

## 14. Παράδειγμα στατικής, ιδιομορφικής, φασματικής και δυναμικής ανάλυσης χωρικής κατασκευής με το πρόγραμμα SAP2000

Εαρινό εξάμηνο 2024

*Πέτρος Κωμοδρόμος*  
[komodromos@ucy.ac.cy](mailto:komodromos@ucy.ac.cy)

<http://www.eng.ucy.ac.cy/petros>

# Θέματα

- Εισαγωγή
- Περιγραφή προβλήματος
- Περιγραφή διαδικασίας προσομοίωσης
- Εκτέλεση στατικών αναλύσεων
- Εκτέλεση φασματικών και δυναμικών αναλύσεων χρονοϊστορίας
- Εξαγωγή ενδεικτικών αποτελεσμάτων ιδιομορφικής ανάλυσης
- Εξαγωγή ενδεικτικών αποτελεσμάτων φασματικών αναλύσεων
- Εξαγωγή ενδεικτικών αποτελεσμάτων δυναμικών αναλύσεων

# Εισαγωγή

- Αυτό το παράδειγμα παράσχει ενδεικτικά τις απολύτως βασικές δεξιότητες και γνώσεις για τη χρήση ενός σύγχρονου και προηγμένου λογισμικού ανάλυσης κατασκευών, όπως το SAP2000.
- Το φάσμα των δυνατοτήτων του λογισμικού SAP2000, το οποίο είναι ήδη ιδιαίτερα ευρύ και πολύπτυχο, διευρύνεται περαιτέρω με τις συχνές αναθεωρήσεις και βελτιώσεις του, με την πάροδο των χρόνων, ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες των μηχανικών και ερευνητών που το χρησιμοποιούν και της προόδου της τεχνολογίας των ηλεκτρονικών υπολογιστών (Η/Υ) και της τεχνολογίας της πληροφορικής.

- Θα ήταν πρακτικά ανέφικτο να παρουσιαστεί και να επεξηγηθεί, μέσω ενός πρακτικού παραδείγματος χρήσης του προγράμματος, το σύνολο των δυνατοτήτων ενός τέτοιου προηγμένου λογισμικού εντός αυτού του συνοπτικού κεφαλαίου, παρά μόνο ένα μικρό μέρος των βασικών επιλογών και δυνατοτήτων που προσφέρονται.
- Για το υπόλοιπο μέρος και το πλήθος των πολυποίκιλων δυνατοτήτων του, μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα εγχειρίδια του λογισμικού και άλλα σχετικά συγγράμματα, όπως και παραδείγματα που διατίθενται στο διαδίκτυο.

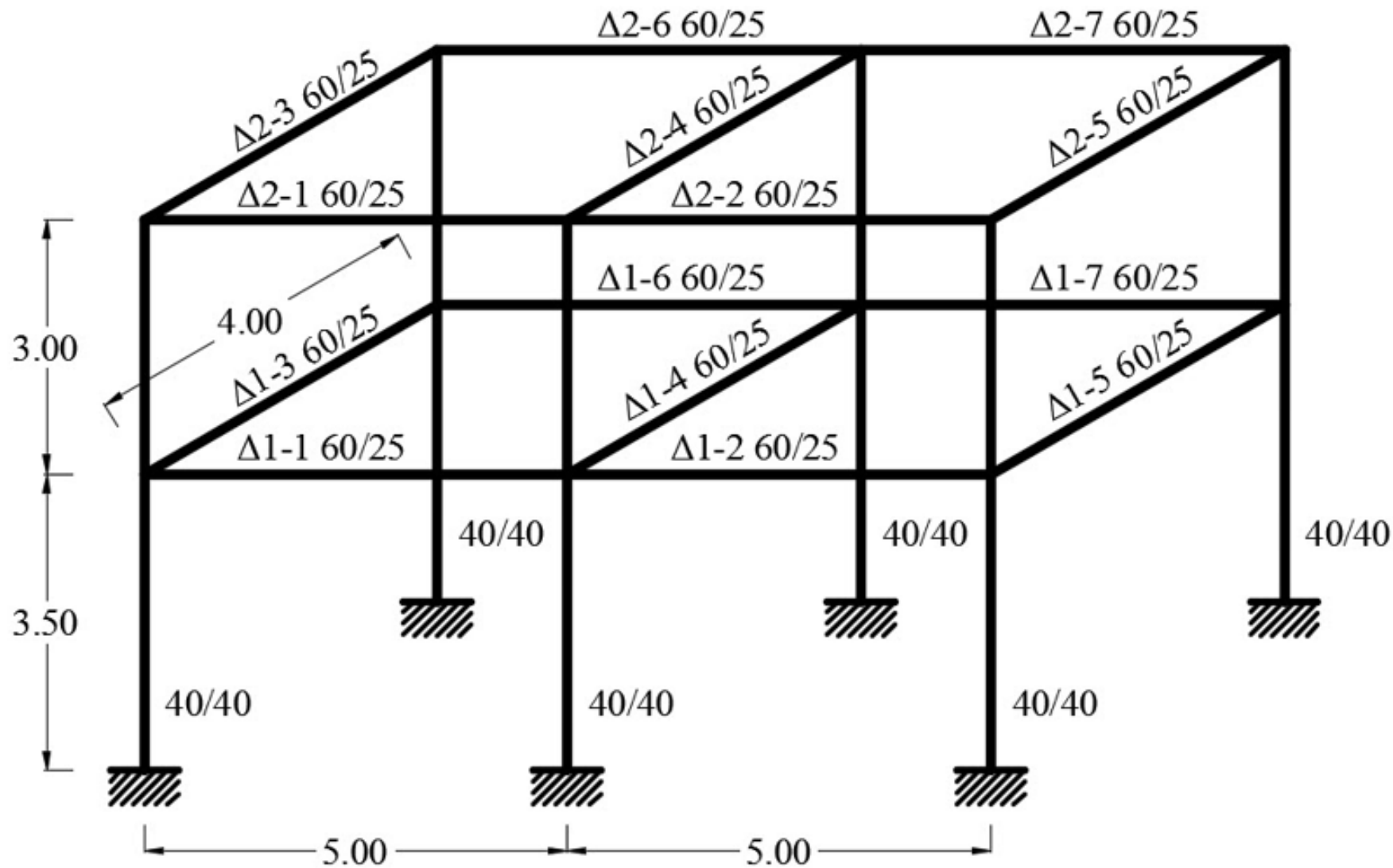
# Περιγραφή προβλήματος

## Περιγραφή κτηρίου:

Στο παρόν παράδειγμα εφαρμογής παρουσιάζονται οι στοιχειώδεις εντολές, που πρέπει να εφαρμοστούν για την προσομοίωση και ανάλυση ενός απλουστευμένου φορέα οπλισμένου σκυροδέματος.

Θεωρείται ότι το υπό μελέτη δώροφο κτήριο θα ανεγερθεί στην πόλη της Πάφου στην Κύπρο και θα χρησιμοποιείται ως κατοικία. Η προσομοίωση και η ανάλυση του κτηρίου βασίζονται ως επί το πλείστον στις πρόνοιες των Ευρωκωδίκων.

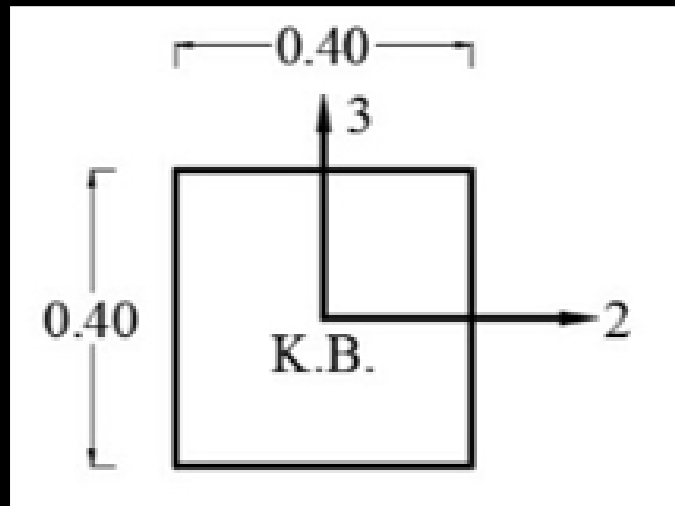
Ο τρισδιάστατος φορέας αποτελείται από τρίπτυλο δώροφο πλαίσιο στην κύρια διεύθυνση, το οποίο επαναλαμβάνεται κατά τη δευτερεύουσα διεύθυνση.



Όλα τα μέλη του φορέα θεωρείται ότι υλοποιούνται με σκυρόδεμα κατηγορίας αντοχής C30/37.

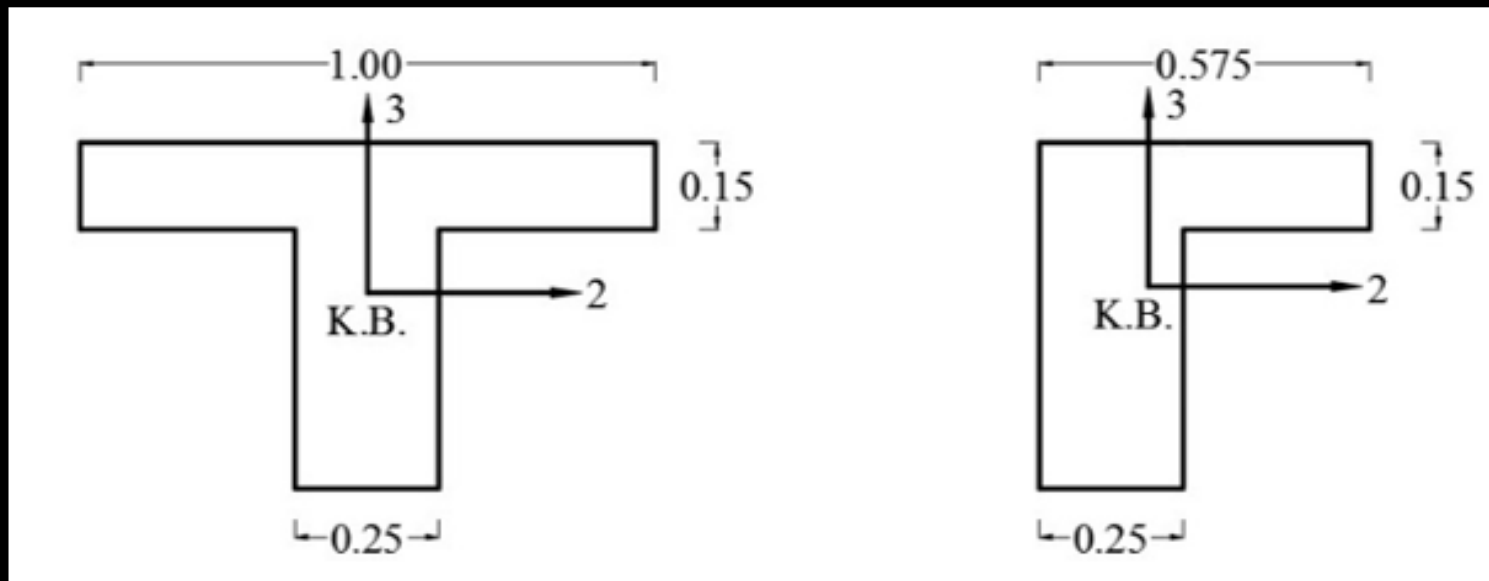
Τα δάπεδα αποτελούνται από πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος, πάχους 15 cm και επαρκούς δυσκαμψίας, για τα οποία μπορεί να θεωρηθεί ικανοποιητική η παραδοχή της διαφραγματικής λειτουργίας στις στάθμες των ορόφων.

Τα υποστυλώματα, τα οποία είναι διατομής 40 x 40 cm, στηρίζονται στις βάσεις τους, με πλήρεις (χωρικές) πακτώσεις.



Οι διατομές των δοκών είναι ορθογωνικές, διαστάσεων 60 x 25 cm, ωστόσο, λόγω της μονολιθικής τους σύνδεσης με τις πλάκες υιοθετείται η παραδοχή της πλακοδοκού και τα αντίστοιχα συνεργαζόμενα πλάτη θα πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τον ορισμό των διατομών στο λογισμικό. Έτσι, για τις περιμετρικές δοκούς θα πρέπει να οριστούν μονόπλευρες πλακοδοκοί, ενώ για τις εσωτερικές δοκούς θα πρέπει να οριστούν αμφίπλευρες πλακοδοκοί.

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα τα συνεργαζόμενα πλάτη υπολογίζονται βάσει της σχετικής παραγράφου του Ευρωκώδικα 8 (§5.4.3.1.1(3)).

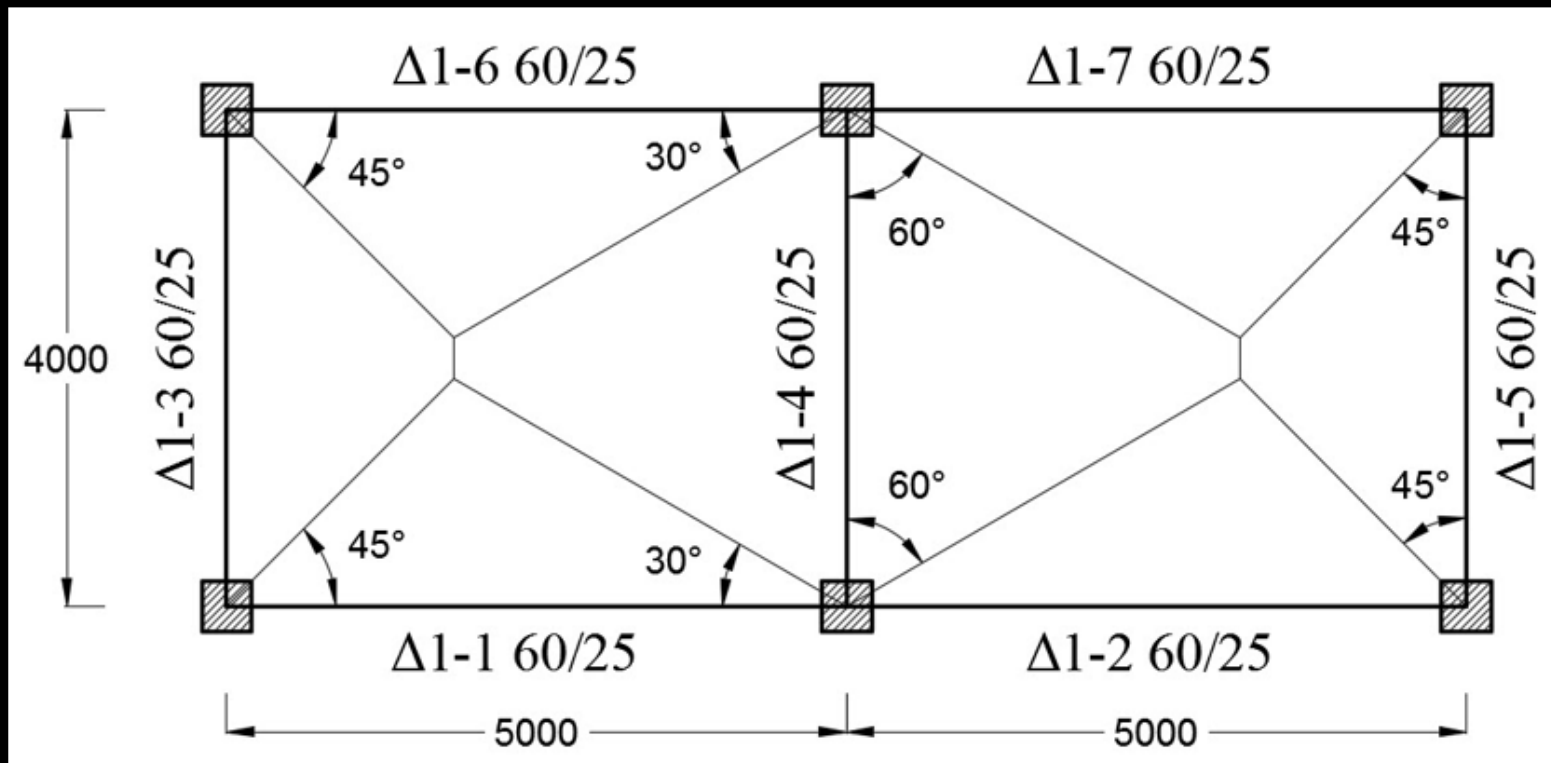




# Δρώντα στατικά φορτία

- Ιδιοβάρος υποστυλωμάτων και δοκών, το οποίο υπολογίζεται αυτόματα από το λογισμικό.
- Ιδιοβάρος πλακών, το οποίο υπολογίζεται βάσει του πάχους τους  $d = 0.15 \text{ cm}$  και σε αυτή την περίπτωση ισούται με  $3.75 \text{ KN} / \text{m}^2$ .
- Μόνιμο φορτίο δαπεδοστρώσεων στη στάθμη του 1<sup>ου</sup> ορόφου  $2.50 \text{ KN} / \text{m}^2$  και στη στάθμη του 2<sup>ου</sup> ορόφου  $1.50 \text{ KN} / \text{m}^2$ .
- Στις περιμετρικές δοκούς του 1<sup>ου</sup> ορόφου εδράζεται μπατική τοιχοποιία, βάρους  $3.60 \text{ KN} / \text{m}^2$  (εκτός του τελευταίου ορόφου).
- Στις εσωτερικές δοκούς του 1<sup>ου</sup> ορόφου εδράζεται δρομική τοιχοποιία, βάρους  $2.10 \text{ KN} / \text{m}^2$  (εκτός του τελευταίου ορόφου).
- Το ωφέλιμο φορτίο θεωρείται ως  $2.0 \text{ KN} / \text{m}^2$  για τις πλάκες όλων των ορόφων, οι οποίες θα χρησιμοποιούνται ως δάπεδα κατοικίας (Ευρωκώδικας 1).

Τα φορτία που δρουν επί των πλακών είναι επιφανειακά φορτία, ωστόσο στο προκείμενο παράδειγμα, λόγω του ότι δεν συμπεριλαμβάνονται οι πλάκες στο μοντέλο προσομοίωσης, αλλά η παρουσία τους λαμβάνεται υπόψη έμμεσα, αντίστοιχα φορτία υπολογίζονται και εφαρμόζονται, ως γραμμικά φορτία, στις δοκούς που περιβάλλουν τις πλάκες. Η αναγωγή των επιφανειακών φορτίων σε τριγωνικά ή τραπεζοειδή γραμμικά προκύπτει από τις συνθήκες στήριξης των πλακών, όπως αναπαρίσταται στο πιο κάτω σχήμα.



Το φάσμα σχεδιασμού μορφώνεται βάσει των σχετικών προνοιών του Ευρωκώδικα 8 (Παράγραφος §3.2.2.5), των οποίων οι σχέσεις υπολογισμού του φάσματος σχεδιασμού του Ευρωκώδικα 8 έχουν ενσωματωθεί στις σχετικά πιο πρόσφατες εκδόσεις του λογισμικού και πλέον ο χρήστης μπορεί απλά να εισαγάγει τις παραμέτρους του φάσματος. Σε αυτό το παράδειγμα θεωρούνται οι ακόλουθες παράμετροι:

- Τύπος φάσματος: Τύπος 1
- Σεισμική ζώνη: Πάφος, Κύπρος (III:  $PGA=0.25\text{ g}$ )
- Κατηγορία σπουδαιότητας: II (συνήθη κτήρια)
- Συντελεστής σπουδαιότητας:  $\gamma_I = 1.00$
- Κατηγορία εδάφους: B
- Συντελεστής εδάφους:  $S = 1.2$

- Κατηγορία πλαστιμότητας: Μέση (ΚΠΜ).
- Συντελεστής συμπεριφοράς στη X διεύθυνση:  $q = 3.9$   
(πολυώροφο, πολύστυλο, πλαισιωτό κτήριο)
- Συντελεστής συμπεριφοράς στην Y διεύθυνση:  $q = 3.6$   
(πολυώροφο, δίστυλο, πλαισιωτό κτήριο)

# Σεισμικές καταγραφές

Σε αυτό το παράδειγμα, για την εκτέλεση των δυναμικών αναλύσεων χρονοϊστορίας, θα χρησιμοποιηθούν επιταχυνσιογραφήματα από το σεισμό που έπληξε την Αθήνα, στις 7 Σεπτεμβρίου του 1999.

Τα επιταχυνσιογραφήματα είναι διαθέσιμα στην εξής ηλεκτρονική διεύθυνση: <http://www.eng.ucy.ac.cy/petros/Earthquakes/>. Οι καταγραφές που έχουν επιλεγεί και οι οποίες θα επιβληθούν κατά τις κύριες, οριζόντιες διευθύνσεις X και Y, αντιστοίχως, είναι οι ακόλουθες:

- ATHENS EARTHQUAKE - ATHENS 3 (KALLITHEA DISTRICT) N46
- ATHENS EARTHQUAKE - ATHENS 3 (KALLITHEA DISTRICT) N136

Τα δεδομένα των δύο καταγραφών μπορούν να ληφθούν από την ιστοσελίδα και να αποθηκευτούν σε διακριτά αρχεία απλού κειμένου, μορφής *\*.txt*, ώστε να μπορούν να εισαχθούν αργότερα στο λογισμικό. Οι συγκεκριμένες εδαφικές επιταχύνσεις των δύο καταγραφών δίδονται σε μονάδες  $m/s^2$  και έχουν χρονικό βήμα  $0.01 s$ .

# Αναλύσεις που θα διενεργηθούν

- Προσομοίωση του χωρικού φορέα στο λογισμικό SAP2000
- Ανάλυση υπό στατικά φορτία:
  - Ανάλυση για το συνδυασμό  $1.35G + 1.5Q$
  - Προσδιορισμός μαζών για το συνδυασμό  $1.00G + 0.30Q$
- Ιδιομορφική ανάλυση:
  - Προσδιορισμός των θεμελιωδών ιδιοπεριοδών και ιδιομορφών του φορέα
  - Υπολογισμός των συντελεστών συμμετοχής της μάζας (ενεργών ιδιομορφικών μαζών) για τις θεμελιώδεις ιδιομορφές (*Modal Participating Mass Ratios*)

- Φασματική ανάλυση:

- Φασματική ανάλυση με το φάσμα Ευρωκώδικα 8 στη X διεύθυνση
- Φασματική ανάλυση με το φάσμα Ευρωκώδικα 8 στην Y διεύθυνση
- Φασματική ανάλυση χωρικής επαλληλίας με τα φάσματα Ευρωκώδικα 8 στις X και Y διευθύνσεις:

$$\pm 1.00E_x \pm 0.30E_y$$

$$\pm 0.30E_x \pm 1.00E_y$$

- Συνδυασμοί φόρτισης χωρικής επαλληλίας:

$$1.00G + 0.30Q \pm 1.00E_x \pm 0.30E_y$$

$$1.00G + 0.30Q \pm 0.30E_x \pm 1.00E_y$$

- Δυναμική ανάλυση του φορέα για τα επιταχυνσιογραφήματα του σεισμού της Αθήνας της 7<sup>ης</sup> Σεπτεμβρίου 1999, του οποίου οι καταγραφές μπορούν να ληφθούν από το σύνδεσμο: <http://www.eng.ucy.ac.cy/petros/Earthquakes/>
  - Ανάλυση στη Χ διεύθυνση, υπό την καταγραφή Athens\_3\_KallitheaN46
  - Ανάλυση στην Υ διεύθυνση, υπό την καταγραφή Athens\_3\_KallitheaN136
  - Αναλύσεις χωρικής επαλληλίας:  
 $\pm 1.00E_{xt} \pm 0.30E_{yt}$   
 $\pm 0.30E_{xt} \pm 1.00E_{yt}$

# Ενδεικτικά αποτελέσματα

- Ενδεικτικά διαγράμματα εντατικών μεγεθών, παραμορφώσεων και αντιδράσεων για τις αναλύσεις υπό στατικά φορτία.
- Σχηματική παρουσίαση ιδιομορφών και προσδιορισμός των συντελεστών συμμετοχής της μάζας (ενεργών ιδιομορφικών μαζών) για κάποιες πρώτες ιδιομορφές (*Modal Participating Mass Ratios*).
- Ενδεικτικά διαγράμματα εντατικών μεγεθών και παραμορφώσεων για τις φασματικές αναλύσεις.
- Για τη δυναμική ανάλυση με χρήση επιταχυνσιογραφημάτων θα σχεδιαστεί η χρονοϊστορία της καμπτικής ροπής  $M_3$ , στη βάση ενδεικτικού υποστυλώματος για ένα συνδυασμό χωρικής επαλληλίας. Επίσης, θα σχεδιαστεί η χρονοϊστορία της σχετικής μετακίνησης του πρώτου ορόφου ως προς το έδαφος και της απόλυτης επιτάχυνσης του δευτέρου ορόφου, που προκύπτει από μία ανάλυση χωρικής επαλληλίας.



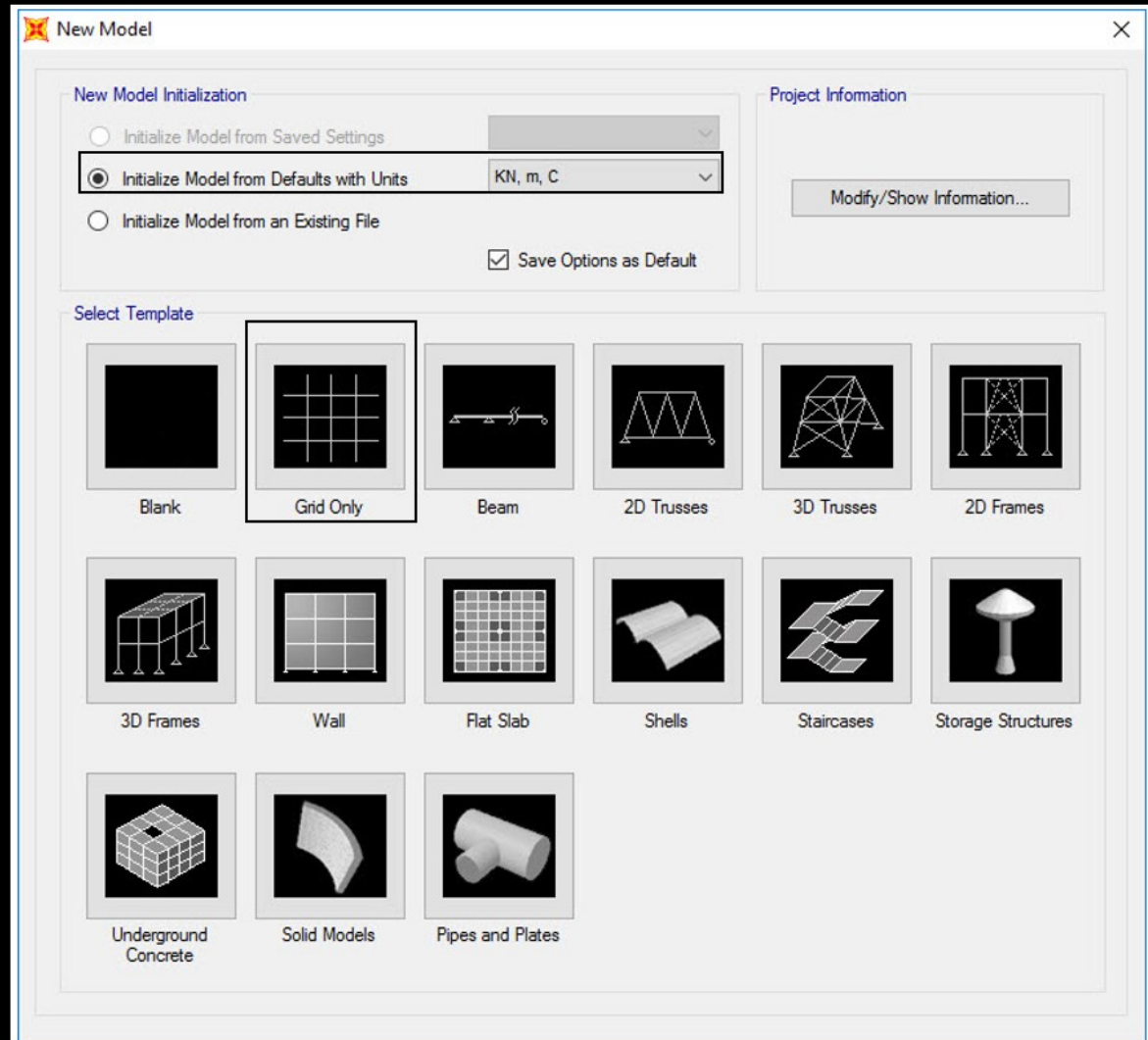
# Περιγραφή Διαδικασίας Προσομοίωσης

## Δημιουργία νέου μοντέλου

**File** → **New Model...**

Στο παράθυρο που εμφανίζεται επιλέγονται οι μονάδες μέτρησης των θεμελιωδών μεγεθών (δύναμη, μήκος, θερμοκρασία).

Στο πεδίο «*Select Template*», όπου παρουσιάζονται διάφορες επιλογές για την προσομοίωση φορέων, επιλέγεται ο κάνναβος (*Grid Only*), ο οποίος τυγχάνει ευρύτερης εφαρμογής και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την προσομοίωση φορέων ποικίλων μορφολογιών.



## Καθορισμός γεωμετρίας καννάβου

Με την επιλογή του καννάβου, εμφανίζεται ένα υποπαράθυρο, στο οποίο περιγράφεται ο κάνναβος.

Στο πρώτο πεδίο (*Number of Grid Lines*) εισάγεται το πλήθος των αξόνων κάθετα στις διευθύνσεις X, Y και Z, στο δεύτερο πεδίο (*Grid Spacing*) ορίζεται η απόσταση των αξόνων σε κάθε διεύθυνση αντίστοιχα και στο τρίτο πεδίο (*First Grid Line Location*) δηλώνεται η θέση του πρώτου άξονα κάθε διεύθυνσης, που για το συγκεκριμένο παράδειγμα θεωρείται το σημείο (0, 0, 0).

Λόγω του περιορισμού καθορισμού μόνο μίας απόστασης μεταξύ των αξόνων της κάθε διεύθυνσης, παρουσιάζεται πρόβλημα στον ορισμό διαφορετικών υψομέτρων (στη Z διεύθυνση) για τις δύο στάθμες του κτηρίου, το οποίο μπορεί να διευθετηθεί κατάλληλα στη συνέχεια.

Quick Grid Lines

Cartesian Cylindrical

Coordinate System Name  
GLOBAL

Number of Grid Lines

X direction	3
Y direction	2
Z direction	3

Grid Spacing

X direction	5
Y direction	4
Z direction	3

First Grid Line Location

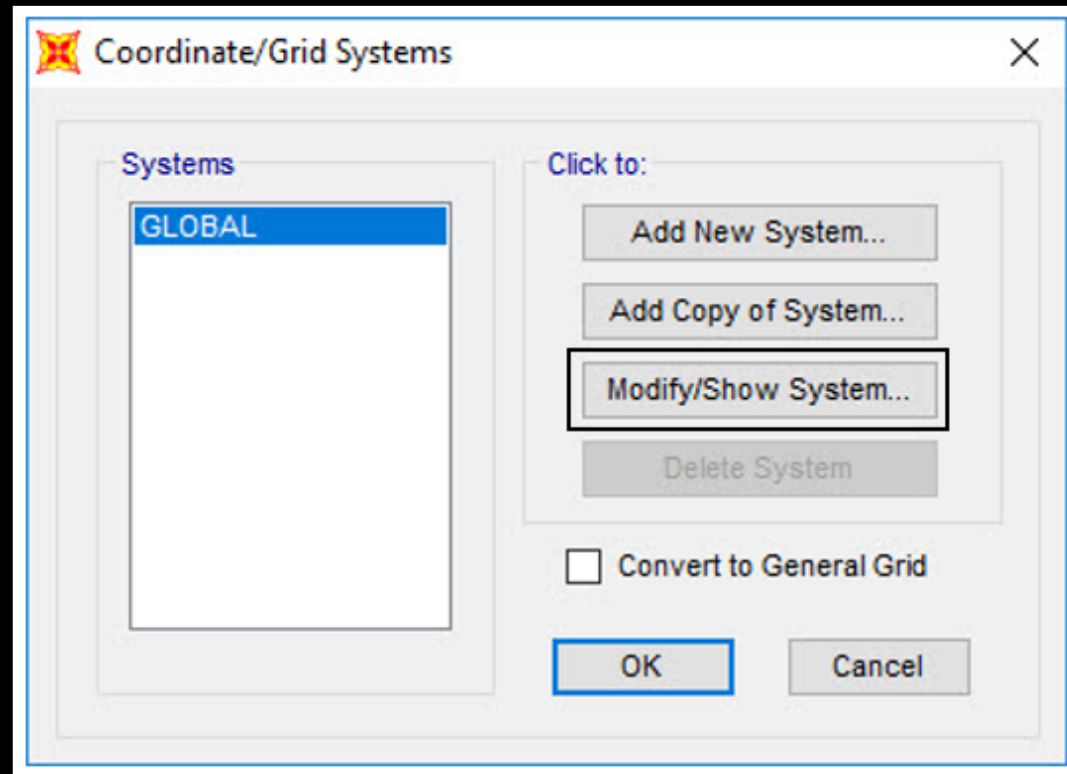
X direction	0
Y direction	0
Z direction	0

OK Cancel

## Τροποποίηση καννάβου

Με τη δημιουργία του καννάβου και τη μετάβαση στην κεντρική οθόνη του λογισμικού, μπορούν να εφαρμοστούν οι ακόλουθες οδηγίες για την τροποποίηση του καννάβου:

**Define → Coordinate Systems/Grids...**



Επιλέγοντας την «**Modify/Show System...**» για το επιλεγμένο, απόλυτο (καθολικό) σύστημα συντεταγμένων (*GLOBAL*) και εμφανίζεται το υποπαράθυρο:

Στο «*Z Grid Data*»

διορθώνονται οι θέσεις των αξόνων του κατακόρυφου άξονα, ώστε να συμπίπτουν με τα πραγματικά υψόμετρα των ορόφων του κτηρίου.

Επιπλέον, υπάρχει δυνατότητα προσθαφαίρεσης αξόνων στις τρεις κύριες διευθύνσεις του μοντέλου, απόκρυψης αξόνων και χρωματικής διαφοροποίησής τους.

Define Grid System Data

System Name: GLOBAL

**X Grid Data**

Grid ID	Ordinate (m)	Line Type	Visible	Bubble Loc	Grid Color
A	0	Primary	Yes	End	
B	5	Primary	Yes	End	
C	10	Primary	Yes	End	

Add Delete

**Y Grid Data**

Grid ID	Ordinate (m)	Line Type	Visible	Bubble Loc	Grid Color
1	0	Primary	Yes	Start	
2	4	Primary	Yes	Start	

Add Delete

**Z Grid Data**

Grid ID	Ordinate (m)	Line Type	Visible	Bubble Loc
Z1	0	Primary	Yes	End
Z2	3.5	Primary	Yes	End
Z3	6.5	Primary	Yes	End

Add Delete

**Grid Lines**

Quick Start...

Display Grids as

Ordinates  Spacing

Hide All Grid Lines

Glue to Grid Lines

Bubble Size: 1

Reset to Default Color

Reorder Ordinates

OK Cancel

## Καθορισμός υλικού

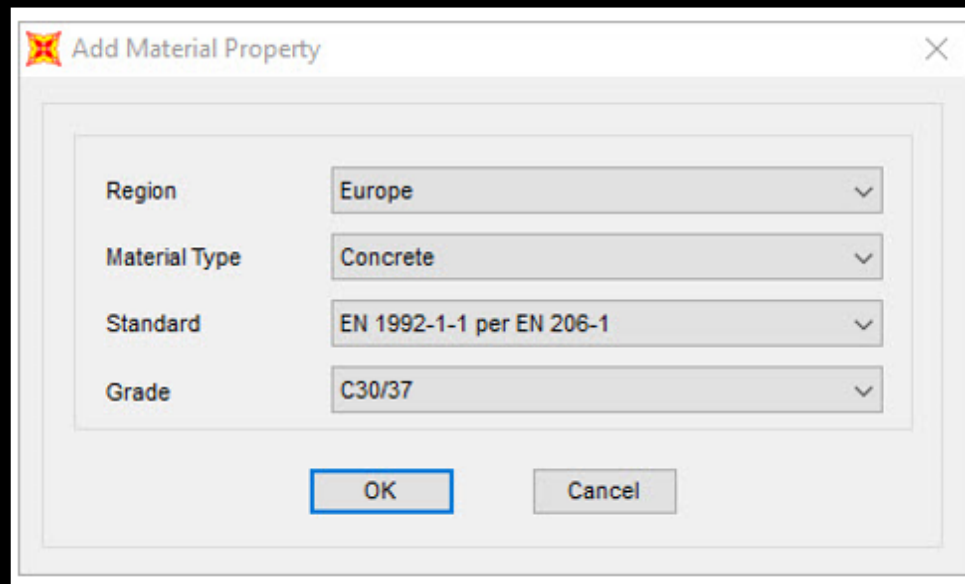
Ο φέρων οργανισμός θεωρείται ότι υλοποιείται με σκυρόδεμα κατηγορίας αντοχής C30/37.

Σε αυτήν την έκδοση του λογισμικού SAP2000, υπάρχουν ήδη καταχωρημένες οι ιδιότητες σκυροδεμάτων διάφορων αντοχών, σύμφωνων με τις αντίστοιχες ιδιότητες που καθορίζονται στον Ευρωκώδικα 2.

Η ενεργοποίηση του σκυροδέματος C30/37 διενεργείται με την εφαρμογή των ακόλουθων εντολών και την καταχώριση των σχετικών παραμέτρων:

**Define → Materials → Add New Material...**

→ **Επιλογή σκυροδέματος C30/37**



The screenshot shows a dialog box titled "Add Material Property" with a red star icon in the top-left corner and a close button (X) in the top-right corner. The dialog contains four dropdown menus:

- Region: Europe
- Material Type: Concrete
- Standard: EN 1992-1-1 per EN 206-1
- Grade: C30/37

At the bottom of the dialog, there are two buttons: "OK" and "Cancel".

## Τροποποίηση ιδιοτήτων καταχωρισθέντος υλικού

Εάν είναι απαραίτητη η τροποποίηση των ιδιοτήτων του υλικού που έχει ήδη οριστεί, μπορεί να γίνει με την εφαρμογή των κατωτέρω εντολών και κατάλληλη επέμβαση.

Συγκεκριμένα, μπορούν να τροποποιηθούν ιδιότητες όπως το ειδικό βάρος, το μέτρο ελαστικότητας, ο λόγος *Poisson*, ο συντελεστής θερμικής διαστολής, η θλιπτική αντοχή καθώς και αρκετά άλλα χαρακτηριστικά.

**Define** → **Materials** → **Επιλογή υλικού (C30/37)** → **Modify/Show Material**

**Material Property Data**

**General Data**

Material Name and Display Color: C30/37

Material Type: Concrete

Material Notes: Modify/Show Notes...

**Weight and Mass**

Weight per Unit Volume: 24.9926

Mass per Unit Volume: 2.5485

**Units**

KN, m, C

**Isotropic Property Data**

Modulus of Elasticity, E: 33000000.

Poisson, U: 0.2

Coefficient of Thermal Expansion, A: 1.000E-05

Shear Modulus, G: 13750000.

**Other Properties for Concrete Materials**

Specified Concrete Compressive Strength, fc: 30000.

Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor:

Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

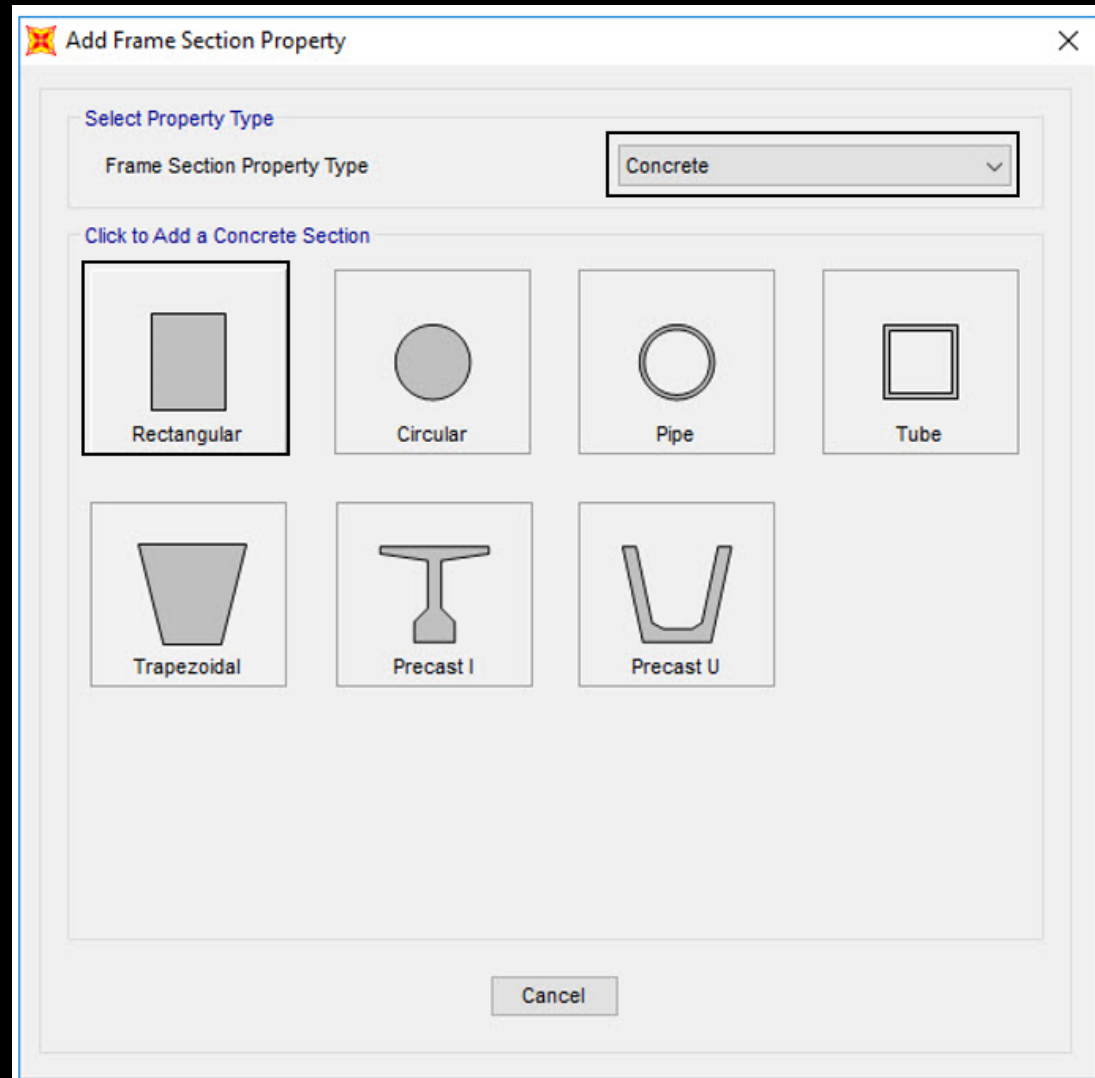
# Καθορισμός διατομών

Ορίζονται οι διατομές του υποστυλώματος, της αμφίπλευρης πλακοδοκού και της μονόπλευρης πλακοδοκού.

Ο ορισμός διατομής γραμμικού μέλους υλοποιείται με τις εξής εντολές:

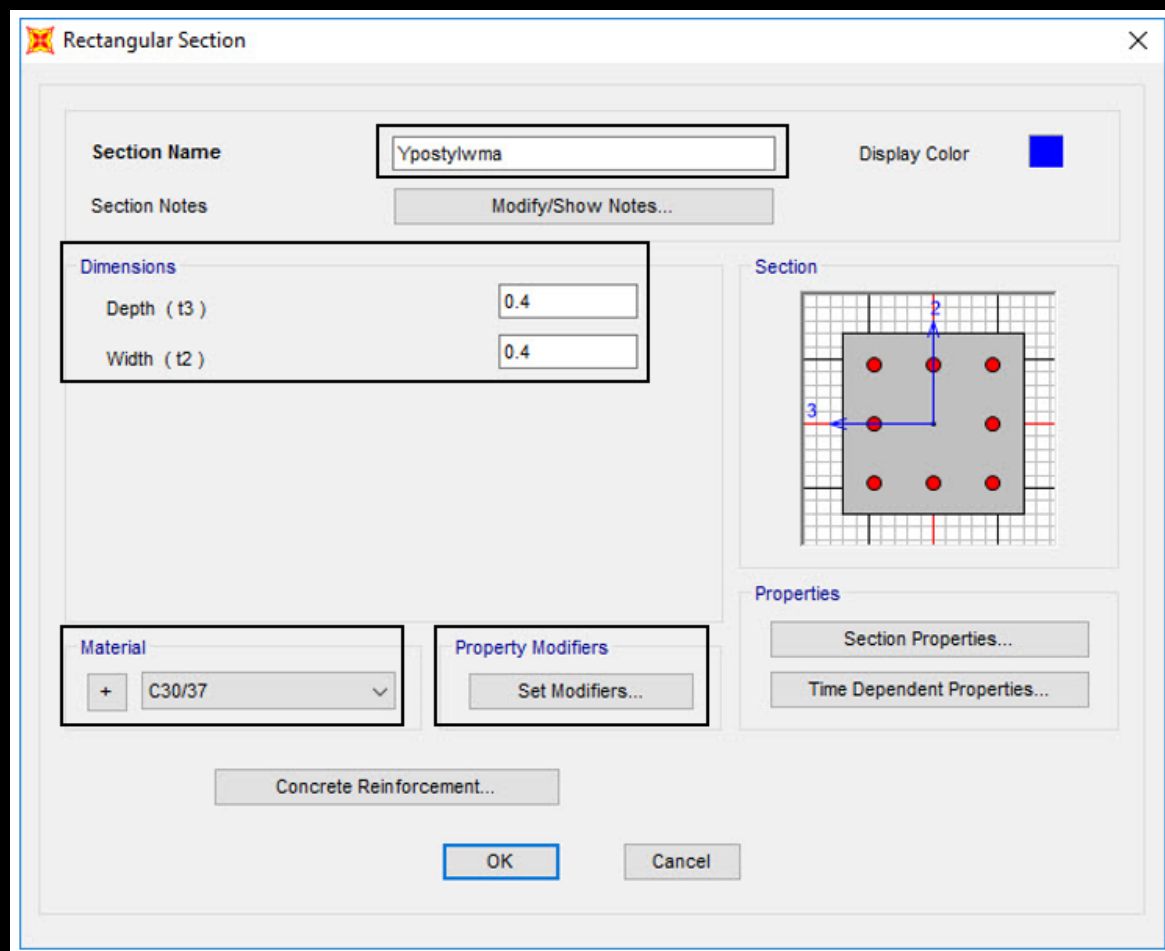
**Define** → **Section Properties** → **Frame Sections...** → **Add New Property...**

Ξεκινώντας με τη διατομή του υποστυλώματος, επιλέγεται ο τύπος του υλικού κατασκευής της διατομής και η γεωμετρία της, η οποία είναι ορθογωνική διατομή σκυροδέματος, η οποία παρέχεται κάτω από τις τυπικές διατομές σκυροδέματος (*Concrete*).



Στο επόμενο παράθυρο που αναδύεται, καταχωρούνται ένα μοναδικό όνομα για την προκείμενη διατομή, το ύψος, το πλάτος και το υλικό κατασκευής της.

Ο οπλισμός της διατομής μπορεί να τροποποιηθεί μέσω του πεδίου «*Concrete Reinforcement...*», ωστόσο δεν πρόκειται να επηρεάσει τα αποτελέσματα της ανάλυσης και για αυτό δε γίνεται οποιαδήποτε ενέργεια στο συγκεκριμένο παράδειγμα. Ο οπλισμός θα πρέπει να διαμορφώνεται ανάλογα σε προβλήματα, στα οποία πέραν της ανάλυσης, διενεργείται και διαστασιολόγηση του φορέα.

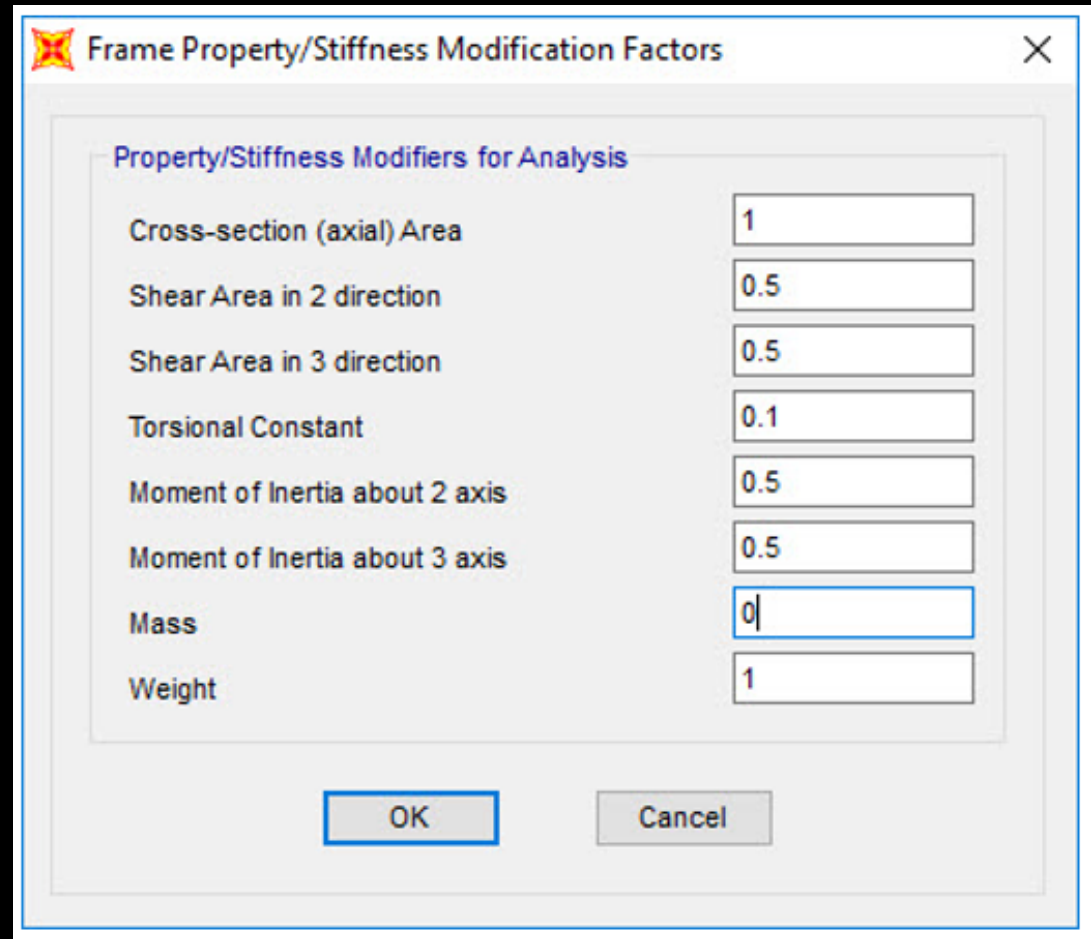




Στη συνέχεια, επιλέγεται το πεδίο «*Set Modifiers...*», ώστε να εισαχθούν οι απομειωτές δυσκαμψίας που προβλέπονται στον Ευρωκώδικα 8.

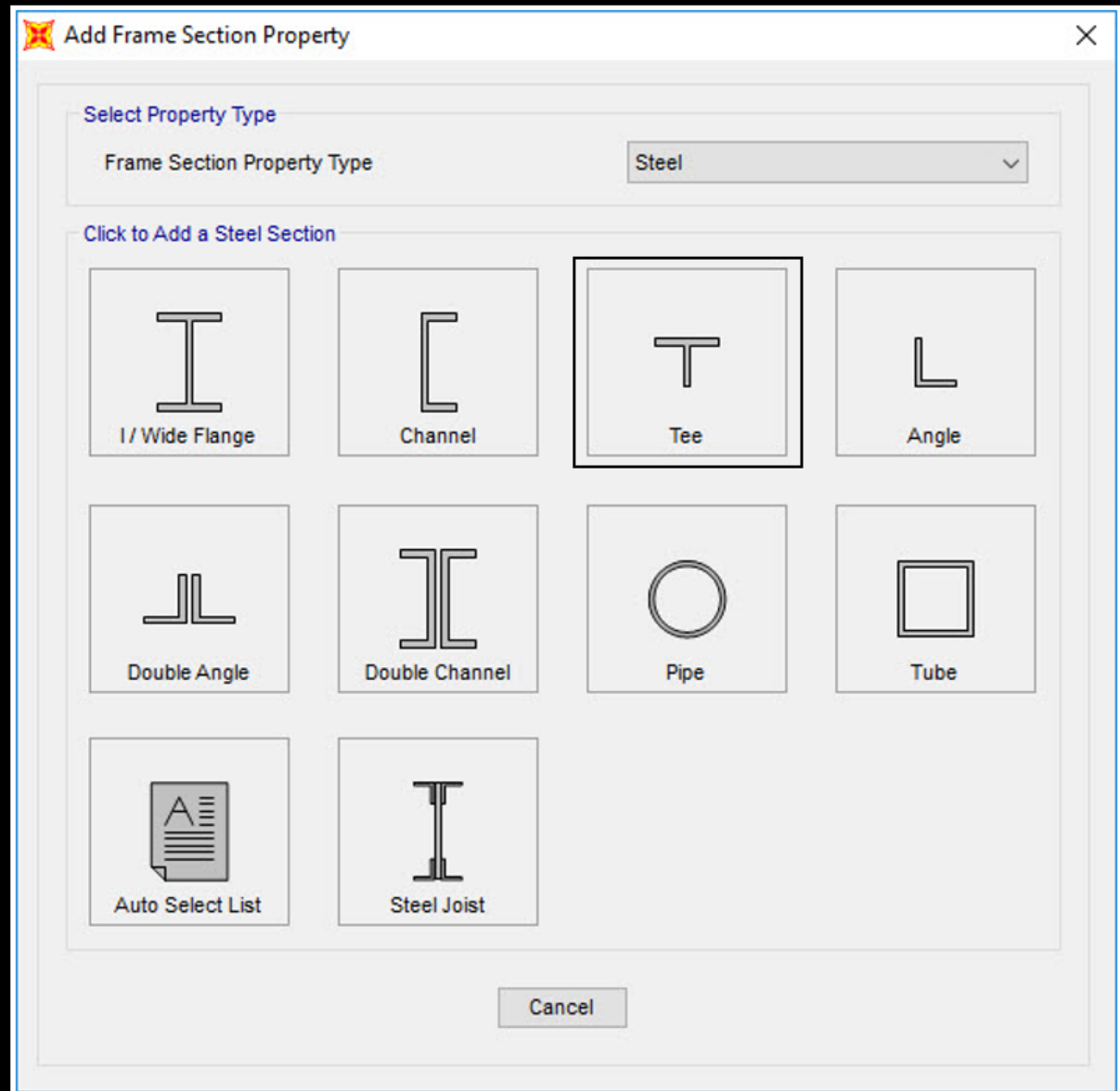
Συγκεκριμένα, απομειώνεται η δυσκαμψία και η δυσμησία της διατομής, περί τους δύο κύριους άξονες, σε ποσοστό 50 % και η δυστρεψία της διατομής στο 10 % της αντίστοιχης αρηγμάτωσης δυστρεψίας.

Επίσης, μηδενίζεται και η μάζα του στοιχείου, η οποία θα συμπεριληφθεί, σε κατοπινό στάδιο, χειρωνακτικά στο προσομοίωμα.



Με παρόμοιο τρόπο, ορίζονται και οι διατομές των δοκών.

Στις διατομές σκυροδέματος δεν υπάρχει προκαθορισμένη διατομή που να αντιστοιχεί στην αμφίπλευρη πλακοδοκό (διατομή T) και για αυτό θα χρειαστεί να ανατρέξουμε στις χαλύβδινες διατομές (Steel), όπου διατίθενται διατομές τέτοιας γεωμετρίας.



Στο παράθυρο που εμφανίζεται καθορίζεται η γεωμετρία της δοκού, όπου χρειάζεται προσοχή στην επιλογή του κατάλληλου υλικού, δηλαδή του σκυροδέματος C30/37.

Επίσης, ορίζονται οι απομειωτές δυσκαμψίας που θεωρήθηκαν και για το υποστύλωμα.

**Tee Section**

Section Name: Amfipleuri dokos

Display Color: ■

Section Notes: [Modify/Show Notes...](#)

**Dimensions**

Outside stem ( t3 )	0.6
Outside flange ( t2 )	1
Flange thickness ( tf )	0.15
Stem thickness ( tw )	0.25

**Material**

+ C30/37

**Property Modifiers**

[Set Modifiers...](#)

**Properties**

[Section Properties...](#)

[Time Dependent Properties...](#)

[Concrete Reinforcement...](#)

OK Cancel

Παρομοίως, καθορίζεται και η μονόπλευρη πλακοδοκός με μια διαφοροποίηση στην επιλογή της διατομής «Angle». Η διατομή ορίζεται ανεστραμμένη ως προς τον κύριο άξονά της. Όμως, αυτό μπορεί να ρυθμιστεί αργότερα, κατά το στάδιο μόρφωσης του γεωμετρικού προσομοιώματος, βάσει της φοράς σχεδίασης του μέλους και της στροφής του περί τον τοπικό άξονά του κατά μήκος του μέλους. Επισημαίνεται ότι θα πρέπει να οριστούν και οι απομειωτές δυσκαμψίας και αυτής της διατομής όπως θεωρήθηκαν και για το υποσύλωμα.

The image shows a software dialog box for defining a section profile. The dialog is titled "Section Name" and contains the following fields and buttons:

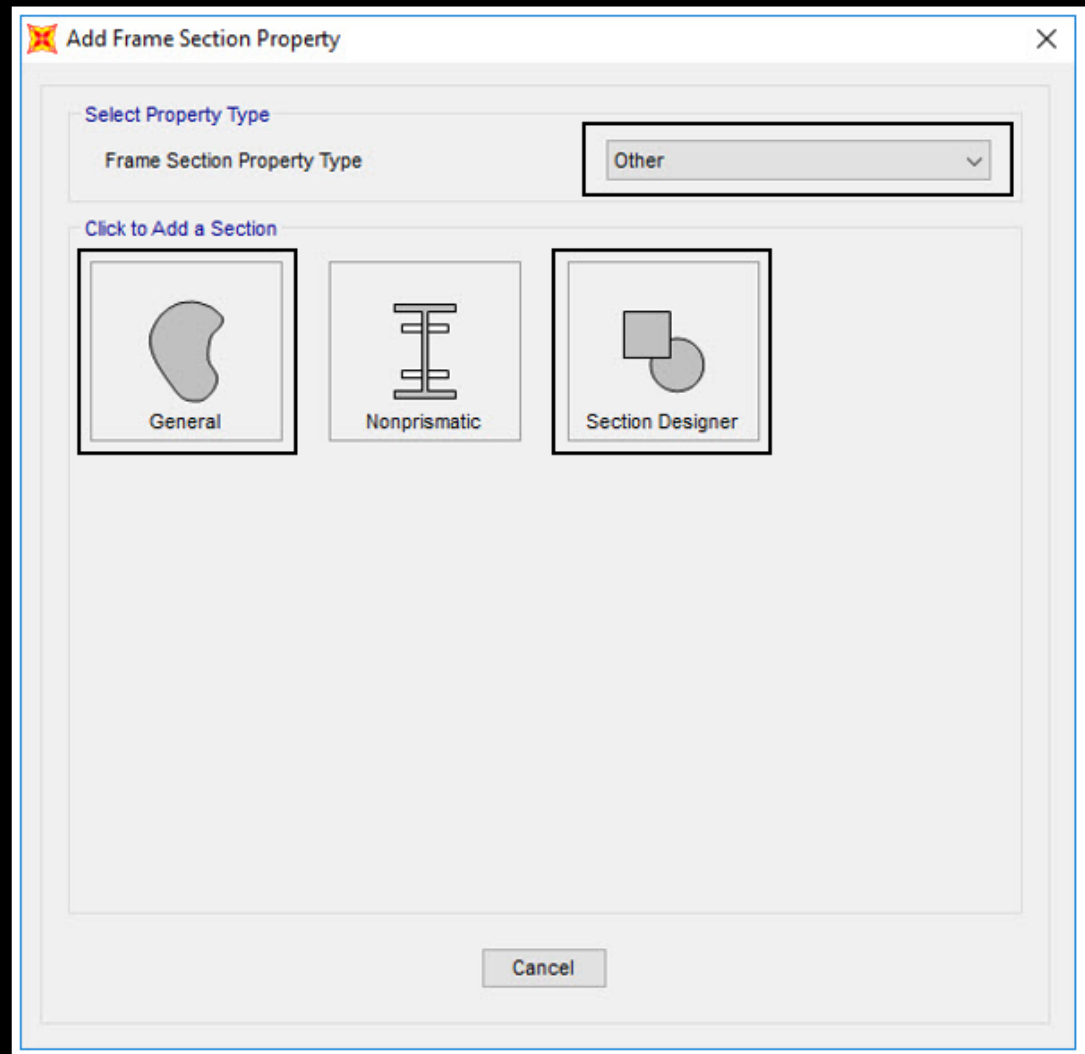
- Section Name:** Monopleuri dokos
- Section Notes:** Modify/Show Notes...
- Dimensions:**
  - Outside vertical leg ( t3 ): 0.6
  - Outside horizontal leg ( t2 ): 0.575
  - Horizontal leg thickness ( tf ): 0.15
  - Vertical leg thickness ( tw ): 0.25
- Material:** C30/37
- Property Modifiers:** Set Modifiers...
- Properties:** Section Properties..., Time Dependent Properties...
- Concrete Reinforcement...**
- OK** and **Cancel** buttons.

A preview window titled "Section" shows a grid with a section profile. The profile is an L-shape with a vertical leg on the left and a horizontal leg on the bottom. The vertical leg has a height of 2 units and a thickness of 0.25 units. The horizontal leg has a width of 0.575 units and a thickness of 0.15 units. The grid is overlaid with a red crosshair.

Διατομές, όπως οι πλακοδοκοί ή και διατομές ακόμη συνθετότερης γεωμετρίας, μπορούν να καθορισθούν και μέσω εναλλακτικής οδού.

Όπως φαίνεται στο σχήμα, αντί της επιλογής διατομής συγκεκριμένου τύπου υλικού, ορίζεται η επιλογή «*Other*».

Επιλέγοντας π.χ. την πρώτη επιλογή (*General*) στο πεδίο «*Click to Add a Section*» εμφανίζεται ένα υποπαράθυρο, στο οποίο μπορούν να εισαχθούν χειρωνακτικά τα γεωμετρικά και τα μηχανικά χαρακτηριστικά της διατομής, τα οποία θα πρέπει να έχουν υπολογιστεί εκ των προτέρων από το χρήστη.



Property Data



Section Name

FSEC2

Properties

Cross-section (axial) area

1.

Section modulus about 3 axis

1.

Moment of Inertia about 3 axis

1.

Section modulus about 2 axis

1.

Moment of Inertia about 2 axis

1.

Plastic modulus about 3 axis

1.

Product of Inertia about 2-3

0.

Plastic modulus about 2 axis

1.

Shear area in 2 direction

1.

Radius of Gyration about 3 axis

1.

Shear area in 3 direction

1.

Radius of Gyration about 2 axis

1.

Torsional constant

1.

Shear Center Eccentricity (x3)

0.

OK

Cancel

## Μόρφωση γεωμετρικού προσομοιώματος

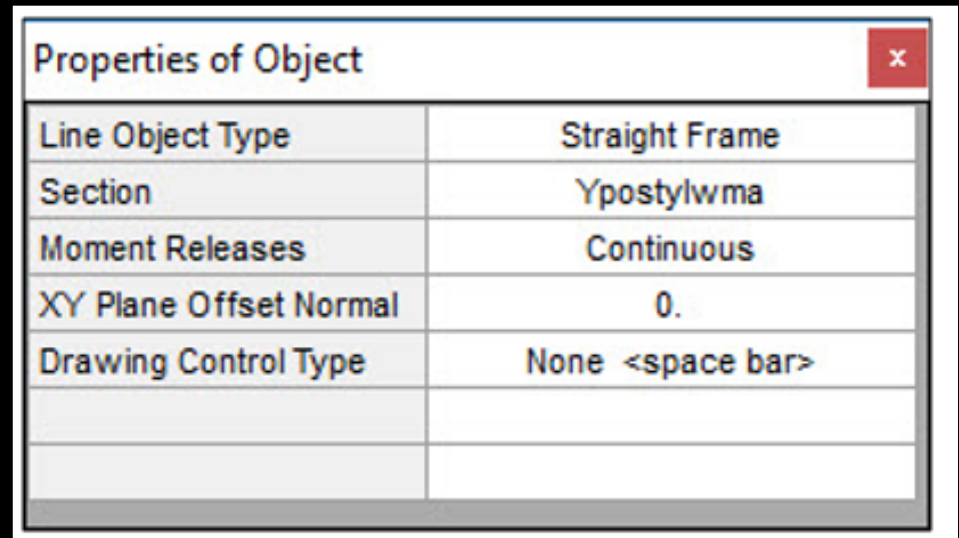
Στην κεντρική οθόνη του λογισμικού, ρυθμίζεται το ένα παράθυρο να απεικονίζει το τρισδιάστατο μοντέλο και το δεύτερο παράθυρο, το επίπεδο X-Z για  $Y=0$ , στο οποίο θα σχεδιαστεί αρχικά το πλαίσιο της κύριας διεύθυνσης X, του φορέα.

Η σχεδίαση των δομικών μελών διενεργείται με την εφαρμογή των πιο κάτω εντολών. Εναλλακτικά, αντί της χρήσης των εντολών, ο χρήστης μπορεί να ανατρέξει στην αριστερή στήλη εργαλείων και να επιλέξει το αντίστοιχο εικονίδιο σχεδίασης μέλους.

**Draw → Draw Frame/Cable/Tendon**

Στο παράθυρο που εμφανίζεται επιλέγεται η διατομή του μέλους που θα σχεδιαστεί και με το ποντίκι γίνονται δύο διαδοχικά πατήματα του αριστερού κουμπιού του ποντικιού (αριστερά κλικ) στα σημεία του καννάβου, που αντιστοιχούν στην αρχή και στο τέλος του μέλους και κατόπιν, με ένα πάτημα του δεξιού κουμπιού του ποντικιού (δεξί κλικ), ολοκληρώνεται η σχεδίαση του μέλους.

Για τη σχεδίαση γεωμετρικά διαδοχικών μελών παραλείπεται το δεξί κλικ στη σχεδίαση των ενδιάμεσων μελών. Κάθε δομικό μέλος θα πρέπει να σχεδιάζεται διακριτά, χρησιμοποιώντας την αντίστοιχη διατομή που έχει ήδη οριστεί.



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

Παραδείγματος χάριν, για την προσομοίωση των υποστυλωμάτων των δύο ορόφων ή των διαδοχικών δοκών ενός ορόφου, θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν διακριτά μέλη και όχι ένα ενιαίο.

Οι μονόπλευρες δοκοί του συγκεκριμένου πλαισίου σχεδιάζονται με φορά από τα αριστερά προς τα δεξιά (κατεύθυνση X), λόγω της ιδιαιτερότητας στον ορισμό της διατομής.

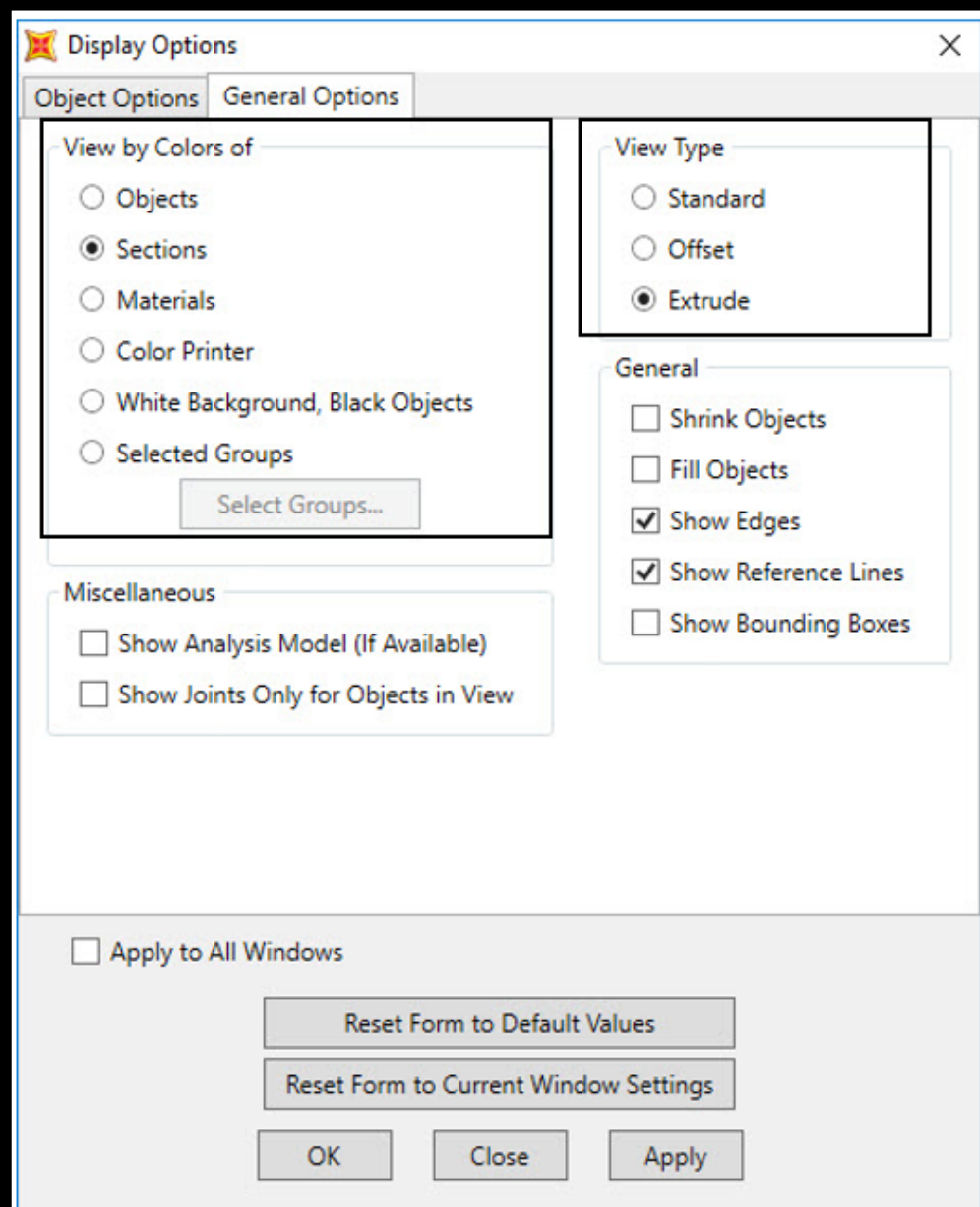


Από το πρώτο παράθυρο της κεντρικής οθόνης του λογισμικού, όπου αναπαρίσταται το τρισδιάστατο μοντέλο, ενεργοποιείται η τρισδιάστατη απεικόνιση των διατομών με την εφαρμογή των ακόλουθων οδηγιών:

### **View → Set Display Options**

Στη δεύτερη καρτέλα του παραθύρου που εμφανίζεται, με την επωνυμία «*General Options*», στο πεδίο «*View Type*» ορίζεται η επιλογή «*Extrude*».

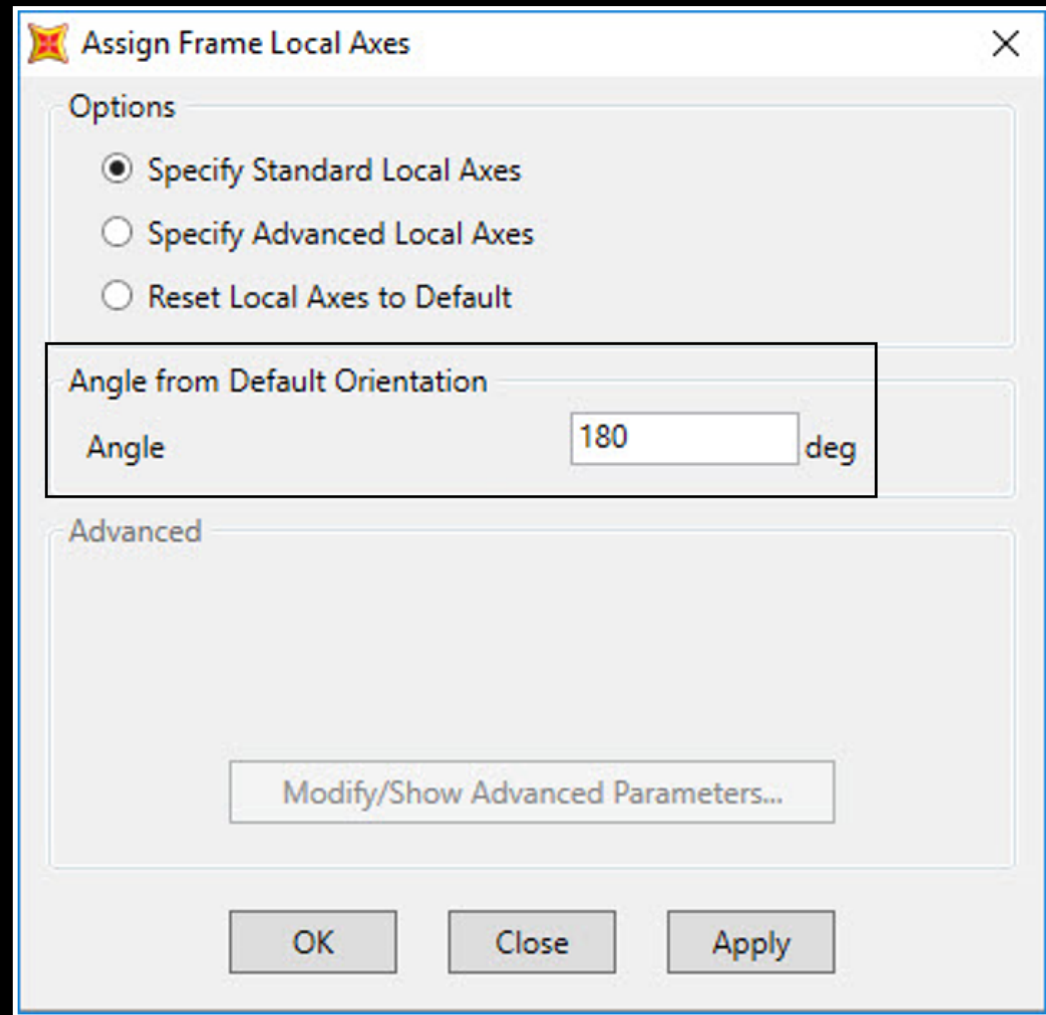
Με την επιλογή «*View by Colors of Sections*» κάθε τύπος διατομής παρουσιάζεται με διαφορετικό χρώμα, το οποίο καθορίζεται στις ιδιότητες της διατομής.



Από την τρισδιάστατη απεικόνιση του φορέα, διαπιστώνεται πως οι τοπικοί άξονες των μονόπλευρων δοκών είναι εσφαλμένα προσανατολισμένοι.

Για τη διόρθωση του προσανατολισμού των μονόπλευρων δοκών, επιλέγονται με αριστερό κλικ οι εν λόγω δοκοί, οι οποίες θα πρέπει να περιστραφούν κατά  $180^\circ$  περί το διαμήκη άξονά τους.

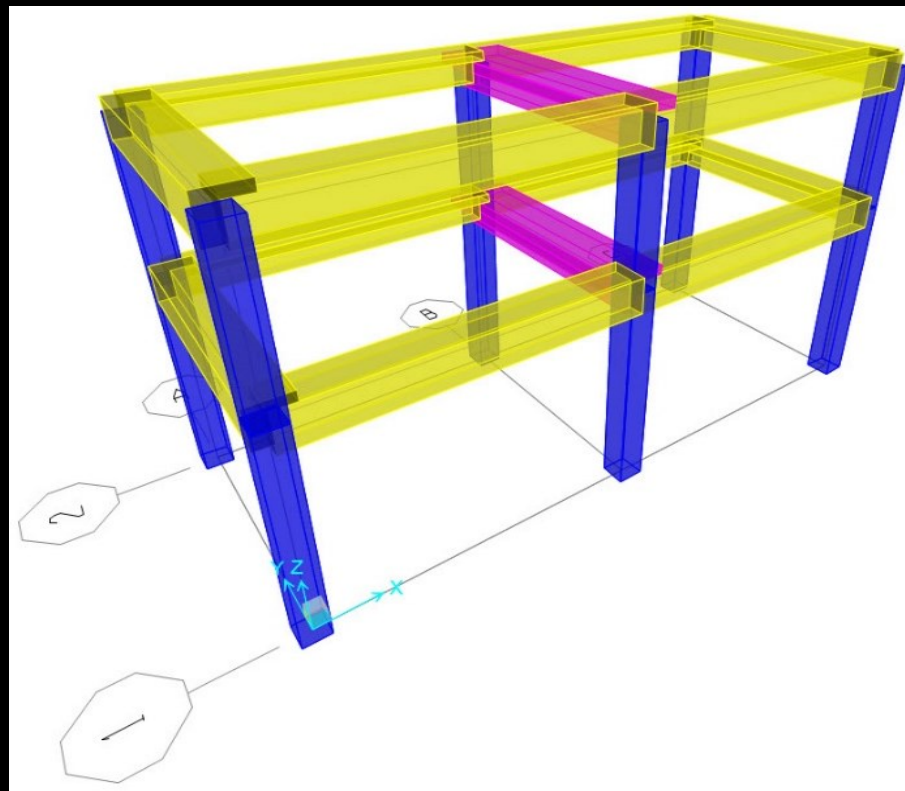
Για αυτό, ακολουθούνται τα επόμενα βήματα και εμφανίζεται το παράθυρο που φαίνεται στο σχήμα, ορίζοντας ως γωνία προσανατολισμού του μέλους τις  $180^\circ$ .



Κατ' αντιστοιχία σχεδιάζεται το πρωτεύον πλαίσιο του επιπέδου X-Z για  $Y=4$ , με μόνη διαφοροποίηση στη φορά σχεδίασης των δοκών.

Ακολούθως, είτε στο παράθυρο του τρισδιάστατου μοντέλου, είτε στους επιπέδου Y-Z, είτε στους επιπέδου X-Y σχεδιάζονται οι δοκοί της διεύθυνσης Y, με προσοχή στη φορά σχεδίασης των μονόπλευρων δοκών.

Έτσι, ολοκληρώνεται η γεωμετρική προσομοίωση του φορέα, ο οποίος απεικονίζεται στο τρισδιάστατο σχήμα.



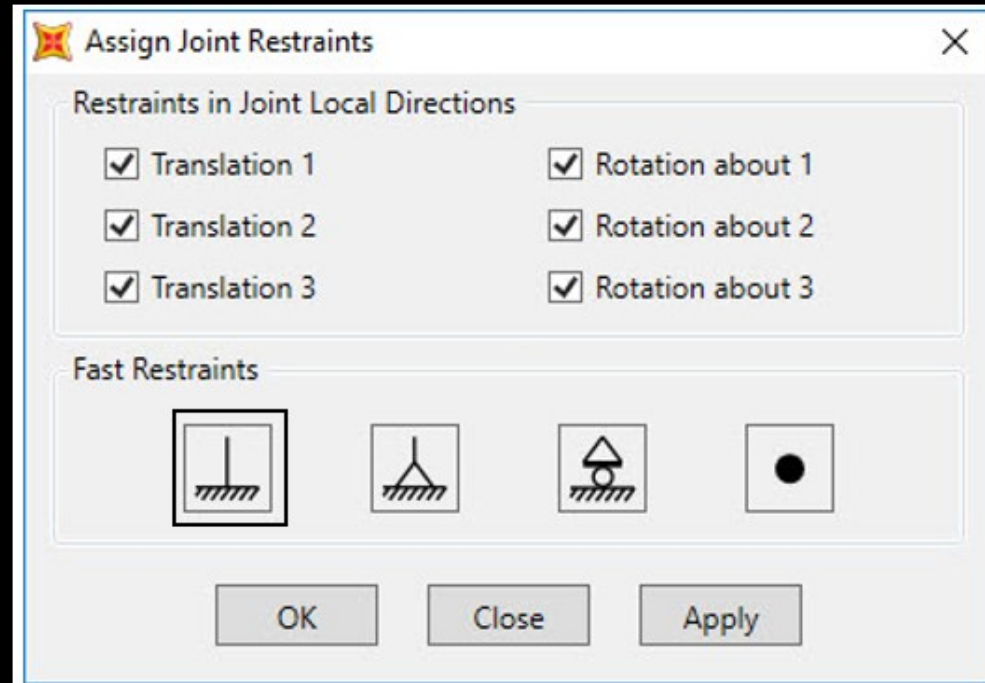
# Ανάθεση στηρίξεων

Στις βάσεις (δηλαδή τα κάτω άκρα) των υποστυλωμάτων ανατίθενται πλήρεις πακτώσεις, οι οποίες δεσμεύουν όλους τους βαθμούς ελευθερίας εκείνων των κόμβων.

