

BATir

SERVICE CONSTRUCTION, ARCHITECTURE ET URBANISME
DEPARTMENT OF BUILDING, ARCHITECTURE AND TOWN PLANNING

**Επίδραση Τοπικών Συνθηκών και
Αλληλεπίδραση
Εδάφους-Ανωδομής**

Ιωάννης Β. Κωνσταντόπουλος, ScD (MIT)

Ioannis.Constantopoulos@ulb.ac.be

ULB
UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES, UNIVERSITÉ D'EUROPE

Επίδραση Τοπικών Συνθηκών

Ο όρος Επίδραση Τοπικών Συνθηκών αναφέρεται στην ενίσχυση (σπάνια μείωση) των σεισμικών κινήσεων στην επιφάνεια εδαφών που είναι περισσότερο παραμορφώσιμα από τους βράχους

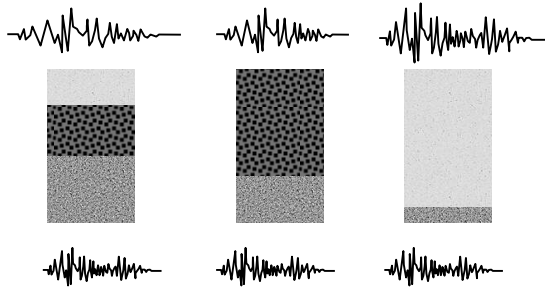
ULB I.B.Κωνσταντόπουλος
8-11-2008 Τρίπολη Σχ. 2

**Επίδραση Τοπικών Συνθηκών στην
Μέγιστη Επιτάχυνση**

- Οι σεισμικές κινήσεις που καταγράφονται στην επιφάνεια εδαφών μεγάλου πάχους είναι, ενγένει, εντονότερες εξαιτίας του φαινομένου της ενίσχυσης
- Διαφοροποίηση βλαβών εις βάρος των κατασκευών θεμελιωμένων σε εδάφη έναντι εκείνων σε βράχο (π.χ. Caracas το 1967, Mexico το 1985, Spitak/Erevan το 1988, Kobe το 1995, Izmit το 1999)

ULB I.B.Κωνσταντόπουλος
8-11-2008 Τρίπολη Σχ. 3

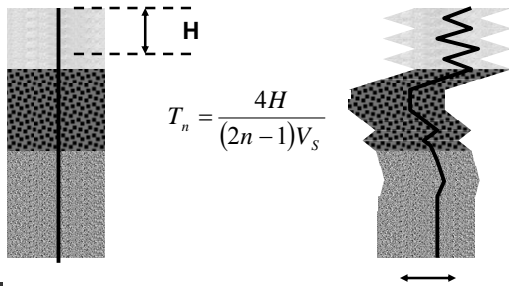
Επίδραση Τοπικών Συνθηκών: Γιατί; Φίλτρο, Θεμελιώδης περίοδος διαφορετική



ULB I.B.Κωνσταντόπουλος
8-11-2008 Τρίπολη

Σχ. 4

Επίδραση Τοπικών Συνθηκών: Γιατί; Φίλτρο, Θεμελιώδης περίοδος διαφορετική



ULB I.B.Κωνσταντόπουλος
8-11-2008 Τρίπολη

Σχ. 5

Επίδραση Τοπικών Συνθηκών: Γιατί; Φίλτρο, Θεμελιώδης περίοδος διαφορετική

- Σε κάθε στάθμη σε βάθος H το έδαφος μέχρι την επιφάνεια έχει άπειρες ιδιοπεριόδους

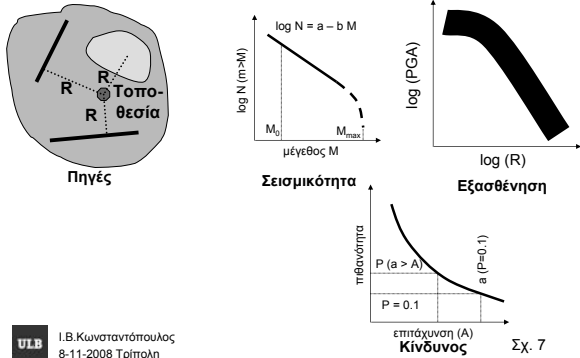
$$T_n = \frac{4H}{(2n-1)V_s}$$

- Οι σεισμικές κινήσεις που έρχονται από το βράχο και έχουν ιδιοπεριόδους που αντιστοιχούν σε αυτές του υπεράνω εδάφους ενισχύονται («συντονισμός»)
- Πρόβλημα εξαιρετικά σύνθετο εξαιτίας της μη γραμμικότητας του εδάφους

