

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
 ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
 ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
 ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ
 «ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ»

A.Σ.Τ.Ε. III

**Μόρφωση, Προσομοίωση και
 Υπολογισμός Αντισεισμικών Κτιρίων**

Υπεύθυνοι:

I.Ε. Αβραμίδης
 Κ. Αναστασιάδης
 Α. Αθανατοπούλου

Εργασία:
 1η άσκηση

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
 Μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών «ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ»
 Μάθημα: Προσομοίωση και υπολογισμός σεισμικών κτιρίων

ΑΣΚΗΣΗ 1^η
 Δίνονται οι κόπρες των μόνιμων κρήνιων του σχήματος 1 και 2 (τα υποκαμπίνα βρίσκονται στις κορυφές κτισμάτων ελαφρώς υπερυψωμένων σε σχέση με το κέντρο 4x4 m) και ζητούνται:

1. Η διαμορφωτική αντίσφιξη των κρήνιων. Εξωτερικά όμοια.
2. Ο υπολογισμός των μόνιμων κρήνιων και δυστομιών.
3. Η κλίση του ελαστικού μέτρου.
4. Ο υπολογισμός των ιδιοσυχνοτήτων και ιδιομορφιών.
5. Ο υπολογισμός των πηριβαίων των ιδιομορφιών.
6. Για ομοική διάκριση παραμόλιση προς τον θόλινο κ Σηπίνοντο.
7. Να υπολογιστούν και οι επιβραβύοντες τα ιδιομορφικά ποσοτάει φορτία.
8. Να υπολογιστεί η μέγιστη κρήνινα μετατόπιση του σπύλου Σ1.
9. Να υπολογιστούν τα μέγιστα φορτία διαμήκη Μ, Q, του σπύλου Σ1.

Ο υπολογισμός θα γίνει με το "gbr" και θα επεξεργαστούν με τη πρόγραμμα SAP.

Σχήμα 1

Σχήμα 2

Δίνονται
 Φόρμα σφαιρικού Ε.Α.Κ.
 Σύνθεση: στενωπώνηση: 30
 Κατηγορία εδάφους Α
 Ε=2.10¹⁰ Ν/μ², κατηγορία σπουδών
 φ=3.5, ζ=0.9, R=1
 n=80
 n=80
 Προσαρμοσμένα κωδικά δείκτες 501
 Η σύνθεση των υποκαμπίτων με την
 θεωρία ορθής
 Τελες 15002

Με προσομοίωση με
 τελερολογικό λογιστήριο

Ε=2.1e7 Ν/μ²
 ν=0.2
 Τύπος: 20/200

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ	01	02	03	04	05	06
ΜΕΣΗ	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
ΕΠΙΧΡΩΜΑ	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ <th>07</th> <th>08</th> <th>09</th> <th>10</th> <th>11</th> <th>12</th>	07	08	09	10	11	12
ΜΕΣΗ	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
ΕΠΙΧΡΩΜΑ	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Όνομα φοιτητή:
 Οικονόμου Θεμιστοκλής

Δευτέρα, 10 Φεβρουαρίου 2003

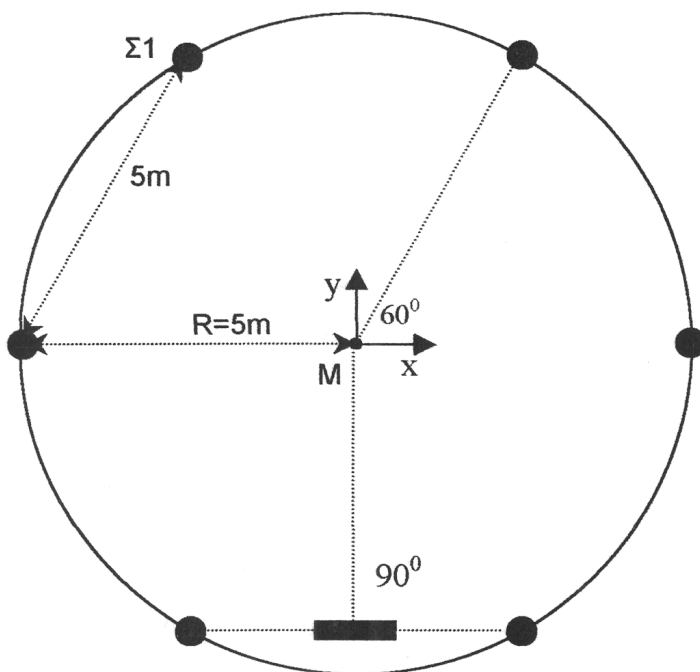
ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ-ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
Μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών «ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ»
Μόρφωση, προσομοίωση και υπολογισμός αντισεισμικών κτιρίων

ΑΣΚΗΣΗ 1^η

Δίνονται οι κατόψεις των μονώροφων κτιρίων του σχήματος 1 και 2 (τα υποστυλώματα βρίσκονται στις κορυφές κανονικού εξαγώνου εγγεγραμμένου σε κύκλο ακτίνας $R=5\text{ m}$) και ζητούνται:

1. Η ιδιομορφική ανάλυση των κτιρίων. Ειδικότερα ζητούνται:
 - α) Ο υπολογισμός των μητρώων μάζας και δυσκαμψίας.
 - β) Η εύρεση του ελαστικού κέντρου.
 - γ) Ο υπολογισμός των ιδιοσυχνοτήτων και ιδιοπεριοδών.
 - δ) Ο υπολογισμός και η σχεδίαση των ιδιομορφών.
2. Για σεισμική διέγερση παράλληλη προς τον άξονα x ζητούνται:
 - α) Να υπολογιστούν και να σχεδιαστούν τα ιδιομορφικά σεισμικά φορτία.
 - β) Να υπολογιστεί η μέγιστη οριζόντια μετακίνηση του στύλου $\Sigma 1$.
 - γ) Να υπολογιστούν τα μέγιστα φορτία διατομής M , Q , του στύλου $\Sigma 1$.

Οι υπολογισμοί θα γίνουν με το "χέρι" και θα επαληθευτούν με το πρόγραμμα SAP.



Σχήμα 1.

Δίνονται

Φάσμα σχεδιασμού: Ε.Α.Κ.

Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας: III

Κατηγορία εδάφους: Α

$E=2.9 \cdot 10^7 \text{ kN/m}^2$, κατηγορία σπουδαιότητας Σ_2

$q=3.5$, $\zeta=5\%$, $\theta=1$

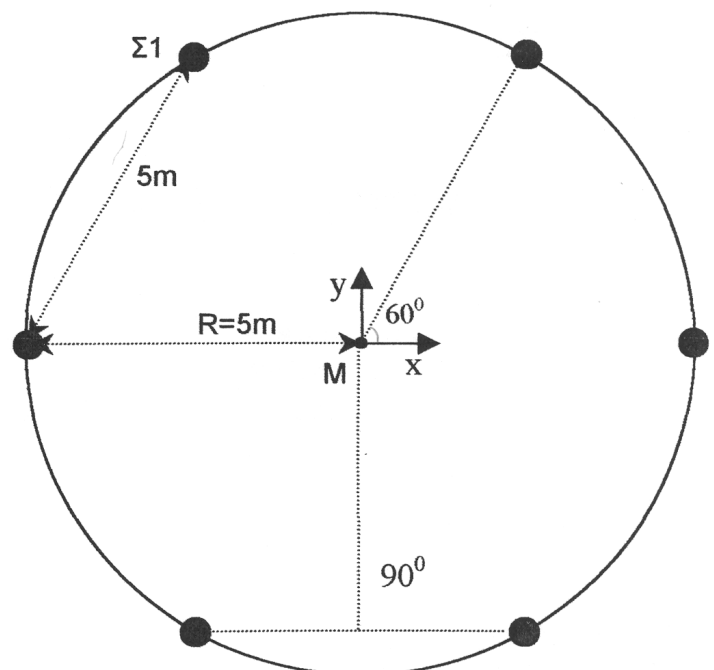
$h=5.0\text{ m}$

$m=80\text{ t}$

Υποστυλώματα κυκλικά διαμέτρου 50 cm ($I=\pi d^4/64$)

Η σύνδεση των υποστυλωμάτων με την πλάκα θεωρείται αρθρωτή

Τοιχείο: 150/25



Σχήμα 2.

Παραδοχές.

- Πλάκα απαραμόρφωτη στο επίπεδό της.
- Αρχή συντεταγμένων το σημείο 0,0 (προβολή στο z=0 του κ.β. της πλάκας).
- Αξονικά φορτία στύλων και τοιχώματος μηδενικά (άπειρη δυστένεια).
- Άπειρη shear area.
- Μηδενική δυστρεψία στύλων και τοιχώματος.

A1α) Υπολογισμός μητρώων μάζας και δυσκαμψίας.

Η ροπή αδράνειας κάθε Υ/Σ είναι $I_1 = \frac{\pi d^4}{64} = \frac{\pi \cdot 0,5^4}{64} = 3,068 \cdot 10^{-3} m^4$.

$$\text{Έτσι, } K_1 = \frac{3}{1} \cdot \frac{E \cdot I_1}{h^3} = \frac{3}{1} \cdot \frac{2,9 \cdot 10^7 \cdot 3,068 \cdot 10^{-3}}{5,0^3} = 2135,33$$

Τα τοιχεία στην ισχυρή τους διεύθυνση έχουν $I_2 = \frac{tb^3}{12} = \frac{0,25 \cdot 1,50^3}{12} = 70,313 \cdot 10^{-3} m^4$

$$\text{Έτσι, } K_2 = \frac{3}{1} \cdot \frac{E \cdot I_2}{h^3} = \frac{3}{1} \cdot \frac{2,9 \cdot 10^7 \cdot 70,313 \cdot 10^{-3}}{5,0^3} = 48937,85$$

Στην ασθενή τους διεύθυνση έχουν

$$I_3 = \frac{t^3 b}{12} = \frac{0,25^3 \cdot 1,50}{12} = 1,953 \cdot 10^{-3} m^4$$

$$\text{Έτσι, } K_3 = \frac{3}{1} \cdot \frac{E \cdot I_3}{h^3} = \frac{3}{1} \cdot \frac{2,9 \cdot 10^7 \cdot 1,953 \cdot 10^{-3}}{5,0^3} = 1359,29$$

Ισχύουν:

$$K_{xx} = \sum_i (k_{\xi i} \cos^2 \alpha_i + k_{\eta i} \sin^2 \alpha_i) = \sum_i k_{xi}$$

$$K_{yy} = \sum_i (k_{\xi i} \sin^2 \alpha_i + k_{\eta i} \cos^2 \alpha_i) = \sum_i k_{yi}$$

$$K_{xy} = K_{yx} = \sum_i \frac{1}{2} (k_{\xi i} - k_{\eta i}) \sin 2\alpha_i = \sum_i k_{xyi}$$

$$K_{xz} = \sum_i (-y_i k_{xi} + x_i k_{xyi}) = \sum_i (-y_i k_{\xi i} \cos^2 \alpha_i + x_i \frac{1}{2} k_{\xi i} \sin 2\alpha_i)$$

$$K_{yz} = \sum_i (-y_i k_{xyi} + x_i k_{yi}) = \sum_i (-y_i \frac{1}{2} k_{\xi i} \sin 2\alpha_i + x_i k_{\xi i} \sin^2 \alpha_i)$$

$$K_{zz} = \sum_i (k_{\xi i} + y_i^2 k_{xi} + x_i^2 k_{yi} - 2x_i y_i k_{xyi}) = \sum_i (k_{\xi i} + y_i^2 k_{\xi i} \cos^2 \alpha_i + x_i^2 k_{\xi i} \sin^2 \alpha_i - 2x_i y_i \frac{1}{2} k_{\xi i} \sin 2\alpha_i)$$

$$K_{xx,1} = 6 \cdot K_1 + K_2 = 61749,83.$$

$$K_{yy,1} = 6 \cdot K_1 + K_3 = 14171,27.$$

$$K_{xy,1} = K_{yx,1} = 0.$$

$$K_{xz,1} = -2 \cdot 4,3301 \cdot 2135,33 - (-2 \cdot 4,3301 \cdot 2135,33) - (4,3301 \cdot 48937,85) = 211905,78.$$

$$K_{yz,1} = -5,0 \cdot 2135,33 - 2 \cdot 2,5 \cdot 2135,33 - (-5,0 \cdot 2135,33 - 2 \cdot 2,5 \cdot 2135,33) = 0.$$

$$K_{zz,1} = 2 \cdot 4,3301^2 \cdot 2135,33 + 2 \cdot (-4,3301)^2 \cdot 2135,33 + (-4,3301)^2 \cdot 48937,85 + 5,0^2 \cdot 2135,33 + 2 \cdot (2,5)^2 \cdot 2135,33 + (-5,0)^2 \cdot 2135,33 + 2 \cdot (-2,5)^2 \cdot 2135,33 = 1237870,74.$$

Το αντίστοιχα μητρώο δυσκαμψίας ως προς το Κ.Β. της κάτοψης είναι το εξής:

$$K_1 = \begin{bmatrix} K_{xx,1} & K_{xy,1} & K_{xz,1} \\ K_{yx,1} & K_{yy,1} & K_{yz,1} \\ K_{zx,1} & K_{zy,1} & K_{zz,1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 61749,83 & 0 & 211905,78 \\ 0 & 14171,27 & 0 \\ 211905,78 & 0 & 1237870,74 \end{bmatrix}$$

Η μάζα είναι $m=80t$.

$$I_x = I_y = \frac{\pi \cdot d^4}{64} = \frac{\pi \cdot 10^4}{64} = 490,87m^4 \text{ (επαλήθευση και μέσω AutoCAD με massprop).}$$

$$J_m = \frac{m}{A} \cdot (I_x + I_y) = \frac{80}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} \cdot (I_x + I_y) = \frac{320}{\pi \cdot 10^2} \cdot (2 \cdot 490,87) = 1000m^4$$

$$M = \begin{bmatrix} 80 & 0 & 0 \\ 0 & 80 & 0 \\ 0 & 0 & 1000 \end{bmatrix}$$

Α1β) Εύρεση ελαστικού κέντρου.

