

Αντισεισμικές Κατασκευές

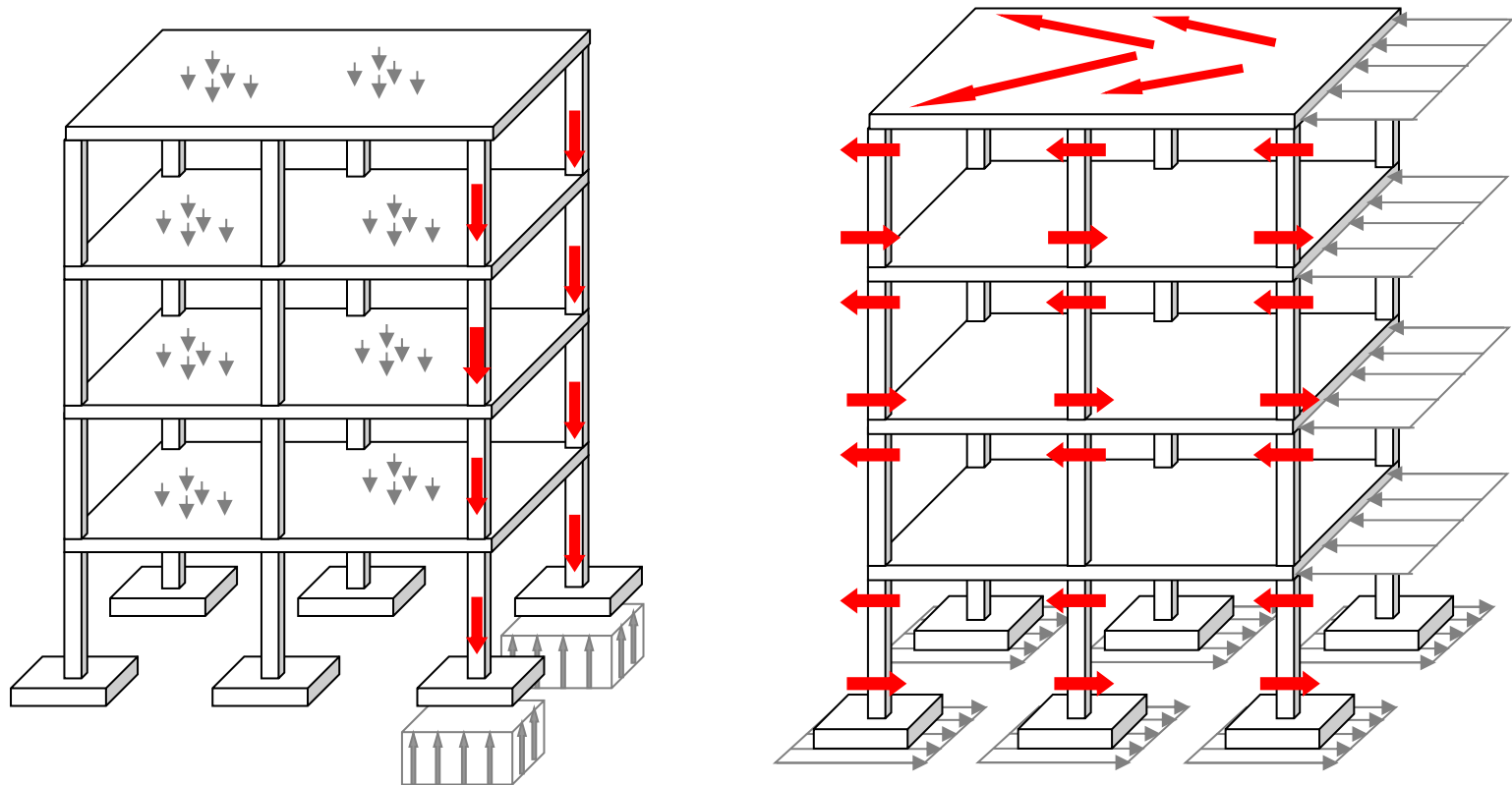
Προσομοίωση μαζών και στοιχείων δυσκαμψίας



ΑΣΠΑΙΤΕ

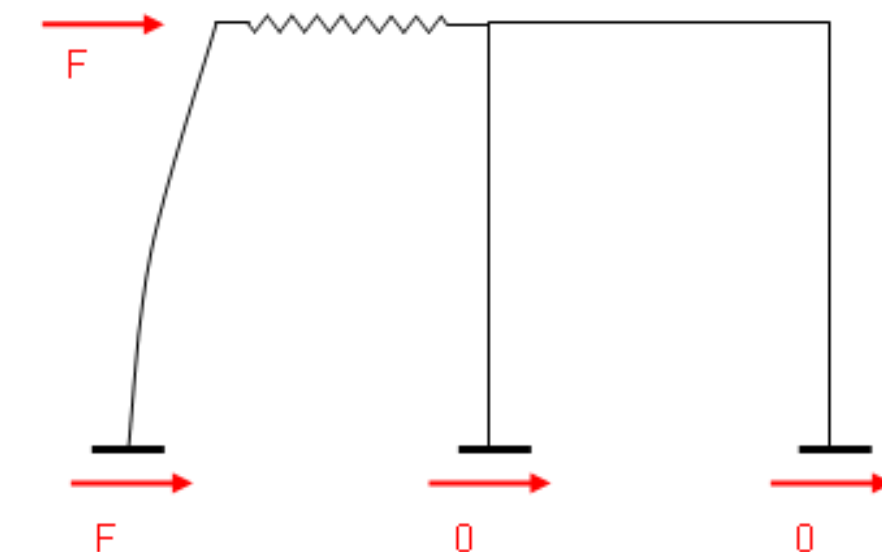
Μεταφορά κατακορύφων & οριζόντιων δράσεων στο έδαφος

- **Ροή δυνάμεων** από τις πλάκες προς τα κατακόρυφα στοιχεία
- Τα κατακόρυφα στοιχεία αντιδρούν στις οριζόντιες φορτίσεις αναπτύσσοντας διατμητικές δυνάμεις και ροπές κάμψης

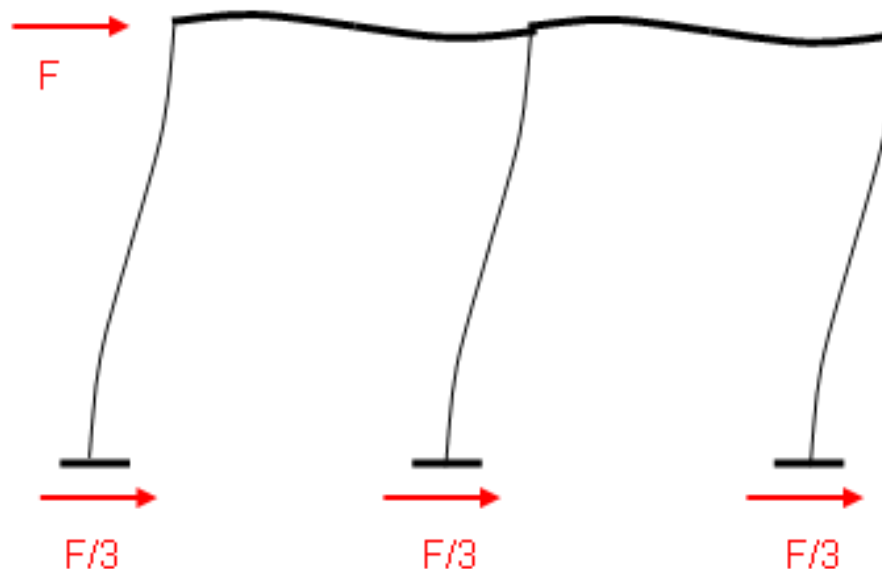


Σημασία διαφράγματος στις στάθμες των πλακών

- Οι **εύκαμπτες πλάκες** (εντός του επιπέδου τους) δεν επιτρέπουν την κατανομή των οριζοντίων δυνάμεων στα κατακόρυφα στοιχεία

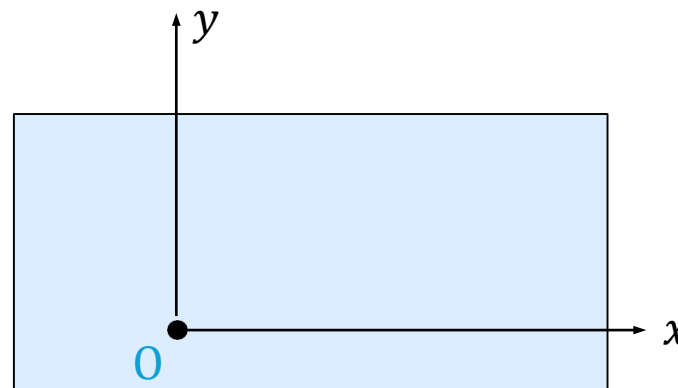


- Οι **δύσκαμπτες πλάκες** (εντός του επιπέδου τους) πλάκες κατανέμουν πιο ομοιόμορφα τις οριζόντιες δυνάμεις