ULB I.B.Κωνσταντόπουλος
8-11-2008 Τρίπολη

Σχ. 6

Σεισμικός Κίνδυνος: σε «Βράχο»



ULB I.B.Κωνσταντόπουλος
8-11-2008 Τρίπολη

Ορολογία

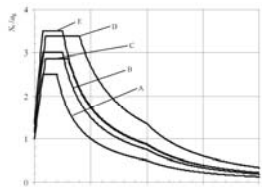
- Κίνδυνος (Hazard): πιθανότητα να συμβεί το φυσικό φαινόμενο
- Επικινδυνότητα (Risk): πιθανότητα δυσάρεστων συνεπειών (π.χ. απώλειες σε ζωές, τραυματισμοί, οικονομική ζημία)

ULB I.B.Κωνσταντόπουλος
8-11-2008 Τρίπολη

Σχ. 8

Επίδραση Τοπικών Συνθηκών: Τί κάνουμε;

- Συντελεστής εδάφους και διαφοροποιημένο φάσμα του ΕΑΚ
- EC8



ULB I.B.Κωνσταντόπουλος
8-11-2008 Τρίπολη

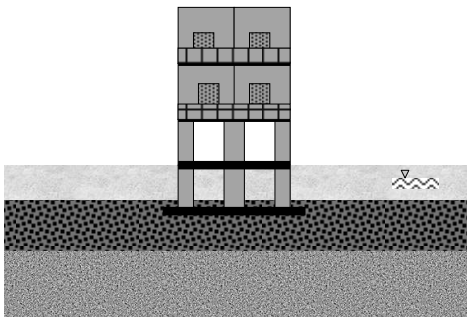
Σχ. 9

Αλληλεπίδραση Εδάφους-Ανωδομής

U.L.B. I.B. Κωνσταντόπουλος
8-11-2008 Τρίπολη

Σχ. 10

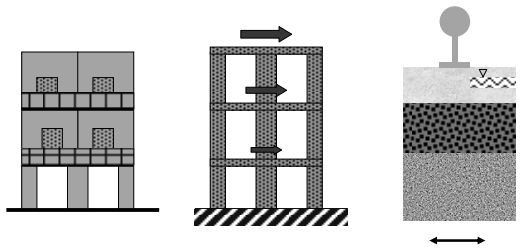
Πραγματικότητα



U.L.B. I.B. Κωνσταντόπουλος
8-11-2008 Τρίπολη

Σχ. 11

Τί «βλέπει» ο καθένας...



αρχιτέκτονας

στατικός

εδαφοδυναμικός

U.L.B. I.B. Κωνσταντόπουλος
8-11-2008 Τρίπολη

Σχ. 12

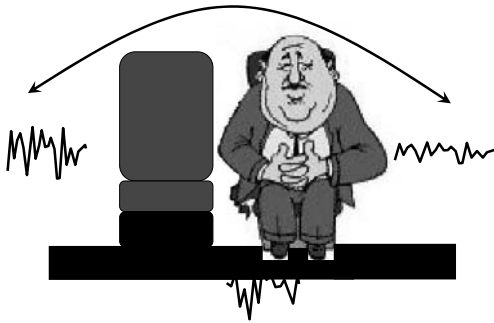
Αλληλεπίδραση Εδάφους-Ανωδομής

Τί είναι ;

U.L.B. I.B. Κωνσταντόπουλος
8-11-2008 Τρίπολη

Σχ. 13

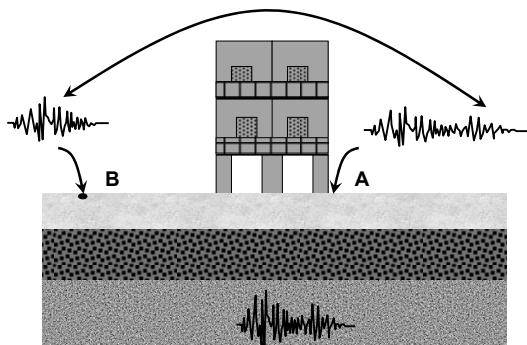
Διαφέρουν = Αλληλεπίδραση Εδάφους-Ανωδομής



