



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ  
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

---

*Σημειώσεις για το πρόγραμμα SAP2000*  
*Version 10*

*Παράδειγμα Εφαρμογής*

Στατική και Δυναμική ανάλυση διώροφου πλαισίου

**Λοΐζος Παπαλοΐζου**  
**Παναγιώτης Πολυκάρπου**  
**Πέτρος Κωμοδρόμος**

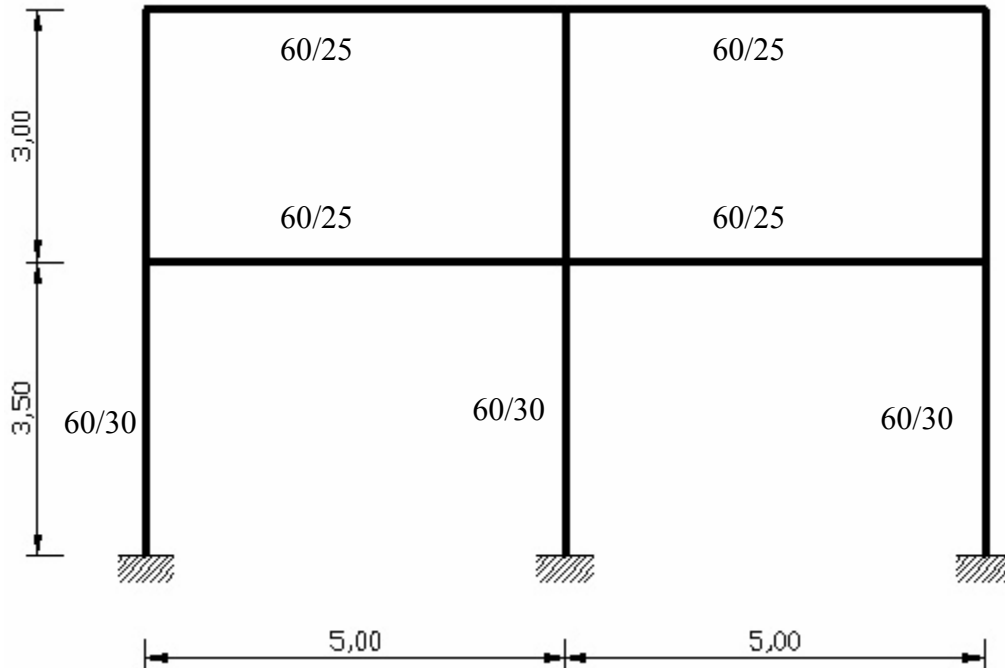
ΛΕΥΚΩΣΙΑ, 2006

## ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΔΙΑΚΡΙΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΣΤΟ SAP2000

Οι σημειώσεις ανανεώνονται συχνά. Η τελευταία έκδοση μπορεί να βρεθεί σε ηλεκτρονική μορφή στη διεύθυνση <http://www.eng.ucy.ac.cy/Archimedes/SAPV10.pdf>

### ΜΕΡΟΣ Α' – Κατακόρυφες Φορτίσεις

- ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΤΟΥ ΦΟΡΕΑ

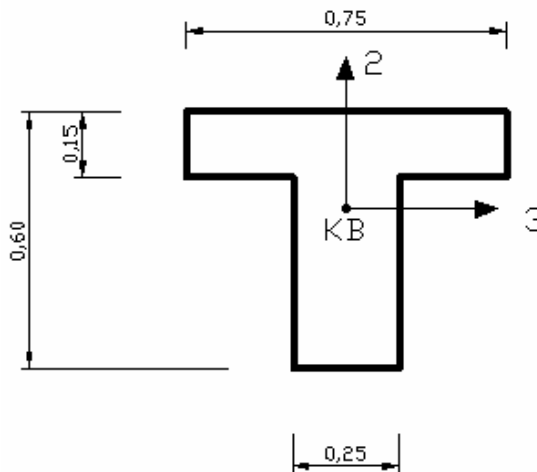


Σχήμα 1- Γεωμετρία πλαισίου

- ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΥΛΙΚΟΥ

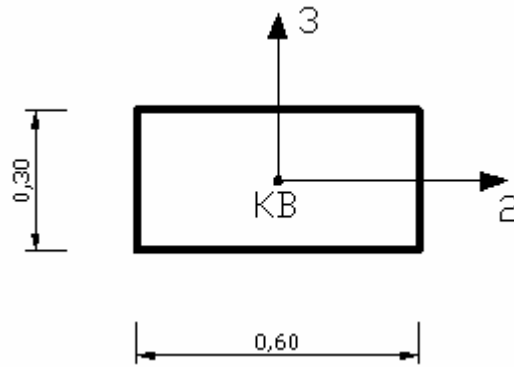
Μέτρο Ελαστικότητας :  $E=21 \text{ GPa}$   
Λόγος Poisson :  $\nu=0.2$

- ΔΙΑΤΟΜΕΣ



Σχήμα 2- Διατομή δοκού

V4 15/3/06



Σχήμα 3- Διατομή στύλου

• **ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΑ ΦΟΡΤΙΑ**

- Μόνιμα Φορτία Δοκών:

Ίδιο Βάρος δοκού	5.60 kN/m
Μόνιμα από πλάκες 1 <sup>ου</sup> ορόφου:	
Μόνιμα από πλάκες 2 <sup>ου</sup> ορόφου:	

- Κινητά Φορτία Δοκών:..... **7.00 kN/m**

• **ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΦΟΡΤΙΣΕΩΝ**

- Ο.Κ.Α. υπό κατακόρυφα φορτία:  $1.35 \times G + 1.5 \times Q$
- Ο.Κ.Λ. υπό κατακόρυφα φορτία:  $1.0 \times G + 1.0 \times Q$

**ΖΗΤΟΥΝΤΑΙ:**

Για τους πιο πάνω συνδυασμούς φορτίσεων :

- A1.** Τα διαγράμματα ροπών κάμψης.
- A2.** Τα διαγράμματα αξονικών και τεμνουσών δυνάμεων.
- A3.** Οι αντιδράσεις στη βάση των στύλων.

## ΜΕΡΟΣ Β' – Δυναμική Φασματική Ανάλυση

Για τον ίδιο φορέα (Μέρος Α') δίνονται επιπλέον τα ακόλουθα:

- **ΜΑΖΕΣ**

- Οι μάζες των ορόφων να ληφθούν ίσες με  $W_{op,G+0,3Q} / g$ , όπου:

$W_{op,G+0,3Q}$  : το συνολικό βάρος του ορόφου υπό το συνδυασμό  $G + 0,3Q$

- Οι μάζες να θεωρηθούν συγκεντρωμένες στις στάθμες των ορόφων.

- **ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ**

Να ληφθεί υπόψη ότι ο φορέας διαθέτει διαφραγματική λειτουργία με ένα από τους πιο κάτω τρόπους:

- Θεωρώντας πολύ μεγάλη ατένεια (μικρή αξονική παραμορφωσιμότητα) για τις δοκούς
- Με τη χρήση της εντολής “constrain”

- **ΦΑΣΜΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ**

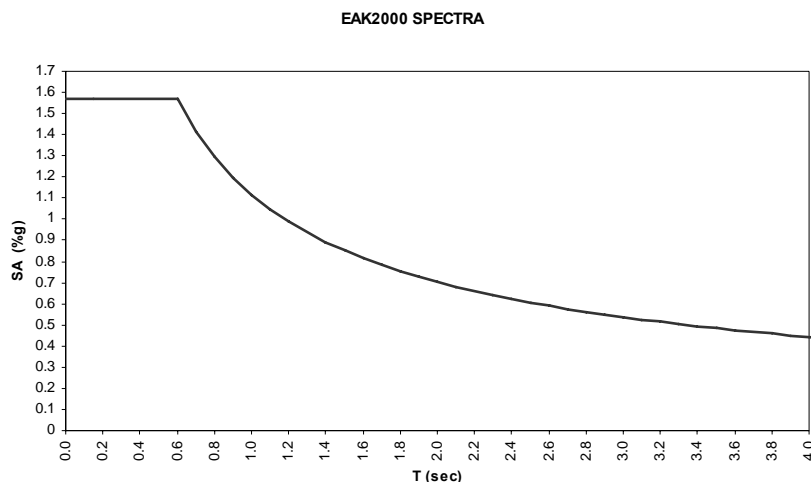
Δίνεται το φάσμα σχεδιασμού με βάση τον Ευροκώδικα 8:

Έδαφος: B

$\alpha_g = 0.16g$

$\zeta = 0.05$

$q = 2.5$



Σχήμα 4- Φάσμα σχεδιασμού

- **ΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ**

-  $1.00 \times G + 0.30 \times Q + E$

### ΖΗΤΟΥΝΤΑΙ:

- Ιδιομορφική ανάλυση του συστήματος:

**B1.** Ιδιοπερίοδοι και ιδιομορφές

- Φασματική ανάλυση:

**B2.** Τα διαγράμματα ροπών, αξονικών και τεμνουσών δυνάμεων (i) λόγω σεισμού και (ii) για το σεισμικό συνδυασμό.

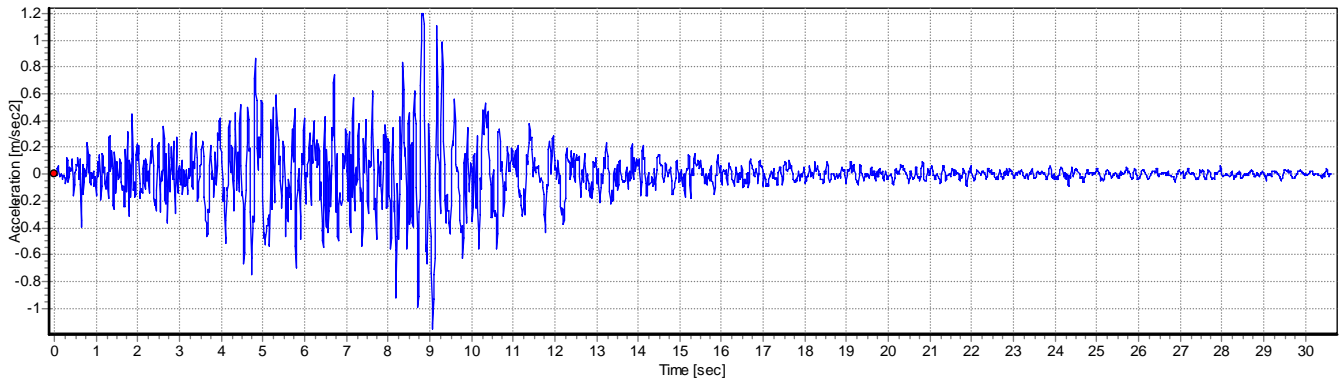
**B3.** Οι μετακινήσεις των ορόφων για το σεισμικό συνδυασμό.

## ΜΕΡΟΣ Γ' – Δυναμική ανάλυση με επιταχυνσιογράφημα βάσης.

Για τις μάζες που καθορίστηκαν στο προηγούμενο ερώτημα ζητείται να αναλυθεί ο φορέας για το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού της Θεσσαλονίκης:

### THESSALONIKA EARTHQUAKE

20:03:21, JUNE 20, 1978



### ΖΗΤΟΥΝΤΑΙ:

- Γ1. Διάγραμμα ροπών του φορέα για χρόνο 8.1 sec.
- Γ2. Διάγραμμα ροπών του φορέα – περιβάλλουσα.
- Γ3. Χρονοϊστορία μετακινήσεων κορυφής του φορέα.
- Γ4. Χρονοϊστορία ροπών βάσης μεσαίου στύλου.

## Ευθύνη του Μηχανικού

Με το SAP2000 όπως και με κάθε άλλο πρόγραμμα ανάλυσης, ο χρήστης μηχανικός είναι ο μόνος υπεύθυνος για τυχόν λάθη που θα παρουσιάσει το πρόγραμμα στα αποτελέσματα, αφού πρέπει να γνωρίζει με βεβαιότητα τι εισάγει σε αυτό. Για τον λόγο αυτό δεν πρέπει να παρασύρεται από τα όμορφα γραφικά και ευκολία χρήσης του προγράμματος.

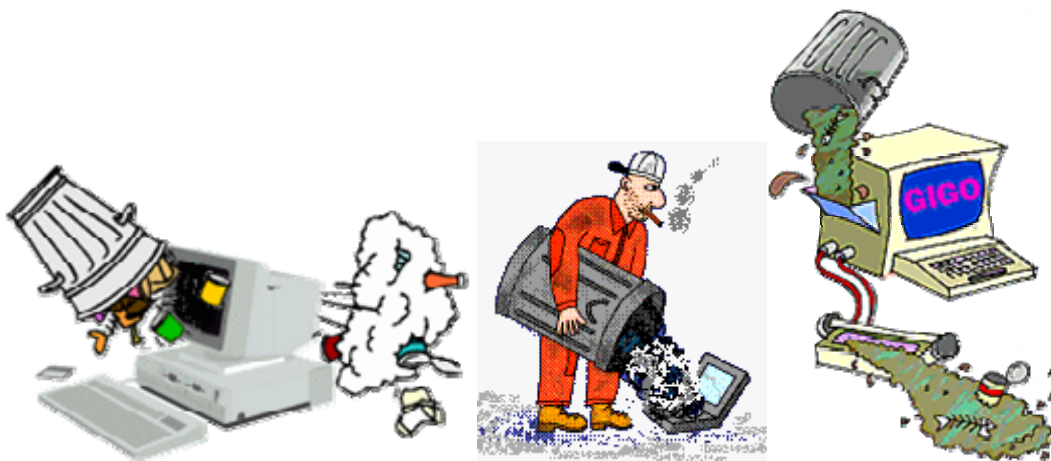
- Γίνεται κατανοητό ότι με την χρήση τέτοιων προγραμμάτων είναι απαραίτητη η **άριστη γνώση** στατικής και δυναμικής ανάλυσης.
- Κάθε μηχανικός πρέπει να έχει αίσθηση του σωστού αποτελέσματος.
- Είναι καλό να δοκιμάσει με **απλά παραδείγματα** με το πρόγραμμα, των οποίων μπορεί να επιβεβαιώσει τα αποτελέσματα.
- Να γνωρίζει τις δυνατότητες και **περιορισμούς** του προγράμματος.
- Να έχει διαβάσει προσεκτικά όλα τα εγχειρίδια χρήσης.
- **Το ίδιο το πρόγραμμα απαλλάσσεται από την ευθύνη και υποχρεώνει τον χρήστη να επιβεβαιώσει τα αποτελέσματα του.**

## DISCLAIMER

CONSIDERABLE TIME, EFFORT AND EXPENSE HAVE GONE INTO THE DEVELOPMENT AND DOCUMENTATION OF SAP2000. THE PROGRAM HAS BEEN THOROUGHLY TESTED AND USED. IN USING THE PROGRAM, HOWEVER, THE USER ACCEPTS AND UNDERSTANDS THAT NO WARRANTY IS EXPRESSED OR IMPLIED BY THE DEVELOPERS OR THE DISTRIBUTORS ON THE ACCURACY OR THE RELIABILITY OF THE PROGRAM.

THE USER MUST EXPLICITLY UNDERSTAND THE ASSUMPTIONS OF THE PROGRAM AND MUST INDEPENDENTLY VERIFY THE RESULTS.

- Άλλωστε υπάρχει και η διεθνές ορολογία “GIGO” = “**Garbage In Garbage Out**” που τονίζει πως ο υπολογιστής θα δώσει αποτέλεσμα βασισμένο στα δεδομένα που έχει από τον χρήστη.



## ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Το πρόγραμμα SAP2000 δίνει τη δυνατότητα ο φορέας και οι φορτιστικές καταστάσεις να δοθούν είτε μέσω αρχείου δεδομένων είτε με γραφικό τρόπο από το γραφικό του περιβάλλον.

Όταν τα δεδομένα δίνονται μέσω αρχείου δεδομένων αυτό έχει υποχρεωτικά όνομα με κατάληξη S2K (πχ frame1.s2k) και τα δεδομένα σε αυτό δίνονται σύμφωνα με τις οδηγίες που αναλυτικά δίδονται στα manual που συμπεριλαμβάνονται στο CD-R του προγράμματος. Μέσω αρχείου δεδομένων μπορούμε να ετοιμάσουμε τα δεδομένα για φορέα διακριτοποιημένο με οποιαδήποτε είδη πεπερασμένων στοιχείων μπορεί να περιλαμβάνει το πρόγραμμα SAP2000.

Η εισαγωγή του φορέα στο πρόγραμμα γίνεται στη συνέχεια μέσω του συρόμενου μενού *file* → *Import*

*Παράδειγμα :*

```
SYSTEM
DOF=UX,UY,UZ,RX,RY,RZ LENGTH=m FORCE=KN PAGE=SECTIONS

JOINT
1 X=0 Y=0 Z=0
2 X=2 Y=0 Z=0
3 X=1 Y=0 Z=0

RESTRAINT
ADD=1 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=2 DOF=U2,U3

MATERIAL
NAME=BETON IDES=N
T=0 E=2.8+07 U=0.2

FRAME SECTION
NAME=BEAM MAT=BETON SH=R T=.6,.25 A=.15 J=2.30675E-3 I=.0045,7.8125E-4 AS=.125,.125

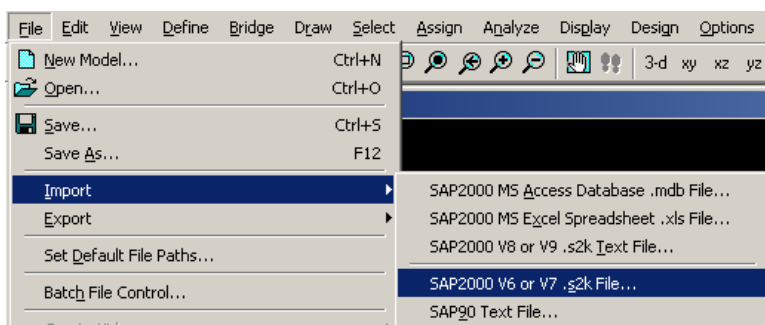
FRAME
1 J=1,3 SEC=BEAM NSEG=4 ANG=0 JREL=R3
2 J=3,2 SEC=BEAM NSEG=4 ANG=0

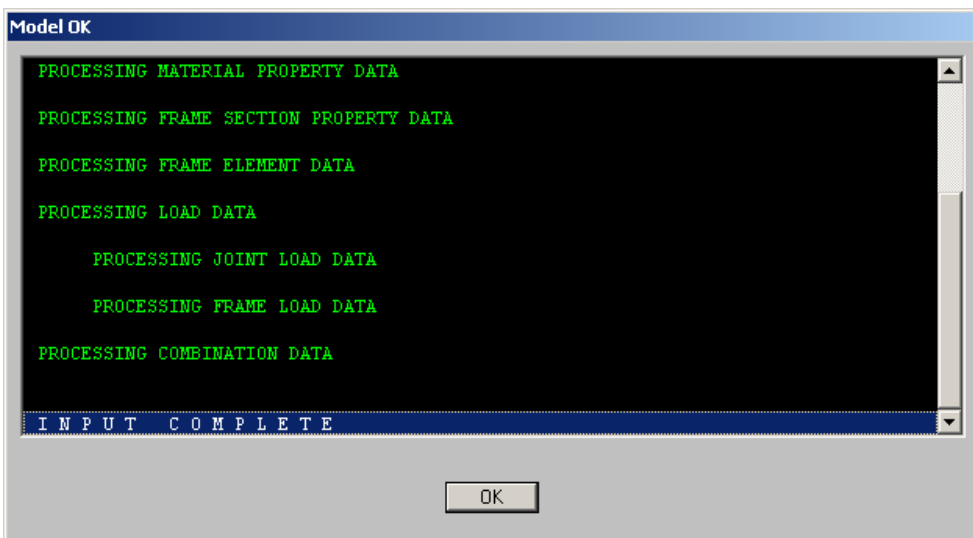
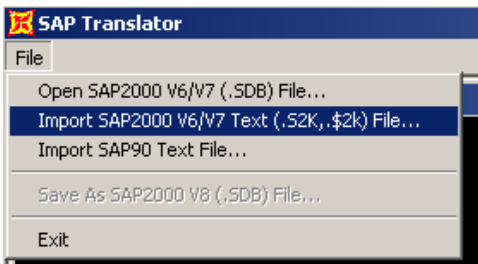
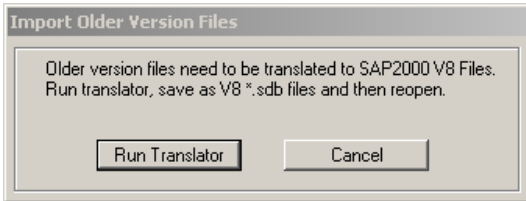
LOAD
NAME=LOAD1 SW=0
TYPE=FORCE
ADD=3 UZ=-10
NAME=LOAD2 SW=0
TYPE=DIST
ADD=1 UZ=-5

COMBO
NAME=ALL
LOAD=LOAD1 SF=1
LOAD=LOAD2 SF=1

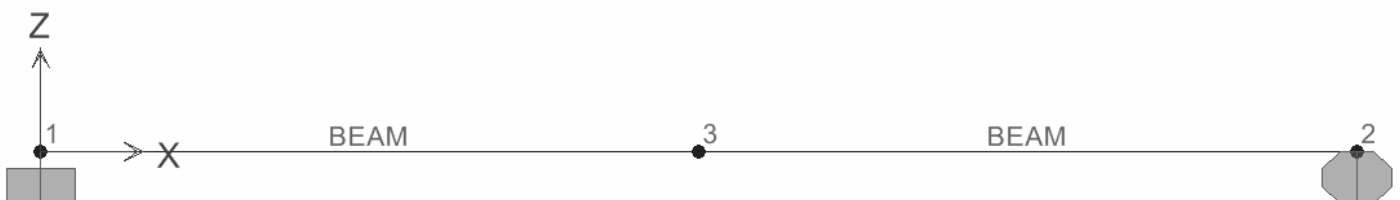
END
```

### Βήματα για εισαγωγή δεδομένων από αρχείο .S2K





Από το κυρίως πρόγραμμα File → Open →





# Το Γραφικό Περιβάλλον του SAP2000 v10

Επίπεδα Σχεδίασης ή 3D

File Edit View Define Bridge Draw Select Assign Analyze Display Design Options Help

3-d xy xz yz nv

SAP2000 v10.0.1 Advanced (Untitled)

File Edit View Define Bridge Draw Select Assign Analyze Display Design Options Help

Απαραμόρφωτος Φορέας  
Παραμορφωμένος Φορέας  
Διαγράμματα ροπών – Τεμνουσών - Αντιδράσεις

Τοποθέτηση κόμβων

Σχεδίαση στοιχείων δοκού

Σχεδίαση στοιχείων κελύφους

Επιλογή όλων  
all

Προηγούμενη επιλογή  
ps

Απενεργοποίηση όλων  
off

**\*\*Πριν αρχίσουμε την εισαγωγή των δεδομένων του φορέα ορίζουμε από το εικονίδιο κάτω δεξιά της οθόνης του SAP2000 τις μονάδες με τις οποίες θα δουλέψουμε πχ KN-M**

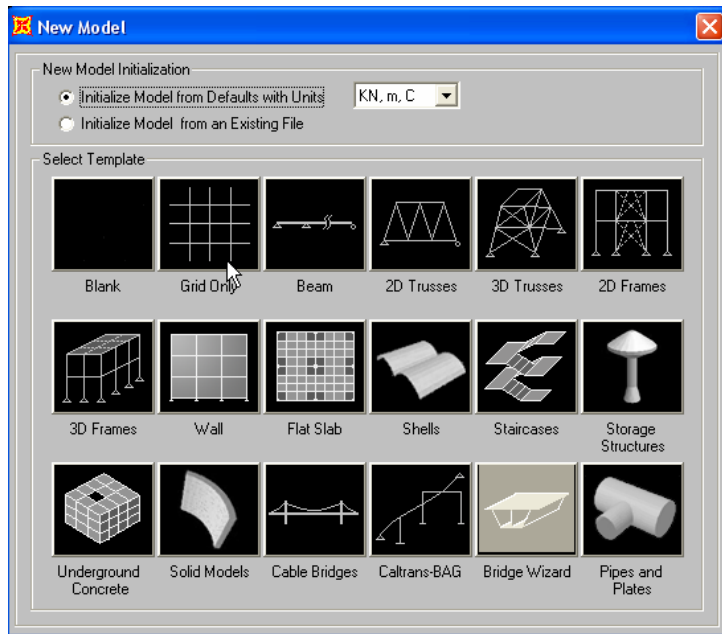
**Προσοχή** αν εκ των υστέρων αλλάξουμε μονάδες το πρόγραμμα δεν θεωρεί ότι τα νούμερα όπως τα δώσαμε είναι στις νέες μονάδες, αλλά **τα μετατρέπει** στις νέες μονάδες.

