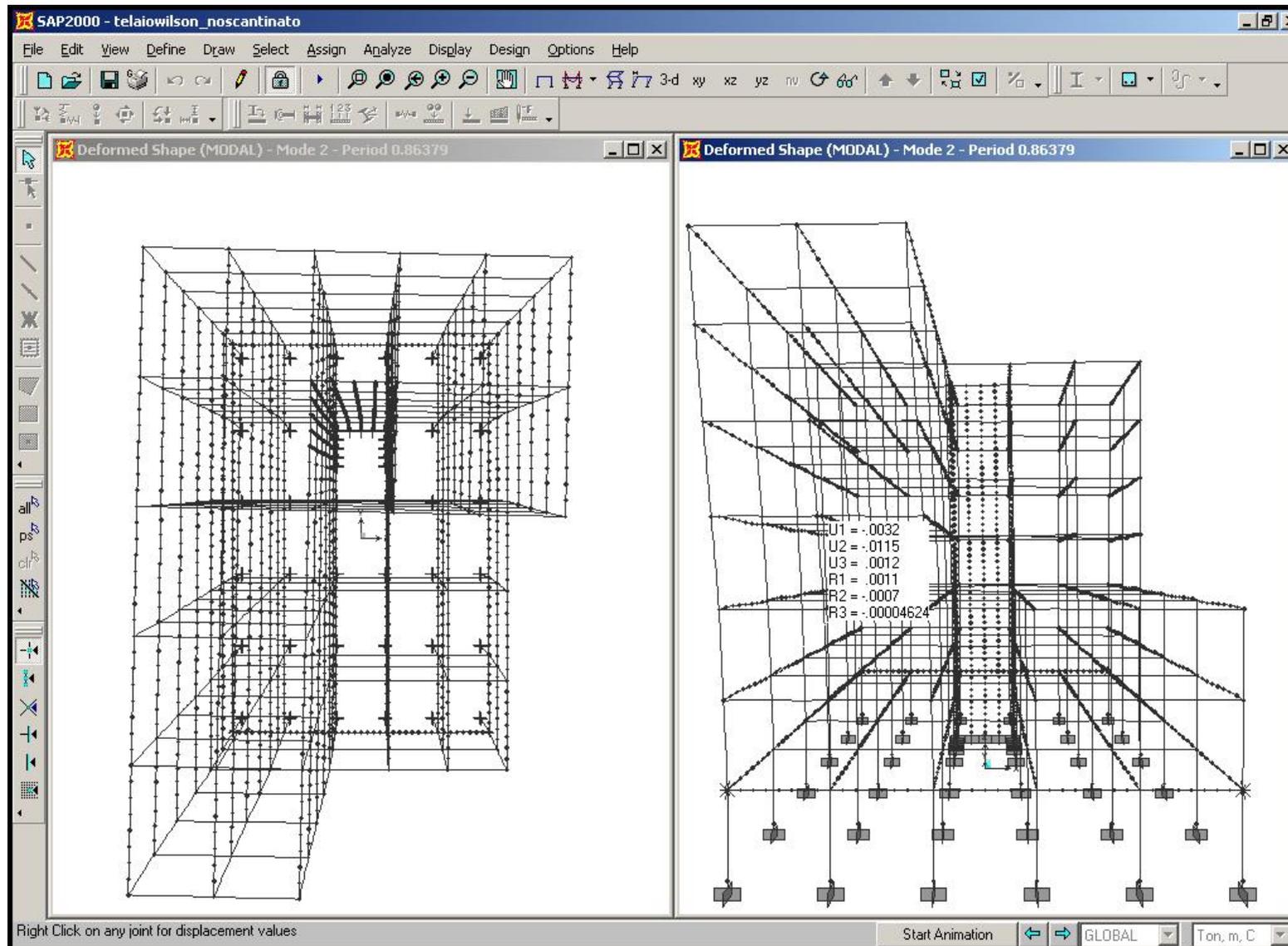
DISACCOPPIARE LA STRUTTURA, SEPARANDO ELEMENTI A RIGIDEZZA DIVERSI