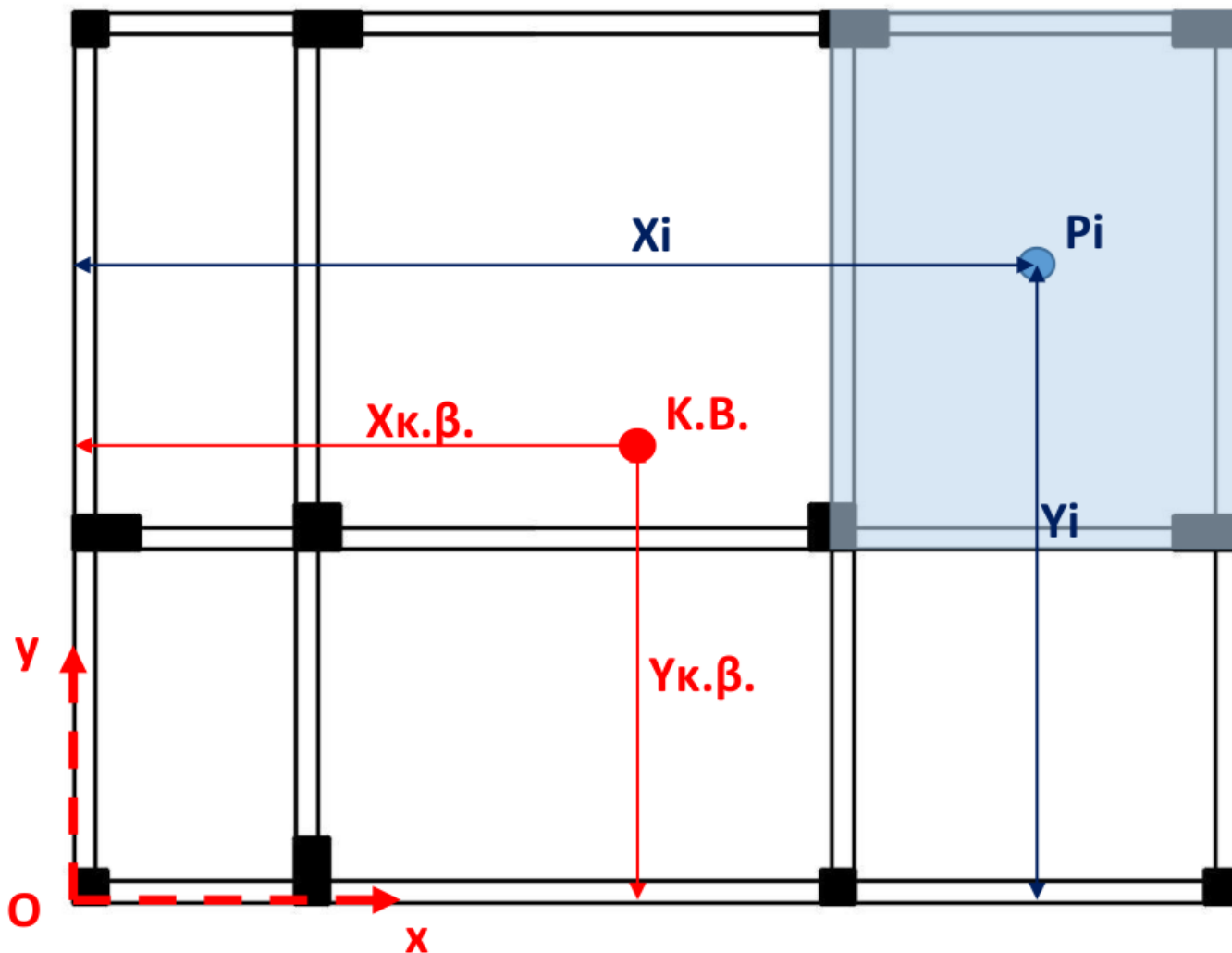


Κέντρο βάρους στάθμης

- Επιλέγω οποιαδήποτε αρχή των αξόνων **O** επιθυμώ
- Το κέντρο βάρους (**KB**) του ορόφου πρέπει να υπολογιστεί ως το κέντρο βάρους όλων των φορτίων που ασκούνται στην πλάκα:
 - Ίδιο βάρος και φορτία πλάκας
 - Ίδιο βάρος και κατακόρυφα φορτία υπερκείμενων υποστυλωμάτων
 - Ίδιο βάρος δοκών
 - Ίδιο βάρος τοιχοπληρώσεων



Κέντρο βάρους στάθμης



Για κάθε στοιχείο i
της κατασκευής:

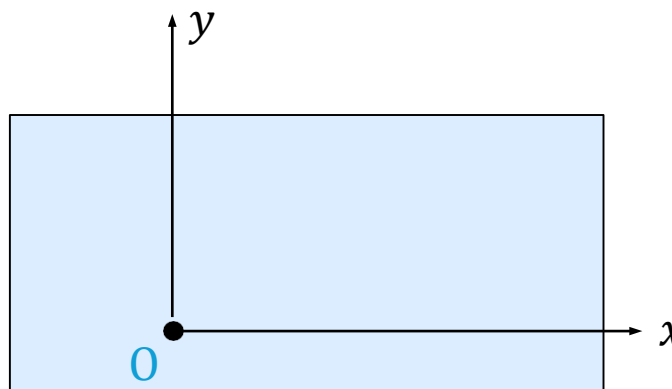
$$x_{KB} = \frac{\sum(x_i \cdot P_i)}{\sum(P_i)}$$

$$y_{KB} = \frac{\sum(y_i \cdot P_i)}{\sum(P_i)}$$

Κέντρο βάρους στάθμης

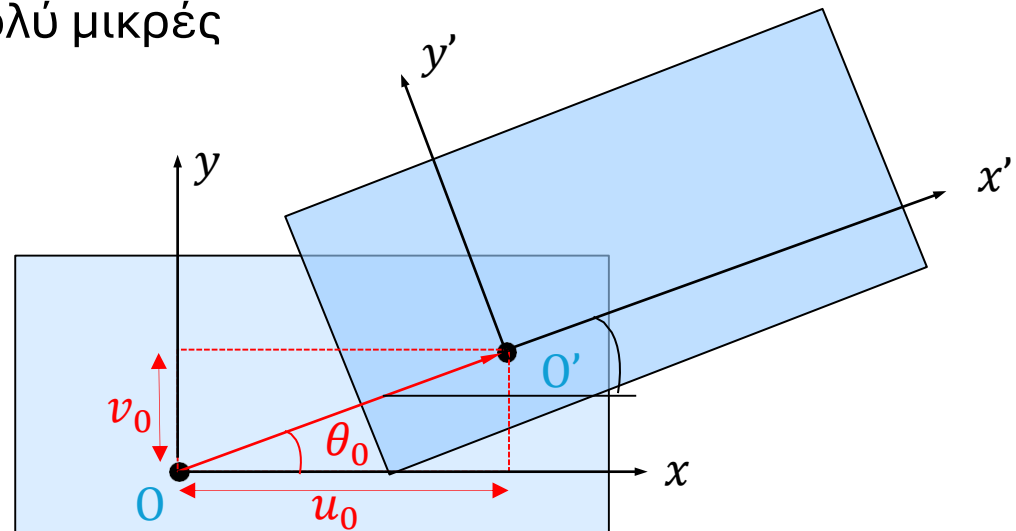
- Επιλέγω οποιαδήποτε αρχή των αξόνων **O** επιθυμώ
- Το κέντρο βάρους (**ΚΒ**) του ορόφου πρέπει να υπολογιστεί ως το κέντρο βάρους όλων των φορτίων που ασκούνται στην πλάκα
 - Ίδιο βάρος και φορτία πλάκας
 - Ίδιο βάρος και κατακόρυφα φορτία υπερκείμενων υποστυλωμάτων
 - Ίδιο βάρος δοκών
 - Ίδιο βάρος τοιχοπληρώσεων
- Προσεγγιστικά, το **ΚΒ** του ορόφου μπορεί να ληφθεί ως το κέντρο βάρους της πλάκας.

Σημείωση: πρέπει να υπολογίζεται το ΚΒ σε κάθε στάθμη.



