



ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΣΕ ΗΥ

Ενότητα 2: Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Διδάσκων: Κίρτας Εμμανουήλ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο ΤΕΙ Κεντρικής Μακεδονίας» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Ενότητα 2

ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΣΕ ΗΥ

Διδάσκων: Κίρτας Εμμανουήλ

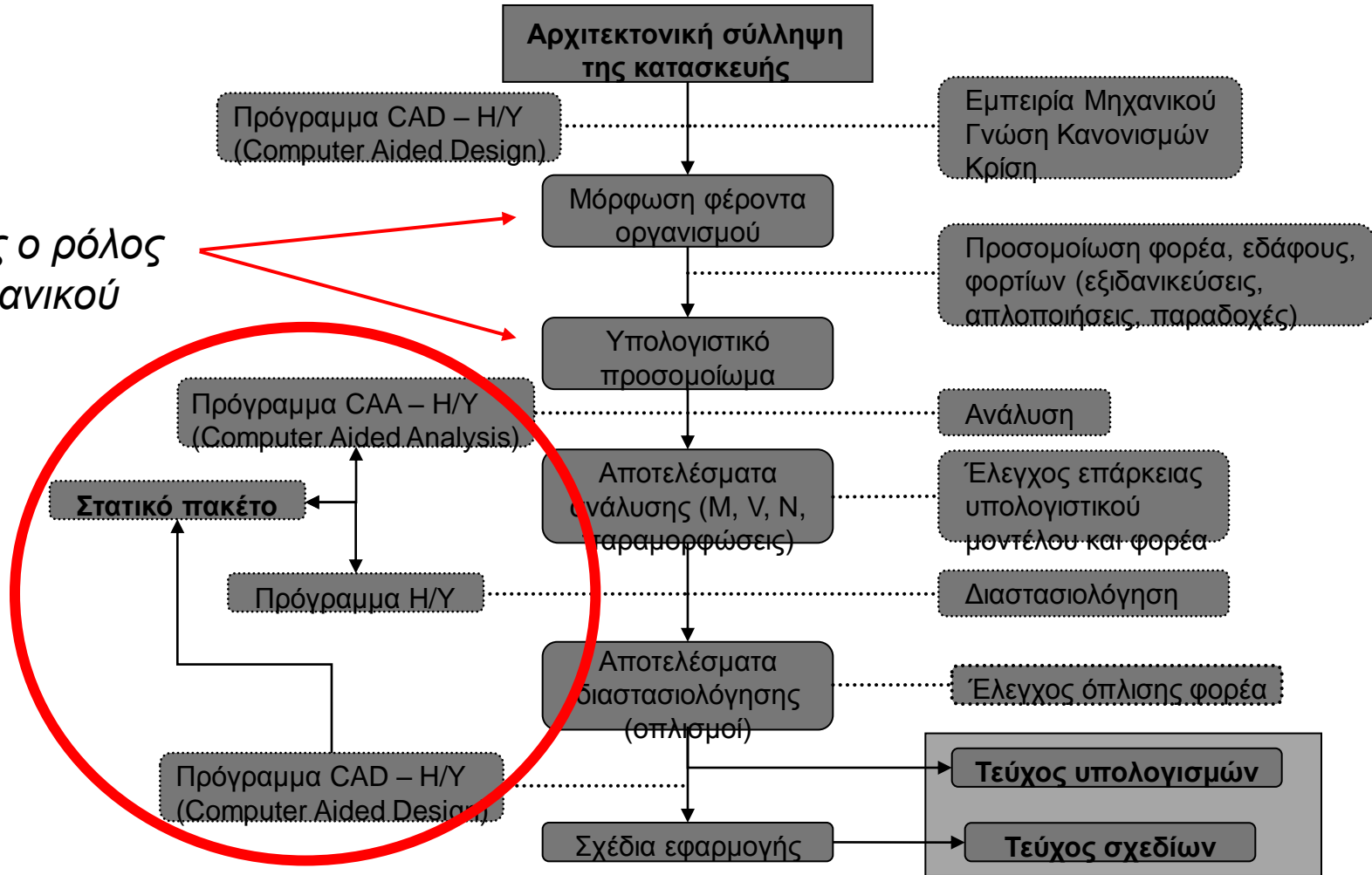
Περιεχόμενα ενότητας

1. Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Σκοποί ενότητας

Στάδια Δομοστατικής Μελέτης

Σημαντικός ο ρόλος του Μηχανικού



Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Φέρων οργανισμός της κατασκευής

Δομικά στοιχεία:

- Πλάκες
- Δοκοί
- Υποστυλώματα
- Τοιχώματα
- Στοιχεία θεμελίωσης



Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Φέρων οργανισμός της κατασκευής

Παραλαβή φορτίων:

- Η μεταφορά των φορτίων στο έδαφος γίνεται σε μικρό βαθμό από μεμονωμένα δομικά στοιχεία
- Η παραλαβή γίνεται κυρίως από σύνολα δομικών στοιχείων που συνεργάζονται μεταξύ τους
- Τα σύνολα αυτά δομικών στοιχείων ονομάζονται υποφορείς του φέροντος οργανισμού
- Οι υποφορείς φροντίζουν για την ασφαλή μεταφορά κατακόρυφων και οριζόντιων φορτίων στο έδαφος

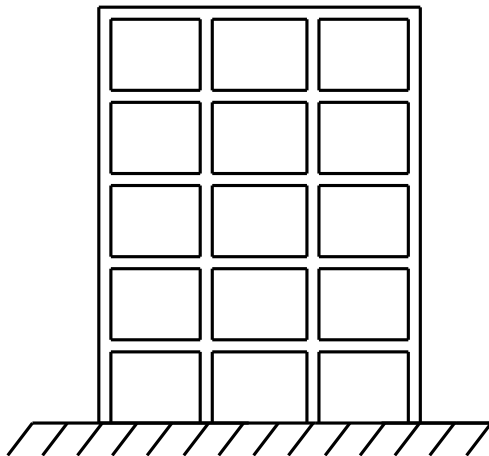
Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Φέρων οργανισμός της κατασκευής

Υποφορείς:

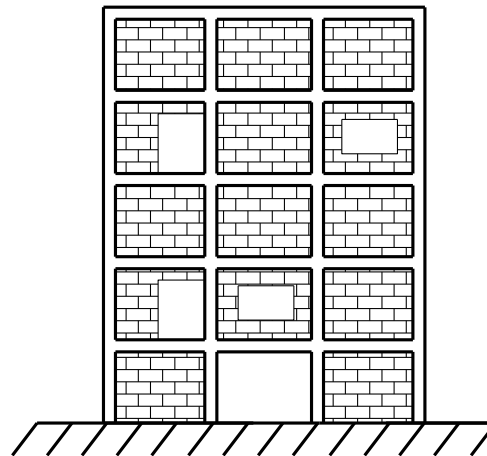
- Αμιγή πλαίσια με ή χωρίς τοιχοπληρώσεις

1α



Δίχως τοιχοπληρώσεις

1β



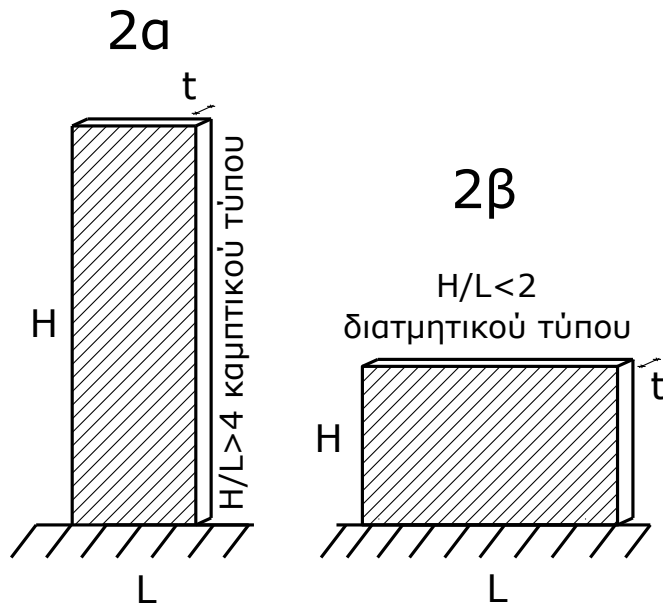
Με τοιχοπληρώσεις

Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Φέρων οργανισμός της κατασκευής

Υποφορείς:

- Επίπεδα τοιχώματα καμπτικού ή διατμητικού τύπου



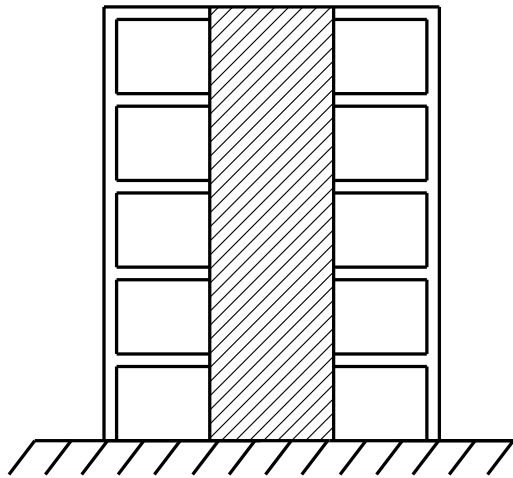
Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Φέρων οργανισμός της κατασκευής

Υποφορείς:

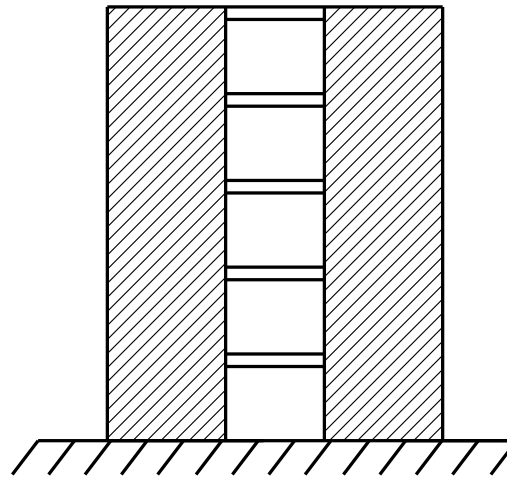
- Μικτά πλαίσια

3α



Σύζευξη αμιγών
πλαισίων με τοιχώματα

3β



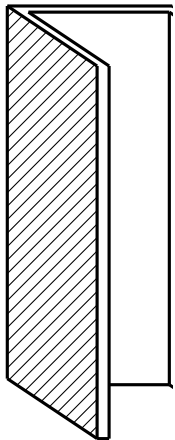
Σύζευξη τοιχωμάτων
μεταξύ τους

Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

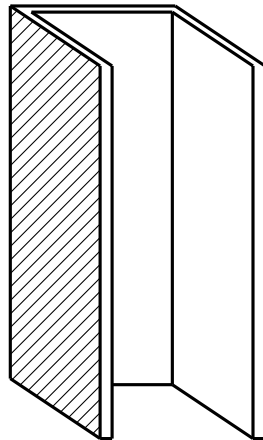
Φέρων οργανισμός της κατασκευής

Υποφορείς:

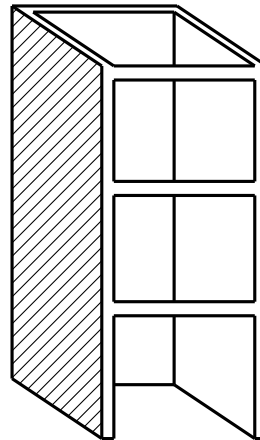
- Σύνθετα τοιχώματα - πυρήνες



4α

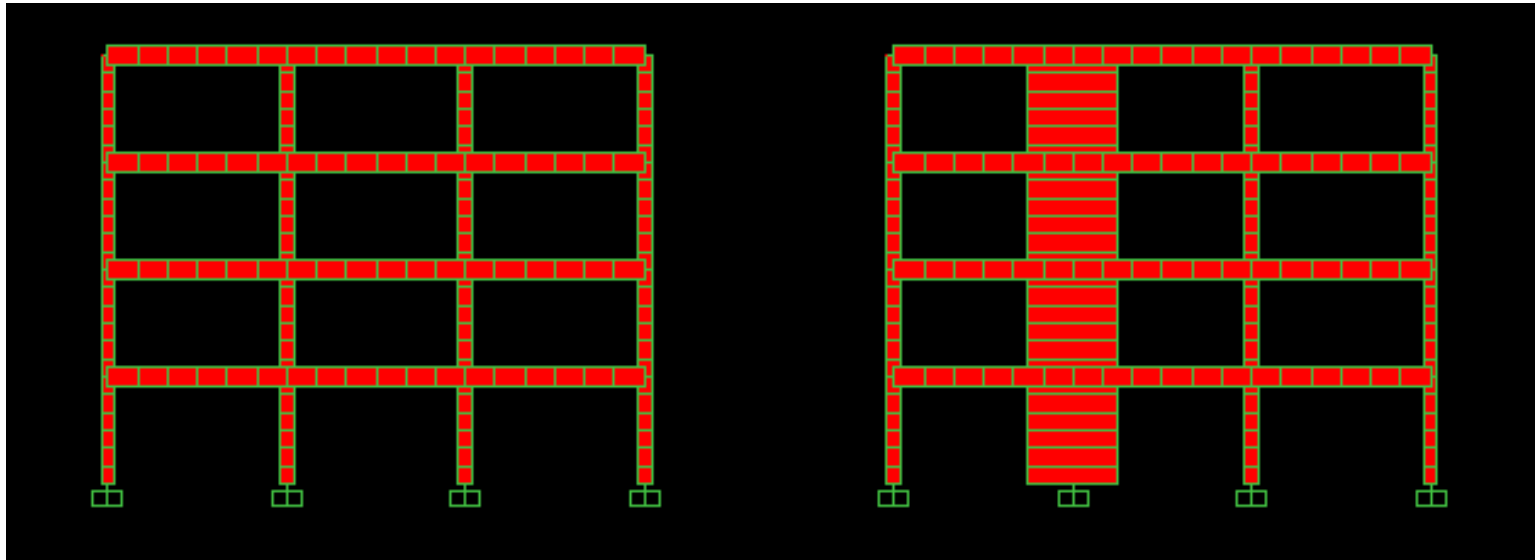


4β



Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Φέρων οργανισμός της κατασκευής
Εύκαμπτα και δύσκαμπτα συστήματα

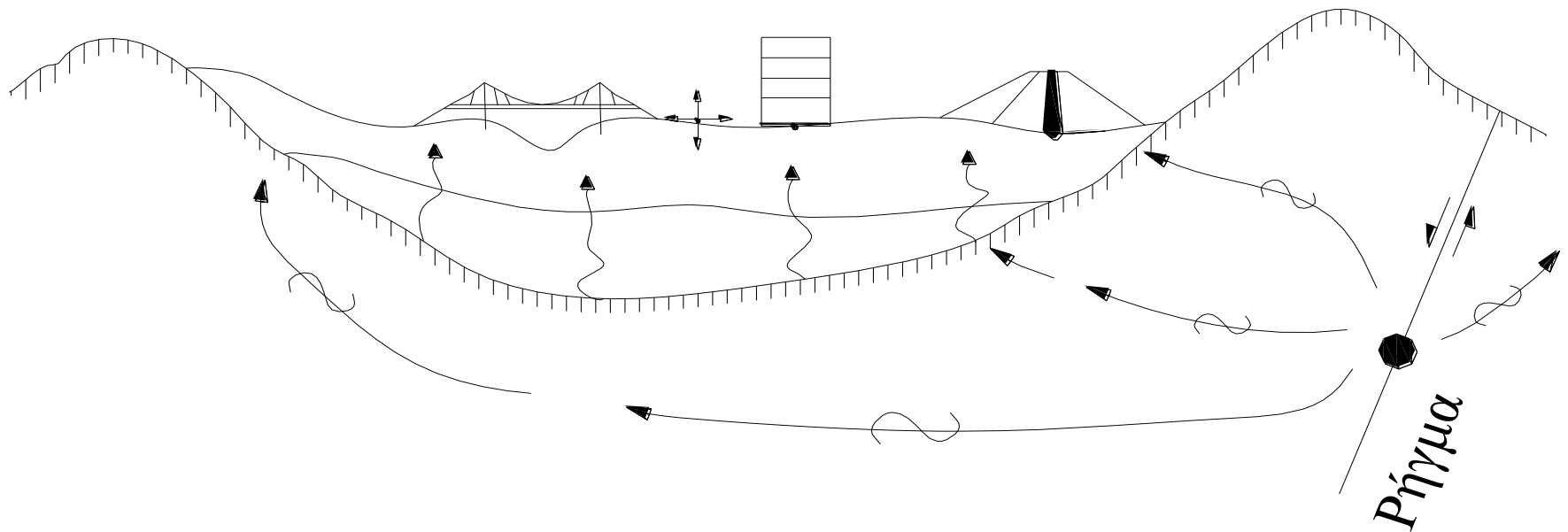


Αμιγώς πλαισιακά συστήματα
(Μεγάλη τιμή ιδιοπεριόδου T)

Μικτά συστήματα
(Μικρή τιμή ιδιοπεριόδου T)

Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

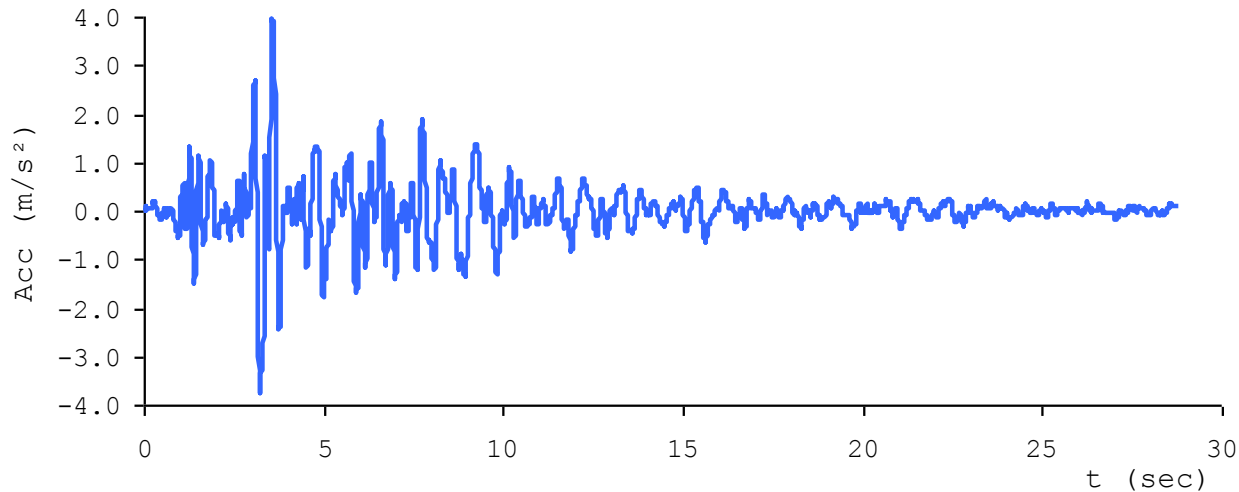
Σεισμός



Διάδοση σεισμικής ενέργειας με τη μορφή σεισμικών κυμάτων από την πηγή (ρήγμα) έως την επιφάνεια του εδάφους και την υπό μελέτη κατασκευή