Kip, in, F  
Kip, ft, F  
KN, mm, C  
KN, m, C  
Kgf, mm, C  
Kgf, m, C  
N, mm, C  
N, m, C

Επιλογή Μονάδων

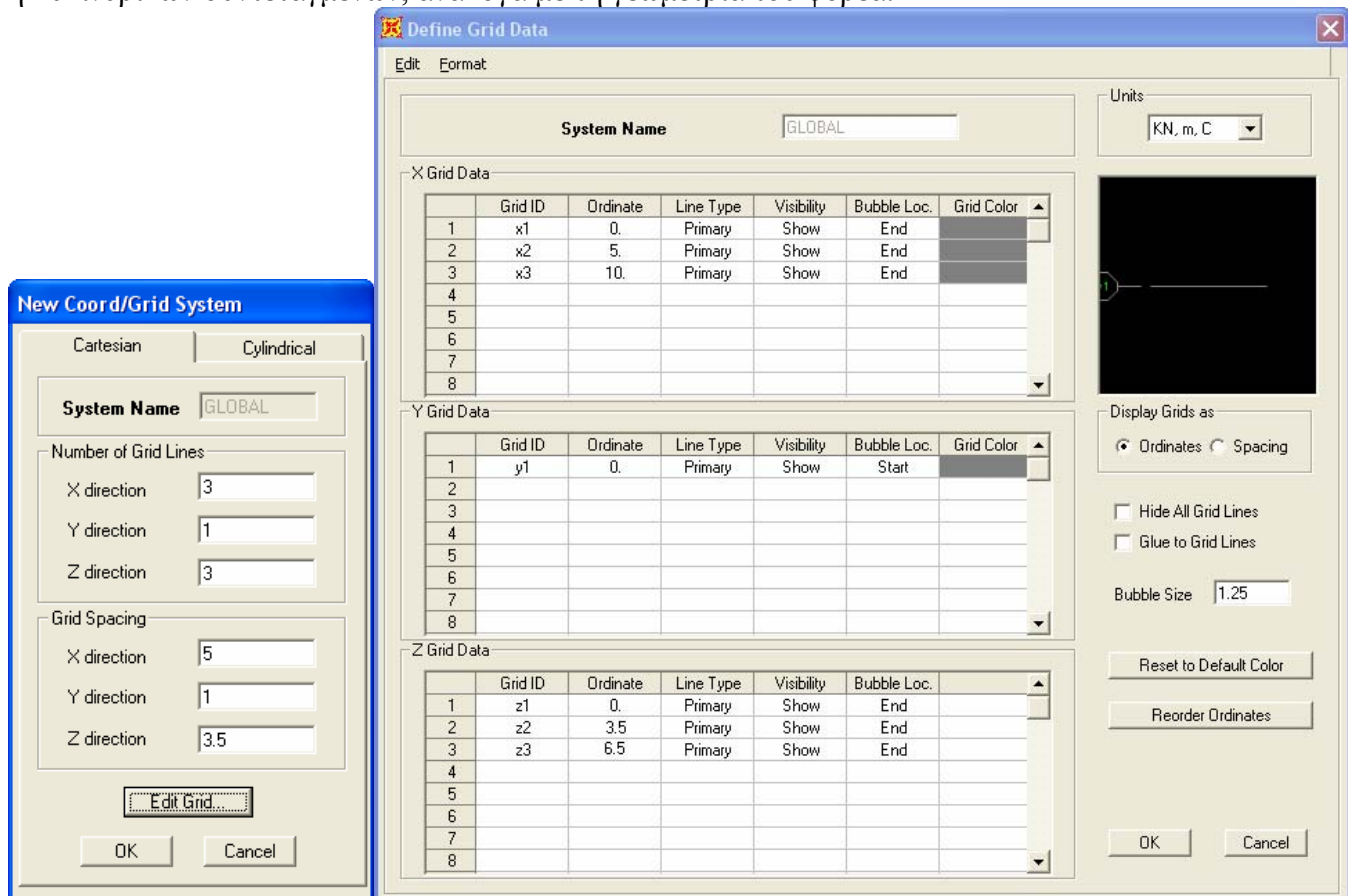
## Δημιουργία Νέου μοντέλου File → New Model

Δίνεται η δυνατότητα επιλογής κάποιου τυποποιημένου φορέα, ή δημιουργία κανάβου ή κενού αρχείου.



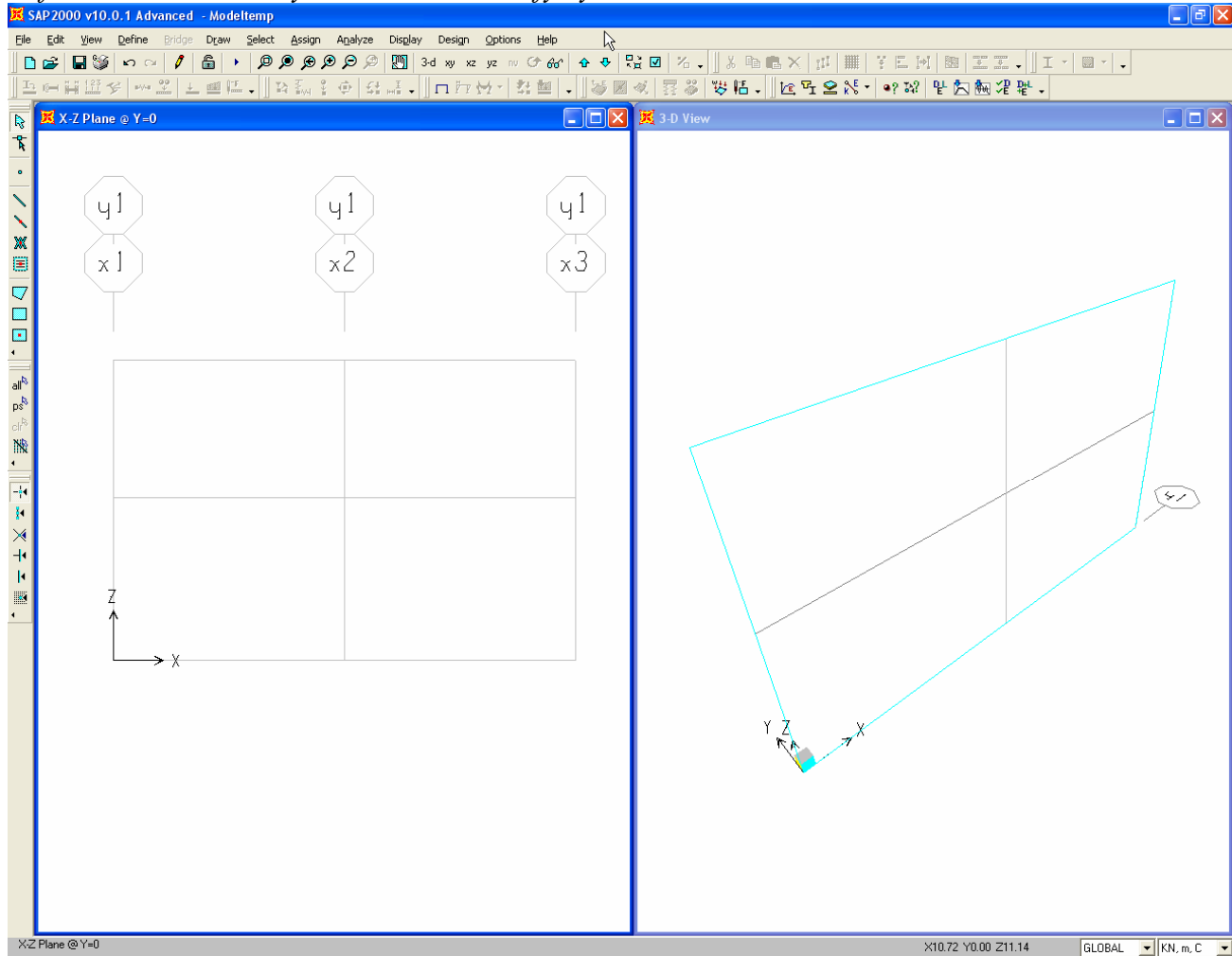
## Κάναβος Σχεδίασης (grid)

Με τον κανάβο ορίζονται βοηθητικές γραμμές σχεδίασης (*grid*), που αναφέρονται σε σύστημα καρτεσιανών ή κυλινδρικών συντεταγμένων, ανάλογα με τη γεωμετρία του φορέα.



Ο κανάβος σχεδίασης μπορεί να τροποποιηθεί με την εντολή:

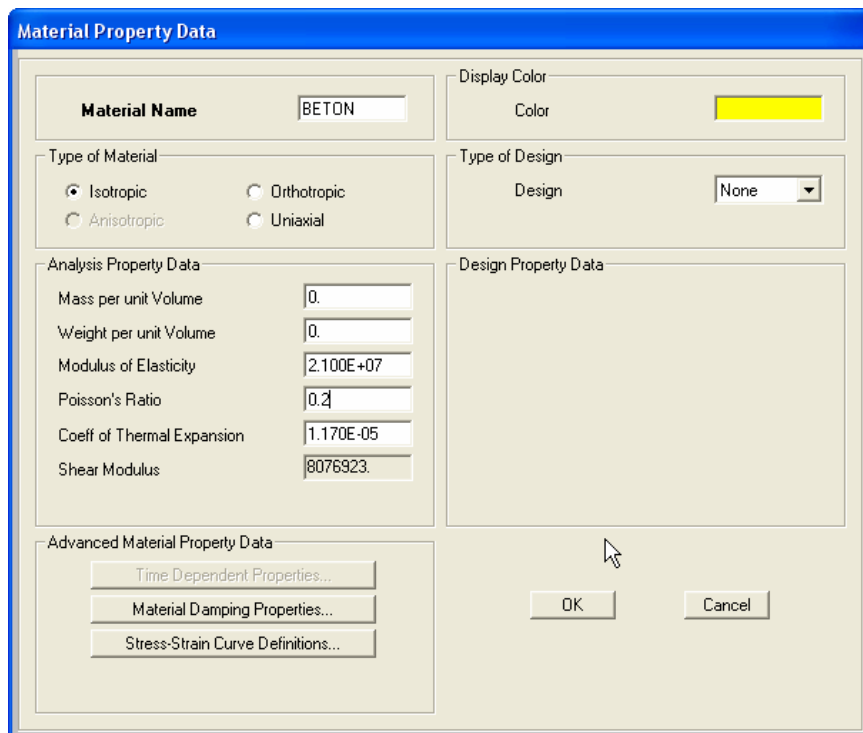
## Define → Coordinate System/Grid → Modify System



Για 2 διαστάσεις πλαίσια χρησιμοποιείται το επίπεδο X-Z

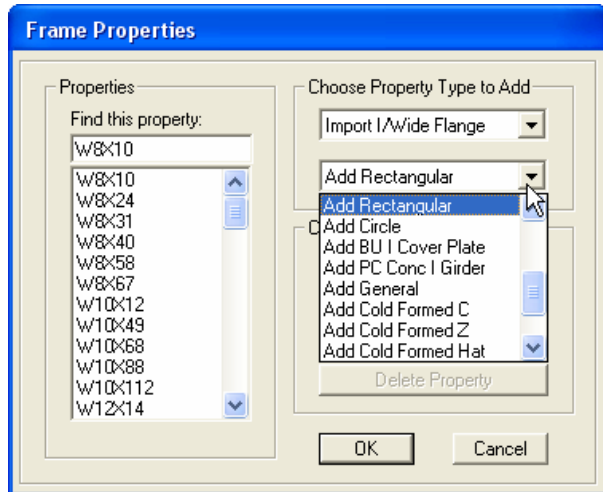
## Καθορισμός Υλικού

Define → Material → Add new Material

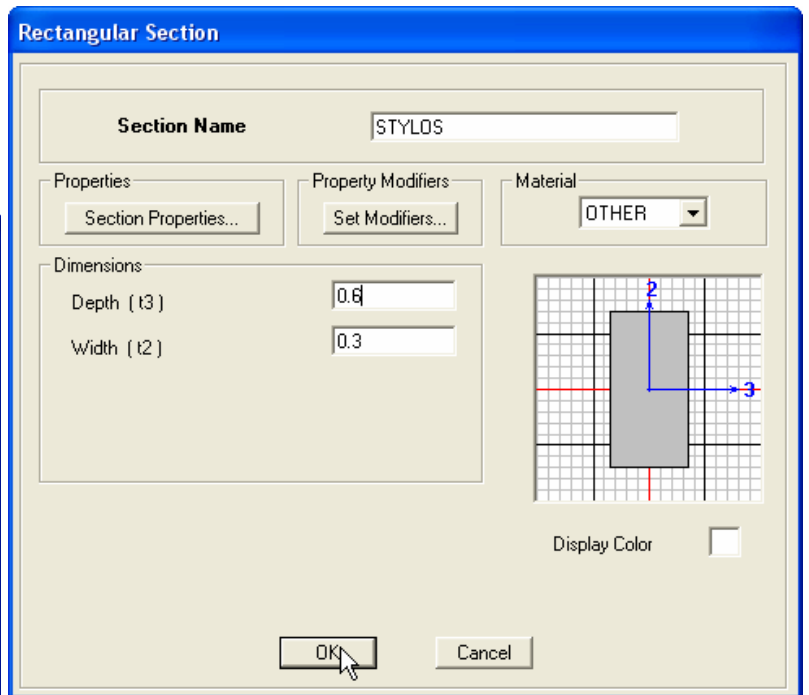


Σε περίπτωση που θα γίνει διαστασιολόγηση, επιλέγεται στο "Type of Design" Ο τύπος του υλικού π.χ Steel, Concrete καθώς και παράμετροι που αφορούν τις αντοχές του.

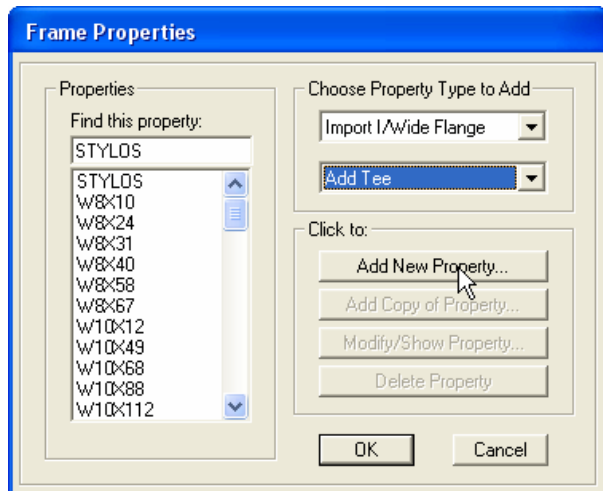
**Καθορισμός Διατομών**  
Define → Frame sections...



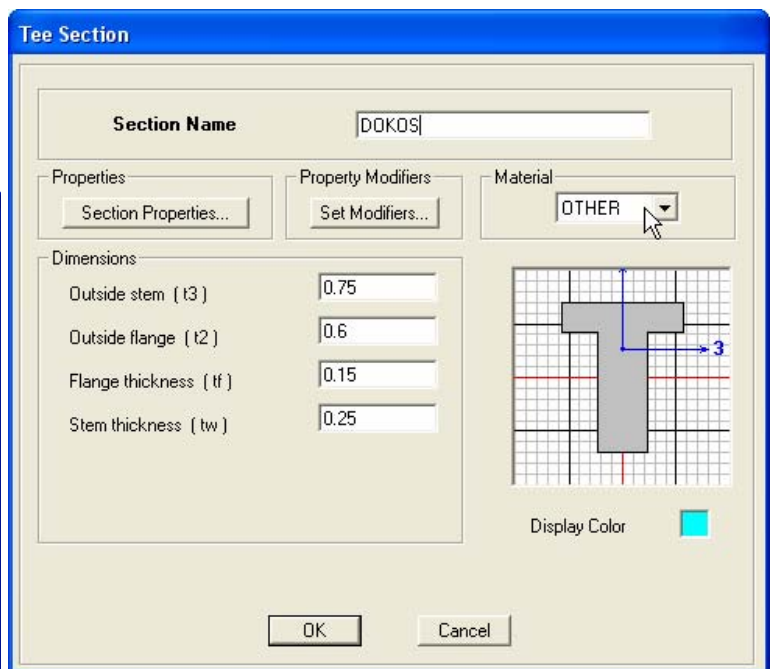
Add New Property



Στο υλικό (Material) να καθοριστεί *BETON*



Add Tee



Στο υλικό (Material) να καθοριστεί *BETON* που εισάχθηκε προηγουμένως.

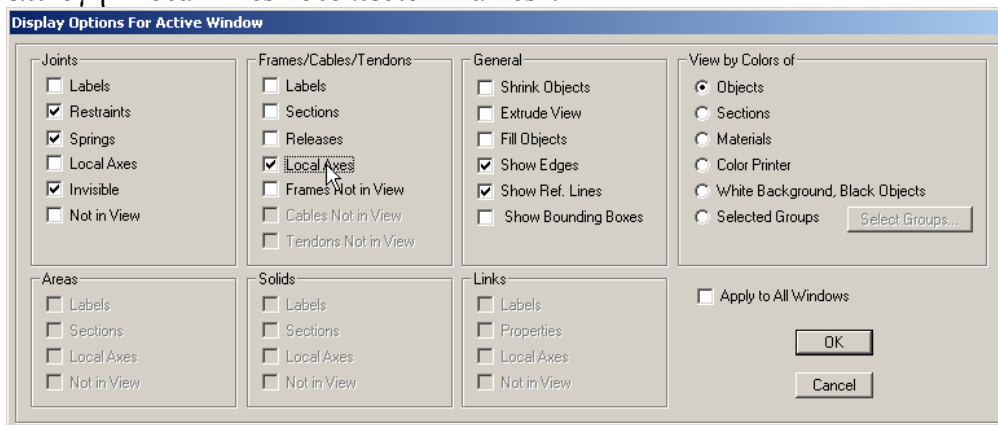
## Τοπικοί άξονες

Στον καθορισμό κάποιας διατομής πρέπει να δίνεται προσοχή στους άξονες που ανατίθεται η διάσταση και γενικά στην ανάθεση των γεωμετρικών ιδιοτήτων. Κάθε διατομή αντιπροσωπεύεται με 3 τοπικούς άξονες με βάση τους οποίους καθορίζονται τα δεδομένα που εισάγονται καθώς και τα αποτελέσματα που αφορούν το στοιχείο.

Για τα γραμμικά στοιχεία οι άξονες στο γραφικό περιβάλλον συμβολίζονται ως εξής:

- Ο άξονας 1 είναι ο κατά μήκος του στοιχείου άξονας και συμβολίζεται με χρώμα **κόκκινο**.
- Ο άξονας 2 συμβολίζεται με χρώμα **άσπρο**.
- Ο άξονας 3 συμβολίζεται με χρώμα **κυανό**.

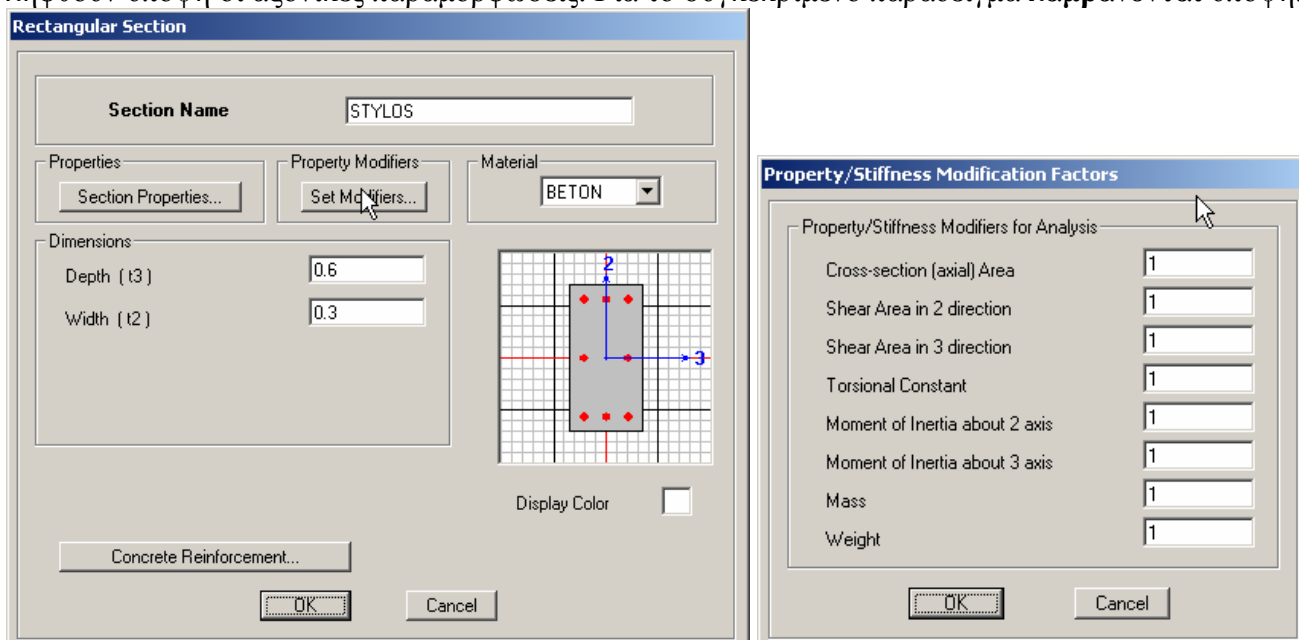
Για να εμφανιστούν οι άξονες στο γραφικό περιβάλλον : View → Set Display Options και ενεργοποιείται η επιλογή “Local Axes” στο πεδίο “Frames”.

