

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

A.S.T.E. II

Υπολογιστική Μηχανική Αντισεισμικών Κατασκευών

Υπεύθυνοι:

Γ. Μανώλης

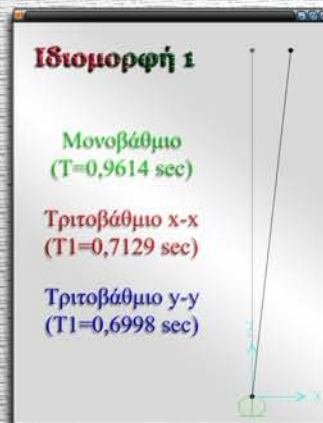
Ε. Μητσοπούλου

Δ. Ταλασλίδης

Ν. Χαραλαμπίκης

Άσκηση:

**Αλληλεπίδραση εδάφους – κατασκευής
(3 ασκήσεις)**



Όνομα φοιτητών:
Μουρελάτος Ηλίας
Οικονόμου Θεμιστοκλής

Τρίτη, 28 Ιανουαρίου 2003

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ - ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ "Α.Σ.Τ.Ε."

Μάθημα ΑΣΤΕ 2: Υπολογιστική Μηχανική των Κατασκευών
Διδακτική Ομάδα : Γ.Α. Μανώλης, Ε. Μητσοπούλου, Δ. Γ. Ταλασλίδης, Ν. Χαραλαμπίκης

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

Ημερομηνία: 15 Οκτωβρίου 2002

Όνοματεπώνυμο: Μουρελάτος Ηλίας
Οικονόμου Θεμιστοκλής

Άσκηση 1η

Να βρεθεί η συμμετρική διατύπωση των εξισώσεων δυναμικής ισορροπίας του τριτοβάθμιου συστήματος (πλαίσιο συν θεμελίωση συν έδαφος) που παρουσιάστηκε ως παράδειγμα πολυβάθμιου ταλαντωτή (Παράρτημα Α, σελίδα 33).

Άσκηση 2η

Να γίνει ιδιομορφική ανάλυση του παραπάνω συστήματος χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα Η/Υ SAP 2000 (ή ένα άλλο υπολογιστικό εργαλείο) και να δοθούν οι τρεις βασικές ιδιοσυχνότητες και ιδιομορφές. Για τον προσδιορισμό των μηχανικών ιδιοτήτων του ταλαντωτή να χρησιμοποιηθεί το μοντέλο του μονόροφου πλαισίου (Ενότητα Β, σελίδα 28) με κοιτόστρωση από Ο/Σ που θεωρείται σαν ισοδύναμη μονολιθική πλάκα διαστάσεων $l \cdot b \cdot t$ και με την εισαγωγή ελατηριακών σταθερών για το έδαφος από πίνακες (Ενότητα Β).

Άσκηση 3η

Να γίνει φασματική ανάλυση του τριτοβάθμιου συστήματος (αντιπροσωπεύει πλαισιακή κατασκευή Ο/Σ μικρής σπουδαιότητας) με βάση τον ΕΑΚ για περιοχή III και έδαφος τύπου Δ.

Δεδομένα του προβλήματος:

Διαστάσεις: $l=12$, $b=8$, $h = 4/5/6/7/8$ (m)

Διατομές στύλων: 40×40 (cm)

Πάχος ισοδύναμης πλάκας κοιτόστρωσης: $t=25/30$ (cm)

Φορτίο: Βάρος οροφής ως $5,0$ (kN/m^2) και το ίδιο βάρος της θεμελίωσης

Ιδιότητες Ο/Σ: $E=2,8 \cdot 10^7$ (kN/m^2), $\rho=2,300$ (kg/m^3), $\nu=0,25$ και $\zeta=7$ (%)

Ιδιότητες Εδάφους: $G=2,0 \cdot 10^6$ (kN/m^2), $\rho=2,100$ (kg/m^3), $\nu=0,35$ και $\zeta=15$ (%)