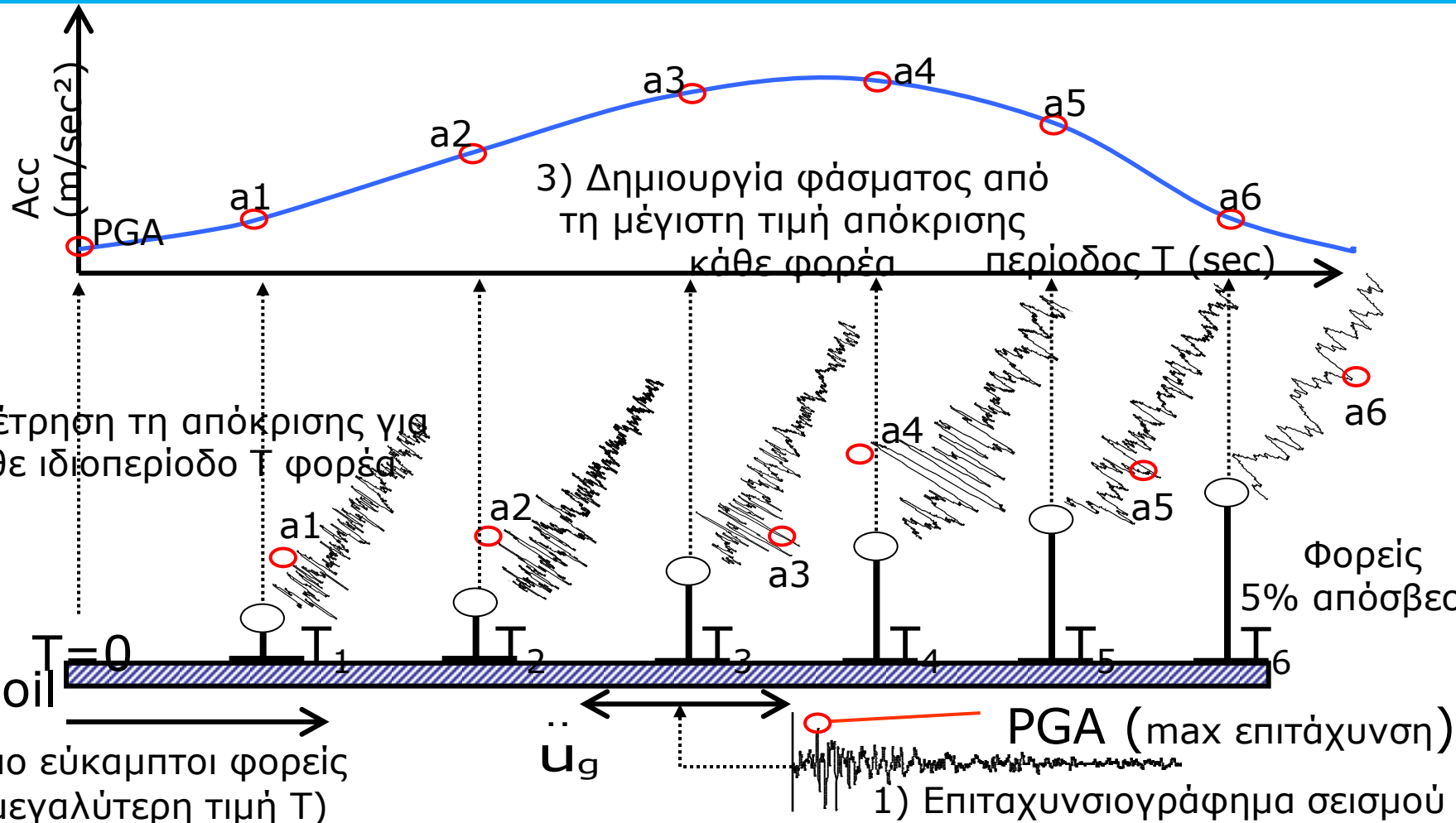
Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Επιταχυνσιογράφημα σεισμού



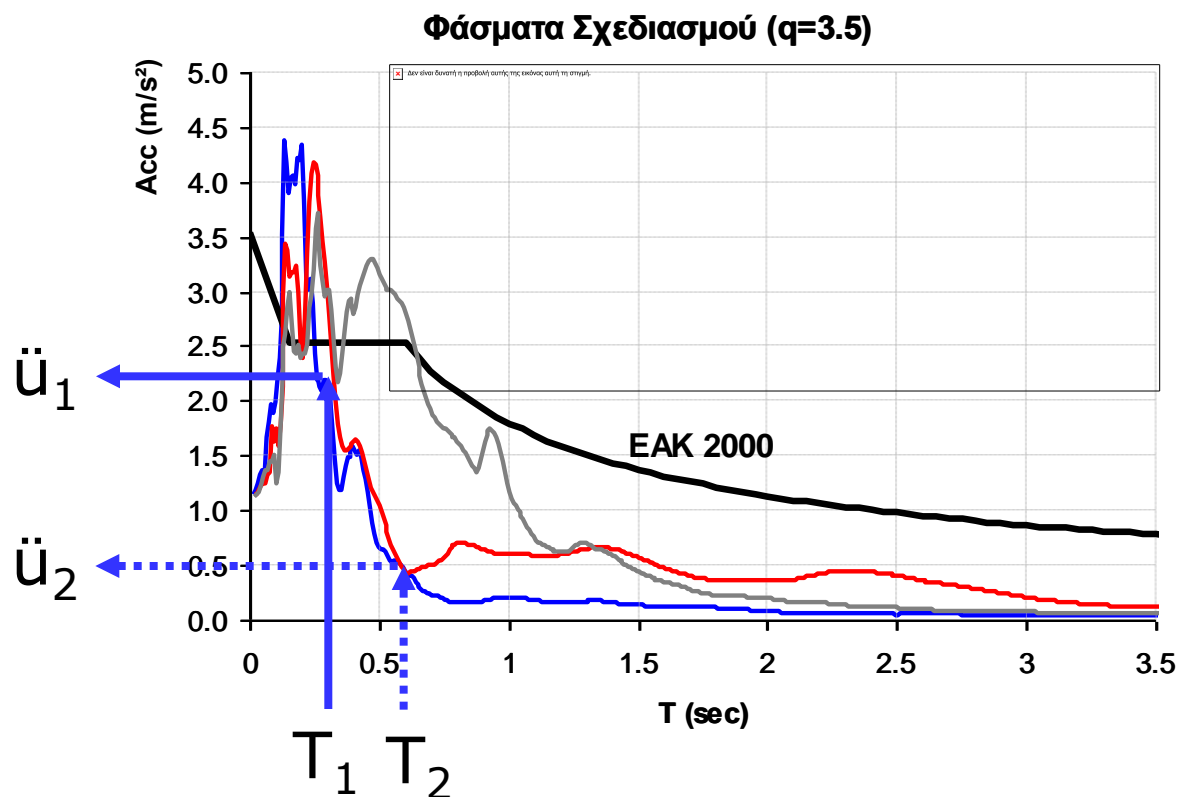
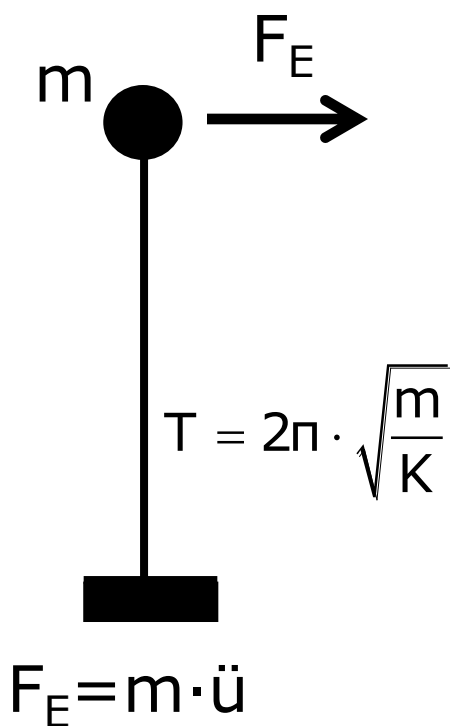
Ένας σεισμός επηρεάζει διαφορετικά την κάθε κατασκευή φορτίζοντάς την με διαφορετικό επίπεδο φορτίου και προκαλώντας διαφορετική απόκριση

Φάσμα απόκρισης σεισμού



Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

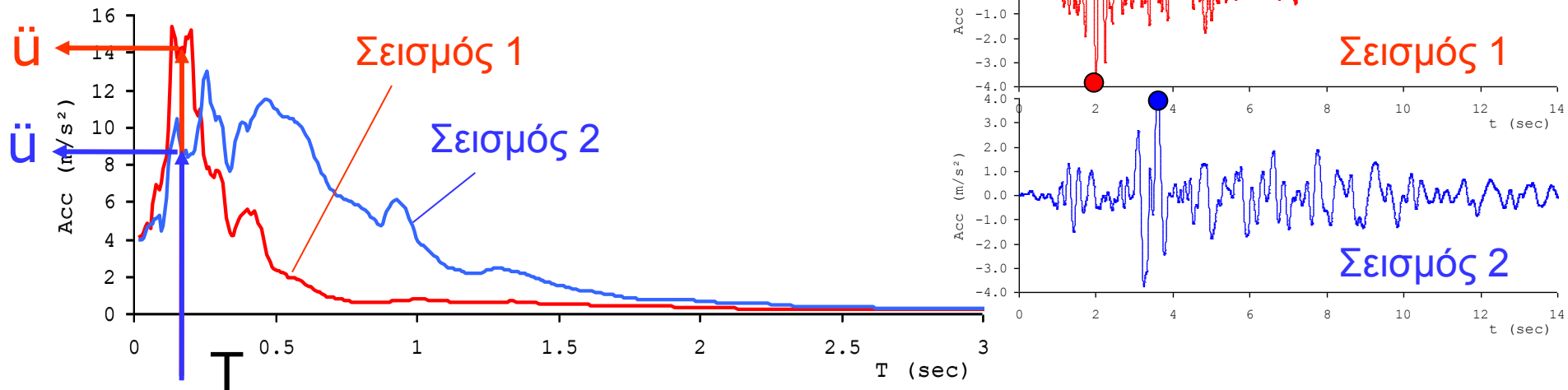
Μεγάλη τιμή ιδιοπεριόδου \rightarrow μειωμένα σεισμικά φορτία



Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Συντονισμός:

Σύμπτωση της δεσπόζουσας περιόδου του σεισμού με την ιδιοπερίοδο της κατασκευής

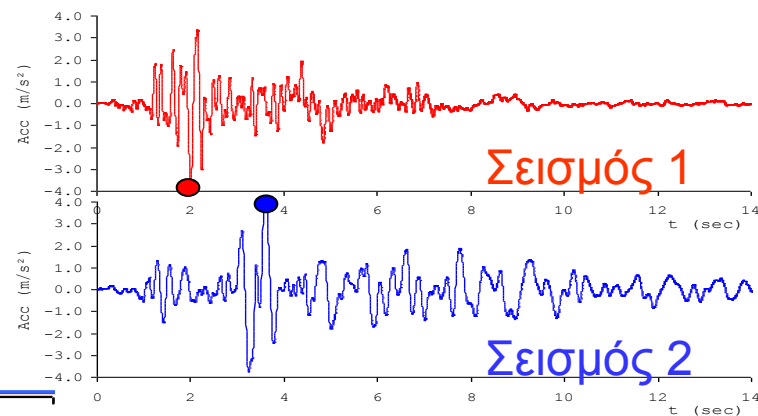
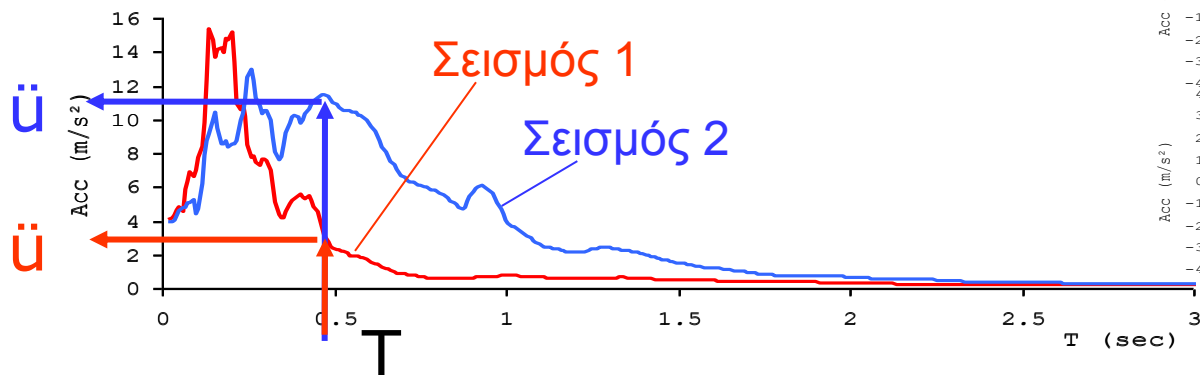


Σεισμός 1: δυσμενής για κτίρια μικρής ιδιοπεριόδου (δύσκαμπτα, χαμηλά, με τοιχώματα)

Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Συντονισμός:

Σύμπτωση της δεσπόζουσας περιόδου του σεισμού με την ιδιοπερίοδο της κατασκευής



Σεισμός 1: δυσμενής για κτίρια μικρής ιδιοπεριόδου (δύσκαμπτα, χαμηλά, με τοιχώματα)

Σεισμός 2: δυσμενής για κτίρια μεγάλης ιδιοπεριόδου (εύκαμπτα, ψηλά, δίχως πολλά τοιχώματα)

Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Φέρων οργανισμός της κατασκευής

Χαρακτηριστικά αμιγώς πλαισιακών συστημάτων:

- Εύκαμπτα συστήματα → μεγάλες μετακινήσεις
 - πιθανότητα βλαβών σε μη φέροντα στοιχεία
 - απαίτηση επεμβάσεων και σε μικρούς σεισμούς
- Εύκαμπτα συστήματα → μεγάλη τιμή ιδιοπεριόδου
 - μειωμένα σεισμικά φορτία
- Πλεονεκτούν σε στιφρά εδάφη (μικρή T) λόγω αποφυγής συντονισμού
- Μεγάλη δυνατότητα ανελαστικής συμπεριφοράς (πλαστιμότητα)
- Αξιόπιστη υπολογιστική προσομοίωση

Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

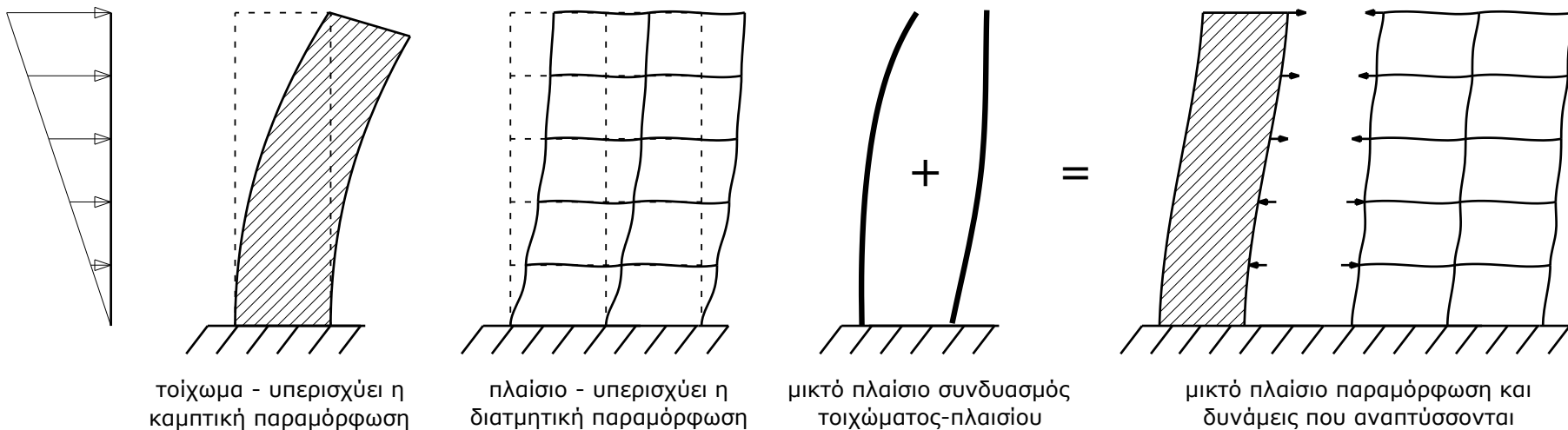
Φέρων οργανισμός της κατασκευής

Χαρακτηριστικά μικτών πλαισιακών συστημάτων:

- Δύσκαμπτα συστήματα → μικρές μετακινήσεις
 - περιορισμός βλαβών σε μη φέροντα στοιχεία
 - λειτουργικότητα μετά από μικρούς σεισμούς
- Δύσκαμπτα συστήματα → μικρή τιμή ιδιοπεριόδου
 - αυξημένα σεισμικά φορτία
- Πλεονεκτούν σε μαλακά εδάφη (μεγάλη T) λόγω αποφυγής συντονισμού
- Σημαντική δυνατότητα ανελαστικής συμπεριφοράς (πλαστιμότητα)
- Απαιτητική υπολογιστική προσομοίωση
- Αποφυγή ικανοτικού ελέγχου (επάρκεια τοιχωμάτων)

Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Φέρων οργανισμός της κατασκευής Τύποι παραμόρφωσης δομικών συστημάτων



Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

A) Μορφολογία κτιρίου σε κάτοψη

B) Μορφολογία κτιρίου καθ' ύψος

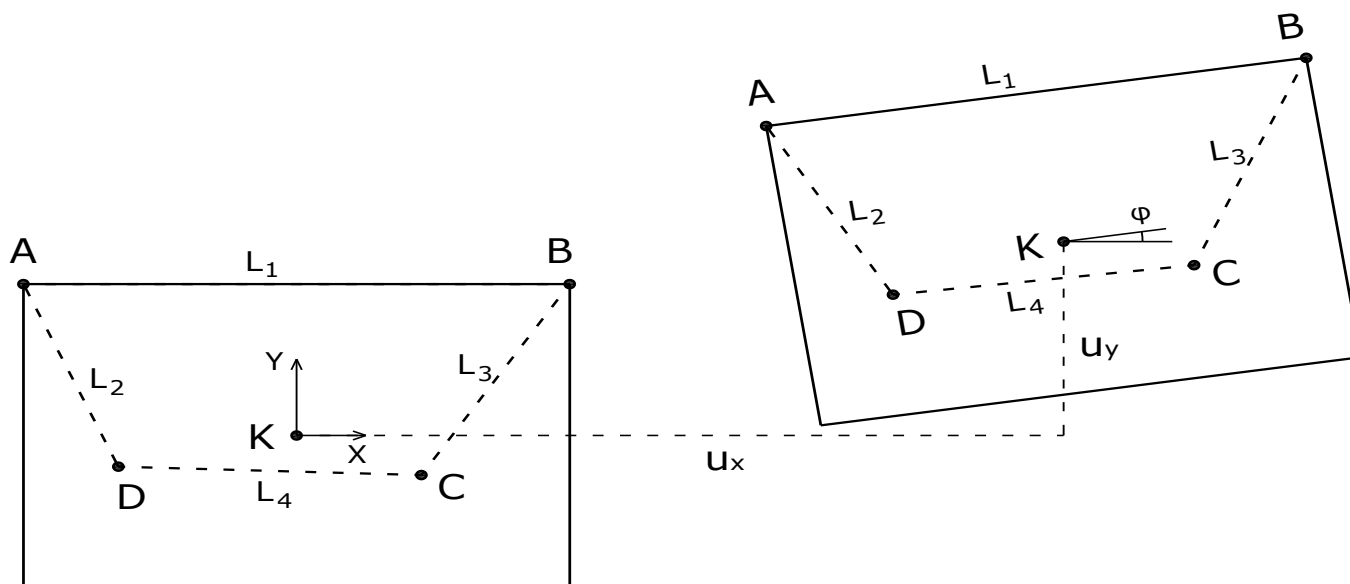
- Η μορφολογία του κτιρίου επηρεάζει τον τρόπο απόκρισης της κατασκευής τόσο σε στατικά αλλά κυρίως σε σεισμικά (οριζόντια) φορτία
- Κτίρια με καλή μορφολογία σε κάτοψη και καθ' ύψος έχουν προβλέψιμη σεισμική συμπεριφορά
- Τα παραπάνω κτίρια χαρακτηρίζονται από τον ΕΑΚ 2000 ως κανονικά κτίρια (ΕΑΚ 2000, §3.5.1)

Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Μορφολογία κτιρίου σε κάτοψη

Σχήμα κάτοψης κτιρίου (ΕΑΚ 2000 §3.5.1[4]α)

- Τα πατώματα λειτουργούν ως απαραμόρφωτα διαφράγματα στο επίπεδο τους
- Ελαχιστοποίηση των αβεβαιοτήτων στην κατανομή των οριζόντιων φορτίων

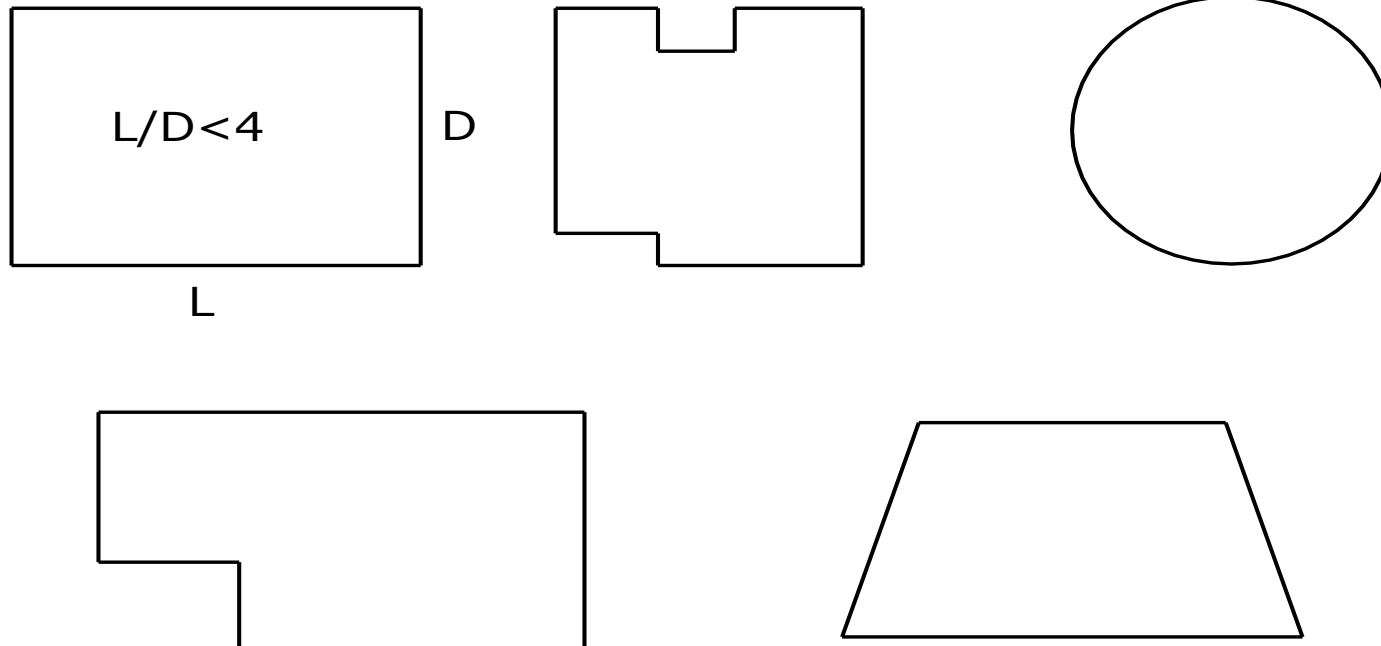


Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Μορφολογία κτιρίου σε κάτοψη

Σχήμα κάτοψης κτιρίου (ΕΑΚ 2000 §3.5.1[4]α)

- Εξασφαλισμένη διαφραγματική λειτουργία

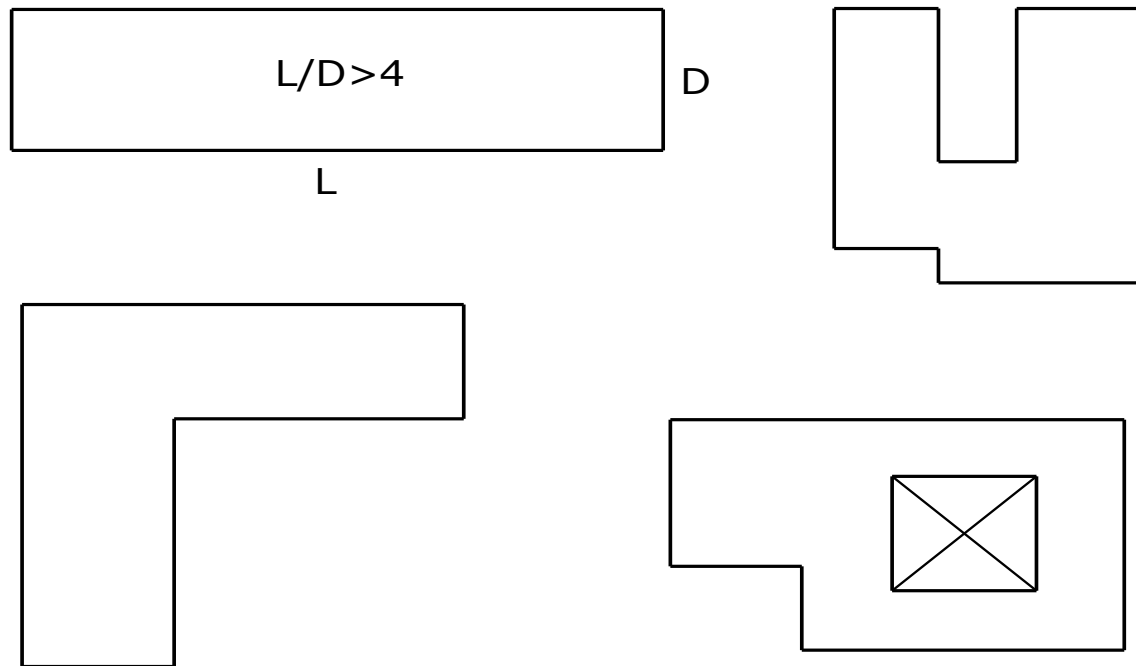


Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Μορφολογία κτιρίου σε κάτοψη

Σχήμα κάτοψης κτιρίου (ΕΑΚ 2000 §3.5.1[4]α)

- Αμφίβολη διαφραγματική λειτουργία

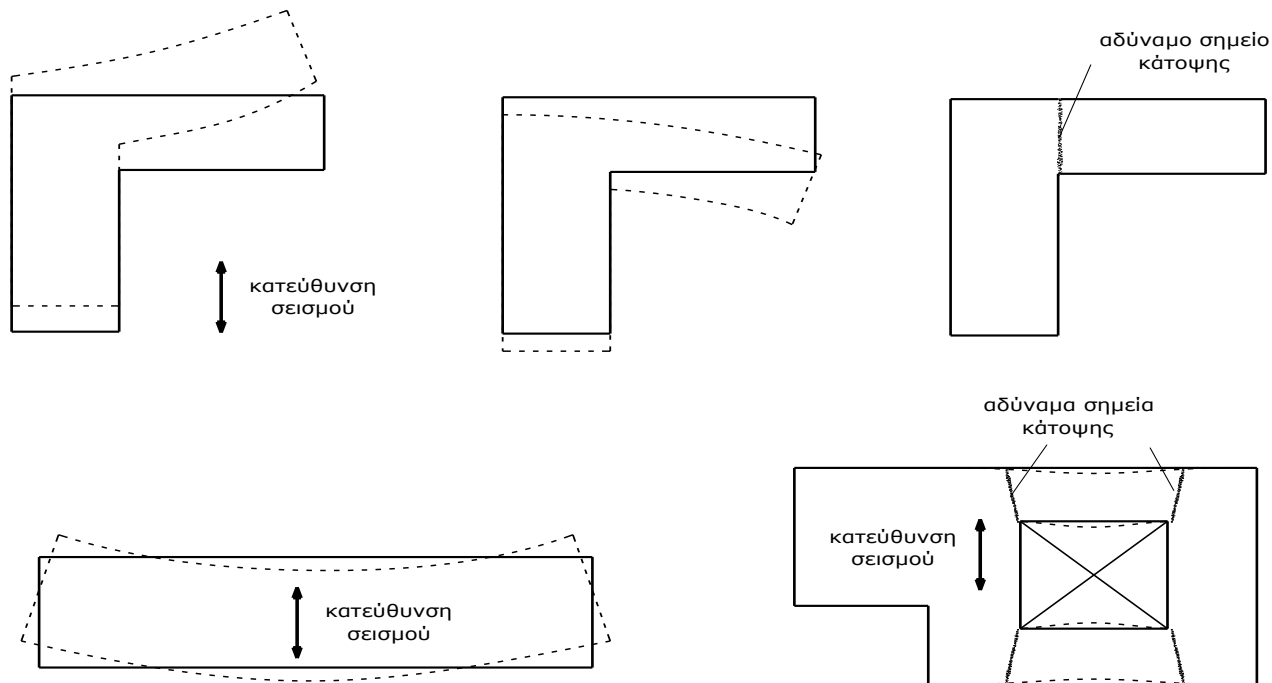


Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Μορφολογία κτιρίου σε κάτοψη

Σχήμα κάτοψης κτιρίου (ΕΑΚ 2000 §3.5.1[4]α)

- Αμφίβολη διαφραγματική λειτουργία



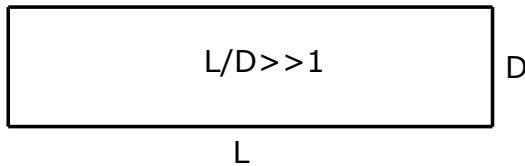
Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Μορφολογία κτιρίου σε κάτοψη

Σχήμα κάτοψης κτιρίου (ΕΑΚ 2000 §3.5.1[4]α)

- Αμφίβολη διαφραγματική λειτουργία

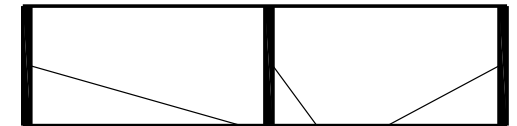
Κάτοψη αρχικού φορέα



Προτεινόμενη βελτίωση



Εναλλακτική προσέγγιση



προτεινόμενα σημεία ενίσχυσης δυσκαμψίας

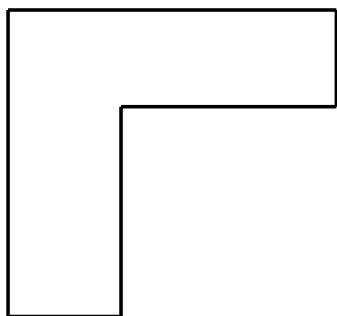
Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Μορφολογία κτιρίου σε κάτοψη

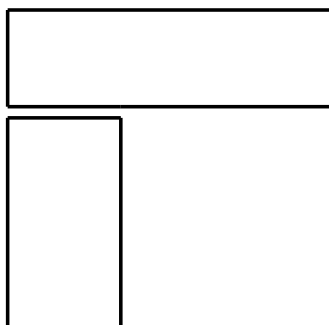
Σχήμα κάτοψης κτιρίου (ΕΑΚ 2000 §3.5.1[4]α)

- Αμφίβολη διαφραγματική λειτουργία

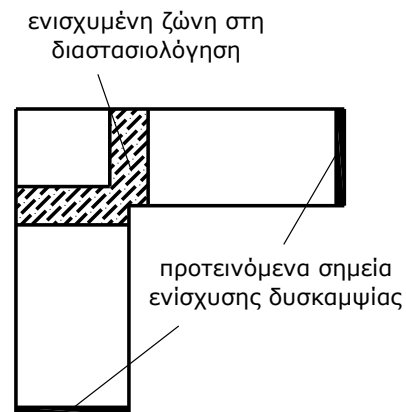
Κάτοψη αρχικού φορέα



Προτεινόμενη βελτίωση



Εναλλακτική προσέγγιση



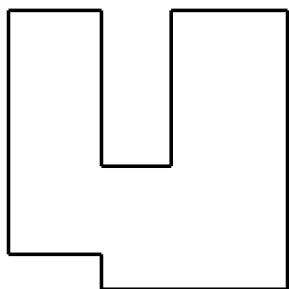
Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Μορφολογία κτιρίου σε κάτοψη

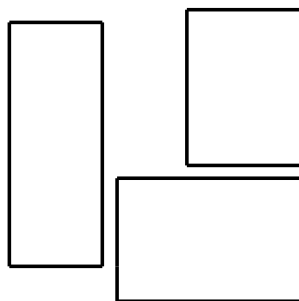
Σχήμα κάτοψης κτιρίου (ΕΑΚ 2000 §3.5.1[4]α)

- Αμφίβολη διαφραγματική λειτουργία

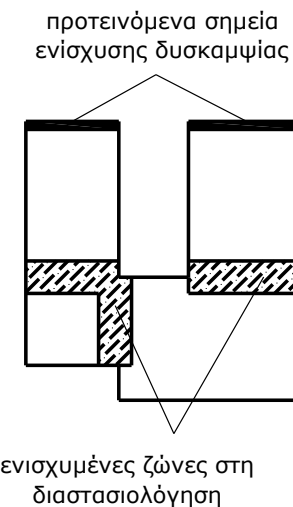
Κάτοψη αρχικού φορέα



Προτεινόμενη βελτίωση



Εναλλακτική προσέγγιση



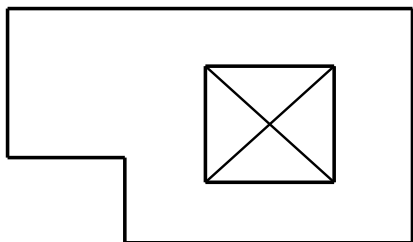
Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Μορφολογία κτιρίου σε κάτοψη

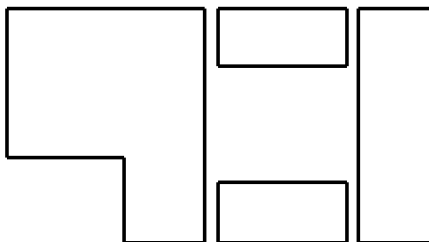
Σχήμα κάτοψης κτιρίου (ΕΑΚ 2000 §3.5.1[4]α)