Αρχικά, επιλέγονται οι κόμβοι των βάσεων των υποστυλωμάτων, με αριστερό κλικ, και εκτελούνται οι εντολές:

**Assign** → **Joint** → **Restraints...**

Στο αναδυόμενο παράθυρο επιλέγεται το πρώτο εικονίδιο, το οποίο, όπως φαίνεται στο ίδιο σχήμα, δεσμεύει και τους έξι βαθμούς ελευθερίας του κόμβου και με την εντολή «Apply» ανατίθενται οι πλήρεις πακτώσεις στους επιλεγθέντες κόμβους.



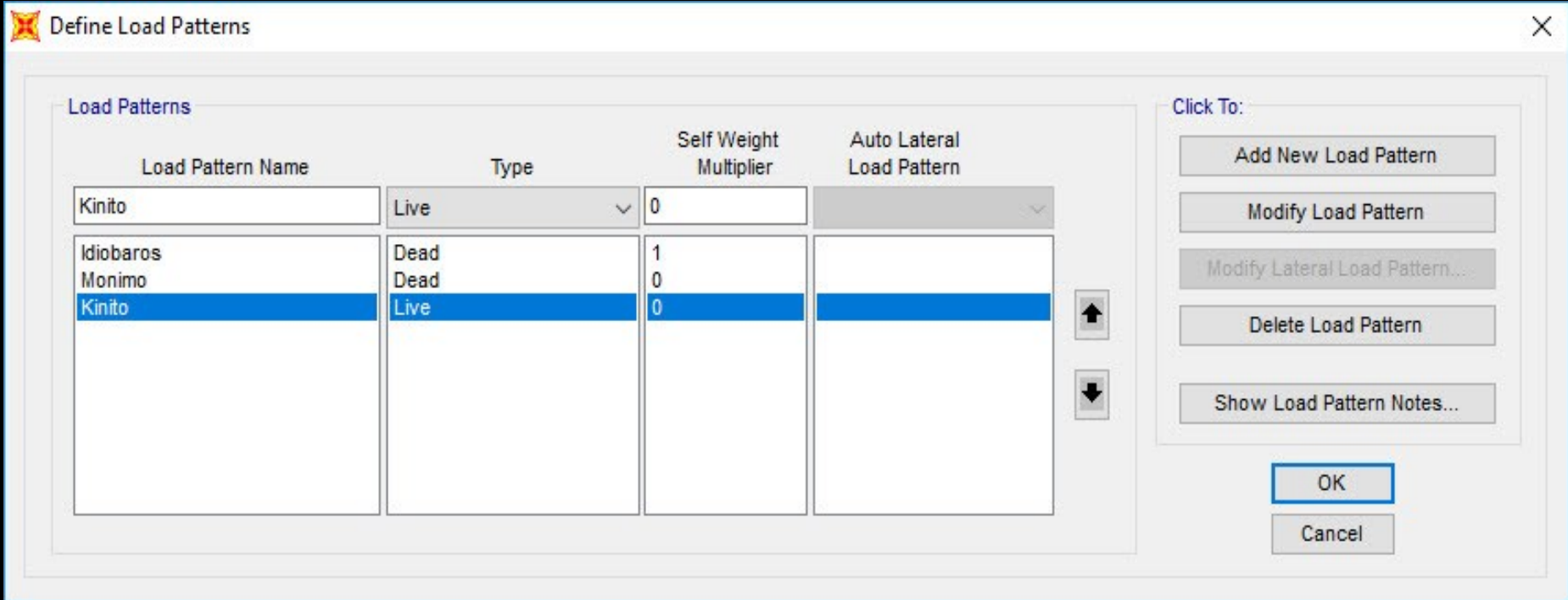
## Καθορισμός τύπων φόρτισης (*Load patterns*)

Οι στατικοί τύποι φόρτισης (*load patterns*) που λαμβάνονται υπόψη στο παράδειγμα είναι το ιδιοβάρος, το μόνιμο και το κινητό φορτίο. Μέσω του καθορισμού των ***load patterns*** το λογισμικό παρέχει τη δυνατότητα αυτοματοποιημένης παραγωγής των συνδυασμών φόρτισης· επιλογή που δε θα υιοθετηθεί στο παρόν παράδειγμα, αφού οι συνδυασμοί φόρτισης σκοπίμως θα μορφωθούν χειρωνακτικά.

Για τον καθορισμό των τύπων φόρτισης χρησιμοποιούνται οι εξής εντολές:

### ***Define*** → ***Load Patterns...***

Το ιδιοβάρος ορίζεται προκειμένου να ληφθούν υπόψη, αυτόματα, τα ιδιοβάρη των δομικών στοιχείων που θα προσομοιωθούν, δηλαδή τα υποστυλώματα και οι δοκοί, αλλά όχι οι πλάκες. Υπάρχει ήδη καθορισμένος ο τύπος φόρτισης με την επωνυμία «*Dead*», τον οποίο θα μετονομάσουμε σε «*Idiobaros*», θα διατηρήσουμε τον προκαθορισμένο τύπο «*Dead*» και το «*Self Weight Multiplier*» ως μοναδιαίο, προκειμένου να ληφθεί υπόψη το ιδιοβάρος των δομικών στοιχείων, χωρίς περαιτέρω ενέργειες από το χρήστη. Με την επιλογή «*Modify Load Pattern*» επιτυγχάνεται η τροποποίηση του τύπου φόρτισης «*Dead*» σε «*Idiobaros*».

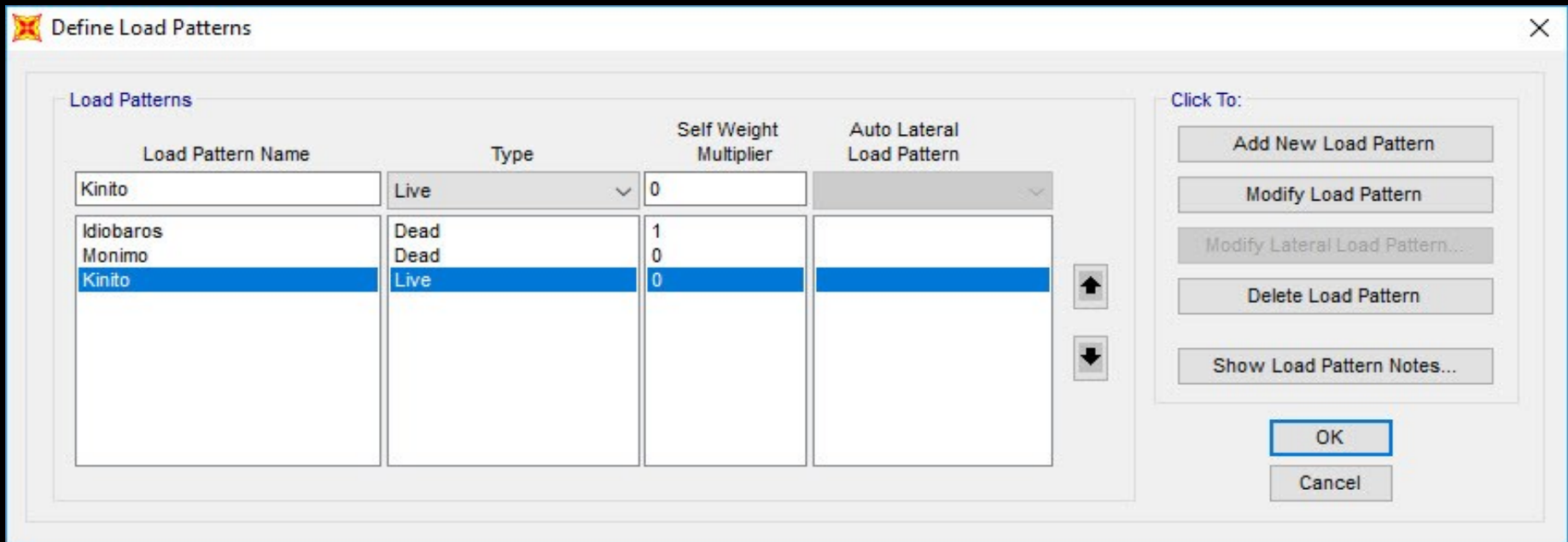


Στη συνέχεια, ορίζεται το μόνιμο (*Dead*) φορτίο, με την επωνυμία «*Monimo*», το οποίο θα περιλαμβάνει το ιδιοβάρος των πλακών, το φορτίο των δαπεδοστρώσεων και των τοιχοποιιών.

Στο μόνιμο φορτίο – όπως και στα υπόλοιπα είδη φόρτισης - θα ανατεθεί μηδενικό «*Self Weight Multiplier*», λόγω του ότι το μόνιμο φορτίο που ορίζεται δεν αφορά ιδιοβάρος προσομοιωθέντων δομικών στοιχείων αλλά πρόσθετο, επιβαλλόμενο φορτίο επί των δομικών στοιχείων. Το φορτίο εισάγεται με την εντολή «*Add New Load Pattern*».

Το κινητό φορτίο ορίζεται, για να ληφθούν υπόψη τα ωφέλιμα φορτία που επιβάλλονται επί των πλακών και εισαγάγεται κατά τον ίδιο τρόπο με το μόνιμο, με την επωνυμία «Live», με τη διαφοροποίηση να εντοπίζεται στον τύπο που επιλέγεται για το προκείμενο φορτίο, δηλαδή «Live», όπως φαίνεται στο σχήμα.

Οι επωνυμίες που χρησιμοποιούνται για τους τύπους φόρτισης είναι τυχαίες και θα μπορούσε να δοθεί οιοδήποτε άλλο, αντιπροσωπευτικό όνομα της επιλογής του χρήστη.



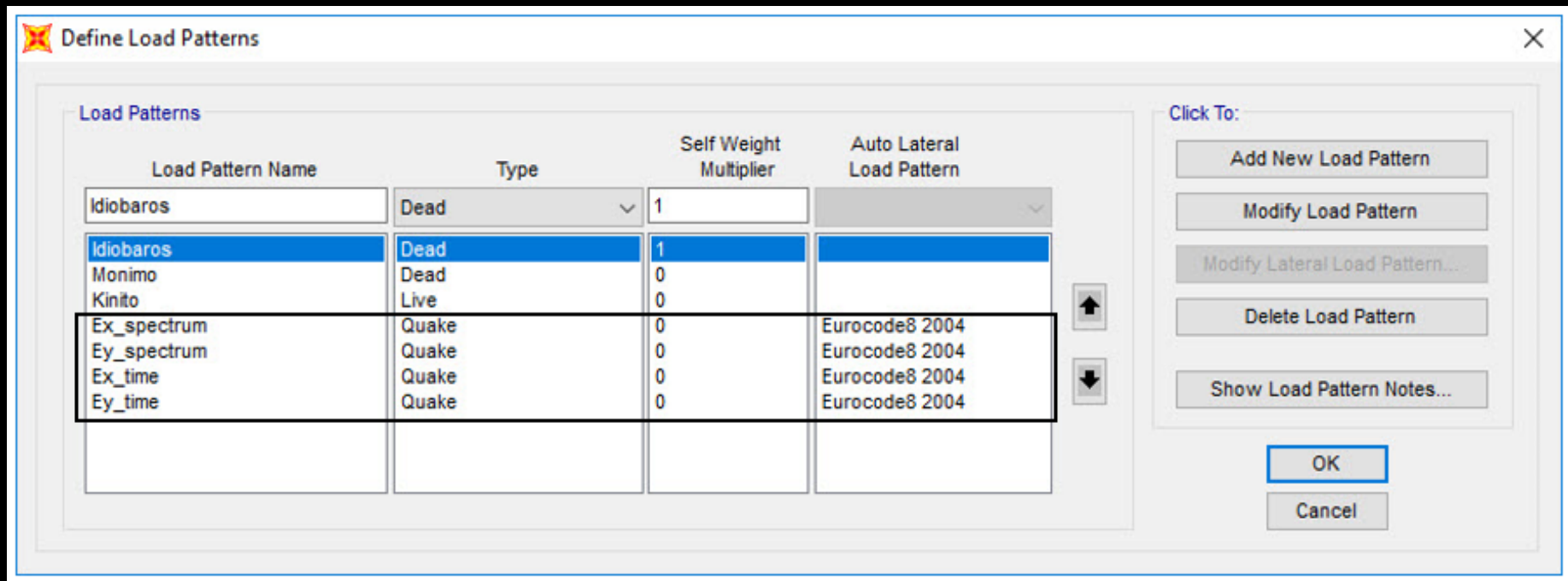
Πέραν των στατικών τύπων φόρτισης, πρέπει να καθοριστούν και οι τύποι φόρτισης που σχετίζονται με τις **σεισμικές δράσεις**.

Επειδή στο παράδειγμα διεξάγονται και φασματικές αναλύσεις και δυναμικές αναλύσεις χρονοϊστορίας, επιλέγεται όπως εισαχθούν διακριτοί τύποι φόρτισης για τις σεισμικές δράσεις που θα χρησιμοποιηθούν στα δύο είδη αναλύσεων.

Ως εκ τούτου, ορίζονται τέσσερις τύποι φόρτισης: δύο για τις δύο κατευθύνσεις της φασματικής ανάλυσης, «*Ex\_spectrum*» και «*Ey\_spectrum*», οι οποίοι θα χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση των μέγιστων αποκρίσεων, και δύο τύποι για τις δύο κατευθύνσεις της δυναμικής ανάλυσης χρονοϊστορίας, «*Ex\_time*» και «*Ey\_time*», οι οποίοι θα χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό των αντίστοιχων χρονοϊστοριών απόκρισης.

Για τους τέσσερις σεισμικούς τύπους φόρτισης επιλέγεται ως τύπος φόρτισης το «*Quake*», το πεδίο «*Self Weight Multiplier*» διατηρείται μηδενικό και ως «*Auto Lateral Load Pattern*» η επιλογή «*Eurocode8 2004*», όπως εμφανίζεται στο επόμενο σχήμα.





Ο καθορισμός του «*Eurocode8 2004*» ως «*Auto Lateral Load Pattern*» παρέχει στο χρήστη την ευχέρεια καθορισμού των σχετικών παραμέτρων του Ευρωκώδικα 8, μέσω της επιλογής «*Modify Lateral Load Pattern*» για την εκτέλεση ισοδύναμης στατικής ανάλυσης.

Ωστόσο, στο παράδειγμα δε θα εκτελεστεί ισοδύναμη στατική ανάλυση και καθίσταται αντιληπτό πως ο ορισμός του «*Eurocode8 2004*» ως «*Auto Lateral Load Pattern*» πλεονάζει και εναλλακτικά θα μπορούσε να οριστεί η επιλογή «*None*».

# Καθορισμός φασμάτων σχεδιασμού

Σε αυτό το παράδειγμα θα καθοριστούν δύο φάσματα σχεδιασμού, ένα για κάθε κύρια διεύθυνση επιβολής της σεισμικής δράσης.

Τα φάσματα στις δύο διευθύνσεις διαφοροποιούνται στο εξεταζόμενο πρόβλημα.

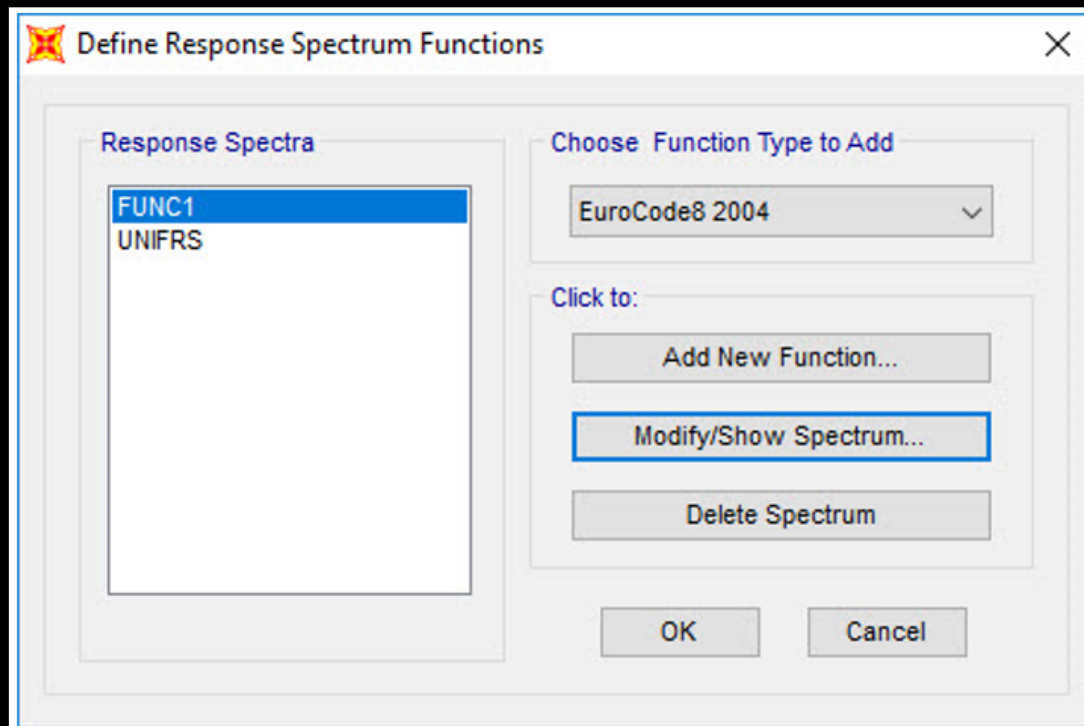
Ως εκ τούτου η διαδικασία επιδεικνύεται γενικευμένα, ώστε ο χρήστης να είναι σε θέση να χειριστεί προβλήματα, όπου απαιτείται καθορισμός διαφορετικών φασμάτων, όπως στην περίπτωση ενός κτηρίου με διαφορετικά δομικά συστήματα στις δύο κύριες οριζόντιες διευθύνσεις του και κατ' επέκταση με διαφορετικούς συντελεστές συμπεριφοράς κατά τις διευθύνσεις Χ και Υ.

Ο καθορισμός του φάσματος μπορεί να γίνει μέσω της κατωτέρω ακολουθίας οδηγιών:

***Define → Functions → Response Spectrum...***

Στο παράθυρο που εμφανίζεται, επιλέγεται η συνάρτηση «*Eurocode8 2004*», που παρέχει τη δυνατότητα μόρφωσης του φάσματος βάσει των συναφών προνοιών του EN 1998, και εισάγεται με την επιλογή της εντολής «*Add New Function...*», όπως φαίνεται στο σχήμα.

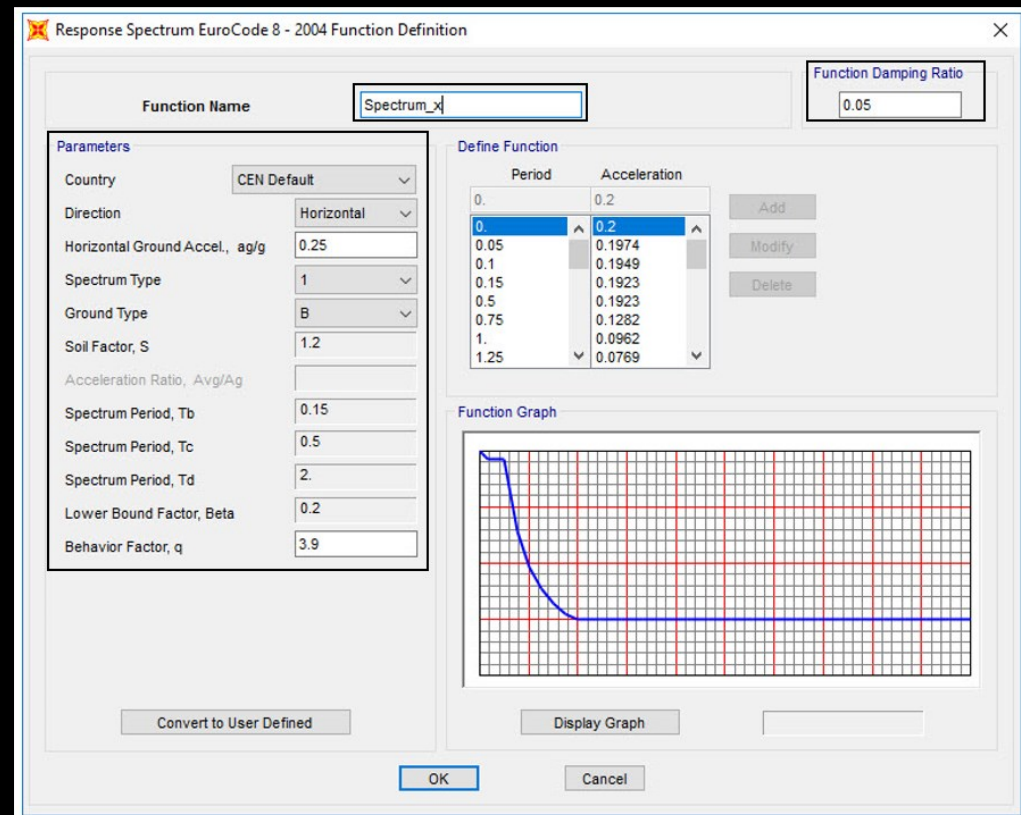
Η ρύθμιση των παραμέτρων του φάσματος επιτυγχάνεται με την επιλογή της νέας συνάρτησης που προστέθηκε στον πίνακα, με την επωνυμία «*FUNC1*» και την επιλογή «*Modify/Show Spectrum...*».



Στην καρτέλα που εμφανίζεται στο επόμενο σχήμα, εισάγονται οι παράμετροι του φάσματος που δόθηκαν στην εκφώνηση του παραδείγματος, δηλαδή η διεύθυνση δράσης της σεισμικής συνιστώσας, η εδαφική επιτάχυνση, ο τύπος του φάσματος, ο τύπος εδάφους, ο συντελεστής συμπεριφοράς ενώ η τιμή του λόγου απόσβεσης της συνάρτησης διατηρείται ως έχει (0.05).

Επίσης, τροποποιείται το όνομα του φάσματος σε «*Spectrum\_x*» για σκοπούς διάκρισης από το φάσμα που θα χρησιμοποιηθεί για την άλλη οριζόντια διεύθυνση.

Το ορισθέν φάσμα απεικονίζεται σε γράφημα με τον οριζόντιο άξονα να αναπαριστά την ιδιοπερίοδο σε sec και τον κατακόρυφο άξονα τη φασματική επιτάχυνση σε g.



Function Name

Spectrum\_x

Function Damping Ratio

0.05

Parameters

Country: CEN Default

Direction: Horizontal

Horizontal Ground Accel.,  $a_g/g$ : 0.25

Spectrum Type: 1

Ground Type: B

Soil Factor, S: 1.2

Acceleration Ratio,  $Avg/Ag$ :

Spectrum Period,  $T_b$ : 0.15

Spectrum Period,  $T_c$ : 0.5

Spectrum Period,  $T_d$ : 2.

Lower Bound Factor, Beta: 0.2

Behavior Factor, q: 3.9

Define Function

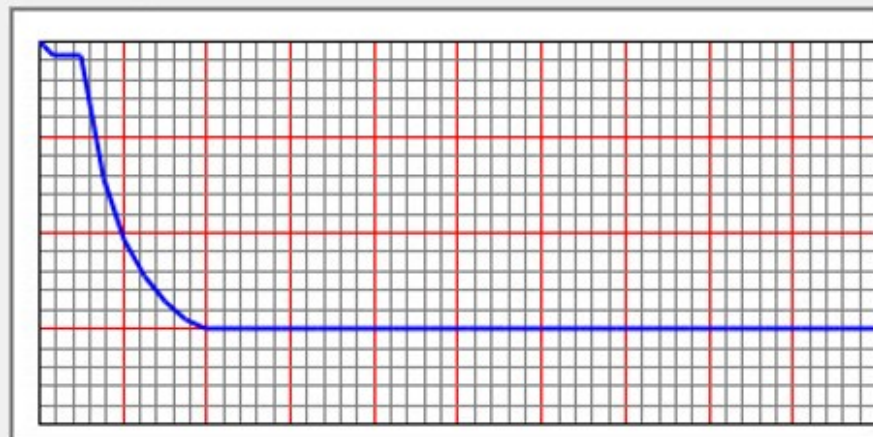
Period	Acceleration
0.	0.2
0.	0.2
0.05	0.1974
0.1	0.1949
0.15	0.1923
0.5	0.1923
0.75	0.1282
1.	0.0962
1.25	0.0769

Add

Modify

Delete

Function Graph



Convert to User Defined

Display Graph

OK

Cancel

Κατ' αντιστοιχία ορίζεται και το φάσμα που θα επιβληθεί στη διεύθυνση Y, το οποίο λαμβάνει την επωνυμία «*Spectrum\_y*», με μόνη διαφοροποίηση την τιμή του συντελεστή συμπεριφοράς, που ισούται με 3.6, αντί 3.9.

Επιπρόσθετα, παρέχεται στο χρήστη η ευχέρεια εισαγωγής κάποιου άλλου φάσματος σχεδιασμού, το οποίο δεν περιλαμβάνεται στα προκαθορισμένα που ενσωματώνονται στο λογισμικό.

Τούτο μπορεί να επιτευχθεί επιλέγοντας τη συνάρτηση «*User*» και ακολούθως εισάγοντας διατεταγμένα ζεύγη τιμών περιόδου και φασματικής επιτάχυνσης.

Εναλλακτικά, διενεργείται επιλέγοντας τη συνάρτηση «*From File*» και ακολούθως εισάγοντας αρχείο απλού κειμένου, το οποίο περιέχει σε δύο στήλες διατεταγμένα ζεύγη τιμών ιδιοπεριόδου - φασματικής επιτάχυνσης ή ιδιοσυχνότητας - φασματικής επιτάχυνσης.

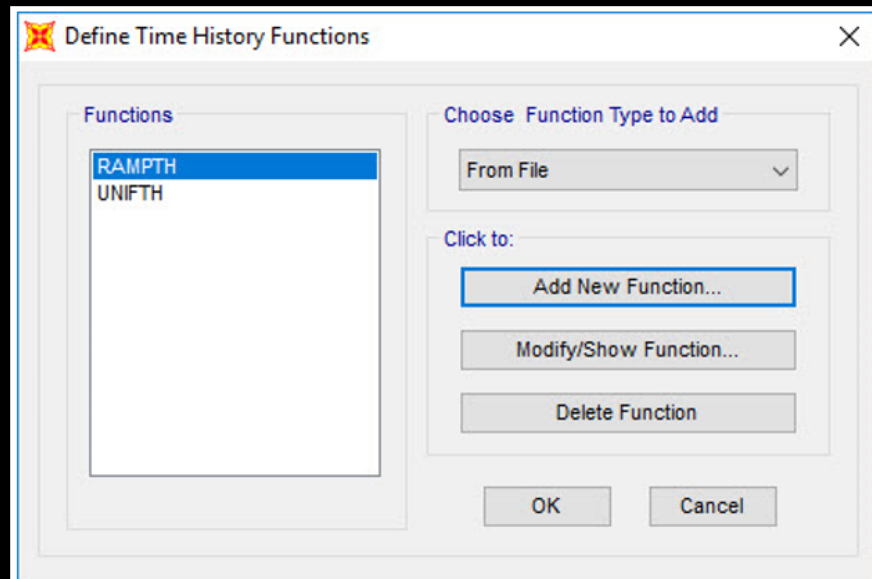
## Καθορισμός επιταχυνσιογραφημάτων

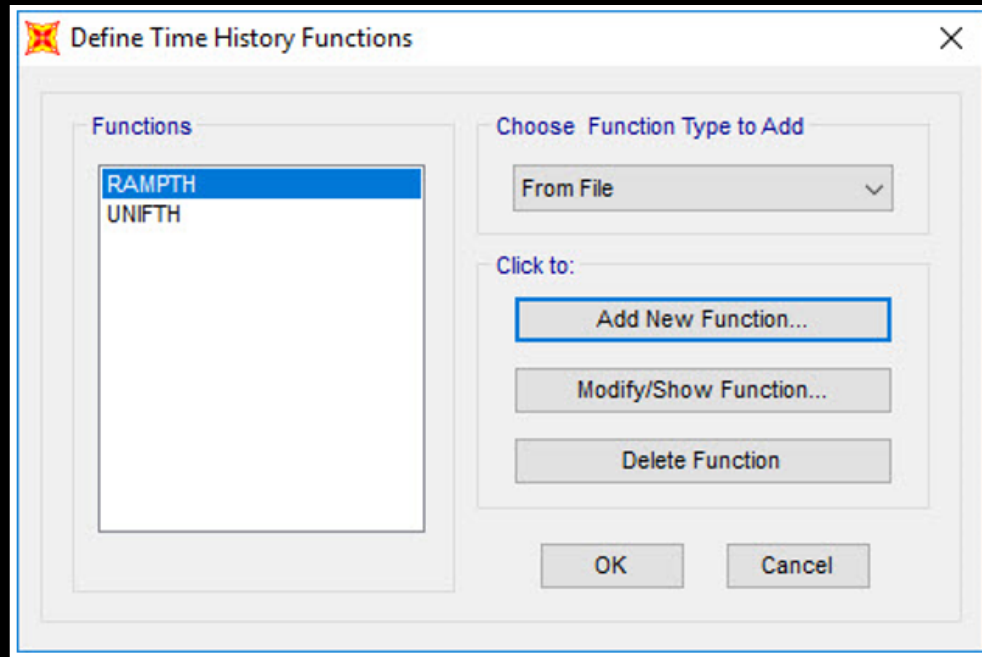
Η εκτέλεση δυναμικών αναλύσεων χρονοϊστορίας προϋποθέτει τη χρήση επιταχυνσιογραφημάτων. Η εισαγωγή επιταχυνσιογραφήματος στο λογισμικό SAP2000 μπορεί να γίνει με την εφαρμογή των ακόλουθων οδηγιών:

**Define → Functions → Time History...**

Στο παράθυρο που εμφανίζεται υπάρχουν ήδη ενσωματωμένες ορισμένες συναρτήσεις (ημιτονοειδής, συνημιτονοειδής, τριγωνική κ.ά.), οι οποίες μπορούν να επιλεγούν από το χρήστη και να προσαρμοστούν κατάλληλα.

Σ' αυτό το παράδειγμα θα χρησιμοποιηθούν πραγματικές σεισμικές καταγραφές, από το σεισμό που έπληξε την Αθήνα στις 07 Σεπτεμβρίου του 1999.



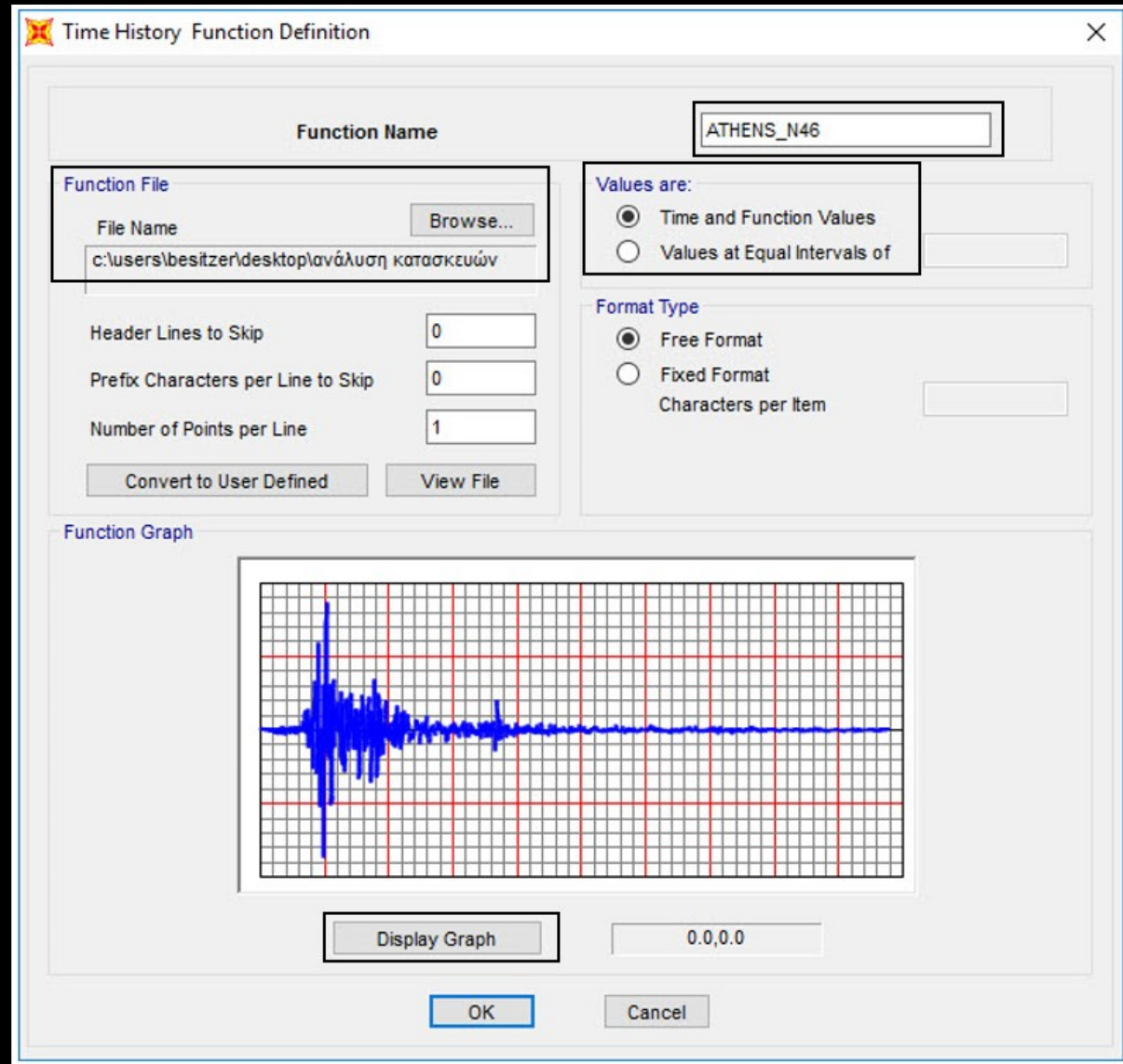


Η εισαγωγή του επιταχυνσιογραφήματος, που θα επιβληθεί στη X κατεύθυνση, γίνεται με την επιλογή «*From File*» στο πεδίο «*Choose Function Type to Add*» και κατόπιν με την εντολή «*Add New Function*».



Στο εμφανιζόμενο υποπαράθυρο με την εντολή «Browse» φορτώνεται το επιταχυνσιογράφημα, το οποίο έχει προηγουμένως αποθηκευτεί σε αρχείο απλού κειμένου, μορφής \*.txt.

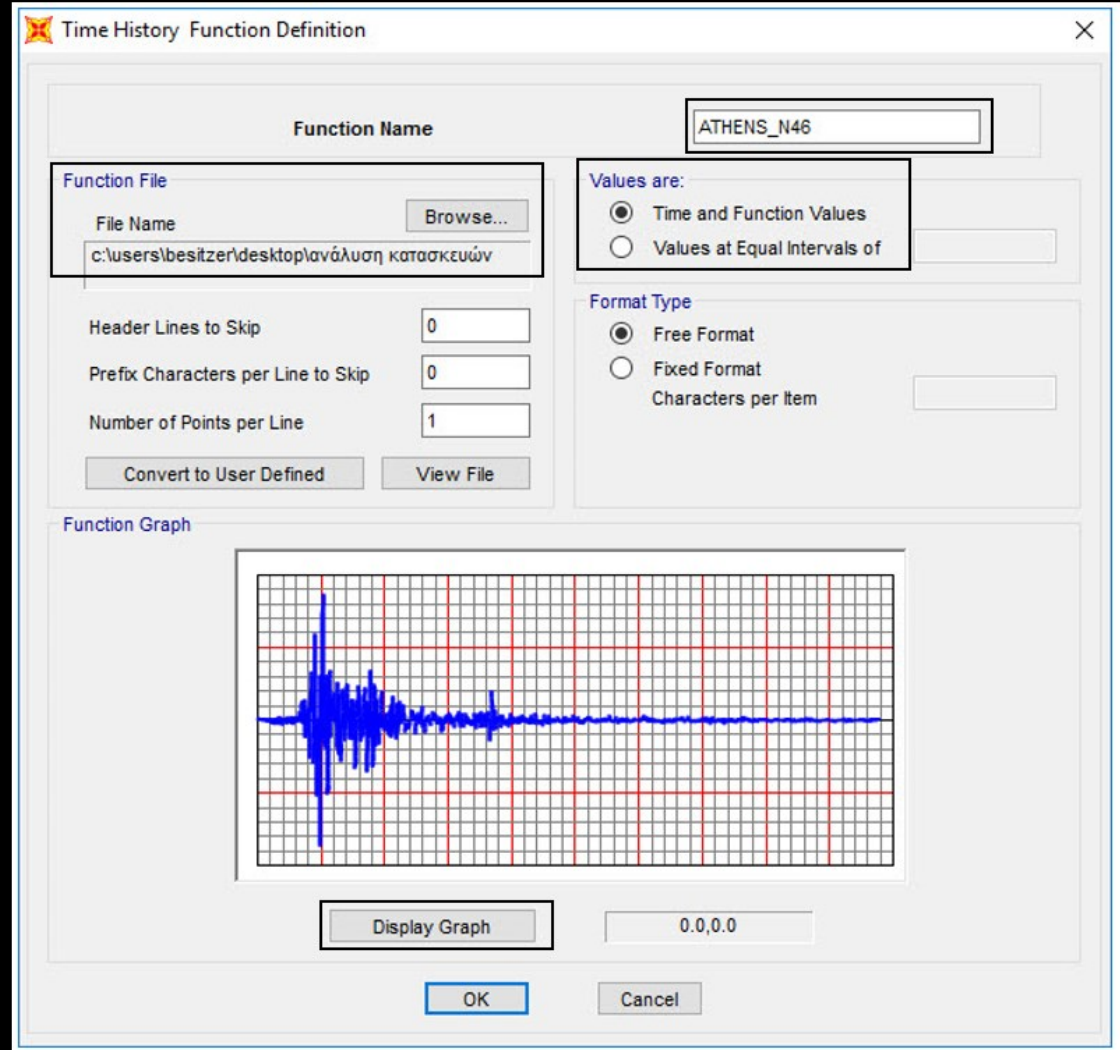
Εάν για οιοδήποτε λόγο, το αρχείο που περιέχει το επιταχυνσιογράφημα μεταφερθεί σε άλλη θέση (φάκελο) στον υπολογιστή μετά την εισαγωγή του στο λογισμικό, τότε θα πρέπει να φορτωθεί εκ νέου, διότι το λογισμικό δε θα μπορεί να το εντοπίσει.



Ακολούθως, στο πεδίο «*Values are:*» υιοθετείται η πρώτη επιλογή (*Time and Function Values*), αφού το αρχείο περιέχει διατεταγμένα ζεύγη τιμών χρόνου – εδαφικής επιτάχυνσης.

Δίδεται χαρακτηριστικό όνομα στο επιταχυνσιογράφημα που έχει φορτωθεί και με την επιλογή «*Display Graph*» αναπαρίσταται το γράφημα στην υποοθόνη, παρέχοντας τη δυνατότητα ποιοτικού και ποσοτικού ελέγχου της ορθότητάς του.

Ομοίως εισάγεται και η άλλη σεισμική συνιστώσα, η οποία θα επιβληθεί κατά την κατεύθυνση Υ.