U.L.B. I.B. Κωνσταντόπουλος
8-11-2008 Τρίπολη

Σχ. 14

Διαφέρουν = Αλληλεπίδραση Εδάφους-Ανωδομής

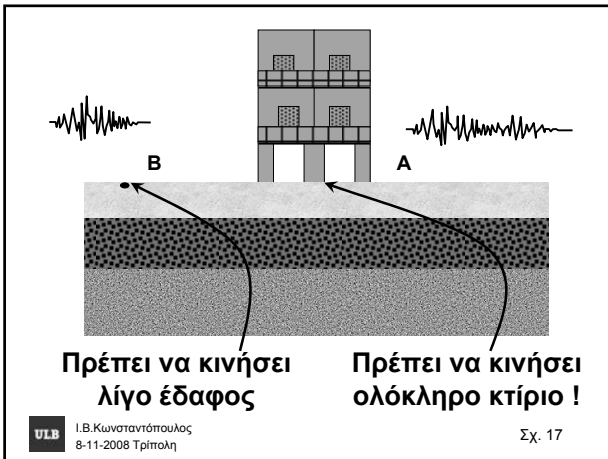


U.L.B. I.B. Κωνσταντόπουλος
8-11-2008 Τρίπολη

Σχ. 15

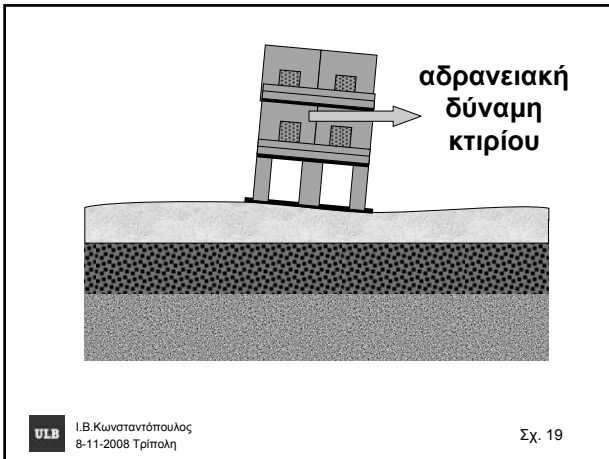
Αλληλεπίδραση Εδάφους-Ανωδομής

Γιατί ;

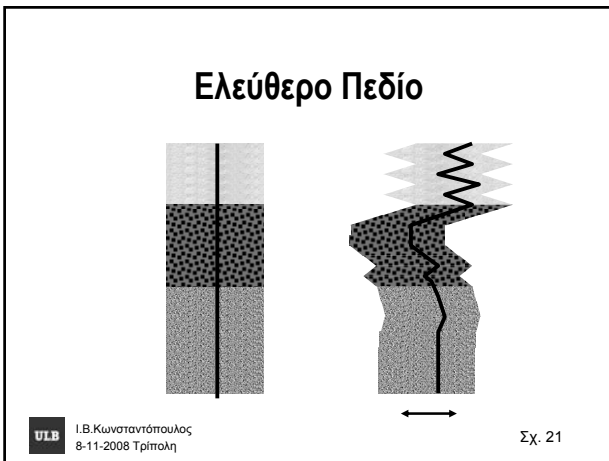


Αλληλεπίδραση Εδάφους-Ανωδομής

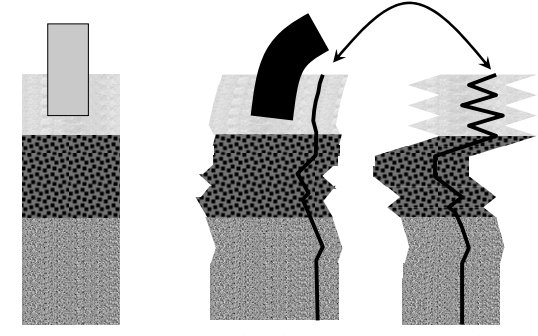
- Κτίριο επέκταση εδάφους
- Αρα περιλαμβάνουμε το ΤΙ συμβαίνει στο κτίριο
- Τί σημαίνει κτίριο;
 - Μάζα
 - Δυσκαμψία







