

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:

Ι.Ε. Αβραμίδης  
Κ. Αναστασιάδης  
Α. Αθανατοπούλου

Εργασία:

Άσκηση προόδου

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

Άσκηση 3<sup>η</sup>

Δίνεται η κάτοψη του μονώροφου κτιρίου του σχήματος και ζητούνται:

1. Η ιδιομορφική ανάλυση του κτιρίου. Ειδικότερα ζητούνται:
  - α) Ο υπολογισμός των μητρώων μάζας και δυσκαμψίας.
  - β) Η εύρεση του ελαστικού κέντρου.
  - γ) Ο υπολογισμός των ιδιοσυχνοτήτων και ιδιοπεριόδων.
  - δ) Ο υπολογισμός και η σχεδίαση των ιδιομορφών.
2. Για σεισμική διέγερση παράλληλη προς τον άξονα y ζητούνται:
  - α) Να υπολογιστούν και να σχεδιαστούν τα ιδιομορφικά σεισμικά φορτία.
  - β) Να υπολογιστεί η μέγιστη οριζόντια μετακίνηση του στύλου Α και Γ.
  - γ) Να υπολογιστούν τα μέγιστα φορτία διατομής ( $Q_x$ ,  $Q_y$ ,  $M_x$ ,  $M_y$ ) των στύλων Α και Γ.
3. Για σεισμική διέγερση παράλληλη προς τον άξονα x-χ να υπολογιστούν:
  - α) Η ιδιοπερίοδος, η ιδιοσυχνοτήτα, η μετακίνηση ux του Μ και τα εντακτικά μεγέθη των υποστυλωμάτων ( $Q_x$ ,  $Q_y$ ,  $M_x$ ,  $M_y$ ).
  - β) Να υπολογιστεί η ακτίνα δυστροπιάς και η ακτίνα αδράνειας του κτιρίου. Τι συμπεράσμα τρακύπτει ως προς τη στρεπτική ευαισθησία του κτιρίου.

ΔΕΔΟΜΕΝΑ  
 $E=2.9e7$ ,  $m=20$  t,  $h=4$ m,  $A=0.16$ g,  $\nu=1$ ,  $\eta=1$ ,  $\theta=1$ ,  $q=3.5$

Το ανωτέρω κτίριο πρόκειται να επιλυθεί με το πρόγραμμα SAP2000. Να γραφεί το αρχείο δεδομένων για τις παρακάτω περιπτώσεις δυναμικής φασματικής ανάλυσης:

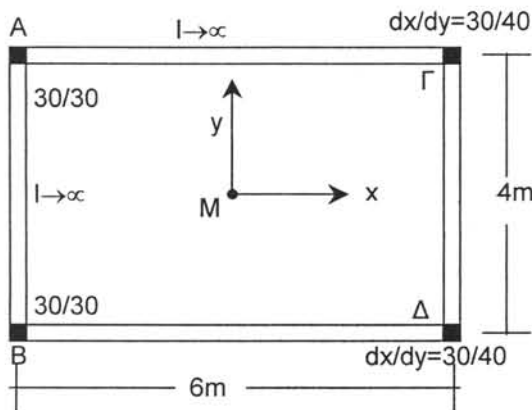
1. Σεισμική διέγερση παράλληλη προς τον άξονα x.
2. Σεισμική διέγερση παράλληλη προς τον άξονα y.
3. Σεισμική διέγερση παράλληλη προς τους άξονες x και y ταυτόχρονα.
4. Σεισμική διέγερση παράλληλη προς τον άξονα y και συντελεστή συμπεριφοράς  $\alpha=1.5$ .
5. Να σχεδιαστεί ο διακριτοποιημένος φορέας και τα τοπικά συστήματα των στοιχείων.
6. Να δοθεί το αρχείο αποτελεσμάτων (μετακινήσεις των σημείων Α,Β,Γ και Δ και φορτία διατομής των στύλων Α,Β,Γ και Δ καθώς και το ποσοστό συμμετοχής των μαζών).

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

Άσκηση 3<sup>η</sup>



Δίνεται η κάτοψη του μονώροφου κτιρίου του σχήματος και ζητούνται:

1. Η ιδιομορφική ανάλυση του κτιρίου. Ειδικότερα ζητούνται:
  - α) Ο υπολογισμός των μητρώων μάζας και δυσκαμψίας.
  - β) Η εύρεση του ελαστικού κέντρου.
  - γ) Ο υπολογισμός των ιδιοσυχνοτήτων και ιδιοπεριόδων.
  - δ) Ο υπολογισμός και η σχεδίαση των ιδιομορφών.
2. Για σεισμική διέγερση παράλληλη προς τον άξονα y ζητούνται:
  - α) Να υπολογιστούν και να σχεδιαστούν τα ιδιομορφικά σεισμικά φορτία.
  - β) Να υπολογιστεί η μέγιστη οριζόντια μετακίνηση του στύλου A και Γ.
  - γ) Να υπολογιστούν τα μέγιστα φορτία διατομής ( $Q_x$ ,  $Q_y$ ,  $M_x$ ,  $M_y$ ) των στύλων A και Γ.

3. Για σεισμική διέγερση παράλληλη προς τον άξονα x-x να υπολογιστούν:
  - α) Η ιδιοπερίοδος, η ιδιοσυχνότητα, η μετακίνηση  $u_x$  του M και τα εντατικά μεγέθη των υποστυλωμάτων ( $Q_x$ ,  $Q_y$ ,  $M_x$ ,  $M_y$ ).
4. Να υπολογιστεί η ακτίνα δυστρεψίας και η ακτίνα αδράνειας του κτιρίου. Τι συμπέρασμα προκύπτει ως προς τη στρεπτική ευαισθησία του κτιρίου;

ΔΕΔΟΜΕΝΑ

$E=2.9e7$ ,  $m=20$  t,  $h=4$ m,  $A=0.16g$ ,  $\gamma_i=1$ ,  $\eta=1$ ,  $\theta=1$ ,  $q=3.5$

Το ανωτέρω κτίριο πρόκειται να επιλυθεί με το πρόγραμμα SAP2000. Να γραφεί το αρχείο δεδομένων για τις παρακάτω περιπτώσεις δυναμικής φασματικής ανάλυσης:

1. Σεισμική διέγερση παράλληλη προς τον άξονα x.
2. Σεισμική διέγερση παράλληλη προς τον άξονα y.
3. Σεισμική διέγερση παράλληλη προς τους άξονες x και y ταυτόχρονα.
4. Σεισμική διέγερση παράλληλη προς τον άξονα y και συντελεστή συμπεριφοράς  $q=1.5$ .
5. Να σχεδιαστεί ο διακριτοποιημένος φορέας και τα τοπικά συστήματα των στοιχείων.
6. Να δοθεί το αρχείο αποτελεσμάτων ( μετακινήσεις των σημείων A,B,Γ και Δ και φορτία διατομής των στύλων A,B,Γ και Δ καθώς και τα ποσοστά συμμετοχής των μαζών).

**1) ΙΔΙΟΜΟΡΦΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ****Ροπές αδρανείας υποστυλωμάτων.**

- 30/30

$$I_x = I_y = \frac{0,3 \times 0,3^3}{12} \rightarrow I_x = I_y = 0,000675 \text{ m}^4$$

- 30/40

$$I_x = \frac{0,4 \times 0,3^3}{12} \rightarrow I_x = 0,0009 \text{ m}^4$$

$$I_y = \frac{0,3 \times 0,4^3}{12} \rightarrow I_y = 0,0016 \text{ m}^4$$

**Δυσκαμψίες υποστυλωμάτων.**

Θεωρούμε τους στύλους αμφίπακτους, έτσι έχουμε τους αντίστοιχους τύπους:

- 30/30

$$K_{xi} = K_{yi} = \frac{12 \times E \times I}{h^3} = \frac{12 \times (2,9 \times 10^7) \times 0,000675}{4^3} = 3670,31$$

- 30/40

$$K_{xi} = \frac{12 \times E \times I}{h^3} = \frac{12 \times (2,9 \times 10^7) \times 0,0009}{4^3} = 4893,75$$

$$K_{yi} = \frac{12 \times E \times I}{h^3} = \frac{12 \times (2,9 \times 10^7) \times 0,0016}{4^3} = 8700,00$$

**Μητρώο δυσκαμψίας ως προς Κ.Μ.**

Για τον υπολογισμό του, θεωρούμε μεμονωμένα υποστυλώματα. Έτσι, έχουμε τους αντίστοιχους τύπους:

$$k_{xx} = \sum k_{xi} = 2 \times 3670,31 + 2 \times 4893,75 \rightarrow k_{xx} = 17128,13$$

$$k_{yy} = \sum k_{yi} = 2 \times 3670,31 + 2 \times 8700,00 \rightarrow k_{yy} = 24740,63$$

$$k_{xy} = k_{yx} = 0$$

$$k_{xz} = k_{zx} = 0$$

$$k_{yz} = \sum (-y_i \times k_{xyi} + x_i \times k_{yxi}) = \sum (0 + x_i \times k_{yxi}) = 2 \times 3 \times 8700 - 2 \times 3 \times 3670,31 \rightarrow k_{yz} = 30178,13$$

$$k_{zz} = \sum (k_{zi} + y_i^2 \times k_{xi} + x_i^2 \times k_{yi} - 2 \times x_i \times y_i \times k_{xyi}) = \sum (0 + y_i^2 \times k_{xi} + x_i^2 \times k_{yi} - 0) =$$

$$= 2 \times 2^2 \times 3670,31 + 2 \times 2^2 \times 4893,75 + 2 \times 3^2 \times 3670,31 + 2 \times 3^2 \times 8700 \rightarrow$$

$$k_{zz} = 291178,13$$

$$\text{Τελικά, } K = \begin{bmatrix} 17128,13 & 0 & 0 \\ 0 & 24740,63 & 30178,13 \\ 0 & 30178,13 & 291178,13 \end{bmatrix}$$