ΑΣΚΗΣΗ 1

Οι εξισώσεις ισορροπίας είναι:

$$\left. \begin{aligned} M_1 \ddot{y}_1 + k_1 y_1 - k_2 (y_2 - y_1 - \theta h) &= 0 \\ M_2 \ddot{y}_2 + k_2 (y_2 - y_1 - \theta h) &= F(t) \\ I_1 \ddot{\theta} + I_2 \ddot{\theta} + M_2 \ddot{y}_2 h + k_\theta \theta &= F(t)h \end{aligned} \right\}$$

Οι ανωτέρω εξισώσεις μετασχηματίζονται ως εξής:

$$\begin{bmatrix} K_1 + K_2 & -K_2 & K_2 h \\ -K_2 & K_2 & -K_2 h \\ 0 & 0 & k_\theta \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \theta \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} M_1 & 0 & 0 \\ 0 & M_2 & 0 \\ 0 & M_2 h & I_1 + I_2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \ddot{y}_1 \\ \ddot{y}_2 \\ \ddot{\theta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ F(t) \\ F(t)h \end{bmatrix}$$

και με αφαίρεση της δεύτερης σειράς (επί h) από την τρίτη, έχουμε:

$$\begin{bmatrix} K_1 + K_2 & -K_2 & K_2 h \\ -K_2 & K_2 & -K_2 h \\ K_2 h & -K_2 h & k_\theta + K_2 h^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \theta \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} M_1 & 0 & 0 \\ 0 & M_2 & 0 \\ 0 & 0 & I_1 + I_2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \ddot{y}_1 \\ \ddot{y}_2 \\ \ddot{\theta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ F(t) \\ 0 \end{bmatrix}$$

και πλέον τα μητρώα είναι συμμετρικά.

Αρχικά, τα μητρώα δεν ήταν συμμετρικά, επειδή η τρίτη εξίσωση (ισορροπία ροπών) λήφθηκε ως προς συγκεκριμένο σημείο. Επειδή μπορούμε να πάρουμε ως προς οποιοδήποτε σημείο ισορροπία ροπών, η τρίτη σειρά των μητρώων μπορεί να αλλάζει κατά βούληση. Μετά από πράξεις, φυσικά, μπορούμε να κάνουμε τα μητρώα συμμετρικά.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ 2 & 3

Επιλέγουμε για τη θεμελίωση ορθογωνικό πέδιλο **1x1x0,7m**.

Έτσι, ο όγκος του είναι $V_{\text{πέδιλου}} = 1 \cdot 1 \cdot 0,7 = 0,7 \text{m}^3$.

Το ισοδύναμο κυκλικό πέδιλο είναι $\rightarrow E_{\text{Κ.Π.}} = E_{\text{Τ.Π.}} \rightarrow \pi r^2 = 1 \Rightarrow r = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \Rightarrow r = 0,5643 \text{m}$

Από το AutoCAD (*massprop*) παίρνουμε:

Για όροφο (1^η διεύθυνση): Ορθογώνιο 12,0x0,30 m $\rightarrow I_x = 0,027$ και $I_y = 43,2$.

$$\text{Επαλήθευση: } \frac{12 \cdot 0,3^3}{12} = 0,027 \quad \text{και} \quad \frac{12^3 \cdot 0,3}{12} = 43,2.$$

Για όροφο (2^η διεύθυνση): Ορθογώνιο 8,0x0,30 m $\rightarrow I_x = 0,018$ και $I_y = 12,8$.

$$\text{Επαλήθευση: } \frac{8 \cdot 0,3^3}{12} = 0,018 \quad \text{και} \quad \frac{8^3 \cdot 0,3}{12} = 12,8.$$

Για θεμελίωση: Ορθογώνιο 1x0,7m $\rightarrow I_x = 0,0286$ και $I_y = 0,0583$.

$$\text{Επαλήθευση: } \frac{1 \cdot 0,7^3}{12} = 0,0286 \quad \text{και} \quad \frac{12^3 \cdot 0,3}{12} = 0,0583.$$