Ελαστικό κέντρο στροφής (ως προς το Κ.Β. της διατομής):

$$x_{\text{ΚΕΣ},1} = \frac{k_{xx,1}k_{zy,1} - k_{xy,1}k_{zx,1}}{k_{xx,1}k_{yy,1} - k_{xy,1}^2} \Rightarrow x_{\text{ΚΕΣ},1} = 0m \text{ και}$$

$$y_{\text{ΚΕΣ},1} = -\frac{k_{yy,1}k_{zx,1} - k_{yx,1}k_{zy,1}}{k_{xx,1}k_{yy,1} - k_{xy,1}^2} \Rightarrow y_{\text{ΚΕΣ},1} = -3,43m.$$

$$\text{Επίσης, } \tan 2\omega_{\kappa,1} = \frac{2k_{xy}}{k_{xx} - k_{yy}} = 0, \text{ άρα } \omega_{\kappa} = 0^\circ.$$

Επαλήθευση μέσω SAP2000:

Εφαρμόζουμε μια ροπή 100000 KNm στο κ.β. της κάτοψης.

Ο φορέας με τοιχείο δίνει $u_{x,\kappa,\beta} = -0,67199m$, $u_{y,\kappa,\beta} = 0m$ και $\theta_{z,\kappa,\beta} = 0,19582m$.

Ο προσδιορισμός του κέντρου ελαστικής στροφής γίνεται με τη βοήθεια των παρακάτω τύπων:

$$0 = u_{yi} = u_y + \chi_{\text{ΚΕΣ}} \theta_z \Rightarrow \chi_{\text{ΚΕΣ}} = -\frac{u_y}{\theta_z} = -\frac{0}{0,19582} = 0m = 0m(\text{χέρσι})$$

$$0 = u_{xi} = u_x - y_{\text{ΚΕΣ}} \theta_z \Rightarrow y_{\text{ΚΕΣ}} = \frac{u_x}{\theta_z} = \frac{-0,67199}{0,19582} = -3,430m = -3,430m(\text{χέρσι})$$

Α1γ) Υπολογισμός των ιδιοσυχνοτήτων και ιδιοπεριόδων.

Επιλύουμε τη χαρακτηριστική εξίσωση:

$$|K - \lambda M| = 0 \Rightarrow \begin{vmatrix} 61749,83 - 80\lambda & 0 & 211905,78 \\ 0 & 14171,27 - 80\lambda & 0 \\ 211905,8 & 0 & 1237870,74 - 1000\lambda \end{vmatrix} = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow (14171,27 - 80\lambda) \begin{vmatrix} 61749,83 - 80\lambda & 211905,78 \\ 211905,8 & 1237870,74 - 1000\lambda \end{vmatrix} = 0 \Rightarrow$$

(Έχουμε μία ασύζευκτη ιδιομορφή που δίνει $\lambda = 117,141$)

$$\Rightarrow 4,4688 \cdot 10^{14} - 4,80119 \cdot 10^{12} \lambda + 1,39961 \cdot 10^{10} \lambda^2 - 6400000 \lambda^3 = 0 \Rightarrow$$

$$\left. \begin{array}{l} \lambda_1 = \omega_1^2 = 177,141 \\ \lambda_2 = \omega_2^2 = 220,277 \\ \lambda_3 = \omega_3^2 = 1789,47 \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} \omega_1 = 13,3094 \text{ rad/sec} \\ \omega_2 = 14,8417 \text{ rad/sec} \\ \omega_3 = 42,3021 \text{ rad/sec} \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} T_1 = 0,4721 \text{ sec} \\ T_2 = 0,4223 \text{ sec} \\ T_3 = 0,1485 \text{ sec} \end{array} \right\}$$

MODAL PERIODS AND FREQUENCIES				
MODE	PERIOD (TIME)	FREQUENCY (CYC/TIME)	FREQUENCY (RAD/TIME)	EIGENVALUE (RAD/TIME)**2
1	0.472088	2.118250	13.309357	177.138973
2	0.423350	2.362112	14.841584	220.272630
3	0.148536	6.732371	42.300736	1789.352

1Αδ) Υπολογισμός και σχεδίαση ιδιομορφών.

Ιδιομορφή 1 (ασύζευκτη)

$$(K - \lambda_1 M) [\phi^{(1)}] = 0 \Rightarrow \begin{bmatrix} 47578,55 & 0 & 211905,78 \\ 0 & -0,01 & 0 \\ 211905,78 & 0 & 1060729,74 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \phi_1^{(1)} \\ \phi_2^{(1)} \\ \phi_3^{(1)} \end{bmatrix} = 0 \Rightarrow$$

$$\text{Για } \phi_2^{(1)} = c, \text{ έχουμε } \phi^{(1)} = \begin{bmatrix} 0 \\ c \\ 0 \end{bmatrix}$$

Ιδιομορφή 2

$$(K - \lambda_2 M)[\phi^{(2)}] = 0 \Rightarrow \begin{bmatrix} 44127,67 & 0 & 211905,78 \\ 0 & -3450,89 & 0 \\ 211905,78 & 0 & 1017593,74 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \phi_1^{(2)} \\ \phi_2^{(2)} \\ \phi_3^{(2)} \end{bmatrix} = 0 \Rightarrow$$

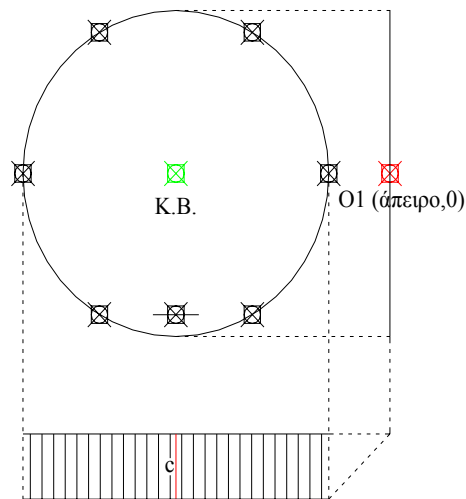
Για $\phi_3^{(2)}=1$, έχουμε $\phi^{(2)} = \begin{bmatrix} -4,8021 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$

Ιδιομορφή 3

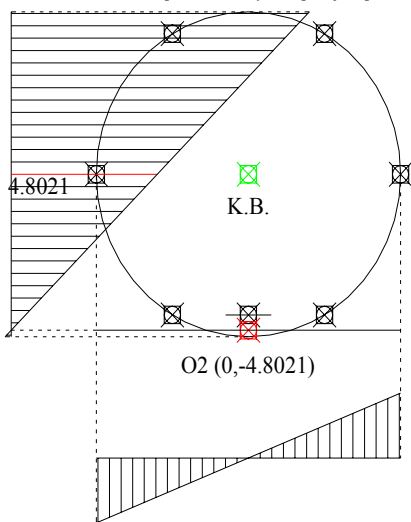
$$(K - \lambda_3 M)[\phi^{(3)}] = 0 \Rightarrow \begin{bmatrix} -81407,77 & 0 & 211905,78 \\ 0 & -128986,33 & 0 \\ 211905,78 & 0 & -551599,26 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \phi_1^{(3)} \\ \phi_2^{(3)} \\ \phi_3^{(3)} \end{bmatrix} = 0 \Rightarrow$$

Για $\phi_3^{(3)}=1$, έχουμε $\phi^{(3)} = \begin{bmatrix} 2,6030 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$

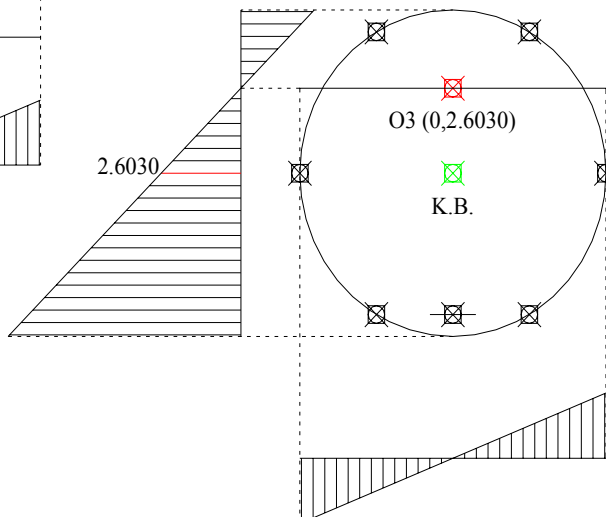
1η Ιδιομορφή



2η Ιδιομορφή



3η Ιδιομορφή



Α2α) Υπολογισμός και σχεδίαση ιδιομορφικών σεισμικών φορτίων.

Έχουμε να κάνουμε το δυναμικό φασματικό υπολογισμό για σεισμική διεγερση παράλληλη προς τη διεύθυνση x-x.

Συντελεστές Συμμετοχής

1^η ιδιομορφή:

$$v_A = \frac{\phi^{(A)T} \times M \times \delta}{\phi^{(A)T} \times M \times \phi^{(A)}} = \frac{[0 \quad c \quad 0] \times \begin{bmatrix} 80 & 0 & 0 \\ 0 & 80 & 0 \\ 0 & 0 & 1000 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}}{[0 \quad c \quad 0] \times \begin{bmatrix} 80 & 0 & 0 \\ 0 & 80 & 0 \\ 0 & 0 & 1000 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0 \\ c \\ 0 \end{bmatrix}} = \frac{[0 \quad 80 \times c \quad 0] \times \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}}{[0 \quad 80 \times c \quad 0] \times \begin{bmatrix} 0 \\ c \\ 1 \end{bmatrix}} = \frac{0}{80 \times c^2} = 0$$

2^η Ιδιομορφή:

$$v_2 = \frac{\phi^{(2)T} \times M \times \delta}{\phi^{(2)T} \times M \times \phi^{(2)}} = \frac{[-4,8021 \quad 0 \quad 1] \times \begin{bmatrix} 80 & 0 & 0 \\ 0 & 80 & 0 \\ 0 & 0 & 1000 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}}{[-4,8021 \quad 0 \quad 1] \times \begin{bmatrix} 80 & 0 & 0 \\ 0 & 80 & 0 \\ 0 & 0 & 1000 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} -4,8021 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}} =$$

$$= \frac{[-384,168 \quad 0 \quad 1000] \times \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}}{[-384,168 \quad 0 \quad 1000] \times \begin{bmatrix} -4,8021 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}} = \frac{-384,168}{2844,814} \Rightarrow v_2 = -0,1350$$

3^η Ιδιομορφή:

$$v_3 = \frac{\phi^{(3)T} \times M \times \delta}{\phi^{(3)T} \times M \times \phi^{(3)}} = \frac{[2,6030 \quad 0 \quad 1] \times \begin{bmatrix} 80 & 0 & 0 \\ 0 & 80 & 0 \\ 0 & 0 & 1000 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}}{[2,6030 \quad 0 \quad 1] \times \begin{bmatrix} 80 & 0 & 0 \\ 0 & 80 & 0 \\ 0 & 0 & 1000 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 2,6030 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}} =$$

$$= \frac{[208,240 \quad 0 \quad 1000] \times \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}}{[208,240 \quad 0 \quad 1000] \times \begin{bmatrix} 2,6030 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}} = \frac{208,240}{1542,04872} v_3 = -0,1350$$

Σημειώνουμε ότι $(v_1 + v_2 + v_3) = (0 - 0,1350 + 0,1350) = 0$

1^η ιδιομορφή ($T = 0,4721 > T_2 = 0,40$), άρα βρισκόμαστε στον 3^ο κλάδο.

$$R_d(T) = \gamma_I A \frac{\eta \theta \beta_o}{q} \left(\frac{T_2}{T} \right)^{2/3} = 1 \cdot 0,24 \cdot 9,81 \frac{1 \cdot 1 \cdot 2,5}{3,5} \left(\frac{0,40}{0,4721} \right)^{2/3} \Rightarrow R_d(T) = 1,506$$

2^η ιδιομορφή ($T = 0,4233 > T_2 = 0,40$), άρα βρισκόμαστε στον 3^ο κλάδο.

$$R_d(T) = \gamma_I A \frac{\eta \theta \beta_o}{q} \left(\frac{T_2}{T} \right)^{2/3} = 1 \cdot 0,24 \cdot 9,81 \frac{1 \cdot 1 \cdot 2,5}{3,5} \left(\frac{0,40}{0,4233} \right)^{2/3} \Rightarrow R_d(T) = 1,619$$

3^η ιδιομορφή ($T_1 = 0,10 < T = 0,1485 < T_2 = 0,40$), άρα βρισκόμαστε στον 2^ο κλάδο.

$$R_d(T) = \gamma_I A \frac{\eta \theta \beta_o}{q} = 1 \cdot 0,24 \cdot 9,81 \frac{1 \cdot 1 \cdot 2,5}{3,5} \Rightarrow R_d(T) = 1,682$$

- Τα μέγιστα ιδιομορφικά σεισμικά φορτία (ως προς τους πόλους στροφής) δίδονται από την σχέση: $P_{si} = m(v_i e_i R_{di})$