- Αμφίβολη διαφραγματική λειτουργία

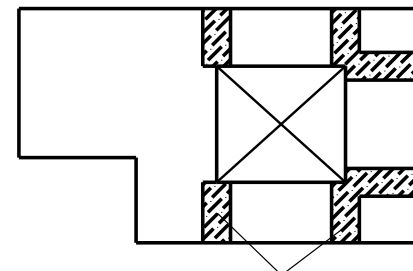
Κάτοψη αρχικού φορέα



Προτεινόμενη βελτίωση



Εναλλακτική προσέγγιση

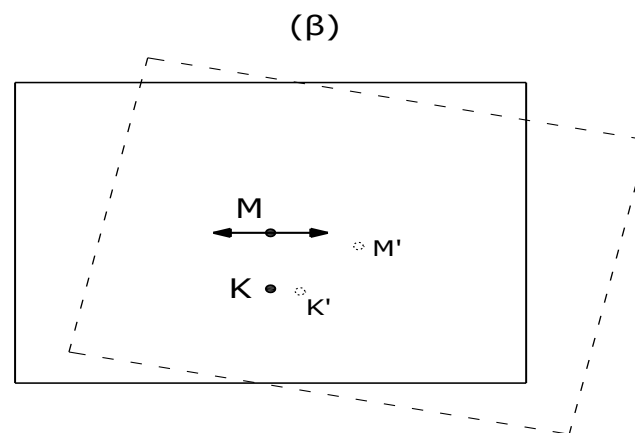
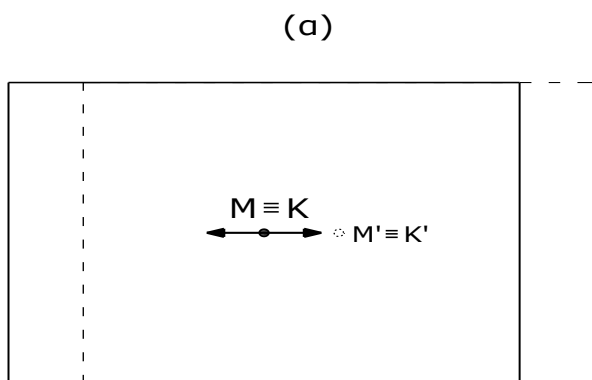


ενισχυμένες ζώνες στη
διαστασιολόγηση

Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Μορφολογία κτιρίου σε κάτοψη – Κατανομή μάζας και δυσκαμψίας

- Αποφυγή στρεπτικών επιπονήσεων
- Το κέντρο ελαστικής στροφής (κέντρο δυσκαμψίας) πρέπει να είναι κοντά στο κέντρο βάρους της κάτοψης
- Το κέντρο βάρους της κάτοψη ταυτίζεται με το γεωμετρικό της κέντρο όταν η κατανομή της μάζας σε κάτοψη είναι ομοιόμορφη



Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

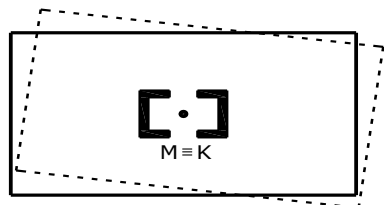
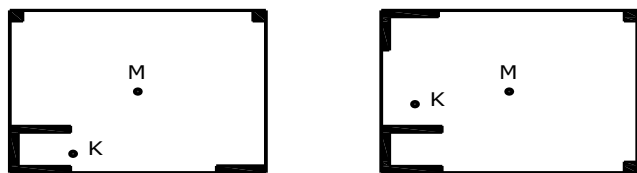
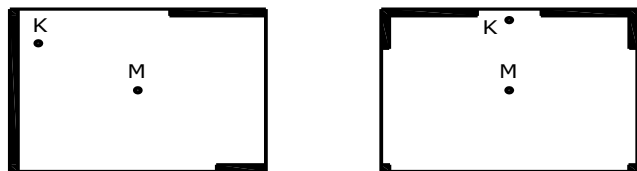
Μορφολογία κτιρίου σε κάτοψη – Κατανομή μάζας και δυσκαμψίας

- Μικρή απόσταση κέντρου βάρους με κέντρο ελαστικής στροφής
- Επάρκεια τοιχωμάτων και στις δυο διευθύνσεις
- Αποφυγή ασταθών διατάξεων τοποθέτησης τοιχωμάτων
- Γενικός κανόνας: τοποθέτηση τοιχωμάτων στην περίμετρο
 - Αύξηση δυνατότητας παραλαβής φορτίων
 - Αύξηση προσφερόμενης δυστρεψίας
 - Προσοχή στους καταναγκασμούς (θερμοκρασιακές μεταβολές) από τοιχώματα τύπου Γ ή Π

Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Μορφολογία κτιρίου σε κάτοψη – Κατανομή μάζας και δυσκαμψίας

Δυσμενής μορφολογία

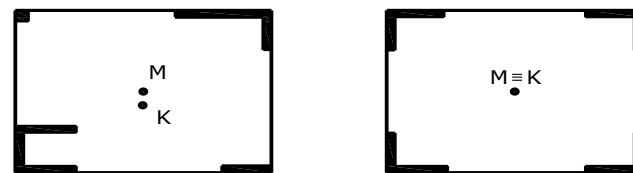
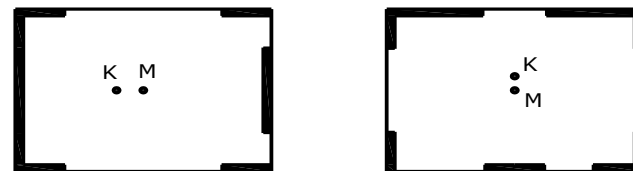


αποδεκτό μόνο για τετραγωνική κάτοψη και ισχυρό πυρήνα

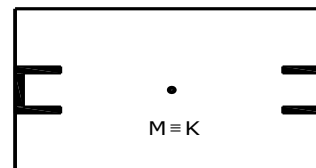


αποδεκτό μόνο για ισχυρό πυρήνα και ομοιόμορφη κατανομή της μάζας

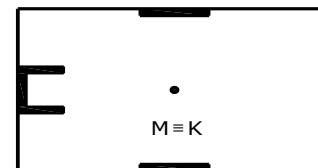
Ευνοϊκή μορφολογία



η διάταξη τοιχωμάτων τύπου Γ σε όλες τις γωνίες προκαλεί κάποια ανησυχία αναφορικά με τις συστολοδιαστολές της κάτοψης λόγω θερμοκρασιακών μεταβολών και συστολής ξηράνσεως



ερωτηματικό η συμπεριφορά κατά X-X σε θερμοκρασιακές μεταβολές

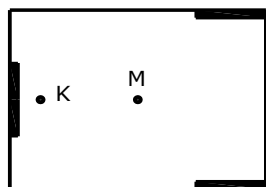


βελτιωμένη διάταξη

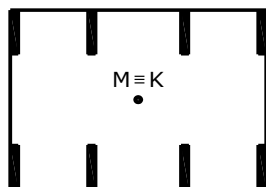
Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Μορφολογία κτιρίου σε κάτοψη – Κατανομή μάζας και δυσκαμψίας

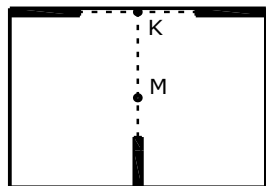
Δυσμενής μορφολογία



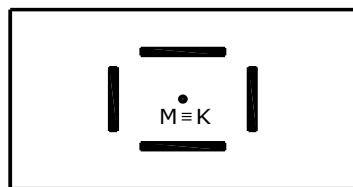
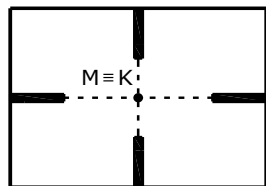
εύστρεπτο



τοιχώματα μόνο κατά Y-Y

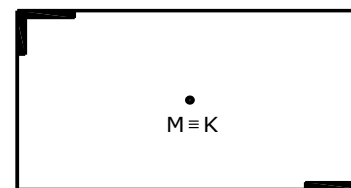
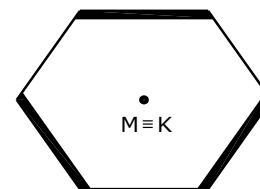


ασταθείς διατάξεις τοιχωμάτων

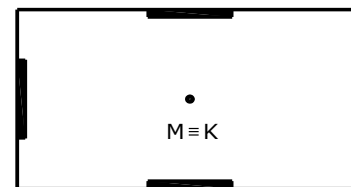


εύστρεπτο κτίριο - μειωμένη παραλαβή σεισμικών δυνάμεων

Ευνοϊκή μορφολογία



ερωτηματικό η συμπεριφορά κατά σε θερμοκρασιακές μεταβολές



βέλτιστη διάταξη τοιχωμάτων

Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Μορφολογία κτιρίου σε κάτοψη – Κατανομή μάζας και δυσκαμψίας
ΕΑΚ 2000 ((§Σ4.1.7.1α)

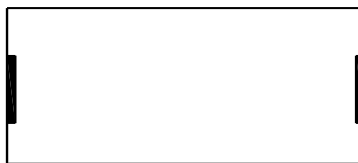
(α)-(β)-(γ) κατάλληλες κατόψεις

(δ)-(ε)-(ζ) σεισμικώς ανεπαρκείς ακατάλληλες κατόψεις

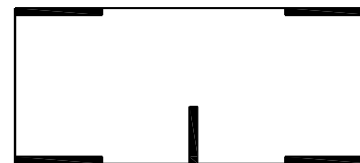
(η)-(θ)-(ι) δύστροπες σεισμικά επαρκείς κατόψεις αλλά με ενδεχόμενο καταναγκασμών



(α)



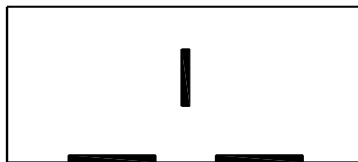
(δ)



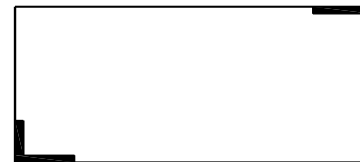
(η)



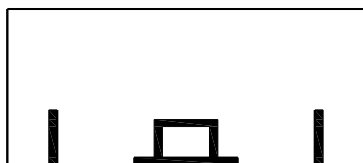
(β)



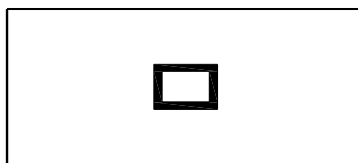
(ε)



(θ)



(γ)



(ζ)

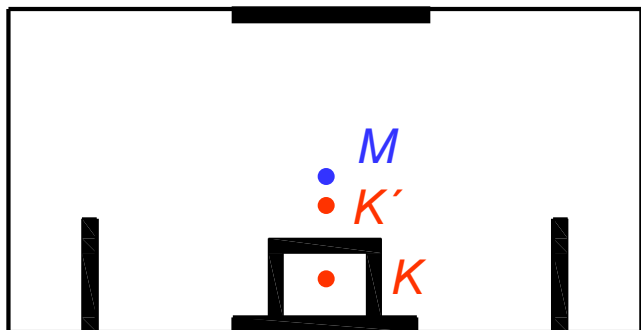


(ι)

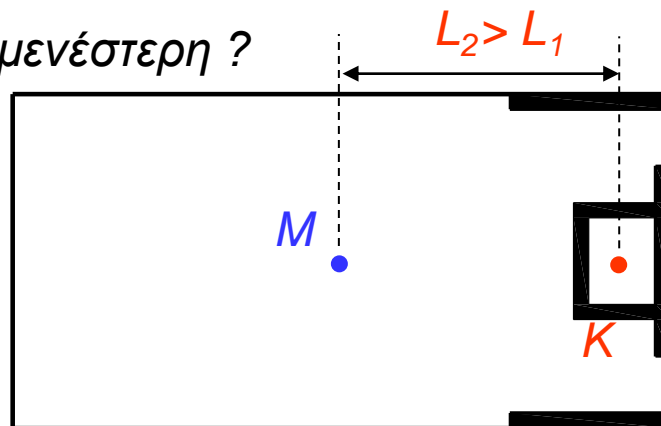
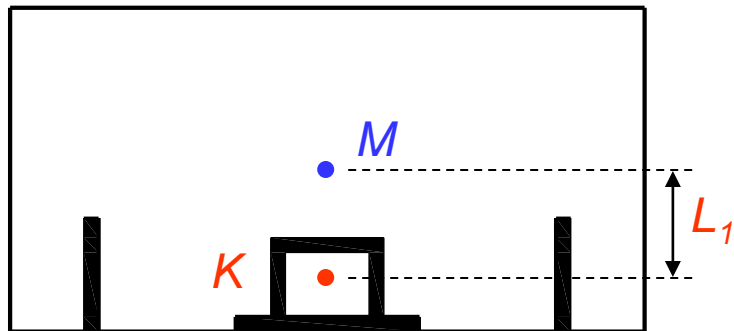
Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Μορφολογία κτιρίου σε κάτοψη – Κατανομή μάζας και δυσκαμψίας

Βελτίωση της κάτοψης (γ)



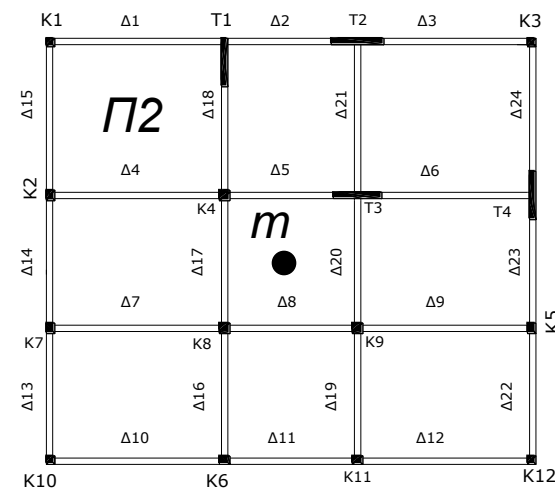
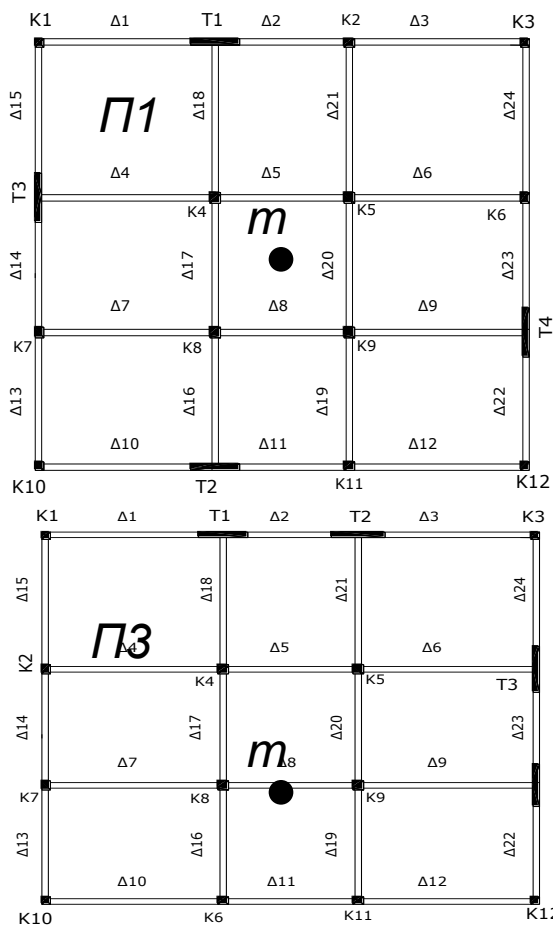
Ποια κάτοψη είναι δυσμενέστερη ?



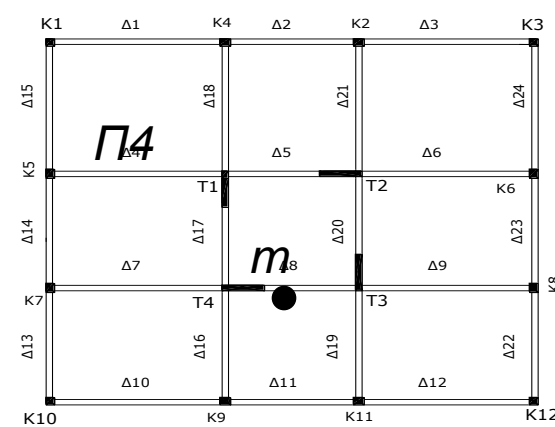
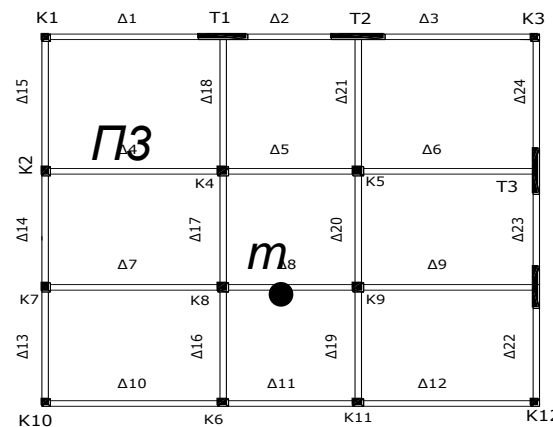
Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Μορφολογία κτιρίου σε κάτοψη – Κατανομή μάζας και δυσκαμψίας

Παράδειγμα επιρροής
θέσης τοιχωμάτων
(Χριστοπούλου, 2005)



Ποια θέση τοιχωμάτων
φαίνεται ευμενέστερη ??

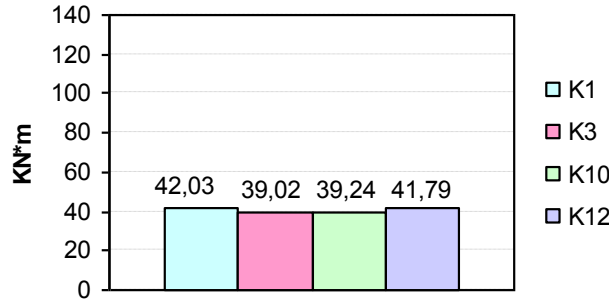


Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

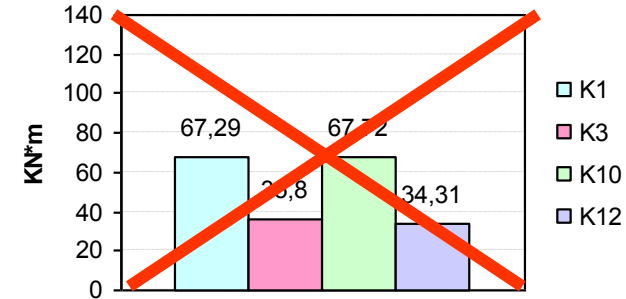
Μορφολογία κτιρίου σε κάτοψη – Κατανομή μάζας και δυσκαμψίας

Παράδειγμα επιρροής
θέσης τοιχωμάτων
(Χριστοπούλου, 2005)

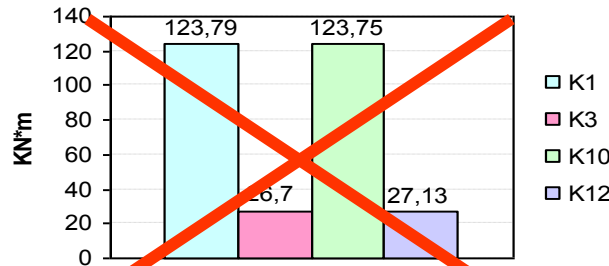
Ροπή κάμψης υποστυλώματος



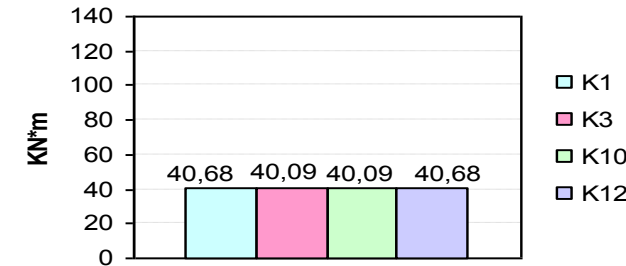
Προσομοίωμα 1(α) - base



Προσομοίωμα 2(α) - base



Προσομοίωμα 3(α) - base



Προσομοίωμα 4(α) - base

Γιατί να προτιμηθεί το

Π1 από το Π4 ??