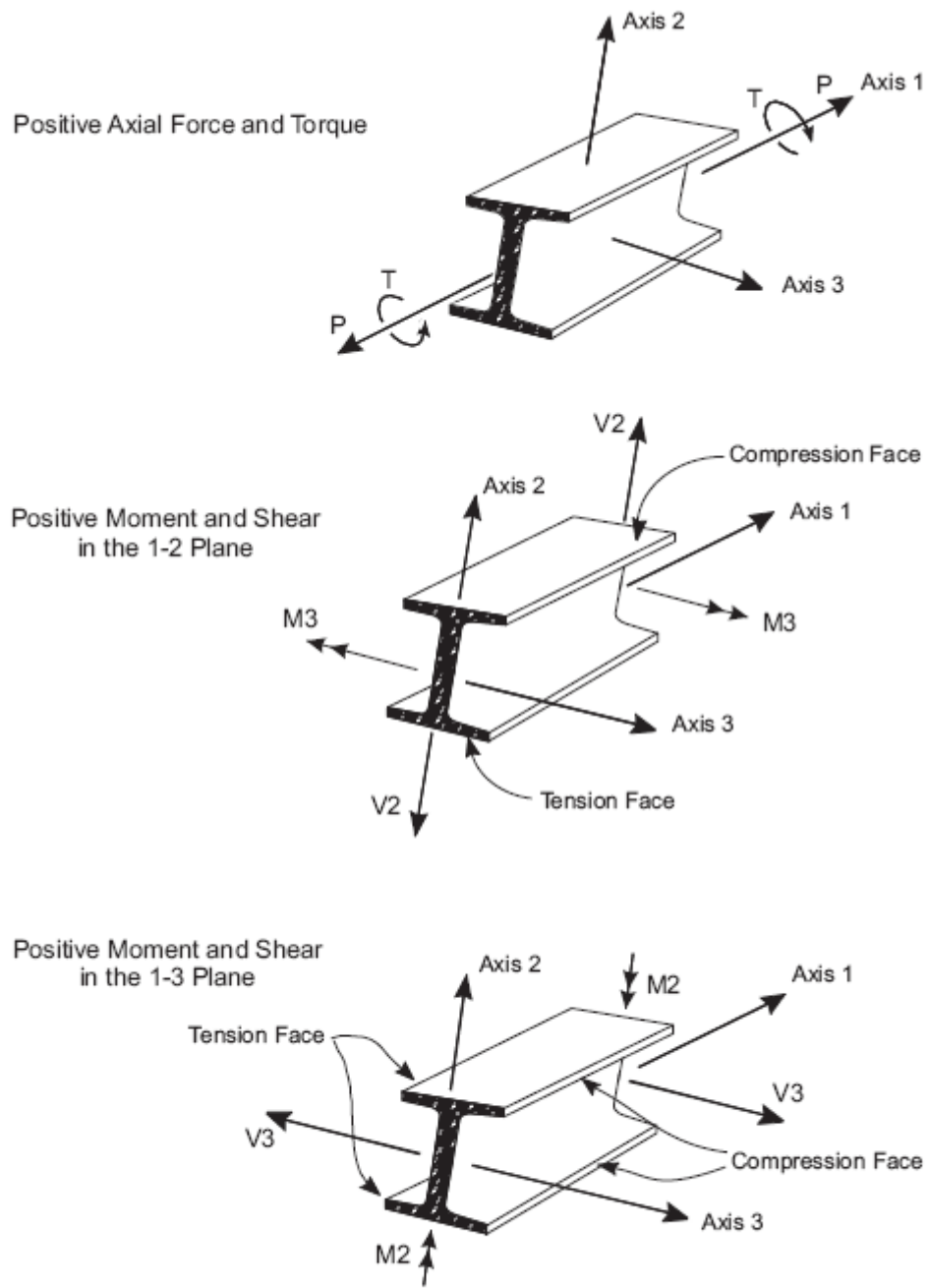


## Πολλαπλασιαστές Γεωμετρικών Ιδιοτήτων Διατομών (Set Modifiers)

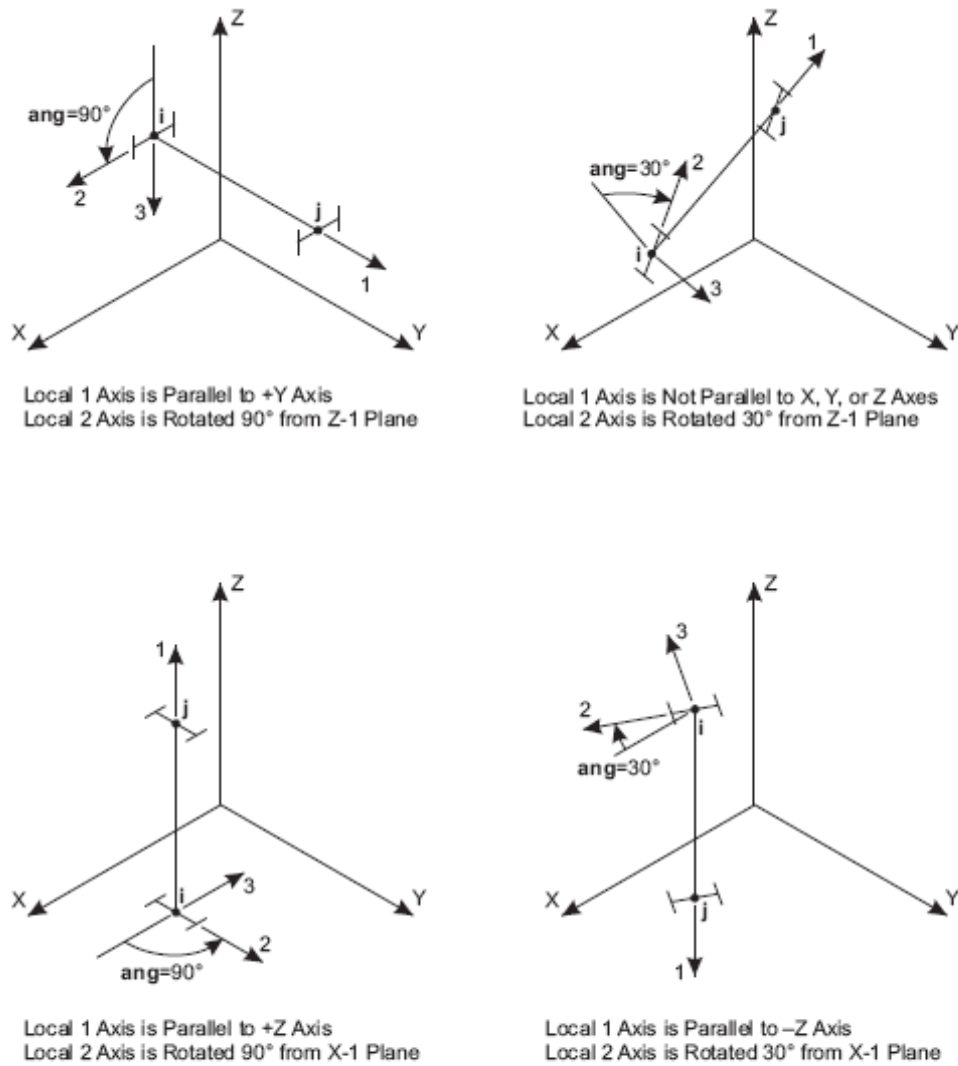
Μπορούν να χρησιμοποιηθούν πολλαπλασιαστές γεωμετρικών ιδιοτήτων διατομής ώστε να μην ληφθούν υπόψη αξονικές ή διατμητικές παραμορφώσεις.

Για παράδειγμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί πολλαπλασιαστής 1000 στο εμβαδόν της διατομής ώστε να μην ληφθούν υπόψη οι αξονικές παραμορφώσεις. Για το συγκεκριμένο παράδειγμα **λαμβάνονται** υπόψη.





**Figure 11**  
*Frame Element Internal Forces and Moments*

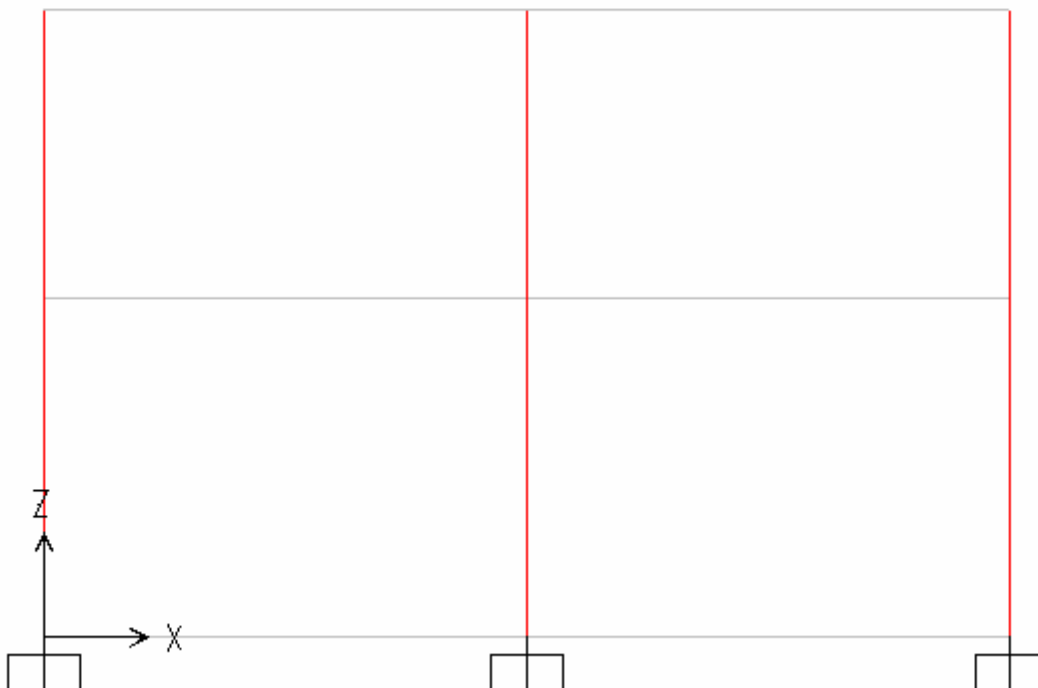
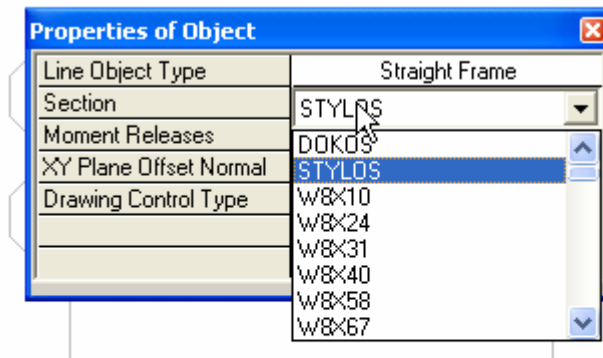
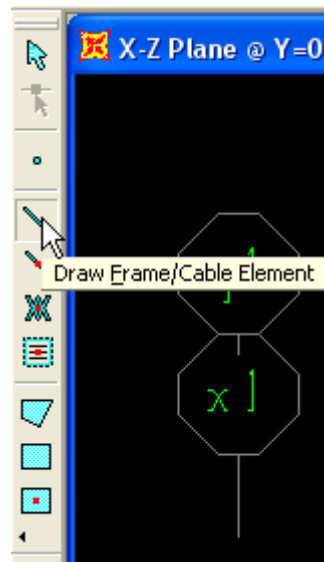
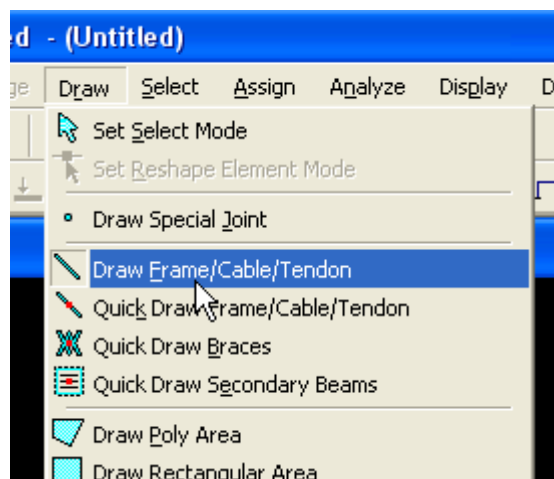


**Figure 1**

*The Frame Element Coordinate Angle with Respect to the Default Orientation*

Τοπικοί άξονες όπως αυτοί καθορίζονται στο εγχειρίδιο του SAP2000

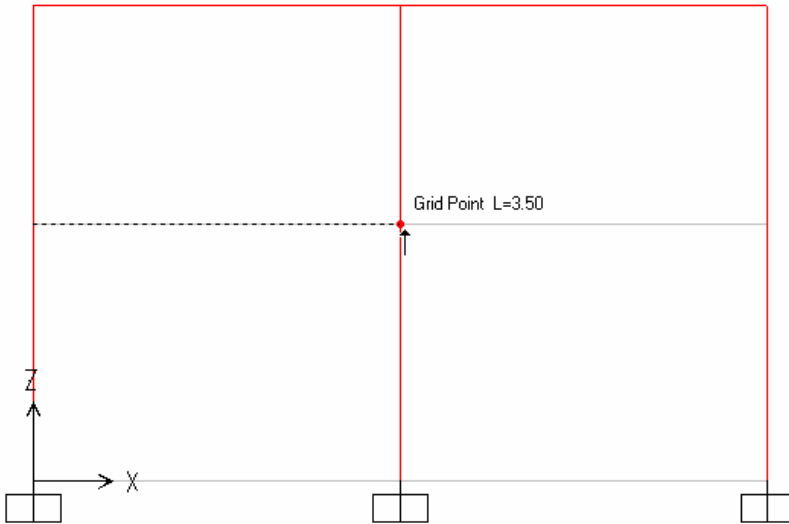
# Σχεδίαση Στοιχείων





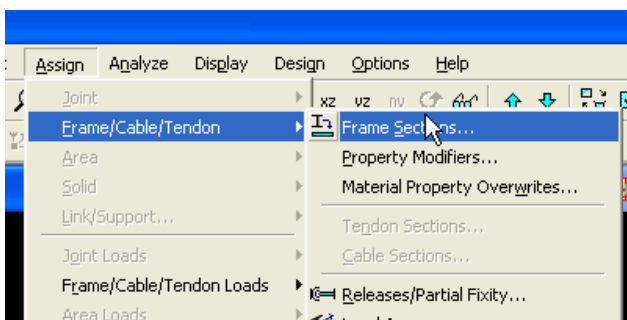
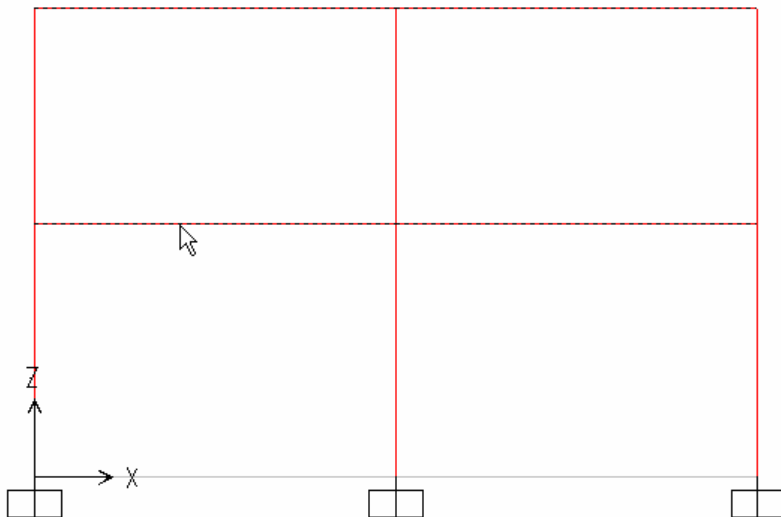


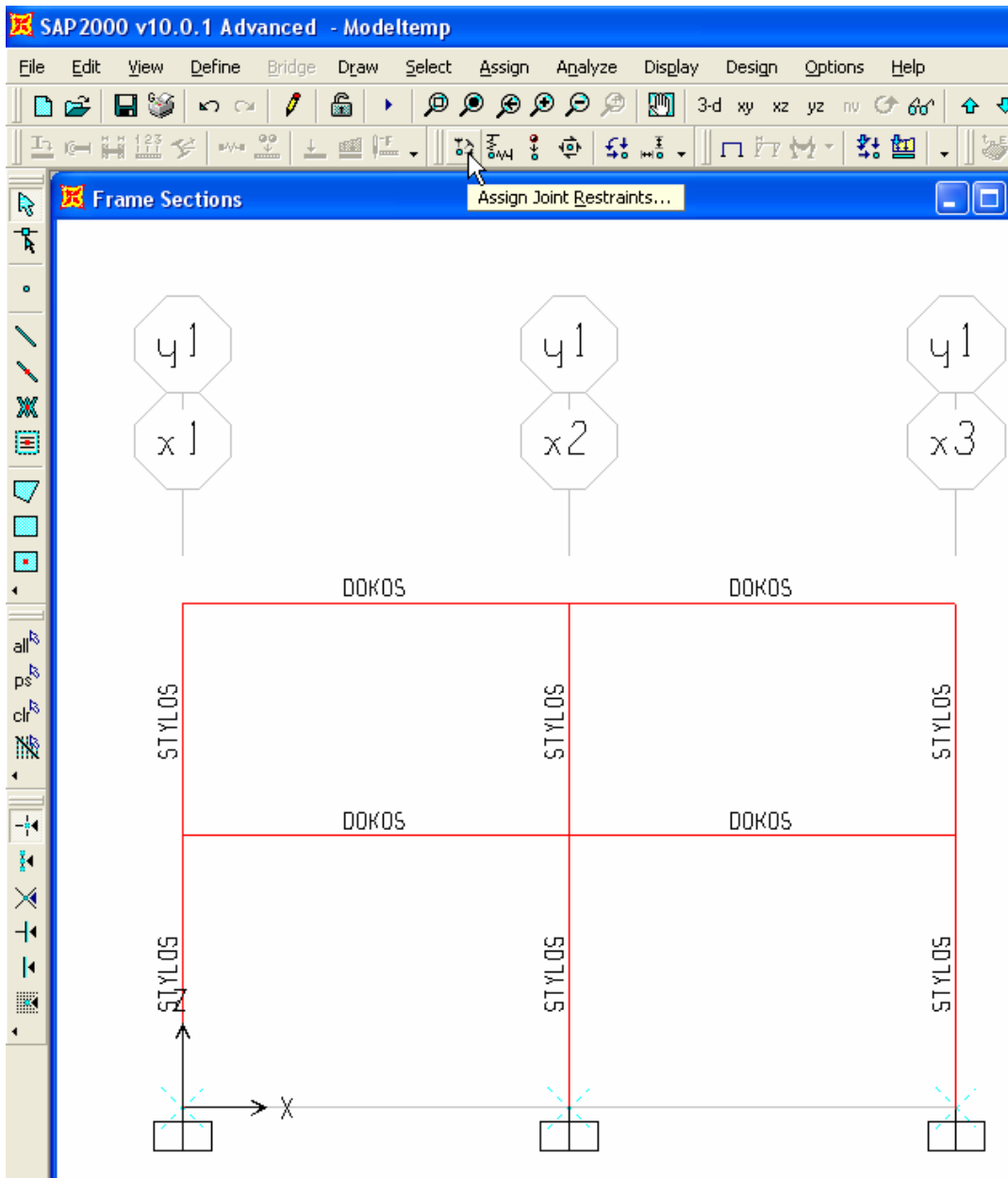
Line Object Type	Straight Frame
Section	DOKOS
Moment Releases	Continuous
XY Plane Offset Normal	0.
Drawing Control Type	None <space bar>



### Ανάθεση Διατομής στα στοιχεία

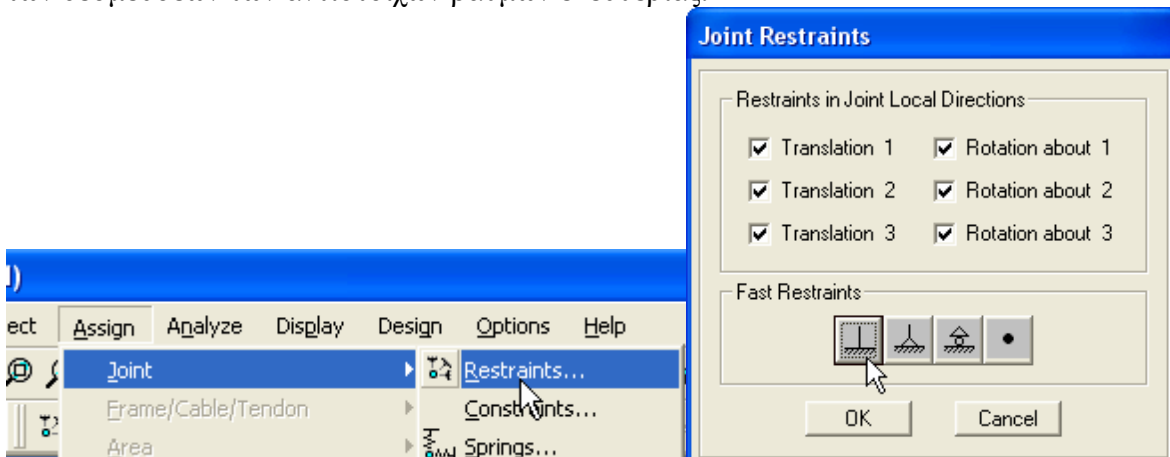
Σε περίπτωση που χρειάζεται να αλλάξει η διατομή κάποιου στοιχείου μπορεί να γίνει με την εντολή Assign → Frame → Frame Sections... αφού πρώτα επιλεγούν τα στοιχεία.





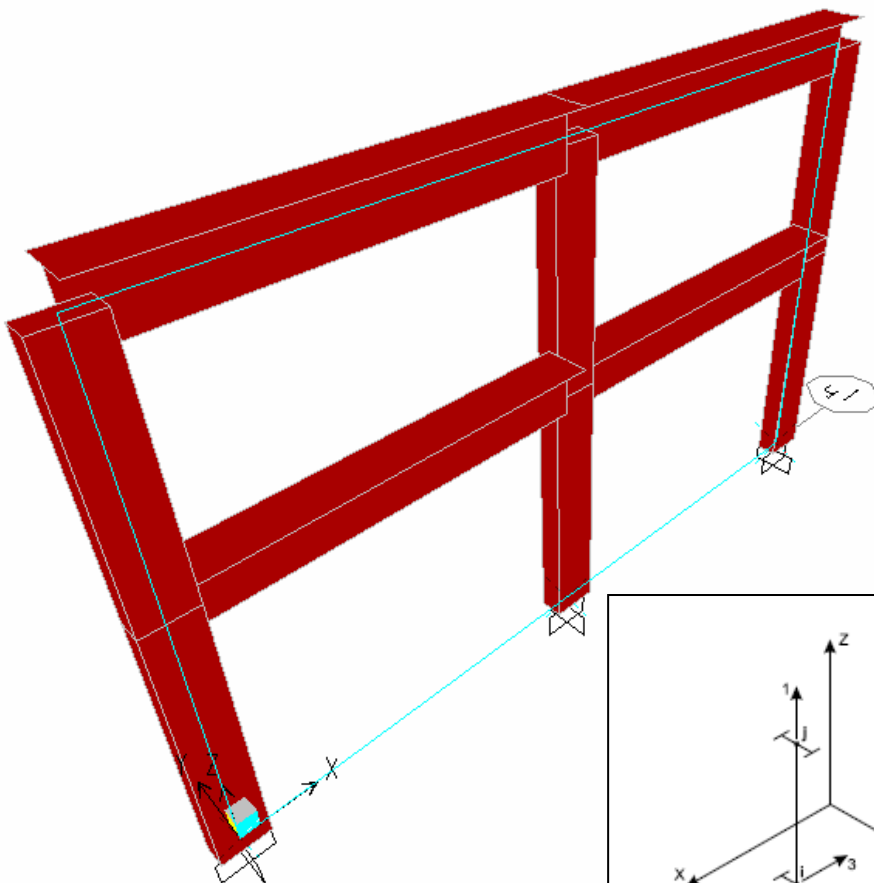
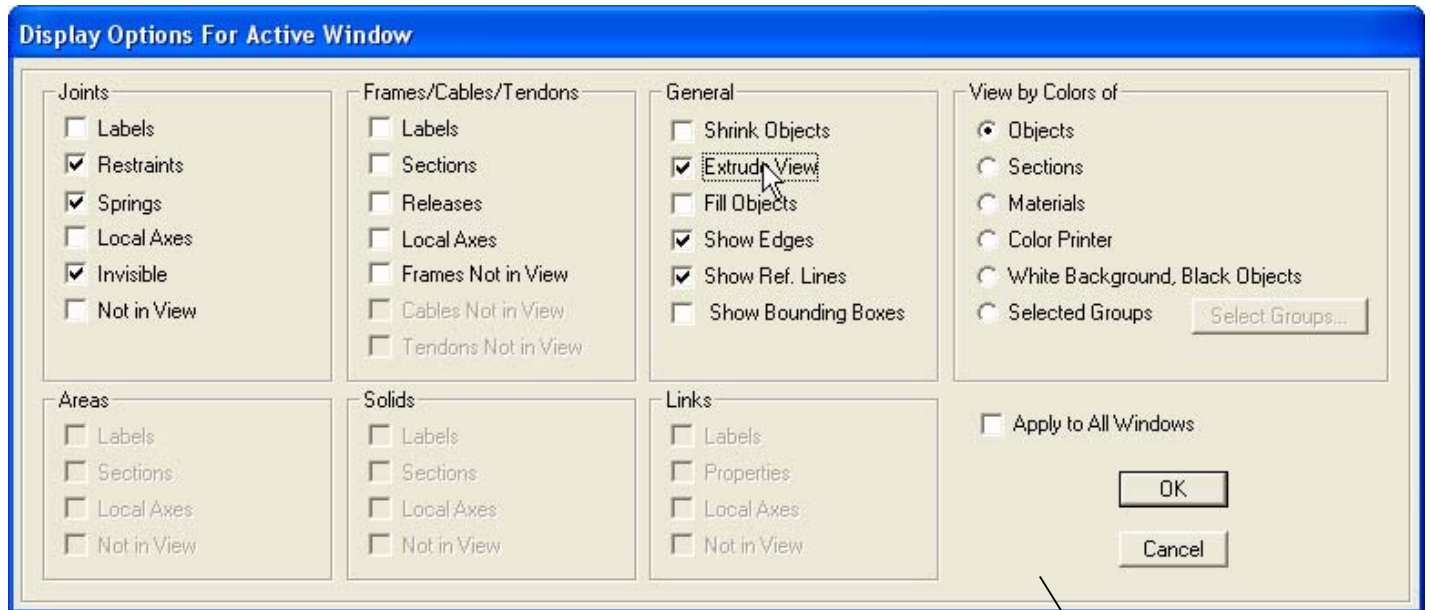
### Καθορισμός Στηρίξεων

Επιλέγονται πρώτα οι κόμβοι, και στην συνέχεια με την εντολή *Assign* → *Joint* → *Restraints* γίνεται ανάθεση των δεσμεύσεων των αντίστοιχων βαθμών ελευθερίας.