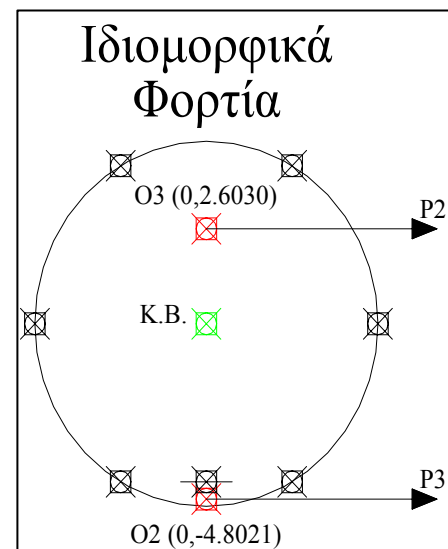
Δίδονται από τον τύπο $\mathbf{p}_i = \mathbf{v}_i \times (\mathbf{M} \times \boldsymbol{\varphi}_i) \times \mathbf{S}a_i$

Ασύζευκτη Ιδιομορφή

$$\mathbf{P}_A = \mathbf{0} \times (\mathbf{M} \times \boldsymbol{\varphi}^{(A)}) \times \mathbf{S}a^{(A)} \Rightarrow \mathbf{P}_A = \mathbf{0}$$

2^η Ιδιομορφή

$$\begin{aligned} \mathbf{P}_2 &= \mathbf{v}_2 \times (\mathbf{M} \times \boldsymbol{\varphi}^{(2)}) \times \mathbf{S}a^{(2)} = \\ &= -0,1350 \times \begin{bmatrix} 80 & 0 & 0 \\ 0 & 80 & 0 \\ 0 & 0 & 1000 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} -4,8021 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \times 1,619 = \\ &= - \begin{bmatrix} 615,832 \\ 0 \\ 1000 \end{bmatrix} \times 0,218565 \Rightarrow \mathbf{P}_2 = \begin{bmatrix} -134,599 \\ 0 \\ -218,565 \end{bmatrix} \end{aligned}$$



3^η Ιδιομορφή

$$\begin{aligned} \mathbf{P}_3 &= \mathbf{v}_3 \times (\mathbf{M} \times \boldsymbol{\varphi}^{(3)}) \times \mathbf{S}a^{(3)} = 0,1350 \times \begin{bmatrix} 80 & 0 & 0 \\ 0 & 80 & 0 \\ 0 & 0 & 1000 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 2,6030 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \times 1,682 = \\ &= \begin{bmatrix} 1208,24 \\ 0 \\ 1000 \end{bmatrix} \times 0,22707 \Rightarrow \mathbf{P}_3 = \begin{bmatrix} 274,355 \\ 0 \\ 227,07 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

A2β1) Μέγιστη οριζόντια μετακίνηση στύλου Κ.Μ.1^η Ιδιομορφή

$$\max u^{(A)} = v_A \times \varphi^{(A)} \times Sd^{(A)} = 0$$

2^η Ιδιομορφή

$$\begin{aligned} \max u^{(2)} &= v_2 \times \varphi^{(2)} \times Sd^{(2)} = \\ &= -0,1350 \times \begin{bmatrix} -4,8021 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \times \frac{1,619}{220,277} \Rightarrow \max u^{(2)} = \begin{bmatrix} 4,7648 \times 10^{-3} \\ 0 \\ -0,9922 \times 10^{-3} \end{bmatrix} \end{aligned}$$

3^η Ιδιομορφή

$$\begin{aligned} \max u^{(3)} &= v_3 \times \varphi^{(3)} \times Sd^{(3)} = \\ &= 0,1350 \times \begin{bmatrix} 2,6030 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \times \frac{1,682}{1789,47} \Rightarrow \max u^{(3)} = \begin{bmatrix} 3,3030 \times 10^{-4} \\ 0 \\ 1,2689 \times 10^{-4} \end{bmatrix} \end{aligned}$$

Στατιστική επαλληλία

$$u_x = \sqrt{u_{x_A}^2 + u_{x_2}^2 + u_{x_3}^2} = \sqrt{0^2 + (4,7648 \times 10^{-3})^2 + (3,3030 \times 10^{-4})^2} \Rightarrow$$

$$\mathbf{u}_x = 4,7762 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$u_y = \sqrt{u_{y_A}^2 + u_{y_2}^2 + u_{y_3}^2} = 0$$

$$\theta_z = \sqrt{\theta_{z_A}^2 + \theta_{z_2}^2 + \theta_{z_3}^2} = \sqrt{0^2 + (-0,9922 \times 10^{-3})^2 + (1,2689 \times 10^{-4})^2} \Rightarrow$$

$$\mathbf{\theta}_z = 1,0003 \times 10^{-3} \text{ rad}$$

$$\text{Τελικά } \max u = \begin{bmatrix} 4,7762 \times 10^{-3} \\ 0 \\ 1,0003 \times 10^{-3} \end{bmatrix} \Rightarrow u_{\text{πραγμ}} = q \times \max u = 3,5 \times \begin{bmatrix} 4,7762 \times 10^{-3} \\ 0 \\ 1,0003 \times 10^{-3} \end{bmatrix} \Rightarrow$$

$$\mathbf{u}_{\text{πραγμ}} = \begin{bmatrix} 16,7168 \times 10^{-3} \\ 0 \\ 3,5010 \times 10^{-3} \end{bmatrix}$$

A2β2) Μέγιστη οριζόντια μετακίνηση στύλου Σ1.

Από τη σελίδα 204 του βιβλίου Κ. Αναστασιάδη, έχουμε $\begin{cases} u_{x_i} = u_x - y_i \times \theta_z \\ u_{y_i} = u_y + x_i \times \theta_z \\ \theta_{z_i} = \theta_z \end{cases}$, άρα:

Οι συντεταγμένες του στύλου Σ1 ως προς το Κ.Β. είναι $\mathbf{\Sigma 1} = (-2.5000, 4.3301)$.

1^η ιδιομορφική μετακίνηση

$$u_M^{(A)} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \Rightarrow u_{\Sigma 1}^{(2)} = \begin{bmatrix} 0 - 4,3301 \times 0 \\ 0 + (-2,5) \times 0 \\ 0 \end{bmatrix} \Rightarrow \mathbf{u}_{\Sigma 1}^{(2)} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

2^η ιδιομορφική μετακίνηση

$$u_M^{(2)} = \begin{bmatrix} 4,7648 \times 10^{-3} \\ 0 \\ -0,9922 \times 10^{-3} \end{bmatrix} \Rightarrow$$

$$u_{\Sigma 1}^{(2)} = \begin{bmatrix} 4,7648 \times 10^{-3} - 4,3301 \times (-0,9922 \times 10^{-3}) \\ 0 + (-2,5) \times (-0,9922 \times 10^{-3}) \\ -0,9922 \times 10^{-3} \end{bmatrix} \Rightarrow u_{\Sigma 1}^{(2)} = \begin{bmatrix} 9,0611 \times 10^{-3} \\ 2,4805 \times 10^{-3} \\ -0,9922 \times 10^{-4} \end{bmatrix}$$

3^η ιδιομορφική μετακίνηση

$$u_M^{(3)} = \begin{bmatrix} 3,3030 \times 10^{-4} \\ 0 \\ 1,2689 \times 10^{-4} \end{bmatrix} \Rightarrow$$

$$u_{\Sigma 1}^{(3)} = \begin{bmatrix} 3,3030 \times 10^{-4} - 4,3301 \times (1,2689 \times 10^{-4}) \\ 0 + (-2,5) \times (1,2689 \times 10^{-4}) \\ 1,2689 \times 10^{-4} \end{bmatrix} \Rightarrow u_{\Sigma 1}^{(3)} = \begin{bmatrix} -2,1915 \times 10^{-4} \\ -3,1723 \times 10^{-4} \\ 1,2689 \times 10^{-4} \end{bmatrix}$$

Στατιστική επαλληλία

$$u_x = \sqrt{u_{x_1}^2 + u_{x_2}^2 + u_{x_3}^2} = \sqrt{0^2 + (9,0611 \times 10^{-3})^2 + (-2,1915 \times 10^{-4})^2} \Rightarrow$$

$$u_x = 9,0638 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$u_y = \sqrt{u_{y_1}^2 + u_{y_2}^2 + u_{y_3}^2} = \sqrt{0^2 + (2,4805 \times 10^{-3})^2 + (-3,1723 \times 10^{-4})^2} \Rightarrow$$

$$u_y = 2,5007 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\theta_z = \sqrt{\theta_{z_1}^2 + \theta_{z_2}^2 + \theta_{z_3}^2} = \sqrt{0^2 + (-0,9922 \times 10^{-3})^2 + (1,2689 \times 10^{-4})^2} \Rightarrow$$

$$\theta_z = 1,0003 \times 10^{-3} \text{ rad}$$

$$\text{Τελικά } \max u = \begin{bmatrix} 9,0638 \times 10^{-3} \\ 2,5007 \times 10^{-3} \\ 1,0003 \times 10^{-3} \end{bmatrix} \Rightarrow u_{\text{πραγμ}} = q \times \max u = 3,5 \times \begin{bmatrix} 9,0638 \times 10^{-3} \\ 2,5007 \times 10^{-3} \\ 1,0003 \times 10^{-3} \end{bmatrix} \Rightarrow$$

$$u_{\text{πραγμ}} = \begin{bmatrix} 31,7232 \times 10^{-3} \\ 8,7525 \times 10^{-3} \\ 3,5010 \times 10^{-3} \end{bmatrix}$$

JOINT DISPLACEMENTS

TRANSLATIONS AND ROTATIONS, IN GLOBAL COORDINATES

SPEC SEISMX -----

JOINT	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
8	0.009068	0.002500	.000000	0.000750	0.002720	0.001000

A2γ) Μέγιστα φορτία διατομής M,Q στύλου Σ1.

$$P = K \cdot u$$

$$Q_x = K \cdot u_x = 2135,33 \cdot 90,639 \cdot 10^{-4} = 19,35 \text{KN.}$$

$$Q_y = K \cdot u_y = 2135,33 \cdot 25,008 \cdot 10^{-4} = 5,34 \text{KN.}$$

$$M_y = Q_x \cdot h = 19,35 \cdot 5,0 = 96,77 \text{KNm.}$$

$$M_x = Q_y \cdot h = 5,34 \cdot 5,0 = 26,70 \text{KNm.}$$

FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES							
ELEM	2	LENGTH = 5.000000					
SPEC	SEISMX	-----					
REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3	
0.00000	.000000	19.362061	5.338113	1.48E-05	26.690565	96.810305	
0.50000	.000000	19.362061	5.338113	1.48E-05	13.345283	48.405153	
1.00000	.000000	19.362061	5.338113	1.48E-05	6.77E-15	1.35E-14	

A3) Αρχείο SAP2000 προς επαλήθευση.

Σημ.: Οι διατομές έχουν “άπειρα” (1000) modification factors εκτός φυσικά των M_{22} και M_{33} και της δυστρεψιάς (περίπου «0») για να πλησιάσουμε τις παραδοχές του μοντέλου που λύθηκε «με το χέρυ».

SYSTEM

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

JOINT

```

1 X=-5 Y=0 Z=5
2 X=-2.5 Y=-4.3301 Z=5
4 X=0 Y=-4.3301 Z=5
6 X=2.5 Y=-4.3301 Z=5
7 X=5 Y=0 Z=5
8 X=-2.5 Y=4.3301 Z=5
9 X=2.5 Y=4.3301 Z=5
10 X=-5 Y=0 Z=0
11 X=-2.5 Y=-4.3301 Z=0
13 X=0 Y=-4.3301 Z=0
15 X=2.5 Y=-4.3301 Z=0
16 X=5 Y=0 Z=0
17 X=2.5 Y=4.3301 Z=0
18 X=-2.5 Y=4.3301 Z=0
19 X=0 Y=0 Z=5

```

RESTRAINT

```

ADD=10 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=11 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=13 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=15 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=16 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=17 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=18 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=19 DOF=U3,R1,R2

```

CONSTRAINT

```

NAME=DIAPH1 TYPE=DIAPH AXIS=Z CSYS=0
ADD=1
ADD=2
ADD=4
ADD=6
ADD=7
ADD=8

```

<u>A</u> Με τοιχείο

<u>B</u> Χωρίς τοιχείο

```

ADD=9
ADD=19

PATTERN
NAME=DEFAULT

MASS
ADD=19 U1=80 U2=80 R3=1000

MATERIAL
NAME=STEEL IDES=S M=7.8271 W=76.81955
T=0 E=1.99948E+08 U=.3 A=.0000117 FY=248211.3
NAME=CONC IDES=C M=2.40068 W=23.56161
T=0 E=2.482113E+07 U=.2 A=.0000099
NAME=OTHER IDES=N
T=0 E=2.9E+07 U=.2 A=0

FRAME SECTION
NAME=STYLOI MAT=OTHER SH=P T=.5 A=196.3495 J=6.135923E-09 I=3.067962E-03,3.067962E-03
AS=176.7146,176.7146
NAME=TOIXEIO MAT=OTHER SH=R T=1.5,.25 A=375 J=6.99224E-09 I=.0703125,1.953125E-03
AS=312.5,312.5

FRAME
1 J=10,1 SEC=STYLOI NSEG=2 ANG=0
2 J=18,8 SEC=STYLOI NSEG=2 ANG=0
3 J=17,9 SEC=STYLOI NSEG=2 ANG=0
4 J=16,7 SEC=STYLOI NSEG=2 ANG=0
5 J=15,6 SEC=STYLOI NSEG=2 ANG=0
6 J=11,2 SEC=STYLOI NSEG=2 ANG=0
7 J=13,4 SEC=TOIXEIO NSEG=2 ANG=0

LOAD
NAME=PZ SW=0 CSYS=0
TYPE=FORCE
ADD=19 RZ=100000

MODE
TYPE=EIGEN N=3 TOL=.00001

FUNCTION
NAME=EAK DT=0 NPL=1 PRINT=Y FILE=007.EAK.txt

SPEC
NAME=SEISMX MODC=CQC ANG=0 DAMP=.05
ACC=U1 FUNC=EAK SF=1

OUTPUT
ELEM=JOINT TYPE=DISP LOAD=PZ
ELEM=JOINT TYPE=DISP SPEC=SEISMX
ELEM=FRAME TYPE=FORCE SPEC=SEISMX

END
; The following data is used for graphics, design and pushover analysis.
; If changes are made to the analysis data above, then the following data
; should be checked for consistency.
SAP2000 V7.42 SUPPLEMENTAL DATA
GRID GLOBAL X "1" -5
GRID GLOBAL X "2" -2.5
GRID GLOBAL X "3" -.75
GRID GLOBAL X "4" 0
GRID GLOBAL X "5" .75
GRID GLOBAL X "6" 2.5
GRID GLOBAL X "7" 5
GRID GLOBAL Y "8" -4.3301
GRID GLOBAL Y "9" 0
GRID GLOBAL Y "10" 4.3301
GRID GLOBAL Z "11" 0
GRID GLOBAL Z "12" 5
MATERIAL STEEL FY 248211.3
MATERIAL CONC FYREBAR 413685.5 FYSHEAR 275790.3 FC 27579.03 FCSHEAR 27579.03
FRAMESECTION STYLOI A .1963495 MFA 1000 J 6.135923E-03 MFJ .000001 AS2 .1767146 MFAS2
1000 AS3 .1767146 MFAS3 1000
FRAMESECTION TOIXEIO A .375 MFA 1000 J 6.99224E-03 MFJ .000001 AS2 .3125 MFAS2 1000
AS3 .3125 MFAS3 1000
STATICLOAD PZ TYPE DEAD
END SUPPLEMENTAL DATA

```

Παραδοχές.

