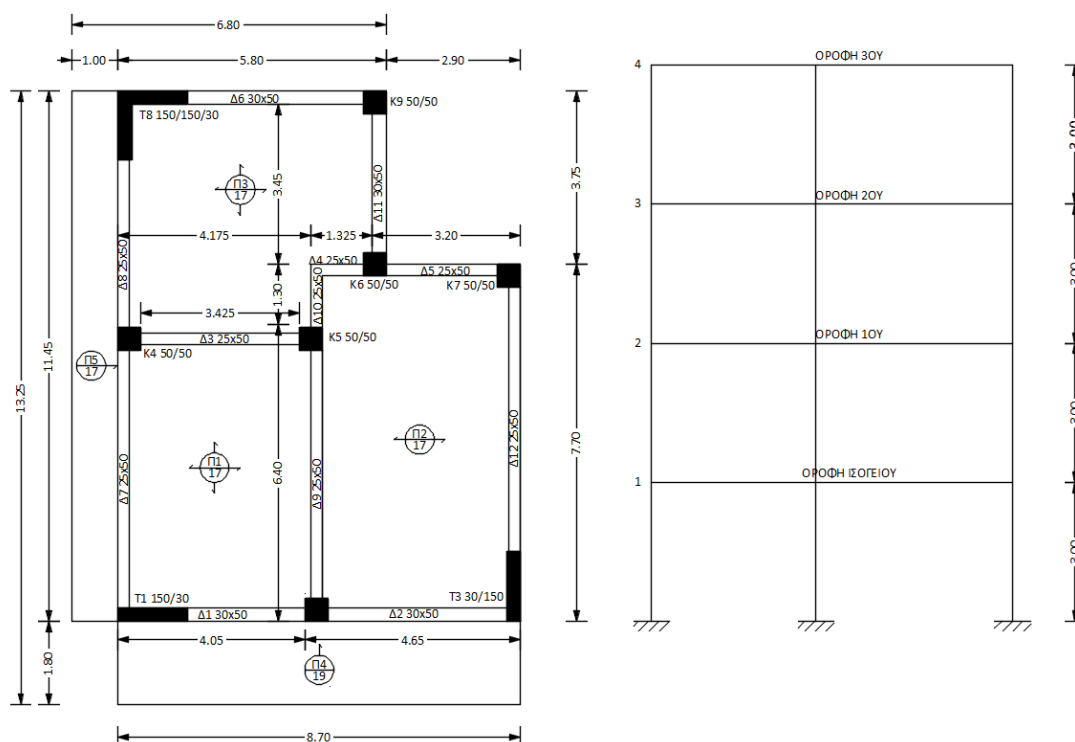


27 Μαρτίου 2017

ΠΡΟΤΥΠΟ ΚΤΙΡΙΟ



Στο σχήμα φαίνεται ο ξυλότυπος του τυπικού ορόφου και η κατακόρυφη τομή ενός τετραώροφου κτιρίου (ισόγειο και τρεις όροφοι), το οποίο θα χρησιμοποιηθεί σε πολλές ασκήσεις (πρότυπο κτίριο). Η κάτοψη των διαφραγμάτων των ορόφων είναι ίδια και το ύψος ισογείου και ορόφου είναι 3.00 m. Το κτίριο έχει κατασκευαστεί με σκυρόδεμα ποιότητας C20/25 και χάλυβα B500c.