Μάζες:

$$\text{Μάζα ορόφου: } M = \frac{p \cdot l \cdot b}{g} = \frac{5 \cdot 12 \cdot 8}{9,81} = 48,93 \frac{KN \text{ sec}^2}{m}$$

$$\text{Μάζα θεμελίωσης: } M = 4 \cdot \rho \cdot V = 4 \cdot 2,3 \cdot (1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7) = 6,44t$$

$$\text{Στροφική μάζα ορόφου (1^η διεύθ.): } J_m = \frac{m_{ολ}}{A} (I_x + I_y) = \frac{48,93}{12 \cdot 0,3} (0,027 + 43,2) = 587,527$$

$$\text{Στροφική μάζα ορόφου (2^η διεύθ.): } J_m = \frac{m_{ολ}}{A} (I_x + I_y) = \frac{48,93}{8 \cdot 0,3} (0,018 + 12,8) = 261,327$$

$$\text{Στροφική μάζα θεμελίωσης: } J_m = \frac{m_{ολ}}{A} (I_x + I_y) = \frac{6,44}{1 \cdot 0,7} (0,0286 + 0,0583) = 0,800$$

Σημείωση: Για τη μάζα θεμελίωσης λαμβάνουμε υπόψη μόνο τη μάζα του ταλαντωτή (δηλ. το πέδιλο). Επίσης, δεν προσθέτουμε στην στροφική μάζα θεμελίωσης τη στροφική μάζα του ορόφου, αφού προσθέτουμε ένα *Constraint: Equal* στην αντίστοιχη διεύθυνσή τους στο αρχείο SAP.

Δυσκαμψίες: (Ενότητα Β, Σελ. 17, Πίνακας 1)

$$\text{Κοριζόντια: } K_h = 18,2 \cdot G \cdot r \frac{(1 - \nu^2)}{(2 - \nu)^2} = 18,2 \cdot 2,0 \cdot 10^5 \cdot 0,5643 \frac{(1 - 0,35^2)}{(2 - 0,35)^2} = 662050$$

$$\text{Κοριζόντια, 4 πεδ: } K_{h,4} = 4 \cdot 662050 = 2648200$$

$$\text{Κ}_{\phi}: K_{\phi} = 2,7 \cdot G \cdot r^3 = 2,7 \cdot 2,0 \cdot 10^5 \cdot 0,5643^3 = 97034$$

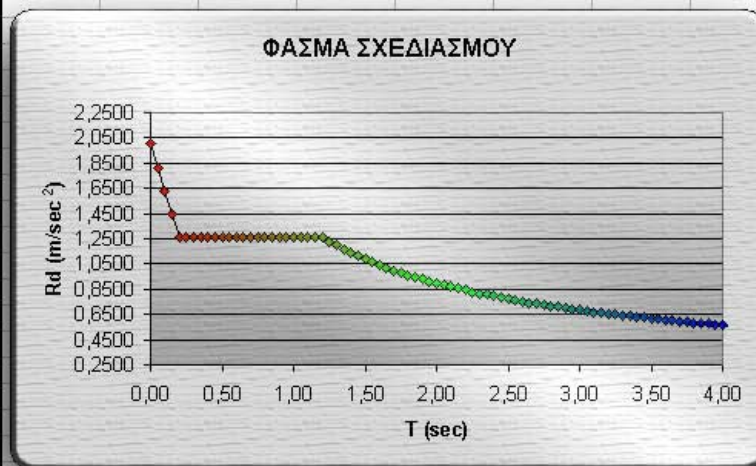
$$\text{Κ}_{\phi, 4 \text{ πεδ: } } K_{\phi,4} = 4 \cdot 97034 = 388136$$

Μονοβάθμιο σύστημα:

Οι ανωτέρω δύο επιλύσεις συγκρίνονται με ένα μονοβάθμιο σύστημα. Οι αλλαγές στο αρχείο SAP είναι οι εξής:

- Πάκτωση στο έδαφος {ADD=1 DOF=U1,U3,R2}
- Αφαίρεση του CONSTRAINT για το RY μεταξύ ορόφου-θεμελίωσης.
- Αφαίρεση του SPRING
- Αφαίρεση όλων των στροφικών μαζών και της μάζας θεμελίωσης.
- Υπολογισμός για 1 πλέον ιδιομορφή {TYPE=EIGEN N=1 TOL=.00001}

Έδαφος	Επικ (1-4)	γ_I	q	ζ (%)	θ	β_0	T	a	$A=ag$	η
Δ	3	0,85	3,5	7	1,0	2,5	100,0000	0,24	2,3544	0,881917
0,05	T (sec)	Rd (m/sec ²)								
0	0,00	2,0012								
1	0,05	1,8161								
2	0,10	1,6310								
3	0,15	1,4458								
4	0,20	1,2607								
5	0,25	1,2607								
6	0,30	1,2607								
7	0,35	1,2607								
8	0,40	1,2607								
9	0,45	1,2607								
10	0,50	1,2607								
11	0,55	1,2607								
12	0,60	1,2607								
13	0,65	1,2607								
14	0,70	1,2607								
15	0,75	1,2607								
16	0,80	1,2607								
17	0,85	1,2607								
18	0,90	1,2607								
19	0,95	1,2607								
20	1,00	1,2607								
21	1,05	1,2607								
22	1,10	1,2607								
23	1,15	1,2607								
24	1,20	1,2607								
25	1,25	1,2268								
26	1,30	1,1952								
27	1,35	1,1655								
28	1,40	1,1375								
29	1,45	1,1112								
30	1,50	1,0864								
31	1,55	1,0629								
32	1,60	1,0407								
33	1,65	1,0195								
34	1,70	0,9994								
35	1,75	0,9803								
36	1,80	0,9621								
37	1,85	0,9447								
38	1,90	0,9280								
39	1,95	0,9121								
40	2,00	0,8968								
41	2,05	0,8822								
42	2,10	0,8681								
43	2,15	0,8546								
44	2,20	0,8416								
45	2,25	0,8291								
46	2,30	0,8170								
47	2,35	0,8054								
48	2,40	0,7942								
49	2,45	0,7833								
50	2,50	0,7728								
51	2,55	0,7627								
52	2,60	0,7529								
53	2,65	0,7434								
54	2,70	0,7342								
55	2,75	0,7253								
56	2,80	0,7166								
57	2,85	0,7082								
58	2,90	0,7000								
59	2,95	0,6921								
60	3,00	0,6844								
61	3,05	0,6769								
62	3,10	0,6696								
63	3,15	0,6625								
64	3,20	0,6556								
65	3,25	0,6488								



Για τριτοβάθμιο σύστημα x-x

```

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=7

RESTRAINT
ADD=1 DOF=U3

CONSTRAINT
NAME=EQUAL1 TYPE=EQUAL DOF=RY CSYS=0
ADD=1
ADD=2

PATTERN
NAME=DEFAULT

SPRING
ADD=1 U1=2648200 R2=388136

MASS
ADD=2 U1=48.93 R2=587.527
ADD=1 U1=6.44 R2=0.800

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
T=0 E=2.8E+07 U=.25 A=0
NAME=OTHER IDES=N M=2.40068 W=23.56161
T=0 E=2.482113E+07 U=.2 A=.0000099

FRAME SECTION
NAME=STYLOI MAT=CONC SH=R T=.4,.4 A=160 J=0 I=8.533333E-03,2.133333E-03
AS=133.3333,.1333333

FRAME
1 J=1,2 SEC=STYLOI NSEG=2 ANG=0

LOAD
NAME=LOAD1 SW=1 CSYS=0

MODE
TYPE=EIGEN N=3 TOL=.00001

FUNCTION
NAME=EAK2000 DT=0 NPL=1 PRINT=Y FILE=fasma.txt

SPEC
NAME=SPEC1 MODC=SRSS ANG=0 DAMP=0.07
ACC=U1 FUNC=EAK2000 SF=1

OUTPUT
ELEM=FRAME TYPE=JOINTF SPEC=SPEC1
ELEM=JOINT TYPE=DISP MODE=*
ELEM=JOINT TYPE=DISP SPEC=SPEC1

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 Y "2" 0
GRID GLOBAL Z "3" 0
GRID GLOBAL Z "4" 7
MATERIAL STEEL FY 248211.3
MATERIAL CONC FYREBAR 413685.5 FYSHEAR 275790.3 FC 27579.03 FCSHEAR 27579.03
FRAMESECTION STYLOI A .16 MFA 1000 J 3.605334E-03 MFJ 0 I33 2.133333E-03 MFI33 4 AS2
.1333333 MFAS2 1000
CONCRETESECTION STYLOI COLUMN COVER .04 REBAR RR-3-3
STATICLOAD LOAD1 TYPE DEAD
END SUPPLEMENTAL DATA