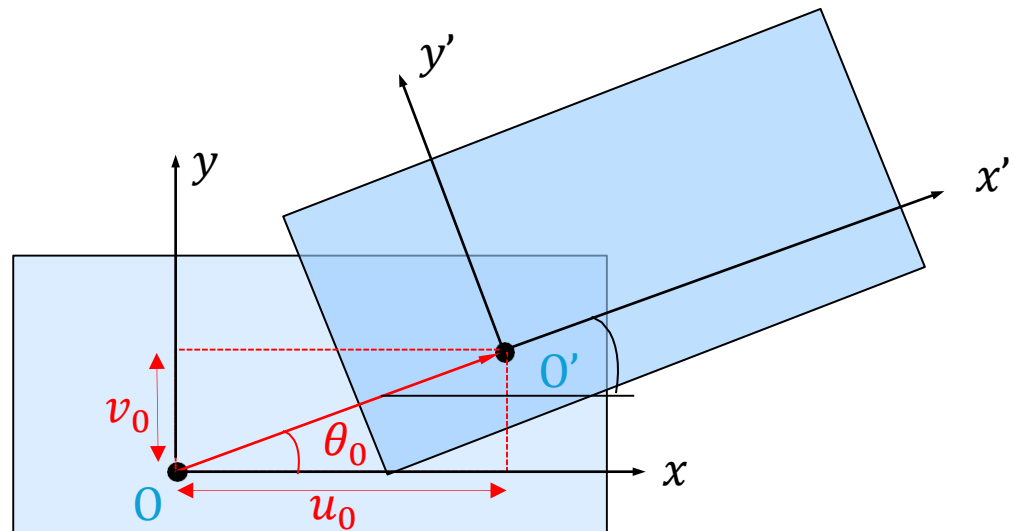
Ελευθερίες κίνησης στάθμης

- Στα κτήρια που υπόκεινται σε οριζόντια σεισμική δράση και με **εξασφαλισμένη διαφραγματική λειτουργία** των πλακών, επιτρέπεται η **συγκέντρωση της μάζας** κάθε ορόφου και της αντίστοιχης ροπής αδρανείας μάζας κάθε ορόφου περί κατακόρυφο άξονα στο **ΚΒ** του ορόφου.
- Επιπλέον, θεωρείται πως τα **κατακόρυφα στοιχεία** διαθέτουν μεγάλη **αξονική δυστένεια**, επομένως οι αξονικές τους παραμορφώσεις είναι πολύ μικρές



Ελευθερίες κίνησης στάθμης

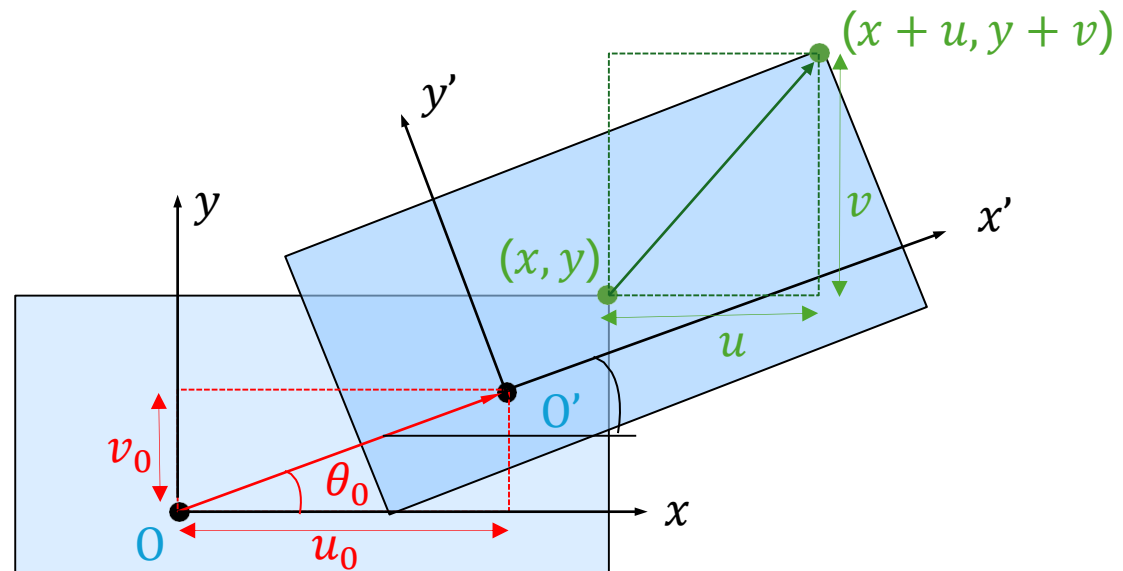
- Κατά συνέπεια, κάθε όροφος διαθέτει **3 ελευθερίες κίνησης**
 - Μετατόπιση u_0 κατά τον άξονα x
 - Μετατόπιση v_0 κατά τον άξονα y
 - Στροφή θ_0 περί άξονα z
- Η **οριζόντια απόσταση** μεταξύ δύο οποιωνδήποτε σημείων της πλάκας **παραμένει σταθερή**



Ελευθερίες κίνησης στάθμης

- Οι μετατοπίσεις και η στροφή οποιουδήποτε σημείου της πλάκας με αρχικές συντεταγμένες (x, y) μπορούν να υπολογιστούν σύμφωνα με τις σχέσεις

$$\begin{aligned}u(x, y) &= u_0 + y \cdot \theta_0 \\v(x, y) &= v_0 - x \cdot \theta_0 \\ \theta(x, y) &= \theta_0\end{aligned}$$



Κέντρο ελαστικής στροφής

- Κέντρο ελαστικής στροφής (**ΚΕΣ**)
 - Το σημείο γύρω από το οποίο θα **περιστραφεί** ο όροφος της κατασκευής όταν του ασκηθεί **στρεπτική ροπή** περί τον κατακόρυφο άξονα **z**
 - Το σημείο στο οποίο αν ασκηθεί οριζόντια δύναμη, ο όροφος της κατασκευής θα μετακινηθεί μόνο κατά τη διεύθυνση επιβολής της δύναμης

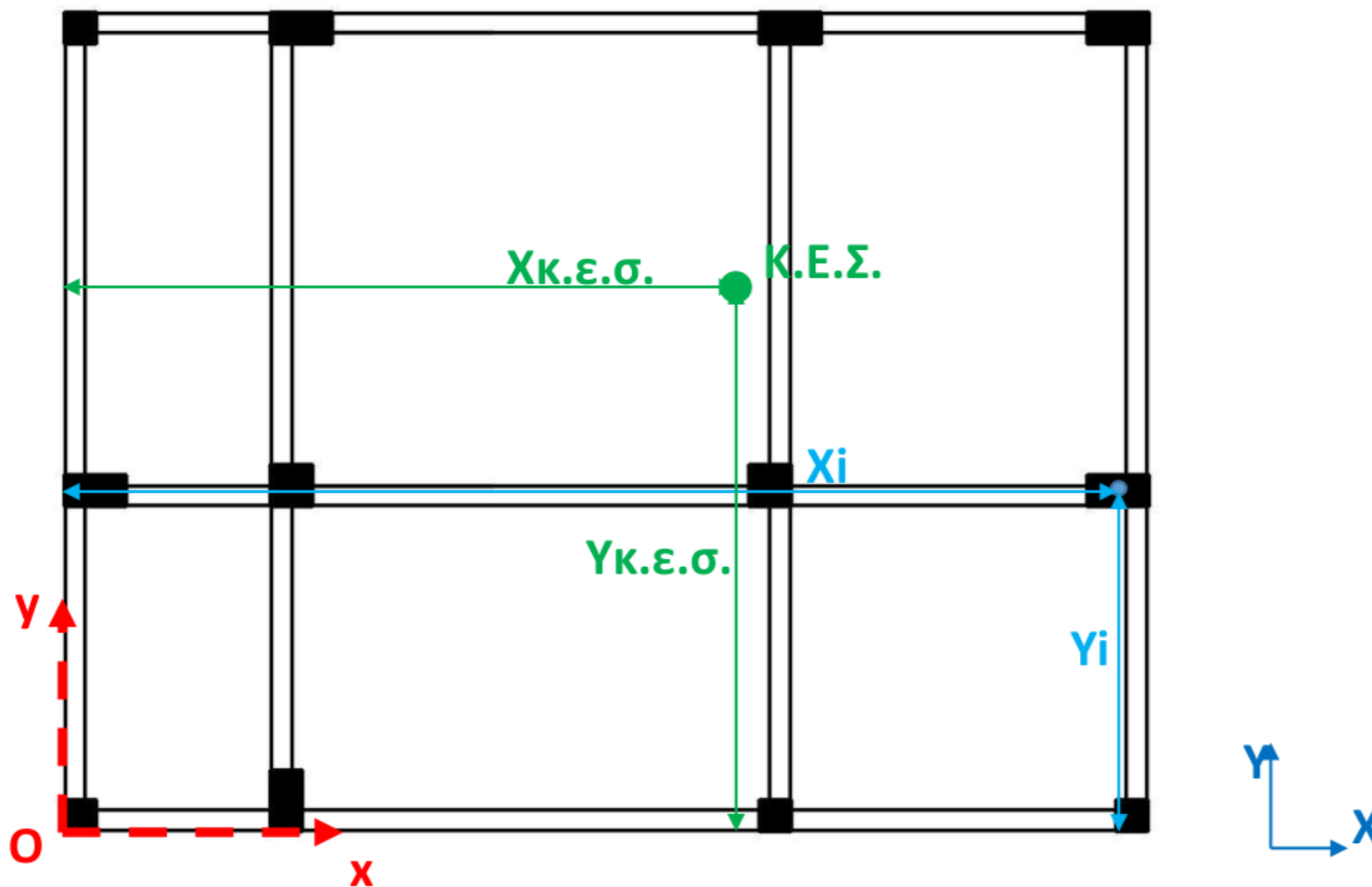
Συντεταγμένες **ΚΕΣ**

$$x_{\text{ΚΕΣ}} = \frac{\sum(x_i \cdot K_{yi})}{\sum(K_{yi})} \quad y_{\text{ΚΕΣ}} = \frac{\sum(y_i \cdot K_{xi})}{\sum(K_{xi})}$$