- Πλάκα απαραμόρφωτη στο επίπεδό της.
- Αρχή συντεταγμένων το σημείο 0,0 (προβολή στο z=0 του κ.β. της πλάκας).
- Αξονικά φορτία στύλων και τοιχώματος μηδενικά (άπειρη δυστένεια).
- Άπειρη shear area.
- Μηδενική δυστρεψία στύλων και τοιχώματος.

Β1α) Υπολογισμός μητρώων μάζας και δυσκαμψίας.

Η ροπή αδράνειας κάθε Υ/Σ είναι $I_1 = \frac{\pi d^4}{64} = \frac{\pi \cdot 0,5^4}{64} = 3,068 \cdot 10^{-3} m^4$.

$$\text{Έτσι, } K_1 = \frac{3}{1} \cdot \frac{E \cdot I_1}{h^3} = \frac{3}{1} \cdot \frac{2,9 \cdot 10^7 \cdot 3,068 \cdot 10^{-3}}{5,0^3} = 2135,33$$

Τα τοιχεία στην ισχυρή τους διεύθυνση έχουν $I_2 = \frac{tb^3}{12} = \frac{0,25 \cdot 1,50^3}{12} = 70,313 \cdot 10^{-3} m^4$

$$\text{Έτσι, } K_2 = \frac{3}{1} \cdot \frac{E \cdot I_2}{h^3} = \frac{3}{1} \cdot \frac{2,9 \cdot 10^7 \cdot 70,313 \cdot 10^{-3}}{5,0^3} = 48937,85$$

Στην ασθενή τους διεύθυνση έχουν

$$I_3 = \frac{t^3 b}{12} = \frac{0,25^3 \cdot 1,50}{12} = 1,953 \cdot 10^{-3} m^4$$

$$\text{Έτσι, } K_3 = \frac{3}{1} \cdot \frac{E \cdot I_3}{h^3} = \frac{3}{1} \cdot \frac{2,9 \cdot 10^7 \cdot 1,953 \cdot 10^{-3}}{5,0^3} = 1359,29$$

Ισχύουν:

$$K_{xx} = \sum_i (k_{\bar{x}\bar{x}} \cos^2 \alpha_i + k_{\bar{y}\bar{y}} \sin^2 \alpha_i) = \sum_i k_{x_i}$$

$$K_{yy} = \sum_i (k_{\bar{x}\bar{x}} \sin^2 \alpha_i + k_{\bar{y}\bar{y}} \cos^2 \alpha_i) = \sum_i k_{y_i}$$

$$K_{xy} = K_{yx} = \sum_i \frac{1}{2} (k_{\bar{x}\bar{x}} - k_{\bar{y}\bar{y}}) \sin 2\alpha_i = \sum_i k_{xy_i}$$

$$K_{xz} = \sum_i (-y_i k_{x_i} + x_i k_{xy_i}) = \sum_i (-y_i k_{\bar{x}\bar{x}} \cos^2 \alpha_i + x_i \frac{1}{2} k_{\bar{x}\bar{x}} \sin 2\alpha_i)$$

$$K_{yz} = \sum_i (-y_i k_{xy_i} + x_i k_{y_i}) = \sum_i (-y_i \frac{1}{2} k_{\bar{x}\bar{x}} \sin 2\alpha_i + x_i k_{\bar{x}\bar{x}} \sin^2 \alpha_i)$$

$$K_{zz} = \sum_i (k_{\bar{x}\bar{x}} + y_i^2 k_{x_i} + x_i^2 k_{y_i} - 2x_i y_i k_{xy_i}) = \sum_i (k_{\bar{x}\bar{x}} + y_i^2 k_{\bar{x}\bar{x}} \cos^2 \alpha_i + x_i^2 k_{\bar{x}\bar{x}} \sin^2 \alpha_i - 2x_i y_i \frac{1}{2} k_{\bar{x}\bar{x}} \sin 2\alpha_i)$$

$$K_{xx,2} = 6 \cdot K_1 = 12811,98.$$

$$K_{yy,2} = 6 \cdot K_1 = 12811,98.$$

$$K_{xy,2} = K_{yx,2} = 0.$$

$$K_{xz,2} = -2 \cdot 4,3301 \cdot 2135,33 - (-2 \cdot 4,3301 \cdot 2135,33) = 0.$$

$$K_{yz,2} = -5,0 \cdot 2135,33 - 2 \cdot 2,5 \cdot 2135,33 - (-5,0 \cdot 2135,33 - 2 \cdot 2,5 \cdot 2135,33) = 0.$$

$$K_{zz,2} = 2 \cdot 4,3301^2 \cdot 2135,33 + 2 \cdot (-4,3301)^2 \cdot 2135,33 + 5,0^2 \cdot 2135,33 + 2 \cdot (2,5)^2 \cdot 2135,33 + (-5,0)^2 \cdot 2135,33 + 2 \cdot (-2,5)^2 \cdot 2135,33 = 320297,50.$$

Το αντίστοιχα μητρώο δυσκαμψίας ως προς το Κ.Β. της κάτοικης είναι το εξής:

$$K_2 = \begin{bmatrix} K_{xx,2} & K_{xy,2} & K_{xz,2} \\ K_{yx,2} & K_{yy,2} & K_{yz,2} \\ K_{zx,2} & K_{zy,2} & K_{zz,2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 12811,98 & 0 & 0 \\ 0 & 12811,98 & 0 \\ 0 & 0 & 320297,50 \end{bmatrix}$$

Η μάζα είναι $m = 80t$.

$$I_x = I_y = \frac{\pi \cdot d^4}{64} = \frac{\pi \cdot 10^4}{64} = 490,87m^4 \text{ (επαλήθευση και μέσω AutoCAD με massprop).}$$

$$J_m = \frac{m}{A} \cdot (I_x + I_y) = \frac{80}{\pi \cdot d^2} \cdot (I_x + I_y) = \frac{320}{\pi \cdot 10^2} \cdot (2 \cdot 490,87) = 1000m^4$$

$$M = \begin{bmatrix} 80 & 0 & 0 \\ 0 & 80 & 0 \\ 0 & 0 & 1000 \end{bmatrix}$$

B1β) Εύρεση ελαστικού κέντρου.

Ελαστικό κέντρο στροφής (ως προς το Κ.Β. της διατομής):

$$x_{\text{ΚΕΣ},2} = \frac{k_{xx,2}k_{zy,2} - k_{xy,2}k_{zx,2}}{k_{xx,2}k_{yy,2} - k_{xy,2}^2} \Rightarrow x_{\text{ΚΕΣ},2} = 0m \text{ και}$$

$$y_{\text{ΚΕΣ},2} = -\frac{k_{yy,2}k_{zx,2} - k_{yx,2}k_{zy,2}}{k_{xx,2}k_{yy,2} - k_{xy,2}^2} \Rightarrow y_{\text{ΚΕΣ},2} = 0m.$$

$$\text{Επίσης, } \tan 2\omega_{\kappa,1} = \frac{2k_{xy}}{k_{xx} - k_{yy}} = \frac{0}{0}.$$

Επαλήθευση μέσω SAP2000:

Λόγω διπλής συμμετρίας το Κ.Ε.Σ. ισούται με το Κ.Β.

Β1γ) Υπολογισμός των ιδιοσυχνοτήτων και ιδιοπεριόδων.

Επιλύουμε τη χαρακτηριστική εξίσωση:

$$|K - \lambda M| = 0 \Rightarrow \begin{vmatrix} 12811,98 - 80\lambda & 0 & 0 \\ 0 & 12811,98 - 80\lambda & 0 \\ 0 & 0 & 320297,50 - 1000\lambda \end{vmatrix} = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow (12811,98 - 80\lambda) \cdot (12811,98 - 80\lambda) \cdot (320297,50 - 1000\lambda) = 0 \Rightarrow$$

Διπλή ρίζα (οπότε θα πρέπει να δώσουμε εσκεμμένη εκκεντρότητα στο SAP2000 λόγω του προβληματικού του αλγόριθμου σε τέτοιες περιπτώσεις).

$$\left. \begin{matrix} \lambda_1 = \omega_1^2 = 160,150 \\ \lambda_2 = \omega_2^2 = 160,150 \\ \lambda_3 = \omega_3^2 = 320,298 \end{matrix} \right\} \Rightarrow \left. \begin{matrix} \omega_1 = 12,6550 rad/sec \\ \omega_2 = 12,6550 rad/sec \\ \omega_3 = 17,8969 rad/sec \end{matrix} \right\} \Rightarrow \left. \begin{matrix} T_1 = 0,4965 sec \\ T_2 = 0,4965 sec \\ T_3 = 0,3511 sec \end{matrix} \right\}$$

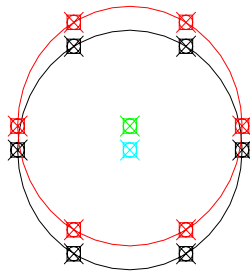
MODAL PERIODS AND FREQUENCIES				
MODE	PERIOD (TIME)	FREQUENCY (CYC/TIME)	FREQUENCY (RAD/TIME)	EIGENVALUE (RAD/TIME) **2
1	0.496502	2.014092	12.654912	160.146803
2	0.496502	2.014092	12.654913	160.146816
3	0.351081	2.848348	17.896697	320.291747

Β1δ) Υπολογισμός και σχεδίαση ιδιομορφών.

Ιδιομορφή 1

$$\phi^{(1)} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

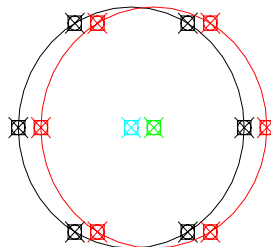
1η Ιδιομορφή



Ιδιομορφή 2

$$\phi^{(2)} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

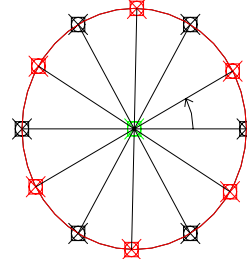
2η Ιδιομορφή



Ιδιομορφή 3

$$\phi^{(3)} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

3η Ιδιομορφή



B2α) Υπολογισμός ιδιομορφικών σεισμικών φορτίων.

Έχουμε να κάνουμε το δυναμικό φασματικό υπολογισμό για σεισμική διεγερση παράλληλη προς τη διεύθυνση x-x.

Συντελεστές Συμμετοχής

Για τυχαία γωνία β της σεισμικής διέγερσης ως προς άξονα x, έχουμε

$$v_i = \frac{\phi_i^T M \delta}{J_m} = \frac{h_i}{r^2 + e_i^2} = \frac{e_{yi} \cos \beta - e_{xi} \sin \beta}{r^2 + e_i^2}, \text{ οπότε για } \beta=0^\circ \text{ (σεισμική διέγερση παράλληλη}$$

$$\text{προς τον άξονα xx)} v_i = \frac{e_{yi} \cos \beta}{r^2 + e_i^2} = \frac{e_{yi}}{r^2 + e_i^2}.$$

$$\text{Επίσης, } J_m = mr^2 \Rightarrow r^2 = \frac{J_m}{m} = \frac{1000}{80} \Rightarrow r^2 = 12,50$$

Ασύζευκτες και οι τρεις ιδιομορφές.

Μας ενδιαφέρει μόνο η $T_x = 0,4965 \text{ sec}$.