**Εύρεση Ε.Κ.Σ.**

$$\tan 2\omega_{\kappa} = \frac{2 \times k_{xy}}{k_{xx} - k_{yy}} = \frac{0}{k_{xx} - k_{yy}} = 0^{\circ} \rightarrow 2\omega_{\kappa} = 0 \rightarrow \omega_{\kappa} = 0$$

$$x_{\kappa} = \frac{k_{xx} \times k_{zy} - k_{xy} \times k_{zx}}{k_{xx} \times k_{yy} - k_{xy}^2} = \frac{k_{xx} \times k_{zy} - 0}{k_{xx} \times k_{yy} - 0} \rightarrow x_{\kappa} = 1,220\text{m}$$

$$y_{\kappa} = -\frac{k_{yy} \times k_{zx} - k_{yx} \times k_{zy}}{k_{xx} \times k_{yy} - k_{xy}^2} = -\frac{k_{yy} \times 0 - 0 \times k_{zy}}{k_{xx} \times k_{yy} - 0} \rightarrow y_{\kappa} = 0,00\text{m}$$

**Μητρώο δυσκαμψίας ως προς Κ.Ε.Σ.**

$$k_{\text{I}} = k_{xx} \times \cos^2 \omega_{\kappa} + k_{yy} \times \sin^2 \omega_{\kappa} + k_{xy} \times \sin 2\omega_{\kappa} = k_{xx} \times \cos^2 \omega_{\kappa} + 0 + 0 \rightarrow k_{\text{I}} = 17128,13$$

$$k_{\text{II}} = k_{xx} \times \sin^2 \omega_{\kappa} + k_{yy} \times \cos^2 \omega_{\kappa} + k_{xy} \times \sin 2\omega_{\kappa} = 0 + k_{yy} \times \cos^2 \omega_{\kappa} + 0 \rightarrow k_{\text{II}} = 24740,63$$

$$k_{\text{III}} = y_{\kappa}^2 \times k_{xx} + x_{\kappa}^2 \times k_{yy} - 2 \times x_{\kappa} \times y_{\kappa} \times k_{xy} - 2 \times x_{\kappa} \times k_{yz} + 2 \times y_{\kappa} \times k_{zx} + k_{zz} = 0 + x_{\kappa}^2 \times k_{yy} - 0 - 2 \times x_{\kappa} \times k_{yz} + 0 + k_{zz} \rightarrow k_{\text{III}} = 254367,45$$

$$\text{Τελικά, } \mathbf{K} = \begin{bmatrix} 17128,13 & 0 & 0 \\ 0 & 24740,63 & 0 \\ 0 & 0 & 254367,45 \end{bmatrix}$$

**Μητρώο μάζας του φορέα**

Η μάζα του φορέα είναι  $m=20\text{t}$

$$I_x = \frac{4,0 \times 6,0^3}{12} \rightarrow I_x = 72\text{m}^4$$

$$I_y = \frac{4,0^3 \times 6,0}{12} \rightarrow I_y = 32\text{m}^4$$

$$J_m = \frac{m_{ολ}}{A} \times (I_x + I_y) = \frac{20}{4 \times 6} \times (72 + 32) \rightarrow J_m = 86,667$$

$$\text{Τελικά, } \mathbf{M} = \begin{bmatrix} 20 & 0 & 0 \\ 0 & 20 & 0 \\ 0 & 0 & 86,667 \end{bmatrix}$$

**Εύρεση Ιδιοπεριόδων–Ιδιοσυχνοτήτων**

$$|K - \lambda \times M| = \begin{vmatrix} 17128,13 - 20 \times \lambda & 0 & 0 \\ 0 & 24740,63 - 20 \times \lambda & 30178,13 \\ 0 & 30178,13 & 291178,13 - 86,667 \times \lambda \end{vmatrix} = 0$$

$$(17128,13 - 20 \times \lambda) \times [(24740,63 - 20 \times \lambda) \times (291178,13 - 86,667 \times \lambda) - 30178,13^2]$$

Ασύζευκτη

$$17128,13 - 20 \times \lambda_A \rightarrow \lambda_A = \omega_A^2 = 856,406 \rightarrow \omega_A = 29,264 \rightarrow T_A = 0,2147 \text{ sec}$$

Συζευγμένες

$$24740,63 \times 291178,13 - 20 \times 291178,13 \times \lambda - 86,667 \times 24740,63 \times \lambda + 20 \times 86,667 \times \lambda^2 - 30178,13^2 = 0$$

$$\lambda_3 = 3583,651 \rightarrow \omega_3 = 59,864 \rightarrow T_3 = 0,1050 \text{ sec}$$

$$\lambda_2 = 1013,128 \rightarrow \omega_2 = 31,830 \rightarrow T_2 = 0,1974 \text{ sec}$$

MODAL PERIODS AND FREQUENCIES				
MODE	PERIOD (TIME)	FREQUENCY (CYC/TIME)	FREQUENCY (RAD/TIME)	EIGENVALUE (RAD/TIME)**2
1	0.214706	4.657539	29.264182	856.392376
2	0.197402	5.065801	31.829365	1013.109
3	0.104960	9.527453	59.862755	3583.549

Εύρεση Ιδιομορφών1<sup>η</sup> ιδιομορφή

$$(K - \lambda_A \times M) \times [\phi^A] = 0 \Rightarrow \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 7612,500 & 30178,125 \\ 0 & 30178,125 & 216956,250 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \phi_1^A \\ \phi_2^A \\ \phi_3^A \end{bmatrix} = 0 \Rightarrow$$

$$\left. \begin{array}{l} 0 = 0 \\ 7612,500 \times \phi_2^A + 30178,125 \times \phi_3^A = 0 \\ 30178,125 \times \phi_2^A + 216956,250 \times \phi_3^A = 0 \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} \phi_2^A = 0 \\ \phi_3^A = 0 \\ \phi_1^A = c \end{array} \right\} \Rightarrow \phi^A = \begin{bmatrix} c \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

2<sup>η</sup> ιδιομορφή

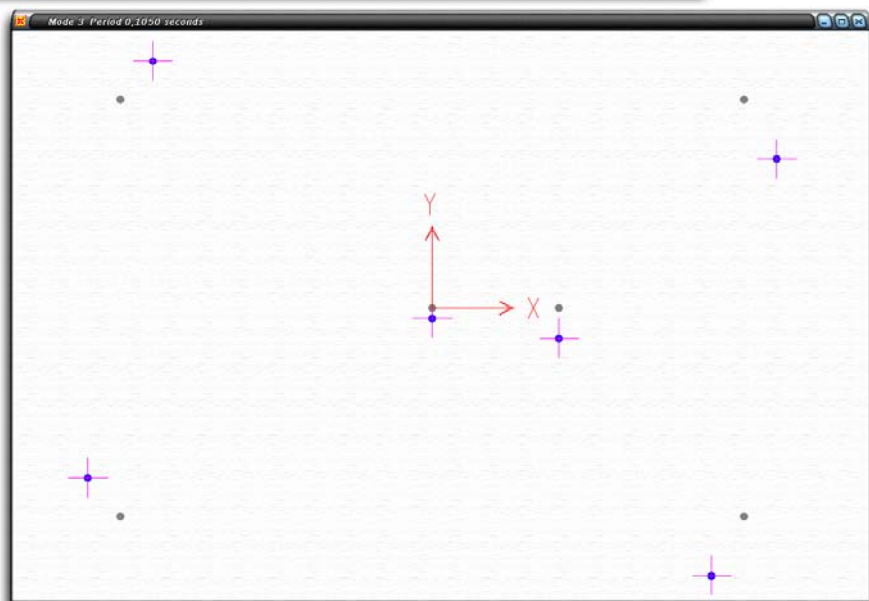
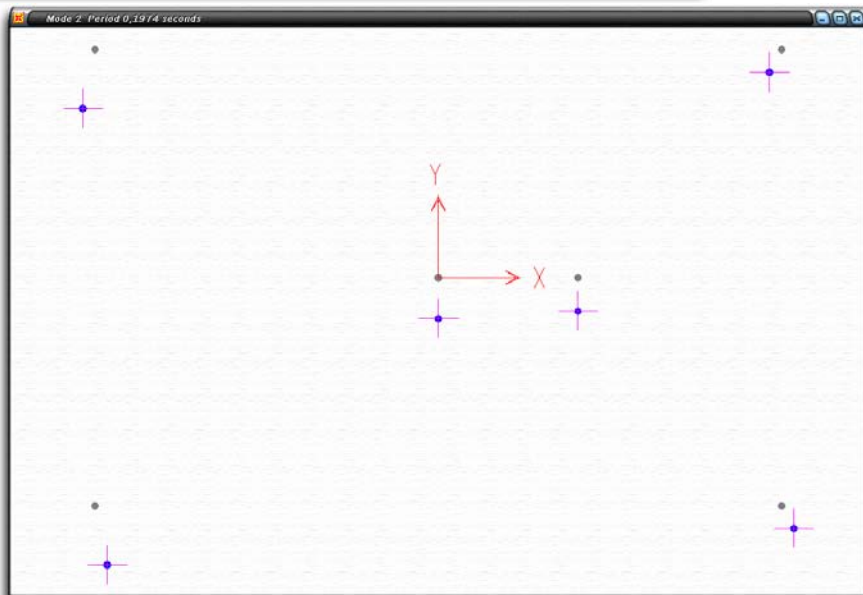
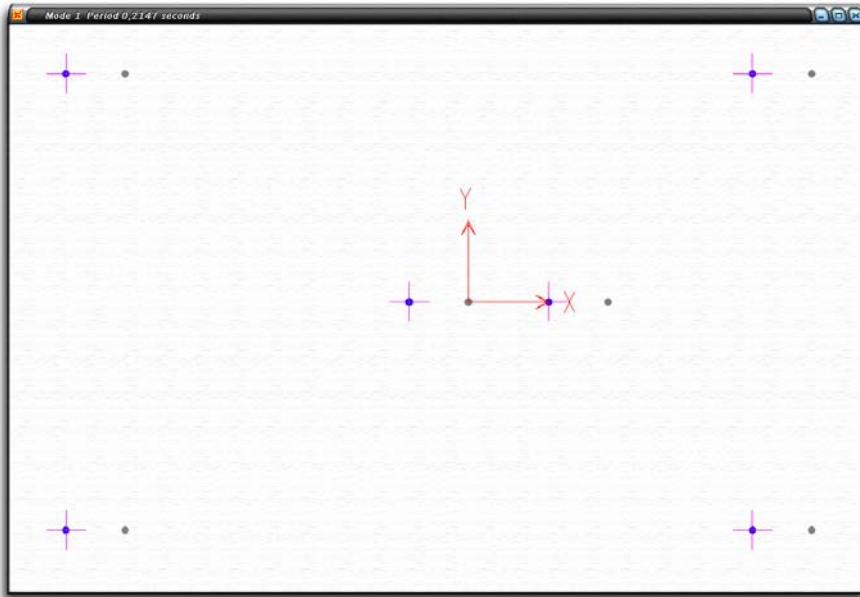
$$(K - \lambda_2 \times M) \times [\phi^2] = 0 \Rightarrow \begin{bmatrix} -3134,441 & 0 & 0 \\ 0 & 4478,059 & 30178,125 \\ 0 & 30178,125 & 203373,671 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \phi_1^{(2)} \\ \phi_2^{(2)} \\ \phi_3^{(2)} \end{bmatrix} = 0 \Rightarrow$$