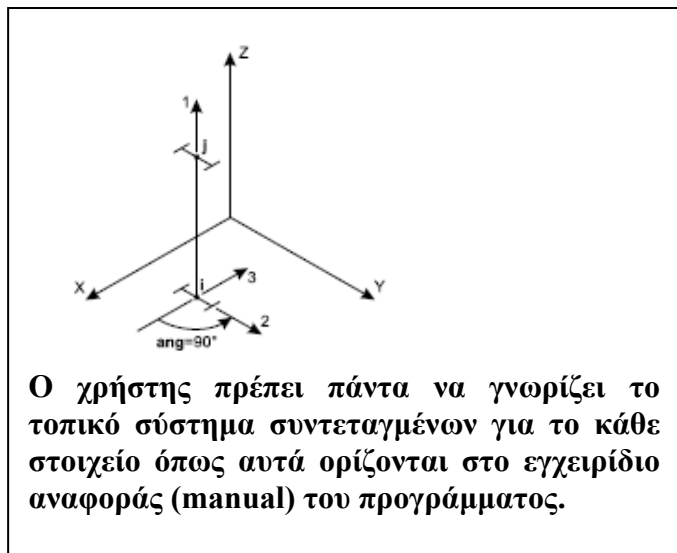


### 3D View – Τρισδιάστατη απεικόνιση διατομών.

Από το παράθυρο επιλογών “Display Options” (CTRL+E) και επιλογή του “Extrude View” απεικονίζονται σε τρισδιάστατη μορφή οι διατομές και ο προσανατολισμός τους.



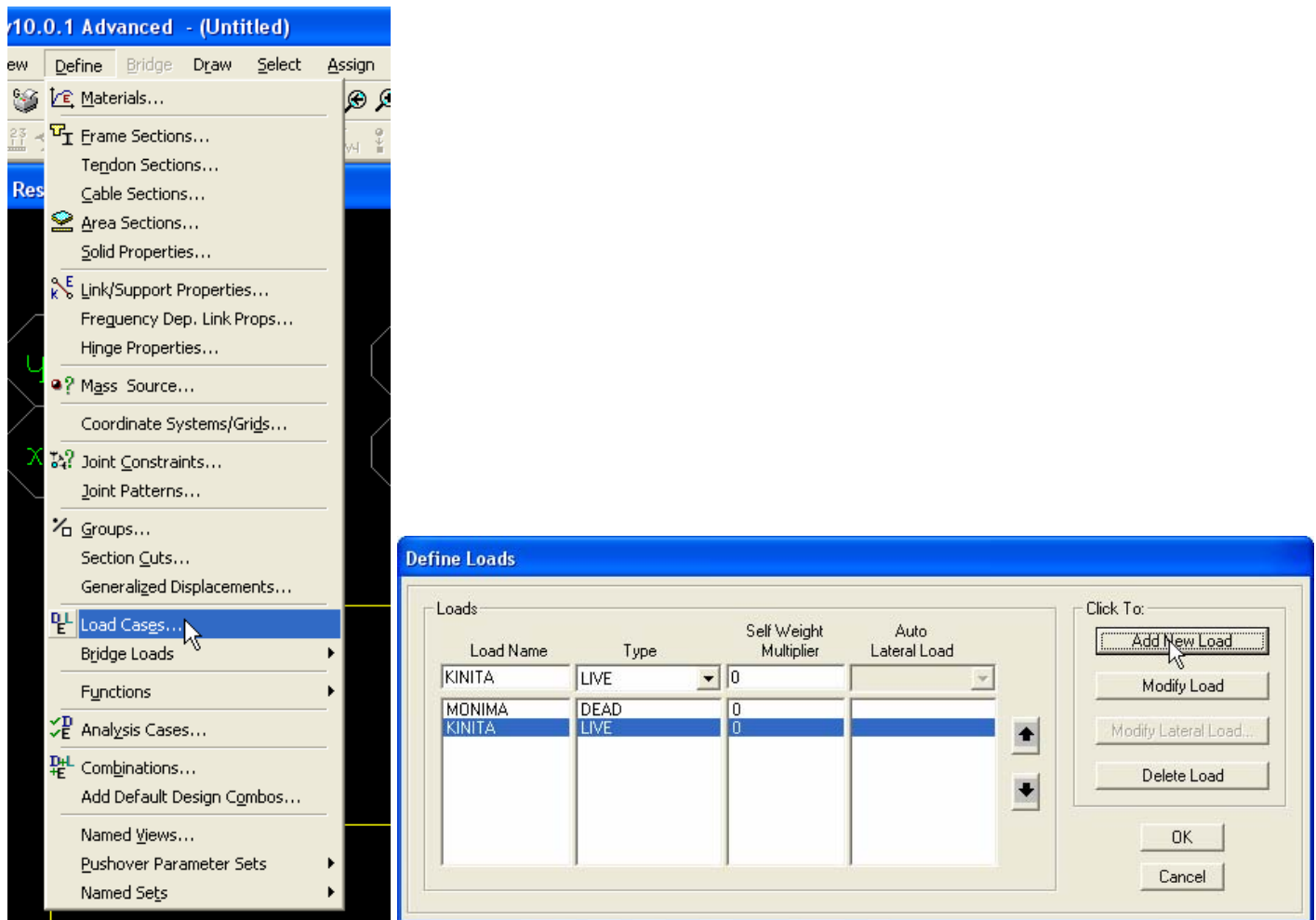
Δίνει τη δυνατότητα να εμφανίζονται ή όχι διάφορα στοιχεία στην οθόνη π.χ. αριθμοί κόμβων, αριθμοί στοιχείων, τοπικοί άξονες κ.λ.π.



**Ο χρήστης πρέπει πάντα να γνωρίζει το τοπικό σύστημα συντεταγμένων για το κάθε στοιχείο όπως αυτά ορίζονται στο εγχειρίδιο αναφοράς (manual) του προγράμματος.**

## Καθορισμός Φορτίσεων.

Μια ομάδα από διάφορους τύπους φορτίων μπορεί να δοθεί με ένα χαρακτηριστικό όνομα, ώστε στην συνέχεια να συνδυάζεται με άλλες εύκολα. Στην περίπτωση που εξετάζεται δημιουργούνται 2 ομάδες φορτίων: Μόνιμα και κινητά.



## Σημείωση :

Παρόλο που το προκαθορισμένο όνομα “DEAD” άλλαξε σε “MONIMA” στα αποτελέσματα θα παραμείνει η αναφορά “DEAD”. Για τον λόγο αυτό είναι καλά να μην γίνεται αλλαγή στο προκαθορισμένο όνομα “DEAD” αλλά να δημιουργείται νέα ομάδα φορτίων με άλλο όνομα.

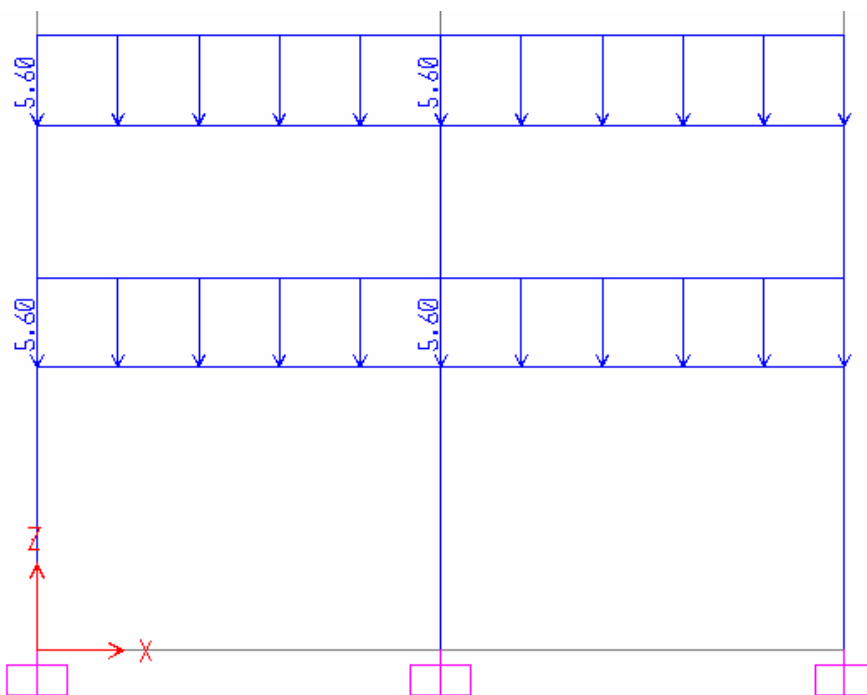
## Καθορισμός Φορτίων.

Κάθε φορτίο ανατίθεται σε συγκεκριμένη ομάδα, όπως περιγράφεται πιο πάνω.

The screenshot shows the software interface with the 'Assign' menu open, highlighting the 'Distributed...' option. The 'Frame Distributed Loads' dialog box is open, showing the following settings:

- Load Case Name: MONIMA
- Units: KN, m, C
- Load Type and Direction: Forces (selected), Moments
- Coord Sys: GLOBAL
- Direction: Z
- Options: Replace Existing Loads (selected)
- Trapezoidal Loads: 1. Distance: 0, Load: 0; 2. Distance: 0.25, Load: 0; 3. Distance: 0.75, Load: 0; 4. Distance: 1, Load: 0
- Uniform Load: Load: -5.6

A callout box with the text "Ανάθεση στην ομάδα 'MONIMA'" points to the 'MONIMA' dropdown in the dialog box.



**Frame Distributed Loads**

Load Case Name:  Units:

Load Type and Direction:  Forces  Moments

Coord Sys:  Direction:

Options:  Add to Existing Loads  Replace Existing Loads  Delete Existing Loads

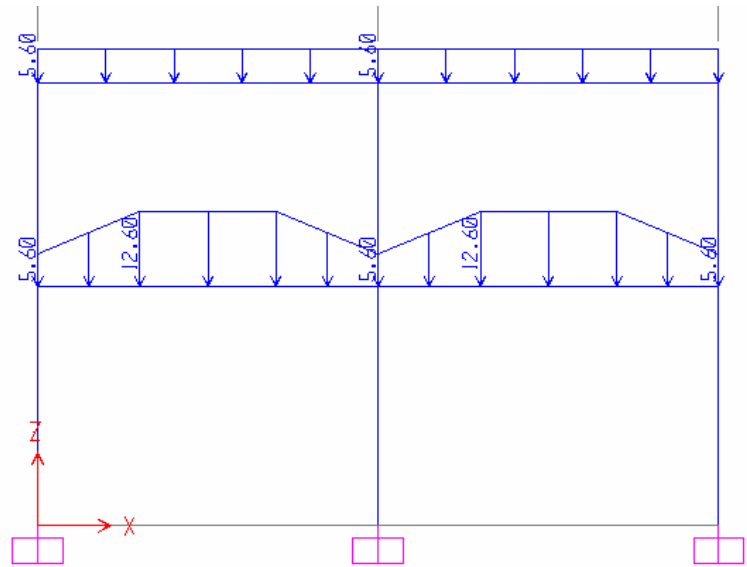
Trapezoidal Loads:

	1.	2.	3.	4.
Distance	<input type="text" value="0."/>	<input type="text" value="1.5"/>	<input type="text" value="3.5"/>	<input type="text" value="5."/>
Load	<input type="text" value="0."/>	<input type="text" value="-7."/>	<input type="text" value="-7."/>	<input type="text" value="0."/>

Relative Distance from End-I  Absolute Distance from End-I

Uniform Load: Load

OK Cancel



**Frame Distributed Loads**

Load Case Name:  Units:

Load Type and Direction:  Forces  Moments

Coord Sys:  Direction:

Options:  Add to Existing Loads  Replace Existing Loads  Delete Existing Loads

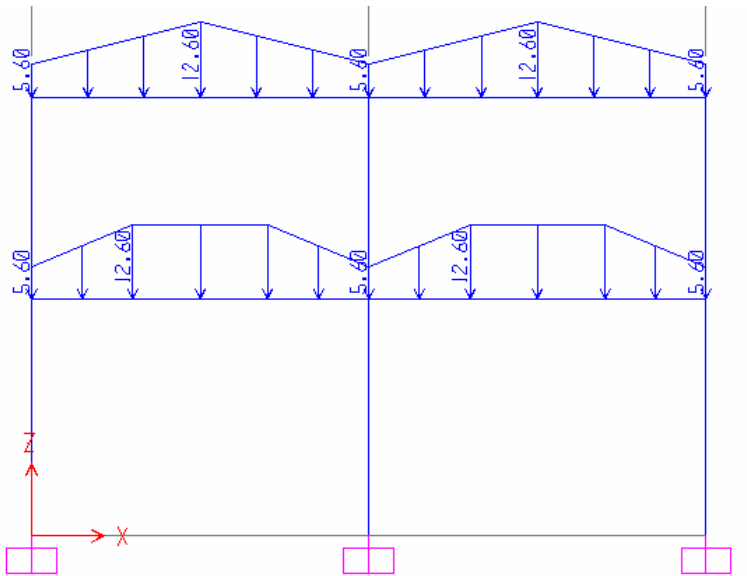
Trapezoidal Loads:

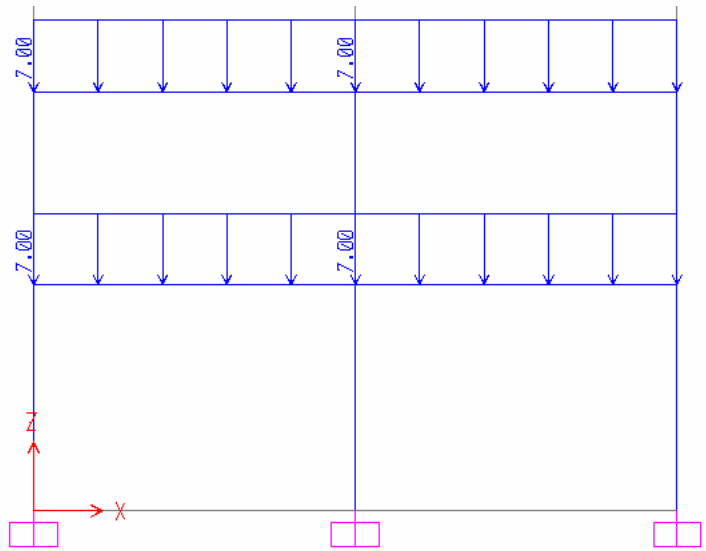
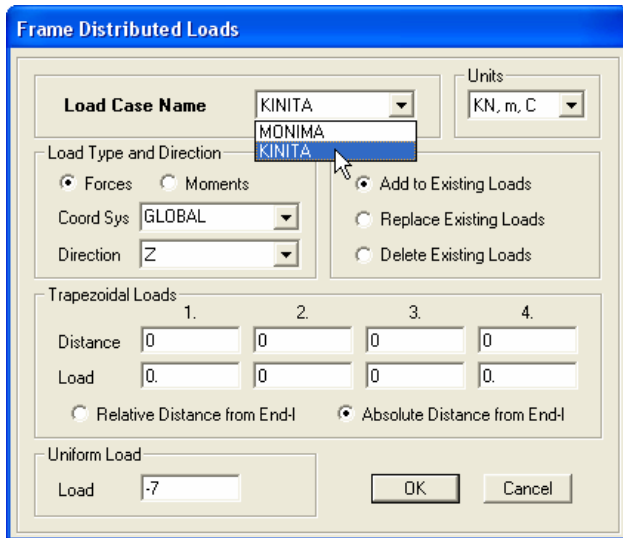
	1.	2.	3.	4.
Distance	<input type="text" value="0."/>	<input type="text" value="2.5"/>	<input type="text" value="2.5"/>	<input type="text" value="5."/>
Load	<input type="text" value="0."/>	<input type="text" value="-7."/>	<input type="text" value="-7."/>	<input type="text" value="0."/>

Relative Distance from End-I  Absolute Distance from End-I

Uniform Load: Load

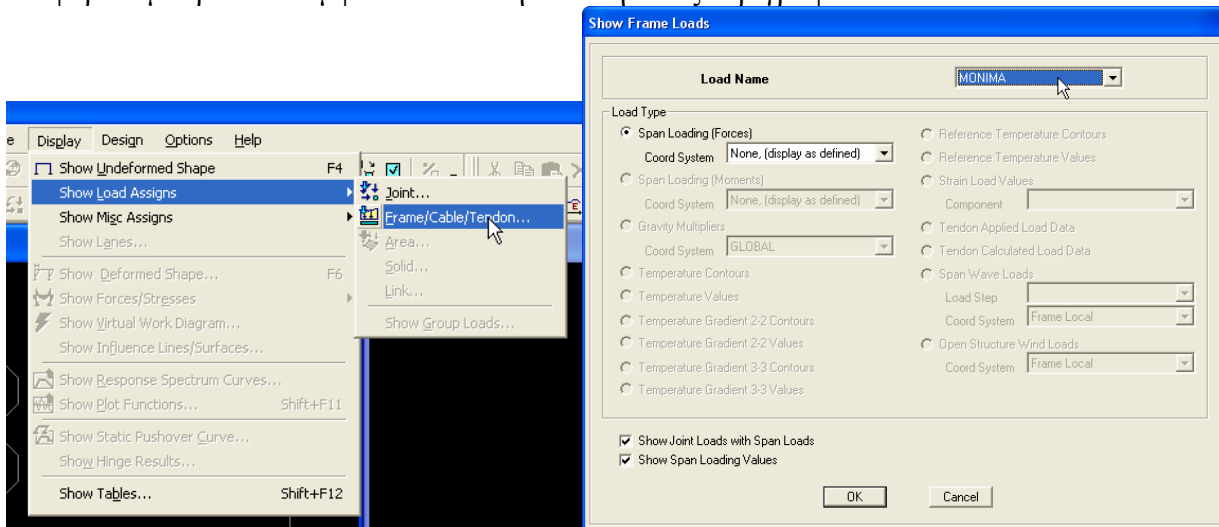
OK Cancel





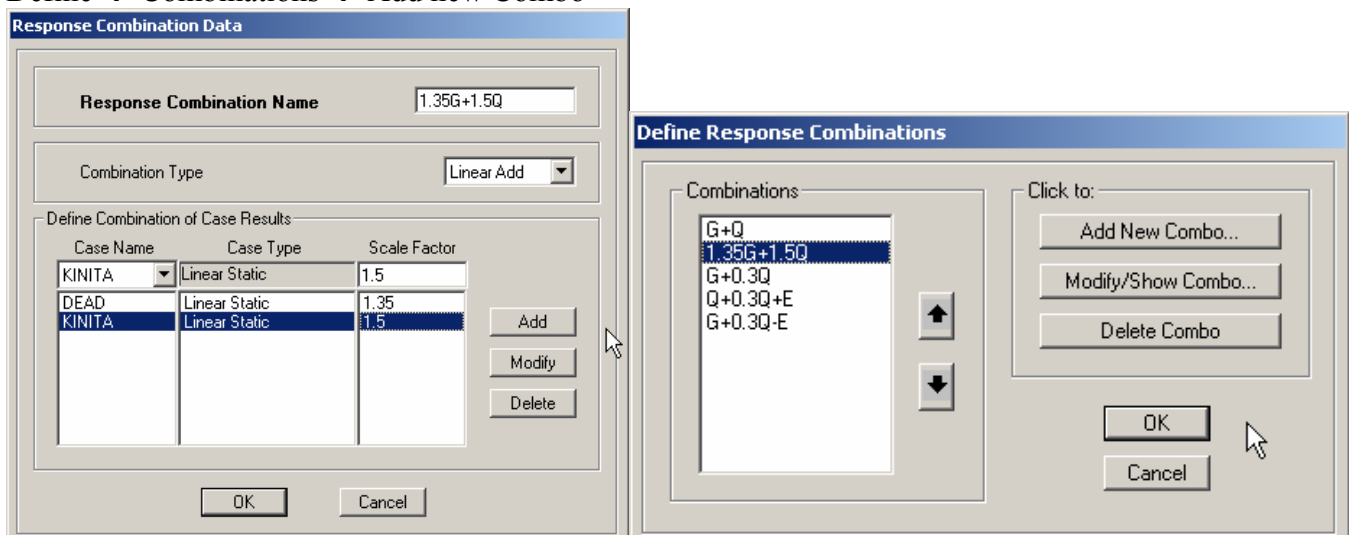
## Εμφάνιση Φορτίων.

Τα φορτία μπορούν να εμφανιστούν στην οθόνη όπως περιγράφεται πιο κάτω.



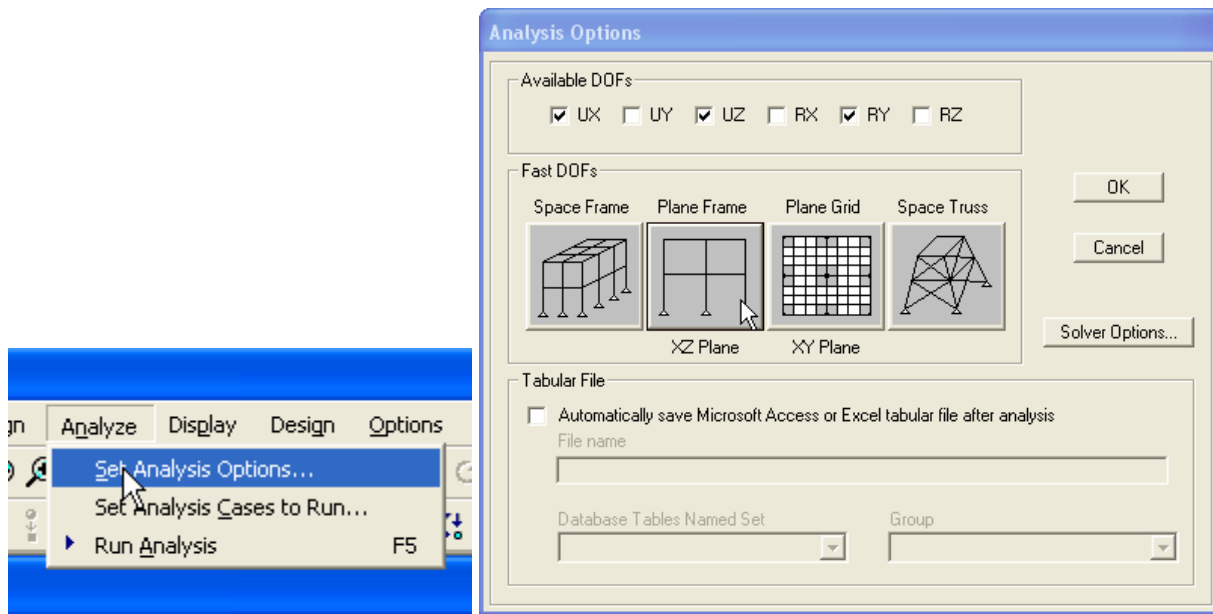
## Καθορισμός Συνδυασμών φόρτισης

Define → Combinations → Add new Combo

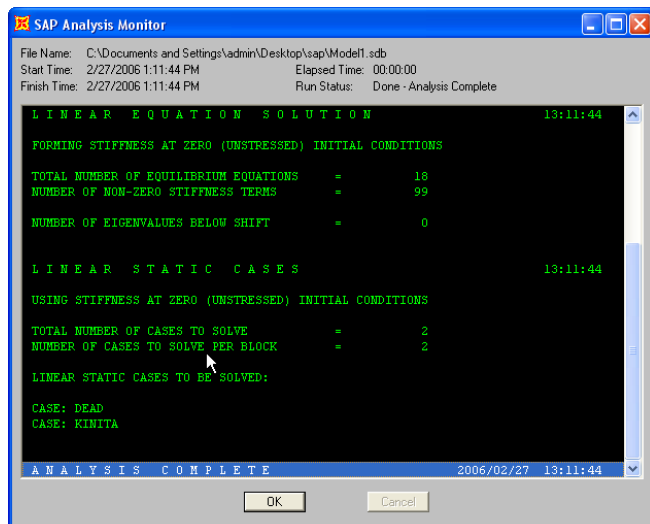
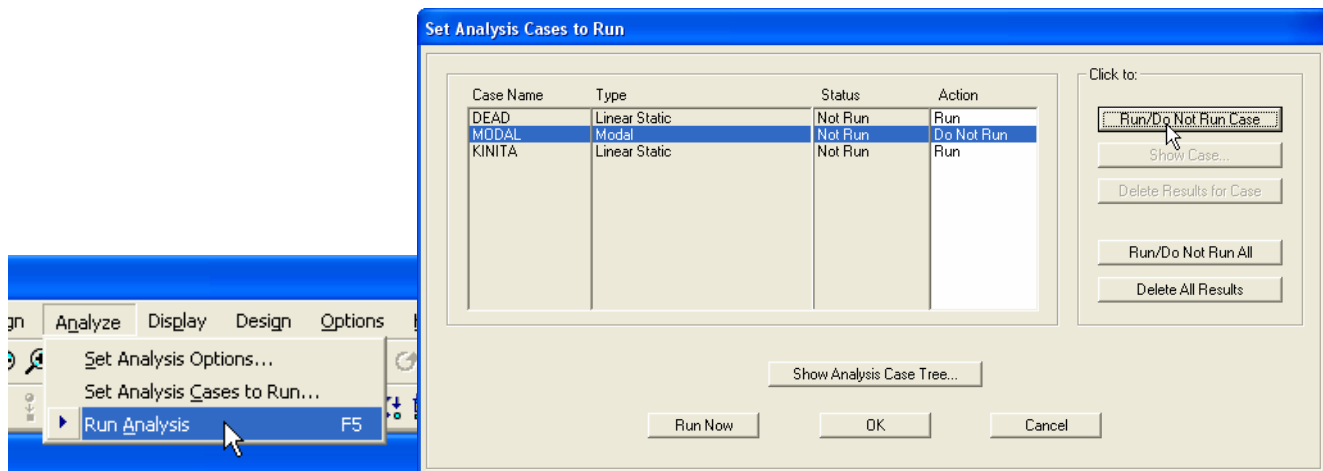


## Βαθμοί Ελευθερίας

Μπορούν να καθοριστούν βαθμοί ελευθερίας για την ανάλυση. Στην περίπτωση που εξετάζεται (X-Z επίπεδο) Ενεργοποιούνται 3 βαθμοί ελευθερίας UX, UZ και RY.