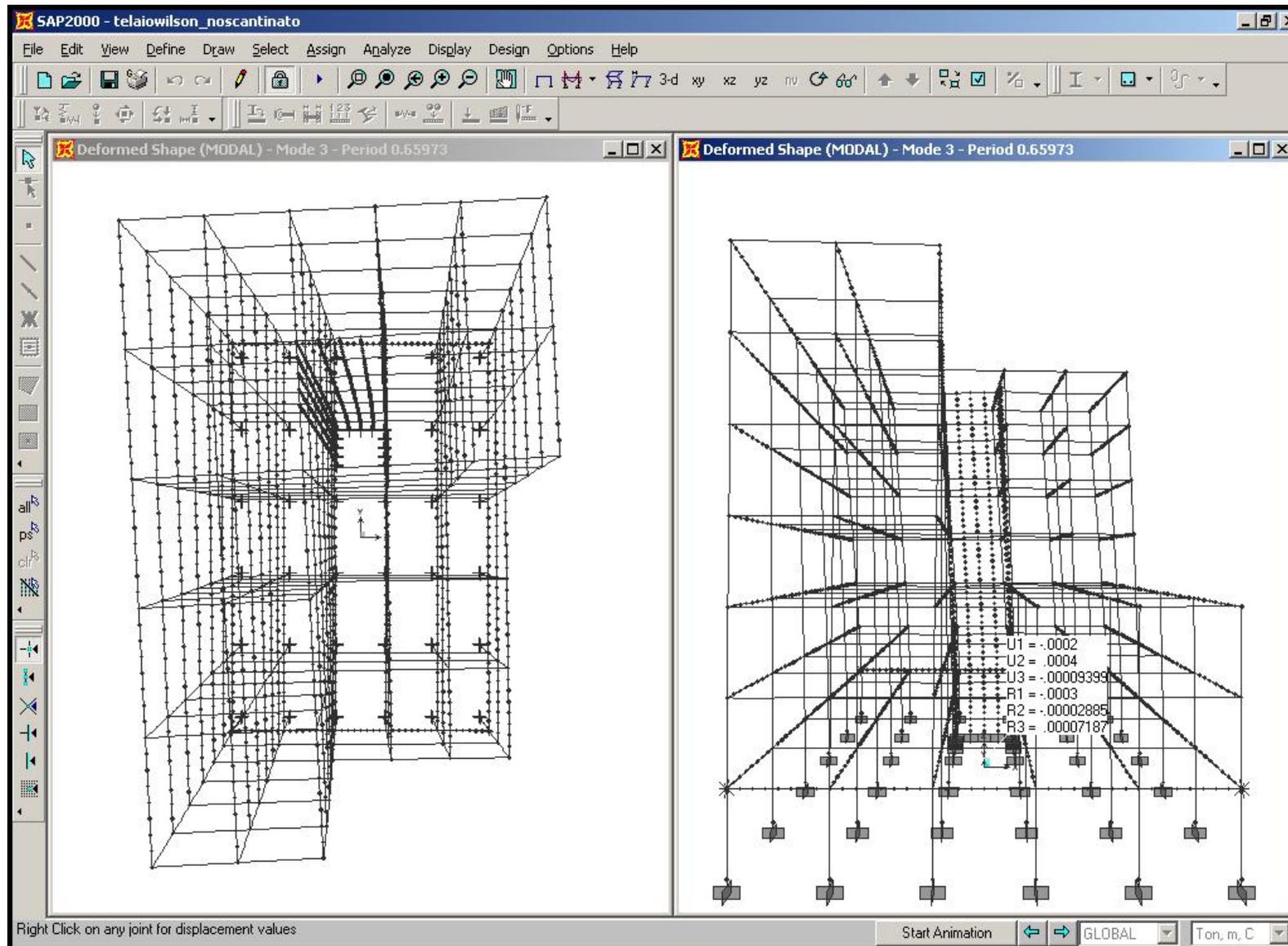
PROCEDURA DI DISACCOPPIAMENTO DELLA STRUTTURA:

- 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**



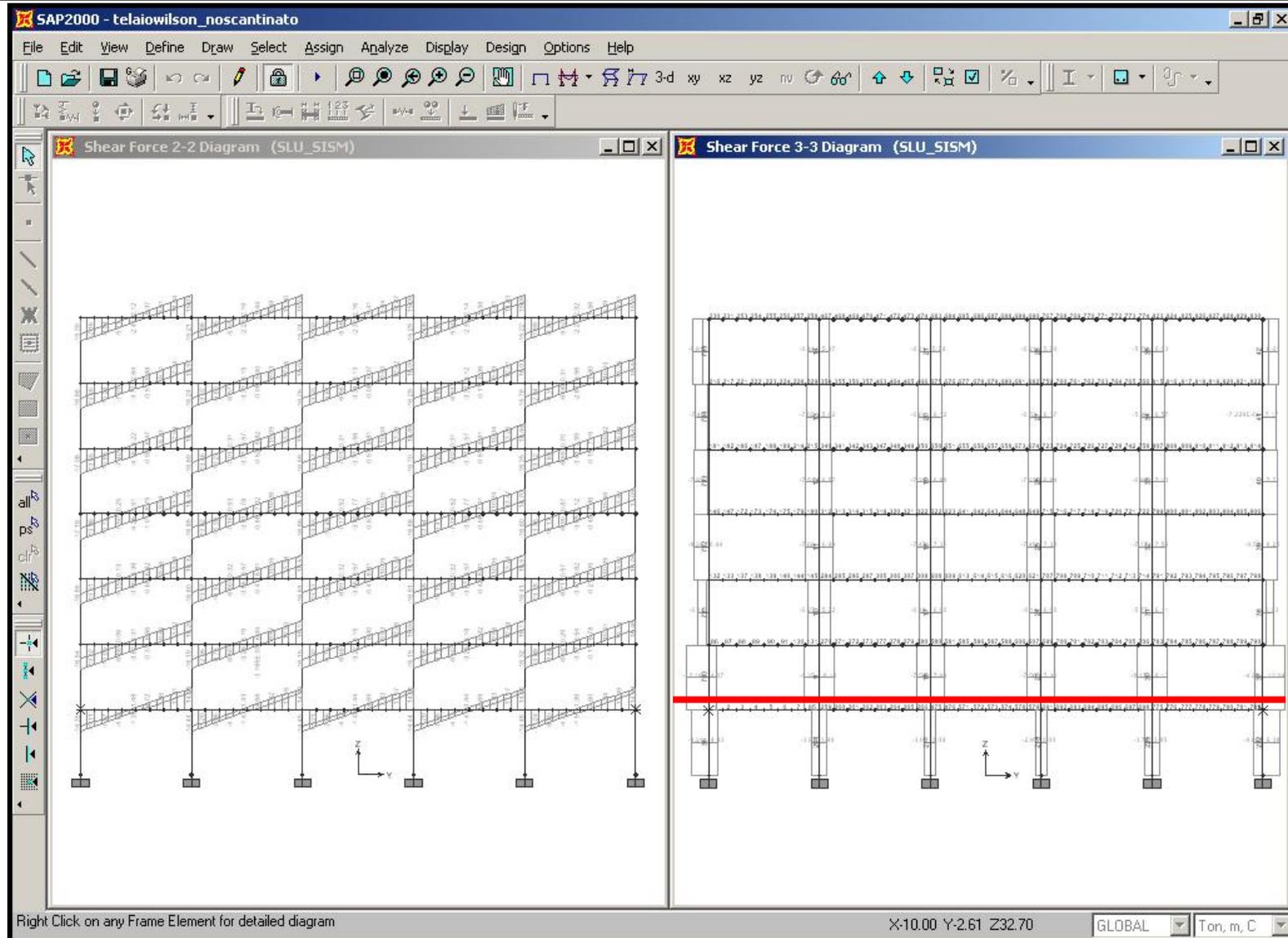
STRUTTURE CON ZONE A RIGIDEZZA DIVERSA: PRESENZA DI SCANTINATI

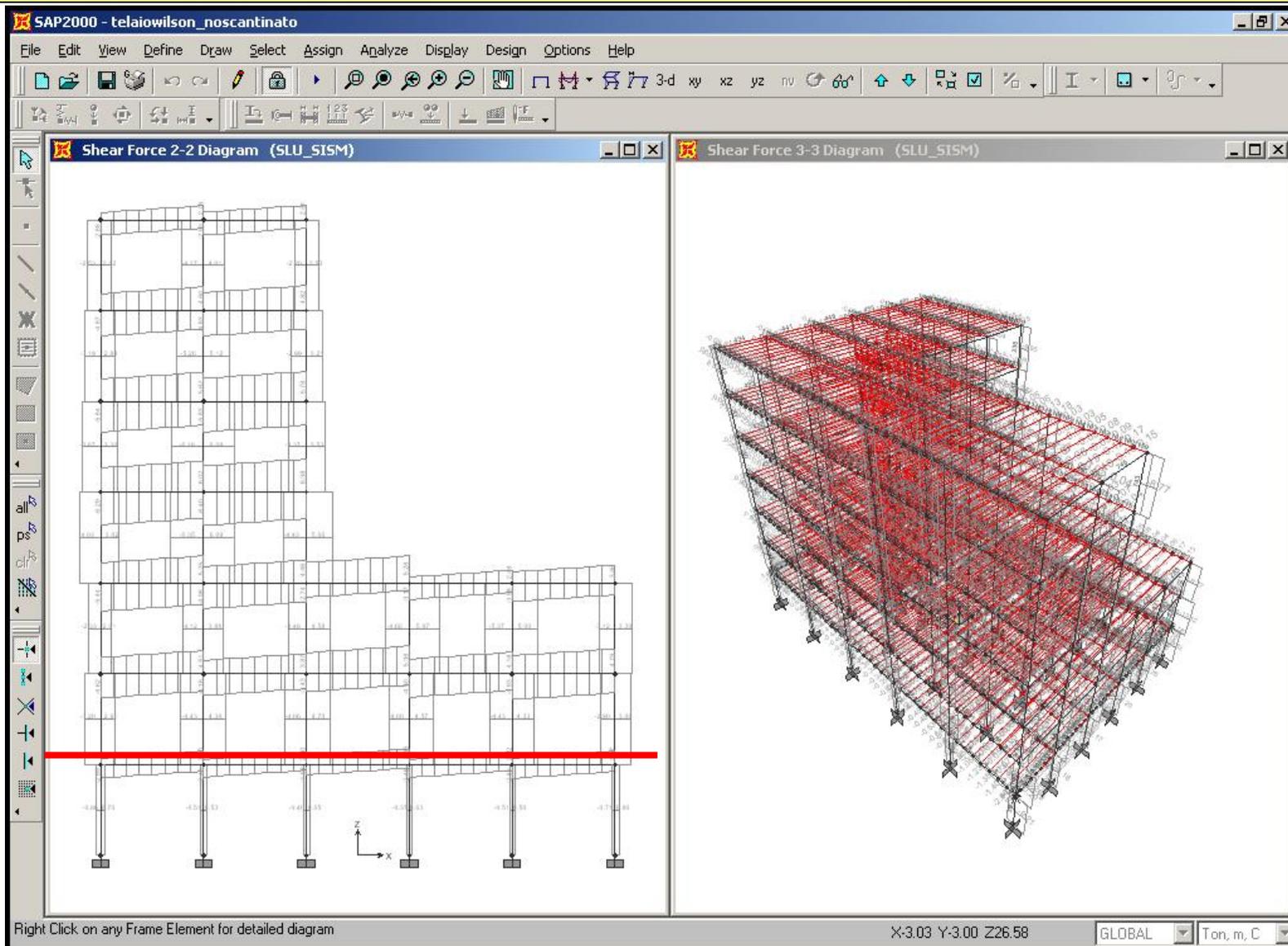
STRUTTURE CON ZONE A RIGIDEZZA DIVERSA: PRESENZA DI SCANTINATI

STRUTTURE CON ZONE A RIGIDEZZA DIVERSA: PRESENZA DI SCANTINATI