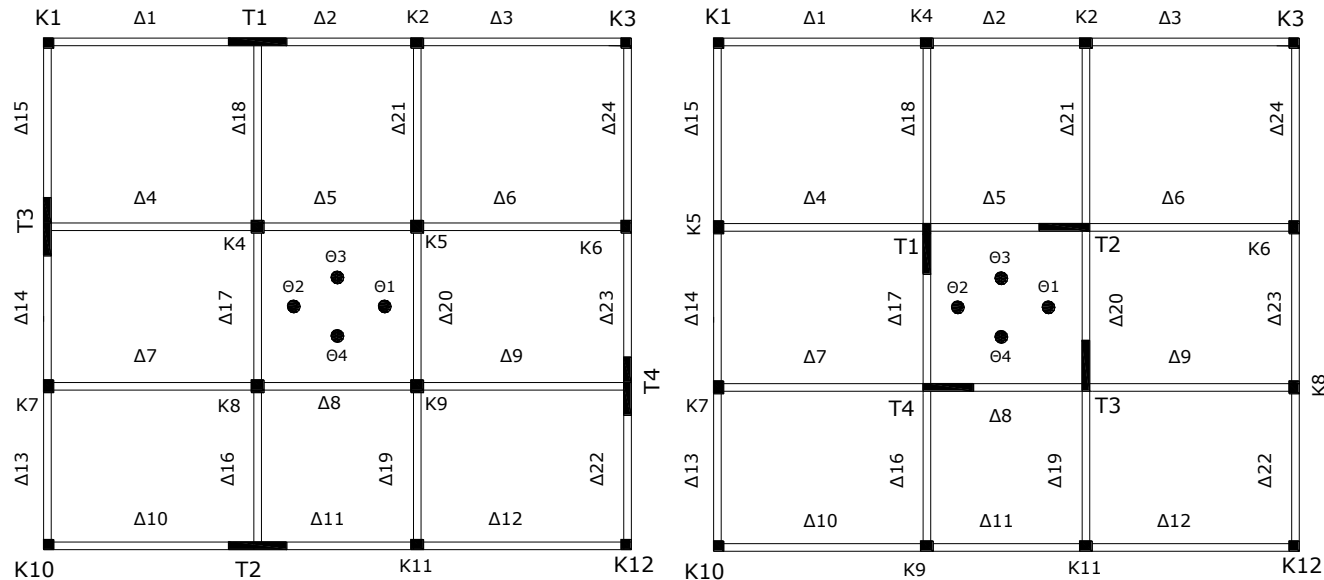
Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Μορφολογία κτιρίου σε κάτοψη – Κατανομή μάζας και δυσκαμψίας

Παράδειγμα επιρροής
θέσης τοιχωμάτων
(Χριστοπούλου, 2005)

Εφαρμογή πλήρους δυναμικής
φασματικής ανάλυσης του ΕΑΚ 2000

Για πιο λόγο επιβάλλεται
η μετακίνηση της μάζας
από το γεωμετρικό
κέντρο της κάτοψης ??



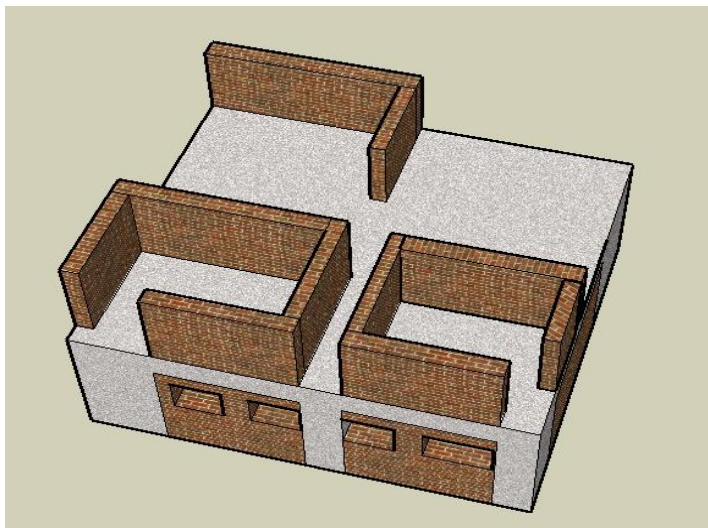
Μετακίνηση της μάζας σε 4 θέσεις (τυχηματική εκκεντρότητα)

Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

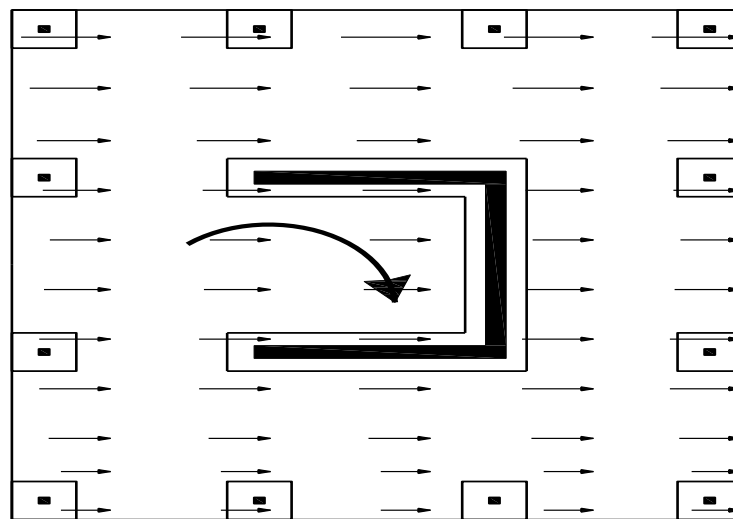
Μορφολογία κτιρίου σε κάτοψη – Κατανομή μάζας και δυσκαμψίας

Παράδειγμα επιρροής
θέσης τοιχωμάτων
(Χριστοπούλου, 2005)

Υπάρχουν στρεπτικές επιπλοήσεις που
πρέπει να ληφθούν υπόψη



Πραγματική κατανομή της μάζας την
ώρα του σεισμού



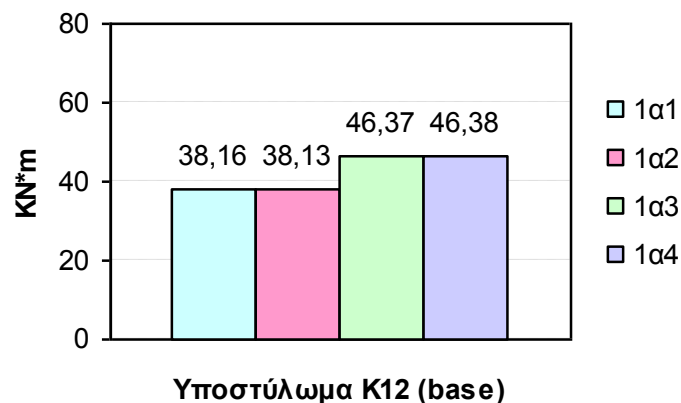
Διαφορική εισαγωγή της κίνησης του εδάφους
στην κατασκευή κατά τη διάρκεια του σεισμού

Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

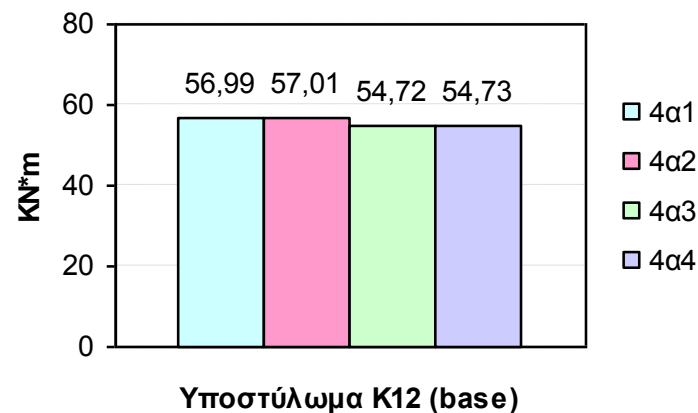
Μορφολογία κτιρίου σε κάτοψη – Κατανομή μάζας και δυσκαμψίας

Παράδειγμα επιρροής
θέσης τοιχωμάτων
(Χριστοπούλου, 2005)

Εφαρμογή πλήρους δυναμικής
φασματικής ανάλυσης του ΕΑΚ 2000



Προσομοίωμα Π1



Προσομοίωμα Π4

Αυξημένη ένταση κατά 30%

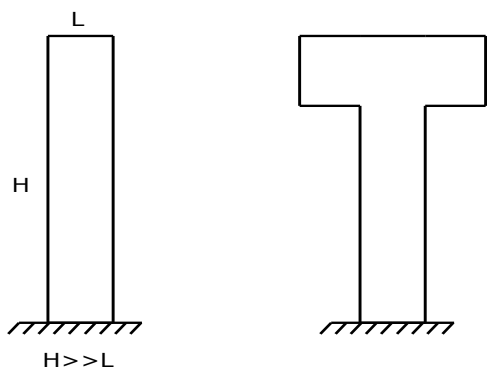
Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Μορφολογία κτιρίου καθ' ύψος

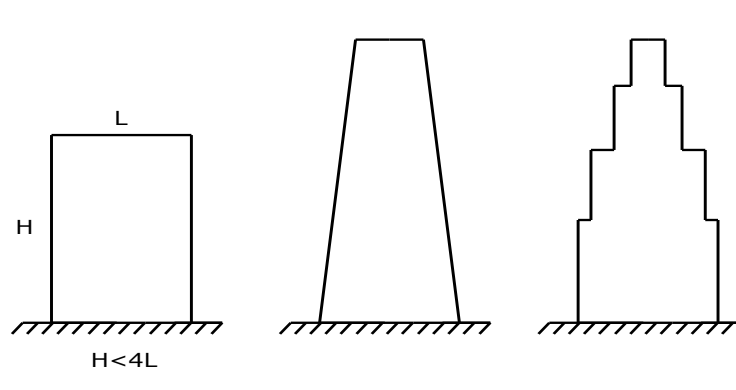
Σχήμα κτιρίου καθ' ύψος

- Κανονικό ορθογωνικό σχήμα διασφαλίζει την ομαλή ροή των σεισμικών φορτίων από την ανωδομή στο έδαφος
- Σε περίπτωση απόκλισης η μετάβαση να γίνεται από μεγαλύτερο όγκο στους χαμηλούς ορόφους προς μικρότερο στους ψηλούς ορόφους

Δυσμενής μορφολογία



Ευνοϊκή μορφολογία



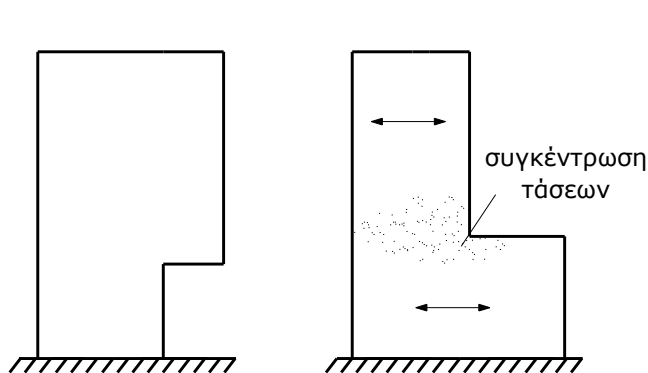
Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Μορφολογία κτιρίου καθ' ύψος

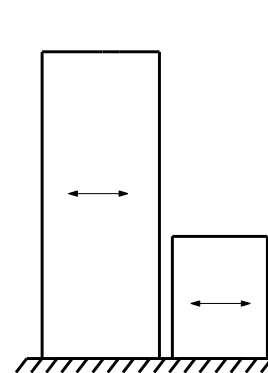
Σχήμα κτιρίου καθ' ύψος

- Κανονικό ορθογωνικό σχήμα διασφαλίζει την ομαλή ροή των σεισμικών φορτίων από την ανωδομή στο έδαφος
- Σε περίπτωση απόκλισης η μετάβαση να γίνεται από μεγαλύτερο όγκο στους χαμηλούς ορόφους προς μικρότερο στους ψηλούς ορόφους

Δυσμενής μορφολογία



Ευνοϊκή μορφολογία



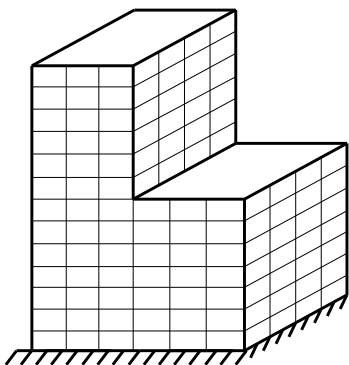
Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Μορφολογία κτιρίου καθ' ύψος

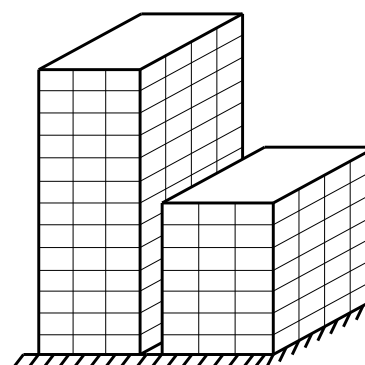
Σχήμα κτιρίου καθ' ύψος

- Κανονικό ορθογωνικό σχήμα διασφαλίζει την ομαλή ροή των σεισμικών φορτίων από την ανωδομή στο έδαφος
- Σε περίπτωση απόκλισης η μετάβαση να γίνεται από μεγαλύτερο όγκο στους χαμηλούς ορόφους προς μικρότερο στους ψηλούς ορόφους

Δυσμενής μορφολογία



Ευνοϊκή μορφολογία

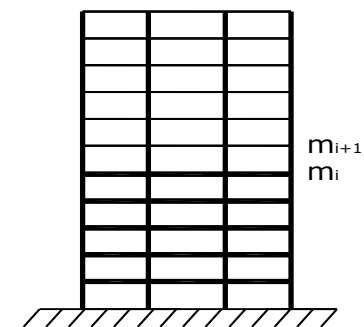


Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

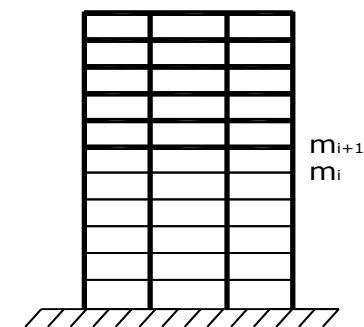
Μορφολογία κτιρίου καθ' ύψος

Κατανομή μάζας και δυσκαμψίας κτιρίου καθ' ύψος – Κανονικά κτίρια

- Η αύξηση της μάζας και της δυσκαμψίας καθ' ύψος δεν πρέπει να υπερβαίνει το 35% της μάζας και δυσκαμψίας του προηγούμενου ορόφου
- Η μείωση της μάζας ή της δυσκαμψίας καθ' ύψος δεν πρέπει να υπερβαίνει το 50% της μάζας και δυσκαμψίας του προηγούμενου ορόφου

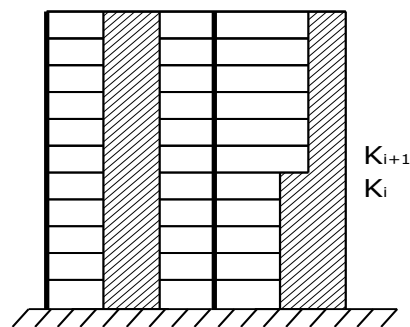


Πρέπει $m_{i+1} \geq 0.50 \cdot m_i$

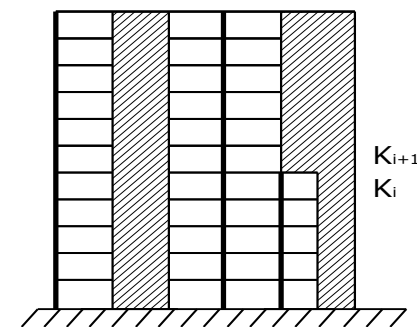


Πρέπει $m_{i+1} \leq 1.35 \cdot m_i$

Τελικά πρέπει: $0.5 \leq \frac{m_{i+1}}{m_i} \leq 1.35$



Πρέπει $K_{i+1} \geq 0.50 \cdot K_i$



Πρέπει $K_{i+1} \leq 1.35 \cdot K_i$

Τελικά πρέπει: $0.5 \leq \frac{K_{i+1}}{K_i} \leq 1.35$

Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Μορφολογία κτιρίου καθ' ύψος

Κατανομή μάζας και δυσκαμψίας κτιρίου καθ' ύψος – Κανονικά κτίρια

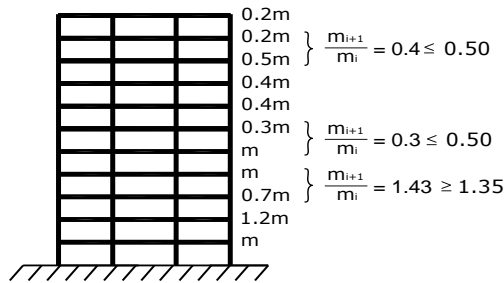
- Η αύξηση της μάζας και της δυσκαμψίας καθ' ύψος δεν πρέπει να υπερβαίνει το 35% της μάζας και δυσκαμψίας του προηγούμενου ορόφου
- Η μείωση της μάζας ή της δυσκαμψίας καθ' ύψος δεν πρέπει να υπερβαίνει το 50% της μάζας και δυσκαμψίας του προηγούμενου ορόφου
- Απότομη μεταβολή μάζας ή δυσκαμψίας προκαλούν συγκεντρωση τάσεων σε κάποια επίπεδα
- Τυχόν ανοίγματα σε τοιχώματα πρέπει να είναι μικρά και ομοιόμορφα τοποθετημένα
- Κοντά υποστυλώματα και σχηματισμός μαλακού ορόφου πρέπει να αποφεύγονται

Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

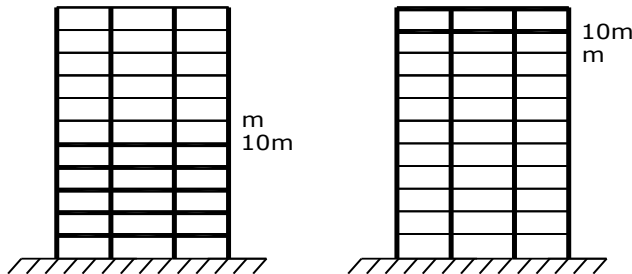
Μορφολογία κτιρίου καθ' ύψος

Κατανομή μάζας και δυσκαμψίας κτιρίου καθ' ύψος – Κανονικά κτίρια

Δυσμενής μορφολογία

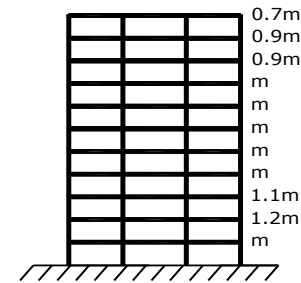


δεν ισχύουν τα όρια κανονικότητας -
υπάρχει και γενικότερη ανομοιομορφία
μαζών των ορόφων

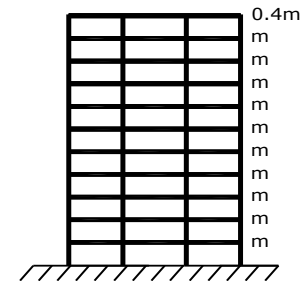


απότομη μεταβολή μάζας σε μια στάθμη
σημαντική συγκέντρωση έντασης πέραν των
θεμάτων κανονικότητας

Ευνοϊκή μορφολογία



ισχύουν τα όρια κανονικότητας και οι
μεταβολές των μαζών δεν είναι σημαντικές
μεταξύ των ορόφων

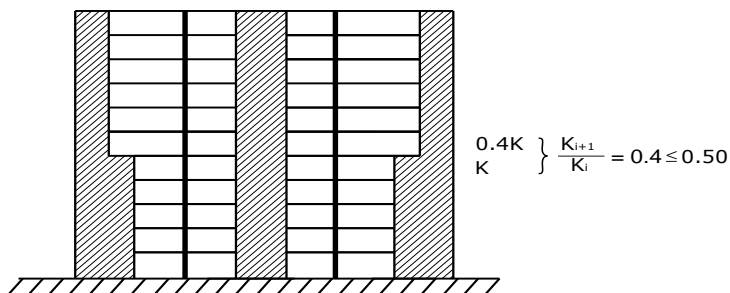


Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

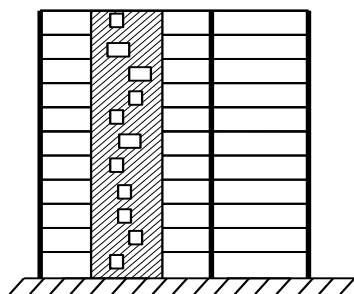
Μορφολογία κτιρίου καθ' ύψος

Κατανομή μάζας και δυσκαμψίας κτιρίου καθ' ύψος – Κανονικά κτίρια

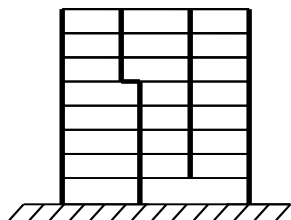
Δυσμενής μορφολογία



απότομη μεταβολή της
δυσκαμψίας σε μια στάθμη

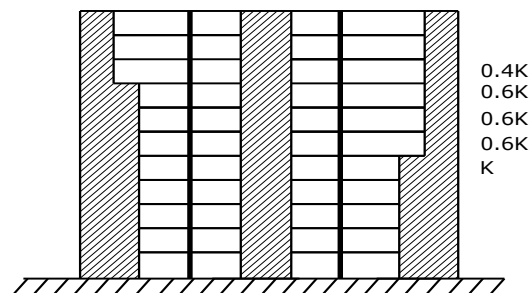


ακανόνιστα ανοίγματα
στο τοίχωμα

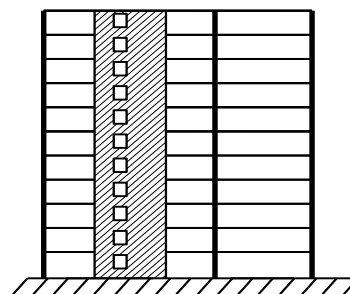


μη ομαλή ροή δυνάμεων
φυτευτά υποστυλώματα

Ευνοϊκή μορφολογία



σταδιακή μεταβολή της δυσκαμψίας



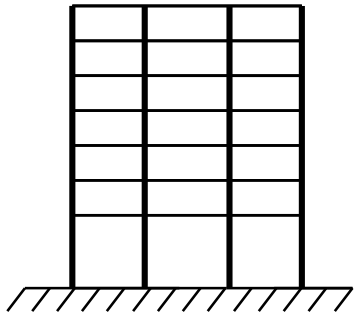
Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Μορφολογία κτιρίου καθ' ύψος

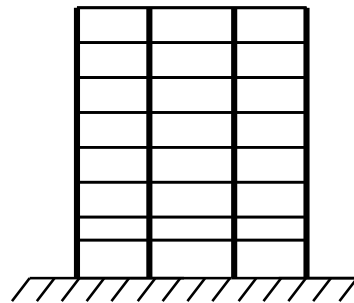
Κατανομή μάζας και δυσκαμψίας κτιρίου καθ' ύψος – Κανονικά κτίρια

Δυσμενής μορφολογία

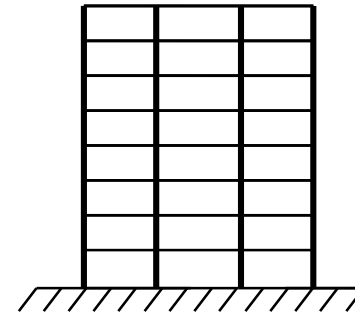
Ευνοϊκή μορφολογία



μαλακός όροφος



κοντά υποστυλώματα



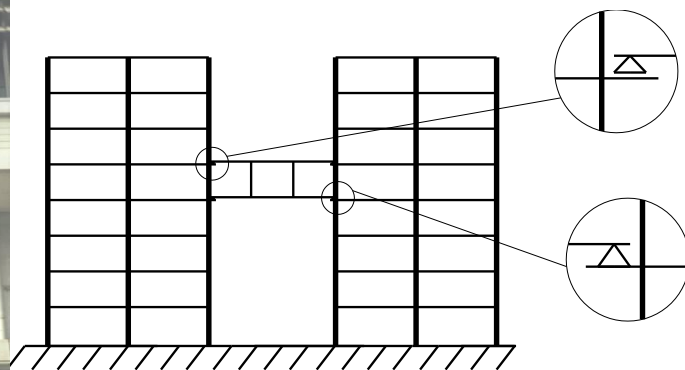
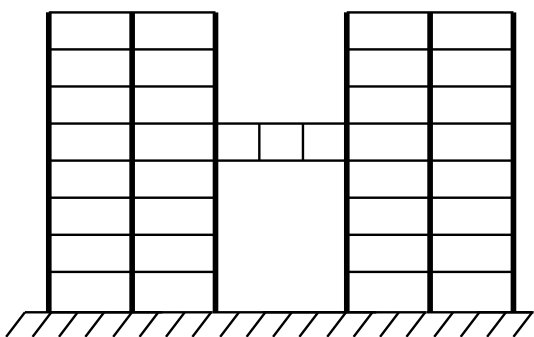
Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Μορφολογία κτιρίου καθ' ύψος

Κατανομή μάζας και δυσκαμψίας κτιρίου καθ' ύψος – Κανονικά κτίρια

Δυσμενής μορφολογία

Ευνοϊκή μορφολογία



Σεισμός Kobe $M=7.2$, Japan 17/01/1995

Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Μαλακός όροφος

- Η ύπαρξη ενός ορόφου με πολύ μειωμένη δυσκαμψία σε σχέση με τους γειτονικούς του ορόφους
- Συχνότερη η εμφάνιση μαλακού ορόφου στο ισόγειο κτιρίων (πυλωτή ή καταστήματα) λόγω της απουσίας τοιχοποιίας πλήρωσης

Οι τοιχοποιίες πλήρωσης δεν αποτελούν δομικό στοιχείο του φέροντος οργανισμού, η παρουσία τους όμως αυξάνει de facto την δυσκαμψία των πλαισίων-υποφορέων

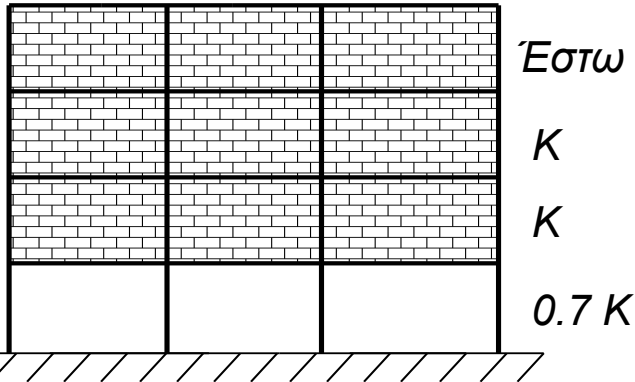
- Σημαντικότερο το πρόβλημα όταν η έλλειψη τοιχοποιίας πλήρωσης συνοδεύεται από φέροντα οργανισμό δίχως τοιχώματα (αμιγή πλαίσια)

Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Μαλακός όροφος

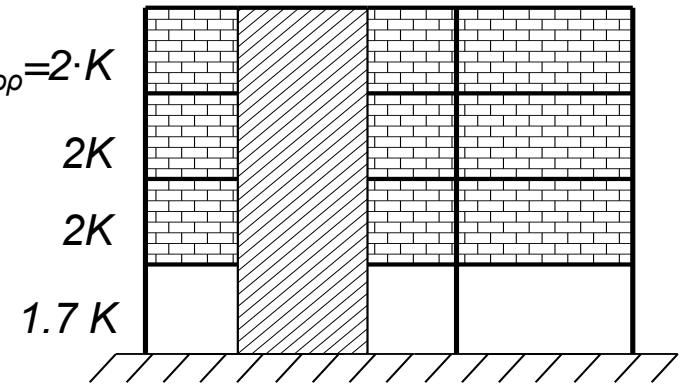
- Σημαντικότερο το πρόβλημα όταν η έλλειψη τοιχοποιίας πλήρωσης συνοδεύεται από φέροντα οργανισμό δίχως τοιχώματα (αμιγή πλαίσια)

Αμιγή πλαίσια



Δυσκαμψία τοιχοποιίας
Έστω $K_{τοιχ}=0.3 \cdot K$

Μικτά πλαίσια



Ισόγειο:

Μείωση δυσκαμψίας 30%

$$\frac{K_{op} - K_{ισογ}}{K_{op}} \cdot 100\% = \frac{K - 0.7 \cdot K}{K} \cdot 100\% = 30\%$$

Ισόγειο:

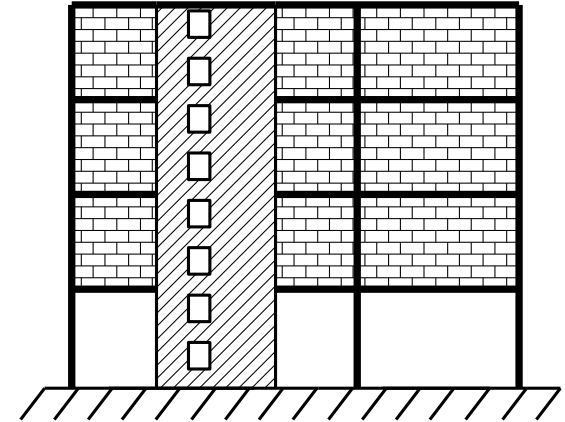
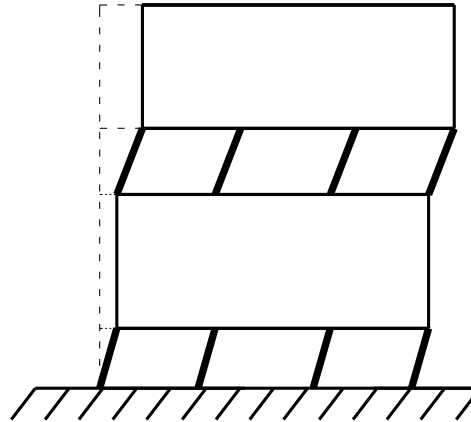
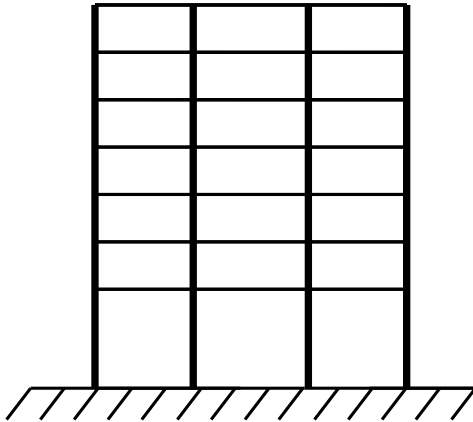
Μείωση δυσκαμψίας 15%

$$\frac{2K - 1.7 \cdot K}{2K} \cdot 100\% = 15\%$$

Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Μαλακός όροφος

- Διάφορες περιπτώσεις μαλακού ορόφου



Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Μαλακός όροφος

- Διάφορες περιπτώσεις μαλακού ορόφου



Σε 495 κτίρια οπλισμένου σκυροδέματος που καταγράφηκαν στην πόλη των Σερρών τα 72 έχουν μαλακό όροφο, δηλαδή ποσοστό 15% (Καραποστόλη, 2006)
Σε κτίρια Ο/Σ κατασκευασμένα μετά το 1990, το ποσοστό αυξάνει στο 35%

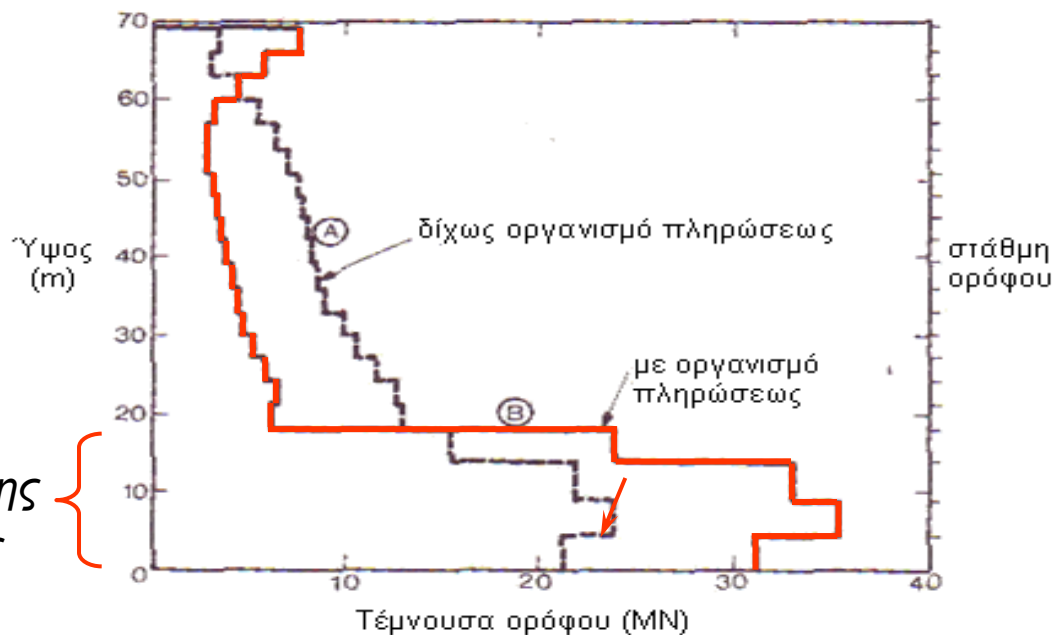
Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Μαλακός όροφος

- Σημαντική παραμόρφωση σε σχέση με τους γειτονικούς ορόφους
- Μεγάλη καταπόνηση των υποστυλωμάτων και αστοχίες καμπτικού τύπου

Σημαντική αύξηση της τέμνουσας πυρήνα στο επίπεδο των μαλακών ορόφων

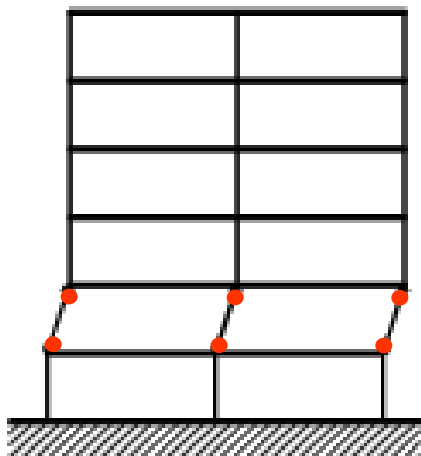
Έλλειψη τοιχοπλήρωσης στους 4 κάτω ορόφους



Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

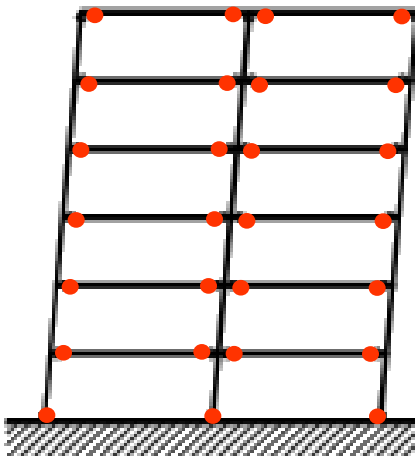
Μαλακός όροφος

- Μηχανισμός αστοχίας ορόφου και όχι ιεραρχημένη αστοχία δομικών μελών
- ΕΑΚ 2000 – Ικανοτικός σχεδιασμός: αστοχία δοκών και όχι στύλων



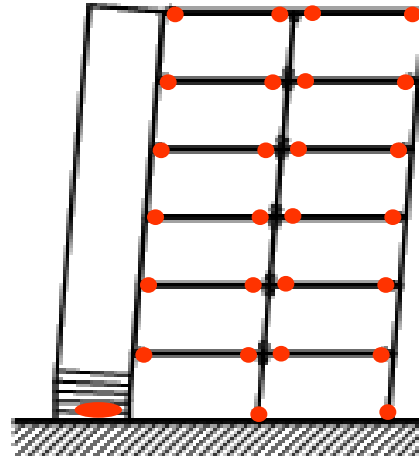
Μηχανισμός ορόφου

Μικρός αριθμός πλαστικών αρθρώσεων
– μικρή απορρόφηση ενέργειας



Αποφυγή μηχανισμού ορόφου

Μεγάλος αριθμός πλαστικών αρθρώσεων –
μεγάλη απορρόφηση σεισμικής ενέργειας



Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Αστοχίες μαλακού ορόφου

Αστοχία καμπτικού τύπου
στα άκρα του
υποστυλώματος του
μαλακού ορόφου



Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Αστοχίες μαλακού ορόφου



Σεισμός Imperial Valley $M=7.0$, California
15/10/1979

Πηγή: NISEE

Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Αστοχίες μαλακού ορόφου



Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Αστοχίες μαλακού ορόφου

Απώλεια των δυο
χαμηλότερων ορόφων !!