Διαφέρουν = Αλληλεπίδραση Εδάφους-Ανωδομής



U.L.B. I.B. Κωνσταντόπουλος
8-11-2008 Τρίπολη

Σχ. 22

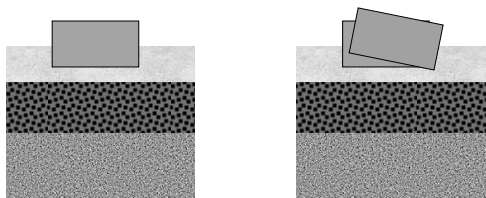
**Αλληλεπίδραση
Εδάφους-Ανωδομής**

- Αδρανειακή: Μάζα
- Κινηματική: Συμβατότητα μετακινήσεων

U.L.B. I.B. Κωνσταντόπουλος
8-11-2008 Τρίπολη

Σχ. 23

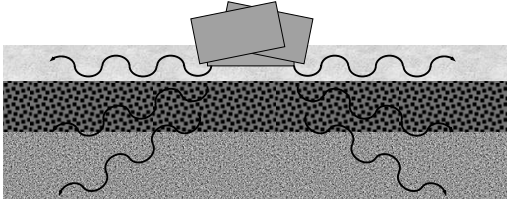
Παραμορφωσιμότητα Εδάφους



U.L.B. I.B. Κωνσταντόπουλος
8-11-2008 Τρίπολη

Σχ. 24

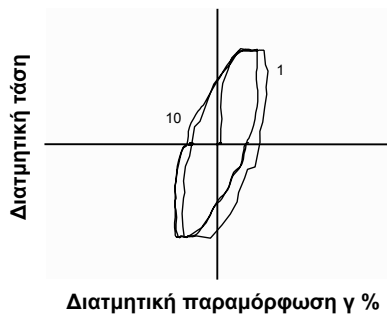
Απώλεια ενέργειας = απόσβεση (ακτινοβολία)



ULB I.B. Κωνσταντόπουλος
8-11-2008 Τρίπολη

Σχ. 25

Υστερητική Συμπεριφορά Εδάφους



ULB I.B. Κωνσταντόπουλος
8-11-2008 Τρίπολη

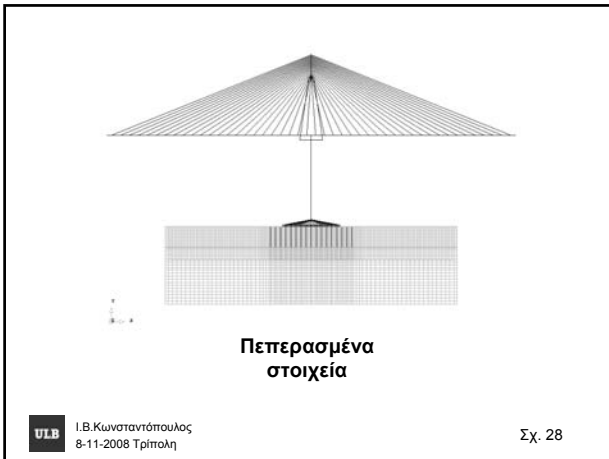
Σχ. 26

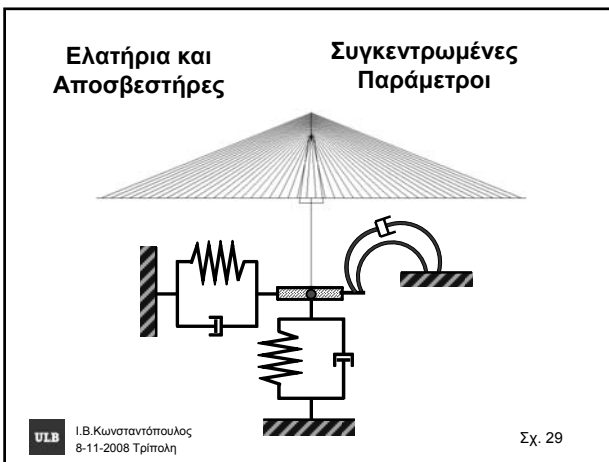
Υπολογισμός

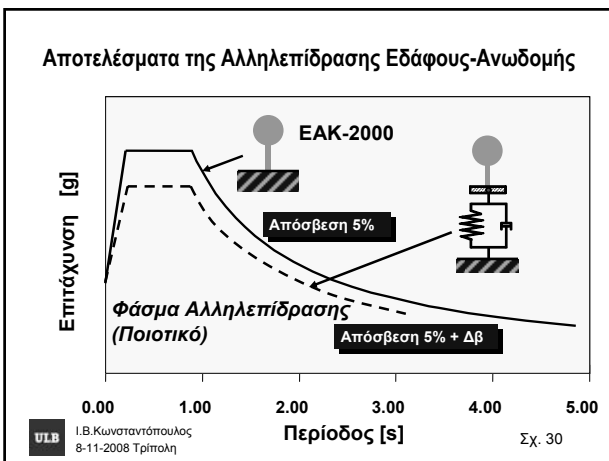
- Πεπερασμένα στοιχεία
- Ελατήρια και αποσβεστήρες
(συγκεντρωμένες παράμετροι, lumped parameters)