K_{xi}, K_{yi} δυσκαμψία υποστυλώματος i για μεταφορική κίνηση κατά x ή y

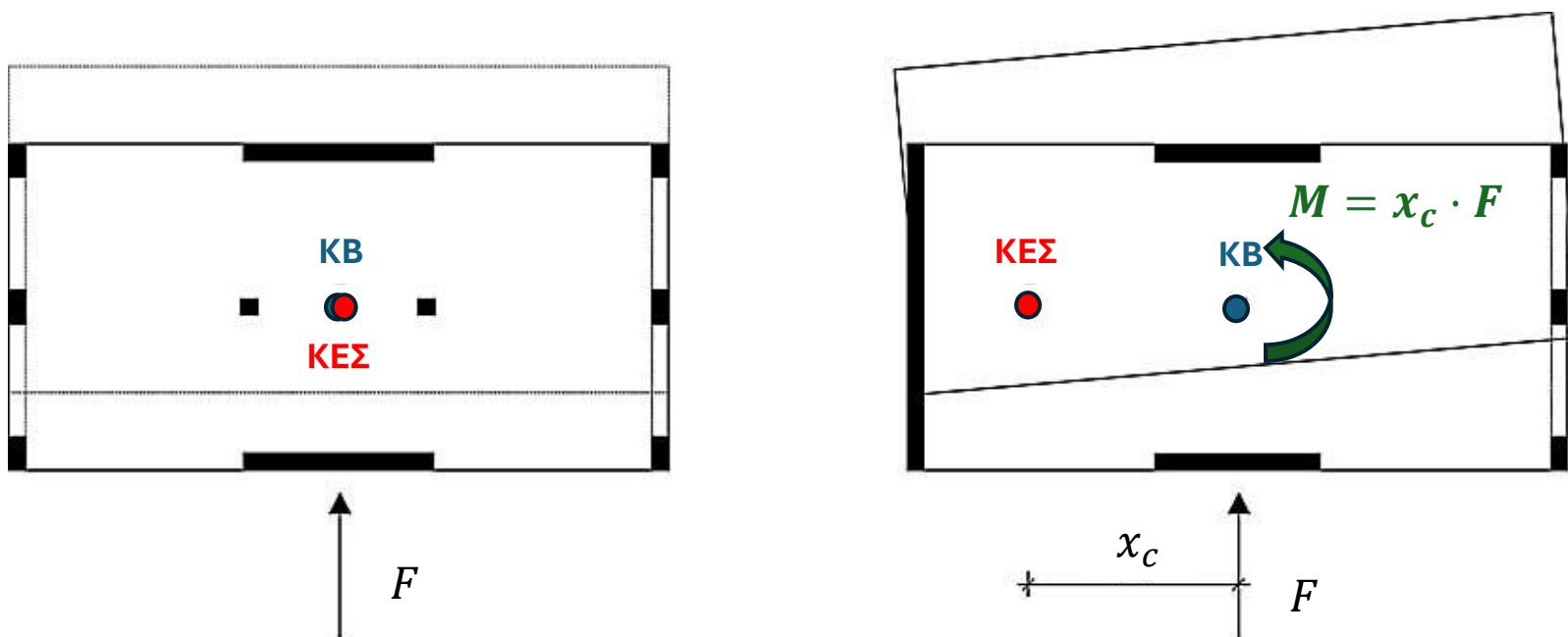
x_i, y_i συντεταγμένες υποστυλώματος i κατά x ή y

Κέντρο ελαστικής στροφής



Κέντρο ελαστικής στροφής

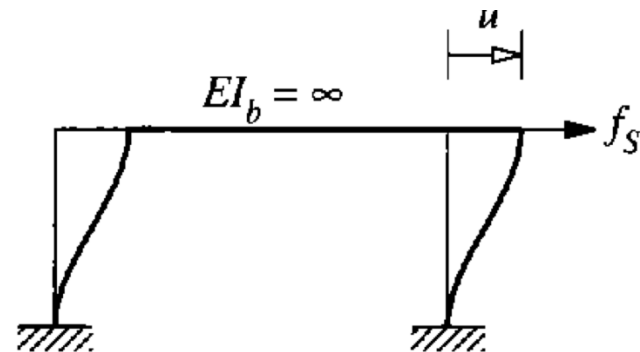
- Ως αδρανειακές δυνάμεις, τα σεισμικά φορτία ασκούνται στο **ΚΒ** μιας κατασκευής.
- Μη σύμπτωση **ΚΒ** και **ΚΕΣ** εισάγει **στρεπτική ροπή** κατά την άσκηση οριζόντιων δυνάμεων



Δυσκαμψία κατακορύφων στοιχείων

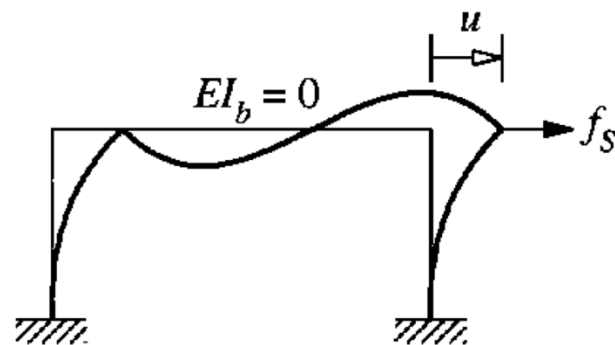
- Αμφίπακτα υποστυλώματα

$$k = \frac{12EI}{h^3}$$



- Μονόπακτα υποστυλώματα

$$k = \frac{3EI}{h^3}$$



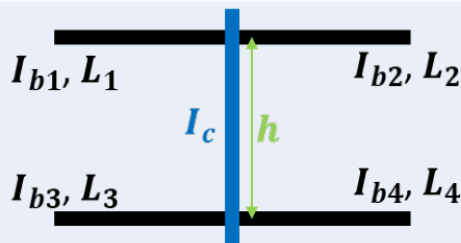
Δυσκαμψία κατακορύφων στοιχείων – Επιρροή δοκών

Στον υπολογισμό της δυσκαμψίας υποστυλώματος K_{xi} , K_{yi} που ανήκει σε πλαίσιο, πρέπει να συνυπολογιστεί η συνεισφορά της **δυσκαμψίας των συντρεχουσών δοκών**.

$$K_{xi} = a \cdot \frac{12 \cdot E \cdot I_c}{h^3} \quad K_{yi} = a \cdot \frac{12 \cdot E \cdot I_c}{h^3}$$

Προσδιορισμός συντελεστή a

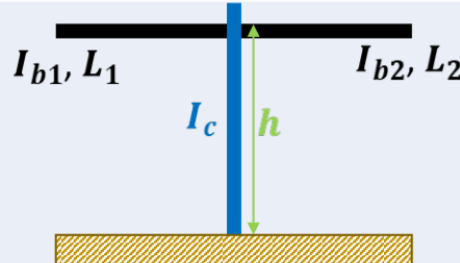
Περίπτωση 1



$$\bar{k} = \frac{\frac{I_{b1}}{L_1} + \frac{I_{b2}}{L_2} + \frac{I_{b3}}{L_3} + \frac{I_{b4}}{L_4}}{2 \frac{I_c}{h}}$$