Στο αρχείο ktirio.spf, το οποίο μπορείτε να κατεβάσετε από το σύνδεσμο Έγγραφα – Εκφωνήσεις Ασκήσεων του μαθήματος στο mycourses, περιέχεται το προσομοίωμα του κτιρίου στο λογισμικό SeismoStruct (www.seismosoft.com/en/download.aspx). Στο προσομοίωμα οι ροπές αδρανείας έχουν ληφθεί υπόψη με το 50% της ονομαστικής τους τιμής και η πολική ροπή με το 1/10 της ονομαστικής της τιμής. Η αρχή των αξόνων ορίζεται στην κάτω αριστερή γωνία του Τοιχίου T1. Η μάζα κάθε ορόφου $m_{ix} = m_{iy}$ και η πολική ροπή αδρανείας μάζας I_i ως προς Κ.Μ. κάθε ορόφου για το συνδυασμό $G+\psi_2Q$ δίνονται στον Πίνακα 1. Στον ίδιο πίνακα φαίνονται και οι συντεταγμένες του Κ.Μ. της κάτοψης κάθε ορόφου του κτιρίου. Οι συντεταγμένες Κ.Μ. του διαφράγματος κάθε ορόφου έχουν εισαχθεί στο πρόγραμμα και η αντίστοιχη μάζα κάθε ορόφου έχει συγκεντρωθεί στο σημείο αυτό.

Επίσης:

- Έχει δηλωθεί στο πρόγραμμα η διαφραγματική λειτουργία.
- Έχουν δηλωθεί στο πρόγραμμα τα κατανεμημένα φορτία των δοκών και τα συγκεντρωμένα φορτία τοιχίων /υποστυλωμάτων από το συνδυασμό $G+\psi_2 Q$.

Πίνακας 1. Συντεταγμένες Κ.Μ., μάζες και ροπές αδράνειας μάζας ορόφων.

| Στάθμη | Συντεταγμένες Κ.Μ. (m) | | Μάζα (Mgr) | Ροπή αδράνειας μάζας ($\text{Mgr}\cdot\text{m}^2$) |
|------------------------------|------------------------|------|------------|--|
| | X | Y | | |
| Οροφή ισογείου | 3.69 | 4.89 | 134.48 | 3150.88 |
| Οροφή 1 ^{ου} ορόφου | 3.75 | 4.93 | 148.18 | 3519.36 |
| Οροφή 2 ^{ου} ορόφου | 3.75 | 4.93 | 148.18 | 3519.36 |
| Οροφή 3 ^{ου} ορόφου | 3.69 | 4.73 | 136.93 | 3058.00 |

ΑΣΚΗΣΗ 11

(Παράδοση: 3 Απριλίου 2017)

Για το πρότυπο κτίριο ζητούνται:

1. Να δοθούν οι 3 πρώτες ιδιομορφές και να κανονικοποιηθούν ως προς τη μέγιστη μεταφορική τιμή της κορυφής.
2. Να σχεδιαστούν οι τρεις πρώτες ιδιομορφές σε τρισδιάστατο προσομοίωμα του κτιρίου (παράγονται από το Seismostruct) και να προσδιοριστεί η δεσπόζουσα κίνηση του κτιρίου σε κάθε ιδιομορφή.
3. Να επιβεβαιωθεί η ορθογωνικότητα της 2^{ης} και της 3^{ης} ιδιομορφής ως προς το μητρώο μάζας.
4. Θεωρήστε ότι σε ένα σεισμό η μέγιστη μετακίνηση του ΚΜ της κορυφής του κτιρίου κατά X που αντιστοιχεί στη συμμετοχή της 1^{ης} ιδιομορφής ήταν $u_{4x} = 12 \text{ mm}$. Να υπολογιστούν οι μετακινήσεις κατά X και Y του κέντρου του υποστυλώματος K9 σε όλους τους ορόφους.

Λύση

1^ο Ερώτημα

Με την εντολή eigenvalue analysis, υπολογίζονται στο πρόγραμμα Seismostruct οι ιδιομορφές. Οι πρώτες τρεις ιδιομορφές είναι:

$$T_1=0.563\text{sec}$$

$$T_2=0.519\text{sec}$$

$$T_3=0.357\text{sec}$$

Τα ιδιοδιανύσματα κάθε ιδιομορφής προκύπτουν από τις μετακινήσεις των Κ.Μ των διαφραγμάτων. Η κανονικοποίηση γίνεται ως προς τη μέγιστη μεταφορική τιμή της κορυφής.

