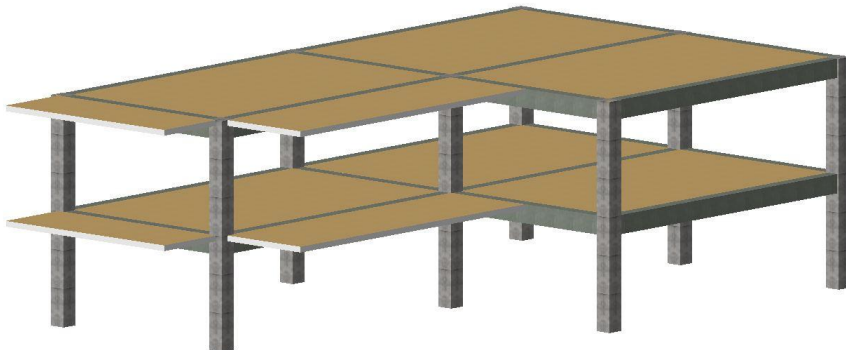


ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

**ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΩΝ ΕΞΩΣΤΩΝ ΣΤΗ ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ  
ΚΤΙΡΙΩΝ**

Πτυχιακή Εργασία

Βιτωράκης Ιωάννης  
Α.Μ. 34174



Επιβλέπων Καθηγητής:

Γεώργιος Τσιάτας

Δρ. Πολ. Μηχανικός

Αθήνα, Ιούνιος 2010

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία ξεκίνησε το Δεκέμβριο του 2009 υπό την επίβλεψη του Καθηγητή κ. Γ.Χ. Τσιάτα Δρ. Πολιτικό Μηχανικό στον Τομέα Δομοστατικού Σχεδιασμού του Τμήματος Πολιτικών Δομικών Έργων και ολοκληρώθηκε τον Ιούνιο του 2010.

Από την θέση αυτή, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Καθηγητή Δρ. Πολιτικό Μηχανικό Γ.Χ. Τσιάτα για την πολύτιμη καθοδήγηση του, για την βοήθειά του στον τομέα του προγραμματισμού και την άψογη συνεργασία που είχαμε κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας αυτής.

Τέλος θέλω να ευχαριστήσω τους γονείς μου, τους οφείλω τα πάντα.

Αθήνα, Ιούνιος 2010

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα πτυχιακή διερευνάται η επιρροή των εξωστών στη δυναμική ανάλυση των κτιρίων. Μελετώνται ένα μονώροφο κτίριο με συμμετρική κάτοψη, ένα δώροφο με συμμετρική κάτοψη και ένα δώροφο με μη συμμετρική κάτοψη. Κρατώντας σταθερή τη συνολική μάζα κάθε ορόφου μεταβάλλουμε τη θέση και τη γεωμετρική διάταξη των εξωστών και παρουσιάζουμε τις μεταβολές στις ιδιοσυχνότητες, όταν εκτελούμε ελεύθερες ταλαντώσεις καθώς και στις μέγιστες μετακινήσεις όταν εκτελούμε εξαναγκασμένες ταλαντώσεις. Για τη δυναμική ανάλυση των παραπάνω κτιρίων συντάχθηκε υπολογιστικός κώδικας σε γλώσσα MAPLE 13. Επίσης χρησιμοποιήθηκαν τα σχεδιαστικά προγράμματα AUTOCAD 2010 και ARCHICAD 12.

## **ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1</b> .....	<b>1</b>
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	<b>1</b>
1.1 ΓΕΝΙΚΑ .....	1
1.2 ΓΕΝΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΗΣ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ .....	1
1.3 ΠΟΛΥΩΡΟΦΑ ΚΤΙΡΙΑ.....	1
1.4 ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ Ε.Κ.Ω.Σ – Ε.Α.Κ .....	2
1.5 ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ .....	2
1.6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	2
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α. ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΣ ΚΩΔΙΚΑΣ ΣΕ ΓΛΩΣΣΑ MAPLE 13 .....	2
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2</b> .....	<b>3</b>
<b>ΓΕΝΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΗΣ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ</b> .....	<b>3</b>
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	3
2.2 ΔΥΝΑΜΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ .....	3
2.3 ΒΑΘΜΟΙ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ ΚΙΝΗΣΕΩΣ .....	3
2.4 ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑ .....	5
2.5 ΕΛΕΥΘΕΡΕΣ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ ΜΟΝΟΒΑΘΜΙΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ.....	5
2.6 ΕΞΑΝΑΓΚΑΣΜΕΝΕΣ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ ΜΟΝΟΒΑΘΜΙΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ .....	6
2.7 ΕΛΕΥΘΕΡΕΣ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ .....	7
2.7.1 ΙΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΙΔΙΟΜΟΡΦΕΣ ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ .....	7
2.7.2 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΙΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΙΔΙΟΜΟΡΦΩΝ ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΧΩΡΙΣ ΑΠΟΣΒΕΣΗ .	9
2.8 ΕΞΑΝΑΓΚΑΣΜΕΝΕΣ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ .....	9
2.8.1 Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΠΑΛΛΗΛΙΑΣ ΤΩΝ ΙΔΙΟΜΟΡΦΩΝ .....	10
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3</b> .....	<b>11</b>
<b>ΠΟΛΥΩΡΟΦΑ ΚΤΙΡΙΑ</b> .....	<b>11</b>
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	11
3.2 ΦΕΡΟΝΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΤΙΡΙΩΝ.....	11
3.3 ΤΟ ΜΟΝΩΡΟΦΟ ΚΤΙΡΙΟ .....	12
3.4 ΤΟ ΠΟΛΥΩΡΟΦΟ ΚΤΙΡΙΟ.....	14
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4</b> .....	<b>17</b>
<b>ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ Ε.Κ.Ω.Σ – Ε.Α.Κ</b> .....	<b>17</b>
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	17
4.2 ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ .....	17
4.3 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ .....	18
4.4 ΦΑΣΜΑΤΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ .....	20
4.5 ΑΠΛΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ .....	22
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5</b> .....	<b>25</b>
<b>ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ</b> .....	<b>25</b>
5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	25
5.2 ΔΕΔΟΜΕΝΑ-ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ .....	25

5.3 ΜΟΝΩΡΟΦΟ ΚΤΙΡΙΟ (Συμμετρικό).....	28
5.3.1 ΜΟΝΩΡΟΦΟ ΚΤΙΡΙΟ 1 .....	28
5.3.2 ΜΟΝΩΡΟΦΟ ΚΤΙΡΙΟ 2 .....	40
5.3.3 ΜΟΝΩΡΟΦΟ ΚΤΙΡΙΟ 3 .....	44
5.3.4 ΜΟΝΩΡΟΦΟ ΚΤΙΡΙΟ 4 .....	48
5.4 ΔΙΩΡΟΦΟ ΚΤΙΡΙΟ (Συμμετρική κάτοψη).....	52
5.4.1 ΔΙΩΡΟΦΟ ΚΤΙΡΙΟ 1 .....	52
5.4.2 ΔΙΩΡΟΦΟ ΚΤΙΡΙΟ 2 .....	69
5.4.3 ΔΙΩΡΟΦΟ ΚΤΙΡΙΟ 3 .....	74
5.4.4 ΔΙΩΡΟΦΟ ΚΤΙΡΙΟ 4 .....	79
5.5 ΔΙΩΡΟΦΟ ΚΤΙΡΙΟ (Μη Συμμετρική κάτοψη) .....	84
5.5.1 ΔΙΩΡΟΦΟ ΚΤΙΡΙΟ 1 .....	84
5.5.2 ΔΙΩΡΟΦΟ ΚΤΙΡΙΟ 2 .....	104
5.5.3 ΔΙΩΡΟΦΟ ΚΤΙΡΙΟ 3 .....	109
5.5.4 ΔΙΩΡΟΦΟ ΚΤΙΡΙΟ 4 .....	114
5.6 ΠΙΝΑΚΕΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	119
5.7 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ .....	122
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 .....</b>	<b>127</b>
<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>127</b>
6.1 ΓΕΝΙΚΑ .....	127
6.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	127
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α .....</b>	<b>129</b>
<b>ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΣ ΚΩΔΙΚΑΣ ΣΕ ΓΛΩΣΣΑ MAPLE 13 .....</b>	<b>129</b>
Α.1 ΓΕΝΙΚΑ .....	129
Α.2 Υπολογιστικός κώδικας για το μονώροφο με συμμετρική κάτοψη.....	129
Α.3 Υπολογιστικός κώδικας για το διώροφο με συμμετρική κάτοψη .....	137
Α.4 Υπολογιστικός κώδικας για το διώροφο με μη συμμετρική κάτοψη .....	151
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>168</b>

# **Κεφάλαιο 1**

## **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

### **1.1 ΓΕΝΙΚΑ**

Στην παρούσα πτυχιακή εξετάζεται η επιρροή των εξωστών στη δυναμική ανάλυση των κτιρίων. Μελετώνται ένα μονώροφο με συμμετρική κάτοψη, ένα διώροφο με συμμετρική κάτοψη και ένα διώροφο με μη συμμετρική κάτοψη. Η εργασία αποτελείται από έξι κεφάλαια και ένα παράρτημα.

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

Κεφάλαιο 2: Γενικές έννοιες της δυναμικής των κατασκευών

Κεφάλαιο 3: Πολυώροφα κτίρια

Κεφάλαιο 4: Κανονισμοί ΕΚΩΣ – ΕΑΚ

Κεφάλαιο 5: Αριθμητικά παραδείγματα

Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα

Παράρτημα Α: Υπολογιστικός κώδικας σε γλώσσα MAPLE 13

### **1.2 ΓΕΝΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΗΣ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ**

Οι κατασκευές του πολιτικού μηχανικού υποβάλλονται - εκτός από τα στατικά - και σε δυναμικά φορτία, δηλαδή φορτία των οποίων το μέγεθος, η διεύθυνση ή και η θέση μεταβάλλονται συναρτήσει του χρόνου. Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται οι γενικές έννοιες της δυναμικής των κατασκευών. Συγκεκριμένα ορίζονται τα δυναμικά φορτία, οι βαθμοί ελευθερίας κινήσεως, το δυναμικό προσομοίωμα μονοβάθμιου συστήματος και γίνεται αναφορά στις ελεύθερες και εξαναγκασμένες ταλαντώσεις μονοβάθμιων και πολυβάθμιων συστημάτων.

### **1.3 ΠΟΛΥΩΡΟΦΑ ΚΤΙΡΙΑ**

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα φέροντα στοιχεία ενός κτιρίου και η λειτουργία τους στο δομικό σύστημα. Στη συνέχεια αναφέρεται η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε στην εργασία για την μόρφωση των μητρώων που απαιτούνται για τη δυναμική επίλυση μονώροφων και πολυώροφων κτιρίων.

## **1.4 ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ Ε.Κ.Ω.Σ – Ε.Α.Κ**

Σ' αυτό το κεφάλαιο γίνεται αναφορά στους κανονισμούς ΕΚΩΣ (Ελληνικός Κανονισμός Ωπλισμένου Σκυροδέματος) και ΕΑΚ (Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός). Συγκεκριμένα παρουσιάζονται τα δεδομένα για το σκυρόδεμα σύμφωνα με τον ΕΚΩΣ και τον ΚΤΣ (Κανονισμό Τεχνολογίας Σκυροδέματος) και οι προσομοιώσεις των κατασκευών σύμφωνα με τον ΕΑΚ. Στην συνέχεια παρουσιάζεται η απλοποιημένη φασματική μέθοδος του ΕΑΚ, η οποία χρησιμοποιείται και στην παρούσα εργασία.

## **1.5 ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ**

Στο κεφάλαιο αυτό διερευνάται η επιρροή των εξωστών στη δυναμική ανάλυση των κτιρίων. Μελετώνται ένα μονώροφο με συμμετρική κάτοψη, ένα διώροφο με συμμετρική κάτοψη και ένα διώροφο με μη συμμετρική κάτοψη. Κρατώντας σταθερή τη συνολική μάζα κάθε ορόφου μεταβάλλουμε τη θέση και τη γεωμετρική διάταξη των εξωστών και παρουσιάζουμε τις μεταβολές στις ιδιοσυχνότητες, όταν εκτελούμε ελεύθερες ταλαντώσεις καθώς και στις μέγιστες μετακινήσεις όταν εκτελούμε εξαναγκασμένες ταλαντώσεις. Για τη δυναμική ανάλυση των παραπάνω κτιρίων συντάχθηκε υπολογιστικός κώδικας σε γλώσσα MAPLE 13. Επίσης χρησιμοποιήθηκαν τα σχεδιαστικά προγράμματα AUTOCAD 2010 και ARCHICAD 12. Στο τέλος του κεφαλαίου παρουσιάζονται τα αριθμητικά αποτελέσματα για τις ιδιοσυχνότητες και τις μέγιστες μετακινήσεις των υπό εξέταση κτιρίων. Επίσης για κάθε ένα από τα κτίρια γίνεται σύγκριση των αποτελεσμάτων των ιδιοσυχνοτήτων με το πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων SAP 2000.

## **1.6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τη δυναμική ανάλυση των κτιρίων μεταβάλλοντας τη θέση και τη γεωμετρική διάταξη των εξωστών.

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α. ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΣ ΚΩΔΙΚΑΣ ΣΕ ΓΛΩΣΣΑ MAPLE 13**

Στο παράρτημα αυτό παρουσιάζεται ο υπολογιστικός κώδικας σε γλώσσα MAPLE 13. Η Maple είναι ένα πακέτο για μαθηματικούς υπολογισμούς. Με πάνω από 3000 υπολογιστικές συναρτήσεις, τη δική της γλώσσα προγραμματισμού και πολλές δυνατότητες διασύνδεσης με άλλες εφαρμογές (Matlab, Excel) και με το Web, αποτελεί ένα ισχυρό μαθηματικό εργαλείο.

## **Κεφάλαιο 2**

### **ΓΕΝΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΗΣ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ**

#### **2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Οι κατασκευές του πολιτικού μηχανικού υποβάλλονται - εκτός από τα στατικά - και σε δυναμικά φορτία, δηλαδή φορτία των οποίων το μέγεθος, η διεύθυνση ή και η θέση μεταβάλλονται συναρτήσει του χρόνου. Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται οι γενικές έννοιες της δυναμικής των κατασκευών. Συγκεκριμένα ορίζονται τα δυναμικά φορτία, οι βαθμοί ελευθερίας κινήσεως, το δυναμικό προσομοίωμα μονοβάθμιου συστήματος και γίνεται αναφορά στις ελεύθερες και εξαναγκασμένες ταλαντώσεις μονοβάθμιων και πολυβάθμιων συστημάτων.

#### **2.2 ΔΥΝΑΜΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ**

Στη δυναμική φόρτιση τα σημεία του φορέα αλλάζουν θέση συναρτήσει του χρόνου, επομένως έχουν ταχύτητα και επιτάχυνση. Τα δυναμικά φορτία διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες. Στα ντετερμινιστικά ή αιτιοκρατικά φορτία και στα τυχαία ή στοχαστικά. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν τα φορτία των οποίων η χρονική τους μεταβολή είναι γνωστή σε όλη τη χρονική διάρκεια που εξετάζουμε τη δυναμική συμπεριφορά της κατασκευής. Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν τα φορτία των οποίων η χρονική μεταβολή τους δεν είναι πλήρως γνωστή αλλά μπορούν να προσδιοριστούν με στοχαστικές μεθόδους [1].

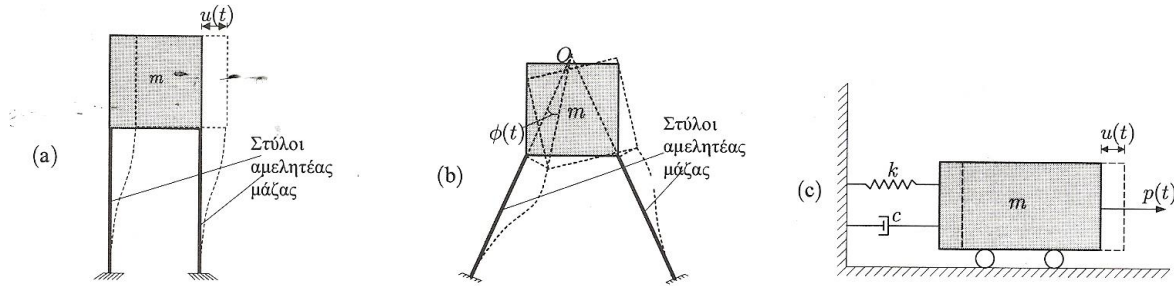
Ένας βασικός διαχωρισμός των ντετερμινιστικών φορτίων είναι σε περιοδικά και απεριοδικά. Τα περιοδικά φορτία είναι εκείνα των οποίων η χρονική μεταβολή επαναλαμβάνεται διαρκώς μετά από παρέλευση ενός σταθερού χρονικού διαστήματος  $T$ . Η σταθερά  $T$  ονομάζεται περίοδος της φορτίσεως. Απεριοδικά είναι όλα τα μη περιοδικά φορτία. Ο σεισμός αποτελεί φόρτιση, η οποία οφείλεται στην κίνηση του εδάφους στηρίξεως της κατασκευής και μπορεί να αναχθεί σε ένα ισοδύναμο δυναμικό φορτίο, όταν είναι γνωστό το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού [1].

#### **2.3 ΒΑΘΜΟΙ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ ΚΙΝΗΣΕΩΣ**

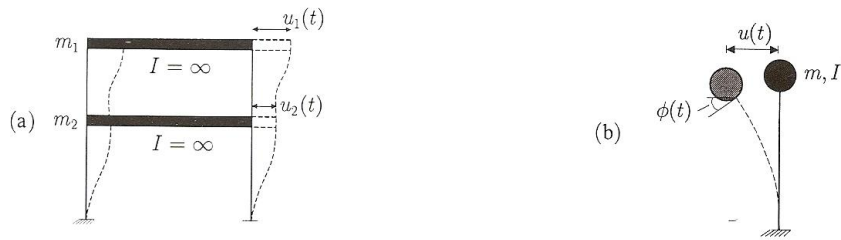
Για τη δυναμική ανάλυση των φορέων προσφέρεται κατ' εξοχήν η μέθοδος των μετακινήσεων, οι οποίες, όταν προσδιορισθούν ως χρονικές συναρτήσεις, επιτρέπουν τον πλήρη καθορισμό της παραμορφώσεως και της εντάσεως του φορέα. Ο βαθμός ελευθερίας κινήσεως ισούται με το πλήθος



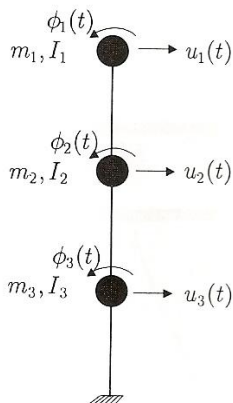
των ανεξάρτητων συνιστωσών μετακινήσεων που απαιτούνται για τον καθορισμό της γεωμετρίας του παραμορφωμένου φορέα σε κάθε χρονική στιγμή της κινήσεως. Ο βαθμός ελευθερίας κινήσεως του φορέα δεν ταυτίζεται πάντοτε με τον βαθμό κινηματικής αοριστίας του φορέα. Ο τελευταίος ισούται με το πλήθος των δεσμεύσεων που πρέπει να επιβληθούν στο φορέα για να παγιωθεί κατά την έννοια της στατικής [1].



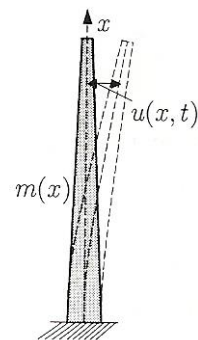
**Σχήμα 2.3.1** Συστήματα με ένα βαθμό ελευθερίας κινήσεως



**Σχήμα 2.3.2** Συστήματα με δύο βαθμούς ελευθερίας κινήσεως



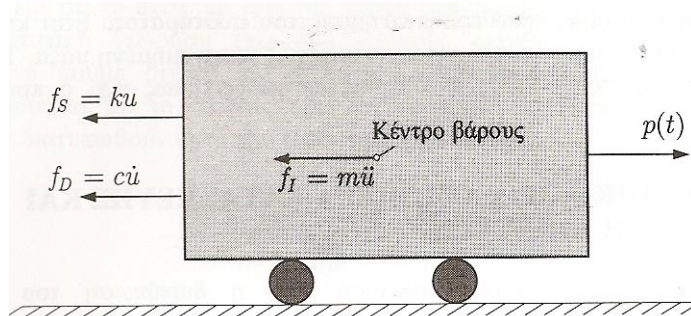
**Σχήμα 2.3.3** Πολυβάθμιο σύστημα



**Σχήμα 2.3.4** Απειροβάθμιο σύστημα

## 2.4 ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑ

Για ένα βαθμό ελευθερίας κινήσεως το δυναμικό μοντέλο αποτελείται από μία μάζα, ένα ελατήριο και ένα αποσβεστήρα. Αυτά αντιπροσωπεύουν αντιστοίχως το υλικό σώμα, τις ελαστικές δυνάμεις και τις δυνάμεις τριβής της κατασκευής.



Σχήμα 2.4.1 Προσομοίωμα μονοβάθμιου συστήματος

## 2.5 ΕΛΕΥΘΕΡΕΣ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ ΜΟΝΟΒΑΘΜΙΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Ελεύθερες ταλαντώσεις μονοβάθμιων συστημάτων, ονομάζεται η κίνησή τους όταν δεν επενεργεί εξωτερική δύναμη,  $P(t) = 0$ . Η εξίσωση κινήσεως λαμβάνει τη μορφή

$$m\ddot{u} + c\dot{u} + ku = 0 \quad (2.5.1)$$

Όταν κατά την ταλάντωση δεν έχουμε απόσβεση  $C = 0$  η εξίσωση κινήσεως (2.5.1) λαμβάνει τη μορφή

$$m\ddot{u} + ku = 0 \quad (2.5.2)$$

Αναζητούμε λύση της ανωτέρω εξισώσεως της μορφής

$$u = e^{\lambda t} \quad (2.5.3)$$

όπου  $\lambda$  είναι προσδιοριστέα σταθερά. Η γενική λύση της εξισώσεως (2.5.2) είναι:

$$u(t) = A \cos \omega t + B \sin \omega t \quad (2.5.4)$$

Για να προσδιορίσουμε τις αυθαίρετες σταθερές  $A$  και  $B$  απαιτείται η γνώση των αρχικών συνθηκών, δηλαδή η γνώση της θέσεως  $u(t_0)$  και της ταχύτητας  $\dot{u}(t_0)$  του συστήματος σε κάποια χρονική στιγμή  $t_0$ . Συνήθως ως  $t_0$  λαμβάνεται η αρχή της κινήσεως,  $t_0 = 0$

Τελικά η σχέση (2.5.4) γράφεται:

$$u(t) = \frac{\dot{u}(0)}{\omega} \sin \omega t + u(0) \cos \omega t \quad (2.5.5)$$

Όταν  $u(0) = \dot{u}(0) = 0$  παρατηρούμε ότι  $u(t) = 0$ . Άρα για να υπάρχει κίνηση πρέπει  $u(0) \neq 0$  ή  $\dot{u}(0) \neq 0$ . Δηλαδή το σύστημα πρέπει να έχει είτε κάποια αρχική μετατόπιση από τη θέση στατικής ισορροπίας, είτε κάποια αρχική ταχύτητα.

Ο χρόνος  $T$  που απαιτείται για να εκτελέσει το σύστημα μία πλήρη ταλάντωση ονομάζεται ιδιοπερίοδος του συστήματος και υπολογίζεται από τη σχέση

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \quad (2.5.6)$$

Το αντίστροφο της περιόδου

$$f = \frac{1}{T} \quad (2.5.7)$$

εκφράζει τον αριθμό των πλήρων ταλαντώσεων στη μονάδα του χρόνου ονομάζεται συχνότητα του συστήματος και εκφράζεται σε *Hertz*( $\text{sec}^{-1}$ ) [1].

## 2.6 ΕΞΑΝΑΓΚΑΣΜΕΝΕΣ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ ΜΟΝΟΒΑΘΜΙΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

### «Στατική» φόρτιση

Πρόκειται για μία σταθερή φόρτιση η οποία όμως δεν επιβάλλεται αιφνιδίως στο σύστημα, αλλά γραμμικά μέσα σ' ένα χρονικό διάστημα  $t_1$  και παραμένει με σταθερή τιμή σ' όλη τη διάρκεια της κινήσεως. Η κίνηση του συστήματος μπορεί να μελετηθεί εξετάζοντάς το σε δύο φάσεις.

Φάση I: *Εξαναγκασμένη ταλάντωση*

Η φάση αυτή διαρκεί από  $t = 0$  έως  $t = t_1$ . Η φόρτιση είναι  $P(t) = P_0 \cdot t / t_1$  και οι αρχικές συνθήκες μηδενικές. Η λύση δίδεται από το ολοκλήρωμα Duhamel

$$u_I(t) = \frac{P_0}{kt_1} \left( t - \frac{\sin \omega t}{\omega} \right), \quad 0 \leq t \leq t_1 \quad (2.6.1)$$

Φάση II: *Ελεύθερη ταλάντωση*

Η φάση αυτή ισχύει για  $t \geq t_1$ . Οι αρχικές συνθήκες είναι  $u_{II}(0) = u_I(t_1)$  και η φόρτιση  $P(t) = P_0$ .

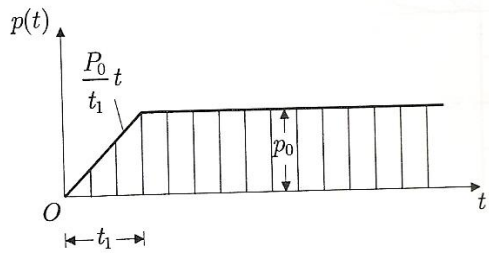
Η λύση προκύπτει από τη παρακάτω σχέση

$$\dot{u}_{II}(t) = \frac{u_I(t_1)}{\omega} \sin \omega \tilde{t} + u_I(t_1) \cos \omega \tilde{t} + \frac{P_0}{k} (1 - \cos \omega \tilde{t}) \quad (2.6.2)$$

όπου  $\tilde{t} = t - t_1 \geq 0$

Όταν ο χρόνος  $t_1$  που απαιτείται για να πάρει το φορτίο την τελική τιμή  $P_0$  είναι πολύ μεγαλύτερος της ιδιοπεριόδου  $T$  του συστήματος, τότε ο λόγος αποκρίσεως πλησιάζει τη μονάδα, δηλαδή η

δυναμική φόρτιση πλησιάζει τη στατική. Έτσι δικαιολογείται η ονομασία της φορτίσεως ως στατική [1].



Σχήμα 2.6.1 Στατική φόρτιση

## 2.7 ΕΛΕΥΘΕΡΕΣ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Όπως τα μονοβάθμια συστήματα, έτσι και τα πολυβάθμια εκτελούν ταλαντώσεις που προκαλούνται από αρχικές μετατοπίσεις ή και αρχικές ταχύτητες. Στην περίπτωση των ελεύθερων ταλαντώσεων είναι  $p(t) = 0$  και η εξίσωση κινήσεως είναι:

$$\mathbf{M}\ddot{\mathbf{u}} + \mathbf{C}\dot{\mathbf{u}} + \mathbf{K}\mathbf{u} = 0 \quad (2.7.1)$$

Όταν αμελείται η απόσβεση,  $\mathbf{C} = 0$  η εξίσωση κινήσεως (2.7.1) λαμβάνει τη μορφή

$$\mathbf{M}\ddot{\mathbf{u}} + \mathbf{K}\mathbf{u} = 0 \quad (2.7.2)$$

### 2.7.1 ΙΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΙΔΙΟΜΟΡΦΕΣ ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ [2]

Οι ιδιοσυχνότητες των πολυβάθμιων συστημάτων προσδιορίζονται από την σχέση:

$$(\mathbf{K} - \omega^2\mathbf{M})\boldsymbol{\beta} = 0 \quad (2.7.1.1)$$

Η σχέση (2.7.3) αποτελεί σύστημα  $N$  γραμμικών αλγεβρικών εξισώσεων, από το οποίο μπορεί να προσδιορισθεί το διάνυσμα  $\boldsymbol{\beta} = \{\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_N\}^T$ , δηλαδή τα εύρη των μετατοπίσεων. Το σύστημα (2.7.1.1) είναι ομογενές και για να έχει λύση διάφορη της μηδενικής θα πρέπει η ορίζουσα των συντελεστών των αγνώστων να μηδενίζεται:

$$\det(\mathbf{K} - \omega^2\mathbf{M}) = 0 \quad (2.7.1.2)$$

ή υπό αναπτυγμένη μορφή:

$$\begin{vmatrix} K_{11} - \omega^2 m_{11} & K_{12} - \omega^2 m_{12} & \dots & K_{1N} - \omega^2 m_{1N} \\ K_{21} - \omega^2 m_{21} & K_{22} - \omega^2 m_{22} & \dots & K_{2N} - \omega^2 m_{2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ K_{N1} - \omega^2 m_{N1} & K_{N2} - \omega^2 m_{N2} & \dots & K_{NN} - \omega^2 m_{NN} \end{vmatrix} = 0 \quad (2.7.1.3)$$

Το ανάπτυγμα της ορίζουσας (2.7.1.3) είναι πολυώνυμο  $N$  βαθμού ως προς  $\omega^2$ . Επομένως η σχέση (2.7.1.2) μπορεί να αληθεύει για  $N$  τιμές του  $\omega^2$ . Οι τιμές αυτές είναι οι ιδιοσυχνότητες του ή φυσικές συχνότητες του συστήματος. Οι ιδιοσυχνότητες διατάσσονται κατά σειρά μεγέθους,  $\omega_1 < \omega_2 < \dots < \omega_N$  η μικρότερη των οποίων,  $\omega_1$ , ονομάζεται θεμελιώδης ιδιοσυχνότητα.

Για κάθε τιμή  $\omega_i (i = 1, 2, \dots, N)$  προκύπτει ένα σύστημα γραμμικών εξισώσεων της μορφής (2.7.1.3), το οποίο επιτρέπει τον προσδιορισμό ενός διανύσματος  $\beta^{(i)}$ . Λόγω του μηδενισμού της ορίζουσας το πλήθος των ανεξάρτητων εξισώσεων είναι  $N - 1$ , δηλαδή μία από τις συνιστώσες  $(\beta_1^{(i)}, \beta_2^{(i)}, \dots, \beta_N^{(i)})$  του διανύσματος  $\beta^{(i)}$  μπορεί να ορισθεί αυθαίρετα. Έτσι μπορούμε να λάβουμε  $\beta_1^{(i)} = 1$ , οπότε το σύστημα (2.7.1.1) γράφεται:

$$\mathbf{A}(\omega_i)\mathbf{B} = \begin{bmatrix} K_{11} - \omega^2 m_{11} & K_{12} - \omega^2 m_{12} & \dots & K_{1N} - \omega^2 m_{1N} \\ K_{21} - \omega^2 m_{21} & K_{22} - \omega^2 m_{22} & \dots & K_{2N} - \omega^2 m_{2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ K_{N1} - \omega^2 m_{N1} & K_{N2} - \omega^2 m_{N2} & \dots & K_{NN} - \omega^2 m_{NN} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ \beta_2^{(i)} \\ \dots \\ \beta_N^{(i)} \end{bmatrix} = 0 \quad (2.7.1.4)$$

Από τη σχέση (2.7.1.4) προκύπτει ότι για κάθε τιμή του  $\omega_i$  λαμβάνουμε και ένα διάνυσμα  $\beta^{(i)}$ . Τα διανύσματα αυτά ονομάζονται *ιδιοδιανύσματα* του δυναμικού συστήματος και εντάσσονται σ' ένα μητρώο  $\mathbf{B}$  διαστάσεων  $N \times N$ , το οποίο ονομάζεται μητρώο ιδιοδιανυσμάτων,

$$\mathbf{B} = \begin{bmatrix} \beta_1 & \beta_2 & \dots & \beta_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ \beta_{21} & \beta_{22} & \dots & \beta_{2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \beta_{N1} & \beta_{N2} & \dots & \beta_{NN} \end{bmatrix} \quad (2.7.1.5)$$

Οι συνιστώσες του ιδιοδιανύσματος είναι γνωστές σε σχέση προς κάποια συνιστώσα του, η οποία μπορεί να επιλεγεί αυθαίρετα. Το απόλυτο μέγεθος του ιδιοδιανύσματος δεν προσδιορίζεται, δηλαδή τα ιδιοδιανύσματα προσδιορίζουν μόνο κατευθύνσεις, ενώ το μέτρο τους παραμένει απροσδιόριστο. Η διαδικασία κατά την οποία ορίζουμε κλίμακα για τη μέτρησή του ονομάζεται κανονικοποίηση.

Μια μέθοδος κανονικοποίησης των ιδιομορφών είναι η καλούμενη ορθοκανονικοποίηση ως προς τη μάζα. Στη μέθοδο αυτή η κλίμακα μετρήσεως των συνιστωσών του ιδιοδιανύσματος διαλέγεται έτσι ώστε να ικανοποιείται η σχέση:

$$\Phi_i^T \mathbf{M} \Phi_i = 1 \quad (2.7.1.6)$$

## 2.7.2 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΙΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΙΔΙΟΜΟΡΦΩΝ ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΧΩΡΙΣ ΑΠΟΣΒΕΣΗ [2]

1. Όταν τα  $\mathbf{K}$  και  $\mathbf{M}$  είναι πραγματικά και συμμετρικά, όλες οι ιδιοσυχνότητες είναι πραγματικές.
2. Όταν τα  $\mathbf{K}$  και  $\mathbf{M}$  είναι πραγματικά, συμμετρικά και θετικά ορισμένα, όλες οι ιδιοσυχνότητες είναι θετικές.
3. Όταν το  $\mathbf{K}$  είναι ιδιόμορφο,  $\det(\mathbf{K}) = 0$ , τουλάχιστο μία ιδιοσυχνότητα είναι μηδέν και η αντίστοιχη ιδιομορφή εκφράζει κίνηση στερεού σώματος, η δε ελαστική ενέργεια είναι θετικά ημιορισμένη,  $U(\mathbf{u}) = \mathbf{u}^T \mathbf{K} \mathbf{u} \geq 0$  για  $\mathbf{u} \neq 0$
4. Όταν το  $\mathbf{M}$  είναι ιδιόμορφο,  $\det(\mathbf{M}) = 0$ , τουλάχιστο μία ιδιοσυχνότητα είναι άπειρη και η κινητική ενέργεια είναι θετικά ημιορισμένη,  $K(\dot{\mathbf{u}}) = \dot{\mathbf{u}}^T \mathbf{K} \dot{\mathbf{u}} \geq 0$  για  $\mathbf{u} \neq 0$
5. Σε κάθε ιδιοσυχνότητα αντιστοιχούν ιδιομορφές ισάριθμες με τον βαθμό πολλαπλότητας της ιδιοσυχνότητας.
6. Οι ιδιομορφές συμπεριλαμβανομένων και αυτών που αντιστοιχούν σε πολλαπλές ιδιοσυχνότητες είναι γραμμικά ανεξάρτητες και ορθογώνιες ως προς  $\mathbf{M}$  και  $\mathbf{K}$

$$\Phi_m^T \mathbf{M} \Phi_n = 0, \quad m \neq n$$

$$\Phi_m^T \mathbf{K} \Phi_n = 0, \quad m \neq n$$

7. Τυχόν διάνυσμα  $\mathbf{u}$  με διάσταση  $N$  μπορεί να εκφρασθεί ως επαλληλία των  $N$  ιδιομορφών  $\mathbf{u} = \Phi \alpha$ ,  $\alpha = \Phi^T \mathbf{u}$

## 2.8 ΕΞΑΝΑΓΚΑΣΜΕΝΕΣ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Στην περίπτωση των εξαναγκασμένων ταλαντώσεων είναι  $P(t) \neq 0$  και η εξίσωση κινήσεως :

$$\mathbf{M} \ddot{\mathbf{u}} + \mathbf{C} \dot{\mathbf{u}} + \mathbf{K} \mathbf{u} = \mathbf{p}(t) \quad (2.7.1)$$

Όταν αμελείται η απόσβεση,  $\mathbf{C} = 0$  η εξίσωση κινήσεως (2.7.1) λαμβάνει τη μορφή

$$\mathbf{M} \ddot{\mathbf{u}} + \mathbf{K} \mathbf{u} = \mathbf{p}(t) \quad (2.7.2)$$

### 2.8.1 Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΠΑΛΛΗΛΙΑΣ ΤΩΝ ΙΔΙΟΜΟΡΦΩΝ

Το διάνυσμα μετατοπίσεων με βάση το θεώρημα του αναπτύγματος [2] γράφεται:

$$\mathbf{u}(t) = \Phi_1 Y_1(t) + \Phi_2 Y_2(t) + \dots + \Phi_N Y_N(t) \quad (2.8.1.1)$$

Όπου  $\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_N$  είναι οι ιδιομορφές των ελεύθερων ταλαντώσεων χωρίς απόσβεση.

Αντικαθιστώντας στη (2.7.1) έχουμε

$$\begin{aligned} \mathbf{M}(\Phi_1 \ddot{Y}_1 + \Phi_2 \ddot{Y}_2 + \dots + \Phi_N \ddot{Y}_N) + \mathbf{C}(\Phi_1 \dot{Y}_1 + \Phi_2 \dot{Y}_2 + \dots + \Phi_N \dot{Y}_N) \\ + \mathbf{K}(\Phi_1 Y_1 + \Phi_2 Y_2 + \dots + \Phi_N Y_N) = \mathbf{p}(t) \end{aligned} \quad (2.8.1.2)$$

Τη παραπάνω σχέση πολλαπλασιάζουμε με  $\Phi_n^T$  (με την προϋπόθεση ότι το μητρώο αποσβέσεως είναι αναλογικό)

$$M_n \ddot{Y}_n + C_n \dot{Y}_n + K_n Y_n = P_n(t) \quad (2.8.1.3)$$

Όπου τα βαθμωτά μεγέθη

$$M_n = \Phi_n^T \mathbf{M} \Phi_n \quad (2.8.1.4)$$

$$C_n = \Phi_n^T \mathbf{C} \Phi_n \quad (2.8.1.5)$$

$$K_n = \Phi_n^T \mathbf{K} \Phi_n \quad (2.8.1.6)$$

$$P_n = \Phi_n^T \mathbf{p}(t) \quad (2.8.1.7)$$

είναι η ιδιομορφική μάζα, η ιδιομορφική απόσβεση, η ιδιομορφική ακαμψία και η ιδιομορφική δύναμη της  $n$  ιδιομορφής, αντίστοιχα [2].

## **Κεφάλαιο 3**

### **ΠΟΛΥΩΡΟΦΑ ΚΤΙΡΙΑ**

#### **3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα φέροντα στοιχεία ενός κτιρίου και η λειτουργία τους στο δομικό σύστημα. Στη συνέχεια αναφέρεται η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε στην εργασία για την μόνωση των μητρώων που απαιτούνται για τη δυναμική επίλυση μονώροφων και πολυώροφων κτιρίων.

#### **3.2 ΦΕΡΟΝΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΤΙΡΙΩΝ**

Τα σύγχρονα κτίρια κατασκευάζονται με φέροντα οργανισμό, ο οποίος είναι σκελετός από χάλυβα, οπλισμένο σκυρόδεμα ή σύμμικτος. Τα δομικά στοιχεία του σκελετού του κτιρίου είναι τα υποστυλώματα, οι δοκοί και οι πλάκες

**Τα υποστυλώματα** είναι τα κατακόρυφα φέροντα στοιχεία του σκελετού. Λόγω του διαφορετικού τρόπου λειτουργίας, του διαφορετικού τρόπου υπολογισμού και του διαφορετικού τρόπου όπλισης χωρίζονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες:

- α) *Υποστυλώματα* είναι ορθογωνικά στοιχεία που ο λόγος των πλευρών τους είναι μικρότερος του 4.
- β) *Τοιχεία* είναι ορθογωνικά στοιχεία που ο λόγος των πλευρών τους είναι μεγαλύτερος ή ίσος με 4.
- γ) *Σύνθετα στοιχεία* είναι αυτά που αποτελούνται από ένα ή περισσότερα ορθογωνικά στοιχεία και το ένα από αυτά τουλάχιστον είναι τοιχείο.

**Οι δοκοί** είναι τα οριζόντια ή φέροντα στοιχεία του σκελετού που συνδέουν τα υποστυλώματα και φέρουν τις πλάκες. Ανάλογα με τη στάθμη στην οποία βρίσκονται οι πλάκες σε σχέση με τη δοκό, δημιουργούνται *ορθές δοκοί, ανεστραμμένες δοκοί ή δοκοί Ζήτα*.

**Οι πλάκες** είναι επίπεδοι επιφανειακοί φορείς που φέρουν τα φορτία κάθετα στο επίπεδό τους. Οι πλάκες είναι φορείς, πολλές φορές υπερστατικοί και γι' αυτό μπορούν να ανακατανέμουν τις εντάσεις που ασκούνται πάνω τους, με αποτέλεσμα η ασφάλεια τους, τόσο σε κάμψη, όσο και σε διάτμηση να είναι υψηλή. Εξάριση αποτελούν οι πλάκες πρόβολοι που συμπεριφέρονται σαν ισοστατικοί φορείς. Ανάλογα με τον τρόπο στήριξης μιας πλάκας διακρίνονται οι εξής κατηγορίες:

- α) *Αμφιέριστες*: είναι οι πλάκες που στηρίζονται στις δύο απέναντι από τις τέσσερις πλευρές τους.
- β) *Τετραέριστες*: είναι οι πλάκες που στηρίζονται και στις τέσσερις πλευρές τους.
- γ) *Πρόβολοι*: είναι οι πλάκες που στηρίζονται ακλόνητα σε μία από τις τέσσερις πλευρές τους.

Η παραμόρφωση των πλακών μέσα στο επίπεδό τους είναι πολύ μικρή και μπορεί να αμεληθεί. Έτσι η λειτουργία των πλακών κατά την οριζόντια κίνησή τους μπορεί να προσομοιωθεί με αυτή επίπεδου



στερεού σώματος και αναφέρεται ως διαφραγματική λειτουργία των πλακών. Συνέπεια αυτού είναι η δέσμευση των οριζόντιων μετατοπίσεων και των στροφών των άκρων των υποστυλωμάτων να παρακολουθούν αυτές του διαφράγματος. Οι μάζες του κτιρίου συγκεντρώνονται στις στάθμες των πλακών. Η διαδικασία αυτή μειώνει τους βαθμούς ελευθερίας σε  $N = 3n$  όπου  $n$  είναι ο αριθμός των ορόφων [2, 3].

### 3.3 ΤΟ ΜΟΝΩΡΟΦΟ ΚΤΙΡΙΟ [2]

Η πλάκα θεωρείται απαραμόρφωτη μέσα στο επίπεδο της και η σχετική απόσταση μεταξύ των σημείων της πλάκας δεν μεταβάλλεται. Τα κατακόρυφα στοιχεία συνδέονται πλήρως με την πλάκα ώστε να είναι δυνατή η μεταβίβαση δράσεων (δυνάμεων και ροπών) από την πλάκα στα κατακόρυφα στοιχεία και αντίστροφα. Οι κύριοι άξονες των στοιχείων έχουν τυχούσα διεύθυνση στο επίπεδο. Τα στοιχεία αυτά θα ονομάζονται μονώροφα στοιχεία (ΜΣ). Τα μονώροφα στοιχεία μπορεί να είναι μεμονωμένα υποστυλώματα, πλαίσια, τοιχώματα μεμονωμένα ή συνεζευγμένα με πλαίσια, κλειστές διατομές, κλίμακες κ.λ.π.

Διαλέγουμε ένα σύστημα αναφοράς  $O\bar{x}\bar{y}$  του οποίου η αρχή συμπίπτει με τυχαίο σημείο  $O$  της πλάκας, όταν αυτή βρίσκεται σε θέση ηρεμίας. Παριστάνουμε με  $\bar{x}_i, \bar{y}_i$  τις συντεταγμένες του κέντρου βάρους της διατομής του στοιχείου  $i$  και με  $\varphi^i$  τη γωνία που σχηματίζει ο κύριος άξονας του στοιχείου με τον άξονα  $\bar{x}$ . Το σύστημα των αξόνων  $\bar{x}\bar{y}$  αποτελεί το καθολικό σύστημα αξόνων, ενώ το  $xy$  είναι το τοπικό του στοιχείου  $i$ .

Λόγω του ότι αμελούμε την αξονική παραμόρφωση των στοιχείων η μόνη δυνατή κίνηση της πλάκας είναι η κίνησή της ως στερεού σώματος μέσα στο επίπεδο  $\bar{x}\bar{y}$ . Η κίνηση αυτή μπορεί να προσδιορισθεί από τις δύο μεταφορικές συνιστώσες ενός σημείου της πλάκας και τη στροφή της. Εξετάζουμε την κίνηση της πλάκας ως προς το σημείο  $O$  και παριστάνουμε με  $\bar{U}, \bar{V}$  τις μεταφορικές συνιστώσες της ως προς τους καθολικούς άξονες  $\bar{x}\bar{y}$ , οι οποίοι θεωρούνται ακίνητοι και με  $\bar{\Omega}$  τη στροφή της. Λόγω της κινήσεως της πλάκας, οι κεφαλές των στοιχείων υφίστανται μετατοπίσεις και στροφές σχετικά με τον πόδα τους. Οι μετατοπίσεις αυτές αναπτύσσουν ελαστικές δυνάμεις, οι οποίες ασκούνται πάνω στην πλάκα. Τις συνιστώσες των μετατοπίσεων και των ελαστικών δυνάμεων του στοιχείου  $i$  παριστάνουμε  $(u^i, v^i, \omega^i)$  και  $(X^i, Y^i, M^i)$  στο τοπικό σύστημα αξόνων και με  $(\bar{u}^i, \bar{v}^i, \bar{\omega}^i)$  και  $(\bar{X}^i, \bar{Y}^i, \bar{M}^i)$  στο καθολικό σύστημα αξόνων αντίστοιχα.

(α) Καθολικό σύστημα αξόνων

$$\bar{\mathbf{U}} = \bar{U} \quad \bar{V} \quad \bar{\Omega}^T \quad \text{Μητρώο μετατοπίσεων του σημείου } O$$

$$\bar{\mathbf{D}}^i = \bar{u}^i \quad \bar{v}^i \quad \bar{\omega}^i \quad \text{T} \quad \text{Μητρώο μετατοπίσεων του Κ.Β. του στοιχείου } i$$

$$\bar{\mathbf{F}}_s^i = \bar{X}^i \quad \bar{Y}^i \quad \bar{M}^i \quad \text{T} \quad \text{Μητρώο ελαστικών δυνάμεων του στοιχείου } i.$$

(β) Τοπικό σύστημα αξόνων

$$\mathbf{D}^i = u^i \quad v^i \quad \omega^i \quad \text{T} \quad \text{Μητρώο μετατοπίσεων του Κ.Β. του στοιχείου } i$$

$$\mathbf{F}_s^i = X^i \quad Y^i \quad M^i \quad \text{T} \quad \text{Μητρώο ελαστικών δυνάμεων του στοιχείου } i$$

Το μητρώο μετασχηματισμού του στοιχείου  $i$  από το καθολικό σύστημα αξόνων στο τοπικό είναι

$$\mathbf{R}^i = \begin{bmatrix} \cos \varphi^l & \sin \varphi^l & 0 \\ -\sin \varphi^l & \cos \varphi^l & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3.2.1)$$

$$\mathbf{D}^i = \mathbf{R}^i \bar{\mathbf{D}}^i, \quad \bar{\mathbf{D}}^i = (\mathbf{R}^i)^T \mathbf{D}^i \quad (3.2.2)$$

$$\mathbf{F}_s^i = \mathbf{R}^i \bar{\mathbf{F}}_s^i, \quad \bar{\mathbf{F}}_s^i = (\mathbf{R}^i)^T \mathbf{F}_s^i \quad (3.2.3)$$

Οι ελαστικές δυνάμεις και οι μετατοπίσεις συνδέονται με τις παρακάτω σχέσεις :

$$X^i = k_x^i u^i \quad (3.2.4)$$

$$Y^i = k_y^i v^i \quad (3.2.5)$$

$$M^i = k_\omega^i \omega^i \quad (3.2.6)$$

Όπου  $k_x^i$ ,  $k_y^i$  είναι οι μεταφορικές ακαμψίες του στοιχείου κατά τους άξονες  $x$  και  $y$  και  $k_\omega^i$  είναι η στρεπτική ακαμψία του. Οι σχέσεις (3.2.4), (3.2.5), (3.2.6) συμπτύσσονται στη

$$\mathbf{F}_s^i = \mathbf{k}^i \mathbf{D}^i \quad (3.2.7)$$

Το μητρώο ακαμψίας του στοιχείου  $i$  είναι :

$$\mathbf{k}^i = \begin{bmatrix} k_x^i & 0 & 0 \\ 0 & k_y^i & 0 \\ 0 & 0 & k_\omega^i \end{bmatrix} \quad (3.2.8)$$

Η σχέση που συνδέει τις μετακινήσεις  $\mathbf{D}^i$  του στοιχείου  $i$  με τις μετατοπίσεις  $\bar{\mathbf{U}}$  του σημείου  $O$  είναι:

$$\bar{\mathbf{D}}^i = \mathbf{T}_i^T \bar{\mathbf{U}} \quad (3.2.9)$$

όπου

$$\mathbf{T}_i = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -\bar{y}^i & \bar{x}^i & 1 \end{bmatrix} \quad (3.2.10)$$

Η παραδοχή συγκεντρωμένων μαζών για τα μονώροφα στοιχεία δίνει συγκεντρωμένες αδρανειακές δυνάμεις στα σημεία  $i$ . Επομένως το μητρώο μάζας γράφεται:

$$\mathbf{m}_i = \begin{bmatrix} m^i & 0 & 0 \\ 0 & m^i & 0 \\ 0 & 0 & I^i \end{bmatrix} \quad (3.2.11)$$

Όπου  $m_i$  είναι η μάζα στο άνω άκρο του στοιχείου και  $I^i$  η ροπή αδράνειάς περί το κέντρο βάρους  $i$ .

Το μητρώο μάζας της πλάκας ως προς το κέντρο βάρους  $C$  είναι:

$$\bar{\mathbf{M}}^c = \begin{bmatrix} m & 0 & 0 \\ 0 & m & 0 \\ 0 & 0 & I^c \end{bmatrix} \quad (3.2.12)$$

Το μητρώο μάζας μετασχηματίζεται στο σημείο  $O$  ως:

$$\bar{\mathbf{M}}^o = \mathbf{T}_c \bar{\mathbf{M}}^c \mathbf{T}_c^T \quad (3.2.13)$$

όπου

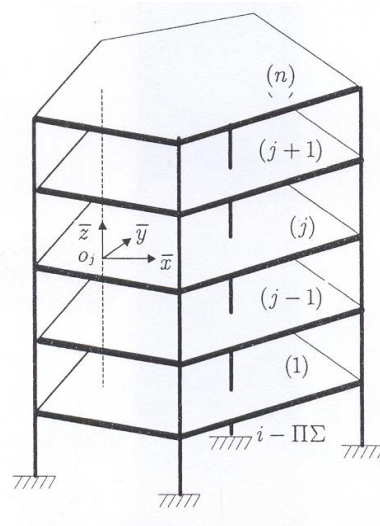
$$\mathbf{T}_c = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -\bar{y}^c & \bar{x}^c & 1 \end{bmatrix} \quad (3.2.14)$$

Η εξίσωση κινήσεως προκύπτει θεωρώντας την ισορροπία όλων των δυνάμεων ως προς το σημείο  $O$

$$\bar{\mathbf{M}}\ddot{\mathbf{U}} + \bar{\mathbf{K}}\bar{\mathbf{U}} = \bar{\mathbf{P}} \quad (3.2.15)$$

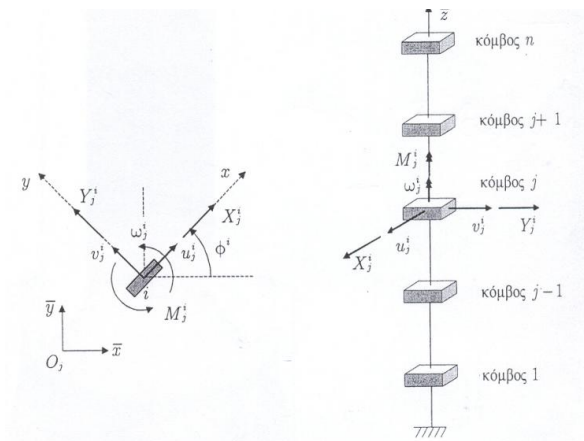
### 3.4 ΤΟ ΠΟΛΥΩΡΟΦΟ ΚΤΙΡΙΟ [2]

Το πολυώροφο κτίριο αποτελείται από  $n$  οριζόντιες αλληπάλληλες πλάκες που συνδέονται μεταξύ τους με  $K$  κατακόρυφα ελαστικά στοιχεία. Οι πλάκες συμπεριφέρονται ως διαφράγματα. Τα κατακόρυφα στοιχεία συνδέονται πλήρως με τις πλάκες, ώστε να είναι δυνατή η μεταβίβαση δράσεων (δυνάμεων και ροπών) από τις πλάκες στα κατακόρυφα στοιχεία και αντιστρόφως.



Σχήμα 3.3.1. Πολυώροφο κτίριο

Οι στηρίξεις επί του εδάφους μπορεί να είναι πακτώσεις, αρθρώσεις ή ελαστικές στηρίξεις. Τα στοιχεία αυτά θα ονομάζουμε πολυώροφα στοιχεία (ΠΣ). Τα πολυώροφα στοιχεία μπορεί να είναι μεμονωμένοι στύλοι, πλαίσια, τοιχώματα μεμονωμένα ή συνεζυγμένα με πλαίσια, κλειστές διατομές κλίμακες κλπ.



Σχήμα 3.3.2. Μετατοπίσεις και ελαστικές δράσεις κόμβου  $j$  του πολυώροφου στοιχείου  $i$ .

Μητρώα μετακινήσεων:

(α) Καθολικό σύστημα αξόνων

$$\bar{\mathbf{D}}_j^i = \bar{u}_j^i \quad \bar{v}_j^i \quad \bar{\omega}_j^i \quad \text{T} \quad (3.3.1)$$

$$\bar{\mathbf{F}}_{sj}^i = \bar{X}_j^i \quad \bar{Y}_j^i \quad \bar{M}_j^i \quad \text{T} \quad (3.3.2)$$

(β) Τοπικό σύστημα αξόνων

$$\mathbf{D}_j^i = u_j^i \quad v_j^i \quad \omega_j^i \quad \text{T} \quad (3.3.3)$$

$$\mathbf{F}_{sj}^i = X_j^i \quad Y_j^i \quad M_j^i \quad \text{T} \quad (3.3.4)$$

Μητρώο μετασχηματισμού από το καθολικό σύστημα στο τοπικό:

$$\mathbf{R}_i^j = \mathbf{R}^i = \begin{bmatrix} \cos \varphi^i & \sin \varphi^i & 0 \\ -\sin \varphi^i & \cos \varphi^i & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3.3.5)$$

Μητρώο μετασχηματισμού λόγω μεταθέσεως:

$$\mathbf{T}_i^j = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -\bar{y}_j^i & \bar{x}_j^i & 1 \end{bmatrix} \quad (3.3.6)$$

Μητρώο μάζας πολυώροφου κτιρίου:

$$\bar{\mathbf{m}}_j^i = \begin{bmatrix} m_j^i & 0 & 0 \\ 0 & m_j^i & 0 \\ 0 & 0 & I_j^i \end{bmatrix}, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (3.3.7)$$

Η αδρανειακή δύναμη στη στάθμη  $j$  της πλάκας είναι

$$\bar{\mathbf{F}}_{I_j}^i = \mathbf{m}_j^i \ddot{\mathbf{D}}_j^i, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (3.3.8)$$

## Κεφάλαιο 4

### ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ Ε.Κ.Ω.Σ – Ε.Α.Κ

#### 4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σ' αυτό το κεφάλαιο γίνεται αναφορά στους κανονισμούς ΕΚΩΣ (Ελληνικός Κανονισμός Ωπλισμένου Σκυροδέματος) και ΕΑΚ (Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός). Συγκεκριμένα παρουσιάζονται τα δεδομένα για το σκυρόδεμα σύμφωνα με τον ΕΚΩΣ και τον ΚΤΣ (Κανονισμό Τεχνολογίας Σκυροδέματος) και οι προσομοιώσεις των κατασκευών σύμφωνα με τον του ΕΑΚ. Στην συνέχεια παρουσιάζεται η απλοποιημένη φασματική μέθοδος του ΕΑΚ, η οποία χρησιμοποιείται και στην παρούσα εργασία.

#### 4.2 ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

##### Χαρακτηριστική αντοχή

Η θλιπτική αντοχή σκυροδέματος μετράται στις 28 ημέρες σε κυλινδρικά δοκίμια διαμέτρου 150 mm και ύψους 300 mm ή κυβικά δοκίμια ακμής 150 mm, σύμφωνα με τις διατάξεις του Κανονισμού Τεχνολογίας Σκυροδέματος (Κ.Τ.Σ.).

Χαρακτηριστική αντοχή κυλινδρικού δοκιμίου  $f_{ck}$  ή κυβικού δοκιμίου  $f_{ck,cube}$  θεωρείται εκείνη η τιμή αντοχής κάτω της οποίας υπάρχει 5% πιθανότητα να βρεθεί η τιμή αντοχής ενός τυχαίου δοκιμίου. Στην πράξη το σκυρόδεμα θεωρείται ότι ανήκει στην κατηγορία που προδιαγράφεται στην μελέτη, αν τα αποτελέσματα των δοκιμών συμφωνούν με τα κριτήρια συμμόρφωσης του Κ.Τ.Σ. [4, 5].

##### Κατηγορίες σκυροδέματος

Η αντοχή και τα άλλα δεδομένα για το σκυρόδεμα καθορίζονται βάσει τυποποιημένων δοκιμών. Η διαστασιολόγηση πρέπει να βασίζεται σε κατηγορία σκυροδέματος που αντιστοιχεί σε καθορισμένη τιμή χαρακτηριστικής αντοχής.

Οι κατηγορίες σκυροδέματος είναι οι ακόλουθες [4, 5]:

C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C50/60
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

##### Φαινόμενο βάρος

Στους υπολογισμούς μπορεί να ληφθεί το φαινόμενο βάρος άοπλου σκυροδέματος ίσο με 24KN/m<sup>3</sup> και το φαινόμενο βάρος οπλισμένου ή προεντεταμένου σκυροδέματος ίσο με 25KN/m<sup>3</sup>, σε περίπτωση συνήθων ποσοστών οπλισμού [4, 5].

## Μέτρο ελαστικότητας

Η μέση τιμή  $E_{cm}$  του επιβατικού μέτρου ελαστικότητας μπορεί να εκτιμηθεί βάσει της χαρακτηριστικής θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος, μέσω του πίνακα [4, 5]

**Πίνακας 4.2.1 :** Επιβατικό μέτρο ελαστικότητας σε  $GPa$

$f_{ck}$	12	16	20	25	30	35	40	45	50
$E_{cm}$	26	27.5	29	30.5	32	33.5	35	36	37

## Λόγος Poisson

Για το λόγο του Poisson μπορεί να ληφθεί μία τιμή μεταξύ 0.00 – 0.20.

## 4.3 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ

### Ελευθερίες κίνησης [6]

1. Ο αριθμός και το είδος των ελευθεριών κίνησης εκλέγεται σε κάθε περίπτωση με κριτήριο την απόδοση με επαρκή προσέγγιση όλων των σημαντικών παραμορφώσεων και δυνάμεων αδράνειας των φορέων.
2. Σε κτίρια που υπόκεινται σε οριζόντια σεισμική δράση και με εξασφαλισμένη τη διαφραγματική λειτουργία των πλακών αρκεί η θεώρηση τριών ελευθεριών κίνησης ανά όροφο (δύο μετατοπίσεις και μία στροφή).
3. Σε κτίρια στα οποία δεν είναι εξασφαλισμένη η παραπάνω διαφραγματική λειτουργία, απαιτείται η εισαγωγή ικανού αριθμού ελευθεριών κίνησης, με κατάλληλη διακριτοποίηση, για την απόδοση της παραμόρφωσης των πλακών μέσα στο επίπεδό τους.
4. Η στήριξη των φορέων στο έδαφος θεωρείται, γενικά στερεά. Επιτρέπεται η εισαγωγή πρόσθετων ελευθεριών κίνησης των σημείων στήριξης (ελαστική στήριξη).

### Προσομοίωση των μαζών [6]

1. Η διακριτοποίηση των κατανεμημένων μαζών των κατασκευών σε ιδεατές συγκεντρωμένες μάζες γίνεται με τους παρακάτω όρους:
  - Κάθε σημείο συγκέντρωσης μάζας εφοδιάζεται με τη μάζα και με τις ροπές αδράνειας μάζας του στερεού τμήματος στο οποίο αντιστοιχεί, ανάλογα με τον αριθμό και το είδος των ελευθεριών κίνησης που διαθέτει.
  - Η κατανομή των συγκεντρωμένων μαζών στην έκταση της κατασκευής γίνεται με κριτήριο τη διατήρηση του κέντρου βάρους και των ροπών αδράνειας των κατανεμημένων μαζών.

- Επιτρέπεται η αιτιολογημένη παράλειψη των ροπών αδράνειας μάζας και η απαλοιφή των αντίστοιχων δυναμικών ελευθεριών κίνησης από το προσομοίωμα.
2. Σε κτίρια που υπόκεινται σε οριζόντια σεισμική δράση και με εξασφαλισμένη τη διαφραγματική λειτουργία των πλακών, επιτρέπεται η συγκέντρωση της μάζας κάθε ορόφου και της αντίστοιχης ροπής αδράνειας μάζας περί κατακόρυφο άξονα στο κέντρο βάρους του ορόφου.
  3. Η τιμές των μαζών προκύπτουν από τα κατακόρυφα φορτία  $G_K + \psi_2 \cdot Q_K$  όπου  $G_K$  και  $Q_K$  είναι οι αντιπροσωπευτικές τιμές των μόνιμων και μεταβλητών φορτίων και  $\psi_2$  μειωτικός συντελεστής.

### **Προσομοίωση δυσκαμψίας φερόντων στοιχείων [6]**

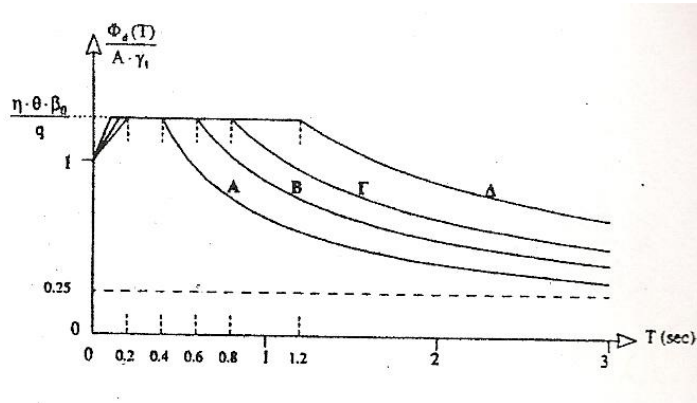
1. Στο προσομοίωμα της κατασκευής θα λαμβάνονται υπόψη όλα τα φέροντα στοιχεία που έχουν σημαντική συμβολή στη δυσκαμψία του συστήματος. Στο πλαίσιο της «ισοδύναμης» γραμμικής ανάλυσης η δυσκαμψία των στοιχείων πρέπει να αποδίδει με επαρκή προσέγγιση την παραμόρφωση υπό τις μέγιστες τάσεις που προκαλούνται από την σεισμική δράση σχεδιασμού. Σε στοιχεία που αναπτύσσουν πλαστικές αρθρώσεις θα χρησιμοποιείται η τέμνουσα δυσκαμψία στο υπολογιστικό σημείο διαρροής.
2. Σε περίπτωση κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα οι δυσκαμψίες των στοιχείων θα υπολογίζονται με παραδοχή σταδίου II. Εάν δεν γίνεται ακριβέστερη εκτίμηση, η καμπτική δυσκαμψία σταδίου II επιτρέπεται να λαμβάνεται για τα υποστυλώματα ίση με αυτήν του σταδίου I, χωρίς συνυπολογισμό της συμβολής του οπλισμού (δυσκαμψία γεωμετρικής διατομής), για τα τοιχώματα ίση με τα 2/3 της παραπάνω τιμής, και για τα οριζόντια στοιχεία ίση με το 1/2, ενώ η στρεπτική δυσκαμψία όλων των στοιχείων (εφόσον δεν αγνοείται) ίση με 1/10 της αντίστοιχης τιμής του σταδίου I.
3. Μέσα στα πλαίσια ισχύος των γραμμικών μεθόδων υπολογισμού προβλέπεται:
  - Η χρήση γραμμικού προσομοιώματος μηχανικής συμπεριφοράς της κατασκευής με την εισαγωγή του κατάλληλου συντελεστή συμπεριφοράς  $q$ .
  - Η εξομοίωση όλων των τύπων απόσβεσης (πλην της υστερητικής) με μία ισοδύναμη ιξώδη – γραμμική απόσβεση, η οποία εκφράζεται ως ποσοστό  $\zeta\%$  της κρίσιμης ιξώδους απόσβεσης.
  - Η λήψη κατασκευαστικών μέτρων για την υποβάθμιση ειδικών φαινομένων μη γραμμικότητας.
  - Κατά την προσομοίωση του εδάφους θεμελίωσης επιτρέπεται η παράλειψη των αδρανειακών και αποσβεστικών του χαρακτηριστικών και η θεώρηση μόνον των ελαστικών (ελατηριακές σταθερές).



#### 4.4 ΦΑΣΜΑΤΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ [6]

##### Οριζόντιες συνιστώσες

1. Τα φάσματα σχεδιασμού των οριζόντιων συνιστωσών του σεισμού καθορίζονται από τις παρακάτω εξισώσεις :



Σχήμα 4.4.1 Φάσμα σχεδιασμού

##### Περιοχή περιόδων

##### Εξίσωση

$$0 \leq T < T_1 : \quad \Phi_d(T) = \gamma_I \cdot A \cdot \left[ 1 + \frac{T}{T_1} \left( \frac{\eta \cdot \theta \cdot \beta_o}{q} - 1 \right) \right] \quad (4.4.1.α)$$

$$T_1 \leq T < T_2 : \quad \Phi_d(T) = \gamma_I \cdot A \cdot \frac{\eta \cdot \theta \cdot \beta_o}{q} \quad (4.4.1.β)$$

$$T_2 < T : \quad \Phi_d(T) = \gamma_I \cdot A \cdot \frac{\eta \cdot \theta \cdot \beta_o}{q} \cdot \left( \frac{T_2}{T} \right)^{2/3} \quad (4.4.1.γ)$$

όπου :

$A = \alpha g$	μέγιστη οριζόντια σεισμική επιτάχυνση του εδάφους
$g$	επιτάχυνση της βαρύτητας
$\gamma_I$	συντελεστής σπουδαιότητας του κτιρίου
$q$	συντελεστής συμπεριφοράς της κατασκευής
$\eta$	διορθωτικός συντελεστής για ποσοστό απόσβεσης $\neq 5\%$
$\theta$	συντελεστής επιρροής της θεμελίωσης
$T_1$ και $T_2$	χαρακτηριστικές περιόδους του φάσματος
$\beta_o = 2.5$	συντελεστής φασματικής ενίσχυσης
A, B, Γ, Δ	κατηγορία εδάφους

2. Ο διορθωτικός συντελεστής απόσβεσης υπολογίζεται από τη σχέση :

$$\eta = \sqrt{\frac{7}{2 + \zeta}} \geq 0.7 \quad (4.4.2)$$

**Πίνακας 4.4.1** Κατηγορίες Εδάφους

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
A	Βραχώδεις ή ημιβραχώδεις σχηματισμοί εκτεινόμενη σε αρκετή έκταση και βάθος, με την προϋπόθεση ότι δεν παρουσιάζουν έντονη αποσάθρωση. Στρώσεις πυκνού κοκκώδους υλικού με μικρό ποσοστό ιλυοαργιλικών προσμίξεων, πάχους μικρότερου των 70μ. Στρώσεις πολύ σκληρής προσυμπιεσμένης αργίλου πάχους μικρότερου των 70μ.
B	Εντόνως αποσαθρωμένα βραχώδη ή εδάφη που από μηχανική άποψη μπορούν να εξομοιωθούν με κοκκώδη. Στρώσεις κοκκώδους υλικού μέσης πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 5μ. ή μεγάλης πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 70μ. Στρώσεις σκληρής προσυμπιεσμένης αργίλου πάχους μεγαλύτερου των 70μ.
Γ	Στρώσεις κοκκώδους υλικού μικρής σχετικής πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 5μ. ή μέσης πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 70μ. Ιλυοαργιλικά εδάφη μικρής αντοχής σε πάχος μεγαλύτερο των 5μ.
Δ	Έδαφος με μαλακές αργίλους υψηλού δείκτη πλαστιμότητας ( $I_p > 50$ ) συνολικού πάχους μεγαλύτερου των 10μ.
X	Χαλαρά λεπτόκοκκα αμμοϊλιώδη εδάφη υπό τον υδάτινο ορίζοντα, που ενδέχεται να ρευστοποιηθούν (εκτός αν ειδική μελέτη αποκλείσει τέτοιο κίνδυνο, ή γίνει βελτίωση των μηχανικών τους ιδιοτήτων). Εδάφη που βρίσκονται δίπλα σε εμφανή τεκτονικά ρήγματα. Απότομες κλιτείς κκαλυπτόμενες με προϊόντα χαλαρών πλευρικών κορημάτων. Χαλαρά κοκκώδη ή μαλακά ιλυοαργιλικά εδάφη, εφόσον έχει αποδειχθεί ότι είναι επικίνδυνα από άποψη δυναμικής συμπεκνώσεως ή απώλειας αντοχής. Πρόσφατες χαλαρές επιχωματώσεις (μπάζα). Οργανικά εδάφη. Εδάφη κατηγορίας Γ με επικινδύνως μεγάλη κλίση.