$$a = \frac{\bar{k}}{2 + \bar{k}}$$

Περίπτωση 2

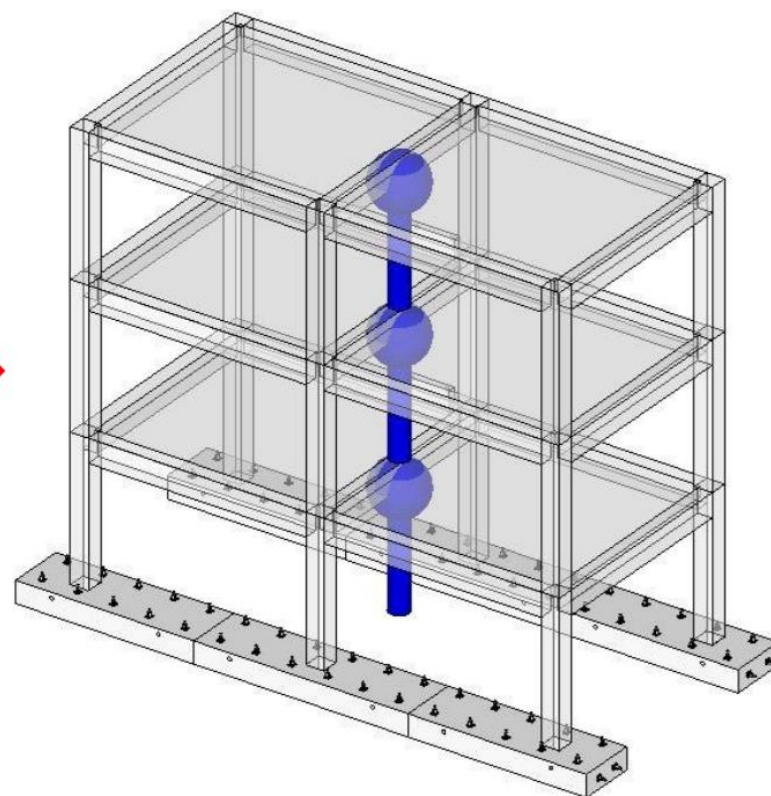
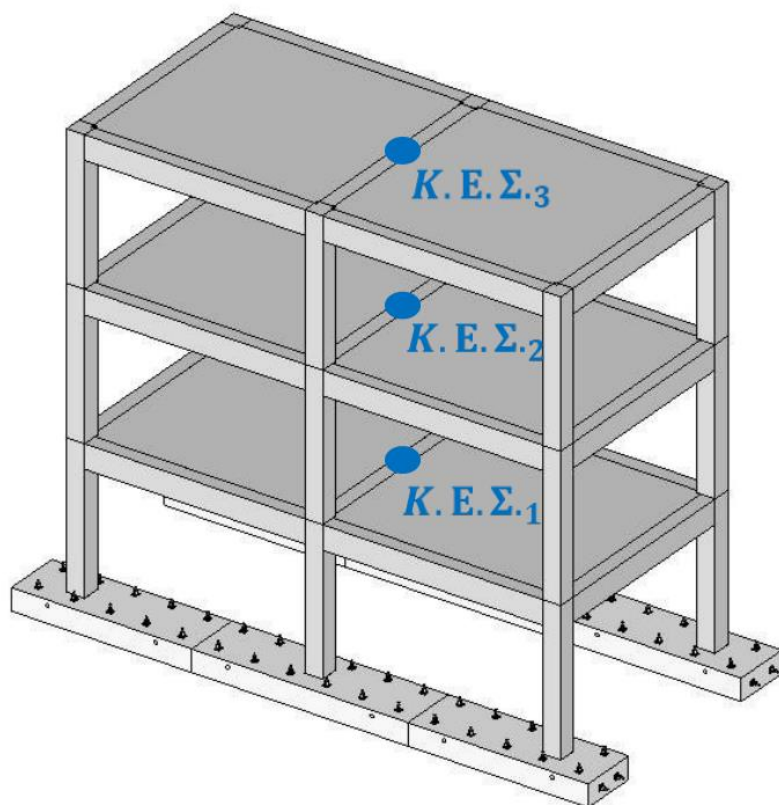


$$\bar{k} = \frac{\frac{I_{b1}}{L_1} + \frac{I_{b2}}{L_2}}{\frac{I_c}{h}}$$

$$a = \frac{0.5 + \bar{k}}{2 + \bar{k}}$$

Ισοδύναμο υποσύλωμα στάθμης

- Θεώρηση **ισοδύναμου υποστυλώματος** για **κάθε** στάθμη
 - Βρίσκεται στη θέση του **ΚΕΣ** κάθε στάθμης
 - Έχει τις ίδιες μετακινήσεις με το ΚΕΣ για την ίδια φόρτιση στην εξεταζόμενη στάθμη

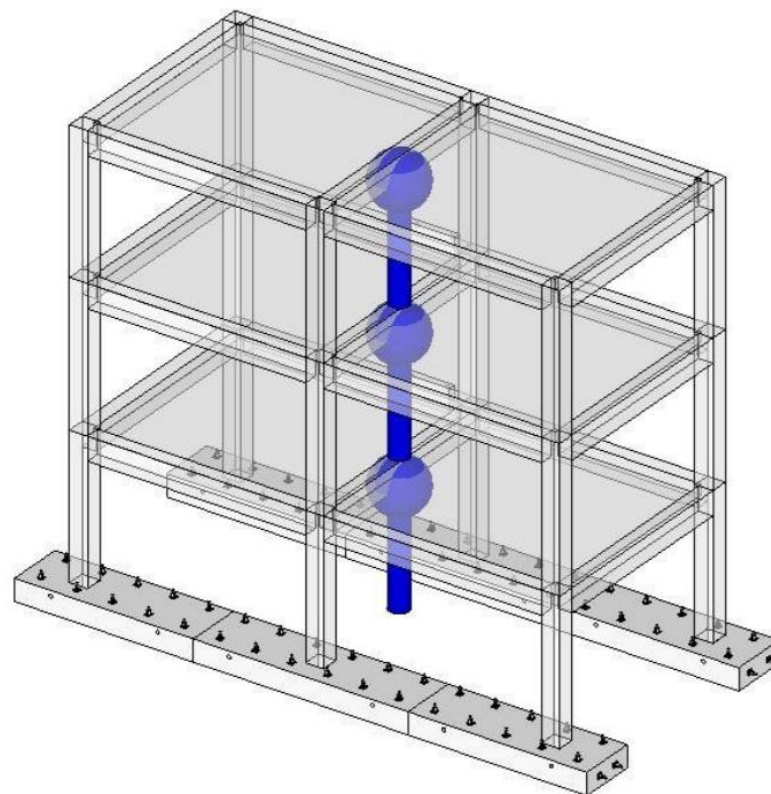


Ισοδύναμο υποσύλωμα στάθμης

- Δυσκαμψία ισοδύναμου υποστυλώματος σε κάθε εξεταζόμενη διεύθυνση (άθροισμα δυσκαμψιών υποστυλωμάτων κατασκευής)

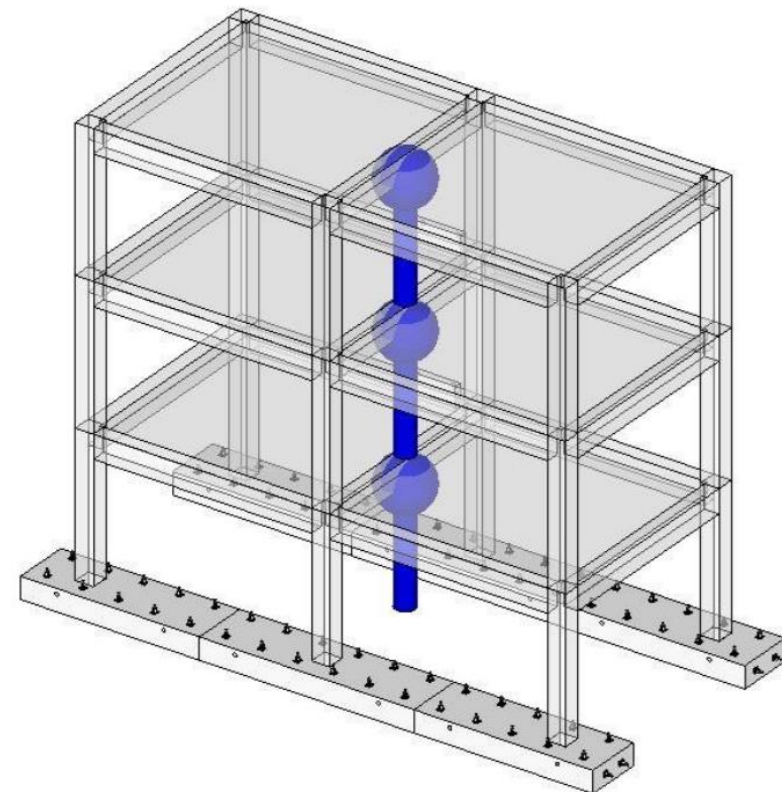
$$D_x = \sum K_{xi} \quad D_y = \sum K_{yi}$$

Σημείωση: σε πολυώροφες κατασκευές υπολογίζεται η δυσκαμψία του ισοδύναμου υποστυλώματος σε κάθε στάθμη