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											
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.

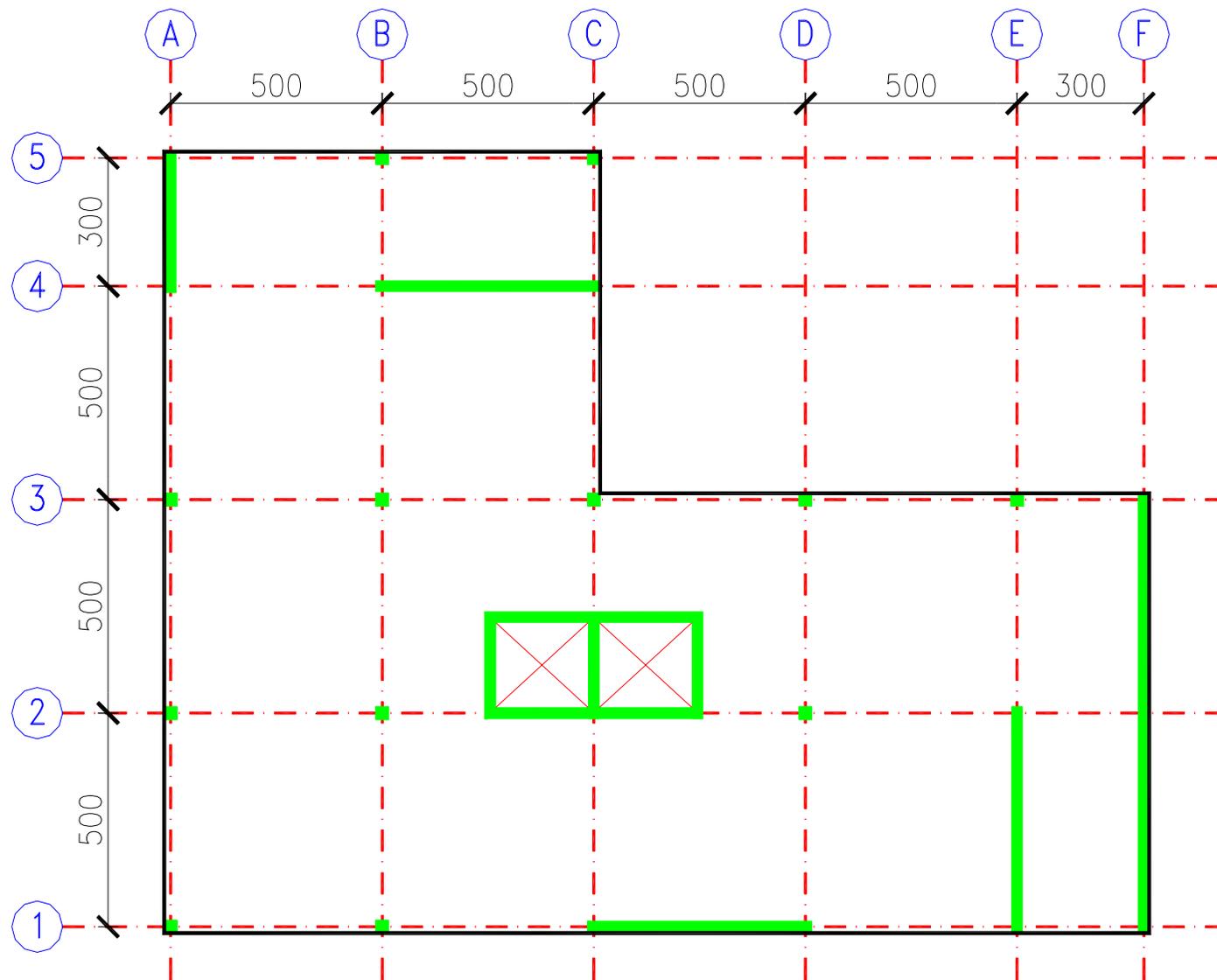
PER I PILASTRI I TAGLI E I MOMENTI OTTENUTI DA QUESTO MODELLO VANNO COMBINATI CON GLI SFORZI NORMALI OTTENUTI DAL MODELLO DELLA SOVRASTRUTTURA.