**Πίνακας 4.4.2 :** Συντελεστές σπουδαιότητας

Κατηγορία Σπουδαιότητας		γ <sub>i</sub>
Σ1	Κτίρια μικρής σπουδαιότητας ως προς την ασφάλεια του κοινού π.χ. αγροτικά οικήματα, υπόστεγα, στάβλοι κλπ.	0.85
Σ2	Σύνηθη κτίρια κατοικιών και γραφείων, βιομηχανικά κτίρια, ξενοδοχεία κλπ.	1.00
Σ3	Εκπαιδευτικά κτίρια, κτίρια δημόσιων συναθροίσεων, αίθουσες αεροδρομίων και γενικώς κτίρια στα οποία ευρίσκονται πολλοί άνθρωποι κατά μεγάλο μέρος του 24ώρου. Κτίρια τα οποία στεγάζουν εγκαταστάσεις πολύ μεγάλης οικονομικής σημασίας (π.χ. κτίρια που στεγάζουν υπολογιστικά κέντρα, ειδικές βιομηχανίες) κλπ.	1.15
Σ4	Κτίρια των οποίων η λειτουργία, τόσο κατά την διάρκεια του σεισμού, όσο και μετά τους σεισμούς, είναι ζωτικής σημασίας, όπως κτίρια τηλεπικοινωνίας, παραγωγής ενέργειας, νοσοκομεία, πυροσβεστικοί σταθμοί, κτίρια δημόσιων επιτελικών υπηρεσιών. Κτίρια που στεγάζουν έργα μοναδικής καλλιτεχνικής αξίας (π.χ. μουσεία κλπ.)	1.30

Πίνακας 4.4.3 : Μέγιστες Τιμές Συντελεστή συμπεριφοράς q

ΥΛΙΚΟ	ΔΟΜΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	q
1. ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	α. Πλαίσια ή μικτά συστήματα	3.50
	β. Συστήματα τοιχωμάτων που λειτουργούν σαν πρόβολοι	3.00
	γ. Συστήματα στα οποία τουλάχιστον το 50% της συνολικής μάζας βρίσκεται στο ανώτερο 1/3 του ύψους	2.00
2. ΧΑΛΥΒΑΣ	α. Πλαίσια	4.00
	β. Δικτυωτοί σύνδεσμοι με εκκεντρότητα	4.00
	γ. Δικτυωτοί σύνδεσμοι χωρίς εκκεντρότητα :	
	διαγώνιοι σύνδεσμοι	3.00
	σύνδεσμοι τύπου V ή L	1.50
	σύνδεσμοι τύπου K (όπου επιτρέπεται)	1.00
3. ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ	α. Με οριζόντια διαζώματα	1.50
	β. Με οριζόντια και κατακόρυφα διαζώματα	2.00
	γ. Οπλισμένη (κατακόρυφα και οριζόντια)	2.50
4. ΞΥΛΟ	α. Πρόβολοι	1.00
	β. Δοκοί - Τόξα - Κολλητά πετάσματα	1.50
	γ. Πλαίσια με κοχλιώσεις	2.00
	δ. Πετάσματα με ηλώσεις	3.00

## 4.5 ΑΠΛΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ

### Γενικά –Πεδίο εφαρμογής [6]

1. Η απλοποιημένη φασματική μέθοδος προκύπτει από τη δυναμική φασματική μέθοδο με προσεγγιστική θεώρηση μόνον της θεμελιώδους ιδιομορφής ταλάντωσης για κάθε διεύθυνση υπολογισμού (μονο-ιδιομορφική μέθοδος). Η απλοποίηση αυτή επιτρέπει τον άμεσο υπολογισμό της σεισμικής απόκρισης με τη βοήθεια “ισοδύναμων” σεισμικών δυνάμεων, οι οποίες εφαρμόζονται σαν στατικά φορτία επάνω στην κατασκευή.
2. Κατά την εφαρμογή της μεθόδου οι δύο οριζόντιες συνιστώσες του σεισμού εκλέγονται παράλληλα προς τις κύριες διευθύνσεις του κτιρίου και χρησιμοποιείται πάντοτε το φάσμα σχεδιασμού  $\Phi_d(T)$ .
3. Η μέθοδος εφαρμόζεται στις παρακάτω περιπτώσεις:
  - α) Κανονικά κτίρια μέχρι 10 ορόφους.
  - β) Μη κανονικά κτίρια μέχρι 5 ορόφους με εξασφαλισμένη τη διαφραγματική λειτουργία των πλακών. Εξαιρούνται τα κτίρια σπουδαιότητας Σ4 άνω των δύο ορόφων σε ζώνες οποιαδήποτε σεισμικής επικινδυνότητας και τα κτίρια σπουδαιότητας Σ3 άνω των δύο ορόφων στις ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας II και III.
4. Ένα κτίριο θα λέγεται κανονικό, όταν ικανοποιεί τις παρακάτω συνθήκες:

α) Τα πατώματα λειτουργούν ως απαραμόρφωτα διαφράγματα μέσα στο επίπεδο τους. Η λειτουργία αυτή, αν δεν γίνεται ακριβέστερος έλεγχος, θεωρείται ότι δεν είναι εξασφαλισμένη σε επιμήκη ορθογωνικά κτίρια (ή τμήματα κτιρίων) με λόγο πλευρών μεγαλύτερο του 4, καθώς επίσης και σε κτίρια με κενά που υπερβαίνουν το 35% της κάτοψης του ορόφου.

β) Η αύξηση ή μείωση  $\Delta K_i = K_{i+1} - K_i$  της σχετικής δυσκαμψίας  $K_i$  ενός ορόφου σε κάθε οριζόντια διεύθυνση δεν υπερβαίνει τις τιμές  $0.35K_i$  και  $0.50K_i$ , αντίστοιχα. Η δυσκαμψία ενός ορόφου σε μία διεύθυνση θα λαμβάνεται ως το άθροισμα των σχετικών δυσκαμψιών  $EI/h$  των κατακόρυφων στοιχείων του ορόφου.

γ) Η αύξηση ή μείωση  $\Delta m_i = m_{i+1} - m_i$  της μάζας  $m_i$  ενός ορόφου δεν υπερβαίνει τις τιμές  $0.35m_i$  και  $0.50m_i$ , αντίστοιχα. Από τον έλεγχο του κριτηρίου αυτού εξαιρείται ο ανώτατος όροφος και τυχόν απόληξη κλιμακοστασίου.

### Ισοδύναμα σεισμικά φορτία [6]

1. Για κάθε κύρια διεύθυνση του κτιρίου το συνολικό μέγεθος των σεισμικών φορτίων (τέμνουσα βάση) υπολογίζεται από τη σχέση:

$$V_o = M\Phi_d(T) \quad (4.5.1)$$

$M$  είναι η συνολική ταλαντούμενη μάζα της κατασκευής,

$\Phi_d(T)$  είναι η τιμή της φασματικής επιτάχυνσης σχεδιασμού

$T$  είναι η θεμελιώδης ασύζευκτη ιδιοπερίοδος μεταφορικής ταλάντωσης κατά τη θεωρούμενη κύρια διεύθυνση του κτιρίου, η οποία υπολογίζεται με οποιαδήποτε αναγνωρισμένη μέθοδο της Μηχανικής. Σε ορθογωνική κάτοψη επιτρέπεται η εφαρμογή του παρακάτω εμπειρικού τύπου για τον υπολογισμό της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου:

$$T = 0.09 \frac{H}{\sqrt{L}} \sqrt{\frac{H}{H + \rho \cdot L}} \quad (4.5.2)$$

όπου:

$H$  το ύψος του κτιρίου.

$L$  το μήκος του κτιρίου κατά την θεωρούμενη διεύθυνση υπολογισμού.

$\rho$  ο λόγος της επιφάνειας των διατομών των τοιχωμάτων ανά διεύθυνση σεισμικής δράσης προς την συνολική επιφάνεια τοιχωμάτων και υποστλωμάτων.

2. Η καθ' ύψος κατανομή των σεισμικών φορτίων γίνονται σύμφωνα με τη σχέση:

$$F_i = (V_o - V_H) \cdot \frac{m_i \cdot \varphi_i}{\sum_j m_j \cdot \varphi_j}, \quad i, j = 1, 2, \dots, N \quad (4.5.3)$$

όπου:

$m_i$  είναι η συγκεντρωμένη μάζα στη στάθμη  $i$

$\varphi_i$  είναι η συνιστώσα στη στάθμη  $i$  της θεμελιώδους ιδιομορφής μεταφορικής ταλάντωσης κατά την θεωρούμενη κύρια διεύθυνση του κτιρίου, η οποία υπολογίζεται με οποιαδήποτε αναγνωρισμένη μέθοδο της Μηχανικής,

$$V_H = 0.07 \cdot T \cdot V_0 (\leq 0.25 \cdot V_0) \quad (4.5.4)$$

είναι μία πρόσθετη δύναμη που εφαρμόζεται στην κορυφή του κτιρίου όταν  $T \geq 1.0 \text{ sec}$  και  $N$  είναι ο αριθμός των ορόφων

3. Σε κανονικά κτίρια επιτρέπεται η καθ' ύψος κατανομή των σεισμικών φορτίων να γίνεται σύμφωνα με τη σχέση:

$$F_i = (V_0 - V_H) \frac{m_i z_i}{\sum_j m_j z_j}, \quad i, j = 1, 2, \dots, N \quad (4.5.5)$$

$N$  είναι ο αριθμός των ορόφων και  $z_i$  η απόσταση της στάθμης  $i$  από τη βάση.

4. Η κατανομή των σεισμικών φορτίων επιτρέπεται να εφαρμόζεται επίσης στις παρακάτω περιπτώσεις:

- α) Μη κανονικά κτίρια σπουδαιότητας Σ1, Σ2 και Σ3 μέχρι δύο ορόφους σε οποιαδήποτε ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας.
- β) Μη κανονικά κτίρια σπουδαιότητας Σ1 και Σ2 μέχρι τρεις ορόφους στις ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας I και II.
- γ) Μη κανονικά κτίρια σπουδαιότητας Σ1 και Σ2 μέχρι τέσσερις ορόφους στις ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας I.

## **Κεφάλαιο 5**

### **ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ**

#### **5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Στο κεφάλαιο αυτό διερευνάται η επιρροή των εξωστών στη δυναμική ανάλυση των κτιρίων. Μελετώνται ένα μονώροφο με συμμετρική κάτοψη, ένα διώροφο με συμμετρική κάτοψη και ένα διώροφο με μη συμμετρική κάτοψη. Κρατώντας σταθερή τη συνολική μάζα κάθε ορόφου μεταβάλλουμε τη θέση και τη γεωμετρική διάταξη των εξωστών και παρουσιάζουμε τις μεταβολές στις ιδιοσυχνότητες, όταν εκτελούμε ελεύθερες ταλαντώσεις καθώς και στις μέγιστες μετακινήσεις όταν εκτελούμε εξαναγκασμένες ταλαντώσεις. Για τη δυναμική ανάλυση των παραπάνω κτιρίων συντάχθηκε υπολογιστικός κώδικας σε γλώσσα MAPLE 13. Επίσης χρησιμοποιήθηκαν τα σχεδιαστικά προγράμματα AUTOCAD 2010 και ARCHICAD 12. Στο τέλος του κεφαλαίου παρουσιάζονται τα αριθμητικά αποτελέσματα για τις ιδιοσυχνότητες και τις μέγιστες μετακινήσεις των υπό εξέταση κτιρίων. Επίσης για κάθε ένα από τα κτίρια γίνεται σύγκριση των αποτελεσμάτων των ιδιοσυχνοτήτων με το πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων SAP 2000.

#### **5.2 ΔΕΔΟΜΕΝΑ-ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ**

##### **Υλικά**

Σκυρόδεμα:  $C20 / 25$

Χάλυβας:  $B500C$

Μέτρο ελαστικότητας:  $E = 21MPa$

Λόγος Poisson:  $\nu = 0.20$

##### **Μόνιμα φορτία**

Βάρος οπλισμένου Σκυροδέματος:  $25KN / m^3$

Επικάλυψη Πλακών γενικά:  $1.50KN / m^2$

##### **Κινητά φορτία**

Ωφέλιμο δαπέδων:  $3.50KN / m^2$

Ωφέλιμο δαπέδων εξωστών:  $5.00KN / m^2$

### **Συντελεστές ασφαλείας φορτίων**

Μόνιμα φορτία:  $\gamma_g = 1.00$

Κινητά φορτία:  $\gamma_q = 0.30$

### **Στοιχεία αντισεισμικού υπολογισμού**

Ζώνη Σεισμικής Επικινδυνότητας: II

Σεισμική Επιτάχυνση Εδάφους:  $0.24g$

Κατηγορία εδάφους B:  $\theta = 1.00$

Συντελεστής Σπουδαιότητα Κτιρίου Σ2:  $\gamma_i = 1.00$

Συντελεστής συμπεριφοράς της κατασκευής:  $q = 3.50$

Συντελεστής φασματικής μεγέθυνσης:  $\beta_o = 2.50$

Διορθωτικός συντελεστής απόσβεσης οπλισμένου σκυροδέματος:  $\eta = 1.00$

### **Μέθοδος υπολογισμού σεισμικών φορτίων**

Απλοποιημένη φασματική μέθοδος ΕΑΚ.

### **Διαστάσεις υποστυλωμάτων**

Τα υποστυλώματα είναι ορθογωνικής διατομής διαστάσεων  $40 \times 40 \text{ cm}^2$ .

### **Διαστάσεις Δοκών**

Οι δοκοί θεωρούνται ορθογωνικής διατομής διαστάσεων  $30 \times 50 \text{ cm}^2$ .

### **Διαστάσεις πλάκας**

Το πάχος της πλάκας είναι  $15 \text{ cm}$ . Το εμβαδόν της πλάκας χωρίς τους εξώστες είναι  $120 \text{ m}^2$ , το εμβαδόν των εξωστών είναι  $30 \text{ m}^2$ . Επί συνολικού εμβαδού  $150 \text{ m}^2$  οι εξώστες καταλαμβάνουν το 20% της κάτοψης κάθε πλάκας.

### **Δυναμική ανάλυση στο SAP2000**

Στη δυναμική ανάλυση του προγράμματος SAP το φορτίο των πλακών κατανεμήθηκε γραμμικά στις δοκούς και επιλύθηκε το πλαισιακό μόνο προσομοίωμα με διαφραγματική λειτουργία χωρίς την ύπαρξη της πλάκας. Στην περίπτωση κατά την οποία στην προσομοίωση τοποθετούσαμε πλάκα το πρόγραμμα SAP λαμβάνει υπόψη το συνεργαζόμενο πλάτος στις δοκούς συνεπώς τα αριθμητικά αποτελέσματα θα παρουσίαζαν διαφορές εφόσον στο μοντέλο του πολυώροφου κτιρίου οι διατομές των δοκών είναι ορθογωνικές.

## ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ

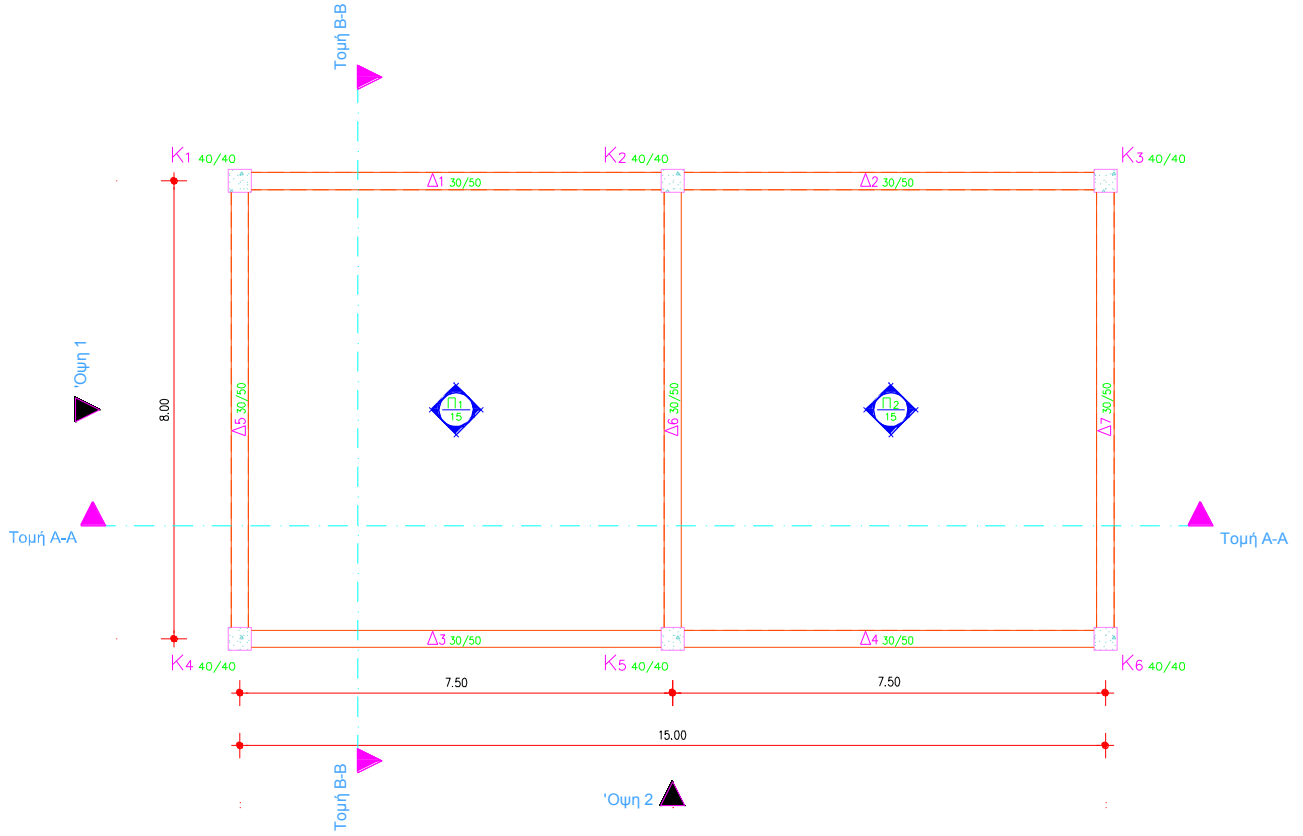
Αρχικά παρουσιάζεται αναλυτικά η μέθοδος για κάθε κτίριο (μονώροφο συμμετρικό, διώροφο συμμετρικό και διώροφο μη συμμετρικό) χωρίς τους εξώστες για να γίνει η επαλίθευση των αποτελεσμάτων μέσω του προγράμματος SAP2000. Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε είναι αυτή του πολυώροφου κτιρίου η οποία παρουσιάζεται αναλυτικά στο βιβλίο «ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ» του Ι.Θ. Κατσικαδέλη [2].

Στη συνέχεια για κάθε ένα από τα παραπάνω κτίρια διατάσσονται εξώστες συνολικής επιφάνειας  $30m^2$  και η συνολική τους επιφάνεια γίνεται  $150m^2$ , δηλαδή το ποσοστό των εξωστών επί της συνολικής κάτοψης είναι 20%. Διερευνώνται τρεις περιπτώσεις σε κάθε κτίριο με διαφορετική γεωμετρική διάταξη των εξωστών διατηρώντας την ίδια μάζα, για να είναι εφικτή η σύγκριση. Σε κάθε περίπτωση εφαρμόζουμε την απλοποιημένη φασματική μέθοδο του ΕΑΚ και βρίσκουμε τη δύναμη που ασκείται στις κατασκευές μας. Εφαρμόζουμε τη δύναμη κατά τις διευθύνσεις  $+X$  και  $+Y$ .

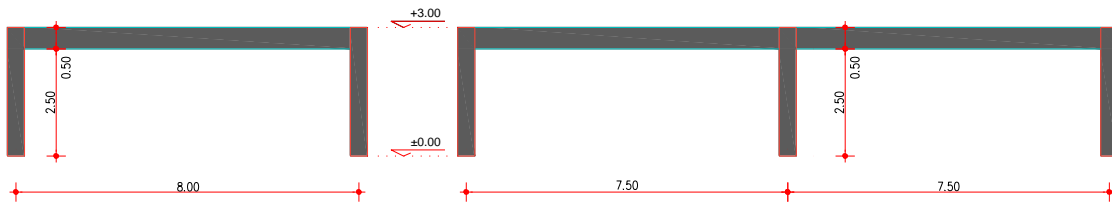


### 5.3 ΜΟΝΩΡΟΦΟ ΚΤΙΡΙΟ (Συμμετρικό)

#### 5.3.1 ΜΟΝΩΡΟΦΟ ΚΤΙΡΙΟ 1

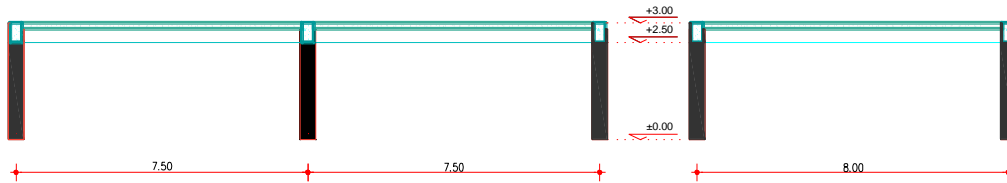


Σχήμα 5.3.1.1 Κάτοψη μονώροφου 1



Σχήμα 5.3.1.2 Όψη 1 Μονώροφου 1

Σχήμα 5.3.1.3 Όψη 2 Μονώροφου 1



**Σχήμα 5.3.1.4** Τομή Α-Α Μονώροφου 1

**Σχήμα 5.3.1.5** Τομή Β-Β Μονώροφου 1



**Σχήμα 5.3.1.6** Αξονομετρικό 1 Μονώροφου 1

**Σχήμα 5.3.1.7** Αξονομετρικό 2 Μονώροφου 1

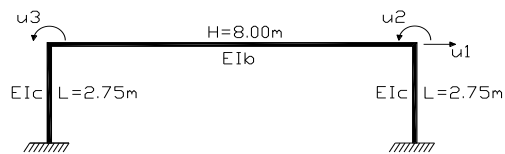


**Σχήμα 5.3.1.8** Αξονομετρικό 3 Μονώροφου 1

**Σχήμα 5.3.1.9** Αξονομετρικό 4 Μονώροφου 1

**ΜΗΤΡΩΟ ΑΚΑΜΨΙΑΣ**

**ΜΣ 1** (πλαίσιο Κ1 – Δ5 – Κ4)



$$\bar{K}1 = \begin{bmatrix} 51700.07 & 35543.80 & 35543.80 \\ 35543.80 & 97976.14 & 16406.25 \\ 35543.80 & 16406.25 & 97976.14 \end{bmatrix}$$

$$\bar{K}_{tt} = [51700.07] , \bar{K}_{t\theta} = \begin{bmatrix} 35543.80 & 35543.80 \end{bmatrix} , \bar{K}_{\theta t} = \begin{bmatrix} 35543.80 \\ 35543.80 \end{bmatrix} , \bar{K}_{\theta\theta} = \begin{bmatrix} 97976.14 & 16406.25 \\ 16406.25 & 97976.14 \end{bmatrix}$$

$$K^*_{tt} = \bar{K}_{tt} - \bar{K}_{t\theta} \cdot \bar{K}^{-1}_{\theta\theta} \cdot \bar{K}_{\theta t} = [29609.93]$$

Το μητρώο ακαμψίας μετά τη στατική συμπίκνωση των στροφικών βαθμών ελευθερίας:

$$K1 = \begin{bmatrix} 29609.93 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

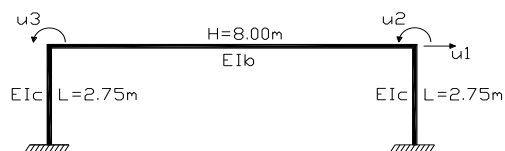
Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $R^1$  λόγω στροφής των τοπικών αξόνων:

$$R^1 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $T^1$  λόγω μεταθέσεως των τοπικών αξόνων:

$$T^1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & -7.50 & 1 \end{bmatrix}$$

**ΜΣ 2** (πλαίσιο Κ2 – Δ6 – Κ5)



$$\bar{K}2 = \begin{bmatrix} 51700.07 & 35543.80 & 35543.80 \\ 35543.80 & 97976.14 & 16406.25 \\ 35543.80 & 16406.25 & 97976.14 \end{bmatrix}$$

$$\bar{K}_{tt} = [51700.07] , \bar{K}_{t\theta} = [35543.80 \quad 35543.80] , \bar{K}_{\theta t} = \begin{bmatrix} 35543.80 \\ 35543.80 \end{bmatrix} , \bar{K}_{\theta\theta} = \begin{bmatrix} 97976.14 & 16406.25 \\ 16406.25 & 97976.14 \end{bmatrix}$$

$$K^*_{tt} = \bar{K}_{tt} - \bar{K}_{t\theta} \cdot \bar{K}^{-1}_{\theta\theta} \cdot \bar{K}_{\theta t} = [29609.93]$$

Το μητρώο ακαμψίας μετά τη στατική συμπίκνωση των στροφικών βαθμών ελευθερίας:

$$K2 = \begin{bmatrix} 29609.93 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

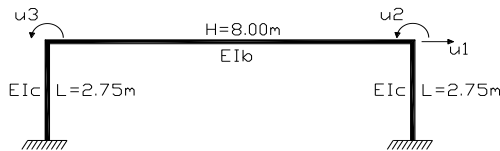
Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $R^2$  λόγω στροφής των τοπικών αξόνων:

$$R^2 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $T^2$  λόγω μεταθέσεως των τοπικών αξόνων:

$$T^2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

**ΜΣ 3** (πλαίσιο K3 – Δ7 – K6)



$$\bar{K}_3 = \begin{bmatrix} 51700.07 & 35543.80 & 35543.80 \\ 35543.80 & 97976.14 & 16406.25 \\ 35543.80 & 16406.25 & 97976.14 \end{bmatrix}$$

$$\bar{K}_{tt} = [51700.07] , \bar{K}_{t\theta} = [35543.80 \quad 35543.80] , \bar{K}_{\theta t} = \begin{bmatrix} 35543.80 \\ 35543.80 \end{bmatrix} , \bar{K}_{\theta\theta} = \begin{bmatrix} 97976.14 & 16406.25 \\ 16406.25 & 97976.14 \end{bmatrix}$$

$$K^*_{tt} = \bar{K}_{tt} - \bar{K}_{t\theta} \cdot \bar{K}^{-1}_{\theta\theta} \cdot \bar{K}_{\theta t} = [29609.93]$$

Το μητρώο ακαμψίας μετά τη στατική συμπίκνωση των στροφικών βαθμών ελευθερίας:

$$K3 = \begin{bmatrix} 29609.93 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

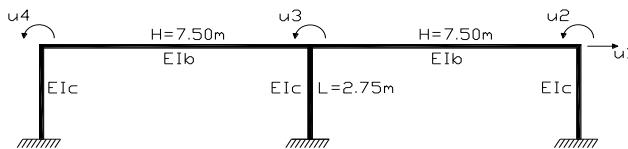
Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $R^3$  λόγω στροφής των τοπικών αξόνων:

$$R^3 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $T^3$  λόγω μεταθέσεως των τοπικών αξόνων:

$$T^3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 7.50 & 1 \end{bmatrix}$$

**ΜΣ 4** (πλαίσιο Κ4 – Δ3 – Κ5 – Δ4 – Κ6 )



$$\bar{K}_4 = \begin{bmatrix} 77550.11 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 \\ 35543.80 & 100163.64 & 17500.00 & 0 \\ 35543.80 & 17500.00 & 135163.64 & 17500.00 \\ 35543.80 & 0 & 17500.00 & 100163.64 \end{bmatrix}$$

$$\bar{K}_{tt} = [77550.11] , \bar{K}_{t\theta} = [35543.80 \quad 35543.80 \quad 35543.80] , \bar{K}_{\theta t} = \begin{bmatrix} 35543.80 \\ 35543.80 \\ 35543.80 \end{bmatrix}$$

$$\bar{K}_{\theta\theta} = \begin{bmatrix} 100163.64 & 17500.00 & 0 \\ 17500.00 & 135163.64 & 17500.00 \\ 0 & 17500.00 & 100163.64 \end{bmatrix}$$

$$K^*_{tt} = \bar{K}_{tt} - \bar{K}_{t\theta} \cdot \bar{K}^{-1}_{\theta\theta} \cdot \bar{K}_{\theta t} = [48180.68]$$

Το μητρώο ακαμψίας μετά τη στατική συμπύκνωση των στροφικών βαθμών ελευθερίας:

$$K_4 = \begin{bmatrix} 48180.68 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

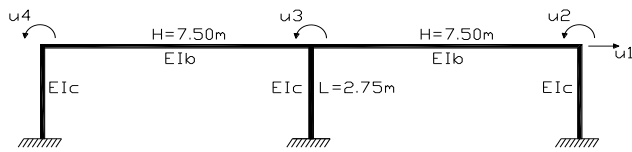
Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $R^4$  λόγω στροφής των τοπικών αξόνων:

$$R^4 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $T^4$  λόγω μεταθέσεως των τοπικών αξόνων:

$$T^4 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 4.00 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

**ΜΣ 5** (πλαίσιο Κ1 – Δ1 – Κ2 – Δ2 – Κ3)



$$\bar{K}_5 = \begin{bmatrix} 77550.11 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 \\ 35543.80 & 100163.64 & 17500.00 & 0 \\ 35543.80 & 17500.00 & 135163.64 & 17500.00 \\ 35543.80 & 0 & 17500.00 & 100163.64 \end{bmatrix}$$

$$\bar{K}_{tt} = [77550.11] , \bar{K}_{t\theta} = [35543.80 \quad 35543.80 \quad 35543.80] , \bar{K}_{\theta t} = \begin{bmatrix} 35543.80 \\ 35543.80 \\ 35543.80 \end{bmatrix}$$

$$\bar{K}_{\theta\theta} = \begin{bmatrix} 100163.64 & 17500.00 & 0 \\ 17500.00 & 135163.64 & 17500.00 \\ 0 & 17500.00 & 100163.64 \end{bmatrix}$$

$$K^*_{tt} = \bar{K}_{tt} - \bar{K}_{t\theta} \cdot \bar{K}^{-1}_{\theta\theta} \cdot \bar{K}_{\theta t} = [48180.68]$$

Το μητρώο ακαμγίας μετά τη στατική συμπίκνωση των στροφικών βαθμών ελευθερίας:

$$K_5 = \begin{bmatrix} 48180.68 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $R^5$  λόγω στροφής των τοπικών αξόνων:

$$R^5 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $T^5$  λόγω μεταθέσεως των τοπικών αξόνων:

$$T^5 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -4.00 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

**ΜΣ 6** (υποστύλωμα K1)

$$K6 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 10947.49 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $R^6$  λόγω στροφής των τοπικών αξόνων :

$$R^6 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $T^6$  λόγω μεταθέσεως των τοπικών αξόνων :

$$T^6 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

**ΜΣ 7** (υποστύλωμα K2)

$$K7 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 10947.49 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $R^7$  λόγω στροφής των τοπικών αξόνων :

$$R^7 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $T^7$  λόγω μεταθέσεως των τοπικών αξόνων :

$$T^7 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

**ΜΣ 8** (υποστύλωμα K3)

$$K8 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 10947.49 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $R^8$  λόγω στροφής των τοπικών αξόνων :

$$R^8 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $T^8$  λόγω μεταθέσεως των τοπικών αξόνων:

$$T^8 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

**ΜΣ 9** (υποστύλωμα Κ4)

$$K9 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 10947.49 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $R^9$  λόγω στροφής των τοπικών αξόνων:

$$R^9 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $T^9$  λόγω μεταθέσεως των τοπικών αξόνων:

$$T^9 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

**ΜΣ 10** (υποστύλωμα Κ5)

$$K10 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 10947.49 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $R^{10}$  λόγω στροφής των τοπικών αξόνων:

$$R^{10} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $T^{10}$  λόγω μεταθέσεως των τοπικών αξόνων:

$$T^{10} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

**ΜΣ 11** (υποστύλωμα Κ6)

$$K11 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 10947.49 \end{bmatrix}$$



Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $R^{11}$  λόγω στροφής των τοπικών αξόνων:

$$R^{11} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $T^{11}$  λόγω μεταθέσεως των τοπικών αξόνων :

$$T^{11} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

### ΟΛΙΚΟ ΜΗΤΡΩΟ ΑΚΑΜΨΙΑΣ

$$K_{O\Lambda} = \sum_{i=1}^{11} T_i \cdot (R_i)^T \cdot K^i \cdot R^i \cdot T_i^T = \begin{bmatrix} 96361.36 & 0 & 0 \\ 0 & 88829.79 & 0 \\ 0 & 0 & 4938583.66 \end{bmatrix}$$

### ΜΗΤΡΩΟ ΜΑΖΑΣ

$$M_{O\Lambda} = \begin{bmatrix} 77.064 & 0 & 0 \\ 0 & 77.064 & 0 \\ 0 & 0 & 1855.96 \end{bmatrix}$$

### ΙΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΙΔΙΟΜΟΡΦΕΣ

$$\omega_1^2 = 1152.67 \rightarrow \omega_1 = 33.95 \rightarrow T_1 = 0.1849 \text{ sec}$$

$$\omega_2^2 = 1250.40 \rightarrow \omega_2 = 35.36 \rightarrow T_2 = 0.1776 \text{ sec}$$

$$\omega_3^2 = 2660.93 \rightarrow \omega_3 = 51.58 \rightarrow T_3 = 0.1217 \text{ sec}$$

$$\Phi = \begin{bmatrix} 1.00 & 0 & 0 \\ 0 & 1.00 & 0 \\ 0 & 0 & 1.00 \end{bmatrix}$$

### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ SAP 2000

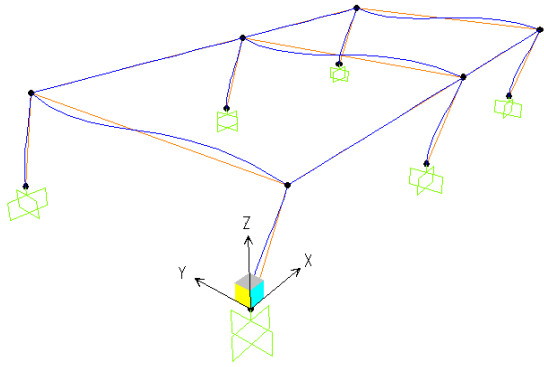
SAP2000 v11.0.0

**Table: Modal Periods And Frequencies**

OutputCase Text	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	Frequency Cyc/sec	CircFreq rad/sec	Eigenvalue rad2/sec2
MODAL	Mode	1,000000	0,185173	5,4003E+00	3,3931E+01	1,1513E+03
MODAL	Mode	2,000000	0,177755	5,6257E+00	3,5347E+01	1,2494E+03
MODAL	Mode	3,000000	0,170623	5,8609E+00	3,6825E+01	1,3561E+03
MODAL	Mode	4,000000	0,023006	4,3467E+01	2,7311E+02	7,4589E+04
MODAL	Mode	5,000000	0,022988	4,3500E+01	2,7332E+02	7,4704E+04
MODAL	Mode	6,000000	0,018901	5,2908E+01	3,3243E+02	1,1051E+05
MODAL	Mode	7,000000	0,018897	5,2919E+01	3,3250E+02	1,1056E+05
MODAL	Mode	8,000000	0,018887	5,2948E+01	3,3268E+02	1,1068E+05
MODAL	Mode	9,000000	0,018883	5,2959E+01	3,3275E+02	1,1072E+05

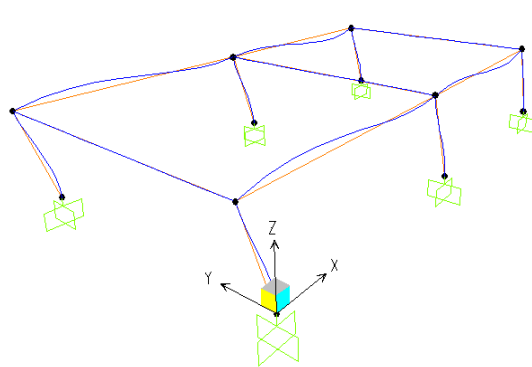
Analysis Model

Analysis Model

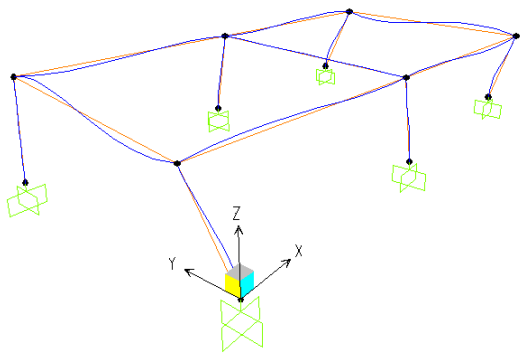


**Σχήμα 5.3.1.10** Ιδιομορφή T1=0,185173 sec

Analysis Model



**Σχήμα 5.3.1.11** Ιδιομορφή T2=0,177755 sec



**Σχήμα 5.3.1.12** Ιδιομορφή T3=0,170623 sec

**ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ MAPLE- SAP2000**

<b>ΙΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ Rad/Sec</b>	<b>MAPLE</b>	<b>SAP2000</b>	<b>ΔΙΑΦΟΡΑ %</b>
$\omega_1$	33,95	33,93	0,06
$\omega_2$	35,36	35,35	0,03
$\omega_3$	51,58	36,82	28,62

**ΑΠΛΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ**

**Φασματική επιτάχυνση σχεδιασμού :**  $\Phi_d(T) = \frac{\gamma_i A \eta \theta \beta_0}{q} = 1.714m / \text{sec}^2$

**Τέμνουσα βάσης :**  $V_0 = M\Phi_d(T) = 77.06\text{ton} \cdot 1.714m / \text{sec}^2 = 132.09\text{KN}$

**Δύναμη που ασκείται στον 1<sup>ο</sup> όροφο :**  $F_1 = V_0 \frac{m_1 z_1}{m_1 z_1} = 132.09\text{KN}$

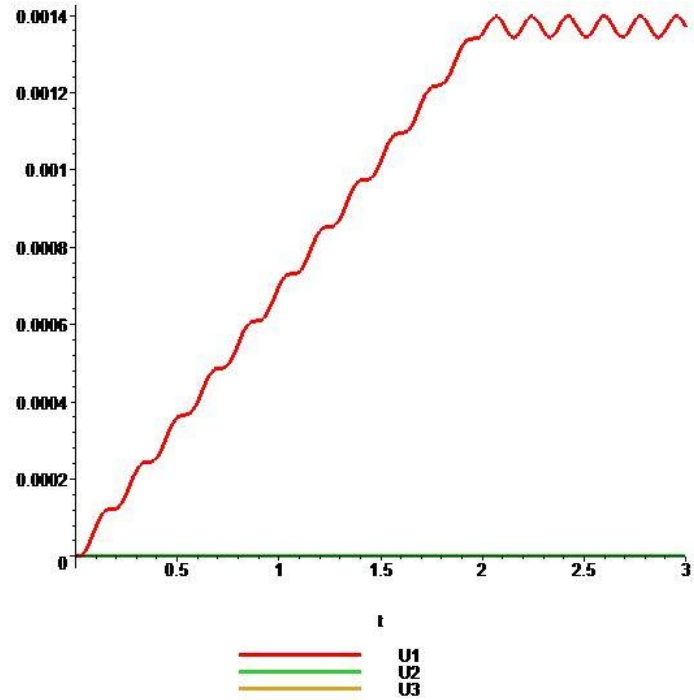
**ΜΗΤΡΩΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ +X**

$$P = \begin{bmatrix} 132.09 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

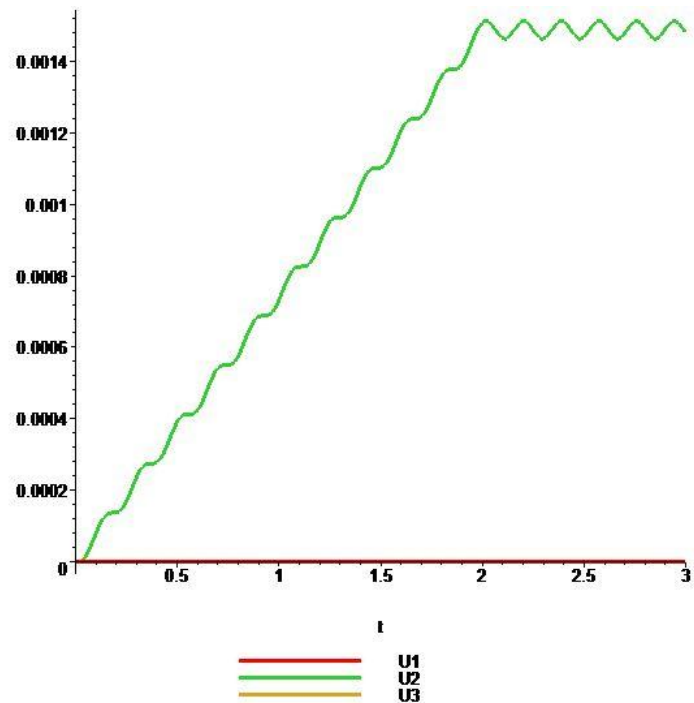
**ΜΗΤΡΩΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ +Y**

$$P = \begin{bmatrix} 0 \\ 132.09 \\ 0 \end{bmatrix}$$

<b><u>ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ</u></b>		
<b>A/A</b>	<b>ΜΟΝΩΡΟΦΟ 1</b>	
	U <sub>max</sub> (X) mm	U <sub>max</sub> (Y) mm
1	1,398	0,000
2	0,000	1,512
3	0,000	0,000

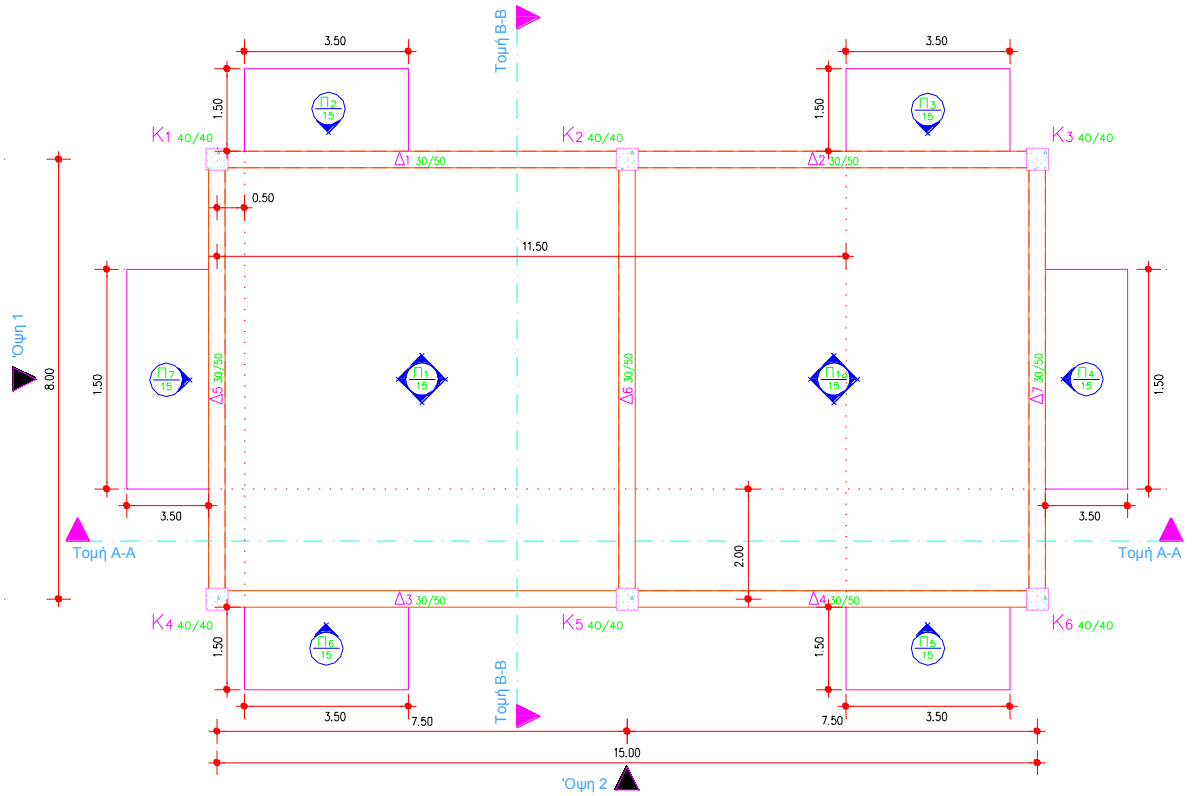


Σχήμα 5.3.1.13 Χρονική εξέλιξη μετατοπίσεων του μονώροφου 1 για φόρτιση κατά X

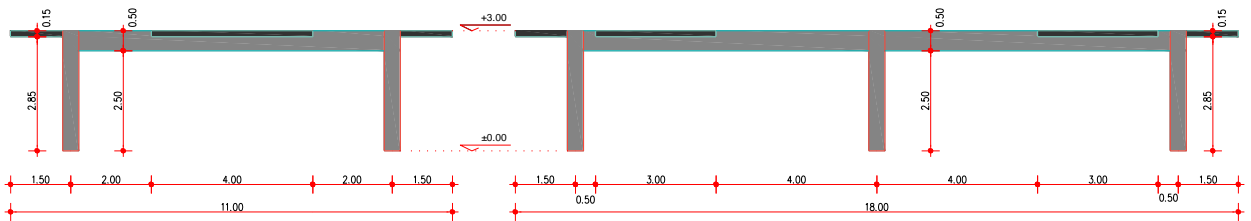


Σχήμα 5.3.1.14 Χρονική εξέλιξη μετατοπίσεων του μονώροφου 1 για φόρτιση κατά Y

### 5.3.2 ΜΟΝΩΡΟΦΟ ΚΤΙΡΙΟ 2

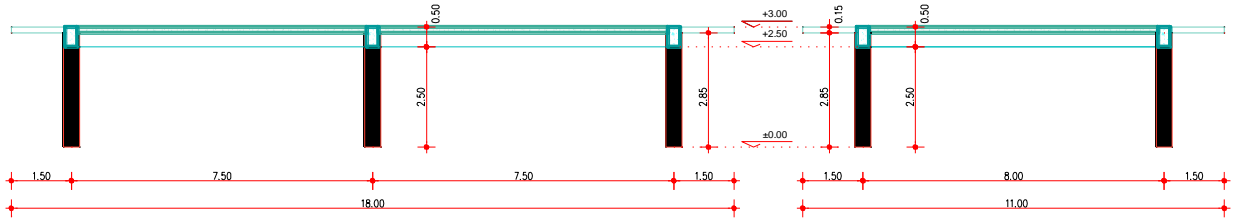


Σχήμα 5.3.2.1 Κάτοψη μονώροφου 2



Σχήμα 5.3.2.2 Όψη 1 μονώροφου 2

Σχήμα 5.3.2.3 Όψη 2 μονώροφου 2



**Σχήμα 5.3.2.4** Τομή A-A μονώροφου 2

**Σχήμα 5.3.2.5** Τομή B-B μονώροφου 2



**Σχήμα 5.3.2.6** Αξονομετρικό 1 μονώροφου 2

**Σχήμα 5.3.2.7** Αξονομετρικό 2 μονώροφου 2



**Σχήμα 5.3.2.8** Αξονομετρικό 3 μονώροφου 2

**Σχήμα 5.3.2.9** Αξονομετρικό 4 μονώροφου 2

## ΙΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΙΔΙΟΜΟΡΦΕΣ

$$\omega_1^2 = 909.15 \rightarrow \omega_1 = 30.15 \rightarrow T_1 = 0.208 \text{ sec}$$

$$\omega_2^2 = 986.23 \rightarrow \omega_2 = 31.40 \rightarrow T_2 = 0.200 \text{ sec}$$

$$\omega_3^2 = 1595.04 \rightarrow \omega_3 = 39.94 \rightarrow T_3 = 0.157 \text{ sec}$$

$$\Phi = \begin{bmatrix} 1.00 & 0 & 0 \\ 0 & 1.00 & 0 \\ 0 & 0 & 1.00 \end{bmatrix}$$

## **ΑΠΛΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ**

**Φασματική επιτάχυνση σχεδιασμού :**  $\Phi_d(T) = \frac{\gamma_i A \eta \theta \beta_0}{q} = 1.714 \text{ m / sec}^2$

**Τέμνουσα βάσης :**  $V_0 = M \Phi_d(T) = 97.71 \text{ ton} \cdot 1.714 \text{ m / sec}^2 = 167.47 \text{ KN}$

**Δύναμη που ασκείται στον 1<sup>ο</sup> όροφο :**  $F_1 = V_0 \frac{m_1 z_1}{m_1 z_1} = 167.47 \text{ KN}$

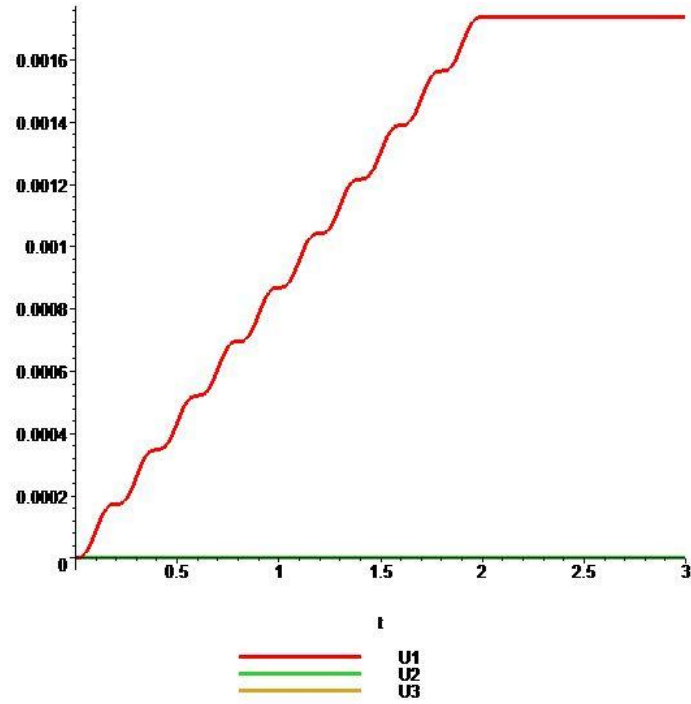
## **ΜΗΤΡΩΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ +X**

$$P = \begin{bmatrix} 167.47 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

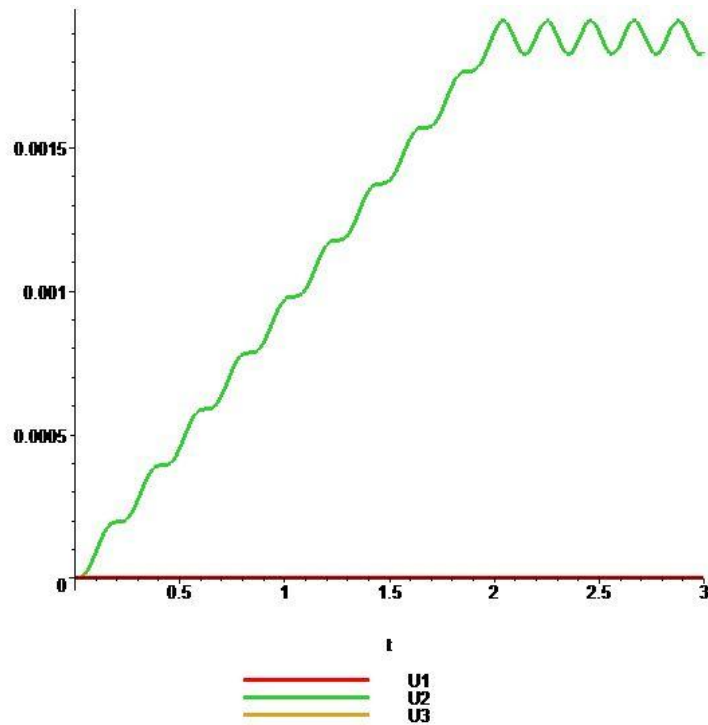
## **ΜΗΤΡΩΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ +Y**

$$P = \begin{bmatrix} 0 \\ 167.47 \\ 0 \end{bmatrix}$$

<b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ</b>		
<b>A/A</b>	<b>ΜΟΝΩΡΟΦΟ 2</b>	
	<b>U<sub>max</sub> (X) mm</b>	<b>U<sub>max</sub> (Y) mm</b>
1	1,738	0,000
2	0,000	1,944
3	0,000	0,000



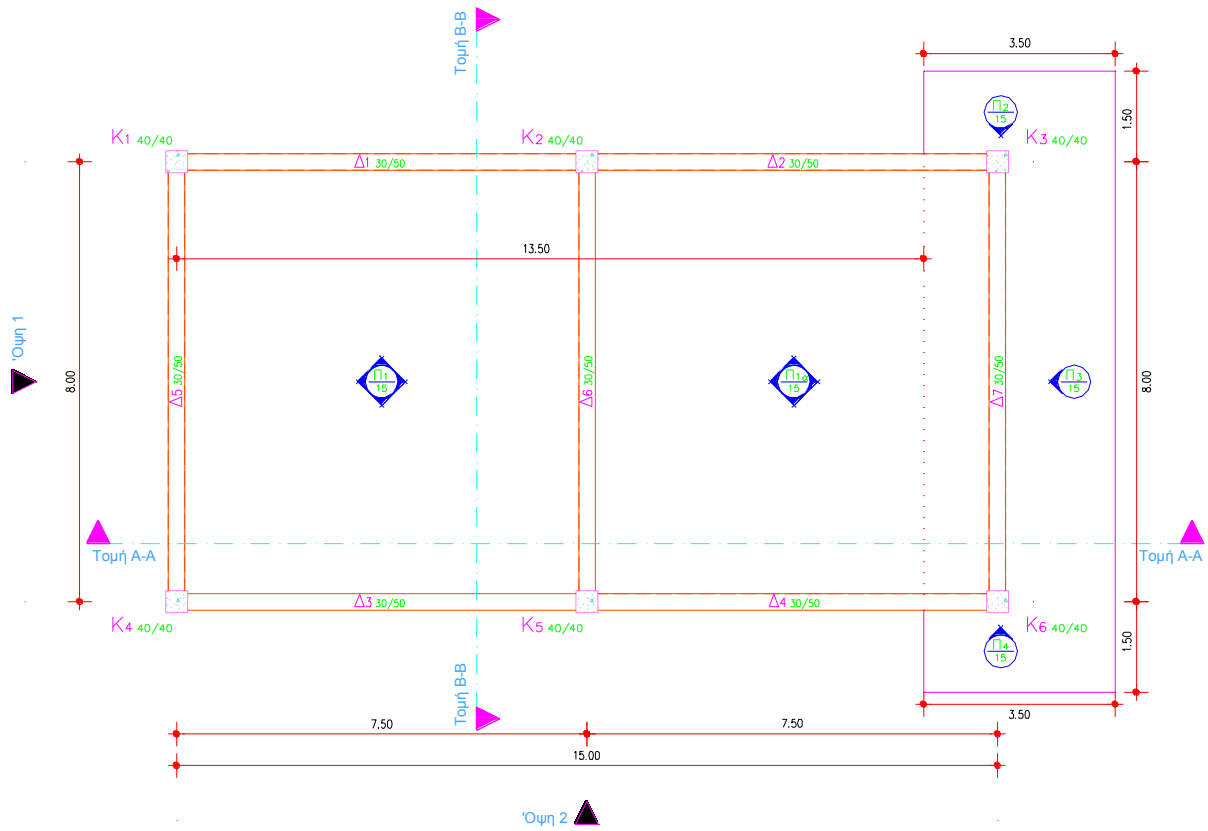
Σχήμα 5.3.2.10 Χρονική εξέλιξη μετατοπίσεων του μονώροφου 2 για φόρτιση κατά X



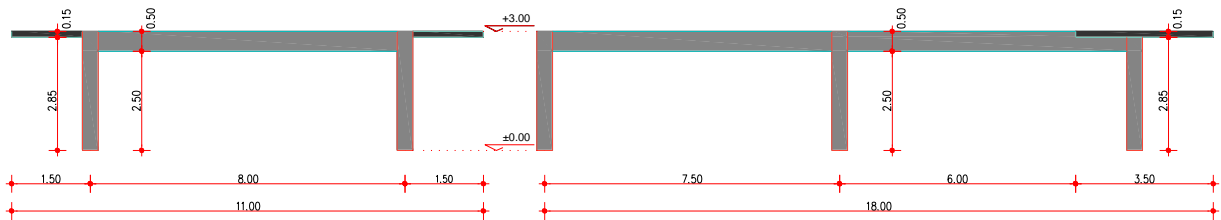
Σχήμα 5.3.2.11 Χρονική εξέλιξη μετατοπίσεων του μονώροφου 2 για φόρτιση κατά Y



### 5.3.3 ΜΟΝΩΡΟΦΟ ΚΤΙΡΙΟ 3

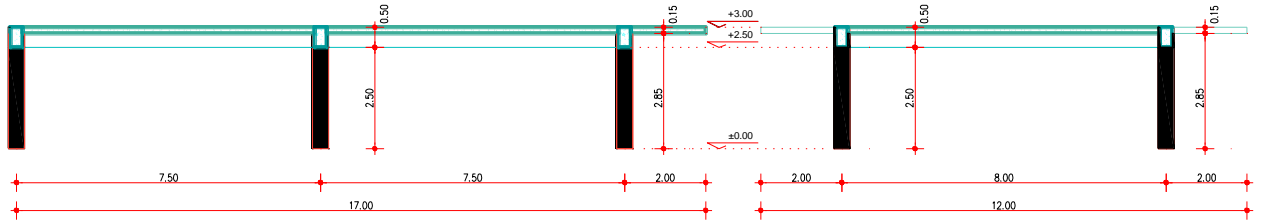


Σχήμα 5.3.3.1 Κάτοψη μονώροφου 3



Σχήμα 5.3.3.2 Όψη 1 μονώροφου 3

Σχήμα 5.3.3.3 Όψη 2 μονώροφου 3



**Σχήμα 5.3.3.4** Τομή Α-Α μονώροφου 3

**Σχήμα 5.3.3.5** Τομή Β-Β μονώροφου 3



**Σχήμα 5.3.3.6** Αξονομετρικό 1 μονώροφου 3

**Σχήμα 5.3.3.7** Αξονομετρικό 2 μονώροφου 3



**Σχήμα 5.3.3.8** Αξονομετρικό 3 μονώροφου 3

**Σχήμα 5.3.3.9** Αξονομετρικό 4 μονώροφου 3

## ΙΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΙΔΙΟΜΟΡΦΕΣ

$$\omega_1^2 = 823.10 \rightarrow \omega_1 = 28.69 \rightarrow T_1 = 0.219 \text{ sec}$$

$$\omega_2^2 = 986.23 \rightarrow \omega_2 = 31.40 \rightarrow T_2 = 0.200 \text{ sec}$$

$$\omega_3^2 = 1674.63 \rightarrow \omega_3 = 40.92 \rightarrow T_3 = 0.153 \text{ sec}$$

$$\Phi = \begin{bmatrix} 1.00 & 0 & 0 \\ 0 & 1.00 & -1.00 \\ 0 & -0.5165 & -0.0581 \end{bmatrix}$$

## **ΑΠΛΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ**

**Φασματική επιτάχυνση σχεδιασμού :**  $\Phi_d(T) = \frac{\gamma_i \cdot A \cdot \eta \cdot \theta \cdot \beta_0}{q} = 1.714m / \text{sec}^2$

**Τέμνουσα βάσης :**  $V_0 = M \cdot \Phi_d(T) = 97.71\text{ton} \cdot 1.714m / \text{sec}^2 = 167.47\text{KN}$

**Δύναμη που ασκείται στον 1<sup>ο</sup> όροφο :**  $F_1 = V_0 \cdot \frac{m_1 \cdot z_1}{m_1 \cdot z_1} = 167.47\text{KN}$

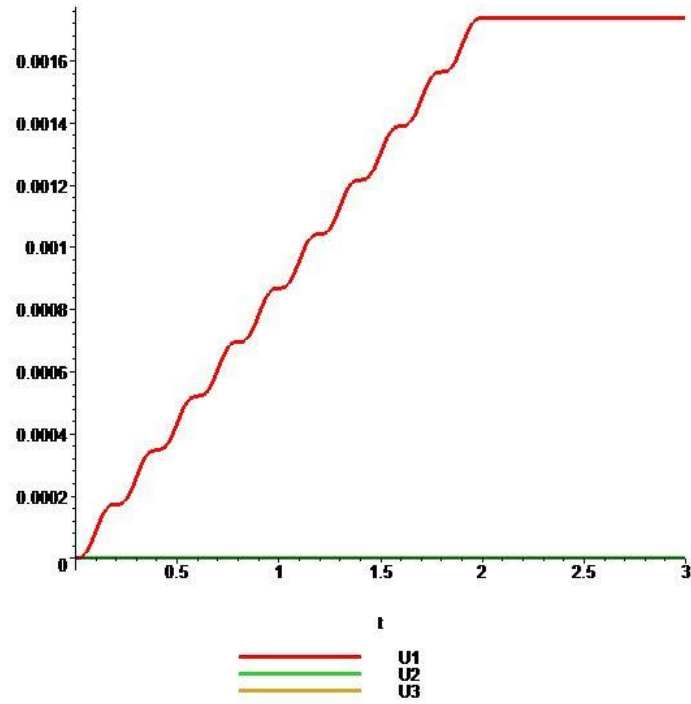
## **ΜΗΤΡΩΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ +X**

$$P = \begin{bmatrix} 167.47 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

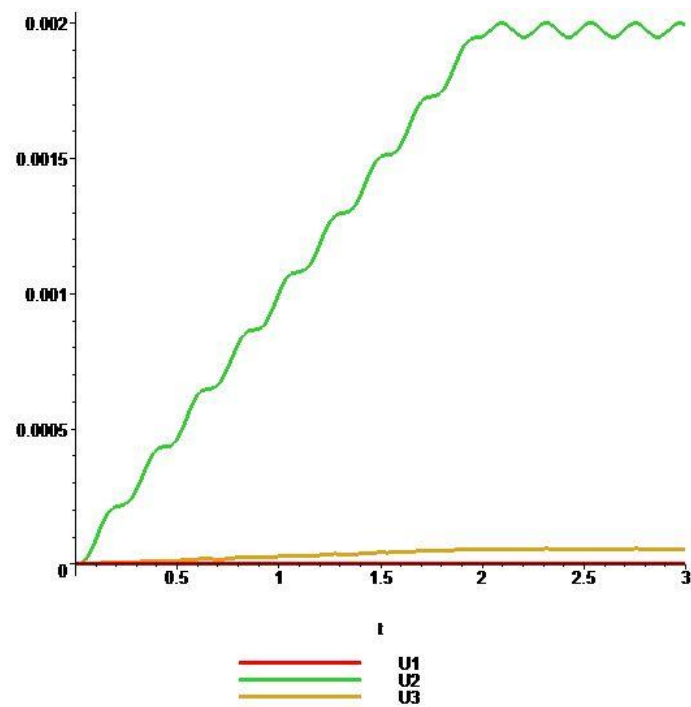
## **ΜΗΤΡΩΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ +Y**

$$P = \begin{bmatrix} 0 \\ 167.47 \\ 0 \end{bmatrix}$$

<b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ</b>		
<b>A/A</b>	<b>ΜΟΝΩΡΟΦΟ 3</b>	
	<b>U<sub>max</sub> (X) mm</b>	<b>U<sub>max</sub> (Y) mm</b>
1	1,738	0,000
2	0,000	1,944
3	0,000	0,000

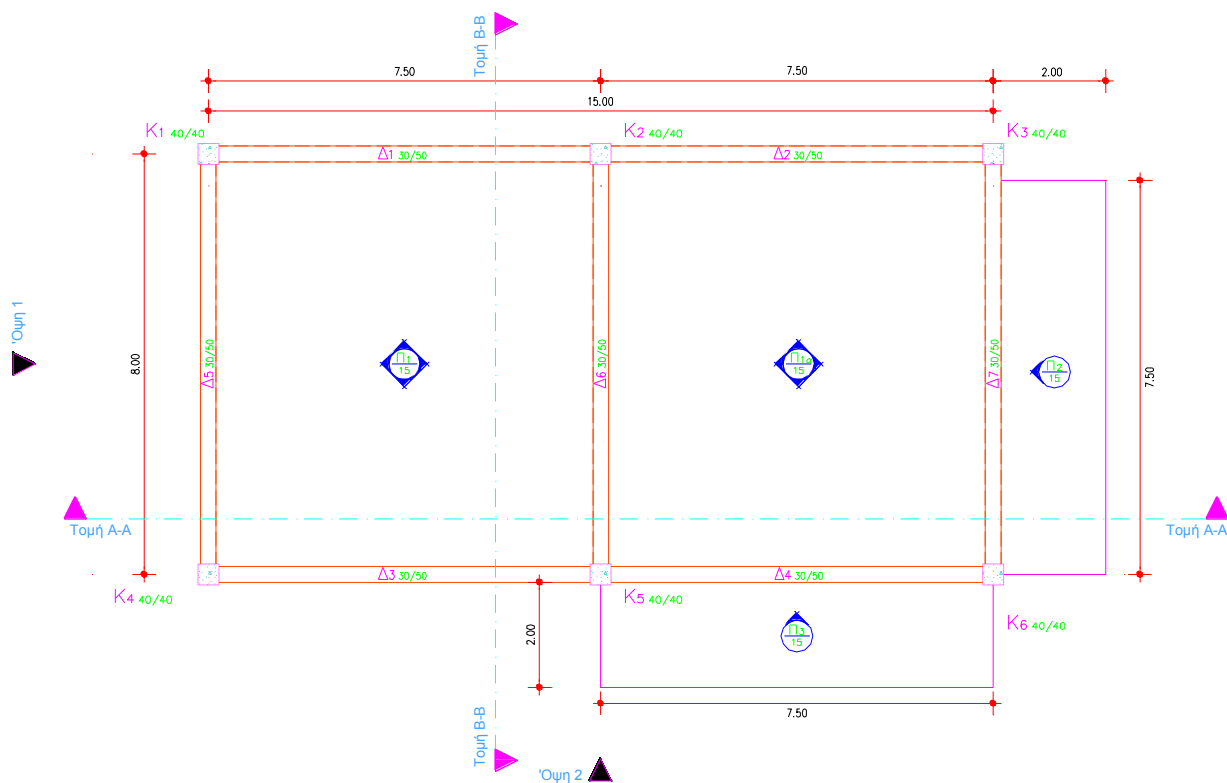


Σχήμα 5.3.3.10 Χρονική εξέλιξη μετατοπίσεων του μονώροφου 3 για φόρτιση κατά X

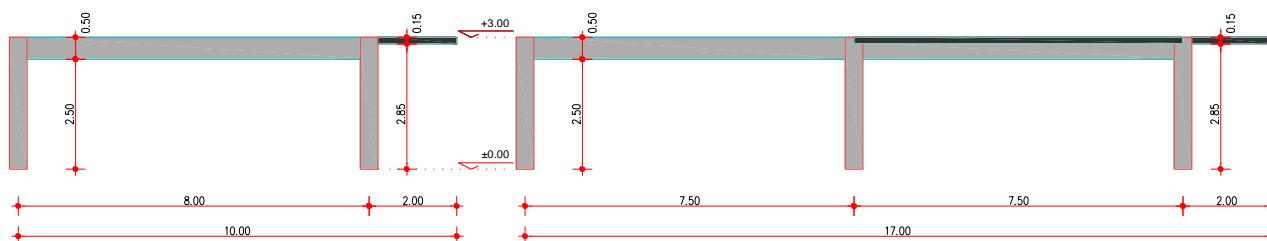


Σχήμα 5.3.3.11 Χρονική εξέλιξη μετατοπίσεων του μονώροφου 3 για φόρτιση κατά Y

### 5.3.4 ΜΟΝΩΡΟΦΟ ΚΤΙΡΙΟ 4

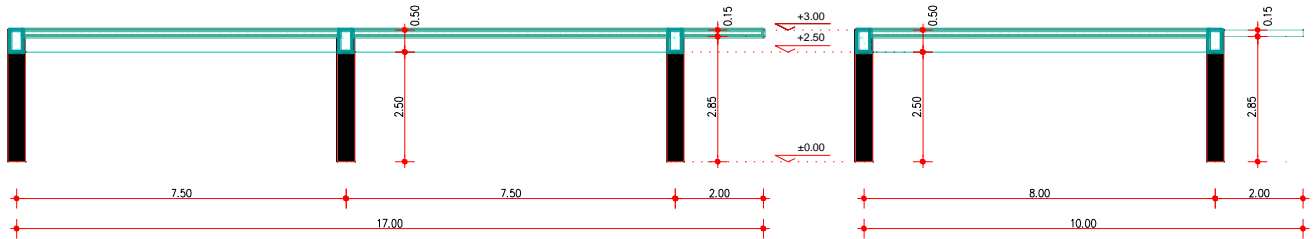


Σχήμα 5.3.4.1 Κάτοψη μονώροφου 4



Σχήμα 5.3.4.2 Όψη 1 μονώροφου 4

Σχήμα 5.3.4.3 Όψη 2 μονώροφου 4



Σχήμα 5.3.4.4 Τομή Α-Α μονώροφου 4

Σχήμα 5.3.4.5 Τομή Β-Β μονώροφου 4



Σχήμα 5.3.4.6 Αξονομετρικό 1 μονώροφου 4



Σχήμα 5.3.4.7 Αξονομετρικό 2 μονώροφου 4



Σχήμα 5.3.4.8 Αξονομετρικό 3 μονώροφου 3



Σχήμα 5.3.4.9 Αξονομετρικό 4 μονώροφου 3

### ΙΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΙΔΙΟΜΟΡΦΕΣ

$$\omega_1^2 = 858.47 \rightarrow \omega_1 = 29.30 \rightarrow T_1 = 0.214 \text{ sec}$$

$$\omega_2^2 = 979.62 \rightarrow \omega_2 = 31.30 \rightarrow T_2 = 0.201 \text{ sec}$$

$$\omega_3^2 = 1806.65 \rightarrow \omega_3 = 42.50 \rightarrow T_3 = 0.148 \text{ sec}$$

$$\Phi = \begin{bmatrix} 0.5086 & -1.00 & 0.1844 \\ 1.00 & 0.2017 & 1.00 \\ -0.8059 & -0.0128 & 0.0455 \end{bmatrix}$$

### **ΑΠΛΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ**

**Φασματική επιτάχυνση σχεδιασμού :**  $\Phi_d(T) = \frac{\gamma_i \cdot A \cdot \eta \cdot \theta \cdot \beta_0}{q} = 1.714m / \text{sec}^2$