Ισοδύναμο υποσύλωμα στάθμης

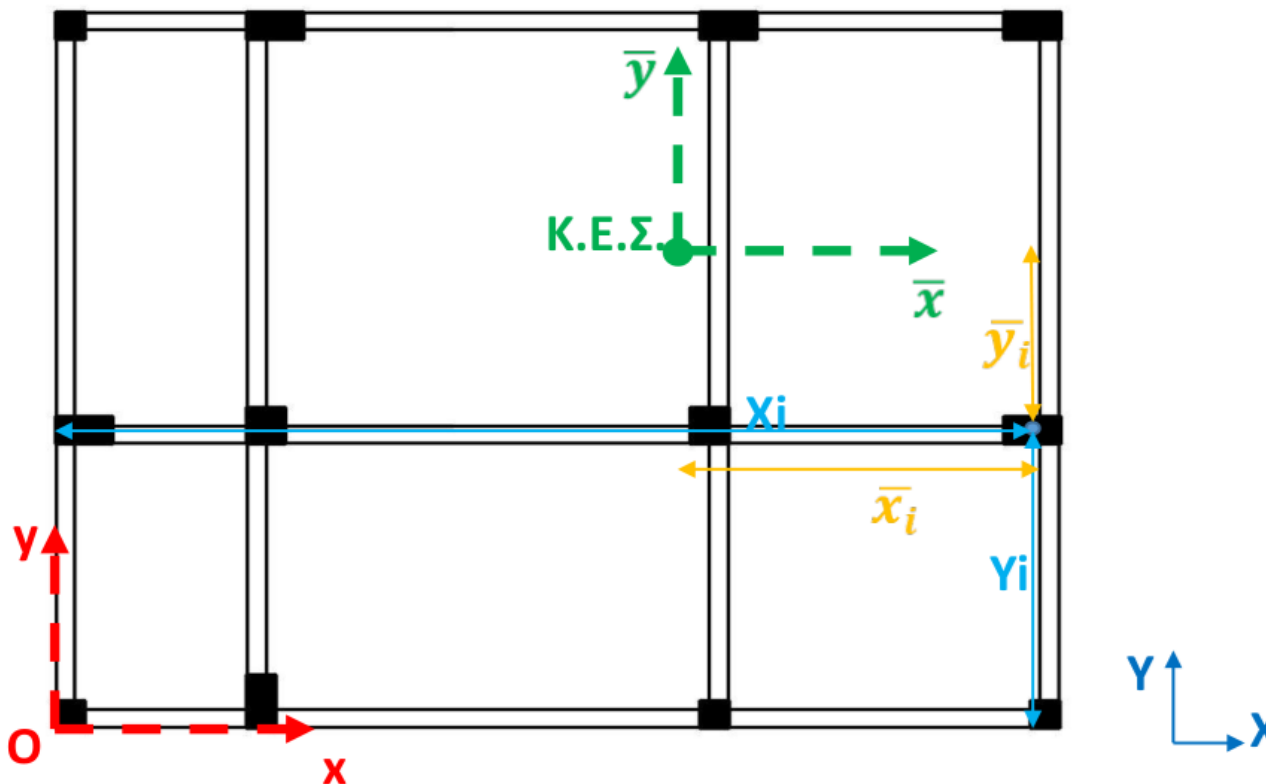
- Σε πολυώροφες κατασκευές θεωρείται μία ενιαία θέση του ΚΕΣ για όλες τις στάθμες
 - **ΕΑΚ 2000:** Υιοθετείται το ΚΕΣ που βρίσκεται πλησιέστερα στο **80% του συνολικού ύψους της κατασκευής**



Μετασχηματισμός συστήματος συντεταγμένων

- Ορίζω νέο σύστημα συντεταγμένων με αρχή των αξόνων το ΚΕΣ

$$\bar{x}_i = x_i - x_{\text{ΚΕΣ}} \quad \bar{y}_i = y_i - y_{\text{ΚΕΣ}}$$

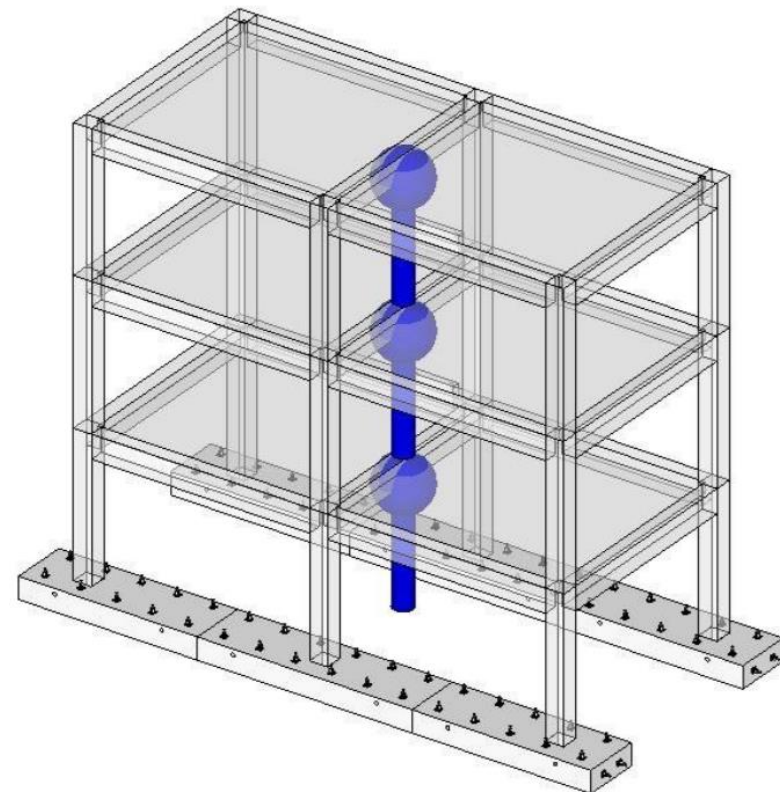


Δυστρεψία ισοδύναμου υποστυλώματος στάθμης

$$D_{\phi} = \sum (K_{\phi i} + \bar{x}_i^2 \cdot K_{yi} + \bar{y}_i^2 \cdot K_{xi}) \cong \sum (\bar{x}_i^2 \cdot K_{yi} + \bar{y}_i^2 \cdot K_{xi})$$

$K_{\phi i}$ δυστρεψία υποστυλώματος i ως προς τον κατακόρυφο άξονα
(γενικώς αμελείται)

Σημείωση: σε πολυώροφες κατασκευές υπολογίζεται η δυστρεψία του ισοδύναμου υποστυλώματος σε κάθε στάθμη



Γεωμετρικές εκκεντρότητες

- Ορίζονται ως η απόσταση μεταξύ **KB** και **ΚΕΣ** κάθε στάθμης **j** σε κάθε διεύθυνση **x** και **y**

$$e_{xj} = |x_{KB} - x_{ΚΕΣ}| \quad e_{yj} = |y_{KB} - y_{ΚΕΣ}|$$

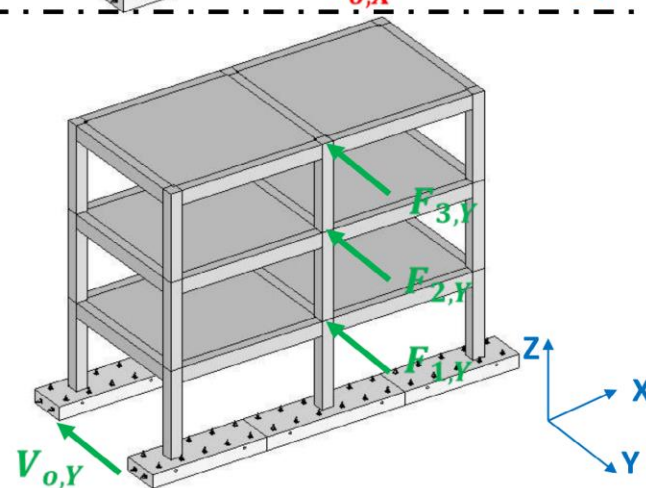
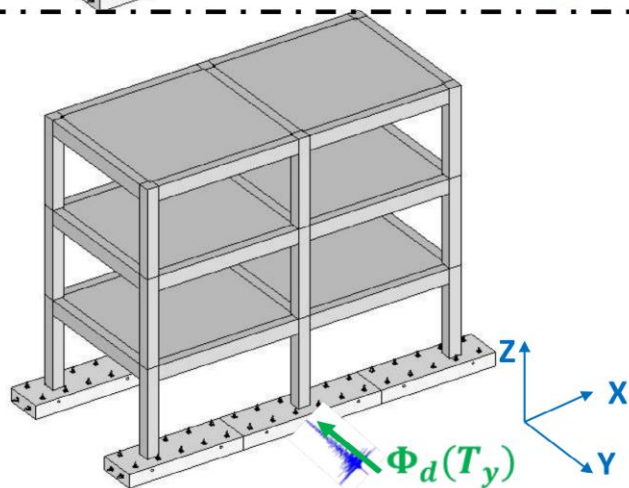
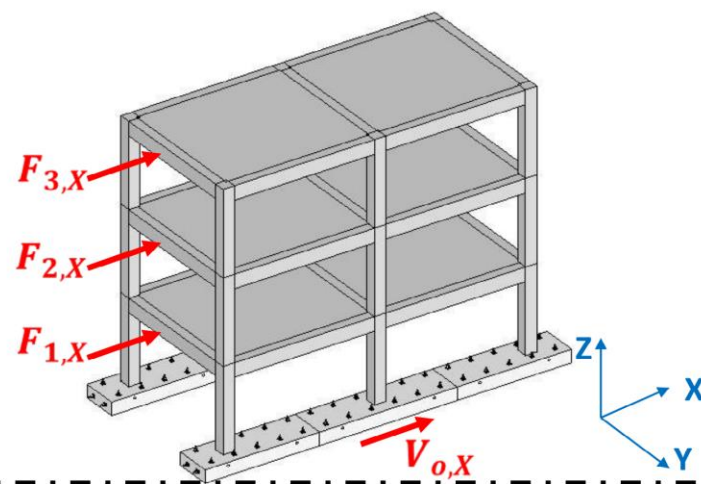
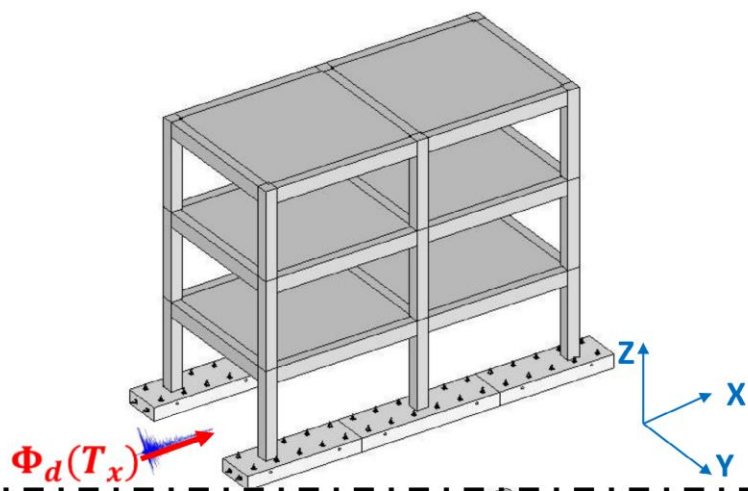
- ΕΑΚ 2000**: Στην απλοποιημένη φασματική μέθοδο για κάθε κύρια διεύθυνση **x** και **y** και σε κάθε στάθμη **j**, οι σεισμικές δυνάμεις εφαρμόζονται εκατέρωθεν του **KB** με τις εκκεντρότητες σχεδιασμού