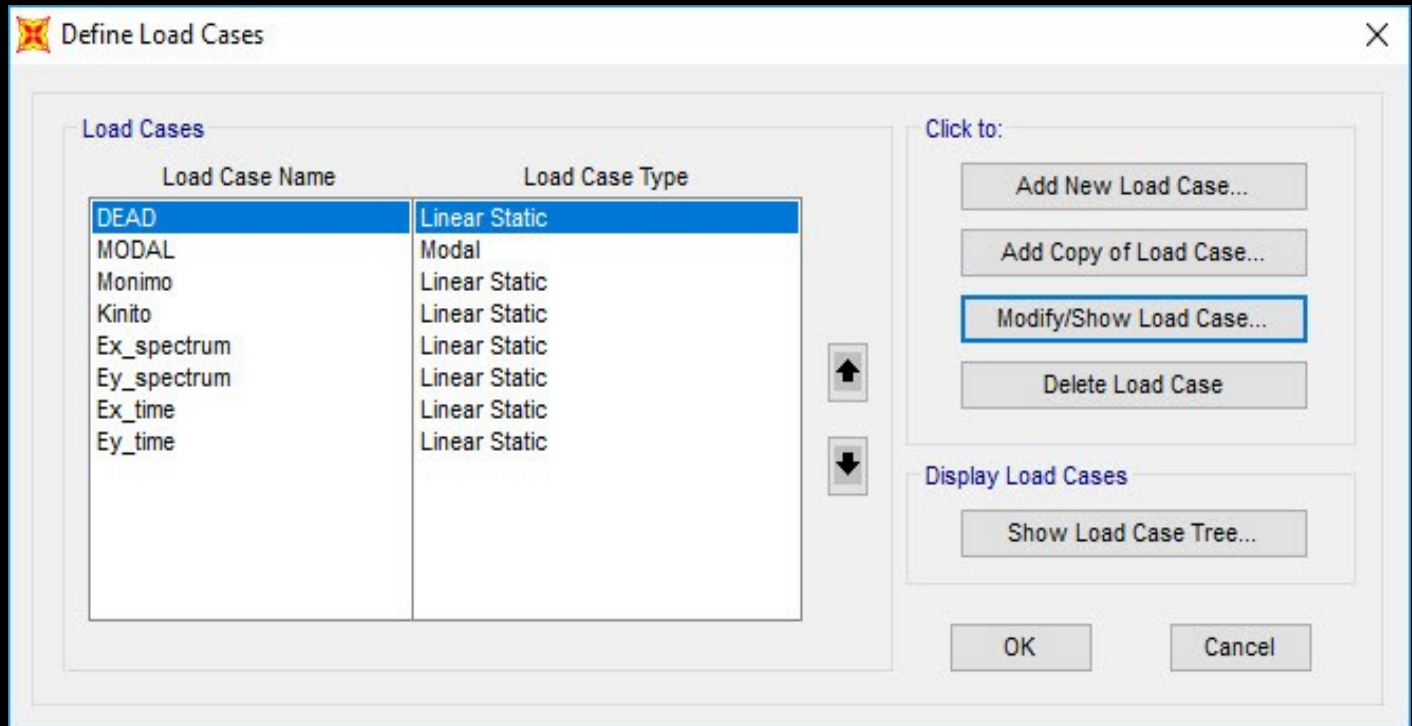


## Καθορισμός περιπτώσεων φόρτισης (Load cases)

Για τον κάθε τύπο φόρτισης (*load pattern*) που ορίστηκε, θα πρέπει να οριστεί και ο αντίστοιχος τύπος ανάλυσης που θα εκτελεστεί από το λογισμικό, π.χ. στατική ανάλυση, φασματική ανάλυση, δυναμική ανάλυση χρονοϊστορίας κ.ά. Ο χρήστης μπορεί να εντοπίσει τις περιπτώσεις φόρτισης (*load cases*) ακολουθώντας τις εξής εντολές:

**Define → Load Cases...**

Στο παράθυρο που αναδύεται, εμφανίζεται μια περίπτωση φόρτισης για κάθε ορισμένο τύπο φόρτισης.



Κατ' αρχάς επιλέγεται η συνθήκη φόρτισης «*DEAD*» και με την εντολή «*Modify/Show Load Case...*» εμφανίζεται ένα υποπαράθυρο, όπως φαίνεται στο επόμενο σχήμα.

Η περίπτωση μετονομάζεται από «*DEAD*» σε «*Idiobaros*» για σκοπούς συνέπειας.

Στο «*Load Case Type*» καθορίζεται η επιλογή «*Static*», αφού πρόκειται περί στατικής ανάλυσης.

Η ανάλυση είναι γραμμική και επομένως ως «*Analysis Type*» ορίζεται το «*Linear*».

Τα επιβαλλόμενα φορτία «*Loads Applied*» διατηρούνται ως έχουν και ο συντελεστής κλιμάκωσης (*Scale Factor*) διατηρείται μοναδιαίος.

Έπειτα, ελέγχονται, αν έχουν οριστεί ορθά, οι περιπτώσεις φόρτισης για τους λοιπούς στατικούς τύπους φόρτισης, συγκεκριμένα το μόνιμο και το κινητό φορτίο.



## Load Case Data - Linear Static



### Load Case Name

### Notes

### Load Case Type

### 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 Type

 Linear Nonlinear Nonlinear Staged Construction

### Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	Idiobaros	1.
Load Pattern	Idiobaros	1.

### Mass Source

Κατόπιν, θα πρέπει να τροποποιηθεί καταλλήλως η προκαθορισμένη ιδιομορφική περίπτωση φόρτισης (*MODAL*), τα αποτελέσματα της οποίας θα χρησιμοποιηθούν στις ακόλουθες φασματικές αναλύσεις και στις δυναμικές αναλύσεις χρονοϊστορίας που θα επιλυθούν με την επαλληλία των ιδιομορφών.

Επιλέγεται η συγκεκριμένη περίπτωση φόρτισης και με τη χρήση της εντολής «*Modify/Show Load Case...*» εμφανίζεται ένα υποπαράθυρο, όπως φαίνεται στο επόμενο σχήμα.

Στην τρέχουσα ιδιομορφική περίπτωση φόρτισης, ο προσδιορισμός των ιδιομορφών θα γίνει με ιδιοδιανύσματα (*Eigen Vectors*).

Ο μέγιστος αριθμός ιδιομορφών στο πεδίο «*Number of Modes*» λαμβάνει την τιμή 6, που αντιστοιχεί στους τρεις βαθμούς ελευθερίας (δύο οριζόντιους μεταθετικούς και ένα στροφικό περί τον κατακόρυφο άξονα) που διαθέτει η κάθε υπέργεια, διαφραγματική στάθμη του κτηρίου.

Στις υπόλοιπες παραμέτρους διατηρούνται οι προεπιλεγμένες τιμές.



## Load Case Data - Modal



### Load Case Name

### Notes

### Load Case Type

### 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

### Type of Modes

 Eigen Vectors Ritz Vectors

### Number of Modes

Maximum Number of Modes

Minimum Number of Modes

### Mass Source

### Load Display

 Show Advanced Load Parameters

### Other Parameters

Frequency Shift (Center)

Cutoff Frequency (Radius)

Convergence Tolerance

 Allow Automatic Frequency Shifting

Συνεχίζοντας με τις περιπτώσεις φόρτισης, που αφορούν τις φασματικές αναλύσεις, επιλέγεται η περίπτωση φόρτισης «*Ex\_spectrum*» και με την εντολή «*Modify/Show Load Case...*» εμφανίζεται ένα υποπαράθυρο, όπως παρουσιάζεται στο επόμενο σχήμα, στο οποίο, αφού καθοριστεί ως «*Load Case Type*» η επιλογή «*Response Spectrum*», ακολούθως επιλέγεται ως ιδιομορφικός (*Modal Combination*) και ως κατευθυντικός (*Directional Combination*) κανόνας συνδυασμού ο SRSS.

Στη συνέχεια, στο πεδίο «*Loads Applied*», όπως παρουσιάζεται στο επόμενο σχήμα, επιλέγεται ως «*Load Name*» η διεύθυνση U1, που αντιστοιχεί στη διεύθυνση X του απόλυτου συστήματος συντεταγμένων και ορίζεται ως «*Function*» το φάσμα σχεδιασμού της ομόλογης διεύθυνσης «*Spectrum\_x*».

Εισάγεται ως συντελεστής κλιμάκωσης (*Scale Factor*) η τιμή 9.81, ώστε οι μονάδες επιτάχυνσης g, στις οποίες είχε μορφωθεί το φάσμα σχεδιασμού, να μετατραπούν σε μονάδες m/s<sup>2</sup>, δηλαδή σε μονάδες σύμφωνες με τις μονάδες μέτρησης που έχουν καθοριστεί στο γενικό προσομοίωμα.



# Load Case Data - Response Spectrum



## Load Case Name



## Notes

## Modal Combination

- CQC
- SRSS
- Absolute
- GMC
- NRC 10 Percent
- Double Sum

GMC f1

GMC f2

Periodic + Rigid Type

## Load Case Type



## Directional Combination

- SRSS
- CQC3
- Absolute

Scale Factor

## Mass Source

## Diaphragm Eccentricity

Eccentricity Ratio

Override Eccentricities

## Modal Load Case

Use Modes from this Modal Load Case

- Standard - Acceleration Loading
- Advanced - Displacement Inertia Loading

## Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	Spectrum_x	9.81
Accel	U1	Spectrum_x	9.81



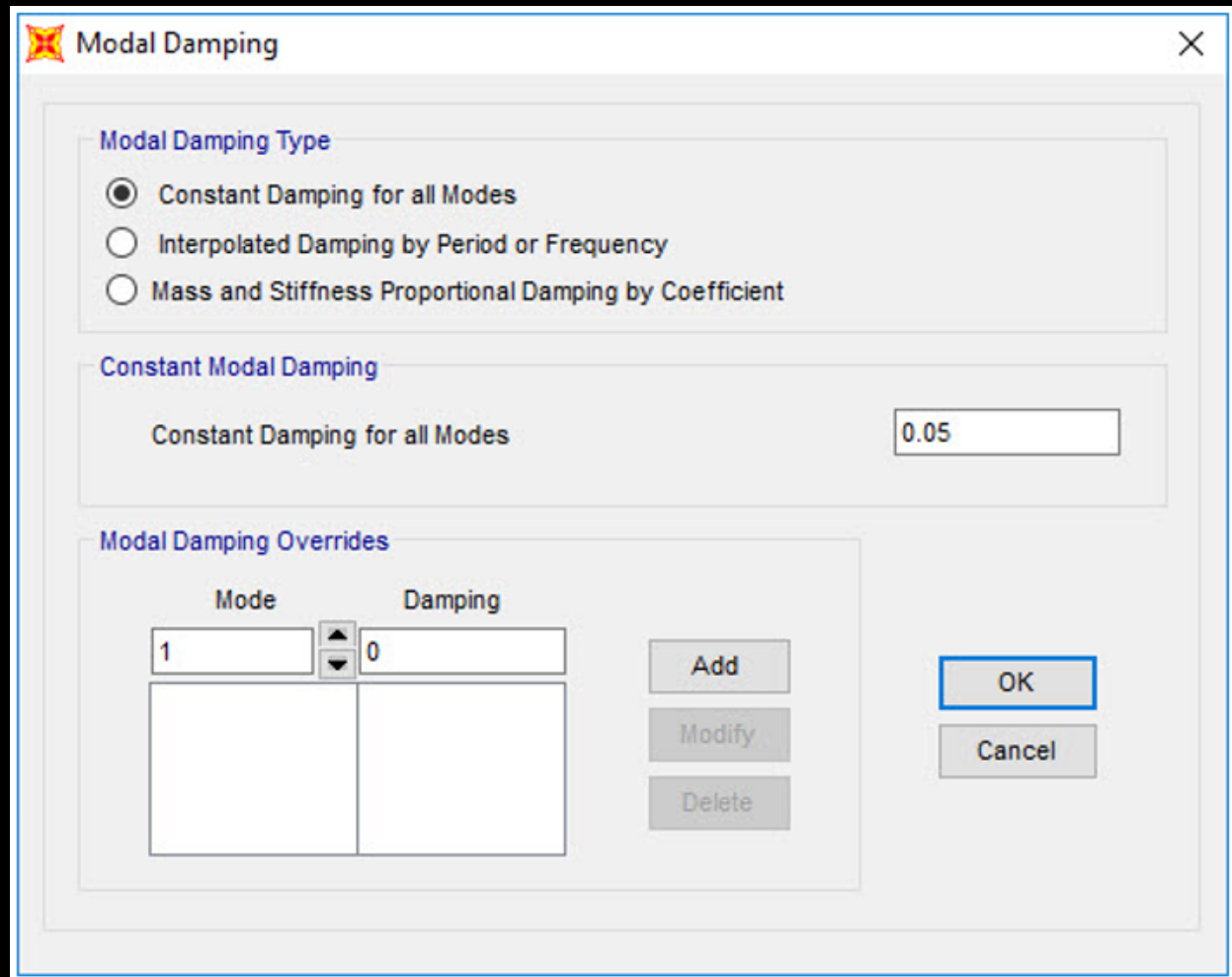
 Show Advanced Load Parameters

## Other Parameters

Modal Damping

Επίσης, μέσω του πεδίου «Other Parameters» παρέχεται η ευχέρεια τροποποίησης της ιδιομορφικής απόσβεσης, ορισμού διαφορετικού λόγου ιδιομορφικής απόσβεσης για κάθε ιδιομορφή αλλά και άλλες μέθοδοι προσέγγισης της ιδιομορφικής απόσβεσης.

Στο παράδειγμα θα διατηρηθεί ο σταθερός λόγος ιδιομορφικής απόσβεσης 5 %, ο οποίος θεωρείται ότι προσεγγίζει ικανοποιητικά την απόσβεση της εξεταζόμενης κατασκευής οπλισμένου σκυροδέματος.



Επιπλέον, υπάρχει η δυνατότητα να ληφθεί υπόψη η τυχηματική εκκεντρότητα, μέσω του πεδίου «*Diaphragm Eccentricity*», που ορίζεται στους αντισεισμικούς κώδικες, όμως στο παρόν παράδειγμα, χάριν απλότητας, θα διατηρηθεί μηδενική.

Ομοίως διαμορφώνεται και η περίπτωση φόρτισης «*Ey\_spectrum*», όπως παρουσιάζεται στο επόμενο σχήμα, όπου ως «*Load Name*» ορίζεται η διεύθυνση U2, που αντιστοιχεί στη διεύθυνση Y του καθολικού συστήματος συντεταγμένων και ως «*Function*» το φάσμα σχεδιασμού «*Spectrum\_y*».

**Load Case Data - Response Spectrum**

Load Case Name:  Set Def Name Modify/Show...

Notes

Modal Combination

CQC  SRSS  Absolute  GMC  NRC 10 Percent  Double Sum

GMC f1:  GMC f2:  Periodic + Rigid Type:

Modal Load Case

Use Modes from this Modal Load Case:

Standard - Acceleration Loading  Advanced - Displacement Inertia Loading

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U2	Spectrum_y	9.81
Accel	U2	Spectrum_y	9.81

Add Modify Delete

Show Advanced Load Parameters

Other Parameters

Modal Damping:  Modify/Show...

Load Case Type:  Design...

Directional Combination

SRSS  CQC3  Absolute

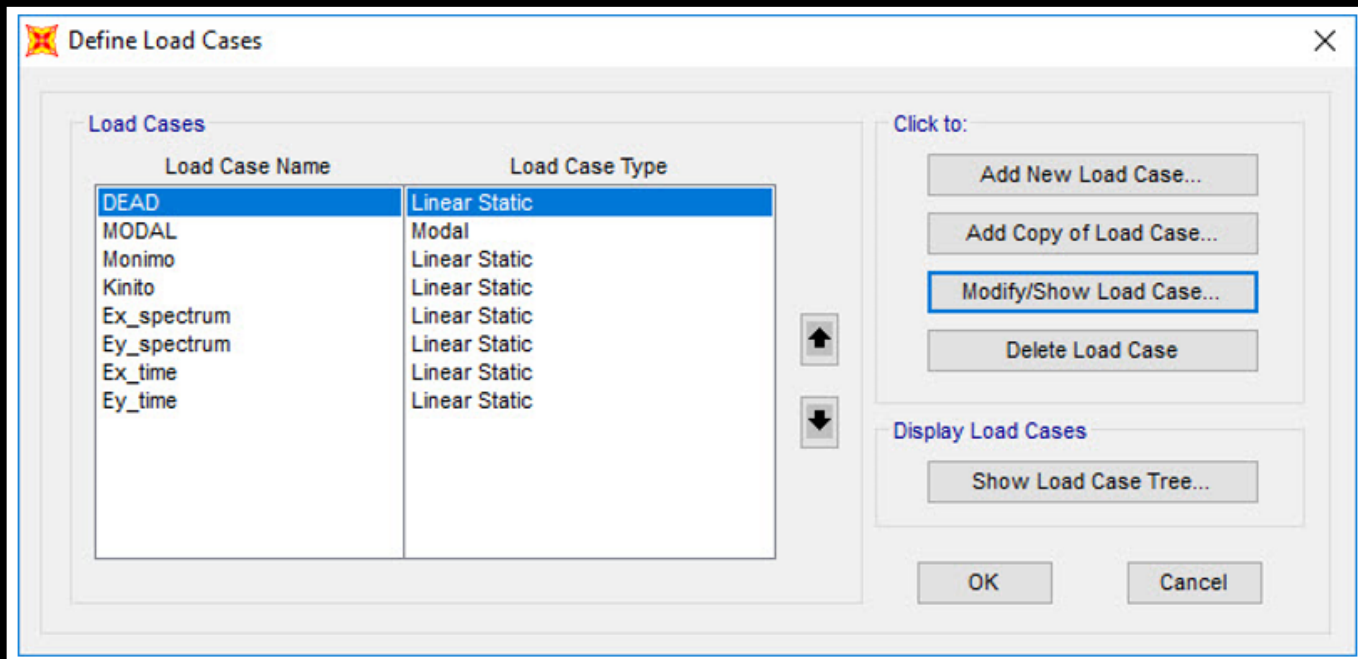
Scale Factor:

Mass Source:

Diaphragm Eccentricity

Eccentricity Ratio:  Override Eccentricities:

OK Cancel



Στους σεισμικούς συνδυασμούς δράσεων συνηθίζεται να περιλαμβάνονται δύο οριζόντιες σεισμικές συνιστώσες, που δρουν σε ορθογώνιες διευθύνσεις, σύμφωνα με τα αντίστοιχα εισαχθέντα φάσματα απόκρισης. Ως εκ τούτου, κρίνεται χρήσιμο να επιδειχθεί η διαδικασία συμπερίληψης ζεύγους σεισμικών συνιστωσών στην ίδια περίπτωση φόρτισης.

Στο παράθυρο ορισμού των περιπτώσεων φόρτισης, με την εντολή «*Add New Load Case...*» επιδεικνύεται η περίπτωση ορισμού της φόρτισης  $Ex-0.30Ey$ , η οποία περιγράφει τη σύγχρονη δράση ακέραιας της σεισμικής συνιστώσας (*Spectrum<sub>x</sub>*) κατά τη θετική κατεύθυνση (X+) και του 30 % της άλλης σεισμικής συνιστώσας (*Spectrum<sub>y</sub>*) κατά την αρνητική κατεύθυνση (Y-).

Στο αναδυόμενο υποπαράθυρο, όπως παρουσιάζεται στο επόμενο σχήμα, καθορίζεται κατ' αρχάς ως «*Load Case Type*» η επιλογή «*Response Spectrum*», δίδεται η επωνυμία της περίπτωσης φόρτισης και ορίζεται ως ιδιομορφικός και ως κατευθυντικός κανόνας συνδυασμού ο SRSS.

Κατόπιν, ενεργοποιείται η επιλογή «*Show Advanced Load Parameters*» και εισάγεται αρχικά η κύρια σεισμική συνιστώσα, η οποία δρα κατά τη διεύθυνση X.

Επιλέγεται ως «*Load Name*» η διεύθυνση U1, που αντιστοιχεί στη διεύθυνση X του καθολικού συστήματος συντεταγμένων και ως «*Function*» το «*Spectrum\_x*».

Εισάγεται ως συντελεστής κλιμάκωσης (*Scale Factor*) η τιμή 9.81, αφού η σεισμική συνιστώσα δρα σε ποσοστό 100 % και ως γωνία δράσης της συνιστώσας (*Angle*) διατηρείται η τιμή 0, αφού η συνιστώσα επιβάλλεται κατά το θετικό ημιάξονα X, του απόλυτου συστήματος συντεταγμένων.

Load Case Name

Notes

Load Case Type  
 Response Spectrum

Modal Combination

CQC  
 SRSS  
 Absolute  
 GMC  
 NRC 10 Percent  
 Double Sum

GMC f1   
 GMC f2   
 Periodic + Rigid Type

Directional Combination

SRSS  
 CQC3  
 Absolute

Scale Factor

Mass Source

Modal Load Case

Use Modes from this Modal Load Case

Standard - Acceleration Loading  
 Advanced - Displacement Inertia Loading

Diaphragm Eccentricity

Eccentricity Ratio

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor	Coord Sys	Angle
Accel	U1	Spectrum_x	9.81	GLOBAL	0.
Accel	U1	Spectrum_x	9.81	GLOBAL	0.
Accel	U2	Spectrum_y	2.943	GLOBAL	180.

Show Advanced Load Parameters

Other Parameters

Modal Damping

Για τη συμπερίληψη της δευτερεύουσας σεισμικής συνιστώσας, που ενεργεί κατά την αρνητική κατεύθυνση (Y-) σε ποσοστό 30 %, ορίζεται ως «*Load Name*» η διεύθυνση U2, που αντιστοιχεί στη διεύθυνση Y του καθολικού συστήματος συντεταγμένων και ως «*Function*» το «*Spectrum\_Y*».

Ο συντελεστής κλιμάκωσης λαμβάνει την τιμή 2.943, η οποία προκύπτει από το γινόμενο της επιτάχυνσης της βαρύτητας g, επί το ποσοστό δράσης της σεισμικής συνιστώσας, δηλαδή το 30 %.

Στη γωνία δράσης (*Angle*) δίδεται η τιμή 180, αφού η συνιστώσα επιβάλλεται κατά την αρνητική διεύθυνση (Y-), δηλαδή υπό γωνία  $180^\circ$  ως προς το θετικό ημιάξονα Y, του καθολικού συστήματος συντεταγμένων.

Load Case Name

1.00Ex-0.30Ey

Set Def Name

Notes

Modify/Show...

Load Case Type

Response Spectrum

Design...

Modal Combination

- CQC
- SRSS
- Absolute
- GMC
- NRC 10 Percent
- Double Sum

GMC f1 1.

GMC f2 0.

Periodic + Rigid Type SRSS

Directional Combination

- SRSS
- CQC3
- Absolute

Scale Factor

Mass Source

Previous (MSSSRC1)

Diaphragm Eccentricity

Eccentricity Ratio

0.

Override Eccentricities

Override...

Modal Load Case

Use Modes from this Modal Load Case

MODAL

- Standard - Acceleration Loading
- Advanced - Displacement Inertia Loading

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor	Coord Sys	Angle
Accel	U1	Spectrum_x	9.81	GLOBAL	0.
Accel	U1	Spectrum_x	9.81	GLOBAL	0.
Accel	U2	Spectrum_y	2.943	GLOBAL	180.

Show Advanced Load Parameters

Add

Modify

Delete

Other Parameters

Modal Damping

Constant at 0.05

Modify/Show...

OK

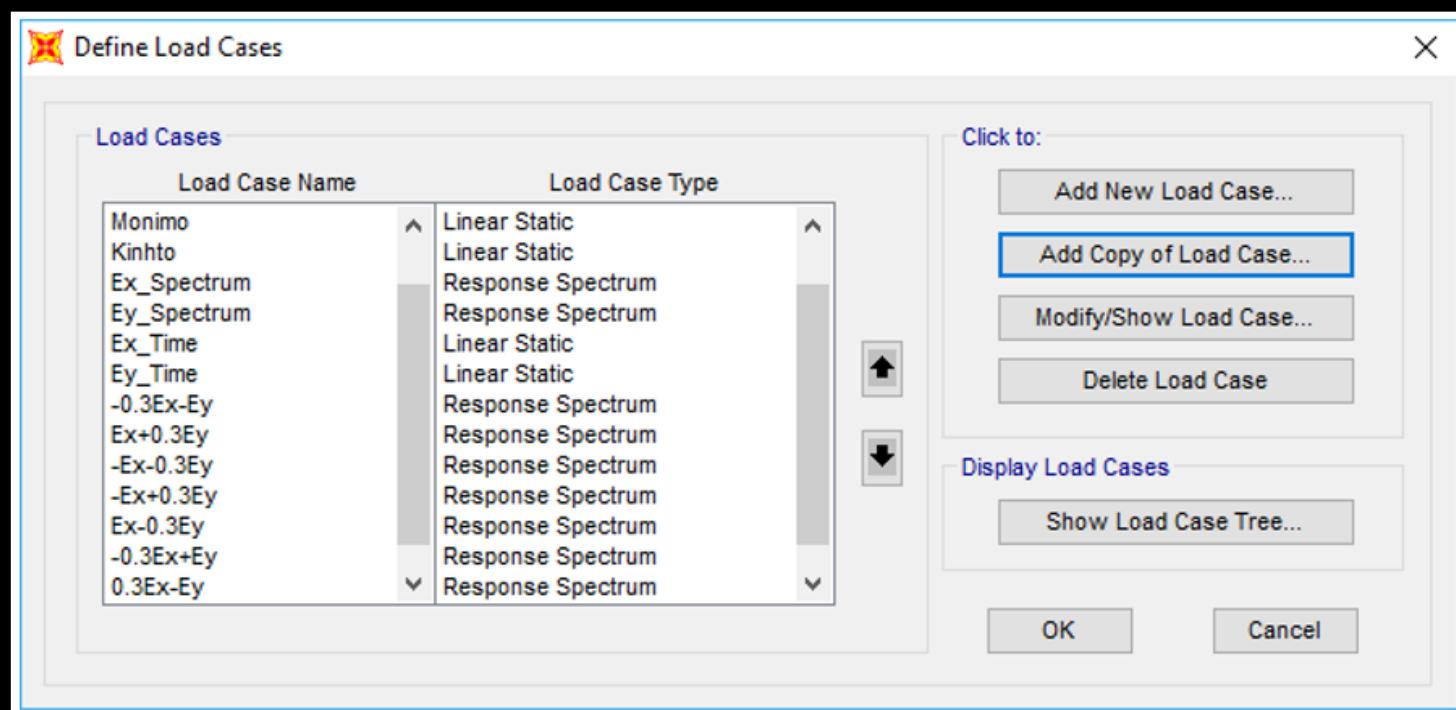
Cancel



Με παρόμοιο τρόπο, και αξιοποιώντας τη δυνατότητα που προσφέρει η επιλογή “*Add Copy of Load Case*”, όπως παρουσιάζεται στο επόμενο σχήμα, για να τροποποιηθούν οι ήδη ορισθείσες περιπτώσεις φόρτισης, ορίζονται και οι άλλες επτά περιπτώσεις φόρτισης, στις οποίες εναλλάσσονται τα ποσοστά και οι κατευθύνσεις δράσης (δηλαδή διευθύνσεις, U1/U2, και φορές, +/-), ώστε να οριστούν και οι 8 απαιτούμενοι συνδυασμοί, όπως πιο κάτω:

$$\pm 1.0 \cdot E_x \pm 0.3 \cdot E_y$$

$$\pm 0.3 \cdot E_x \pm 1.0 \cdot E_y$$





## Define Load Cases



### Load Cases

Load Case Name	Load Case Type
Monimo	Linear Static
Kinhtho	Linear Static
Ex_Spectrum	Response Spectrum
Ey_Spectrum	Response Spectrum
Ex_Time	Linear Static
Ey_Time	Linear Static
-0.3Ex-Ey	Response Spectrum
Ex+0.3Ey	Response Spectrum
-Ex-0.3Ey	Response Spectrum
-Ex+0.3Ey	Response Spectrum
Ex-0.3Ey	Response Spectrum
-0.3Ex+Ey	Response Spectrum
0.3Ex-Ey	Response Spectrum



### Click to:

Add New Load Case...

Add Copy of Load Case...

Modify/Show Load Case...

Delete Load Case

### Display Load Cases

Show Load Case Tree...

OK

Cancel

Όσον αφορά τις περιπτώσεις φόρτισης για τις δυναμικές αναλύσεις χρονοϊστορίας, για τις οποίες μπορούν να υπολογιστούν οι αντίστοιχες χρονοϊστορίες απόκρισης, θα πρέπει επίσης να καθοριστούν ορθά ο τύπος ανάλυσης και οι σχετικές παράμετροι.

Αφού επιλεγεί η περίπτωση φόρτισης «*Ex\_time*», με την εντολή «*Modify/Show Load Case...*» εμφανίζεται ένα υποπαράθυρο, όπως παρουσιάζεται στο επόμενο σχήμα, στο οποίο ορίζεται ως «*Load Case Type*» η επιλογή «*Time History*», δηλαδή χρονοϊστορία.

Στη συνέχεια, καθορίζεται ως τύπος ανάλυσης (*Analysis Type*) η επιλογή «*Linear*», με την οποία δηλώνεται, πως η ανάλυση θα είναι γραμμική, αφού στο προκείμενο παράδειγμα θεωρείται γραμμικώς ελαστικός καταστατικός νόμος υλικού.

Ως τύπος διέγερσης (*History Type*) επιλέγεται ο μεταβατικός (*Transient*), ο οποίος συνάδει με τις πραγματικές σεισμικές διεγέρσεις και όχι ο περιοδικός (*Periodic*), ο οποίος χρησιμοποιείται σε αρμονικές διεγέρσεις. Ως τύπος επίλυσης (*Solution Type*) επιλέγεται ο ιδιομορφικός (*Modal*), παρά το ότι θα μπορούσε να επιλεγεί και μέθοδος άμεσης ολοκλήρωσης (*Direct Integration*).

# Load Case Data - Linear Modal History



## Load Case Name



## Notes

## Load Case Type



## 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

## Analysis Type

 Linear

 Nonlinear

## Solution Type

 Modal

 Direct Integration

## Modal Load Case

Use Modes from Case

## History Type

 Transient

 Periodic

## Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor	Time Factor	Arrival Time	Coord Sys	Angle
Accel	U1	ATHENS_N46	1.	1.	0.	GLOBAL	0.
Accel	U1	ATHENS_N46	1.	1.	0.	GLOBAL	0.

 Show Advanced Load Parameters




## Time Step Data

Number of Output Time Steps

Output Time Step Size

## Other Parameters

Modal Damping



## Mass Source

Στο πεδίο «Loads Applied», ενεργοποιείται η επιλογή «*Show Advanced Load Parameters*», ορίζεται ως «*Load Type*» η επιλογή «*Accel*», αφού στη συγκεκριμένη περίπτωση φόρτισης θα χρησιμοποιηθεί επιταχυνσιογράφημα, ως «*Load Name*» η διεύθυνση U1, που αντιστοιχεί στη διεύθυνση X του καθολικού συστήματος συντεταγμένων και ορίζεται ως «*Function*» το επιταχυνσιογράφημα της ομόλογης διεύθυνσης «*ATHENS\_N46*».

Διατηρείται ως συντελεστής κλιμάκωσης (*Scale Factor*) η μοναδιαία τιμή, αφού οι μονάδες του εισαχθέντος επιταχυνσιογραφήματος είναι  $m/s^2$ , δηλαδή οι ίδιες μονάδες που έχουν καθοριστεί και στο γενικό προσομοίωμα.

Ως «*Time Factor*» διατηρείται επίσης η συνιστώμενη μοναδιαία τιμή, ώστε να μη διαφοροποιηθεί η περίοδος της διέγερσης που θα χρησιμοποιηθεί και ως χρόνος άφιξης του σεισμικού συμβάντος (*Arrival Time*) παραμένει η μηδενική τιμή, αφού δε θα εξεταστεί χρονική υστέρηση στην άφιξη της σεισμικής δράσης.

# Load Case Data - Linear Modal History



## Load Case Name



## Notes

## Load Case Type



## 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

## Analysis Type

 Linear

 Nonlinear

## History Type

 Transient

 Periodic

## Solution Type

 Modal

 Direct Integration

## Modal Load Case

Use Modes from Case

## Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor	Time Factor	Arrival Time	Coord Sys	Angle
Accel	U1	ATHENS_N46	1.	1.	0.	GLOBAL	0.
Accel	U1	ATHENS_N46	1.	1.	0.	GLOBAL	0.

 Show Advanced Load Parameters




## Time Step Data

Number of Output Time Steps

Output Time Step Size

## Other Parameters

Modal Damping



## Mass Source

Το σύστημα συντεταγμένων είναι το καθολικό (*Global*) και η γωνία δράσης (*Angle*) είναι μηδενική, αφού στην παρούσα περίπτωση φόρτισης διερευνάται η δράση της σεισμικής συνιστώσας κατά το θετικό ημιάξονα ( $X+$ ).

Με την επιλογή «*Modify*» αντικαθίσταται η προκαθορισμένη φόρτιση με την εξεταζόμενη.

Στο πεδίο «*Time Step Data*» εισάγεται ως χρονικό βήμα η τιμή 0.01, δηλαδή τιμή ίση με το χρονικό βήμα του χρησιμοποιούμενου επιταχυνσιογραφήματος, ενώ στο πλήθος των χρονικών βημάτων αποδίδεται η τιμή 3912, ήτοι η χρονική διάρκεια του επιταχυνσιογραφήματος (39.12 s) διηρημένη με το μέγεθος του χρονικού βήματος (0.01 s).

Θεωρείται σταθερός λόγος ιδιομορφικής απόσβεσης 5 %, για την κάθε ιδιομορφή, παρά το ότι θα μπορούσε να δοθεί συνθετότερος ορισμός για την απόσβεση (π.χ. διαφορετικός λόγος απόσβεσης για την κάθε ιδιομορφή, ή λόγοι απόσβεσης αντίστοιχοι με την ορισθείσα απόσβεση κατά Rayleigh).

# Load Case Data - Linear Modal History



## Load Case Name



## Notes

## Load Case Type

## 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

## Analysis Type

 Linear

 Nonlinear

## Solution Type

 Modal

 Direct Integration

## History Type

 Transient

 Periodic

## Modal Load Case



## Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor	Time Factor	Arrival Time	Coord Sys	Angle
Accel	U1	ATHENS_N46	1.	1.	0.	GLOBAL	0.
Accel	U1	ATHENS_N46	1.	1.	0.	GLOBAL	0.

 Show Advanced Load Parameters




## Time Step Data





## Other Parameters




## Mass Source



Κατ' αντιστοιχία ορίζεται και η περίπτωση φόρτισης για τη σεισμική συνιστώσα που επενεργεί κατά τη διεύθυνση Y, ενώ μπορούν να οριστούν και οι περιπτώσεις φόρτισης που συμπεριλαμβάνουν δύο συγχρόνως δρώσες σεισμικές συνιστώσες, στο ίδιο πνεύμα που επεξηγήθηκε για τις φασματικές περιπτώσεις φόρτισης.

Δηλαδή, μπορούν να οριστούν 8 διαφορετικές περιπτώσεις φόρτισης, στις οποίες εναλλάσσονται τα ποσοστά και οι κατευθύνσεις δράσης (δηλαδή διευθύνσεις, U1/U2, και φορές, +/-) των δύο σεισμικών συνιστωσών (όπως ενδεικτικά φαίνεται στο Σχήμα 18.40 για τον ορισμό του συνδυασμού “-0.3E<sub>xt</sub>+E<sub>yt</sub>” της δυναμικής ανάλυσης), χρησιμοποιώντας τις σεισμικές διεγέρσεις που έχουν ήδη ορισθεί (*Athens\_N46* και *Athens\_137*, αντίστοιχα) ώστε να οριστούν και οι 8 απαιτούμενοι συνδυασμοί για τις χρονοϊστορίες, όπως πιο κάτω:

$$\pm 1.0 \cdot E_{xt} \pm 0.3 \cdot E_{yt}$$

$$\pm 0.3 \cdot E_{xt} \pm 1.0 \cdot E_{yt}$$

**Load Case Name**

**Notes**

**Load Case Type**

**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

**Analysis Type**  
 Linear  
 Nonlinear

**Solution Type**  
 Modal  
 Direct Integration

**History Type**  
 Transient  
 Periodic

**Modal Load Case**  
 Use Modes from Case

**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor	Time Factor	Arrival Time	Coord Sys	Angle
Accel	U2	Athens_N46	0.3	1.	0.	GLOBAL	0.
Accel	U1	Athens_N46	1	1.	0.	GLOBAL	180.
Accel	U2	Athens_N46	0.3	1.	0.	GLOBAL	0.

Show Advanced Load Parameters

**Time Step Data**  
 Number of Output Time Steps   
 Output Time Step Size

**Mass Source**

**Other Parameters**  
 Modal Damping

## Καθορισμός ιδιομορφικής μάζας

Η εκτέλεση ιδιομορφικής ανάλυσης προϋποθέτει την ανάθεση ιδιομορφικής μάζας στο προσομοίωμα.

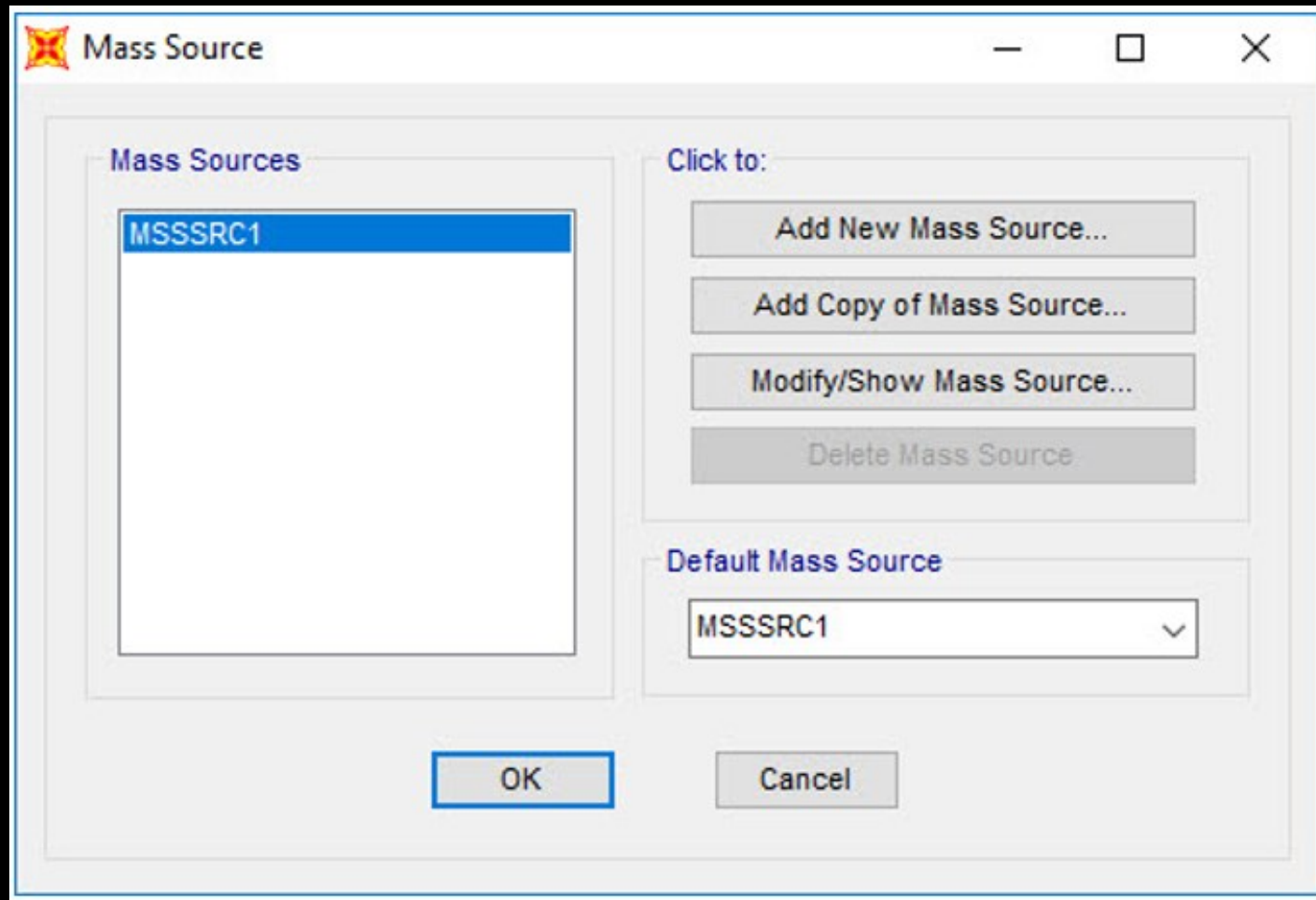
Ο ορισμός των ιδιομορφικών μαζών, που θα ληφθούν υπόψη, διενεργείται με την εκτέλεση των πιο κάτω εντολών:

**Define → Mass Source...**

Στο παράδειγμα, επιλέγεται όπως τροποποιηθεί η ήδη προκαθορισθείσα από το λογισμικό ιδιομορφική μάζα, MSSSRC1, όπως παρουσιάζεται στο επόμενο σχήμα, παρόλο που θα μπορούσε να οριστεί και άλλη σεισμική μάζα.

Στην περίπτωση ορισμού νέας σεισμικής μάζας, θα πρέπει τότε αυτή να οριστεί ως «*Default Mass Source*».

Με την επιλογή «*Modify/Show Mass Source*» παρουσιάζεται ένα υποπαράθυρο, όπως φαίνεται στο επόμενο σχήμα, στο οποίο παρέχονται δύο επιλογές για τον καθορισμό του τρόπου συμπερίληψης της ιδιομορφικής (σεισμικής) μάζας στο προσομοίωμα.