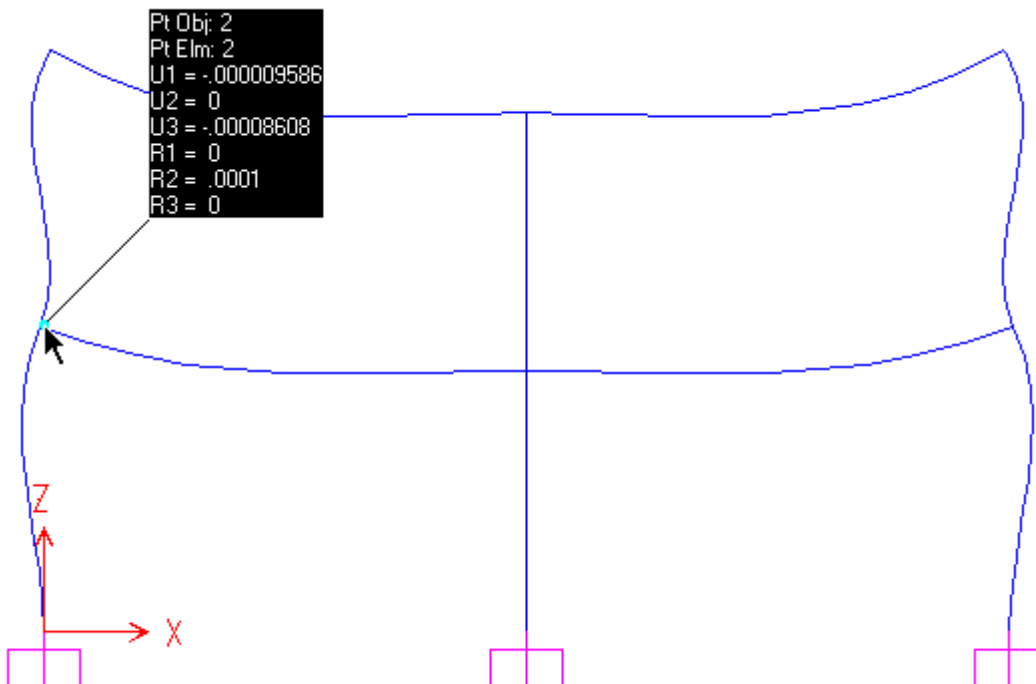
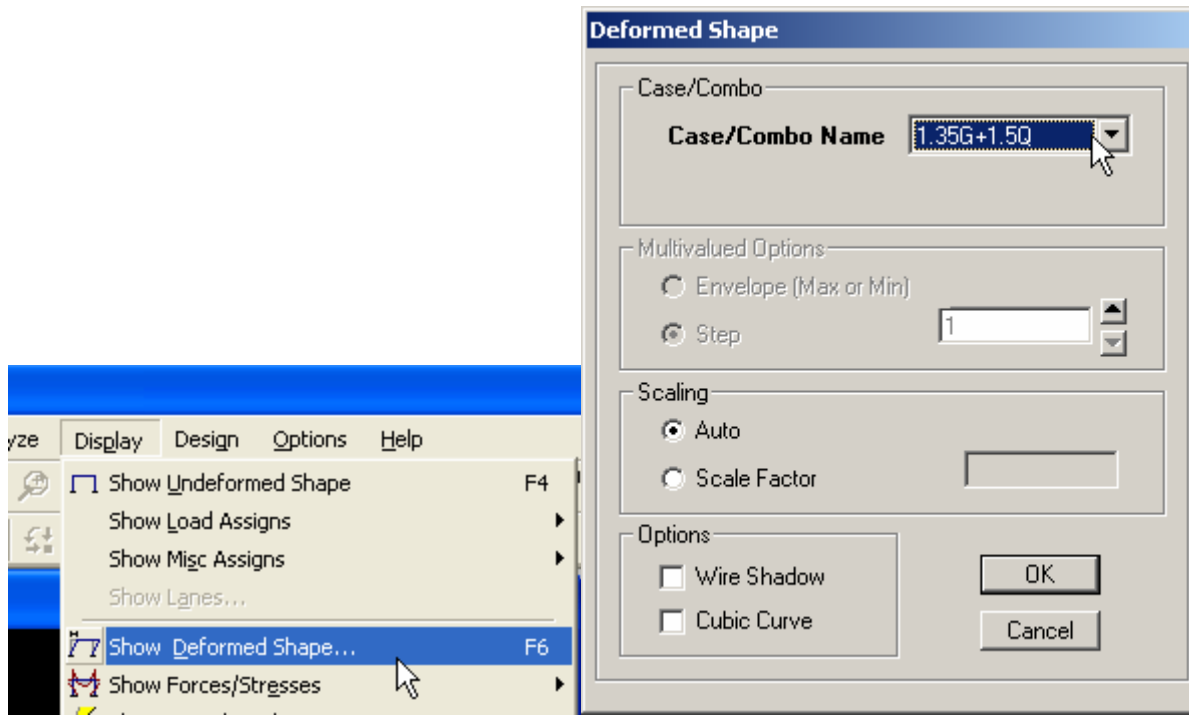


## Ανάλυση

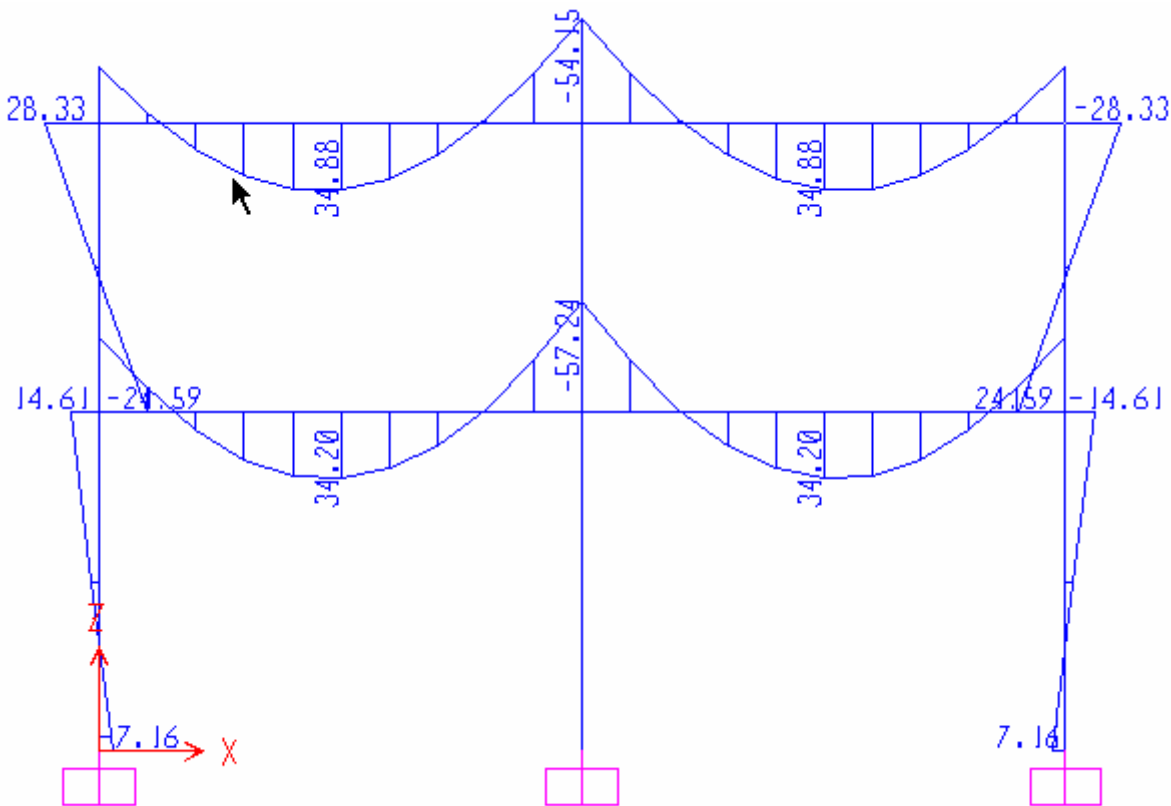
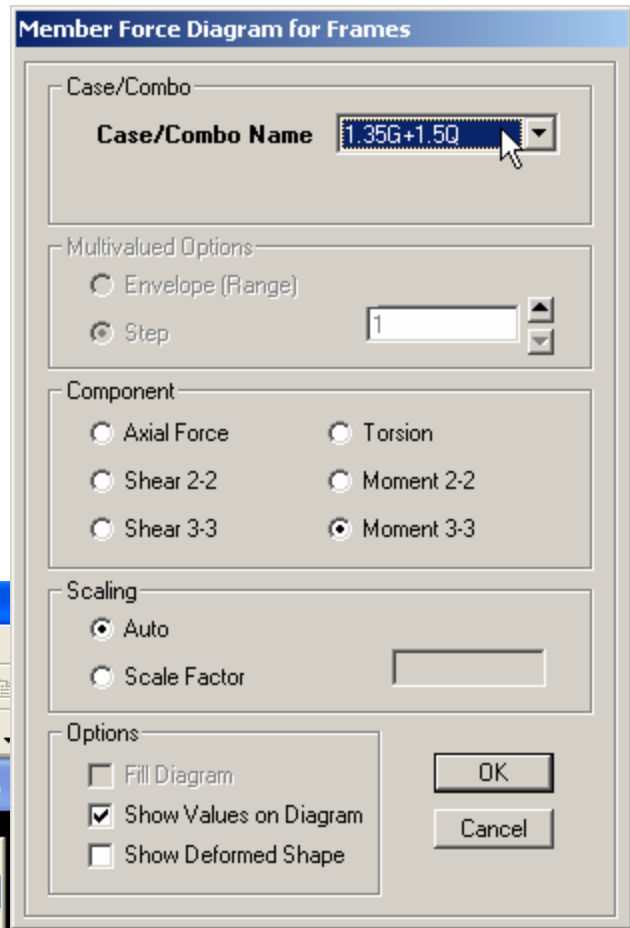
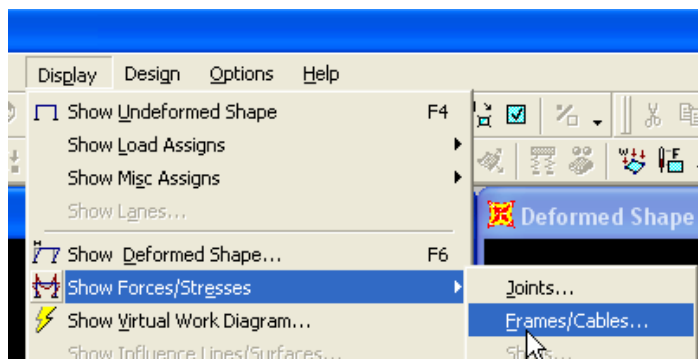




## Αποτελέσματα Μετακινήσεων



## Διαγράμματα εντατικών μεγεθών



Κάνοντας επιλογή του στοιχείου με το δεξί κουμπί εμφανίζεται το πιο κάτω παράθυρο. Περιέχει διαγράμματα ροπών, Τεμνουσών και παραμορφώσεις που αναφέρονται στο επιλεγμένο στοιχείο.

**Diagrams for Frame Object 7 (DOKOS)**

Case: 1.35G+1.5Q

Items: Major (V2 and M3) Single valued

End Length Offset (Location):  
 I-End: Jt: 3  
 0.000000 m (0.000000 m)  
 J-End: Jt: 6  
 0.000000 m (5.000000 m)

Display Options:  
 Scroll for Values  
 Show Max

Location: 0.000000 m

Equivalent Loads - Free Body Diagram (Concentrated Forces in KN, Concentrated Moments in KN-m)

**Dist Load (2-dir)**  
 18.06 KN/m  
 at 0.000000 m  
 Positive in -2 direction

Resultant Shear

**Shear V2**  
 -52.087 KN  
 at 0.000000 m

Resultant Moment

**Moment M3**  
 -29.3504 KN-m  
 at 0.000000 m

Deflections

**Deflection (2-dir)**  
 0.000000 m  
 at 0.000000 m  
 Positive in -2 direction

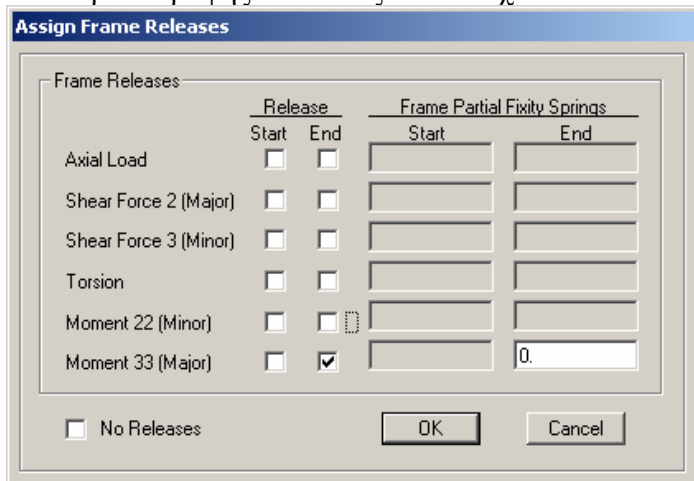
Absolute  Relative to Beam Minimum  Relative to Beam Ends

Reset to Initial Units Done Units: KN, m, C

## Άλλες χρήσιμες εντολές

- **Ελευθερίες στα στοιχεία (Member releases)**

Με την εντολή *Assign* → *Frame* → *Releases* εφαρμόζονται ελευθερίες στα επιλεγμένα στοιχεία π.χ ελευθερία στροφής στο τέλος του στοιχείου

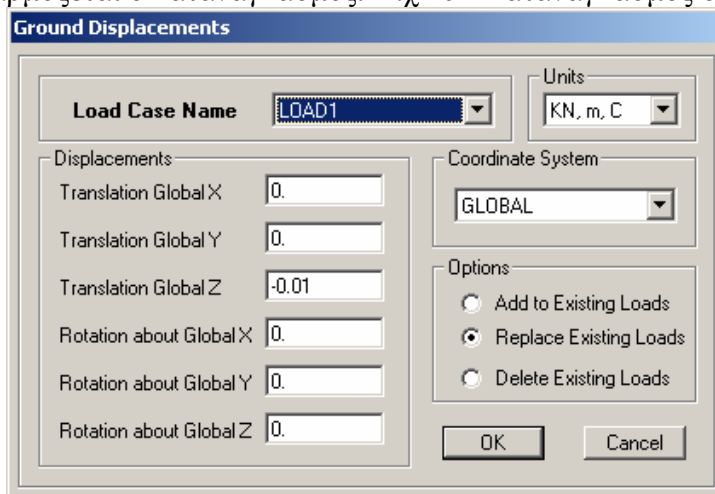


The dialog box 'Assign Frame Releases' contains a table for defining releases. The 'Release' column has 'Start' and 'End' checkboxes. The 'Frame Partial Fixity Springs' column has 'Start' and 'End' text boxes. The 'Moment 33 (Major)' row has the 'End' checkbox checked and the 'End' text box containing '0'. There are 'No Releases', 'OK', and 'Cancel' buttons at the bottom.

	Release		Frame Partial Fixity Springs	
	Start	End	Start	End
Axial Load	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Shear Force 2 (Major)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Shear Force 3 (Minor)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Torsion	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Moment 22 (Minor)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Moment 33 (Major)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		0.

- **Καταναγκασμοί**

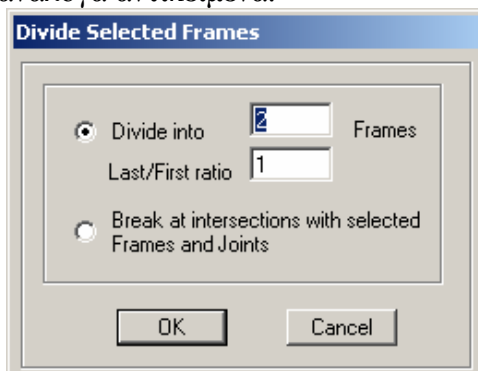
Με την εντολή *Assign* → *joint loads* → *Displacements* εφαρμόζονται καταναγκασμοί στους επιλεγμένους κόμβους. Οι κόμβοι πρέπει να είναι παγιωμένοι στον βαθμό ελευθερίας που εφαρμόζεται ο καταναγκασμός. Π.χ 1cm καταναγκασμός στον κόμβο κατά -Z.



The dialog box 'Ground Displacements' has a 'Load Case Name' dropdown set to 'LOAD1' and 'Units' set to 'KN, m, C'. The 'Displacements' section has input fields for Translation Global X (0), Translation Global Y (0), Translation Global Z (-0.01), and Rotation about Global X, Y, Z (all 0). The 'Coordinate System' is set to 'GLOBAL'. The 'Options' section has radio buttons for 'Add to Existing Loads', 'Replace Existing Loads' (selected), and 'Delete Existing Loads'. There are 'OK' and 'Cancel' buttons at the bottom.

- **Divide**

Με την εντολή *Edit* → *Divide Frames* ένα δομικό αντικείμενο (στοιχείο) μπορεί να υποδιαιρεθεί σε ανάλογα αντικείμενα.

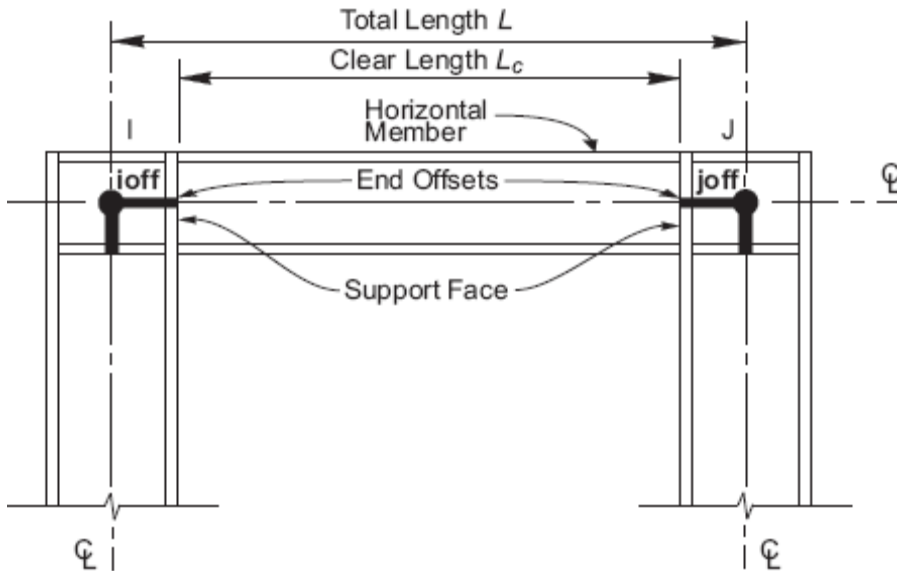


The dialog box 'Divide Selected Frames' has a radio button selected for 'Divide into' with a text box containing '2' and the label 'Frames'. Below it is a text box for 'Last/First ratio' containing '1'. There is also a radio button for 'Break at intersections with selected Frames and Joints'. There are 'OK' and 'Cancel' buttons at the bottom.

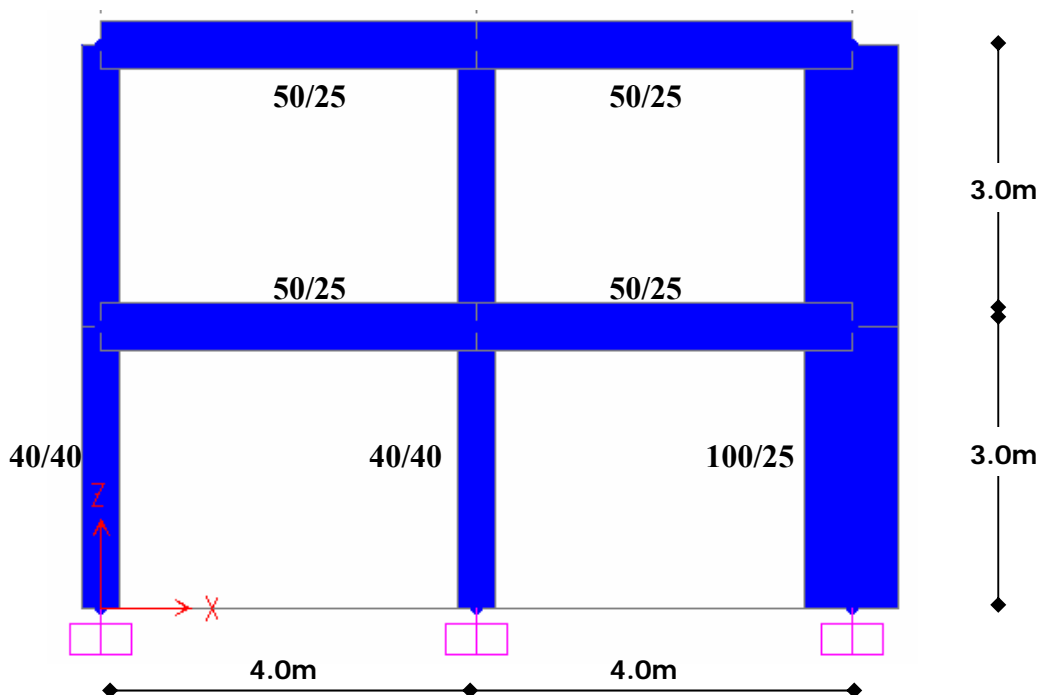
## Παράδειγμα εφαρμογής της εντολής “End Length Offsets”

Στη περίπτωση κάθετης σύνδεσης δύο στοιχείων (όπως μια δοκός με ένα υποστυλώμα) υπάρχει ένα τμήμα σε κάθε στοιχείο το οποίο υπερκαλύπτεται από τη διατομή του άλλου. Όταν το μήκος αυτού του τμήματος είναι σημαντικό σε σχέση με το συνολικό μήκος του στοιχείου τότε πρέπει να ληφθεί υπόψη η ακαμψία αυτού του τμήματος για την αποφυγή σφάλματος στα αποτελέσματα.