**Τέμνουσα βάσης :**  $V_0 = M \cdot \Phi_d(T) = 97.71 \text{ ton} \cdot 1.714m / \text{sec}^2 = 167.47 \text{ KN}$

**Δύναμη που ασκείται στον 1<sup>ο</sup> όροφο :**  $F_1 = V_0 \cdot \frac{m_1 \cdot z_1}{m_1 \cdot z_1} = 167.47 \text{ KN}$

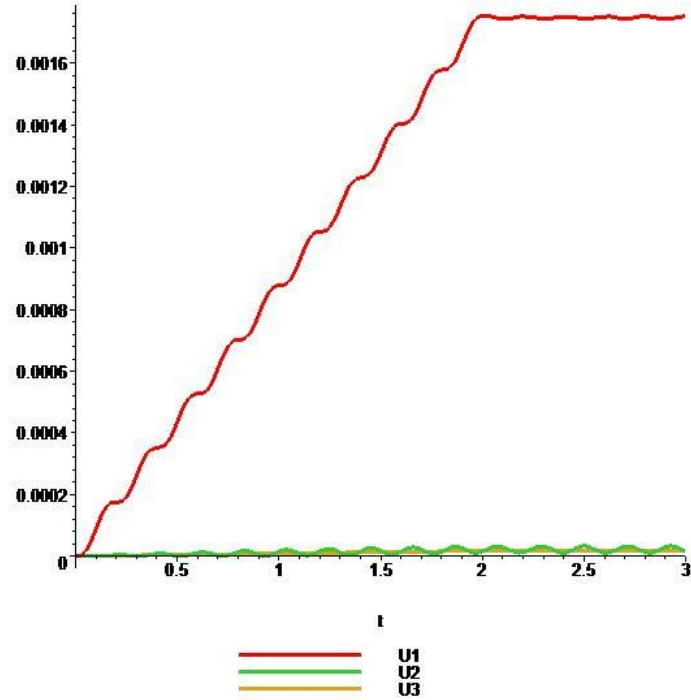
### **ΜΗΤΡΩΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ +X**

$$P = \begin{bmatrix} 167.47 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

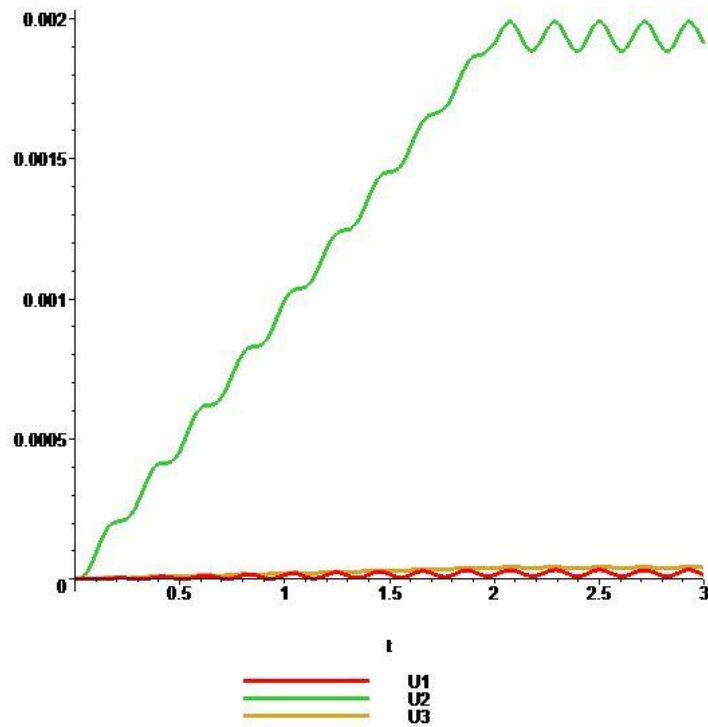
### **ΜΗΤΡΩΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ +Y**

$$P = \begin{bmatrix} 0 \\ 167.47 \\ 0 \end{bmatrix}$$

<u>ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ</u>		
Α/Α	ΜΟΝΩΡΟΦΟ 4	
	U <sub>max</sub> (X)mm	U <sub>max</sub> (Y)mm
1	1,751	0,030
2	0,033	0,199
3	0,018	0,045



Σχήμα 5.3.4.10 Χρονική εξέλιξη μετατοπίσεων του μονώροφου 4 για φόρτιση κατά X

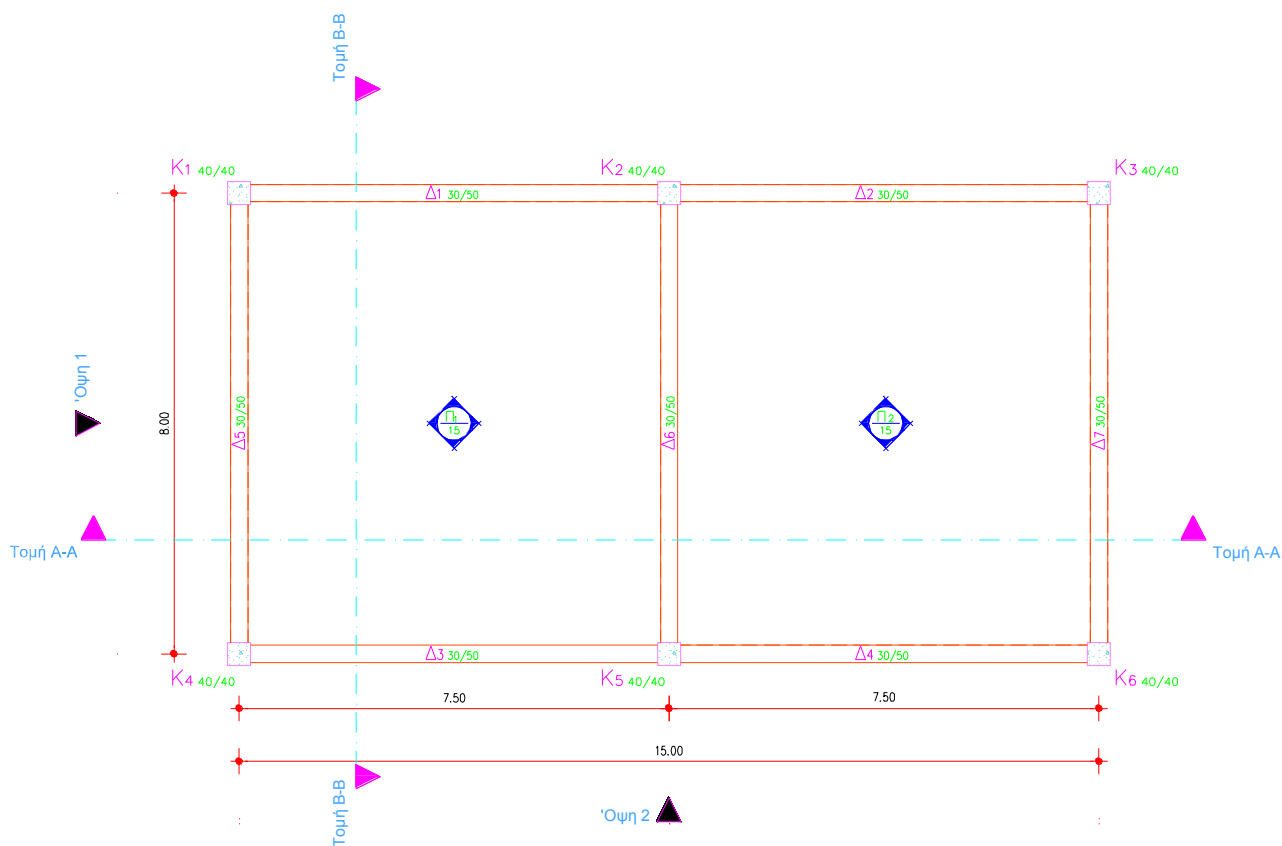


Σχήμα 5.3.4.11 Χρονική εξέλιξη μετατοπίσεων του μονώροφου 4 για φόρτιση κατά Y

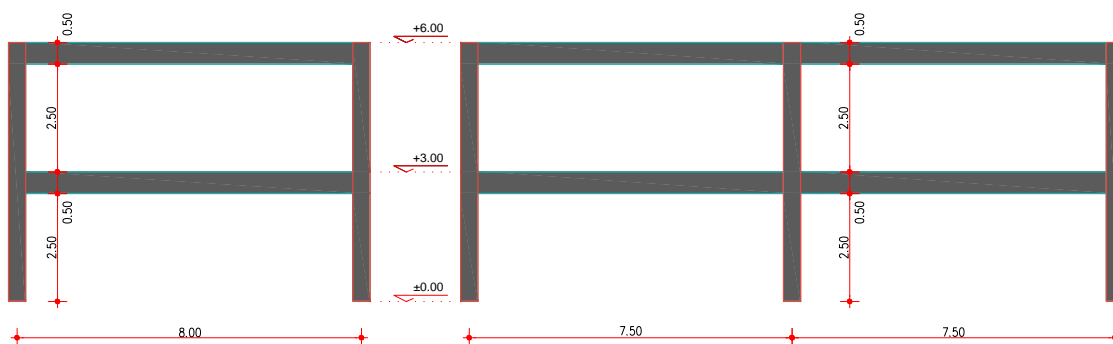


## 5.4 ΔΙΩΡΟΦΟ ΚΤΙΡΙΟ (Συμμετρική κάτοψη)

### 5.4.1 ΔΙΩΡΟΦΟ ΚΤΙΡΙΟ 1

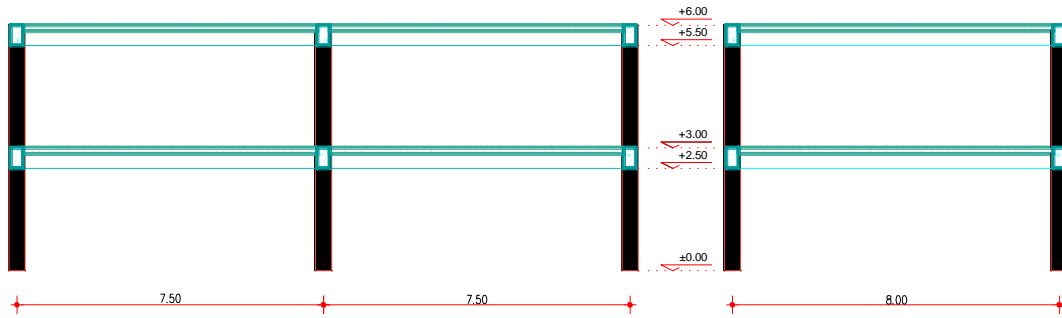


Σχήμα 5.4.1.1 Κάτοψη τυπικού ορόφου διώροφου 1



Σχήμα 5.4.1.2 Όψη 1 διώροφου 1

Σχήμα 5.4.1.3 Όψη 2 διώροφου 1



**Σχήμα 5.4.1.4** Τομή Α-Α διώροφου 1

**Σχήμα 5.4.1.5** Τομή Β-Β διώροφου 1



**Σχήμα 5.4.1.6** Αξονομετρικό 1 διώροφου 1



**Σχήμα 5.4.1.7** Αξονομετρικό 2 διώροφου 1



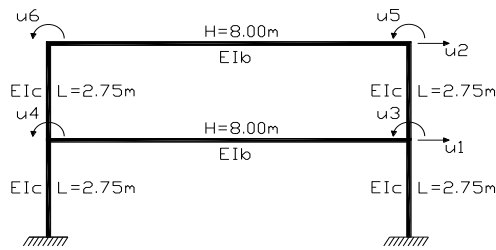
**Σχήμα 5.4.1.8** Αξονομετρικό 3 διώροφου 1



**Σχήμα 5.4.1.9** Αξονομετρικό 4 διώροφου 1

**ΜΗΤΡΩΟ ΑΚΑΜΨΙΑΣ**

**ΠΣ 1** (πλαίσιο Κ1 – Δ5 – Κ4)



$$\bar{K}_1 = \begin{bmatrix} 103400.15 & -51700.07 & 0 & 0 & -35543.80 & -35543.80 \\ -51700.07 & 51700.07 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 \\ 0 & 35543.80 & 163139.77 & 16406.25 & 32581.82 & 0 \\ 0 & 35543.80 & 16406.25 & 163139.77 & 0 & 32581.82 \\ -35543.80 & 35543.80 & 32581.82 & 0 & 97976.14 & 16406.25 \\ -35543.80 & 35543.80 & 0 & 32581.82 & 16406.25 & 97976.14 \end{bmatrix}$$

$$\bar{K}_{tt} = \begin{bmatrix} 103400.15 & -51700.07 \\ -51700.07 & 51700.07 \end{bmatrix}, \quad \bar{K}_{t\theta} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -35543.80 & -35543.80 \\ 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 \end{bmatrix},$$

$$\bar{K}_{\theta t} = \begin{bmatrix} 0 & 35543.80 \\ 0 & 35543.80 \\ -35543.80 & 35543.80 \\ -35543.80 & 35543.80 \end{bmatrix}, \quad \bar{K}_{\theta\theta} = \begin{bmatrix} 163139.77 & 16406.25 & 32581.82 & 0 \\ 16406.25 & 163139.77 & 0 & 32581.82 \\ 32581.82 & 0 & 97976.14 & 16406.25 \\ 0 & 32581.82 & 16406.25 & 97976.14 \end{bmatrix}$$

$$K_{tt}^* = \bar{K}_{tt} - \bar{K}_{t\theta} \cdot \bar{K}^{-1}_{\theta\theta} \cdot \bar{K}_{\theta t} = \begin{bmatrix} 80105.90 & -32632.98 \\ -32632.98 & 22020.20 \end{bmatrix}$$

Το μητρώο ακαμψίας μετά τη στατική συμπίκνωση των στροφικών βαθμών ελευθερίας:

$$K_1 = \begin{bmatrix} 80105.90 & 0 & 0 & -32632.98 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -32632.98 & 0 & 0 & 22020.20 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

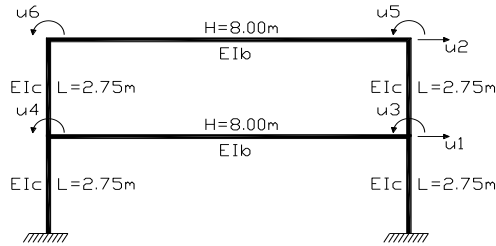
Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $R^1$  λόγω στροφής των τοπικών αξόνων :

$$R^1 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $T^1$  λόγω μεταθέσεως των τοπικών αξόνων :

$$T^1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -7.50 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -7.50 & 1 \end{bmatrix}$$

**ΠΣ 2** (πλαίσιο K2 – Δ6 – K5)



$$\bar{K}_2 = \begin{bmatrix} 103400.15 & -51700.07 & 0 & 0 & -35543.80 & -35543.80 \\ -51700.07 & 51700.07 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 \\ 0 & 35543.80 & 163139.77 & 16406.25 & 32581.82 & 0 \\ 0 & 35543.80 & 16406.25 & 163139.77 & 0 & 32581.82 \\ -35543.80 & 35543.80 & 32581.82 & 0 & 97976.14 & 16406.25 \\ -35543.80 & 35543.80 & 0 & 32581.82 & 16406.25 & 97976.14 \end{bmatrix}$$

$$\bar{K}_{tt} = \begin{bmatrix} 103400.15 & -51700.07 \\ -51700.07 & 51700.07 \end{bmatrix}, \quad \bar{K}_{t\theta} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -35543.80 & -35543.80 \\ 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 \end{bmatrix},$$

$$\bar{K}_{\theta t} = \begin{bmatrix} 0 & 35543.80 \\ 0 & 35543.80 \\ -35543.80 & 35543.80 \\ -35543.80 & 35543.80 \end{bmatrix}, \quad \bar{K}_{\theta\theta} = \begin{bmatrix} 163139.77 & 16406.25 & 32581.82 & 0 \\ 16406.25 & 163139.77 & 0 & 32581.82 \\ 32581.82 & 0 & 97976.14 & 16406.25 \\ 0 & 32581.82 & 16406.25 & 97976.14 \end{bmatrix}$$

$$K_{tt}^* = \bar{K}_{tt} - \bar{K}_{t\theta} \cdot \bar{K}^{-1}_{\theta\theta} \cdot \bar{K}_{\theta t} = \begin{bmatrix} 80105.90 & -32632.98 \\ -32632.98 & 22020.20 \end{bmatrix}$$

Το μητρώο ακαμψίας μετά τη στατική συμπίκνωση των στροφικών βαθμών ελευθερίας:

$$K_2 = \begin{bmatrix} 80105.90 & 0 & 0 & -32632.98 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -32632.98 & 0 & 0 & 22020.20 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

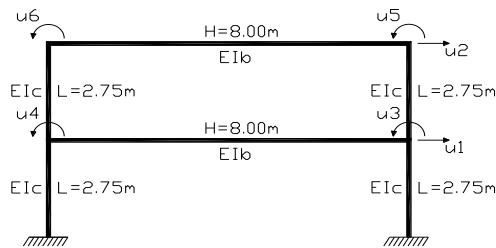
Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $R^2$  λόγω στροφής των τοπικών αξόνων :

$$R^2 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $T^2$  λόγω μεταθέσεως των τοπικών αξόνων :

$$T^2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

**ΠΣ 3**(πλαίσιο Κ3 – Δ7 – Κ6)



$$\bar{K}_3 = \begin{bmatrix} 103400.15 & -51700.07 & 0 & 0 & -35543.80 & -35543.80 \\ -51700.07 & 51700.07 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 \\ 0 & 35543.80 & 163139.77 & 16406.25 & 32581.82 & 0 \\ 0 & 35543.80 & 16406.25 & 163139.77 & 0 & 32581.82 \\ -35543.80 & 35543.80 & 32581.82 & 0 & 97976.14 & 16406.25 \\ -35543.80 & 35543.80 & 0 & 32581.82 & 16406.25 & 97976.14 \end{bmatrix}$$

$$\bar{K}_{tt} = \begin{bmatrix} 103400.15 & -51700.07 \\ -51700.07 & 51700.07 \end{bmatrix}, \quad \bar{K}_{t\theta} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -35543.80 & -35543.80 \\ 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 \end{bmatrix},$$

$$\bar{K}_{\theta t} = \begin{bmatrix} 0 & 35543.80 \\ 0 & 35543.80 \\ -35543.80 & 35543.80 \\ -35543.80 & 35543.80 \end{bmatrix}, \quad \bar{K}_{\theta\theta} = \begin{bmatrix} 163139.77 & 16406.25 & 32581.82 & 0 \\ 16406.25 & 163139.77 & 0 & 32581.82 \\ 32581.82 & 0 & 97976.14 & 16406.25 \\ 0 & 32581.82 & 16406.25 & 97976.14 \end{bmatrix}$$

$$K^*_{tt} = \bar{K}_{tt} - \bar{K}_{t\theta} \cdot \bar{K}^{-1}_{\theta\theta} \cdot \bar{K}_{\theta t} = \begin{bmatrix} 80105.90 & -32632.98 \\ -32632.98 & 22020.20 \end{bmatrix}$$

Το μητρώο ακαμψίας μετά τη στατική συμπύκνωση των στροφικών βαθμών ελευθερίας:

$$K3 = \begin{bmatrix} 80105.90 & 0 & 0 & -32632.98 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -32632.98 & 0 & 0 & 22020.20 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

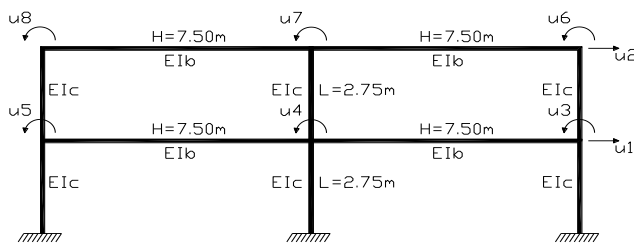
Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $R^3$  λόγω στροφής των τοπικών αξόνων :

$$R^3 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $T^3$  λόγω μεταθέσεως των τοπικών αξόνων :

$$T^3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 7.50 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 7.50 & 1 \end{bmatrix}$$

**ΠΣ 4**(πλαίσιο K4 – Δ3 – K5 – Δ4 – K6 )



$$\bar{K}4 = \begin{bmatrix} 155100.22 & -77550.11 & 0 & 0 & 0 & -35543.80 & -35543.80 & -35543.80 \\ -77550.11 & 77550.11 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 \\ 0 & 35543.80 & 165327.27 & 17500.00 & 0 & 32581.82 & 0 & 0 \\ 0 & 35543.80 & 17500.00 & 200327.27 & 17500.00 & 0 & 32581.82 & 0 \\ 0 & 35543.80 & 0 & 17500.00 & 165327.27 & 0 & 0 & 32581.82 \\ -35543.80 & 35543.80 & 32581.82 & 0 & 0 & 100163.64 & 17500 & 0 \\ -35543.80 & 35543.80 & 0 & 32581.82 & 0 & 17500.00 & 135163.64 & 17500.00 \\ -35543.80 & 35543.80 & 0 & 0 & 32581.82 & 0 & 17500.00 & 100163.64 \end{bmatrix}$$

$$\bar{K}_{tt} = \begin{bmatrix} 155100.22 & -77550.11 \\ -77550.11 & 77550.11 \end{bmatrix}$$

Επιρροή των εξωστών στη δυναμική ανάλυση κτιρίων

$$\bar{K}_{t\theta} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & -35543.80 & -35543.80 & -35543.80 \\ 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 \end{bmatrix},$$

$$\bar{K}_{\theta t} = \begin{bmatrix} 0 & 35543.80 \\ 0 & 35543.80 \\ 0 & 35543.80 \\ -35543.80 & 35543.80 \\ -35543.80 & 35543.80 \\ -35543.80 & 35543.80 \end{bmatrix}$$

$$\bar{K}_{\theta\theta} = \begin{bmatrix} 165327.27 & 17500.00 & 0 & 32581.82 & 0 & 0 \\ 17500.00 & 200327.27 & 17500.00 & 0 & 32581.82 & 0 \\ 0 & 17500.00 & 165327.27 & 0 & 0 & 32581.82 \\ 32581.82 & 0 & 0 & 100163.64 & 17500.00 & 0 \\ 0 & 32581.82 & 0 & 17500.00 & 135163.64 & 17500.00 \\ 0 & 0 & 32581.82 & 0 & 17500.00 & 100163.64 \end{bmatrix}$$

$$K_{tt}^* = \bar{K}_{tt} - \bar{K}_{t\theta} \cdot \bar{K}_{\theta\theta}^{-1} \cdot \bar{K}_{\theta t} = \begin{bmatrix} 124233.32 & -52007.10 \\ -52007.10 & 37111.87 \end{bmatrix}$$

Το μητρώο ακαμψίας μετά τη στατική συμπίκνωση των στροφικών βαθμών ελευθερίας:

$$K4 = \begin{bmatrix} 124233.32 & 0 & 0 & -52007.10 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -52007.10 & 0 & 0 & 37111.87 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

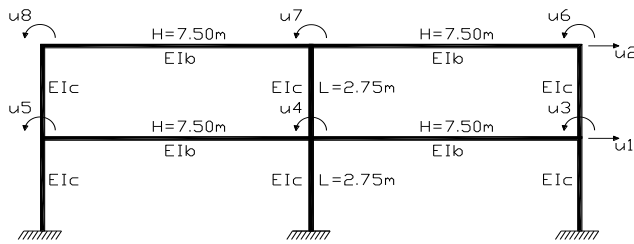
Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $R^4$  λόγω στροφής των τοπικών αξόνων :

$$R^4 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $T^4$  λόγω μεταθέσεως των τοπικών αξόνων :

$$T^4 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

**ΠΣ 5**(πλαίσιο Κ1 – Δ1 – Κ2 – Δ2 – Κ3)



$$\bar{K}_5 = \begin{bmatrix} 155100.22 & -77550.11 & 0 & 0 & 0 & -35543.80 & -35543.80 & -35543.80 \\ -77550.11 & 77550.11 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 \\ 0 & 35543.80 & 165327.27 & 17500.00 & 0 & 32581.82 & 0 & 0 \\ 0 & 35543.80 & 17500.00 & 200327.27 & 17500.00 & 0 & 32581.82 & 0 \\ 0 & 35543.80 & 0 & 17500.00 & 165327.27 & 0 & 0 & 32581.82 \\ -35543.80 & 35543.80 & 32581.82 & 0 & 0 & 100163.64 & 17500 & 0 \\ -35543.80 & 35543.80 & 0 & 32581.82 & 0 & 17500.00 & 135163.64 & 17500.00 \\ -35543.80 & 35543.80 & 0 & 0 & 32581.82 & 0 & 17500.00 & 100163.64 \end{bmatrix}$$

$$\bar{K}_{tt} = \begin{bmatrix} 155100.22 & -77550.11 \\ -77550.11 & 77550.11 \end{bmatrix}$$

$$\bar{K}_{t\theta} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & -35543.80 & -35543.80 & -35543.80 \\ 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 \end{bmatrix},$$

$$\bar{K}_{\theta t} = \begin{bmatrix} 0 & 35543.80 \\ 0 & 35543.80 \\ 0 & 35543.80 \\ -35543.80 & 35543.80 \\ -35543.80 & 35543.80 \\ -35543.80 & 35543.80 \end{bmatrix}$$

$$\bar{K}_{\theta\theta} = \begin{bmatrix} 165327.27 & 17500.00 & 0 & 32581.82 & 0 & 0 \\ 17500.00 & 200327.27 & 17500.00 & 0 & 32581.82 & 0 \\ 0 & 17500.00 & 165327.27 & 0 & 0 & 32581.82 \\ 32581.82 & 0 & 0 & 100163.64 & 17500.00 & 0 \\ 0 & 32581.82 & 0 & 17500.00 & 135163.64 & 17500.00 \\ 0 & 0 & 32581.82 & 0 & 17500.00 & 100163.64 \end{bmatrix}$$

$$K_{tt}^* = \bar{K}_{tt} - \bar{K}_{t\theta} \cdot \bar{K}_{\theta\theta}^{-1} \cdot \bar{K}_{\theta t} = \begin{bmatrix} 124233.32 & -52007.10 \\ -52007.10 & 37111.87 \end{bmatrix}$$



Το μητρώο ακαμψίας μετά τη στατική συμπίκνωση των στρωφικών βαθμών ελευθερίας:

$$K5 = \begin{bmatrix} 124233.32 & 0 & 0 & -52007.10 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -52007.10 & 0 & 0 & 37111.87 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $R^5$  λόγω στροφής των τοπικών αξόνων :

$$R^5 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $T^5$  λόγω μεταθέσεως των τοπικών αξόνων :

$$T^5 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -4.00 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -4.00 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

### **ΠΣ 6** (υποστύλωμα K1)

$$K6 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 10947.49 & 0 & 0 & -10947.49 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -10947.49 & 0 & 0 & 21894.98 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $R^6$  λόγω στροφής των τοπικών αξόνων :

$$R^6 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $T^6$  λόγω μεταθέσεως των τοπικών αξόνων :

$$T^6 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

**ΠΣ 7** (υποστύλωμα K2)

$$K7 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 10947.49 & 0 & 0 & -10947.49 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -10947.49 & 0 & 0 & 21894.98 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $R^7$  λόγω στροφής των τοπικών αξόνων :

$$R^7 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $T^7$  λόγω μεταθέσεως των τοπικών αξόνων :

$$T^7 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

**ΠΣ 8** (υποστύλωμα K3)

$$K8 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 10947.49 & 0 & 0 & -10947.49 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -10947.49 & 0 & 0 & 21894.98 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $R^8$  λόγω στροφής των τοπικών αξόνων :

$$R^8 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $T^8$  λόγω μεταθέσεως των τοπικών αξόνων :

$$T^8 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

**ΠΣ 9** (υποστύλωμα Κ4)

$$K9 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 10947.49 & 0 & 0 & -10947.49 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -10947.49 & 0 & 0 & 21894.98 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $R^9$  λόγω στροφής των τοπικών αξόνων :

$$R^9 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $T^9$  λόγω μεταθέσεως των τοπικών αξόνων :

$$T^9 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

**ΠΣ 10** (υποστύλωμα Κ5)

$$K_{10} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 10947.49 & 0 & 0 & -10947.49 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -10947.49 & 0 & 0 & 21894.98 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $R^{10}$  λόγω στροφής των τοπικών αξόνων :

$$R^{10} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $T^{10}$  λόγω μεταθέσεως των τοπικών αξόνων :

$$T^{10} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

**ΠΣ 11** (υποστύλωμα Κ6)

$$K_{11} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 10947.49 & 0 & 0 & -10947.49 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -10947.49 & 0 & 0 & 21894.98 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $R^{11}$  λόγω στροφής των τοπικών αξόνων :

$$R^{11} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $T^{11}$  λόγω μεταθέσεως των τοπικών αξόνων :

$$T^{11} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

### ΟΛΙΚΟ ΜΗΤΡΩΟ ΑΚΑΜΨΙΑΣ

$$K_{\text{ολ}} = \sum_{i=1}^{11} T_i \cdot (R_i)^T \cdot K^i \cdot R^i \cdot T_i^T =$$

$$\begin{bmatrix} 248466.65 & 0 & 0 & -104014.20 & 0 & 0 \\ 0 & 240317.70 & 0 & 0 & -97898.94 & 0 \\ 0 & 0 & 13053064.90 & 0 & 0 & 5401122.42 \\ -104014.20 & 0 & 0 & 74223.75 & 0 & 0 \\ 0 & -97898.94 & 0 & 0 & 66060.59 & 0 \\ 0 & 0 & 5401122.42 & 0 & 0 & 3796221.94 \end{bmatrix}$$

### ΜΗΤΡΩΟ ΜΑΖΑΣ

$$M_{\text{ολ}} = \begin{bmatrix} 77.064 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 77.064 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1855.96 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 77.064 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 77.064 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1855.96 \end{bmatrix}$$

### ΙΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΙΔΙΟΜΟΡΦΕΣ

$$\omega_1^2 = 287.21 \text{rad}^2 / \text{sec}^2 \rightarrow \omega_1 = 16.95 \text{rad} / \text{sec} \rightarrow T_1 = 0.3705 \text{sec}$$

$$\omega_2^2 = 333.03 \text{rad}^2 / \text{sec}^2 \rightarrow \omega_2 = 18.25 \text{rad} / \text{sec} \rightarrow T_2 = 0.3441 \text{sec}$$

$$\omega_3^2 = 706.73 \text{rad}^2 / \text{sec}^2 \rightarrow \omega_3 = 26.58 \text{rad} / \text{sec} \rightarrow T_3 = 0.2363 \text{sec}$$

$$\omega_4^2 = 3688.41 \text{rad}^2 / \text{sec}^2 \rightarrow \omega_4 = 60.73 \text{rad} / \text{sec} \rightarrow T_4 = 0.1034 \text{sec}$$

$$\omega_5^2 = 3854.26 \text{rad}^2 / \text{sec}^2 \rightarrow \omega_5 = 62.08 \text{rad} / \text{sec} \rightarrow T_5 = 0.1012 \text{sec}$$

$$\omega_6^2 = 8371.73 \text{rad}^2 / \text{sec}^2 \rightarrow \omega_6 = 91.50 \text{rad} / \text{sec} \rightarrow T_6 = 0.0686 \text{sec}$$

$$\Phi = \begin{bmatrix} 1.00 & 0.4668 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1.00 & 0.4487 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1.00 & 0.4600 \\ -0.4668 & 1.00 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.4487 & 1.0000 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -0.4600 & 1.00 \end{bmatrix}$$

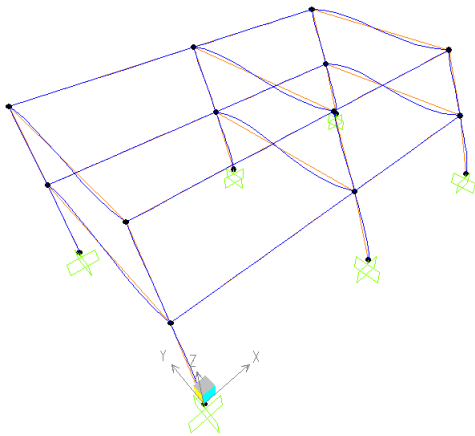
**ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ SAP2000**

SAP2000 v11.0.0

**Table: Modal Periods And Frequencies**

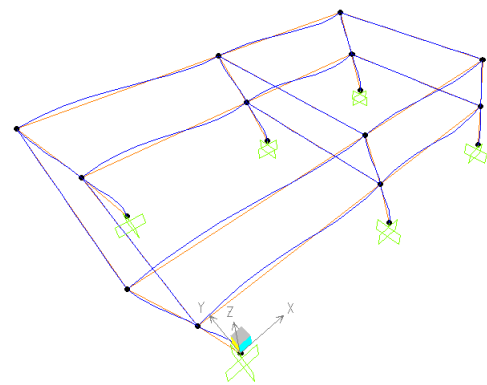
OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
MODAL	Mode	1,000000	0,371351	2,6929E+00	1,6920E+01	2,8628E+02
MODAL	Mode	2,000000	0,344620	2,9018E+00	1,8232E+01	3,3241E+02
MODAL	Mode	3,000000	0,334688	2,9879E+00	1,8773E+01	3,5244E+02
MODAL	Mode	4,000000	0,103525	9,6595E+00	6,0692E+01	3,6835E+03
MODAL	Mode	5,000000	0,101252	9,8764E+00	6,2055E+01	3,8508E+03
MODAL	Mode	6,000000	0,096536	1,0359E+01	6,5086E+01	4,2362E+03
MODAL	Mode	7,000000	0,037149	2,6919E+01	1,6914E+02	2,8607E+04
MODAL	Mode	8,000000	0,037064	2,6980E+01	1,6952E+02	2,8738E+04
MODAL	Mode	9,000000	0,030557	3,2725E+01	2,0562E+02	4,2280E+04
MODAL	Mode	10,000000	0,030543	3,2740E+01	2,0571E+02	4,2318E+04
MODAL	Mode	11,000000	0,030490	3,2798E+01	2,0608E+02	4,2468E+04
MODAL	Mode	12,000000	0,030474	3,2814E+01	2,0618E+02	4,2510E+04

Analysis Model



**Σχήμα 5.4.1.10** Ιδιομορφή T1=0,371351 sec

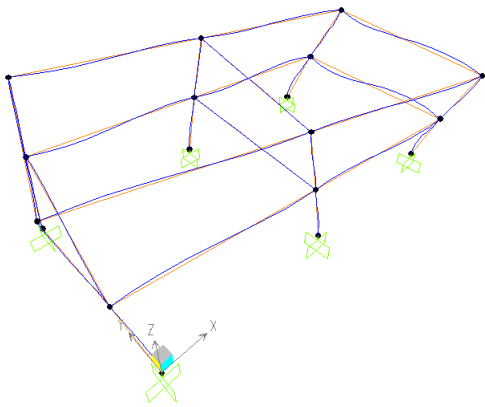
Analysis Model



**Σχήμα 5.4.1.11** Ιδιομορφή T2=0,344620 sec

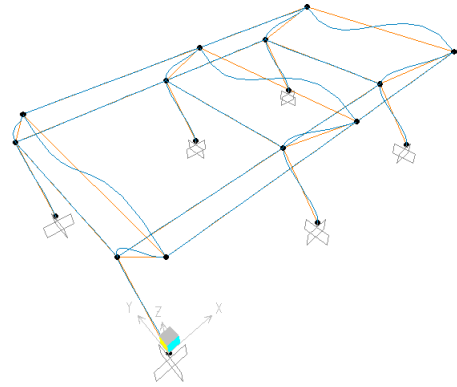
Επιρροή των εξωστών στη δυναμική ανάλυση κτιρίων

Analysis Model



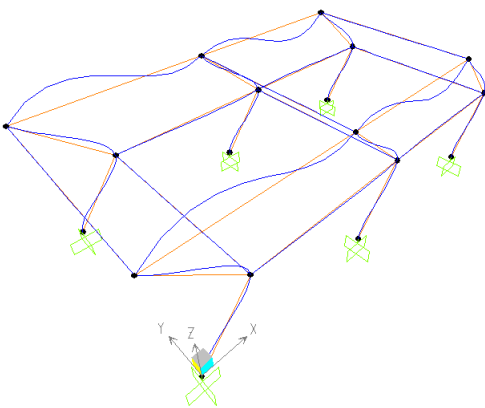
**Σχήμα 5.4.1.12** Ιδιομορφή T3=0,334680

Analysis Model



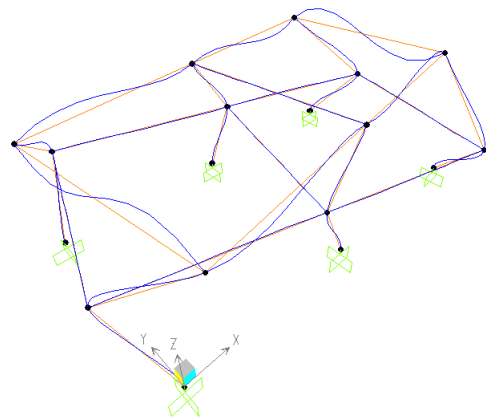
**Σχήμα 5.4.1.13** Ιδιομορφή T4=0,103525

Analysis Model



**Σχήμα 5.4.1.14** Ιδιομορφή T5=0,101252

Analysis Model



**Σχήμα 5.4.1.15** Ιδιομορφή T6=0,096536

**ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ MAPLE- SAP2000**

ΙΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ Rad/Sec	MAPLE	SAP2000	ΔΙΑΦΟΡΑ %
$\omega_1$	16,95	16,92	0,18
$\omega_2$	18,25	18,23	0,11
$\omega_3$	26,58	18,77	29,38
$\omega_4$	60,73	60,69	0,07
$\omega_5$	62,08	62,05	0,05
$\omega_6$	91,5	65,09	28,86

**ΑΠΛΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ**

**Φασματική επιτάχυνση σχεδιασμού :**  $\Phi_d(T) = \frac{\gamma_i \cdot A \cdot \eta \cdot \theta \cdot \beta_0}{g} = 1.714m / \text{sec}^2$

**Τέμνουσα βάσης :**  $V_0 = M \cdot \Phi_d(T) = 154.28\text{ton} \cdot 1.714m / \text{sec}^2 = 264.17\text{KN}$

**Δύναμη που ασκείται στον 2<sup>ο</sup> όροφο :**  $F_2 = V_0 \cdot \frac{m_2 \cdot z_2}{m_1 \cdot z_1 + m_2 \cdot z_2} = 176.11\text{KN}$

**Δύναμη που ασκείται στον 1<sup>ο</sup> όροφο :**  $F_1 = V_0 \cdot \frac{m_1 \cdot z_1}{m_1 \cdot z_1 + m_2 \cdot z_2} = 88.06\text{KN}$

**ΜΗΤΡΩΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ +X**

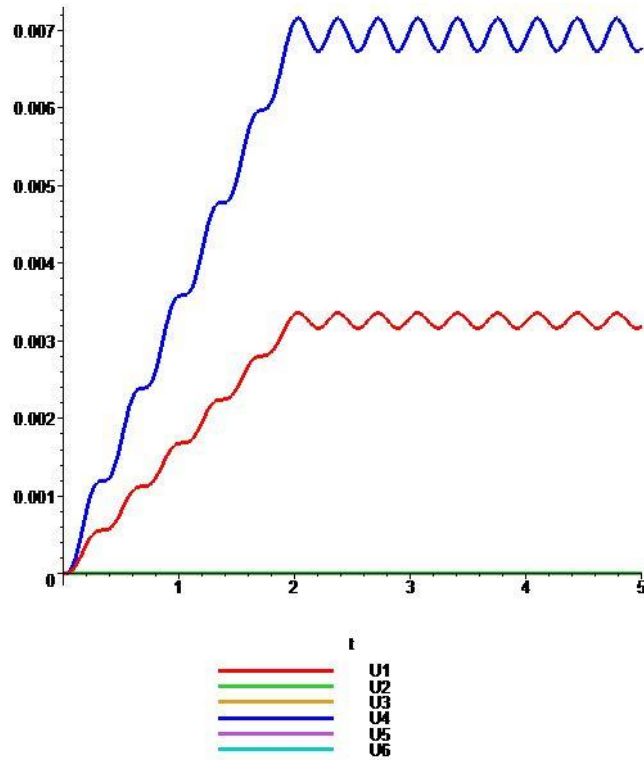
$$P = \begin{bmatrix} 88.06 \\ 0.00 \\ 0.00 \\ 176.11 \\ 0.00 \\ 0.00 \end{bmatrix}$$

**ΜΗΤΡΩΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ +Y**

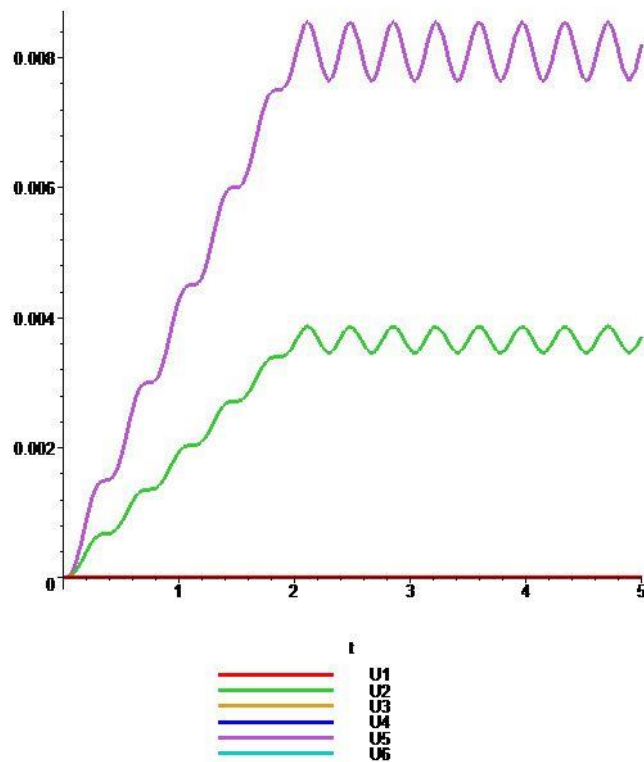
$$P = \begin{bmatrix} 0.00 \\ 88.06 \\ 0.00 \\ 0.00 \\ 176.11 \\ 0.00 \end{bmatrix}$$

<b><u>ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ</u></b>		
<b>A/A</b>	<b>ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΟ ΔΙΩΡΟΦΟ 1</b>	
	<b>U<sub>max</sub> (X) mm</b>	<b>U<sub>max</sub> (Y) mm</b>
1	3,361	0,000
2	0,000	3,868
3	0,000	0,000
4	7,156	0,000
5	0,000	8,549
6	0,000	0,000



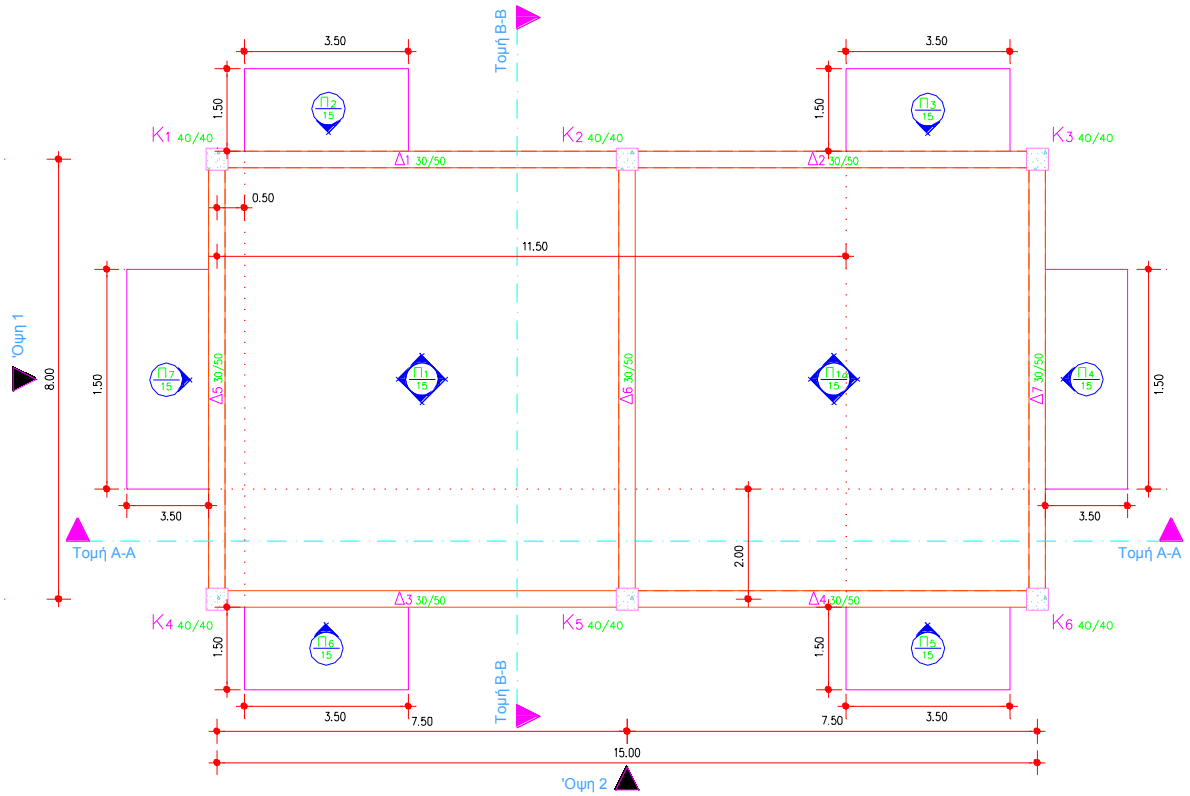


Σχήμα 5.4.1.16 Χρονική εξέλιξη μετατοπίσεων του συμμετρικού δώροφου 1 για φόρτιση κατά X

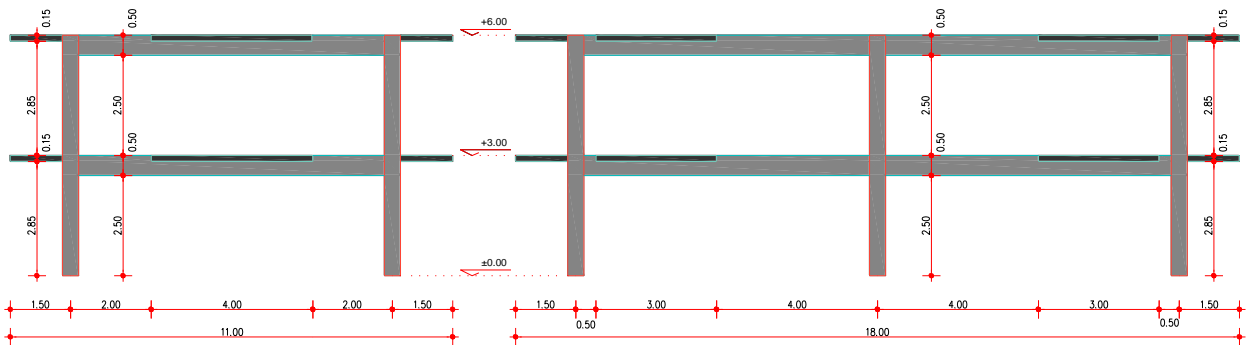


Σχήμα 5.4.1.17 Χρονική εξέλιξη μετατοπίσεων του συμμετρικού δώροφου 1 για φόρτιση κατά Y

### 5.4.2 ΔΙΩΡΟΦΟ ΚΤΙΡΙΟ 2

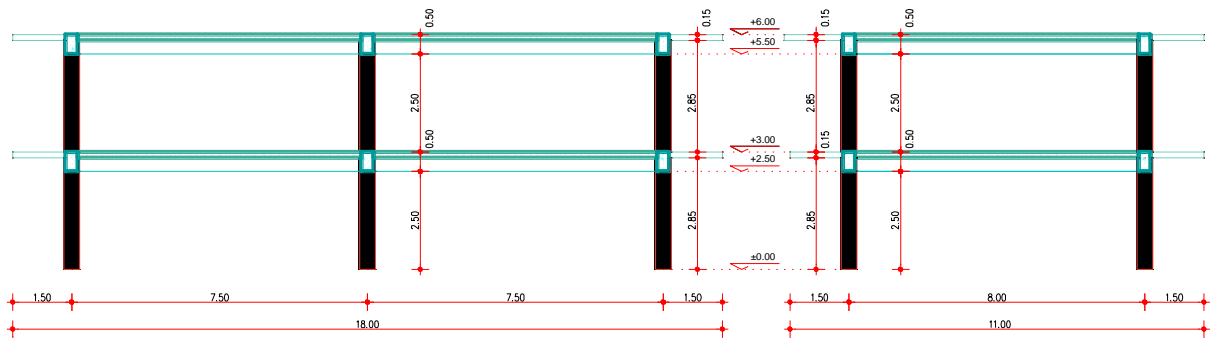


Σχήμα 5.4.2.1 Κάτοψη τυπικού ορόφου δώροφου 2



Σχήμα 5.4.2.2 Όψη 1 δώροφου 2

Σχήμα 5.4.2.3 Όψη 2 δώροφου 2



**Σχήμα 5.4.2.4** Τομή A-A δώροφου 2

**Σχήμα 5.4.2.5** Τομή B-B δώροφου 2



**Σχήμα 5.4.2.6** Αξονομετρικό 1 δώροφου 2

**Σχήμα 5.4.2.7** Αξονομετρικό 2 δώροφου 2



**Σχήμα 5.4.2.8** Αξονομετρικό 3 δώροφου 2

**Σχήμα 5.4.2.9** Αξονομετρικό 4 δώροφου 2

**ΟΛΙΚΟ ΜΗΤΡΩΟ ΑΚΑΜΨΙΑΣ**

$$K_{OA} = \sum_{i=1}^{11} T_i \cdot (R_i)^T \cdot K^i \cdot R^i \cdot T_i^T =$$

$$\begin{bmatrix} 248466.65 & 0 & 0 & -104014.20 & 0 & 0 \\ 0 & 240317.70 & 0 & 0 & -97898.94 & 0 \\ 0 & 0 & 13053064.90 & 0 & 0 & -5401122.42 \\ -104014.20 & 0 & 0 & 74223.75 & 0 & 0 \\ 0 & -97898.94 & 0 & 0 & 66060.59 & 0 \\ 0 & 0 & -5401122.42 & 0 & 0 & 3796221.94 \end{bmatrix}$$

**ΜΗΤΡΩΟ ΜΑΖΑΣ**

$$M_{OA} = \begin{bmatrix} 97.706 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 97.706 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 3096.22 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 97.706 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 97.706 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 3096.22 \end{bmatrix}$$

**ΙΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΙΔΙΟΜΟΡΦΕΣ**

$$\omega_1^2 = 226.53rad^2 / sec^2 \rightarrow \omega_1 = 15.05rad / sec \rightarrow T_1 = 0.417 sec$$

$$\omega_2^2 = 262.67rad^2 / sec^2 \rightarrow \omega_2 = 16.21rad / sec \rightarrow T_2 = 0.387 sec$$

$$\omega_3^2 = 423.64rad^2 / sec^2 \rightarrow \omega_3 = 20.58rad / sec \rightarrow T_3 = 0.305 sec$$

$$\omega_4^2 = 2909.17rad^2 / sec^2 \rightarrow \omega_4 = 53.94rad / sec \rightarrow T_4 = 0.116 sec$$

$$\omega_5^2 = 3039.98rad^2 / sec^2 \rightarrow \omega_5 = 55.14rad / sec \rightarrow T_5 = 0.114 sec$$

$$\omega_6^2 = 5018.26rad^2 / sec^2 \rightarrow \omega_6 = 70.84rad / sec \rightarrow T_6 = 0.089 sec$$

$$\Phi = \begin{bmatrix} 1.00 & 0.4668 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1.00 & 0.4487 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1.00 & 0.4600 \\ -0.4668 & 1.00 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.4487 & 1.0000 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -0.4600 & 1.00 \end{bmatrix}$$

**ΑΠΛΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ**

**Φασματική επιτάχυνση σχεδιασμού :**  $\Phi_d(T) = \frac{\gamma_i \cdot A \cdot \eta \cdot \theta \cdot \beta_0}{q} = 1.714m / sec^2$

**Τέμνουσα βάσης :**  $V_0 = M \cdot \Phi_d(T) = 195.42ton \cdot 1.714m / sec^2 = 334.95KN$

**Δύναμη που ασκείται στον 2<sup>ο</sup> όροφο :**  $F_2 = V_0 \cdot \frac{m_2 \cdot z_2}{m_1 \cdot z_1 + m_2 \cdot z_2} = 223.30KN$

**Δύναμη που ασκείται στον 1<sup>ο</sup> όροφο :**  $F_1 = V_0 \cdot \frac{m_1 \cdot z_1}{m_1 \cdot z_1 + m_2 \cdot z_2} = 111.65KN$

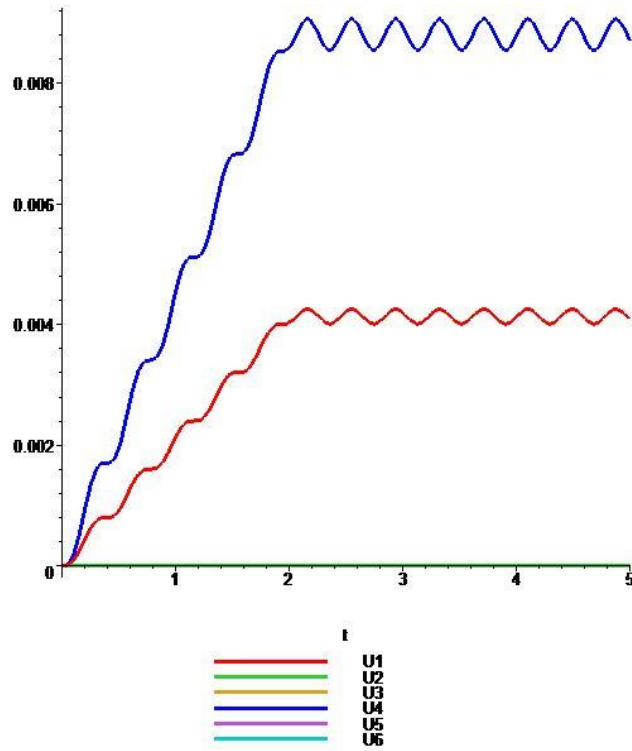
**ΜΗΤΡΩΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ +X**

$$P = \begin{bmatrix} 111.65 \\ 0.00 \\ 0.00 \\ 223.30 \\ 0.00 \\ 0.00 \end{bmatrix}$$

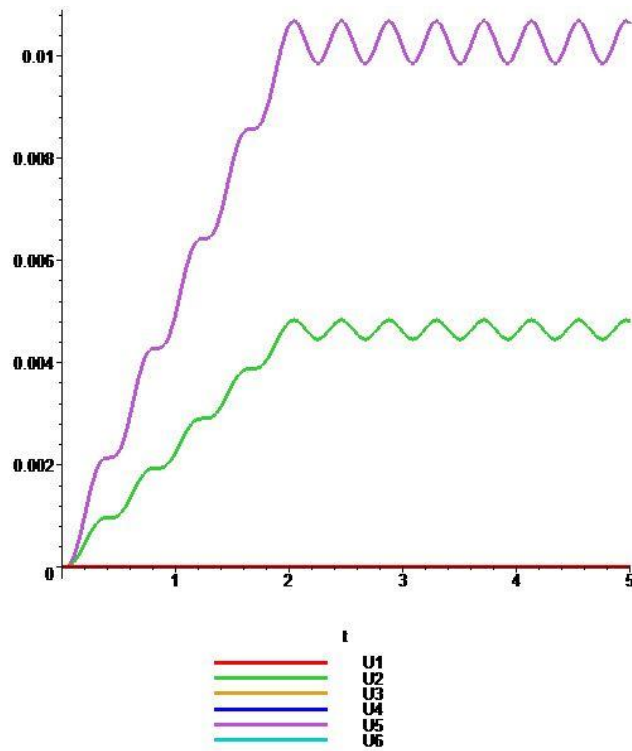
**ΜΗΤΡΩΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ +Y**

$$P = \begin{bmatrix} 0.00 \\ 111.65 \\ 0.00 \\ 0.00 \\ 223.30 \\ 0.00 \end{bmatrix}$$

<b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ</b>		
<b>A/A</b>	<b>ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΟ ΔΙΩΡΟΦΟ 2</b>	
	<b>Umax (X) mm</b>	<b>Umax (Y) mm</b>
1	4,255	0,000
2	0,000	4,803
3	0,000	0,000
4	9,061	0,000
5	0,000	10,615
6	0,000	0,000

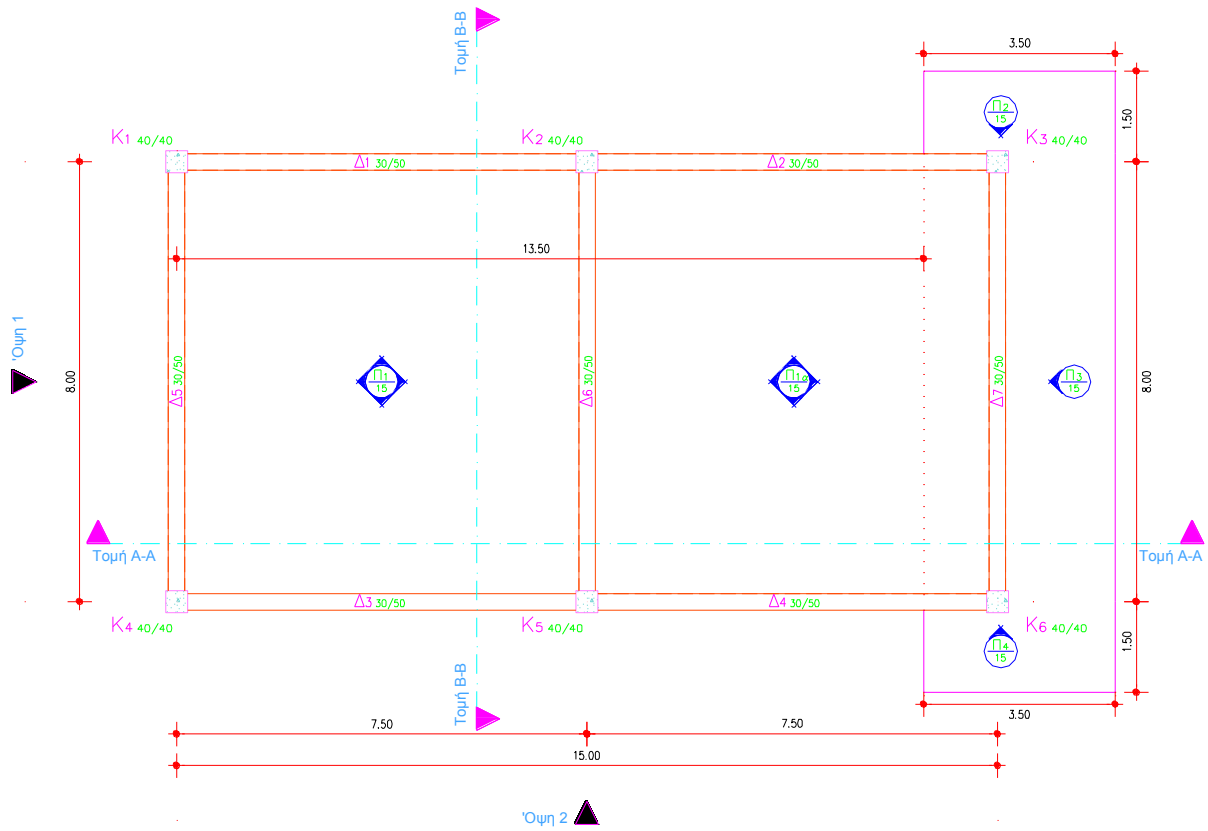


Σχήμα 5.4.2.10 Χρονική εξέλιξη μετατοπίσεων του συμμετρικού δώροφου 2 για φόρτιση κατά X

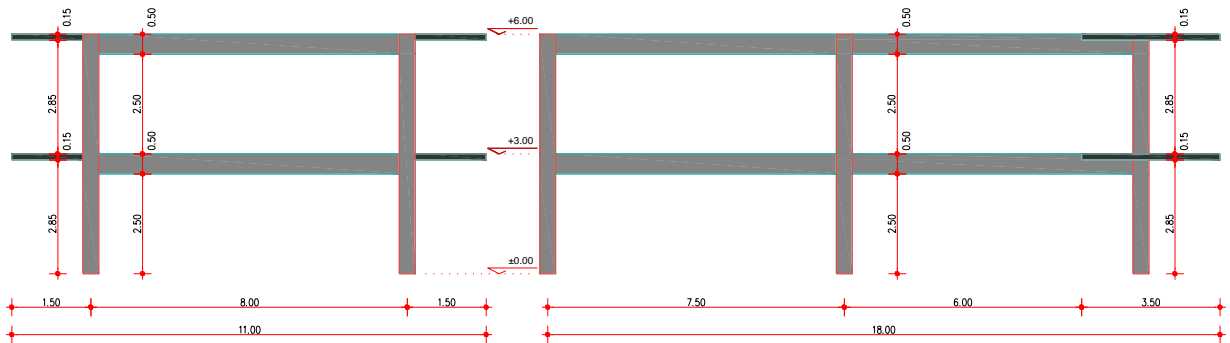


Σχήμα 5.4.2.11 Χρονική εξέλιξη μετατοπίσεων του συμμετρικού δώροφου 2 για φόρτιση κατά Y

### 5.4.3 ΔΙΩΡΟΦΟ ΚΤΙΡΙΟ 3

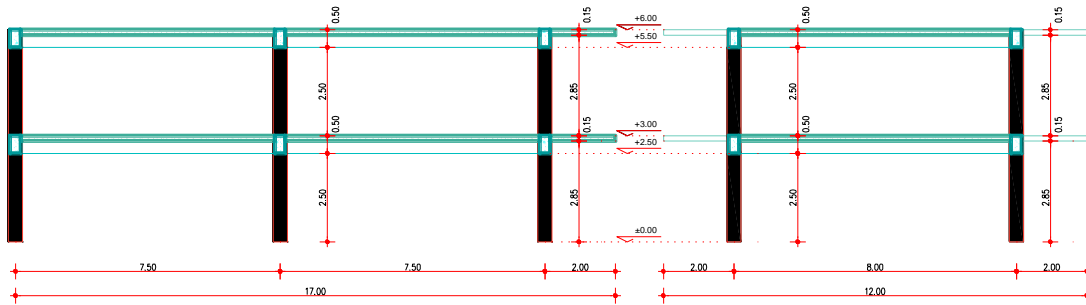


Σχήμα 5.4.3.1 Κάτοψη τυπικού ορόφου διώροφου 3



Σχήμα 5.4.3.2 Όψη 1 διώροφου 3

Σχήμα 5.4.3.3 Όψη 2 διώροφου 3



Σχήμα 5.4.3.4 Τομή Α-Α δώροφου 3

Σχήμα 5.4.3.5 Τομή Β-Β δώροφου 3



Σχήμα 5.4.3.6 Αξονομετρικό 1 δώροφου 3

Σχήμα 5.4.3.7 Αξονομετρικό 2 δώροφου 3



Σχήμα 5.4.3.8 Αξονομετρικό 3 δώροφου 3

Σχήμα 5.4.3.9 Αξονομετρικό 4 δώροφου 3



**ΟΛΙΚΟ ΜΗΤΡΩΟ ΑΚΑΜΨΙΑΣ**

$$K_{O\Lambda} = \sum_{i=1}^n T_i \cdot (R_i)^T \cdot K^i \cdot R^i \cdot T_i^T =$$

$$\begin{bmatrix} 248466.65 & 0 & 0 & -104014.20 & 0 & 0 \\ 0 & 240317.70 & -391717.84 & 0 & -97898.94 & 159575.27 \\ 0 & -391717.84 & 13691564.99 & 0 & 159575.27 & 5661230.11 \\ -104014.20 & 0 & 0 & 74223.75 & 0 & 0 \\ 0 & -97898.94 & 159575.27 & 0 & 66060.59 & -107678.76 \\ 0 & 159575.27 & 5661230.11 & 0 & -107678.76 & 3971738.32 \end{bmatrix}$$

**ΜΗΤΡΩΟ ΜΑΖΑΣ**

$$M_{O\Lambda} = \begin{bmatrix} 97.706 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 97.706 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 3257.37 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 97.706 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 97.706 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 3257.37 \end{bmatrix}$$

**ΙΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΙΔΙΟΜΟΡΦΕΣ**

$$\omega_1^2 = 207.36rad^2 / sec^2 \rightarrow \omega_1 = 14.40rad / sec \rightarrow T_1 = 0.436 sec$$

$$\omega_2^2 = 262.67rad^2 / sec^2 \rightarrow \omega_2 = 16.21rad / sec \rightarrow T_2 = 0.387 sec$$

$$\omega_3^2 = 439.89rad^2 / sec^2 \rightarrow \omega_3 = 20.97rad / sec \rightarrow T_3 = 0.299 sec$$

$$\omega_4^2 = 2625.40rad^2 / sec^2 \rightarrow \omega_4 = 51.24rad / sec \rightarrow T_4 = 0.122 sec$$

$$\omega_5^2 = 3039.98rad^2 / sec^2 \rightarrow \omega_5 = 55.14rad / sec \rightarrow T_5 = 0.114 sec$$

$$\omega_6^2 = 5285.62rad^2 / sec^2 \rightarrow \omega_6 = 72.70rad / sec \rightarrow T_6 = 0.086 sec$$

$$\Phi = \begin{bmatrix} 1.0000 & 0.4668 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1.0000 & 1.0000 & -0.4497 & 0.4360 \\ 0 & 0 & 0.4993 & 0.0593 & -0.0238 & -0.2635 \\ -0.4668 & 1.0000 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.4491 & -0.4485 & -1.0000 & 1.0000 \\ 0 & 0 & -0.2291 & -0.0280 & -0.0517 & -0.5726 \end{bmatrix}$$

**ΑΠΛΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ**

**Φασματική επιτάχυνση σχεδιασμού :**  $\Phi_d(T) = \frac{\gamma_i \cdot A \cdot \eta \cdot \theta \cdot \beta_0}{q} = 1.714m / sec^2$

**Τέμνουσα βάσης :**  $V_0 = M \cdot \Phi_d(T) = 195.42ton \cdot 1.714m / sec^2 = 334.95KN$

**Δύναμη που ασκείται στον 2<sup>ο</sup> όροφο :**  $F_2 = V_0 \cdot \frac{m_2 \cdot z_2}{m_1 \cdot z_1 + m_2 \cdot z_2} = 223.30KN$

**Δύναμη που ασκείται στον 1<sup>ο</sup> όροφο :**  $F_1 = V_0 \cdot \frac{m_1 \cdot z_1}{m_1 \cdot z_1 + m_2 \cdot z_2} = 111.65KN$

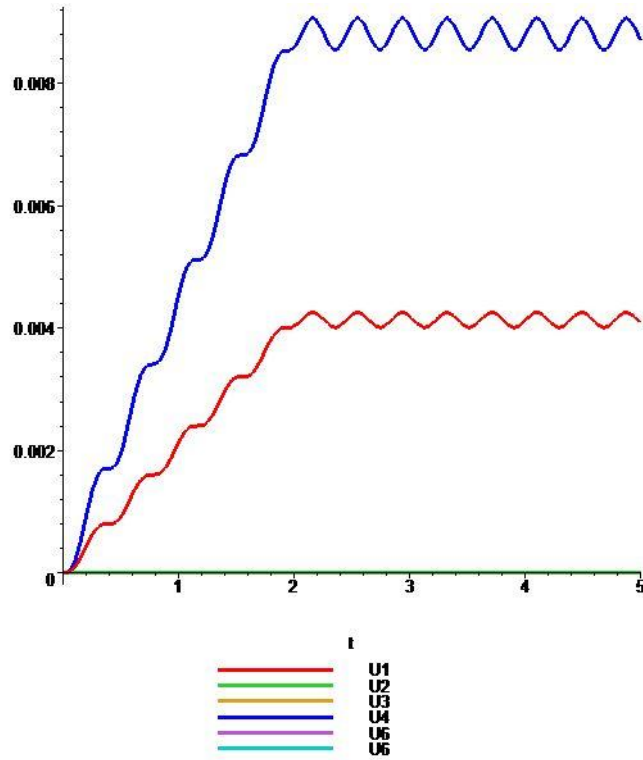
**ΜΗΤΡΩΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ +X**

$$P = \begin{bmatrix} 111.65 \\ 0.00 \\ 0.00 \\ 223.30 \\ 0.00 \\ 0.00 \end{bmatrix}$$

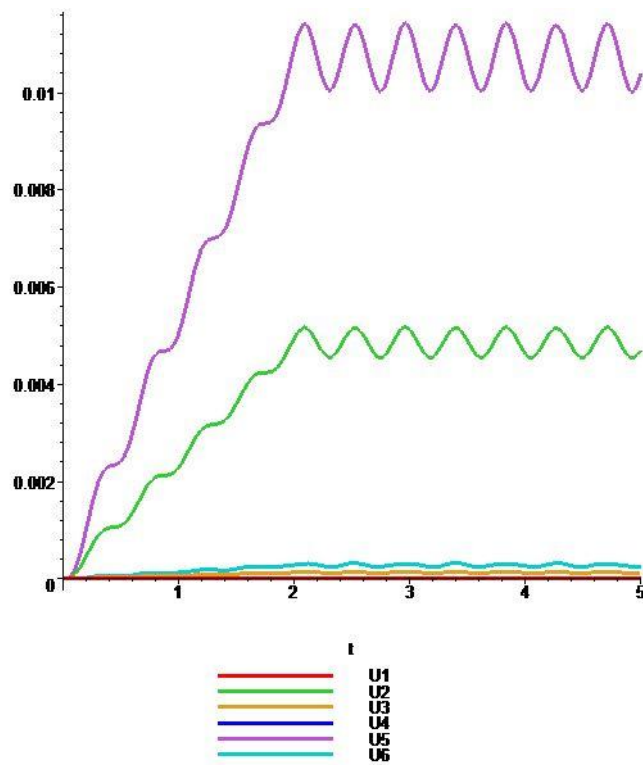
**ΜΗΤΡΩΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ +Y**

$$P = \begin{bmatrix} 0.00 \\ 111.65 \\ 0.00 \\ 0.00 \\ 223.30 \\ 0.00 \end{bmatrix}$$