Η πρώτη επιλογή αφορά τη συμπερίληψη της ίδιας μάζας των δομικών μελών (η οποία μπορεί να υπολογιστεί αυτόματα από το λογισμικό) και επιπρόσθετης μάζας που θα ανατεθεί χειρωνακτικά από το χρήστη.

Βάσει της δεύτερης επιλογής, η ιδιομορφική μάζα μπορεί να ληφθεί υπόψη αυτόματα, ως ποσοστό των δρώντων φορτίων.

Mass Source Data

Mass Source Name: MSSSRC1

**Mass Source**

- Element Self Mass and Additional Mass
- Specified Load Patterns

**Mass Multipliers for Load Patterns**

Load Pattern	Multiplier
Idiobaros	1

Add  
Modify  
Delete

OK Cancel

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, υιοθετείται η πρώτη επιλογή, σύμφωνα με την οποία θα ανατεθούν χειρωνακτικά, εκ των υστέρων, ακέραιες οι μάζες των δομικών μελών και των μόνιμων φορτίων καθώς και το 30 % της μάζας που αντιστοιχεί στα κινητά φορτία.

Τονίζεται, πως στο παράδειγμα, με τον καθορισμό μηδενικής μάζας στους απομειωτές ιδιοτήτων της διατομής, η ίδια μάζα των δομικών μελών δε θα ληφθεί αυτόματα υπόψη και κατά συνέπεια, θα πρέπει και αυτή να εισαχθεί χειρωνακτικά από το χρήστη.

Mass Source Data

Mass Source Name: MSSSRC1

Mass Source

- Element Self Mass and Additional Mass
- Specified Load Patterns

Mass Multipliers for Load Patterns

Load Pattern	Multiplier
Idiobaros	1

Add  
Modify  
Delete

OK Cancel

## Διαμόρφωση συνδυασμών φόρτισης (load combinations)

Η μόρφωση συνδυασμών φόρτισης παρέχει τη δυνατότητα προσδιορισμού της απόκρισης του φορέα, υπό όρους εντατικών και παραμορφωσιακών μεγεθών, υπό την επίδραση ποικίλων δράσεων. Επιπλέον, ο καθορισμός των συνδυασμών φόρτισης είναι απαραίτητος για τη διεξαγωγή της διαδικασίας αυτοματοποιημένου σχεδιασμού φορέων από το λογισμικό.

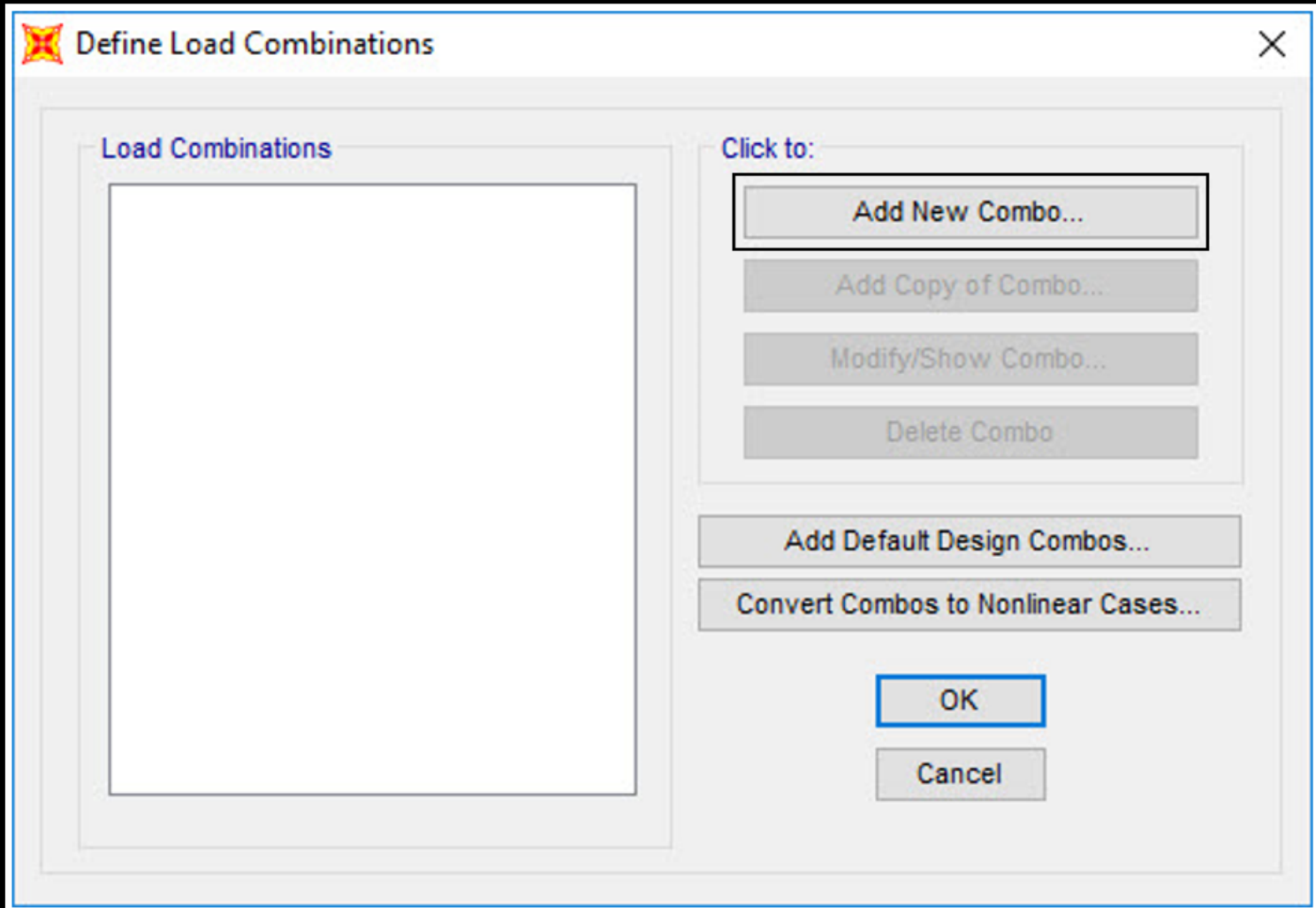
Η διαδικασία σχεδιασμού εκτελείται από το λογισμικό με τη χρήση των μεγεθών απόκρισης που προκύπτουν από τους συνδυασμούς φόρτισης (*load combinations*) και όχι από τις περιπτώσεις φόρτισης (*load cases*).

Επίσης, παρά το ότι παρέχεται η ευχέρεια αυτοματοποιημένης μόρφωσης των συνδυασμών φόρτισης από το λογισμικό, συνιστάται όπως αυτοί μορφώνονται χειρωνακτικά.

Ο καθορισμός των συνδυασμών φόρτισης διενεργείται με τις ακόλουθες εντολές και εμφανίζεται το παράθυρο, που απεικονίζεται στο επόμενο σχήμα:

**Define → Load Combinations...**

Διαμόρφωση  
συνδυασμών  
φόρτισης





Με την επιλογή «**Add New Combo...**» ανακύπτει ένα υποπαράθυρο, όπως παρουσιάζεται στο επόμενο σχήμα, στο οποίο καθορίζεται ο συνδυασμός φόρτισης.

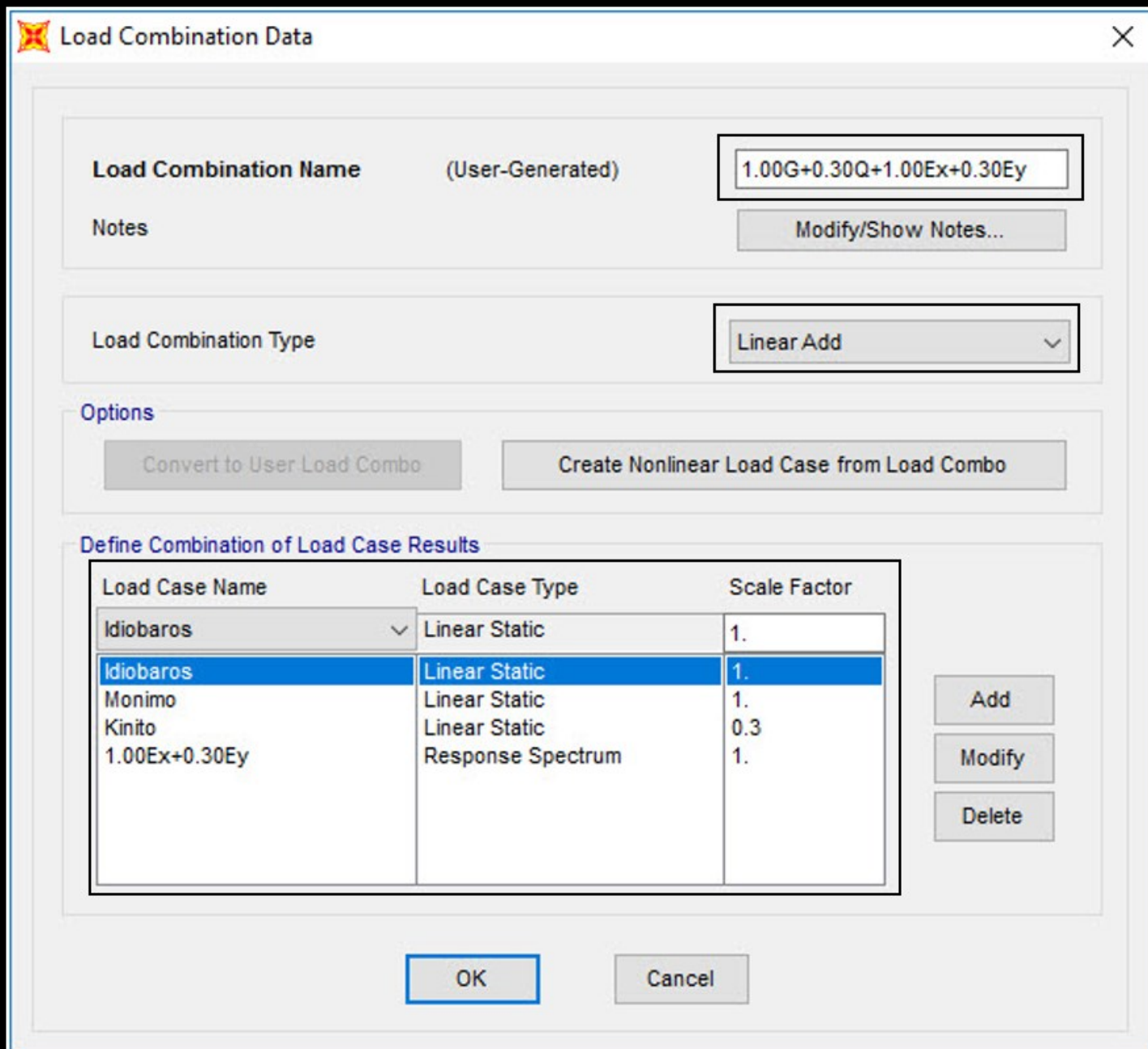
Υποδεικνύεται η διαδικασία διαμόρφωσης του συνδυασμού “ $1.00G+0.30Q+1.00Ex+0.30Ey$ ”, ο οποίος συνίσταται στο συνδυασμό των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από τη σύγχρονη δράση των στατικών φορτίων (ιδιοβάρος, μόνιμα και κινητά) και των δύο σεισμικών συνιστωσών της φασματικής ανάλυσης.

Παρομοίως μπορούν να διαμορφωθούν και οι υπόλοιποι συνδυασμοί που περιλαμβάνουν στατικές και φασματικές περιπτώσεις φόρτισης.

Αρχικά, δίδεται στο συνδυασμό φόρτισης ένα μοναδικό όνομα, σχετικό με το συνδυασμό, στη συνέχεια, επιλέγεται από το πεδίο «*Define Combination of Load Case Results*», μία εκάστη η περίπτωση φόρτισης που περιλαμβάνεται στο συνδυασμό και εισάγεται ο σχετικός συντελεστής κλιμάκωσης (*Scale Factor*). Ως τύπος συνδυασμού φόρτισης (*Load Combination Type*) διατηρείται η προεπιλογή «*Linear Add*», η οποία δίδει ως αποτέλεσμα το αλγεβρικό άθροισμα των συνδυαζόμενων δράσεων και είναι κατάλληλη για το συνδυασμό στατικών και φασματικών περιπτώσεων φόρτισης.

Καθορισμός  
συνδυασμού  
φόρτισης:

“ $G+0.3Q+Ex+0.3Ey$ ”

The image shows a software dialog box titled "Load Combination Data". It contains several input fields and buttons. The "Load Combination Name" field is set to "1.00G+0.30Q+1.00Ex+0.30Ey" and is marked as "(User-Generated)". Below it is a "Notes" field with a "Modify/Show Notes..." button. The "Load Combination Type" is set to "Linear Add". Under the "Options" section, there are two buttons: "Convert to User Load Combo" and "Create Nonlinear Load Case from Load Combo". The "Define Combination of Load Case Results" section contains a table with columns for "Load Case Name", "Load Case Type", and "Scale Factor". The table lists four load cases: "Idiobaros" (Linear Static, Scale Factor 1), "Idiobaros" (Linear Static, Scale Factor 1), "Monimo" (Linear Static, Scale Factor 1), and "Kinito" (Linear Static, Scale Factor 0.3). A fourth row shows "1.00Ex+0.30Ey" (Response Spectrum, Scale Factor 1). To the right of the table are "Add", "Modify", and "Delete" buttons. At the bottom of the dialog are "OK" and "Cancel" buttons.

Load Case Name	Load Case Type	Scale Factor
Idiobaros	Linear Static	1.
Idiobaros	Linear Static	1.
Monimo	Linear Static	1.
Kinito	Linear Static	0.3
1.00Ex+0.30Ey	Response Spectrum	1.

Ο συνδυασμός στατικών περιπτώσεων φόρτισης και περιπτώσεων φόρτισης από δυναμική ανάλυση χρονοϊστορίας είναι συνθετότερος και δεν υποδεικνύεται στο τρέχον παράδειγμα.

Αντ' αυτού, για τη διαμόρφωση των σεισμικών συνδυασμών φόρτισης των δυναμικών αναλύσεων χρονοϊστορίας, προτείνεται όπως ο χρήστης, πρώτα από όλα, εξαγάγει τα μεγέθη απόκρισης (εντατικά ή παραμορφωσιακά) από το συνδυασμό φόρτισης “ $1.00G+0.30Q$ ”.

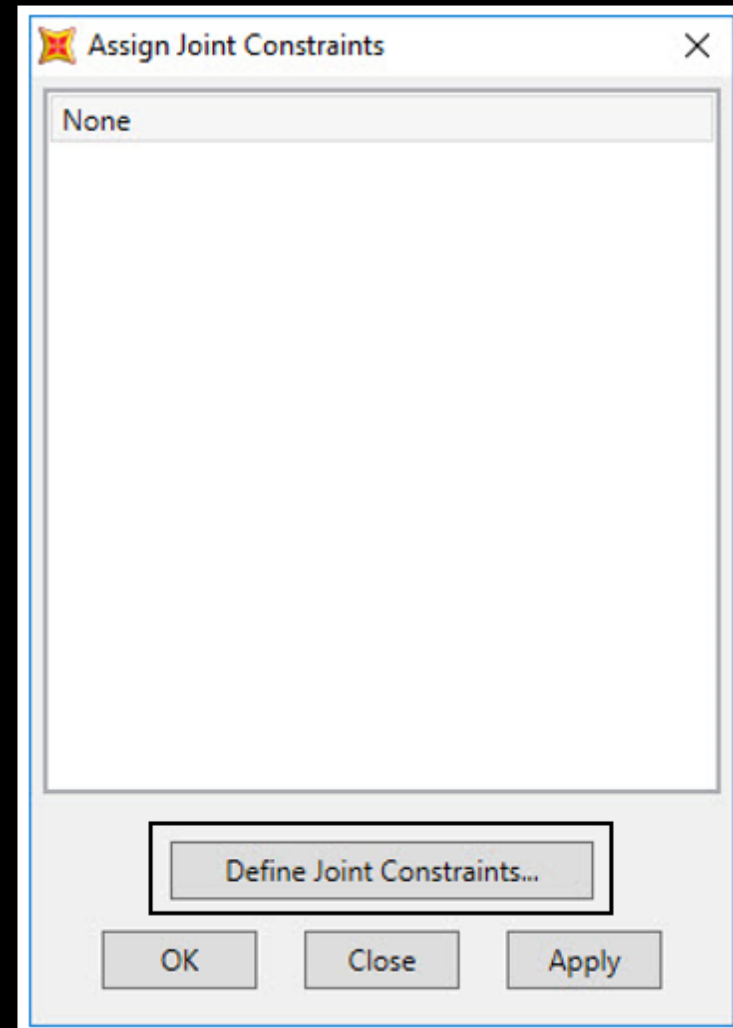
Ακολούθως, θα πρέπει να εξαχθούν τα αντίστοιχα μεγέθη απόκρισης από την περίπτωση φόρτισης της δυναμικής ανάλυσης χρονοϊστορίας, υπό μορφή χρονικών βημάτων.

Τέλος, με χρήση κατάλληλου λογισμικού (π.χ. Microsoft Excel, Matlab, κ.λπ.) θα πρέπει σε κάθε χρονική στιγμή να αθροιστούν τα μεγέθη απόκρισης του συνδυασμού φόρτισης “ $1.00G+0.30Q$ ”, τα οποία είναι σταθερά, με τα μεγέθη απόκρισης της περίπτωσης φόρτισης της δυναμικής ανάλυσης χρονοϊστορίας.

## Ορισμός και ανάθεση διαφραγματικού περιορισμού

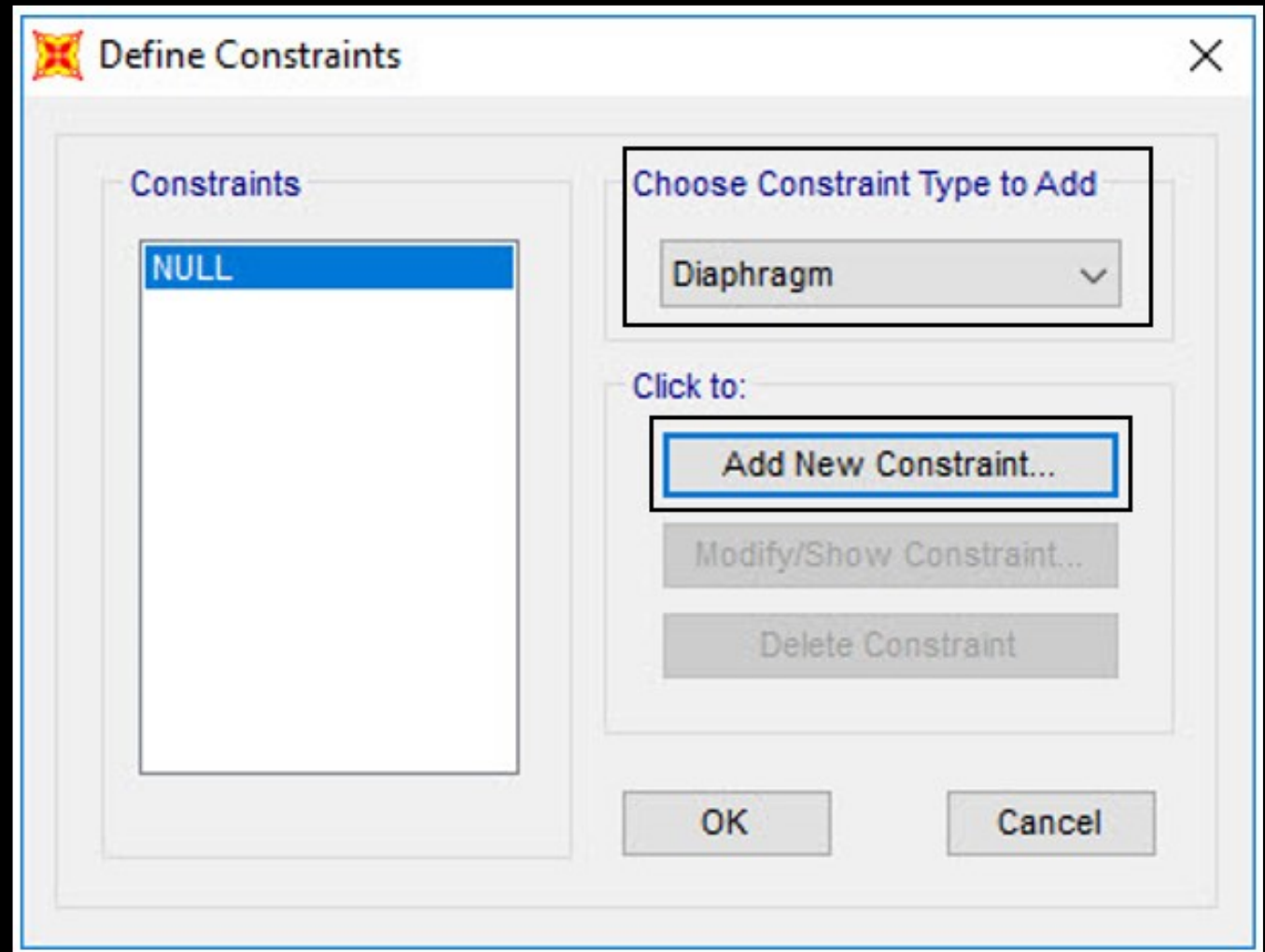
Επιλέγονται όλοι οι κόμβοι του φορέα άνωθεν της στάθμης θεμελίωσης και με την εκτέλεση των παρακάτω εντολών εμφανίζεται το παράθυρο.

**Assign → Joint → Constraints...**



Στο αναδυόμενο υποπαράθυρο επιλέγεται ο τύπος «*Diaphragm*» από το πεδίο «*Choose Constraint Type to Add*».

Με την επιλογή «*Add New Constraint*», προκύπτει ένα νέο υποπαράθυρο, όπως φαίνεται στο επόμενο σχήμα, στο οποίο γίνεται η περιγραφή του διαφραγματικού περιορισμού.



Ως περιορισμένος άξονας (**Constraint Axis**) καθορίζεται ο Z. Έτσι, ο περιορισμός επιβάλλεται στο επίπεδο που είναι κάθετο στον άξονα Z, δηλαδή στους δύο οριζόντιους μεταθετικούς και στο στροφικό περί τον κατακόρυφο άξονα βαθμό ελευθερίας ( $U_x$ ,  $U_y$  και  $R_z$ ).

Επίσης, ενεργοποιείται η επιλογή «Assign a different diaphragm constraint to each different selected Z level», ώστε να ανατεθεί διαφορετικός διαφραγματικός περιορισμός σε κάθε στάθμη του φορέα, ειδάλλως τα δύο διαφράγματα θα αναπτύξουν τις ίδιες απόλυτες μετακινήσεις και μηδενικές σχετικές μεταξύ τους μετακινήσεις, πράγμα εσφαλμένο.

**Diaphragm Constraint**

Constraint Name: DIAPH1

Coordinate System: GLOBAL

**Constraint Axis**

X Axis  Auto

Y Axis

Z Axis

**Semi-rigid Diaphragm Option**

Semi-rigid

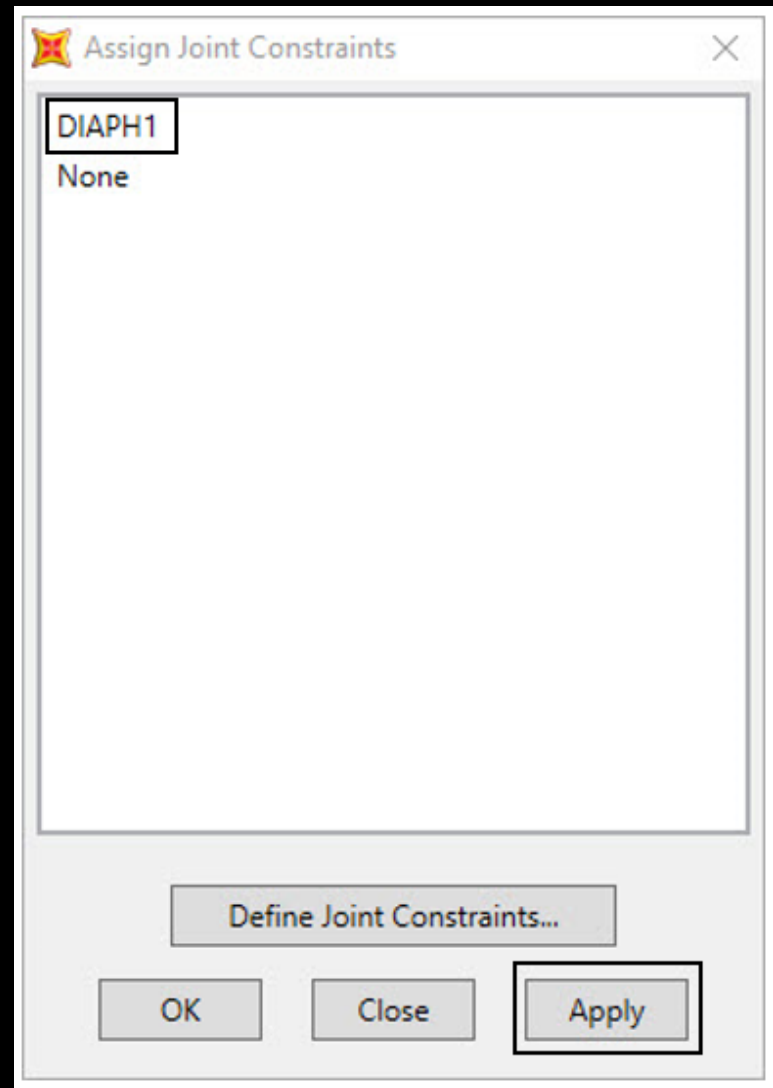
Note: Defined for application of seismic and wind loads. Option is only active when the Coordinate System is Global and the Constraint Axis is Z Axis.

Assign a different diaphragm constraint to each different selected Z level

OK Cancel

Στο επόμενο παράθυρο που εμφανίζεται επιλέγεται το διάφραγμα που ορίστηκε και με την επιλογή «*Apply*», τούτο ανατίθεται στους επιλεχθέντες κόμβους του φορέα.

Προκειμένου να επικυρωθεί η ορθότητα των ανατεθέντων διαφραγμάτων, με δεξί κλικ στους κόμβους του φορέα, μπορεί να εντοπισθεί το διάφραγμα που ανατέθηκε σε κάθε κόμβο, το οποίο πρέπει να είναι το ίδιο μεταξύ των κόμβων της ίδιας στάθμης και διαφορετικών μεταξύ των δύο σταθμών.



# Επιβολή στατικών φορτίων

Τα στατικά φορτία, που θεωρούνται στο παράδειγμα, είναι τα μόνιμα και τα κινητά, τα οποία επιβάλλονται ως κατανεμημένα επί των δοκών. Επιδεικνύεται επιλεκτικά η επιβολή ορισμένων φορτίων και ομοίως μπορούν να επιβληθούν και τα υπόλοιπα.

Η επιβολή ενός φορτίου προϋποθέτει την επιλογή του μέλους με αριστερό κλικ. Έπειτα, τηρούνται τα βήματα που παρατίθενται κατωτέρω:

**Assign → Frame Loads → Distributed...**

Το φορτίο μπατικής τοιχοποιίας επιβάλλεται ως γραμμικό, ομοιόμορφα κατανεμημένο επί της δοκού Δ1-1.

Στο παράθυρο που εμφανίζεται (στο επόμενο σχήμα) επιλέγεται ως «*Load Pattern*» το μόνιμο φορτίο, ως σύστημα συντεταγμένων (*Coordinate System*) το καθολικό, ως φορά του φορτίου (*Load Direction*) η βαρυτική και ως τύπος φορτίου (*Load Type*) η δύναμη. Εισάγεται η τιμή του ομοιόμορφου φορτίου στο πεδίο «*Uniform Load*» και επιβάλλεται με την εντολή «*Apply*».



# Επιβολή φορτίου μπατικής τοιχοποιίας

### Assign Frame Distributed Loads

General

Load Pattern: Monimo

Coordinate System: GLOBAL

Load Direction: Gravity

Load Type: Force

Options

Add to Existing Loads

Replace Existing Loads

Delete Existing Loads

Uniform Load: 10.44 kN/m

Trapezoidal Loads

	1.	2.	3.	4.
Relative Distance	0	0.25	0.75	1
Loads	0	0	0	0

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

Reset Form to Default Values

OK Close Apply

Στη συνέχεια, στην ίδια δοκό, τη Δ1-1, επιβάλλεται ως γραμμικό, τριγωνικά καταμεμημένο φορτίο, το μόνιμο φορτίο (ιδιοβάρος) της πλάκας.

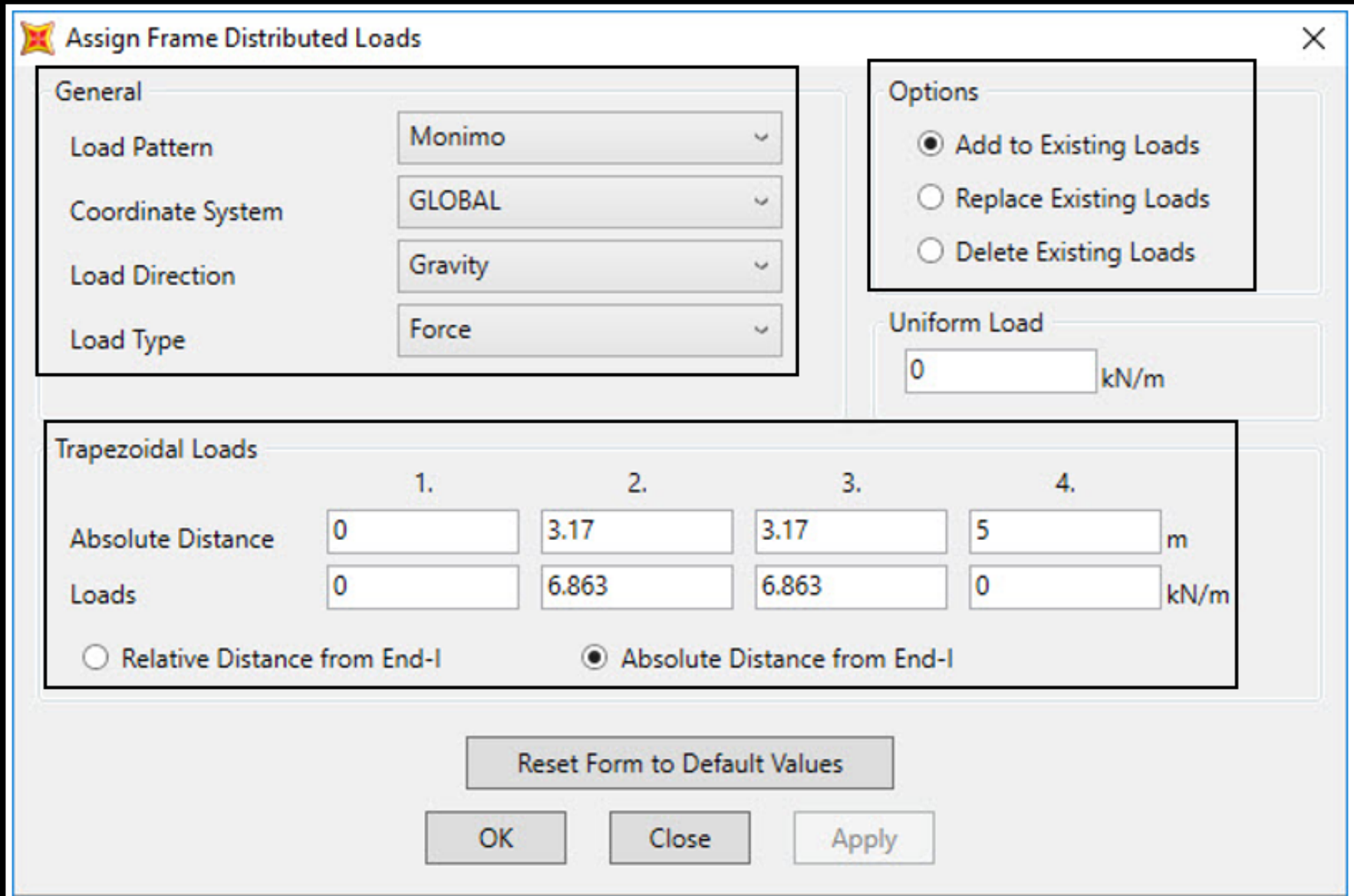
Στο πεδίο «*General*», στο επόμενο σχήμα, διατηρούνται τα καθορισθέντα για το φορτίο μπατικής τοιχοποιίας.

Επειδή το μόνιμο φορτίο της πλάκας πρόκειται να προστεθεί στο μόνιμο φορτίο, που έχει ήδη επιβληθεί για την μπατική τοιχοποιία, στο πεδίο «*Options*» ενεργοποιείται η επιλογή «*Add to Existing Loads*».

Αντί ομοιόμορφου φορτίου, επιβάλλεται το τριγωνικό φορτίο μέσω του πεδίου «*Trapezoidal Loads*», όπου ενεργοποιείται η επιλογή «*Absolute Distance from End-1*» και καταχωρίζονται οι τιμές του φορτίου σε απόλυτες αποστάσεις από τον κόμβο αρχής του μέλους. Λόγω της τριγωνικής μορφής του φορτίου, ορίζονται ως σημεία 2 και 3 η κορυφή του τριγώνου.

Επίσης, στη δοκό πρέπει να επιβληθεί αθροιστικά, το μόνιμο φορτίο από τις δαπεδοστρώσεις της πλάκας, ακολουθώντας την ίδια διαδικασία.

# Επιβολή μόνιμου, τριγωνικά κατανεμημένου φορτίου

The image shows a software dialog box titled "Assign Frame Distributed Loads". It is divided into several sections: "General", "Options", "Uniform Load", and "Trapezoidal Loads". The "General" section contains four dropdown menus: "Load Pattern" (Monimo), "Coordinate System" (GLOBAL), "Load Direction" (Gravity), and "Load Type" (Force). The "Options" section has three radio buttons: "Add to Existing Loads" (selected), "Replace Existing Loads", and "Delete Existing Loads". The "Uniform Load" section has a text input field with "0" and a unit label "kN/m". The "Trapezoidal Loads" section features a table with four columns labeled "1.", "2.", "3.", and "4.". The first row is "Absolute Distance" with values 0, 3.17, 3.17, and 5, followed by a unit "m". The second row is "Loads" with values 0, 6.863, 6.863, and 0, followed by a unit "kN/m". Below the table are two radio buttons: "Relative Distance from End-I" (unselected) and "Absolute Distance from End-I" (selected). At the bottom, there are three buttons: "Reset Form to Default Values", "OK", "Close", and "Apply".

**Assign Frame Distributed Loads**

**General**

Load Pattern: Monimo

Coordinate System: GLOBAL

Load Direction: Gravity

Load Type: Force

**Options**

Add to Existing Loads

Replace Existing Loads

Delete Existing Loads

**Uniform Load**

0 kN/m

**Trapezoidal Loads**

	1.	2.	3.	4.	
Absolute Distance	0	3.17	3.17	5	m
Loads	0	6.863	6.863	0	kN/m

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

Reset Form to Default Values

OK Close Apply

Ακολουθως, στη δοκό Δ1-3, επιβάλλεται ως γραμμικό, τραπεζοειδώς κατανεμημένο φορτίο, το μόνιμο φορτίο της πλάκας.

Διατηρούνται οι επιλογές που εφαρμόστηκαν για την επιβολή του ίδιου φορτίου επί της δοκού Δ1-1.

Η διαφοροποίηση έγκειται στον ορισμό του φορτίου, όπου ένεκα της τραπεζοειδούς κατανομής, ορίζονται ως σημεία 2 και 3, τα σημεία αρχής και τέλους της κορυφής (μικρής βάσης) του τραπεζίου, υπό απόλυτες αποστάσεις από τον κόμβο αρχής, όπως παρουσιάζεται στο επόμενο σχήμα.

## Επιβολή μόνιμου, τραπεζοειδώς κατανεμημένου φορτίου

### Assign Frame Distributed Loads

General

Load Pattern: Monimo

Coordinate System: GLOBAL

Load Direction: Gravity

Load Type: Force

Options

Add to Existing Loads

Replace Existing Loads

Delete Existing Loads

Uniform Load: 0 kN/m

Trapezoidal Loads

	1.	2.	3.	4.	
Absolute Distance	0	1.83	2.17	4	m
Loads	0	6.863	6.863	0	kN/m

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

Reset Form to Default Values

OK Close Apply

Στη δοκό Δ1-3, επιβάλλεται ως γραμμικό, τραπεζοειδώς κατανεμημένο φορτίο, το κινητό φορτίο της πλάκας.

Διατηρούνται οι επιλογές που εφαρμόστηκαν για την επιβολή του μόνιμου φορτίου επί της δοκού Δ1-3 και διαφοροποιείται το «*Load Pattern*», για το οποίο ορίζεται το κινητό φορτίο με τις αντίστοιχες τιμές του κινητού φορτίου, όπως παρουσιάζεται στο επόμενο σχήμα.

# Επιβολή κινητού, τραπεζοειδώς καταναμημένου φορτίου

**Assign Frame Distributed Loads** ✕

**General**

Load Pattern:

Coordinate System:

Load Direction:

Load Type:

**Options**

Add to Existing Loads

Replace Existing Loads

Delete Existing Loads

**Uniform Load**

kN/m

**Trapezoidal Loads**

	1.	2.	3.	4.	
Absolute Distance	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="1.83"/>	<input type="text" value="2.17"/>	<input type="text" value="4"/>	m
Loads	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="3.66"/>	<input type="text" value="3.66"/>	<input type="text" value="0"/>	kN/m

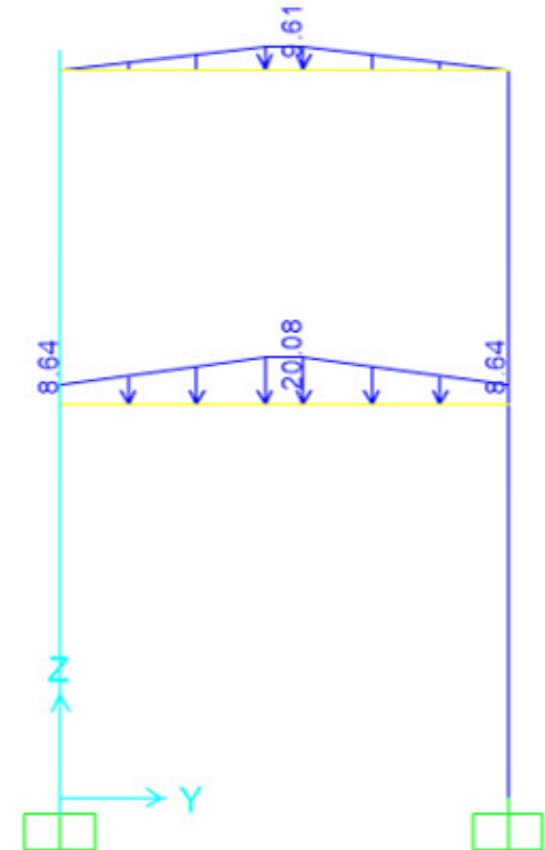
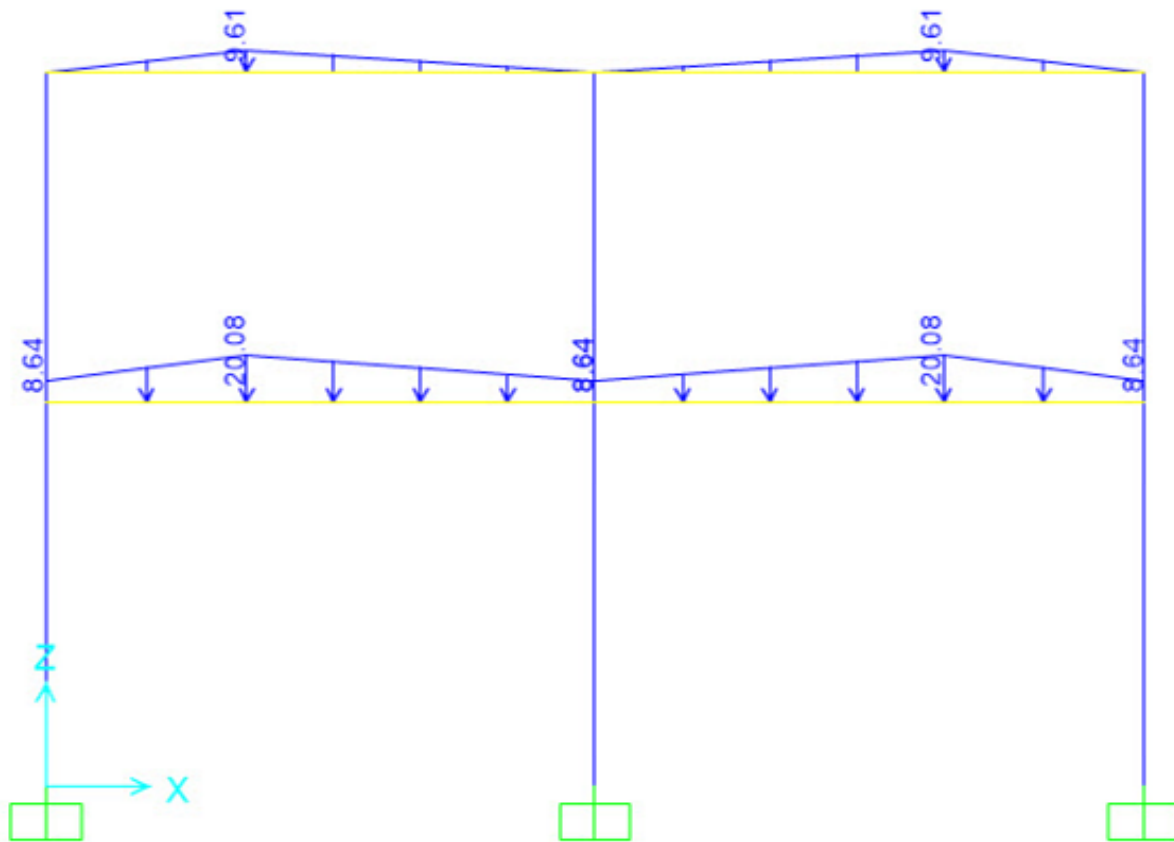
Relative Distance from End-I       Absolute Distance from End-I

Σημειώνεται, πως οι δοκοί που υπόκεινται στα ίδια φορτία, μπορούν να επιλέγονται συγχρόνως και να επιβάλλονται επ' αυτών τα φορτία, προς επίσπευση της διαδικασίας.