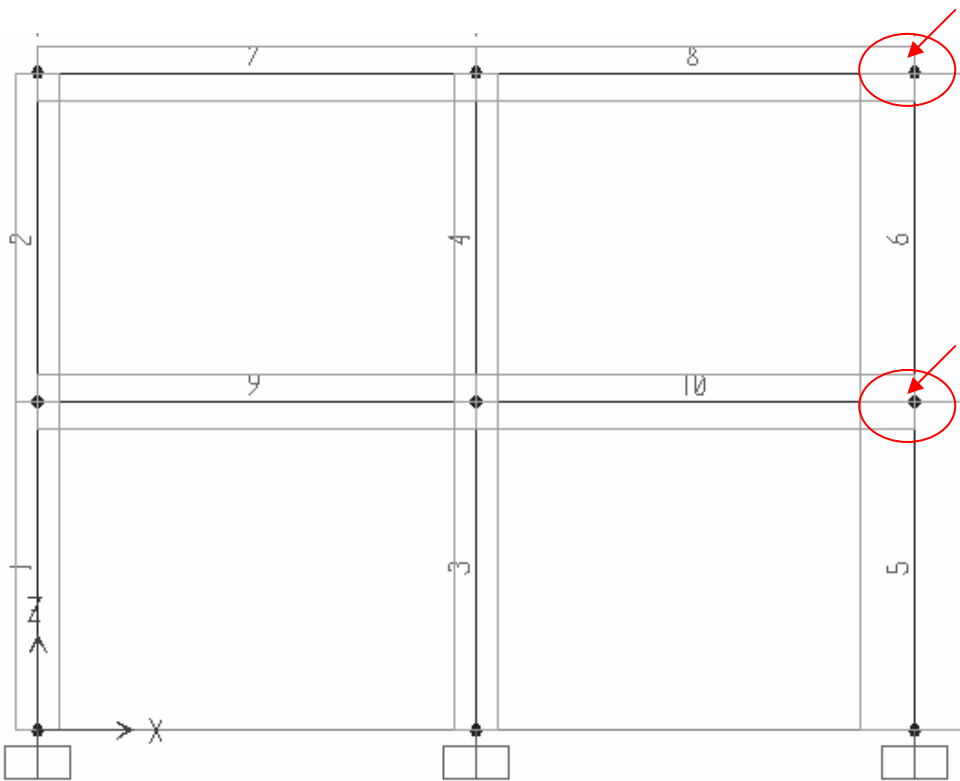
Στο SAP2000 υπάρχει η δυνατότητα καθορισμού αυτών των τμημάτων με την εντολή **End Length Offsets**



Ας υποθέσουμε ότι έχουμε το πιο κάτω πλαίσιο με δύο τετραγωνικά υποστυλώματα και ένα τοίχωμα.

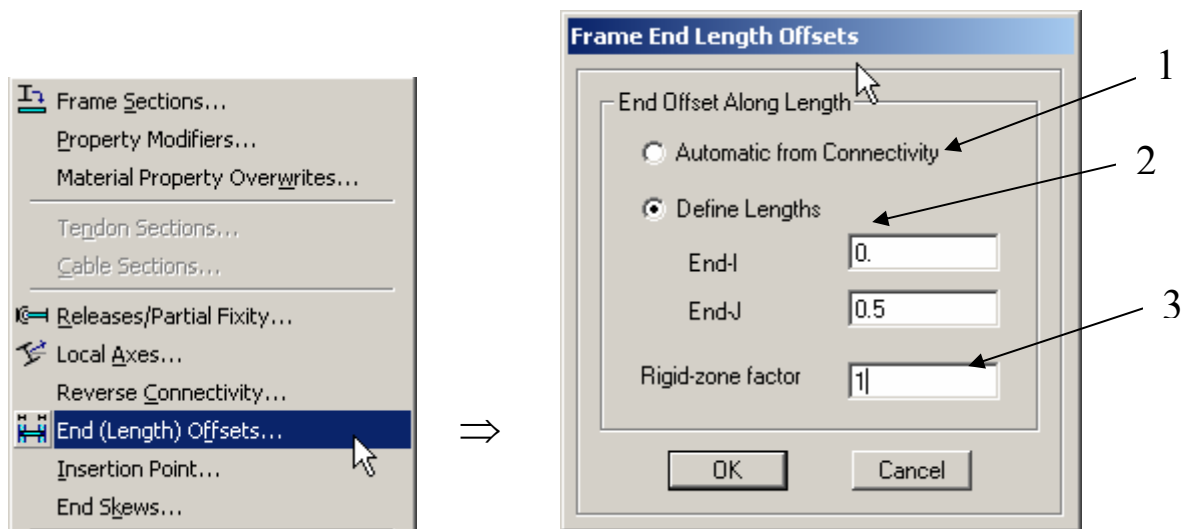


Επειδή το πλάτος του τοιχώματος είναι σημαντικό σε σχέση με το μήκος της δοκού με την οποία συνδέεται, θα θεωρήσουμε ένα άκαμπτο τμήμα με μήκος ίσο με το μισό πλάτος της διατομής του τοιχώματος (0.5m) στο τέλος των δύο δοκών που συνδέονται με το τοίχωμα.



Αφού επιλέξουμε το στοιχείο που θέλουμε (στη περίπτωση μας τα στοιχεία 10 και 8) πηγαίνουμε στο Menu:

**Assign → Frame → End (Length) Offsets**



1: Automatic from connectivity:

Τα άκαμπτα τμήματα θα καθοριστούν αυτόματα από το πρόγραμμα με βάση τις διατομές

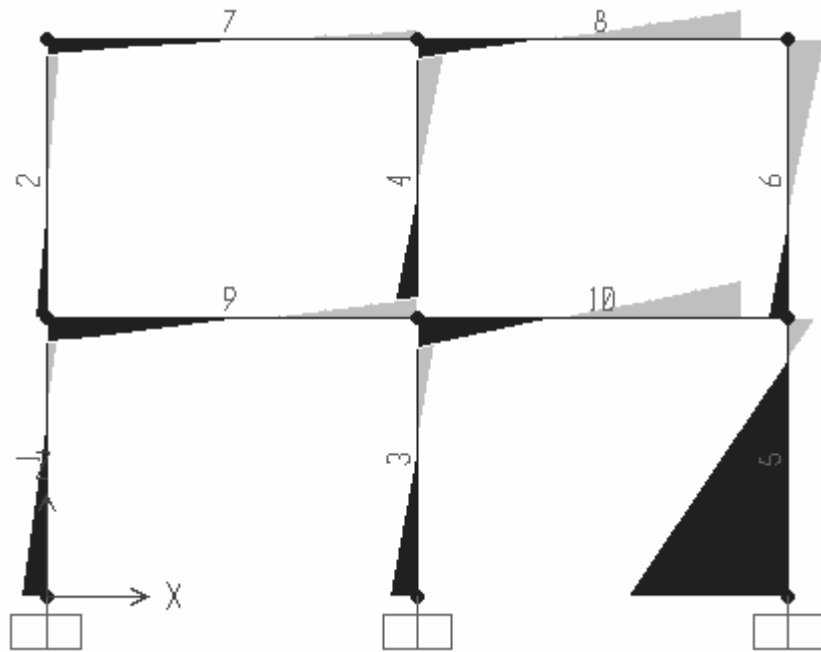
2: Define Length:

Καθορίζει ο χρήστης το μήκος του άκαμπτου τμήματος στην αρχή (*End I*) και το πέρας (*End J*) του στοιχείου.

3: Rigid-zone factor:

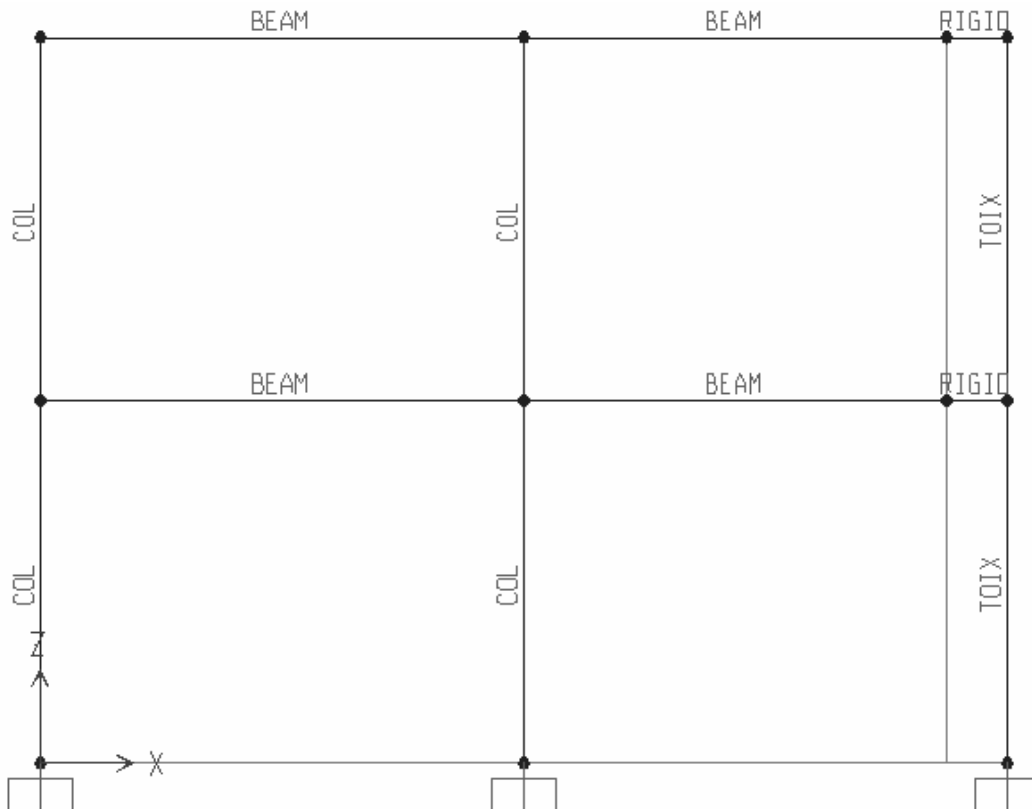
Παίρνει τιμές από 0 έως 1. **0** για μη άκαμπτο τμήμα  
**1** για εντελώς άκαμπτο

**Τα εντατικά μεγέθη που εξάγονται από το πρόγραμμα θα αφορούν μόνο το καθαρό μήκος του στοιχείου. Στο άκαμπτο τμήμα δεν εκτυπώνονται εντατικά μεγέθη.**

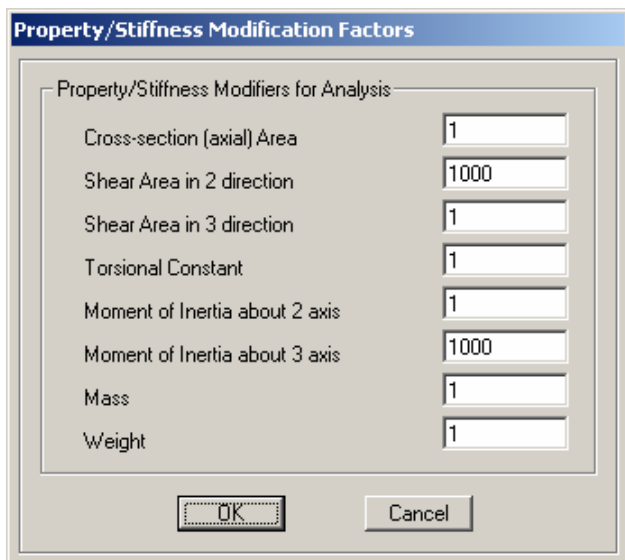


**Εναλλακτική μέθοδος:**

Εναλλακτικός τρόπος καθορισμού των άκαμπτων τμημάτων είναι η δημιουργία ενός επιπλέον στοιχείου με μήκος ίσο με το μισό πλάτος του τοιχώματος (0.5m) αυξημένη δυσκαμψία η οποία θα καθοριστεί μέσω μιας νέας διατομής στην οποία τροποποιούνται οι κατάλληλες γεωμετρικές ιδιότητες.



Στη προκειμένη περίπτωση η διατομή RIGID έχει τους ακόλουθους πολλαπλασιαστές (Modification Factors):



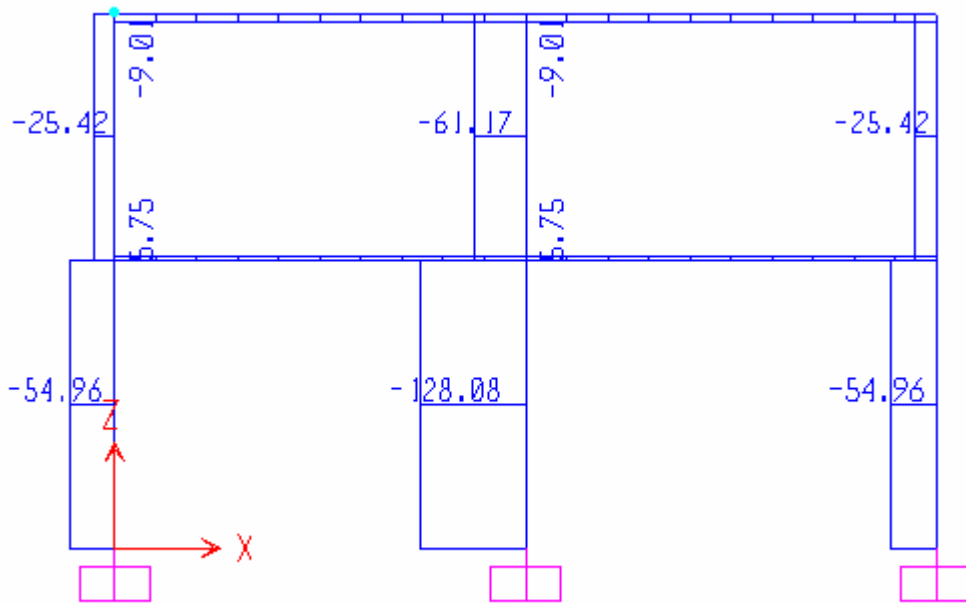
**Και οι δύο μέθοδοι πρέπει να χρησιμοποιούνται με προσοχή και να γίνεται προσεκτικός έλεγχος των αποτελεσμάτων**



## ΜΕΡΟΣ Β' – Δυναμική Φασματική Ανάλυση

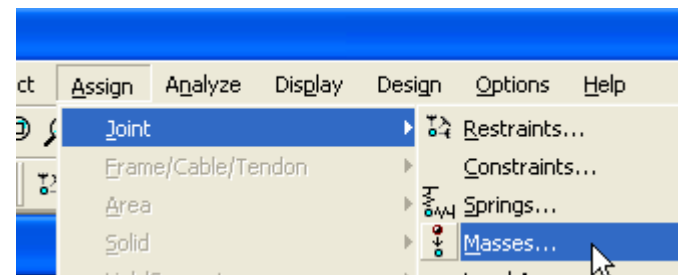
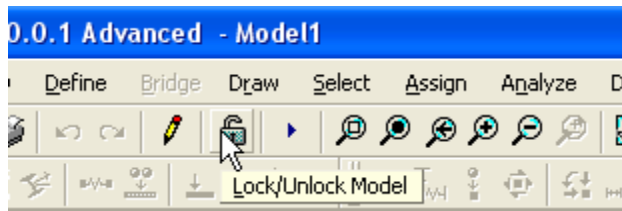
### Καθορισμός Μαζών

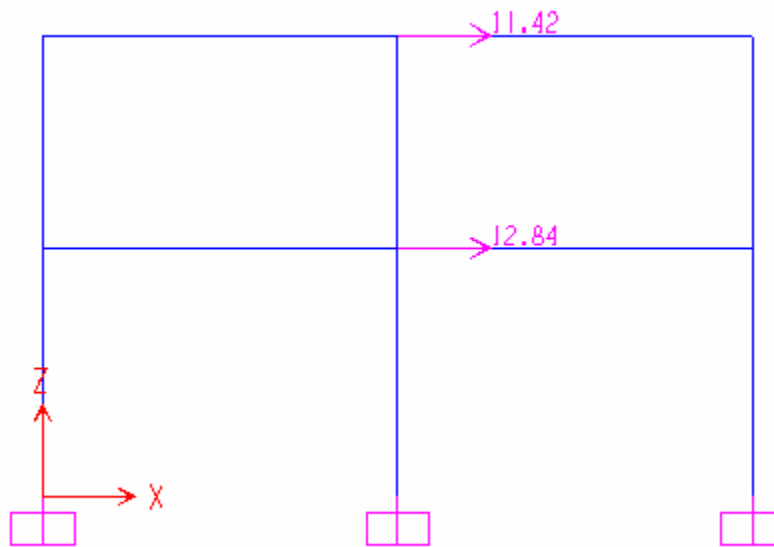
Αξονικό φορτίο για συνδυασμό G+0.3Q



$$\text{Μάζα } 2^{\text{ου}} = (25.42+61.17+25.42)/9.81=11.42 \text{ tons (SI)}$$

$$\text{Μάζα } 1^{\text{ου}} = (54.96+128.08+54.96)/9.81-11.42=12.84 \text{ tons (SI)}$$





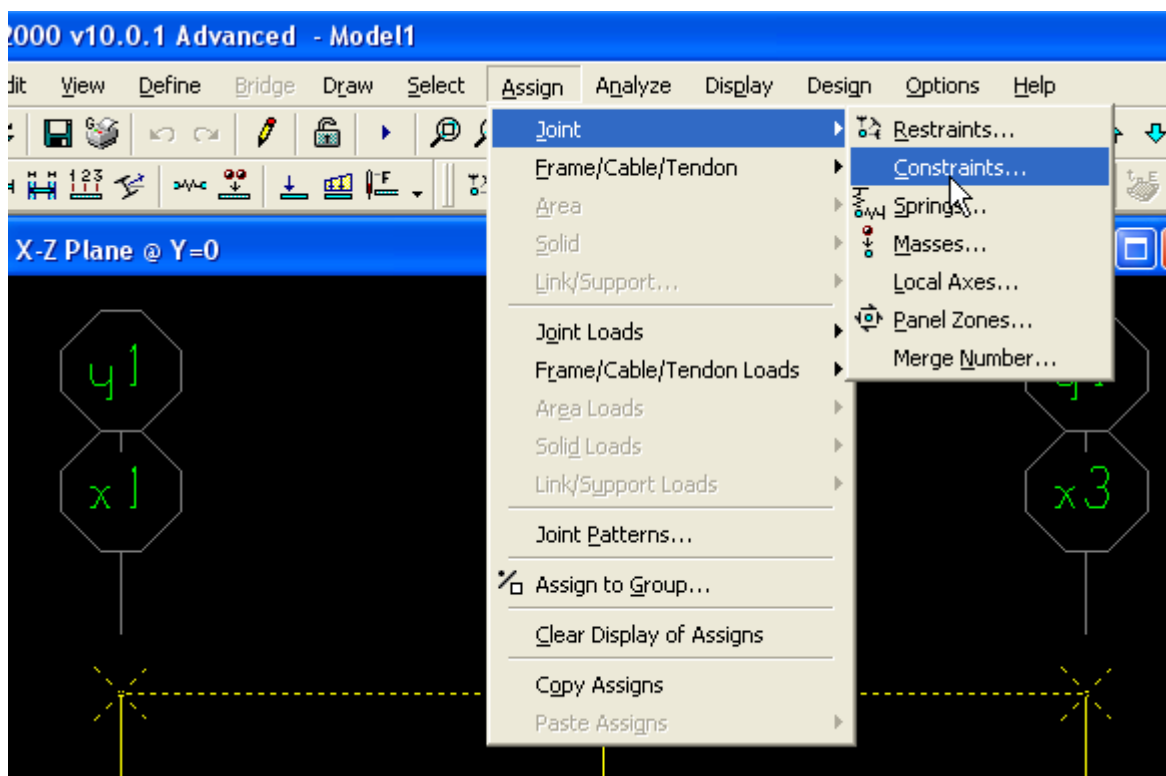
### Καθορισμός Διαφράγματος

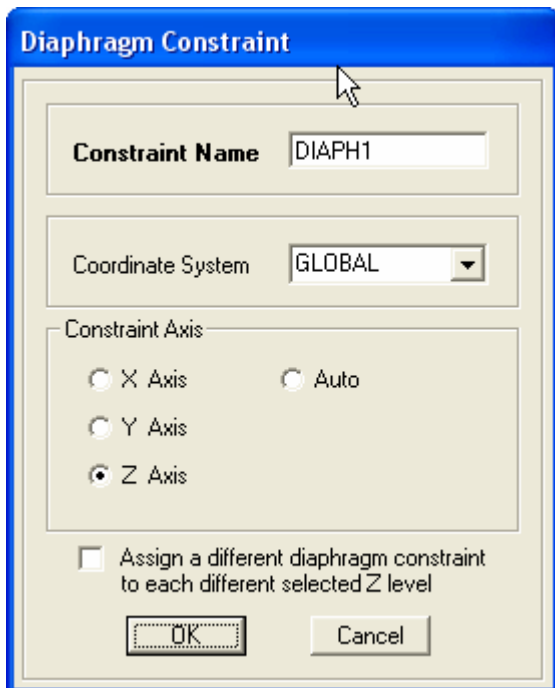
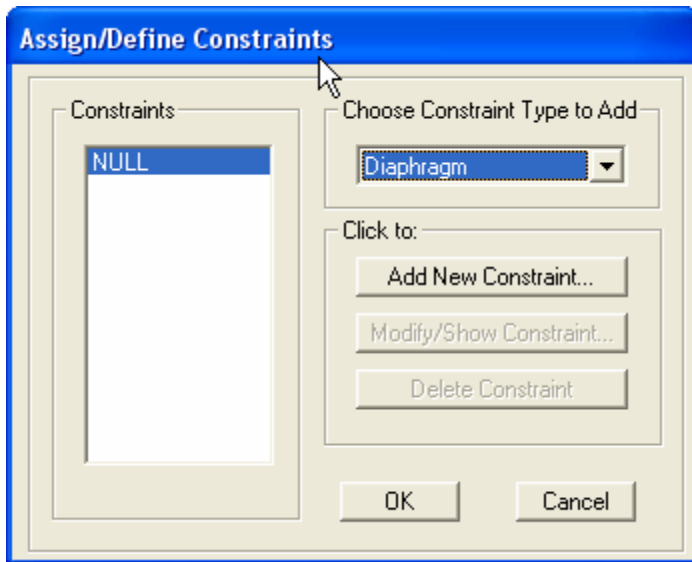
Σε περιπτώσεις όπου υπάρχει διαφραγματική λειτουργία λόγω ύπαρξης πλάκας μπορεί να προσομοιωθεί με την εντολή Diaphragm

**Για κάθε όροφο χρειάζεται να γίνει η διαδικασία ξεχωριστά.**

Αφού επιλεγούν οι κόμβοι :