<b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ</b>		
<b>A/A</b>	<b>ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΟ ΔΙΩΡΟΦΟ 3</b>	
	<b>Umax (X) mm</b>	<b>Umax (Y) mm</b>
1	4,219	0,000
2	0,000	5,172
3	0,000	0,151
4	8,950	0,000
5	0,000	11,378
6	0,000	0,327

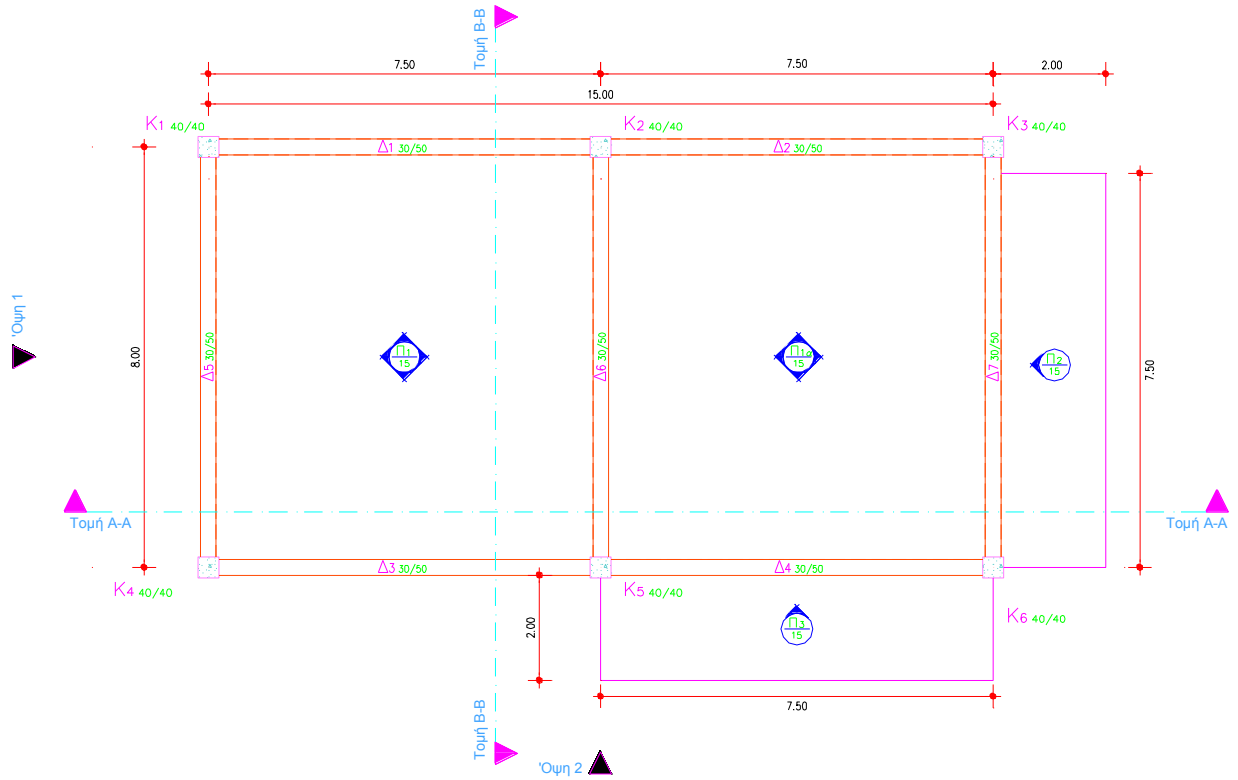


Σχήμα 5.4.3.10 Χρονική εξέλιξη μετατοπίσεων του συμμετρικού δώροφου 3 για φόρτιση κατά X

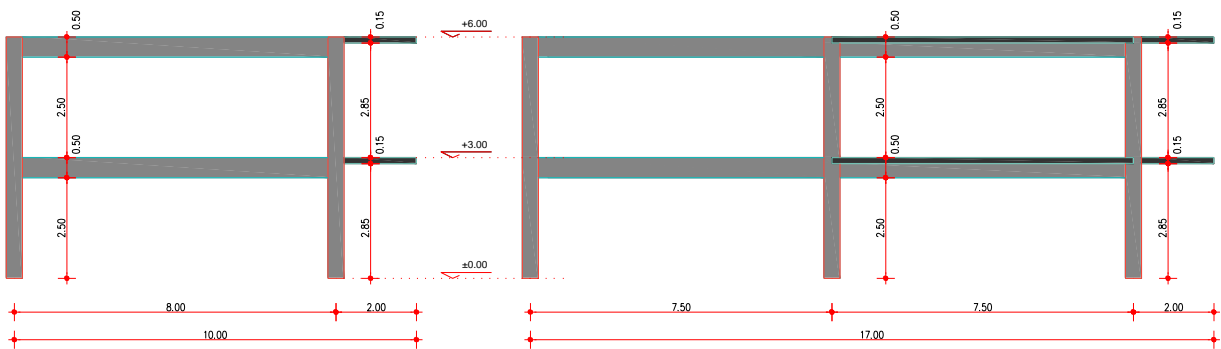


Σχήμα 5.4.3.11 Χρονική εξέλιξη μετατοπίσεων του συμμετρικού δώροφου 3 για φόρτιση κατά Y

5.4.4 ΔΙΩΡΟΦΟ ΚΤΙΡΙΟ 4

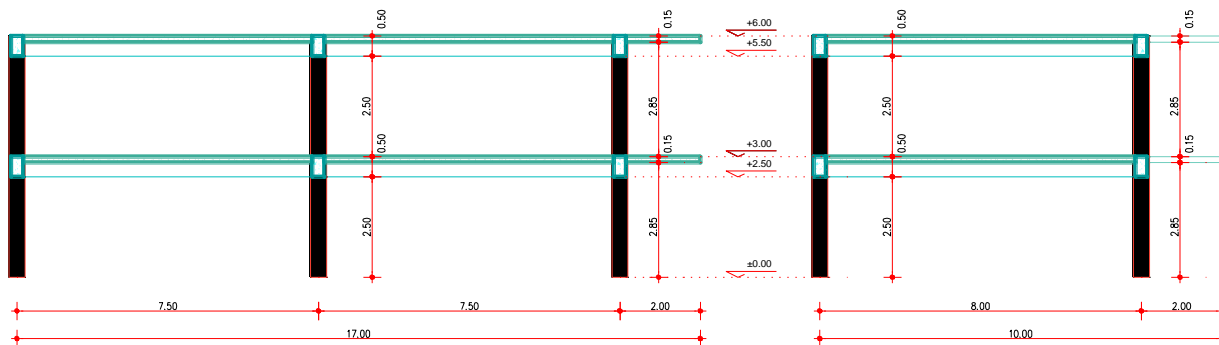


Σχήμα 5.4.4.1 Κάτοψη τυπικού ορόφου διώροφου 4



Σχήμα 5.4.4.2 Όψη 1 διώροφου 4

Σχήμα 5.4.4.3 Όψη 2 διώροφου 4



Σχήμα 5.4.4.4 Τομή Α-Α διώροφου 4

Σχήμα 5.4.4.5 Τομή Β-Β διώροφου 4



Σχήμα 5.4.4.6 Αξονομετρικό 1 διώροφου 4



Σχήμα 5.4.4.7 Αξονομετρικό 2 διώροφου 4



Σχήμα 5.4.4.8 Αξονομετρικό 3 διώροφου 4



Σχήμα 5.4.4.9 Αξονομετρικό 4 διώροφου 4

**ΟΛΙΚΟ ΜΗΤΡΩΟ ΑΚΑΜΨΙΑΣ**

$$K_{OL} = \sum_{i=1}^{11} T_i \cdot (R_i)^T \cdot K^i \cdot R^i \cdot T_i^T =$$

$$\begin{bmatrix} 248466.65 & 0 & -130444.99 & -104014.20 & 0 & 54607.46 \\ 0 & 240317.70 & -294389.18 & 0 & -97898.94 & 119926.20 \\ -130444.99 & -294389.18 & 13482175.26 & 54607.46 & 119926.20 & 5576700.93 \\ -104014.20 & 0 & 54607.46 & 74223.75 & 0 & -38967.48 \\ 0 & -97898.94 & 119926.20 & 0 & 66060.59 & -80924.22 \\ 54607.46 & 119926.20 & 5576700.93 & -38967.47 & -80924.22 & 3915812.03 \end{bmatrix}$$

**ΜΗΤΡΩΟ ΜΑΖΑΣ**

$$M_{OL} = \begin{bmatrix} 97.706 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 97.706 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2914.45 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 97.706 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 97.706 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2914.45 \end{bmatrix}$$

**ΙΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΙΔΙΟΜΟΡΦΕΣ**

$$\omega_1^2 = 215.54rad^2 / sec^2 \rightarrow \omega_1 = 14.68rad / sec \rightarrow T_1 = 0.428 sec$$

$$\omega_2^2 = 260.40rad^2 / sec^2 \rightarrow \omega_2 = 16.14rad / sec \rightarrow T_2 = 0.389 sec$$

$$\omega_3^2 = 477.15rad^2 / sec^2 \rightarrow \omega_3 = 21.84rad / sec \rightarrow T_3 = 0.287 sec$$

$$\omega_4^2 = 2737.87rad^2 / sec^2 \rightarrow \omega_4 = 52.32rad / sec \rightarrow T_4 = 0.120 sec$$

$$\omega_5^2 = 3026.03rad^2 / sec^2 \rightarrow \omega_5 = 55.01rad / sec \rightarrow T_5 = 0.114 sec$$

$$\omega_6^2 = 5690.93rad^2 / sec^2 \rightarrow \omega_6 = 75.44rad / sec \rightarrow T_6 = 0.083 sec$$

$$\Phi = \begin{bmatrix} 0.4668 & -1.0000 & 0.2522 & -0.2708 & 0.4668 & -0.0536 \\ 1.0000 & 0.2683 & 1.0000 & -0.4337 & -0.0609 & -0.4493 \\ -0.7776 & -0.0089 & 0.0477 & 0.4115 & 0.0076 & -0.0181 \\ -0.2178 & 0.4669 & -0.1177 & -0.5721 & 1.0000 & -0.1152 \\ -0.4491 & -0.1204 & -0.4486 & -1.0000 & -0.1365 & -1.0000 \\ 0.3573 & -0.0038 & -0.02245 & 0.8943 & 0.0166 & -0.0395 \end{bmatrix}$$

### ΑΠΛΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ

$$\text{Φασματική επιτάχυνση σχεδιασμού : } \Phi_d(T) = \frac{\gamma_i \cdot A \cdot \eta \cdot \theta \cdot \beta_0}{q} = 1.714m / \text{sec}^2$$

$$\text{Τέμνουσα βάσης : } V_0 = M \cdot \Phi_d(T) = 195.42\text{ton} \cdot 1.714m / \text{sec}^2 = 334.95\text{KN}$$

$$\text{Δύναμη που ασκείται στον 2<sup>ο</sup> όροφο : } F_2 = V_0 \cdot \frac{m_2 \cdot z_2}{m_1 \cdot z_1 + m_2 \cdot z_2} = 223.30\text{KN}$$

$$\text{Δύναμη που ασκείται στον 1<sup>ο</sup> όροφο : } F_1 = V_0 \cdot \frac{m_1 \cdot z_1}{m_1 \cdot z_1 + m_2 \cdot z_2} = 111.65\text{KN}$$

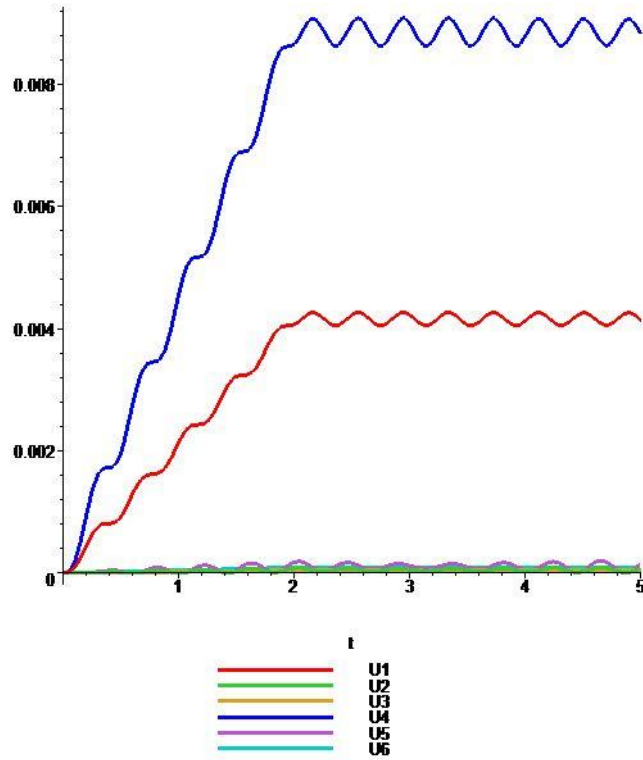
### ΜΗΤΡΩΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ +X

$$P = \begin{bmatrix} 111.65 \\ 0.00 \\ 0.00 \\ 223.30 \\ 0.00 \\ 0.00 \end{bmatrix}$$

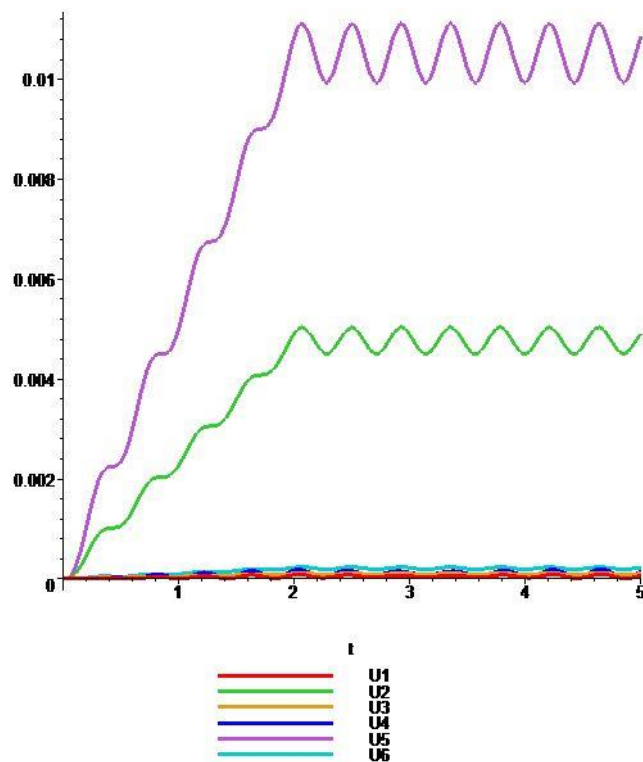
### ΜΗΤΡΩΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ +Y

$$P = \begin{bmatrix} 0.00 \\ 111.65 \\ 0.00 \\ 0.00 \\ 223.30 \\ 0.00 \end{bmatrix}$$

<b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ</b>		
<b>A/A</b>	<b>ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΟ ΔΙΩΡΟΦΟ 4</b>	
	<b>U<sub>max</sub> (X) mm</b>	<b>U<sub>max</sub> (Y) mm</b>
1	4,264	0,093
2	0,073	0,503
3	0,045	0,109
4	8,970	0,190
5	0,201	11,123
6	0,097	0,235



Σχήμα 5.4.4.10 Χρονική εξέλιξη μετατοπίσεων του συμμετρικού δώροφου 4 για φόρτιση κατά X

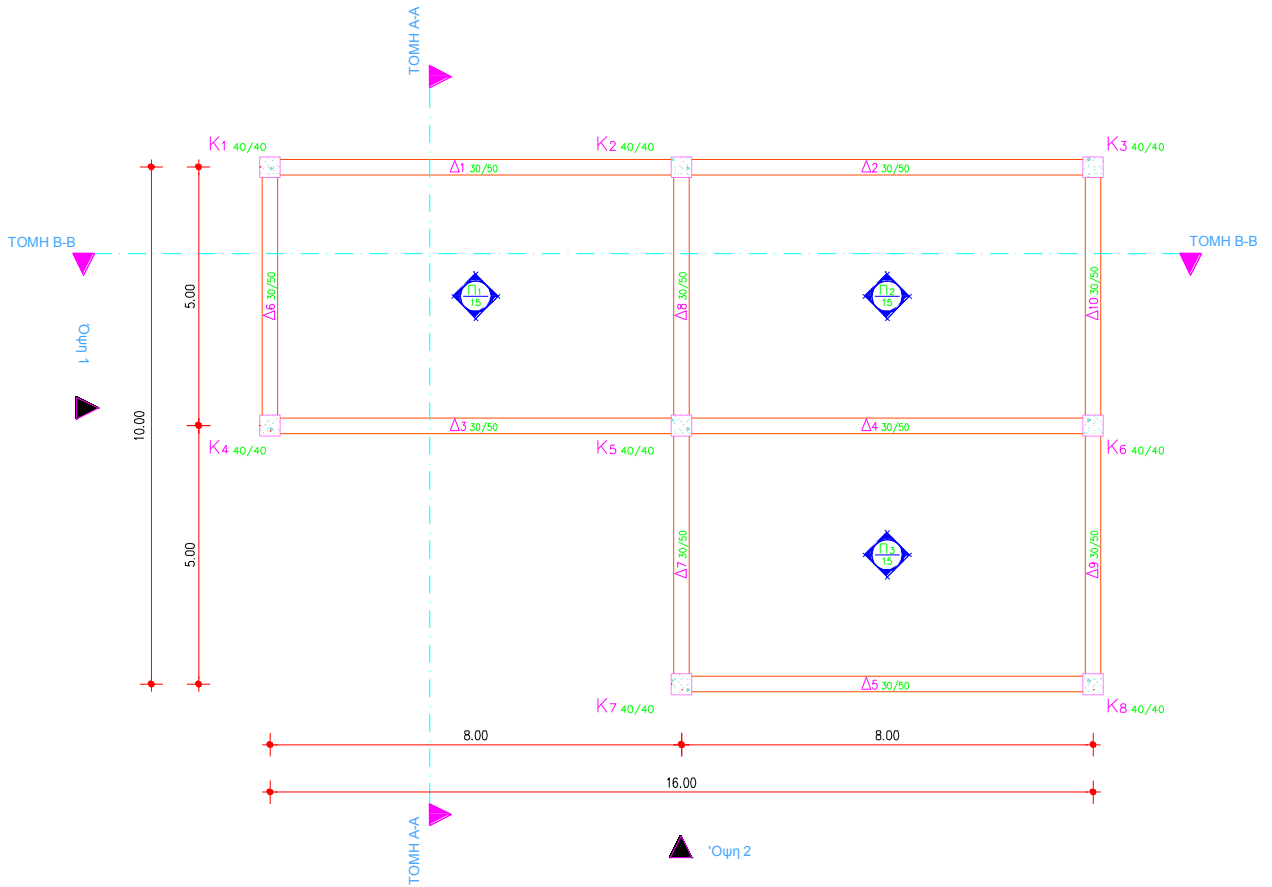


Σχήμα 5.4.4.11 Χρονική εξέλιξη μετατοπίσεων του συμμετρικού δώροφου 4 για φόρτιση κατά Y

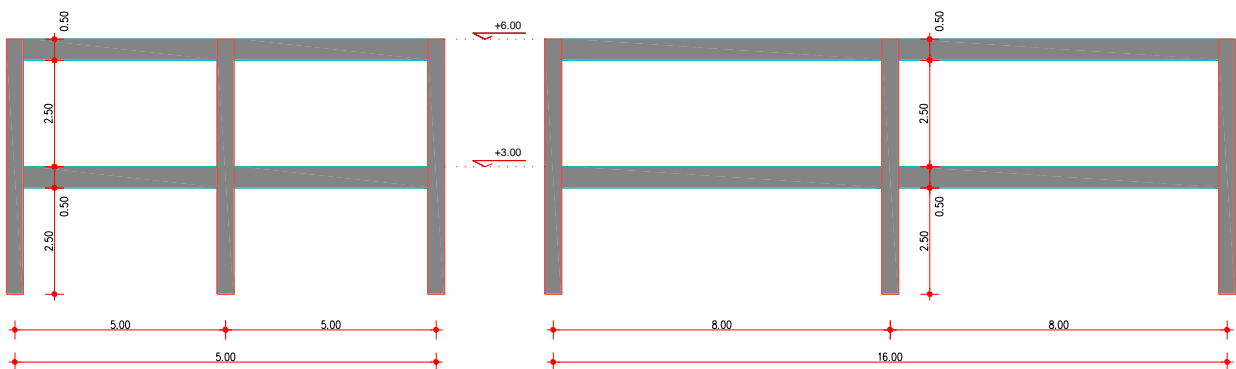


## 5.5 ΔΙΩΡΟΦΟ ΚΤΙΡΙΟ (Μη Συμμετρική κάτοψη)

### 5.5.1 ΔΙΩΡΟΦΟ ΚΤΙΡΙΟ 1

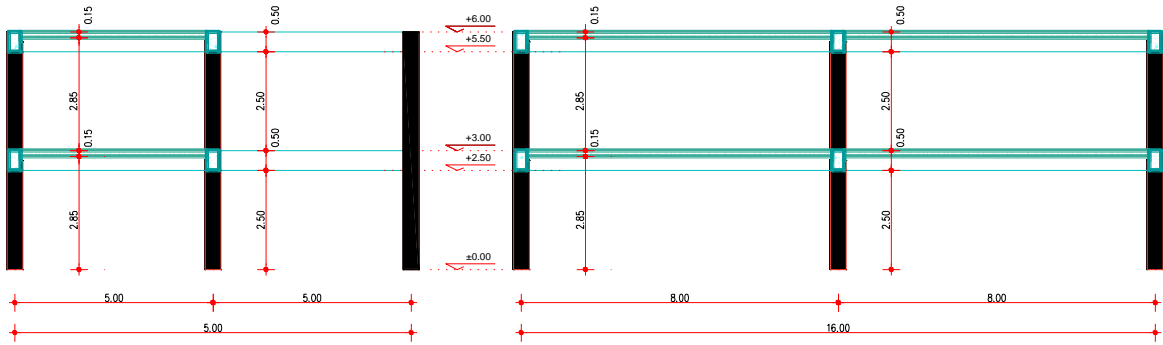


Σχήμα 5.5.1.1 Κάτοψη τυπικού ορόφου δώροφου 1



Σχήμα 5.5.1.2 Όψη 1 δώροφου 1

Σχήμα 5.5.1.3 Όψη 2 δώροφου 1



Σχήμα 5.5.1.4 Τομή Α-Α διώροφου 1

Σχήμα 5.5.1.5 Τομή Β-Β διώροφου 1



Σχήμα 5.5.1.6 Αξονομετρικό 1 διώροφου 1

Σχήμα 5.5.1.7 Αξονομετρικό 2 διώροφου 1

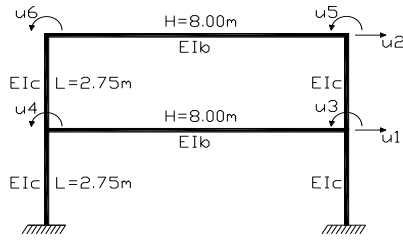


Σχήμα 5.5.1.8 Αξονομετρικό 3 διώροφου 1

Σχήμα 5.5.1.9 Αξονομετρικό 4 διώροφου 1

**ΜΗΤΡΩΟ ΑΚΑΜΨΙΑΣ**

**ΠΣ 1** (πλαίσιο Κ7 – Δ5 – Κ8)



$$\bar{K}_1 = \begin{bmatrix} 103400.15 & -51700.07 & 0 & 0 & -35543.80 & -35543.80 \\ -51700.07 & 51700.07 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 \\ 0 & 35543.80 & 182827.27 & 26250.00 & 32581.82 & 0 \\ 0 & 35543.80 & 26250.00 & 182827.27 & 0 & 32581.82 \\ -35543.80 & 35543.80 & 32581.82 & 0 & 117663.64 & 26250.00 \\ -35543.80 & 35543.80 & 0 & 32581.82 & 26250.00 & 117663.64 \end{bmatrix}$$

$$\bar{K}_{tt} = \begin{bmatrix} 103400.15 & -51700.07 \\ -51700.07 & 51700.07 \end{bmatrix}, \quad \bar{K}_{t\theta} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -35543.80 & -35543.80 \\ 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 \end{bmatrix},$$

$$\bar{K}_{\theta t} = \begin{bmatrix} 0 & 35543.80 \\ 0 & 35543.80 \\ -35543.80 & 35543.80 \\ -35543.80 & 35543.80 \end{bmatrix}, \quad \bar{K}_{\theta\theta} = \begin{bmatrix} 182827.27 & 26250.00 & 32581.82 & 0 \\ 26250.00 & 182827.27 & 0 & 32581.82 \\ 32581.82 & 0 & 117663.64 & 26250.00 \\ 0 & 32581.82 & 26250.00 & 117663.64 \end{bmatrix}$$

$$K^*_{tt} = \bar{K}_{tt} - \bar{K}_{t\theta} \cdot \bar{K}^{-1}_{\theta\theta} \cdot \bar{K}_{\theta t} = \begin{bmatrix} 85200.84 & -36336.87 \\ -36336.87 & 26645.90 \end{bmatrix}$$

Το μητρώο ακαμψίας μετά τη στατική συμπύκνωση των στροφικών βαθμών ελευθερίας:

$$K_1 = \begin{bmatrix} 85200.84 & 0 & 0 & -36336.87 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -36336.87 & 0 & 0 & 26645.90 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

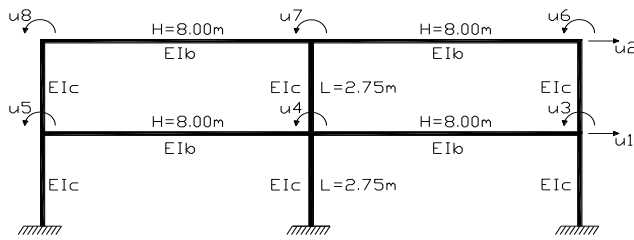
Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $R^1$  λόγω στροφής των τοπικών αξόνων :

$$R^1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $T^1$  λόγω μεταθέσεως των τοπικών αξόνων :

$$T^1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 9.33 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 9.33 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

**ΠΣ 2** (πλαίσιο K4 – Δ3 – K5 – Δ4 – K6)



$$\bar{K}_2 = \begin{bmatrix} 155100.22 & -77550.11 & 0 & 0 & 0 & -35543.80 & -35543.80 & -35543.80 \\ -77550.11 & 77550.11 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 \\ 0 & 35543.80 & 182827.27 & 26250.00 & 0 & 32581.82 & 0 & 0 \\ 0 & 35543.80 & 26250.00 & 235327.27 & 26250.00 & 0 & 32581.82 & 0 \\ 0 & 35543.80 & 0 & 26250.00 & 182827.27 & 0 & 0 & 32581.82 \\ -35543.80 & 35543.80 & 32581.82 & 0 & 0 & 117663.64 & 26250.00 & 0 \\ -35543.80 & 35543.80 & 0 & 32581.82 & 0 & 26250.00 & 170163.64 & 26250.00 \\ -35543.80 & 35543.80 & 0 & 0 & 32581.82 & 0 & 26250.00 & 117663.64 \end{bmatrix}$$

$$\bar{K}_{tt} = \begin{bmatrix} 155100.22 & -77550.11 \\ -77550.11 & 77550.11 \end{bmatrix},$$

$$\bar{K}_{t\theta} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & -35543.80 & -35543.80 & -35543.80 \\ 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 \end{bmatrix},$$

$$\bar{K}_{\theta t} = \begin{bmatrix} 0 & 35543.80 \\ 0 & 35543.80 \\ 0 & 35543.80 \\ -35543.80 & 35543.80 \\ -35543.80 & 35543.80 \\ -35543.80 & 35543.80 \end{bmatrix},$$

Επιρροή των εξωστών στη δυναμική ανάλυση κτιρίων

$$\bar{K}_{\theta\theta} = \begin{bmatrix} 182827.27 & 26250.00 & 0 & 32581.82 & 0 & 0 \\ 26250.00 & 235327.27 & 26250.00 & 0 & 32581.82 & 0 \\ 0 & 26250.00 & 182827.27 & 0 & 0 & 32581.82 \\ 32581.82 & 0 & 0 & 117663.64 & 26250.00 & 0 \\ 0 & 32581.82 & 0 & 26250.00 & 170163.64 & 26250.00 \\ 0 & 0 & 32581.82 & 0 & 26250.00 & 117663.64 \end{bmatrix}$$

Το μητρώο ακαμψιάς μετά τη στατική συμπίκνωση των στροφικών βαθμών ελευθερίας:

$$K2 = \begin{bmatrix} 130251.20 & 0 & 0 & -56501.41 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -56501.41 & 0 & 0 & 43053.34 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

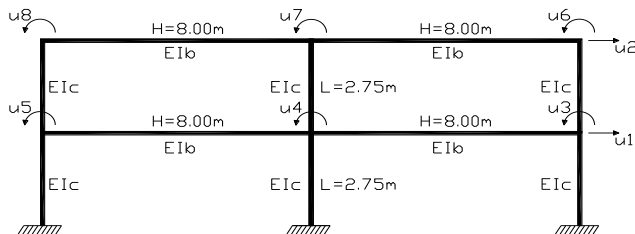
Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $R^2$  λόγω στροφής των τοπικών αξόνων :

$$R^2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $T^2$  λόγω μεταθέσεως των τοπικών αξόνων :

$$T^2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1.33 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1.33 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

**ΠΣ 3**(πλαίσιο Κ1 – Δ1 – Κ2 – Δ2 – Κ3)



$$\bar{K}_3 = \begin{bmatrix} 155100.22 & -77550.11 & 0 & 0 & 0 & -35543.80 & -35543.80 & -35543.80 \\ -77550.11 & 77550.11 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 \\ 0 & 35543.80 & 182827.27 & 26250.00 & 0 & 32581.82 & 0 & 0 \\ 0 & 35543.80 & 26250.00 & 235327.27 & 26250.00 & 0 & 32581.82 & 0 \\ 0 & 35543.80 & 0 & 26250.00 & 182827.27 & 0 & 0 & 32581.82 \\ -35543.80 & 35543.80 & 32581.82 & 0 & 0 & 117663.64 & 26250.00 & 0 \\ -35543.80 & 35543.80 & 0 & 32581.82 & 0 & 26250.00 & 170163.64 & 26250.00 \\ -35543.80 & 35543.80 & 0 & 0 & 32581.82 & 0 & 26250.00 & 117663.64 \end{bmatrix}$$

$$\bar{K}_{tt} = \begin{bmatrix} 155100.22 & -77550.11 \\ -77550.11 & 77550.11 \end{bmatrix},$$

$$\bar{K}_{t\theta} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & -35543.80 & -35543.80 & -35543.80 \\ 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 \end{bmatrix},$$

$$\bar{K}_{\theta t} = \begin{bmatrix} 0 & 35543.80 \\ 0 & 35543.80 \\ 0 & 35543.80 \\ -35543.80 & 35543.80 \\ -35543.80 & 35543.80 \\ -35543.80 & 35543.80 \end{bmatrix},$$

$$\bar{K}_{\theta\theta} = \begin{bmatrix} 182827.27 & 26250.00 & 0 & 32581.82 & 0 & 0 \\ 26250.00 & 235327.27 & 26250.00 & 0 & 32581.82 & 0 \\ 0 & 26250.00 & 182827.27 & 0 & 0 & 32581.82 \\ 32581.82 & 0 & 0 & 117663.64 & 26250.00 & 0 \\ 0 & 32581.82 & 0 & 26250.00 & 170163.64 & 26250.00 \\ 0 & 0 & 32581.82 & 0 & 26250.00 & 117663.64 \end{bmatrix}$$

Το μητρώο ακαμψίας μετά τη στατική συμπίκνωση των στρωφικών βαθμών ελευθερίας:

$$K_3 = \begin{bmatrix} 130251.20 & 0 & 0 & -56501.41 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -56501.41 & 0 & 0 & 43053.34 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

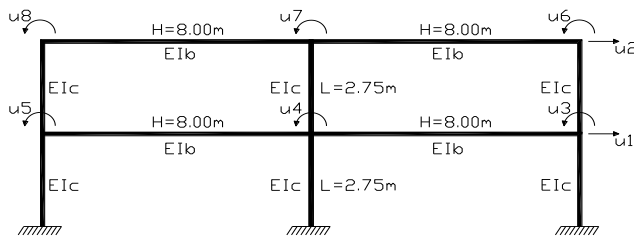
Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $R^3$  λόγω στρωφής των τοπικών αξόνων :

$$R^3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $T^3$  λόγω μεταθέσεως των τοπικών αξόνων :

$$T^3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -6.67 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -6.67 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

**ΠΣ 4**(πλαίσιο Κ7 – Δ6 – Κ4 – Δ7 – Κ1 )



$$\bar{K}_4 = \begin{bmatrix} 155100.22 & -77550.11 & 0 & 0 & 0 & -35543.80 & -35543.80 & -35543.80 \\ -77550.11 & 77550.11 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 \\ 0 & 35543.80 & 163139.77 & 16406.25 & 0 & 32581.82 & 0 & 0 \\ 0 & 35543.80 & 16406.25 & 195952.27 & 16406.25 & 0 & 32581.82 & 0 \\ 0 & 35543.80 & 0 & 16406.25 & 163139.77 & 0 & 0 & 32581.82 \\ -35543.80 & 35543.80 & 32581.82 & 0 & 0 & 97976.14 & 16406.25 & 0 \\ -35543.80 & 35543.80 & 0 & 32581.82 & 0 & 16406.25 & 130788.64 & 16406.25 \\ -35543.80 & 35543.80 & 0 & 0 & 32581.82 & 0 & 16406.25 & 97976.14 \end{bmatrix}$$

$$\bar{K}_{tt} = \begin{bmatrix} 155100.22 & -77550.11 \\ -77550.11 & 77550.11 \end{bmatrix},$$

$$\bar{K}_{t\theta} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & -35543.80 & -35543.80 & -35543.80 \\ 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 \end{bmatrix},$$

$$\bar{K}_{\theta t} = \begin{bmatrix} 0 & 35543.80 \\ 0 & 35543.80 \\ 0 & 35543.80 \\ -35543.80 & 35543.80 \\ -35543.80 & 35543.80 \\ -35543.80 & 35543.80 \end{bmatrix},$$

$$\bar{K}_{\theta\theta} = \begin{bmatrix} 163139.77 & 16406.25 & 0 & 32581.82 & 0 & 0 \\ 16406.25 & 195952.27 & 16406.25 & 0 & 32581.82 & 0 \\ 0 & 16406.25 & 163139.77 & 0 & 0 & 32581.82 \\ 32581.82 & 0 & 0 & 97976.14 & 16406.25 & 0 \\ 0 & 32581.82 & 0 & 16406.25 & 130788.64 & 16406.25 \\ 0 & 0 & 32581.82 & 0 & 16406.25 & 97976.14 \end{bmatrix}$$

Το μητρώο ακαμψίας μετά τη στατική συμπίκνωση των στροφικών βαθμών ελευθερίας:

$$K_4 = \begin{bmatrix} 123245.67 & 0 & 0 & -51284.04 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -51284.04 & 0 & 0 & 36194.91 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

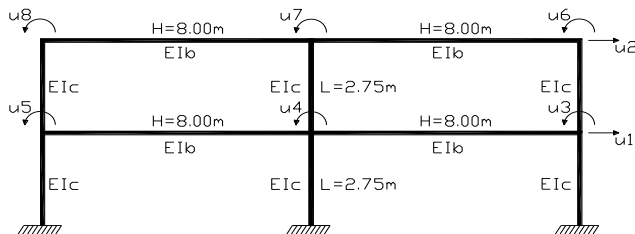
Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $R^4$  λόγω στροφής των τοπικών αξόνων :

$$R^4 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $T^4$  λόγω μεταθέσεως των τοπικών αξόνων :

$$T^4 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -4.17 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -4.17 & 1 \end{bmatrix}$$

**ΠΣ 5**(πλαίσιο Κ8 – Δ8 – Κ5 – Δ9 – Κ2)





Επιρροή των εξωστών στη δυναμική ανάλυση κτιρίων

$$\bar{K}_5 = \begin{bmatrix} 155100.22 & -77550.11 & 0 & 0 & 0 & -35543.80 & -35543.80 & -35543.80 \\ -77550.11 & 77550.11 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 \\ 0 & 35543.80 & 163139.77 & 16406.25 & 0 & 32581.82 & 0 & 0 \\ 0 & 35543.80 & 16406.25 & 195952.27 & 16406.25 & 0 & 32581.82 & 0 \\ 0 & 35543.80 & 0 & 16406.25 & 163139.77 & 0 & 0 & 32581.82 \\ -35543.80 & 35543.80 & 32581.82 & 0 & 0 & 97976.14 & 16406.25 & 0 \\ -35543.80 & 35543.80 & 0 & 32581.82 & 0 & 16406.25 & 130788.64 & 16406.25 \\ -35543.80 & 35543.80 & 0 & 0 & 32581.82 & 0 & 16406.25 & 97976.14 \end{bmatrix}$$

$$\bar{K}_{tt} = \begin{bmatrix} 155100.22 & -77550.11 \\ -77550.11 & 77550.11 \end{bmatrix},$$

$$\bar{K}_{t\theta} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & -35543.80 & -35543.80 & -35543.80 \\ 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 \end{bmatrix},$$

$$\bar{K}_{\theta t} = \begin{bmatrix} 0 & 35543.80 \\ 0 & 35543.80 \\ 0 & 35543.80 \\ -35543.80 & 35543.80 \\ -35543.80 & 35543.80 \\ -35543.80 & 35543.80 \end{bmatrix},$$

$$\bar{K}_{\theta\theta} = \begin{bmatrix} 163139.77 & 16406.25 & 0 & 32581.82 & 0 & 0 \\ 16406.25 & 195952.27 & 16406.25 & 0 & 32581.82 & 0 \\ 0 & 16406.25 & 163139.77 & 0 & 0 & 32581.82 \\ 32581.82 & 0 & 0 & 97976.14 & 16406.25 & 0 \\ 0 & 32581.82 & 0 & 16406.25 & 130788.64 & 16406.25 \\ 0 & 0 & 32581.82 & 0 & 16406.25 & 97976.14 \end{bmatrix}$$

Το μητρώο ακαμψίας μετά τη στατική συμπίκνωση των στροφικών βαθμών ελευθερίας:

$$K_5 = \begin{bmatrix} 123245.67 & 0 & 0 & -51284.04 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -51284.04 & 0 & 0 & 36194.91 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

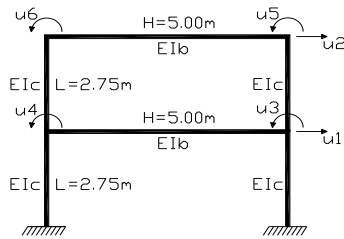
Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $R^5$  λόγω στροφής των τοπικών αξόνων :

$$R^5 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $T^5$  λόγω μεταθέσεως των τοπικών αξόνων :

$$T^5 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.83 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.83 & 1 \end{bmatrix}$$

**ΠΣ 6** (πλαίσιο Κ6 – Δ10 – Κ3)



$$\bar{K}_6 = \begin{bmatrix} 103400.15 & -51700.07 & 0 & 0 & -35543.80 & -35543.80 \\ -51700.07 & 51700.07 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 \\ 0 & 35543.80 & 163139.77 & 16406.25 & 32581.82 & 0 \\ 0 & 35543.80 & 16406.25 & 163139.77 & 0 & 32581.82 \\ -35543.80 & 35543.80 & 32581.82 & 0 & 97976.14 & 16406.25 \\ -35543.80 & 35543.80 & 0 & 32581.82 & 16406.25 & 97976.14 \end{bmatrix}$$

$$\bar{K}_{tt} = \begin{bmatrix} 103400.15 & -51700.07 \\ -51700.07 & 51700.07 \end{bmatrix}, \quad \bar{K}_{t\theta} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -35543.80 & -35543.80 \\ 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 & 35543.80 \end{bmatrix},$$

$$\bar{K}_{\theta t} = \begin{bmatrix} 0 & 35543.80 \\ 0 & 35543.80 \\ -35543.80 & 35543.80 \\ -35543.80 & 35543.80 \end{bmatrix}, \quad \bar{K}_{\theta\theta} = \begin{bmatrix} 163139.77 & 16406.25 & 32581.82 & 0 \\ 16406.25 & 163139.77 & 0 & 32581.82 \\ 32581.82 & 0 & 97976.14 & 16406.25 \\ 0 & 32581.82 & 16406.25 & 97976.14 \end{bmatrix}$$

$$K^*_{tt} = \bar{K}_{tt} - \bar{K}_{t\theta} \cdot \bar{K}^{-1}_{\theta\theta} \cdot \bar{K}_{\theta t} = \begin{bmatrix} 80105.90 & -32632.98 \\ -32632.98 & 22020.20 \end{bmatrix}$$

Το μητρώο ακαμψίας μετά τη στατική συμπίκνωση των στρωφικών βαθμών ελευθερίας:

$$K_6 = \begin{bmatrix} 80105.90 & 0 & 0 & -32632.98 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -32632.98 & 0 & 0 & 22020.20 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $R^6$  λόγω στρωφής των τοπικών αξόνων :

$$R^6 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $T^6$  λόγω μεταθέσεως των τοπικών αξόνων :

$$T^6 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 5.83 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 5.83 & 1 \end{bmatrix}$$

**ΠΣ 7** (υποστύλωμα K1)

$$K7 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 10947.49 & 0 & 0 & -10947.49 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -10947.49 & 0 & 0 & 21894.98 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $R^7$  λόγω στροφής των τοπικών αξόνων :

$$R^7 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $T^7$  λόγω μεταθέσεως των τοπικών αξόνων :

$$T^7 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

**ΠΣ 8** (υποστύλωμα Κ2)

$$K8 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 10947.49 & 0 & 0 & -10947.49 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -10947.49 & 0 & 0 & 21894.98 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $R^8$  λόγω στροφής των τοπικών αξόνων :

$$R^8 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $T^8$  λόγω μεταθέσεως των τοπικών αξόνων :

$$T^8 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

**ΠΣ 9** (υποστύλωμα Κ3)

$$K9 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 10947.49 & 0 & 0 & -10947.49 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -10947.49 & 0 & 0 & 21894.98 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $R^9$  λόγω στροφής των τοπικών αξόνων :

$$R^9 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $T^9$  λόγω μεταθέσεως των τοπικών αξόνων :

$$T^9 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

**ΠΣ 10** (υποστύλωμα Κ4)

$$K10 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 10947.49 & 0 & 0 & -10947.49 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -10947.49 & 0 & 0 & 21894.98 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $R^{10}$  λόγω στροφής των τοπικών αξόνων :

$$R^{10} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $T^{10}$  λόγω μεταθέσεως των τοπικών αξόνων :

$$T^{10} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

**ΠΣ 11** (υποστύλωμα Κ5)

$$K11 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 10947.49 & 0 & 0 & -10947.49 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -10947.49 & 0 & 0 & 21894.98 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $R^{11}$  λόγω στροφής των τοπικών αξόνων :

$$R^{11} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $T^{11}$  λόγω μεταθέσεως των τοπικών αξόνων :

$$T^{11} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

**ΠΣ 12** (υποσύλλωμα Κ6)

$$K_{12} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 10947.49 & 0 & 0 & -10947.49 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -10947.49 & 0 & 0 & 21894.98 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $R^{12}$  λόγω στροφής των τοπικών αξόνων :

$$R^{12} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $T^{12}$  λόγω μεταθέσεως των τοπικών αξόνων :

$$T^{12} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

**ΠΣ 13** (υποστύλωμα Κ7)

$$K_{13} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 10947.49 & 0 & 0 & -10947.49 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -10947.49 & 0 & 0 & 21894.98 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $R^{13}$  λόγω στροφής των τοπικών αξόνων :

$$R^{13} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $T^{13}$  λόγω μεταθέσεως των τοπικών αξόνων :

$$T^{13} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

**ΠΣ 14** (υποστύλωμα Κ6)

$$K_{14} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 10947.49 & 0 & 0 & -10947.49 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -10947.49 & 0 & 0 & 21894.98 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $R^{14}$  λόγω στροφής των τοπικών αξόνων :

$$R^{14} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Μόρφωση μητρώου μετασχηματισμού  $T^{14}$  λόγω μεταθέσεως των τοπικών αξόνων :

$$T^{14} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

### ΟΛΙΚΟ ΜΗΤΡΩΟ ΑΚΑΜΨΙΑΣ

$$K_{OL} = \sum_{i=1}^{11} T_i \cdot (R_i)^T \cdot K^i \cdot R^i \cdot T_i^T =$$

$$\begin{bmatrix} 345703.23 & 0 & 100534.75 & -149339.69 & 0 & -37803.33 \\ 0 & 326597.25 & 56465.49 & 0 & -135201.05 & -19412.26 \\ 100534.75 & 56465.49 & 18481114.16 & -37803.33 & -19412.26 & -7900935.52 \\ -149339.69 & 0 & -37803.33 & 112752.58 & 0 & 19077.25 \\ 0 & -135201.05 & -19412.26 & 0 & 94410.01 & 7801.45 \\ -37803.33 & -19412.26 & -7900935.52 & 19077.25 & 7801.45 & 5889152.30 \end{bmatrix}$$

### ΜΗΤΡΩΟ ΜΑΖΑΣ

$$M_{OL} = \begin{bmatrix} 77.064 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 77.064 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2095.719 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 77.064 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 77.064 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2095.719 \end{bmatrix}$$

### ΙΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΙΔΙΟΜΟΡΦΕΣ

$$\omega_1^2 = 419.06 \text{rad}^2 / \text{sec}^2 \rightarrow \omega_1 = 20.47 \text{rad} / \text{sec} \rightarrow T_1 = 0.307 \text{ sec}$$

$$\omega_2^2 = 516.57 \text{rad}^2 / \text{sec}^2 \rightarrow \omega_2 = 22.73 \text{rad} / \text{sec} \rightarrow T_2 = 0.276 \text{ sec}$$

$$\omega_3^2 = 993.84 \text{rad}^2 / \text{sec}^2 \rightarrow \omega_3 = 31.52 \text{rad} / \text{sec} \rightarrow T_3 = 0.199 \text{ sec}$$

$$\omega_4^2 = 5039.53 \text{rad}^2 / \text{sec}^2 \rightarrow \omega_4 = 70.99 \text{rad} / \text{sec} \rightarrow T_4 = 0.088 \text{ sec}$$

$$\omega_5^2 = 5416.75 \text{rad}^2 / \text{sec}^2 \rightarrow \omega_5 = 73.60 \text{rad} / \text{sec} \rightarrow T_5 = 0.085 \text{ sec}$$

$$\omega_6^2 = 10654.92 \text{rad}^2 / \text{sec}^2 \rightarrow \omega_6 = 103.22 \text{rad} / \text{sec} \rightarrow T_6 = 0.061 \text{ sec}$$



$$\Phi = \begin{bmatrix} 0.2898 & 1.00000 & 0.0205 & -0.4885 & 0.0408 & 0.0007 \\ 0.1494 & -0.0227 & 1.0000 & 0.0005 & -0.0051 & 0.4595 \\ 1.0000 & -0.0099 & -0.0051 & 0.0028 & 0.4820 & -0.0009 \\ -0.1274 & -0.4885 & -0.0101 & -1.0000 & 0.1449 & 0.0011 \\ -0.0597 & 0.0102 & -0.4595 & 0.0015 & 0.0482 & 1.0000 \\ -0.4816 & 0.0059 & 0.0035 & 0.0047 & 1.0000 & -0.0012 \end{bmatrix}$$

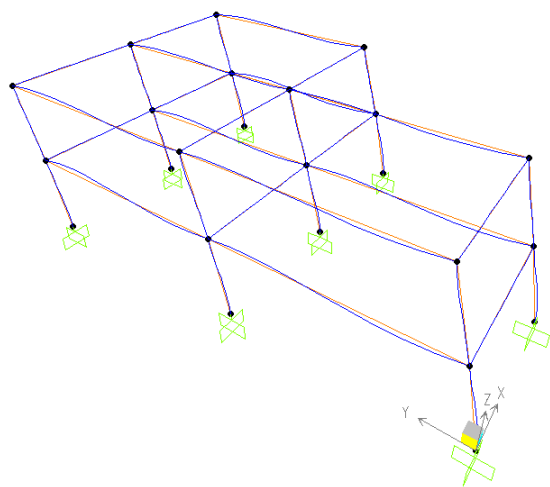
### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ SAP2000

SAP2000 v11.0.0

Table: Modal Periods And Frequencies

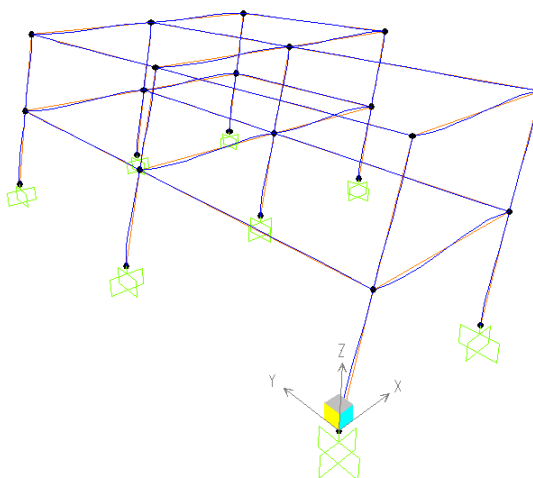
OutputCase Text	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	Frequency Cyc/sec	CircFreq rad/sec	Eigenvalue rad2/sec2
MODAL	Mode	1,000000	0,307182	3,2554E+00	2,0454E+01	4,1838E+02
MODAL	Mode	2,000000	0,277461	3,6041E+00	2,2645E+01	5,1281E+02
MODAL	Mode	3,000000	0,262010	3,8167E+00	2,3981E+01	5,7508E+02
MODAL	Mode	4,000000	0,088571	1,1290E+01	7,0940E+01	5,0325E+03
MODAL	Mode	5,000000	0,085365	1,1714E+01	7,3604E+01	5,4175E+03
MODAL	Mode	6,000000	0,079409	1,2593E+01	7,9125E+01	6,2607E+03
MODAL	Mode	7,000000	0,035675	2,8031E+01	1,7612E+02	3,1019E+04
MODAL	Mode	8,000000	0,032229	3,1028E+01	1,9496E+02	3,8008E+04
MODAL	Mode	9,000000	0,029728	3,3639E+01	2,1136E+02	4,4672E+04
MODAL	Mode	10,000000	0,025507	3,9205E+01	2,4633E+02	6,0679E+04
MODAL	Mode	11,000000	0,025438	3,9311E+01	2,4700E+02	6,1009E+04
MODAL	Mode	12,000000	0,025400	3,9370E+01	2,4737E+02	6,1190E+04

Analysis Model



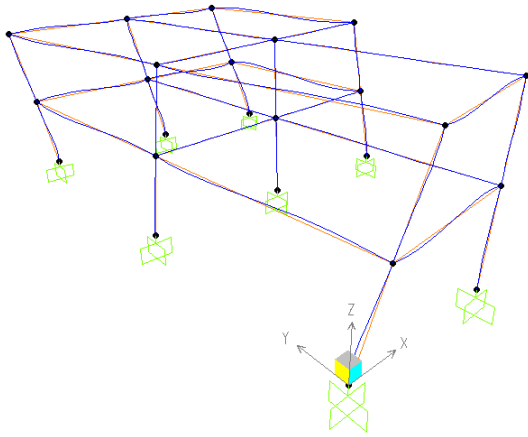
Σχήμα 5.4.1.12 Ιδιομορφή T1=0,307182 sec

Analysis Model



Σχήμα 5.4.1.13 Ιδιομορφή T2= 0,277461 sec

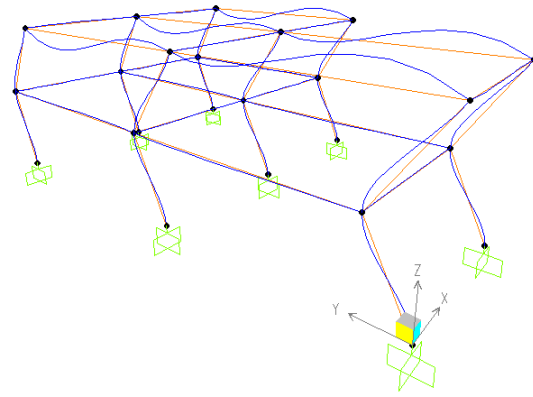
Analysis Model



**Σχήμα 5.4.1.14** Ιδιομορφή T3=0,262010 sec

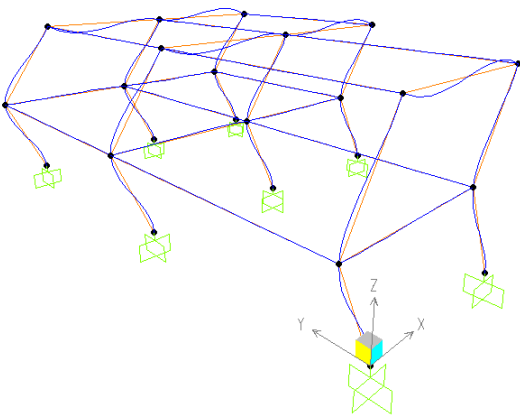
Analysis Model

Analysis Model

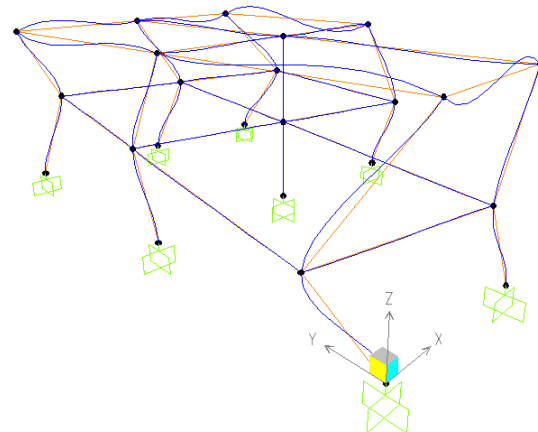


**Σχήμα 5.4.1.15** Ιδιομορφή T4=0,088571 sec

Analysis Model



**Σχήμα 5.4.1.16** Ιδιομορφή T5=0,085365 sec



**Σχήμα 5.4.1.17** Ιδιομορφή T6=0,079409 sec

**ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ MAPLE- SAP2000**

<b>ΙΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ Rad/Sec</b>	<b>MAPLE</b>	<b>SAP2000</b>	<b>ΔΙΑΦΟΡΑ %</b>
$\omega_1$	20,47	20,45	0,10
$\omega_2$	22,73	22,64	0,40
$\omega_3$	31,52	23,98	23,92
$\omega_4$	70,99	70,94	0,07
$\omega_5$	73,60	73,60	0,00
$\omega_6$	103,22	79,12	23,35

### ΑΠΛΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ

$$\text{Φασματική επιτάχυνση σχεδιασμού : } \Phi_d(T) = \frac{\gamma_i \cdot A \cdot \eta \cdot \theta \cdot \beta_0}{q} = 1.714m / \text{sec}^2$$

$$\text{Τέμνουσα βάσης : } V_0 = M \cdot \Phi_d(T) = 154.28\text{ton} \cdot 1.714m / \text{sec}^2 = 264.17\text{KN}$$

$$\text{Δύναμη που ασκείται στον 2<sup>ο</sup> όροφο : } F_2 = V_0 \cdot \frac{m_2 \cdot z_2}{m_1 \cdot z_1 + m_2 \cdot z_2} = 176.11\text{KN}$$

$$\text{Δύναμη που ασκείται στον 1<sup>ο</sup> όροφο : } F_1 = V_0 \cdot \frac{m_1 \cdot z_1}{m_1 \cdot z_1 + m_2 \cdot z_2} = 88.06\text{KN}$$

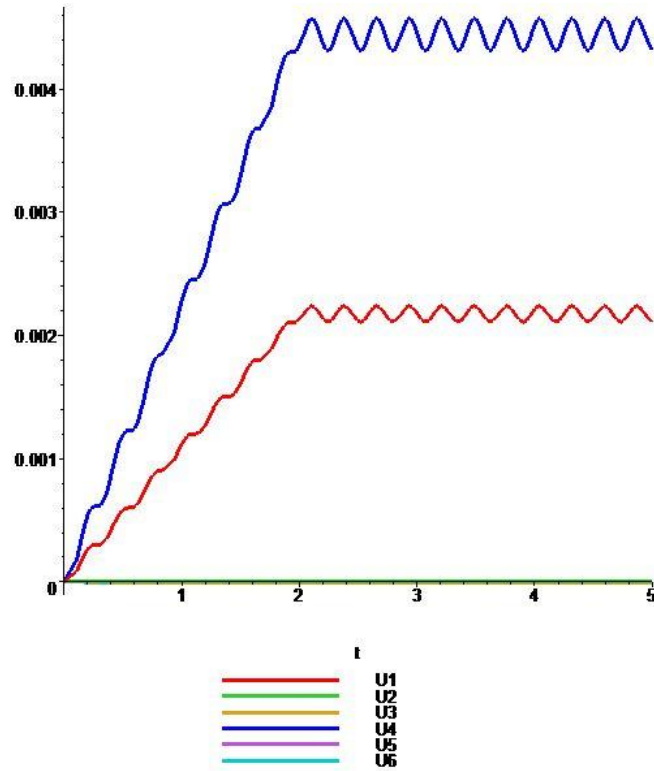
### ΜΗΤΡΩΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ +X

$$P = \begin{bmatrix} 88.06 \\ 0.00 \\ 0.00 \\ 176.11 \\ 0.00 \\ 0.00 \end{bmatrix}$$

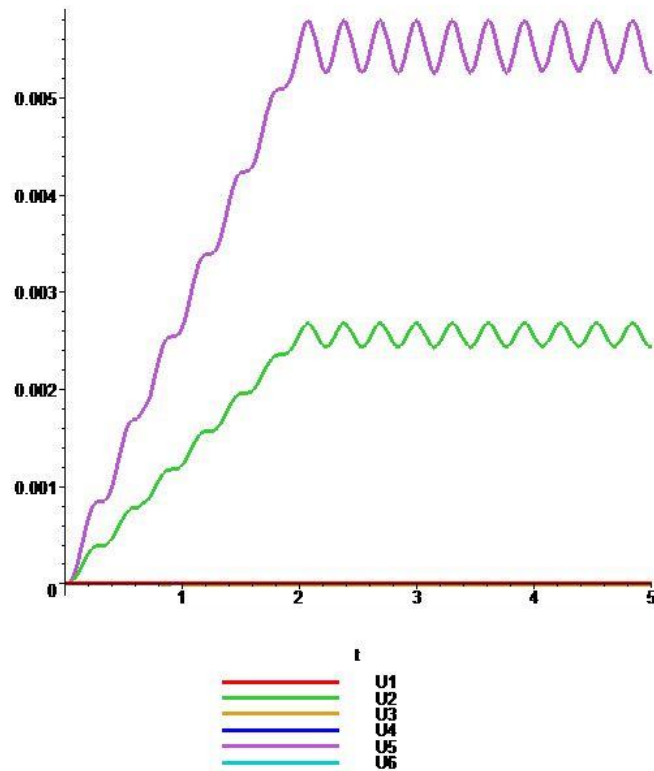
### ΜΗΤΡΩΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ +Y

$$P = \begin{bmatrix} 0.00 \\ 88.06 \\ 0.00 \\ 0.00 \\ 176.11 \\ 0.00 \end{bmatrix}$$

<b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ</b>		
<b>A/A</b>	<b>ΜΗ ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΟ ΔΙΩΡΟΦΟ 1</b>	
	<b>U<sub>max</sub> (X) mm</b>	<b>U<sub>max</sub> (Y) mm</b>
1	2,238	0,001
2	0,001	2,667
3	0,007	0,003
4	4,571	0,001
5	0,001	5,798
6	0,001	0,004

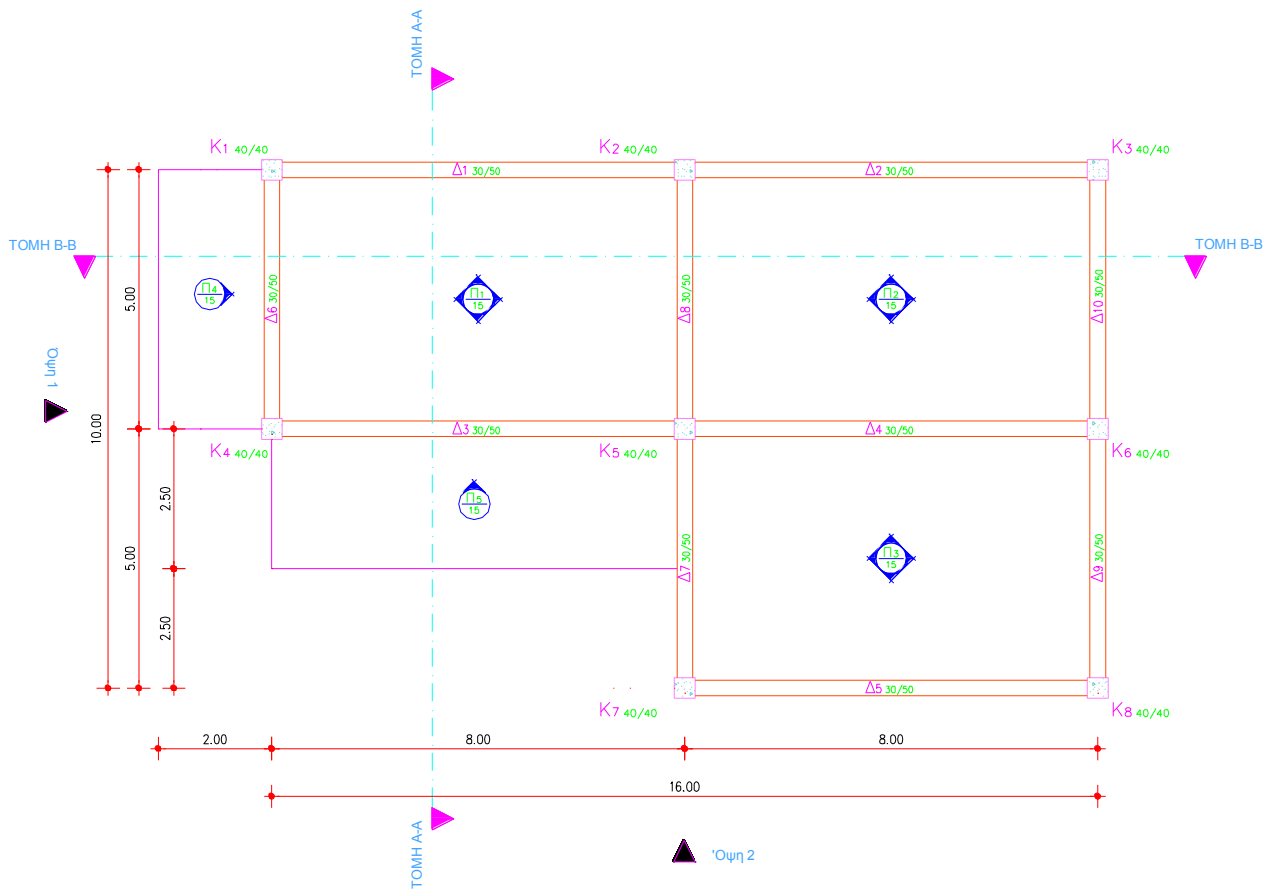


Σχήμα 5.5.1.16 Χρονική εξέλιξη μετατοπίσεων του μη συμμετρικού διώροφου I για φόρτιση κατά X

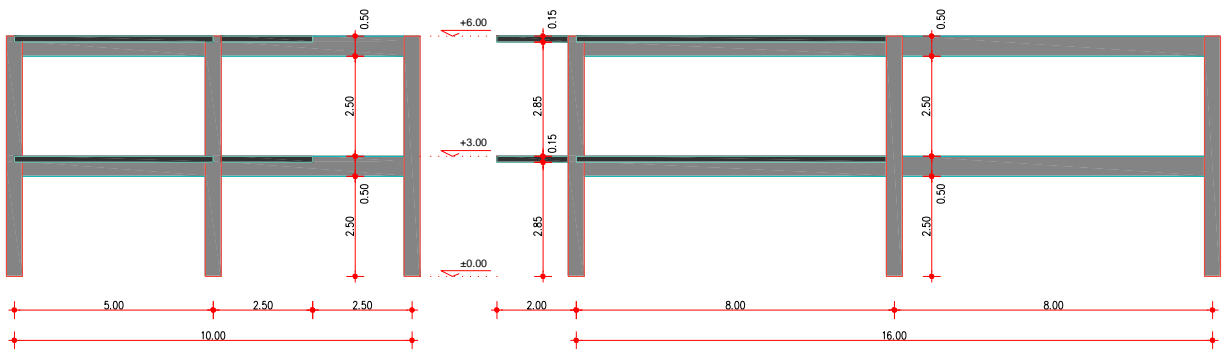


Σχήμα 5.5.1.17 Χρονική εξέλιξη μετατοπίσεων του μη συμμετρικού διώροφου I για φόρτιση κατά Y

### 5.5.2 ΔΙΩΡΟΦΟ ΚΤΙΡΙΟ 2

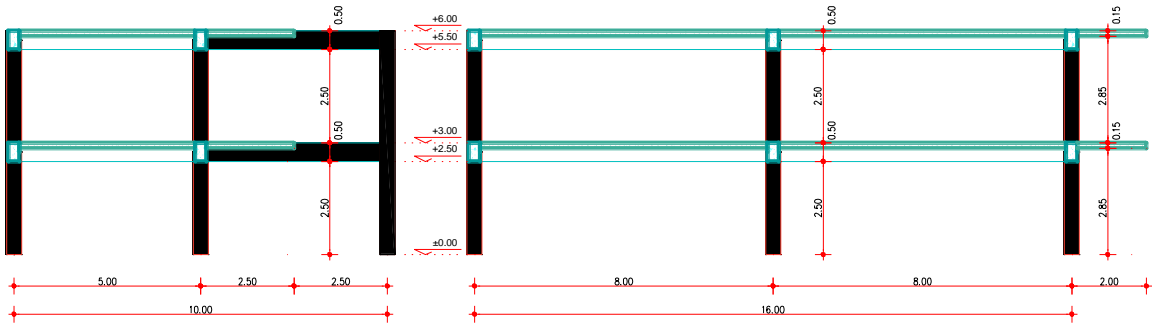


Σχήμα 5.5.2.1 Κάτοψη τυπικού ορόφου δώροφου 2



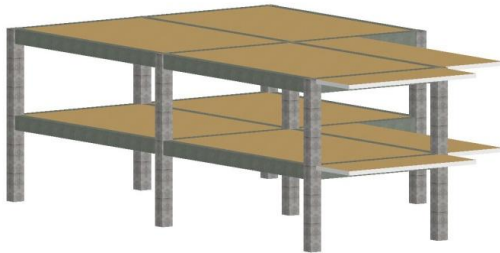
Σχήμα 5.5.2.2 Όψη 1 δώροφου 2

Σχήμα 5.5.2.3 Όψη 2 δώροφου 2



**Σχήμα 5.5.2.4** Τομή Α-Α δώροφου 2

**Σχήμα 5.5.2.5** Τομή Β-Β δώροφου 2



**Σχήμα 5.5.2.6** Αξονομετρικό 1 δώροφου 2

**Σχήμα 5.5.2.7** Αξονομετρικό 2 δώροφου 2



**Σχήμα 5.5.2.8** Αξονομετρικό 3 δώροφου 2

**Σχήμα 5.5.2.9** Αξονομετρικό 4 δώροφου 2

**ΟΛΙΚΟ ΜΗΤΡΩΟ ΑΚΑΜΨΙΑΣ**

$$K_{\text{ΟΛ}} = \sum_{i=1}^{11} T_i \cdot (R_i)^T \cdot K^i \cdot R^i \cdot T_i^T =$$

$$\begin{bmatrix} 345703.23 & 0 & -366082.95 & -149339.69 & 0 & 163738.71 \\ 0 & 326597.25 & 2032.61 & 0 & -135201.05 & 3121.25 \\ -366082.95 & 2032.61 & 18867445.53 & 163738.71 & 3121.25 & -8085076.81 \\ -149339.69 & 0 & 163738.71 & 112752.58 & 0 & -133035.92 \\ 0 & -135201.05 & 3121.25 & 0 & 94410.01 & -7933.55 \\ 163738.71 & 3121.25 & -8085076.81 & -133035.92 & -7933.55 & 6056753.07 \end{bmatrix}$$

**ΜΗΤΡΩΟ ΜΑΖΑΣ**

$$M_{\text{ΟΛ}} = \begin{bmatrix} 97.706 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 97.706 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 3181.795 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 97.706 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 97.706 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 3181.795 \end{bmatrix}$$

**ΙΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΙΔΙΟΜΟΡΦΕΣ**

$$\omega_1^2 = 330.37 \text{rad}^2 / \text{sec}^2 \rightarrow \omega_1 = 118.18 \text{rad} / \text{sec} \rightarrow T_1 = 0.345 \text{sec}$$

$$\omega_2^2 = 381.61 \text{rad}^2 / \text{sec}^2 \rightarrow \omega_2 = 19.53 \text{rad} / \text{sec} \rightarrow T_2 = 0.322 \text{sec}$$

$$\omega_3^2 = 700.97 \text{rad}^2 / \text{sec}^2 \rightarrow \omega_3 = 26.48 \text{rad} / \text{sec} \rightarrow T_3 = 0.237 \text{sec}$$

$$\omega_4^2 = 3978.35 \text{rad}^2 / \text{sec}^2 \rightarrow \omega_4 = 63.07 \text{rad} / \text{sec} \rightarrow T_4 = 0.099 \text{sec}$$

$$\omega_5^2 = 4073.18 \text{rad}^2 / \text{sec}^2 \rightarrow \omega_5 = 63.82 \text{rad} / \text{sec} \rightarrow T_5 = 0.098 \text{sec}$$

$$\omega_6^2 = 7369.98 \text{rad}^2 / \text{sec}^2 \rightarrow \omega_6 = 85.85 \text{rad} / \text{sec} \rightarrow T_6 = 0.073 \text{sec}$$

$$\Phi = \begin{bmatrix} 1.0000 & 1.00000 & 0.0091 & -0.5102 & 0.4858 & -0.0146 \\ 0.0018 & -0.0010 & 1.0000 & -0.0390 & -0.0191 & -0.4593 \\ -0.6733 & 0.0464 & 0.0009 & 0.2868 & 0.0248 & -0.0020 \\ -0.4989 & -0.4870 & -0.0045 & -1.0000 & 1.0000 & -0.0311 \\ -0.0079 & 0.0055 & -0.4594 & -0.0564 & -0.0394 & -1.0000 \\ 0.3262 & -0.0212 & 0.0002 & 0.5931 & 0.0524 & -0.0049 \end{bmatrix}$$

**ΑΠΛΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ**

**Φασματική επιτάχυνση σχεδιασμού :**  $\Phi_d(T) = \frac{\gamma_i \cdot A \cdot \eta \cdot \theta \cdot \beta_0}{q} = 1.714m / sec^2$

**Τέμνουσα βάσης :**  $V_0 = M \cdot \Phi_d(T) = 195.42ton \cdot 1.714m / sec^2 = 334.95KN$

**Δύναμη που ασκείται στον 2<sup>ο</sup> όροφο :**  $F_2 = V_0 \cdot \frac{m_2 \cdot z_2}{m_1 \cdot z_1 + m_2 \cdot z_2} = 223.30KN$

**Δύναμη που ασκείται στον 1<sup>ο</sup> όροφο :**  $F_1 = V_0 \cdot \frac{m_1 \cdot z_1}{m_1 \cdot z_1 + m_2 \cdot z_2} = 111.65KN$

**ΜΗΤΡΩΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ +X**

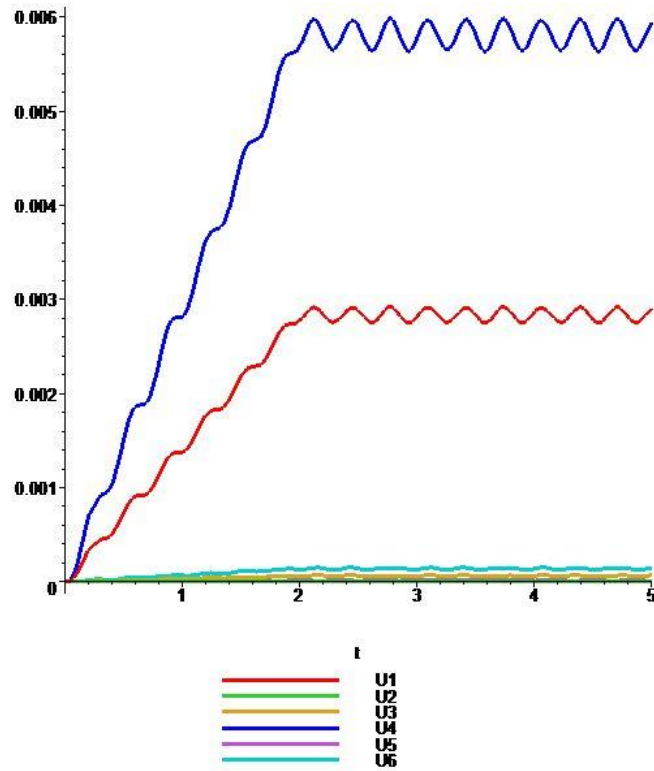
$$P = \begin{bmatrix} 111.65 \\ 0.00 \\ 0.00 \\ 223.30 \\ 0.00 \\ 0.00 \end{bmatrix}$$

**ΜΗΤΡΩΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ +Y**

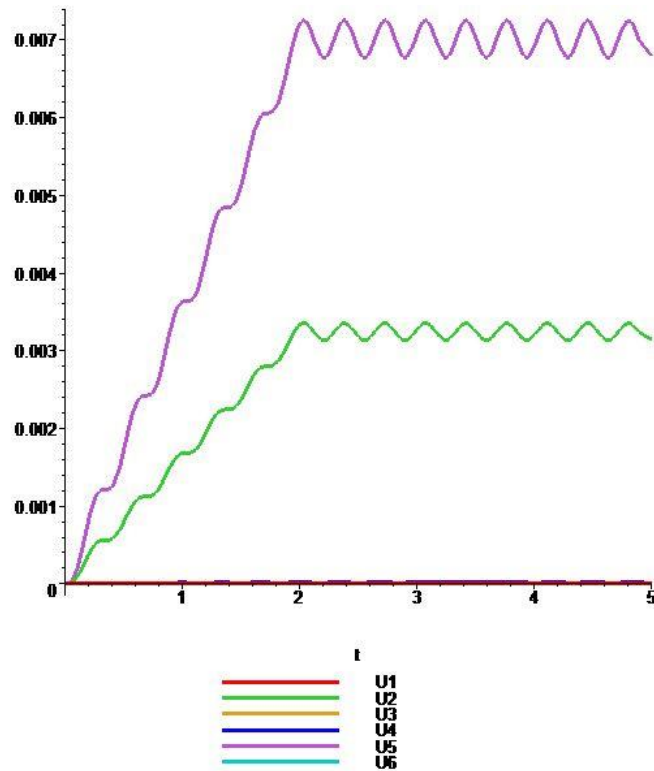
$$P = \begin{bmatrix} 0.00 \\ 111.65 \\ 0.00 \\ 0.00 \\ 223.30 \\ 0.00 \end{bmatrix}$$

<b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ</b>		
<b>A/A</b>	<b>ΜΗ ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΟ ΔΥΩΡΟΦΟ 2</b>	
	<b>U<sub>max</sub> (X) mm</b>	<b>U<sub>max</sub> (Y) mm</b>
1	2,915	0,011
2	0,074	3,355
3	0,053	0,048
4	5,971	0,029
5	0,165	7,253
6	0,117	0,015



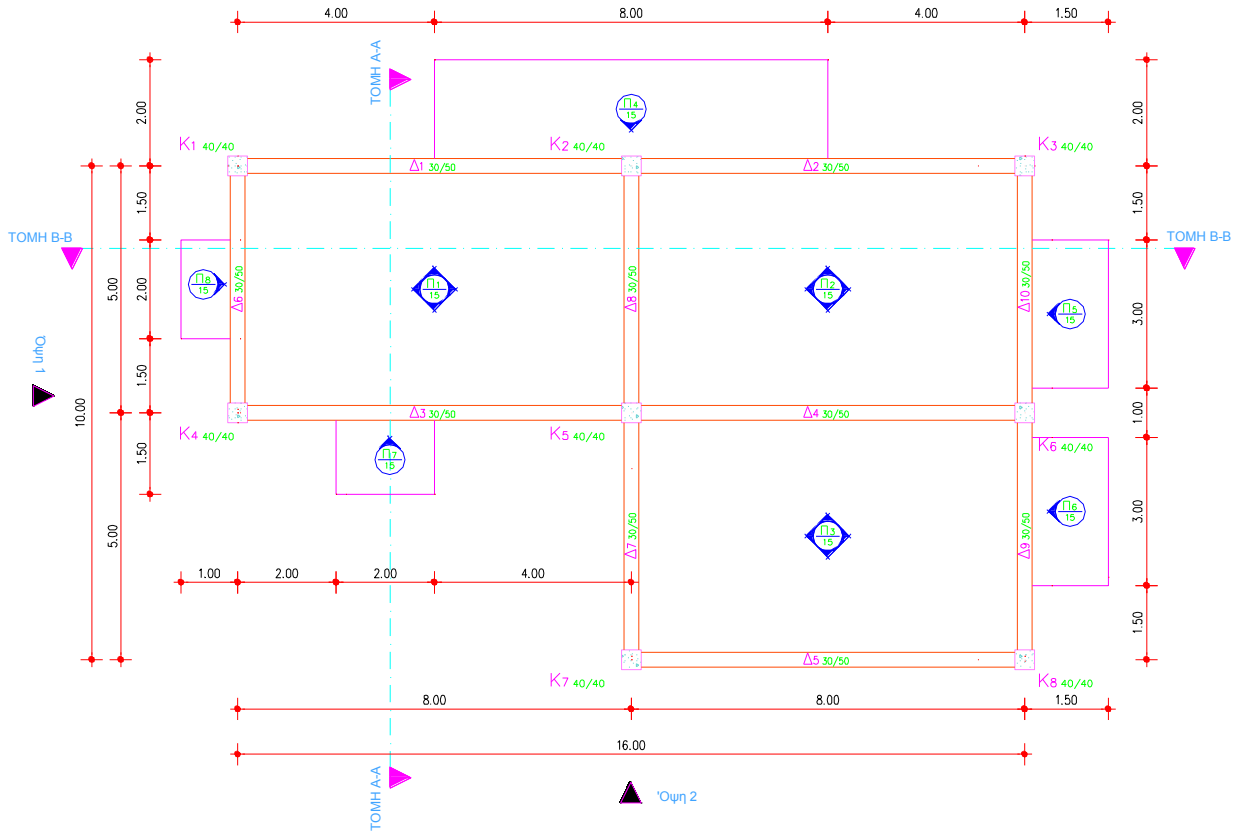


Σχήμα 5.5.2.10 Χρονική εξέλιξη μετατοπίσεων του μη συμμετρικου διώροφου 2 για φόρτιση κατά X

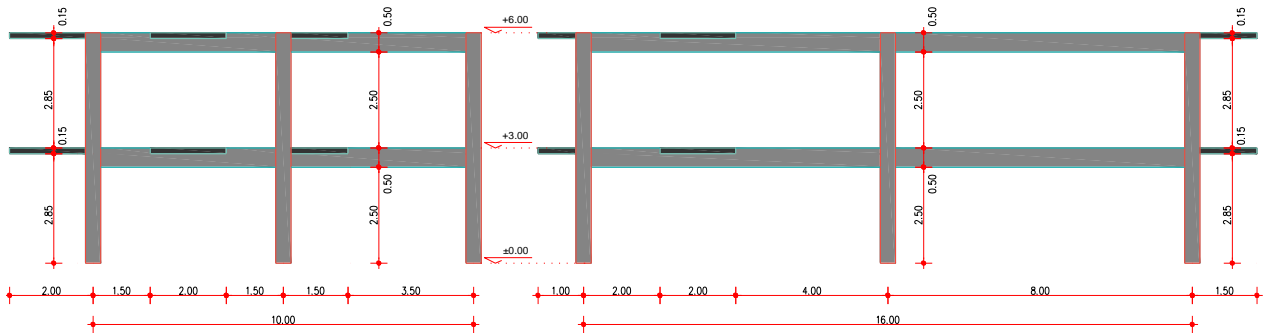


Σχήμα 5.5.2.11 Χρονική εξέλιξη μετατοπίσεων του μη συμμετρικού διώροφου 2 για φόρτιση κατά Y

### 5.5.3 ΔΙΩΡΟΦΟ ΚΤΙΡΙΟ 3

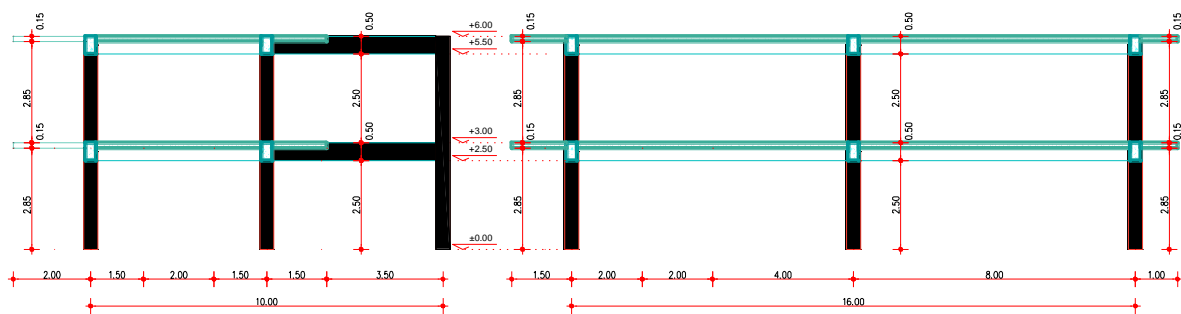


Σχήμα 5.5.3.1 Κάτοψη τυπικού ορόφου δώροφου 3



Σχήμα 5.5.3.2 Όψη 1 δώροφου 3

Σχήμα 5.5.3.3 Όψη 2 δώροφου 3



**Σχήμα 5.5.3.4** Τομή Α-Α δώροφου 3

**Σχήμα 5.5.3.5** Τομή Β-Β δώροφου 3



**Σχήμα 5.5.3.6** Αξονομετρικό 1 δώροφου 3



**Σχήμα 5.5.3.7** Αξονομετρικό 2 δώροφου 3



**Σχήμα 5.5.3.8** Αξονομετρικό 3 δώροφου 3



**Σχήμα 5.5.3.9** Αξονομετρικό 4 δώροφου 3

**ΟΛΙΚΟ ΜΗΤΡΩΟ ΑΚΑΜΨΙΑΣ**

$$K_{O\Lambda} = \sum_{i=1}^{11} T_i \cdot (R_i)^T \cdot K^i \cdot R^i \cdot T_i^T =$$

$$\begin{bmatrix} 345703.23 & 0 & 116091.40 & -149339.69 & 0 & -44523.62 \\ 0 & 326597.25 & 217042.47 & 0 & -135201.05 & -85886.11 \\ 116091.40 & 217042.47 & 18625333.71 & -44523.62 & -85866.11 & -7956411.93 \\ -149339.69 & 0 & -44523.62 & 112752.58 & 0 & 24151.11 \\ 0 & -135201.05 & -85886.11 & 0 & 94410.01 & 54219.71 \\ -44523.62 & -85886.11 & 7956411.93 & 24151.11 & 54219.71 & 5921591.31 \end{bmatrix}$$

**ΜΗΤΡΩΟ ΜΑΖΑΣ**

$$M_{O\Lambda} = \begin{bmatrix} 97.706 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 97.706 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 3047.08 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 97.706 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 97.706 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 3047.08 \end{bmatrix}$$

**ΙΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΙΔΙΟΜΟΡΦΕΣ**

$$\omega_1^2 = 327.66rad^2 / sec^2 \rightarrow \omega_1 = 18.10rad / sec \rightarrow T_1 = 0.347 sec$$

$$\omega_2^2 = 407.17rad^2 / sec^2 \rightarrow \omega_2 = 20.18rad / sec \rightarrow T_2 = 0.311 sec$$

$$\omega_3^2 = 689.98rad^2 / sec^2 \rightarrow \omega_3 = 26.27rad / sec \rightarrow T_3 = 0.239 sec$$

$$\omega_4^2 = 3912.86rad^2 / sec^2 \rightarrow \omega_4 = 62.55rad / sec \rightarrow T_4 = 0.100 sec$$

$$\omega_5^2 = 4268.92rad^2 / sec^2 \rightarrow \omega_5 = 65.34rad / sec \rightarrow T_5 = 0.096 sec$$

$$\omega_6^2 = 7450.36rad^2 / sec^2 \rightarrow \omega_6 = 86.32rad / sec \rightarrow T_6 = 0.073 sec$$

$$\Phi = \begin{bmatrix} 0.4367 & -1.0000 & -0.0913 & -0.4889 & -0.0950 & -0.0072 \\ 0.7576 & 0.1029 & -1.0000 & 0.0078 & -0.1986 & -0.4602 \\ 1.0000 & 0.0111 & 0.0245 & 0.0040 & -0.4816 & 0.0080 \\ -0.1973 & 0.4886 & 0.0454 & -1.0000 & -0.2534 & -0.0137 \\ -0.3384 & -0.0471 & 0.4598 & 0.0183 & -0.5187 & -1.0000 \\ -0.4806 & -0.0061 & -0.0132 & 0.0073 & -1.0000 & 0.0159 \end{bmatrix}$$

### ΑΠΛΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ

$$\text{Φασματική επιτάχυνση σχεδιασμού : } \Phi_d(T) = \frac{\gamma_i \cdot A \cdot \eta \cdot \theta \cdot \beta_0}{q} = 1.714m / \text{sec}^2$$

$$\text{Τέμνουσα βάσης : } V_0 = M \cdot \Phi_d(T) = 195.42\text{ton} \cdot 1.714m / \text{sec}^2 = 334.95\text{KN}$$

$$\text{Δύναμη που ασκείται στον 2<sup>ο</sup> όροφο : } F_2 = V_0 \cdot \frac{m_2 \cdot z_2}{m_1 \cdot z_1 + m_2 \cdot z_2} = 223.30\text{KN}$$

$$\text{Δύναμη που ασκείται στον 1<sup>ο</sup> όροφο : } F_1 = V_0 \cdot \frac{m_1 \cdot z_1}{m_1 \cdot z_1 + m_2 \cdot z_2} = 111.65\text{KN}$$

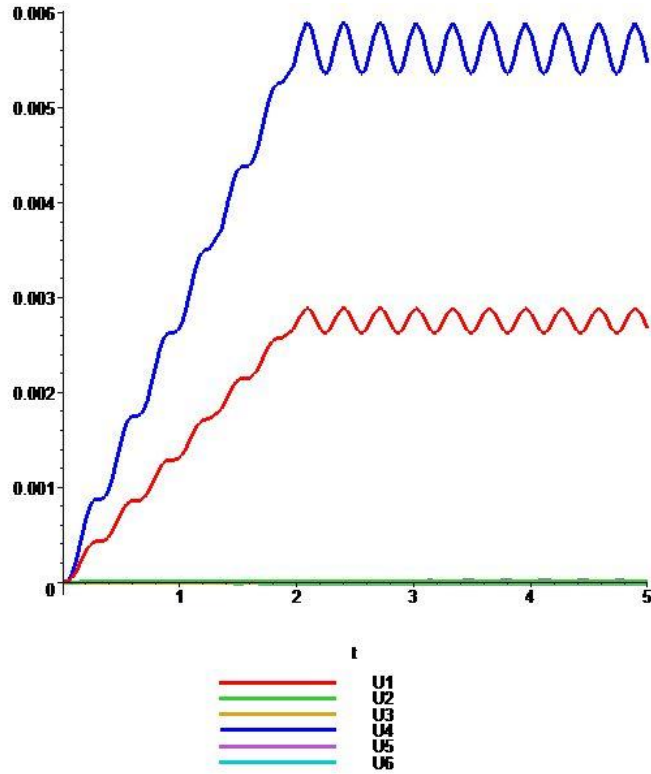
### ΜΗΤΡΩΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ +X

$$P = \begin{bmatrix} 111.65 \\ 0.00 \\ 0.00 \\ 223.30 \\ 0.00 \\ 0.00 \end{bmatrix}$$

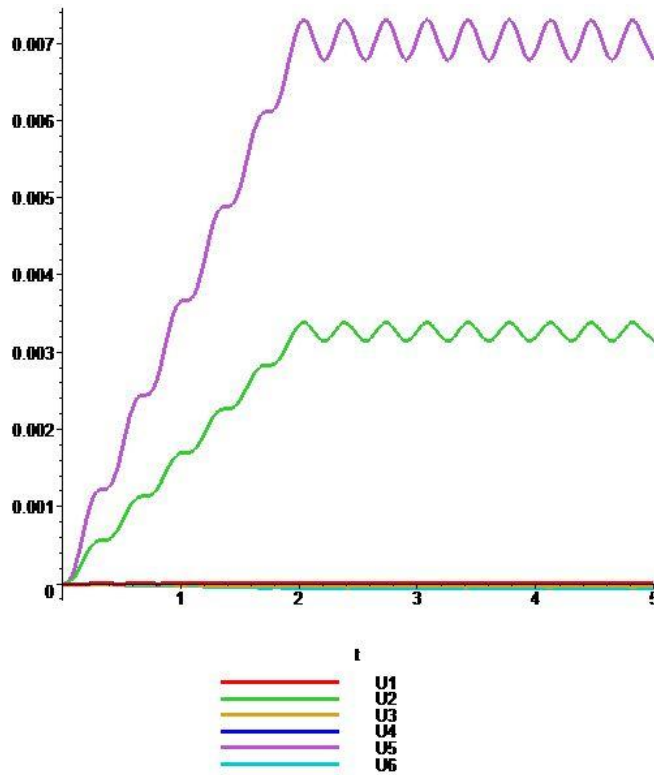
### ΜΗΤΡΩΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ +Y

$$P = \begin{bmatrix} 0.00 \\ 111.65 \\ 0.00 \\ 0.00 \\ 223.30 \\ 0.00 \end{bmatrix}$$

<b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ</b>		
<b>A/A</b>	<b>ΜΗ ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΟ ΔΙΩΡΟΦΟ 3</b>	
	<b>U<sub>max</sub> (X) mm</b>	<b>U<sub>max</sub> (Y) mm</b>
1	2,889	0,011
2	0,011	3,384
3	0,009	0,033
4	5,902	0,018
5	0,018	7,305
6	0,019	0,063

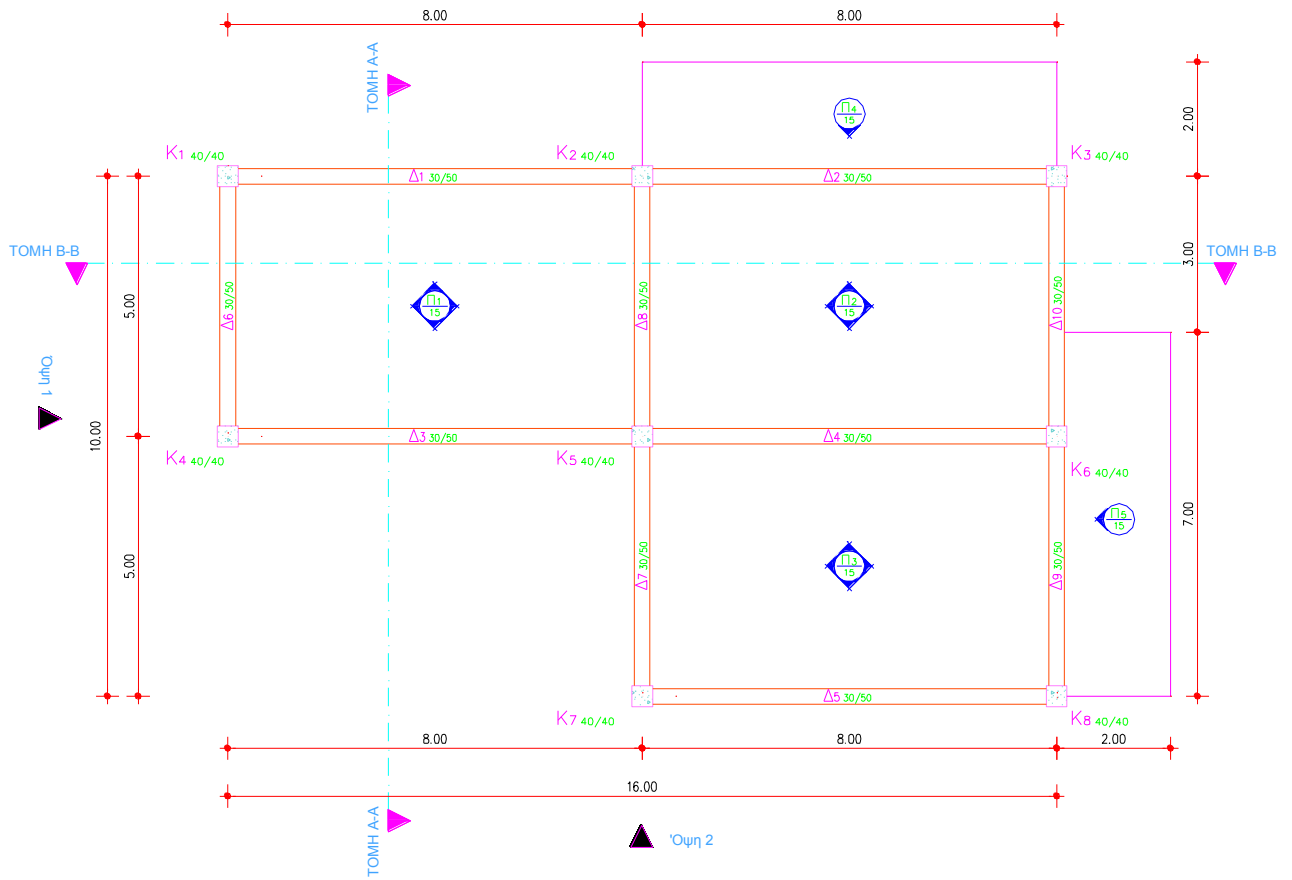


Σχήμα 5.5.3.10 Χρονική εξέλιξη μετατοπίσεων του μη συμμετρικού διώροφου 3 για φόρτιση κατά X

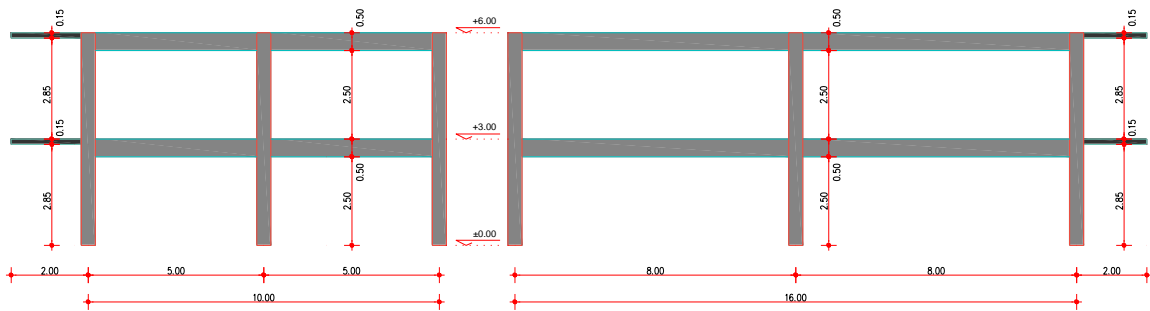


Σχήμα 5.5.3.11 Χρονική εξέλιξη μετατοπίσεων του μη συμμετρικού διώροφου 3 για φόρτιση κατά Y

### 5.5.4 ΔΙΩΡΟΦΟ ΚΤΙΡΙΟ 4

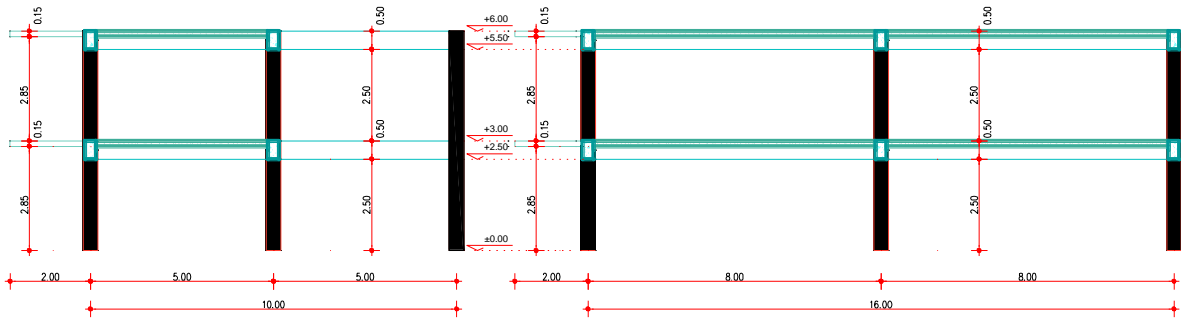


Σχήμα 5.5.4.1 Κάτοψη τυπικού ορόφου διώροφου 4



Σχήμα 5.5.4.2 Όψη 1 διώροφου 4

Σχήμα 5.5.4.3 Όψη 2 διώροφου 4



Σχήμα 5.5.4.4 Τομή Α-Α δώροφου 4

Σχήμα 5.5.4.5 Τομή Β-Β δώροφου 4



Σχήμα 5.5.4.6 Αξονομετρικό 1 δώροφου 4



Σχήμα 5.5.4.7 Αξονομετρικό 2 δώροφου 4



Σχήμα 5.5.4.8 Αξονομετρικό 3 δώροφου 4



Σχήμα 5.5.4.9 Αξονομετρικό 4 δώροφου 4



**ΟΛΙΚΟ ΜΗΤΡΩΟ ΑΚΑΜΨΙΑΣ**

$$K_{O\Lambda} = \sum_{i=1}^{11} T_i \cdot (R_i)^T \cdot K^i \cdot R^i \cdot T_i^T =$$

$$\begin{bmatrix} 345703.23 & 0 & 446237.98 & -149339.69 & 0 & -187143.01 \\ 0 & 326597.25 & 165331.24 & 0 & -135201.05 & -64479.28 \\ 446237.98 & 165331.24 & 19101819.16 & -187143.01 & -64479.28 & -8153845.71 \\ -149339.69 & 0 & -187143.01 & 112752.58 & 0 & 131829.83 \\ 0 & -135201.05 & -64479.28 & 0 & 94410.01 & 39271.45 \\ -187143.01 & -64479.28 & 8153845.71 & 131829.83 & 39271.45 & 6055750.34 \end{bmatrix}$$

**ΜΗΤΡΩΟ ΜΑΖΑΣ**

$$M_{O\Lambda} = \begin{bmatrix} 97.706 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 97.706 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 3070.68 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 97.706 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 97.706 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 3070.68 \end{bmatrix}$$

**ΙΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΙΔΙΟΜΟΡΦΕΣ**

$$\omega_1^2 = 328.73rad^2 / sec^2 \rightarrow \omega_1 = 18.13rad / sec \rightarrow T_1 = 0.346 sec$$

$$\omega_2^2 = 386.72rad^2 / sec^2 \rightarrow \omega_2 = 19.66rad / sec \rightarrow T_2 = 0.319 sec$$

$$\omega_3^2 = 718.54rad^2 / sec^2 \rightarrow \omega_3 = 26.81rad / sec \rightarrow T_3 = 0.234 sec$$

$$\omega_4^2 = 3881.21rad^2 / sec^2 \rightarrow \omega_4 = 62.30rad / sec \rightarrow T_4 = 0.101 sec$$

$$\omega_5^2 = 4079.74rad^2 / sec^2 \rightarrow \omega_5 = 63.87rad / sec \rightarrow T_5 = 0.098 sec$$

$$\omega_6^2 = 7798.98rad^2 / sec^2 \rightarrow \omega_6 = 88.31rad / sec \rightarrow T_6 = 0.071 sec$$

$$\Phi = \begin{bmatrix} 1.0000 & -1.0000 & -0.6614 & -0.4749 & -0.4898 & -0.0409 \\ 0.3361 & 0.7362 & -1.0000 & -0.0832 & 0.0469 & -0.4600 \\ 0.6434 & 0.0377 & 0.0484 & -0.3255 & 0.0225 & 0.0071 \\ -0.4782 & 0.4894 & 0.3244 & -1.0000 & -1.0000 & -0.0822 \\ -0.1484 & -0.3375 & 0.4603 & -0.2328 & 0.1060 & -1.0000 \\ -0.3087 & -0.0180 & -0.0249 & -0.6774 & 0.0457 & 0.0141 \end{bmatrix}$$

**ΑΠΛΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ**

**Φασματική επιτάχυνση σχεδιασμού :**  $\Phi_d(T) = \frac{\gamma_i \cdot A \cdot \eta \cdot \theta \cdot \beta_0}{q} = 1.714m / sec^2$

**Τέμνουσα βάσης :**  $V_0 = M \cdot \Phi_d(T) = 195.42ton \cdot 1.714m / sec^2 = 334.95KN$

**Δύναμη που ασκείται στον 2<sup>ο</sup> όροφο :**  $F_2 = V_0 \cdot \frac{m_2 \cdot z_2}{m_1 \cdot z_1 + m_2 \cdot z_2} = 223.30KN$

**Δύναμη που ασκείται στον 1<sup>ο</sup> όροφο :**  $F_1 = V_0 \cdot \frac{m_1 \cdot z_1}{m_1 \cdot z_1 + m_2 \cdot z_2} = 111.65KN$

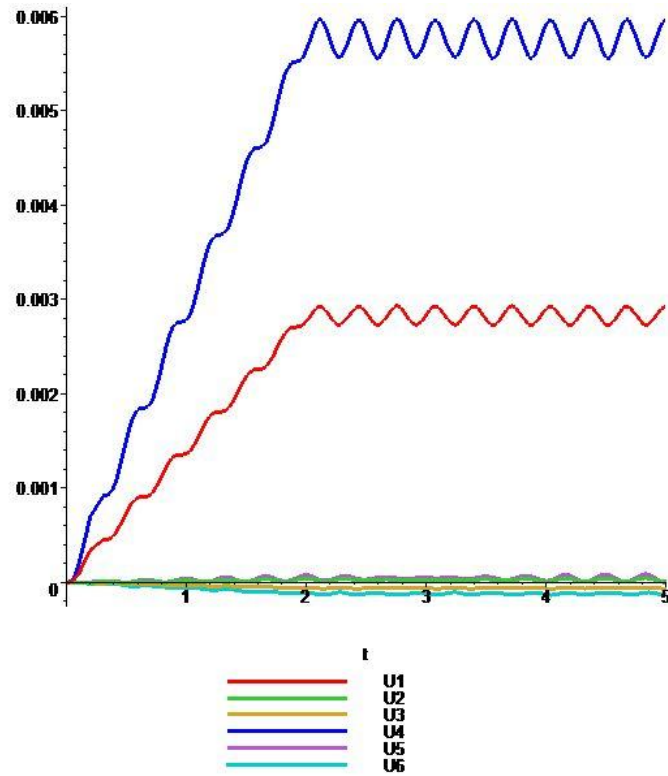
**ΜΗΤΡΩΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ +X**

$$P = \begin{bmatrix} 111.65 \\ 0.00 \\ 0.00 \\ 223.30 \\ 0.00 \\ 0.00 \end{bmatrix}$$

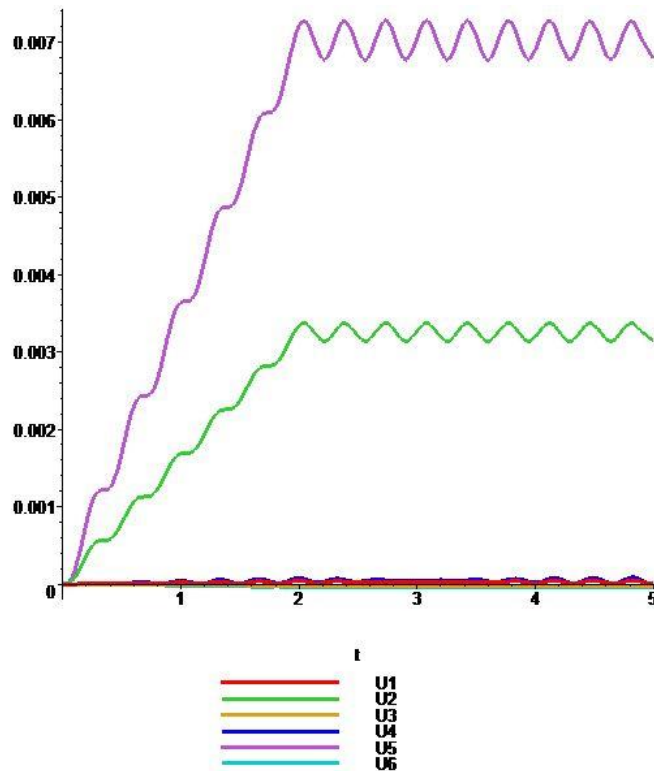
**ΜΗΤΡΩΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ +Y**

$$P = \begin{bmatrix} 0.00 \\ 111.65 \\ 0.00 \\ 0.00 \\ 223.30 \\ 0.00 \end{bmatrix}$$

<b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ</b>		
<b>A/A</b>	<b>ΜΗ ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΟ ΔΙΩΡΟΦΟ 4</b>	
	<b>Umax (X) mm</b>	<b>Umax (Y) mm</b>
1	2,930	0,047
2	0,045	3,371
3	0,067	0,024
4	5,976	0,087
5	0,088	7,278
6	0,132	0,045



Σχήμα 5.5.4.10 Χρονική εξέλιξη μετατοπίσεων του μη συμμετρικού διώροφου 4 για φόρτιση κατά X



Σχήμα 5.5.4.11 Χρονική εξέλιξη μετατοπίσεων του μη συμμετρικού διώροφου 4 για φόρτιση κατά Y

## 5.6 ΠΙΝΑΚΕΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

<b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΩΝ ΜΟΝΩΡΟΦΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ</b>						
Α/Α	ΜΟΝΩΡΟΦΟ 2		ΜΟΝΩΡΟΦΟ 3		ΜΟΝΩΡΟΦΟ 4	
	$\omega$ rad/sec (Ιδιοσυχνότητα)	T sec (Ιδιοπερίοδος)	$\omega$ rad/sec (Ιδιοσυχνότητα)	T sec (Ιδιοπερίοδος)	$\omega$ rad/sec (Ιδιοσυχνότητα)	T sec (Ιδιοπερίοδος)
1	30,15	0,21	28,69	0,22	29,30	0,21
2	31,40	0,20	31,40	0,20	31,30	0,20
3	39,94	0,16	40,92	0,15	42,50	0,15
ΣΥΚΡΙΣΗ %	ΜΟΝΩΡΟΦΟ 2 - ΜΟΝΩΡΟΦΟ 3		ΜΟΝΩΡΟΦΟ 2 - ΜΟΝΩΡΟΦΟ 4		ΜΟΝΩΡΟΦΟ 3 - ΜΟΝΩΡΟΦΟ 4	
	$\omega$ rad/sec (Ιδιοσυχνότητα)	T sec (Ιδιοπερίοδος)	$\omega$ rad/sec (Ιδιοσυχνότητα)	T sec (Ιδιοπερίοδος)	$\omega$ rad/sec (Ιδιοσυχνότητα)	T sec (Ιδιοπερίοδος)
1	-5,09	4,84	-2,90	2,82	2,08	-2,13
2	0,00	0,00	-0,32	0,32	-0,32	0,32
3	2,39	-2,45	6,02	-6,41	3,72	-3,86

<b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ ΜΟΝΩΡΟΦΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ</b>						
Α/Α	ΜΟΝΩΡΟΦΟ 2		ΜΟΝΩΡΟΦΟ 3		ΜΟΝΩΡΟΦΟ 4	
	U (X)max (mm)	U (Y)max (mm)	U (X)max (mm)	U (Y)max (mm)	U (X)max (mm)	U (Y)max (mm)
1	1,738	0,000	1,738	0,000	1,751	<b>0,030</b>
2	0,000	1,944	0,000	2,002	<b>0,033</b>	1,990
3	0,000	0,000	0,000	<b>0,057</b>	0,018	<b>0,045</b>
ΣΥΚΡΙΣΗ %	ΜΟΝΩΡΟΦΟ 2 - ΜΟΝΩΡΟΦΟ 3		ΜΟΝΩΡΟΦΟ 2 - ΜΟΝΩΡΟΦΟ 4		ΜΟΝΩΡΟΦΟ 3 - ΜΟΝΩΡΟΦΟ 4	
	U (x)	U (Y)	U (x)	U (Y)	U (x)	U (Y)
1	0,00	-	0,74	-	0,74	-
2	-	2,90	-	2,31	-	-0,60
3	-	-	-	-	-	-26,67

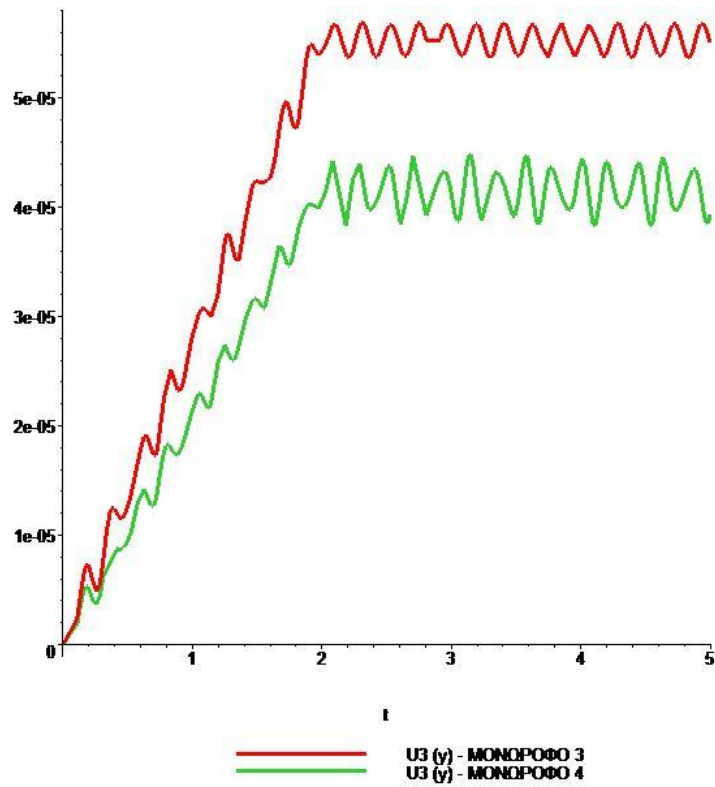
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΩΝ ΔΙΩΡΟΦΟΥ ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ</b>						
Α/Α	ΔΙΩΡΟΦΟ 2		ΔΙΩΡΟΦΟ 3		ΔΙΩΡΟΦΟ 4	
	ω rad/sec (Ιδιοσυχνότητα)	T sec (Ιδιοπερίοδος)	ω rad/sec (Ιδιοσυχνότητα)	T sec (Ιδιοπερίοδος)	ω rad/sec (Ιδιοσυχνότητα)	T sec (Ιδιοπερίοδος)
1	15,05	0,42	14,4	0,44	14,68	0,43
2	16,21	0,39	16,21	0,39	16,14	0,39
3	20,58	0,31	20,97	0,30	21,84	0,29
4	53,94	0,12	51,24	0,12	52,32	0,12
5	55,14	0,11	55,14	0,11	55,01	0,11
6	70,84	0,09	72,2	0,09	75,44	0,08
ΣΥΚΡΙΣΗ %	ΔΙΩΡΟΦΟ 2 - ΔΙΩΡΟΦΟ 3		ΔΙΩΡΟΦΟ 2 - ΔΙΩΡΟΦΟ 4		ΔΙΩΡΟΦΟ 3 - ΔΙΩΡΟΦΟ 4	
	ω rad/sec (Ιδιοσυχνότητα)	T sec (Ιδιοπερίοδος)	ω rad/sec (Ιδιοσυχνότητα)	T sec (Ιδιοπερίοδος)	ω rad/sec (Ιδιοσυχνότητα)	T sec (Ιδιοπερίοδος)
1	-4,51	4,32	-2,52	2,46	1,91	-1,94
2	0,00	0,00	-0,43	0,43	-0,43	0,43
3	1,86	-1,90	5,77	-6,12	3,98	-4,15
4	-5,27	5,01	-3,10	3,00	2,06	-2,11
5	0,00	0,00	-0,24	0,24	-0,24	0,24
6	1,88	-1,92	6,10	-6,49	4,29	-4,49

<b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ ΔΙΩΡΟΦΟΥ ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ</b>						
Α/Α	ΔΙΩΡΟΦΟ 2		ΔΙΩΡΟΦΟ 3		ΔΙΩΡΟΦΟ 4	
	U (X)max (mm)	U (Y)max (mm)	U (X)max (mm)	U (Y)max (mm)	U (X)max (mm)	U (Y)max (mm)
1	4,255	0,000	4,219	0,000	4,264	<b>0,093</b>
2	0,000	4,803	0,000	5,172	<b>0,073</b>	5,035
3	0,000	0,000	0,000	<b>0,151</b>	<b>0,045</b>	<b>0,109</b>
4	9,061	0,000	8,950	0,000	8,970	<b>0,190</b>
5	0,000	10,615	0,000	11,378	<b>0,201</b>	11,123
6	0,000	0,000	0,000	<b>0,327</b>	<b>0,097</b>	<b>0,235</b>
ΣΥΚΡΙΣΗ %	ΔΙΩΡΟΦΟ 2 - ΔΙΩΡΟΦΟ 3		ΔΙΩΡΟΦΟ 2 - ΔΙΩΡΟΦΟ 4		ΔΙΩΡΟΦΟ 3 - ΔΙΩΡΟΦΟ 4	
	U (X)	U (Y)	U (X)	U (Y)	U (X)	U (Y)
1	-0,85	-	0,21	-	1,06	-
2	-	7,13	-	4,61	-	-2,72
3	-	-	-	-	-	-38,53
4	-1,24	-	-1,01	-	0,22	-
5	-	6,71	-	4,57	-	-2,29
6	-	-	-	-	-	-39,15

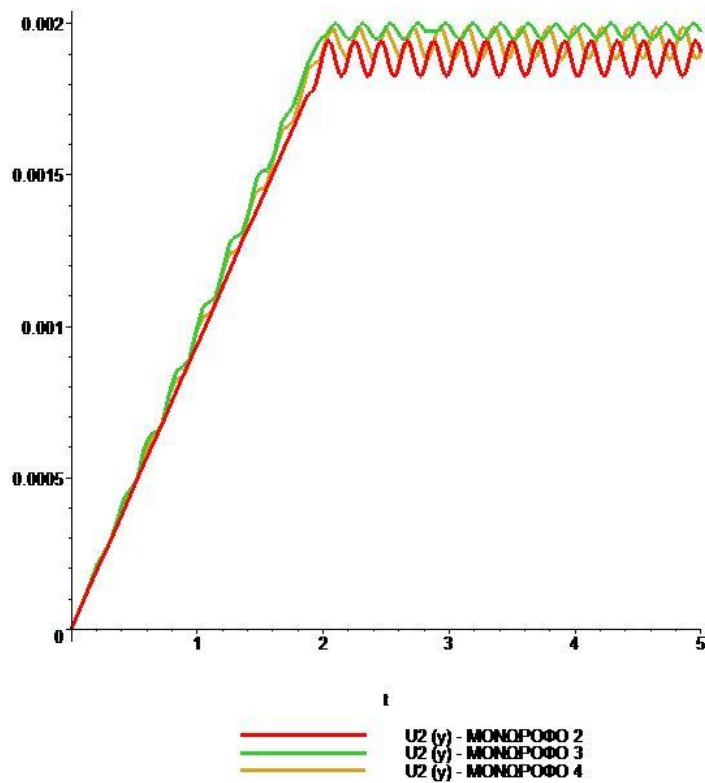
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΩΝ ΔΙΩΡΟΦΟΥ ΜΗ ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ</b>						
Α/Α	ΔΙΩΡΟΦΟ 2		ΔΙΩΡΟΦΟ 3		ΔΙΩΡΟΦΟ 4	
	$\omega$ rad/sec (Ιδιοσυχνότητα)	T sec (Ιδιοπερίοδος)	$\omega$ rad/sec (Ιδιοσυχνότητα)	T sec (Ιδιοπερίοδος)	$\omega$ rad/sec (Ιδιοσυχνότητα)	T sec (Ιδιοπερίοδος)
1	18,17	0,35	18,10	0,35	18,13	0,35
2	19,48	0,32	20,18	0,31	19,66	0,32
3	26,51	0,24	26,27	0,24	26,81	0,23
4	63,07	0,10	62,55	0,10	62,30	0,10
5	63,67	0,10	65,34	0,10	63,87	0,10
6	85,96	0,07	86,32	0,07	88,31	0,07
ΣΥΚΡΙΣΗ %	ΔΙΩΡΟΦΟ 2 - ΔΙΩΡΟΦΟ 3		ΔΙΩΡΟΦΟ 2 - ΔΙΩΡΟΦΟ 4		ΔΙΩΡΟΦΟ 3 - ΔΙΩΡΟΦΟ 4	
	$\omega$ rad/sec (Ιδιοσυχνότητα)	T sec (Ιδιοπερίοδος)	$\omega$ rad/sec (Ιδιοσυχνότητα)	T sec (Ιδιοπερίοδος)	$\omega$ rad/sec (Ιδιοσυχνότητα)	T sec (Ιδιοπερίοδος)
1	-0,39	0,39	-0,22	0,22	0,17	-0,17
2	3,47	-3,59	0,92	-0,92	-2,64	2,58
3	-0,91	0,91	1,12	-1,13	2,01	-2,06
4	-0,83	0,82	-1,24	1,22	-0,40	0,40
5	2,56	-2,62	0,31	-0,31	-2,30	2,25
6	0,42	-0,42	2,66	-2,73	2,25	-2,31

<b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ ΔΙΩΡΟΦΟΥ ΜΗ ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ</b>						
Α/Α	ΔΙΩΡΟΦΟ 2		ΔΙΩΡΟΦΟ 3		ΔΙΩΡΟΦΟ 4	
	U (X)max (mm)	U (Y)max (mm)	U (X)max (mm)	U (Y)max (mm)	U (X)max (mm)	U (Y)max (mm)
1	2,915	0,011	2,889	0,011	2,930	0,047
2	0,074	3,355	0,011	3,384	0,045	3,371
3	0,053	0,048	0,009	0,033	0,067	0,024
4	5,971	0,029	5,902	0,018	5,976	0,087
5	0,165	7,253	0,018	7,305	0,088	7,278
6	0,117	0,015	0,019	0,063	0,132	0,045
ΣΥΚΡΙΣΗ %	ΔΙΩΡΟΦΟ 2 - ΔΙΩΡΟΦΟ 3		ΔΙΩΡΟΦΟ 2 - ΔΙΩΡΟΦΟ 4		ΔΙΩΡΟΦΟ 3 - ΔΙΩΡΟΦΟ 4	
	U (x)	U (Y)	U (x)	U (Y)	U (x)	U (Y)
1	-0,90	0,00	0,51	76,50	1,40	76,50
2	-572,73	0,86	-64,08	0,47	75,61	-0,39
3	-488,89	-45,45	20,90	-100,00	86,57	-37,50
4	-1,17	-61,11	0,08	66,67	1,24	79,31
5	-816,67	0,71	-87,50	0,34	79,55	-0,37
6	-515,79	76,19	11,36	66,67	85,61	-40,00

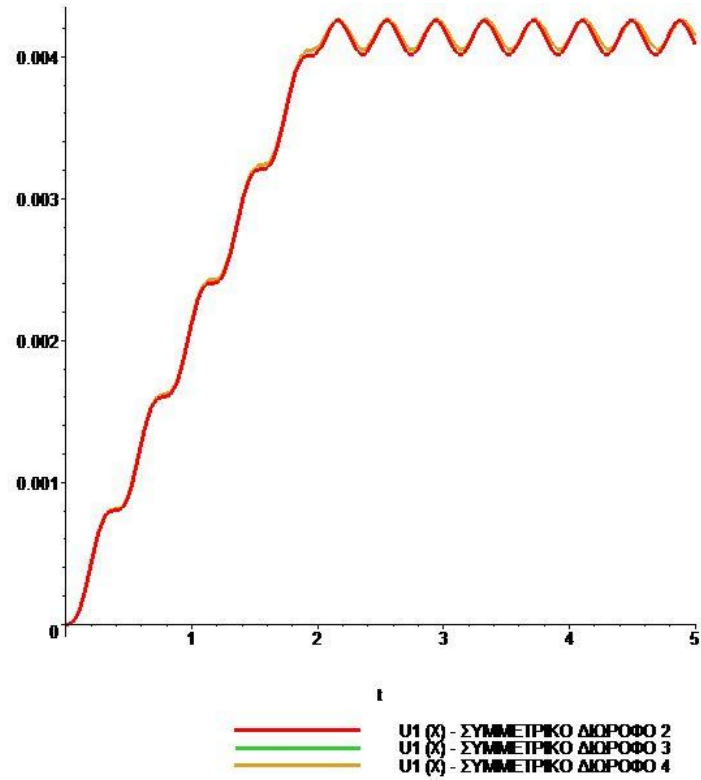
### 5.7 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ



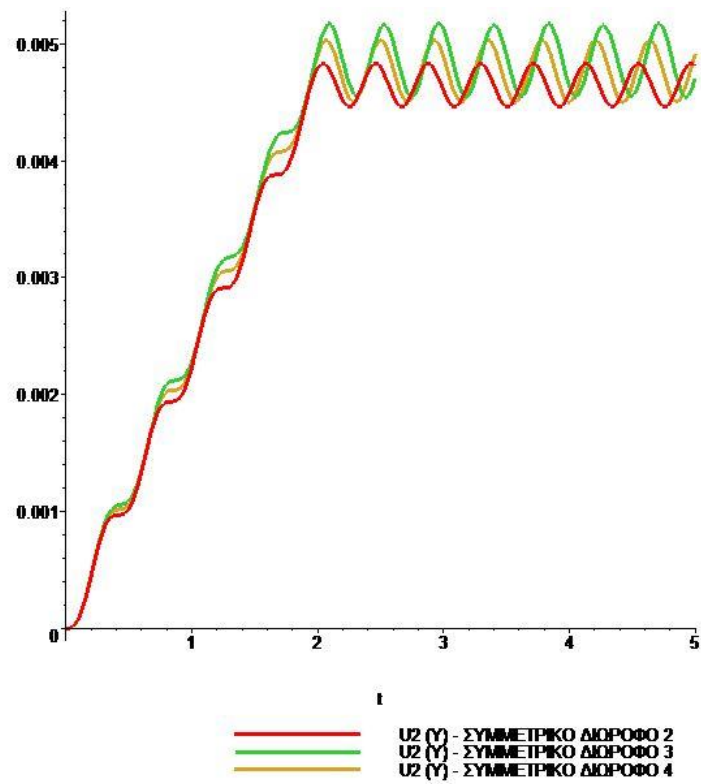
Σχήμα 5.7.1 Χρονική εξέλιξη της μετατοπίσης στο β.ε. 3 για φόρτιση κατά Υ των μονώροφων 3 και 4.



Σχήμα 5.7.2 Χρονική εξέλιξη της μετατοπίσης στο β.ε. 2 για φόρτιση κατά Υ των μονώροφων 2,3 και 4.

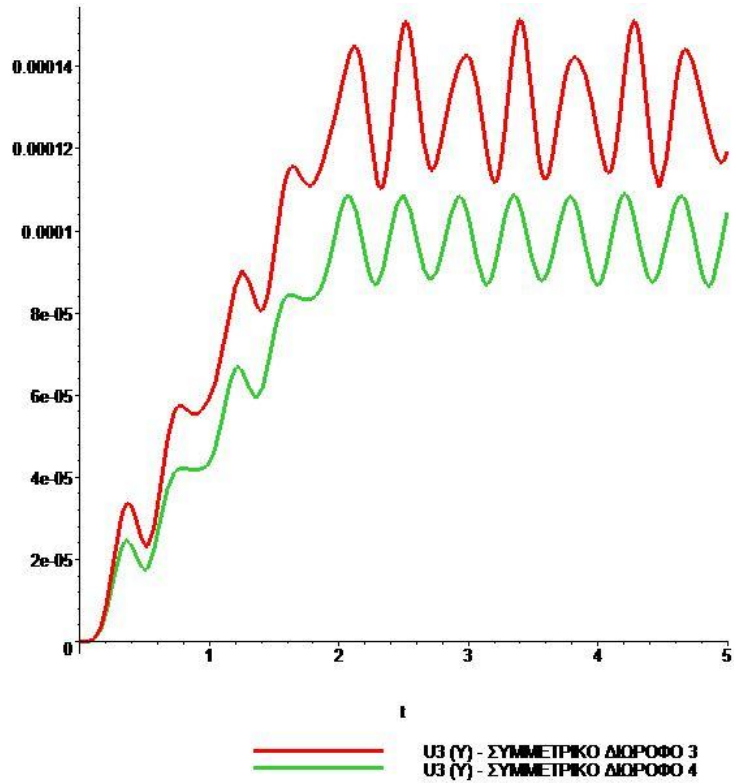


Σχήμα 5.7.3 Χρονική εξέλιξη της μετατόπισης στο β.ε.1 για φόρτιση κατά X των διωρόφων 2,3&4.

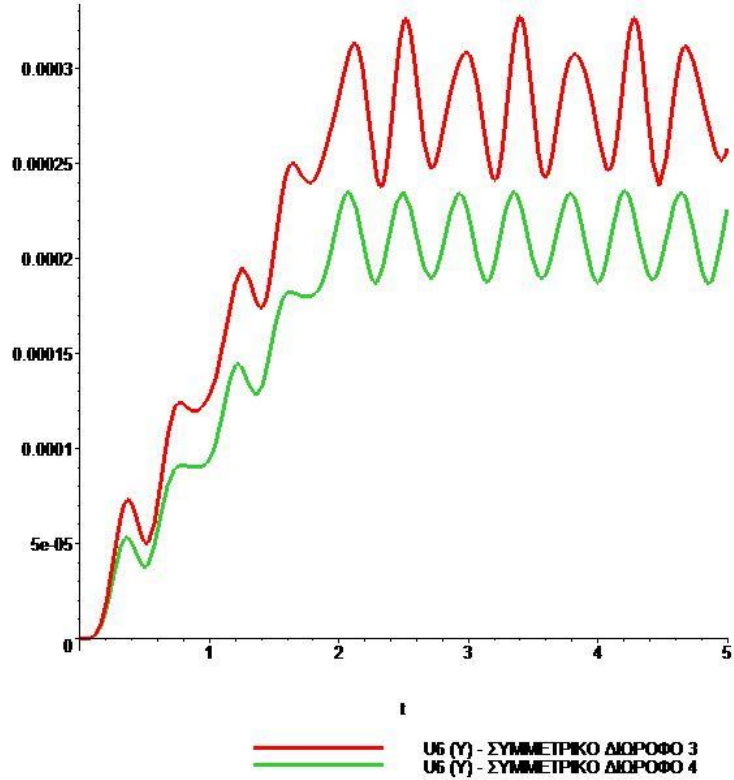


Σχήμα 5.7.4 Χρονική εξέλιξη της μετατόπισης στο β.ε. για φόρτιση κατά Y των διωρόφων 2,3&4

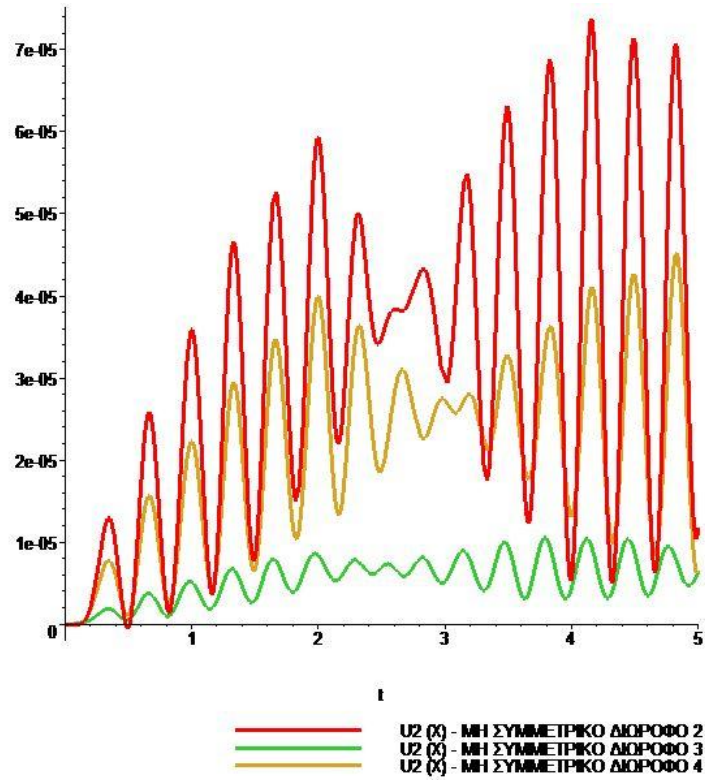




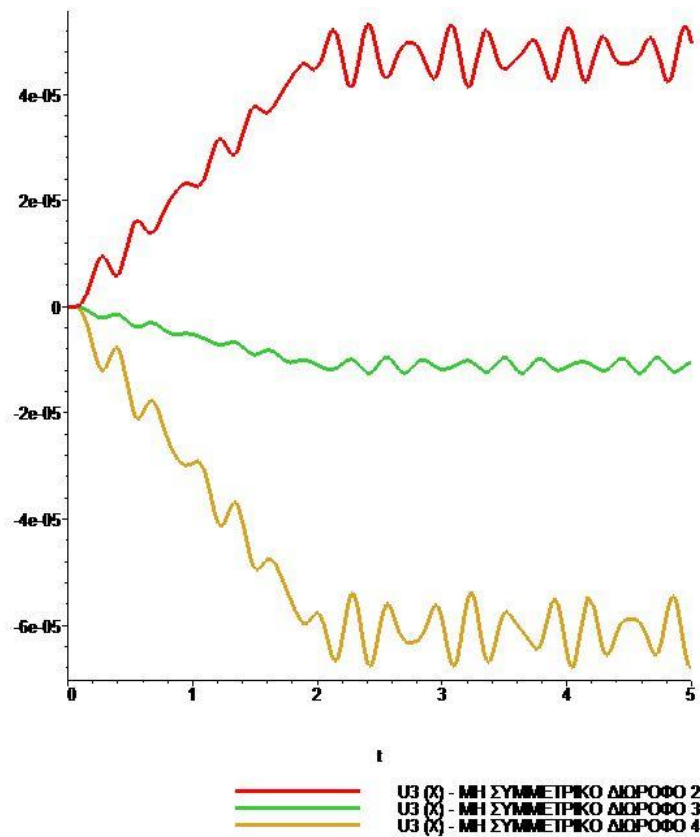
Σχήμα 5.7.5 Χρονική εξέλιξη της μετατόπισης στο β.ε. 3 για φόρτιση κατά Y των διωρόφων 3&4.



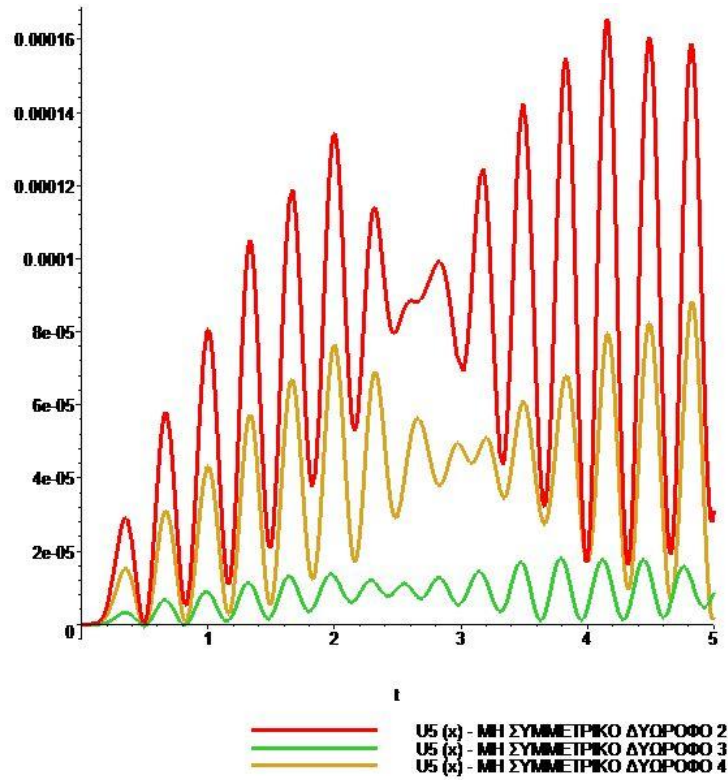
Σχήμα 5.7.6 Χρονική εξέλιξη της μετατόπισης στο β.ε. 6 για φόρτιση κατά Y των διωρόφων 3&4.



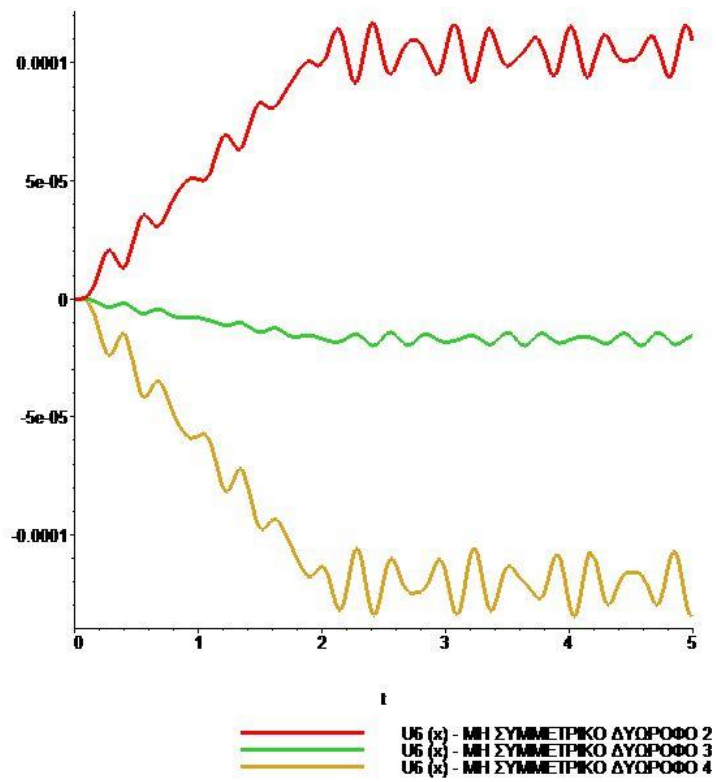
Σχήμα 5.7.7 Χρονική εξέλιξη της μετατόπισης στο β.ε. 2 για φόρτιση κατά X των μη συμμετρικών διαφράφων 2,3&4.



Σχήμα 5.7.8 Χρονική εξέλιξη της μετατόπισης στο β.ε. 3 για φόρτιση κατά X των μη συμμετρικών διαφράφων 2,3 &4.



Σχήμα 5.7.9 Χρονική εξέλιξη της μετατόπισης στο β.ε. 5 για φόρτιση κατά X των μη συμμετρικών διωρόφων 2,3&4



Σχήμα 5.7.10 Χρονική εξέλιξη της μετατόπισης στο β.ε. 6 για φόρτιση κατά X των μη συμμετρικών διωρόφων 2,3&4.

## Κεφάλαιο 6

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

#### 6.1 ΓΕΝΙΚΑ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τη δυναμική ανάλυση των κτιρίων μεταβάλλοντας τη θέση και τη γεωμετρική διάταξη των εξωστών.

#### 6.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Στη σύγκριση που πραγματοποιήθηκε μεταξύ της μεθόδου του πολυωρόφου κτιρίου και του προγράμματος πεπερασμένων στοιχείων SAP 2000 διαπιστώνουμε **ταύτιση αποτελεσμάτων** για τις **ιδιοσυχνότητες των μεταφορικών βαθμών ελευθερίας**. Η διαφορά που προκύπτει στις ιδιοσυχνότητες των στροφικών βαθμών ελευθερίας, οφείλεται στο γεγονός ότι στο SAP 2000 το φορτίο των πλακών κατανεμήθηκε γραμμικά στις δοκούς και επιλύθηκε το πλαισιακό μόνο προσομοίωμα με διαφραγματική λειτουργία χωρίς την ύπαρξη της πλάκας. Στην περίπτωση κατά την οποία στην προσομοίωση τοποθετούσαμε πλάκα το πρόγραμμα SAP λαμβάνει υπόψη το συνεργαζόμενο πλάτος στις δοκούς συνεπώς τα αριθμητικά αποτελέσματα θα παρουσίαζαν διαφορές εφόσον στο μοντέλο του πολυωρόφου κτιρίου οι διατομές των δοκών είναι ορθογωνικές.
- Παρατηρούμε ότι η θέση και η γεωμετρική διάταξη των εξωστών προκαλεί **μικρές διαφορές στις ιδιοσυχνότητες** των μεταφορικών και στροφικών βαθμών ελευθερίας. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι στα μονώροφα η μεγαλύτερη διαφορά (6.02%) παρουσιάζεται στην 3<sup>η</sup> ιδιοσυχνότητα (στροφικό βαθμός ελευθερίας) μεταξύ των κτιρίων 2 και 4. Στα δώροφα συμμετρικά η μεγαλύτερη διαφορά (6.10%) παρουσιάζεται στην 6<sup>η</sup> ιδιοσυχνότητα (στροφικό βαθμός ελευθερίας) μεταξύ των κτιρίων 2 και 4, ενώ στα δώροφα μη συμμετρικά η μεγαλύτερη διαφορά (3.47%) παρουσιάζεται στην 2<sup>η</sup> ιδιοσυχνότητα (μεταφορικός βαθμός ελευθερίας) μεταξύ των κτιρίων 2 και 3.
- Όσον αφορά στις **μέγιστες μετακινήσεις** παρατηρούμε **σημαντικές διαφορές**. Συγκεκριμένα στα μονώροφα η μεγαλύτερη διαφορά (26.67%) παρουσιάζεται στο στροφικό βαθμό ελευθερίας 3 μεταξύ των κτιρίων 3 και 4. Στα δώροφα συμμετρικά η μεγαλύτερη διαφορά (39.15%) παρουσιάζεται στο στροφικό βαθμό ελευθερίας 6 μεταξύ των κτιρίων 3 και 4, ενώ στα δώροφα μη συμμετρικά η μεγαλύτερη διαφορά (816.67%) παρουσιάζεται στο μεταφορικό βαθμό ελευθερίας 5 μεταξύ επίσης των κτιρίων 2 και 3.
- Τέλος, παρατηρούμε ότι η θέση και η γεωμετρική διάταξη των εξωστών επηρεάζει τις ιδιοσυχνότητες και τις μέγιστες μετακινήσεις των στροφικών βαθμών ελευθερίας σε πολύ

μεγαλύτερο βαθμό από αυτές των μεταφορικών. Τούτο συμβαίνει διότι μεταβάλλεται σημαντικά κυρίως η δυστρεψία του κτιρίου.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

### ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΣ ΚΩΔΙΚΑΣ ΣΕ ΓΛΩΣΣΑ MAPLE 13

#### A.1 ΓΕΝΙΚΑ

Στο παράρτημα αυτό παρουσιάζεται ο υπολογιστικός κώδικας σε γλώσσα MAPLE 13. Η Maple είναι ένα πακέτο για μαθηματικούς υπολογισμούς. Με πάνω από 3000 υπολογιστικές συναρτήσεις, τη δική της γλώσσα προγραμματισμού και πολλές δυνατότητες διασύνδεσης με άλλες εφαρμογές (Matlab, Excel) και με το Web, αποτελεί ένα ισχυρό μαθηματικό εργαλείο.