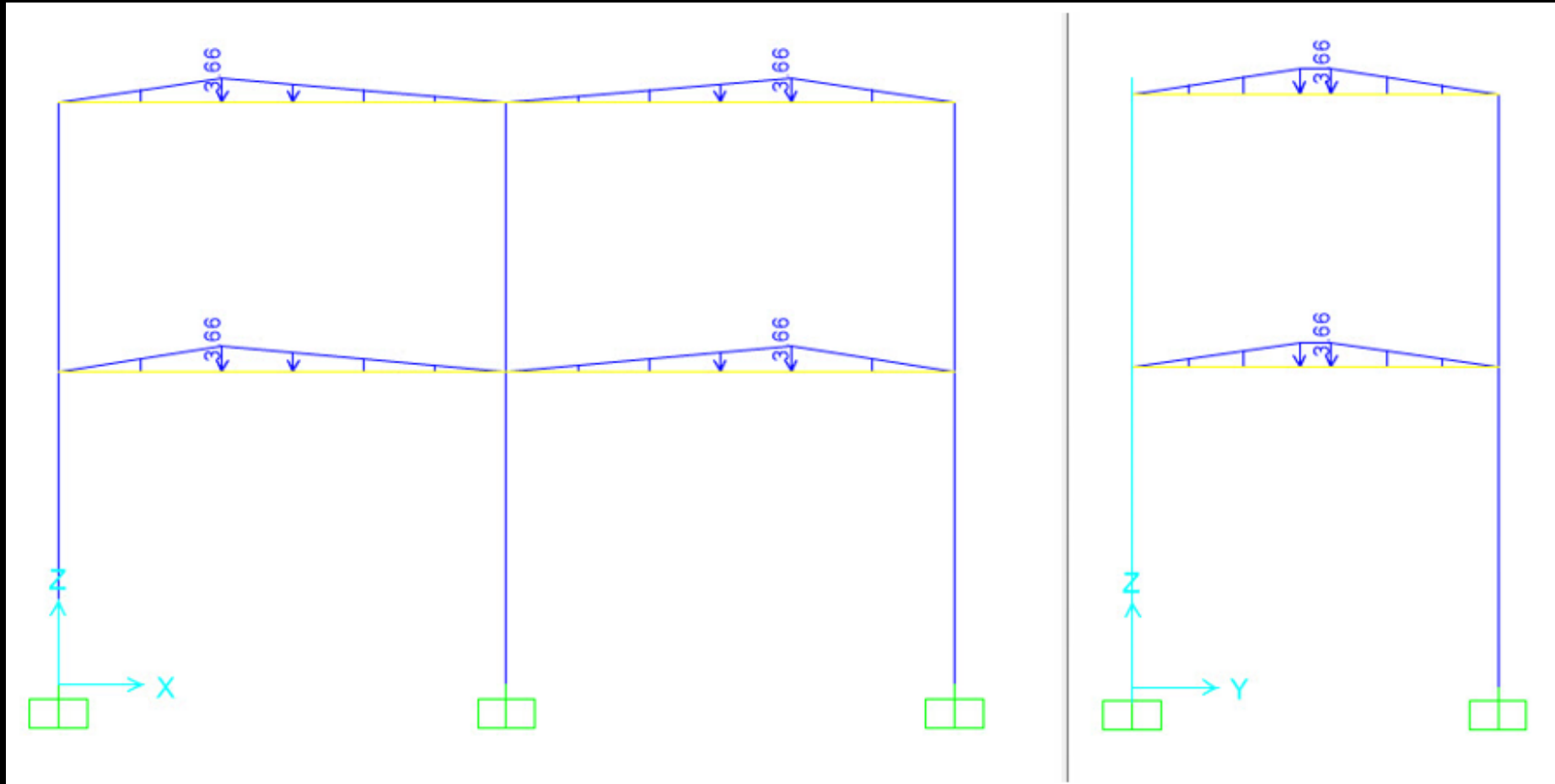
Ενδεικτικά, παρατίθενται δύο σχήματα πλαισίων με τα επιβληθέντα φορτία, όπως αυτά έχουν εξαχθεί από το λογισμικό, όπως φαίνεται στα επόμενα δύο σχήματα.



# Μόνιμα φορτία σε εξωτερικά πλαίσια των κατευθύνσεων X και Y



# Κινητά φορτία σε εξωτερικά πλαίσια των κατευθύνσεων X και Y



## Εκτέλεση στατικών αναλύσεων

Οι στατικές αναλύσεις θα προηγηθούν των φασματικών και των δυναμικών αναλύσεων χρονοϊστορίας.

Επειδή στο προκείμενο παράδειγμα οι σεισμικές μάζες θα εισαχθούν χειρωνακτικά από το χρήστη, πρέπει να εκτελεστούν πρώτα οι στατικές αναλύσεις, ώστε να υπολογιστούν οι σεισμικές μάζες, να ανατεθούν στο προσομοίωμα και σε επόμενο στάδιο να εκτελεστούν οι υπόλοιπες αναλύσεις.

Εάν επιλεγόταν ο αυτοματοποιημένος υπολογισμός των μαζών από το λογισμικό, τότε όλες οι αναλύσεις θα μπορούσαν να εκτελεστούν συγχρόνως.

## Ρύθμιση επιλογών ανάλυσης

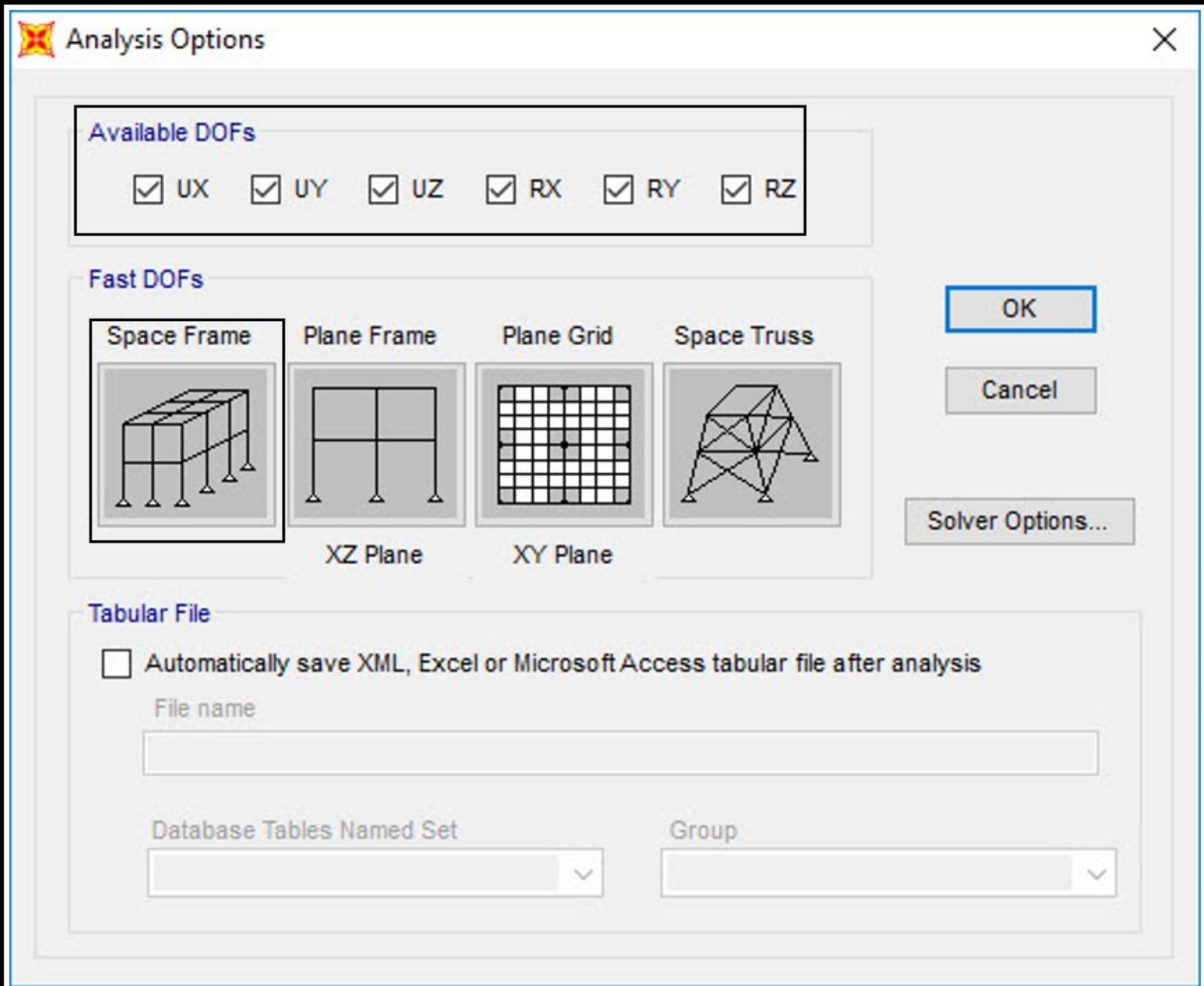
Πριν από την εκτέλεση των αναλύσεων, θα πρέπει να καθοριστούν οι επιλογές της ανάλυσης μέσω των ακόλουθων εντολών:

### **Analyze → Set Analysis Options...**

Έτσι εμφανίζεται το παράθυρο, στο οποίο πρέπει να καθοριστούν οι βαθμοί ελευθερίας που θα ληφθούν υπόψη στην ανάλυση.

Το μελετώμενο προσομοίωμα είναι χωρικό και συνεπώς και οι έξι διαθέσιμοι βαθμοί ελευθερίας θα πρέπει να ληφθούν υπόψη στην ανάλυση. Ως εκ τούτου, στο πεδίο «*Fast DOF's*» επιλέγεται το πρώτο εικονίδιο, με την επωνυμία «*Space Frame*» και αυτόματα ενημερώνεται και το πεδίο «*Available DOF's*», όπου φαίνεται πως ενεργοποιούνται και οι έξι διαθέσιμοι βαθμοί ελευθερίας, τρεις μετατοπισιακοί και τρεις στροφικοί.

Επίσης, παρέχεται στο χρήστη η δυνατότητα επιλογής επιλύτη μέσω του πεδίου «*Solver Options*». Ωστόσο, στο παράδειγμα θα διατηρηθούν οι παρεχόμενες προεπιλογές.

The image shows a software dialog box titled "Analysis Options" with a close button (X) in the top right corner. The dialog is organized into several sections. The "Available DOFs" section contains six checked checkboxes: UX, UY, UZ, RX, RY, and RZ. The "Fast DOFs" section features four icons: "Space Frame" (a 3D rectangular frame), "Plane Frame" (a 2D rectangular frame), "Plane Grid" (a 2D grid), and "Space Truss" (a 3D truss structure). Below the "Plane Frame" and "Plane Grid" icons are the labels "XZ Plane" and "XY Plane" respectively. The "Tabular File" section includes an unchecked checkbox for "Automatically save XML, Excel or Microsoft Access tabular file after analysis", a "File name" text input field, and two dropdown menus labeled "Database Tables Named Set" and "Group". On the right side of the dialog, there are three buttons: "OK", "Cancel", and "Solver Options...".

### Analysis Options

**Available DOFs**

UX    UY    UZ    RX    RY    RZ

**Fast DOFs**

**Space Frame**   **Plane Frame**   **Plane Grid**   **Space Truss**

XZ Plane   XY Plane

**Tabular File**

Automatically save XML, Excel or Microsoft Access tabular file after analysis

File name

Database Tables Named Set   Group

OK   Cancel   Solver Options...

Στη συνέχεια με την εφαρμογή των κατωτέρω εντολών ή πληκτρολογώντας «F5», παρουσιάζεται το παράθυρο της ανάλυσης, όπως φαίνεται στο επόμενο σχήμα.


Επιλέγονται οι στατικές περιπτώσεις φόρτισης και με αριστερό κλικ στην επιλογή «*Run/Do Not Run Case*» καθορίζεται η εκτέλεση μόνο των επιλεχθεισών περιπτώσεων. Στη στήλη που τιτλοφορείται «*Action*», πρέπει, για τις περιπτώσεις που θα επιλυθούν, να σημειώνεται «*Run*».

Επιπρόσθετα, στο πεδίο «*Analysis Monitor Options*» ενεργοποιείται η επιλογή «*Always Show*», με την οποία εμφανίζεται ένα παράθυρο με χρήσιμες πληροφορίες για τις εκτελεσθείσες αναλύσεις.

Οι χρήστες ενθαρρύνονται να συμβουλεύονται το συγκεκριμένο παράθυρο, ώστε να ενημερώνονται για τυχόν δομικές αστάθειες και άλλα προβλήματα, που ενδεχομένως να ανακύπτουν κατά την επίλυση.

Με την επιλογή «*Run Now*» (επόμενο σχήμα) δίδεται η εντολή εκτέλεσης των αναλύσεων.

## Καθορισμός περιπτώσεων φόρτισης προς ανάλυση

 Set Load Cases to Run ✕

Case Name	Type	Status	Action
Idiobaros	Linear Static	Not Run	Run
MODAL	Modal	Not Run	Do Not R
Monimo	Linear Static	Not Run	Run
Kinito	Linear Static	Not Run	Run
Ex_spectrum	Response Spectrum	Not Run	Do Not R
Ey_spectrum	Response Spectrum	Not Run	Do Not R
Ex_time	Linear Modal History	Not Run	Do Not R
Ey_time	Linear Modal History	Not Run	Do Not R
1.00Ex+0.30Ey	Response Spectrum	Not Run	Do Not R
1.00Ex-0.30Ey	Response Spectrum	Not Run	Do Not R
-1.00Ex+0.30Ey	Response Spectrum	Not Run	Do Not R

**Click to:**

Model-Alive

**Analysis Monitor Options**

Always Show

Never Show

Show After  seconds

## Εξαγωγή ενδεικτικών αποτελεσμάτων

Η εξαγωγή και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων είναι η διαδικασία που έπεται της διεξαγωγής των αναλύσεων. Κατά συνέπεια, είναι απαραίτητο ο χρήστης να εξοικειωθεί με τις διαδικασίες αναπαράστασης και εξαγωγής διάφορων μεγεθών απόκρισης, χρήσιμων για την αποτίμηση της ορθότητας των διεξαχθεισών αναλύσεων και για τη μετεπεξεργασία των αποτελεσμάτων.

Ξεκινώντας από τα διαγράμματα των εντατικών μεγεθών, υποδεικνύεται η διαδικασία αναπαράστασης της καμπτικής ροπής, περί τον άξονα 3, των μελών του φορέα υπό το συνδυασμό “1.35G+1.50Q”.

Μέσω των κάτωθι εντολών ή εναλλακτικά πληκτρολογώντας «F8», ενεργοποιείται το σχετικό παράθυρο, όπως φαίνεται στο επόμενο σχήμα.

**Display → Show Forces/Stresses → Frames/Cables/Tendons...**



## Καθορισμός παραμέτρων αναπαράστασης διαγράμματος καμπτικής ροπής $M_{3-3}$

Αρχικά, επιλέγεται η περίπτωση ή ο συνδυασμός φόρτισης στο πεδίο «*Case/Combo*», όπως φαίνεται στο σχήμα. Καθορίζεται ο τύπος του εντατικού μεγέθους (δύναμη ή τάση) στο πεδίο «*Display Type*», το εντατικό μέγεθος στο πεδίο «*Component*», ο μεγεθυντικός συντελεστής του διαγράμματος στο πεδίο «*Scaling for Diagram*» και κατά πόσο το διάγραμμα θα παρουσιάζεται ποιοτικά ή θα συνοδεύεται από τιμές των εντατικών μεγεθών (*Option for Diagram*). Έτσι ανακύπτει το διάγραμμα που φαίνεται στο επόμενο σχήμα.

Display Frame Forces/Stresses

Case/Combo  
Case/Combo Name: 1.35G+1.50Q

Multivalued Options  
 Envelope (Max or Min)  
 Step: 1

Display Type  
 Force  Stress

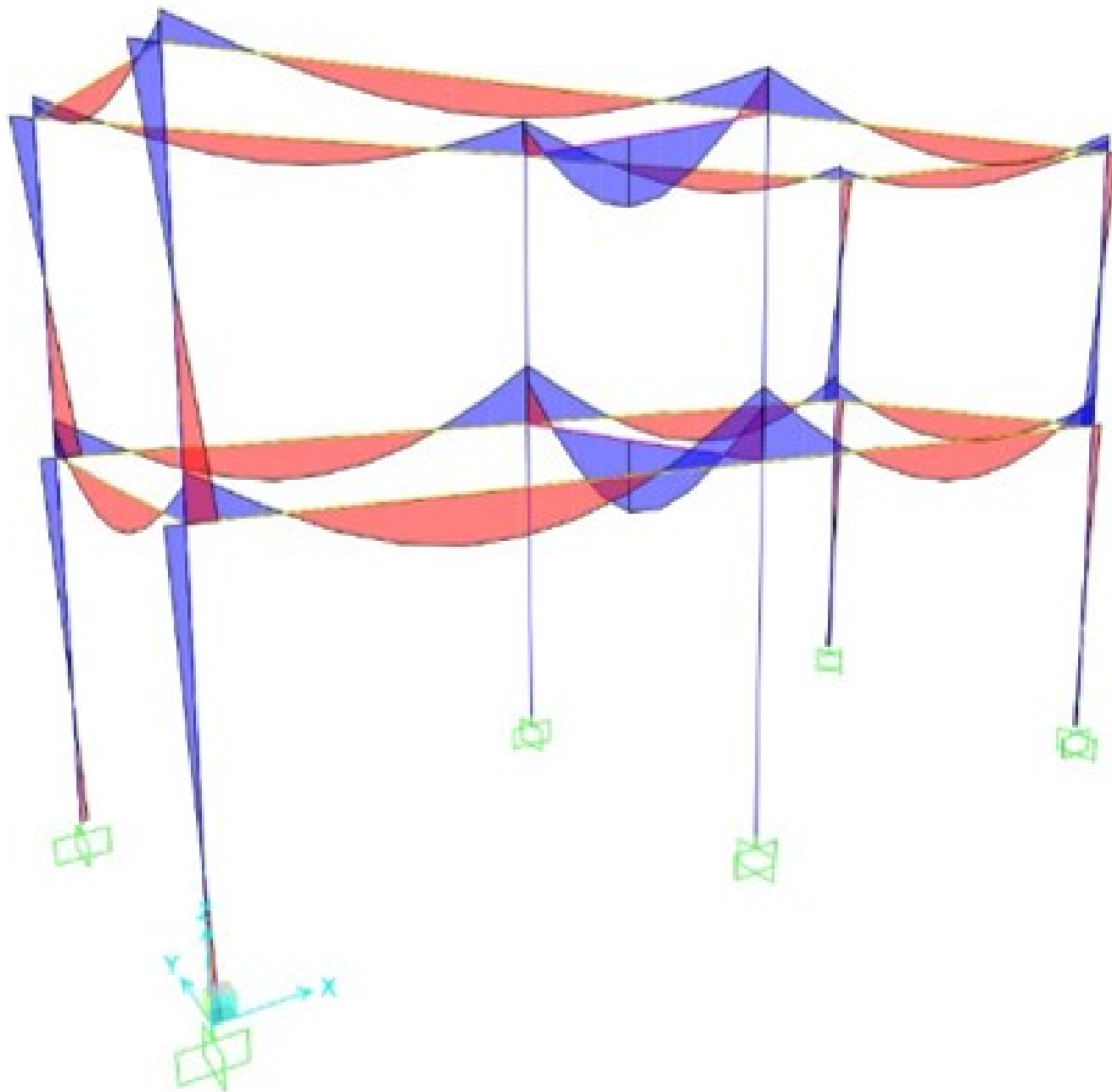
Component  
 Axial Force  Torsion  
 Shear 2-2  Moment 2-2  
 Shear 3-3  Moment 3-3

Scaling for Diagram  
 Automatic  User Defined

Options for Diagram  
 Fill Diagram  Show Values

Reset Form to Default Values  
Reset Form to Current Window Settings  
OK Close Apply

Διάγραμμα  
καμπτικών  
ροπών  
 $M_{3-3}$

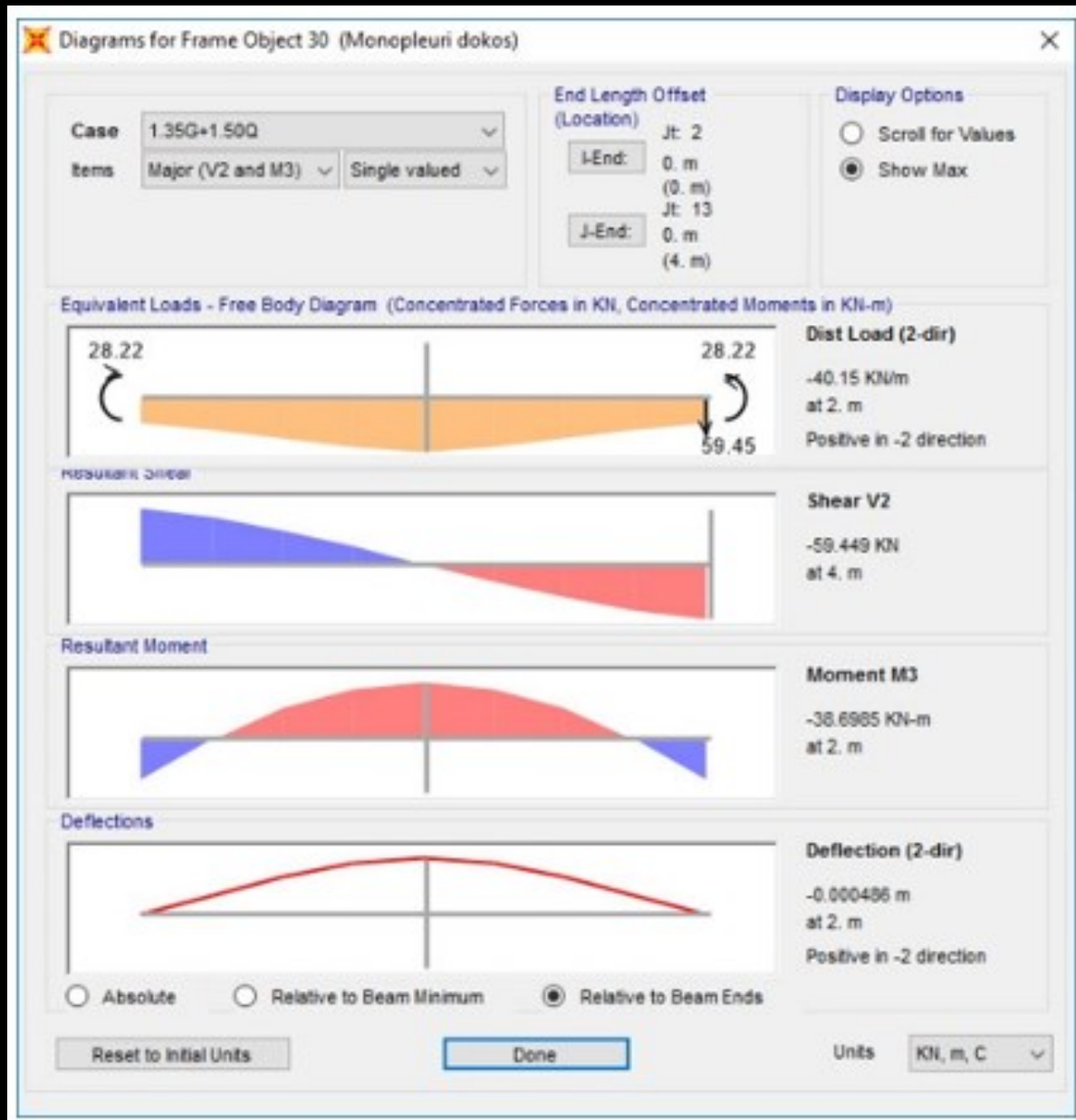


Επίσης, επιλέγοντας με το ποντίκι οποιοδήποτε μέλος και πατώντας το δεξιό κουμπί (δεξί κλικ) εμφανίζεται ο διπλανός πίνακας.

Ο πίνακας παρέχει τα διαγράμματα εντατικών μεγεθών και παραμορφώσεων του μέλους και με τη μετακίνηση του κέρσορα κατά μήκος ενός διαγράμματος παρέχονται οι τιμές του ομόλογου εντατικού μεγέθους κατά μήκος του μέλους.

Επίσης, ανατρέχοντας στο πεδίο «Case» μπορεί να επιλεγεί άλλη περίπτωση ή συνδυασμός φόρτισης ενώ στο πεδίο «Items» επιλέγεται το προβαλλόμενο εντατικό

μέγεθος



*Καθορισμός παραμέτρων  
αναπαράστασης  
διαγράμματος  
παραμόρφωσης φορέα*

Κατόπιν, παρουσιάζεται η  
βύθιση του φορέα, δηλαδή η  
κατακόρυφη μετακίνηση UZ.

Πληκτρολογώντας «F6» ή  
εναλλακτικά ακολουθώντας  
τα παρακάτω βήματα  
ενεργοποιείται το σχετικό  
παράθυρο.

**Display → Show Deformed  
Shape...**

**Display Deformed Shape**

Case/Combo  
Case/Combo Name: 1.35G+1.50Q

Multivalued Options  
 Envelope (Max or Min)  
 Step: 1

Scaling  
 Automatic  
 User Defined: 1000

Contour Options  
 Draw Contours on Objects  
Contour Component: Uz  
 Show Continuous Contours  
 Automatic  User Defined  
Minimum Value for User Contour Range:   
Maximum Value for User Contour Range:

Options  
 Wire Shadow  
 Cubic Curve

Reset Form to Default Values  
Reset Form to Current Window Settings  
OK Close Apply

Πρώτα, ορίζεται η περίπτωση ή ο συνδυασμός φόρτισης στο πεδίο «*Case/Combo*», όπως φαίνεται στο σχήμα.

Στο πεδίο «*Scaling*» ορίζεται ο μεγεθυντικός συντελεστής του διαγράμματος, που στην προκειμένη περίπτωση ορίζεται από το χρήστη. Στο πεδίο «*Contour Options*» ενεργοποιείται η επιλογή «*Draw Contours on Objects*» και επιλέγεται ως «*Contour Component*» η κατακόρυφη μετακίνηση  $U_z$ . Εν τέλει, στο πεδίο «*Options*» ενεργοποιούνται και οι δύο επιλογές, ώστε στο διάγραμμα να αναπαρίσταται η απαραμόρφωτη θέση του φορέα (*Wire Shadow*) και οι παραμορφώσεις των μελών καθ' όλο το μήκος τους (*Cubic Curve*).

Display Deformed Shape

Case/Combo  
Case/Combo Name: 1.35G+1.50Q

Multivalued Options  
 Envelope (Max or Min)  
 Step: 1

Scaling  
 Automatic  
 User Defined: 1000

Contour Options  
 Draw Contours on Objects  
Contour Component: Uz  
 Show Continuous Contours  
 Automatic  User Defined  
Minimum Value for User Contour Range:   
Maximum Value for User Contour Range:

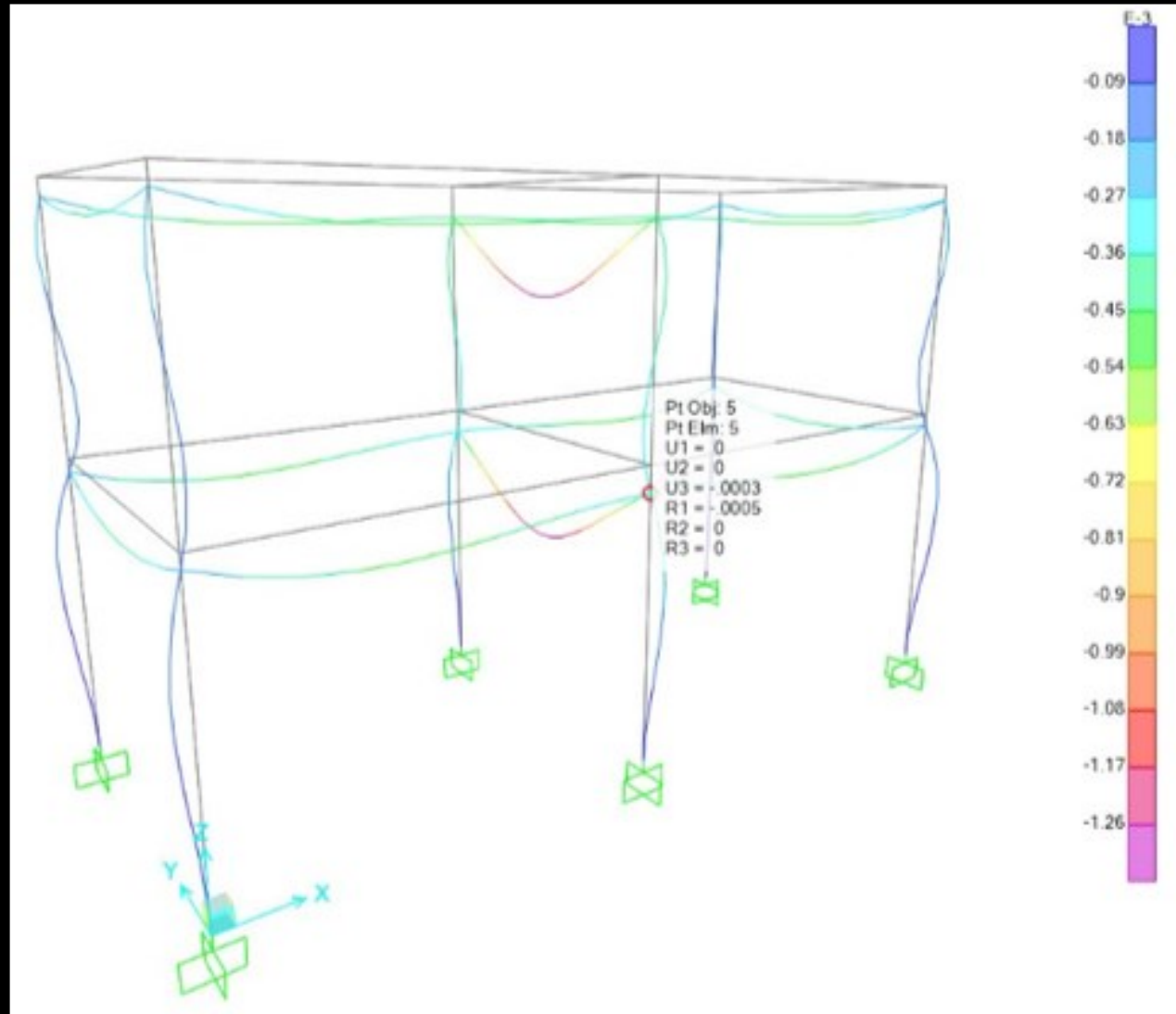
Options  
 Wire Shadow  
 Cubic Curve

Reset Form to Default Values  
Reset Form to Current Window Settings  
OK Close Apply

Στο διάγραμμα που ανακλύπτει, παρουσιάζεται χρωματικά βαθμονομημένη η κατακόρυφη μετακίνηση  $U_Z$  του φορέα και στο δεξί τμήμα απεικονίζεται μία στήλη με την ποσοτικοποίηση της χρωματικής διαβάθμισης.

Οι μονάδες μέτρησης είναι σύμφωνες με τις μονάδες του γενικού μοντέλου, δηλαδή οι μετακινήσεις δίδονται σε  $m$  και οι στροφές σε  $rad$ .

Επίσης, κατευθύνοντας τον κέρσορα σε έναν κόμβο του φορέα, τότε εμφανίζεται ένας πίνακας με τις μετακινήσεις του συγκεκριμένου κόμβου.



## *Εξαγωγή αντιδράσεων στηρίξεων σε πινακοποιημένη μορφή*

Στη συνέχεια παρουσιάζεται ο τρόπος εξαγωγής των αντιδράσεων των στηρίξεων του φορέα. Πληκτρολογώντας «Ctrl+T» ή εναλλακτικά ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα ενεργοποιείται το σχετικό παράθυρο, όπως παρουσιάζεται στο επόμενο σχήμα.

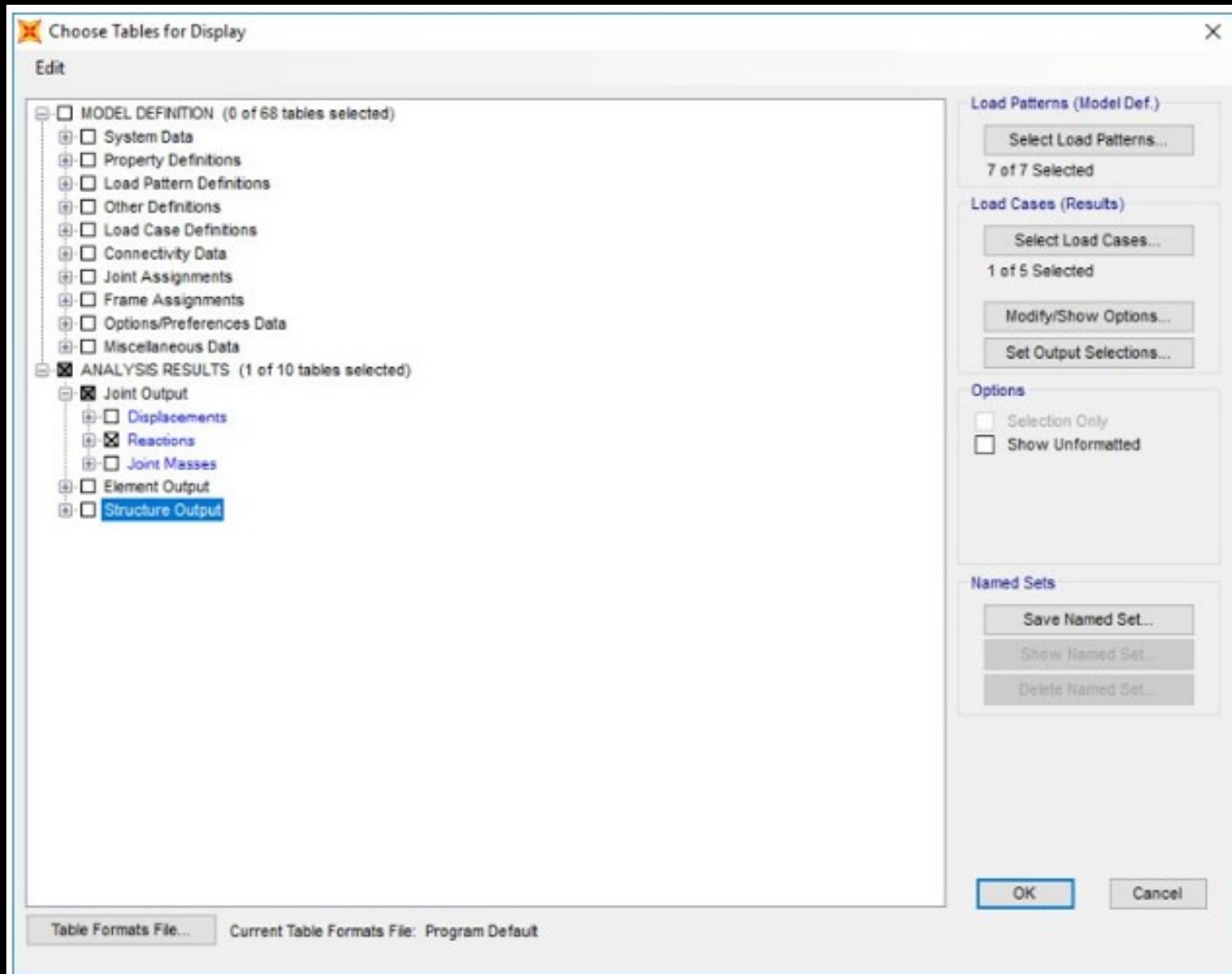
Στα πεδία «*Load Patterns*» και «*Load Cases*» ορίζονται οι τύποι, περιπτώσεις και συνδυασμοί φόρτισης διά τα οποία επιθυμούμε να εξαχθούν τα εντατικά μεγέθη.

Στο δένδροδιάγραμμα του σχήματος αναπτύσσεται ο κλάδος «*Analysis Results*» και ακολούθως οι υποκλάδοι «*Joint Output*» και «*Reactions*».

***Display → Show Tables...***

Εξαγωγή  
αντιδράσεων  
στηρίξεων σε  
πινακοποιημένη  
μορφή:

Ο πίνακας που  
προκύπτει  
περιέχει τις  
αντιδράσεις των  
έξι στηρίξεων  
του φορέα, ο  
οποίος μπορεί  
να εξαχθεί και  
σε αρχείο  
Excel.





# Πίνακας αντιδράσεων στηρίξεων

Joint Reactions

File View Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted

Filter: Joint Reactions

	Joint Text	OutputCase	CaseType Text	F1 KN	F2 KN	F3 KN	M1 KN-m	M2 KN-m	M3 KN-m
▶	1	1.35G+1.50Q	Combination	6.473	4.734	233.069	-5.4193	7.4098	5.992E-16
	4	1.35G+1.50Q	Combination	-1.176E-14	8.262	469.725	-9.4575	-8.564E-15	5.992E-16
	7	1.35G+1.50Q	Combination	-6.473	4.734	233.069	-5.4193	-7.4098	5.992E-16
	12	1.35G+1.50Q	Combination	6.473	-4.734	233.069	5.4193	7.4098	5.992E-16
	15	1.35G+1.50Q	Combination	1.152E-14	-8.262	469.725	9.4575	8.36E-15	5.992E-16
	18	1.35G+1.50Q	Combination	-6.473	-4.734	233.069	5.4193	-7.4098	5.992E-16

Record: << < 1 > >> of 6

Add Tables... Done

## Υπολογισμός σεισμικών μαζών

Οι σεισμικές μάζες θα προσδιοριστούν από τις αξονικές δυνάμεις που προκύπτουν υπό το συνδυασμό “G+0.3Q”.

Ως εκ τούτου, θα πρέπει να παρουσιαστούν οι αξονικές δυνάμεις των υποστυλωμάτων, με τις παρακάτω εντολές ή εναλλακτικά πληκτρολογώντας «F8».

Στο αναδυόμενο παράθυρο (όπως παρουσιάζεται στο επόμενο σχήμα), επιλέγεται ο συγκεκριμένος συνδυασμός φόρτισης, το εντατικό μέγεθος και ενεργοποιείται η επιλογή «*Show Values*» στο πεδίο «*Options for Diagram*», ώστε στο διάγραμμα εντατικών μεγεθών να σημειώνονται και οι τιμές τους.

**Display → Show Forces/Stresses → Frames/Cables/Tendons...**

Καθορισμός  
επιδεικνυόμενων  
εντατικών μεγεθών

Επιλέγεται ο  
συγκεκριμένος  
συνδυασμός  
φόρτισης, το εντατικό  
μέγεθος και  
ενεργοποιείται η  
επιλογή «*Show  
Values*» στο πεδίο  
«*Options for  
Diagram*», ώστε στο  
διάγραμμα εντατικών  
μεγεθών να  
σημειώνονται και οι  
τιμές τους.