$$\left. \begin{array}{l} -3134,441 \times \phi_1^{(2)} = 0 \\ 4478,059 \times \phi_2^{(2)} + 30178,125 \times \phi_3^{(2)} = 0 \\ 30178,125 \times \phi_2^{(2)} + 203373,672 \times \phi_3^{(2)} = 0 \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} \phi_1^{(2)} = 0 \\ \text{για } \phi_3^{(2)} = 1 \\ \phi_2^{(2)} = -6,740 \end{array} \right\} \Rightarrow \phi^{(2)} = \begin{bmatrix} 0 \\ -6,7391 \\ 1 \end{bmatrix}$$

3<sup>η</sup> ιδιομορφή

$$(K - \lambda_3 \times M) \times [\phi^3] = 0 \Rightarrow \begin{bmatrix} -54544,886 & 0 & 0 \\ 0 & -46932,386 & 30178,125 \\ 0 & 30178,125 & -19404,921 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \phi_1^{(3)} \\ \phi_2^{(3)} \\ \phi_3^{(3)} \end{bmatrix} = 0 \Rightarrow$$

$$\left. \begin{array}{l} -54544,886 \times \phi_1^{(3)} = 0 \\ -46932,386 \times \phi_2^{(3)} + 30178,125 \times \phi_3^{(3)} = 0 \\ 30178,125 \times \phi_2^{(3)} - 19404,921 \times \phi_3^{(3)} = 0 \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} \phi_1^{(3)} = 0 \\ \text{για } \phi_3^{(3)} = 1 \\ \phi_2^{(3)} = 0,6430 \end{array} \right\} \Rightarrow \phi^{(3)} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0,6430 \\ 1 \end{bmatrix}$$



**2) ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΔΙΕΓΕΡΣΗ ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ ΠΡΟΣ ΑΞΟΝΑ ΥΥ'****Υπολογισμός Συντελεστών Συμμετοχής**

$$v_A = \frac{\phi^{(A)T} \times M \times \delta}{\phi^{(A)T} \times M \times \phi^{(A)}} = \frac{[c \ 0 \ 0] \times \begin{bmatrix} 20 & 0 & 0 \\ 0 & 20 & 0 \\ 0 & 0 & 86,667 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}}{[c \ 0 \ 0] \times \begin{bmatrix} 20 & 0 & 0 \\ 0 & 20 & 0 \\ 0 & 0 & 86,667 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} c \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}} = \frac{[20 \times c \ 0 \ 0] \times \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}}{[20 \times c \ 0 \ 0] \times \begin{bmatrix} c \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}} = \frac{0}{20 \times c^2} \Rightarrow$$

$$v_A = 0$$

$$v_2 = \frac{\phi^{(2)T} \times M \times \delta}{\phi^{(2)T} \times M \times \phi^{(2)}} = \frac{[0 \ -6,7391 \ 1] \times \begin{bmatrix} 20 & 0 & 0 \\ 0 & 20 & 0 \\ 0 & 0 & 86,667 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}}{[0 \ -6,7391 \ 1] \times \begin{bmatrix} 20 & 0 & 0 \\ 0 & 20 & 0 \\ 0 & 0 & 86,667 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0 \\ -6,74 \\ 1 \end{bmatrix}} = \frac{[0 \ -134,782 \ 86,67] \times \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}}{[0 \ -134,782 \ 86,67] \times \begin{bmatrix} 0 \\ -6,74 \\ 1 \end{bmatrix}} =$$

$$= \frac{-134,7822}{994,9784} \Rightarrow v_2 = -0,1355$$

$$v_3 = \frac{\phi^{(3)T} \times M \times \delta}{\phi^{(3)T} \times M \times \phi^{(3)}} = \frac{[0 \ 0,6430 \ 1] \times \begin{bmatrix} 20 & 0 & 0 \\ 0 & 20 & 0 \\ 0 & 0 & 86,667 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}}{[0 \ 0,6430 \ 1] \times \begin{bmatrix} 20 & 0 & 0 \\ 0 & 20 & 0 \\ 0 & 0 & 86,667 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0 \\ 0,643 \\ 1 \end{bmatrix}} = \frac{[0 \ 12,860 \ 86,67] \times \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}}{[0 \ 12,860 \ 86,67] \times \begin{bmatrix} 0 \\ 0,643 \\ 1 \end{bmatrix}} =$$

$$= \frac{12,8603}{94,9360} \Rightarrow v_3 = 0,1355$$

$$\text{Ικανοποιείται η συνθήκη } v_1 + v_2 + v_3 = v_A + v_2 + v_3 = 0 - 0,1355 + 0,1355 = 0$$

**Ασύζευκτη Ιδιομορφή**

$T = 0,2147$  sec. Βρίσκεται στο πλατώ του φάσματος σχεδιασμού.

$$R_{d(T)}^{(A)} = \gamma_I \times A \times \frac{\eta \times \theta \times \beta_o}{q} = 1 \times (0,16g) \times \frac{1 \times 1 \times 2,5}{3,5} \Rightarrow R_{d(T)}^{(A)} = 1,1211 \frac{m}{sec}$$

**2<sup>η</sup> Ιδιομορφή**

$T = 0,1974$  sec. Βρίσκεται στο πλατώ του φάσματος σχεδιασμού.

$$R_{d(T)}^{(2)} = \gamma_I \times A \times \frac{\eta \times \theta \times \beta_o}{q} = 1 \times (0,16g) \times \frac{1 \times 1 \times 2,5}{3,5} \Rightarrow R_{d(T)}^{(2)} = 1,1211 \frac{m}{sec}$$

**3<sup>η</sup> Ιδιομορφή**

$T = 0,1050$  sec. Βρίσκεται στο πλατώ του φάσματος σχεδιασμού.

$$R_{d(T)}^{(3)} = \gamma_I \times A \times \frac{\eta \times \theta \times \beta_o}{q} = 1 \times (0,16g) \times \frac{1 \times 1 \times 2,5}{3,5} \Rightarrow R_{d(T)}^{(3)} = 1,1211 \frac{m}{sec}$$

**Υπολογισμός Μέγιστων ιδιομορφικών σεισμικών φορτίων**

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

**Ασύζευκτη Ιδιομορφή**

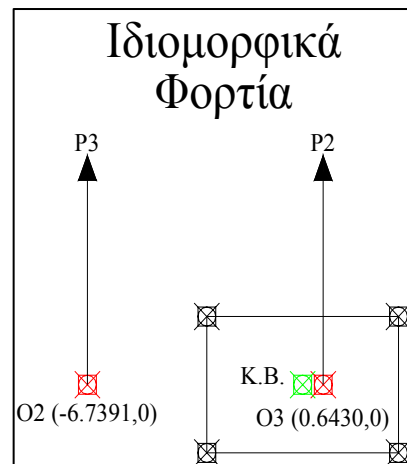
$$\mathbf{P}_A = \mathbf{0} \times (\mathbf{M} \times \boldsymbol{\varphi}^{(A)}) \times \mathbf{S}a^{(A)} \Rightarrow \mathbf{P}_A = \mathbf{0}$$