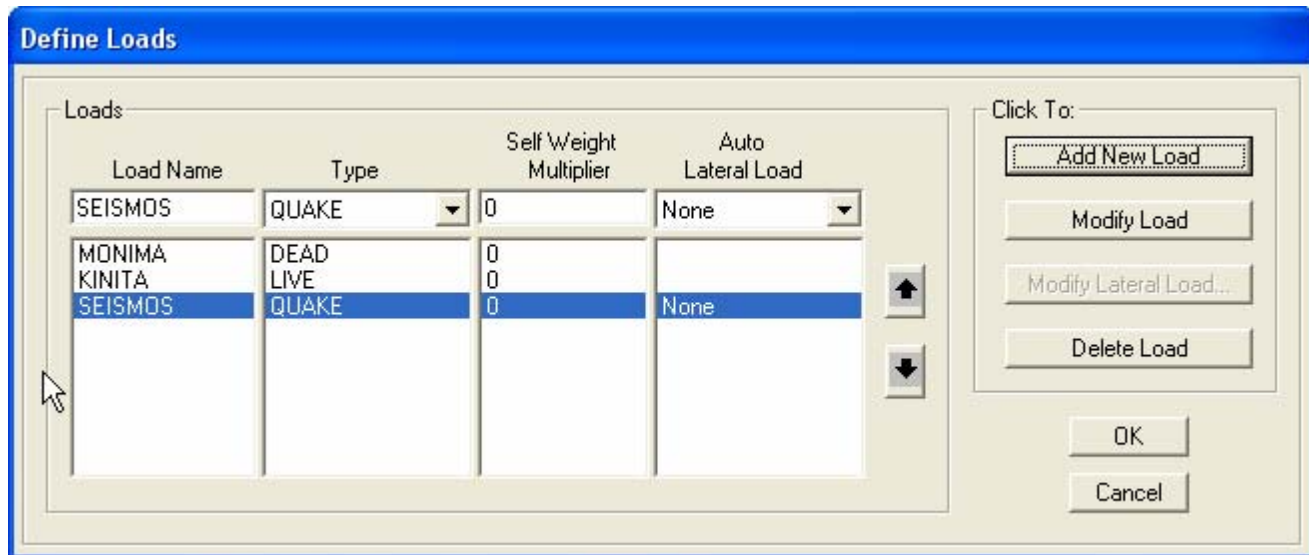
*Assign* → *Joint* → *Constraints*





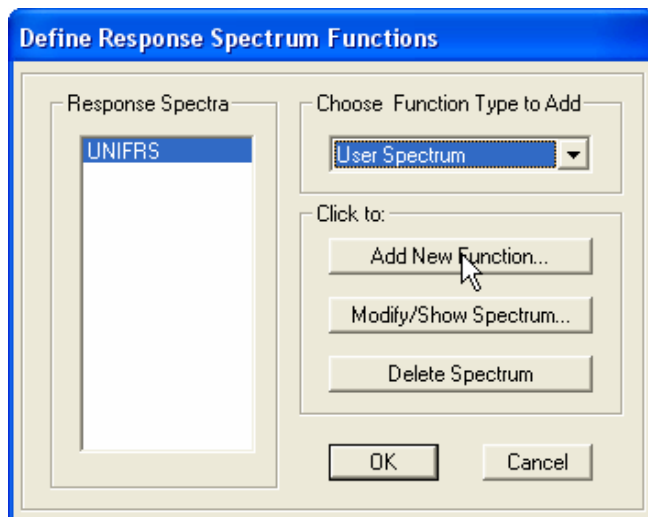
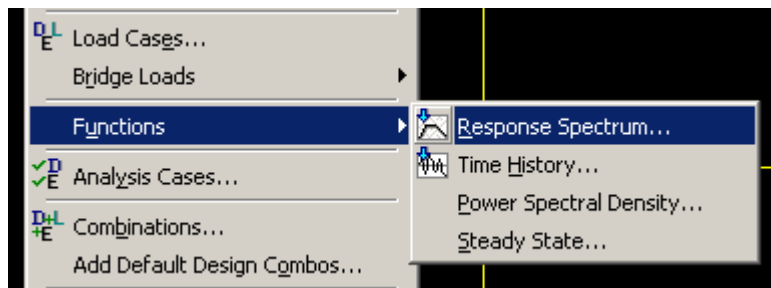
Το ίδιο και για 1<sup>ο</sup> όροφο

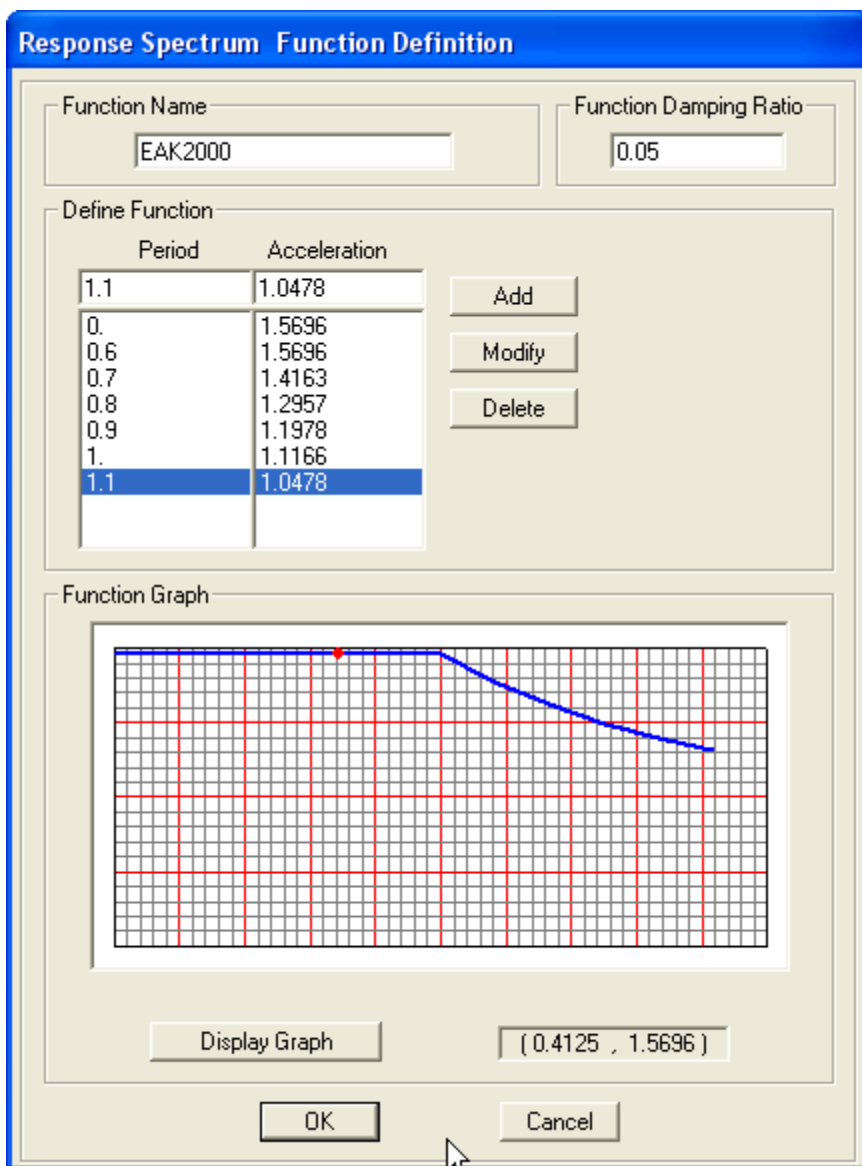
## Καθορισμός φόρτισης για φάσμα σχεδιασμού



## Καθορισμός φάσματος σχεδιασμού

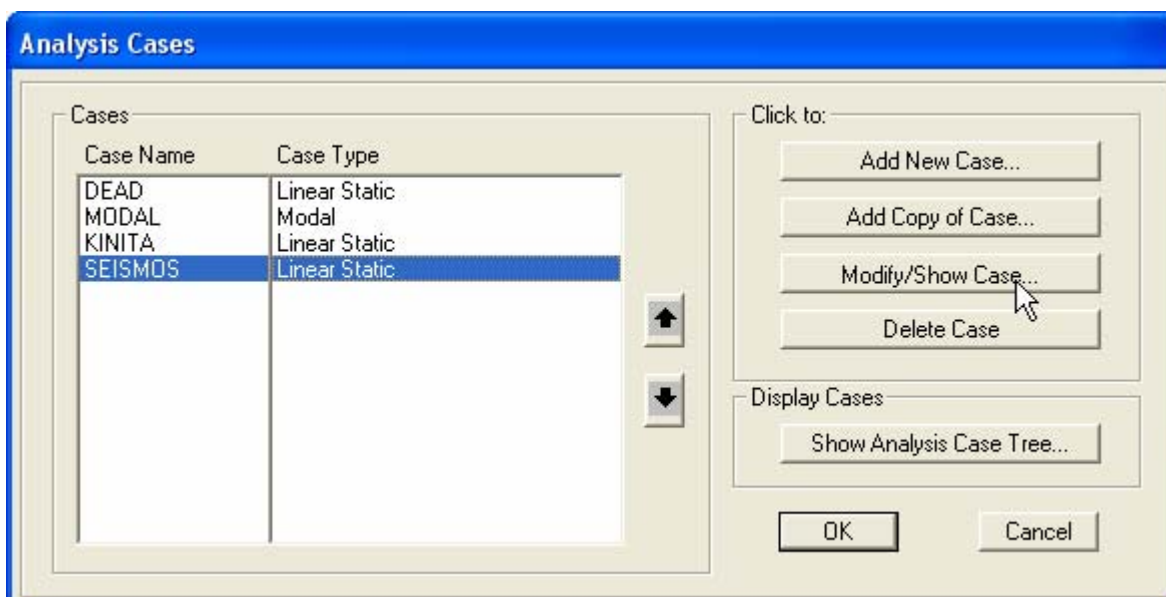
Define → Function → Response Spectrum





### Καθορισμός ανάλυσης για Φάσμα Σχεδιασμού

Define → Analysis Cases



**Analysis Case Data - Response Spectrum**

Analysis Case Name: SEISMOS

Analysis Case Type: Response Spectrum

Modal Combination:  CQC  SRSS  ABS  GMC  10 Pct  Dbl Sum

GMC f1:  GMC f2:

Modal Analysis Case: Use Modes from this Modal Analysis Case: MODAL

Directional Combination:  SRSS  ABS  Modified SRSS (Chinese)

ABS Scale Factor:

Diaphragm Eccentricity: Eccentricity Ratio: 0.0

Override Eccentricities:

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	EAK2000	1.
Accel	U1	EAK2000	1.

Show Advanced Load Parameters

Other Parameters: Modal Damping: Constant at 0.05

**Συνδυασμοί φόρτισης**  
Define → Combinations

G+0.3Q+E  
G+0.3Q-E

**Response Combination Data**

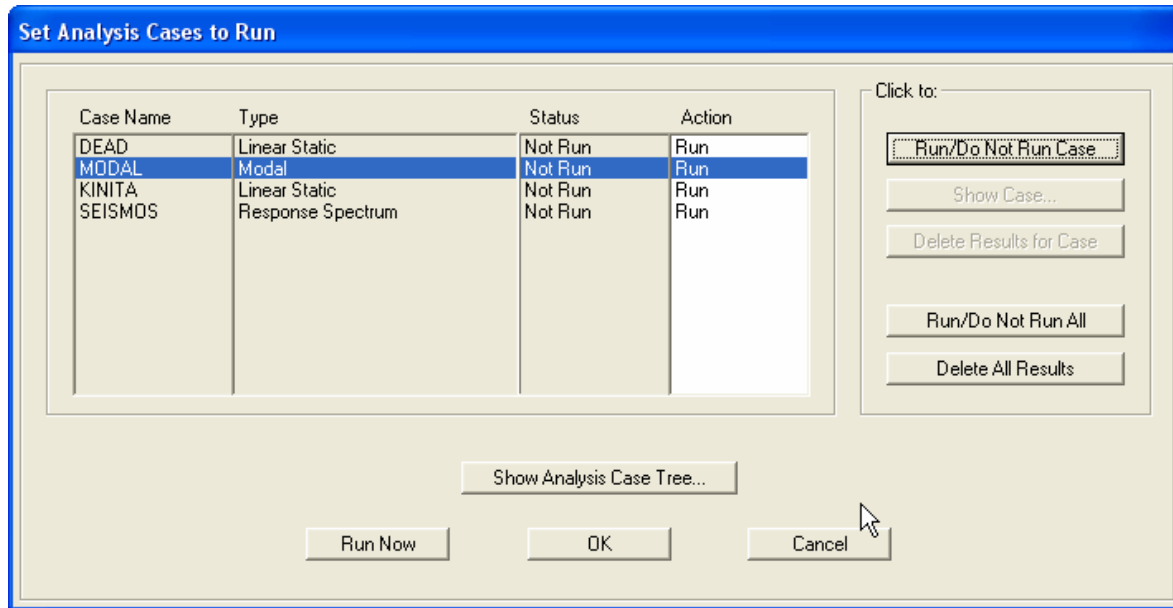
Response Combination Name: G+0.3Q+E

Combination Type: Linear Add

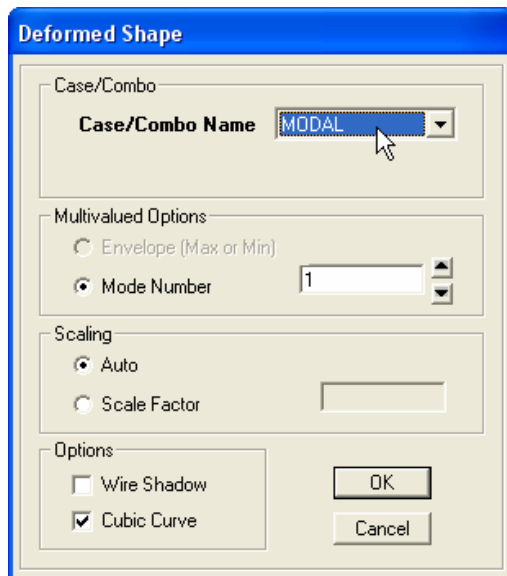
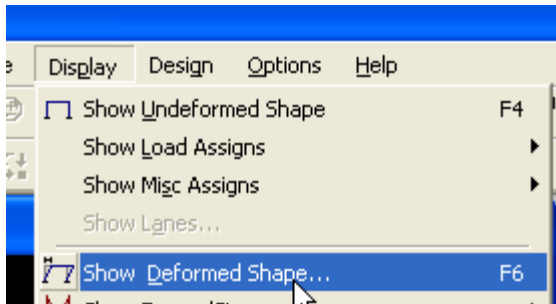
Define Combination of Case Results

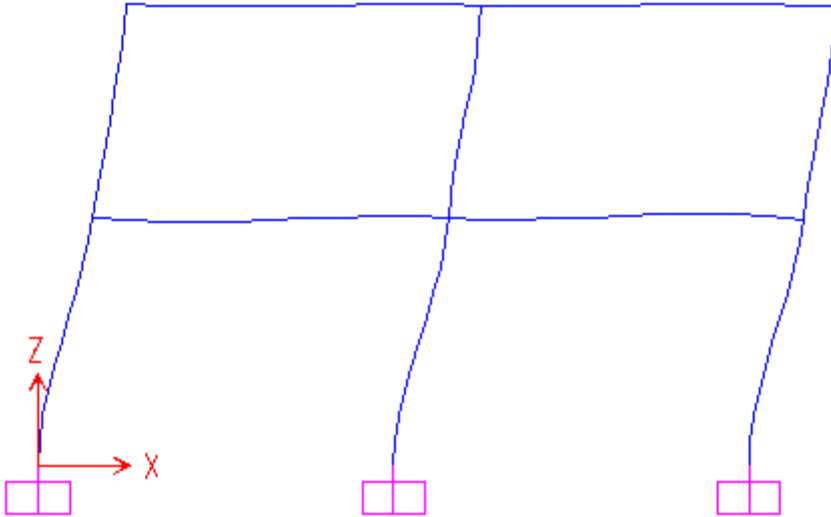
Case Name	Case Type	Scale Factor
SEISMOS	Response Spectrum	1.
DEAD	Linear Static	1.
KINITA	Linear Static	0.3
SEISMOS	Response Spectrum	1.

## Ανάλυση



## Αποτελέσματα Ιδιομορφές – Ιδιοπεριόδου



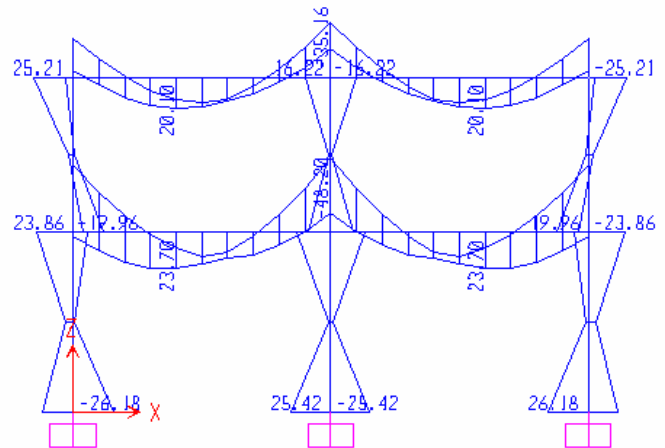
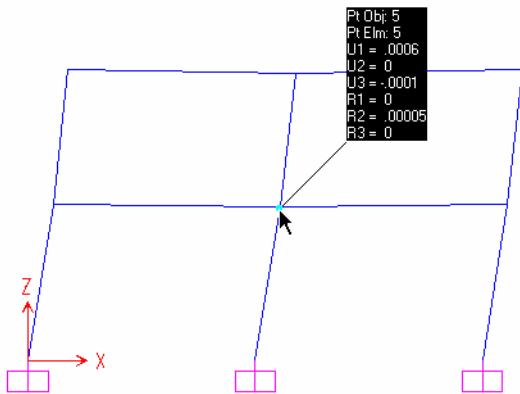


Για εμφάνιση δεύτερης ιδιομορφής μπορεί να χρησιμοποιηθεί η επηλογή που εμφανίζεται στο κάτω δεξιά μέρος της οθόνης.



### Μετακινήσεις και διαγράμματα ροπών για τον σεισμικό συνδυασμό G+0.3Q+E

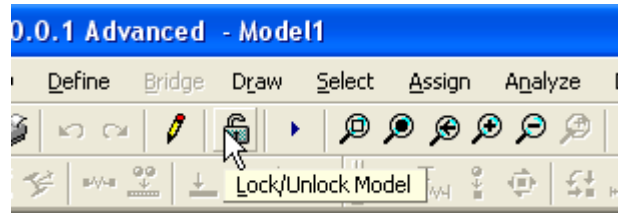
Joint Displacements				
Joint Object	5	Joint Element		5
	1	2	3	
Trans	5.513E-04	0.00000	-1.182E-04	
Rotn	0.00000	4.930E-05	0.00000	





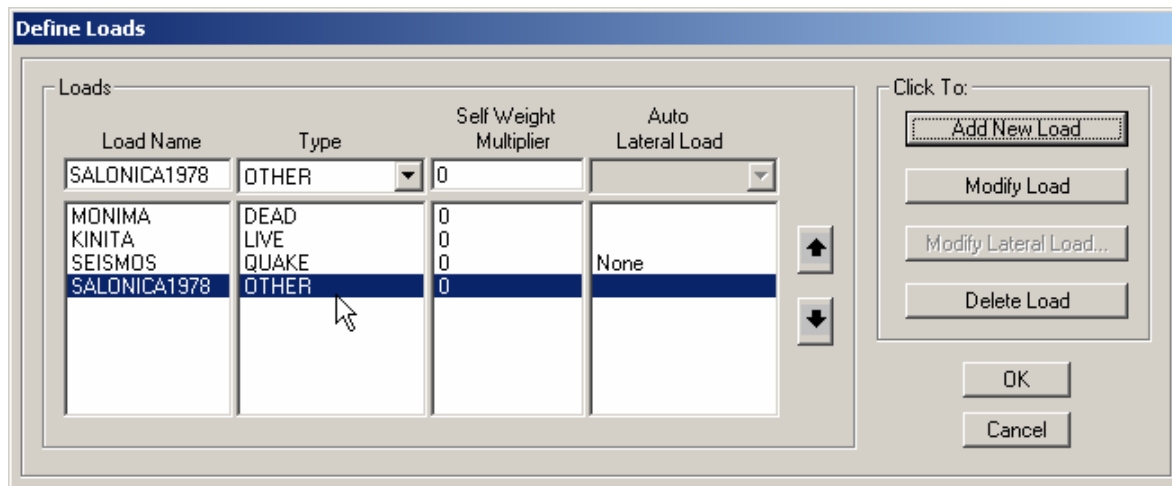
## ΜΕΡΟΣ Γ' – Δυναμική ανάλυση με επιταχυνσιογράφημα βάσης.

Για να πραγματοποιηθούν αλλαγές στα δεδομένα αφού γίνει η ανάλυση πρέπει πρώτα να διαγραφούν τα προηγούμενα αποτελέσματα της ανάλυσης.



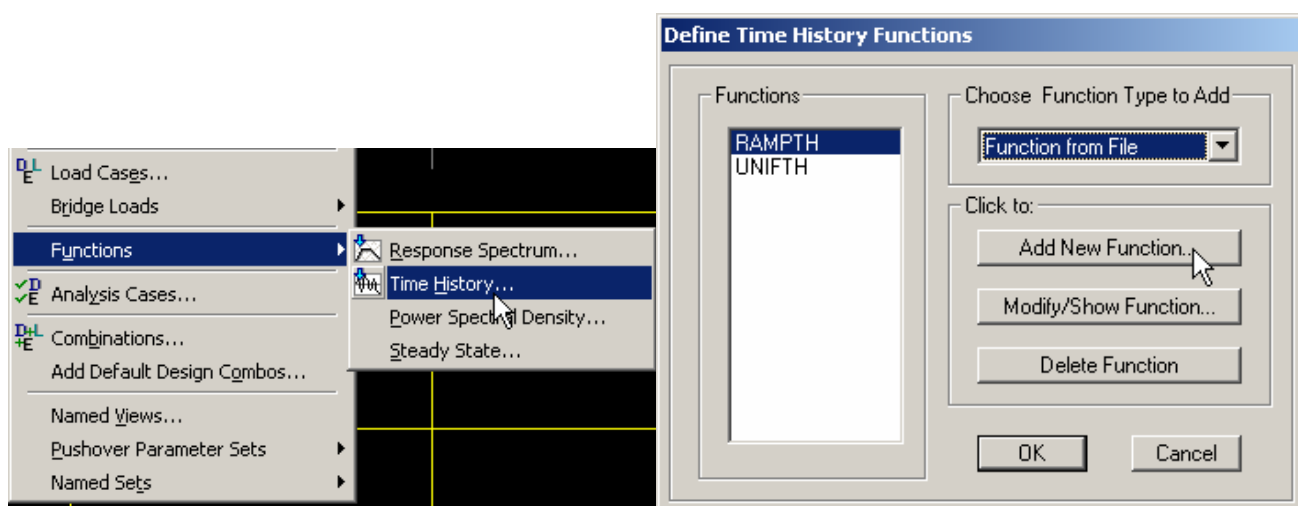
### **Καθορισμός φόρτισης για επιταχυνσιογράφημα.**

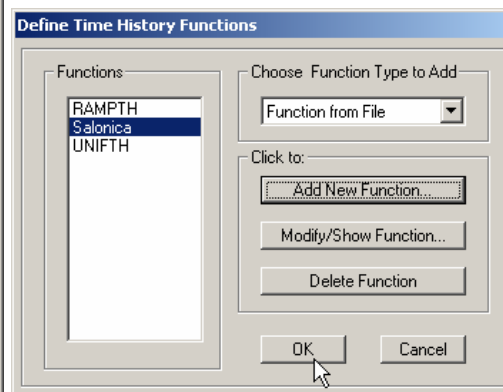
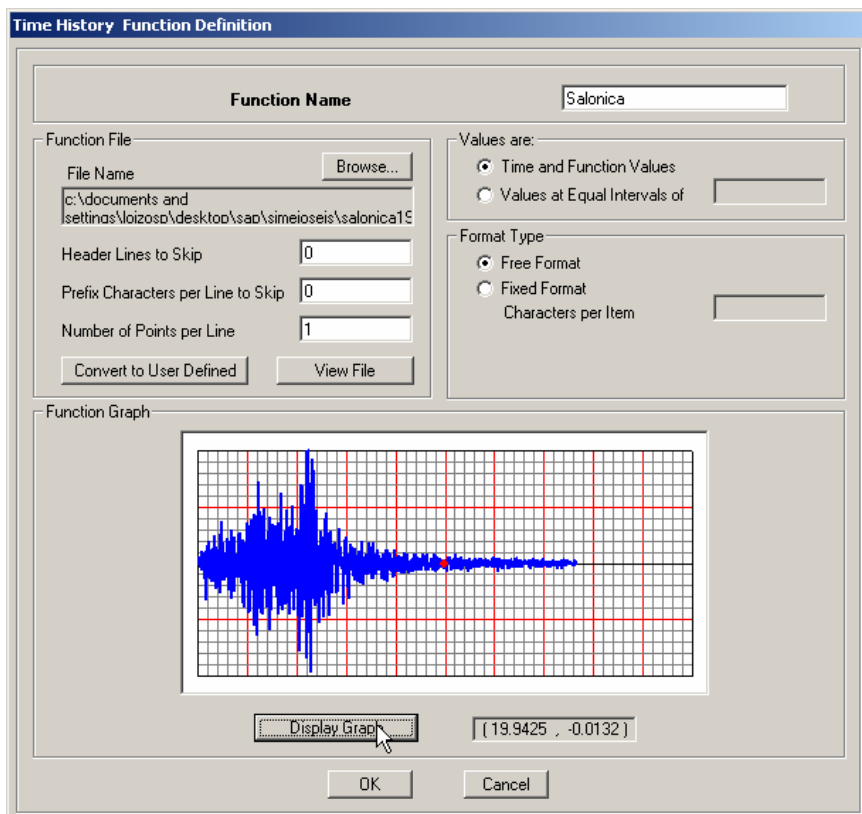
Define → Load Case



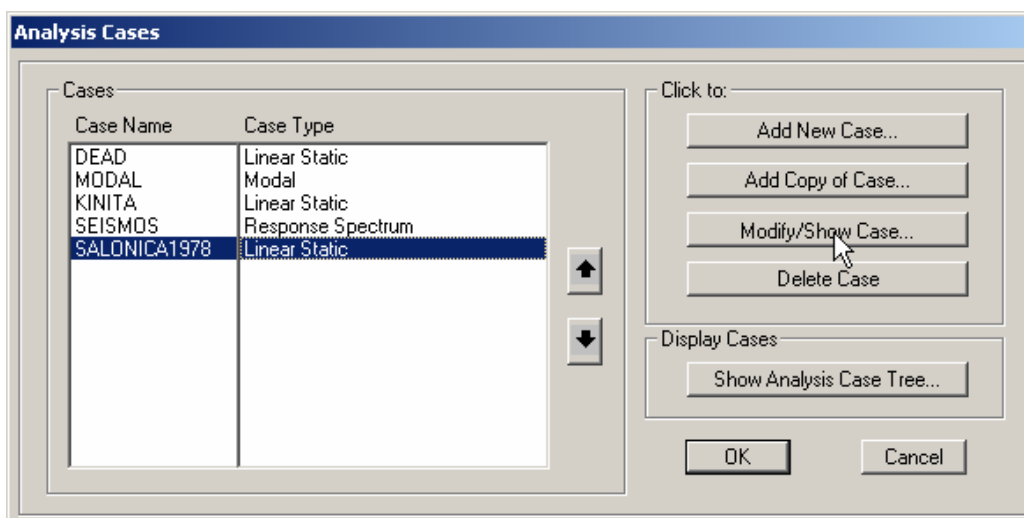
### **Εισαγωγή επιταχυνσιογραφήματος**

Define → Function → Time History...