```

Για να έχουμε ίδια γωνία στροφής πάνω και κάτω

MODAL PERIODS AND FREQUENCIES				
MODE	PERIOD (TIME)	FREQUENCY (CYC/TIME)	FREQUENCY (RAD/TIME)	EIGENVALUE (RAD/TIME)**2
1	0.712904	1.402714	8.813509	77.677950
2	0.165214	6.052765	38.030647	1446.330
3	0.009783	102.220584	642.270875	412511.876

MODAL PARTICIPATING MASS RATIOS							
MODE	PERIOD	INDIVIDUAL MODE (PERCENT)			CUMULATIVE SUM (PERCENT)		
		UX	UY	UZ	UX	UY	UZ
1	0.712904	82.4203	0.0000	0.0000	82.4203	0.0000	0.0000
2	0.165214	6.0221	0.0000	0.0000	88.4425	0.0000	0.0000
3	0.009783	11.5575	0.0000	0.0000	100.0000	0.0000	0.0000

JOINT DISPLACEMENTS

TRANSLATIONS AND ROTATIONS, IN GLOBAL COORDINATES

MODE	1 -----			
JOINT	UX	UZ	RY	
1	0.000198	.000000	0.010725	
2	0.138038	.000000	0.010725	

MODE	2 -----			
JOINT	UX	UZ	RY	
1	0.000997	.000000	-0.039808	
2	0.037188	.000000	-0.039808	

MODE	3 -----			
JOINT	UX	UZ	RY	
1	-0.394054	.000000	-9.54E-05	
2	0.000164	.000000	-9.54E-05	

SPEC	SPEC1 -----			
JOINT	UX	UZ	RY	
1	2.23E-05	.000000	0.001178	
2	0.015135	.000000	0.001178	

JOINT ACCELERATIONS

TRANSLATIONS AND ROTATIONS, IN GLOBAL COORDINATES

SPEC	SPEC1 -----			
JOINT	UX	UZ	RY	
1	1.958797	.000000	0.136178	
2	1.179391	.000000	0.136178	

GLOBAL FORCE BALANCE						
TOTAL FORCE AND MOMENT AT THE ORIGIN, IN GLOBAL COORDINATES						
MODE	1 -----					
	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
APPLIED	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
INERTIA	524.749667	.000000	.000000	.000000	4162.677	.000000
SPRINGS	-524.749667	.000000	.000000	.000000	-4162.677	.000000
REACTNS	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
CONSTRS	.000000	.000000	.000000	.000000	-9.09E-13	.000000
TOTAL	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
MODE	2 -----					
	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
APPLIED	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
INERTIA	2641.071	.000000	.000000	.000000	-15451.054	.000000
SPRINGS	-2641.071	.000000	.000000	.000000	15451.054	.000000
REACTNS	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
CONSTRS	.000000	.000000	.000000	.000000	4.37E-11	.000000
TOTAL	6.46E-11	.000000	.000000	.000000	2.91E-11	.000000
MODE	3 -----					
	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
APPLIED	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
INERTIA	-1.0435E+06	.000000	.000000	.000000	-37.011713	.000000
SPRINGS	1.0435E+06	.000000	.000000	.000000	37.011713	.000000
REACTNS	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
CONSTRS	.000000	.000000	.000000	.000000	6.13E-08	.000000
TOTAL	-2.79E-06	.000000	.000000	.000000	6.15E-08	.000000
SPEC	SPEC1 -----					
	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
APPLIED	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
INERTIA	59.073625	.000000	.000000	.000000	457.199434	.000000
SPRINGS	59.073625	.000000	.000000	.000000	457.199434	.000000
REACTNS	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
CONSTRS	.000000	.000000	.000000	.000000	7.50E-13	.000000
TOTAL	3.36E-11	.000000	.000000	.000000	7.43E-13	.000000
FRAME ELEMENT JOINT FORCES						
FORCES AND MOMENTS ACTING ON ELEMENTS, IN GLOBAL COORDINATES						
ELEM	1 =====					
SPEC	SPEC1 -----					
JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	57.707594	.000000	.000000	.000000	201.976578	.000000
2	57.707594	.000000	.000000	.000000	201.976578	.000000