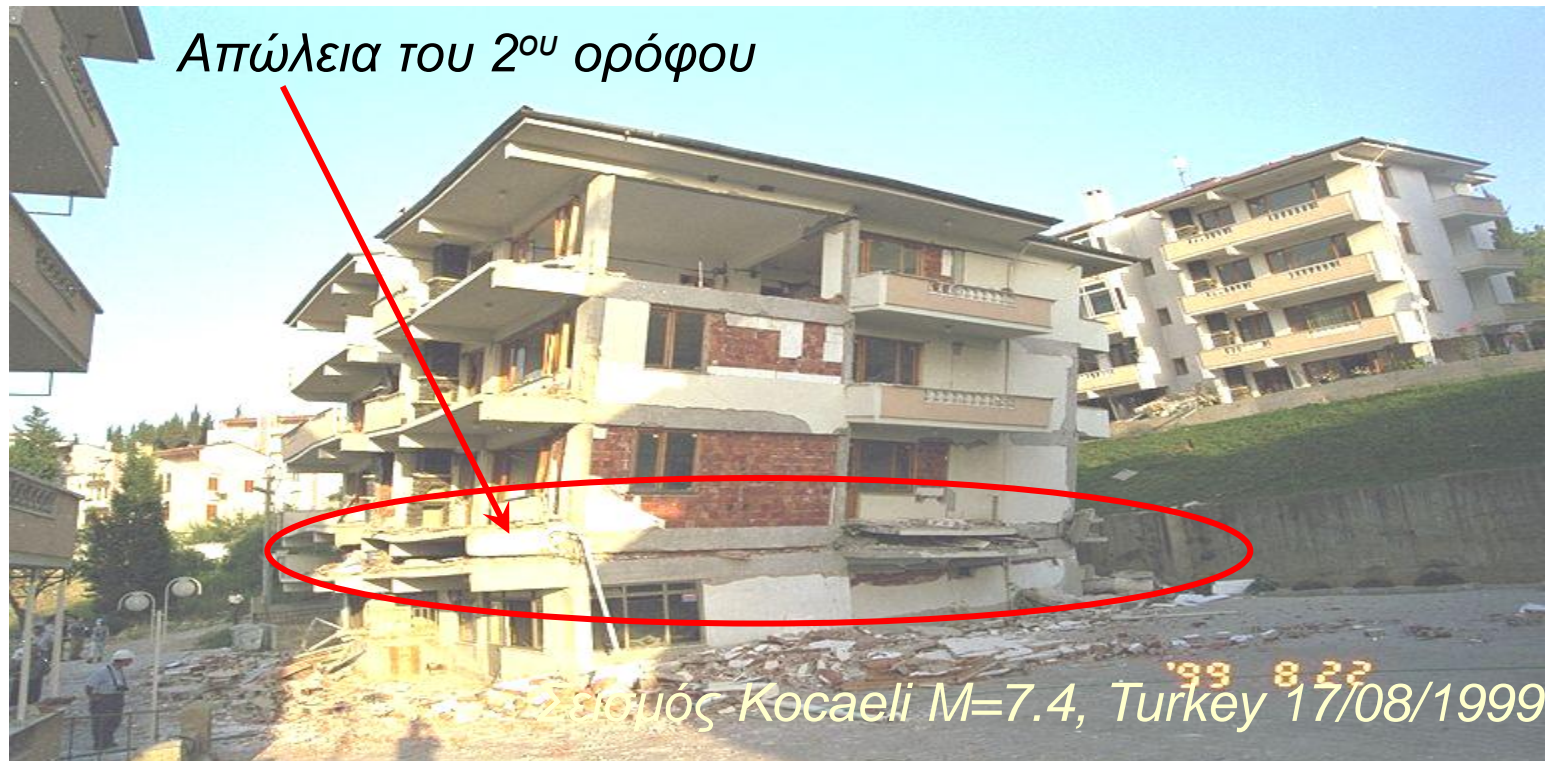
Πηγή: NISEE



Σεισμός Kocaeli $M=7.4$, Turkey 17/08/1999

Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Αστοχίες μαλακού ορόφου

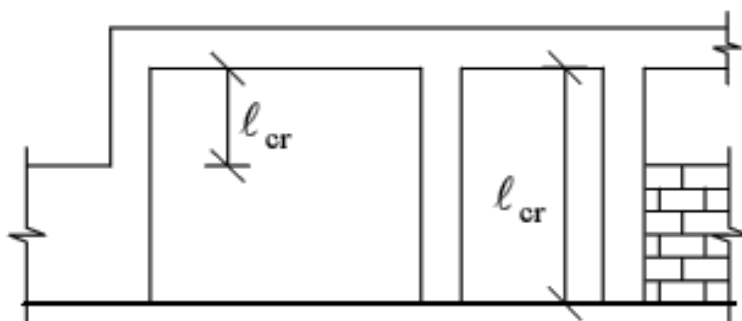


Πηγή: NISEE

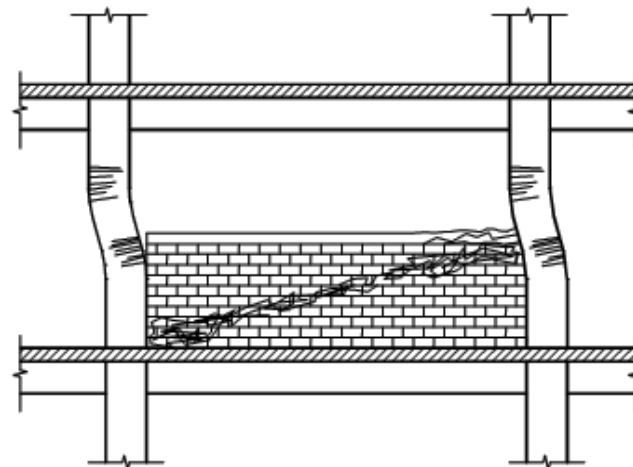
Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Σχηματισμός κοντών υποστυλωμάτων

- Στάθμες ορόφων σε μικρή απόσταση
- Τεχνητή μείωση ελεύθερου ύψους υποστυλώματος
 - Λόγω γειτνίασης με τοιχοποιία
 - Λόγω διάνοιξης ανοιγμάτων (παράθυρα, φεγγίτες)
- Κοντό υποστυλώμα όταν $a = \frac{M}{V \cdot h} \leq 2.5$



ΕΚΩΣ 2000 §Σ.18.4.5

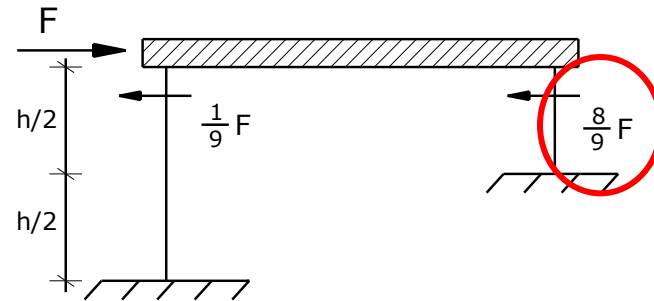
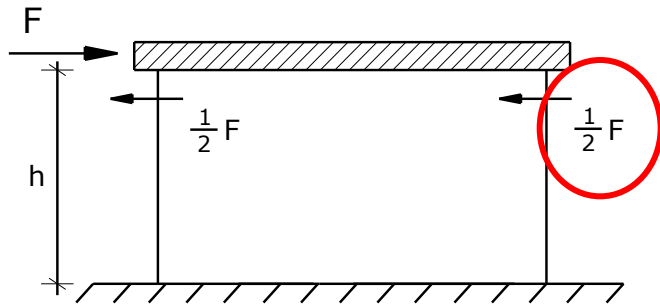


ΕΑΚ 2000 §Σ.4.1.7.1.α[4]γ

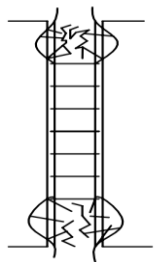
Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Σχηματισμός κοντών υποστυλωμάτων

- Αυξημένη τιμή τέμνουσας

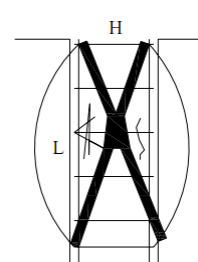


- Αλλαγή μηχανισμού αστοχίας στύλου (σε διάτμηση \rightarrow ψαθυρή αστοχία)



Καμπτική αστοχία
(πλάστιμη)

Σημαντική απορρόφηση
ενέργειας



Διατμητική αστοχία
(ψαθυρή)
Μικρή απορρόφηση
ενέργειας
Αστοχία εκρηκτικού
τύπου

Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Σχηματισμός κοντών υποστυλωμάτων

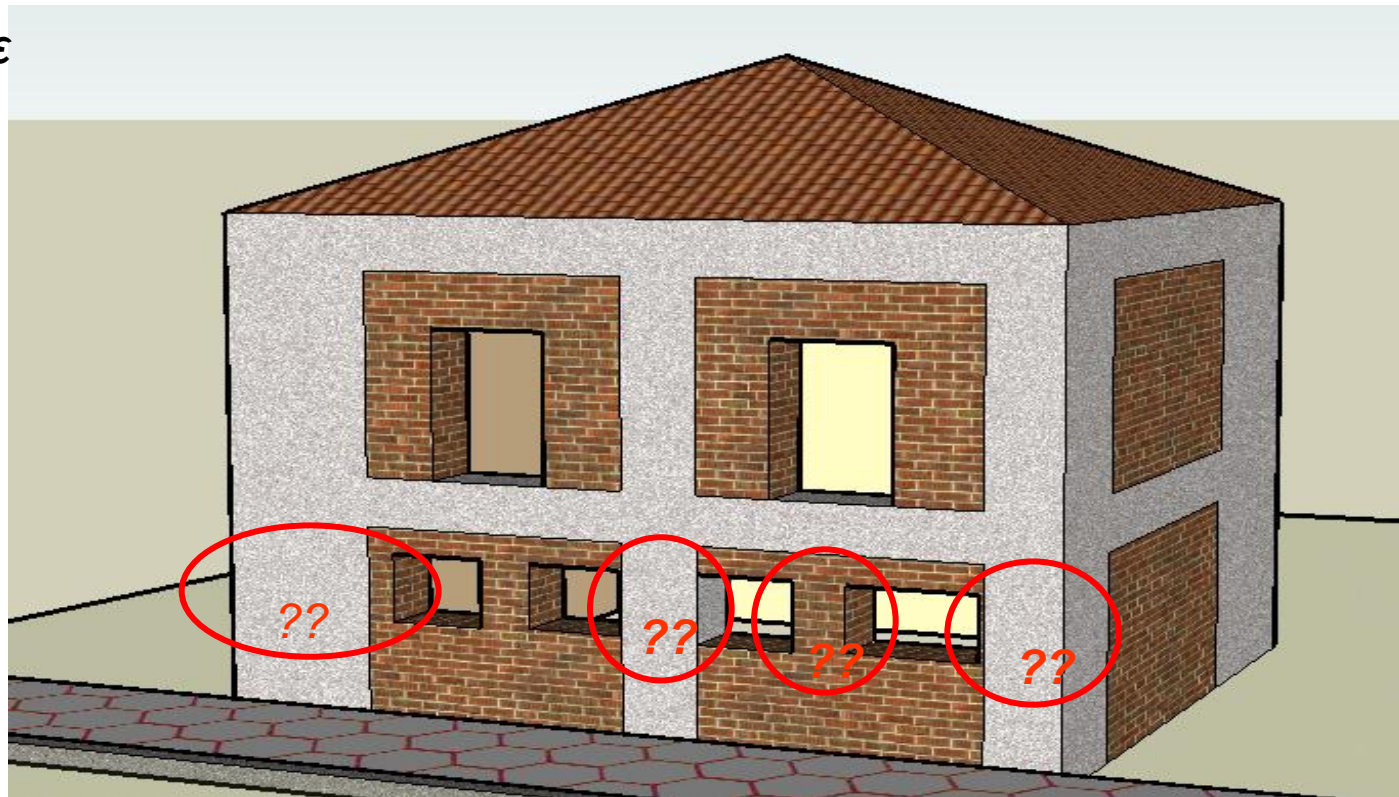
- Συνήθως ο σχηματισμός των κοντών υποστυλωμάτων δεν προβλέπεται κατά τη μελέτη
- Πέρα συνεπώς από τη δυσμενή μορφή αστοχίας υπάρχει και έλλειψη σημαντικού οπλισμού διάτμησης που θα μπορούσε να προβλεφθεί κατά το σχεδιασμό

Σε 495 κτίρια οπλισμένου σκυροδέματος που καταγράφηκαν στην πόλη των Σερρών τα 77 εμφανίζουν κοντά υποστυλώματα (ποσοστό 16%) ενώ στα μισά από αυτά η παρουσία τους ήταν εκτεταμένη (Καραποστόλη, 2006)

Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

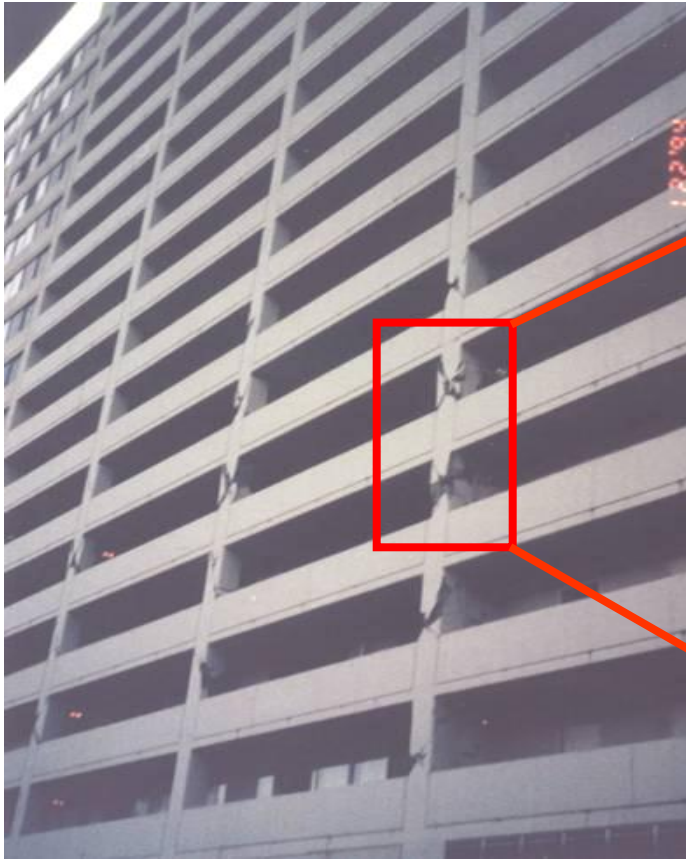
Σχηματισμός κοντών υποστυλωμάτων

Σε ποιες θέσεις έχουμε σχηματισμό κοντού υποστυλώματος ??



Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Αστοχίες κοντών υποστυλωμάτων



Μη φέρον τοιχείο χαμηλού ύψους στα μπαλκόνια



Πηγή: EERI

Σεισμός Northridge $M=6.7$, California 17/01/1994

Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Αστοχίες κοντών υποστυλωμάτων

Διατμητική αστοχία κοντού υποστυλώματος που σχηματίστηκε λόγω γειτνίασης με μη φέρων τοιχείο



Πηγή: NISEE

Σεισμός Gualan $M=7.5$, Guatemala, 04/02/1976

Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Αστοχίες κοντών υποστυλωμάτων και όχι μόνο



Καμπτική αστοχία
υποστυλωμάτων εισόδου
(μαλακός όροφος)

Sextos et al, 2005

Σεισμός Λευκάδας $M=6.4$, 13/08/2003

Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Αστοχίες κοντών υποστυλωμάτων και όχι μόνο



Διατμητική αστοχία
εκρηκτικού τύπου κοντών
υποστυλωμάτων στην
πλαϊνή πλευρά του κτιρίου

Sextos et al, 2005

Σεισμός Λευκάδας $M=6.4$, 13/08/2003

Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Αποκατάσταση βλαβών – βελτίωση σεισμικής συμπεριφοράς



Επεμβάσεις στην πρόσοψη για αποτροπή φαινομένου μαλακού ορόφου

Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Αποκατάσταση βλαβών – βελτίωση σεισμικής συμπεριφοράς



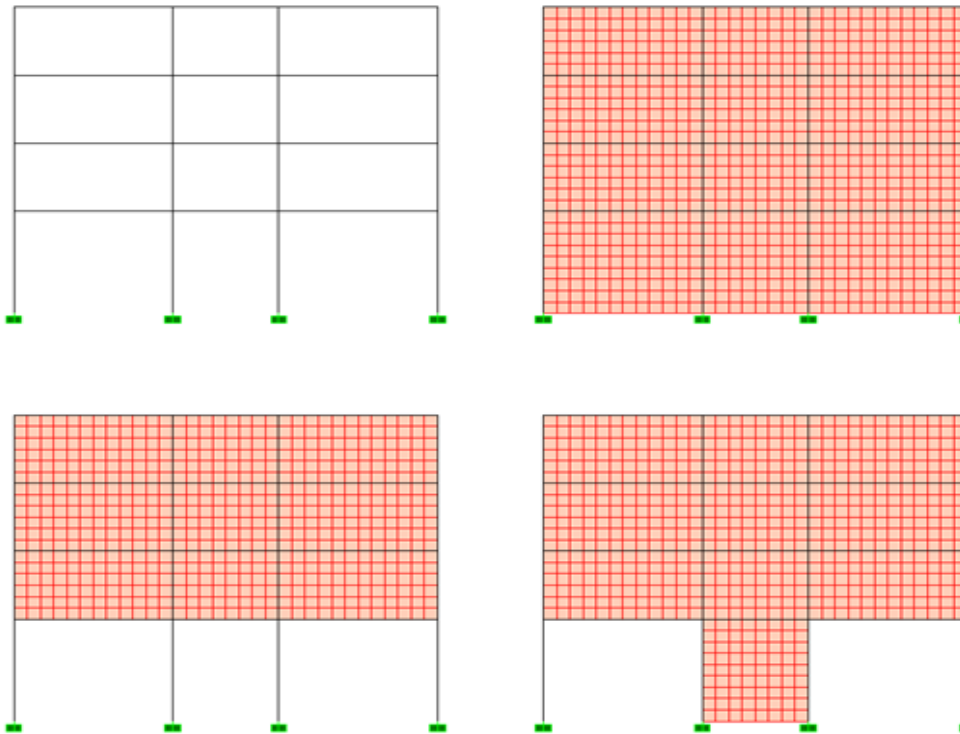
Επεμβάσεις στην πλάγια όψη για αποτροπή κοντών υποστυλωμάτων

Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Μορφολογία κτιρίου καθ' ύψος

Παράδειγμα επιρροής μεταβολής καθ' ύψος δυσκαμψίας (Αλεξόπουλος 2005)

- Μελετήθηκε η μεταβολή της δυσκαμψίας λόγω έλλειψης τοιχοπλήρωσης



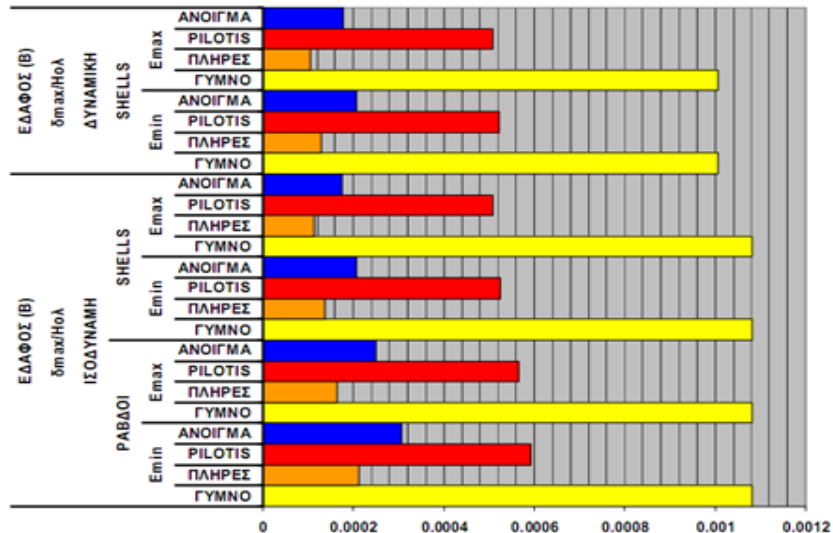
Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Μορφολογία κτιρίου καθ' ύψος

Παράδειγμα επιρροής μεταβολής της καθ' ύψος δυσκαμψίας

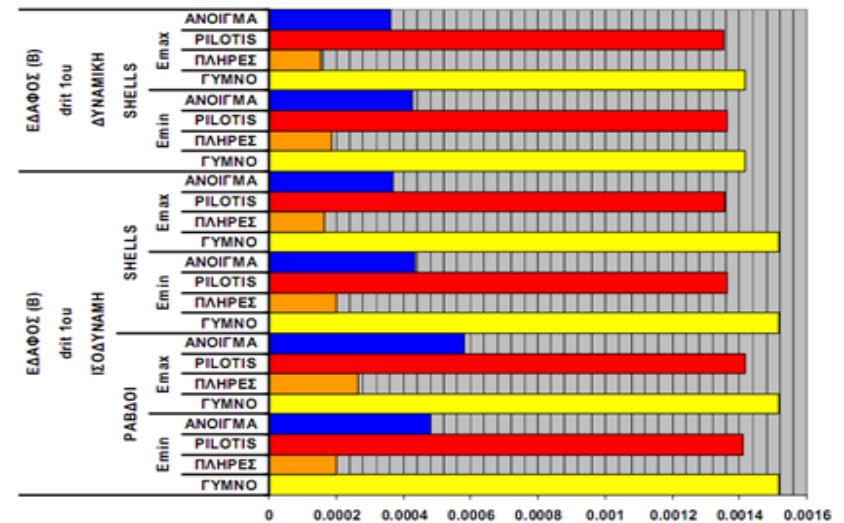
- Αποτελέσματα μετατοπίσεων κτιρίου

Σχετικές μετακινήσεις κορυφής κτιρίου



Η ύπαρξη τοιχοπλήρωσης προσφέρει σημαντική δυσκαμψία στο κτίριο

Σχετικές μετακινήσεις 1^{ου} ορόφου



Το πλεονέκτημα από την ύπαρξη τοιχοποιίας εκμηδενίζεται όταν υπάρχει μαλακός όροφος

Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Μορφολογία κτιρίου καθ' ύψος

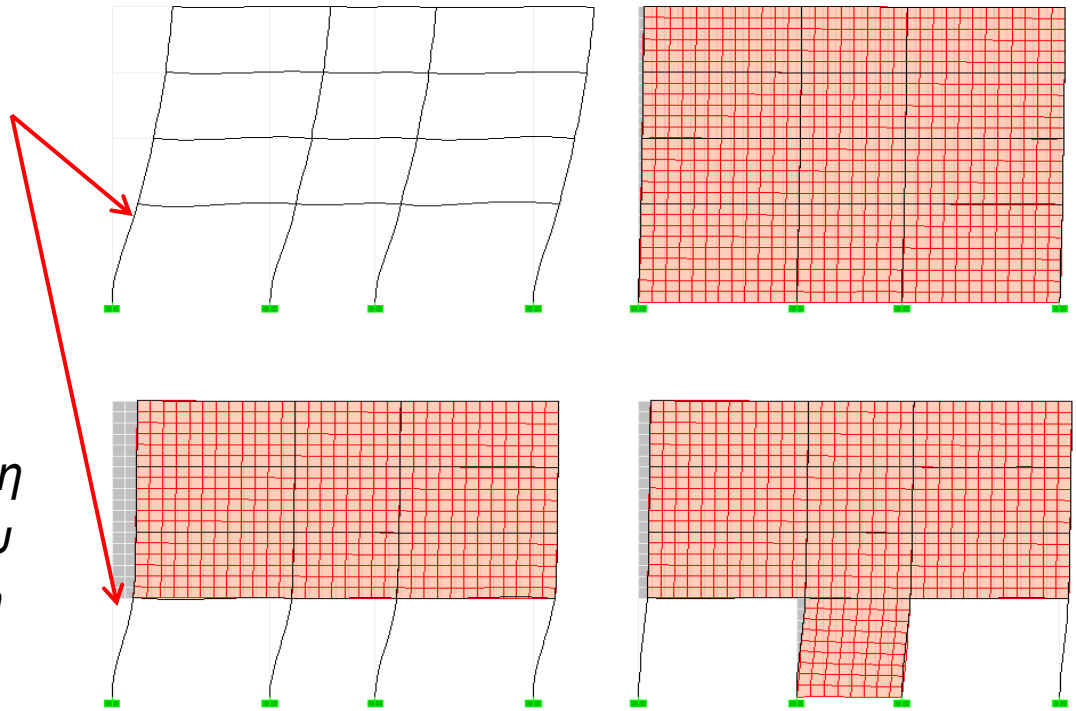
Παράδειγμα επιρροής μεταβολής της καθ' ύψος δυσκαμψίας

- Ενδεικτικά σκαριφήματα παραμόρφωσης κτιρίου

Όμοια μετακίνηση ισογείου για γυμνό πλαίσιο και κτίριο με *Pilotis*

Στο γυμνό πλαίσιο όμως δίνεται δυνατότητα στροφής του κόμβου, άρα μειώνεται η καταπόνηση της κεφαλής του στύλου ισογείου

Στο σύστημα *Pilotis* η τοιχοπλήρωση των ορόφων αποτρέπει στροφή του κόμβου, επιβαρύνοντας την κάμψη της κεφαλής του στύλου ισογείου



Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Μορφολογία θεμελίωσης

- Εξασφάλιση ενιαίας ταλάντωσης στη βάση του κτιρίου (μονολιθικότητα θεμελίωσης)
- Αποφυγή διαφορικών μετακινήσεων-καθιζήσεων στη θεμελίωση
- Συμμετοχή στην παραλαβή των εντατικών φορτίων της ανωδομής για την καλύτερη κατανομή των τάσεων στο έδαφος θεμελίωσης

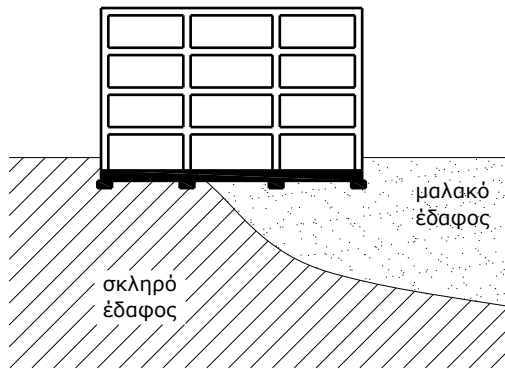
Θετικά στοιχεία στη θεμελίωση

- Ύπαρξη περιμετρικού τοιχώματος υπογείου → αύξηση δυσκαμψίας θεμελίωσης → δύσκαμπτο κιβώτιο → ενιαία κίνηση βάσης
- Ισχυρές συνδετήριες δοκοί ή πεδιλοδοκοί και κοιτοστρώσεις

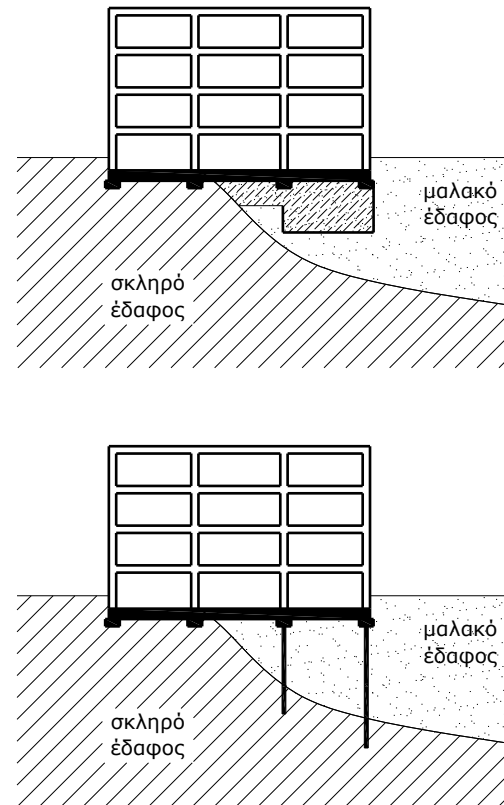
Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Μορφολογία θεμελίωσης

Δυσμενής μορφολογία



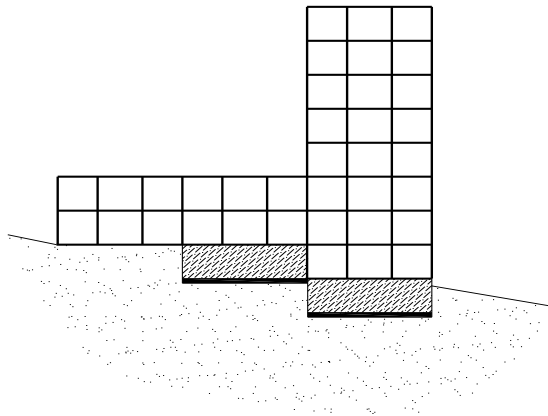
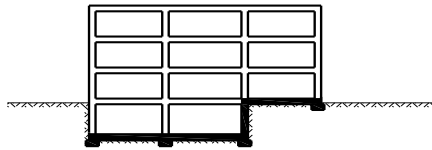
Ευνοϊκή μορφολογία



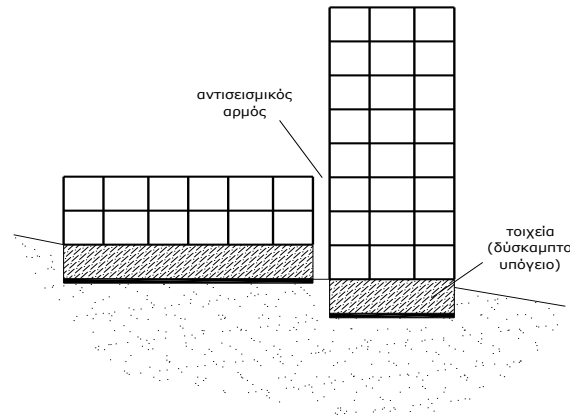
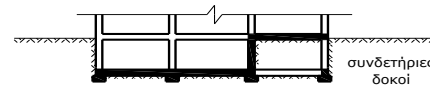
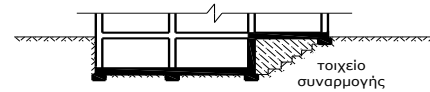
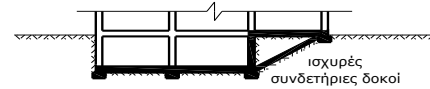
Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Μορφολογία θεμελίωσης

Δυσμενής μορφολογία



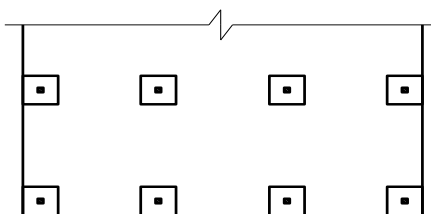
Ευνοϊκή μορφολογία



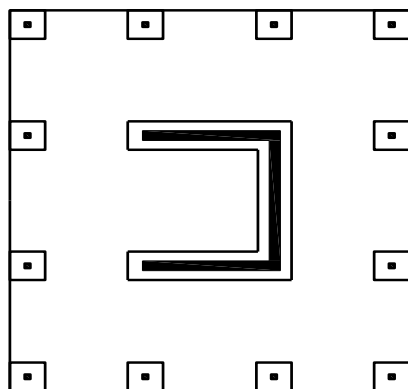
Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Μορφολογία θεμελίωσης

Δυσμενής μορφολογία

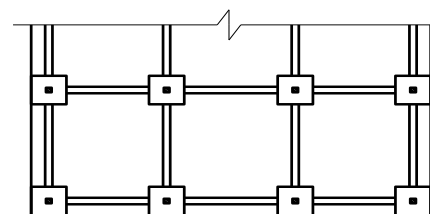


ασύνδετα θεμέλια

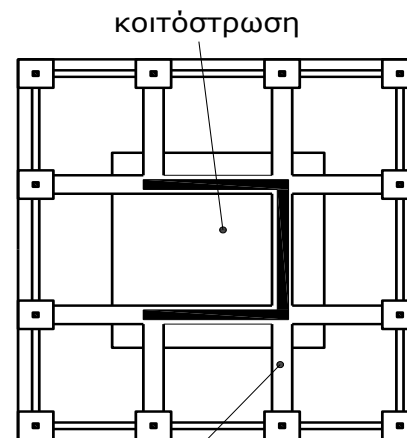


ασύνδετα θεμέλια

Ευνοϊκή μορφολογία



συνδετήριες δοκοί

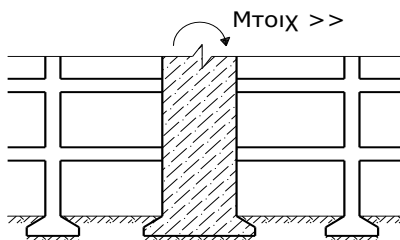


ισχυρές συνδετήριες δοκοί

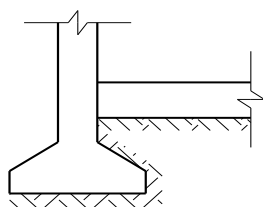
Μορφολογία φέροντος οργανισμού κτιρίων

Μορφολογία θεμελίωσης

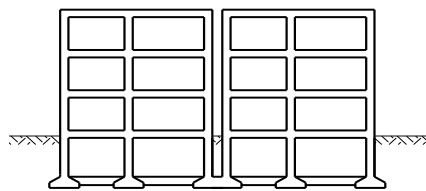
Δυσμενής μορφολογία



ασύνδετα θεμέλια

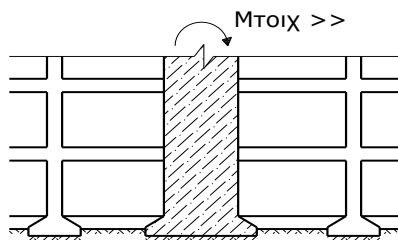


κίνδυνος εμβολισμού
υποστυλώματος

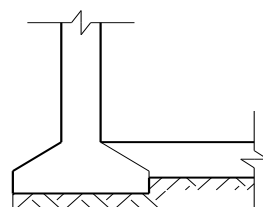


διακοπή αντισεισμικού
αρμού στη θεμελίωση

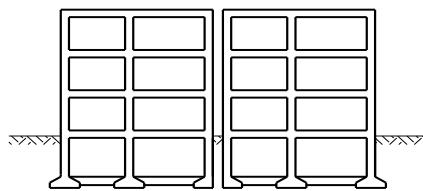
Ευνοϊκή μορφολογία



ισχυρές συνδετήριες
δοκοί ή πεδιλοδοκός



συνδετήρια δοκός στο
σώμα του θεμελίου



συνεχής αντισεισμικός
αρμός

(Διχογνωμία απόψεων αναφορικά με την απαίτηση για συνέχιση του σεισμικού αρμού και στη θεμελίωση)

Τέλος Ενότητας