$$e_{xd,max,j} = 1.50 \cdot e_{x,j} + 0.05 \cdot L_x \quad e_{yd,max,j} = 1.50 \cdot e_{y,j} + 0.05 \cdot L_y$$

$$e_{xd,min,j} = 1.50 \cdot e_{x,j} - 0.05 \cdot L_x \quad e_{yd,min,j} = 1.50 \cdot e_{y,j} - 0.05 \cdot L_y$$

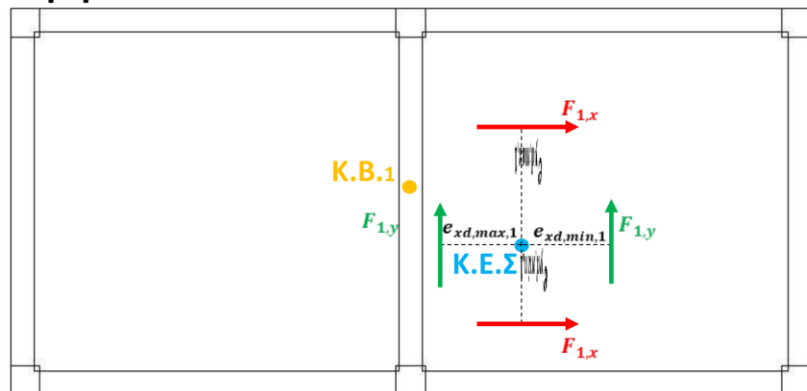
L_x, L_y οι κύριες διαστάσεις της κατασκευής σε κάτοψη κατά **x** και **y**

Γεωμετρικές εκκεντρότητες

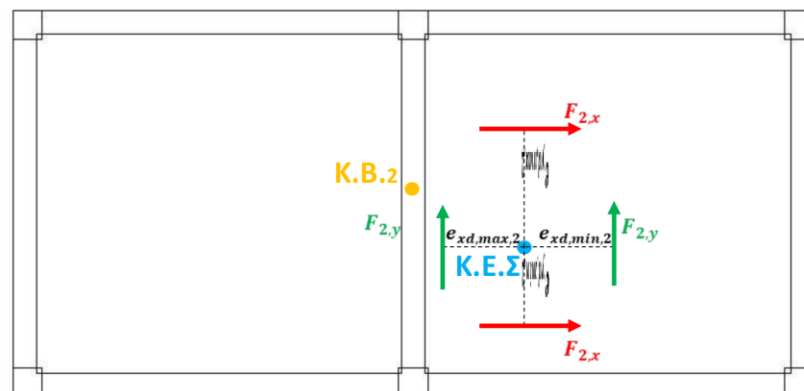


Γεωμετρικές εκκεντρότητες

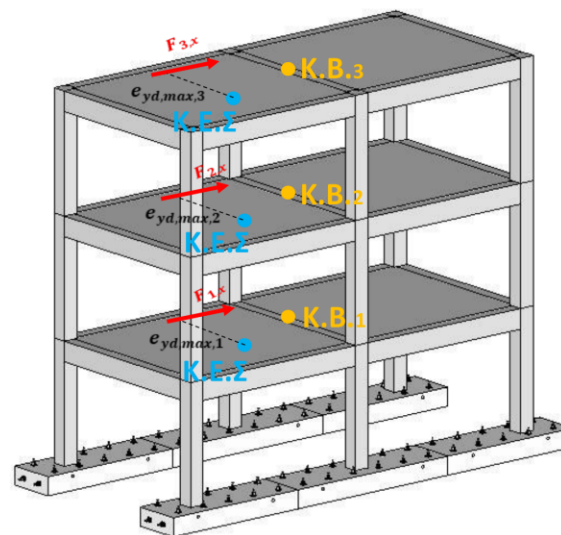
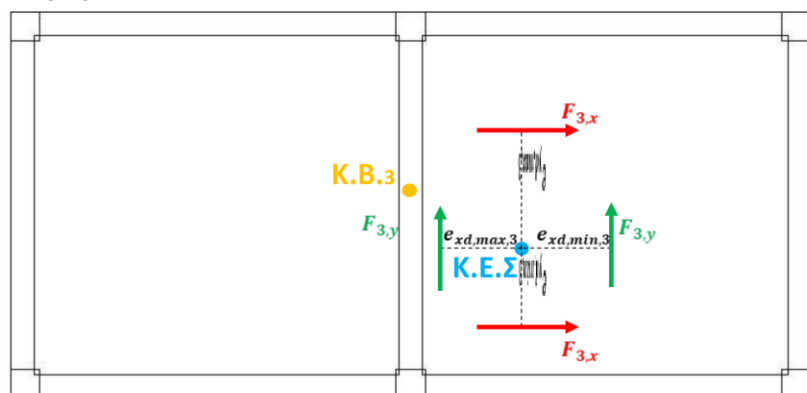
Στάθμη 1



Στάθμη 2



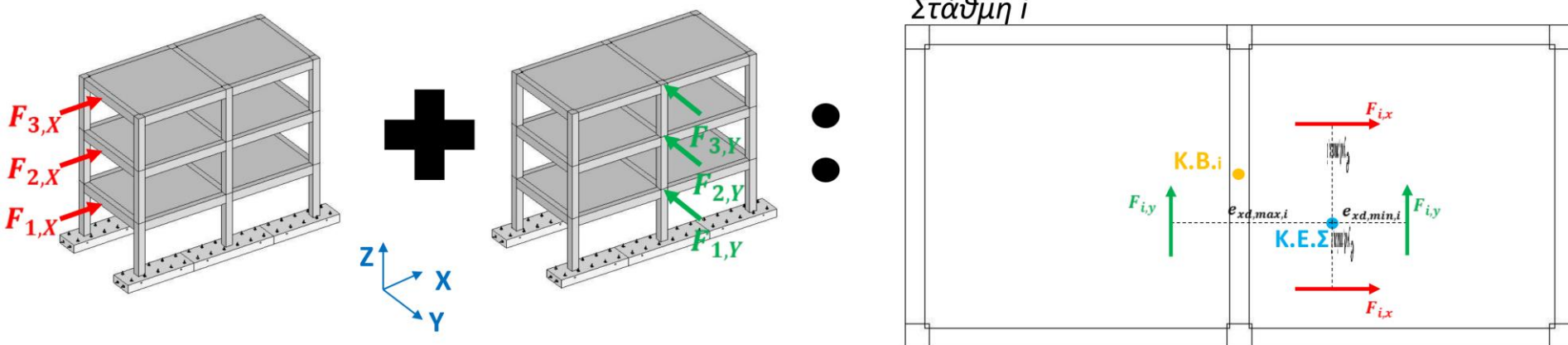
Στάθμη 3



Στρεπτική ροπή ισοδύναμου υποστυλώματος

- Η στρεπτική ροπή που προκαλείται στο ισοδύναμο υποστύλωμα (ΚΕΣ) λόγω κάθε σεισμικής δύναμης ορόφου j ανά στάθμη ορόφου

$$\begin{aligned} M_{Fjx,emax}^{ΚΕΣ} &= F_{j,x} \cdot |e_{yd,max,j}| & M_{Fjy,emax}^{ΚΕΣ} &= F_{j,y} \cdot |e_{xd,max,j}| \\ M_{Fjx,emin}^{ΚΕΣ} &= F_{j,x} \cdot |e_{yd,min,j}| & M_{Fjy,emin}^{ΚΕΣ} &= F_{j,y} \cdot |e_{xd,min,j}| \end{aligned}$$



Μετακινήσεις ορόφου

- Οι **οριζόντιες μετακινήσεις** u_x και u_y και η **στροφή** ϕ του ισοδύναμου υποστυλώματος (ΚΕΣ) λόγω **κάθε σεισμικής δύναμης ορόφου** σε κάθε στάθμη j ορόφου είναι