Για τριτοβάθμιο σύστημα γ-γ

```

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=7

RESTRAINT
  ADD=1  DOF=U3

CONSTRAINT
  NAME=EQUAL1  TYPE=EQUAL  DOF=RY  CSYS=0
  ADD=1
  ADD=2

PATTERN
  NAME=DEFAULT

SPRING
  ADD=1  U1=2648200  R2=388136

MASS
  ADD=2  U1=48.93  R2=261.327
  ADD=1  U1=6.44  R2=0.800

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
  T=0  E=2.8E+07  U=.25  A=0
  NAME=OTHER  IDES=N  M=2.40068  W=23.56161
  T=0  E=2.482113E+07  U=.2  A=.0000099

FRAME SECTION
  NAME=STYLOI  MAT=CONC  SH=R  T=.4,.4  A=160  J=0  I=8.533333E-03,2.133333E-03
  AS=133.3333,.1333333

FRAME
  1  J=1,2  SEC=STYLOI  NSEG=2  ANG=0

LOAD
  NAME=LOAD1  SW=1  CSYS=0

MODE
  TYPE=EIGEN  N=3  TOL=.00001

FUNCTION
  NAME=EAK2000  DT=0  NPL=1  PRINT=Y  FILE=fasma.txt

SPEC
  NAME=SPEC1  MODC=SRSS  ANG=0  DAMP=0.07
  ACC=U1  FUNC=EAK2000  SF=1

OUTPUT
  ELEM=FRAME  TYPE=JOINTF  SPEC=SPEC1
  ELEM=JOINT  TYPE=DISP  MODE=*
  ELEM=JOINT  TYPE=DISP  SPEC=SPEC1

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  Y "2"  0
  GRID GLOBAL  Z "3"  0
  GRID GLOBAL  Z "4"  7
  MATERIAL STEEL  FY 248211.3
  MATERIAL CONC  FYREBAR 413685.5  FYSHEAR 275790.3  FC 27579.03  FCSHEAR 27579.03
  FRAMESECTION STYLOI  A .16  MFA 1000  J 3.605334E-03  MFJ 0  I33 2.133333E-03  MFI33 4  AS2
  .1333333  MFAS2 1000
  CONCRETESECTION STYLOI  COLUMN  COVER .04  REBAR RR-3-3
  STATICLOAD LOAD1  TYPE DEAD
  END SUPPLEMENTAL DATA

```

Για να έχουμε ίδια γωνία στροφής πάνω και κάτω

MODAL PERIODS AND FREQUENCIES				
MODE	PERIOD (TIME)	FREQUENCY (CYC/TIME)	FREQUENCY (RAD/TIME)	EIGENVALUE (RAD/TIME)**2
1	0.699806	1.428968	8.978473	80.612985
2	0.112343	8.901276	55.928368	3127.982
3	0.009783	102.220926	642.273021	412514.634

MODAL PARTICIPATING MASS RATIOS							
MODE	PERIOD	INDIVIDUAL MODE (PERCENT)			CUMULATIVE SUM (PERCENT)		
		UX	UY	UZ	UX	UY	UZ
1	0.699806	85.8021	0.0000	0.0000	85.8021	0.0000	0.0000
2	0.112343	2.6405	0.0000	0.0000	88.4427	0.0000	0.0000
3	0.009783	11.5573	0.0000	0.0000	100.0000	0.0000	0.0000