**2<sup>η</sup> Ιδιομορφή**

$$\begin{aligned} \mathbf{P}_2 &= \mathbf{v}_2 \times (\mathbf{M} \times \boldsymbol{\varphi}^{(2)}) \times \mathbf{S}a^{(2)} = -0,1355 \times \begin{bmatrix} 20 & 0 & 0 \\ 0 & 20 & 0 \\ 0 & 0 & 86,667 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0 \\ -6,7391 \\ 1 \end{bmatrix} \times 1,1211 = \\ &= - \begin{bmatrix} 0 \\ -134,7822 \\ 86,6667 \end{bmatrix} \times 0,1518727 \Rightarrow \mathbf{P}_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 20,46974 \\ -13,16230 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

**3<sup>η</sup> Ιδιομορφή**

$$\begin{aligned} \mathbf{P}_3 &= \mathbf{v}_3 \times (\mathbf{M} \times \boldsymbol{\varphi}^{(3)}) \times \mathbf{S}a^{(3)} = 0,1355 \times \begin{bmatrix} 20 & 0 & 0 \\ 0 & 20 & 0 \\ 0 & 0 & 86,667 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0 \\ 0,6430 \\ 1 \end{bmatrix} \times 1,1211 = \\ &= \begin{bmatrix} 0 \\ 12,8603 \\ 86,6667 \end{bmatrix} \times 0,1518727 \Rightarrow \mathbf{P}_3 = \begin{bmatrix} 0 \\ 1,95312 \\ 13,16230 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

**Μέγιστη μετακίνηση Κ.Μ.****Ασύζευκτη Ιδιομορφή**

$$\begin{aligned} \max u^{(A)} &= \mathbf{v}_A \times \boldsymbol{\varphi}^{(A)} \times \mathbf{S}d^{(A)} = \mathbf{0} \times \boldsymbol{\varphi}^{(A)} \times \frac{\mathbf{S}a^{(A)}}{\lambda^{(A)}} \Rightarrow \\ \max u^{(A)} &= \mathbf{0} \end{aligned}$$

**2<sup>η</sup> Ιδιομορφή**

$$\begin{aligned} \max u^{(2)} &= \mathbf{v}_2 \times \boldsymbol{\varphi}^{(2)} \times \mathbf{S}d^{(2)} = \\ &= -0,1355 \times \begin{bmatrix} 0 \\ -6,7391 \\ 1 \end{bmatrix} \times \frac{1,1211}{1013,128} \Rightarrow \max u^{(2)} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1,0102 \times 10^{-3} \\ -1,4990 \times 10^{-4} \end{bmatrix} \end{aligned}$$

**3<sup>η</sup> Ιδιομορφή**

$$\begin{aligned} \max u^{(3)} &= \mathbf{v}_3 \times \boldsymbol{\varphi}^{(3)} \times \mathbf{S}d^{(3)} = \\ &= 0,1355 \times \begin{bmatrix} 0 \\ 0,6430 \\ 1 \end{bmatrix} \times \frac{1,1211}{3583,651} \Rightarrow \max u^{(3)} = \begin{bmatrix} 0 \\ 2,7250 \times 10^{-5} \\ 4,2379 \times 10^{-5} \end{bmatrix} \end{aligned}$$



Στατιστική επαλληλία

$$u_x = \sqrt{u_{x_1}^2 + u_{x_2}^2 + u_{x_3}^2} = 0$$

$$u_y = \sqrt{u_{y_1}^2 + u_{y_2}^2 + u_{y_3}^2} = \sqrt{0^2 + (1,0102 \times 10^{-3})^2 + (2,725 \times 10^{-5})^2} \Rightarrow$$

$$u_y = 1,0106 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\theta_z = \sqrt{\theta_{z_1}^2 + \theta_{z_2}^2 + \theta_{z_3}^2} = \sqrt{0^2 + (-1,4990 \times 10^{-4})^2 + (4,2379 \times 10^{-5})^2} \Rightarrow$$

$$\theta_z = 1,5578 \times 10^{-4} \text{ rad}$$

$$\text{Τελικά } \max u = \begin{bmatrix} 0 \\ 1,0106 \times 10^{-3} \\ 1,5578 \times 10^{-4} \end{bmatrix} \Rightarrow u_{\text{πραγμ}} = q \times \max u = 3,5 \times \begin{bmatrix} 0 \\ 1,0106 \times 10^{-3} \\ 1,5578 \times 10^{-4} \end{bmatrix} \Rightarrow$$

$$u_{\text{πραγμ}} = \begin{bmatrix} 0 \\ 3,5371 \times 10^{-3} \\ 5,4523 \times 10^{-4} \end{bmatrix}$$

SPEC	SPECY	-----			
JOINT		UX	UY		RZ
15		6.27E-20	0.001011		0.000156

Μέγιστη μετακίνηση στύλων Α και Γ

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:

Ασύζευκτη Ιδιομορφική μετακίνηση

$$u_M^{(A)} = \begin{bmatrix} 0 \\ \dots \\ 0 \\ \dots \\ 0 \end{bmatrix} \rightarrow$$

$$u_A^{(A)} = \begin{bmatrix} 0 \\ \dots \\ 0 \\ \dots \\ 0 \end{bmatrix} \quad \text{και} \quad u_\Gamma^{(A)} = \begin{bmatrix} 0 \\ \dots \\ 0 \\ \dots \\ 0 \end{bmatrix}$$

2<sup>η</sup> ιδιομορφική μετακίνηση

$$u_M^{(2)} = \begin{bmatrix} 0 \\ \dots \\ 1,0102 \times 10^{-3} \\ \dots \\ -1,4990 \times 10^{-4} \end{bmatrix} \rightarrow$$

$$u_A^{(2)} = \begin{bmatrix} 0 - 2 \times (-1,4990 \times 10^{-4}) \\ 1,0102 \times 10^{-3} + (-3) \times (-1,4990 \times 10^{-4}) \\ -1,4990 \times 10^{-4} \end{bmatrix} \Rightarrow u_A^{(2)} = \begin{bmatrix} 2,9981 \times 10^{-4} \\ 1,4599 \times 10^{-3} \\ -1,4990 \times 10^{-4} \end{bmatrix} \quad \text{και}$$

$$u_\Gamma^{(2)} = \begin{bmatrix} 0 - 2 \times (-1,4990 \times 10^{-4}) \\ 1,0102 \times 10^{-3} + 3 \times (-1,4990 \times 10^{-4}) \\ -1,4990 \times 10^{-4} \end{bmatrix} \Rightarrow u_\Gamma^{(2)} = \begin{bmatrix} 2,9981 \times 10^{-4} \\ 5,6051 \times 10^{-4} \\ -1,4990 \times 10^{-4} \end{bmatrix}$$

3<sup>η</sup> ιδιομορφική μετακίνηση

$$u_M^{(3)} = \begin{bmatrix} 0 \\ 2,7250 \times 10^{-5} \\ 4,2379 \times 10^{-5} \end{bmatrix} \rightarrow u_A^{(3)} = \begin{bmatrix} 0 - 2 \times 4,2379 \times 10^{-5} \\ 2,7250 \times 10^{-5} + (-3) \times 4,2379 \times 10^{-5} \\ 4,2379 \times 10^{-5} \end{bmatrix} \Rightarrow u_A^{(3)} = \begin{bmatrix} -8,4759 \times 10^{-5} \\ -9,9888 \times 10^{-5} \\ 4,2379 \times 10^{-5} \end{bmatrix} \quad \text{και}$$

$$u_\Gamma^{(3)} = \begin{bmatrix} 0 - 2 \times 4,2379 \times 10^{-5} \\ 2,7250 \times 10^{-5} + 3 \times 4,2379 \times 10^{-5} \\ 4,2379 \times 10^{-5} \end{bmatrix} \Rightarrow u_\Gamma^{(3)} = \begin{bmatrix} -8,4759 \times 10^{-5} \\ 1,5439 \times 10^{-4} \\ 4,2379 \times 10^{-5} \end{bmatrix}$$

Στατιστική επαλληλία για το στύλο Α

$$u_x = \sqrt{u_{x_A}^2 + u_{x_2}^2 + u_{x_3}^2} = \sqrt{0^2 + (2,9981 \times 10^{-4})^2 + (-8,4759 \times 10^{-5})^2} \Rightarrow$$

$$u_x = 3,1156 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$u_y = \sqrt{u_{y_A}^2 + u_{y_2}^2 + u_{y_3}^2} = \sqrt{0^2 + (1,4599 \times 10^{-3})^2 + (-9,9888 \times 10^{-5})^2} \Rightarrow$$

$$u_y = 1,4634 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\theta_z = \sqrt{\theta_{z_A}^2 + \theta_{z_2}^2 + \theta_{z_3}^2} = \sqrt{0^2 + (-1,4990 \times 10^{-4})^2 + (4,2379 \times 10^{-5})^2} \Rightarrow$$

$$\theta_z = 1,5578 \times 10^{-4} \text{ rad}$$

$$\text{Τελικά } \max u = \begin{bmatrix} 3,1156 \times 10^{-4} \\ 1,4634 \times 10^{-3} \\ 1,5578 \times 10^{-4} \end{bmatrix} \Rightarrow u_{\text{πραγμ}} = q \times \max u = 3,5 \times \begin{bmatrix} 3,1156 \times 10^{-4} \\ 1,4634 \times 10^{-3} \\ 1,5578 \times 10^{-4} \end{bmatrix} \Rightarrow$$

$$u_{\text{πραγμ}} = \begin{bmatrix} 1,0905 \times 10^{-3} \\ 5,1217 \times 10^{-3} \\ 5,4523 \times 10^{-4} \end{bmatrix}$$

