

Στατική Ανελαστική Ανάλυση
[μέθοδος ελέγχου των μετατοπίσεων]
[μέθοδος pushover]

..... (10NL)
fespa
Performance Pushover Analysis

..... (10EC)
fespa
E u r o c o d e s

Για τι θα μιλήσουμε...

- ✓ Τι είναι η ανάλυση pushover
 - ορισμός
 - κατανόηση λεπτομερειών
- ✓ Παράδειγμα - εφαρμογή
- ✓ Προσδιορισμός της στοχευόμενης μετακίνησης
- ✓ Τι πληροφορίες μας δίνει
- ✓ Αδυναμίες της μεθόδου
- ✓ Εργαλεία για pushover
- ✓ Κανονισμοί και οδηγίες
- ✓ Τι χρειάζεται προσοχή – λάθη που πρέπει να αποφύγουμε
- ✓ Εξέλιξη της pushover

Ορισμός

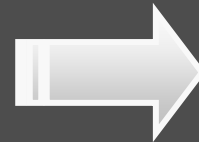
ΚΑΝΕΠΕ/FEMA 273/274: A model directly incorporating inelastic material response is displaced to a target displacement and the resulting internal deformations and forces are determined

Ένα προσομοίωμα που λαμβάνει υπόψη **ανελαστική συμπεριφορά υλικών μετατοπίζεται** μέχρι μια **στοχευόμενη μετακίνηση** και υπολογίζονται οι εσωτερικές παραμορφώσεις και δυνάμεις.

Σκοπός => Αποτίμηση της σεισμικής ικανότητας του δομήματος, εκτιμώντας την αντοχή και τη παραμορφωσιμότητα των τμημάτων της κατασκευής

Ανελαστικότητα υλικού

Ελαστική Ανάλυση:



$$\sigma = E \varepsilon$$

$$M = EI \kappa$$

$$[P] = [K] [\delta]$$

Ανελαστική Ανάλυση:

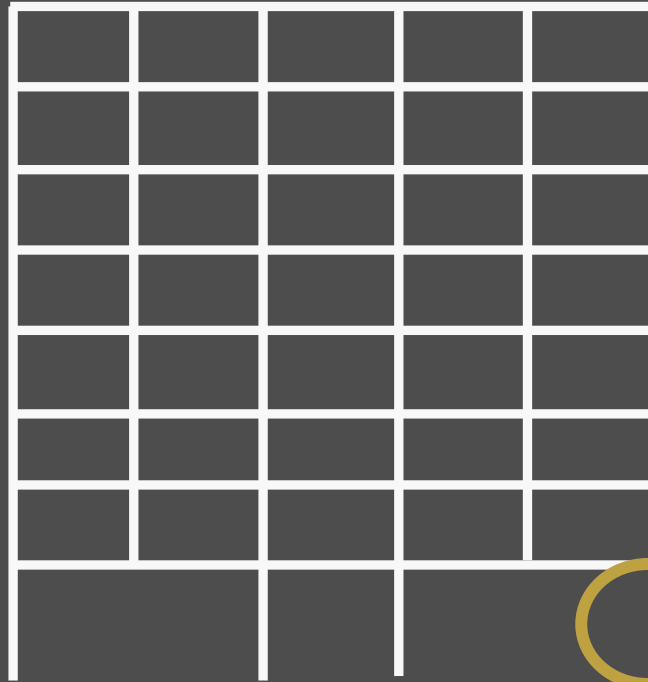


~~$$\sigma = E \varepsilon$$~~

~~$$M = EI \kappa$$~~

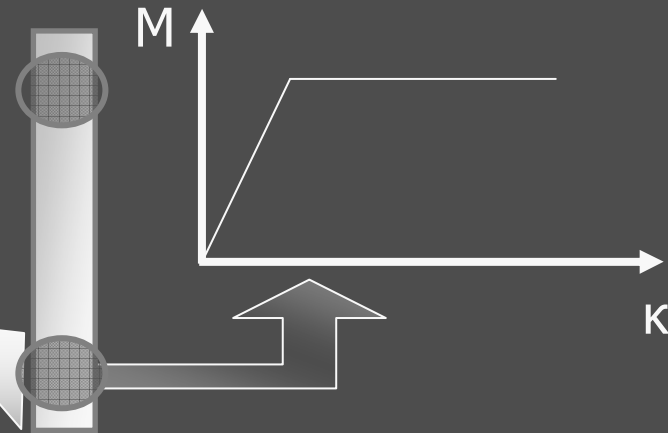
~~$$[P] = [K] [\delta]$$~~

Ανελαστικότητα υλικού

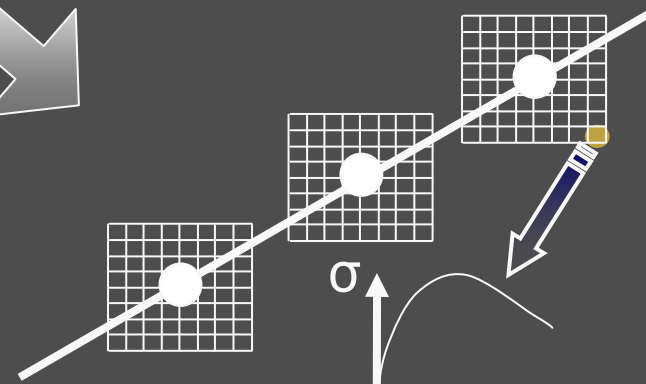


Προσομοίωμα υπολογιστή
με ανελαστικότητα υλικού

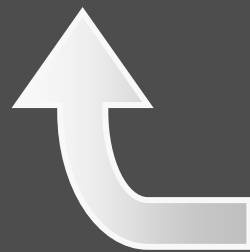
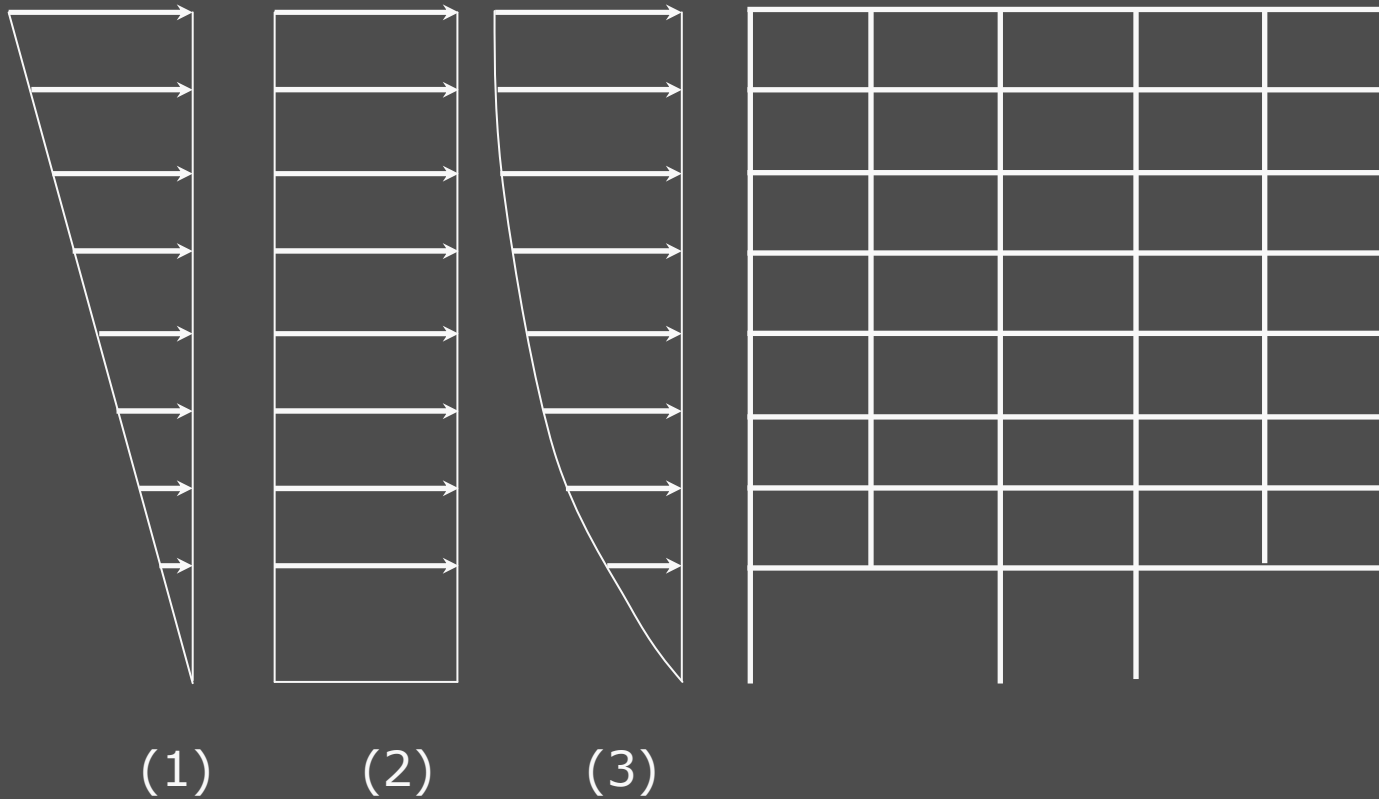
1. Συγκεντρωμένη Πλαστικότητα



2. Κατανεμημένη Πλαστικότητα Fibre Modelling

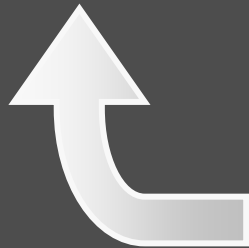
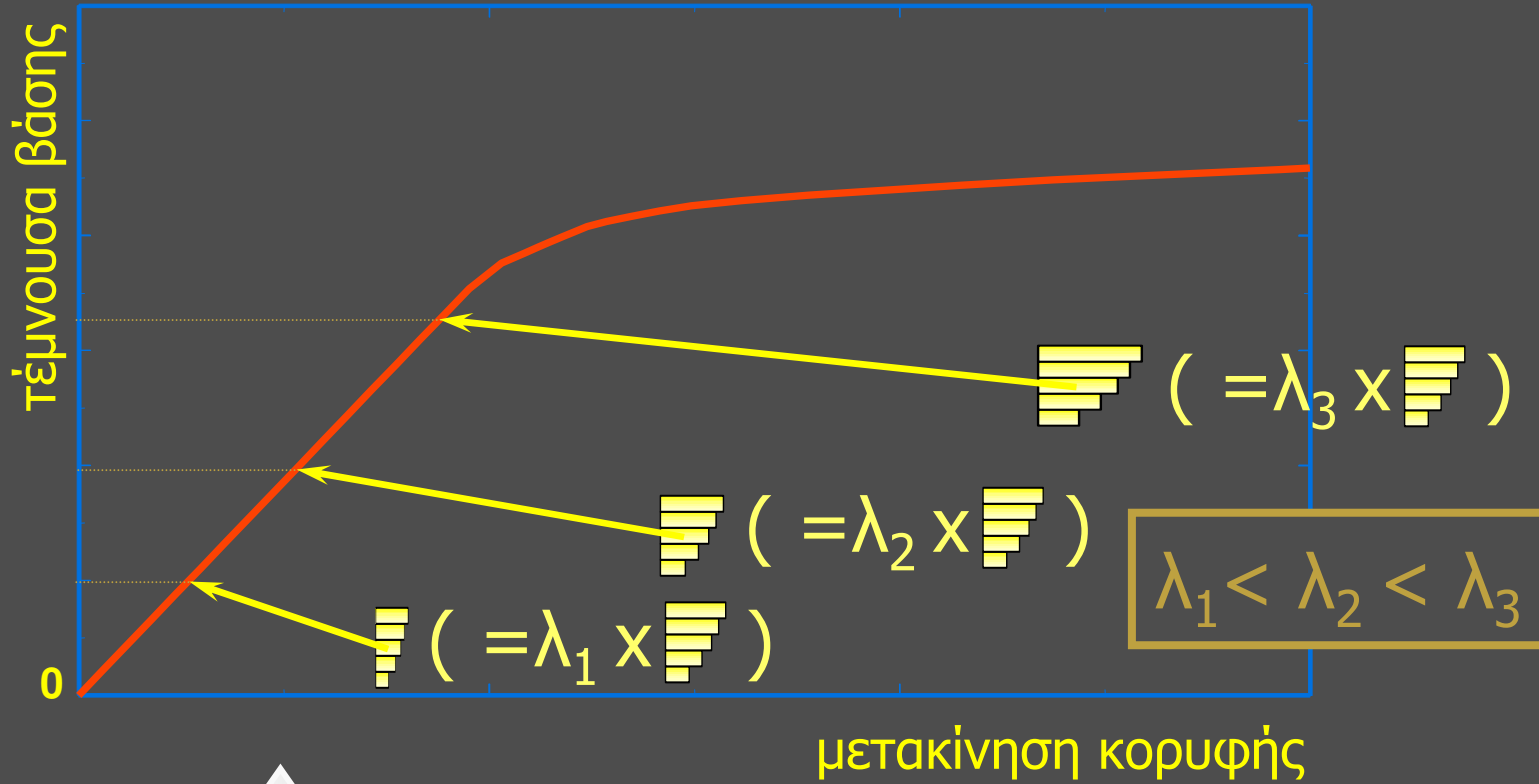