Display Frame Forces/Stresses

Case/Combo  
Case/Combo Name 1.00G+0.30Q

Multivalued Options  
 Envelope (Max or Min)  
 Step 1

Display Type  
 Force  Stress

Component  
 Axial Force  Torsion  
 Shear 2-2  Moment 2-2  
 Shear 3-3  Moment 3-3

Scaling for Diagram  
 Automatic  User Defined

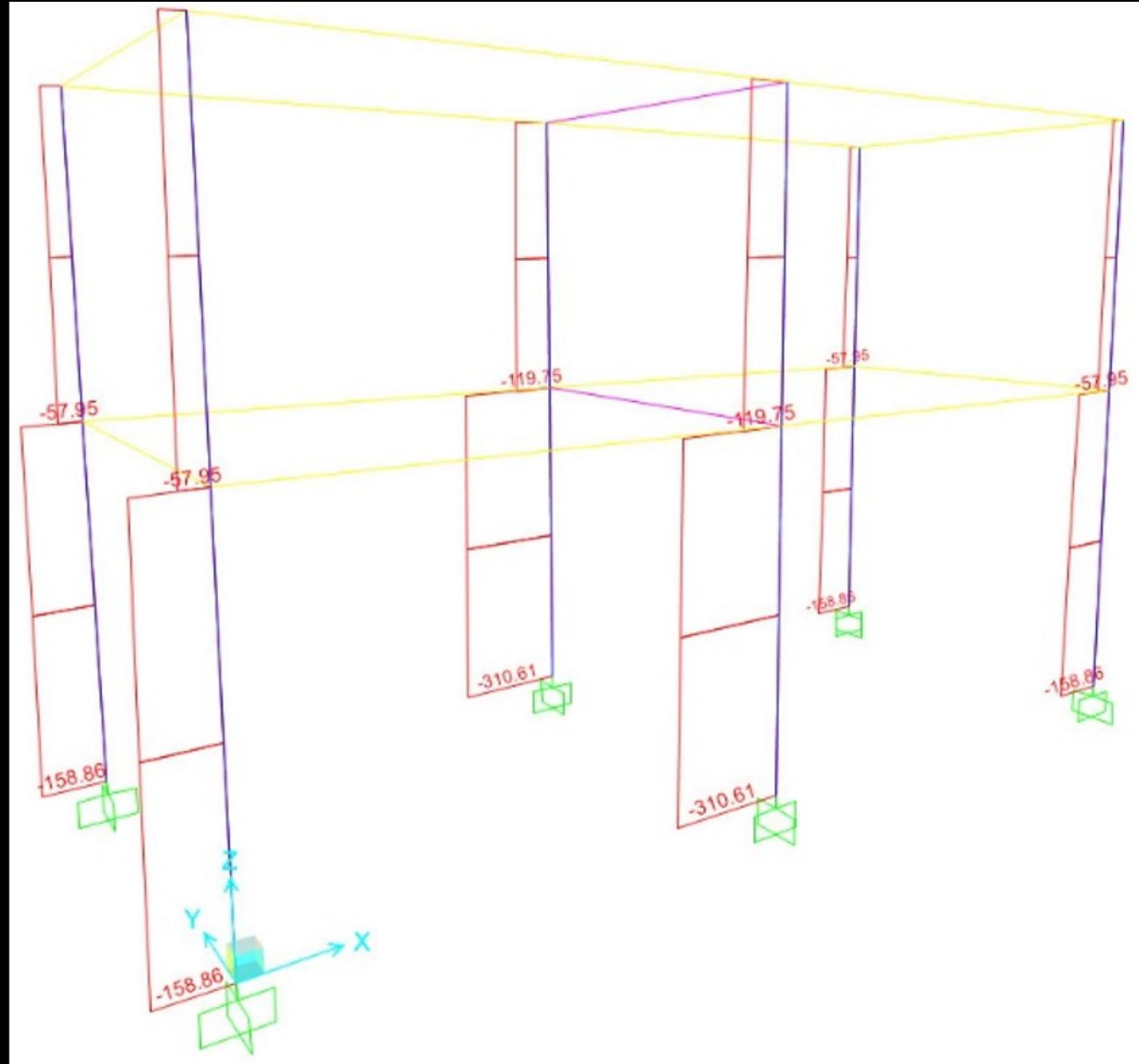
Options for Diagram  
 Fill Diagram  Show Values

Reset Form to Default Values  
Reset Form to Current Window Settings  
OK Close Apply

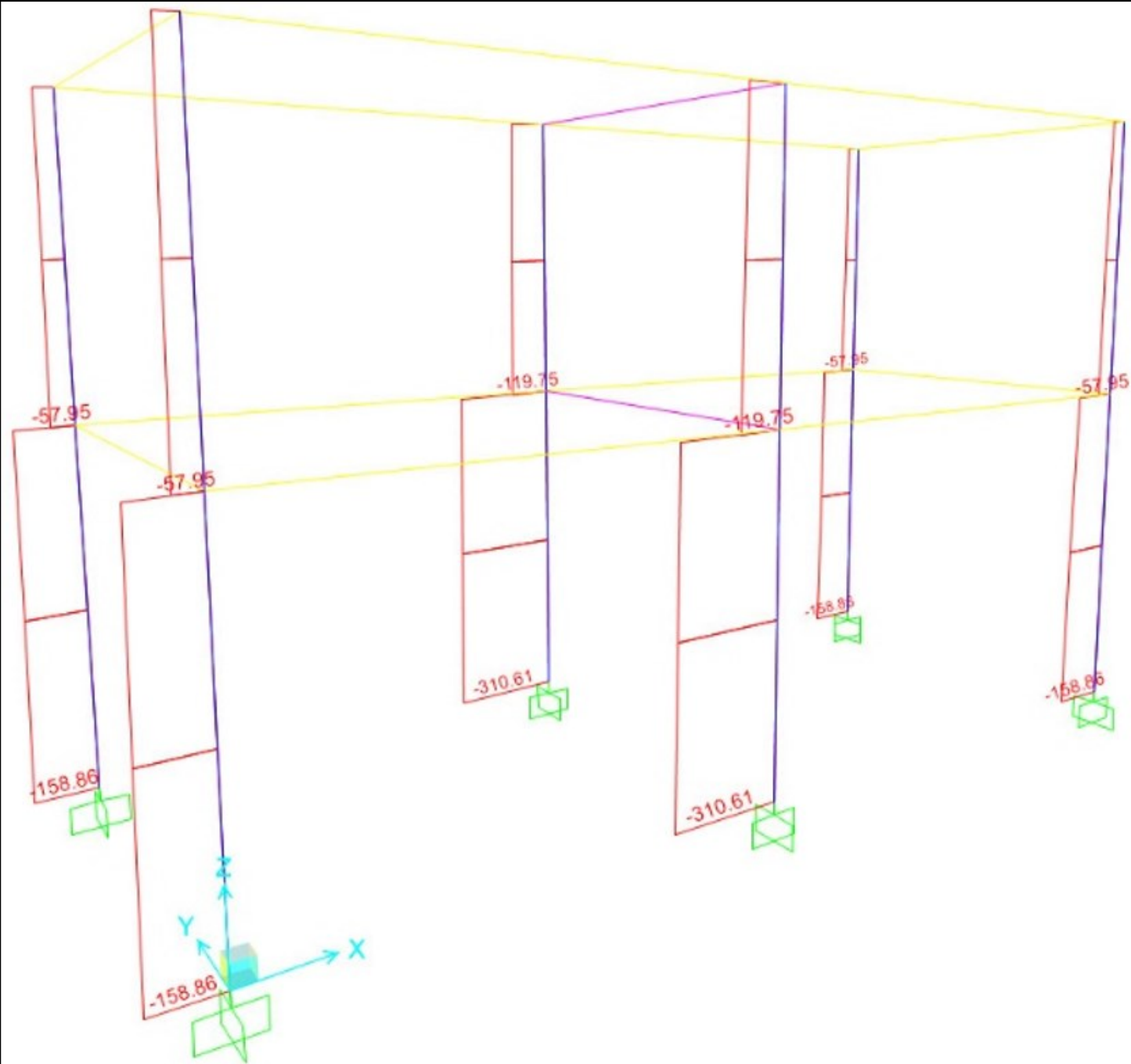
Από το διάγραμμα αξονικών δυνάμεων, υπολογίζεται το συνολικό αξονικό φορτίο στη βάση των υποστυλωμάτων του κάθε ορόφου.

Οι μάζες του δευτέρου ορόφου υπολογίζονται βάσει του αθροίσματος των αξονικών δυνάμεων στη βάση των υποστυλωμάτων του ομόλογου ορόφου.

Οι μάζες του πρώτου ορόφου υπολογίζονται βάσει της διαφοράς της συνολικής αξονικής δύναμης στη βάση των υποστυλωμάτων πρώτου και δευτέρου ορόφου.



Αξονικές  
δυνάμεις  
υπό το  
συνδυασμό  
 $1.0G+0.3Q$



Οι υπολογισμοί των μεταφορικών σεισμικών μαζών έχουν ως ακολούθως:

$$\text{Μεταφορική μάζα } 2^{\text{ου}} \text{ ορόφου} = \frac{471.30 \text{ kN}}{g} = 48.04 \text{ tons}$$

$$\text{Μεταφορική μάζα } 1^{\text{ου}} \text{ ορόφου} = \frac{1256.66 \text{ kN} - 471.30 \text{ kN}}{g} = 80.06 \text{ tons}$$

Οι υπολογισμοί των στροφικών σεισμικών μαζών, που συναρτώνται των μεταφορικών μαζών και των διαστάσεων της κάτοψης του ορόφου,  $a$  και  $b$ , έχουν ως ακολούθως:

$$\text{Στροφική μάζα } 2^{\text{ου}} \text{ ορόφου} = \frac{1}{12} \cdot \text{μάζα } 2^{\text{ου}} \text{ ορόφου} \cdot (a^2 + b^2)$$

$$\Rightarrow \text{Στροφική μάζα } 2^{\text{ου}} \text{ ορόφου} = \frac{1}{12} \cdot 48.04 \cdot (10^2 + 4^2) = 464.39 \text{ tons} \cdot \text{m}^2$$

$$\text{Στροφική μάζα } 1^{\text{ου}} \text{ ορόφου} = \frac{1}{12} \cdot \text{μάζα } 1^{\text{ου}} \text{ ορόφου} \cdot (a^2 + b^2)$$

$$\Rightarrow \text{Στροφική μάζα } 1^{\text{ου}} \text{ ορόφου} = \frac{1}{12} \cdot 80.06 \cdot (10^2 + 4^2) = 773.91 \text{ tons} \cdot \text{m}^2$$

## Ανάθεση σεισμικών μαζών

Στο παράδειγμα οι σεισμικές μάζες προσεγγίζονται με μοντέλο συγκεντρωμένων μαζών, δηλαδή ανατίθενται στο κέντρο μάζας του κάθε ορόφου, το οποίο για το εξεταζόμενο κτήριο συμπίπτει με το γεωμετρικό κέντρο του ορόφου.

Κατά συνέπεια, στη στάθμη του πρώτου και του δευτέρου ορόφου πρέπει να εισαχθεί ένας επιπρόσθετος κόμβος στο μέσο των δοκών Δ1-4 και Δ2-4 αντιστοίχως. Προς τούτο, εκτελούνται οι ακόλουθες εντολές:

### **Draw → Draw Special Joint**

Με αριστερό κλικ στο μέσο της δοκού εισάγεται ο κεντρικός κόμβος (με ενεργοποιημένη την έλξη για ακραία και μεσαία σημεία).

Αφού επιλεγεί ένας νεοεισαχθείς κόμβος και τηρώντας τα κατωτέρω βήματα θα ανατεθεί η μάζα στον επιλεχθέντα κόμβο:

### **Assign → Joint → Masses...**

Στο αναδυόμενο παράθυρο, στο πεδίο «Specify Joint Mass», επιλέγεται οι επικόμβιες μάζες να εισαχθούν ως μάζες, παρά το ότι θα μπορούσαν να καταχωρηθούν και ως βάρη.

Επιλέγεται το καθολικό σύστημα συντεταγμένων (*Global*) και στο πεδίο «Mass» καταχωρίζονται οι υπολογισθείσες μάζες, οι μεταφορικές κατά τις διευθύνσεις X και Y και η στροφική κατά τη διεύθυνση Z.

Στους δύο εισαχθέντες κόμβους, αφού ανατεθούν οι σεισμικές μάζες, θα πρέπει επίσης να ανατεθεί και ο διαφραγματικός περιορισμός του αντίστοιχου ορόφου.

Assign Joint Masses

Specify Joint Mass

As Mass

As Weight

As Volume and Material Property

Material + 4000Psi

Mass Coordinate System

Direction GLOBAL

Mass

Translation Global X 48.04 ton

Translation Global Y 48.04 ton

Translation Global Z 0 ton

Mass Moment of Inertia

Rotation about Global X 0 ton-m<sup>2</sup>

Rotation about Global Y 0 ton-m<sup>2</sup>

Rotation about Global Z 464.39 ton-m<sup>2</sup>

Options

Add to Existing Masses

Replace Existing Masses

Delete Existing Masses

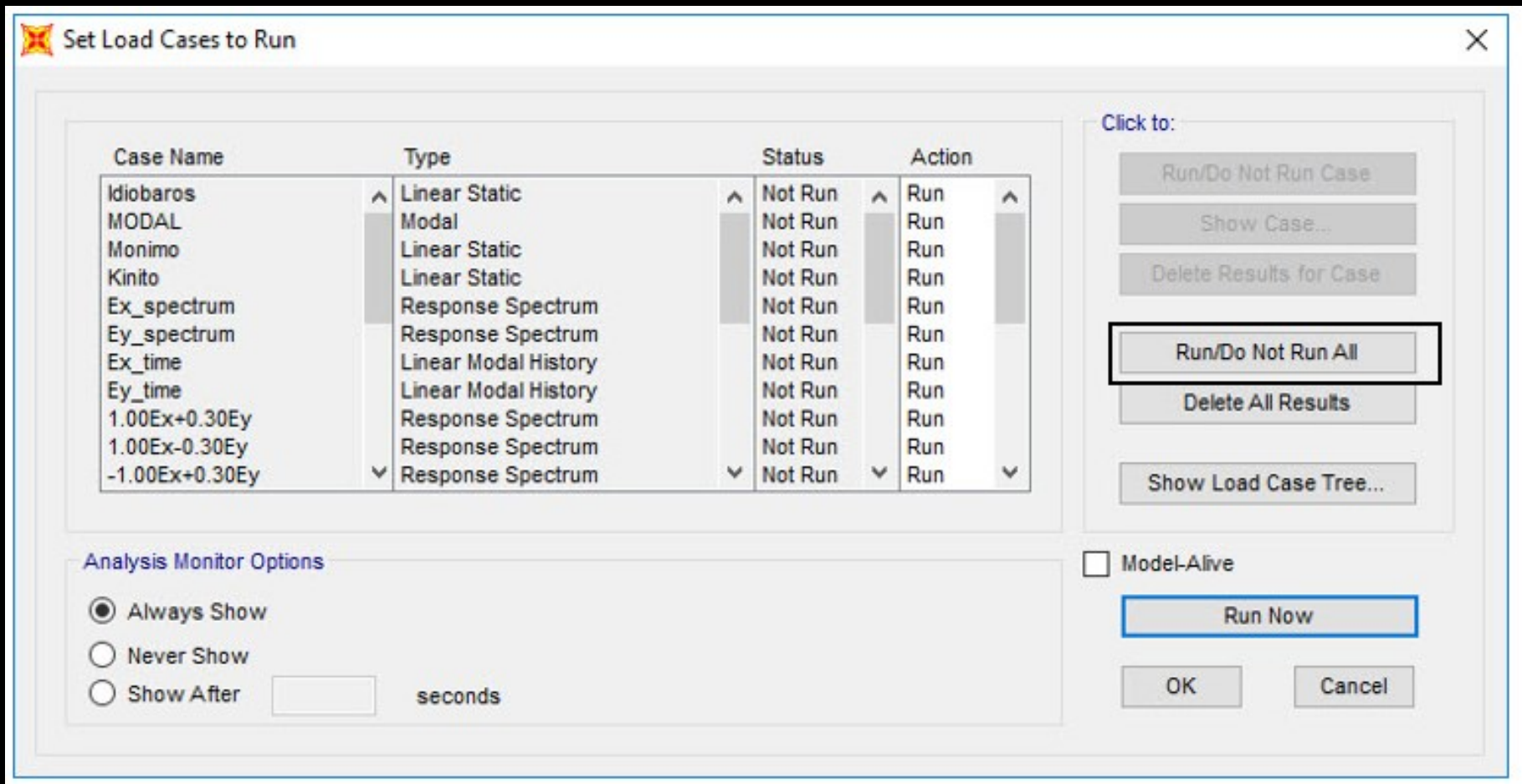
Reset Form to Default Values

OK Close Apply



# Εκτέλεση φασματικών και δυναμικών αναλύσεων χρονοϊστορίας

Αφ' ης στιγμής έχουν ανατεθεί και οι σεισμικές μάζες στο προσομοίωμα, μπορούν να εκτελεστούν. Συνεπώς, πληκτρολογείται «F5» και εμφανίζεται το παράθυρο της ανάλυσης, όπου με την επιλογή «Run/Do Not Run All» καθορίζεται η εκτέλεση όλων των αναλύσεων.

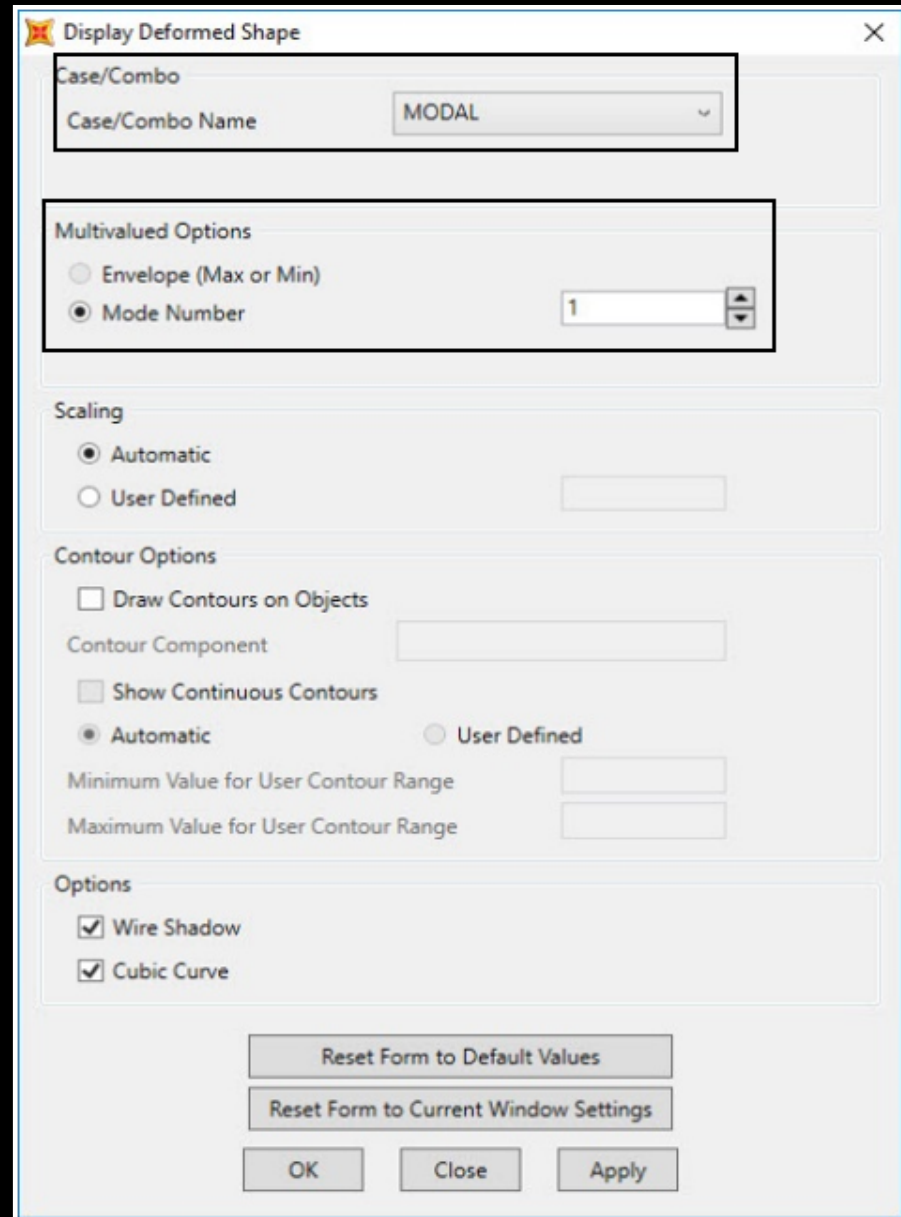


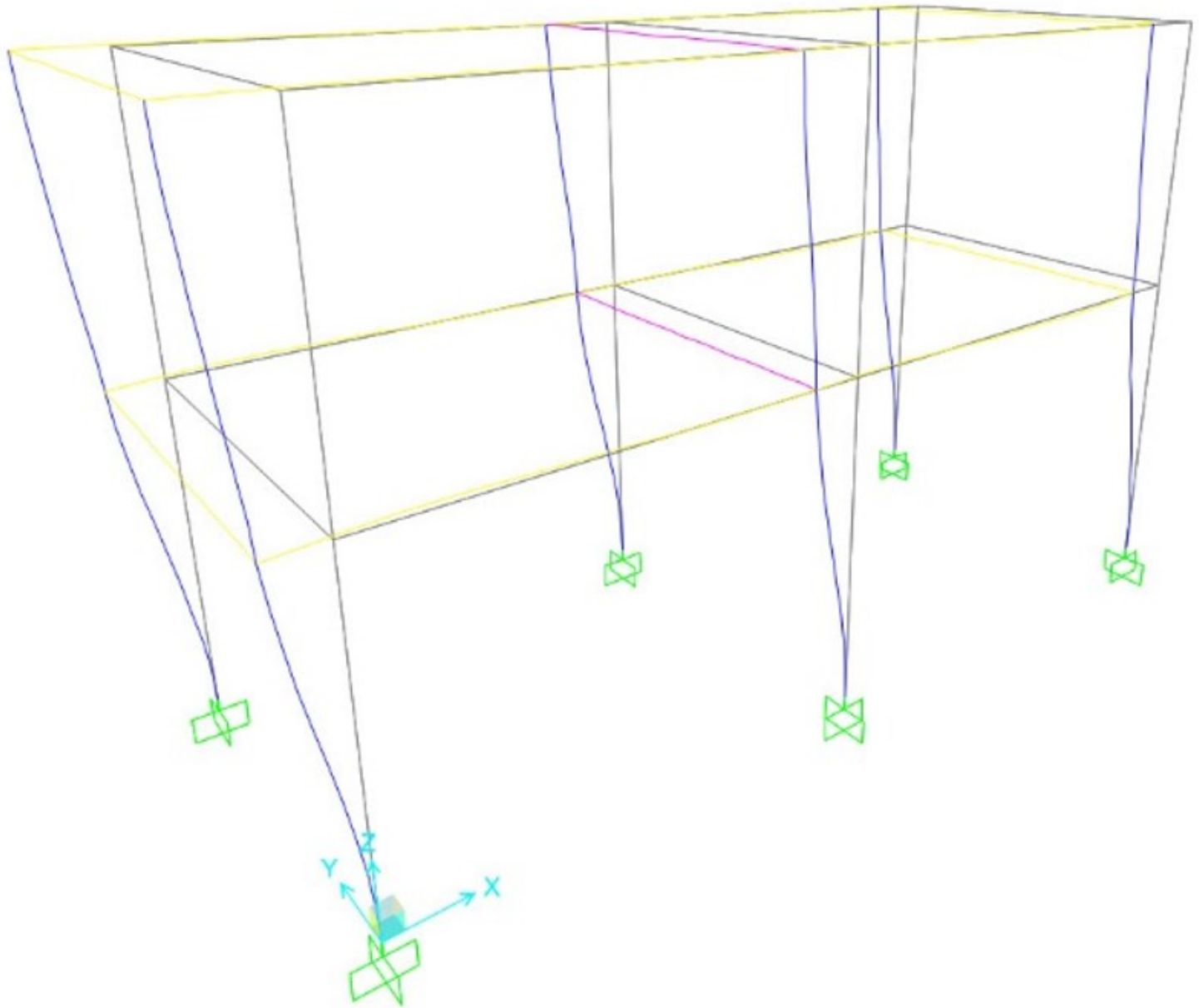
# Εξαγωγή ενδεικτικών αποτελεσμάτων ιδιομορφικής ανάλυσης

Καθορισμός παραμέτρων αναπαράστασης διαγράμματος παραμόρφωσης φορέα.

Για την παρουσίαση των ιδιομορφών πληκτρολογείται «F6» και εμφανίζεται το διπλανό παράθυρο.

Στο πεδίο «*Case/Combo*» επιλέγεται η περίπτωση φόρτισης «*MODAL*» και ακολούθως στο πεδίο «*Multivalued Options*» ορίζεται η προς αναπαράσταση ιδιομορφή.

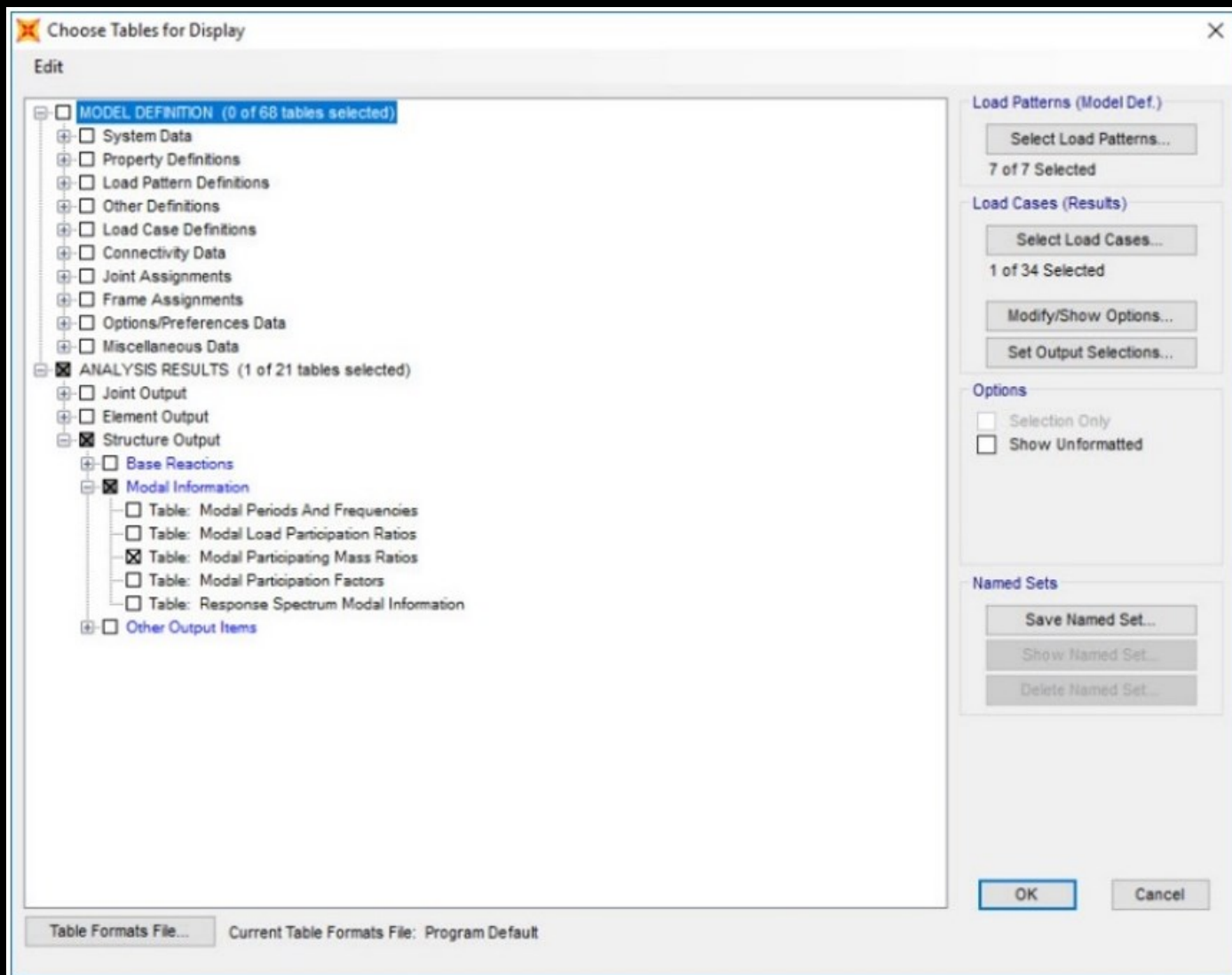




Η πρώτη  
ιδιομορφή  
όπως φαίνεται  
στο σχήμα  
είναι  
μετατοπισιακή  
κατά τη  
διεύθυνση X.

Στο άνω μέρος  
του  
παραθύρου  
καταγράφεται  
η τιμή της  
αντίστοιχης  
ιδιοπεριόδου  
και της  
φυσικής  
ιδιοσυχνότητας

Οι συντελεστές συμμετοχής της μάζας (*Modal Participating Mass Ratios*) των έξι ιδιομορφών εξάγονται πληκτρολογώντας «Ctrl+T» και έτσι ανακύπτει το παράθυρο που απεικονίζεται στο σχήμα. Στο δένδροδιάγραμμα του σχήματος αναπτύσσεται ο κλάδος «Analysis Results» και ακολούθως οι υποκλάδοι «Modal Information» και «Modal Participating Mass Ratios».



Έτσι, ανακλύπτει ο πίνακας που φαίνεται στο πιο κάτω σχήμα και ο οποίος περιλαμβάνει τους συντελεστές συμμετοχής της μάζας στις έξι ιδιομορφές, απ' όπου μπορεί να διακριβωθεί η συμμετοχή της κάθε ιδιομορφής στις μετακινήσεις του φορέα.

Modal Participating Mass Ratios

File View Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Modal Participating Mass Ratios

Filter:

	OutputCase	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	UX Unitless	UY Unitless	UZ Unitless	SumUX Unitless	SumUY Unitless	SumUZ Unitless	RX Unitless	RY Unitless	RZ Unitless	SumRX Unitless	SumRY Unitless	SumRZ Unitless
▶	MODAL	Mode	1	0.362932	0.96264	0	0	0.96264	0	0	0	0.03736	0	0	0.03736	0
	MODAL	Mode	2	0.360474	0	0.96335	0	0.96264	0.96335	0	0.03665	0	0	0.03665	0.03736	0
	MODAL	Mode	3	0.246575	0	0	0	0.96264	0.96335	0	0	0	0.96288	0.03665	0.03736	0.96288
	MODAL	Mode	4	0.122827	0.03736	0	0	1	0.96335	0	0	0.96264	0	0.03665	1	0.96288
	MODAL	Mode	5	0.122122	0	0.03665	0	1	1	0	0.96335	0	0	1	1	0.96288
	MODAL	Mode	6	0.083473	0	0	0	1	1	0	0	0	0.03712	1	1	1

Record: << < 1 > >> of 6

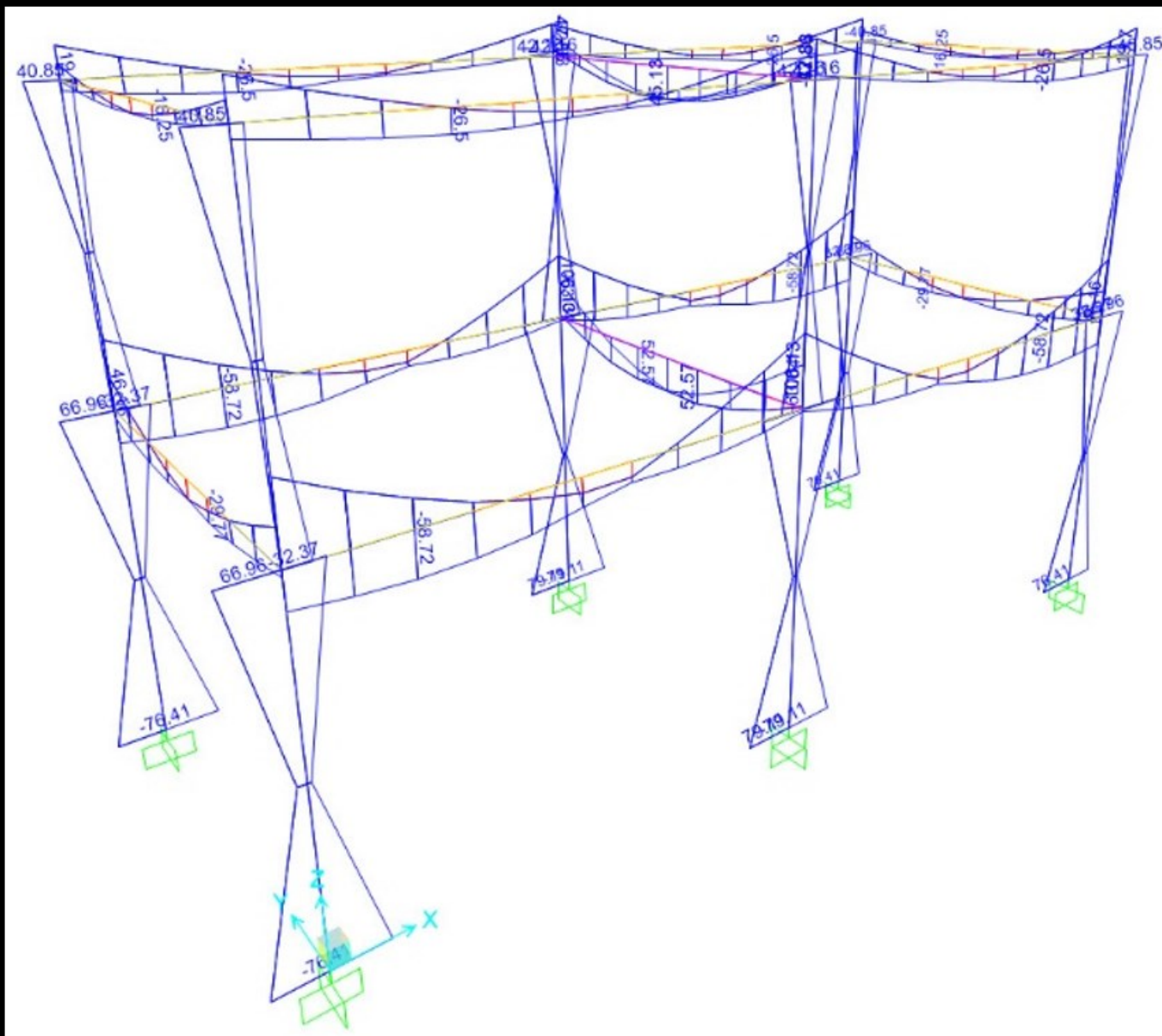
Add Tables... Done

*Πίνακας συντελεστών συμμετοχής μάζας*

# Εξαγωγή ενδεικτικών αποτελεσμάτων φασματικών αναλύσεων

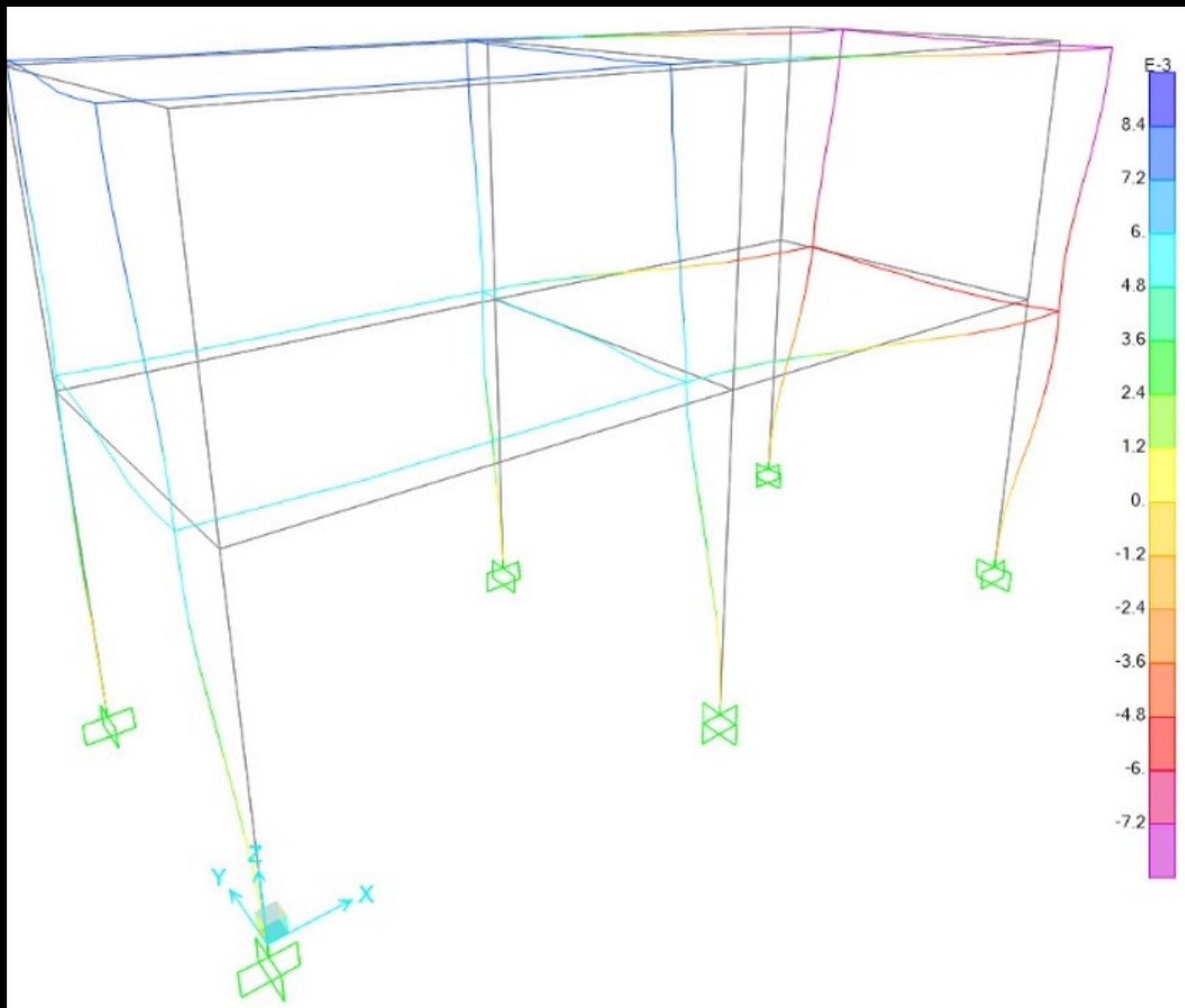
Η εξαγωγή των διαγραμμάτων των εντατικών μεγεθών διενεργείται με τον ίδιο τρόπο που εφαρμόστηκε και για τις αναλύσεις υπό στατικά φορτία.

Στο πιο διπλανό σχήμα αναπαρίσταται το διάγραμμα καμπτικών ροπών  $M_{3-3}$ , υπό το συνδυασμό “ $G+0.3Q+E_x+0.3E_y$ ”



Ακολουθως, παρουσιάζεται, στο διπλανό σχήμα, η παραμορφωμένη θέση του φορέα υπό το συνδυασμό “ $G+0.3Q+Ex+0.3Ey$ ”, με υποδεικνυμένη την οριζόντια μετακίνηση  $U_y$ .

Η διαδικασία που ακολουθείται είναι η ίδια που εφαρμόστηκε και για την εξαγωγή της παραμορφωμένης θέσης υπό στατικά φορτία.



## Εξαγωγή ενδεικτικών αποτελεσμάτων δυναμικών αναλύσεων

Για τις δυναμικές αναλύσεις χρονοϊστορίας δεν έχουν μορφωθεί συνδυασμοί φόρτισης που να περιλαμβάνουν τις σεισμικές δράσεις σε συνδυασμό με τα μόνιμα και τα κινητά φορτία, λόγω της πολυπλοκότητας που συνοδεύει τον καθορισμό τέτοιων συνδυασμών στο λογισμικό.