Η αριθμηση των βαθμών ελευθερίας είναι $\{u_{x,1} \ u_{y,1} \ \theta_1 \ u_{x,2} \ u_{y,2} \ \theta_2 \ u_{x,3} \ u_{y,3} \ \theta_3 \ u_{x,4} \ u_{y,4} \ \theta_4\}^T$

1^η Ιδιομορφή (κανονικοποίηση ως προς $u_{y,4}$)

$$\{\beta_1\} = \begin{Bmatrix} -4,22\text{E}-06 \\ 7,44\text{E}-06 \\ 5,56\text{E}-08 \\ -1,34\text{E}-05 \\ 2,42\text{E}-05 \\ 2,35\text{E}-07 \\ -2,24\text{E}-05 \\ 4,16\text{E}-05 \\ 4,27\text{E}-07 \\ -2,91\text{E}-05 \\ 5,59\text{E}-05 \\ 5,84\text{E}-07 \end{Bmatrix} \quad \{\Phi_1\} = \begin{Bmatrix} -0,075 \\ 0,133 \\ 0,001 \\ -0,240 \\ 0,432 \\ 0,004 \\ -0,400 \\ 0,743 \\ 0,008 \\ -0,521 \\ 1,000 \\ 0,010 \end{Bmatrix}$$

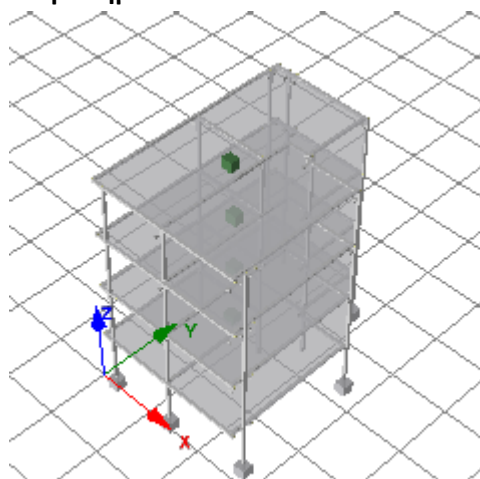
2^η Ιδιομορφή (κανονικοποίηση ως προς $u_{x,4}$)

$$\{\beta_2\} = \begin{Bmatrix} 7,27\text{E}-06 \\ 3,35\text{E}-06 \\ 7,48\text{E}-07 \\ 72,28\text{E}-05 \\ 1,11\text{E}-05 \\ 2,42\text{E}-06 \\ 3,82\text{E}-05 \\ 1,94\text{E}-05 \\ 4,07\text{E}-06 \\ 5,14\text{E}-05 \\ 2,62\text{E}-05 \\ 5,36\text{E}-06 \end{Bmatrix} \quad \{\Phi_2\} = \begin{Bmatrix} 0,142 \\ 0,065 \\ 0,015 \\ 0,443 \\ 0,216 \\ 0,047 \\ 0,743 \\ 0,377 \\ 0,079 \\ 1,000 \\ 0,510 \\ 0,104 \end{Bmatrix}$$

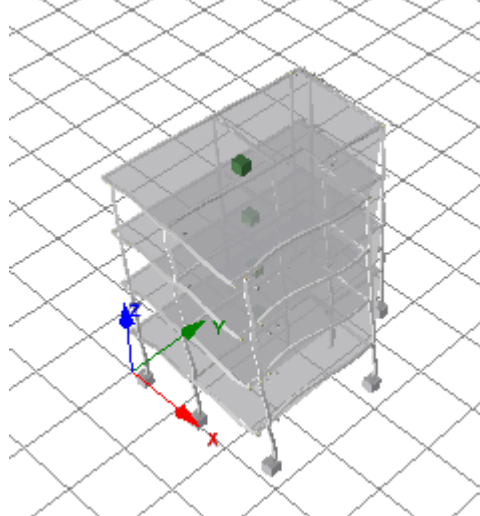
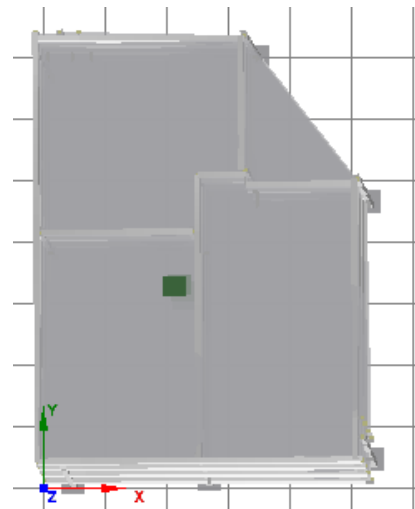
3^η Ιδιομορφή (κανονικοποίηση ως προς $u_{x,4}$)