Κατανομή δυνάμεων



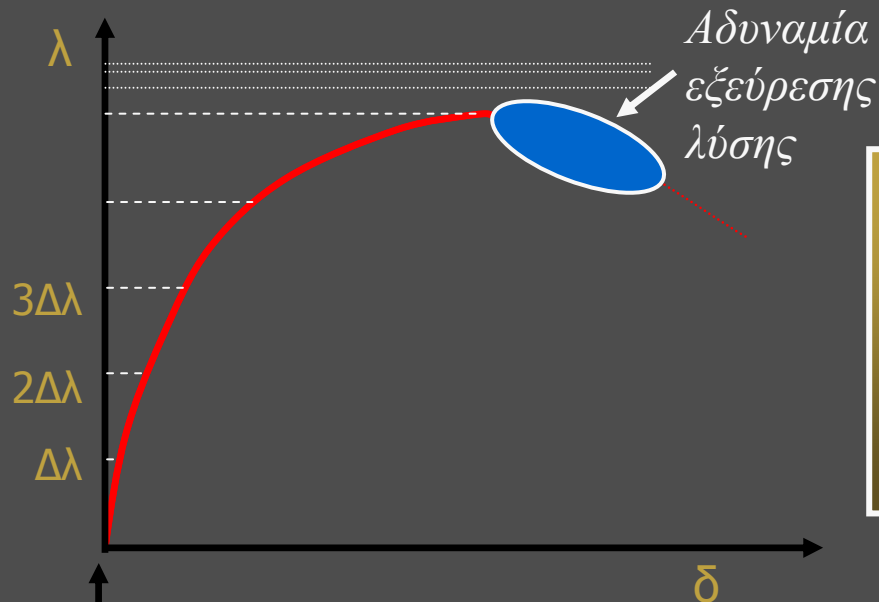
*Συγκεκριμένη και προεπιλεγμένη
κατανομή οριζοντίων δυνάμεων*

Συντελεστής φορτίσεως λ



Σταδιακή αύξηση του συντελεστή φορτίσεως λ
(\Rightarrow διαδοχικές επιλύσεις έως μια
στοχευόμενη μετακίνηση)

Τρόποι ελέγχου του συντελεστή φορτίσεως

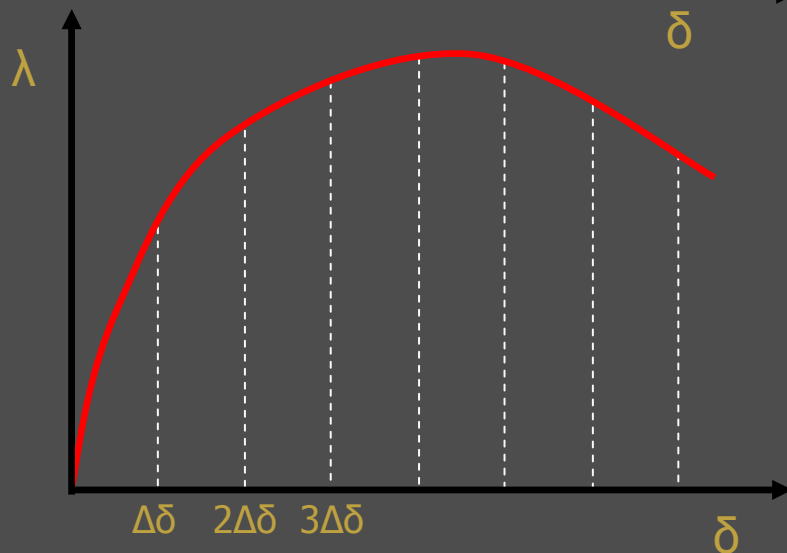


Έλεγχος του συντελεστή φόρτισης (Load control)

«Έλεγχος δυνάμεων»

«+» Φορτίο σαφώς καθορισμένο σε κάθε βήμα

«-» Αδυναμία προσδιορισμού του φθίνοντα κλάδου



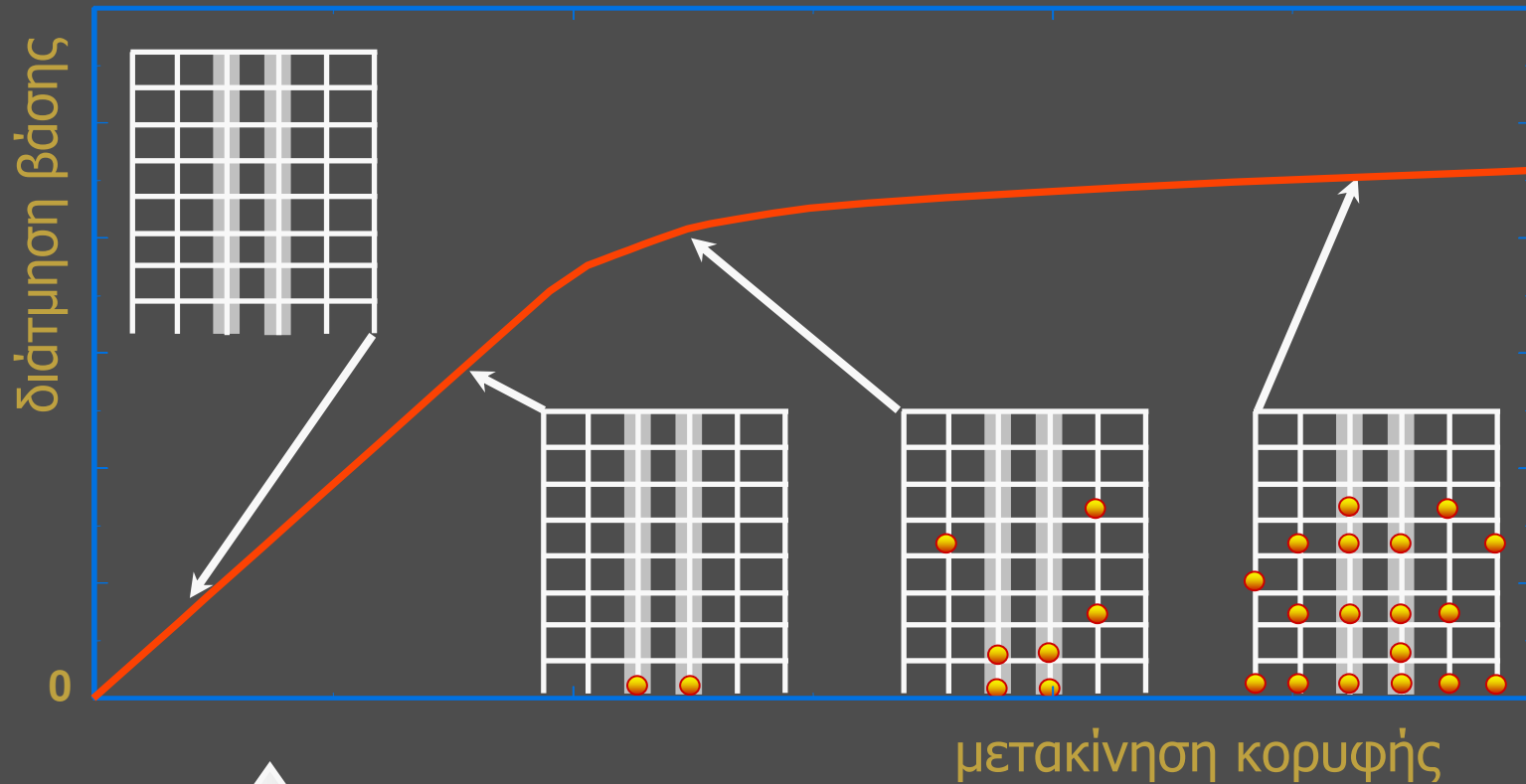
«Έλεγχος της απόκρισης / μετακίνησης»
(Response control / displacement-control)