($T = 0,4965 > T_2 = 0,40$), άρα βρισκόμαστε στον 3^ο κλάδο.

$$R_d(T) = \gamma_I A \frac{\eta \theta \beta_o}{q} \left(\frac{T_2}{T} \right)^{2/3} = 1 \cdot 0,24 \cdot 9,81 \frac{1 \cdot 1 \cdot 2,5}{3,5} \left(\frac{0,40}{0,4965} \right)^{2/3} \Rightarrow R_d(T) = 1,456$$

- Τα μέγιστα ιδιομορφικά σεισμικά φορτία (ως προς τους πόλους στροφής) δίδονται από την σχέση: $P_{,i} = m(v_i e_i R_{di})$

$$P = m v_{i1} e_{i1} R_{d1} = 80 \cdot 1 \cdot 1,456 \Rightarrow P_{,1} = 116,48 \text{ KN}$$

Αυτά τα φορτία εφαρμόζονται πάνω στις διευθύνσεις των πλευρών του τριγώνου με κορυφές τους πόλους στροφής O_1, O_2, O_3 . Η φορά τους μπορεί να βρεθεί, αν μετατρέψουμε τα φορτία ως προς το Κ.Β. της διατομής.

$$P_i = v_i \phi_i R_{di} m_i.$$

$$P = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,456 \cdot 80 = 116,48 \text{ KN}.$$

B2β) Μέγιστη οριζόντια μετακίνηση στύλου Σ1.

$$\max u_x(t) = 1 \cdot 1,456 / 160,15 = 9,0914 \cdot 10^{-3} \text{ m}.$$

Στατιστική επαλληλία δε χρειάζεται.

$$u_x = 9,0914 \cdot 10^{-3} \text{ m} \Rightarrow q \cdot u_x = 3,5 \cdot u_x = 31,820 \cdot 10^{-3} \text{ m.}$$

JOINT DISPLACEMENTS							
TRANSLATIONS AND ROTATIONS, IN GLOBAL COORDINATES							
SPEC SEISMX -----							
JOINT	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ	
8	0.009096	2.03E-06	.000000	6.09E-07	0.002729	8.12E-07	

B2γ) Μέγιστα φορτία διατομής M,Q στύλου Σ1.

$$P = K \cdot u$$

$$Q_x = K \cdot u_x = 2135,33 \cdot 9,0914 \cdot 10^{-3} = 19,413 \text{ KN.}$$

$$M_y = Q_x \cdot h = 19,413 \cdot 5,0 = 97,066 \text{ KNm.}$$

FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES							
ELEM	2	LENGTH = 5.000000					
SPEC SEISMX -----							
REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3	
0.00000	.000000	19.421856	0.004336	1.20E-08	0.021680	97.109279	

B3) Αρχείο SAP2000 προς επαλήθευση.

Σημ.: Οι διατομές έχουν “άπειρα” (1000) modification factors εκτός φυσικά των M_{22} και M_{33} και της δυστρεψιάς (περίπου «0») για να πλησιάσουμε τις παραδοχές του μοντέλου που λύθηκε «με το χέρι». Επίσης, επειδή έχουμε διπλή ρίζα της χαρακτηριστικής εξίσωσης, το SAP2000 ενδέχεται να δώσει λανθασμένα αποτελέσματα, οπότε εισάγουμε μια μικρής εκκεντρότητας του στον κόμβο 19 για να μην υπάρχει πλέον ταύτιση δύο εκ των ιδιοπεριόδων.

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

```
JOINT
1 X=-5 Y=0 Z=5
2 X=-2.5 Y=-4.3301 Z=5
6 X=2.5 Y=-4.3301 Z=5
7 X=5 Y=0 Z=5
8 X=-2.5 Y=4.3301 Z=5
9 X=2.5 Y=4.3301 Z=5
10 X=-5 Y=0 Z=0
11 X=-2.5 Y=-4.3301 Z=0
15 X=2.5 Y=-4.3301 Z=0
16 X=5 Y=0 Z=0
17 X=2.5 Y=4.3301 Z=0
18 X=-2.5 Y=4.3301 Z=0
19 X=0 Y=0.001 Z=5
```

```
RESTRAINT
ADD=10 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=11 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=15 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=16 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=17 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=18 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=19 DOF=U3,R1,R2
```

```
CONSTRAINT
NAME=DIAPH1 TYPE=DIAPH AXIS=Z CSYS=0
```

A
Με τοιχείο

B
Χωρίς τοιχείο

```

ADD=1
ADD=2
ADD=6
ADD=7
ADD=8
ADD=9
ADD=19

PATTERN
NAME=DEFAULT

MASS
ADD=19 U1=80 U2=80 R3=1000

MATERIAL
NAME=STEEL IDES=S M=7.8271 W=76.81955
T=0 E=1.99948E+08 U=.3 A=.0000117 FY=248211.3
NAME=CONC IDES=C M=2.40068 W=23.56161
T=0 E=2.482113E+07 U=.2 A=.0000099
NAME=OTHER IDES=N
T=0 E=2.9E+07 U=.2 A=0

FRAME SECTION
NAME=STYLOI MAT=OTHER SH=P T=.5 A=196.3495 J=6.135923E-09 I=3.067962E-03,3.067962E-03
AS=176.7146,176.7146

FRAME
1 J=10,1 SEC=STYLOI NSEG=2 ANG=0
2 J=18,8 SEC=STYLOI NSEG=2 ANG=0
3 J=17,9 SEC=STYLOI NSEG=2 ANG=0
4 J=16,7 SEC=STYLOI NSEG=2 ANG=0
5 J=15,6 SEC=STYLOI NSEG=2 ANG=0
6 J=11,2 SEC=STYLOI NSEG=2 ANG=0

LOAD
NAME=PZ SW=0 CSYS=0
TYPE=FORCE
ADD=19 RZ=100000

MODE
TYPE=EIGEN N=3 TOL=.00001

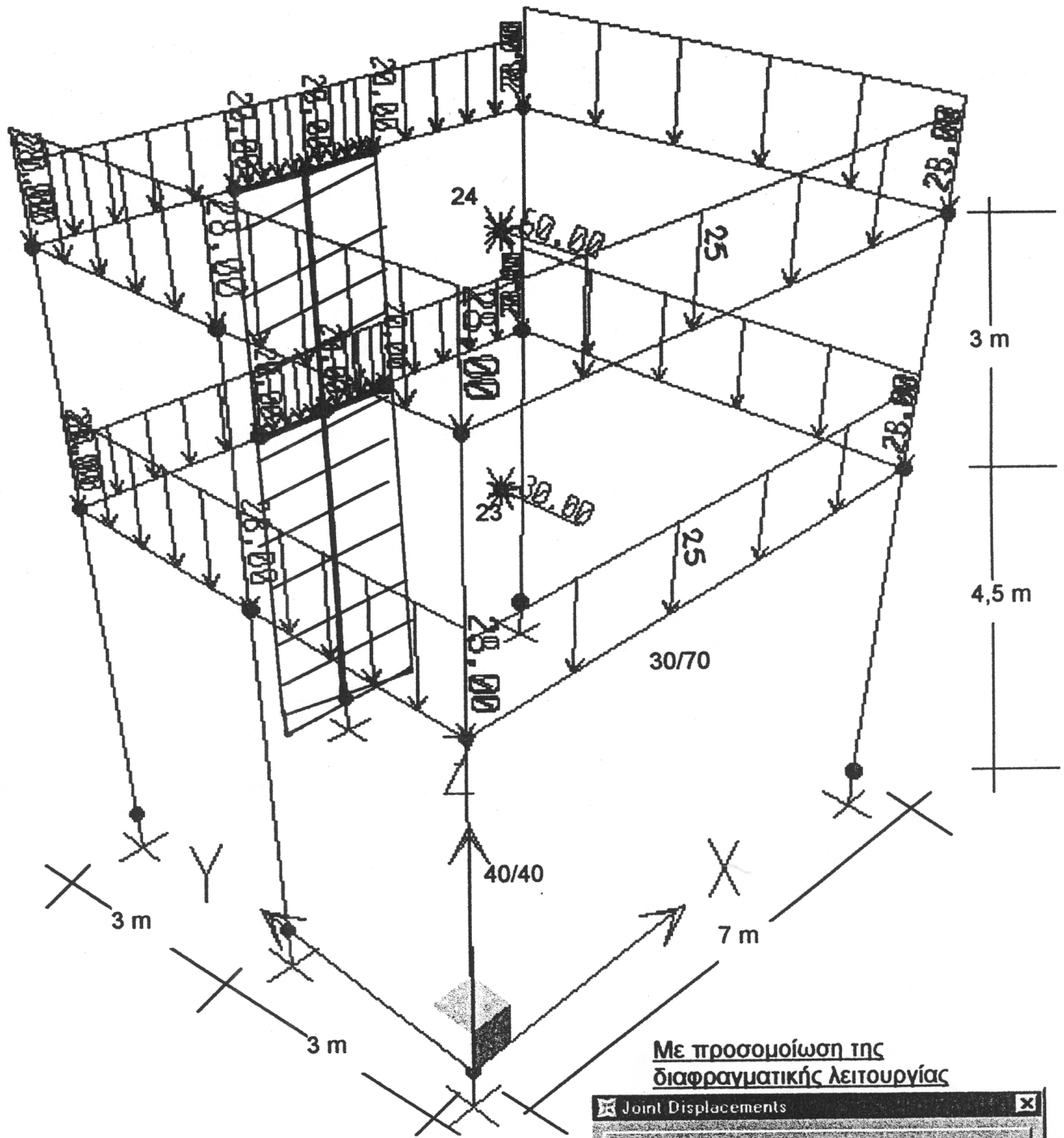
FUNCTION
NAME=EAK DT=0 NPL=1 PRINT=Y FILE=007.EAK.txt

SPEC
NAME=SEISMX MODC=CQC ANG=0 DAMP=.05
ACC=U1 FUNC=EAK SF=1

OUTPUT
ELEM=JOINT TYPE=DISP LOAD=PZ
ELEM=JOINT TYPE=DISP SPEC=SEISMX
ELEM=FRAME TYPE=FORCE SPEC=SEISMX

END
; The following data is used for graphics, design and pushover analysis.
; If changes are made to the analysis data above, then the following data
; should be checked for consistency.
SAP2000 V7.42 SUPPLEMENTAL DATA
GRID GLOBAL X "1" -5
GRID GLOBAL X "2" -2.5
GRID GLOBAL X "3" -.75
GRID GLOBAL X "4" 0
GRID GLOBAL X "5" .75
GRID GLOBAL X "6" 2.5
GRID GLOBAL X "7" 5
GRID GLOBAL Y "8" -4.3301
GRID GLOBAL Y "9" 0
GRID GLOBAL Y "10" 4.3301
GRID GLOBAL Z "11" 0
GRID GLOBAL Z "12" 5
MATERIAL STEEL FY 248211.3
MATERIAL CONC FYREBAR 413685.5 FYSHEAR 275790.3 FC 27579.03 FCSHEAR 27579.03
FRAMESECTION STYLOI A .1963495 MFA 1000 J 6.135923E-03 MFJ .000001 AS2 .1767146 MFAS2
1000 AS3 .1767146 MFAS3 1000
STATICLOAD PZ TYPE DEAD
END SUPPLEMENTAL DATA