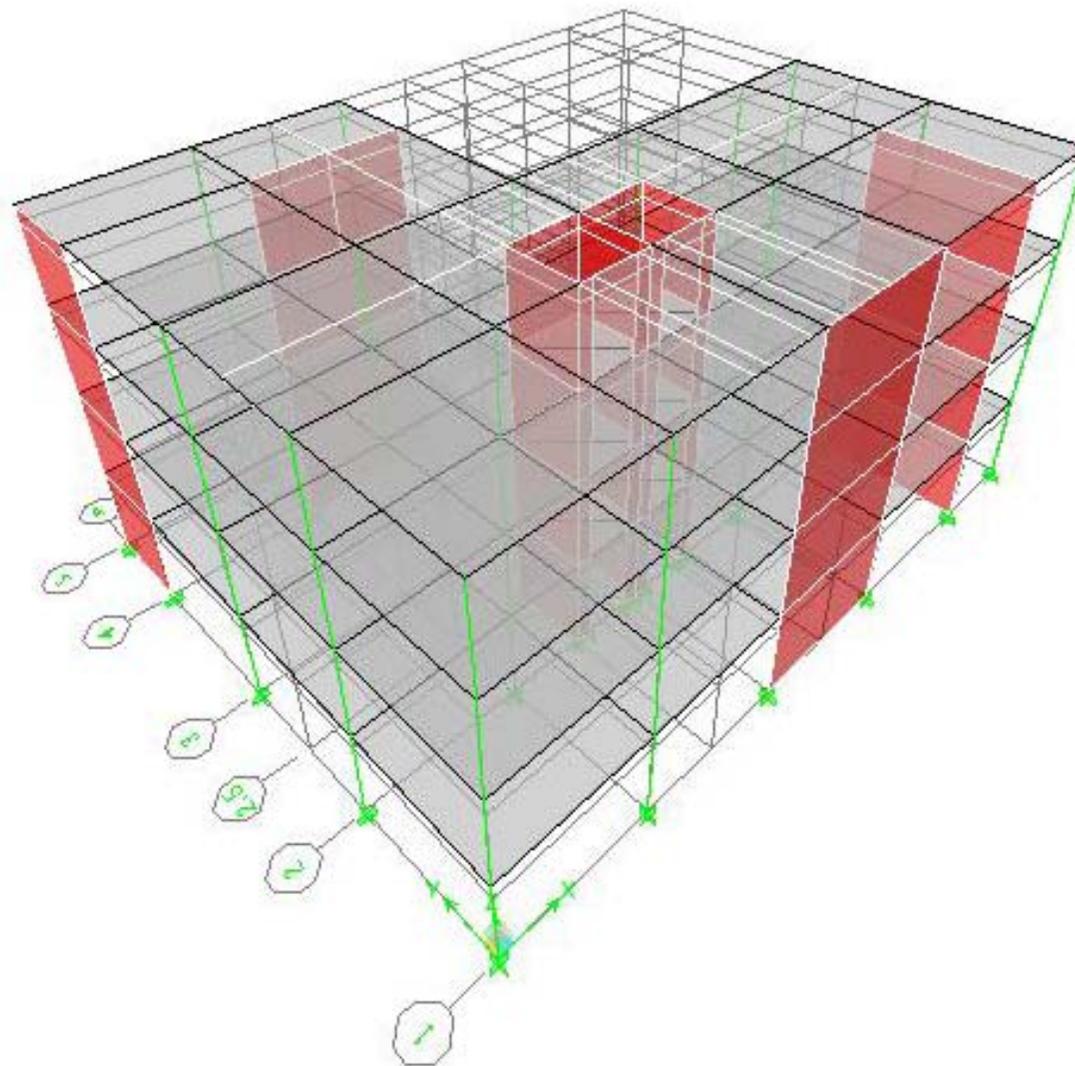
$$F_X = V_{b,x} + M_X \cdot S_{ad}(T_B) \cdot \gamma_I = 338 + 71.3 \cdot 2.03 \cdot 1.2 = 511.7t$$