«+» προσδιορισμός του φθίνοντα κλάδου

«+» πλεονεκτήματα στην εφαρμογή

«-» πιο δύσκολο να προγραμματιστεί

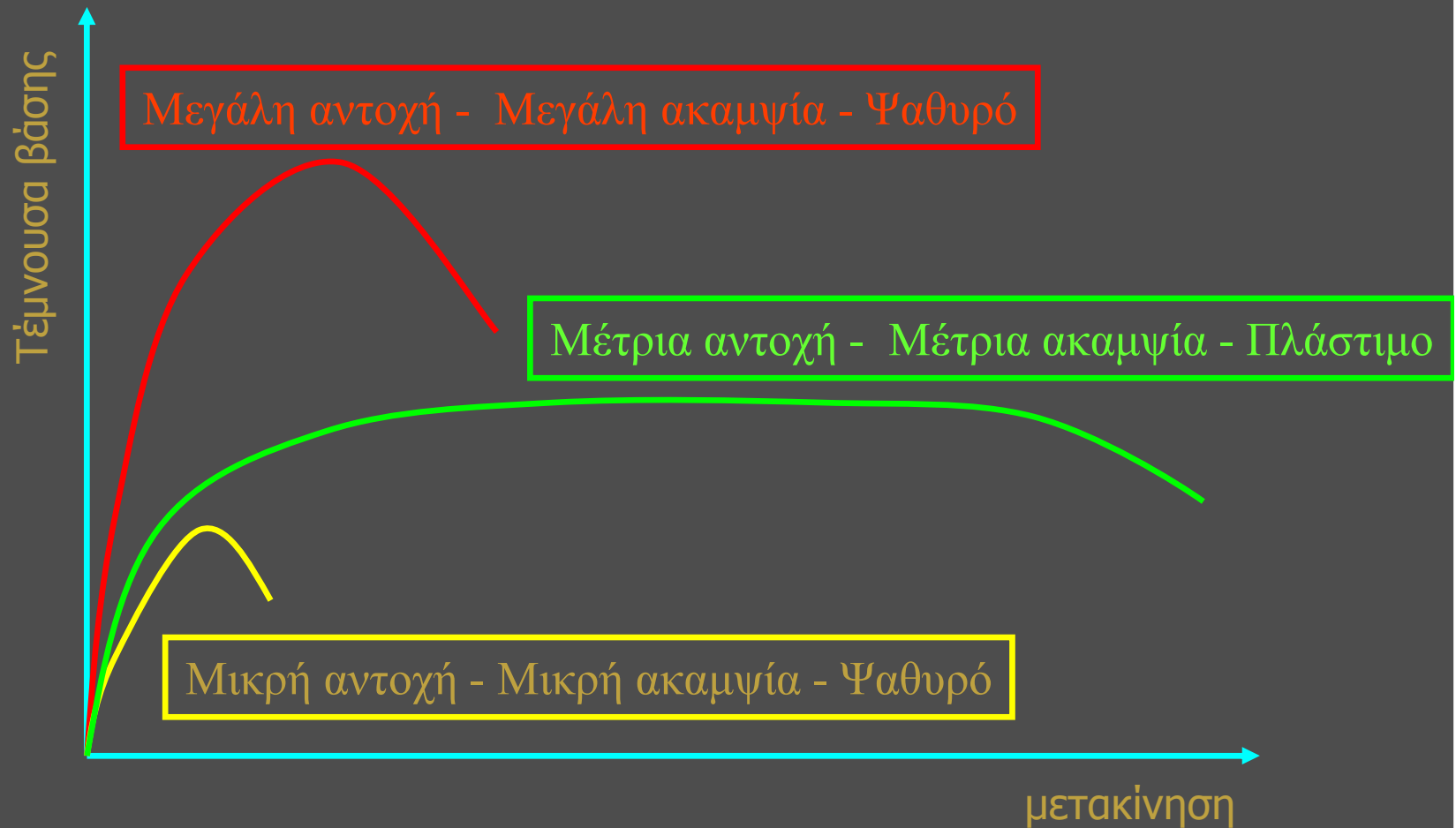
Αστοχία της κατασκευής



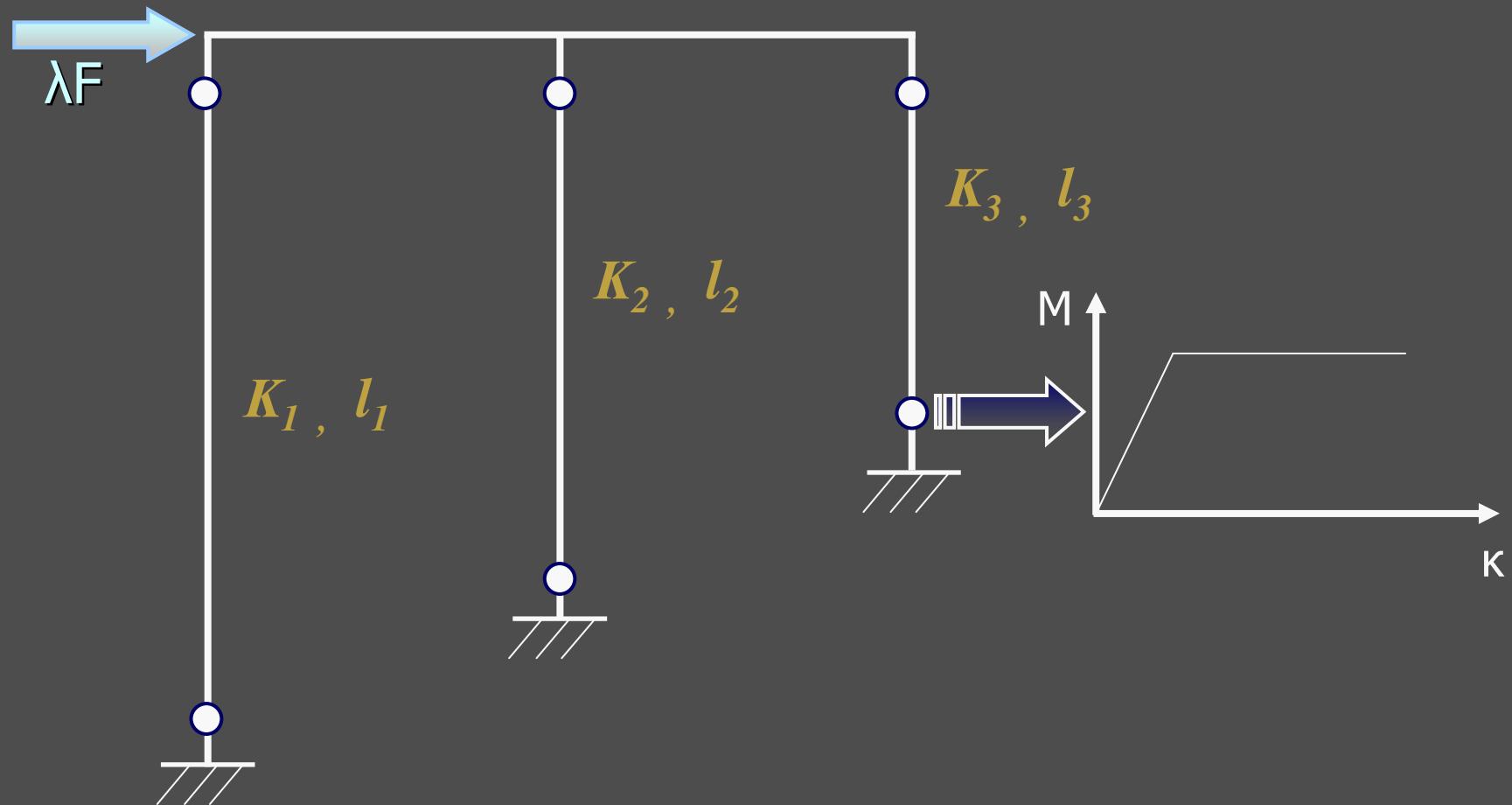
Καταγραφή:

- (1) της δημιουργίας πλαστικών αρθρώσεων
- (2) της αστοχίας των μελών
- (3) της ανακατανομής της έντασης

Καμπύλη ικανότητας (καμπύλη pushover)

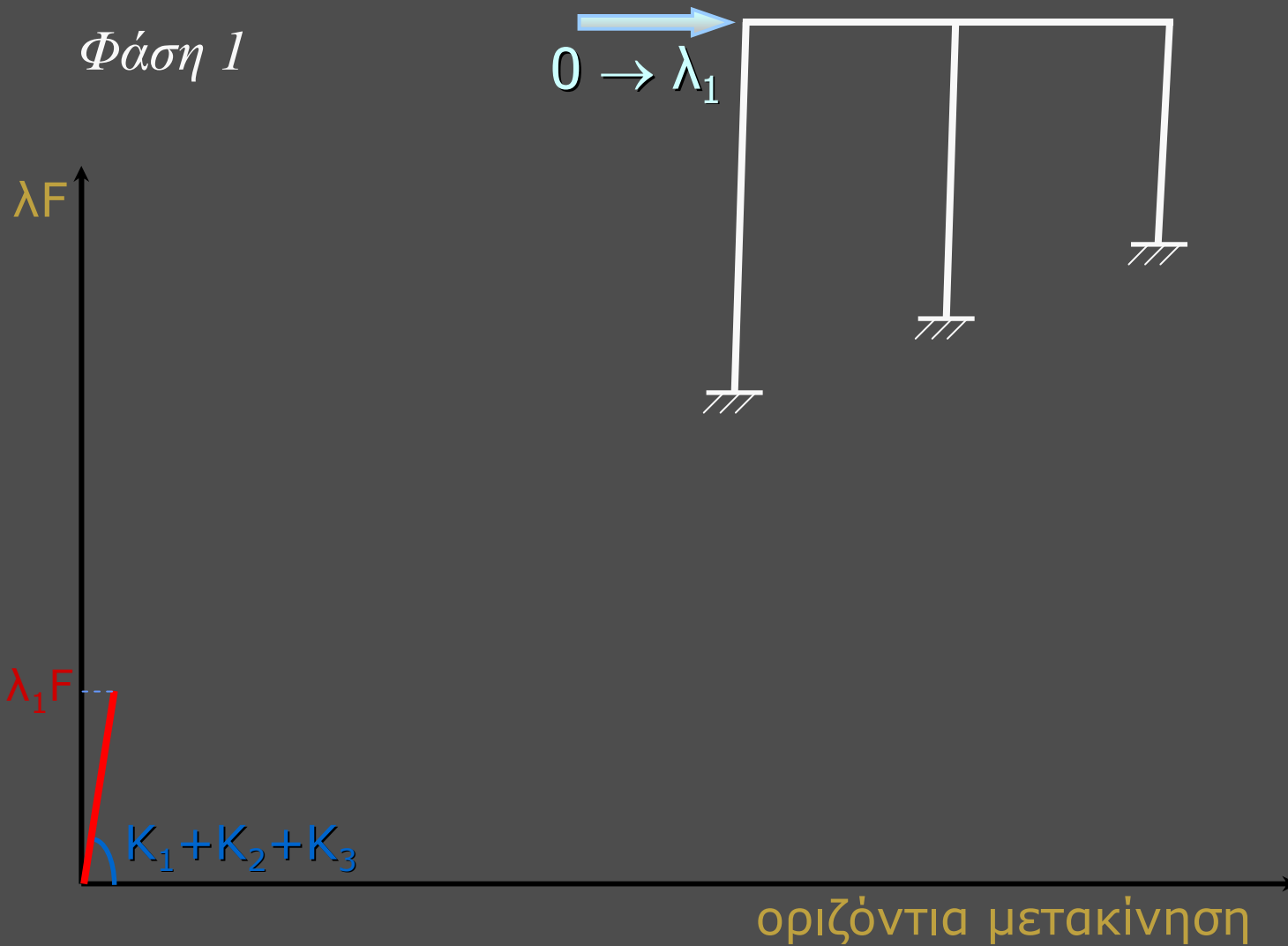


Παράδειγμα πορείας μιας pushover



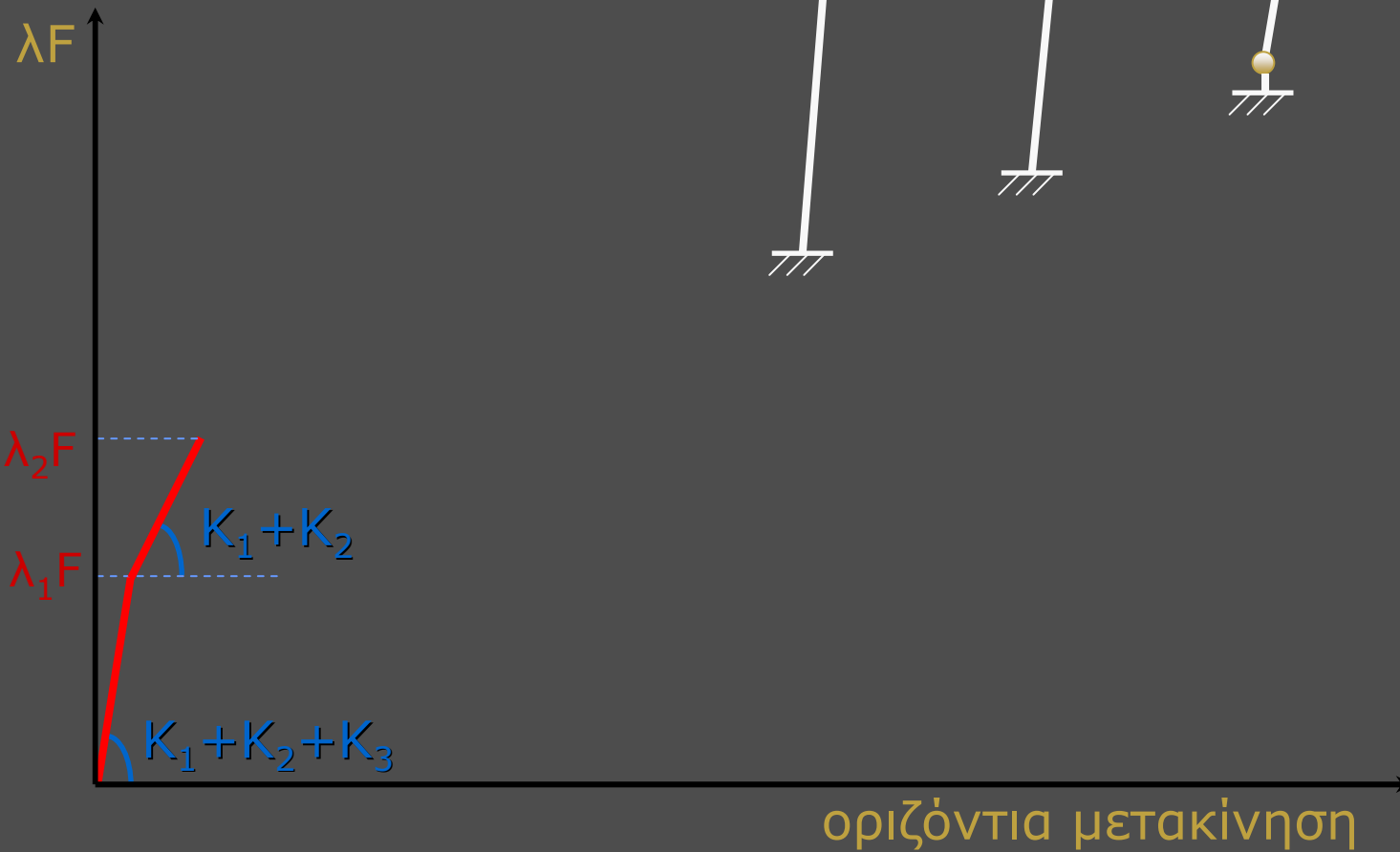
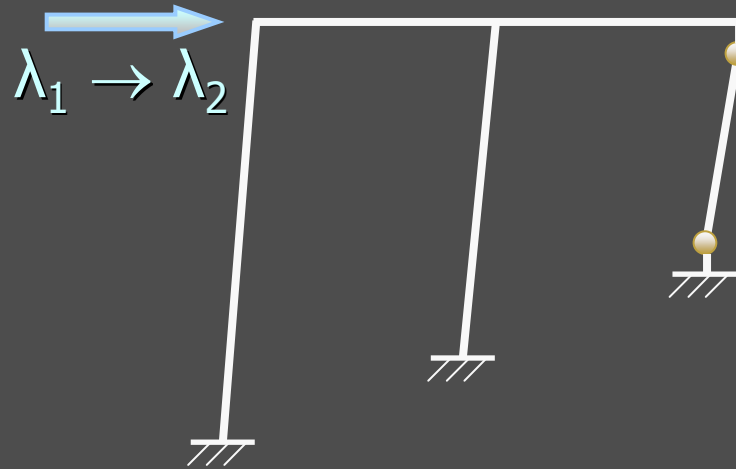
Παράδειγμα πορείας μιας pushover