ULB I.B. Κωνσταντόπουλος
8-11-2008 Τρίπολη

Σχ. 27







Αποτελέσματα της Αλληλεπίδρασης Εδάφους-Ανωδομής

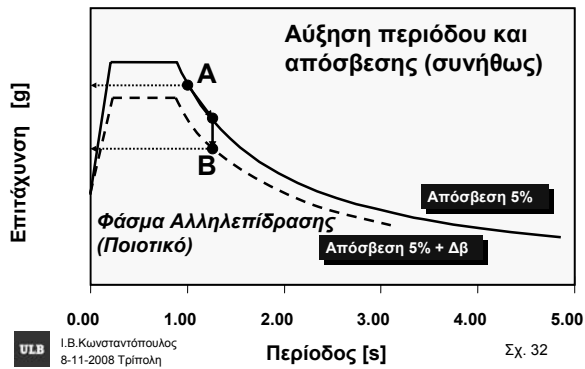
- Αύξηση ιδιοπεριόδου
- Μεταβολή, συνήθως αύξηση της απόσβεσης

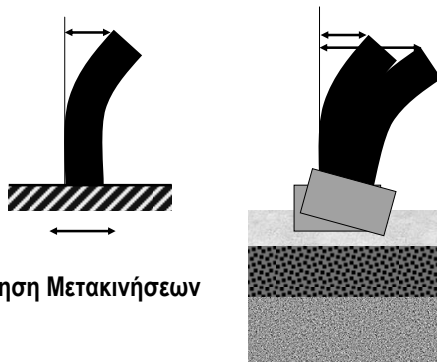
Σχετικά με πακτωμένο κτίριο,
δηλαδή σε απαραμόρφωτη βάση
(ισχυρό βράχο)

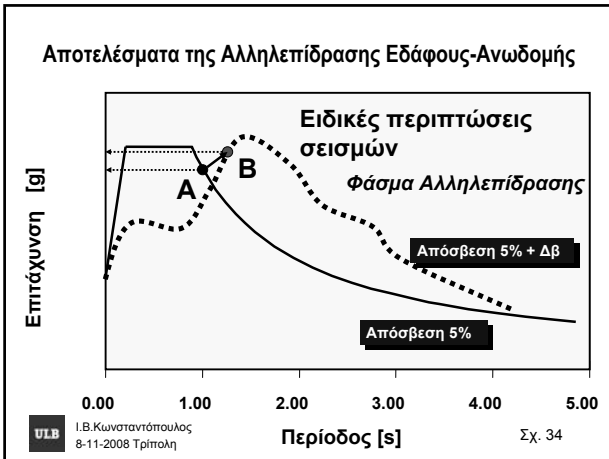
ULB I.B.Κωνσταντόπουλος
8-11-2008 Τρίπολη

Σχ. 31

Αποτελέσματα της Αλληλεπίδρασης Εδάφους-Ανωδομής







- Αποτελέσματα της Αλληλεπίδρασης Εδάφους-Ανωδομής**
- Μεταβολή στις μέγιστες σεισμικές δράσεις στο κτίριο
 - Για συνήθη κτίρια μείωση των δράσεων σχετικά με κτίριο υπολογισμένο ως πακτωμένο
 - Όμως, αύξηση των παραμορφώσεων
 - P- δ
- ULB I.B. Κωνσταντόπουλος
8-11-2008 Τρίπολη Σχ. 35

- Συνήθης Πρακτική για Αλληλεπίδραση Εδάφους-Ανωδομής**
- Για συνήθη κτίρια αγνοούμε τη μείωση των δράσεων σε σχέση με κτίριο υπολογισμένο ως πακτωμένο
 - Επισημαίνεται ότι ΑΕΑ επαυξάνει το συνήθως υπολογιζόμενο δ για σεισμικό αρμό
- ULB I.B. Κωνσταντόπουλος
8-11-2008 Τρίπολη Σχ. 36