```



$E=2,8e7 \text{ kN/m}^2$

$\nu=0,2$

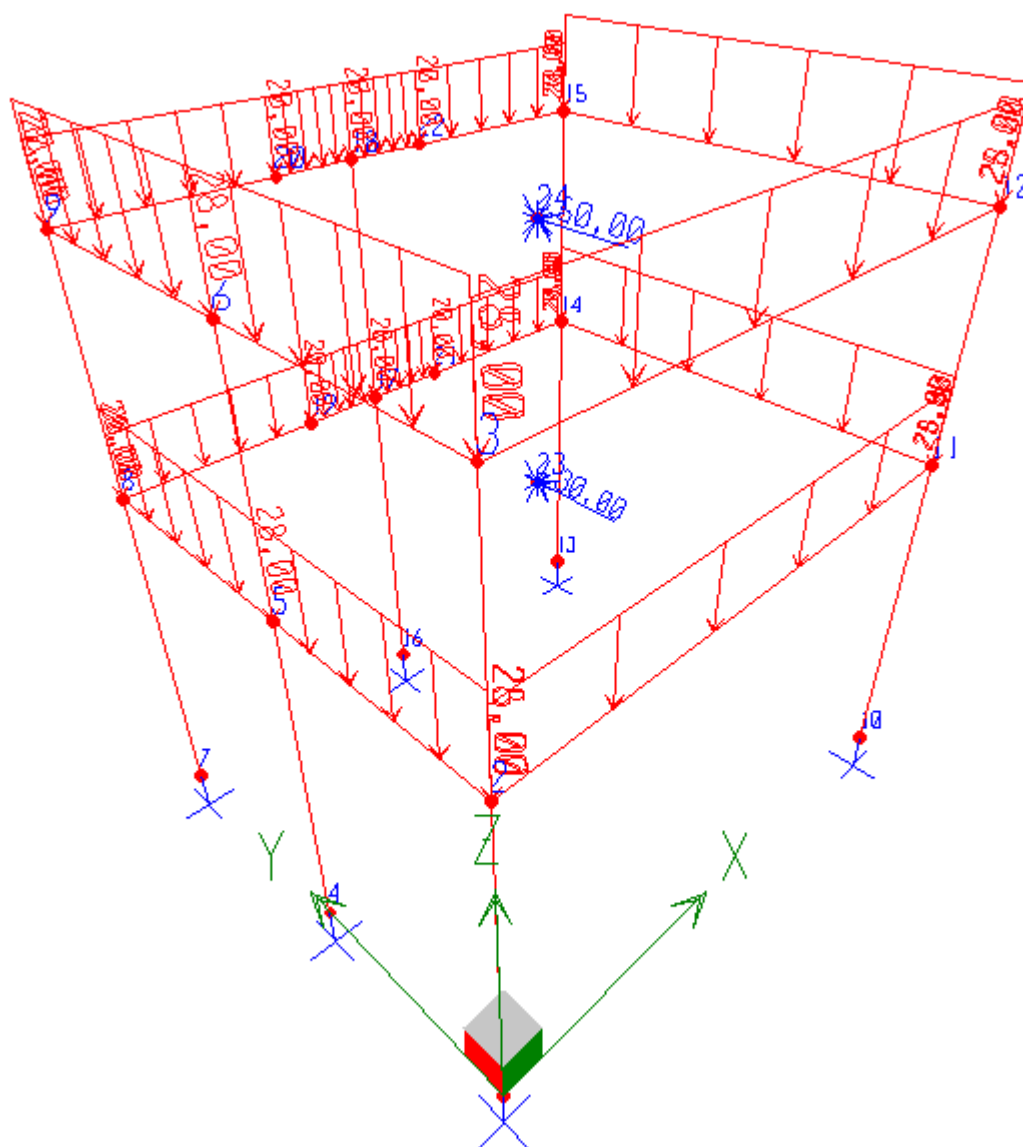
Τοιχίο: 20/200

JOINT DISPLACEMENTS							
JOINT	LOAD	U1	U2	U3	R1	R2	R3
23	LOAD1	2,123E-04	2,227E-03	0,0000	0,0000	0,0000	7,156E-05

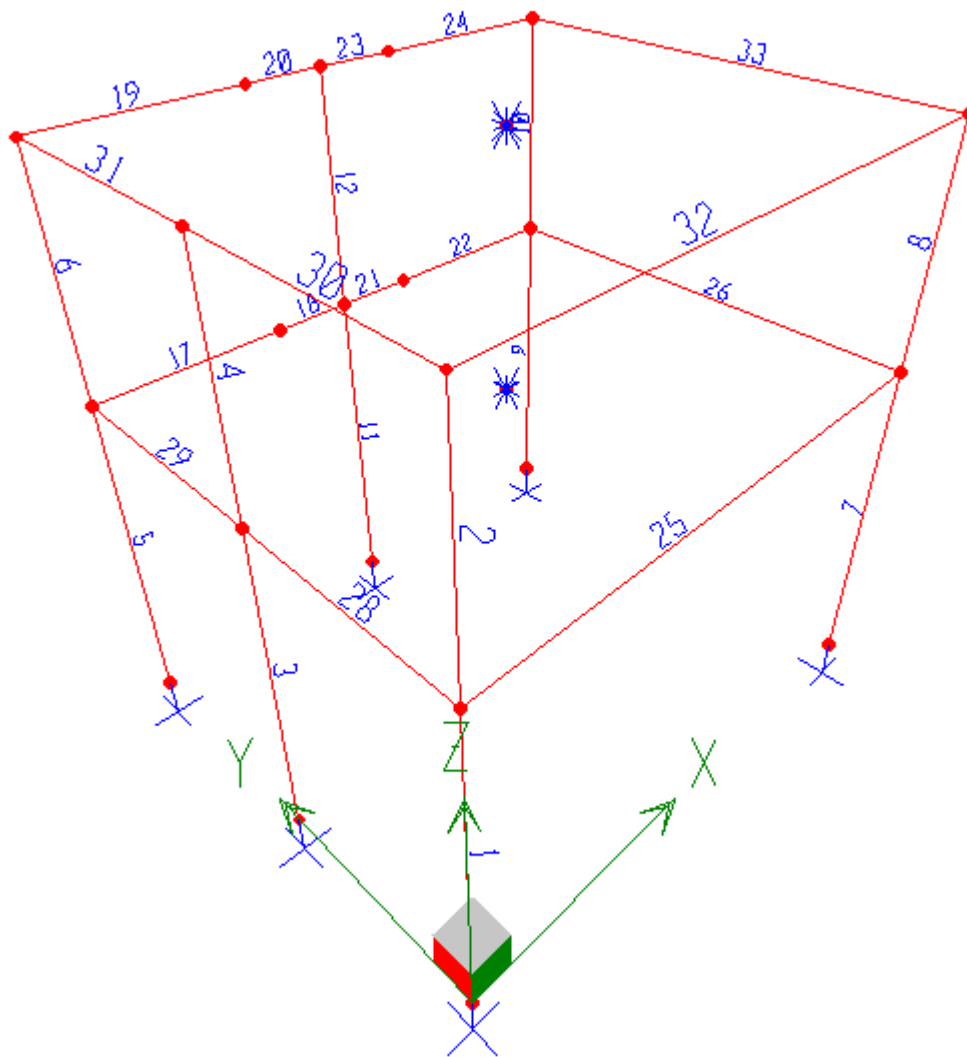
JOINT DISPLACEMENTS							
JOINT	LOAD	U1	U2	U3	R1	R2	R3
24	LOAD1	3,458E-04	2,870E-03	0,0000	0,0000	0,0000	1,082E-04

Βάσει των δεδομένων της εκφώνησης, δημιουργούμε τον εξής φορέα στο SAP2000:

Διώροφο



Στην ανωτέρω φωτογραφία φαίνεται η φορτιστική κατάσταση LOAD1, όπως και η αρίθμηση των κόμβων. Ακολουθεί η παράσταση του φορέα με την αρίθμηση των στοιχείων:



Το αντίστοιχο αρχείο S2K όπως και τα αποτελέσματα που ζητούνται, ακολουθούν:

```

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

JOINT
  1  X=0  Y=0  Z=0
  2  X=0  Y=0  Z=4.5
  3  X=0  Y=0  Z=7.5
  4  X=0  Y=3  Z=0
  5  X=0  Y=3  Z=4.5
  6  X=0  Y=3  Z=7.5
  7  X=0  Y=6  Z=0
  8  X=0  Y=6  Z=4.5
  9  X=0  Y=6  Z=7.5
  10 X=7  Y=0  Z=0
  11 X=7  Y=0  Z=4.5
  12 X=7  Y=0  Z=7.5
  13 X=7  Y=6  Z=0
  14 X=7  Y=6  Z=4.5
  15 X=7  Y=6  Z=7.5
  16 X=3.5 Y=6  Z=0
  17 X=3.5 Y=6  Z=4.5
  
```

18 X=3.5 Y=6 Z=7.5
 19 X=2.5 Y=6 Z=4.5
 20 X=2.5 Y=6 Z=7.5
 21 X=4.5 Y=6 Z=4.5
 22 X=4.5 Y=6 Z=7.5
 23 X=3.5 Y=3 Z=4.5
 24 X=3.5 Y=3 Z=7.5

RESTRAINT

ADD=1 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=4 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=7 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=10 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=13 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=16 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=23 DOF=U3,R1,R2
 ADD=24 DOF=U3,R1,R2

CONSTRAINT

NAME=DIAPH1 TYPE=DIAPH AXIS=Z CSYS=0
 ADD=3
 ADD=6
 ADD=9
 ADD=12
 ADD=15
 ADD=18
 ADD=20
 ADD=22
 ADD=24
 NAME=DIAPH2 TYPE=DIAPH AXIS=Z CSYS=0
 ADD=2
 ADD=5
 ADD=8
 ADD=11
 ADD=14
 ADD=17
 ADD=19
 ADD=21
 ADD=23

PATTERN

NAME=DEFAULT

MATERIAL

NAME=STEEL IDES=S M=7.8271 W=76.81955
 T=0 E=1.99948E+08 U=.3 A=.0000117 FY=248211.3
 NAME=CONC IDES=C M=2.40068 W=23.56161
 T=0 E=2.482113E+07 U=.2 A=.0000099
 NAME=OTHER IDES=N
 T=0 E=2.8E+07 U=.2 A=0

FRAME SECTION

NAME=COLUMN MAT=OTHER SH=R T=.4,.4 A=.16 J=3.605333E-03 I=2.133333E-03,2.133333E-03
 AS=.1333333,.1333333
 NAME=BEAM MAT=OTHER SH=R T=.7,.3 A=.21 J=4.603782E-03 I=.008575,.001575 AS=.175,.175
 NAME=TOIXWMA MAT=OTHER SH=R T=2,.2 A=.4 J=4.997336E-03 I=.1333333,1.333333E-03
 AS=.3333333,.3333333
 NAME=RIGID1 MAT=OTHER SH=R T=6,.2 A=1200 J=.015664 I=3600,4 AS=1000,1000
 NAME=RIGID2 MAT=OTHER SH=R T=1.5,.2 A=300 J=3.664009E-03 I=56.25,1 AS=250,250

FRAME

1 J=1,2 SEC=COLUMN NSEG=2 ANG=0
 2 J=2,3 SEC=COLUMN NSEG=2 ANG=0
 3 J=4,5 SEC=COLUMN NSEG=2 ANG=0
 4 J=5,6 SEC=COLUMN NSEG=2 ANG=0
 5 J=7,8 SEC=COLUMN NSEG=2 ANG=0
 6 J=8,9 SEC=COLUMN NSEG=2 ANG=0
 7 J=10,11 SEC=COLUMN NSEG=2 ANG=0
 8 J=11,12 SEC=COLUMN NSEG=2 ANG=0
 9 J=13,14 SEC=COLUMN NSEG=2 ANG=0
 10 J=14,15 SEC=COLUMN NSEG=2 ANG=0
 11 J=16,17 SEC=TOIXWMA NSEG=2 ANG=0
 12 J=17,18 SEC=TOIXWMA NSEG=2 ANG=0
 17 J=8,19 SEC=BEAM NSEG=4 ANG=0
 18 J=19,17 SEC=RIGID1 NSEG=4 ANG=0
 19 J=9,20 SEC=BEAM NSEG=4 ANG=0
 20 J=20,18 SEC=RIGID2 NSEG=4 ANG=0

```

21 J=17,21 SEC=RIGID1 NSEG=4 ANG=0
22 J=21,14 SEC=BEAM NSEG=4 ANG=0
23 J=18,22 SEC=RIGID2 NSEG=4 ANG=0
24 J=22,15 SEC=BEAM NSEG=4 ANG=0
25 J=2,11 SEC=BEAM NSEG=4 ANG=0
26 J=11,14 SEC=BEAM NSEG=4 ANG=0
28 J=2,5 SEC=BEAM NSEG=4 ANG=0
29 J=5,8 SEC=BEAM NSEG=4 ANG=0
30 J=3,6 SEC=BEAM NSEG=4 ANG=0
31 J=6,9 SEC=BEAM NSEG=4 ANG=0
32 J=3,12 SEC=BEAM NSEG=4 ANG=0
33 J=12,15 SEC=BEAM NSEG=4 ANG=0

```

LOAD

```

NAME=LOAD1 CSYS=0
TYPE=FORCE
  ADD=23 UY=30
  ADD=24 UY=50
TYPE=DISTRIBUTED SPAN
  ADD=19 RD=0,1 UZ=-20,-20
  ADD=20 RD=0,1 UZ=-20,-20
  ADD=23 RD=0,1 UZ=-20,-20
  ADD=24 RD=0,1 UZ=-20,-20
  ADD=30 RD=0,1 UZ=-28,-28
  ADD=31 RD=0,1 UZ=-28,-28
  ADD=33 RD=0,1 UZ=-28,-28
  ADD=17 RD=0,1 UZ=-20,-20
  ADD=18 RD=0,1 UZ=-20,-20
  ADD=21 RD=0,1 UZ=-20,-20
  ADD=22 RD=0,1 UZ=-20,-20
  ADD=26 RD=0,1 UZ=-28,-28
  ADD=28 RD=0,1 UZ=-28,-28
  ADD=29 RD=0,1 UZ=-28,-28
  ADD=25 RD=0,1 UZ=-25,-25
  ADD=32 RD=0,1 UZ=-25,-25

```

OUTPUT

```
ELEM=JOINT TYPE=DISP LOAD=LOAD1
```

END

```

; The following data is used for graphics, design and pushover analysis.
; If changes are made to the analysis data above, then the following data
; should be checked for consistency.

```

SAP2000 V7.44 SUPPLEMENTAL DATA

```

GRID GLOBAL X "1" 0
GRID GLOBAL X "2" 3.5
GRID GLOBAL X "3" 7
GRID GLOBAL Y "4" 0
GRID GLOBAL Y "5" 3
GRID GLOBAL Y "6" 6
GRID GLOBAL Z "7" 0
GRID GLOBAL Z "8" 4.5
GRID GLOBAL Z "9" 7.5
MATERIAL STEEL FY 248211.3
MATERIAL CONC FYREBAR 413685.5 FYSHEAR 275790.3 FC 27579.03 FCSHEAR 27579.03
FRAMESECTION RIGID1 A 1.2 MFA 1000 I33 3.6 MFI33 1000 I22 .004 MFI22 1000 AS2 1 MFAS2
1000 AS3 1 MFAS3 1000
FRAMESECTION RIGID2 A .3 MFA 1000 I33 .05625 MFI33 1000 I22 .001 MFI22 1000 AS2 .25
MFAS2 1000 AS3 .25 MFAS3 1000
STATICLOAD LOAD1 TYPE DEAD
END SUPPLEMENTAL DATA

```

J O I N T D I S P L A C E M E N T S

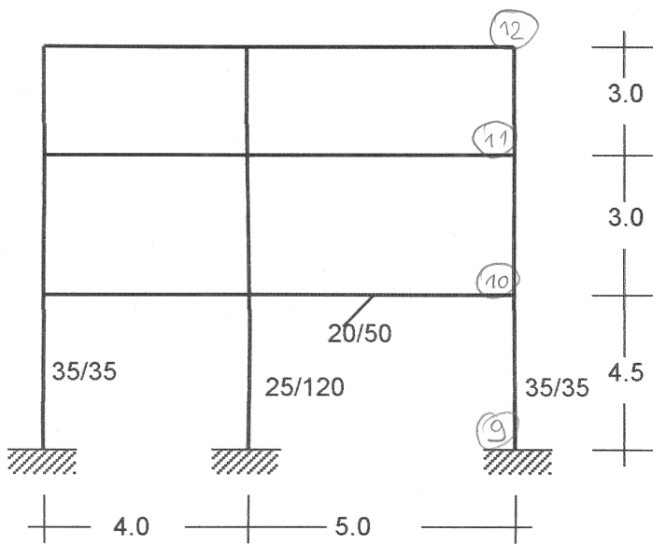
TRANSLATIONS AND ROTATIONS, IN GLOBAL COORDINATES

LOAD LOAD1 -----

JOINT	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
23	0.000212	0.002224	.000000	.000000	.000000	7.15E-05
24	0.000345	0.002867	.000000	.000000	.000000	0.000108

Δίνεται το τριώροφο επίπεδο πλαίσιο του σχήματος και ζητούνται:

1. Ο αντισεισμικός υπολογισμός του πλαισίου με τη δυναμική φασματική μέθοδο για τις εξής δύο τιμές του συντελεστή συμπεριφοράς: i) $q=3.5$ ii) $q=2$. Ειδικότερα να υπολογιστούν:
 - a) Οι πιθανές μέγιστες μετακινήσεις στην κορυφή του πλαισίου.
 - β) Οι πιθανές μέγιστες τιμές των φορτίων διατομής των υποστυλωμάτων.
 - γ) Οι πιθανές μέγιστες τιμές των διαφορικών σχετικών μετακινήσεων των ορόφων.