Φάση 1



Παράδειγμα πορείας μιας pushover

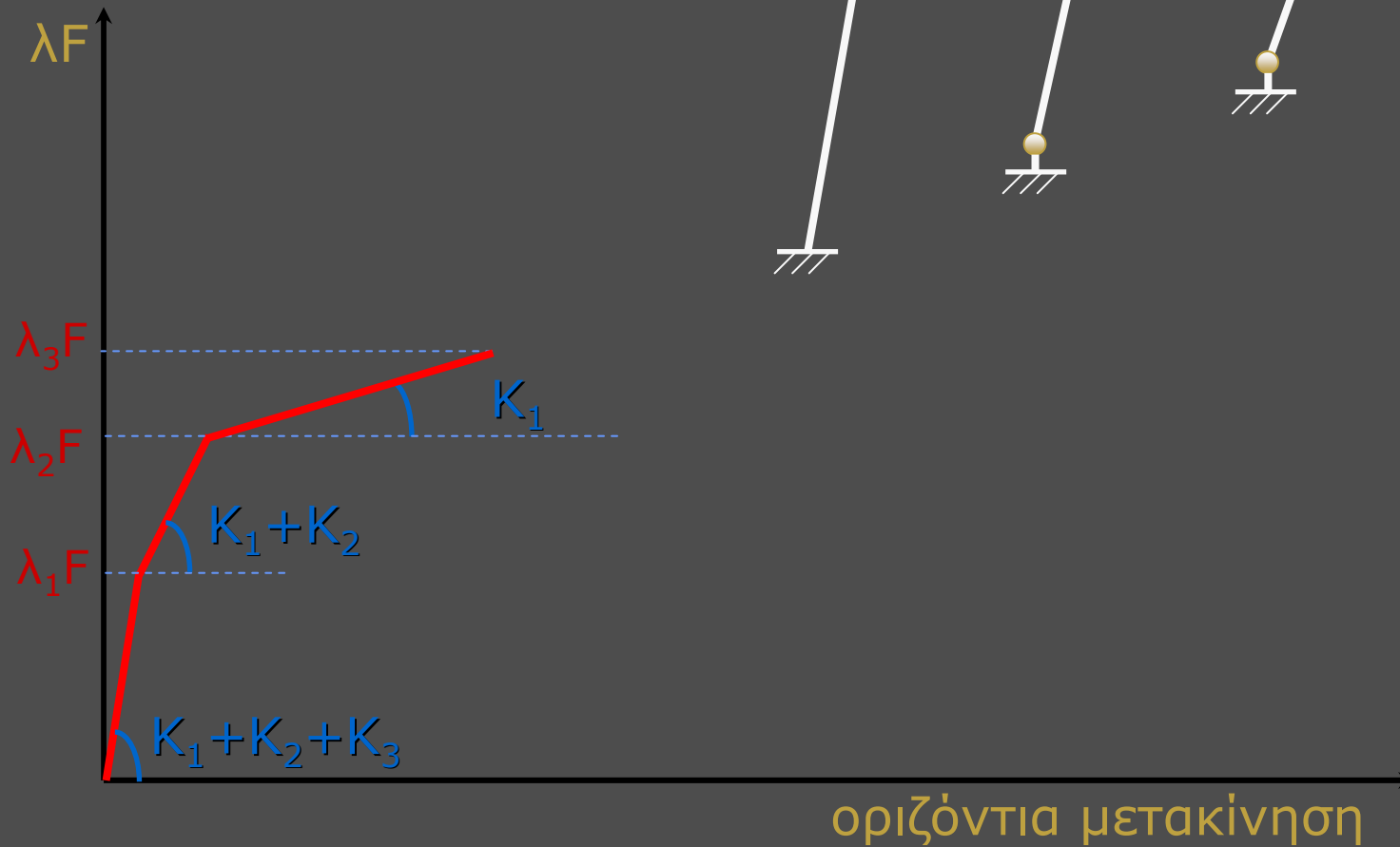
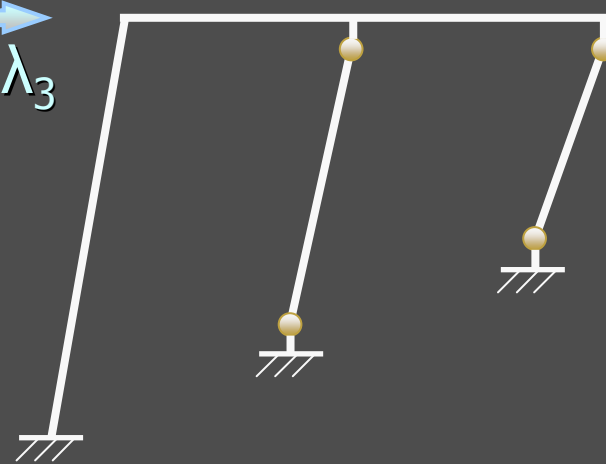
Φάση 2



Παράδειγμα πορείας μιας pushover

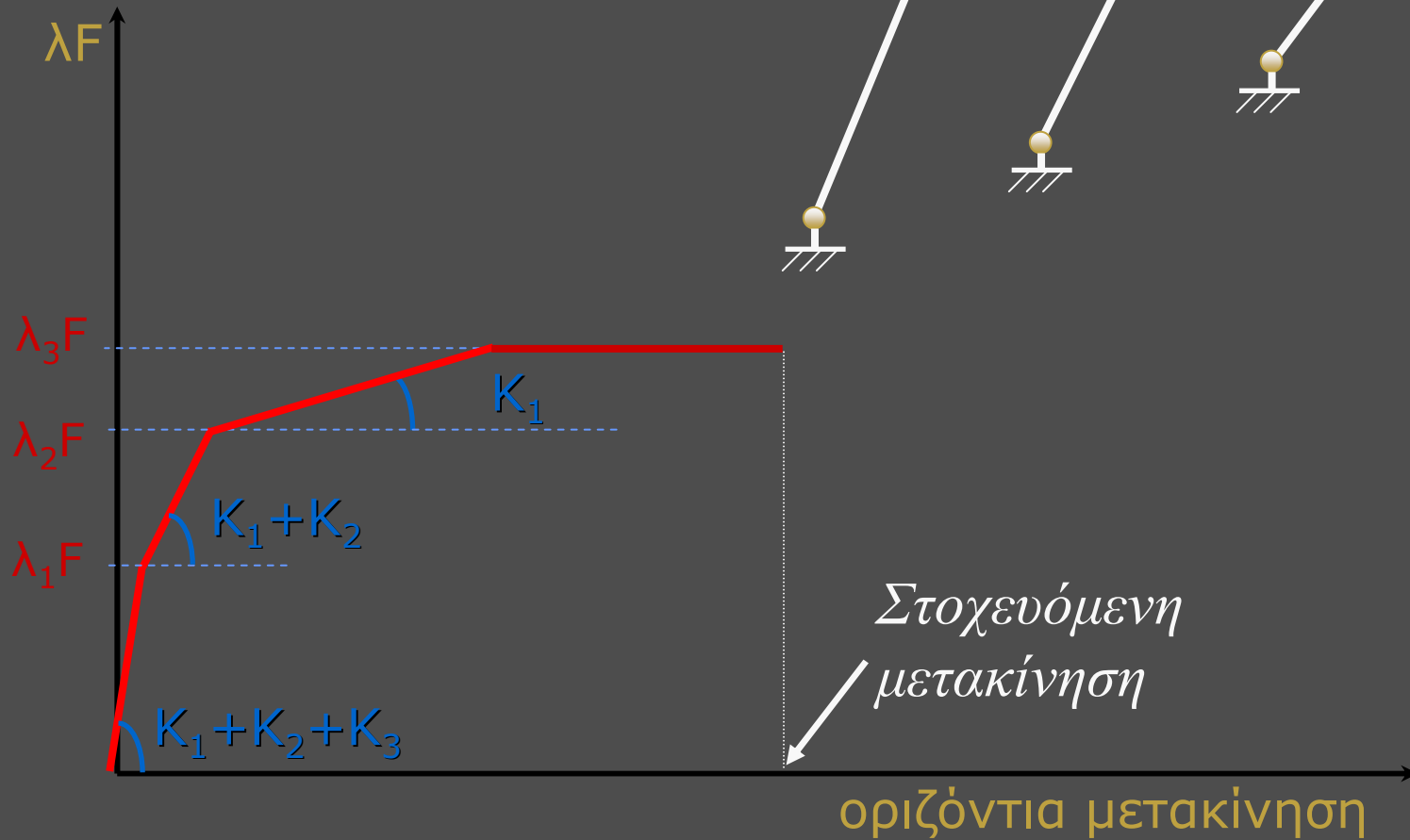
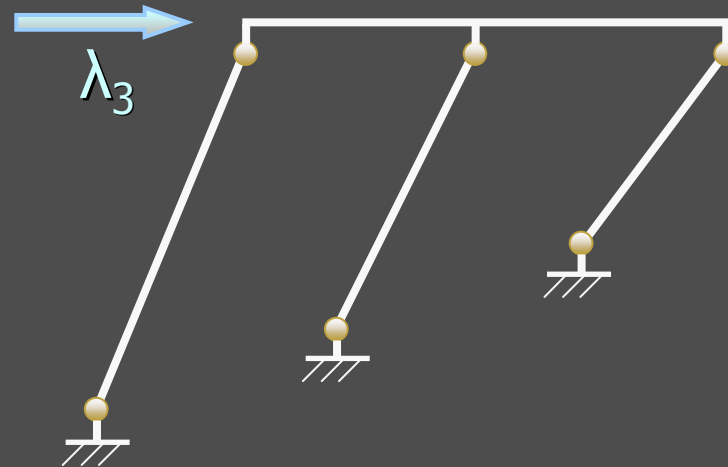
Φάση 3