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

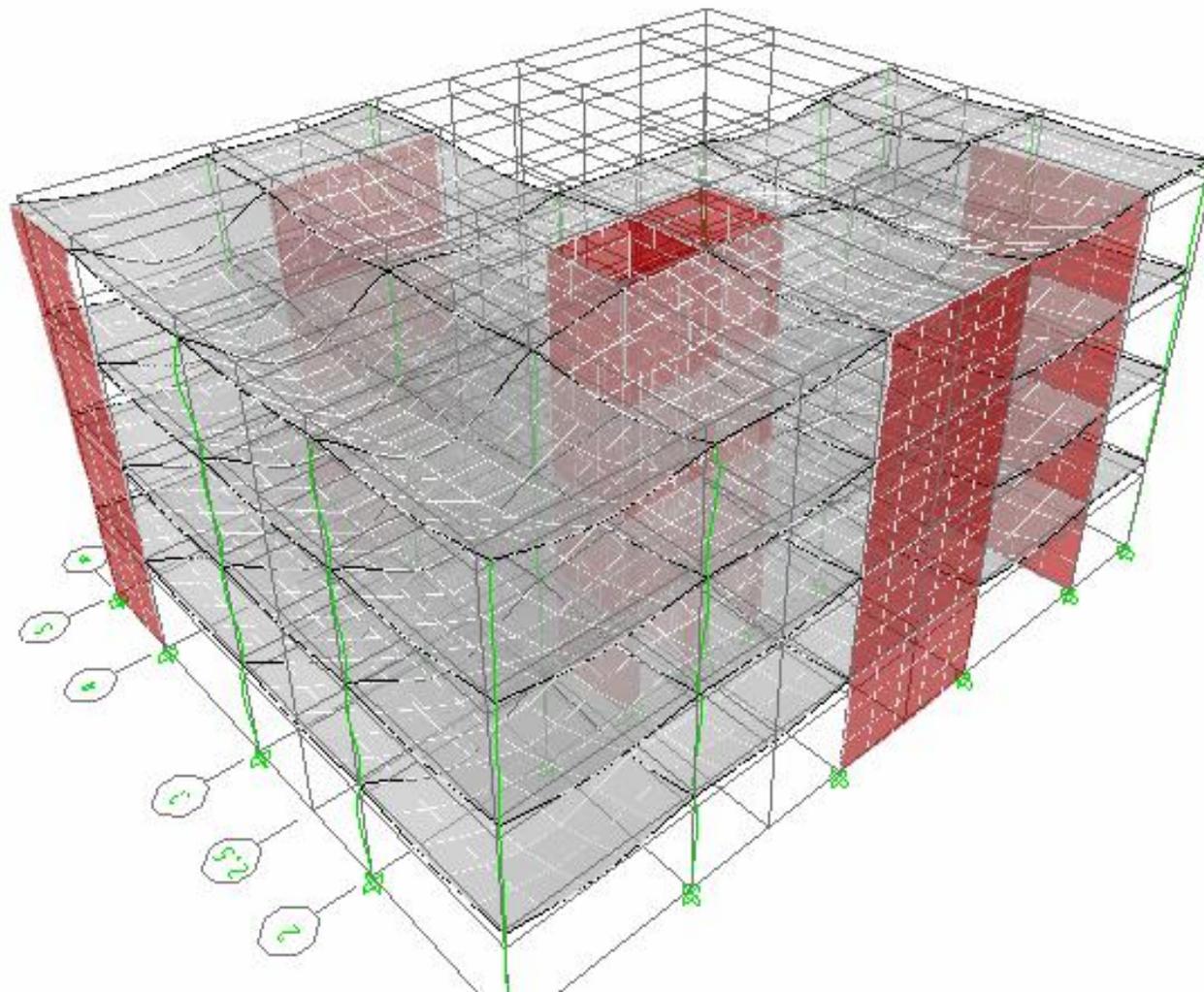
$$M = V \cdot 0.05 \cdot B$$

PRESENZA DI DIAFRAMA RIGIDO, SEMIRIGIDO O FLESSIBILE

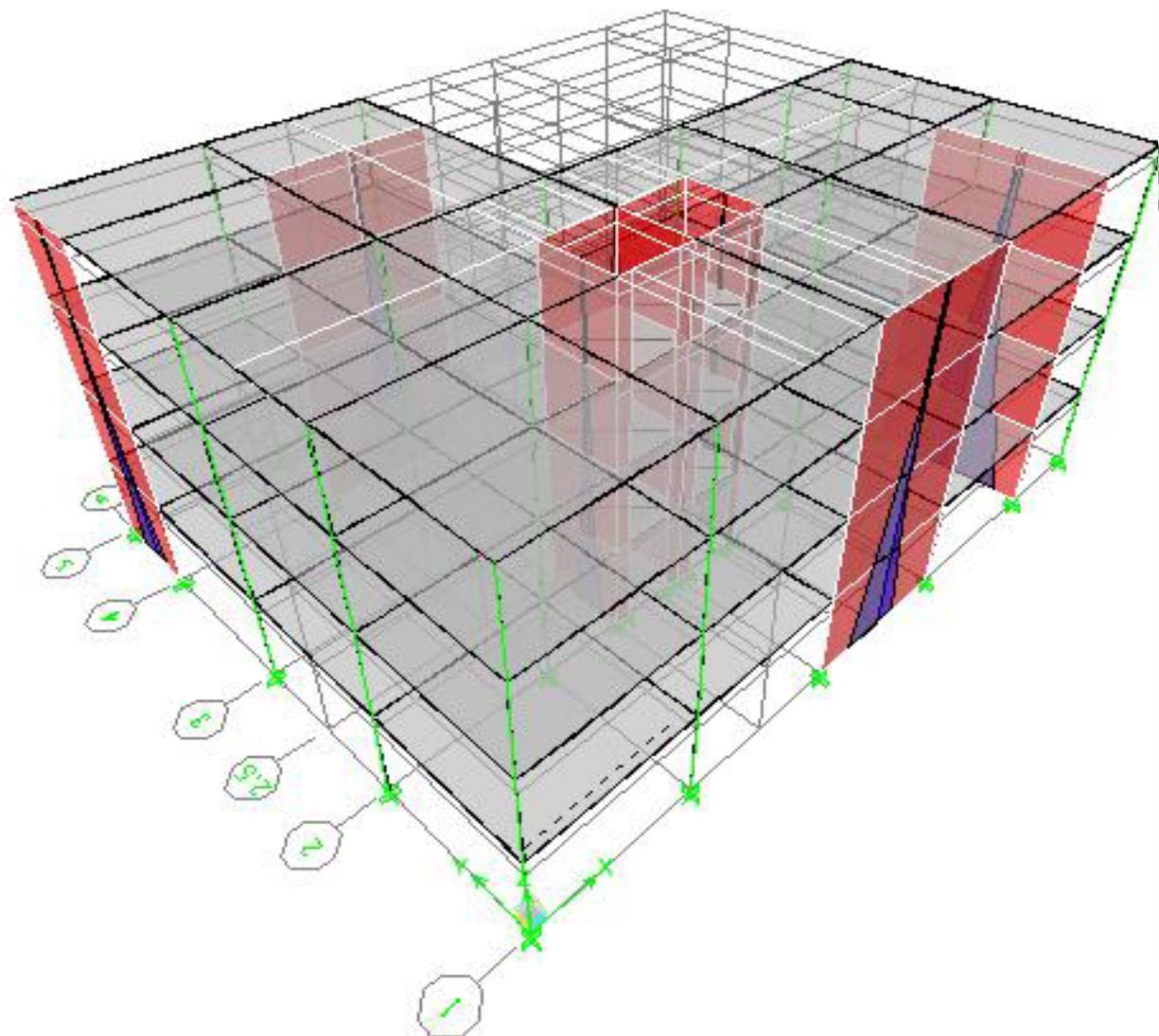
PRESENZA DI DIAFRAMA RIGIDO, SEMIRIGIDO O FLESSIBILE



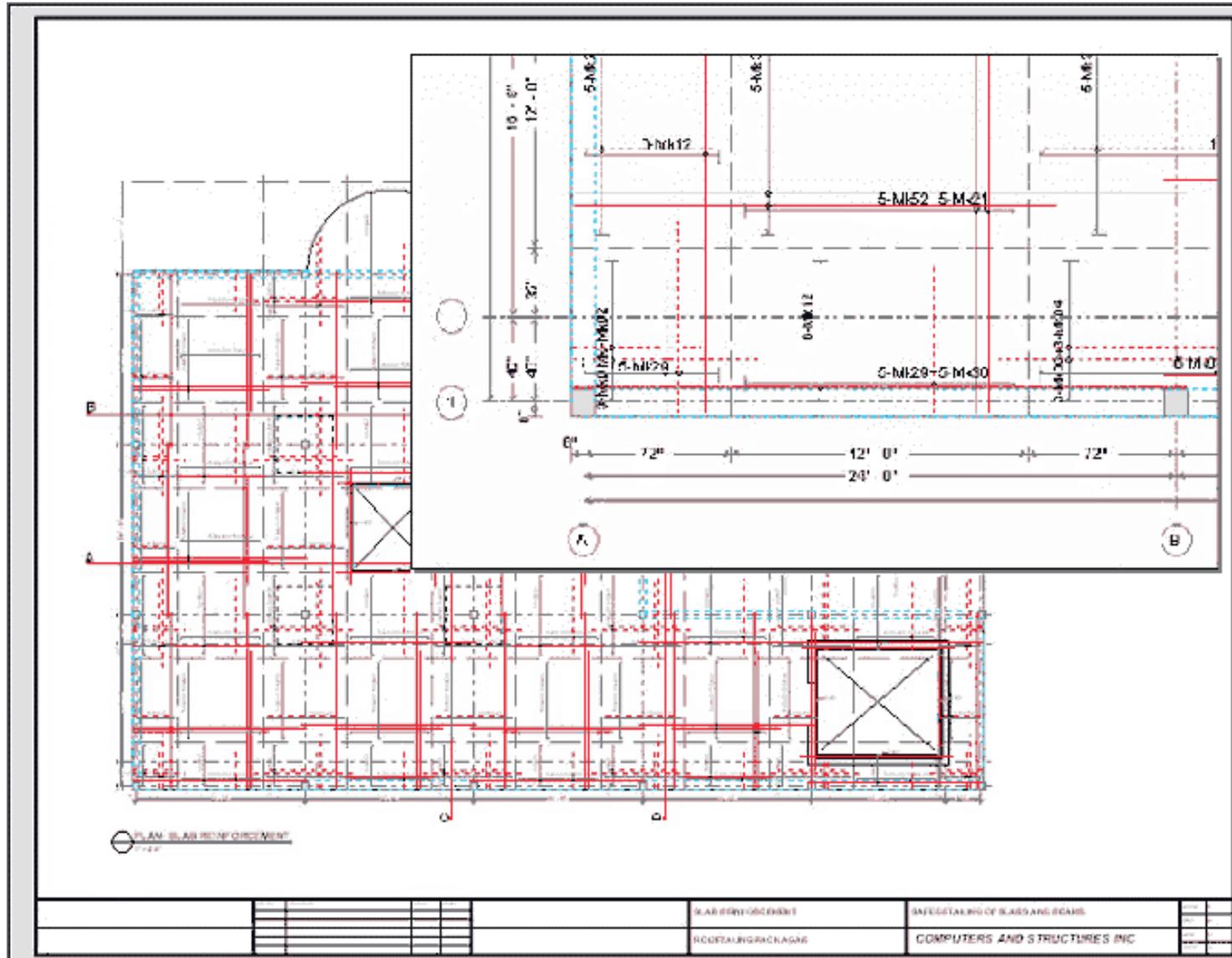
PRESENZA DI DIAFRAMA RIGIDO, SEMIRIGIDO O FLESSIBILE



PRESENZA DI DIAFRAMA RIGIDO, SEMIRIGIDO O FLESSIBILE



PROGETTAZIONE ASSISTITA DA ETABS E DETAILER



ORDINANZA 3274 03/2003, ORDINANZA 3316 10/2003

**ESEMPI APPLICATIVI SVOLTI CON L'UTILIZZO
DEL CODICE DI CALCOLO SAP2000**

Ing. Massimo Brunetta - Ing. Leonardo Bandini

Leonardo@brunetta2.it

CENNO STATI LIMITE: SLU, SLE

ANALISI SISMICA SECONDO ORD.

ANALISI STATICA LINEARE 2D

ANALISI DINAMICA MODALE

ANALISI STATICA LINEARE 3D

ANALISI DINAMICA NON LINEARE

ANALISI STATICA NON LINEARE

PROBLEMATICHE DI MODELLAZIONE