$$\{\beta_3\} = \begin{Bmatrix} -2,87E-06 \\ -1,78E-06 \\ 1,49E-06 \\ -9,32E-06 \\ -5,06E-06 \\ 4,88E-06 \\ -1,68E-05 \\ -9,76E-06 \\ 8,77E-06 \\ -2,14E-05 \\ -1,58E-05 \\ 1,24E-05 \end{Bmatrix} \quad \{\phi_3\} = \begin{Bmatrix} 0,134 \\ 0,083 \\ -0,070 \\ 0,436 \\ 0,237 \\ -0,229 \\ 0,786 \\ 0,457 \\ -0,410 \\ 1,000 \\ 0,738 \\ -0,579 \end{Bmatrix}$$

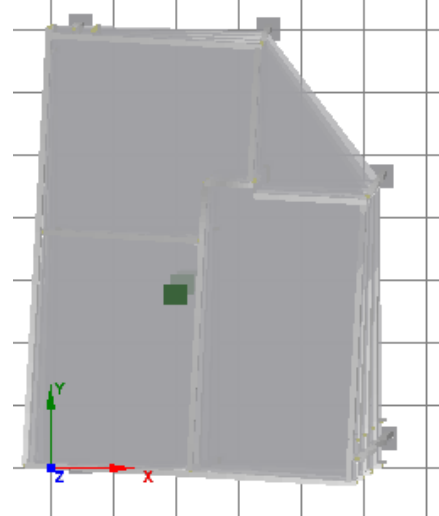
2^ο Ερώτημα

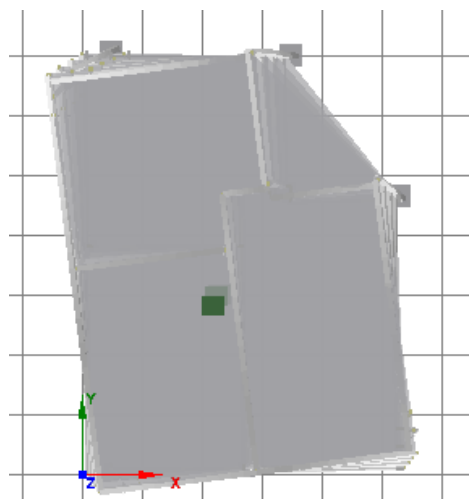
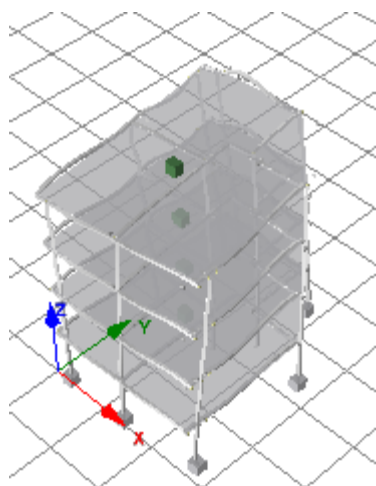


1^η ιδιοπερίοδος δεσπόζει στη Y διεύθυνση



2^η ιδιοπερίοδος δεσπόζει στη X διεύθυνση





Η 3^η ιδιοπερίοδος είναι στροφική περί τον κατακόρυφο άξονα Z

3^ο Ερώτημα

Ορθογωνικ ότητα της 2^{ης} και της 3^{ης} ιδιομορφής ως προς το μητρώο μάζας.