Απαιτείται να ληφθεί υπόψη η Αλληλεπίδραση Εδάφους-Ανωδομής

Μαλακό έδαφος και:

- Εύκαμπτα κτίρια
- Μακρά κτίρια
- Ειδικά κτίρια, π.χ. μουσεία
- Σημαντικά βιομηχανικά κτίρια



I.B.Κωνσταντόπουλος
8-11-2008 Τρίπολη

Σχ. 37

Μουσεία

- **Πρωταρχικός** στόχος η προστασία των εκθεμάτων
- **Δεν** αρκεί η αποφυγή κατάρρευσης
- Απαιτείται λεπτομερής μελέτη μετακινήσεων για προσδιορισμό δυνάμεων σε σημεία στήριξης ή/και ανάρτησης εκθεμάτων



I.B.Κωνσταντόπουλος
8-11-2008 Τρίπολη

Σχ. 38

Βιομηχανία – Παραγωγή Ενέργειας

- **Πρωταρχικός** στόχος η προστασία των μηχανών και συσκευών
- **Δεν** αρκεί η αποφυγή κατάρρευσης
- Απαιτείται λεπτομερής μελέτη μετακινήσεων για προσδιορισμό συνθηκών λειτουργίας εγκαταστάσεων

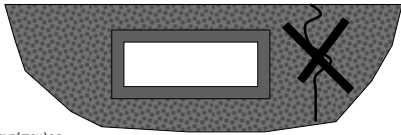


I.B.Κωνσταντόπουλος
8-11-2008 Τρίπολη

Σχ. 39

Υπόγειο έργο

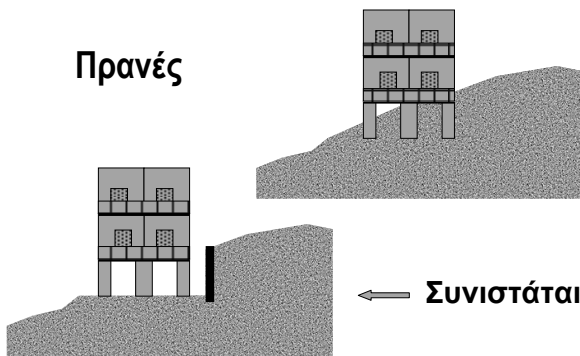
- Μάζα (βάρος) έργου μικρότερη του εδάφους που αντικατέστησε !
- Όμως επιβάλλει τις παραμορφώσεις του στο περιβάλλον έδαφος



ULB I.B.Κωνσταντόπουλος
8-11-2008 Τρίπολη

Σχ. 40

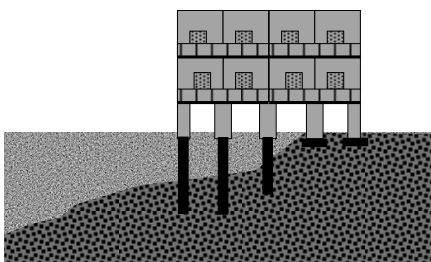
Πρανές



ULB I.B.Κωνσταντόπουλος
8-11-2008 Τρίπολη

Σχ. 41

Δεν αρκεί μελέτη φέρουσας ικανότητας
Απαιτείται και μελέτη ΑΕΑ για συμβατότητα
μετακινήσεων




ULB I.B.Κωνσταντόπουλος
8-11-2008 Τρίπολη

Σχ. 42

Φιλοσοφία Σχεδιασμού Αλληλεπίδραση Εδάφους-Ανωδομής


- Η μείωση των σεισμικών δράσεων **ΔΕΝ** συνεπάγεται επιδίωξη μείωσης δυσκαμψίας θεμελίωσης/κτιρίου διότι αυξάνονται μετακινήσεις και P-δ
- Επιδίωξη δυσκάμπτου συστήματος
- Εγκιβωτισμός – υπόγεια επιθυμητά