#### A.2 Υπολογιστικός κώδικας για το μονώροφο με συμμετρική κάτοψη

```
> restart;
> with(linalg):
> with(LinearAlgebra):
> #####
> # ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΩΝ ΕΞΩΣΤΩΝ ΣΤΗΝ ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ #
> #####
> # ΜΟΝΩΡΟΦΟ ΚΤΙΡΙΟ 1 #
> #####
> # ΔΕΔΟΜΕΝΑ
> #####
> # ΜΕΤΡΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ (E) ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ
> # =====
> E:=21000000;
> # =====
> # ΛΟΓΟΣ POISSON (ν) ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ
> # =====
> ν:=0.20;
> # =====
> # ΜΕΤΡΟ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ (ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ) (G) ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ
> # =====
> G:=E/(2*(1+ν));
> # =====
> # ΔΙΑΤΟΜΕΣ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ
> # =====
> K1X:=0.40;
> K1Y:=0.40;
> K2X:=0.40;
> K2Y:=0.40;
> K3X:=0.40;
> K3Y:=0.40;
> K4X:=0.40;
> K4Y:=0.40;
> K5X:=0.40;
> K5Y:=0.40;
> K6X:=0.40;
> K6Y:=0.40;
> # ΥΨΟΣ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ
> L:=2.75;
> # ΡΟΠΕΣ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ (Ix, Iy) ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ
> IK1X:=(K1X*(K1Y^3))/12;
> IK1Y:=(K1Y*(K1X^3))/12;
> IK2X:=(K2X*(K2Y^3))/12;
> IK2Y:=(K2Y*(K2X^3))/12;
> IK3X:=(K3X*(K3Y^3))/12;
> IK3Y:=(K3Y*(K3X^3))/12;
> IK4X:=(K4X*(K4Y^3))/12;
> IK4Y:=(K4Y*(K4X^3))/12;
> IK5X:=(K5X*(K5Y^3))/12;
> IK5Y:=(K5Y*(K5X^3))/12;
> IK6X:=(K6X*(K6Y^3))/12;
> IK6Y:=(K6Y*(K6X^3))/12;
> Ic:=0.002133333333;
> # ΣΤΡΕΠΤΙΚΕΣ ΣΤΑΘΕΡΕΣ (It) ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ
> It1:=0.140*((K1X*K1Y)^2);
> It2:=0.140*((K2X*K2Y)^2);
> It3:=0.140*((K3X*K3Y)^2);
> It4:=0.140*((K4X*K4Y)^2);
> It5:=0.140*((K5X*K5Y)^2);
```

Επιρροή των εξωστών στη δυναμική ανάλυση κτιρίων

```
> It6:=0.140*((K6X*K6Y)^2);
> #
=====
> # ΔΙΑΤΟΜΕΣ ΔΟΚΩΝ (ΟΙ ΔΟΚΟΙ ΘΕΩΡΟΥΝΤΑΙ ΟΡΘΟΓΩΝΙΚΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ)
> #
=====
> D1X:=0.30;
> D1Y:=0.50;
> D2X:=0.30;
> D2Y:=0.50;
> D3X:=0.30;
> D3Y:=0.50;
> D4X:=0.30;
> D4Y:=0.50;
> D5X:=0.30;
> D5Y:=0.50;
> D6X:=0.30;
> D6Y:=0.50;
> D7X:=0.30;
> D7Y:=0.50;
> # ΜΗΚΟΣ ΔΟΚΩΝ
> LD1:=7.50;
> LD2:=7.50;
> LD3:=7.50;
> LD4:=7.50;
> LD5:=8.00;
> LD6:=8.00;
> LD7:=8.00;
> # ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΔΟΚΩΝ
> Ib1:=(D1X*(D1Y^3))/12;
> Ib2:=(D2X*(D2Y^3))/12;
> Ib3:=(D3X*(D3Y^3))/12;
> Ib4:=(D4X*(D4Y^3))/12;
> Ib5:=(D5X*(D5Y^3))/12;
> Ib6:=(D6X*(D6Y^3))/12;
> Ib7:=(D7X*(D7Y^3))/12;
> Ib:=0.00312500000;
> #####
> # ΜΑΖΑ 1 ΒΑΘΜΟΣ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ 1
> #####
> #####
> # ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΠΛΑΚΩΝ
> #####
> a:=15.00;
> b:=8.00;
> a2:=0.00;
> b2:=0.00;
> xa2:=0.00;
> a3:=0.00;
> b3:=0.00;
> xa3:=0.00;
> a4:=0.00;
> b4:=0.00;
> ya4:=0.00;
> a5:=0.00;
> b5:=0.00;
> xa5:=0.00;
> a6:=0.00;
> b6:=0.00;
> xa6:=0.00;
> a7:=0.00;
> b7:=0.00;
> ya7:=0.00;
> #####
> # ΕΜΒΑΔΟΝ ΠΛΑΚΩΝ
> #####
> A1:=a*b;
> A2:=a2*b2;
> A3:=a3*b3;
> A4:=a4*b4;
> A5:=a5*b5;
> A6:=a6*b6;
> A7:=a7*b7;
> A:=A1+A2+A3+A4+A5+A6+A7;
> #####
> # ΠΑΧΟΣ ΠΛΑΚΩΝ
> #####
> H1:=0.15;
> H2:=0.15;
> H3:=0.15;
> H4:=0.15;
> H5:=0.15;
> H6:=0.15;
> H7:=0.15;
>
> #####
> # ΦΟΡΤΙΑ ΠΛΑΚΩΝ #
> #####
```

```

> #####
> # ΙΔΙΟ ΒΑΡΟΣ
> #####
> IB1:=A1*(H1*25)/9.81;
> IB2:=A2*(H2*25)/9.81;
> IB3:=A3*(H3*25)/9.81;
> IB4:=A4*(H4*25)/9.81;
> IB5:=A5*(H5*25)/9.81;
> IB6:=A6*(H6*25)/9.81;
> IB7:=A7*(H7*25)/9.81;
> #####
> # ΦΟΡΤΙΑ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗΣ
> #####
> Q:=1.5;
> Q1:=A1*(Q)/9.81;
> Q2:=A2*(Q)/9.81;
> Q3:=A3*(Q)/9.81;
> Q4:=A4*(Q)/9.81;
> Q5:=A5*(Q)/9.81;
> Q6:=A6*(Q)/9.81;
> Q7:=A7*(Q)/9.81;
> #####
> # ΚΙΝΗΤΑ ΦΟΡΤΙΑ
> #####
> qπροβολου:=5.00;
> qp:=3.50;
> q1:=A1*(qp)/9.81;
> q2:=A2*(qπροβολου)/9.81;
> q3:=A3*(qπροβολου)/9.81;
> q4:=A4*(qπροβολου)/9.81;
> q5:=A5*(qπροβολου)/9.81;
> q6:=A6*(qπροβολου)/9.81;
> q7:=A7*(qπροβολου)/9.81;
> #####
> # ΦΟΡΤΙΑ ΣΚΕΔΙΑΣΜΟΥ
> #####
> γG:=1.00;
> γQ:=0.30;
> m1:=((IB1+Q1)*γG)+(q1*γQ);
> m2:=((IB2+Q2)*γG)+(q2*γQ);
> m3:=((IB3+Q3)*γG)+(q3*γQ);
> m4:=((IB4+Q4)*γG)+(q4*γQ);
> m5:=((IB5+Q5)*γG)+(q5*γQ);
> m6:=((IB6+Q6)*γG)+(q6*γQ);
> m7:=((IB7+Q7)*γG)+(q7*γQ);
> #####
> # ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ
> #####
> mo:=m1+m2+m3+m4+m5+m6+m7;
> #####
> # ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΜΑΖΑΣ 1
> #####
> x1:=a/2;
> y1:=b/2;
> #####
> # ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΜΑΖΑΣ 2
> #####
> x2:=a2/2;
> y2:=b2/2;
> #####
> # ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΜΑΖΑΣ 3
> #####
> x3:=a3/2;
> y3:=b3/2;
> #####
> # ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΜΑΖΑΣ 4
> #####
> x4:=a4/2;
> y4:=b4/2;
> #####
> # ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΜΑΖΑΣ 5
> #####
> x5:=a5/2;
> y5:=b5/2;
> #####
> # ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΜΑΖΑΣ 6
> #####
> x6:=a6/2;
> y6:=b6/2;
> #####
> # ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΜΑΖΑΣ 7
> #####
> x7:=a7/2;
> y7:=b7/2;
> #####
> # ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ

```



## Επιρροή των εξωστών στη δυναμική ανάλυση κτιρίων

```
> #####
>
x1bar:=( (A1*a/2) + (A2*(xa2+(a2/2))) + (A3*(xa3+(a3/2))) + (A4*(a+(a4/2))) + (A5*(xa5+(a5/2))) + (A6*(xa6+(a6/2))) + (A
7*(-a7/2)))/A;
> y1bar:=( (A1*b/2) + (A2*(b+(b2/2))) + (A3*(b+(b3/2))) + (A4*(ya4+(b4/2))) + (A5*(-b5/2)) + (A6*(-
b6/2)) + (A7*(ya7+(b7/2))))/A;
> #####
> # ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΜΑΖΑΣ 1 ΟΣ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΕΥΝΟΛΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ
> #####
> Ik1:=m1*((a^2)+(b^2))/12;
> I1:=m1*((x1bar-x1)^2)+((y1bar-y1)^2);
> Io1:=Ik1+I1;
> #####
> # ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΜΑΖΑΣ 2 ΟΣ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΕΥΝΟΛΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ
> #####
> Ik2:=m2*((a2^2)+(b2^2))/12;
> I2:=m2*((x1bar-(xa2+x2))^2)+((y1bar-(b+y2))^2);
> Io2:=Ik2+I2;
> #####
> # ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΜΑΖΑΣ 3 ΟΣ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΕΥΝΟΛΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ
> #####
> Ik3:=m3*((a3^2)+(b3^2))/12;
> I3:=m3*((x1bar-(xa3+x3))^2)+((y1bar-(b+y3))^2);
> Io3:=Ik3+I3;
> #####
> # ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΜΑΖΑΣ 4 ΟΣ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΕΥΝΟΛΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ
> #####
> Ik4:=m4*((a4^2)+(b4^2))/12;
> I4:=m4*((x1bar-(a+x4))^2)-((y1bar-(ya4+y4))^2);
> Io4:=Ik4+I4;
> #####
> # ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΜΑΖΑΣ 5 ΟΣ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΕΥΝΟΛΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ
> #####
> Ik5:=m5*((a5^2)+(b5^2))/12;
> I5:=m5*((x1bar-(xa5+x5))^2)+((y1bar-(-y5))^2);
> Io5:=Ik5+I5;
> #####
> # ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΜΑΖΑΣ 6 ΟΣ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΕΥΝΟΛΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ
> #####
> Ik6:=m6*((a6^2)+(b6^2))/12;
> I6:=m6*((x1bar-(xa6+x6))^2)+((y1bar-(-y6))^2);
> Io6:=Ik6+I6;
> #####
> # ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΜΑΖΑΣ 7 ΟΣ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΕΥΝΟΛΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ
> #####
> Ik7:=m7*((a7^2)+(b7^2))/12;
> I7:=m7*((x1bar-(-x7))^2)+((y1bar-(ya7+y7))^2);
> Io7:=Ik7+I7;
> #####
> # ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΕΥΝΟΛΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ ΟΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΤΗΣ
> #####
> Io:=Io1+Io2+Io3+Io4+Io5+Io6+Io7;
> =====
> #
> # ΜΟΝΟΒΑΘΜΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ 1 (ΠΛΑΙΣΙΟ Κ1-Δ5-Κ4)
> =====
>
k1:=array([[((24*E*Ic)/L^3), ((6*E*Ic)/L^2), ((6*E*Ic)/L^2)], [(6*E*Ic)/L^2), (((4*E*Ib)/LD5)+((4*E*Ic)/L)), ((
2*E*Ib)/LD5)], [(6*E*Ic)/L^2), ((2*E*Ib)/LD5), ((4*E*Ib)/LD5)+((4*E*Ic)/L)]]);
> Ktt:=submatrix(k1, 1..1,1..1);
> Kt8:=submatrix(k1, 1..1,2..3);
> K8t:=submatrix(k1, 2..3,1..1);
> K88:=submatrix(k1, 2..3,2..3);
>
> # =====
> #
> # ΣΤΑΤΙΚΗ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ Κ1
> # =====
> Kstar:=evalm(Ktt-multiply(Kt8,inverse(K88),K8t));
> Kstar[1,1];
> k1:=array([[Kstar[1,1],0,0],[0,0,0],[0,0,0]]);
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ri ΛΟΓΩ ΣΤΡΟΦΗΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> φ1:=Pi/2.;
> cosφ1:=evalf(cos(φ1));
> sinφ1:=evalf(sin(φ1));
> R1:=array([[cosφ1,sinφ1,0],[-sinφ1,cosφ1,0],[0,0,1]]);
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ti ΛΟΓΩ ΜΕΤΑΘΕΣΕΩΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> T1:=array([[1,0,0],[0,1,0],[0,-7.50,1]]);
> kbar1:=multiply(T1,(multiply(transpose(R1),k1,R1)),transpose(T1));
> # =====
> #
> # ΜΟΝΟΒΑΘΜΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ 2 (ΠΛΑΙΣΙΟ Κ2-Δ6-Κ5)
> # =====
>
k2:=array([[((24*E*Ic)/L^3), ((6*E*Ic)/L^2), ((6*E*Ic)/L^2)], [(6*E*Ic)/L^2), (((4*E*Ib)/LD6)+((4*E*Ic)/L)), ((
2*E*Ib)/LD6)], [(6*E*Ic)/L^2), ((2*E*Ib)/LD6), ((4*E*Ib)/LD6)+((4*E*Ic)/L)]]);
> Ktt:=submatrix(k2, 1..1,1..1);
> Kt8:=submatrix(k2, 1..1,2..3);
> K8t:=submatrix(k2, 2..3,1..1);
> K88:=submatrix(k2, 2..3,2..3);
```

```

>
> #=====
> #                      ΣΤΑΤΙΚΗ ΕΥΜΠΥΚΝΩΣΗ Κ2
> #=====
> Kstar:=evalm(Ktt-multiply(Kt8,inverse(K88),K8t));
> Kstar[1,1];
> k2:=array([[Kstar[1,1],0,0],[0,0,0],[0,0,0]]);
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ri ΛΟΓΩ ΕΤΡΟΦΗΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> φ2:=Pi/2.;
> cosφ2:=evalf(cos(φ2));
> sinφ2:=evalf(sin(φ2));
> R2:=array([[cosφ2,sinφ2,0],[-sinφ2,cosφ2,0],[0,0,1]]);
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ti ΛΟΓΩ ΜΕΤΑΘΕΣΕΩΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> T2:=array([[1,0,0],[0,1,0],[0,0,1]]);
> kbar2:=multiply(T2,(multiply(transpose(R2),k2,R2)),transpose(T2));
> #=====
> #                      ΜΟΝΟΒΑΘΜΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ 3 (ΠΛΑΙΣΙΟ Κ3-Δ7-Κ6)
> #=====
k3:=array([[(24*E*Ic)/L^3],[(6*E*Ic)/L^2],[(6*E*Ic)/L^2],[(6*E*Ic)/L^2],[(4*E*Ib)/LD7]+((4*E*Ic)/L)],[(2*E*Ib)/LD7],[(6*E*Ic)/L^2],[(2*E*Ib)/LD7],[(4*E*Ib)/LD7]+((4*E*Ic)/L)]];
> Ktt:=submatrix(k3, 1..1,1..1);
> Kt8:=submatrix(k3, 1..1,2..3);
> K8t:=submatrix(k3, 2..3,1..1);
> K88:=submatrix(k3, 2..3,2..3);
>
> #=====
> #                      ΣΤΑΤΙΚΗ ΕΥΜΠΥΚΝΩΣΗ Κ3
> #=====
> Kstar:=evalm(Ktt-multiply(Kt8,inverse(K88),K8t));
> Kstar[1,1];
> k3:=array([[Kstar[1,1],0,0],[0,0,0],[0,0,0]]);
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ri ΛΟΓΩ ΕΤΡΟΦΗΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> φ3:=Pi/2.;
> cosφ3:=evalf(cos(φ3));
> sinφ3:=evalf(sin(φ3));
> R3:=array([[cosφ3,sinφ3,0],[-sinφ3,cosφ3,0],[0,0,1]]);
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ti ΛΟΓΩ ΜΕΤΑΘΕΣΕΩΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> T3:=array([[1,0,0],[0,1,0],[0,7.50,1]]);
> kbar3:=multiply(T3,(multiply(transpose(R3),k3,R3)),transpose(T3));
> #=====
> #                      ΜΟΝΟΒΑΘΜΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ 4 (ΠΛΑΙΣΙΟ Κ4-Δ3-Κ5-Δ4-Κ6)
> #=====
k4:=array([[(36*E*Ic)/L^3],[(6*E*Ic)/L^2],[(6*E*Ic)/L^2],[(6*E*Ic)/L^2],[(6*E*Ic)/L^2],[(4*E*Ib)/LD4]+((4*E*Ic)/L)],[(2*E*Ib)/LD4],[(6*E*Ic)/L^2],[(2*E*Ib)/LD4],[(4*E*Ib)/LD4]+((4*E*Ib)/LD3)+((4*E*Ic)/L)],[(2*E*Ib)/LD3],[(6*E*Ic)/L^2],[(2*E*Ib)/LD3],[(4*E*Ib)/LD3]+((4*E*Ic)/L)]];
> Ktt:=submatrix(k4, 1..1,1..1);
> Kt8:=submatrix(k4, 1..1,2..4);
> K8t:=submatrix(k4, 2..4,1..1);
> K88:=submatrix(k4, 2..4,2..4);
>
> #=====
> #                      ΣΤΑΤΙΚΗ ΕΥΜΠΥΚΝΩΣΗ Κ4
> #=====
> Kstar:=evalm(Ktt-multiply(Kt8,inverse(K88),K8t));
> Kstar[1,1];
> k4:=array([[Kstar[1,1],0,0],[0,0,0],[0,0,0]]);
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ri ΛΟΓΩ ΕΤΡΟΦΗΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> φ4:=0;
> cosφ4:=evalf(cos(φ4));
> sinφ4:=evalf(sin(φ4));
> R4:=array([[cosφ4,sinφ4,0],[-sinφ4,cosφ4,0],[0,0,1]]);
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ti ΛΟΓΩ ΜΕΤΑΘΕΣΕΩΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> T4:=array([[1,0,0],[0,1,0],[4.00,0,1]]);
> kbar4:=multiply(T4,(multiply(transpose(R4),k4,R4)),transpose(T4));
> #=====
> #                      ΜΟΝΟΒΑΘΜΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ 5 (ΠΛΑΙΣΙΟ Κ1-Δ1-Κ2-Δ2-Κ3)
> #=====
>
k5:=array([[(36*E*Ic)/L^3],[(6*E*Ic)/L^2],[(6*E*Ic)/L^2],[(6*E*Ic)/L^2],[(6*E*Ic)/L^2],[(4*E*Ib)/LD2]+((4*E*Ic)/L)],[(2*E*Ib)/LD2],[(6*E*Ic)/L^2],[(2*E*Ib)/LD2],[(4*E*Ib)/LD1]+((4*E*Ib)/LD2)+((4*E*Ic)/L)],[(2*E*Ib)/LD1],[(6*E*Ic)/L^2],[(2*E*Ib)/LD1],[(4*E*Ib)/LD1]+((4*E*Ic)/L)]];
> Ktt:=submatrix(k5, 1..1,1..1);
> Kt8:=submatrix(k5, 1..1,2..4);
> K8t:=submatrix(k5, 2..4,1..1);
> K88:=submatrix(k5, 2..4,2..4);
>
> #=====
> #                      ΣΤΑΤΙΚΗ ΕΥΜΠΥΚΝΩΣΗ Κ5
> #=====
> Kstar:=evalm(Ktt-multiply(Kt8,inverse(K88),K8t));
> Kstar[1,1];
> k5:=array([[Kstar[1,1],0,0],[0,0,0],[0,0,0]]);
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ri ΛΟΓΩ ΕΤΡΟΦΗΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> φ5:=0;
> cosφ5:=evalf(cos(φ5));
> sinφ5:=evalf(sin(φ5));
> R5:=array([[cosφ5,sinφ5,0],[-sinφ5,cosφ5,0],[0,0,1]]);
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ti ΛΟΓΩ ΜΕΤΑΘΕΣΕΩΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #

```

## Επιρροή των εξωστών στη δυναμική ανάλυση κτιρίων

```
> T5:=array([[1,0,0],[0,1,0],[-4.00,0,1]]);
> kbar5:=multiply(T5,(multiply(transpose(R5),k5,R5)),transpose(T5));
=====
> #
> # MONOVAΘΜΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ 6 (ΥΠΟΕΤΥΛΩΜΑ K1)
> #
=====
> k6:=array([[0,0,0],[0,0,0],[0,0,(G*It1)/L]]);
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ri ΛΟΓΩ ΣΤΡΟΦΗΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> φ6:=0;
> cosφ6:=evalf(cos(φ6));
> sinφ6:=evalf(sin(φ6));
> R6:=array([[cosφ6,sinφ6,0],[-sinφ6,cosφ6,0],[0,0,1]]);
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ti ΛΟΓΩ ΜΕΤΑΘΕΣΕΩΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> T6:=array([[1,0,0],[0,1,0],[0,0,1]]);
> kbar6:=multiply(T6,(multiply(transpose(R6),k6,R6)),transpose(T6));
=====
> #
> # MONOVAΘΜΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ 7 (ΥΠΟΕΤΥΛΩΜΑ K2)
> #
=====
> k7:=array([[0,0,0],[0,0,0],[0,0,(G*It2)/L]]);
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ri ΛΟΓΩ ΣΤΡΟΦΗΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> φ7:=0;
> cosφ7:=evalf(cos(φ7));
> sinφ7:=evalf(sin(φ7));
> R7:=array([[cosφ7,sinφ7,0],[-sinφ7,cosφ7,0],[0,0,1]]);
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ti ΛΟΓΩ ΜΕΤΑΘΕΣΕΩΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> T7:=array([[1,0,0],[0,1,0],[0,0,1]]);
> kbar7:=multiply(T7,(multiply(transpose(R7),k7,R7)),transpose(T7));
=====
> #
> # MONOVAΘΜΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ 8 (ΥΠΟΕΤΥΛΩΜΑ K3)
> #
=====
> k8:=array([[0,0,0],[0,0,0],[0,0,(G*It3)/L]]);
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ri ΛΟΓΩ ΣΤΡΟΦΗΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> φ8:=0;
> cosφ8:=evalf(cos(φ8));
> sinφ8:=evalf(sin(φ8));
> R8:=array([[cosφ8,sinφ8,0],[-sinφ8,cosφ8,0],[0,0,1]]);
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ti ΛΟΓΩ ΜΕΤΑΘΕΣΕΩΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> T8:=array([[1,0,0],[0,1,0],[0,0,1]]);
> kbar8:=multiply(T8,(multiply(transpose(R8),k8,R8)),transpose(T8));
=====
> #
> # MONOVAΘΜΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ 9 (ΥΠΟΕΤΥΛΩΜΑ K4)
> #
=====
> k9:=array([[0,0,0],[0,0,0],[0,0,(G*It4)/L]]);
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ri ΛΟΓΩ ΣΤΡΟΦΗΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> φ9:=0;
> cosφ9:=evalf(cos(φ9));
> sinφ9:=evalf(sin(φ9));
> R9:=array([[cosφ9,sinφ9,0],[-sinφ9,cosφ9,0],[0,0,1]]);
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ti ΛΟΓΩ ΜΕΤΑΘΕΣΕΩΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> T9:=array([[1,0,0],[0,1,0],[0,0,1]]);
> kbar9:=multiply(T9,(multiply(transpose(R9),k9,R9)),transpose(T9));
=====
> #
> # MONOVAΘΜΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ 10 (ΥΠΟΕΤΥΛΩΜΑ K5)
> #
=====
> k10:=array([[0,0,0],[0,0,0],[0,0,(G*It5)/L]]);
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ri ΛΟΓΩ ΣΤΡΟΦΗΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> φ10:=0;
> cosφ10:=evalf(cos(φ10));
> sinφ10:=evalf(sin(φ10));
> R10:=array([[cosφ10,sinφ10,0],[-sinφ10,cosφ10,0],[0,0,1]]);
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ti ΛΟΓΩ ΜΕΤΑΘΕΣΕΩΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> T10:=array([[1,0,0],[0,1,0],[0,0,1]]);
> kbar10:=multiply(T10,(multiply(transpose(R10),k10,R10)),transpose(T10));
=====
> #
> # MONOVAΘΜΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ 11 (ΥΠΟΕΤΥΛΩΜΑ K6)
> #
=====
> k11:=array([[0,0,0],[0,0,0],[0,0,(G*It6)/L]]);
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ri ΛΟΓΩ ΣΤΡΟΦΗΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> φ11:=0;
> cosφ11:=evalf(cos(φ11));
> sinφ11:=evalf(sin(φ11));
> R11:=array([[cosφ11,sinφ11,0],[-sinφ11,cosφ11,0],[0,0,1]]);
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ti ΛΟΓΩ ΜΕΤΑΘΕΣΕΩΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> T11:=array([[1,0,0],[0,1,0],[0,0,1]]);
> kbar11:=multiply(T11,(multiply(transpose(R11),k11,R11)),transpose(T11));
> #####
> # ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΜΗΤΡΩΟ ΑΚΑΜΨΙΑΣ (Kολ) ΜΕΤΑ ΤΗ ΣΤΑΤΙΚΗ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ
> #####
> kολ:=evalm(kbar1+kbar2+kbar3+kbar4+kbar5+kbar6+kbar7+kbar8+kbar9+kbar10+kbar11);
> #####
> # ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΜΗΤΡΩΟ ΜΑΖΑΣ (Mολ)
> #####
> mbar:=array([[mo,0,0],[0,mo,0],[0,0,Io]]);
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Tc ΛΟΓΩ ΜΕΤΑΘΕΣΕΩΣ #
> Tc:=array([[1,0,0],[0,1,0],[0,0,1]]);
> mol:=multiply(Tc,mbar,transpose(Tc));
> #####
```

```

> # Eigenvalues and Eigenvectors (ΙΔΙΟΤΙΜΕΣ ΚΑΙ ΙΔΙΟΔΙΑΝΥΣΜΑΤΑ)
> #=====
> omeg:=evalf(Eigenvals(kol,mol,vecs));
> o1:=2: o2:=1: o3:=3:
> omega1:=omeg[o1];
> omega2:=omeg[o2];
> omega3:=omeg[o3];
> print(vecs);
> #=====
> # Normalization (ΚΑΝΟΝΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗ ΜΑΖΑ)
> #=====
> v1 := linalg[submatrix](vecs, 1..3, o1..o1);
> c:=multiply(transpose(v1),mol,v1);
> c1:=c[1,1];
> mu[1]:=1/sqrt(c1);
> phi[1]:=scalarmul(v1,mu[1]);
> test:=multiply(transpose(phi[1]),mol,phi[1]);
> v2 := linalg[submatrix](vecs, 1..3, o2..o2);
> c:=multiply(transpose(v2),mol,v2);
> c2:=c[1,1];
> mu[2]:=1/sqrt(c2);
> phi[2]:=scalarmul(v2,mu[2]);
> phi[2][1,1];
> test:=multiply(transpose(phi[2]),mol,phi[2]);
> v3 := linalg[submatrix](vecs, 1..3, o3..o3);
> c:=multiply(transpose(v3),mol,v3);
> c3:=c[1,1];
> mu[3]:=1/sqrt(c3);
> phi[3]:=scalarmul(v3,mu[3]);
> phi[3][1,1];
> test:=multiply(transpose(phi[3]),mol,phi[3]);
> #=====
> # ΔΥΝΑΜΗ ΚΑΤΑ Χ ΠΟΥ ΑΣΚΕΙΤΑΙ ΣΤΗ ΜΑΖΑ
> #=====
> P:=132.09;
> a:=0;
> d:=evalf(cos(a));
> f:=evalf(sin(a));
> Pt1:=P*d;
> Pt2:=P*f;
> Pt3:=0;
> P:=transpose(array([[Pt1,Pt2,Pt3]]));
> #=====
> # ΙΔΙΟΜΟΡΦΙΚΗ ΜΑΖΑ
> #=====
> M1:=multiply(transpose(phi[1]),mol,phi[1]);
> M2:=multiply(transpose(phi[2]),mol,phi[2]);
> M3:=multiply(transpose(phi[3]),mol,phi[3]);
> #=====
> # ΙΔΙΟΜΟΡΦΙΚΗ ΑΚΑΜΨΙΑ
> #=====
> k1:=multiply(transpose(phi[1]),kol,phi[1]);
> K1:=k1[1,1];
> k2:=multiply(transpose(phi[2]),kol,phi[2]);
> K2:=k2[1,1];
> k3:=multiply(transpose(phi[3]),kol,phi[3]);
> K3:=k3[1,1];
> #=====
> # ΙΔΙΟΜΟΡΦΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ
> #=====
> p1:=multiply(transpose(phi[1]),P);
> P1:=p1[1,1];
> p2:=multiply(transpose(phi[2]),P);
> P2:=p2[1,1];
> p3:=multiply(transpose(phi[3]),P);
> P3:=p3[1,1];
> #####
> # ΣΤΑΤΙΚΗ ΦΟΤΡΙΣΗ ΚΑΤΑ Χ
> #####
> # ΦΑΣΗ Ι.ΕΞΑΝΑΓΚΑΣΜΕΝΗ ΤΑΛΑΝΤΩΣΗ
> #=====
> t1:=2;
> Y1S:=(P1/(K1*t1))*(t-(sin((omega1^0.5)*t)/(omega1^0.5)));
> Y2S:=(P2/(K2*t1))*(t-(sin((omega2^0.5)*t)/omega2^0.5));
> Y3S:=(P3/(K3*t1))*(t-(sin((omega3^0.5)*t)/omega3^0.5));
> #=====
> # ΔΙΑΝΥΣΜΑ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΕΩΝ ΜΕΣΩ ΤΗΣ ΕΠΑΛΛΗΛΙΑΣ ΤΩΝ ΙΔΙΟΜΟΡΦΩΝ
> #=====
> ult1s:=Y1S*phi[1][1,1]+Y2S*phi[2][1,1]+Y3S*phi[3][1,1];
> ult1s := fsolve(.6853888409e-3*t-.1938259698e-4*sin(35.36104276*t),t = 2);
> ult2s:=Y1S*phi[1][2,1]+Y2S*phi[2][2,1]+Y3S*phi[3][2,1];
> ult3s:=Y1S*phi[1][3,1]+Y2S*phi[2][3,1]+Y3S*phi[3][3,1];
> #=====
> # ΦΑΣΗ ΙΙ.ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΤΑΛΑΝΤΩΣΗ
> #=====

```

Επιρροή των εξωστών στη δυναμική ανάλυση κτιρίων

```

> tn:=t-t1;
> Y12S:=(P1/(K1*t1))*(t0-(sin(omega1^0.5*t0))/(omega1^0.5));
> Yd1S:=diff(Y12S,t0);
> t0:=t1;
> Yd1SS:=Yd1S;
> ss1:=(P1/K1)*(1-cos((omega1^0.5)*tn));
> os1:=((P1/(K1*t1))*(t1-(sin(omega1^0.5*t1))/(omega1^0.5)))*(cos((omega1^0.5)*tn));
> Yd1:=((Yd1SS*(sin((omega1^0.5)*tn)))/(omega1^0.5))+os1+ss1;
> Y22S:=(P2/(K2*t1))*(t02-(sin(omega2^0.5*t02)/omega2^0.5));
> Yd2S:=diff(Y22S,t02);
> t02:=t1;
> Yd2SS:=Yd2S;
> ss2:=(P2/K2)*(1-cos((omega2^0.5)*tn));
> os2:=((P2/(K2*t1))*(t1-(sin(omega2^0.5*t1)/omega2^0.5)))*(cos((omega2^0.5)*tn));
> Yd2:=((Yd2SS*(sin(omega2^0.5*tn)))/(omega2^0.5))+os2+ss2;
> Y32S:=(P3/(K3*t1))*(t03-(sin(omega3^0.5*t03)/omega3^0.5));
> Yd3S:=diff(Y32S,t03);
> t03:=t1;
> Yd3SS:=Yd3S;
> ss3:=(P3/K3)*(1-cos((omega3^0.5)*tn));
> os3:=((P3/(K3*t1))*(t1-(sin(omega3^0.5*t1)/omega3^0.5)))*(cos((omega3^0.5)*tn));
> Yd3:=((Yd3SS*(sin(omega3^0.5*tn)))/(omega3^0.5))+os3+ss3;
> #=====
> # ΔΙΑΝΥΣΜΑ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΕΩΝ ΜΕΘΥ ΕΠΑΛΛΗΛΙΑΣ ΤΩΝ ΙΔΙΟΜΟΡΦΩΝ
> #=====
> ult12s:=Yd1*phi[1][1,1]+Yd2*phi[2][1,1]+Yd3*phi[3][1,1];
> ult22s:=Yd1*phi[1][2,1]+Yd2*phi[2][2,1]+Yd3*phi[3][2,1];
> ult32s:=Yd1*phi[1][3,1]+Yd2*phi[2][3,1]+Yd3*phi[3][3,1];
> u1s(t):=((Heaviside(2-t))*ult1s)+(Heaviside(t-2))*ult12s);
> plot([u1s(t)],t=0..3);
> u2s(t):=((Heaviside(2-t))*ult2s)+(Heaviside(t-2))*ult22s);
> plot([u2s(t)],t=0..3);
> u3s(t):=((Heaviside(2-t))*ult3s)+(Heaviside(t-2))*ult32s);
> plot([u3s(t)],t=0..3);
> plot([u1s(t),u2s(t),u3s(t)],t=0..3);
> #=====
> # ΔΥΝΑΜΗ ΚΑΤΑ Υ ΠΟΥ ΑΣΚΕΙΤΑΙ ΣΤΗ ΜΑΖΑ
> #=====
> P:=132.09;
> a:=Pi/2;
> d:=evalf(cos(a));
> f:=evalf(sin(a));
> Pt1:=P*d;
> Pt2:=P*f;
> Pt3:=0;
> P:=transpose(array([[Pt1,Pt2,Pt3]]));
> #=====
> # ΙΔΙΟΜΟΡΦΙΚΗ ΜΑΖΑ
> #=====
> M1:=multiply(transpose(phi[1]),mol,phi[1]);
> M2:=multiply(transpose(phi[2]),mol,phi[2]);
> M3:=multiply(transpose(phi[3]),mol,phi[3]);
> #=====
> # ΙΔΙΟΜΟΡΦΙΚΗ ΑΚΑΜΨΙΑ
> #=====
> k1:=multiply(transpose(phi[1]),kol,phi[1]);
> K1:=k1[1,1];
> k2:=multiply(transpose(phi[2]),kol,phi[2]);
> K2:=k2[1,1];
> k3:=multiply(transpose(phi[3]),kol,phi[3]);
> K3:=k3[1,1];
> #=====
> # ΙΔΙΟΜΟΡΦΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ
> #=====
> p1:=multiply(transpose(phi[1]),P);
> P1:=p1[1,1];
> p2:=multiply(transpose(phi[2]),P);
> P2:=p2[1,1];
> p3:=multiply(transpose(phi[3]),P);
> P3:=p3[1,1];
> #####
> # ΣΤΑΤΙΚΗ ΦΟΤΡΙΣΗ ΚΑΤΑ Υ
> #####
> # ΦΑΣΗ Ι. ΕΞΑΝΑΓΚΑΣΜΕΝΗ ΤΑΛΑΝΤΩΣΗ
> #=====
> t1:=2;
> Y1S:=(P1/(K1*t1))*(t-(sin((omega1^0.5)*t)/(omega1^0.5)));
> Y2S:=(P2/(K2*t1))*(t-(sin((omega2^0.5)*t)/omega2^0.5));
> Y3S:=(P3/(K3*t1))*(t-(sin((omega3^0.5)*t)/omega3^0.5));
> #=====
> # ΔΙΑΝΥΣΜΑ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΕΩΝ ΜΕΘΥ ΕΠΑΛΛΗΛΙΑΣ ΤΩΝ ΙΔΙΟΜΟΡΦΩΝ
> #=====
> ult1s:=Y1S*phi[1][1,1]+Y2S*phi[2][1,1]+Y3S*phi[3][1,1];
> ult2s:=Y1S*phi[1][2,1]+Y2S*phi[2][2,1]+Y3S*phi[3][2,1];
> ult3s:=Y1S*phi[1][3,1]+Y2S*phi[2][3,1]+Y3S*phi[3][3,1];

```

```

> #=====
> #
> # ΦΑΣΗ ΙΙ.ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΤΑΛΑΝΤΩΣΗ
> #=====
> tn:=t-t1;
> Y12S:=(P1/(K1*t1))*(t0-(sin(omega1^0.5*t0))/(omega1^0.5));
> Yd1S:=diff(Y12S,t0);
> t0:=t1;
> Yd1SS:=Yd1S;
> ss1:=(P1/K1)*(1-cos((omega1^0.5)*tn));
> os1:=((P1/(K1*t1))*(t1-(sin(omega1^0.5*t1))/(omega1^0.5)))*(cos((omega1^0.5)*tn));
> Yd1:=(Yd1SS*(sin((omega1^0.5)*tn)))/(omega1^0.5)+os1+ss1;
> Y22S:=(P2/(K2*t1))*(t02-(sin(omega2^0.5*t02)/omega2^0.5));
> Yd2S:=diff(Y22S,t02);
> t02:=t1;
> Yd2SS:=Yd2S;
> ss2:=(P2/K2)*(1-cos((omega2^0.5)*tn));
> os2:=(P2/(K2*t1))*(t1-(sin(omega2^0.5*t1)/omega2^0.5))*cos((omega2^0.5)*tn);
> Yd2:=(Yd2SS*(sin(omega2^0.5*tn)))/(omega2^0.5)+os2+ss2;
> Y32S:=(P3/(K3*t1))*(t03-(sin(omega3^0.5*t03)/omega3^0.5));
> Yd3S:=diff(Y32S,t03);
> t03:=t1;
> Yd3SS:=Yd3S;
> ss3:=(P3/K3)*(1-cos((omega3^0.5)*tn));
> os3:=(P3/(K3*t1))*(t1-(sin(omega3^0.5*t1)/omega3^0.5))*cos((omega3^0.5)*tn);
> Yd3:=(Yd3SS*(sin(omega3^0.5*tn)))/(omega3^0.5)+os3+ss3;
> #=====
> # ΔΙΑΝΥΣΜΑ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΕΩΝ ΜΕΣΩ ΤΗΣ ΕΠΑΛΛΗΛΙΑΣ ΤΩΝ ΙΔΙΟΜΟΡΦΩΝ
> #=====
> u1t12s:=Yd1*phi[1][1,1]+Yd2*phi[2][1,1]+Yd3*phi[3][1,1];
> u1t22s:=Yd1*phi[1][2,1]+Yd2*phi[2][2,1]+Yd3*phi[3][2,1];
> u1t32s:=Yd1*phi[1][3,1]+Yd2*phi[2][3,1]+Yd3*phi[3][3,1];
> u2s(t):=((Heaviside(2-t))*u1t2s)+((Heaviside(t-2))*u1t22s);
> plot([u2s(t)],t=0..3);
> u3s(t):=((Heaviside(2-t))*u1t3s)+((Heaviside(t-2))*u1t32s);
> plot([u3s(t)],t=0..3);
> plot([u1s(t),u2s(t),u3s(t)],t=0..3);

```

### A.3 Υπολογιστικός κώδικας για το δώροφο με συμμετρική κάτοψη

```

> restart;
> with(linalg);
> with(LinearAlgebra);
> #####
> # ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΩΝ ΕΞΩΣΤΩΝ ΣΤΗΝ ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ #
> #####
> # ΔΙΩΡΟΦΟ ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟ 1 #
> #####
> # ΔΕΔΟΜΕΝΑ
> #####
> # ΜΕΤΡΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ (E) ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΕΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ
> #=====
> E:=21000000;
> #=====
> # ΛΟΓΟΣ POISSON (ν) ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΕΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ
> #=====
> ν:=0.20;
> #=====
> # ΜΕΤΡΟ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ (ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ) (G) ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΕΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ
> #=====
> G:=E/(2*(1+ν));
> #=====
> # ΔΙΑΤΟΜΕΣ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ
> #=====
> K1X:=0.40;
> K1Y:=0.40;
> K2X:=0.40;
> K2Y:=0.40;
> K3X:=0.40;
> K3Y:=0.40;
> K4X:=0.40;
> K4Y:=0.40;
> K5X:=0.40;
> K5Y:=0.40;
> K6X:=0.40;
> K6Y:=0.40;
> # ΥΨΟΣ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ
> L1:=2.75;
> L2:=2.75;
> # ΡΟΠΕΣ ΔΑΡΑΝΕΙΑΣ (Ix,Iy) ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ
> IK1X:=(K1X*(K1Y^3))/12;

```

Επιρροή των εξωστών στη δυναμική ανάλυση κτιρίων

```
> IK1Y:=(K1Y*(K1X^3))/12;
> IK2X:=(K2X*(K2Y^3))/12;
> IK2Y:=(K2Y*(K2X^3))/12;
> IK3X:=(K3X*(K3Y^3))/12;
> IK3Y:=(K3Y*(K3X^3))/12;
> IK4X:=(K4X*(K4Y^3))/12;
> IK4Y:=(K4Y*(K4X^3))/12;
> IK5X:=(K5X*(K5Y^3))/12;
> IK5Y:=(K5Y*(K5X^3))/12;
> IK6X:=(K6X*(K6Y^3))/12;
> IK6Y:=(K6Y*(K6X^3))/12;
> Ic:=0.002133333333;
> # ΣΤΡΕΠΤΙΚΕΣ ΣΤΑΘΕΡΕΣ (It) ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ
> It1:=0.140*((K1X*K1Y)^2);
> It2:=0.140*((K2X*K2Y)^2);
> It3:=0.140*((K3X*K3Y)^2);
> It4:=0.140*((K4X*K4Y)^2);
> It5:=0.140*((K5X*K5Y)^2);
> It6:=0.140*((K6X*K6Y)^2);
> #
> # ΔΙΑΤΟΜΕΣ ΔΟΚΩΝ (ΟΙ ΔΟΚΟΙ ΘΕΩΡΟΥΝΤΑΙ ΟΡΘΟΓΩΝΙΚΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ)
> #
> D1X:=0.30;
> D1Y:=0.50;
> D2X:=0.30;
> D2Y:=0.50;
> D3X:=0.30;
> D3Y:=0.50;
> D4X:=0.30;
> D4Y:=0.50;
> D5X:=0.30;
> D5Y:=0.50;
> D6X:=0.30;
> D6Y:=0.50;
> D7X:=0.30;
> D7Y:=0.50;
> # ΜΗΚΟΣ ΔΟΚΩΝ
> LD1:=7.50;
> LD2:=7.50;
> LD3:=7.50;
> LD4:=7.50;
> LD5:=8.00;
> LD6:=8.00;
> LD7:=8.00;
> # ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΔΟΚΩΝ
> Ib1:=(D1X*(D1Y^3))/12;
> Ib2:=(D2X*(D2Y^3))/12;
> Ib3:=(D3X*(D3Y^3))/12;
> Ib4:=(D4X*(D4Y^3))/12;
> Ib5:=(D5X*(D5Y^3))/12;
> Ib6:=(D6X*(D6Y^3))/12;
> Ib7:=(D7X*(D7Y^3))/12;
> Ib:=Ib2;
> #####
> # ΜΑΖΑ Α΄ ΟΡΟΦΟΥ ΒΑΘΜΟΣ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ 1
> #####
> # ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΠΛΑΚΩΝ Α΄ ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> ao:=15.00;
> bo:=8.00;
> ao2:=0.00;
> bo2:=0.00;
> xao2:=0.00;
> ao3:=0.00;
> bo3:=0.00;
> xao3:=0.00;
> ao4:=0.00;
> bo4:=0.00;
> yao4:=0.00;
> ao5:=0.00;
> bo5:=0.00;
> xao5:=0.00;
> ao6:=0.00;
> bo6:=0.00;
> xao6:=0.00;
> ao7:=0.00;
> bo7:=0.00;
> yao7:=0.00;
> #####
> # ΕΜΒΛΑΔΟΝ ΠΛΑΚΩΝ Α΄ ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> Ao1:=ao*bo;
> Ao2:=ao2*bo2;
> Ao3:=ao3*bo3;
> Ao4:=ao4*bo4;
```

```

> Ao5:=ao5*bo5;
> Ao6:=ao6*bo6;
> Ao7:=ao7*bo7;
> Ao:=Ao1+Ao2+Ao3+Ao4+Ao5+Ao6+Ao7;
> #####
> # ΠΛΑΧΟΣ ΠΛΑΚΩΝ Α΄ ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> Ho1:=0.15;
> Ho2:=0.15;
> Ho3:=0.15;
> Ho4:=0.15;
> Ho5:=0.15;
> Ho6:=0.15;
> Ho7:=0.15;
>
> #####
> # ΦΟΡΤΙΑ ΠΛΑΚΩΝ Α΄ ΟΡΟΦΟΥ #
> #####
> #####
> # ΙΔΙΟ ΒΑΡΟΣ Α΄ ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> IBo1:=Ao1*(Ho1*25)/9.81;
> IBo2:=Ao2*(Ho2*25)/9.81;
> IBo3:=Ao3*(Ho3*25)/9.81;
> IBo4:=Ao4*(Ho4*25)/9.81;
> IBo5:=Ao5*(Ho5*25)/9.81;
> IBo6:=Ao6*(Ho6*25)/9.81;
> IBo7:=Ao7*(Ho7*25)/9.81;
> #####
> # ΦΟΡΤΙΑ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗΣ Α΄ ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> Qo:=1.5;
> Qo1:=Ao1*(Qo)/9.81;
> Qo2:=Ao2*(Qo)/9.81;
> Qo3:=Ao3*(Qo)/9.81;
> Qo4:=Ao4*(Qo)/9.81;
> Qo5:=Ao5*(Qo)/9.81;
> Qo6:=Ao6*(Qo)/9.81;
> Qo7:=Ao7*(Qo)/9.81;
> #####
> # ΚΙΝΗΤΑ ΦΟΡΤΙΑ Α΄ ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> qπροβολουο:=5.00;
> qπο:=3.50;
> qo1:=Ao1*(qπο)/9.81;
> qo2:=Ao2*(qπροβολουο)/9.81;
> qo3:=Ao3*(qπροβολουο)/9.81;
> qo4:=Ao4*(qπροβολουο)/9.81;
> qo5:=Ao5*(qπροβολουο)/9.81;
> qo6:=Ao6*(qπροβολουο)/9.81;
> qo7:=Ao7*(qπροβολουο)/9.81;
> #####
> # ΦΟΡΤΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ Α΄ ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> yG:=1.00;
> yQ:=0.30;
> mo1:=((IBo1+Qo1)*yG)+(qo1*yQ);
> mo2:=((IBo2+Qo2)*yG)+(qo2*yQ);
> mo3:=((IBo3+Qo3)*yG)+(qo3*yQ);
> mo4:=((IBo4+Qo4)*yG)+(qo4*yQ);
> mo5:=((IBo5+Qo5)*yG)+(qo5*yQ);
> mo6:=((IBo6+Qo6)*yG)+(qo6*yQ);
> mo7:=((IBo7+Qo7)*yG)+(qo7*yQ);
> #####
> # ΕΥΝΟΛΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ Α΄ ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> moo:=mo1+mo2+mo3+mo4+mo5+mo6+mo7;
> #####
> # ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΜΑΖΑΣ 1 Α΄ ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> xo1:=ao/2;
> yo1:=bo/2;
> #####
> # ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΜΑΖΑΣ 2 Α΄ ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> xo2:=ao2/2;
> yo2:=bo2/2;
> #####
> # ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΜΑΖΑΣ 3 Α΄ ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> xo3:=ao3/2;
> yo3:=bo3/2;
> #####
> # ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΜΑΖΑΣ 4 Α΄ ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> xo4:=ao4/2;
> yo4:=bo4/2;

```



Επιρροή των εξωστών στη δυναμική ανάλυση κτιρίων

```
> #####
> # ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΜΑΖΑΣ 5 Α΄ ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> x05:=a05/2;
> y05:=b05/2;
> #####
> # ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΜΑΖΑΣ 6 Α΄ ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> x06:=a06/2;
> y06:=b06/2;
> #####
> # ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΜΑΖΑΣ 7 Α΄ ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> x07:=a07/2;
> y07:=b07/2;
> #####
> # ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ Α΄ ΟΡΟΦΟΥ
> #####
>
xolbar:=(A01*a0/2)+(A02*(xao2+(a02/2)))+(A03*(xao3+(a03/2)))+(A04*(a0+(a04/2)))+(A05*(xao5+(a05/2)))+(A06*
(xao6+(a06/2)))+(A07*(-a07/2))/A0;
> yolbar:=(A01*b0/2)+(A02*(bo+(b02/2)))+(A03*(bo+(b03/2)))+(A04*(yao4+(b04/2)))+(A05*(-b05/2))+(A06*(-
b06/2))+(A07*(yao7+(b07/2)))/A0;
> #####
> # ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΜΑΖΑΣ 1 ΩΣ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ Α΄ ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> Iko1:=m01*((a0^2)+(b0^2))/12;
> Io1:=m01*((xolbar-xo1)^2)+((yolbar-yo1)^2);
> Ioo1:=Iko1+Io1;
> #####
> # ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΜΑΖΑΣ 2 ΩΣ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ Α΄ ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> Iko2:=m02*((a02^2)+(b02^2))/12;
> Io2:=m02*((xolbar-(xao2+xo2))^2)+((yolbar-(bo+y02))^2);
> Ioo2:=Iko2+Io2;
> #####
> # ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΜΑΖΑΣ 3 ΩΣ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ Α΄ ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> Iko3:=m03*((a03^2)+(b03^2))/12;
> Io3:=m03*((xolbar-(xao3+xo3))^2)+((yolbar-(bo+y03))^2);
> Ioo3:=Iko3+Io3;
> #####
> # ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΜΑΖΑΣ 4 ΩΣ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ Α΄ ΟΡΟΦΟΥ
> #####
>
> Iko4:=m04*((a04^2)+(b04^2))/12;
> Io4:=m04*((xolbar-(a0+xo4))^2)-((yolbar-(yao4+y04))^2);
> Ioo4:=Iko4+Io4;
> #####
> # ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΜΑΖΑΣ 5 ΩΣ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ Α΄ ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> Iko5:=m05*((a05^2)+(b05^2))/12;
> Io5:=m05*((xolbar-(xao5+xo5))^2)+((yolbar-(-y05))^2);
> Ioo5:=Iko5+Io5;
> #####
> # ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΜΑΖΑΣ 6 ΩΣ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ Α΄ ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> Iko6:=m06*((a06^2)+(b06^2))/12;
> Io6:=m06*((xolbar-(xao6+xo6))^2)+((yolbar-(-y06))^2);
> Ioo6:=Iko6+Io6;
> #####
> # ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΜΑΖΑΣ 7 ΩΣ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ Α΄ ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> Iko7:=m07*((a07^2)+(b07^2))/12;
> Io7:=m07*((xolbar-(-x07))^2)+((yolbar-(yao4+y07))^2);
> Ioo7:=Iko7+Io7;
> #####
> # ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ Α΄ ΟΡΟΦΟΥ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΤΗΣ
> #####
> Ioo:=Ioo1+Ioo2+Ioo3+Ioo4+Ioo5+Ioo6+Ioo7;
> #####
> # ΜΑΖΑ Β΄ ΟΡΟΦΟΥ ΒΑΘΜΟΣ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ 2
> #####
> #####
> # ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΠΛΑΚΩΝ Β΄ ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> a:=15.00;
> b:=8.00;
> a2:=0.00;
> b2:=0.00;
> xa2:=0.00;
> a3:=0.00;
> b3:=0.00;
> xa3:=0.00;
> a4:=0.00;
> b4:=0.00;
```

```

> ya4:=0.00;
> a5:=0.00;
> b5:=0.00;
> xa5:=0.00;
> a6:=0.00;
> b6:=0.00;
> xa6:=0.00;
> a7:=0.00;
> b7:=0.00;
> ya7:=0.00;
> #####
> # ΕΜΒΑΔΟΝ ΠΛΑΚΩΝ Β'ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> A1:=a*b;
> A2:=a2*b2;
> A3:=a3*b3;
> A4:=a4*b4;
> A5:=a5*b5;
> A6:=a6*b6;
> A7:=a7*b7;
> A:=A1+A2+A3+A4+A5+A6+A7;
> #####
> # ΠΑΧΟΣ ΠΛΑΚΩΝ Β'ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> H1:=0.15;
> H2:=0.15;
> H3:=0.15;
> H4:=0.15;
> H5:=0.15;
> H6:=0.15;
> H7:=0.15;
>
> #####
> # ΦΟΡΤΙΑ ΠΛΑΚΩΝ Β'ΟΡΟΦΟΥ #
> #####
>
> #####
> # ΙΔΙΟ ΒΑΡΟΣ Β'ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> IB1:=A1*(H1*25)/9.81;
> IB2:=A2*(H2*25)/9.81;
> IB3:=A3*(H3*25)/9.81;
> IB4:=A4*(H4*25)/9.81;
> IB5:=A5*(H5*25)/9.81;
> IB6:=A6*(H6*25)/9.81;
> IB7:=A7*(H7*25)/9.81;
> #####
> # ΦΟΡΤΙΑ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗΣ Β'ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> Q:=1.50;
> Q1:=A1*(Q)/9.81;
> Q2:=A2*(Q)/9.81;
> Q3:=A3*(Q)/9.81;
> Q4:=A4*(Q)/9.81;
> Q5:=A5*(Q)/9.81;
> Q6:=A6*(Q)/9.81;
> Q7:=A7*(Q)/9.81;
> #####
> # ΚΙΝΗΤΑ ΦΟΡΤΙΑ Β'ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> qπροβολου:=5.00;
> qp:=3.50;
> q1:=A1*(qp)/9.81;
> q2:=A2*(qπροβολου)/9.81;
> q3:=A3*(qπροβολου)/9.81;
> q4:=A4*(qπροβολου)/9.81;
> q5:=A5*(qπροβολου)/9.81;
> q6:=A6*(qπροβολου)/9.81;
> q7:=A7*(qπροβολου)/9.81;
> #####
> # ΦΟΡΤΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ Β'ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> γG:=1.00;
> γQ:=0.30;
> m1:=((IB1+Q1)*γG)+(q1*γQ);
> m2:=((IB2+Q2)*γG)+(q2*γQ);
> m3:=((IB3+Q3)*γG)+(q3*γQ);
> m4:=((IB4+Q4)*γG)+(q4*γQ);
> m5:=((IB5+Q5)*γG)+(q5*γQ);
> m6:=((IB6+Q6)*γG)+(q6*γQ);
> m7:=((IB7+Q7)*γG)+(q7*γQ);
> #####
> # ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ
> #####
> mo:=m1+m2+m3+m4+m5+m6+m7;
> #####
> # ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΜΑΖΑΣ 1 Β'ΟΡΟΦΟΥ
> #####

```

Επιρροή των εξωστών στη δυναμική ανάλυση κτιρίων

```
> x1:=a/2;
> y1:=b/2;
#####
> # ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΜΑΖΑΣ 2 Β'ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> x2:=a2/2;
> y2:=b2/2;
> #####
> # ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΜΑΖΑΣ 3 Β'ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> x3:=a3/2;
> y3:=b3/2;
> #####
> # ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΜΑΖΑΣ 4 Β'ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> x4:=a4/2;
> y4:=b4/2;
> #####
> # ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΜΑΖΑΣ 5 Β'ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> x5:=a5/2;
> y5:=b5/2;
> #####
> # ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΜΑΖΑΣ 6 Β'ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> x6:=a6/2;
> y6:=b6/2;
> #####
> # ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΜΑΖΑΣ 7 Β'ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> x7:=a7/2;
> y7:=b7/2;
> #####
> # ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ Β'ΟΡΟΦΟΥ
> #####
>
x1bar:=( (A1*a/2)+(A2*(xa2+(a2/2)))+(A3*(xa3+(a3/2)))+(A4*(a+(a4/2)))+(A5*(xa5+(a5/2)))+(A6*(xa6+(a6/2)))+(A7*(-a7/2)))/A;
y1bar:=( (A1*b/2)+(A2*(b+(b2/2)))+(A3*(b+(b3/2)))+(A4*(ya4+(b4/2)))+(A5*(-b5/2)))+(A6*(-b6/2)))+(A7*(ya7+(b7/2)))/A;
> #####
> # ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΜΑΖΑΣ 1 ΩΣ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ Β'ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> Ik1:=m1*((a^2)+(b^2))/12;
> I1:=m1*((x1bar-x1)^2)+((y1bar-y1)^2);
> Io1:=Ik1+I1;
> #####
> # ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΜΑΖΑΣ 2 ΩΣ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ Β'ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> Ik2:=m2*((a2^2)+(b2^2))/12;
> I2:=m2*((x1bar-(xa2+x2))^2)+((y1bar-(b+y2))^2);
> Io2:=Ik2+I2;
> #####
> # ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΜΑΖΑΣ 3 ΩΣ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ Β'ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> Ik3:=m3*((a3^2)+(b3^2))/12;
> I3:=m3*((x1bar-(xa3+x3))^2)+((y1bar-(b+y3))^2);
> Io3:=Ik3+I3;
> #####
> # ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΜΑΖΑΣ 4 ΩΣ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ Β'ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> Ik4:=m4*((a4^2)+(b4^2))/12;
> I4:=m4*((x1bar-(a+x4))^2)-((y1bar-(ya4+y4))^2);
> Io4:=Ik4+I4;
> #####
> # ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΜΑΖΑΣ 5 ΩΣ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ Β'ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> Ik5:=m5*((a5^2)+(b5^2))/12;
> I5:=m5*((x1bar-(xa5+x5))^2)+((y1bar-(-y5))^2);
> Io5:=Ik5+I5;
> #####
> # ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΜΑΖΑΣ 6 ΩΣ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ Β'ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> Ik6:=m6*((a6^2)+(b6^2))/12;
> I6:=m6*((x1bar-(xa6+x6))^2)+((y1bar-(-y6))^2);
> Io6:=Ik6+I6;
> #####
> # ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΜΑΖΑΣ 7 ΩΣ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ Β'ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> Ik7:=m7*((a7^2)+(b7^2))/12;
> I7:=m7*((x1bar-(-x7))^2)+((y1bar-(ya7+y7))^2);
> Io7:=Ik7+I7;
> #####
> # ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΤΗΣ Β'ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> Io:=Io1+Io2+Io3+Io4+Io5+Io6+Io7;
```

```

> #=====
> # ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ 1 (ΠΛΑΙΣΙΟ Κ1-Δ5-Κ4)
> #=====
> k1:=array([[(24*E*Ic)/L1^3+(24*E*Ic)/L2^3], [(-12*E*Ic)/L2^3+(-12*E*Ic)/L2^3], [(-6*E*Ic)/L2^2+((6*E*Ic)/L1^2)], [(-6*E*Ic)/L2^2+((6*E*Ic)/L1^2)], [(-12*E*Ic)/L2^3+(-12*E*Ic)/L2^3], [(12*E*Ic)/L2^3+(12*E*Ic)/L2^3], [(6*E*Ic)/L2^2], [(6*E*Ic)/L2^2], [(6*E*Ic)/L2^2], [(6*E*Ic)/L2^2], [(-12*E*Ic)/L2^3+(-12*E*Ic)/L2^3], [(-12*E*Ic)/L2^3+((12*E*Ic)/L2^3+(12*E*Ic)/L2^3)], [(6*E*Ic)/L2^2], [(6*E*Ic)/L2^2], [(6*E*Ic)/L2^2], [(6*E*Ic)/L2^2], [(6*E*Ic)/L2^2+((6*E*Ic)/L1^2)], [(6*E*Ic)/L2^2], [(4*E*Ic)/L2+(4*E*Ic)/L1+(4*E*Ib)/LD5], [(2*E*Ib)/LD5], [(2*E*Ic)/L2], 0], [(-6*E*Ic)/L2^2+((6*E*Ic)/L1^2)], [(6*E*Ic)/L2^2], [(2*E*Ib)/LD5], [(4*E*Ic)/L2+(4*E*Ic)/L1+(4*E*Ib)/LD5)], 0, [(2*E*Ic)/L2], [(-6*E*Ic)/L2^2+((6*E*Ic)/L1^2)], [(6*E*Ic)/L2^2], [(2*E*Ib)/LD5], [(4*E*Ic)/L2+(4*E*Ic)/L1+(4*E*Ib)/LD5)], 0, [(2*E*Ic)/L2], [(-6*E*Ic)/L2^2+((6*E*Ic)/L1^2)], [(6*E*Ic)/L2^2], [(2*E*Ic)/L2], 0, [(4*E*Ib)/LD5+(4*E*Ic)/L2], [(2*E*Ib)/LD5], [(-6*E*Ic)/L2^2], [(6*E*Ic)/L2^2], 0, [(2*E*Ic)/L2], [(2*E*Ib)/LD5], [(4*E*Ib)/LD5+(4*E*Ic)/L2]]];
> Ktt:=submatrix(k1, 1..2,1..2);
> Kt8:=submatrix(k1, 1..2,3..6);
> K8t:=submatrix(k1, 3..6,1..2);
> K88:=submatrix(k1, 3..6,3..6);
>
> #=====
> # ΣΤΑΤΙΚΗ ΕΥΜΗΥΚΝΩΣΗ Κ1
> #=====
> Kstar:=evalm(Ktt-multiply(Kt8,inverse(K88),K8t));
> Kstar[1,1];
> Kstar[1,2];
> Kstar[2,1];
> Kstar[2,2];
>
k1:=array([[Kstar[1,1],0,0,Kstar[1,2],0,0],[0,0,0,0,0,0],[0,0,0,0,0,0],[Kstar[2,1],0,0,Kstar[2,2],0,0],[0,0,0,0,0,0],[0,0,0,0,0,0]]];
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΞΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ri ΛΟΓΩ ΕΤΡΟΦΗΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> φ1:=Pi/2.;
> cosφ1:=evalf(cos(φ1));
> sinφ1:=evalf(sin(φ1));
> R1:=array([[cosφ1,sinφ1,0,0,0,0],[-sinφ1,cosφ1,0,0,0,0],[0,0,1,0,0,0],[0,0,0,cosφ1,sinφ1,0],[0,0,0,-sinφ1,cosφ1,0],[0,0,0,0,0,1]]];
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΞΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ti ΛΟΓΩ ΜΕΤΑΘΕΣΕΩΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> T1:=array([[1,0,0,0,0,0],[0,1,0,0,0,0],[0,-7.50,1,0,0,0],[0,0,0,1,0,0],[0,0,0,0,1,0],[0,0,0,0,-7.50,1]]];
> kbar1:=multiply(T1,(multiply(transpose(R1),k1,R1)),transpose(T1));
> #=====
> # ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ 2 (ΠΛΑΙΣΙΟ Κ2-Δ6-Κ5)
> #=====
> k2:=array([[(24*E*Ic)/L1^3+(24*E*Ic)/L2^3], [(-12*E*Ic)/L2^3+(-12*E*Ic)/L2^3], [(-6*E*Ic)/L2^2+((6*E*Ic)/L1^2)], [(-6*E*Ic)/L2^2+((6*E*Ic)/L1^2)], [(-12*E*Ic)/L2^3+(-12*E*Ic)/L2^3], [(12*E*Ic)/L2^3+(12*E*Ic)/L2^3], [(6*E*Ic)/L2^2], [(6*E*Ic)/L2^2], [(6*E*Ic)/L2^2], [(6*E*Ic)/L2^2], [(-12*E*Ic)/L2^3+(-12*E*Ic)/L2^3], [(-12*E*Ic)/L2^3+((12*E*Ic)/L2^3+(12*E*Ic)/L2^3)], [(6*E*Ic)/L2^2], [(6*E*Ic)/L2^2], [(6*E*Ic)/L2^2], [(6*E*Ic)/L2^2], [(6*E*Ic)/L2^2+((6*E*Ic)/L1^2)], [(6*E*Ic)/L2^2], [(4*E*Ic)/L2+(4*E*Ic)/L1+(4*E*Ib)/LD6], [(2*E*Ib)/LD6], [(2*E*Ic)/L2], 0], [(-6*E*Ic)/L2^2+((6*E*Ic)/L1^2)], [(6*E*Ic)/L2^2], [(2*E*Ib)/LD6], [(4*E*Ic)/L2+(4*E*Ic)/L1+(4*E*Ib)/LD6)], 0, [(2*E*Ic)/L2], [(-6*E*Ic)/L2^2+((6*E*Ic)/L1^2)], [(6*E*Ic)/L2^2], [(2*E*Ib)/LD6], [(4*E*Ic)/L2+(4*E*Ic)/L1+(4*E*Ib)/LD6)], 0, [(2*E*Ic)/L2], [(-6*E*Ic)/L2^2+((6*E*Ic)/L1^2)], [(6*E*Ic)/L2^2], [(2*E*Ic)/L2], 0, [(4*E*Ib)/LD6+(4*E*Ic)/L2], [(2*E*Ib)/LD6], [(-6*E*Ic)/L2^2], [(6*E*Ic)/L2^2], 0, [(2*E*Ic)/L2], [(2*E*Ib)/LD6], [(4*E*Ib)/LD6+(4*E*Ic)/L2]]];
> Ktt:=submatrix(k2, 1..2,1..2);
> Kt8:=submatrix(k2, 1..2,3..6);
> K8t:=submatrix(k2, 3..6,1..2);
> K88:=submatrix(k2, 3..6,3..6);
>
> #=====
> # ΣΤΑΤΙΚΗ ΕΥΜΗΥΚΝΩΣΗ Κ2
> #=====
> Kstar:=evalm(Ktt-multiply(Kt8,inverse(K88),K8t));
> Kstar[1,1];
> Kstar[1,2];
> Kstar[2,1];
> Kstar[2,2];
>
k2:=array([[Kstar[1,1],0,0,Kstar[1,2],0,0],[0,0,0,0,0,0],[0,0,0,0,0,0],[Kstar[2,1],0,0,Kstar[2,2],0,0],[0,0,0,0,0,0],[0,0,0,0,0,0]]];
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΞΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ri ΛΟΓΩ ΕΤΡΟΦΗΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> φ2:=Pi/2.;
> cosφ2:=evalf(cos(φ2));
> sinφ2:=evalf(sin(φ2));
> R2:=array([[cosφ2,sinφ2,0,0,0,0],[-sinφ2,cosφ2,0,0,0,0],[0,0,1,0,0,0],[0,0,0,cosφ2,sinφ2,0],[0,0,0,-sinφ2,cosφ2,0],[0,0,0,0,0,1]]];
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΞΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ti ΛΟΓΩ ΜΕΤΑΘΕΣΕΩΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> T2:=array([[1,0,0,0,0,0],[0,1,0,0,0,0],[0,0,1,0,0,0],[0,0,0,1,0,0],[0,0,0,0,1,0],[0,0,0,0,0,1]]];
> kbar2:=multiply(T2,(multiply(transpose(R2),k2,R2)),transpose(T2));
> #=====
> # ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ 3 (ΠΛΑΙΣΙΟ Κ3-Δ7-Κ6)
> #=====
> k3:=array([[(24*E*Ic)/L1^3+(24*E*Ic)/L2^3], [(-12*E*Ic)/L2^3+(-12*E*Ic)/L2^3], [(-6*E*Ic)/L2^2+((6*E*Ic)/L1^2)], [(-6*E*Ic)/L2^2+((6*E*Ic)/L1^2)], [(-12*E*Ic)/L2^3+(-12*E*Ic)/L2^3], [(12*E*Ic)/L2^3+(12*E*Ic)/L2^3], [(6*E*Ic)/L2^2], [(6*E*Ic)/L2^2], [(6*E*Ic)/L2^2], [(6*E*Ic)/L2^2], [(-12*E*Ic)/L2^3+(-12*E*Ic)/L2^3], [(-12*E*Ic)/L2^3+((12*E*Ic)/L2^3+(12*E*Ic)/L2^3)], [(6*E*Ic)/L2^2], [(6*E*Ic)/L2^2], [(6*E*Ic)/L2^2], [(6*E*Ic)/L2^2], [(6*E*Ic)/L2^2+((6*E*Ic)/L1^2)], [(6*E*Ic)/L2^2], [(4*E*Ic)/L2+(4*E*Ic)/L1+(4*E*Ib)/LD7], [(2*E*Ib)/LD7], [(2*E*Ic)/L2], 0], [(-6*E*Ic)/L2^2+((6*E*Ic)/L1^2)], [(6*E*Ic)/L2^2], [(2*E*Ib)/LD7], [(4*E*Ic)/L2+(4*E*Ic)/L1+(4*E*Ib)/LD7)], 0, [(2*E*Ic)/L2], [(-6*E*Ic)/L2^2+((6*E*Ic)/L1^2)], [(6*E*Ic)/L2^2], [(2*E*Ib)/LD7], [(4*E*Ic)/L2+(4*E*Ic)/L1+(4*E*Ib)/LD7)], 0, [(2*E*Ic)/L2], [(-6*E*Ic)/L2^2+((6*E*Ic)/L1^2)], [(6*E*Ic)/L2^2], [(2*E*Ib)/LD7], [(4*E*Ic)/L2+(4*E*Ic)/L1+(4*E*Ib)/LD7)], 0, [(2*E*Ic)/L2], [(-6*E*Ic)/L2^2+((6*E*Ic)/L1^2)], [(6*E*Ic)/L2^2], [(2*E*Ib)/LD7], [(4*E*Ic)/L2+(4*E*Ic)/L1+(4*E*Ib)/LD7]]];