SPEC	SPECY	UX	UY	RZ
JOINT				
11		0.000312	0.001463	0.000156

Στατιστική επαλληλία για το στύλο Γ

$$u_x = \sqrt{u_{x_A}^2 + u_{x_2}^2 + u_{x_3}^2} = \sqrt{0^2 + (2,9981 \times 10^{-4})^2 + (-8,4759 \times 10^{-5})^2} \Rightarrow$$

$$u_x = 3,1156 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$u_y = \sqrt{u_{y_A}^2 + u_{y_2}^2 + u_{y_3}^2} = \sqrt{0^2 + (5,6051 \times 10^{-4})^2 + (1,5439 \times 10^{-5})^2} \Rightarrow$$

$$u_y = 5,8138 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$\theta_z = \sqrt{\theta_{z_A}^2 + \theta_{z_2}^2 + \theta_{z_3}^2} = \sqrt{0^2 + (-1,4990 \times 10^{-4})^2 + (4,2379 \times 10^{-5})^2} \Rightarrow$$

$$\theta_z = 1,5578 \times 10^{-4} \text{ rad}$$

$$\text{Τελικά } \max u = \begin{bmatrix} 3,1156 \times 10^{-4} \\ 5,8138 \times 10^{-4} \\ 1,5578 \times 10^{-4} \end{bmatrix} \Rightarrow u_{\text{πραγμ}} = q \times \max u = 3,5 \times \begin{bmatrix} 3,1156 \times 10^{-4} \\ 5,8138 \times 10^{-4} \\ 1,5578 \times 10^{-4} \end{bmatrix} \Rightarrow$$

$$u_{\text{πραγμ}} = \begin{bmatrix} 1,0905 \times 10^{-3} \\ 2,0348 \times 10^{-3} \\ 5,4523 \times 10^{-4} \end{bmatrix}$$

SPEC	SPECY	-----		
JOINT		UX	UY	RZ
13		0.000312	0.000581	0.000156

### Μέγιστα φορτία διατομής στύλου A

Λόγω ασύζευκτης ιδιομορφής

$$P = K \times u = K \times 0 \rightarrow P = 0$$

Λόγω 2<sup>ης</sup> ιδιομορφής

Ισχύει  $P = K \times u$

$$Q_x^{(2)} = K_{xx} \times u_x \rightarrow Q_x^{(2)} = 3670,31 \times (2,9981 \times 10^{-4}) \rightarrow Q_x^{(2)} = 1,1004 \text{ KN}$$

$$Q_y^{(2)} = K_{yy} \times u_y \rightarrow Q_y^{(2)} = 3670,31 \times (1,4599 \times 10^{-4}) \rightarrow Q_y^{(2)} = 5,3584 \text{ KN}$$

Από το Beton Kalender έχουμε:

$$M_y^{(2)} = -\frac{6 \times E \times I}{h^2} \times u_x = -\frac{6 \times (2,9 \times 10^7) \times 0,000675}{4^2} \times 2,9981 \times 10^{-4}$$

$$M_y^{(2)} = -2,2008 \text{ KNm}$$

$$M_x^{(2)} = -\frac{6 \times E \times I}{h^2} \times u_y = -\frac{6 \times (2,9 \times 10^7) \times 0,000675}{4^2} \times 1,4599 \times 10^{-3}$$

$$M_x^{(2)} = -10,7169 \text{ KNm}$$

Λόγω 3<sup>ης</sup> ιδιομορφής

Ισχύει  $P = K \times u$

$$Q_x^{(3)} = K_{xx} \times u_x \rightarrow Q_x^{(3)} = 3670,31 \times (-8,4759 \times 10^{-5}) \rightarrow Q_x^{(3)} = -0,3111 \text{ KN}$$

$$Q_y^{(3)} = K_{yy} \times u_y \rightarrow Q_y^{(3)} = 3670,31 \times (-9,9888 \times 10^{-5}) \rightarrow Q_y^{(3)} = -0,3666 \text{ KN}$$

Από το Beton Kalender έχουμε:

$$M_y^{(3)} = -\frac{6 \times E \times I}{h^2} \times u_x = -\frac{6 \times (2,9 \times 10^7) \times 0,000675}{4^2} \times (-8,4759 \times 10^{-5})$$

$$M_y^{(3)} = 0,6222 \text{ KNm}$$

$$M_x^{(3)} = -\frac{6 \times E \times I}{h^2} \times u_y = -\frac{6 \times (2,9 \times 10^7) \times 0,000675}{4^2} \times (-9,9888 \times 10^{-5})$$

$$M_x^{(3)} = 0,7332 \text{ KNm}$$

Στατιστική Επαλληλία

$$|Q_x| = \sqrt{Q_{x_A}^2 + Q_{x_2}^2 + Q_{x_3}^2} = \sqrt{0^2 + (1,1004)^2 + (-0,3111)^2} \Rightarrow |Q_x| = 1,1435 \text{ KN}$$

$$|Q_y| = \sqrt{Q_{y_A}^2 + Q_{y_2}^2 + Q_{y_3}^2} = \sqrt{0^2 + (5,3584)^2 + (-0,3666)^2} \Rightarrow |Q_y| = 5,3710 \text{ KN}$$

$$|M_y| = \sqrt{M_{y_A}^2 + M_{y_2}^2 + M_{y_3}^2} = \sqrt{0^2 + (-2,2008)^2 + (-0,6222)^2} \Rightarrow |M_y| = 2,2870 \text{ KN}$$

$$|M_x| = \sqrt{M_{x_A}^2 + M_{x_2}^2 + M_{x_3}^2} = \sqrt{0^2 + (-10,7169)^2 + (0,7332)^2} \Rightarrow |M_x| = 10,7419 \text{ KN}$$

FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES							
ELEM	1	=====	LENGTH =	4.000000			
SPEC	SPECY	-----					
REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3	
0.00000	.000000	1.143472	5.370760	5.37E-07	10.741519	2.286945	

### Μέγιστα φορτία διατομής στύλου Γ

Λόγω ασύζευκτης ιδιομορφής

$$P = K \times u = K \times 0 \rightarrow P = 0$$

Λόγω 2<sup>ης</sup> ιδιομορφής

Ισχύει  $P = K \times u$

$$Q_x^{(2)} = K_{xx} \times u_x \rightarrow Q_x^{(2)} = 4893,75 \times (2,9981 \times 10^{-4}) \rightarrow Q_x^{(2)} = 1,4672 \text{ KN}$$

$$Q_y^{(2)} = K_{yy} \times u_y \rightarrow Q_y^{(2)} = 8700,00 \times (5,6051 \times 10^{-4}) \rightarrow Q_y^{(2)} = 4,8764 \text{ KN}$$

Από το Beton Kalender έχουμε:

$$M_y^{(2)} = -\frac{6 \times E \times I_x}{h^2} \times u_x = -\frac{6 \times (2,9 \times 10^7) \times 0,0009}{4^2} \times 2,9981 \times 10^{-4}$$

$$M_y^{(2)} = -2,9344 \text{ KNm}$$

$$M_x^{(2)} = -\frac{6 \times E \times I_y}{h^2} \times u_y = -\frac{6 \times (2,9 \times 10^7) \times 0,0016}{4^2} \times 5,6051 \times 10^{-4}$$

$$M_x^{(2)} = -9,7529 \text{ KNm}$$

Λόγω 3<sup>ης</sup> ιδιομορφής

Ισχύει  $P = K \times u$

$$Q_x^{(3)} = K_{xx} \times u_x \rightarrow Q_x^{(3)} = 4893,75 \times (-8,4759 \times 10^{-5}) \rightarrow Q_x^{(3)} = -0,4148 \text{ KN}$$

$$Q_y^{(3)} = K_{yy} \times u_y \rightarrow Q_y^{(3)} = 8700,00 \times (1,5439 \times 10^{-4}) \rightarrow Q_y^{(3)} = 1,3432 \text{ KN}$$

Από το Beton Kalender έχουμε:

$$M_y^{(3)} = -\frac{6 \times E \times I_x}{h^2} \times u_x = -\frac{6 \times (2,9 \times 10^7) \times 0,0009}{4^2} \times (-8,4759 \times 10^{-5})$$

$$M_y^{(3)} = 0,8296 \text{ KNm}$$

$$M_x^{(3)} = -\frac{6 \times E \times I_y}{h^2} \times u_y = -\frac{6 \times (2,9 \times 10^7) \times 0,0016}{4^2} \times (1,5439 \times 10^{-4})$$

$$M_x^{(3)} = -2,6864 \text{ KNm}$$

Στατιστική Επαλληλία

$$|Q_x| = \sqrt{Q_{x_1}^2 + Q_{x_2}^2 + Q_{x_3}^2} = \sqrt{0^2 + (1,4672)^2 + (-0,4148)^2} \Rightarrow |Q_x| = 1,5247 \text{ KN}$$

$$|Q_y| = \sqrt{Q_{y_1}^2 + Q_{y_2}^2 + Q_{y_3}^2} = \sqrt{0^2 + (4,8764)^2 + (1,3432)^2} \Rightarrow |Q_y| = 5,0580 \text{ KN}$$

$$|M_y| = \sqrt{M_{y_1}^2 + M_{y_2}^2 + M_{y_3}^2} = \sqrt{0^2 + (-2,9344)^2 + (0,8296)^2} \Rightarrow |M_y| = 3,0494 \text{ KN}$$

$$|M_x| = \sqrt{M_{x_1}^2 + M_{x_2}^2 + M_{x_3}^2} = \sqrt{0^2 + (-9,7529)^2 + (-2,6864)^2} \Rightarrow |M_x| = 10,1161 \text{ KN}$$

FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES							
ELEM	3	=====	LENGTH =	4.000000			
SPEC	SPECY	-----					
REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3	
0.00000	.000000	1.524630	5.057853	9.15E-07	10.115706	3.049259	

**3) ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΔΙΕΓΕΡΣΗ ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ ΠΡΟΣ ΑΞΟΝΑ ΧΧ'****Υπολογισμός Συντελεστών Συμμετοχής**

$$v_A = \frac{\phi^{(A)T} \times M \times \delta}{\phi^{(A)T} \times M \times \phi^{(A)}} = \frac{[c \ 0 \ 0] \times \begin{bmatrix} 20 & 0 & 0 \\ 0 & 20 & 0 \\ 0 & 0 & 86,667 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}}{[c \ 0 \ 0] \times \begin{bmatrix} 20 & 0 & 0 \\ 0 & 20 & 0 \\ 0 & 0 & 86,667 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} c \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}} = \frac{[20 \times c \ 0 \ 0] \times \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}}{[20 \times c \ 0 \ 0] \times \begin{bmatrix} c \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}} = \frac{20 \times c}{20 \times c^2} \Rightarrow$$

$$= \frac{1}{c} \rightarrow v_A = 1/c \text{ (Ασύζευκτη και η μόνη επηρεάζουσα την απόκριση)}$$

$$v_2 = \frac{\phi^{(2)T} \times M \times \delta}{\phi^{(2)T} \times M \times \phi^{(2)}} = \frac{[0 \ -6,7391 \ 1] \times \begin{bmatrix} 20 & 0 & 0 \\ 0 & 20 & 0 \\ 0 & 0 & 86,667 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}}{[0 \ -6,7391 \ 1] \times \begin{bmatrix} 20 & 0 & 0 \\ 0 & 20 & 0 \\ 0 & 0 & 86,667 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0 \\ -6,74 \\ 1 \end{bmatrix}} = \frac{[0 \ -134,782 \ 86,67] \times \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}}{[0 \ -134,782 \ 86,67] \times \begin{bmatrix} 0 \\ -6,74 \\ 1 \end{bmatrix}} =$$

$$= \frac{0}{994,9784} \rightarrow v_2 = 0$$

$$v_3 = \frac{\phi^{(3)T} \times M \times \delta}{\phi^{(3)T} \times M \times \phi^{(3)}} = \frac{[0 \ 0,6430 \ 1] \times \begin{bmatrix} 20 & 0 & 0 \\ 0 & 20 & 0 \\ 0 & 0 & 86,667 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}}{[0 \ 0,6430 \ 1] \times \begin{bmatrix} 20 & 0 & 0 \\ 0 & 20 & 0 \\ 0 & 0 & 86,667 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0 \\ 0,643 \\ 1 \end{bmatrix}} = \frac{[0 \ 12,860 \ 86,67] \times \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}}{[0 \ 12,860 \ 86,67] \times \begin{bmatrix} 0 \\ 0,643 \\ 1 \end{bmatrix}} =$$

$$= \frac{0}{94,9360} \rightarrow v_3 = 0$$

**Ασύζευκτη Ιδιομορφή**

$T = 0,2147$  sec. Βρίσκεται στο πλατώ του φάσματος σχεδιασμού.

$$R_{d(T)}^{(A)} = \gamma_I \times A \times \frac{\eta \times \theta \times \beta_o}{q} = 1 \times (0,16g) \times \frac{1 \times 1 \times 2,5}{3,5} \Rightarrow R_{d(T)}^{(A)} = 1,1211 \frac{m}{sec}$$

**Υπολογισμός Μέγιστων ιδιομορφικών σεισμικών φορτίων**

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

Ασύζευκτη Ιδιομορφή

$$\begin{aligned} P_A = v_A \times (\mathbf{M} \times \boldsymbol{\varphi}^{(A)}) \times \mathbf{S}a^{(A)} &= \frac{1}{c} \times \begin{bmatrix} 20 & 0 & 0 \\ 0 & 20 & 0 \\ 0 & 0 & 86,667 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} c \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \times 1,1211 = \\ &= \begin{bmatrix} 20c \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \times \frac{1,1211}{c} \Rightarrow \mathbf{P}_1 = \begin{bmatrix} 22,423 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

**Μέγιστη μετακίνηση Κ.Μ.**

Ασύζευκτη Ιδιομορφή

$$\begin{aligned} \max u^{(A)} = v_A \times \boldsymbol{\varphi}^{(A)} \times \mathbf{S}d^{(A)} &= \\ = \frac{1}{c} \times \begin{bmatrix} c \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \times \frac{1,1211}{856,406} \Rightarrow \max u^{(A)} &= \begin{bmatrix} 1,3091 \times 10^{-3} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \text{ κοινή για όλα τα στοιχεία.} \end{aligned}$$

Στατιστική επαλληλία

Δεν χρειάζεται λόγω μίας και μόνης ιδιομορφής.

$$\text{Τελικά } \max \mathbf{u} = \begin{bmatrix} 1,3091 \times 10^{-3} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \Rightarrow u_{\text{πραγμ}} = q \times \max u = 3,5 \times \begin{bmatrix} 1,3091 \times 10^{-3} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \Rightarrow$$

$$\mathbf{u}_{\text{πραγμ}} = \begin{bmatrix} 4,5819 \times 10^{-3} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

SPEC	SPECX	UX	UY	RZ
JOINT				
15	0.001309	6.27E-20	8.84E-20	

**Μέγιστα φορτία διατομής στύλου Α (και Β, λόγω συμμετρίας)**Λόγω ασύζευκτης ιδιομορφήςΙσχύει  $P = K \times u$ 

$$Q_x^{(A)} = K_{xx} \times u_x \rightarrow Q_x^{(A)} = 3670,31 \times (1,3091 \times 10^{-3}) \rightarrow Q_x^{(A)} = 4,8049 \text{ KN}$$

Από το Beton Kalender έχουμε:

$$M_y^{(A)} = -\frac{6 \times E \times I}{h^2} \times u_x = -\frac{6 \times (2,9 \times 10^7) \times 0,000675}{4^2} \times (1,3091 \times 10^{-3})$$

$$M_y^{(A)} = -9,6098 \text{ KNm}$$

Τα μεγέθη αυτά είναι και τα τελικά, αφού δε χρειάζεται στατιστική επαλληλία.

FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES							
ELEM	1	=====	LENGTH =	4.000000			
SPEC	SPECX	-----					
REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3	
0.00000	.000000	4.804714	1.08E-15	3.05E-22	2.16E-15	9.609429	

**Μέγιστα φορτία διατομής στύλου Γ (και Δ, λόγω συμμετρίας)**Λόγω ασύζευκτης ιδιομορφήςΙσχύει  $P = K \times u$ 

$$Q_x^{(A)} = K_{xx} \times u_x \rightarrow Q_x^{(A)} = 4893,75 \times (1,3091 \times 10^{-3}) \rightarrow Q_x^{(A)} = 6,4065 \text{ KN}$$

Από το Beton Kalender έχουμε:

$$M_y^{(A)} = -\frac{6 \times E \times I_x}{h^2} \times u_x = -\frac{6 \times (2,9 \times 10^7) \times 0,0009}{4^2} \times (1,3091 \times 10^{-3})$$

$$M_y^{(A)} = 12,8131 \text{ KNm}$$

Τα μεγέθη αυτά είναι και τα τελικά, αφού δε χρειάζεται στατιστική επαλληλία.

FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES							
ELEM	3	=====	LENGTH =	4.000000			
SPEC	SPECX	-----					
REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3	
0.00000	.000000	6.406286	2.17E-15	5.19E-22	4.33E-15	12.812571	

**4) ΑΚΤΙΝΕΣ ΔΥΣΤΡΕΨΙΑΣ, ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ.**

Έχουμε ήδη αποδείξει ότι το σύστημα X-Y είναι κύριο σύστημα ( $\epsilon\phi 2\alpha=0$ )

Εφαρμόζουμε στο φορέα μας τις εξής δυνάμεις στο Κ.Ε.Σ.:

- 1) Οριζόντια δύναμη 1000 KN κατά x-x:  $u_x = 0,058384 \text{ m}$
- 2) Οριζόντια δύναμη 1000 KN κατά y-y:  $u_y = 0,040420 \text{ m}$
- 3) Ροπή 1000 KNm:  $\theta_z = 0,003931 \text{ rad}$

JOINT DISPLACEMENTS							
TRANSLATIONS AND ROTATIONS, IN GLOBAL COORDINATES							
LOAD	LOADX	-----					
JOINT	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ	
6	0.058384	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
LOAD	LOADY	-----					
JOINT	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ	
6	.000000	0.040420	.000000	.000000	.000000	9.26E-07	
LOAD	LOADM	-----					
JOINT	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ	
6	.000000	9.26E-07	.000000	.000000	.000000	0.003931	

Οι δομικές εκκεντρότητες είναι:  $e_{ox} = 1,220 \text{ m}$  και  $e_{oy} = 0 \text{ m}$

$$\text{Επίσης, } J_m = m \times r^2 \Rightarrow r = \sqrt{\frac{J_m}{m}} = \sqrt{\frac{86,667}{20}} \rightarrow r = 2,0817$$

$$\rho_x = \sqrt{\frac{u_y}{\theta_z}} = \sqrt{\frac{0,040420}{0,003931}} \rightarrow \rho_x = 3,2066$$

$$\rho_y = \sqrt{\frac{u_x}{\theta_z}} = \sqrt{\frac{0,058384}{0,003931}} \rightarrow \rho_y = 3,8539$$

$$\rho_{mx} = \sqrt{\rho_x^2 + e_{ox}^2} = \sqrt{3,2066^2 + 1,220^2} \rightarrow \rho_{mx} = 3,4308 > r$$

$$\rho_{my} = \sqrt{\rho_y^2 + e_{oy}^2} = \sqrt{3,8539^2 + 0^2} \rightarrow \rho_{my} = 3,8539 > r$$

Οπότε, το κτίριο δεν είναι στρεπτικά ευαίσθητο.