$$\{\Phi_2\}^T [M] \{\Phi_3\} = \{0,142 \ 0,065 \ 0,015 \ 0,443 \ 0,216 \ 0,047 \ 0,743 \ 0,377 \ 0,079 \ 1,000 \ 0,510 \ 0,104\}$$

$$\begin{bmatrix} 134,48 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 134,48 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 3150,88 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 148,18 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 148,18 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 3519,36 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 148,18 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 148,18 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 3519,36 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 136,93 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 136,93 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 3058 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,134 \\ 0,083 \\ -0,070 \\ 0,436 \\ 0,237 \\ -0,229 \\ 0,786 \\ 0,457 \\ -0,410 \\ 1,000 \\ 0,738 \\ -0,579 \end{bmatrix} = 0,0024 \approx 0$$

4^ο Ερώτημα

Σε ένα σεισμό η μέγιστη μετακίνηση του ΚΜ της κορυφής του κτιρίου κατά Χ που αντιστοιχεί στη συμμετοχή της 1^{ης} ιδιομορφής ήταν $u_{4x} = 12 \text{ mm}$. Να υπολογιστούν οι μετακινήσεις κατά Χ και Υ του κέντρου του υποστυλώματος Κ9 σε όλους τους ορόφους.

Το ιδιοδιάνυσμα της 1^{ης} ιδιομορφής πολλαπλασιάζεται με το συντελεστή $12/-0,521=-23,030$ έτσι ώστε η u_{4x} να είναι ίση με 12 mm. Οι μετακινήσεις δίνονται σε mm και οι στροφές σε mrad.

$$\{\phi_1\} = \begin{Bmatrix} -0,075 \\ 0,133 \\ 0,001 \\ -0,240 \\ 0,432 \\ 0,004 \\ -0,400 \\ 0,743 \\ 0,008 \\ -0,521 \\ 1,000 \\ 0,010 \end{Bmatrix} \quad \{u\} = \begin{Bmatrix} 1,736 \\ -3,065 \\ -0,023 \\ 5,521 \\ -9,945 \\ -0,097 \\ 9,222 \\ -17,109 \\ -0,176 \\ 12,000 \\ -23,030 \\ -0,240 \end{Bmatrix}$$

Οι μετακινήσεις κατά Χ και Υ του κέντρου του υποστυλώματος Κ9 σε όλους τους ορόφους δίνονται από τις σχέσεις:

$$u_{x,i} = u_{x,KM,i} - Y_{K9,i} \cdot \theta_{KM,i}$$

$$u_{y,i} = u_{y,KM,i} + X_{K9,i} \cdot \theta_{KM,i}$$

Όπου $u_{x,KM,i}$, $u_{y,KM,i}$ και $\theta_{KM,i}$ είναι η μετακίνηση κατά Χ, Υ και η στροφή του ΚΜ του i διαφράγματος ($i=1,4$) και $X_{K9,i}$ και $Y_{K9,i}$ είναι η απόσταση του Κ.Μ του i διαφράγματος από τον κεντροβαρικό άξονα του υποστυλώματος Κ9.

| Στάθμη | Απόσταση Κ.Μ. Κ9 από το ΚΜ του i διαφράγματος (m) | | Μετακινήσεις Κ.Μ. Κ9 (mm) | |
|------------------------------|---|------|---------------------------|------------|
| | Χ | Υ | $u_{x,KM}$ | $u_{y,KM}$ |
| Οροφή ισογείου | 1,86 | 1,86 | 1,88 | -3,11 |
| Οροφή 1 ^{ου} ορόφου | 1,8 | 1,8 | 6,13 | -10,12 |
| Οροφή 2 ^{ου} ορόφου | 1,8 | 1,8 | 10,32 | -17,43 |
| Οροφή 3 ^{ου} ορόφου | 1,86 | 1,86 | 13,55 | -23,48 |