$\lambda_2 \rightarrow \lambda_3$

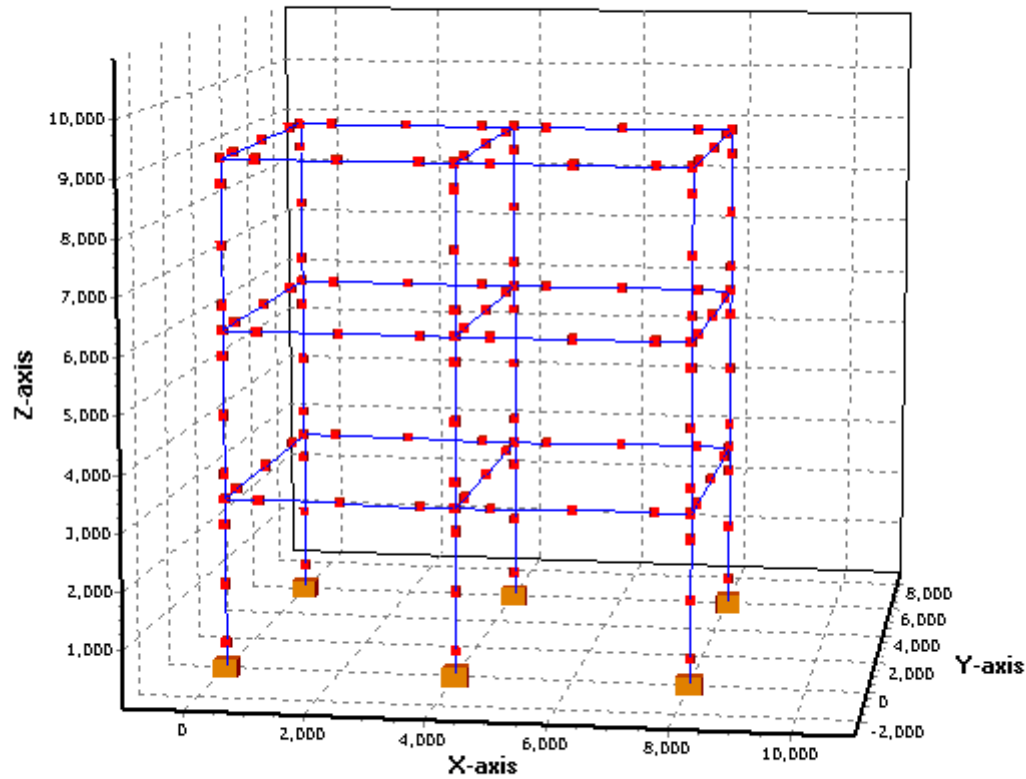


Παράδειγμα πορείας μιας pushover

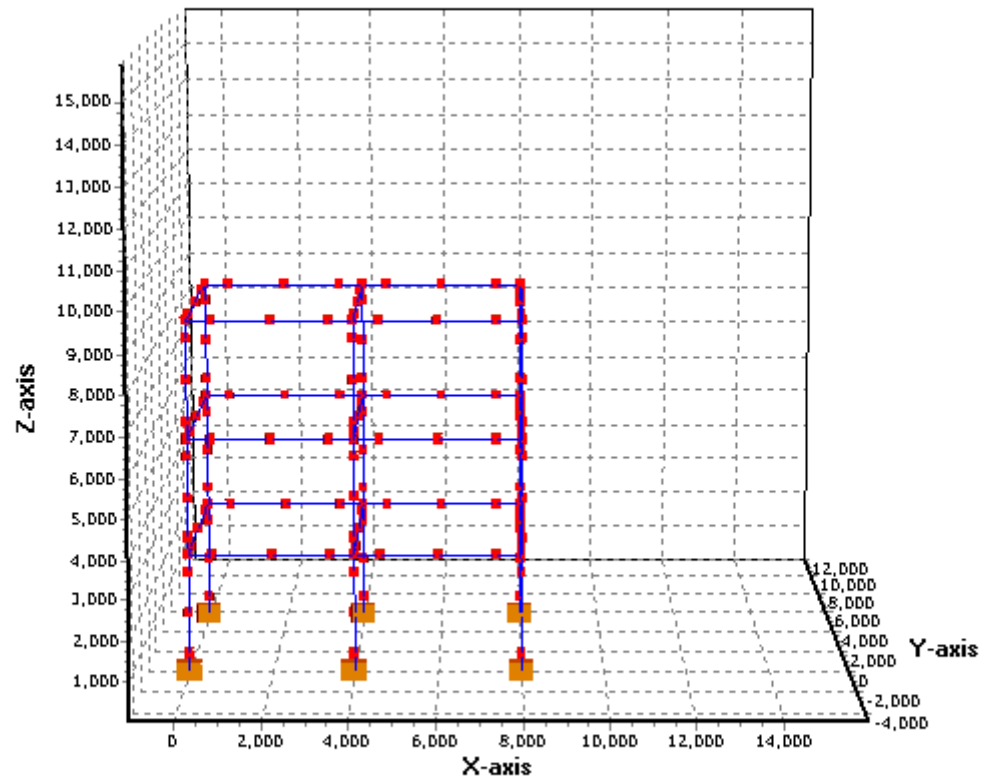
Φάση 4



Παραδείγματα pushover



Παραδείγματα pushover



Για τι θα μιλήσουμε...

- ✓ Τι είναι η ανάλυση pushover
 - ορισμός
 - κατανόηση λεπτομερειών
- ✓ Παράδειγμα - εφαρμογή
- ✓ Προσδιορισμός της στοχευόμενης μετακίνησης
- ✓ Τι πληροφορίες μας δίνει
- ✓ Αδυναμίες της μεθόδου
- ✓ Εργαλεία για pushover
- ✓ Κανονισμοί και οδηγίες
- ✓ Τι χρειάζεται προσοχή – λάθη που πρέπει να αποφύγουμε
- ✓ Εξέλιξη της pushover

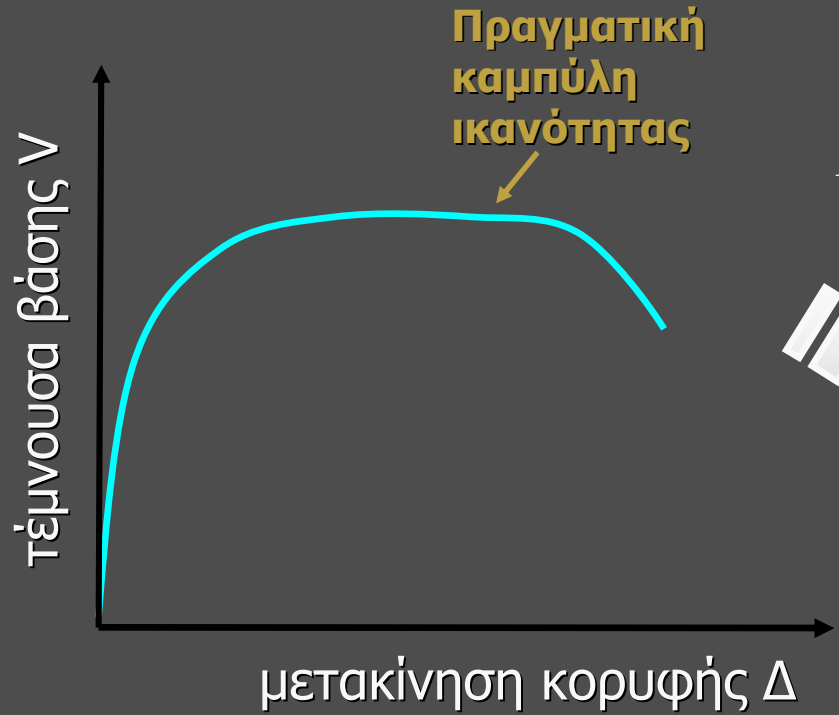
Στοχευόμενη μετακίνηση

- δεν έχει νόημα να σπρώχνουμε ένα δόμημα για πάντα
- Η στοχευόμενη μετακίνηση είναι περίπου ίση με τη μετακίνηση σε μια δεδομένη σεισμική φόρτιση και είναι το σημείο όπου συναντώνται η σεισμική ικανότητα (Seismic Capacity) και η σεισμική απαίτηση (Seismic Demand)
- Αν στο σημείο ισορροπίας οι ζημιές είναι αποδεκτές, έχουμε ένα δόμημα που ικανοποιεί το κριτήριο της pushover

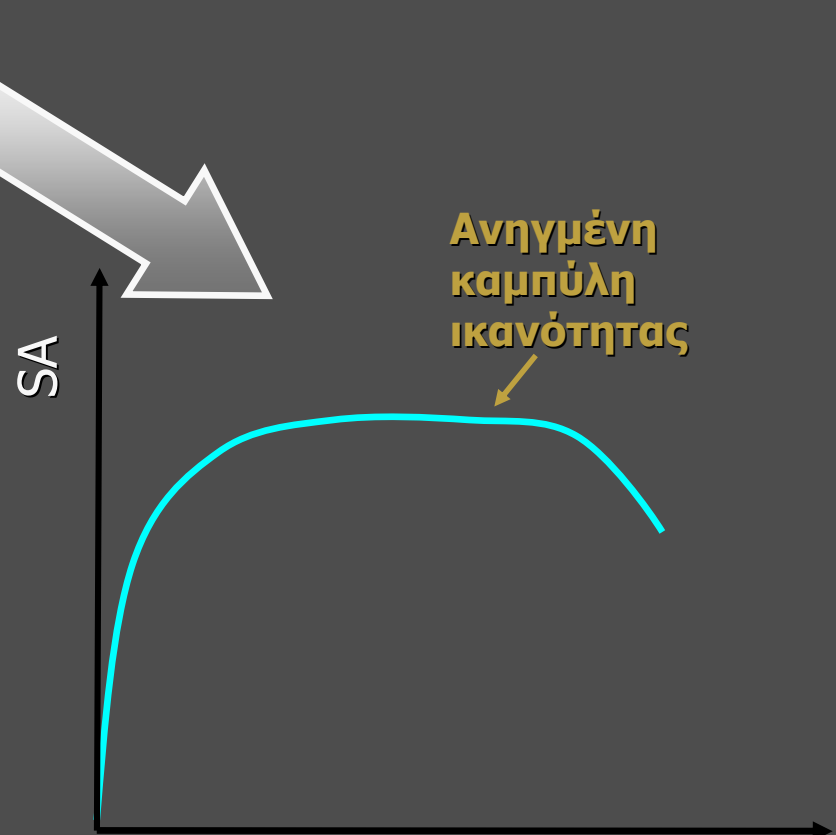
Αν όχι \Rightarrow ενίσχυση!

- Το σημείο (αν υπάρχει) μπορεί να βρεθεί με...
 - Capacity Spectrum Method
 - Displacement Coefficient Method (FEMA-273)
 - N2 (Fajfar)
 - Explicit R-Factor Method (Reinhorn)
 - Άλλες...

Στοχευόμενη μετακίνηση: Capacity spectrum method



Φάση 1:
Προσδιορισμός καμπύλης ικανότητας

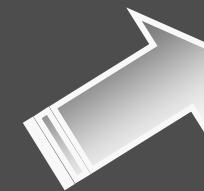
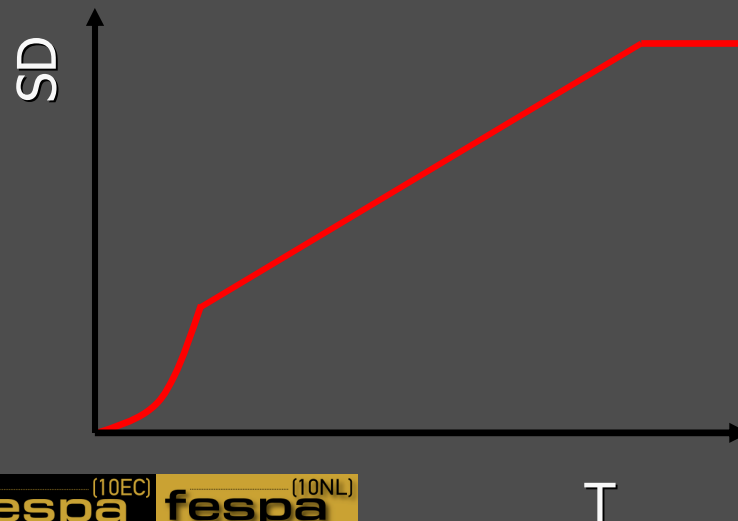
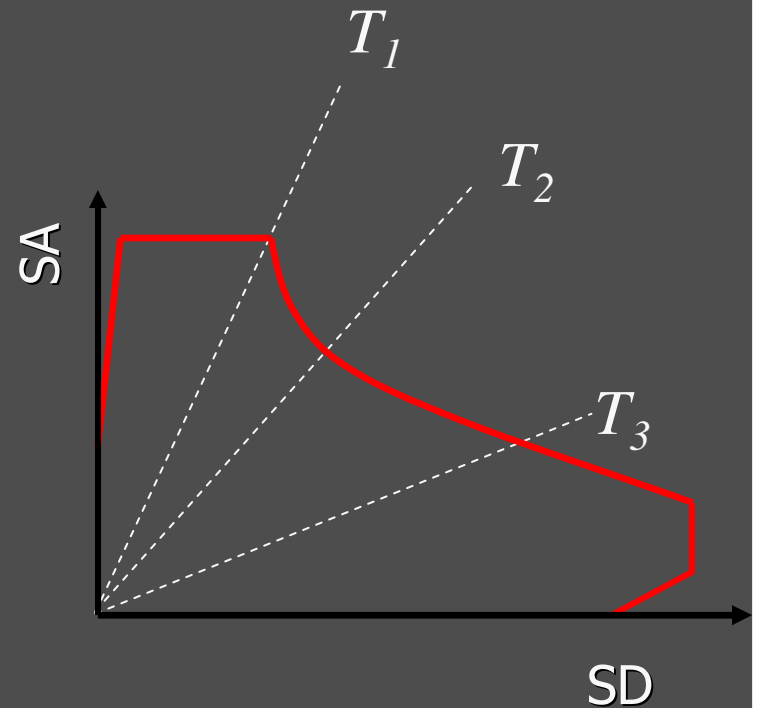
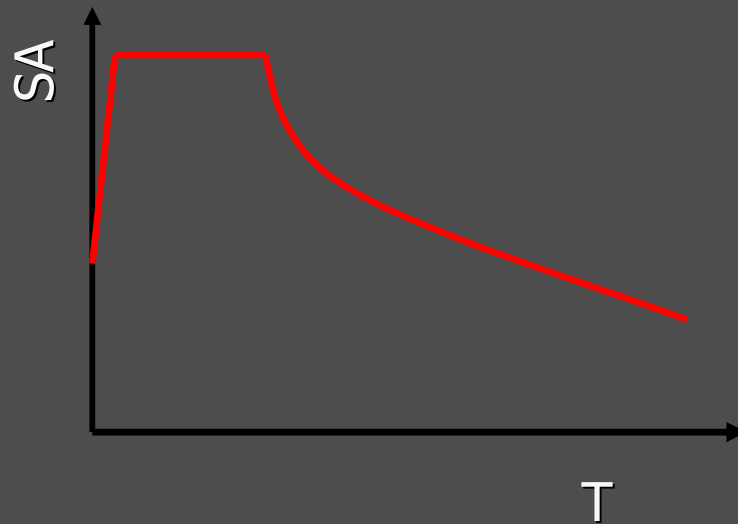