```

## Επιρροή των εξωστών στη δυναμική ανάλυση κτιρίων

```
6*E*Ic)/L2^2)+((6*E*Ic)/L1^2), ((6*E*Ic)/L2^2), ((2*E*Ib)/LD7), (((4*E*Ic)/L2)+(4*E*Ic)/L1)+(4*E*Ib)/LD7)), 0
, ((2*E*Ic)/L2)], [((-
6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2), ((2*E*Ic)/L2), 0, ((4*E*Ib)/LD7)+(4*E*Ic)/L2), ((2*E*Ib)/LD7)], [((-
6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2), 0, ((2*E*Ic)/L2), ((2*E*Ib)/LD7), ((4*E*Ib)/LD7)+(4*E*Ic)/L2)]]);
> Ktt:=submatrix(k3, 1..2,1..2);
> Kt8:=submatrix(k3, 1..2,3..6);
> K8t:=submatrix(k3, 3..6,1..2);
> K88:=submatrix(k3, 3..6,3..6);
>
#=====
> #
# ΕΤΑΤΙΚΗ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ K3
#=====
> Kstar:=evalm(Ktt-multiply(Kt8,inverse(K88),K8t));
> Kstar[1,1];
> Kstar[1,2];
> Kstar[2,1];
> Kstar[2,2];
>
k3:=array([[Kstar[1,1],0,0,Kstar[1,2],0,0],[0,0,0,0,0],[0,0,0,0,0],[Kstar[2,1],0,0,Kstar[2,2],0,0],[0,0
,0,0,0],[0,0,0,0,0]]);
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ri ΛΟΓΩ ΣΤΡΟΦΗΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> φ3:=Pi/2.;
> cosφ3:=evalf(cos(φ3));
> sinφ3:=evalf(sin(φ3));
> R3:=array([[cosφ3,sinφ3,0,0,0,0],[-sinφ3,cosφ3,0,0,0,0],[0,0,1,0,0,0],[0,0,0,cosφ3,sinφ3,0],[0,0,0,-
sinφ3,cosφ3,0],[0,0,0,0,0,1]]);
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ti ΛΟΓΩ ΜΕΤΑΘΕΣΕΩΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> T3:=array([[1,0,0,0,0,0],[0,1,0,0,0,0],[0,7.50,1,0,0,0],[0,0,0,1,0,0],[0,0,0,0,1,0],[0,0,0,0,7.50,1]]);
> kbar3:=multiply(T3,(multiply(transpose(R3),k3,R3)),transpose(T3));
> #=====
> #
# ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ 4 (ΠΛΑΙΣΙΟ K4-Δ3-K5-Δ4-K6)
#=====
>
k4:=array([[(12*E*Ic)/L1^3)+(12*E*Ic)/L1^3)+(12*E*Ic)/L1^3)+(12*E*Ic)/L2^3)+(12*E*Ic)/L2^3)+(12*E*Ic
)/L2^3), ((-12*E*Ic)/L2^3)+((-12*E*Ic)/L2^3)+((-12*E*Ic)/L2^3), (((-6*E*Ic)/L2^2)+(6*E*Ic)/L1^2), (((-
6*E*Ic)/L2^2)+(6*E*Ic)/L1^2), (((-6*E*Ic)/L2^2)+(6*E*Ic)/L1^2), ((-6*E*Ic)/L2^2), ((-6*E*Ic)/L2^2), ((-
6*E*Ic)/L2^2)], [((-12*E*Ic)/L2^3)+((-12*E*Ic)/L2^3)+((-12*E*Ic)/L2^3)+((-
12*E*Ic)/L2^3), ((12*E*Ic)/L2^3)+(12*E*Ic)/L2^3)+(12*E*Ic)/L2^3), ((6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*I
c)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2)], [(((-
6*E*Ic)/L2^2)+(6*E*Ic)/L1^2), ((6*E*Ic)/L2^2), ((4*E*Ic)/L2)+(4*E*Ic)/L1)+(4*E*Ib)/LD4), ((2*E*Ib)/LD4)
, 0, ((2*E*Ic)/L2), 0, 0], [(((-
6*E*Ic)/L2^2)+(6*E*Ic)/L1^2), ((6*E*Ic)/L2^2), ((2*E*Ib)/LD4), (((4*E*Ic)/L2)+(4*E*Ic)/L1)+(4*E*Ib)/LD4)+(
(4*E*Ib)/LD3), ((2*E*Ib)/LD3), 0, ((2*E*Ic)/L2), 0], [((-
6*E*Ic)/L2^2)+(6*E*Ic)/L1^2), ((6*E*Ic)/L2^2), 0, ((2*E*Ib)/LD3), (((4*E*Ib)/LD3)+(4*E*Ic)/L1)+(4*E*Ic)/L2)
, 0, 0, ((2*E*Ic)/L2)],
[(((-6*E*Ic)/L2^2)+(6*E*Ic)/L1^2), ((6*E*Ic)/L2^2), ((2*E*Ic)/L2), 0, 0, (((4*E*Ib)/LD4)+(4*E*Ic)/L2), ((2*E*Ib)/LD4), 0],
[(((-
6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2), 0, ((2*E*Ic)/L2), 0, ((2*E*Ib)/LD4), (((4*E*Ib)/LD4)+(4*E*Ib)/LD3)+(4*E*Ic)/L2)
), ((2*E*Ib)/LD3)],
[(((-6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2), 0, 0, ((2*E*Ic)/L2), 0, ((2*E*Ib)/LD3), (((4*E*Ib)/LD3)+(4*E*Ic)/L2)]]);
> Ktt:=submatrix(k4, 1..2,1..2);
> Kt8:=submatrix(k4, 1..2,3..8);
> K8t:=submatrix(k4, 3..8,1..2);
> K88:=submatrix(k4, 3..8,3..8);
>
#=====
> #
# ΕΤΑΤΙΚΗ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ K4
#=====
> Kstar:=evalm(Ktt-multiply(Kt8,inverse(K88),K8t));
> Kstar[1,1];
> Kstar[1,2];
> Kstar[2,1];
> Kstar[2,2];
>
k4:=array([[Kstar[1,1],0,0,Kstar[1,2],0,0],[0,0,0,0,0,0],[0,0,0,0,0,0],[Kstar[2,1],0,0,Kstar[2,2],0,0],[0,0
,0,0,0],[0,0,0,0,0,0]]);
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ri ΛΟΓΩ ΣΤΡΟΦΗΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> φ4:=0;
> cosφ4:=evalf(cos(φ4));
> sinφ4:=evalf(sin(φ4));
> R4:=array([[cosφ4,sinφ4,0,0,0,0],[-sinφ4,cosφ4,0,0,0,0],[0,0,1,0,0,0],[0,0,0,cosφ4,sinφ4,0],[0,0,0,-
sinφ4,cosφ4,0],[0,0,0,0,0,1]]);
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ti ΛΟΓΩ ΜΕΤΑΘΕΣΕΩΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> T4:=array([[1,0,0,0,0,0],[0,1,0,0,0,0],[4.00,0,1,0,0,0],[0,0,0,1,0,0],[0,0,0,0,1,0],[0,0,0,4.00,0,1]]);
> kbar4:=multiply(T4,(multiply(transpose(R4),k4,R4)),transpose(T4));
> #=====
> #
# ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ 5 (ΠΛΑΙΣΙΟ K1-Δ1-K2-Δ2-K3)
#=====
>
k5:=array([[(12*E*Ic)/L1^3)+(12*E*Ic)/L1^3)+(12*E*Ic)/L1^3)+(12*E*Ic)/L2^3)+(12*E*Ic)/L2^3)+(12*E*Ic
)/L2^3), ((-12*E*Ic)/L2^3)+((-12*E*Ic)/L2^3)+((-12*E*Ic)/L2^3), (((-6*E*Ic)/L2^2)+(6*E*Ic)/L1^2), (((-
6*E*Ic)/L2^2)+(6*E*Ic)/L1^2), (((-6*E*Ic)/L2^2)+(6*E*Ic)/L1^2), ((-6*E*Ic)/L2^2), ((-6*E*Ic)/L2^2), ((-
6*E*Ic)/L2^2)], [((-12*E*Ic)/L2^3)+((-12*E*Ic)/L2^3)+((-
12*E*Ic)/L2^3), ((12*E*Ic)/L2^3)+(12*E*Ic)/L2^3)+(12*E*Ic)/L2^3), ((6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*I
c)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2)], [(((-
6*E*Ic)/L2^2)+(6*E*Ic)/L1^2), ((6*E*Ic)/L2^2), ((4*E*Ic)/L2)+(4*E*Ic)/L1)+(4*E*Ib)/LD2), ((2*E*Ib)/LD2)
, 0, ((2*E*Ic)/L2), 0, 0], [(((-
6*E*Ic)/L2^2)+(6*E*Ic)/L1^2), ((6*E*Ic)/L2^2), ((2*E*Ib)/LD2), (((4*E*Ic)/L2)+(4*E*Ic)/L1)+(4*E*Ib)/LD2)+(
(4*E*Ib)/LD2)],
[(((-6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2), 0, 0, ((2*E*Ic)/L2), 0, ((2*E*Ib)/LD2), (((4*E*Ib)/LD2)+(4*E*Ic)/L1)+(4*E*Ic)/L2)]]);
```

```

(4*E*Ib)/Ld1), ((2*E*Ib)/Ld1), 0, ((2*E*Ic)/L2), 0], [(-
6*E*Ic)/L2^2)+((6*E*Ic)/L1^2), ((6*E*Ic)/L2^2), 0, ((2*E*Ib)/Ld1), (((4*E*Ib)/Ld1)+((4*E*Ic)/L1)+((4*E*Ic)/L2)
), 0, 0, ((2*E*Ic)/L2)],
[(-6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2), ((2*E*Ic)/L2), 0, 0, (((4*E*Ib)/Ld1)+((4*E*Ic)/L2)), ((2*E*Ib)/Ld2), 0],
[(-
6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2), 0, ((2*E*Ic)/L2), 0, ((2*E*Ib)/Ld2), (((4*E*Ib)/Ld2)+((4*E*Ib)/Ld1)+((4*E*Ic)/L2)
), ((2*E*Ib)/Ld1)],
[(-6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2), 0, 0, ((2*E*Ic)/L2), 0, ((2*E*Ib)/Ld1), (((4*E*Ib)/Ld1)+((4*E*Ic)/L2))]];
> Ktt:=submatrix(k5, 1..2,1..2);
> Kt8:=submatrix(k5, 1..2,3..8);
> K8t:=submatrix(k5, 3..8,1..2);
> K88:=submatrix(k5, 3..8,3..8);
>
> #=====
> #
> #          ΣΤΑΤΙΚΗ ΕΥΜΗΚΝΩΣΗ K5
> #=====
> Kstar:=evalm(Ktt-multiply(Kt8,inverse(K88),K8t));
> Kstar[1,1];
> Kstar[1,2];
> Kstar[2,1];
> Kstar[2,2];
>
k5:=array([[Kstar[1,1],0,0,Kstar[1,2],0,0],[0,0,0,0,0,0],[0,0,0,0,0,0],[Kstar[2,1],0,0,Kstar[2,2],0,0],[0,0
,0,0,0],[0,0,0,0,0,0]]];
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ri ΛΟΓΩ ΣΤΡΟΦΗΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> φ5:=0;
> cosφ5:=evalf(cos(φ5));
> sinφ5:=evalf(sin(φ5));
> R5:=array([[cosφ5,sinφ5,0,0,0,0],[-sinφ5,cosφ5,0,0,0,0],[0,0,1,0,0,0],[0,0,0,cosφ5,sinφ5,0],[0,0,0,-
sinφ5,cosφ5,0],[0,0,0,0,0,1]]);
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ti ΛΟΓΩ ΜΕΤΑΘΕΣΕΩΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> T5:=array([[1,0,0,0,0,0],[0,1,0,0,0,0],[-4.00,0,1,0,0,0],[0,0,0,1,0,0],[0,0,0,0,1,0],[0,0,0,-4.00,0,1]]);
> kbar5:=multiply(T5,(multiply(transpose(R5),k5,R5)),transpose(T5));
> #=====
> #
> #          ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ 6 (ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ K1)
> #=====
> k6:=array([[0,0,0,0,0,0],[0,0,0,0,0,0],[0,0,((G*It1)/L2),0,0,((-
G*It1)/L2)],[0,0,0,0,0,0],[0,0,0,0,0,0],[0,0,((-G*It1)/L2),0,0,(((G*It1)/L2)+((G*It1)/L1))]];
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ri ΛΟΓΩ ΣΤΡΟΦΗΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> φ6:=0;
> cosφ6:=evalf(cos(φ6));
> sinφ6:=evalf(sin(φ6));
> R6:=array([[cosφ6,sinφ6,0,0,0,0],[-sinφ6,cosφ6,0,0,0,0],[0,0,1,0,0,0],[0,0,0,cosφ6,sinφ6,0],[0,0,0,-
sinφ6,cosφ6,0],[0,0,0,0,0,1]]);
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ti ΛΟΓΩ ΜΕΤΑΘΕΣΕΩΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> T6:=array([[1,0,0,0,0,0],[0,1,0,0,0,0],[0,0,1,0,0,0],[0,0,0,1,0,0],[0,0,0,0,1,0],[0,0,0,0,0,1]]);
> kbar6:=multiply(T6,(multiply(transpose(R6),k6,R6)),transpose(T6));
> #=====
> #
> #          ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ 7 (ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ K2)
> #=====
> k7:=array([[0,0,0,0,0,0],[0,0,0,0,0,0],[0,0,((G*It2)/L2),0,0,((-
G*It2)/L2)],[0,0,0,0,0,0],[0,0,0,0,0,0],[0,0,((-G*It2)/L2),0,0,(((G*It2)/L2)+((G*It2)/L1))]];
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ri ΛΟΓΩ ΣΤΡΟΦΗΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> φ7:=0;
> cosφ7:=evalf(cos(φ7));
> sinφ7:=evalf(sin(φ7));
> R7:=array([[cosφ7,sinφ7,0,0,0,0],[-sinφ7,cosφ7,0,0,0,0],[0,0,1,0,0,0],[0,0,0,cosφ7,sinφ7,0],[0,0,0,-
sinφ7,cosφ7,0],[0,0,0,0,0,1]]);
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ti ΛΟΓΩ ΜΕΤΑΘΕΣΕΩΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> T7:=array([[1,0,0,0,0,0],[0,1,0,0,0,0],[0,0,1,0,0,0],[0,0,0,1,0,0],[0,0,0,0,1,0],[0,0,0,0,0,1]]);
> kbar7:=multiply(T7,(multiply(transpose(R7),k7,R7)),transpose(T7));
> #=====
> #
> #          ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ 8 (ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ K3)
> #=====
> k8:=array([[0,0,0,0,0,0],[0,0,0,0,0,0],[0,0,((G*It3)/L2),0,0,((-
G*It3)/L2)],[0,0,0,0,0,0],[0,0,0,0,0,0],[0,0,((-G*It3)/L2),0,0,(((G*It3)/L2)+((G*It3)/L1))]];
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ri ΛΟΓΩ ΣΤΡΟΦΗΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> φ8:=0;
> cosφ8:=evalf(cos(φ8));
> sinφ8:=evalf(sin(φ8));
> R8:=array([[cosφ8,sinφ8,0,0,0,0],[-sinφ8,cosφ8,0,0,0,0],[0,0,1,0,0,0],[0,0,0,cosφ8,sinφ8,0],[0,0,0,-
sinφ8,cosφ8,0],[0,0,0,0,0,1]]);
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ti ΛΟΓΩ ΜΕΤΑΘΕΣΕΩΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> T8:=array([[1,0,0,0,0,0],[0,1,0,0,0,0],[0,0,1,0,0,0],[0,0,0,1,0,0],[0,0,0,0,1,0],[0,0,0,0,0,1]]);
> kbar8:=multiply(T8,(multiply(transpose(R8),k8,R8)),transpose(T8));
> #=====
> #
> #          ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ 9 (ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ K4)
> #=====
> k9:=array([[0,0,0,0,0,0],[0,0,0,0,0,0],[0,0,((G*It4)/L2),0,0,((-
G*It4)/L2)],[0,0,0,0,0,0],[0,0,0,0,0,0],[0,0,((-G*It4)/L2),0,0,(((G*It4)/L2)+((G*It4)/L1))]];
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ri ΛΟΓΩ ΣΤΡΟΦΗΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> φ9:=0;
> cosφ9:=evalf(cos(φ9));
> sinφ9:=evalf(sin(φ9));
> R9:=array([[cosφ9,sinφ9,0,0,0,0],[-sinφ9,cosφ9,0,0,0,0],[0,0,1,0,0,0],[0,0,0,cosφ9,sinφ9,0],[0,0,0,-
sinφ9,cosφ9,0],[0,0,0,0,0,1]]);
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ti ΛΟΓΩ ΜΕΤΑΘΕΣΕΩΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #

```

## Επιρροή των εξωστών στη δυναμική ανάλυση κτιρίων

```
> T9:=array([ [0,0,0,0,0,0], [0,1,0,0,0,0], [0,0,1,0,0,0], [0,0,0,1,0,0], [0,0,0,0,1,0], [0,0,0,0,0,1] ] );
> kbar9:=multiply(T9, (multiply(transpose(R9), k9, R9)), transpose(T9));
> #=====
> # ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ 10 (ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ K5)
> #=====
> k10:=array([ [0,0,0,0,0,0], [0,0,0,0,0,0], [0,0, ((G*It5)/L2), 0,0, ((-
G*It5)/L2)], [0,0,0,0,0,0], [0,0,0,0,0,0], [0,0, ((-G*It5)/L2), 0,0, ((G*It5)/L2)+((G*It5)/L1) ] ] );
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ri ΛΟΓΩ ΣΤΡΟΦΗΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> phi0:=0;
> cosphi0:=evalf(cos(phi0));
> sinphi0:=evalf(sin(phi0));
> R10:=array([ [cosphi0, sinphi0, 0,0,0,0], [-
sinphi0, cosphi0, 0,0,0,0], [0,0,1,0,0,0], [0,0,0,cosphi0, sinphi0, 0], [0,0,0, -sinphi0, cosphi0, 0], [0,0,0,0,0,1] ] );
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ti ΛΟΓΩ ΜΕΤΑΘΕΣΕΩΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> T10:=array([ [1,0,0,0,0,0], [0,1,0,0,0,0], [0,0,1,0,0,0], [0,0,0,1,0,0], [0,0,0,0,1,0], [0,0,0,0,0,1] ] );
> kbar10:=multiply(T10, (multiply(transpose(R10), k10, R10)), transpose(T10));
> #=====
> # ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ 11 (ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ K6)
> #=====
> k11:=array([ [0,0,0,0,0,0], [0,0,0,0,0,0], [0,0, ((G*It6)/L2), 0,0, ((-
G*It6)/L2)], [0,0,0,0,0,0], [0,0,0,0,0,0], [0,0, ((-G*It6)/L2), 0,0, ((G*It6)/L1)+((G*It6)/L2) ] ] );
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ri ΛΟΓΩ ΣΤΡΟΦΗΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> phi1:=0;
> cosphi1:=evalf(cos(phi1));
> sinphi1:=evalf(sin(phi1));
> R11:=array([ [cosphi1, sinphi1, 0,0,0,0], [-
sinphi1, cosphi1, 0,0,0,0], [0,0,1,0,0,0], [0,0,0,cosphi1, sinphi1, 0], [0,0,0, -sinphi1, cosphi1, 0], [0,0,0,0,0,1] ] );
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ti ΛΟΓΩ ΜΕΤΑΘΕΣΕΩΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> T11:=array([ [1,0,0,0,0,0], [0,1,0,0,0,0], [0,0,1,0,0,0], [0,0,0,1,0,0], [0,0,0,0,1,0], [0,0,0,0,0,1] ] );
> kbar11:=multiply(T11, (multiply(transpose(R11), k11, R11)), transpose(T11));
> #####
> # ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΜΗΤΡΩΟ ΑΚΑΜΨΙΑΣ (Kol) ΜΕΤΑ ΤΗ ΣΤΑΤΙΚΗ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ
> #####
> kol:=evalm(kbar1+kbar2+kbar3+kbar4+kbar5+kbar6+kbar7+kbar8+kbar9+kbar10+kbar11);
> #####
> # ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΜΗΤΡΩΟ ΜΑΖΑΣ (Mol)
> #####
>
mbar:=array([ [moo,0,0,0,0,0], [0,moo,0,0,0,0], [0,0,loo,0,0,0], [0,0,0,mo,0,0], [0,0,0,0,mo,0], [0,0,0,0,0,loo] ] );
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Tc ΛΟΓΩ ΜΕΤΑΘΕΣΕΩΣ #
> Tc:=array([ [1,0,0,0,0,0], [0,1,0,0,0,0], [0,0,1,0,0,0], [0,0,0,1,0,0], [0,0,0,0,1,0], [0,0,0,0,0,1] ] );
> mol:=multiply(Tc, mbar, transpose(Tc));
> #=====
> # Eigenvalues and Eigenvectors (ΙΔΙΟΤΙΜΕΣ ΚΑΙ ΙΔΙΟΔΙΑΝΥΣΜΑΤΑ)
> #=====
> omeg:=evalf(Eigenvals(kol, mol, vecs));
> o1:=4: o2:=2: o3:=6: o4:=3: o5:=1: o6:=5:
> omega1:=omeg[o1];
> omega2:=omeg[o2];
> omega3:=omeg[o3];
> omega4:=omeg[o4];
> omega5:=omeg[o5];
> omega6:=omeg[o6];
> print(vecs);
> #=====
> # Normalization (ΚΑΝΟΝΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗ ΜΑΖΑ)
> #=====
> v1 := linalg[submatrix](vecs, 1..6, o1..o1);
> c:=multiply(transpose(v1), mol, v1);
> c1:=c[1,1];
> mu[1]:=1/sqrt(c1);
> phi[1]:=scalarmul(v1, mu[1]);
> test:=multiply(transpose(phi[1]), mol, phi[1]);
> v2 := linalg[submatrix](vecs, 1..6, o2..o2);
> c:=multiply(transpose(v2), mol, v2);
> c2:=c[1,1];
> mu[2]:=1/sqrt(c2);
> phi[2]:=scalarmul(v2, mu[2]);
> phi[2][1,1];
> test:=multiply(transpose(phi[2]), mol, phi[2]);
> v3 := linalg[submatrix](vecs, 1..6, o3..o3);
> c:=multiply(transpose(v3), mol, v3);
> c3:=c[1,1];
> mu[3]:=1/sqrt(c3);
> phi[3]:=scalarmul(v3, mu[3]);
> phi[3][1,1];
> test:=multiply(transpose(phi[3]), mol, phi[3]);
> v4 := linalg[submatrix](vecs, 1..6, o4..o4);
> c:=multiply(transpose(v4), mol, v4);
> c4:=c[1,1];
> mu[4]:=1/sqrt(c4);
> phi[4]:=scalarmul(v4, mu[4]);
> phi[4][1,1];
> test:=multiply(transpose(phi[4]), mol, phi[4]);
> v5 := linalg[submatrix](vecs, 1..6, o5..o5);
```

```

> c:=multiply(transpose(v5),mol,v5);
> c5:=c[1,1];
> mu[5]:=1/sqrt(c5);
> phi[5]:=scalarmul(v5,mu[5]);
> phi[5][1,1];
> test:=multiply(transpose(phi[5]),mol,phi[5]);
> v6 := linalg[submatrix](vecs, 1..6, o6..o6);
> c:=multiply(transpose(v6),mol,v6);
> c6:=c[1,1];
> mu[6]:=1/sqrt(c6);
> phi[6]:=scalarmul(v6,mu[6]);
> phi[6][1,1];
> test:=multiply(transpose(phi[6]),mol,phi[6]);
=====
#
#                               ΔΥΝΑΜΗ ΚΑΤΑ Χ ΠΟΥ ΔΕΚΕΙΤΑΙ ΣΤΗ ΜΑΖΑ
#
=====
> Pa:=88.06;
> Pb:=176.11;
> a:=0;
> d:=evalf(cos(a));
> f:=evalf(sin(a));
> Pt1:=Pa*d;
> Pt2:=Pa*f;
> Pt3:=0;
> Pt4:=Pb*d;
> Pt5:=Pb*f;
> Pt6:=0;
> P:=transpose(array([[Pt1,Pt2,Pt3,Pt4,Pt5,Pt6]]));
=====
#
#                               ΙΔΙΟΜΟΡΦΙΚΗ ΜΑΖΑ
#
=====
> M1:=multiply(transpose(phi[1]),mol,phi[1]);
> M2:=multiply(transpose(phi[2]),mol,phi[2]);
> M3:=multiply(transpose(phi[3]),mol,phi[3]);
> M4:=multiply(transpose(phi[4]),mol,phi[4]);
> M5:=multiply(transpose(phi[5]),mol,phi[5]);
> M6:=multiply(transpose(phi[6]),mol,phi[6]);
=====
#
#                               ΙΔΙΟΜΟΡΦΙΚΗ ΑΚΑΜΨΙΑ
#
=====
> k1:=multiply(transpose(phi[1]),kol,phi[1]);
> K1:=k1[1,1];
> k2:=multiply(transpose(phi[2]),kol,phi[2]);
> K2:=k2[1,1];
> k3:=multiply(transpose(phi[3]),kol,phi[3]);
> K3:=k3[1,1];
> k4:=multiply(transpose(phi[4]),kol,phi[4]);
> K4:=k4[1,1];
> k5:=multiply(transpose(phi[5]),kol,phi[5]);
> K5:=k5[1,1];
> k6:=multiply(transpose(phi[6]),kol,phi[6]);
> K6:=k6[1,1];
=====
#
#                               ΙΔΙΟΜΟΡΦΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ
#
=====
> p1:=multiply(transpose(phi[1]),P);
> P1:=p1[1,1];
> p2:=multiply(transpose(phi[2]),P);
> P2:=p2[1,1];
> p3:=multiply(transpose(phi[3]),P);
> P3:=p3[1,1];
> p4:=multiply(transpose(phi[4]),P);
> P4:=p4[1,1];
> p5:=multiply(transpose(phi[5]),P);
> P5:=p5[1,1];
> p6:=multiply(transpose(phi[6]),P);
> P6:=p6[1,1];
#####
#
#                               ΣΤΑΤΙΚΗ ΦΟΤΡΙΑΣΗ ΚΑΤΑ Χ
#
#####
#
#                               ΦΑΣΗ Ι. ΕΞΑΝΑΓΚΑΣΜΕΝΗ ΤΑΛΑΝΤΩΣΗ
#
=====
> t1:=2;
> Y1S:=(P1/(K1*t1))*(t-(sin((omega1^0.5)*t)/(omega1^0.5)));
> Y2S:=(P2/(K2*t1))*(t-(sin((omega2^0.5)*t)/(omega2^0.5)));
> Y3S:=(P3/(K3*t1))*(t-(sin((omega3^0.5*t)/(omega3^0.5)));
> Y4S:=(P4/(K4*t1))*(t-(sin((omega4^0.5*t)/(omega4^0.5)));
> Y5S:=(P5/(K5*t1))*(t-(sin((omega5^0.5*t)/(omega5^0.5)));
> Y6S:=(P6/(K6*t1))*(t-(sin((omega6^0.5*t)/(omega6^0.5)));
> #
> # ΔΙΑΝΥΣΜΑ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΕΩΝ ΜΕΣΩ ΤΗΣ ΕΠΑΛΛΗΛΙΑΣ ΤΩΝ ΙΔΙΟΜΟΡΦΩΝ
> #
> ut1s:=Y1S*phi[1][1,1]+Y2S*phi[2][1,1]+Y3S*phi[3][1,1]+Y4S*phi[4][1,1]+Y5S*phi[5][1,1]+Y6S*phi[6][1,1];
> ut2s:=Y1S*phi[1][2,1]+Y2S*phi[2][2,1]+Y3S*phi[3][2,1]+Y4S*phi[4][2,1]+Y5S*phi[5][2,1]+Y6S*phi[6][2,1];
> ut3s:=Y1S*phi[1][3,1]+Y2S*phi[2][3,1]+Y3S*phi[3][3,1]+Y4S*phi[4][3,1]+Y5S*phi[5][3,1]+Y6S*phi[6][3,1];

```



## Επιρροή των εξωστών στη δυναμική ανάλυση κτιρίων

```
> ut4s:=Y1S*phi[1][4,1]+Y2S*phi[2][4,1]+Y3S*phi[3][4,1]+Y4S*phi[4][4,1]+Y5S*phi[5][4,1]+Y6S*phi[6][4,1];
> ut5s:=Y1S*phi[1][5,1]+Y2S*phi[2][5,1]+Y3S*phi[3][5,1]+Y4S*phi[4][5,1]+Y5S*phi[5][5,1]+Y6S*phi[6][5,1];
> ut6s:=Y1S*phi[1][6,1]+Y2S*phi[2][6,1]+Y3S*phi[3][6,1]+Y4S*phi[4][6,1]+Y5S*phi[5][6,1]+Y6S*phi[6][6,1];
> plot([ut2s],t=0..t1);
> plot([ut3s],t=0..t1);
> plot([ut4s],t=0..t1);
> plot([ut5s],t=0..t1);
> plot([ut6s],t=0..t1);
> plot([ut1s,ut2s,ut3s,ut4s,ut5s,ut6s],t=0..t1);
#
#=====
#                                     ΦΑΣΗ ΙΙ. ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΤΑΛΑΝΤΩΣΗ
#=====
> tn:=t-t1;
> Y12S:=(P1/(K1*t1))*(t0-((sin(omega1^0.5*t0)/(omega1^0.5)));
> Yd1S:=diff(Y12S,t0);
> t0:=t1;
> Yd1SS:=Yd1S;
> ss1:=(P1/K1)*(1-cos((omega1^0.5)*tn));
> os1:=(P1/(K1*t1))*(t1-((sin(omega1^0.5*t1)/(omega1^0.5)))*cos((omega1^0.5)*tn));
> Yd1:=((Yd1SS*(sin(omega1^0.5*tn)))/(omega1^0.5))+os1+ss1;
> Y22S:=(P2/(K2*t1))*(t02-(sin(omega2^0.5*t02)/omega2^0.5));
> Yd2S:=diff(Y22S,t02);
> t02:=t1;
> Yd2SS:=Yd2S;
> ss2:=(P2/K2)*(1-cos((omega2^0.5)*tn));
> os2:=(P2/(K2*t1))*(t1-(sin(omega2^0.5*t1)/omega2^0.5))*cos((omega2^0.5)*tn);
> Yd2:=((Yd2SS*(sin(omega2^0.5*tn)))/(omega2^0.5))+os2+ss2;
> Y32S:=(P3/(K3*t1))*(t03-(sin(omega3^0.5*t03)/(omega3^0.5)));
> Yd3S:=diff(Y32S,t03);
> t03:=t1;
> Yd3SS:=Yd3S;
> ss3:=(P3/K3)*(1-cos((omega3^0.5)*tn));
> os3:=(P3/(K3*t1))*(t1-(sin(omega3^0.5*t1)/omega3^0.5))*cos((omega3^0.5)*tn);
> Yd3:=((Yd3SS*(sin(omega3^0.5*tn)))/(omega3^0.5))+os3+ss3;
> Y42S:=(P4/(K4*t1))*(t04-(sin(omega4^0.5*t04)/(omega4^0.5)));
> Yd4S:=diff(Y42S,t04);
> t04:=t1;
> Yd4SS:=Yd4S;
> ss4:=(P4/K4)*(1-cos((omega4^0.5)*tn));
> os4:=(P4/(K4*t1))*(t04-(sin(omega4^0.5*t04)/(omega4^0.5))*cos((omega4^0.5)*tn);
> Yd4:=((Yd4SS*(sin(omega4^0.5*tn)))/(omega4^0.5))+os4+ss4;
> Y52S:=(P5/(K5*t1))*(t05-(sin(omega5^0.5*t05)/(omega5^0.5)));
> Yd5S:=diff(Y52S,t05);
> t05:=t1;
> Yd5SS:=Yd5S;
> ss5:=(P5/K5)*(1-cos((omega5^0.5)*tn));
> os5:=(P5/(K5*t1))*(t05-(sin(omega5^0.5*t05)/(omega5^0.5))*cos((omega5^0.5)*tn);
> Yd5:=((Yd5SS*(sin(omega5^0.5*tn)))/(omega5^0.5))+os5+ss5;
> Y62S:=(P6/(K6*t1))*(t06-(sin(omega6^0.5*t06)/(omega6^0.5)));
> Yd6S:=diff(Y62S,t06);
> t06:=t1;
> Yd6SS:=Yd6S;
> ss6:=(P6/K6)*(1-cos((omega6^0.5)*tn));
> os6:=(P6/(K6*t1))*(t06-(sin(omega6^0.5*t06)/(omega6^0.5))*cos((omega6^0.5)*tn);
> Yd6:=((Yd6SS*(sin(omega6^0.5*tn)))/(omega6^0.5))+os6+ss6;
#=====
> # ΔΙΑΝΥΣΜΑ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΕΩΝ ΜΕΘΥ ΤΗΣ ΕΠΑΛΛΗΛΙΑΣ ΤΩΝ ΙΔΙΟΜΟΡΦΩΝ
#=====
> ut12s:=Yd1*phi[1][1,1]+Yd2*phi[2][1,1]+Yd3*phi[3][1,1]+Yd4*phi[4][1,1]+Yd5*phi[5][1,1]+Yd6*phi[6][1,1];
> ut22s:=Yd1*phi[1][2,1]+Yd2*phi[2][2,1]+Yd3*phi[3][2,1]+Yd4*phi[4][2,1]+Yd5*phi[5][2,1]+Yd6*phi[6][2,1];
> ut32s:=Yd1*phi[1][3,1]+Yd2*phi[2][3,1]+Yd3*phi[3][3,1]+Yd4*phi[4][3,1]+Yd5*phi[5][3,1]+Yd6*phi[6][3,1];
> ut42s:=Yd1*phi[1][4,1]+Yd2*phi[2][4,1]+Yd3*phi[3][4,1]+Yd4*phi[4][4,1]+Yd5*phi[5][4,1]+Yd6*phi[6][4,1];
> ut52s:=Yd1*phi[1][5,1]+Yd2*phi[2][5,1]+Yd3*phi[3][5,1]+Yd4*phi[4][5,1]+Yd5*phi[5][5,1]+Yd6*phi[6][5,1];
> ut62s:=Yd1*phi[1][6,1]+Yd2*phi[2][6,1]+Yd3*phi[3][6,1]+Yd4*phi[4][6,1]+Yd5*phi[5][6,1]+Yd6*phi[6][6,1];
> u1s(t1):=((Heaviside(t1-t))*ut1s)+((Heaviside(t-t1))*ut12s);
> plot([u1s(t1)],t=0..5);
> u2s(t1):=((Heaviside(t1-t))*ut2s)+((Heaviside(t-t1))*ut22s);
> plot([u2s(t1)],t=0..5);
> u3s(t1):=((Heaviside(t1-t))*ut3s)+((Heaviside(t-t1))*ut32s);
> plot([u3s(t1)],t=0..5);
> u4s(t1):=((Heaviside(t1-t))*ut4s)+((Heaviside(t-t1))*ut42s);
> plot([u4s(t1)],t=0..5);
> u5s(t1):=((Heaviside(t1-t))*ut5s)+((Heaviside(t-t1))*ut52s);
> plot([u5s(t1)],t=0..5);
> u6s(t1):=((Heaviside(t1-t))*ut6s)+((Heaviside(t-t1))*ut62s);
> plot([u6s(t1)],t=0..5);
> plot([u1s(t1),u2s(t1),u3s(t1),u4s(t1),u5s(t1),u6s(t1)],t=0..5);
#=====
> #
#=====
> # ΔΥΝΑΜΗ ΚΑΤΑ Υ ΠΟΥ ΑΕΚΕΙΤΑΙ ΣΤΗ ΜΑΖΑ
#=====
> Pa:=88.06;
> Pb:=176.11;
> a:=Pi/2;
> d:=evalf(cos(a));
> f:=evalf(sin(a));
> Ptl:=Pa*d;
```

```

> Pt2:=Pa*f;
> Pt3:=0;
> Pt4:=Pb*d;
> Pt5:=Pb*f;
> Pt6:=0;
> P:=transpose(array([[Pt1,Pt2,Pt3,Pt4,Pt5,Pt6]]));
> #=====
> #
> # IΔΙΟΜΟΡΦΙΚΗ ΜΑΖΑ
> #=====
> M1:=multiply(transpose(phi[1]),mol,phi[1]);
> M2:=multiply(transpose(phi[2]),mol,phi[2]);
> M3:=multiply(transpose(phi[3]),mol,phi[3]);
> M4:=multiply(transpose(phi[4]),mol,phi[4]);
> M5:=multiply(transpose(phi[5]),mol,phi[5]);
> M6:=multiply(transpose(phi[6]),mol,phi[6]);
> #=====
> #
> # IΔΙΟΜΟΡΦΙΚΗ ΑΚΑΜΩΙΑ
> #=====
> k1:=multiply(transpose(phi[1]),kol,phi[1]);
> K1:=k1[1,1];
> k2:=multiply(transpose(phi[2]),kol,phi[2]);
> K2:=k2[1,1];
> k3:=multiply(transpose(phi[3]),kol,phi[3]);
> K3:=k3[1,1];
> k4:=multiply(transpose(phi[4]),kol,phi[4]);
> K4:=k4[1,1];
> k5:=multiply(transpose(phi[5]),kol,phi[5]);
> K5:=k5[1,1];
> k6:=multiply(transpose(phi[6]),kol,phi[6]);
> K6:=k6[1,1];
> #=====
> #
> # IΔΙΟΜΟΡΦΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ
> #=====
> p1:=multiply(transpose(phi[1]),P);
> P1:=p1[1,1];
> p2:=multiply(transpose(phi[2]),P);
> P2:=p2[1,1];
> p3:=multiply(transpose(phi[3]),P);
> P3:=p3[1,1];
> p4:=multiply(transpose(phi[4]),P);
> P4:=p4[1,1];
> p5:=multiply(transpose(phi[5]),P);
> P5:=p5[1,1];
> p6:=multiply(transpose(phi[6]),P);
> P6:=p6[1,1];
> #####
> #
> # ΣΤΑΤΙΚΗ ΦΟΤΡΙΑ ΚΑΤΑ Υ
> #####
> #
> # ΦΑΣΗ Ι.ΕΞΑΝΑΓΚΑΣΜΕΝΗ ΤΑΛΑΝΤΩΣΗ
> #=====
> t1:=2;
> Y1S:=(P1/(K1*t1))*(t-(sin((omega1^0.5)*t)/(omega1^0.5)));
> Y2S:=(P2/(K2*t1))*(t-(sin((omega2^0.5)*t)/(omega2^0.5)));
> Y3S:=(P3/(K3*t1))*(t-(sin((omega3^0.5)*t)/(omega3^0.5)));
> Y4S:=(P4/(K4*t1))*(t-(sin((omega4^0.5)*t)/(omega4^0.5)));
> Y5S:=(P5/(K5*t1))*(t-(sin((omega5^0.5)*t)/(omega5^0.5)));
> Y6S:=(P6/(K6*t1))*(t-(sin((omega6^0.5)*t)/(omega6^0.5)));
> #=====
> # ΔΙΑΝΥΣΜΑ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΕΩΝ ΜΕΘΥ ΤΗΣ ΕΠΑΛΛΗΛΙΑΣ ΤΩΝ ΙΔΙΟΜΟΡΦΩΝ
> #=====
> ut1s:=Y1S*phi[1][1,1]+Y2S*phi[2][1,1]+Y3S*phi[3][1,1]+Y4S*phi[4][1,1]+Y5S*phi[5][1,1]+Y6S*phi[6][1,1];
> ut2s:=Y1S*phi[1][2,1]+Y2S*phi[2][2,1]+Y3S*phi[3][2,1]+Y4S*phi[4][2,1]+Y5S*phi[5][2,1]+Y6S*phi[6][2,1];
> ut3s:=Y1S*phi[1][3,1]+Y2S*phi[2][3,1]+Y3S*phi[3][3,1]+Y4S*phi[4][3,1]+Y5S*phi[5][3,1]+Y6S*phi[6][3,1];
> ut4s:=Y1S*phi[1][4,1]+Y2S*phi[2][4,1]+Y3S*phi[3][4,1]+Y4S*phi[4][4,1]+Y5S*phi[5][4,1]+Y6S*phi[6][4,1];
> ut5s:=Y1S*phi[1][5,1]+Y2S*phi[2][5,1]+Y3S*phi[3][5,1]+Y4S*phi[4][5,1]+Y5S*phi[5][5,1]+Y6S*phi[6][5,1];
> ut6s:=Y1S*phi[1][6,1]+Y2S*phi[2][6,1]+Y3S*phi[3][6,1]+Y4S*phi[4][6,1]+Y5S*phi[5][6,1]+Y6S*phi[6][6,1];
> #=====
> # ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΧΡΟΝΟΥ-ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΕΩΝ
> #=====
> plot([ut1s],t=0..t1);
> plot([ut2s],t=0..t1);
> plot([ut3s],t=0..t1);
> plot([ut4s],t=0..t1);
> plot([ut5s],t=0..t1);
> plot([ut6s],t=0..t1);
> plot([ut1s,ut2s,ut3s,ut4s,ut5s,ut6s],t=0..t1);
> #=====
> #
> # ΦΑΣΗ ΙΙ.ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΤΑΛΑΝΤΩΣΗ
> #=====
> tn:=t-t1;
> Y12S:=(P1/(K1*t1))*(t0-((sin(omega1^0.5*t0)/(omega1^0.5)));
> Yd1S:=diff(Y12S,t0);
> t0:=t1;
> Yd1SS:=Yd1S;
> ssl:=(P1/K1)*(1-cos((omega1^0.5)*tn));

```

## Επιρροή των εξωστών στη δυναμική ανάλυση κτιρίων

```
> os1:=(P1/(K1*t1))*(t1-(sin(omega1^0.5*t1)/(omega1^0.5)))*cos((omega1^0.5)*tn);
> Yd1:=(Yd1SS*(sin(omega1^0.5*tn))/(omega1^0.5))+os1+ss1;
> Y22S:=(P2/(K2*t1))*(t02-(sin(omega2^0.5*t02)/omega2^0.5));
> Yd2S:=diff(Y22S,t02);
> t02:=t1;
> Yd2SS:=Yd2S;
> ss2:=(P2/K2)*(1-cos((omega2^0.5)*tn));
> os2:=(P2/(K2*t1))*(t1-(sin(omega2^0.5*t1)/omega2^0.5))*cos((omega2^0.5)*tn);
> Yd2:=(Yd2SS*(sin(omega2^0.5*tn))/(omega2^0.5))+os2+ss2;
> Y32S:=(P3/(K3*t1))*(t03-(sin(omega3^0.5*t03)/omega3^0.5));
> Yd3S:=diff(Y32S,t03);
> t03:=t1;
> Yd3SS:=Yd3S;
> ss3:=(P3/K3)*(1-cos((omega3^0.5)*tn));
> os3:=(P3/(K3*t1))*(t1-(sin(omega3^0.5*t1)/omega3^0.5))*cos((omega3^0.5)*tn);
> Yd3:=(Yd3SS*(sin(omega3^0.5*tn))/(omega3^0.5))+os3+ss3;
> Y42S:=(P4/(K4*t1))*(t04-(sin(omega4^0.5*t04)/omega4^0.5));
> Yd4S:=diff(Y42S,t04);
> t04:=t1;
> Yd4SS:=Yd4S;
> ss4:=(P4/K4)*(1-cos((omega4^0.5)*tn));
> os4:=(P4/(K4*t1))*(t04-(sin(omega4^0.5*t04)/omega4^0.5))*cos((omega4^0.5)*tn);
> Yd4:=(Yd4SS*(sin(omega4^0.5*tn))/(omega4^0.5))+os4+ss4;
> Y52S:=(P5/(K5*t1))*(t05-(sin(omega5^0.5*t05)/omega5^0.5));
> Yd5S:=diff(Y52S,t05);
> t05:=t1;
> Yd5SS:=Yd5S;
> ss5:=(P5/K5)*(1-cos((omega5^0.5)*tn));
> os5:=(P5/(K5*t1))*(t05-(sin(omega5^0.5*t05)/omega5^0.5))*cos((omega5^0.5)*tn);
> Yd5:=(Yd5SS*(sin(omega5^0.5*tn))/(omega5^0.5))+os5+ss5;
> Y62S:=(P6/(K6*t1))*(t06-(sin(omega6^0.5*t06)/omega6^0.5));
> Yd6S:=diff(Y62S,t06);
> t06:=t1;
> Yd6SS:=Yd6S;
> ss6:=(P6/K6)*(1-cos((omega6^0.5)*tn));
> os6:=(P6/(K6*t1))*(t06-(sin(omega6^0.5*t06)/omega6^0.5))*cos((omega6^0.5)*tn);
> Yd6:=(Yd6SS*(sin(omega6^0.5*tn))/(omega6^0.5))+os6+ss6;
> #=====
> # ΔΙΑΝΥΣΜΑ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΕΩΝ ΜΕΘΩ ΤΗΣ ΕΠΑΛΛΗΛΙΑΣ ΤΩΝ ΙΔΙΟΜΟΡΦΩΝ
> #=====
> ut12s:=Yd1*phi[1][1,1]+Yd2*phi[2][1,1]+Yd3*phi[3][1,1]+Yd4*phi[4][1,1]+Yd5*phi[5][1,1]+Yd6*phi[6][1,1];
> ut22s:=Yd1*phi[1][2,1]+Yd2*phi[2][2,1]+Yd3*phi[3][2,1]+Yd4*phi[4][2,1]+Yd5*phi[5][2,1]+Yd6*phi[6][2,1];
> ut32s:=Yd1*phi[1][3,1]+Yd2*phi[2][3,1]+Yd3*phi[3][3,1]+Yd4*phi[4][3,1]+Yd5*phi[5][3,1]+Yd6*phi[6][3,1];
> ut42s:=Yd1*phi[1][4,1]+Yd2*phi[2][4,1]+Yd3*phi[3][4,1]+Yd4*phi[4][4,1]+Yd5*phi[5][4,1]+Yd6*phi[6][4,1];
> ut52s:=Yd1*phi[1][5,1]+Yd2*phi[2][5,1]+Yd3*phi[3][5,1]+Yd4*phi[4][5,1]+Yd5*phi[5][5,1]+Yd6*phi[6][5,1];
> ut62s:=Yd1*phi[1][6,1]+Yd2*phi[2][6,1]+Yd3*phi[3][6,1]+Yd4*phi[4][6,1]+Yd5*phi[5][6,1]+Yd6*phi[6][6,1];
> #=====
> # ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΧΡΟΝΟΥ-ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΕΩΝ
> #=====
> plot([ut12s],t=t1..5);
> plot([ut22s],t=t1..5);
> plot([ut32s],t=t1..5);
> plot([ut42s],t=t1..5);
> plot([ut52s],t=t1..5);
> plot([ut62s],t=t1..5);
> plot([ut12s,ut22s,ut32s,ut42s,ut52s,ut62s],t=t1..5);
> u1s(t1):=((Heaviside(t1-t))*ut1s)+((Heaviside(t-t1))*ut12s);
> plot([u1s(t1)],t=0..5);
> u2s(t1):=((Heaviside(t1-t))*ut2s)+((Heaviside(t-t1))*ut22s);
> plot([u2s(t1)],t=0..5);
> u3s(t1):=((Heaviside(t1-t))*ut3s)+((Heaviside(t-t1))*ut32s);
> plot([u3s(t1)],t=0..5);
> u4s(t1):=((Heaviside(t1-t))*ut4s)+((Heaviside(t-t1))*ut42s);
> plot([u4s(t1)],t=0..5);
> u5s(t1):=((Heaviside(t1-t))*ut5s)+((Heaviside(t-t1))*ut52s);
> plot([u5s(t1)],t=0..5);
> u6s(t1):=((Heaviside(t1-t))*ut6s)+((Heaviside(t-t1))*ut62s);
> plot([u6s(t1)],t=0..5);
> plot([u1s(t1),u2s(t1),u3s(t1),u4s(t1),u5s(t1),u6s(t1)],t=0..5);
```

## A.4 Υπολογιστικός κώδικας για το δώροφο με μη συμμετρική κάτοψη

```

> restart;
> with(linalg):
> with(LinearAlgebra):
> #####
> # ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΩΝ ΕΞΩΣΤΩΝ ΣΤΗΝ ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ #
> #####
> # ΔΙΩΡΟΦΟ ΜΗ ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟ 1#
> #####
> # ΔΕΔΟΜΕΝΑ
> #####
> # ΜΕΤΡΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ (E) ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΕΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ
> #####
> E:=21000000;
> #####
> # ΛΟΓΟΣ POISSON (ν) ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΕΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ
> #####
> ν:=0.20;
> #####
> # ΜΕΤΡΟ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ (ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ) (G) ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΕΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ
> #####
> G:=E/(2*(1+ν));
> #####
> # ΔΙΑΤΟΜΕΣ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ
> #####
> K1X:=0.40;
> K1Y:=0.40;
> K2X:=0.40;
> K2Y:=0.40;
> K3X:=0.40;
> K3Y:=0.40;
> K4X:=0.40;
> K4Y:=0.40;
> K5X:=0.40;
> K5Y:=0.40;
> K6X:=0.40;
> K6Y:=0.40;
> K7X:=0.40;
> K7Y:=0.40;
> K8X:=0.40;
> K8Y:=0.40;
> # ΥΨΟΣ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ
> L1:=2.75;
> L2:=2.75;
> # ΡΟΠΕΣ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ (Ix,Iy) ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ
> IK1X:=(K1X*(K1Y^3))/12;
> IK1Y:=(K1Y*(K1X^3))/12;
> IK2X:=(K2X*(K2Y^3))/12;
> IK2Y:=(K2Y*(K2X^3))/12;
> IK3X:=(K3X*(K3Y^3))/12;
> IK3Y:=(K3Y*(K3X^3))/12;
> IK4X:=(K4X*(K4Y^3))/12;
> IK4Y:=(K4Y*(K4X^3))/12;
> IK5X:=(K5X*(K5Y^3))/12;
> IK5Y:=(K5Y*(K5X^3))/12;
> IK6X:=(K6X*(K6Y^3))/12;
> IK6Y:=(K6Y*(K6X^3))/12;
> IK7X:=(K7X*(K7Y^3))/12;
> IK7Y:=(K7Y*(K7X^3))/12;
> IK8X:=(K8X*(K8Y^3))/12;
> IK8Y:=(K8Y*(K8X^3))/12;
> Ic:=0.002133333333;
> # ΣΤΡΕΠΤΙΚΕΣ ΣΤΑΘΕΡΕΣ (It) ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ
> It1:=0.140*((K1X*K1Y)^2);
> It2:=0.140*((K2X*K2Y)^2);
> It3:=0.140*((K3X*K3Y)^2);
> It4:=0.140*((K4X*K4Y)^2);
> It5:=0.140*((K5X*K5Y)^2);
> It6:=0.140*((K6X*K6Y)^2);
> It7:=0.140*((K7X*K7Y)^2);
> It8:=0.140*((K8X*K8Y)^2);
> #####
> # ΔΙΑΤΟΜΕΣ ΔΟΚΩΝ (ΟΙ ΔΟΚΟΙ ΘΕΩΡΟΥΝΤΑΙ ΟΡΘΟΓΩΝΙΚΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ)
> #####
> D1X:=0.30;
> D1Y:=0.50;
> D2X:=0.30;
> D2Y:=0.50;
> D3X:=0.30;
> D3Y:=0.50;
> D4X:=0.30;
> D4Y:=0.50;

```

Επιρροή των εξωστών στη δυναμική ανάλυση κτιρίων

```
> D5X:=0.30;
> D5Y:=0.50;
> D6X:=0.30;
> D6Y:=0.50;
> D7X:=0.30;
> D7Y:=0.50;
> D8X:=0.30;
> D8Y:=0.50;
> D9X:=0.30;
> D9Y:=0.50;
> D10X:=0.30;
> D10Y:=0.50;
> # ΜΗΚΟΣ ΔΟΚΩΝ
> LD1:=5.00;
> LD2:=5.00;
> LD3:=5.00;
> LD4:=5.00;
> LD5:=5.00;
> LD6:=8.00;
> LD7:=8.00;
> LD8:=8.00;
> LD9:=8.00;
> LD10:=8.00;
> # ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΔΟΚΩΝ
> Ib1:=(D1X*(D1Y^3))/12;
> Ib2:=(D2X*(D2Y^3))/12;
> Ib3:=(D3X*(D3Y^3))/12;
> Ib4:=(D4X*(D4Y^3))/12;
> Ib5:=(D5X*(D5Y^3))/12;
> Ib6:=(D6X*(D6Y^3))/12;
> Ib7:=(D7X*(D7Y^3))/12;
> Ib8:=(D8X*(D8Y^3))/12;
> Ib9:=(D9X*(D9Y^3))/12;
> Ib10:=(D10X*(D10Y^3))/12;
> Ib:=Ib2;
#####
> # ΜΑΖΑ Α΄ ΟΡΟΦΟΥ ΒΑΘΜΟΣ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ 1
#####
> # ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΠΛΑΚΩΝ Α΄ ΟΡΟΦΟΥ
#####
> a1:=5.00;
> b1:=8.00;
> xm1:=0.00;
> ym1:=8.00;
> a2:=5.00;
> b2:=8.00;
> xm2:=5.00;
> ym2:=8.00;
> a3:=5.00;
> b3:=8.00;
> xm3:=0.00;
> ym3:=0.00;
> a4:=0.00;
> b4:=0.00;
> xm4:=0.00;
> ym4:=0.00;
> a5:=0.00;
> b5:=0.00;
> xm5:=0.00;
> ym5:=0.00;
> a6:=0.00;
> b6:=0.00;
> xm6:=0.00;
> ym6:=0.00;
> a7:=0.00;
> b7:=0.00;
> xm7:=0.00;
> ym7:=0.00;
> a8:=0.00;
> b8:=0.00;
> xm8:=0.00;
> ym8:=0.00;
> a9:=0.00;
> b9:=0.00;
> xm9:=0.00;
> ym9:=0.00;
> a10:=0.00;
> b10:=0.00;
> xm10:=0.00;
> ym10:=0.00;
> a11:=0.00;
> b11:=0.00;
> xm11:=0.00;
> ym11:=0.00;
```

```

> #####
> # ΕΜΒΑΔΟΝ ΠΛΑΚΩΝ Α΄ ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> A1:=a1*b1;
> A2:=a2*b2;
> A3:=a3*b3;
> A4:=a4*b4;
> A5:=a5*b5;
> A6:=a6*b6;
> A7:=a7*b7;
> A8:=a8*b8;
> A9:=a9*b9;
> A10:=a10*b10;
> A11:=a11*b11;
> A:=A1+A2+A3+A4+A5+A6+A7+A8+A9+A10+A11;
> #####
> # ΠΑΧΟΣ ΠΛΑΚΩΝ Α΄ ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> H1:=0.15;
> H2:=0.15;
> H3:=0.15;
> H4:=0.15;
> H5:=0.15;
> H6:=0.15;
> H7:=0.15;
> H8:=0.15;
> H9:=0.15;
> H10:=0.15;
> H11:=0.15;
>
> #####
> # ΦΟΡΤΙΑ ΠΛΑΚΩΝ Α΄ ΟΡΟΦΟΥ #
> #####
> #####
> # ΙΔΙΟ ΒΑΡΟΣ Α΄ ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> IB1:=A1*(H1*25)/9.81;
> IB2:=A2*(H2*25)/9.81;
> IB3:=A3*(H3*25)/9.81;
> IB4:=A4*(H4*25)/9.81;
> IB5:=A5*(H5*25)/9.81;
> IB6:=A6*(H6*25)/9.81;
> IB7:=A7*(H7*25)/9.81;
> IB8:=A8*(H8*25)/9.81;
> IB9:=A9*(H9*25)/9.81;
> IB10:=A10*(H10*25)/9.81;
> IB11:=A11*(H11*25)/9.81;
> #####
> # ΦΟΡΤΙΑ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗΣ Α΄ ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> Q:=1.50;
> Q1:=A1*(Q)/9.81;
> Q2:=A2*(Q)/9.81;
> Q3:=A3*(Q)/9.81;
> Q4:=A4*(Q)/9.81;
> Q5:=A5*(Q)/9.81;
> Q6:=A6*(Q)/9.81;
> Q7:=A7*(Q)/9.81;
> Q8:=A8*(Q)/9.81;
> Q9:=A9*(Q)/9.81;
> Q10:=A10*(Q)/9.81;
> Q11:=A11*(Q)/9.81;
> #####
> # ΚΙΝΗΤΑ ΦΟΡΤΙΑ Α΄ ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> qпр=5.00;
> qп=3.50;
> q1:=A1*(qп)/9.81;
> q2:=A2*(qп)/9.81;
> q3:=A3*(qп)/9.81;
> q4:=A4*(qпр)/9.81;
> q5:=A5*(qпр)/9.81;
> q6:=A6*(qпр)/9.81;
> q7:=A7*(qпр)/9.81;
> q8:=A8*(qпр)/9.81;
> q9:=A9*(qпр)/9.81;
> q10:=A10*(qпр)/9.81;
> q11:=A11*(qпр)/9.81;
> #####
> # ΦΟΡΤΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ Α΄ ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> γG:=1.00;
> γQ:=0.30;
> m1:=((IB1+Q1)*γG)+(q1*γQ);
> m2:=((IB2+Q2)*γG)+(q2*γQ);
> m3:=((IB3+Q3)*γG)+(q3*γQ);
> m4:=((IB4+Q4)*γG)+(q4*γQ);

```

Επιρροή των εξωστών στη δυναμική ανάλυση κτιρίων

```
> m5:=((IB5+Q5)*γG)+(q5*γQ);
> m6:=((IB6+Q6)*γG)+(q6*γQ);
> m7:=((IB7+Q7)*γG)+(q7*γQ);
> m8:=((IB8+Q8)*γG)+(q8*γQ);
> m9:=((IB9+Q9)*γG)+(q9*γQ);
> m10:=((IB10+Q10)*γG)+(q10*γQ);
> m11:=((IB11+Q11)*γG)+(q11*γQ);
> #####
> # ΕΥΝΟΛΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ Α΄ ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> m:=m1+m2+m3+m4+m5+m6+m7+m8+m9+m10+m11;
> #####
> # ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΜΑΖΑΣ 1 Α΄ ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> x1:=a1/2;
> y1:=b1/2;
> #####
> # ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΜΑΖΑΣ 2 Α΄ ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> x2:=a2/2;
> y2:=b2/2;
> #####
> # ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΜΑΖΑΣ 3 Α΄ ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> x3:=a3/2;
> y3:=b3/2;
> #####
> # ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΜΑΖΑΣ 4 Α΄ ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> x4:=a4/2;
> y4:=b4/2;
> #####
> # ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΜΑΖΑΣ 5 Α΄ ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> x5:=a5/2;
> y5:=b5/2;
> #####
> # ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΜΑΖΑΣ 6 Α΄ ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> x6:=a6/2;
> y6:=b6/2;
> #####
> # ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΜΑΖΑΣ 7 Α΄ ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> x7:=a7/2;
> y7:=b7/2;
> #####
> # ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΜΑΖΑΣ 8 Α΄ ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> x8:=a8/2;
> y8:=b8/2;
> #####
> # ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΜΑΖΑΣ 9 Α΄ ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> x9:=a9/2;
> y9:=b9/2;
> #####
> # ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΜΑΖΑΣ 10 Α΄ ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> x10:=a10/2;
> y10:=b10/2;
> #####
> # ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΜΑΖΑΣ 11 Α΄ ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> x11:=a11/2;
> y11:=b11/2;
> #####
> # ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΕΥΝΟΛΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ Α΄ ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> x1bar:=((A1*(xm1+x1))+(A2*(xm2+x2))+(A3*(xm3+x3))+(A4*(xm4+x4))+(A5*(xm5+x5))+(A6*(xm6-
x6))+(A7*(xm7+x7))+(A8*(xm8+x8))+(A9*(xm9-x9))+(A10*(xm10+x10))+(A11*(xm11+x11)))/A;
>
y1bar:=((A1*(ym1+y1))+(A2*(ym2+y2))+(A3*(ym3+y3))+(A4*(ym4+y4))+(A5*(ym5+y5))+(A6*(ym6+y6))+(A7*(ym7+y7))+(
A8*(ym8-y8))+(A9*(ym9+y9))+(A10*(ym10+y10))+(A11*(ym11-y11)))/A;
> #####
> # ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΜΑΖΑΣ 1 ΩΣ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΕΥΝΟΛΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ Α΄ ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> Ik1:=m1*((a1^2)+(b1^2))/12;
> I1:=m1*((x1bar-(xm1+x1))^2)+((y1bar-(ym1+y1))^2);
> Io1:=Ik1+I1;
> #####
> # ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΜΑΖΑΣ 2 ΩΣ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΕΥΝΟΛΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ Α΄ ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> Ik2:=m2*((a2^2)+(b2^2))/12;
> I2:=m2*((x1bar-(xm2+x2))^2)+((y1bar-(ym2+y2))^2);
> Io2:=Ik2+I2;
```

```

> #####
> # ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΜΑΖΑΣ 3 ΩΣ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΕΥΝΟΛΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ Α΄ ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> Ik3:=m3*((a3^2)+(b3^2))/12;
> I3:=m3*((x1bar-(xm3+x3))^2)+((y1bar-(ym3+y3))^2);
> Io3:=Ik3+I3;
> #####
> # ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΜΑΖΑΣ 4 ΩΣ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΕΥΝΟΛΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ Α΄ ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> Ik4:=m4*((a4^2)+(b4^2))/12;
> I4:=m4*((x1bar-(xm4+x4))^2)+((y1bar-(ym4+y4))^2);
> Io4:=Ik4+I4;
> #####
> # ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΜΑΖΑΣ 5 ΩΣ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΕΥΝΟΛΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ Α΄ ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> Ik5:=m5*((a5^2)+(b5^2))/12;
> I5:=m5*((x1bar-(xm5+x5))^2)+((y1bar-(ym5+y5))^2);
> Io5:=Ik5+I5;
> #####
> # ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΜΑΖΑΣ 6 ΩΣ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΕΥΝΟΛΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ Α΄ ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> Ik6:=m6*((a6^2)+(b6^2))/12;
> I6:=m6*((x1bar-(xm6-x6))^2)+((y1bar-(ym6+y6))^2);
> Io6:=Ik6+I6;
> #####
> # ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΜΑΖΑΣ 7 ΩΣ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΕΥΝΟΛΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ Α΄ ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> Ik7:=m7*((a7^2)+(b7^2))/12;
> I7:=m7*((x1bar-(xm7+x7))^2)+((y1bar-(ym7+y7))^2);
> Io7:=Ik7+I7;
> #####
> # ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΜΑΖΑΣ 8 ΩΣ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΕΥΝΟΛΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ Α΄ ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> Ik8:=m8*((a8^2)+(b8^2))/12;
> I8:=m8*((x1bar-(xm8+x8))^2)+((y1bar-(ym8-y8))^2);
> Io8:=Ik8+I8;
> #####
> # ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΜΑΖΑΣ 9 ΩΣ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΕΥΝΟΛΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ Α΄ ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> Ik9:=m9*((a9^2)+(b9^2))/12;
> I9:=m9*((x1bar-(xm9-x9))^2)+((y1bar-(ym9+y9))^2);
> Io9:=Ik9+I9;
> #####
> # ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΜΑΖΑΣ 10 ΩΣ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΕΥΝΟΛΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ Α΄ ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> Ik10:=m10*((a10^2)+(b10^2))/12;
> I10:=m10*((x1bar-(xm10+x10))^2)+((y1bar-(ym10+y10))^2);
> Io10:=Ik10+I10;
> #####
> # ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΜΑΖΑΣ 11 ΩΣ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΕΥΝΟΛΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ Α΄ ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> Ik11:=m11*((a11^2)+(b11^2))/12;
> I11:=m11*((x1bar-(xm11+x11))^2)+((y1bar-(ym11-y11))^2);
> Io11:=Ik11+I11;
> #####
> # ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΕΥΝΟΛΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ Α΄ ΟΡΟΦΟΥ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΤΗΣ
> #####
> Io:=Io1+Io2+Io3+Io4+Io5+Io6+Io7+Io8+Io9+Io10+Io11;
> #####
> # ΜΑΖΑ Β΄ ΟΡΟΦΟΥ ΒΑΘΜΟΣ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ 2
> #####
> #####
> # ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΠΛΑΚΩΝ Β΄ ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> aol:=5.00;
> bol:=8.00;
> xmo1:=0.00;
> ymo1:=8.00;
> ao2:=5.00;
> bo2:=8.00;
> xmo2:=5.00;
> ymo2:=8.00;
> ao3:=5.00;
> bo3:=8.00;
> xmo3:=0.00;
> ymo3:=0.00;
> ao4:=0.00;
> bo4:=0.00;
> xmo4:=0.00;
> ymo4:=0.00;
> ao5:=0.00;
> bo5:=0.00;
> xmo5:=0.00;
> ymo5:=0.00;
> ao6:=0.00;
> bo6:=0.00;

```



Επιρροή των εξωστών στη δυναμική ανάλυση κτιρίων

```
> xmo6:=0.00;
> ymo6:=0.00;
> ao7:=0.00;
> bo7:=0.00;
> xmo7:=0.00;
> ymo7:=0.00;
> ao8:=0.00;
> bo8:=0.00;
> xmo8:=0.00;
> ymo8:=0.00;
> ao9:=0.00;
> bo9:=0.00;
> xmo9:=0.00;
> ymo9:=0.00;
> ao10:=0.00;
> bo10:=0.00;
> xmo10:=0.00;
> ym10:=0.00;
> ao11:=0.00;
> bo11:=0.00;
> xmo11:=0.00;
> ymo11:=0.00;
> #####
> # ΕΜΒΛΑΔΟΝ ΠΛΑΚΩΝ Β' ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> Ao1:=ao1*bo1;
> Ao2:=ao2*bo2;
> Ao3:=ao3*bo3;
> Ao4:=ao4*bo4;
> Ao5:=ao5*bo5;
> Ao6:=ao6*bo6;
> Ao7:=ao7*bo7;
> Ao8:=ao8*bo8;
> Ao9:=ao9*bo9;
> Ao10:=ao10*bo10;
> Ao11:=ao11*bo11;
> Ao:=Ao1+Ao2+Ao3+Ao4+Ao5+Ao6+Ao7+Ao8+Ao9+Ao10+Ao11;
> #####
> # ΠΑΧΟΣ ΠΛΑΚΩΝ Β' ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> Ho1:=0.15;
> Ho2:=0.15;
> Ho3:=0.15;
> Ho4:=0.15;
> Ho5:=0.15;
> Ho6:=0.15;
> Ho7:=0.15;
> Ho8:=0.15;
> Ho9:=0.15;
> Ho10:=0.15;
> Ho11:=0.15;
>
> #####
> # ΦΟΡΤΙΑ ΠΛΑΚΩΝ Β' ΟΡΟΦΟΥ #
> #####
>
> #####
> # ΙΑΙΟ ΒΑΡΟΣ Β' ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> IBo1:=Ao1*(Ho1*25)/9.81;
> IBo2:=Ao2*(Ho2*25)/9.81;
> IBo3:=Ao3*(Ho3*25)/9.81;
> IBo4:=Ao4*(Ho4*25)/9.81;
> IBo5:=Ao5*(Ho5*25)/9.81;
> IBo6:=Ao6*(Ho6*25)/9.81;
> IBo7:=Ao7*(Ho7*25)/9.81;
> IBo8:=Ao8*(Ho8*25)/9.81;
> IBo9:=Ao9*(Ho9*25)/9.81;
> IBo10:=Ao10*(Ho10*25)/9.81;
> IBo11:=Ao11*(Ho11*25)/9.81;
> #####
> # ΦΟΡΤΙΑ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗΣ Β' ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> Qo:=1.50;
> Qo1:=Ao1*(Qo)/9.81;
> Qo2:=Ao2*(Qo)/9.81;
> Qo3:=Ao3*(Qo)/9.81;
> Qo4:=Ao4*(Qo)/9.81;
> Qo5:=Ao5*(Qo)/9.81;
> Qo6:=Ao6*(Qo)/9.81;
> Qo7:=Ao7*(Qo)/9.81;
> Qo8:=Ao8*(Qo)/9.81;
> Qo9:=Ao9*(Qo)/9.81;
> Qo10:=Ao10*(Qo)/9.81;
> Qo11:=Ao11*(Qo)/9.81;
> #####
> # ΚΙΝΗΤΑ ΦΟΡΤΙΑ Β' ΟΡΟΦΟΥ
> #####
```

```

> qπροβολου:=5.00;
> qπο:=3.50;
> qo1:=Ao1*(qπο)/9.81;
> qo2:=Ao2*(qπο)/9.81;
> qo3:=Ao3*(qπο)/9.81;
> qo4:=Ao4*(qπροβολου)/9.81;
> qo5:=Ao5*(qπροβολου)/9.81;
> qo6:=Ao6*(qπροβολου)/9.81;
> qo7:=Ao7*(qπροβολου)/9.81;
> qo8:=Ao8*(qπροβολου)/9.81;
> qo9:=Ao9*(qπροβολου)/9.81;
> qo10:=Ao10*(qπροβολου)/9.81;
> qo11:=Ao11*(qπροβολου)/9.81;
> #####
> # ΦΟΡΤΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ Β'ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> γG:=1.00;
> γQ:=0.30;
> mo1:=((IBo1+Qo1)*γG)+(qo1*γQ);
> mo2:=((IBo2+Qo2)*γG)+(qo2*γQ);
> mo3:=((IBo3+Qo3)*γG)+(qo3*γQ);
> mo4:=((IBo4+Qo4)*γG)+(qo4*γQ);
> mo5:=((IBo5+Qo5)*γG)+(qo5*γQ);
> mo6:=((IBo6+Qo6)*γG)+(qo6*γQ);
> mo7:=((IBo7+Qo7)*γG)+(qo7*γQ);
> mo8:=((IBo8+Qo8)*γG)+(qo8*γQ);
> mo9:=((IBo9+Qo9)*γG)+(qo9*γQ);
> mo10:=((IBo10+Qo10)*γG)+(qo10*γQ);
> mo11:=((IBo11+Qo11)*γG)+(qo11*γQ);
> #####
> # ΕΥΝΟΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ
> #####
> mo:=mo1+mo2+mo3+mo4+mo5+mo6+mo7+mo8+mo9+mo10+mo11;
> #####
> # ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΜΑΖΑΣ 1 Β'ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> xo1:=ao1/2;
> yo1:=bo1/2;
> #####
> # ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΜΑΖΑΣ 2 Β'ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> xo2:=ao2/2;
> yo2:=bo2/2;
> #####
> # ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΜΑΖΑΣ 3 Β'ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> xo3:=ao3/2;
> yo3:=bo3/2;
> #####
> # ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΜΑΖΑΣ 4 Β'ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> xo4:=ao4/2;
> yo4:=bo4/2;
> #####
> # ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΜΑΖΑΣ 5 Β'ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> xo5:=ao5/2;
> yo5:=bo5/2;
> #####
> # ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΜΑΖΑΣ 6 Β'ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> xo6:=ao6/2;
> yo6:=bo6/2;
> #####
> # ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΜΑΖΑΣ 7 Β'ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> xo7:=ao7/2;
> yo7:=bo7/2;
> #####
> # ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΜΑΖΑΣ 8 Β'ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> xo8:=ao8/2;
> yo8:=bo8/2;
> #####
> # ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΜΑΖΑΣ 9 Β'ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> xo9:=ao9/2;
> yo9:=bo9/2;
> #####
> # ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΜΑΖΑΣ 10 Β'ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> xo10:=ao10/2;
> yo10:=bo10/2;
> #####
> # ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΜΑΖΑΣ 11 Β'ΟΡΟΦΟΥ
> #####