**Καθορισμός ανάλυσης για επιταχυνσιογράφημα**  
 Define → Analysis Cases



**Analysis Case Data - Linear Modal History**

Analysis Case Name: SALONICA1978

Analysis Case Type: Time History

Initial Conditions:

- Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State
- Continue from State at End of Modal History

Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Modal Analysis Case:

Use Modes from Case: MODAL

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	Salonica	1.
Accel	U1	Salonica	1.

Show Advanced Load Parameters

Time Step Data:

Number of Output Time Steps: 100

Output Time Step Size: 0.1

Other Parameters:

Modal Damping: Constant at 0.05

## Ανάλυση

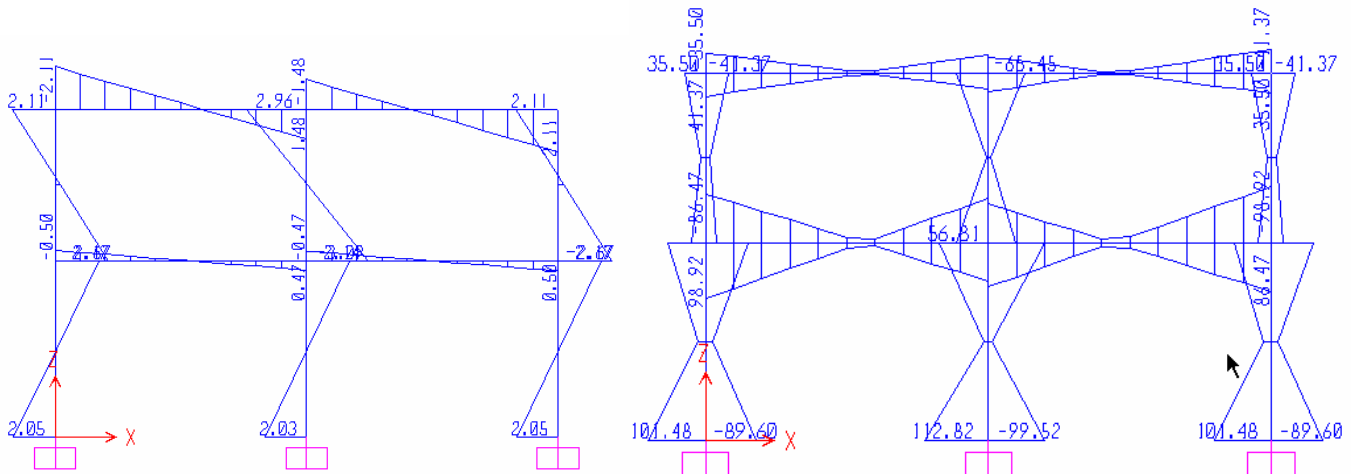
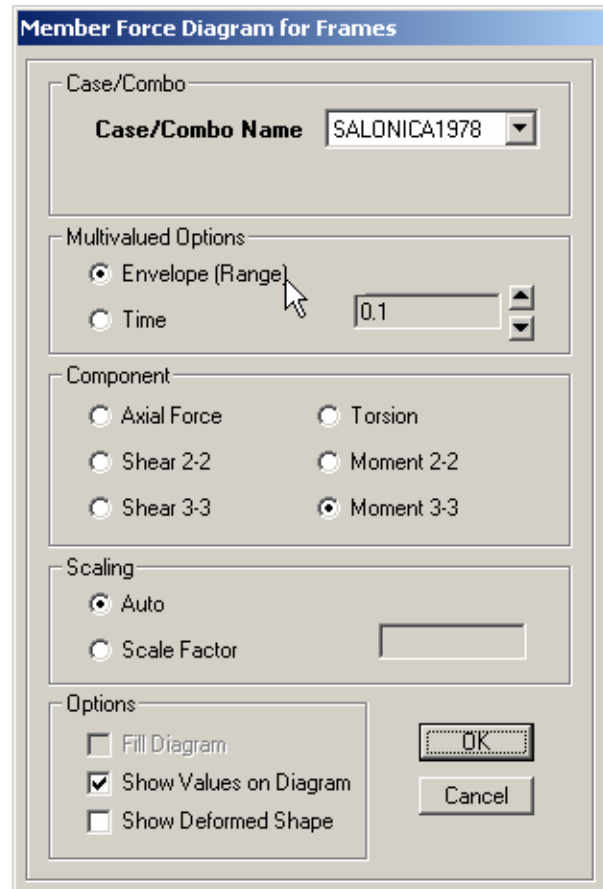
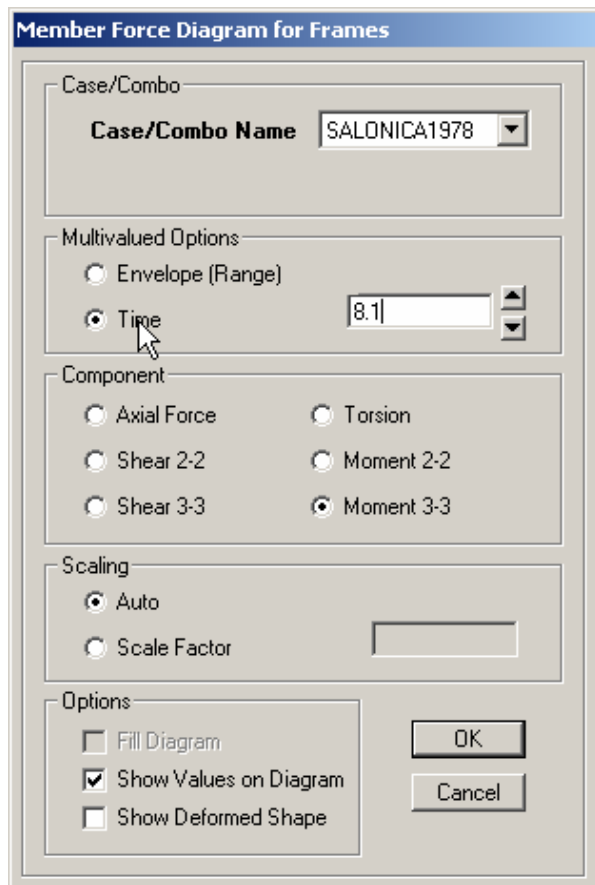
**Set Analysis Cases to Run**

Case Name	Type	Status	Action
DEAD	Linear Static	Not Run	Run
MODAL	Modal	Not Run	Run
KINITA	Linear Static	Not Run	Run
SEISMOS	Response Spectrum	Not Run	Run
SALONICA1978	Linear Modal History	Not Run	Run

Click to:

## Αποτελέσματα

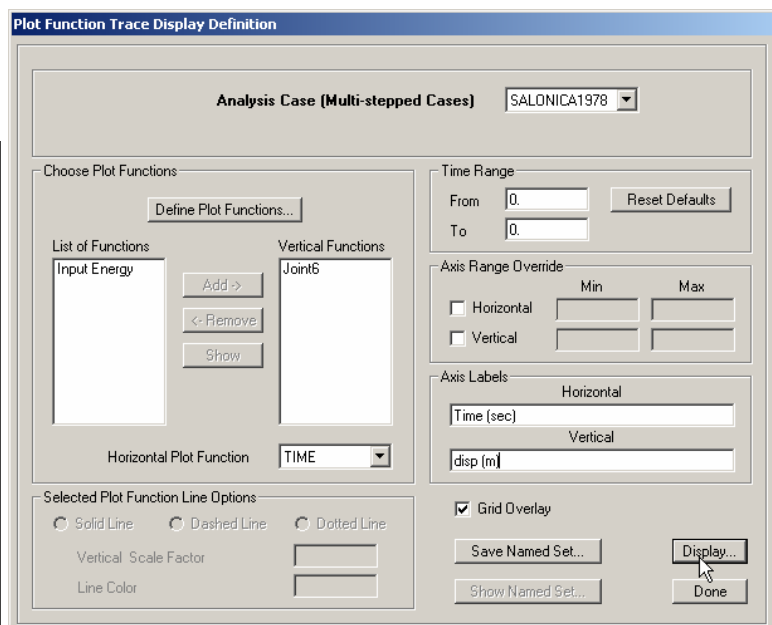
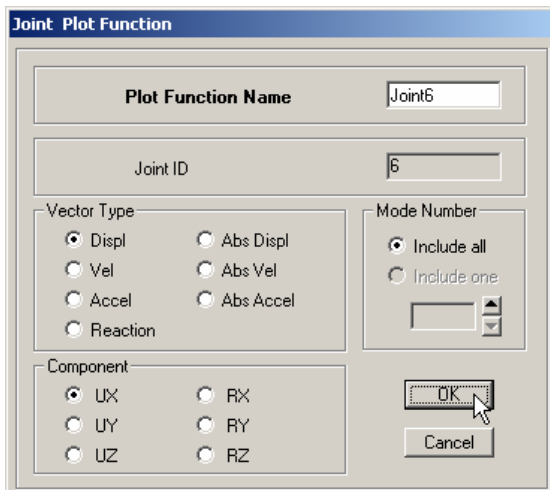
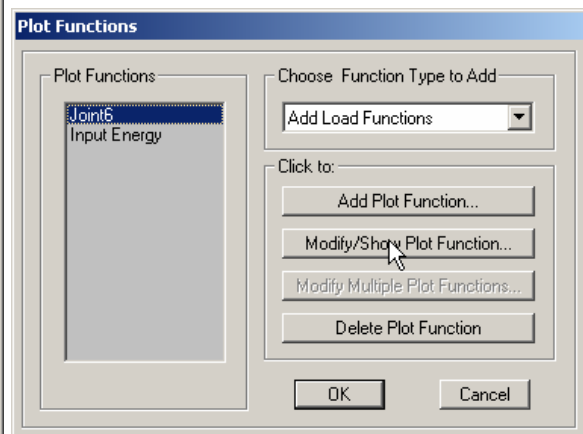
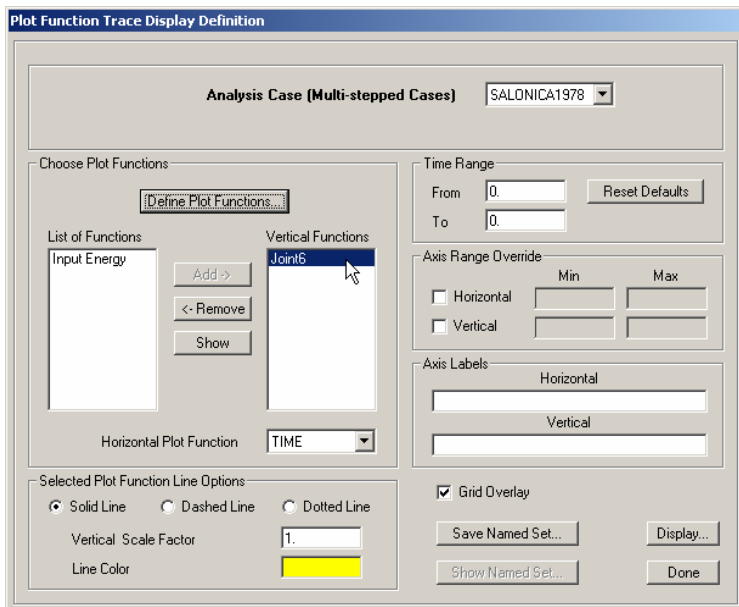
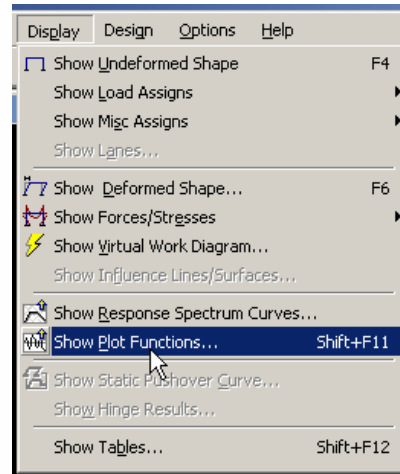
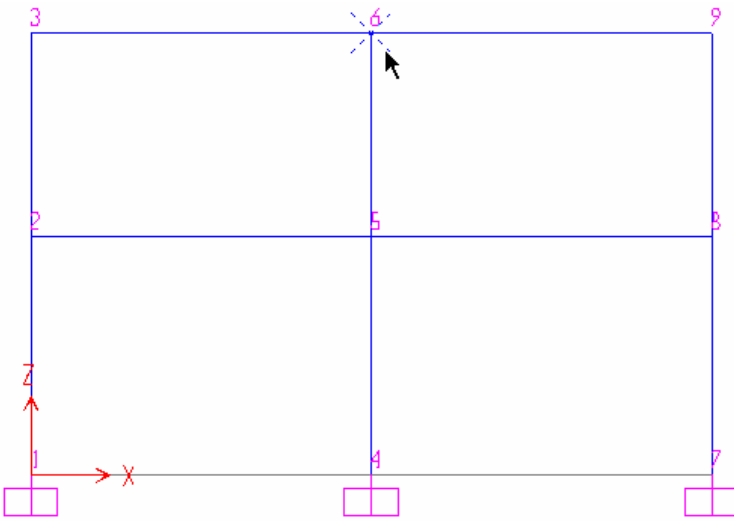
Όπως και με τα στατικά μπορούν να ληφθούν αποτελέσματα μετακινήσεων ή εντατικών μεγεθών. Η διαφορά βρίσκεται στο ότι καθορίζεται ο συγκεκριμένος χρόνος που θέλουμε να πάρουμε τα αποτελέσματα. Για παράδειγμα διαγράμματα ροπών για χρόνο 8.1sec και περιβάλλουσα ροπών φαίνονται αντίστοιχα πιο κάτω.

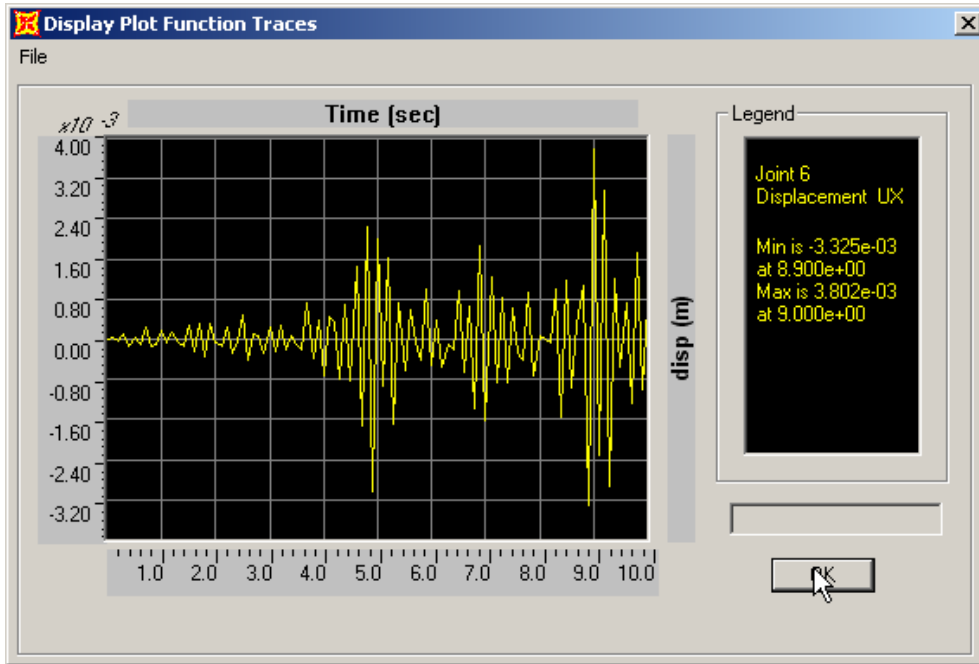


Με τον ίδιο τρόπο λαμβάνονται και αποτελέσματα μετακινήσεων.

# Χρονοϊστορία αποτελεσμάτων (κόμβων)

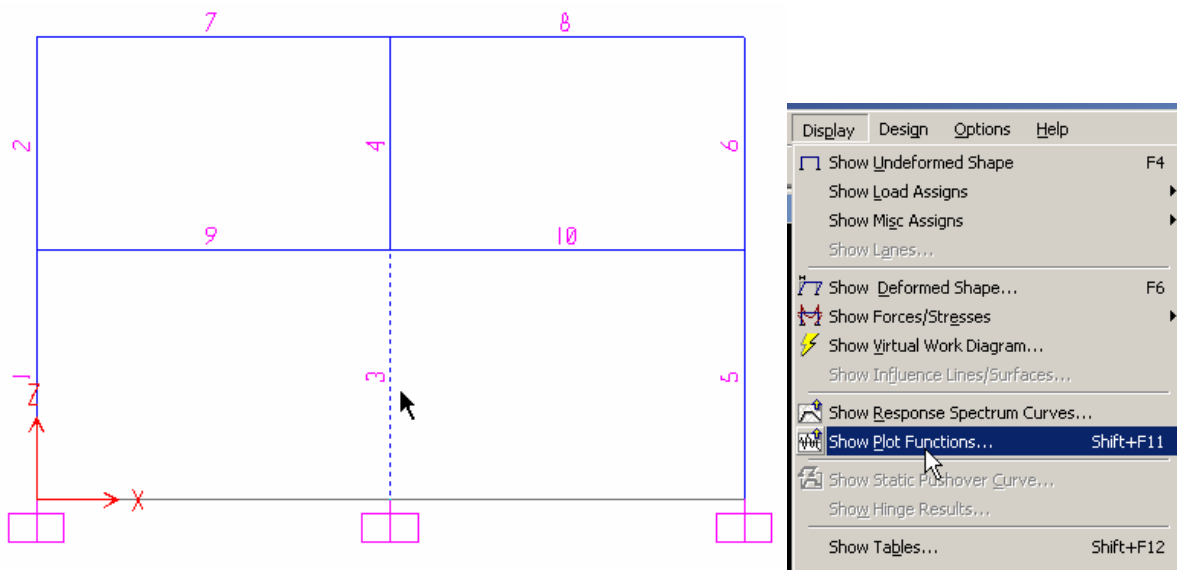
## Επιλογή κόμβου





Χρονοϊστορία μετακινήσεων κόμβου 6

### Χρονοϊστορία αποτελεσμάτων (στοιχείων)



**Plot Function Trace Display Definition**

Analysis Case (Multi-stepped Cases) SALONICA1978

Choose Plot Functions

Define Plot Functions...

List of Functions: Input Energy, Joint6

Vertical Functions: Frame3

Time Range: From 0, To 0, Reset Defaults

Axis Range Override: Horizontal, Vertical

Axis Labels: Horizontal (Time (sec)), Vertical (disp (m))

Selected Plot Function Line Options: Solid Line, Dashed Line, Dotted Line, Vertical Scale Factor 1, Line Color (Green)

Grid Overlay:

Save Named Set..., Display..., Show Named Set..., Done

**Plot Functions**

Plot Functions: Joint6, Frame3, Input Energy

Choose Function Type to Add: Add Load Functions

Click to: Add Plot Function..., Modify/Show Plot Function..., Modify Multiple Plot Functions..., Delete Plot Function

OK, Cancel

**Frame Plot Function**

Plot Function Name: Frame3

Element ID: 3

Component: Axial Force, Torsion, Shear 2-2, Moment 2-2, Shear 3-3, **Moment 3-3**

Mode Number:  Include all,  Include one

Location is at Output Station Nearest:  Relative Distance,  Absolute Distance 0

OK, Cancel

**Plot Function Trace Display Definition**

Analysis Case (Multi-stepped Cases) SALONICA1978

Choose Plot Functions

Define Plot Functions...

List of Functions: Joint6, Input Energy

Vertical Functions: Frame3

Time Range: From 0, To 0, Reset Defaults

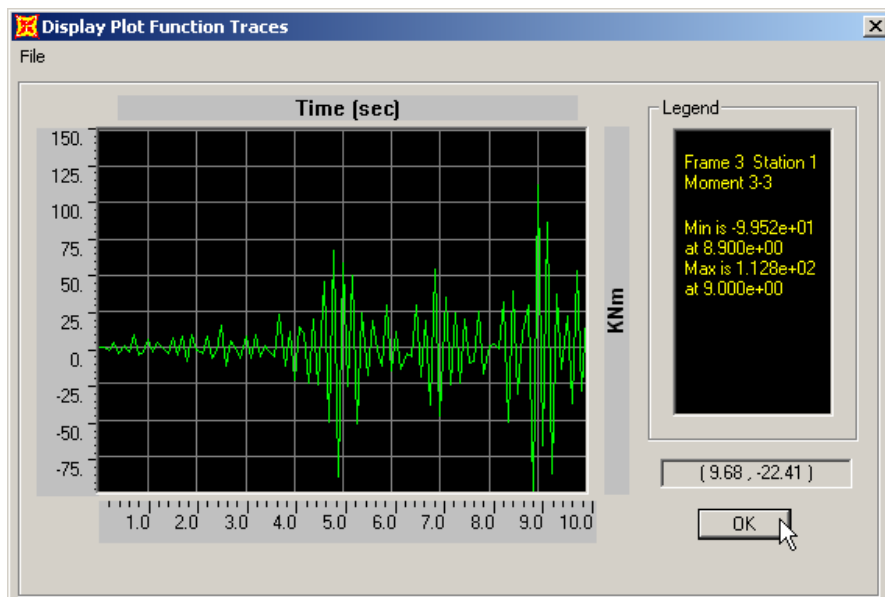
Axis Range Override: Horizontal, Vertical

Axis Labels: Horizontal (Time (sec)), Vertical (KNm)

Selected Plot Function Line Options: Solid Line, Dashed Line, Dotted Line, Vertical Scale Factor, Line Color

Grid Overlay:

Save Named Set..., Display..., Show Named Set..., Done



Χρονοϊστορία ροπών στοιχείου 3(αρχή)

# Δημιουργία “Animation”