JOINT DISPLACEMENTS

TRANSLATIONS AND ROTATIONS, IN GLOBAL COORDINATES

MODE	1 -----			
JOINT	UX	UZ	RY	
1	0.000210	.000000	0.010596	
2	0.140840	.000000	0.010596	

MODE	2 -----			
JOINT	UX	UZ	RY	
1	-0.001428	.000000	0.060849	
2	-0.024524	.000000	0.060849	

MODE	3 -----			
JOINT	UX	UZ	RY	
1	0.394053	.000000	0.000215	
2	-0.000164	.000000	0.000215	

SPEC	SPEC1 -----			
JOINT	UX	UZ	RY	
1	2.31E-05	.000000	0.001143	
2	0.015182	.000000	0.001143	

JOINT ACCELERATIONS

TRANSLATIONS AND ROTATIONS, IN GLOBAL COORDINATES

SPEC	SPEC1 -----			
JOINT	UX	UZ	RY	
1	1.958771	.000000	0.148601	
2	1.224741	.000000	0.148601	

GLOBAL FORCE BALANCE							
TOTAL FORCE AND MOMENT AT THE ORIGIN, IN GLOBAL COORDINATES							
MODE	1	-----					
		FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
APPLIED		.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
INERTIA	555.637237	.000000	.000000	.000000	.000000	4112.595	.000000
SPRINGS	-555.637237	.000000	.000000	.000000	.000000	-4112.595	.000000
REACTNS	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
CONSTRS	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	4.55E-13	.000000
TOTAL		6.82E-13	.000000	.000000	.000000	1.36E-12	.000000
MODE	2	-----					
		FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
APPLIED		.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
INERTIA	-3782.234	.000000	.000000	.000000	.000000	23617.775	.000000
SPRINGS	3782.234	.000000	.000000	.000000	.000000	-23617.775	.000000
REACTNS	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
CONSTRS	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	-1.90E-09	.000000
TOTAL		6.67E-09	.000000	.000000	.000000	-1.08E-09	.000000
MODE	3	-----					
		FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
APPLIED		.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
INERTIA	1.0435E+06	.000000	.000000	.000000	.000000	83.411930	.000000
SPRINGS	-1.0435E+06	.000000	.000000	.000000	.000000	-83.411930	.000000
REACTNS	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
CONSTRS	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	-3.65E-07	.000000
TOTAL		1.44E-05	.000000	.000000	.000000	-3.43E-07	.000000
SPEC	SPEC1	-----					
		FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
APPLIED		.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
INERTIA	61.243794	.000000	.000000	.000000	.000000	443.547769	.000000
SPRINGS	61.243794	.000000	.000000	.000000	.000000	443.547769	.000000
REACTNS	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
CONSTRS	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	4.54E-12	.000000
TOTAL		1.74E-10	.000000	.000000	.000000	4.19E-12	.000000
FRAME ELEMENT JOINT FORCES							
FORCES AND MOMENTS ACTING ON ELEMENTS, IN GLOBAL COORDINATES							
ELEM	1	=====					
SPEC	SPEC1	-----					
JOINT		FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	59.926583	.000000	.000000	.000000	.000000	209.743039	.000000
2	59.926583	.000000	.000000	.000000	.000000	209.743039	.000000