$$SA = \frac{V}{M_1^*}$$

$$SD = \frac{\Delta}{\Gamma_1 \phi_{N1}}$$

Στοχευόμενη μετακίνηση: Capacity spectrum method

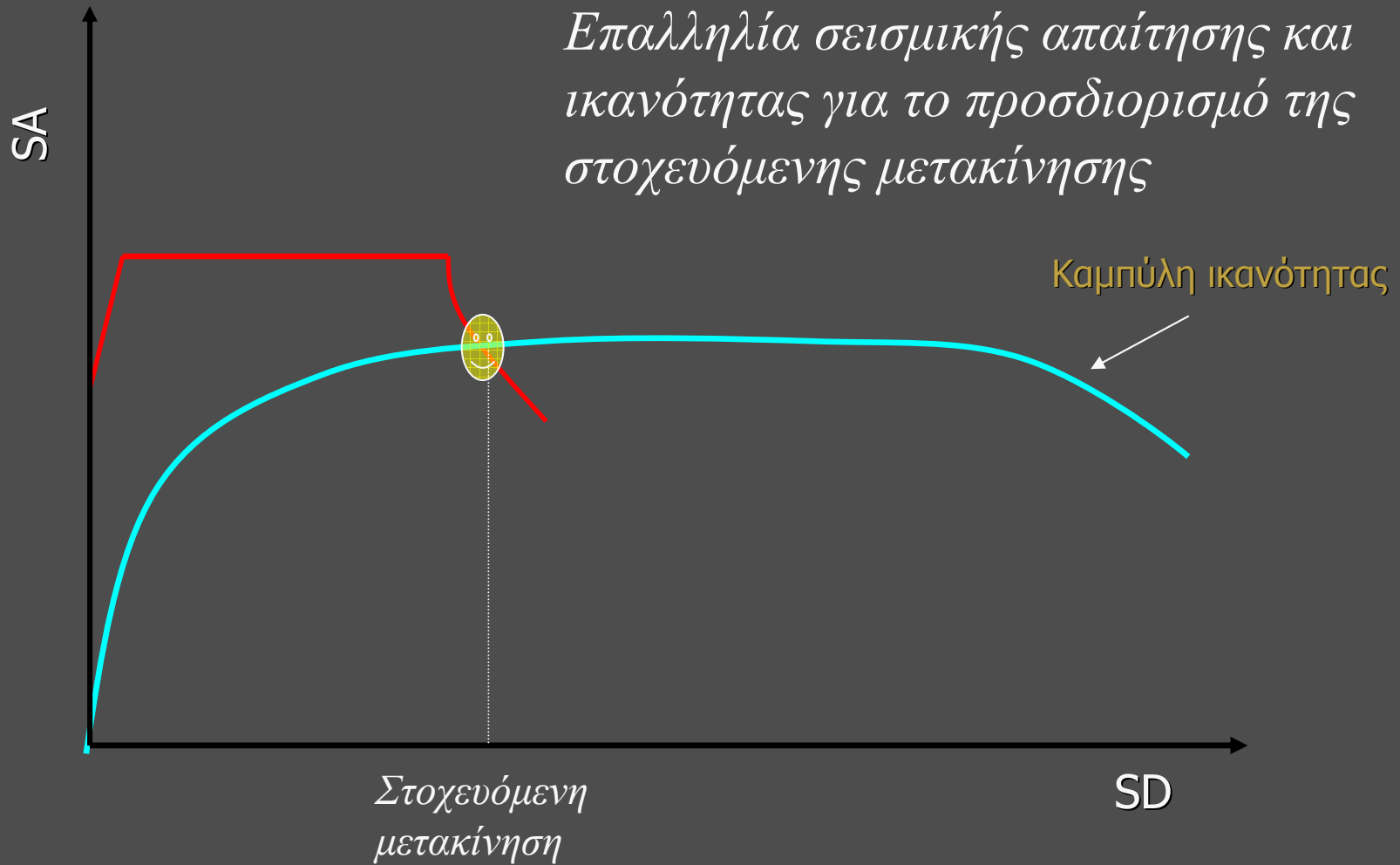
Φάση 2:
Προσδιορισμός καμπύλης
απαίτησης



Στοχευόμενη μετακίνηση: Capacity spectrum method

Φάση 3:

Επαλληλία σεισμικής απαίτησης και
ικανότητας για το προσδιορισμό της
στοχευόμενης μετακίνησης



Στοχευόμενη μετακίνηση: Capacity spectrum method

$$\delta_T = C_0 C_1 C_2 C_3 S_d = C_0 C_1 C_2 C_3 S_d (T_e^2 / 4\pi^2)$$

δ_T στοχευόμενη μετατόπιση πολυβάθμιου συστήματος

$S_d = S_d(T_e^2 / 4\pi^2)$ φασματική μετακίνηση

T_e η ενεργή ιδιοπερίοδος

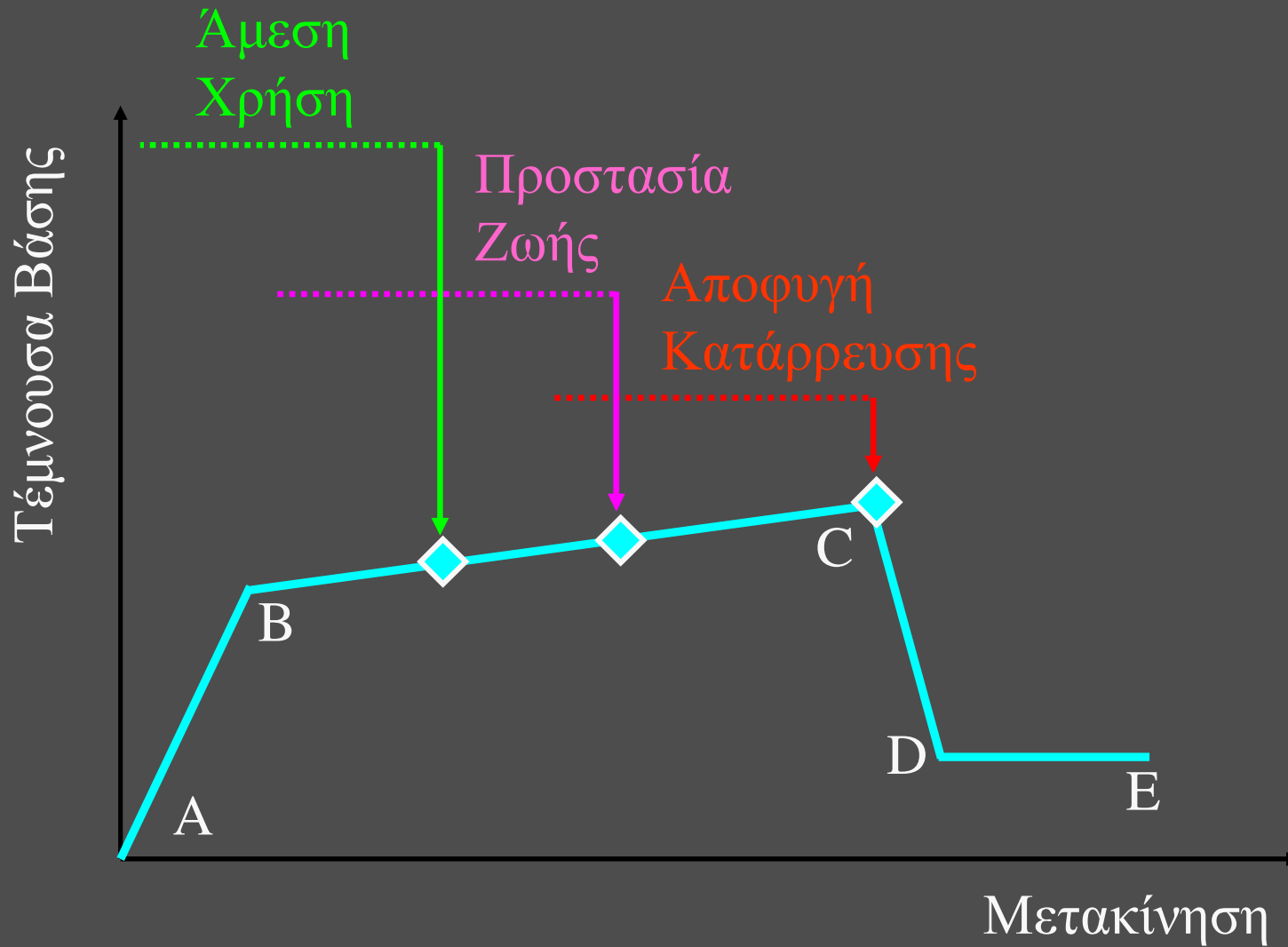
C_0 συσχετίζει φασματικές μετατοπίσεις με την μετακίνηση στη κορυφή του κτιρίου (από εξισώσεις – ιδιομορφές του συστήματος)

C_1 συσχετίζει ανελαστικές και ελαστικές μετατοπίσεις. Αντιστοιχεί στη πλαστιμότητα μ του μονοβάθμιου συστήματος (από εξισώσεις)

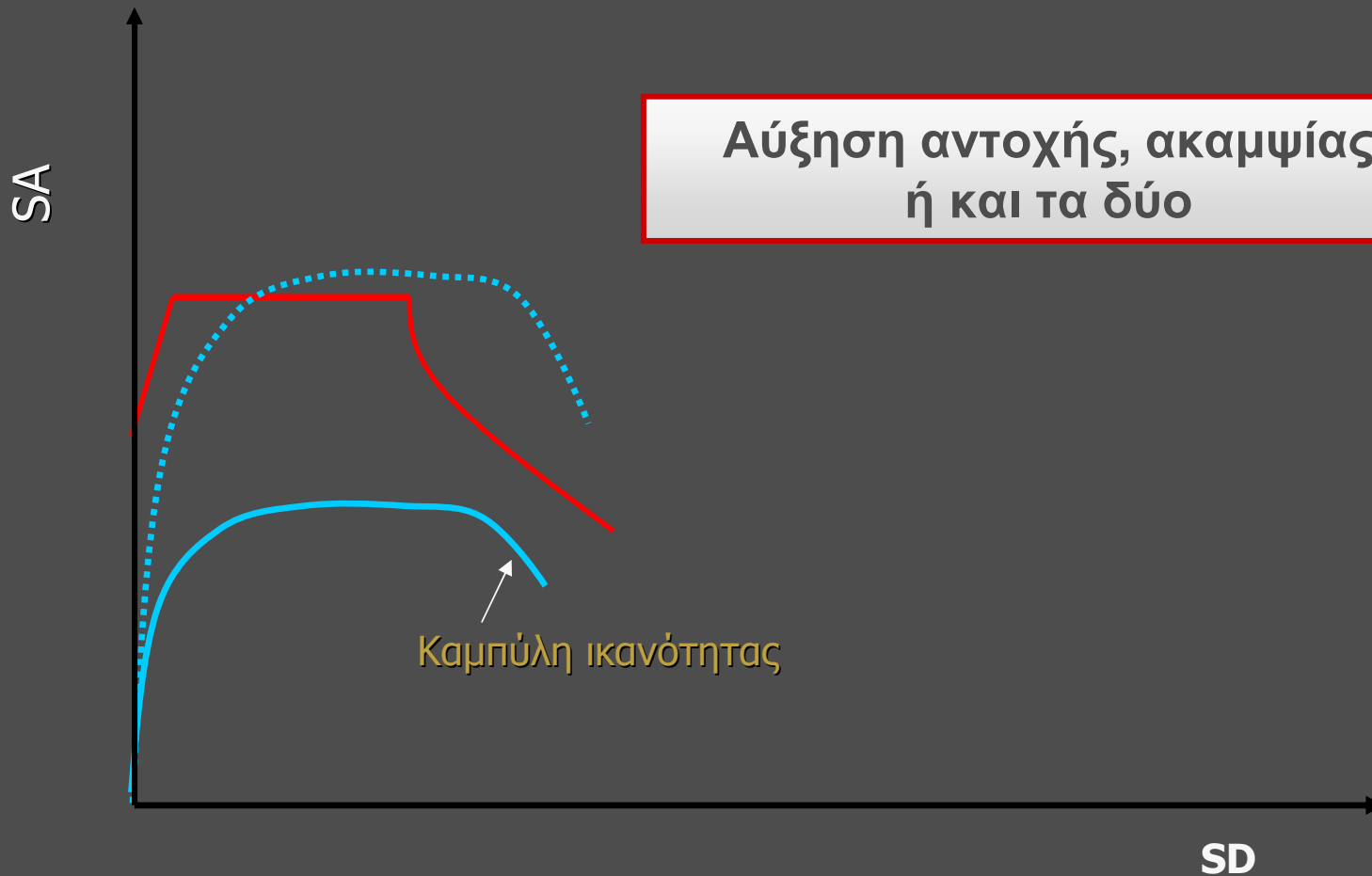
C_2 σχετίζεται με τη μορφή των βρόγχων υστέρησης (από πίνακες)