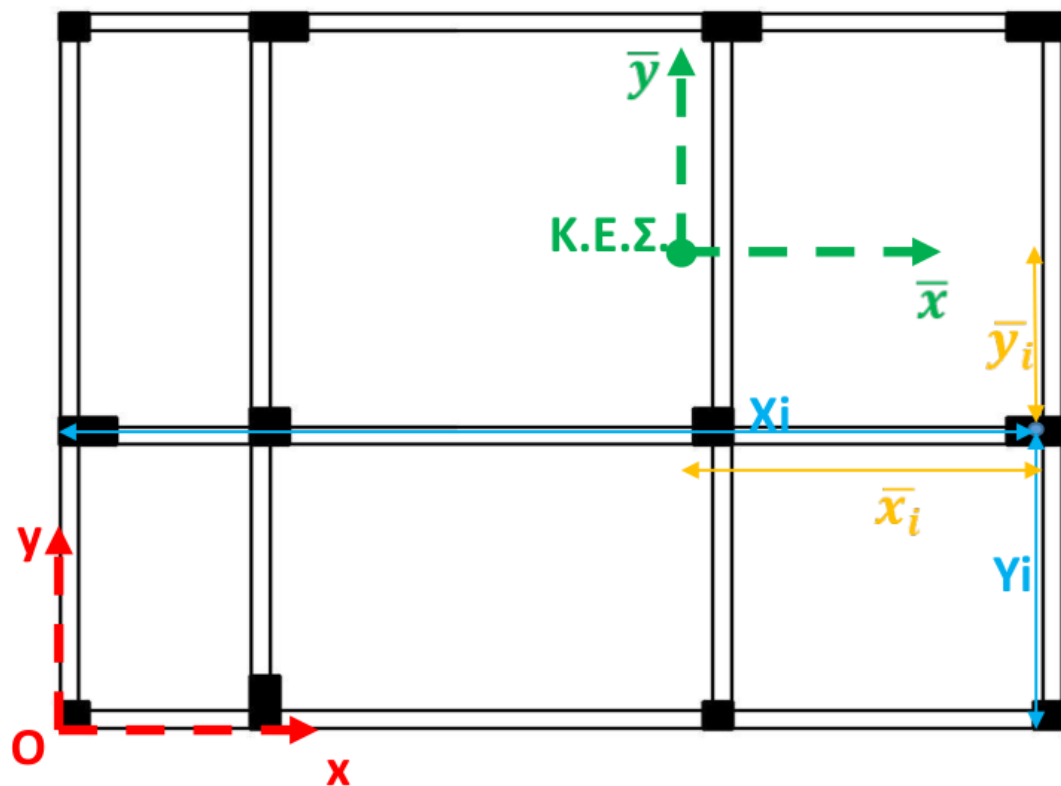
Μετατόπιση	Δύναμη κατά x	Δύναμη κατά y
Μετατόπιση κατά x	$u_{x,Fjx}^{\text{ΚΕΣ}} = \frac{F_{j,x}}{D_{x,j}}$	$u_{x,Fjy}^{\text{ΚΕΣ}} = 0$
Μετατόπιση κατά y	$u_{y,Fjx}^{\text{ΚΕΣ}} = 0$	$u_{y,Fjy}^{\text{ΚΕΣ}} = \frac{F_{j,y}}{D_{y,j}}$
Στροφή περί z	$\phi_{Fjx}^{\text{ΚΕΣ}} = \frac{M_{Fjx}^{\text{ΚΕΣ}}}{D_{\phi,j}}$	$\phi_{Fjy}^{\text{ΚΕΣ}} = \frac{M_{Fjy}^{\text{ΚΕΣ}}}{D_{\phi,j}}$

Μετακινήσεις επί μέρους υποστυλωμάτων

- Οι **οριζόντιες μετακινήσεις** u_x και u_y κάθε υποστυλώματος i λόγω κάθε σεισμικής δύναμης ορόφου σε κάθε στάθμη j ορόφου είναι

$$u_{x,Fj}^i = u_{x,Fj}^{\text{ΚΕΣ}} + \bar{y}_i \cdot \phi_{Fj}^{\text{ΚΕΣ}}$$

$$u_{y,Fj}^i = u_{y,Fj}^{\text{ΚΕΣ}} - \bar{x}_i \cdot \phi_{Fj}^{\text{ΚΕΣ}}$$



Fj αντιστοιχεί σε $F_{j,x}$ ή $F_{j,y}$



Τέμνουσες υποστυλωμάτων

Για κάθε υποστύλωμα i της στάθμης j

- Για σεισμική δύναμη κατά x (F_{jx})

$$V_{x,F_{jx},\text{emax}}^i = K_{xj}^i \cdot u_{x,F_{jx},\text{emax}}^i$$

$$V_{y,F_{jx},\text{emax}}^i = K_{yj}^i \cdot u_{y,F_{jx},\text{emax}}^i$$

$$V_{x,F_{jx},\text{emin}}^i = K_{xj}^i \cdot u_{x,F_{jx},\text{emin}}^i$$

$$V_{y,F_{jx},\text{emin}}^i = K_{yj}^i \cdot u_{y,F_{jx},\text{emin}}^i$$

$$V_{x,F_{jx}}^i = \max \left(\left| V_{x,F_{jx},\text{emax}}^i \right|, \left| V_{x,F_{jx},\text{emin}}^i \right| \right)$$

$$V_{y,F_{jx}}^i = \max \left(\left| V_{y,F_{jx},\text{emax}}^i \right|, \left| V_{y,F_{jx},\text{emin}}^i \right| \right)$$

- Για σεισμική δύναμη κατά y (F_{jy})

$$V_{x,F_{jy},\text{emax}}^i = K_{xj}^i \cdot u_{x,F_{jy},\text{emax}}^i$$

$$V_{y,F_{jy},\text{emax}}^i = K_{yj}^i \cdot u_{y,F_{jy},\text{emax}}^i$$

$$V_{x,F_{jy},\text{emin}}^i = K_{xj}^i \cdot u_{x,F_{jy},\text{emin}}^i$$

$$V_{y,F_{jy},\text{emin}}^i = K_{yj}^i \cdot u_{y,F_{jy},\text{emin}}^i$$

$$V_{x,F_{jy}}^i = \max \left(\left| V_{x,F_{jy},\text{emax}}^i \right|, \left| V_{x,F_{jy},\text{emin}}^i \right| \right)$$

$$V_{y,F_{jy}}^i = \max \left(\left| V_{y,F_{jy},\text{emax}}^i \right|, \left| V_{y,F_{jy},\text{emin}}^i \right| \right)$$

Τέμνουσες υποστυλωμάτων

Για κάθε υποστύλωμα i της στάθμης j

- Σεισμικός Συνδυασμός $1.0 \cdot F_x + 0.3 \cdot F_y$

$$V_{x,1.0 \cdot F_{jx} + 0.3 \cdot F_{jy}}^i = 1.0 \cdot V_{x,F_{jx}}^i + 0.3 \cdot V_{x,F_{jy}}^i$$
$$V_{y,1.0 \cdot F_{jx} + 0.3 \cdot F_{jy}}^i = 1.0 \cdot V_{y,F_{jx}}^i + 0.3 \cdot V_{y,F_{jy}}^i$$

- Σεισμικός Συνδυασμός $0.3 \cdot F_x + 1.0 \cdot F_y$

$$V_{x,0.3 \cdot F_{jx} + 1.0 \cdot F_{jy}}^i = 0.3 \cdot V_{x,F_{jx}}^i + 1.0 \cdot V_{x,F_{jy}}^i$$
$$V_{y,0.3 \cdot F_{jx} + 1.0 \cdot F_{jy}}^i = 0.3 \cdot V_{y,F_{jx}}^i + 1.0 \cdot V_{y,F_{jy}}^i$$

Ροπές κάμψης υποστυλωμάτων

Για κάθε υποστύλωμα i της στάθμης j με ύψος h_j

- Σεισμικός Συνδυασμός $1.0 \cdot F_x + 0.3 \cdot F_y$

$$M_{x,1.0 \cdot F_{jx} + 0.3 \cdot F_{jy}}^i = V_{y,1.0 \cdot F_{jx} + 0.3 \cdot F_{jy}}^i \cdot \frac{h_j}{2}$$

$$M_{y,1.0 \cdot F_{jx} + 0.3 \cdot F_{jy}}^i = V_{x,1.0 \cdot F_{jx} + 0.3 \cdot F_{jy}}^i \cdot \frac{h_j}{2}$$

- Σεισμικός Συνδυασμός $0.3 \cdot F_x + 1.0 \cdot F_y$

$$M_{x,0.3 \cdot F_{jx} + 1.0 \cdot F_{jy}}^i = V_{y,0.3 \cdot F_{jx} + 1.0 \cdot F_{jy}}^i \cdot \frac{h_j}{2}$$

$$M_{y,0.3 \cdot F_{jx} + 1.0 \cdot F_{jy}}^i = V_{x,0.3 \cdot F_{jx} + 1.0 \cdot F_{jy}}^i \cdot \frac{h_j}{2}$$