 I.B.Κωνσταντόπουλος
8-11-2008 Τρίπολη

Σχ. 43

Ειδικά Θέματα

- Φιλοσοφία κανονισμών
- Ύψος κτιρίων
- «Μαλακός» όροφος, π.χ. Pilotis
- Μέλλον

 I.B.Κωνσταντόπουλος
8-11-2008 Τρίπολη

Σχ. 44

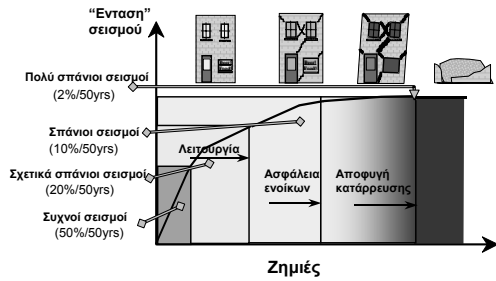
Φιλοσοφία κανονισμών

- Τί είναι ο σεισμός σχεδιασμού;
- Γιατί έχουμε βλάβες;
- Τί προστασία προσφέρει ο ΕΑΚ και άλλοι κανονισμοί;

 I.B.Κωνσταντόπουλος
8-11-2008 Τρίπολη

Σχ. 45

Φιλοσοφία Κανονισμού



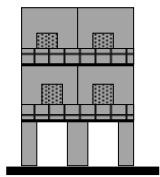
Διεθνής Βιβλιογραφία
ULB I.B.Κωνσταντόπουλος
8-11-2008 Τρίπολη

Σχ. 46

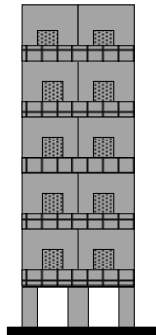
Υψος κτιρίου

~~ασφαλέστερο~~

ΠΙΟ



Εξίσου
ασφαλή



ULB I.B.Κωνσταντόπουλος
8-11-2008 Τρίπολη

Σχ. 47

Υψος κτιρίων

- Τα κτίρια δεν είναι έτοιμα, **σχεδιάζονται** και **υπολογίζονται**
- Ανεξαρτήτως ύψους κατάλληλη μελέτη
- ΕΑΚ-2000 **ΔΕΝ** έχει όριο ύψους

ULB I.B.Κωνσταντόπουλος
8-11-2008 Τρίπολη

Σχ. 48

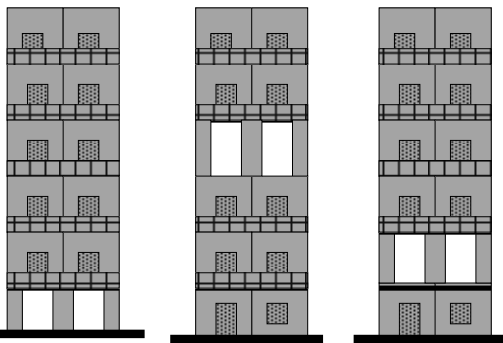
«Μαλακός» όροφος - Pilotis

- Οποιαδήποτε ασυνέχεια απαιτεί αντιμετώπιση
- Pilotis ή ελεύθεροι όροφοι είναι ενδεχόμενοι «μαλακοί» όροφοι
- Εκθέσεις, supermarket, υποδοχή ξενοδοχείων, νοσοκομείων, κλπ είναι διαμορφώσεις ταυτόσημες με pilotis

U.L.B. I.B.Κωνσταντόπουλος
8-11-2008 Τρίπολη

Σχ. 49

«Μαλακός» όροφος



U.L.B. I.B.Κωνσταντόπουλος
8-11-2008 Τρίπολη

Σχ. 50

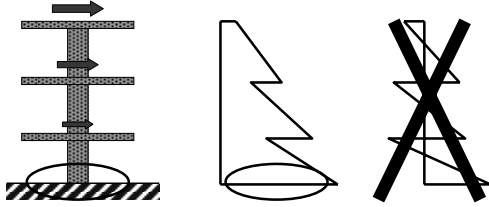
«Μαλακός» όροφος - Pilotis

- Μόνη αξιόπιστη αντιμετώπιση τα τοιχώματα σε συνδυασμό με τον ικανοτικό έλεγχο
- Γιαυτό ο ΕΑΚ επιβάλλει τοιχώματα

U.L.B. I.B.Κωνσταντόπουλος
8-11-2008 Τρίπολη

Σχ. 51

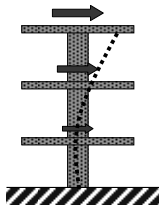
Γιατί Τοιχώματα;



ULB I.B. Κωνσταντόπουλος
8-11-2008 Τρίπολη

Σχ. 52

Γιατί Τοιχώματα;



Δυσκαμψία \Rightarrow
Μικρές παραμορφώσεις \Rightarrow
Μικρά φαινόμενα P-δ

ULB I.B. Κωνσταντόπουλος
8-11-2008 Τρίπολη

Σχ. 53

Παρόν

→ Αντοχή
Μικρές μετακινήσεις

παθητική αντισεισμική προστασία
σεισμική μόνωση, μικρές δυνάμεις
αλλά μεγάλες μετακινήσεις

↓
Προς το Μέλλον...