C_3 αντιστοιχεί στις αυξημένες μετατοπίσεις λόγω P- δ (εξαρτάται από τη μετελαστική συμπεριφορά του συστήματος)

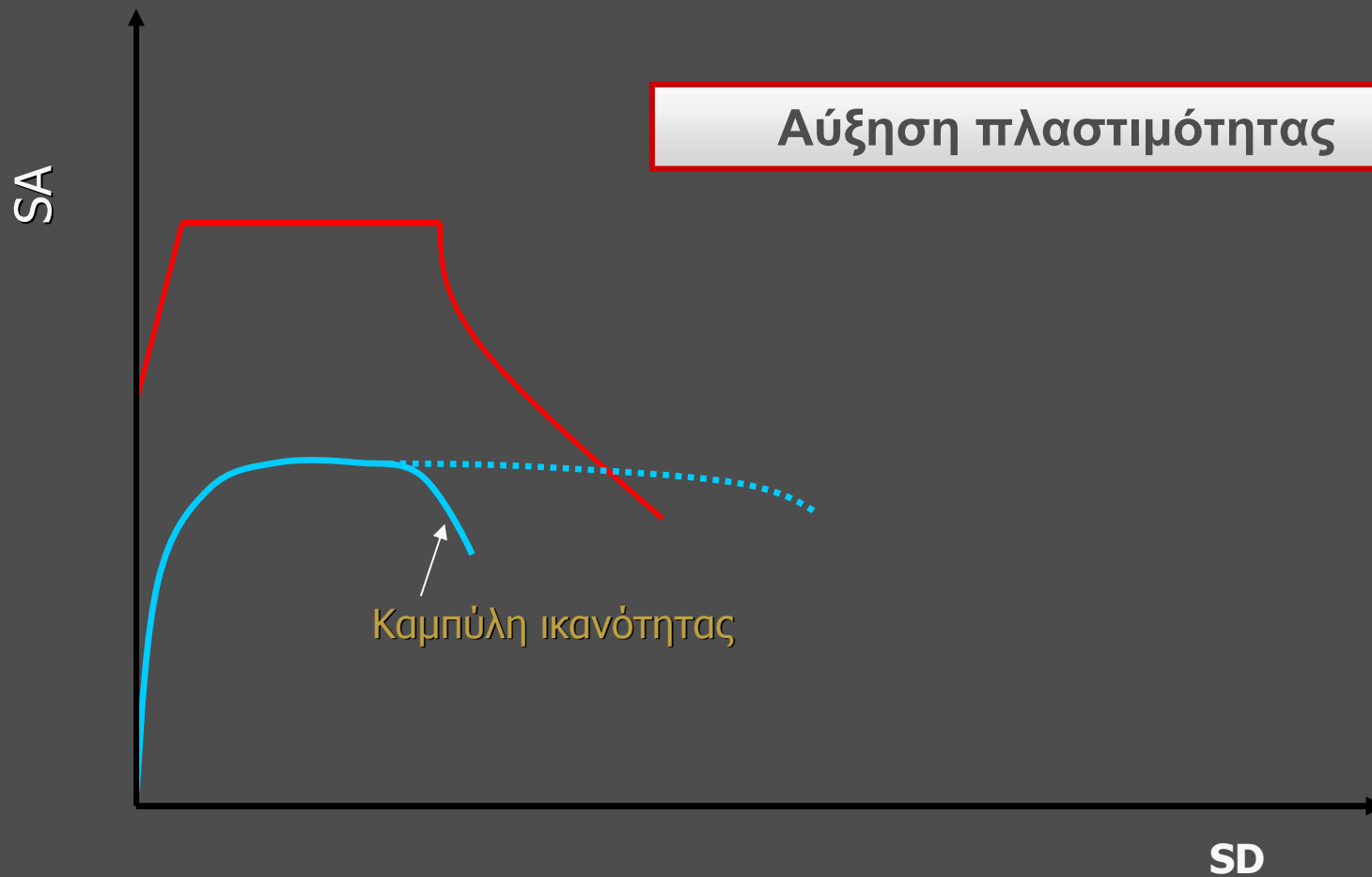
Στοχευόμενη μετακίνηση: Capacity spectrum method



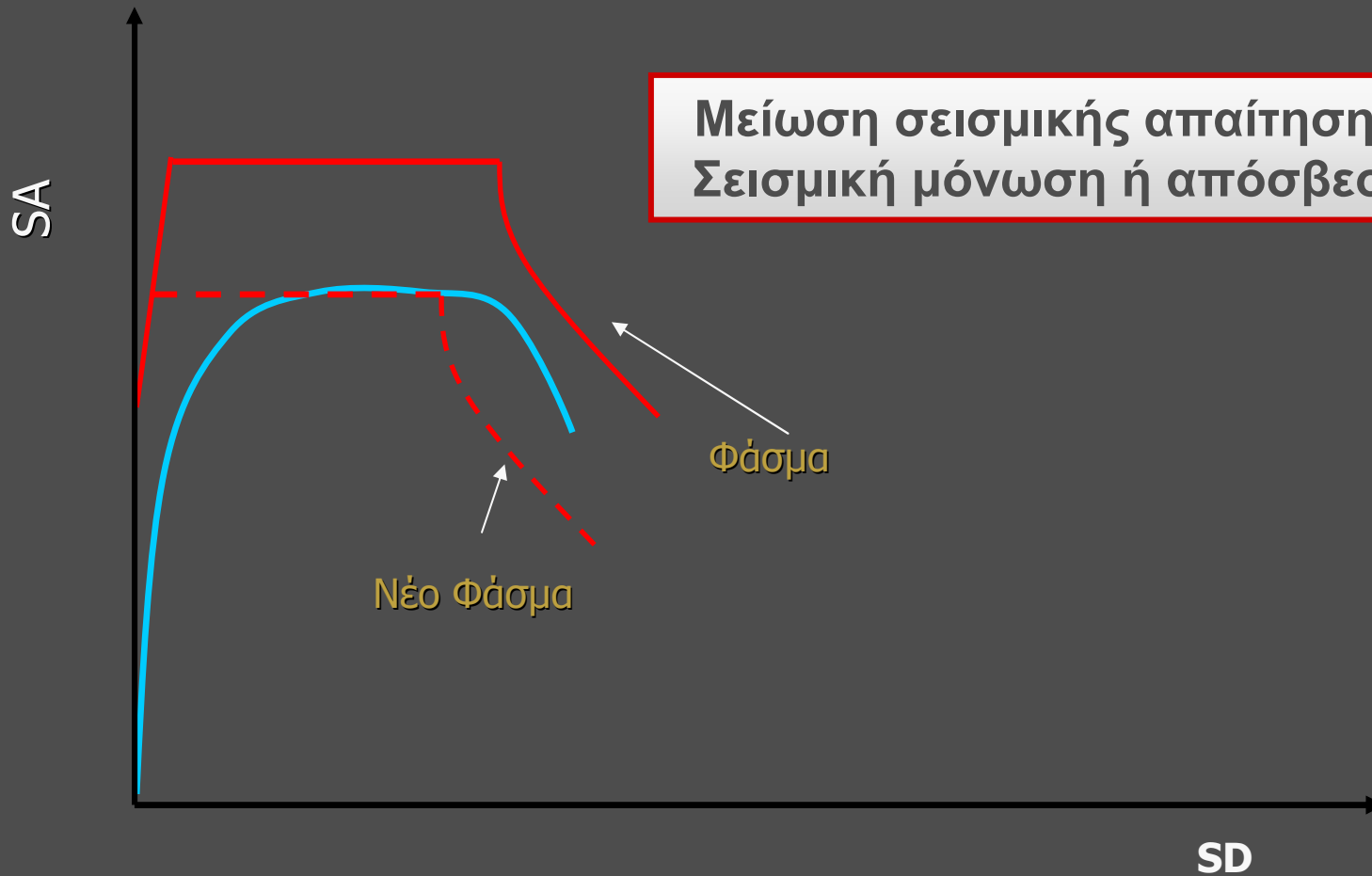
Κι αν δεν υπάρχει σημείο τομής;



Κι αν δεν υπάρχει σημείο τομής;



Κι αν δεν υπάρχει σημείο τομής;



Κι αν δεν υπάρχει σημείο τομής;

- Ακόμη τίποτα?
 - *Συνδυασμός των διαφόρων κατηγοριών παρεμβάσεων*

- Ακόμη τίποτα?
 - *Η κατασκευή είναι καταδικασμένη*

Για τί θα μιλήσουμε...

- ✓ Τι είναι η ανάλυση pushover
 - ορισμός
 - κατανόηση λεπτομερειών
- ✓ Παράδειγμα – εφαρμογή
- ✓ Προσδιορισμός της στοχευόμενης μετακίνησης
- ✓ Τι πληροφορίες μας δίνει
- ✓ Αδυναμίες της μεθόδου
- ✓ Εργαλεία για pushover
- ✓ Κανονισμοί και οδηγίες
- ✓ Τι χρειάζεται προσοχή – λάθη που πρέπει να αποφύγουμε
- ✓ Εξέλιξη της pushover

Γιατί Pushover;

- ✓ Προσδιορισμός των κρίσιμων περιοχών όπου οι ανελαστικές μετακινήσεις είναι σημαντικές
- ✓ Σειρά δημιουργίας πλαστικών αρθρώσεων και αστοχιών
- ✓ Έλεγχος της ακεραιότητας του δομήματος και της επάρκειας του στη μεταφορά των κατακόρυφων φορτίων
- ✓ Προσδιορισμός των συνεπειών για την ασφάλεια του φορέα από την αστοχία συγκεκριμένων στοιχείων
- ✓ Εκτίμηση των πραγματικών ανελαστικών μετακινήσεων και έλεγχος των ζημιών σε μη φέροντα στοιχεία
- ✓ Εκτιμήσεις των πραγματικών δυνάμεων που αναπτύσσονται σε ψαθυρά στοιχεία

Σωστή χρήση προσφέρει σημαντικές πληροφορίες για τη σεισμική συμπεριφορά των στοιχείων του συστήματος.

Γιατί Pushover;

Σε σχέση με τις *ελαστικές μεθόδους* (ισοδύναμη στατική / δυναμική):

- ✓ Σαφής προσομοίωση της ανελαστικής συμπεριφοράς
- ✓ Πιο πολύ βασισμένη στις μετατοπίσεις
- ✓ Συμβατό με σχεδιασμό με κριτήρια επιτελεστικότητας

Σε σχέση με την *ανελαστική δυναμική ανάλυση*:

- ✓ Απλή στη χρήση
- ✓ Απλή στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων
- ✓ Λιγότερο χρονοβόρα/δαπανηρή

⇒ **Κερδίζει έδαφος ως εργαλείο για αποτίμηση και σχεδιασμό δομημάτων**

Αδυναμίες της Pushover

- ✓ δεν υπάρχει στέρεο θεωρητικό υπόβαθρο
- ✓ απώλεια ακρίβειας σε κατασκευές με σημαντικές περισσότερες από μια ιδιομορφές
- ✓ δύσκολα προσομοιώνονται δομήματα με μη κανονικότητες στο χώρο και έντονα στρεπτικά φαινόμενα
- ✓ η σταδιακή μεταβολή της ακαμψίας, των ιδιομορφικών χαρακτηριστικών, των ιδιοπεριόδων και της αντίστοιχης φασματικής απόκρισης δεν μπορούν να ληφθούν υπόψη
- ✓ λαμβάνει υπόψη μόνο το οριζόντιο σεισμικό φορτίο
- ✓ αγνοεί κινητική ενέργεια και απόσβεση της σεισμικής φόρτισης
- ✓ αγνοεί τη διάρκεια της σεισμικής φόρτισης και τη συσσώρευση σεισμικής ενέργειας

**Απαιτείται
προσοχή!**

Για τί θα μιλήσουμε...