Για μονοβάθμιο σύστημα

```

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=7

RESTRAINT
  ADD=1  DOF=U1,U3,R2

PATTERN
  NAME=DEFAULT

MASS
  ADD=2  U1=48.93

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
  T=0  E=2.8E+07  U=.25  A=0
  NAME=OTHER  IDES=N  M=2.40068  W=23.56161
  T=0  E=2.482113E+07  U=.2  A=.0000099

FRAME SECTION
  NAME=STYLOI  MAT=CONC  SH=R  T=.4,.4  A=160  J=0  I=8.533333E-03,2.133333E-03
  AS=133.3333,.1333333

FRAME
  1  J=1,2  SEC=STYLOI  NSEG=2  ANG=0

LOAD
  NAME=LOAD1  SW=1  CSYS=0

MODE
  TYPE=EIGEN  N=1  TOL=.00001

FUNCTION
  NAME=EAK2000  DT=0  NPL=1  PRINT=Y  FILE=fasma.txt

SPEC
  NAME=SPEC1  MODC=SRSS  ANG=0  DAMP=0.07
  ACC=U1  FUNC=EAK2000  SF=1

OUTPUT
  ELEM=FRAME  TYPE=JOINTF  SPEC=SPEC1
  ELEM=JOINT  TYPE=DISP  MODE=*
  ELEM=JOINT  TYPE=DISP  SPEC=SPEC1

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  Y "2"  0
  GRID GLOBAL  Z "3"  0
  GRID GLOBAL  Z "4"  7
  MATERIAL STEEL  FY 248211.3
  MATERIAL CONC  FYREBAR 413685.5  FYSHEAR 275790.3  FC 27579.03  FCSHEAR 27579.03
  FRAMESECTION STYLOI  A .16  MFA 1000  J 3.605334E-03  MFJ 0  I33 2.133333E-03  MFI33 4  AS2
  .1333333  MFAS2 1000
  CONCRETESECTION STYLOI  COLUMN  COVER .04  REBAR RR-3-3
  STATICLOAD LOAD1  TYPE DEAD
  END SUPPLEMENTAL DATA

```


MODAL PERIODS AND FREQUENCIES							
MODE	PERIOD (TIME)	FREQUENCY (CYC/TIME)	FREQUENCY (RAD/TIME)	EIGENVALUE (RAD/TIME)**2			
1	0.961430	1.040117	6.535249	42.709485			
MODAL PARTICIPATING MASS RATIOS							
MODE	PERIOD	INDIVIDUAL MODE (PERCENT)			CUMULATIVE SUM (PERCENT)		
		UX	UY	UZ	UX	UY	UZ
1	0.961430	100.0000	0.0000	0.0000	100.0000	0.0000	0.0000
JOINT DISPLACEMENTS							
TRANSLATIONS AND ROTATIONS, IN GLOBAL COORDINATES							
MODE	1	-----					
JOINT		UX	UZ	RY			
1		.000000	.000000	.000000			
2		0.142959	.000000	0.030634			
SPEC	SPEC1	-----					
JOINT		UX	UZ	RY			
1		.000000	.000000	.000000			
2		0.029518	.000000	0.006325			
JOINT ACCELERATIONS							
TRANSLATIONS AND ROTATIONS, IN GLOBAL COORDINATES							
SPEC	SPEC1	-----					
JOINT		UX	UZ	RY			
1		.000000	.000000	.000000			
2		1.260700	.000000	0.270147			
GLOBAL FORCE BALANCE							
TOTAL FORCE AND MOMENT AT THE ORIGIN, IN GLOBAL COORDINATES							
MODE	1	-----					
		FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
APPLIED		.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
INERTIA		298.752774	.000000	.000000	.000000	2091.269	.000000
REACTNS		-298.752774	.000000	.000000	.000000	-2091.269	.000000
TOTAL		-5.68E-14	.000000	.000000	.000000	-1.82E-12	.000000
SPEC	SPEC1	-----					
		FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
APPLIED		.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
INERTIA		61.686051	.000000	.000000	.000000	431.802357	.000000
REACTNS		61.686051	.000000	.000000	.000000	431.802357	.000000
TOTAL		1.17E-14	.000000	.000000	.000000	3.76E-13	.000000
FRAME ELEMENT JOINT FORCES							
FORCES AND MOMENTS ACTING ON ELEMENTS, IN GLOBAL COORDINATES							
ELEM	1	=====					
SPEC	SPEC1	-----					
JOINT		FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1		61.686051	.000000	.000000	.000000	431.802357	.000000
2		61.686051	.000000	.000000	.000000	5.11E-14	.000000