```

Επιρροή των εξωστών στη δυναμική ανάλυση κτιρίων

```
> x011:=a011/2;
> y011:=b011/2;
> #####
> # ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΕΥΝΟΛΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ Β' ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> x01bar:=( (A01*(x01+x01))+(A02*(x02+x02))+(A03*(x03+x03))+(A04*(x04+x04))+(A05*(x05+x05))+(A06*(x06-
x06))+(A07*(x07+x07))+(A08*(x08+x08))+(A09*(x09-x09))+(A010*(x010+x010))+(A011*(x011+x011)))/A0;
>
> y01bar:=( (A01*(y01+y01))+(A02*(y02+y02))+(A03*(y03+y03))+(A04*(y04+y04))+(A05*(y05+y05))+(A06*(y06+y0
6))+(A07*(y07+y07))+(A08*(y08-y08))+(A09*(y09+y09))+(A010*(y010+y010))+(A011*(y011-y011)))/A0;
> #####
> # ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΜΑΖΑΣ 1 ΩΣ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΕΥΝΟΛΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ Β' ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> Iko1:=m01*((a01^2)+(b01^2))/12;
> Io1:=m01*((x01bar-(x01+x01))^2)+((y01bar-(y01+y01))^2);
> Ioo1:=Iko1+Io1;
> #####
> # ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΜΑΖΑΣ 2 ΩΣ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΕΥΝΟΛΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ Β' ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> Iko2:=m02*((a02^2)+(b02^2))/12;
> Io2:=m02*((x01bar-(x02+x02))^2)+((y01bar-(y02+y02))^2);
> Ioo2:=Iko2+Io2;
> #####
> # ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΜΑΖΑΣ 3 ΩΣ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΕΥΝΟΛΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ Β' ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> Iko3:=m03*((a03^2)+(b03^2))/12;
> Io3:=m03*((x01bar-(x03+x03))^2)+((y01bar-(y03+y03))^2);
> Ioo3:=Iko3+Io3;
> #####
> # ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΜΑΖΑΣ 4 ΩΣ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΕΥΝΟΛΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ Β' ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> Iko4:=m04*((a04^2)+(b04^2))/12;
> Io4:=m04*((x01bar-(x04+x04))^2)+((y01bar-(y04+y04))^2);
> Ioo4:=Iko4+Io4;
> #####
> # ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΜΑΖΑΣ 5 ΩΣ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΕΥΝΟΛΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ Β' ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> Iko5:=m05*((a05^2)+(b05^2))/12;
> Io5:=m05*((x01bar-(x05+x05))^2)+((y01bar-(y05+y05))^2);
> Ioo5:=Iko5+Io5;
> #####
> # ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΜΑΖΑΣ 6 ΩΣ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΕΥΝΟΛΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ Β' ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> Iko6:=m06*((a06^2)+(b06^2))/12;
> Io6:=m06*((x01bar-(x06-x06))^2)+((y01bar-(y06+y06))^2);
> Ioo6:=Iko6+Io6;
> #####
> # ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΜΑΖΑΣ 7 ΩΣ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΕΥΝΟΛΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ Β' ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> Iko7:=m07*((a07^2)+(b07^2))/12;
> Io7:=m07*((x01bar-(x07+x07))^2)+((y01bar-(y07+y07))^2);
> Ioo7:=Iko7+Io7;
> #####
> # ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΜΑΖΑΣ 8 ΩΣ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΕΥΝΟΛΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ Β' ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> Iko8:=m08*((a08^2)+(b08^2))/12;
> Io8:=m08*((x01bar-(x08+x08))^2)+((y01bar-(y08-y08))^2);
> Ioo8:=Iko8+Io8;
> #####
> # ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΜΑΖΑΣ 9 ΩΣ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΕΥΝΟΛΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ Β' ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> Iko9:=m09*((a09^2)+(b09^2))/12;
> Io9:=m09*((x01bar-(x09-x09))^2)+((y01bar-(y09+y09))^2);
> Ioo9:=Iko9+Io9;
> #####
> # ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΜΑΖΑΣ 10 ΩΣ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΕΥΝΟΛΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ Β' ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> Iko10:=m010*((a010^2)+(b010^2))/12;
> Io10:=m010*((x01bar-(x010+x010))^2)+((y01bar-(y010+y010))^2);
> Ioo10:=Iko10+Io10;
> #####
> # ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΜΑΖΑΣ 11 ΩΣ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΕΥΝΟΛΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ Β' ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> Iko11:=m011*((a011^2)+(b011^2))/12;
> Io11:=m011*((x01bar-(x011+x011))^2)+((y01bar-(y011-y011))^2);
> Ioo11:=Iko11+Io11;
> #####
> # ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΕΥΝΟΛΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΤΗΣ Β' ΟΡΟΦΟΥ
> #####
> Ioo:=Ioo1+Ioo2+Ioo3+Ioo4+Ioo5+Ioo6+Ioo7+Ioo8+Ioo9+Ioo10+Ioo11;
> #####
> #
> # ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ 1 (ΠΛΑΙΣΙΟ Κ7-Δ5-Κ8)
> #####
> k1:=array([[( (24*E*Ic)/L1^3)+(24*E*Ic)/L2^3], [(-12*E*Ic)/L2^3]+((-12*E*Ic)/L2^3), [( (-
6*E*Ic)/L2^2)+(6*E*Ic)/L1^2], [(-6*E*Ic)/L2^2]+((6*E*Ic)/L1^2)], [(-6*E*Ic)/L2^2], [(-6*E*Ic)/L2^2], [(-
12*E*Ic)/L2^3]+((-
```

```

12*E*Ic)/L2^3), ((12*E*Ic)/L2^3)+(12*E*Ic)/L2^3), ((6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic
)/L2^2)], [(-
6*E*Ic)/L2^2)+((6*E*Ic)/L1^2), ((6*E*Ic)/L2^2), ((4*E*Ic)/L2)+(4*E*Ic)/L1+(4*E*Ib)/LD5), ((2*E*Ib)/LD5), (
(2*E*Ic)/L2), 0], [(-
6*E*Ic)/L2^2)+((6*E*Ic)/L1^2), ((6*E*Ic)/L2^2), ((2*E*Ib)/LD5), ((4*E*Ic)/L2)+(4*E*Ic)/L1+(4*E*Ib)/LD5), 0
, ((2*E*Ic)/L2)], [(-
6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2), ((2*E*Ic)/L2), 0, ((4*E*Ib)/LD5)+(4*E*Ic)/L2), ((2*E*Ib)/LD5)], [(-
6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2), 0, ((2*E*Ic)/L2), ((2*E*Ib)/LD5), ((4*E*Ib)/LD5)+(4*E*Ic)/L2)]]];
> Ktt:=submatrix(k1, 1..2,1..2);
> Kt8:=submatrix(k1, 1..2,3..6);
> K8t:=submatrix(k1, 3..6,1..2);
> K88:=submatrix(k1, 3..6,3..6);
>
> #=====
> #
> #          ΣΤΑΤΙΚΗ ΕΥΜΗΥΚΝΩΣΗ K1
> #=====
> Kstar:=evalm(Ktt-multiply(Kt8,inverse(K88),K8t));
> Kstar[1,1];
> Kstar[1,2];
> Kstar[2,1];
> Kstar[2,2];
>
k1:=array([[Kstar[1,1],0,0,Kstar[1,2],0,0],[0,0,0,0,0,0],[0,0,0,0,0,0],[Kstar[2,1],0,0,Kstar[2,2],0,0],[0,0
,0,0,0,0],[0,0,0,0,0,0]]];
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΞΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ri ΛΟΓΩ ΕΤΡΟΦΗΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> φ1:=0;
> cosφ1:=evalf(cos(φ1));
> sinφ1:=evalf(sin(φ1));
> R1:=array([[cosφ1,sinφ1,0,0,0,0],[-sinφ1,cosφ1,0,0,0,0],[0,0,1,0,0,0],[0,0,0,cosφ1,sinφ1,0],[0,0,0,-
sinφ1,cosφ1,0],[0,0,0,0,0,1]]];
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΞΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ti ΛΟΓΩ ΜΕΤΑΘΕΣΕΩΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> T1:=array([[1,0,0,0,0,0],[0,1,0,0,0,0],[y1bar,0,1,0,0,0],[0,0,0,1,0,0],[0,0,0,0,1,0],[0,0,0,y1bar,0,1]]];
> kbar1:=multiply(T1,(multiply(transpose(R1),k1,R1)),transpose(T1));
> #=====
> #
> #          ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ 2 (ΠΛΑΙΣΙΟ K4-A3-K5-A4-K6)
> #=====
>
k2:=array([[(12*E*Ic)/L1^3)+(12*E*Ic)/L1^3)+(12*E*Ic)/L1^3)+(12*E*Ic)/L2^3)+(12*E*Ic)/L2^3)+(12*E*Ic
)/L2^3), ((-12*E*Ic)/L2^3)+(12*E*Ic)/L2^3)+(12*E*Ic)/L2^3), ((-6*E*Ic)/L2^2)+(6*E*Ic)/L1^2), ((-
6*E*Ic)/L2^2)+(6*E*Ic)/L1^2), ((-6*E*Ic)/L2^2)+(6*E*Ic)/L1^2), ((-6*E*Ic)/L2^2), ((-6*E*Ic)/L2^2), ((-
6*E*Ic)/L2^2)], [((-12*E*Ic)/L2^3)+(12*E*Ic)/L2^3)+(12*E*Ic)/L2^3), ((12*E*Ic)/L2^3)+(12*E*Ic)/L2^3), ((6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*I
c)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2)], [((-
6*E*Ic)/L2^2)+(6*E*Ic)/L1^2), ((6*E*Ic)/L2^2), ((4*E*Ic)/L2)+(4*E*Ic)/L1+(4*E*Ib)/LD4), ((2*E*Ib)/LD4),
0, ((2*E*Ic)/L2), 0, 0], [((-
6*E*Ic)/L2^2)+(6*E*Ic)/L1^2), ((6*E*Ic)/L2^2), ((2*E*Ib)/LD4), ((4*E*Ic)/L2)+(4*E*Ic)/L1+(4*E*Ib)/LD4)+(
(4*E*Ib)/LD3), ((2*E*Ib)/LD3), 0, ((2*E*Ic)/L2), 0], [((-
6*E*Ic)/L2^2)+(6*E*Ic)/L1^2), ((6*E*Ic)/L2^2), 0, ((2*E*Ib)/LD3), ((4*E*Ib)/LD3)+(4*E*Ic)/L1+(4*E*Ic)/L2)
, 0, 0, ((2*E*Ic)/L2)],
[((-6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2), ((2*E*Ic)/L2), 0, 0, ((4*E*Ib)/LD4)+(4*E*Ic)/L2), ((2*E*Ib)/LD4), 0],
[((-
6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2), 0, ((2*E*Ic)/L2), 0, ((2*E*Ib)/LD4), ((4*E*Ib)/LD4)+(4*E*Ib)/LD3)+(4*E*Ic)/L2)
), ((2*E*Ib)/LD3)],
[((-6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2), 0, 0, ((2*E*Ic)/L2), 0, ((2*E*Ib)/LD3), ((4*E*Ib)/LD3)+(4*E*Ic)/L2)]]];
> Ktt:=submatrix(k2, 1..2,1..2);
> Kt8:=submatrix(k2, 1..2,3..8);
> K8t:=submatrix(k2, 3..8,1..2);
> K88:=submatrix(k2, 3..8,3..8);
>
> #=====
> #
> #          ΣΤΑΤΙΚΗ ΕΥΜΗΥΚΝΩΣΗ K2
> #=====
> Kstar:=evalm(Ktt-multiply(Kt8,inverse(K88),K8t));
> Kstar[1,1];
> Kstar[1,2];
> Kstar[2,1];
> Kstar[2,2];
>
k2:=array([[Kstar[1,1],0,0,Kstar[1,2],0,0],[0,0,0,0,0,0],[0,0,0,0,0,0],[Kstar[2,1],0,0,Kstar[2,2],0,0],[0,0
,0,0,0,0],[0,0,0,0,0,0]]];
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΞΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ri ΛΟΓΩ ΕΤΡΟΦΗΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> φ2:=0;
> cosφ2:=evalf(cos(φ2));
> sinφ2:=evalf(sin(φ2));
> R2:=array([[cosφ2,sinφ2,0,0,0,0],[-sinφ2,cosφ2,0,0,0,0],[0,0,1,0,0,0],[0,0,0,cosφ2,sinφ2,0],[0,0,0,-
sinφ2,cosφ2,0],[0,0,0,0,0,1]]];
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΞΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ti ΛΟΓΩ ΜΕΤΑΘΕΣΕΩΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> T2:=array([[1,0,0,0,0,0],[0,1,0,0,0,0],[-(8.00-y1bar),0,1,0,0,0],[0,0,0,1,0,0],[0,0,0,0,1,0],[0,0,0,-
(8.00-y1bar),0,1]]];
> kbar2:=multiply(T2,(multiply(transpose(R2),k2,R2)),transpose(T2));
> #=====
> #
> #          ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ 3 (ΠΛΑΙΣΙΟ K1-A1-K2-A2-K3)
> #=====
>
k3:=array([[(12*E*Ic)/L1^3)+(12*E*Ic)/L1^3)+(12*E*Ic)/L1^3)+(12*E*Ic)/L2^3)+(12*E*Ic)/L2^3)+(12*E*Ic
)/L2^3), ((-12*E*Ic)/L2^3)+(12*E*Ic)/L2^3)+(12*E*Ic)/L2^3), ((-6*E*Ic)/L2^2)+(6*E*Ic)/L1^2), ((-
6*E*Ic)/L2^2)+(6*E*Ic)/L1^2), ((-6*E*Ic)/L2^2)+(6*E*Ic)/L1^2), ((-6*E*Ic)/L2^2), ((-6*E*Ic)/L2^2), ((-
6*E*Ic)/L2^2)], [((-12*E*Ic)/L2^3)+(12*E*Ic)/L2^3)+(12*E*Ic)/L2^3), ((12*E*Ic)/L2^3)+(12*E*Ic)/L2^3), ((6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2)], [((-
6*E*Ic)/L2^2)+(6*E*Ic)/L1^2), ((6*E*Ic)/L2^2), ((4*E*Ic)/L2)+(4*E*Ic)/L1+(4*E*Ib)/LD4), ((2*E*Ib)/LD4),
0, ((2*E*Ic)/L2), 0, 0], [((-
6*E*Ic)/L2^2)+(6*E*Ic)/L1^2), ((6*E*Ic)/L2^2), ((2*E*Ib)/LD4), ((4*E*Ic)/L2)+(4*E*Ic)/L1+(4*E*Ib)/LD4)+(
(4*E*Ib)/LD3), ((2*E*Ib)/LD3), 0, ((2*E*Ic)/L2), 0], [((-
6*E*Ic)/L2^2)+(6*E*Ic)/L1^2), ((6*E*Ic)/L2^2), 0, ((2*E*Ib)/LD3), ((4*E*Ib)/LD3)+(4*E*Ic)/L1+(4*E*Ic)/L2)
, 0, 0, ((2*E*Ic)/L2)],
[((-6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2), ((2*E*Ic)/L2), 0, 0, ((4*E*Ib)/LD4)+(4*E*Ic)/L2), ((2*E*Ib)/LD4), 0],
[((-
6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2), 0, ((2*E*Ic)/L2), 0, ((2*E*Ib)/LD4), ((4*E*Ib)/LD4)+(4*E*Ib)/LD3)+(4*E*Ic)/L2)
), ((2*E*Ib)/LD3)],
[((-6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2), 0, 0, ((2*E*Ic)/L2), 0, ((2*E*Ib)/LD3), ((4*E*Ib)/LD3)+(4*E*Ic)/L2)]]];

```

## Επιρροή των εξωστών στη δυναμική ανάλυση κτιρίων

```
12*E*Ic)/L2^3), ((12*E*Ic)/L2^3)+(12*E*Ic)/L2^3)+(12*E*Ic)/L2^3), ((6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2), [((-6*E*Ic)/L2^2)+((6*E*Ic)/L1^2)], ((6*E*Ic)/L2^2), ((4*E*Ic)/L2)+(4*E*Ic)/L1)+(4*E*Ib)/LD2), ((2*E*Ib)/LD2), 0, ((2*E*Ic)/L2), 0, 0], [((-6*E*Ic)/L2^2)+((6*E*Ic)/L1^2)], ((6*E*Ic)/L2^2), ((2*E*Ib)/LD2), ((4*E*Ic)/L2)+(4*E*Ic)/L1)+(4*E*Ib)/LD2)+(4*E*Ib)/LD1), ((2*E*Ib)/LD1), 0, ((2*E*Ic)/L2), 0], [((-6*E*Ic)/L2^2)+((6*E*Ic)/L1^2)], ((6*E*Ic)/L2^2), ((2*E*Ib)/LD1), ((4*E*Ib)/LD1)+(4*E*Ic)/L1)+(4*E*Ic)/L2), 0, 0, ((2*E*Ic)/L2)], [((-6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2), ((2*E*Ic)/L2), 0, 0, ((4*E*Ib)/LD2)+(4*E*Ic)/L2), ((2*E*Ib)/LD2), 0], [((-6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2), 0, ((2*E*Ic)/L2), 0, ((2*E*Ib)/LD2), ((4*E*Ib)/LD2)+(4*E*Ib)/LD1)+(4*E*Ic)/L2), ((2*E*Ib)/LD1)], [((-6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2), 0, 0, ((2*E*Ic)/L2), 0, ((2*E*Ib)/LD1), ((4*E*Ib)/LD1)+(4*E*Ic)/L2)]]];
> Ktt:=submatrix(k3, 1..2,1..2);
> Kt8:=submatrix(k3, 1..2,3..8);
> K8t:=submatrix(k3, 3..8,1..2);
> K88:=submatrix(k3, 3..8,3..8);
>
> #=====
> # ΣΤΑΤΙΚΗ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ K3
> #=====
> Kstar:=evalm(Ktt-multiply(Kt8,inverse(K88),K8t));
> Kstar[1,1];
> Kstar[1,2];
> Kstar[2,1];
> Kstar[2,2];
>
k3:=array([[Kstar[1,1],0,0,Kstar[1,2],0,0],[0,0,0,0,0],[0,0,0,0,0],[Kstar[2,1],0,0,Kstar[2,2],0,0],[0,0,0,0,0],[0,0,0,0,0]]];
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ri ΛΟΓΩ ΣΤΡΟΦΗΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> φ3:=0;
> cosφ3:=evalf(cos(φ3));
> sinφ3:=evalf(sin(φ3));
> R3:=array([[cosφ3,sinφ3,0,0,0,0],[-sinφ3,cosφ3,0,0,0,0],[0,0,1,0,0,0],[0,0,0,cosφ3,sinφ3,0],[0,0,0,-sinφ3,cosφ3,0],[0,0,0,0,0,1]]];
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ti ΛΟΓΩ ΜΕΤΑΘΕΣΕΩΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> T3:=array([[1,0,0,0,0,0],[0,1,0,0,0,0],[-(16-y1bar),0,1,0,0,0],[0,0,0,1,0,0],[0,0,0,0,1,0],[0,0,0,-(16-y1bar),0,1]]];
> kbar3:=multiply(T3,(multiply(transpose(R3),k3,R3)),transpose(T3));
> #=====
> # ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ 4 (ΠΛΑΙΣΙΟ K7-Δ7-K4-Δ6-K1)
> #=====
k4:=array([[((12*E*Ic)/L1^3)+(12*E*Ic)/L1^3)+(12*E*Ic)/L1^3)+(12*E*Ic)/L2^3)+(12*E*Ic)/L2^3)+(12*E*Ic)/L2^3), ((-12*E*Ic)/L2^3)+((-12*E*Ic)/L2^3)+((-12*E*Ic)/L2^3), ((-6*E*Ic)/L2^2)+((6*E*Ic)/L1^2)], ((-6*E*Ic)/L2^2)+((6*E*Ic)/L1^2)], ((-6*E*Ic)/L2^2)+((6*E*Ic)/L1^2)], ((-6*E*Ic)/L2^2), ((-6*E*Ic)/L2^2), [((-12*E*Ic)/L2^3)+((-12*E*Ic)/L2^3)+((-12*E*Ic)/L2^3), ((12*E*Ic)/L2^3)+((12*E*Ic)/L2^3)+((12*E*Ic)/L2^3), ((6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2), [((-6*E*Ic)/L2^2)+((6*E*Ic)/L1^2)], ((6*E*Ic)/L2^2), ((4*E*Ic)/L2)+(4*E*Ic)/L1)+(4*E*Ib)/LD6), ((2*E*Ib)/LD7), 0, ((2*E*Ic)/L2), 0, 0], [((-6*E*Ic)/L2^2)+((6*E*Ic)/L1^2)], ((6*E*Ic)/L2^2), ((2*E*Ib)/LD6), ((4*E*Ic)/L2)+(4*E*Ic)/L1)+(4*E*Ib)/LD6)+(4*E*Ib)/LD7), ((2*E*Ib)/LD7), 0, ((2*E*Ic)/L2), 0], [((-6*E*Ic)/L2^2)+((6*E*Ic)/L1^2)], ((6*E*Ic)/L2^2), 0, ((2*E*Ib)/LD7), ((4*E*Ib)/LD7)+(4*E*Ic)/L1)+(4*E*Ic)/L2), 0, 0, ((2*E*Ic)/L2)], [((-6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2), ((2*E*Ic)/L2), 0, 0, ((4*E*Ib)/LD6)+(4*E*Ic)/L2), ((2*E*Ib)/LD6), 0], [((-6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2), 0, ((2*E*Ic)/L2), 0, ((2*E*Ib)/LD6), ((4*E*Ib)/LD6)+(4*E*Ib)/LD7)+(4*E*Ic)/L2), ((2*E*Ib)/LD7)], [((-6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2), 0, 0, ((2*E*Ic)/L2), 0, ((2*E*Ib)/LD7), ((4*E*Ib)/LD7)+(4*E*Ic)/L2)]]];
> Ktt:=submatrix(k4, 1..2,1..2);
> Kt8:=submatrix(k4, 1..2,3..8);
> K8t:=submatrix(k4, 3..8,1..2);
> K88:=submatrix(k4, 3..8,3..8);
>
> #=====
> # ΣΤΑΤΙΚΗ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ K4
> #=====
> Kstar:=evalm(Ktt-multiply(Kt8,inverse(K88),K8t));
> Kstar[1,1];
> Kstar[1,2];
> Kstar[2,1];
> Kstar[2,2];
>
k4:=array([[Kstar[1,1],0,0,Kstar[1,2],0,0],[0,0,0,0,0],[0,0,0,0,0],[Kstar[2,1],0,0,Kstar[2,2],0,0],[0,0,0,0,0],[0,0,0,0,0]]];
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ri ΛΟΓΩ ΣΤΡΟΦΗΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> φ4:=Pi/2.;
> cosφ4:=evalf(cos(φ4));
> sinφ4:=evalf(sin(φ4));
> R4:=array([[cosφ4,sinφ4,0,0,0,0],[-sinφ4,cosφ4,0,0,0,0],[0,0,1,0,0,0],[0,0,0,cosφ4,sinφ4,0],[0,0,0,-sinφ4,cosφ4,0],[0,0,0,0,0,1]]];
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ti ΛΟΓΩ ΜΕΤΑΘΕΣΕΩΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> T4:=array([[1,0,0,0,0,0],[0,1,0,0,0,0],[0,-x1bar,1,0,0,0],[0,0,0,1,0,0],[0,0,0,0,1,0],[0,0,0,0,-x1bar,1]]];
> kbar4:=multiply(T4,(multiply(transpose(R4),k4,R4)),transpose(T4));
```

```

> #=====
> # ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ 5 (ΠΛΑΙΣΙΟ Κ8-Δ9-Κ5-Δ8-Κ2)
> #=====
>
k5:=array([[(12*E*Ic)/L1^3)+(12*E*Ic)/L1^3)+(12*E*Ic)/L1^3)+(12*E*Ic)/L2^3)+(12*E*Ic)/L2^3)+(12*E*Ic)/L2^3),
((12*E*Ic)/L2^3), ((-12*E*Ic)/L2^3)+(12*E*Ic)/L2^3), ((-12*E*Ic)/L2^3), ((-12*E*Ic)/L2^3), ((-6*E*Ic)/L2^2)+(6*E*Ic)/L1^2),
((6*E*Ic)/L2^2), ((-6*E*Ic)/L2^2)+(6*E*Ic)/L1^2), ((-6*E*Ic)/L2^2), ((-6*E*Ic)/L2^2), ((-6*E*Ic)/L2^2)],
[[(12*E*Ic)/L2^3), ((12*E*Ic)/L2^3)+(12*E*Ic)/L2^3), ((12*E*Ic)/L2^3), ((6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2),
((6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2)], [((-6*E*Ic)/L2^2)+(6*E*Ic)/L1^2), ((6*E*Ic)/L2^2),
((4*E*Ic)/L2)+(4*E*Ic)/L1)+(4*E*Ib)/LD8), ((2*E*Ib)/LD8), 0, ((2*E*Ic)/L2), 0, 0], [((-6*E*Ic)/L2^2)+(6*E*Ic)/L1^2),
((6*E*Ic)/L2^2), ((2*E*Ib)/LD8), ((4*E*Ic)/L2)+(4*E*Ic)/L1)+(4*E*Ib)/LD8)+(4*E*Ib)/LD9), ((2*E*Ic)/L2), 0], [((-6*E*Ic)/L2^2)+(6*E*Ic)/L1^2),
((6*E*Ic)/L2^2), 0, ((2*E*Ib)/LD9), ((4*E*Ib)/LD9)+(4*E*Ic)/L1)+(4*E*Ic)/L2), 0, 0, ((2*E*Ic)/L2)],
[((-6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2), ((2*E*Ic)/L2), 0, 0, ((4*E*Ib)/LD8)+(4*E*Ic)/L2), ((2*E*Ib)/LD8), 0],
[((-6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2), 0, ((2*E*Ic)/L2), 0, ((2*E*Ib)/LD8), ((4*E*Ib)/LD8)+(4*E*Ib)/LD9)+(4*E*Ic)/L2),
((2*E*Ib)/LD9)],
[((-6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2), 0, 0, ((2*E*Ic)/L2), 0, ((2*E*Ib)/LD9), ((4*E*Ib)/LD9)+(4*E*Ic)/L2)]];
> Ktt:=submatrix(k5, 1..2,1..2);
> Kt8:=submatrix(k5, 1..2,3..8);
> K8t:=submatrix(k5, 3..8,1..2);
> K88:=submatrix(k5, 3..8,3..8);
>
> #=====
> # ΣΤΑΤΙΚΗ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ Κ5
> #=====
> Kstar:=evalm(Ktt*inverse(K88),K8t);
> Kstar[1,1];
> Kstar[1,2];
> Kstar[2,1];
> Kstar[2,2];
>
k5:=array([Kstar[1,1],0,0,Kstar[1,2],0,0],[0,0,0,0,0,0],[0,0,0,0,0,0],[Kstar[2,1],0,0,Kstar[2,2],0,0],[0,0,0,0,0,0],[0,0,0,0,0,0]];
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ri ΛΟΓΩ ΣΤΡΟΦΗΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> φ5:=Pi/2.;
> cosφ5:=evalf(cos(φ5));
> sinφ5:=evalf(sin(φ5));
> R5:=array([[cosφ5,sinφ5,0,0,0,0],[-sinφ5,cosφ5,0,0,0,0],[0,0,1,0,0,0],[0,0,0,cosφ5,sinφ5,0],[0,0,0,-sinφ5,cosφ5,0],[0,0,0,0,0,1]]);
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ti ΛΟΓΩ ΜΕΤΑΘΕΣΕΩΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> T5:=array([[1,0,0,0,0,0],[0,1,0,0,0,0],[0,(5-x1bar),1,0,0,0],[0,0,0,1,0,0],[0,0,0,0,1,0],[0,0,0,0,(5-x1bar),1]]);
> kbar5:=multiply(T5,(multiply(transpose(R5),k5,R5)),transpose(T5));
> #=====
> # ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ 6 (ΠΛΑΙΣΙΟ Κ6-Δ10-Κ3)
> #=====
> k6:=array([[(24*E*Ic)/L1^3)+(24*E*Ic)/L2^3), ((-12*E*Ic)/L2^3)+(12*E*Ic)/L2^3), ((-6*E*Ic)/L2^2)+(6*E*Ic)/L1^2),
((6*E*Ic)/L2^2), ((-6*E*Ic)/L2^2), ((-6*E*Ic)/L2^2)], [((-12*E*Ic)/L2^3)+(12*E*Ic)/L2^3), ((12*E*Ic)/L2^3)+(12*E*Ic)/L2^3),
((6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2)], [((-6*E*Ic)/L2^2)+(6*E*Ic)/L1^2),
((6*E*Ic)/L2^2), ((4*E*Ic)/L2)+(4*E*Ic)/L1)+(4*E*Ib)/LD10), ((2*E*Ib)/LD10), ((2*E*Ic)/L2), 0], [((-6*E*Ic)/L2^2)+(6*E*Ic)/L1^2),
((6*E*Ic)/L2^2), ((2*E*Ib)/LD10), ((4*E*Ic)/L2)+(4*E*Ic)/L1)+(4*E*Ib)/LD10), 0, ((2*E*Ic)/L2)], [((-6*E*Ic)/L2^2)+(6*E*Ic)/L1^2),
((6*E*Ic)/L2^2), ((2*E*Ib)/LD10), ((4*E*Ib)/LD10)+(4*E*Ic)/L2), 0, 0, ((2*E*Ic)/L2)],
[((-6*E*Ic)/L2^2), ((6*E*Ic)/L2^2), ((2*E*Ic)/L2), 0, 0, ((4*E*Ib)/LD10)+(4*E*Ic)/L2), ((2*E*Ib)/LD10)], [((-6*E*Ic)/L2^2),
((6*E*Ic)/L2^2), 0, ((2*E*Ic)/L2), ((2*E*Ib)/LD10), ((4*E*Ib)/LD10)+(4*E*Ic)/L2)]];
> Ktt:=submatrix(k6, 1..2,1..2);
> Kt8:=submatrix(k6, 1..2,3..6);
> K8t:=submatrix(k6, 3..6,1..2);
> K88:=submatrix(k6, 3..6,3..6);
>
> #=====
> # ΣΤΑΤΙΚΗ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ Κ6
> #=====
> Kstar:=evalm(Ktt*inverse(K88),K8t);
> Kstar[1,1];
> Kstar[1,2];
> Kstar[2,1];
> Kstar[2,2];
>
k6:=array([Kstar[1,1],0,0,Kstar[1,2],0,0],[0,0,0,0,0,0],[0,0,0,0,0,0],[Kstar[2,1],0,0,Kstar[2,2],0,0],[0,0,0,0,0,0],[0,0,0,0,0,0]];
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ri ΛΟΓΩ ΣΤΡΟΦΗΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> φ6:=Pi/2.;
> cosφ6:=evalf(cos(φ6));
> sinφ6:=evalf(sin(φ6));
> R6:=array([[cosφ6,sinφ6,0,0,0,0],[-sinφ6,cosφ6,0,0,0,0],[0,0,1,0,0,0],[0,0,0,cosφ6,sinφ6,0],[0,0,0,-sinφ6,cosφ6,0],[0,0,0,0,0,1]]);
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ti ΛΟΓΩ ΜΕΤΑΘΕΣΕΩΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> T6:=array([[1,0,0,0,0,0],[0,1,0,0,0,0],[0,(10-x1bar),1,0,0,0],[0,0,0,1,0,0],[0,0,0,0,1,0],[0,0,0,0,(10-x1bar),1]]);
> kbar6:=multiply(T6,(multiply(transpose(R6),k6,R6)),transpose(T6));

```

## Επιρροή των εξωστών στη δυναμική ανάλυση κτιρίων

```
> #
> #
> # ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ 7 (ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ Κ1)
> #
> k7:=array([[0,0,0,0,0,0],[0,0,0,0,0,0],[0,0,((G*It1)/L2),0,0,((-G*It1)/L2)],[0,0,0,0,0,0],[0,0,0,0,0,0],[0,0,((-G*It1)/L2),0,0,(((G*It1)/L2)+((G*It1)/L1)]]);
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ri ΛΟΓΩ ΣΤΡΟΦΗΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> φ7:=0;
> cosφ7:=evalf(cos(φ7));
> sinφ7:=evalf(sin(φ7));
> R7:=array([[cosφ7,sinφ7,0,0,0,0],[-sinφ7,cosφ7,0,0,0,0],[0,0,1,0,0,0],[0,0,0,cosφ7,sinφ7,0],[0,0,0,-sinφ7,cosφ7,0],[0,0,0,0,0,1]]);
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ti ΛΟΓΩ ΜΕΤΑΘΕΣΕΩΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> T7:=array([[1,0,0,0,0,0],[0,1,0,0,0,0],[0,0,1,0,0,0],[0,0,0,1,0,0],[0,0,0,0,1,0],[0,0,0,0,0,1]]);
> kbar7:=multiply(T7,(multiply(transpose(R7),k7,R7)),transpose(T7));
> #
> # ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ 8 (ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ Κ2)
> #
> k8:=array([[0,0,0,0,0,0],[0,0,0,0,0,0],[0,0,((G*It2)/L2),0,0,((-G*It2)/L2)],[0,0,0,0,0,0],[0,0,0,0,0,0],[0,0,((-G*It2)/L2),0,0,(((G*It2)/L2)+((G*It2)/L1)]]);
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ri ΛΟΓΩ ΣΤΡΟΦΗΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> φ8:=0;
> cosφ8:=evalf(cos(φ8));
> sinφ8:=evalf(sin(φ8));
> R8:=array([[cosφ8,sinφ8,0,0,0,0],[-sinφ8,cosφ8,0,0,0,0],[0,0,1,0,0,0],[0,0,0,cosφ8,sinφ8,0],[0,0,0,-sinφ8,cosφ8,0],[0,0,0,0,0,1]]);
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ti ΛΟΓΩ ΜΕΤΑΘΕΣΕΩΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> T8:=array([[1,0,0,0,0,0],[0,1,0,0,0,0],[0,0,1,0,0,0],[0,0,0,1,0,0],[0,0,0,0,1,0],[0,0,0,0,0,1]]);
> kbar8:=multiply(T8,(multiply(transpose(R8),k8,R8)),transpose(T8));
> #
> # ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ 9 (ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ Κ3)
> #
> k9:=array([[0,0,0,0,0,0],[0,0,0,0,0,0],[0,0,((G*It3)/L2),0,0,((-G*It3)/L2)],[0,0,0,0,0,0],[0,0,0,0,0,0],[0,0,((-G*It3)/L2),0,0,(((G*It3)/L2)+((G*It3)/L1)]]);
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ri ΛΟΓΩ ΣΤΡΟΦΗΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> φ9:=0;
> cosφ9:=evalf(cos(φ9));
> sinφ9:=evalf(sin(φ9));
> R9:=array([[cosφ9,sinφ9,0,0,0,0],[-sinφ9,cosφ9,0,0,0,0],[0,0,1,0,0,0],[0,0,0,cosφ9,sinφ9,0],[0,0,0,-sinφ9,cosφ9,0],[0,0,0,0,0,1]]);
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ti ΛΟΓΩ ΜΕΤΑΘΕΣΕΩΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> T9:=array([[1,0,0,0,0,0],[0,1,0,0,0,0],[0,0,1,0,0,0],[0,0,0,1,0,0],[0,0,0,0,1,0],[0,0,0,0,0,1]]);
> kbar9:=multiply(T9,(multiply(transpose(R9),k9,R9)),transpose(T9));
> #
> # ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ 10 (ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ Κ4)
> #
> k10:=array([[0,0,0,0,0,0],[0,0,0,0,0,0],[0,0,((G*It4)/L2),0,0,((-G*It4)/L2)],[0,0,0,0,0,0],[0,0,0,0,0,0],[0,0,((-G*It4)/L2),0,0,(((G*It4)/L2)+((G*It4)/L1)]]);
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ri ΛΟΓΩ ΣΤΡΟΦΗΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> φ10:=0;
> cosφ10:=evalf(cos(φ10));
> sinφ10:=evalf(sin(φ10));
> R10:=array([[cosφ10,sinφ10,0,0,0,0],[-sinφ10,cosφ10,0,0,0,0],[0,0,1,0,0,0],[0,0,0,cosφ10,sinφ10,0],[0,0,0,-sinφ10,cosφ10,0],[0,0,0,0,0,1]]);
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ti ΛΟΓΩ ΜΕΤΑΘΕΣΕΩΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> T10:=array([[1,0,0,0,0,0],[0,1,0,0,0,0],[0,0,1,0,0,0],[0,0,0,1,0,0],[0,0,0,0,1,0],[0,0,0,0,0,1]]);
> kbar10:=multiply(T10,(multiply(transpose(R10),k10,R10)),transpose(T10));
> #
> # ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ 11 (ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ Κ5)
> #
> k11:=array([[0,0,0,0,0,0],[0,0,0,0,0,0],[0,0,((G*It5)/L2),0,0,((-G*It5)/L2)],[0,0,0,0,0,0],[0,0,0,0,0,0],[0,0,((-G*It5)/L2),0,0,(((G*It5)/L2)+((G*It5)/L1)]]);
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ri ΛΟΓΩ ΣΤΡΟΦΗΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> φ11:=0;
> cosφ11:=evalf(cos(φ11));
> sinφ11:=evalf(sin(φ11));
> R11:=array([[cosφ11,sinφ11,0,0,0,0],[-sinφ11,cosφ11,0,0,0,0],[0,0,1,0,0,0],[0,0,0,cosφ11,sinφ11,0],[0,0,0,-sinφ11,cosφ11,0],[0,0,0,0,0,1]]);
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ti ΛΟΓΩ ΜΕΤΑΘΕΣΕΩΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> T11:=array([[1,0,0,0,0,0],[0,1,0,0,0,0],[0,0,1,0,0,0],[0,0,0,1,0,0],[0,0,0,0,1,0],[0,0,0,0,0,1]]);
> kbar11:=multiply(T11,(multiply(transpose(R11),k11,R11)),transpose(T11));
> #
> # ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ 12 (ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ Κ6)
> #
> k12:=array([[0,0,0,0,0,0],[0,0,0,0,0,0],[0,0,((G*It6)/L2),0,0,((-G*It6)/L2)],[0,0,0,0,0,0],[0,0,0,0,0,0],[0,0,((-G*It6)/L2),0,0,(((G*It6)/L2)+((G*It6)/L1)]]);
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ri ΛΟΓΩ ΣΤΡΟΦΗΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> φ12:=0;
> cosφ12:=evalf(cos(φ12));
> sinφ12:=evalf(sin(φ12));
> R12:=array([[cosφ12,sinφ12,0,0,0,0],[-sinφ12,cosφ12,0,0,0,0],[0,0,1,0,0,0],[0,0,0,cosφ12,sinφ12,0],[0,0,0,-sinφ12,cosφ12,0],[0,0,0,0,0,1]]);
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ti ΛΟΓΩ ΜΕΤΑΘΕΣΕΩΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> T12:=array([[1,0,0,0,0,0],[0,1,0,0,0,0],[0,0,1,0,0,0],[0,0,0,1,0,0],[0,0,0,0,1,0],[0,0,0,0,0,1]]);
> kbar12:=multiply(T12,(multiply(transpose(R12),k12,R12)),transpose(T12));
> #
> # ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ 13 (ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ Κ7)
> #
```

```

> #=====
> k13:=array([[0,0,0,0,0,0],[0,0,0,0,0,0],[0,0,((G*It6)/L2),0,0,((-G*It6)/L2)],[0,0,0,0,0,0],[0,0,((-G*It6)/L2),0,0,((G*It6)/L1)+((G*It6)/L2)]]);
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ri ΛΟΓΩ ΣΤΡΟΦΗΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> ϕ13:=0;
> cosϕ13:=evalf(cos(ϕ13));
> sinϕ13:=evalf(sin(ϕ13));
> R13:=array([[cosϕ13,sinϕ13,0,0,0,0],[-sinϕ13,cosϕ13,0,0,0,0],[0,0,1,0,0,0],[0,0,0,cosϕ13,sinϕ13,0],[0,0,0,-sinϕ13,cosϕ13,0],[0,0,0,0,0,1]]);
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Τι ΛΟΓΩ ΜΕΤΑΘΕΣΗΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> T13:=array([[1,0,0,0,0,0],[0,1,0,0,0,0],[0,0,1,0,0,0],[0,0,0,1,0,0],[0,0,0,0,1,0],[0,0,0,0,0,1]]);
> kbar13:=multiply(T13,(multiply(transpose(R13),k13,R13)),transpose(T13));
> #=====
> #
> # ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ 14 (ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ K8)
> #=====
> k14:=array([[0,0,0,0,0,0],[0,0,0,0,0,0],[0,0,((G*It6)/L2),0,0,((-G*It6)/L2)],[0,0,0,0,0,0],[0,0,((-G*It6)/L2),0,0,((G*It6)/L1)+((G*It6)/L2)]]);
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Ri ΛΟΓΩ ΣΤΡΟΦΗΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> ϕ14:=0;
> cosϕ14:=evalf(cos(ϕ14));
> sinϕ14:=evalf(sin(ϕ14));
> R14:=array([[cosϕ14,sinϕ14,0,0,0,0],[-sinϕ14,cosϕ14,0,0,0,0],[0,0,1,0,0,0],[0,0,0,cosϕ14,sinϕ14,0],[0,0,0,-sinϕ14,cosϕ14,0],[0,0,0,0,0,1]]);
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Τι ΛΟΓΩ ΜΕΤΑΘΕΣΗΣ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ #
> T14:=array([[1,0,0,0,0,0],[0,1,0,0,0,0],[0,0,1,0,0,0],[0,0,0,1,0,0],[0,0,0,0,1,0],[0,0,0,0,0,1]]);
> kbar14:=multiply(T14,(multiply(transpose(R14),k14,R14)),transpose(T14));
> #####
> # ΕΥΝΟΑΙΚΟ ΜΗΤΡΩΟ ΑΚΑΜΩΙΑΣ (Kol) ΜΕΤΑ ΤΗ ΣΤΑΤΙΚΗ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ
> #####
> kol:=evalm((kbar1+kbar2+kbar3+kbar4+kbar5+kbar6+kbar7+kbar8+kbar9+kbar10+kbar11+kbar12+kbar13+kbar14));
> #####
> # ΕΥΝΟΑΙΚΟ ΜΗΤΡΩΟ ΜΑΖΑΣ (Mol)
> #####
> mbar:=array([[m,0,0,0,0,0],[0,m,0,0,0,0],[0,0,Io,0,0,0],[0,0,0,mo,0,0],[0,0,0,0,mo,0],[0,0,0,0,0,Ioo]]);
> # ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Tc ΛΟΓΩ ΜΕΤΑΘΕΣΗΣ #
> Tc:=array([[1,0,0,0,0,0],[0,1,0,0,0,0],[0,0,1,0,0,0],[0,0,0,1,0,0],[0,0,0,0,1,0],[0,0,0,0,0,1]]);
> mol:=multiply(Tc,mbar,transpose(Tc));
> #=====
> #
> # Eigenvalues and Eigenvectors (ΙΔΙΟΤΙΜΕΣ ΚΑΙ ΙΔΙΟΔΙΑΝΥΣΜΑΤΑ)
> #=====
> omeg:=evalf(Eigenvals(kol,mol,vecs));
> o1:=6: o2:=4: o3:=5: o4:=3: o5:=2: o6:=1:
> omega1:=omeg[o1];
> omega2:=omeg[o2];
> omega3:=omeg[o3];
> omega4:=omeg[o4];
> omega5:=omeg[o5];
> omega6:=omeg[o6];
> print(vecs);
> #=====
> #
> # Normalization (ΚΑΝΟΝΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗ ΜΑΖΑ)
> #=====
> v1 := linalg[submatrix](vecs, 1..6, o1..o1);
> c:=multiply(transpose(v1),mol,v1);
> c1:=c[1,1];
> mu[1]:=1/sqrt(c1);
> phi[1]:=scalarmul(v1,mu[1]);
> test:=multiply(transpose(phi[1]),mol,phi[1]);
> v2 := linalg[submatrix](vecs, 1..6, o2..o2);
> c:=multiply(transpose(v2),mol,v2);
> c2:=c[1,1];
> mu[2]:=1/sqrt(c2);
> phi[2]:=scalarmul(v2,mu[2]);
> phi[2][1,1];
> test:=multiply(transpose(phi[2]),mol,phi[2]);
> v3 := linalg[submatrix](vecs, 1..6, o3..o3);
> c:=multiply(transpose(v3),mol,v3);
> c3:=c[1,1];
> mu[3]:=1/sqrt(c3);
> phi[3]:=scalarmul(v3,mu[3]);
> phi[3][1,1];
> test:=multiply(transpose(phi[3]),mol,phi[3]);
> v4 := linalg[submatrix](vecs, 1..6, o4..o4);
> c:=multiply(transpose(v4),mol,v4);
> c4:=c[1,1];
> mu[4]:=1/sqrt(c4);
> phi[4]:=scalarmul(v4,mu[4]);
> phi[4][1,1];
> test:=multiply(transpose(phi[4]),mol,phi[4]);
> v5 := linalg[submatrix](vecs, 1..6, o5..o5);
> c:=multiply(transpose(v5),mol,v5);
> c5:=c[1,1];
> mu[5]:=1/sqrt(c5);
> phi[5]:=scalarmul(v5,mu[5]);
> phi[5][1,1];
> test:=multiply(transpose(phi[5]),mol,phi[5]);

```



## Επιρροή των εξωστών στη δυναμική ανάλυση κτιρίων

```
> v6 := linalg[submatrix](vecs, 1..6, o6..o6);
> c:=multiply(transpose(v6),mol,v6);
> c6:=c[1,1];
> mu[6]:=1/sqrt(c6);
> phi[6]:=scalarmul(v6,mu[6]);
> phi[6][1,1];
> test:=multiply(transpose(phi[6]),mol,phi[6]);
> #=====
> # ΔΥΝΑΜΗ ΚΑΤΑ Χ ΠΟΥ ΑΣΚΕΙΤΑΙ ΣΤΗ ΜΑΖΑ
> #=====
> Pa:=88.06;
> Pb:=176.11;
> a:=0;
> d:=evalf(cos(a));
> f:=evalf(sin(a));
> Pt1:=Pa*d;
> Pt2:=Pa*f;
> Pt3:=0;
> Pt4:=Pb*d;
> Pt5:=Pb*f;
> Pt6:=0;
> P:=transpose(array([[Pt1,Pt2,Pt3,Pt4,Pt5,Pt6]]));
> #=====
> # ΙΔΙΟΜΟΡΦΙΚΗ ΜΑΖΑ
> #=====
> M1:=multiply(transpose(phi[1]),mol,phi[1]);
> M2:=multiply(transpose(phi[2]),mol,phi[2]);
> M3:=multiply(transpose(phi[3]),mol,phi[3]);
> M4:=multiply(transpose(phi[4]),mol,phi[4]);
> M5:=multiply(transpose(phi[5]),mol,phi[5]);
> M6:=multiply(transpose(phi[6]),mol,phi[6]);
> #=====
> # ΙΔΙΟΜΟΡΦΙΚΗ ΑΚΑΜΨΙΑ
> #=====
> k1:=multiply(transpose(phi[1]),kol,phi[1]);
> K1:=k1[1,1];
> k2:=multiply(transpose(phi[2]),kol,phi[2]);
> K2:=k2[1,1];
> k3:=multiply(transpose(phi[3]),kol,phi[3]);
> K3:=k3[1,1];
> k4:=multiply(transpose(phi[4]),kol,phi[4]);
> K4:=k4[1,1];
> k5:=multiply(transpose(phi[5]),kol,phi[5]);
> K5:=k5[1,1];
> k6:=multiply(transpose(phi[6]),kol,phi[6]);
> K6:=k6[1,1];
> #=====
> # ΙΔΙΟΜΟΡΦΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ
> #=====
> p1:=multiply(transpose(phi[1]),P);
> P1:=p1[1,1];
> p2:=multiply(transpose(phi[2]),P);
> P2:=p2[1,1];
> p3:=multiply(transpose(phi[3]),P);
> P3:=p3[1,1];
> p4:=multiply(transpose(phi[4]),P);
> P4:=p4[1,1];
> p5:=multiply(transpose(phi[5]),P);
> P5:=p5[1,1];
> p6:=multiply(transpose(phi[6]),P);
> P6:=p6[1,1];
> #####
> # ΣΤΑΤΙΚΗ ΦΟΤΡΙΑΣΗ ΚΑΤΑ Χ
> #####
> # ΦΑΣΗ Ι.ΕΞΑΝΑΓΚΑΣΜΕΝΗ ΤΑΛΑΝΤΩΣΗ
> #=====
> t1:=2;
> Y1S:=(P1/(K1*t1))*(t-(sin((omega1^0.5)*t)/(omega1^0.5)));
> Y2S:=(P2/(K2*t1))*(t-(sin((omega2^0.5)*t)/(omega2^0.5)));
> Y3S:=(P3/(K3*t1))*(t-(sin((omega3^0.5)*t)/(omega3^0.5)));
> Y4S:=(P4/(K4*t1))*(t-(sin((omega4^0.5)*t)/(omega4^0.5)));
> Y5S:=(P5/(K5*t1))*(t-(sin((omega5^0.5)*t)/(omega5^0.5)));
> Y6S:=(P6/(K6*t1))*(t-(sin((omega6^0.5)*t)/(omega6^0.5)));
> #=====
> # ΔΙΑΝΥΣΜΑ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΕΩΝ ΜΕΘΥ ΤΗΣ ΕΠΑΛΛΗΛΙΑΣ ΤΩΝ ΙΔΙΟΜΟΡΦΩΝ
> #=====
> ut1s:=Y1S*phi[1][1,1]+Y2S*phi[2][1,1]+Y3S*phi[3][1,1]+Y4S*phi[4][1,1]+Y5S*phi[5][1,1]+Y6S*phi[6][1,1];
> ut2s:=Y1S*phi[1][2,1]+Y2S*phi[2][2,1]+Y3S*phi[3][2,1]+Y4S*phi[4][2,1]+Y5S*phi[5][2,1]+Y6S*phi[6][2,1];
> ut3s:=Y1S*phi[1][3,1]+Y2S*phi[2][3,1]+Y3S*phi[3][3,1]+Y4S*phi[4][3,1]+Y5S*phi[5][3,1]+Y6S*phi[6][3,1];
> ut4s:=Y1S*phi[1][4,1]+Y2S*phi[2][4,1]+Y3S*phi[3][4,1]+Y4S*phi[4][4,1]+Y5S*phi[5][4,1]+Y6S*phi[6][4,1];
> ut5s:=Y1S*phi[1][5,1]+Y2S*phi[2][5,1]+Y3S*phi[3][5,1]+Y4S*phi[4][5,1]+Y5S*phi[5][5,1]+Y6S*phi[6][5,1];
> ut6s:=Y1S*phi[1][6,1]+Y2S*phi[2][6,1]+Y3S*phi[3][6,1]+Y4S*phi[4][6,1]+Y5S*phi[5][6,1]+Y6S*phi[6][6,1];
> #=====
> # ΦΑΣΗ ΙΙ.ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΤΑΛΑΝΤΩΣΗ
> #=====
```

```

> tn:=t-t1;
> Y12S:=(P1/(K1*t1))*(t0-((sin(omega1^0.5*t0))/(omega1^0.5)));
> Yd1S:=diff(Y12S,t0);
> t0:=t1;
> Yd1SS:=Yd1S;
> ss1:=(P1/K1)*(1-cos((omega1^0.5)*tn));
> os1:=(P1/(K1*t1))*(t1-((sin(omega1^0.5*t1))/(omega1^0.5)))*cos((omega1^0.5)*tn);
> Yd1:=(Yd1SS*(sin(omega1^0.5*tn)))/(omega1^0.5)+os1+ss1;
> Y22S:=(P2/(K2*t1))*(t02-(sin(omega2^0.5*t02)/omega2^0.5));
> Yd2S:=diff(Y22S,t02);
> t02:=t1;
> Yd2SS:=Yd2S;
> ss2:=(P2/K2)*(1-cos((omega2^0.5)*tn));
> os2:=(P2/(K2*t1))*(t1-(sin(omega2^0.5*t1)/omega2^0.5))*cos((omega2^0.5)*tn);
> Yd2:=(Yd2SS*(sin(omega2^0.5*tn)))/(omega2^0.5)+os2+ss2;
> Y32S:=(P3/(K3*t1))*(t03-(sin(omega3^0.5*t03)/omega3^0.5));
> Yd3S:=diff(Y32S,t03);
> t03:=t1;
> Yd3SS:=Yd3S;
> ss3:=(P3/K3)*(1-cos((omega3^0.5)*tn));
> os3:=(P3/(K3*t1))*(t1-(sin(omega3^0.5*t1)/omega3^0.5))*cos((omega3^0.5)*tn);
> Yd3:=(Yd3SS*(sin(omega3^0.5*tn)))/(omega3^0.5)+os3+ss3;
> Y42S:=(P4/(K4*t1))*(t04-(sin(omega4^0.5*t04)/omega4^0.5));
> Yd4S:=diff(Y42S,t04);
> t04:=t1;
> Yd4SS:=Yd4S;
> ss4:=(P4/K4)*(1-cos((omega4^0.5)*tn));
> os4:=(P4/(K4*t1))*(t04-(sin(omega4^0.5*t04)/omega4^0.5))*cos((omega4^0.5)*tn);
> Yd4:=(Yd4SS*(sin(omega4^0.5*tn)))/(omega4^0.5)+os4+ss4;
> Y52S:=(P5/(K5*t1))*(t05-(sin(omega5^0.5*t05)/omega5^0.5));
> Yd5S:=diff(Y52S,t05);
> t05:=t1;
> Yd5SS:=Yd5S;
> ss5:=(P5/K5)*(1-cos((omega5^0.5)*tn));
> os5:=(P5/(K5*t1))*(t05-(sin(omega5^0.5*t05)/omega5^0.5))*cos((omega5^0.5)*tn);
> Yd5:=(Yd5SS*(sin(omega5^0.5*tn)))/(omega5^0.5)+os5+ss5;
> Y62S:=(P6/(K6*t1))*(t06-(sin(omega6^0.5*t06)/omega6^0.5));
> Yd6S:=diff(Y62S,t06);
> t06:=t1;
> Yd6SS:=Yd6S;
> ss6:=(P6/K6)*(1-cos((omega6^0.5)*tn));
> os6:=(P6/(K6*t1))*(t06-(sin(omega6^0.5*t06)/omega6^0.5))*cos((omega6^0.5)*tn);
> Yd6:=(Yd6SS*(sin(omega6^0.5*tn)))/(omega6^0.5)+os6+ss6;
=====
> # ΔΙΑΝΥΣΜΑ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΕΩΝ ΜΕΘΥ ΕΠΙΛΛΗΛΙΑΣ ΤΩΝ ΙΔΙΟΜΟΡΦΩΝ
> #=====
> ut12s:=Yd1*phi[1][1,1]+Yd2*phi[2][1,1]+Yd3*phi[3][1,1]+Yd4*phi[4][1,1]+Yd5*phi[5][1,1]+Yd6*phi[6][1,1];
> ut22s:=Yd1*phi[1][2,1]+Yd2*phi[2][2,1]+Yd3*phi[3][2,1]+Yd4*phi[4][2,1]+Yd5*phi[5][2,1]+Yd6*phi[6][2,1];
> ut32s:=Yd1*phi[1][3,1]+Yd2*phi[2][3,1]+Yd3*phi[3][3,1]+Yd4*phi[4][3,1]+Yd5*phi[5][3,1]+Yd6*phi[6][3,1];
> ut42s:=Yd1*phi[1][4,1]+Yd2*phi[2][4,1]+Yd3*phi[3][4,1]+Yd4*phi[4][4,1]+Yd5*phi[5][4,1]+Yd6*phi[6][4,1];
> ut52s:=Yd1*phi[1][5,1]+Yd2*phi[2][5,1]+Yd3*phi[3][5,1]+Yd4*phi[4][5,1]+Yd5*phi[5][5,1]+Yd6*phi[6][5,1];
> ut62s:=Yd1*phi[1][6,1]+Yd2*phi[2][6,1]+Yd3*phi[3][6,1]+Yd4*phi[4][6,1]+Yd5*phi[5][6,1]+Yd6*phi[6][6,1];
> u1s(t1):=((Heaviside(t1-t))*ut1s)+((Heaviside(t-t1))*ut12s);
> plot([u1s(t1)],t=0..5);
> u2s(t1):=((Heaviside(t1-t))*ut2s)+((Heaviside(t-t1))*ut22s);
> plot([u2s(t1)],t=0..5);
> u3s(t1):=((Heaviside(t1-t))*ut3s)+((Heaviside(t-t1))*ut32s);
> plot([u3s(t1)],t=0..5);
> u4s(t1):=((Heaviside(t1-t))*ut4s)+((Heaviside(t-t1))*ut42s);
> plot([u4s(t1)],t=0..5);
> u5s(t1):=((Heaviside(t1-t))*ut5s)+((Heaviside(t-t1))*ut52s);
> plot([u5s(t1)],t=0..5);
> u6s(t1):=((Heaviside(t1-t))*ut6s)+((Heaviside(t-t1))*ut62s);
> plot([u6s(t1)],t=0..5);
> plot([u1s(t1),u2s(t1),u3s(t1),u4s(t1),u5s(t1),u6s(t1)],t=0..5);
=====
> #
> # ΔΥΝΑΜΗ ΚΑΤΑ Υ ΠΟΥ ΑΣΚΕΙΤΑΙ ΣΤΗ ΜΑΖΑ
> #=====
> Pa:=88.06;
> Pb:=176.11;
> a:=Pi/2;
> d:=evalf(cos(a));
> f:=evalf(sin(a));
> Pt1:=Pa*d;
> Pt2:=Pa*f;
> Pt3:=0;
> Pt4:=Pb*d;
> Pt5:=Pb*f;
> Pt6:=0;
> P:=transpose(array([[Pt1,Pt2,Pt3,Pt4,Pt5,Pt6]]));
> #=====
> #
> # ΙΔΙΟΜΟΡΦΙΚΗ ΜΑΖΑ
> #=====
> M1:=multiply(transpose(phi[1]),mol,phi[1]);
> M2:=multiply(transpose(phi[2]),mol,phi[2]);
> M3:=multiply(transpose(phi[3]),mol,phi[3]);

```

## Επιρροή των εξωστών στη δυναμική ανάλυση κτιρίων

```
> M4:=multiply(transpose(phi[4]),mol,phi[4]);
> M5:=multiply(transpose(phi[5]),mol,phi[5]);
> M6:=multiply(transpose(phi[6]),mol,phi[6]);
> #=====
> #
> # ΙΔΙΟΜΟΡΦΙΚΗ ΑΚΑΜΨΙΑ
> #=====
> k1:=multiply(transpose(phi[1]),kol,phi[1]);
> K1:=k1[1,1];
> k2:=multiply(transpose(phi[2]),kol,phi[2]);
> K2:=k2[1,1];
> k3:=multiply(transpose(phi[3]),kol,phi[3]);
> K3:=k3[1,1];
> k4:=multiply(transpose(phi[4]),kol,phi[4]);
> K4:=k4[1,1];
> k5:=multiply(transpose(phi[5]),kol,phi[5]);
> K5:=k5[1,1];
> k6:=multiply(transpose(phi[6]),kol,phi[6]);
> K6:=k6[1,1];
> #=====
> #
> # ΙΔΙΟΜΟΡΦΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ
> #=====
> p1:=multiply(transpose(phi[1]),P);
> P1:=p1[1,1];
> p2:=multiply(transpose(phi[2]),P);
> P2:=p2[1,1];
> p3:=multiply(transpose(phi[3]),P);
> P3:=p3[1,1];
> p4:=multiply(transpose(phi[4]),P);
> P4:=p4[1,1];
> p5:=multiply(transpose(phi[5]),P);
> P5:=p5[1,1];
> p6:=multiply(transpose(phi[6]),P);
> P6:=p6[1,1];
> #####
> #
> # ΕΤΑΤΙΚΗ ΦΟΤΡΙΑ ΚΑΤΑ Υ
> #####
> #
> # ΦΑΣΗ Ι.ΕΞΑΝΑΓΚΑΣΜΕΝΗ ΤΑΛΑΝΤΩΣΗ
> #=====
> t1:=2;
> Y1S:=(P1/(K1*t1))*(t-(sin((omega1^0.5)*t)/(omega1^0.5)));
> Y2S:=(P2/(K2*t1))*(t-(sin((omega2^0.5)*t)/(omega2^0.5)));
> Y3S:=(P3/(K3*t1))*(t-(sin((omega3^0.5)*t)/(omega3^0.5)));
> Y4S:=(P4/(K4*t1))*(t-(sin((omega4^0.5)*t)/(omega4^0.5)));
> Y5S:=(P5/(K5*t1))*(t-(sin((omega5^0.5)*t)/(omega5^0.5)));
> Y6S:=(P6/(K6*t1))*(t-(sin((omega6^0.5)*t)/(omega6^0.5)));
> #=====
> # ΔΙΑΝΥΣΜΑ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΕΩΝ ΜΕΘΥ ΤΗΣ ΕΠΑΛΛΗΛΙΑΣ ΤΩΝ ΙΔΙΟΜΟΡΦΩΝ
> #=====
> ut1s:=Y1S*phi[1][1,1]+Y2S*phi[2][1,1]+Y3S*phi[3][1,1]+Y4S*phi[4][1,1]+Y5S*phi[5][1,1]+Y6S*phi[6][1,1];
> ut2s:=Y1S*phi[1][2,1]+Y2S*phi[2][2,1]+Y3S*phi[3][2,1]+Y4S*phi[4][2,1]+Y5S*phi[5][2,1]+Y6S*phi[6][2,1];
> ut3s:=Y1S*phi[1][3,1]+Y2S*phi[2][3,1]+Y3S*phi[3][3,1]+Y4S*phi[4][3,1]+Y5S*phi[5][3,1]+Y6S*phi[6][3,1];
> ut4s:=Y1S*phi[1][4,1]+Y2S*phi[2][4,1]+Y3S*phi[3][4,1]+Y4S*phi[4][4,1]+Y5S*phi[5][4,1]+Y6S*phi[6][4,1];
> ut5s:=Y1S*phi[1][5,1]+Y2S*phi[2][5,1]+Y3S*phi[3][5,1]+Y4S*phi[4][5,1]+Y5S*phi[5][5,1]+Y6S*phi[6][5,1];
> ut6s:=Y1S*phi[1][6,1]+Y2S*phi[2][6,1]+Y3S*phi[3][6,1]+Y4S*phi[4][6,1]+Y5S*phi[5][6,1]+Y6S*phi[6][6,1];
> #=====
> #
> # ΦΑΣΗ ΙΙ.ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΤΑΛΑΝΤΩΣΗ
> #=====
> tn:=t-t1;
> Y12S:=(P1/(K1*t1))*(t0-(sin(omega1^0.5*t0)/(omega1^0.5)));
> Yd1S:=diff(Y12S,t0);
> t0:=t1;
> Yd1SS:=Yd1S;
> ss1:=(P1/K1)*(1-cos((omega1^0.5)*tn));
> os1:=(P1/(K1*t1))*(t1-(sin(omega1^0.5*t1)/(omega1^0.5)))*cos((omega1^0.5)*tn);
> Yd1:=(Yd1SS*(sin(omega1^0.5*tn)))/(omega1^0.5)+os1+ss1;
> Y22S:=(P2/(K2*t1))*(t02-(sin(omega2^0.5*t02)/omega2^0.5));
> Yd2S:=diff(Y22S,t02);
> t02:=t1;
> Yd2SS:=Yd2S;
> ss2:=(P2/K2)*(1-cos((omega2^0.5)*tn));
> os2:=(P2/(K2*t1))*(t1-(sin(omega2^0.5*t1)/omega2^0.5))*cos((omega2^0.5)*tn);
> Yd2:=(Yd2SS*(sin(omega2^0.5*tn)))/(omega2^0.5)+os2+ss2;
> Y32S:=(P3/(K3*t1))*(t03-(sin(omega3^0.5*t03)/omega3^0.5));
> Yd3S:=diff(Y32S,t03);
> t03:=t1;
> Yd3SS:=Yd3S;
> ss3:=(P3/K3)*(1-cos((omega3^0.5)*tn));
> os3:=(P3/(K3*t1))*(t1-(sin(omega3^0.5*t1)/omega3^0.5))*cos((omega3^0.5)*tn);
> Yd3:=(Yd3SS*(sin(omega3^0.5*tn)))/(omega3^0.5)+os3+ss3;
> Y42S:=(P4/(K4*t1))*(t04-(sin(omega4^0.5*t04)/omega4^0.5));
> Yd4S:=diff(Y42S,t04);
> t04:=t1;
> Yd4SS:=Yd4S;
> ss4:=(P4/K4)*(1-cos((omega4^0.5)*tn));
> os4:=(P4/(K4*t1))*(t04-(sin(omega4^0.5*t04)/omega4^0.5))*cos((omega4^0.5)*tn);
```

```

> Yd4:=(Yd4SS*(sin(omega4^0.5*tn)))/(omega4^0.5)+os4+ss4;
> Y52S:=(P5/(K5*t1))*(t05-(sin(omega5^0.5*t05)/(omega5^0.5)));
> Yd5S:=diff(Y52S,t05);
> t05:=t1;
> Yd5SS:=Yd5S;
> ss5:=(P5/K5)*(1-cos((omega5^0.5)*tn));
> os5:=(P5/(K5*t1))*(t05-(sin(omega5^0.5*t05)/(omega5^0.5)))*cos((omega5^0.5)*tn);
> Yd5:=(Yd5SS*(sin(omega5^0.5*tn)))/(omega5^0.5)+os5+ss5;
> Y62S:=(P6/(K6*t1))*(t06-(sin(omega6^0.5*t06)/(omega6^0.5)));
> Yd6S:=diff(Y62S,t06);
> t06:=t1;
> Yd6SS:=Yd6S;
> ss6:=(P6/K6)*(1-cos((omega6^0.5)*tn));
> os6:=(P6/(K6*t1))*(t06-(sin(omega6^0.5*t06)/(omega6^0.5)))*cos((omega6^0.5)*tn);
> Yd6:=(Yd6SS*(sin(omega6^0.5*tn)))/(omega6^0.5)+os6+ss6;
> #=====
> # ΔΙΑΝΥΣΜΑ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΕΩΝ ΜΕΣΩ ΤΗΣ ΕΠΑΛΛΗΛΙΑΣ ΤΩΝ ΙΔΙΟΜΟΡΦΩΝ
> #=====
> ut12s:=Yd1*phi[1][1,1]+Yd2*phi[2][1,1]+Yd3*phi[3][1,1]+Yd4*phi[4][1,1]+Yd5*phi[5][1,1]+Yd6*phi[6][1,1];
> ut22s:=Yd1*phi[1][2,1]+Yd2*phi[2][2,1]+Yd3*phi[3][2,1]+Yd4*phi[4][2,1]+Yd5*phi[5][2,1]+Yd6*phi[6][2,1];
> ut32s:=Yd1*phi[1][3,1]+Yd2*phi[2][3,1]+Yd3*phi[3][3,1]+Yd4*phi[4][3,1]+Yd5*phi[5][3,1]+Yd6*phi[6][3,1];
> ut42s:=Yd1*phi[1][4,1]+Yd2*phi[2][4,1]+Yd3*phi[3][4,1]+Yd4*phi[4][4,1]+Yd5*phi[5][4,1]+Yd6*phi[6][4,1];
> ut52s:=Yd1*phi[1][5,1]+Yd2*phi[2][5,1]+Yd3*phi[3][5,1]+Yd4*phi[4][5,1]+Yd5*phi[5][5,1]+Yd6*phi[6][5,1];
> ut62s:=Yd1*phi[1][6,1]+Yd2*phi[2][6,1]+Yd3*phi[3][6,1]+Yd4*phi[4][6,1]+Yd5*phi[5][6,1]+Yd6*phi[6][6,1];
> u1s(t1):=((Heaviside(t1-t))*ut1s)+((Heaviside(t-t1))*ut12s);
> plot([u1s(t1)],t=0..5);
> u2s(t1):=((Heaviside(t1-t))*ut2s)+((Heaviside(t-t1))*ut22s);
> plot([u2s(t1)],t=0..5);
> u3s(t1):=((Heaviside(t1-t))*ut3s)+((Heaviside(t-t1))*ut32s);
> plot([u3s(t1)],t=0..5);
> u4s(t1):=((Heaviside(t1-t))*ut4s)+((Heaviside(t-t1))*ut42s);
> plot([u4s(t1)],t=0..5);
> u5s(t1):=((Heaviside(t1-t))*ut5s)+((Heaviside(t-t1))*ut52s);
> plot([u5s(t1)],t=0..5);
> u6s(t1):=((Heaviside(t1-t))*ut6s)+((Heaviside(t-t1))*ut62s);
> plot([u6s(t1)],t=0..5);
> plot([u1s(t1),u2s(t1),u3s(t1),u4s(t1),u5s(t1),u6s(t1)],t=0..5);

```

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- [1] Ι.Θ. ΚΑΤΣΙΚΑΔΕΛΗΣ. *Δυναμική των Κατασκευών*. Τόμ. Ι. Αθήνα: Συμμετρία, 2007.
- [2] Ι.Θ. ΚΑΤΣΙΚΑΔΕΛΗΣ. *Δυναμική των Κατασκευών*. Τόμ. ΙΙ. Αθήνα: Συμμετρία, 2007.
- [3] Α. ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΙΔΗΣ. *Αντισεισμικά κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα*. Τόμ. Α. Αθήνα: π-SYSTEMS INTERNATIONAL ΑΕ, 2008.
- [4] *Ελληνικός Κανονισμός Ωπλισμένου Σκυροδέματος (ΕΚΩΣ 2000)*.
- [5] *Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος (ΚΤΣ-97)*.
- [6] *Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός (ΕΑΚ 2000)*.