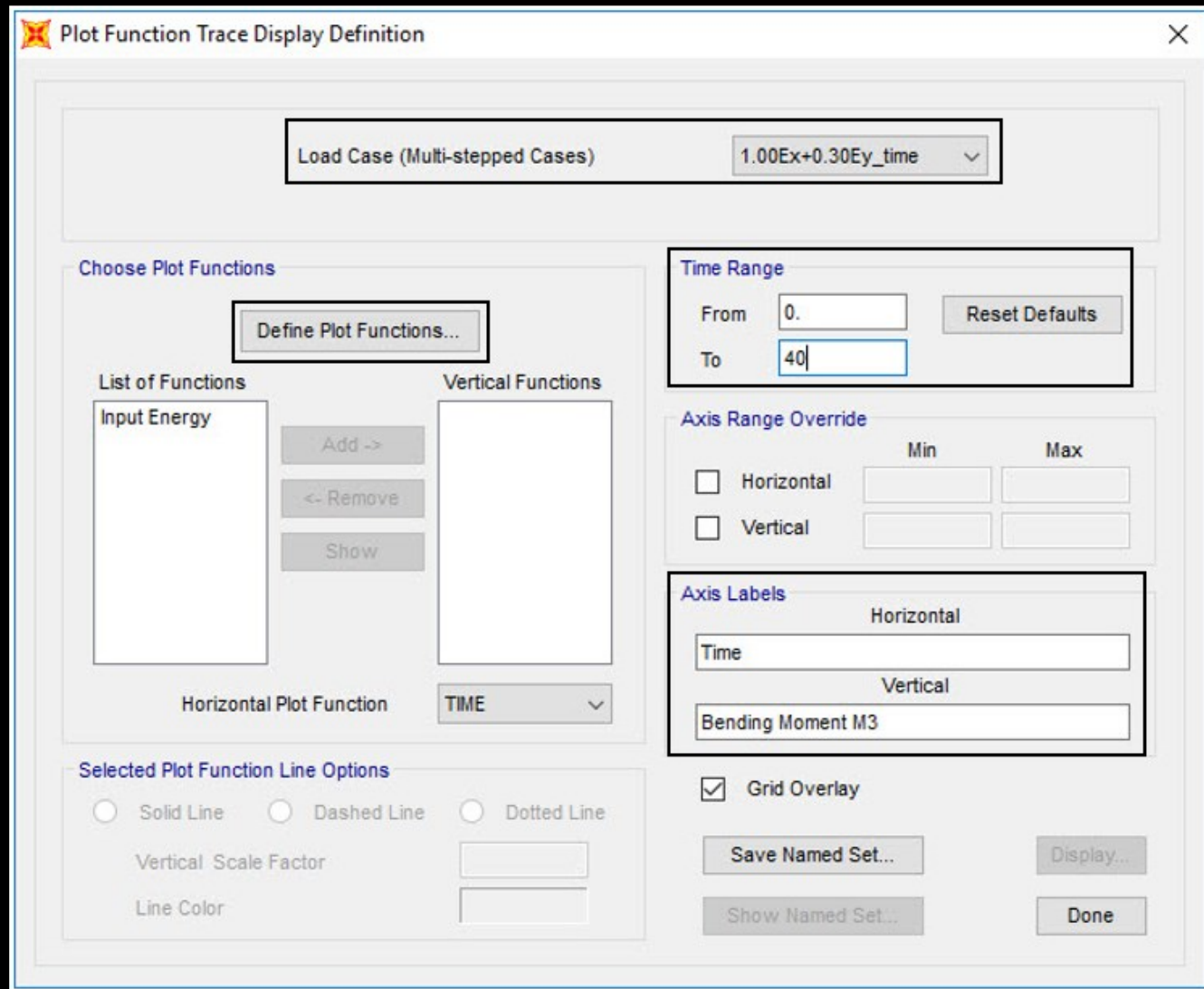
Συνεπώς, ο προσδιορισμός οιοδήποτε μεγέθους απόκρισης σε δεδομένη χρονική στιγμή προϋποθέτει την εξαγωγή του μεγέθους απόκρισης υπό την περίπτωση φόρτισης που ορίστηκε για τη σεισμική δράση και το χειρωνακτικό συνδυασμό του με το αντίστοιχο μέγεθος απόκρισης που προκύπτει από τη στατική δράση του μόνιμου και του 30 % του κινητού φορτίου.

Ακολούθως, υποδεικνύεται ο προσδιορισμός της χρονοϊστορίας της καμπτικής ροπής  $M_3$  ενός υποστυλώματος υπό τη δράση “ $E_x+0.3E_y$ ”, εφαρμόζοντας τις ακόλουθες εντολές ή εναλλακτικά πληκτρολογώντας «F12».

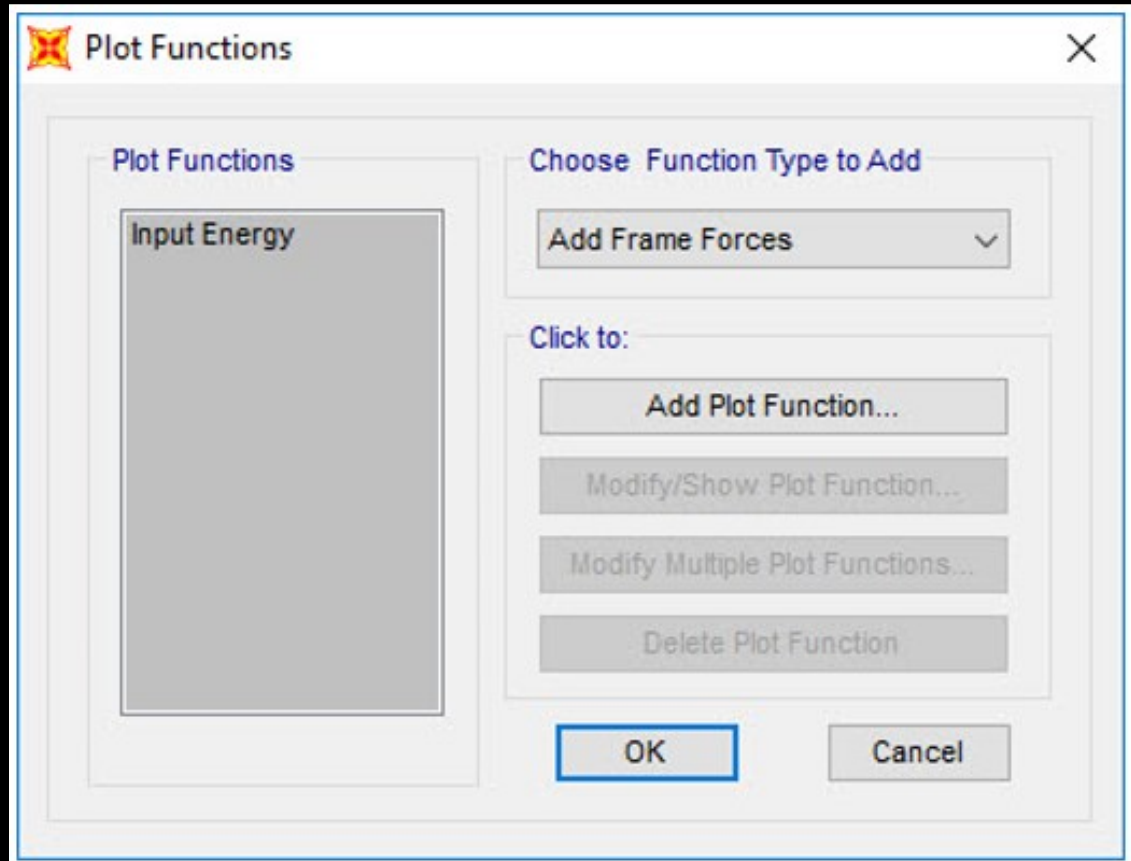
***Display → Show Plot Functions...***



Στο εμφανιζόμενο παράθυρο, επιλέγεται, η περίπτωση φόρτισης στο πεδίο «*Load Case (Multi-stepped Cases)*». Στο πεδίο «*Time Range*» εισάγεται το χρονικό εύρος της ιστορίας που επιθυμείται να αναπαρασταθεί και στο πεδίο «*Axis Labels*» ονοματίζονται οι άξονες του γραφήματος. Για να οριστεί η συνάρτηση ιστορίας της καμπτικής ροπής  $M_3$  ενός υποστυλώματος, όπως και οιαδήποτε άλλη συνάρτηση απόκρισης, επιλέγεται η εντολή «*Define Plot Functions...*».



Στο υποπαράθυρο που εμφανίζεται, καθορίζεται η επιλογή «*Add Frame Forces*» στο πεδίο «*Choose Function Type to Add*» και κατόπιν εκτελείται η εντολή «*Add Plot Function...*».



Ακολουθώντας, εμφανίζεται ένα νέο υποπαράθυρο, όπου εισάγεται, στο πεδίο «*Element ID*», ο αριθμός του μέλους του οποίου θα αναπαρασταθεί χρονοϊστορία.

Επιλέγεται το μέλος με αριθμό (object label) 1 και στο πεδίο «*Component*» δηλώνεται το εντατικό μέγεθος που θα παρασταθεί στο γράφημα.

Στο πεδίο «*Location is at Output Station Nearest*» δηλώνεται η διατομή του μέλους διά την οποία θα εξαχθεί η χρονοϊστορία απόκρισης, η οποία εισάγεται ως σχετική ή ως απόλυτη απόσταση από τον κόμβο αρχής του μέλους.

Frame Plot Function

Plot Function Name: Υποstylwma 1

Element ID: 1

Component:

- Axial Force
- Torsion
- Shear 2-2
- Moment 2-2
- Shear 3-3
- Moment 3-3

Mode Number:

- Include all

Location is at Output Station Nearest:

- Relative Distance
- Absolute Distance: 0

OK

Cancel

Συγκεκριμένα, επιλέγεται όπως εξαχθεί η καμπτική ροπή  $M_3$  στον πόδα του υποστυλώματος 1 και εισάγεται μηδενική απόσταση, δεδομένου του ότι ο κόμβος αρχής του μέλους συμπίπτει με τον πόδα του.

Εάν το υποστύλωμα είχε σχεδιαστεί αντίθετα, δηλαδή με φορά από την κεφαλή προς τον πόδα, τότε θα καταχωριζόταν ως σχετική απόσταση η τιμή 1 ή ως απόλυτη απόσταση η τιμή 3.5, που αντιστοιχεί στο συνολικό μήκος του υποστυλώματος.

Frame Plot Function

Plot Function Name: Υποστυλωμα 1

Element ID: 1

Component:

- Axial Force
- Torsion
- Shear 2-2
- Moment 2-2
- Shear 3-3
- Moment 3-3

Mode Number:

- Include all

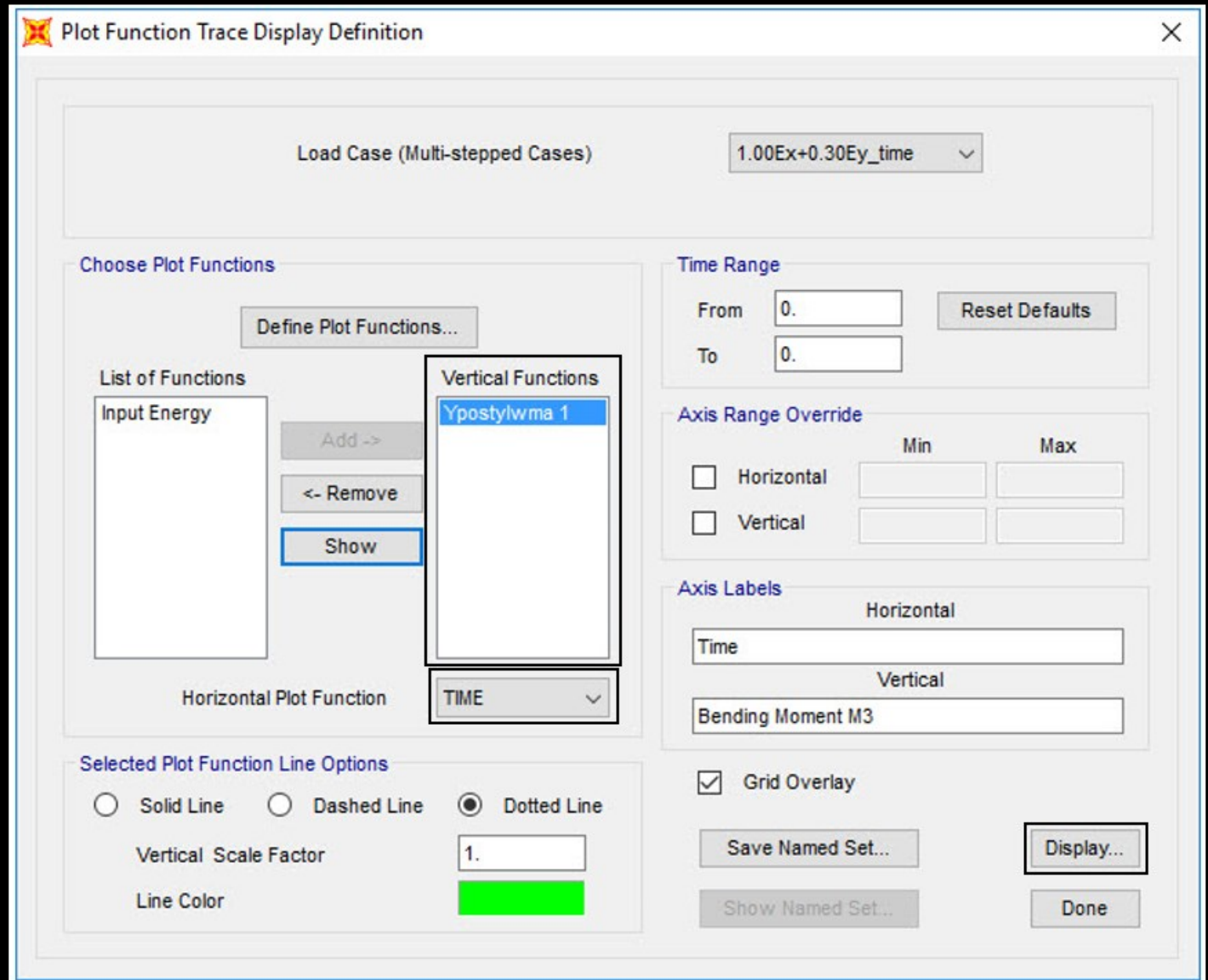
Location is at Output Station Nearest:

- Relative Distance: 0
- Absolute Distance

OK

Cancel

Με την επάνοδο στο γενικό παράθυρο, η συνάρτηση που διαμορφώθηκε, μετακινείται στη στήλη «*Vertical Functions*», ώστε να αποτελέσει την τεταγμένη του γραφήματος της ιστορίας, ενώ ως τεταγμένη ορίζεται το προκαθορισμένο μέγεθος «*Time*».



Επιλέγοντας την εντολή «Display», παρουσιάζεται η χρονοϊστορία της καμπτικής ροπής  $M_3$  στον πόδα του υποστυλώματος 1, υπό τη δράση «Ex+0.3Ey», η οποία απεικονίζεται στο σχήμα της επόμενης σελίδας.

Plot Function Trace Display Definition

Load Case (Multi-stepped Cases) 1.00Ex+0.30Ey\_time

Choose Plot Functions

Define Plot Functions...

List of Functions

Input Energy

Add ->

<- Remove

Show

Vertical Functions

Ypostylwma 1

Horizontal Plot Function TIME

Time Range

From 0.

To 0.

Reset Defaults

Axis Range Override

Horizontal

Vertical

Min

Max

Axis Labels

Horizontal

Time

Vertical

Bending Moment M3

Selected Plot Function Line Options

Solid Line  Dashed Line  Dotted Line

Vertical Scale Factor 1.

Line Color

Grid Overlay

Save Named Set...

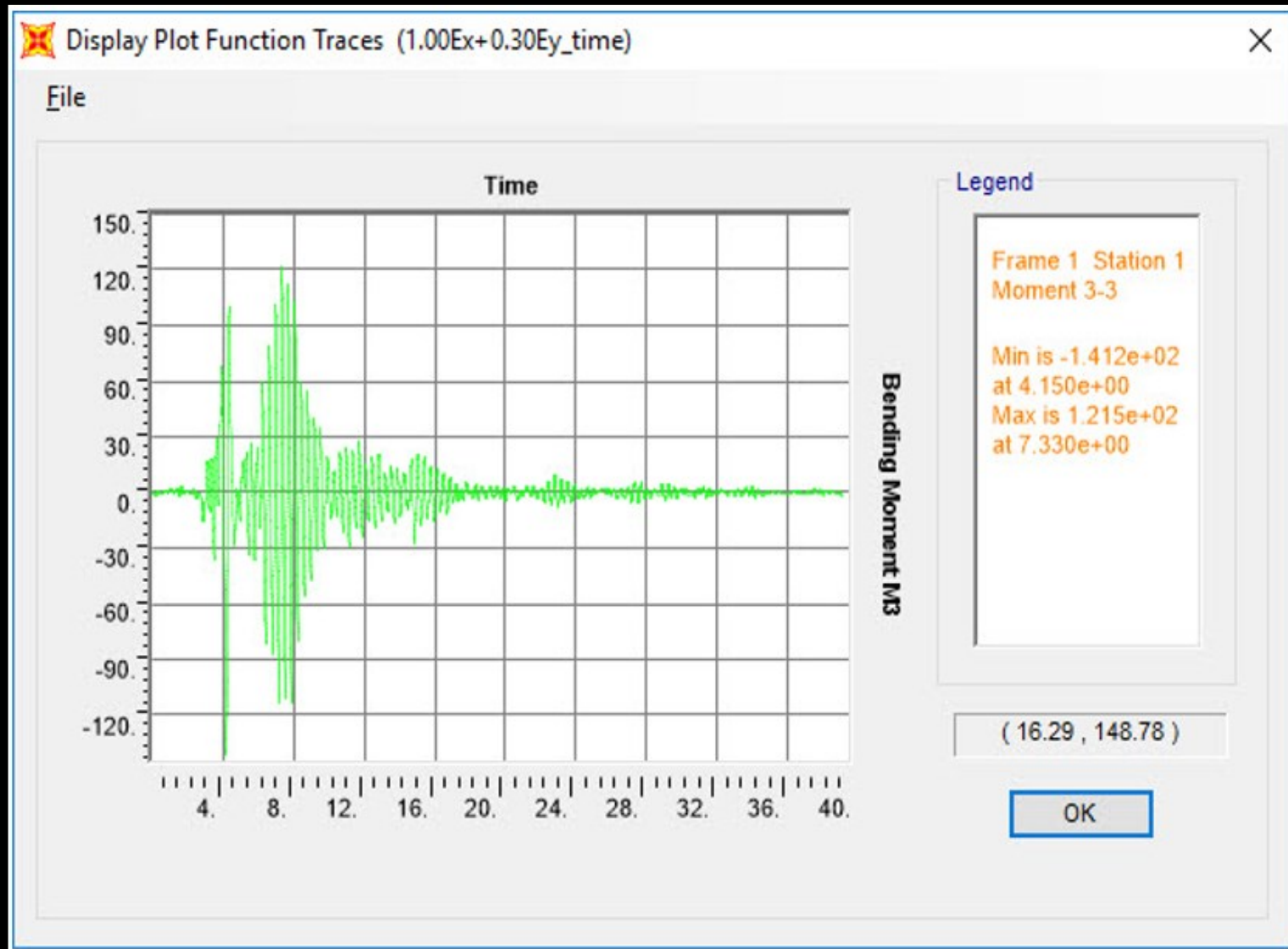
Show Named Set...

Display...

Done

## Χρονοϊστορία καμπτικής ροπής υποστυλώματος

Στο υπόμνημα του σχήματος παρέχεται η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή του μεγέθους απόκρισης καθώς και οι χρονικές στιγμές στις οποίες αναπτύσσονται.



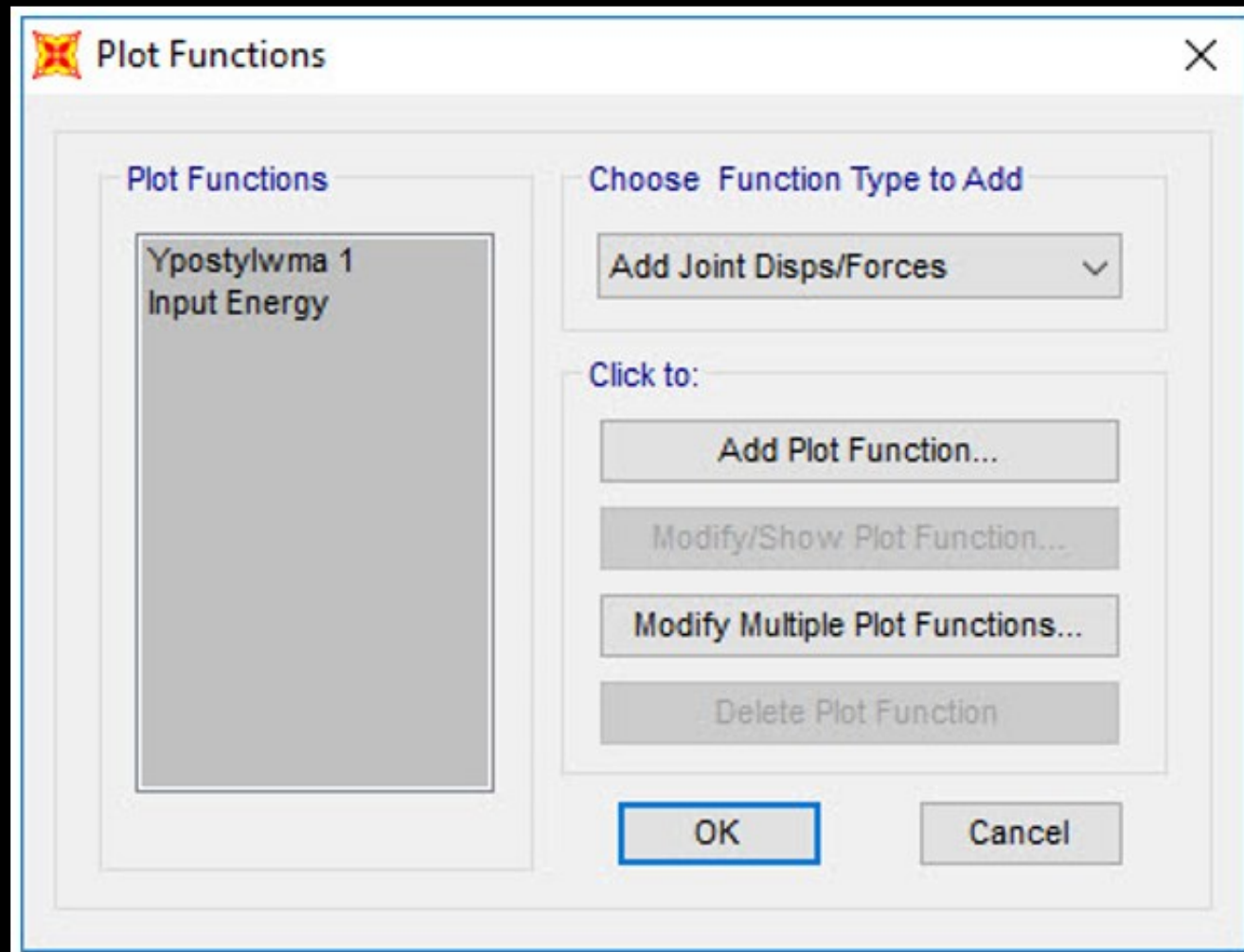
Στην περίπτωση που απαιτείται ο προσδιορισμός της χρονοϊστορίας του μεγέθους υπό το σεισμικό συνδυασμό “ $G+0.3Q+E_x+0.3E_y$ ”, τότε στη χρονοϊστορία που εξήχθη υπό τη δράση “ $E_x+0.3E_y$ ”, θα πρέπει σε κάθε χρονικό βήμα να προστεθεί η τιμή της καμπτικής ροπής στον πόδα του υποστυλώματος υπό το συνδυασμό στατικών δράσεων “ $G+0.3Q$ ”, η οποία είναι σταθερή.

Για την εξαγωγή της χρονοϊστορίας σε αρχείο κειμένου, εκτελούνται οι ακόλουθες εντολές :

***File → Print Tables to File...***



Για το σχεδιασμό της χρονοϊστορίας της σχετικής μετακίνησης του πρώτου ορόφου ως προς το έδαφος θεμελίωσης, κατά τη διεύθυνση Υ, υπό τη δράση “ $0.3E_x + E_y$ ”, πρέπει στο πεδίο «*Choose Function Type to Add*» να καθοριστεί η επιλογή «*Add Joint Disps/Forces*» και να εκτελεστεί η εντολή «*Add Plot Function...*», όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα.



Στο αναδυόμενο παράθυρο διαλόγου, στο πεδίο «*Joint ID*» εισάγεται ο αριθμός του κόμβου, του οποίου θα αναπαρασταθεί χρονοϊστορία.

Επειδή, σε όλους τους κόμβους του ορόφου έχει ανατεθεί διαφραγματικός περιορισμός και κατά συνέπεια όλοι οι κόμβοι αναπτύσσουν ίσες μετακινήσεις, λόγω και της ανυπαρξίας εκκεντροτήτων, μπορεί να καταχωριστεί οιοσδήποτε κόμβος του ορόφου.

Στο πεδίο «*Vector Type*» δηλώνεται το μέγεθος απόκρισης και στη συγκεκριμένη περίπτωση επιλέγεται το διάνυσμα «*Disp*». Στο πεδίο «*Component*» επιλέγεται η μετακίνηση κατά τη διεύθυνση *Y*.

Joint Plot Function

Plot Function Name: Joint22

Joint ID: 22

**Vector Type**

- Displ
- Vel
- Accel
- Reaction
- Abs Displ
- Abs Vel
- Abs Accel

**Mode Number**

- Include all

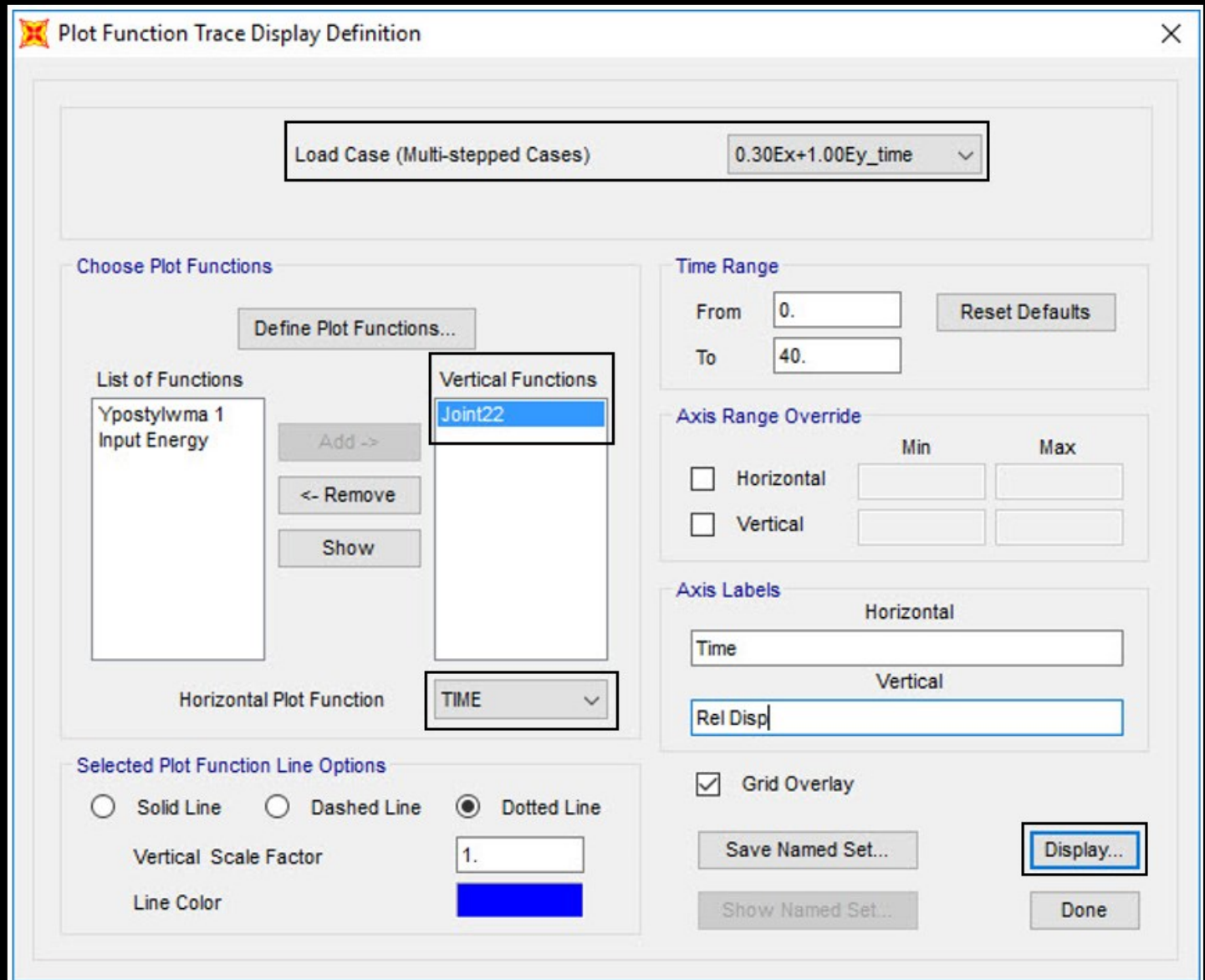
**Component**

- UX
- UY
- UZ
- RX
- RY
- RZ

OK

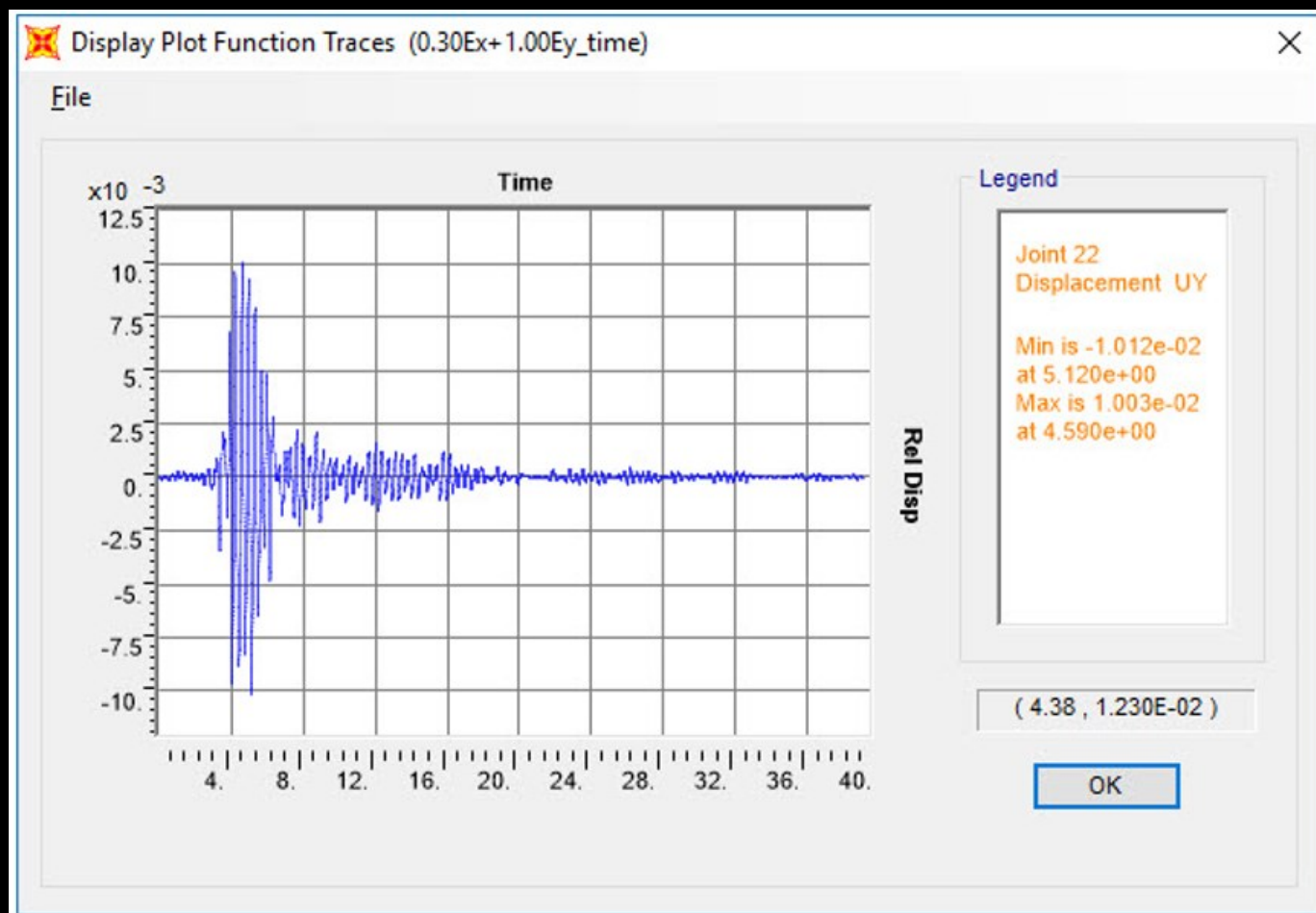
Cancel

Στη συνέχεια, στο παράθυρο που αναπαρίσταται στο διπλανό σχήμα, επιλέγεται η περίπτωση φόρτισης, μεταφέρεται η ορισθείσα συνάρτηση στη στήλη «Vertical Function» και ονοματίζονται καταλλήλως οι άξονες.



Παρομοίως, ανακλύπτει η χρονοϊστορία της σχετικής μετακίνησης, κατά τη διεύθυνση Υ, κόμβου του πρώτου ορόφου ως προς το έδαφος, υπό τη δράση “ $0.3E_x+E_y$ ”:

(Για τον υπολογισμό της σχετικής μετακίνησης του 2<sup>ου</sup> ορόφου ως προς τον 1<sup>ο</sup>, πρέπει από τη σχετική μετακίνηση του 2<sup>ου</sup> ορόφου ως προς το έδαφος να αφαιρεθεί η σχετική μετακίνηση του 1<sup>ου</sup> ορόφου ως προς το έδαφος.)



Για τον προσδιορισμό της χρονοϊστορίας της απόλυτης επιτάχυνσης του δευτέρου ορόφου, κατά τη διεύθυνση Y, υπό τη δράση “0.3Ex+Ey”, στο πεδίο «Joint ID» εισάγεται ο αριθμός του κόμβου του οποίου θα αναπαρασταθεί χρονοϊστορία.

Επιλέγεται ένας κόμβος του δευτέρου ορόφου, αφού λόγω του διαφραγματικού περιορισμού, όλοι οι κόμβοι του ορόφου αναπτύσσουν ίσες επιταχύνσεις.

Στο πεδίο «Vector Type» δηλώνεται το μέγεθος απόκρισης και στη συγκεκριμένη περίπτωση επιλέγεται το διάνυσμα «Abs Accel». Στο πεδίο «Component» επιλέγεται η μεταφορική επιτάχυνση κατά τη διεύθυνση Y.

Joint Plot Function

Plot Function Name: Joint21-1

Joint ID: 21

Vector Type

- Displ
- Vel
- Accel
- Reaction
- Abs Displ
- Abs Vel
- Abs Accel

Mode Number

- Include all

Component

- UX
- UY
- UZ
- RX
- RY
- RZ

OK

Cancel

Έπειτα, στο παράθυρο που αναπαρίσταιται στο διπλανό σχήμα, επιλέγεται η περίπτωση φόρτισης, μεταφέρεται η ορισθείσα συνάρτηση στη στήλη «*Vertical Function*» και ονοματίζονται καταλλήλως οι άξονες.

Plot Function Trace Display Definition

Load Case (Multi-stepped Cases) 0.30Ex+1.00Ey\_time

Choose Plot Functions

Define Plot Functions...

List of Functions

- Joint22
- Joint4
- Ypostylwma 1
- Input Energy

Add ->

<- Remove

Show

Vertical Functions

- Joint21-1

Horizontal Plot Function TIME

Time Range

From 0. To 40. Reset Defaults

Axis Range Override

	Min	Max
<input type="checkbox"/> Horizontal		
<input type="checkbox"/> Vertical		

Axis Labels

Horizontal Time

Vertical Accel

Selected Plot Function Line Options

Solid Line  Dashed Line  Dotted Line

Vertical Scale Factor

Line Color

Grid Overlay

Save Named Set...

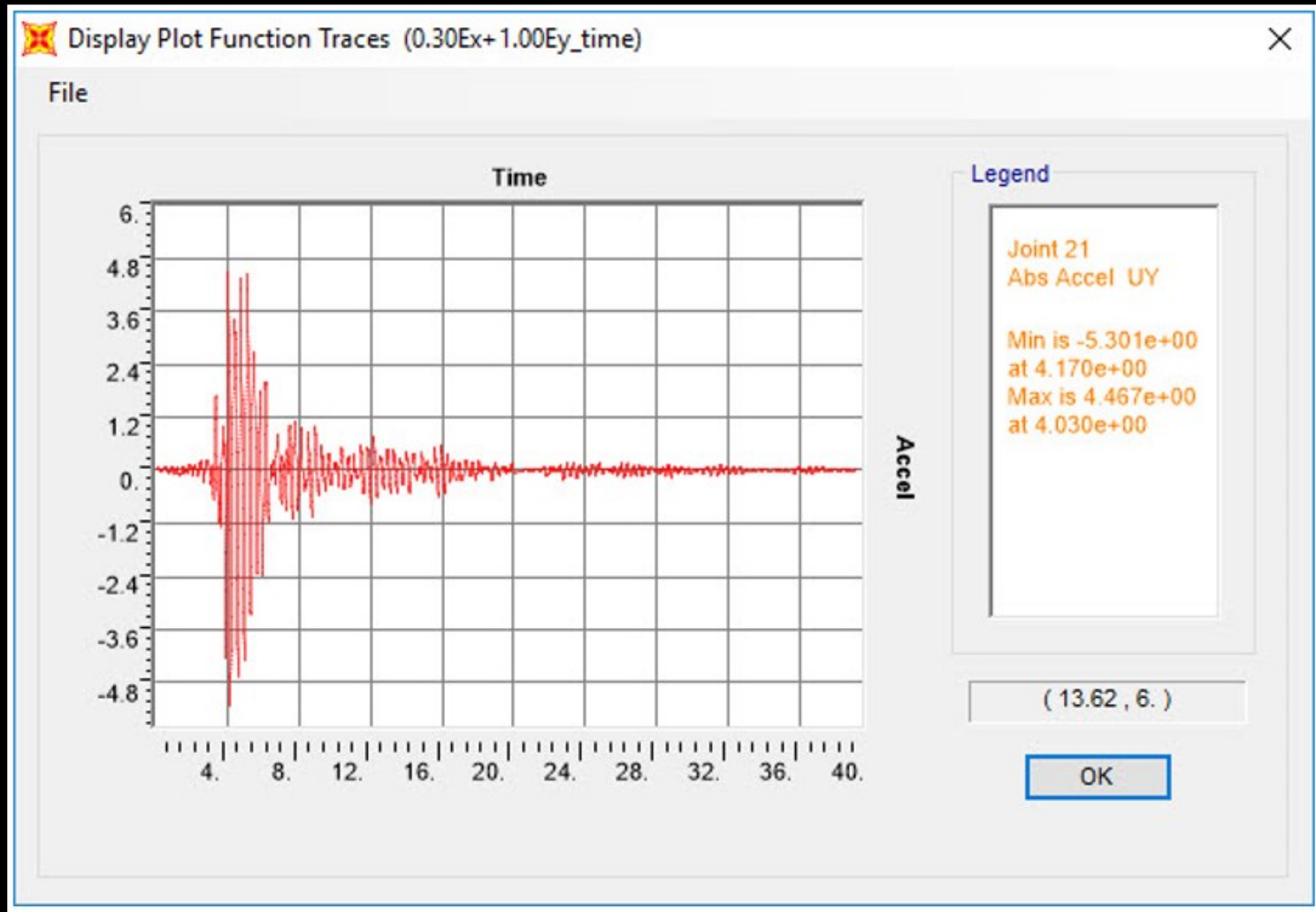
Show Named Set...

Display...

Done

Έτσι, εξάγεται η χρονοϊστορία της απόλυτης επιτάχυνσης του δευτέρου ορόφου, κατά τη διεύθυνση Υ, υπό τη δράση “0.3Ex+Ey”, που αναπαρίστανται στο διπλανό σχήμα.

*Χρονοϊστορία απόλυτης επιτάχυνσης κόμβου.*



# Ευχαριστίες

*Θερμές ευχαριστίες στον εξαιρετικό συνάδελφο μηχανικό και  
τέως προπτυχιακό και μεταπτυχιακό φοιτητή του Τμήματός  
μας **Βαρνάβα Βαρνάβα** για την προετοιμασία αυτού του  
λεπτομερούς παραδείγματος χρήσης του λογισμικού  
ανάλυσης κατασκευών SAP2000.*