Δίνονται

Φάσμα σχεδιασμού: Ε.Α.Κ

Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας: III

Κατηγορία εδάφους: Α

$E=2.9 \cdot 10^7 \text{ kN/m}^2$, κατηγορία σπουδαιότητα

$\zeta=5\%$, $\theta=1$

$m_1=m_2=40 \text{ t}$, $m_3=25 \text{ t}$

Θεσσαλονίκη 24/10/2002

ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ ΘΕΜΙΣΤΟΚΛΗΣ

Α.Ε.Τ.Ε. 03

2002-2003

MODAL PERIODS AND FREQUENCIES				
MODE	PERIOD (TIME)	FREQUENCY (CYC/TIME)	FREQUENCY (RAD/TIME)	EIGENVALUE (RAD/TIME)**2
1	0.363787	2.748862	17.271611	298.308543
2	0.098038	10.200160	64.089494	4107.463
3	0.045834	21.818019	137.086655	18792.751

Α) Πιθανές μέγιστες τιμές στην κορυφή του πλαισίου (κόμβος 12).

JOINT DISPLACEMENTS						
TRANSLATIONS AND ROTATIONS, IN GLOBAL COORDINATES						
SPEC	SPEC20	-----				
JOINT	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
12	0.012974	.000000	0.000212	.000000	0.000278	.000000
SPEC	SPEC35	-----				
JOINT	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
12	0.007413	.000000	0.000121	.000000	0.000159	.000000

	MODE	U1 ($v_i \cdot Sd_i$)	Μετακ. κορυφής (12)		Μετακ. 2ου (11)		Μετακ. 1ου (10)	
			ϕ_i	u_i	ϕ_i	u_i	ϕ_i	u_i
SPEC20	1	0,095766	0,135452	0,012975	0,101899	0,009759	0,056120	0,005380
	2	-0,002207	0,127747	u_i (SAP)	-0,043579	u_i (SAP)	-0,113579	u_i (SAP)
	3	0,000153	-0,073020	0,012974	0,112762	0,009759	-0,094598	0,005381
SPEC35	1	0,054723	0,135452	0,007414	0,101899	0,005577	0,056120	0,003074
	2	-0,001276	0,127747	u_i (SAP)	-0,043579	u_i (SAP)	-0,113579	u_i (SAP)
	3	-0,000120	-0,073020	0,007413	0,112762	0,005577	-0,094598	0,003075

Σημείωση: Τα πραγματικά μεγέθη μετακίνησης προκύπτουν με πολ/μό των ανωτέρω με το αντίστοιχο q .

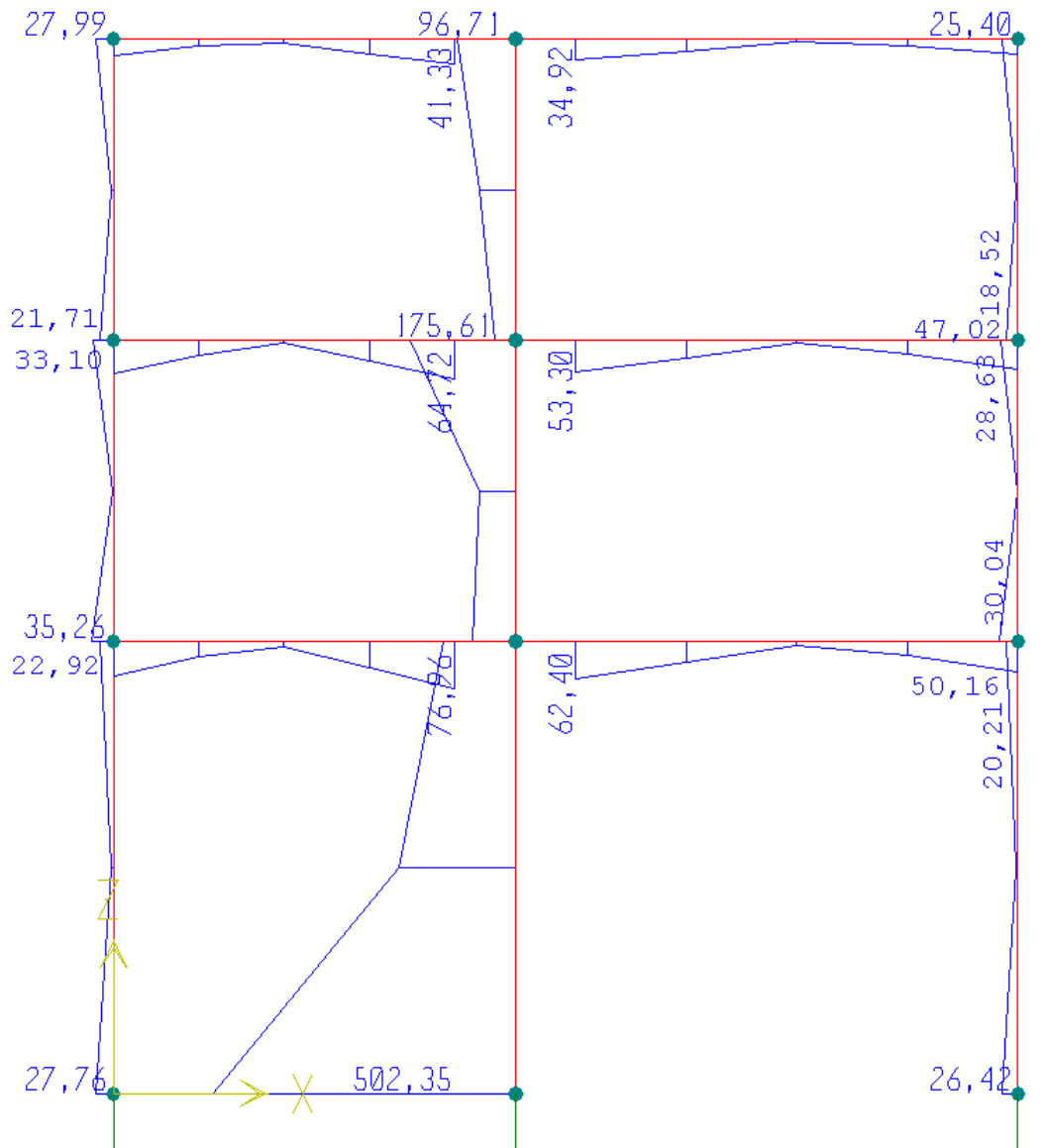
Γ) Πιθανές μέγιστες τιμές διαφορ. σχετικών μετακινήσεων ορόφων.

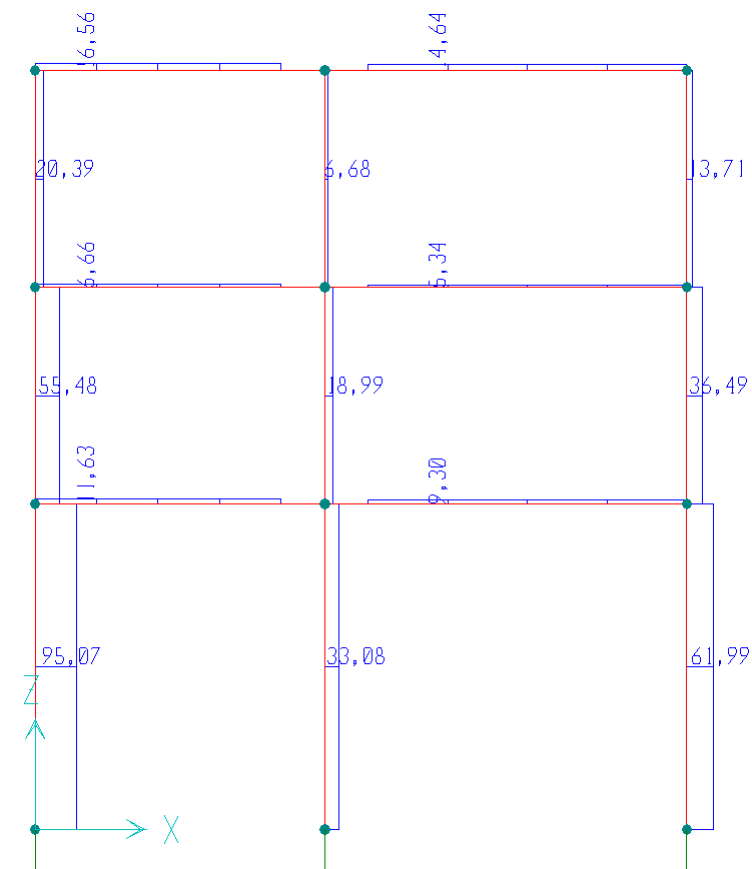
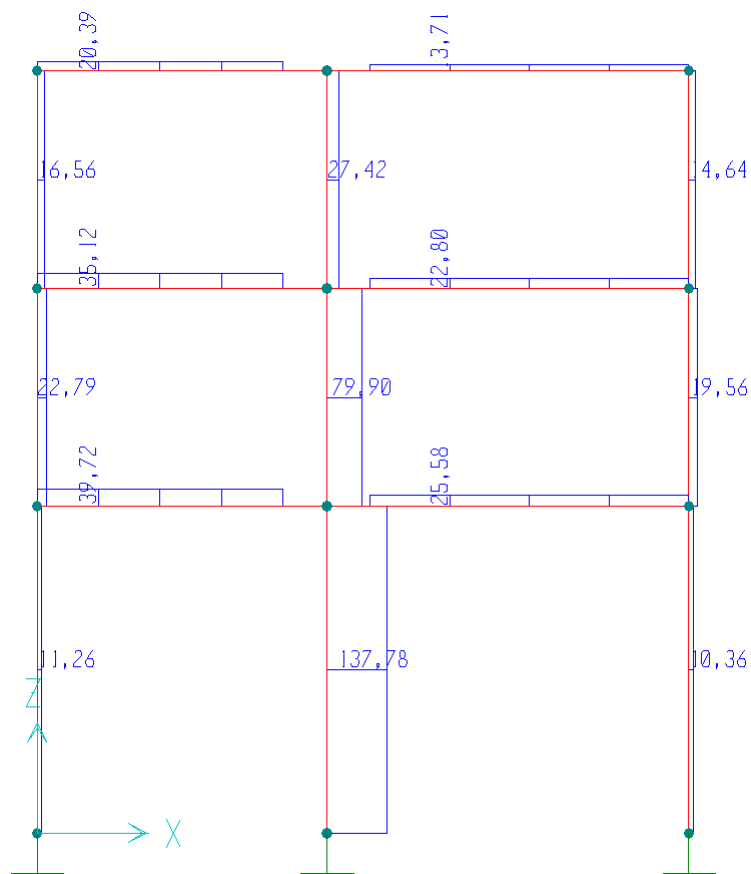
	MODE	U1 ($v_i \cdot Sd_i$)	[(12)-(11)]/3		[(11)-(10)]/3		(10)/4,5	
			ϕ_i	$\Delta\theta_i$	ϕ_i	$\Delta\theta_i$	ϕ_i	$\Delta\theta_i$
SPEC20	1	0,095766	0,011184		0,015260		0,012471	
	2	-0,002207	0,057109	0,001079	0,023333	0,001462	-0,025240	0,001196
	3	0,000153	-0,061927		0,069120		-0,021022	
SPEC35	1	0,054723	0,011184		0,015260		0,012471	
	2	-0,001276	0,057109	0,000616	0,023333	0,000836	-0,025240	0,000683
	3	-0,000120	-0,061927		0,069120		-0,021022	

Σημείωση: Τα πραγματικά μεγέθη μετακίνησης προκύπτουν με πολ/μό των ανωτέρω με το αντίστοιχο q .