**Σημείωση:** Μπορούμε να αποφύγουμε την ανωτέρω επίλυση με τον εξής τρόπο:

Στα μονώροφα κτίρια η ακτίνα δυστροπίας ως προς τον κέντρο μάζας είναι

$$\rho_{Mx} = \sqrt{\frac{K_{zz}}{K_{yy}}} = \sqrt{\frac{291178,13}{24740,63}} = 3,4306 > r = 2,0817 \text{ και}$$

$$\rho_{My} = \sqrt{\frac{K_{zz}}{K_{xx}}} = \sqrt{\frac{291178,13}{17128,13}} = 4,1231 > r = 2,0817$$

Οπότε, το κτίριο δεν είναι στρεπτικά ευαίσθητο.



**5) ΑΡΧΕΙΟ ΚΑΙ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ SAP2000**

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

JOINT
1 X=-3 Y=2 Z=0
2 X=-3 Y=-2 Z=0
3 X=3 Y=2 Z=0
4 X=3 Y=-2 Z=0
5 X=.01 Y=0 Z=0
6 X=1.22 Y=0 Z=4
11 X=-3 Y=2 Z=4
12 X=-3 Y=-2 Z=4
13 X=3 Y=2 Z=4
14 X=3 Y=-2 Z=4
15 X=0 Y=0 Z=4

RESTRAINT
ADD=1 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=2 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=3 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=4 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=5 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=15 DOF=R1,R2
ADD=11 DOF=R1,R2
ADD=12 DOF=R1,R2
ADD=13 DOF=R1,R2
ADD=14 DOF=R1,R2
ADD=6 DOF=R1,R2

CONSTRAINT
NAME=DIAPH1 TYPE=DIAPH
ADD=11
ADD=12
ADD=13
ADD=14
ADD=15
ADD=6

PATTERN
NAME=DEFAULT

MASS
ADD=15 U1=20 U2=20 R3=86.667

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=30X30 MAT=OTHER SH=R T=.3,.3 A=90 J=1.14075E-09 I=.000675,.000675 AS=75,75
NAME=30X40 MAT=OTHER SH=R T=.3,.4 A=120 J=1.943851E-09 I=.0009,.0016 AS=100,100

FRAME
1 J=1,11 SEC=30X30 NSEG=2 ANG=0
2 J=2,12 SEC=30X30 NSEG=2 ANG=0
3 J=3,13 SEC=30X40 NSEG=2 ANG=0
4 J=4,14 SEC=30X40 NSEG=2 ANG=0
```

```

LOAD
  NAME=LOADX  CSYS=0
  TYPE=FORCE
  ADD=6  UX=1000
  NAME=LOADY  CSYS=0
  TYPE=FORCE
  ADD=6  UY=1000
  NAME=LOADM  CSYS=0
  TYPE=FORCE
  ADD=6  RZ=1000

MODE
  TYPE=EIGEN  N=10  TOL=.00001

FUNCTION
  NAME=EAK3A  DT=0  NPL=1  PRINT=Y  FILE=fasma.txt

SPEC
  NAME=SPECX  MODC=SRSS  ANG=0  DAMP=0
  ACC=U1  FUNC=EAK3A  SF=1
  NAME=SPECY  MODC=SRSS  ANG=0  DAMP=0
  ACC=U2  FUNC=EAK3A  SF=1
  NAME=SPECX  MODC=SRSS  ANG=0  DAMP=0
  ACC=U1  FUNC=EAK3A  SF=1
  ACC=U2  FUNC=EAK3A  SF=1
  NAME=SPECY15  MODC=SRSS  ANG=0  DAMP=0
  ACC=U2  FUNC=EAK3A  SF=2.333333

OUTPUT
  ELEM=JOINT  TYPE=DISP  LOAD=LOADX
  ELEM=JOINT  TYPE=DISP  LOAD=LOADY
  ELEM=JOINT  TYPE=DISP  LOAD=LOADM
  ELEM=JOINT  TYPE=DISP  MODE=*
  ELEM=JOINT  TYPE=DISP  SPEC=SPECX
  ELEM=JOINT  TYPE=DISP  SPEC=SPECY
  ELEM=JOINT  TYPE=DISP  SPEC=SPECX
  ELEM=JOINT  TYPE=DISP  SPEC=SPECY15
  ELEM=FRAME  TYPE=FORCE  SPEC=SPECX
  ELEM=FRAME  TYPE=FORCE  SPEC=SPECY
  ELEM=FRAME  TYPE=FORCE  SPEC=SPECX
  ELEM=FRAME  TYPE=FORCE  SPEC=SPECY15