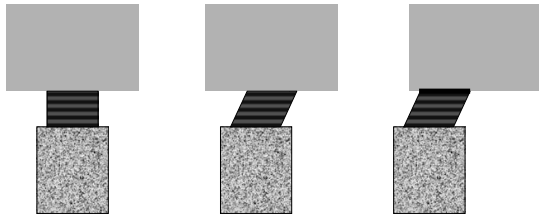
ULB I.B. Κωνσταντόπουλος
8-11-2008 Τρίπολη

Σχ. 54

Αντισεισμικά Εφέδρανα

χωρίς ολίσθηση

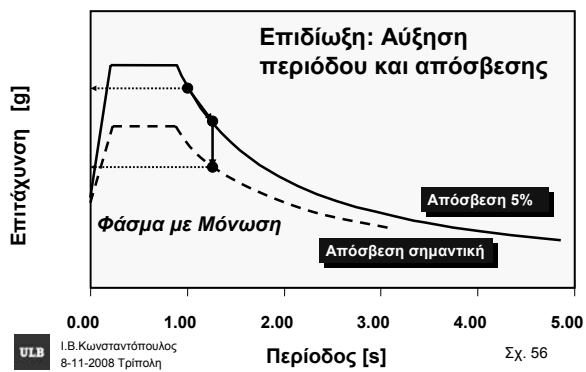
με ολίσθηση



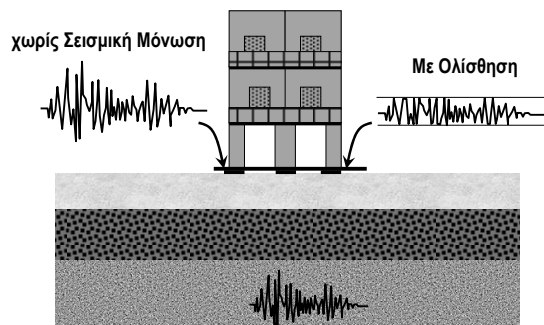
ULB I.B. Κωνσταντόπουλος
8-11-2008 Τρίπολη

Σχ. 55

Σεισμική Μόνωση – Χωρίς Ολίσθηση



Σεισμική Μόνωση – Με Ολίσθηση

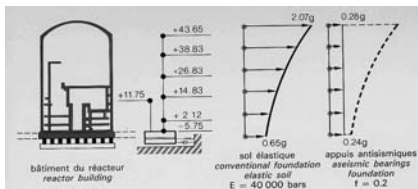


ULB I.B. Κωνσταντόπουλος
8-11-2008 Τρίπολη

Σχ. 57

Εφαρμογές Σεισμικής Μόνωσης

- Ήδη από το 1977, πυρηνικά εργοστάσια Karun και Koeberg



ULB I.B.Κωνσταντόπουλος
8-11-2008 Τρίπολη

Σχ. 58

Παρόν

Αντοχή
Μικρές μετακινήσεις



παθητική αντισεισμική προστασία
σεισμική μόνωση, μικρές δυνάμεις
αλλά μεγάλες μετακινήσεις

Μέλλον...

ενεργή αντισεισμική προστασία
ηλεκτρονικά ελεγχόμενη απόκριση
δυνάμεις και μετακινήσεις

ULB I.B.Κωνσταντόπουλος
8-11-2008 Τρίπολη

Σχ. 59

Ενεργή Αντικραδασμική Προστασία



ULB I.B.Κωνσταντόπουλος
8-11-2008 Τρίπολη

Σχ. 60

Ενεργή Αντισεισμική Προστασία

Σε εξέλιξη, γενική φιλοσοφία:

- Ανιχνεύεται η απόκριση ηλεκτρονικά
- Αντισταθμίζονται οι μετακινήσεις με ελεγχόμενες δυνάμεις από αποσβεστήρες
- Ελεγχόμενη απόκριση, δυνάμεις και μετακινήσεις



Ι.Β.Κωνσταντόπουλος
8-11-2008 Τρίπολη

Σχ. 61