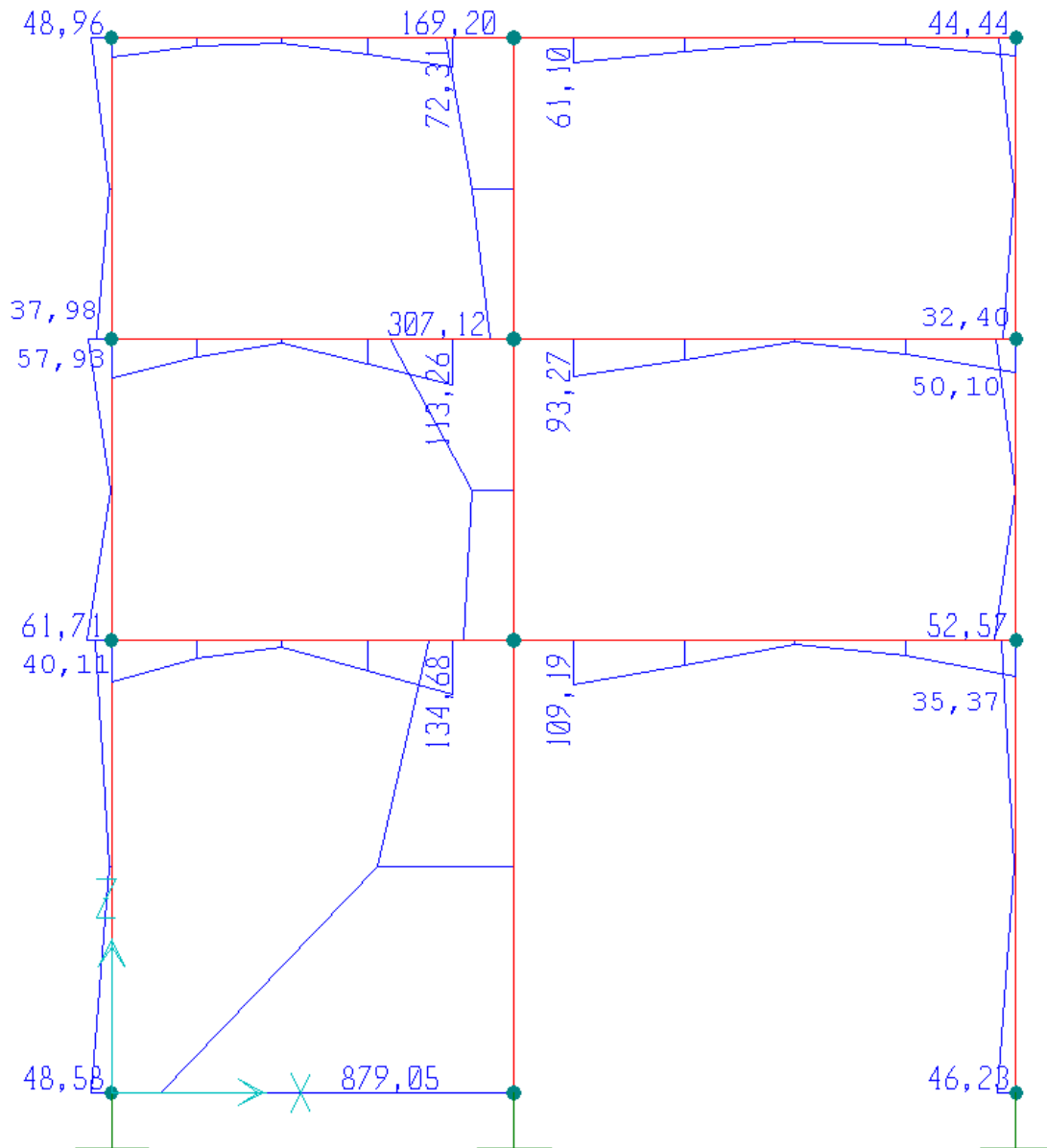
B) Πιθανές μέγιστες τιμές φορτίων διατομής υποστυλωμάτων.

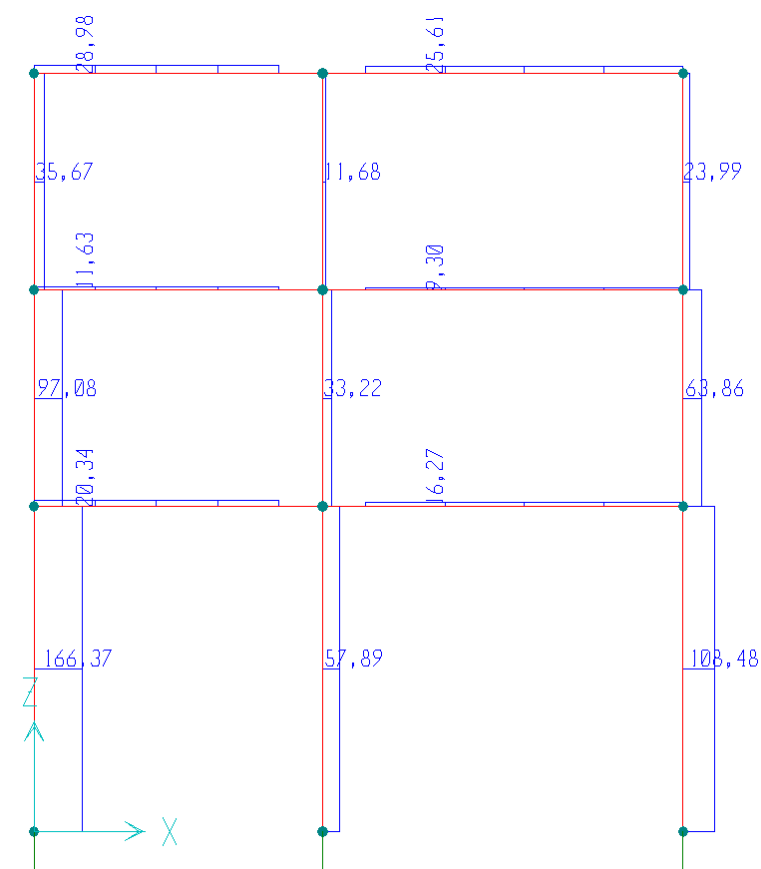
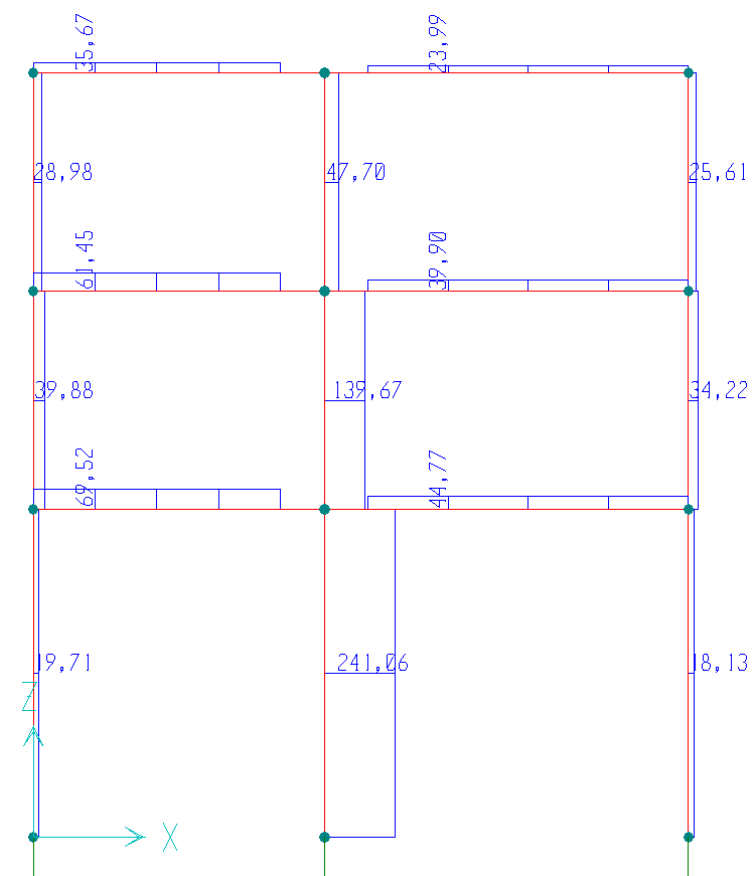
q=3.5





q=2,0





Παρατηρήσεις.

Τα αποτελέσματα μεταξύ του $q=2,0$ και του $q=3,5$ όσον αφορά τις μετακινήσεις (αφού αυτές έχουν ήδη πολ/στεί με $q=2,0$ ή $q=3,5$ αντίστοιχα) είναι ίδια.

Όμως, τα φορτία στην περίπτωση $q=2,0$ είναι αυξημένα σε σχέση με την περίπτωση $q=3,5$.

Ο φορέας που θα διαστασιολογηθεί με χαμηλό q , για να αναλάβει την ίδια μετακίνηση θα πρέπει να αντέχει σε πολύ μεγαλύτερη δύναμη απ' ό,τι ο φορέας με μεγαλύτερο q .

Αρχείο SAP2000.

Σημειώσεις:

- 1) Διαφραγματική λειτουργία μέσω «άπειρης» (100x) ατένειας των δοκών είτε μέσω της ενσωματωμένης δυνατότητας diaphragm του SAP2000. Αποτελέσματα ακριβώς τα ίδια. Προτιμήθηκε ο πρώτος τρόπος.
- 2) Μάζες είτε συγκεντρωμένες σε έναν (οποιοδήποτε -- τα αποτελέσματα είναι τα ίδια) κόμβο του ορόφου, είτε διακριτοποιημένες σε διάφορα σημεία του ορόφου. Αποτελέσματα ίδια, προτιμήθηκε ο πρώτος τρόπος.
- 3) Στερεές ζώνες τοιχείου μέσω της δυνατότητας «end offsets» του SAP2000, είτε με νέο υλικό με χαρακτηριστικά άπειρης ατένειας και δυσκαμψίας στα άκρα των δοκών. Προτιμήθηκε ο πρώτος τρόπος.

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

JOINT
1 X=0 Y=0 Z=0
2 X=0 Y=0 Z=4.5
3 X=0 Y=0 Z=7.5
4 X=0 Y=0 Z=10.5
5 X=4 Y=0 Z=0
6 X=4 Y=0 Z=4.5
7 X=4 Y=0 Z=7.5
8 X=4 Y=0 Z=10.5
9 X=9 Y=0 Z=0
10 X=9 Y=0 Z=4.5
11 X=9 Y=0 Z=7.5
12 X=9 Y=0 Z=10.5

RESTRAINT
ADD=1 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=5 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=9 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3

PATTERN
NAME=DEFAULT

MASS
ADD=8 U1=25
ADD=6 U1=40
ADD=7 U1=40

MATERIAL
NAME=STEEL IDES=S M=7.8271 W=76.81955
T=0 E=1.99948E+08 U=.3 A=.0000117 FY=248211.3
NAME=CONC IDES=C M=2.40068 W=23.56161
T=0 E=2.482113E+07 U=.2 A=.0000099
NAME=OTHER IDES=N
```

```

T=0 E=2.9E+07 U=.2 A=0

FRAME SECTION
NAME=DOKOI MAT=OTHER SH=R T=.5,.2 A=100 J=9.980501E-04 I=2.083333E-03,3.333333E-04
AS=8.333334E-02,8.333334E-02
NAME=STYLOI MAT=OTHER SH=R T=.35,.35 A=.1225 J=2.11338E-03 I=1.250521E-03,1.250521E-03
AS=.1020833,.1020833
NAME=TOIXEIA MAT=OTHER SH=R T=1.2,.25 A=.3 J=5.429816E-03 I=.036,.0015625 AS=.25,.25

FRAME
1 J=1,2 SEC=STYLOI NSEG=2 ANG=0
2 J=2,3 SEC=STYLOI NSEG=2 ANG=0
3 J=3,4 SEC=STYLOI NSEG=2 ANG=0
4 J=5,6 SEC=TOIXEIA NSEG=2 ANG=0
5 J=6,7 SEC=TOIXEIA NSEG=2 ANG=0
6 J=7,8 SEC=TOIXEIA NSEG=2 ANG=0
7 J=9,10 SEC=STYLOI NSEG=2 ANG=0
8 J=10,11 SEC=STYLOI NSEG=2 ANG=0
9 J=11,12 SEC=STYLOI NSEG=2 ANG=0
12 J=4,8 SEC=DOKOI NSEG=4 ANG=0 JOFF=.6 RIGID=1
13 J=8,12 SEC=DOKOI NSEG=4 ANG=0 IOFF=.6 RIGID=1
14 J=3,7 SEC=DOKOI NSEG=4 ANG=0 JOFF=.6 RIGID=1
15 J=7,11 SEC=DOKOI NSEG=4 ANG=0 IOFF=.6 RIGID=1
16 J=2,6 SEC=DOKOI NSEG=4 ANG=0 JOFF=.6 RIGID=1
17 J=6,10 SEC=DOKOI NSEG=4 ANG=0 IOFF=.6 RIGID=1

LOAD
NAME=LOAD1 SW=1 CSYS=0

MODE
TYPE=EIGEN N=3 TOL=.00001

FUNCTION
NAME=EAK20 DT=0 NPL=1 PRINT=Y FILE=010.20.txt
NAME=EAK35 DT=0 NPL=1 PRINT=Y FILE=010.35.txt

SPEC
NAME=SPEC20 MODC=CQC ANG=0 DAMP=.05
ACC=U1 FUNC=EAK20 SF=1
NAME=SPEC35 MODC=CQC ANG=0 DAMP=.05
ACC=U1 FUNC=EAK35 SF=1

OUTPUT
ELEM=JOINT TYPE=DISP MODE=*
ELEM=JOINT TYPE=DISP SPEC=SPEC20
ELEM=JOINT TYPE=DISP SPEC=SPEC35
ELEM=FRAME TYPE=FORCE MODE=*
ELEM=FRAME TYPE=FORCE SPEC=SPEC20
ELEM=FRAME TYPE=FORCE SPEC=SPEC35

END

; The following data is used for graphics, design and pushover analysis.
; If changes are made to the analysis data above, then the following data
; should be checked for consistency.
SAP2000 V7.42 SUPPLEMENTAL DATA
GRID GLOBAL X "1" 0
GRID GLOBAL X "2" 4
GRID GLOBAL X "3" 9
GRID GLOBAL Y "4" 0
GRID GLOBAL Z "5" 0
GRID GLOBAL Z "6" 4.5
GRID GLOBAL Z "7" 7.5
GRID GLOBAL Z "8" 10.5
MATERIAL STEEL FY 248211.3
MATERIAL CONC FYREBAR 413685.5 FYSHEAR 275790.3 FC 27579.03 FCSHEAR 27579.03
FRAMESECTION DOKOI A .1 MFA 1000
STATICLOAD LOAD1 TYPE DEAD
END SUPPLEMENTAL DATA

```