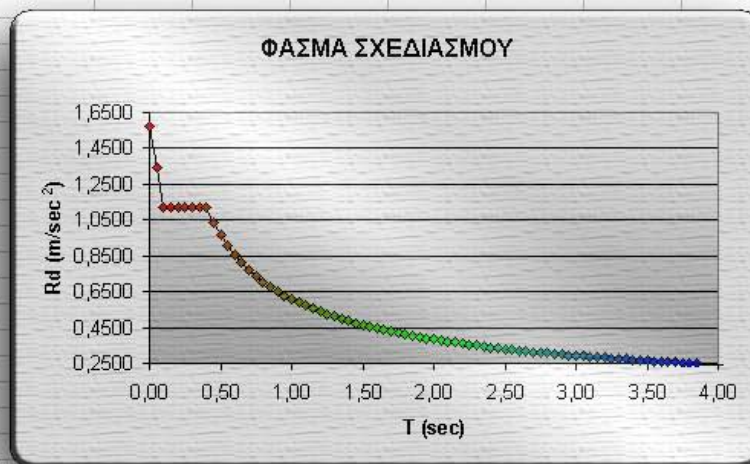
END

; 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" -3
GRID GLOBAL X "2" 0
GRID GLOBAL X "3" 3
GRID GLOBAL Y "4" -2
GRID GLOBAL Y "5" 0
GRID GLOBAL Y "6" 2
GRID GLOBAL Z "7" 0
GRID GLOBAL Z "8" 4
MATERIAL STEEL FY 248211.3
MATERIAL CONC FYREBAR 413685.5 FYSHEAR 275790.3 FC 27579.03 FCSHEAR 27579.03
FRAMESECTION 30X30 A .09 MFA 1000 J 1.14075E-03 MFJ .000001 AS2 .075 MFAS2 1000 AS3
.075 MFAS3 1000
FRAMESECTION 30X40 A .12 MFA 1000 J 1.943851E-03 MFJ .000001 AS2 .1 MFAS2 1000 AS3 .1
MFAS3 1000
  STATICLOAD LOADX TYPE DEAD
  STATICLOAD LOAYD TYPE DEAD
  STATICLOAD LOADM TYPE DEAD
END SUPPLEMENTAL DATA

```

SF=3,5/1,5=2,333333 επειδή είμαστε  
στο πλατώ του φάσματος σχεδιασμού.

Έδαφος	Επικ (1-4)	$\gamma_l$	$q$	$\zeta$ (%)	$\theta$	$\beta_0$	T	a	$A=ag$	$\eta$
A	2	1,00	3,5	5	1,0	2,5	100,0000	0,16	1,5696	1
0,05	T (sec)	Rd (m/sec <sup>2</sup> )								
0	0,00	1,5696								
1	0,05	1,3454								
2	0,10	1,1211								
3	0,15	1,1211								
4	0,20	1,1211								
5	0,25	1,1211								
6	0,30	1,1211								
7	0,35	1,1211								
8	0,40	1,1211								
9	0,45	1,0365								
10	0,50	0,9662								
11	0,55	0,9067								
12	0,60	0,8556								
13	0,65	0,8111								
14	0,70	0,7720								
15	0,75	0,7373								
16	0,80	0,7063								
17	0,85	0,6783								
18	0,90	0,6529								
19	0,95	0,6298								
20	1,00	0,6086								
21	1,05	0,5892								
22	1,10	0,5712								
23	1,15	0,5545								
24	1,20	0,5390								
25	1,25	0,5245								
26	1,30	0,5110								
27	1,35	0,4983								
28	1,40	0,4864								
29	1,45	0,4751								
30	1,50	0,4645								
31	1,55	0,4544								
32	1,60	0,4449								
33	1,65	0,4359								
34	1,70	0,4273								
35	1,75	0,4191								
36	1,80	0,4113								
37	1,85	0,4039								
38	1,90	0,3968								
39	1,95	0,3900								
40	2,00	0,3834								
41	2,05	0,3772								
42	2,10	0,3712								
43	2,15	0,3654								
44	2,20	0,3598								
45	2,25	0,3545								
46	2,30	0,3493								
47	2,35	0,3443								
48	2,40	0,3395								
49	2,45	0,3349								
50	2,50	0,3304								
51	2,55	0,3261								
52	2,60	0,3219								
53	2,65	0,3178								
54	2,70	0,3139								
55	2,75	0,3101								
56	2,80	0,3064								
57	2,85	0,3028								
58	2,90	0,2993								
59	2,95	0,2959								
60	3,00	0,2926								
61	3,05	0,2894								
62	3,10	0,2863								
63	3,15	0,2832								
64	3,20	0,2803								
65	3,25	0,2774								
66	3,30	0,2746								



MODAL PERIODS AND FREQUENCIES							
MODE	PERIOD (TIME)	FREQUENCY (CYC/TIME)	FREQUENCY (RAD/TIME)	EIGENVALUE (RAD/TIME)**2			
1	0.214706	4.657539	29.264182	856.392376			
2	0.197402	5.065801	31.829365	1013.109			
3	0.104960	9.527453	59.862755	3583.549			
MODAL PARTICIPATING MASS RATIOS							
MODE	PERIOD	INDIVIDUAL MODE (PERCENT)			CUMULATIVE SUM (PERCENT)		
		UX	UY	UZ	UX	UY	UZ
1	0.214706	100.0000	0.0000	0.0000	100.0000	0.0000	0.0000
2	0.197402	0.0000	91.2898	0.0000	100.0000	91.2898	0.0000
3	0.104960	0.0000	8.7102	0.0000	100.0000	100.0000	0.0000
JOINT DISPLACEMENTS							
TRANSLATIONS AND ROTATIONS, IN GLOBAL COORDINATES							
MODE 1 -----							
JOINT	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ	
11	-0.223607	4.75E-17	.000000	.000000	.000000	-1.47E-17	
12	-0.223607	4.75E-17	.000000	.000000	.000000	-1.47E-17	
13	-0.223607	-4.07E-17	.000000	.000000	.000000	-1.47E-17	
14	-0.223607	-4.07E-17	.000000	.000000	.000000	-1.47E-17	
MODE 2 -----							
JOINT	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ	
11	-0.063404	-0.308753	.000000	.000000	.000000	0.031702	
12	0.063404	-0.308753	.000000	.000000	.000000	0.031702	
13	-0.063404	-0.118540	.000000	.000000	.000000	0.031702	
14	0.063404	-0.118540	.000000	.000000	.000000	0.031702	
MODE 3 -----							
JOINT	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ	
11	0.205265	0.241904	.000000	.000000	.000000	-0.102632	
12	-0.205265	0.241904	.000000	.000000	.000000	-0.102632	
13	0.205265	-0.373890	.000000	.000000	.000000	-0.102632	
14	-0.205265	-0.373890	.000000	.000000	.000000	-0.102632	
SPEC SPECX -----							
JOINT	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ	
11	0.001309	2.94E-19	.000000	.000000	.000000	8.84E-20	
12	0.001309	2.94E-19	.000000	.000000	.000000	8.84E-20	
13	0.001309	2.49E-19	.000000	.000000	.000000	8.84E-20	
14	0.001309	2.49E-19	.000000	.000000	.000000	8.84E-20	
SPEC SPECY -----							
JOINT	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ	
11	0.000312	0.001463	.000000	.000000	.000000	0.000156	
12	0.000312	0.001463	.000000	.000000	.000000	0.000156	
13	0.000312	0.000581	.000000	.000000	.000000	0.000156	
14	0.000312	0.000581	.000000	.000000	.000000	0.000156	
SPEC SPECXY -----							
JOINT	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ	
11	0.001346	0.001463	.000000	.000000	.000000	0.000156	
12	0.001346	0.001463	.000000	.000000	.000000	0.000156	
13	0.001346	0.000581	.000000	.000000	.000000	0.000156	
14	0.001346	0.000581	.000000	.000000	.000000	0.000156	

```

SPEC SPECY15 -----
      JOINT      UX      UY      UZ      RX      RY      RZ
      11      0.000727      0.003414      .000000      .000000      .000000      0.000363
      12      0.000727      0.003414      .000000      .000000      .000000      0.000363
      13      0.000727      0.001357      .000000      .000000      .000000      0.000363
      14      0.000727      0.001357      .000000      .000000      .000000      0.000363

F R A M E   E L E M E N T   I N T E R N A L   F O R C E S

ELEM      1  ===== LENGTH =      4.000000

SPEC  SPECX -----
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000      .000000      4.804714      1.08E-15      3.05E-22      2.16E-15      9.609429
0.50000      .000000      4.804714      1.08E-15      3.05E-22      .000000      .000000
1.00000      .000000      4.804714      1.08E-15      3.05E-22      2.16E-15      9.609429

SPEC  SPECY -----
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000      .000000      1.143472      5.370760      5.37E-07      10.741519      2.286945
0.50000      .000000      1.143472      5.370760      5.37E-07      .000000      .000000
1.00000      .000000      1.143472      5.370760      5.37E-07      10.741519      2.286945

SPEC  SPECXY -----
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000      .000000      4.938908      5.370760      5.37E-07      10.741519      9.877815
0.50000      .000000      4.938908      5.370760      5.37E-07      .000000      .000000
1.00000      .000000      4.938908      5.370760      5.37E-07      10.741519      9.877815

SPEC SPECY15 -----
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000      .000000      2.668102      12.531771      1.25E-06      25.063541      5.336203
0.50000      .000000      2.668102      12.531771      1.25E-06      .000000      .000000
1.00000      .000000      2.668102      12.531771      1.25E-06      25.063541      5.336203

ELEM      2  ===== LENGTH =      4.000000

SPEC  SPECX -----
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000      .000000      4.804714      1.08E-15      3.05E-22      2.16E-15      9.609429
0.50000      .000000      4.804714      1.08E-15      3.05E-22      .000000      .000000
1.00000      .000000      4.804714      1.08E-15      3.05E-22      2.16E-15      9.609429

SPEC  SPECY -----
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000      .000000      1.143472      5.370760      5.37E-07      10.741519      2.286945
0.50000      .000000      1.143472      5.370760      5.37E-07      .000000      .000000
1.00000      .000000      1.143472      5.370760      5.37E-07      10.741519      2.286945

SPEC  SPECXY -----
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000      .000000      4.938908      5.370760      5.37E-07      10.741519      9.877815
0.50000      .000000      4.938908      5.370760      5.37E-07      .000000      .000000
1.00000      .000000      4.938908      5.370760      5.37E-07      10.741519      9.877815

SPEC SPECY15 -----
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000      .000000      2.668102      12.531771      1.25E-06      25.063541      5.336203
0.50000      .000000      2.668102      12.531771      1.25E-06      .000000      .000000
1.00000      .000000      2.668102      12.531771      1.25E-06      25.063541      5.336203
    
```

ELEM	3	=====	LENGTH =	4.000000			
SPEC	SPECX	-----					
REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3	
0.00000	.000000	6.406286	2.17E-15	5.19E-22	4.33E-15	12.812571	
0.50000	.000000	6.406286	2.17E-15	5.19E-22	.000000	.000000	
1.00000	.000000	6.406286	2.17E-15	5.19E-22	4.33E-15	12.812571	
SPEC	SPECY	-----					
REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3	
0.00000	.000000	1.524630	5.057853	9.15E-07	10.115706	3.049259	
0.50000	.000000	1.524630	5.057853	9.15E-07	.000000	.000000	
1.00000	.000000	1.524630	5.057853	9.15E-07	10.115706	3.049259	
SPEC	SPECX	-----					
REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3	
0.00000	.000000	6.585210	5.057853	9.15E-07	10.115706	13.170420	
0.50000	.000000	6.585210	5.057853	9.15E-07	.000000	.000000	
1.00000	.000000	6.585210	5.057853	9.15E-07	10.115706	13.170420	
SPEC	SPECY15	-----					
REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3	
0.00000	.000000	3.557469	11.801655	2.13E-06	23.603310	7.114938	
0.50000	.000000	3.557469	11.801655	2.13E-06	.000000	.000000	
1.00000	.000000	3.557469	11.801655	2.13E-06	23.603310	7.114938	
ELEM	4	=====	LENGTH =	4.000000			
SPEC	SPECX	-----					
REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3	
0.00000	.000000	6.406286	2.17E-15	5.19E-22	4.33E-15	12.812571	
0.50000	.000000	6.406286	2.17E-15	5.19E-22	.000000	.000000	
1.00000	.000000	6.406286	2.17E-15	5.19E-22	4.33E-15	12.812571	
SPEC	SPECY	-----					
REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3	
0.00000	.000000	1.524630	5.057853	9.15E-07	10.115706	3.049259	
0.50000	.000000	1.524630	5.057853	9.15E-07	.000000	.000000	
1.00000	.000000	1.524630	5.057853	9.15E-07	10.115706	3.049259	
SPEC	SPECX	-----					
REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3	
0.00000	.000000	6.585210	5.057853	9.15E-07	10.115706	13.170420	
0.50000	.000000	6.585210	5.057853	9.15E-07	.000000	.000000	
1.00000	.000000	6.585210	5.057853	9.15E-07	10.115706	13.170420	
SPEC	SPECY15	-----					
REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3	
0.00000	.000000	3.557469	11.801655	2.13E-06	23.603310	7.114938	
0.50000	.000000	3.557469	11.801655	2.13E-06	.000000	.000000	
1.00000	.000000	3.557469	11.801655	2.13E-06	23.603310	7.114938	