- ✓ Τι είναι η ανάλυση pushover
 - ορισμός
 - κατανόηση λεπτομερειών
- ✓ Παράδειγμα – εφαρμογή
- ✓ Προσδιορισμός της στοχευόμενης μετακίνησης
- ✓ Τι πληροφορίες μας δίνει
- ✓ Αδυναμίες της μεθόδου
- ✓ **Εργαλεία για pushover**
- ✓ Κανονισμοί και οδηγίες
- ✓ Τι χρειάζεται προσοχή – λάθη που πρέπει να αποφύγουμε
- ✓ Εξέλιξη της pushover

Τί εργαλεία μπορώ να χρησιμοποιήσω;

1) Προγράμματα *ανελαστικής ανάλυσης* με δυνατότητες pushover

Ακαδημαϊκά:

- DRAIN-2DX, DRAIN-3DX
- IDARC-2D, IDARC-3D
- SeismoStruct
- NL-PUSH
- PC-ANSR

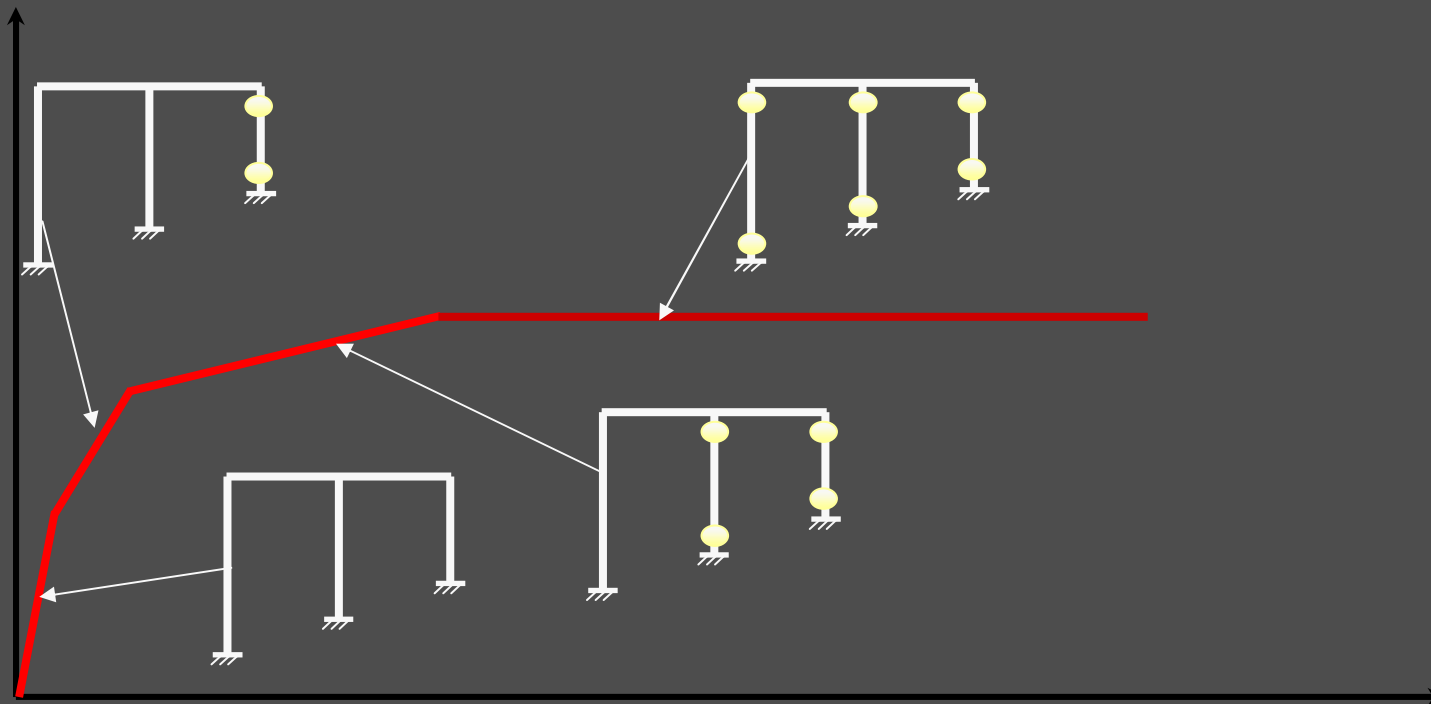
Εμπορικά:

- ADINA
- SAP2000
- ABAQUS
- Fespa10
- Σύντομα όλα...

2) Διαδοχική εφαρμογή προγραμμάτων *ελαστικής ανάλυσης*

Με χρήση προγραμμάτων ελαστικής ανάλυσης

- ✓ Σειρά ελαστικών αναλύσεων (μεταβαλλόμενο στατικό προσομοίωμα)
- ✓ Κάθε ανάλυση πραγματοποιείται με το στατικό προσομοίωμα στο τέλος της προηγούμενης φάσης
- ✓ Όλες οι δράσεις και τα εντατικά μεγέθη αντιστοιχούν σε βήματα ανάλυσης
- ✓ Τα πραγματικά εντατικά μεγέθη προκύπτουν από το άθροισμα των βημάτων



Για τι θα μιλήσουμε...

- ✓ Τι είναι η ανάλυση pushover
 - ορισμός
 - κατανόηση λεπτομερειών
- ✓ Παράδειγμα – εφαρμογή
- ✓ Προσδιορισμός της στοχευόμενης μετακίνησης
- ✓ Τι πληροφορίες μας δίνει
- ✓ Αδυναμίες της μεθόδου
- ✓ Εργαλεία για pushover
- ✓ **Κανονισμοί και οδηγίες**
- ✓ Τι χρειάζεται προσοχή – λάθη που πρέπει να αποφύγουμε
- ✓ Εξέλιξη της pushover

Κανονισμοί και οδηγίες

- ✓ EC8 Μέρος 3
- ✓ ΚΑΝΕΠΕ
- ✓ Vision 2000 report , Structural Engineers Association of California [1995]
- ✓ FEMA 273, US National Earthquake Hazard Program: NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings [ATC 1997]



Σχεδιασμός με κριτήρια επιτελεστικότητας
[Performance-based design]

Πολλαπλά κριτήρια
επιτελεστικότητας



Αποφυγή
κατάρρευσης
[σημερινή πρακτική]



Γενικότερη τάση να αλλάξουν οι
κανονισμοί προς τη νέα λογική

Κανονισμοί και οδηγίες

Μέθοδος Ανάλυσης	Απαιτήσεις και Περιορισμοί			
	Η ανελαστική συμπεριφορά πρέπει να είναι ανάλογη με την ελαστική	Στατικό σύστημα πρέπει να είναι κανονικό	Οι χαμηλότερες ιδιομορφές λαμβάνονται σωστά υπόψη?	Μπορεί να λάβει υπόψη κοντινούς σεισμούς?
Ελαστική Στατική	Ναι	Ναι	Ναι	Όχι
Ελαστική Δυναμική (modal)	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι
Ανελαστική Στατική	Όχι	Όχι	Ναι	Όχι
Ανελαστική Δυναμική (time-history)	Όχι	Όχι	Όχι	Ναι

Για τι θα μιλήσουμε...

- ✓ Τι είναι η ανάλυση pushover
 - ορισμός
 - κατανόηση λεπτομερειών
- ✓ Παράδειγμα – εφαρμογή
- ✓ Προσδιορισμός της στοχευόμενης μετακίνησης
- ✓ Τι πληροφορίες μας δίνει
- ✓ Αδυναμίες της μεθόδου
- ✓ Εργαλεία για pushover
- ✓ Κανονισμοί και οδηγίες
- ✓ Τι χρειάζεται προσοχή – λάθη που πρέπει να αποφύγουμε
- ✓ Εξέλιξη της pushover

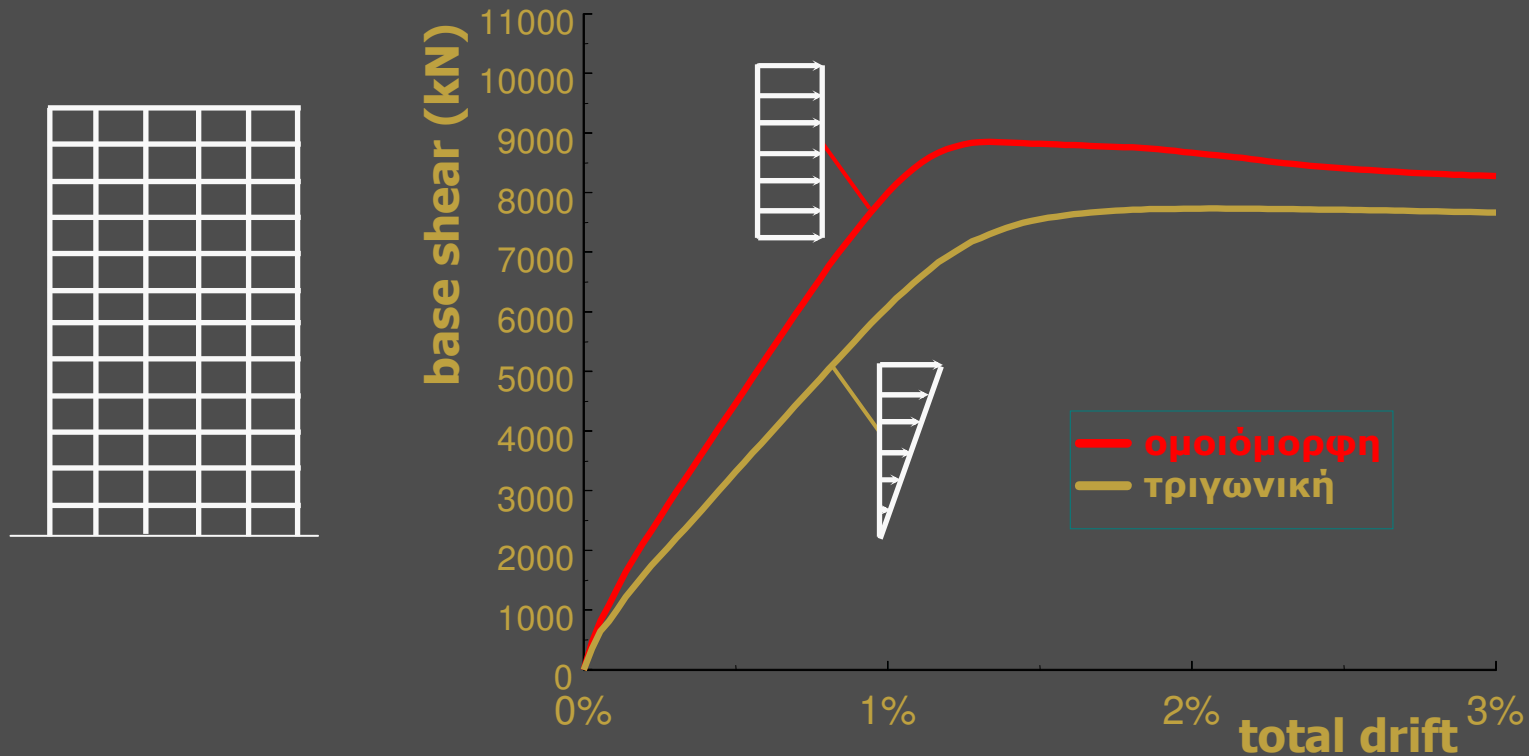
Σημεία που πρέπει να προσέχουμε!

1. Ο ρόλος της κατανομής των οριζοντίων δυνάμεων
2. Κατανόηση των κριτηρίων/στόχων επιτελεστικότητας
3. Το προσομοίωμα πρέπει να είναι επαρκές
4. Σωστή προσομοίωση των κατακόρυφων φορτίων
5. Δεν σπρώχνουμε μετά της αστοχία, εκτός εάν μπορούμε να την προσομοιώσουμε σωστά
6. Προσοχή στις αγκυρώσεις και στα ματίσματα
7. Δεν αγνοούμε τις διατμητικές αστοχίες
8. Τα φαινόμενα β' τάξης (P- δ) είναι σημαντικά
9. Δεν συγχέουμε την pushover με τη σεισμική φόρτιση
10. Τρισδιάστατες κατασκευές απαιτούν περισσότερες από μια pushover

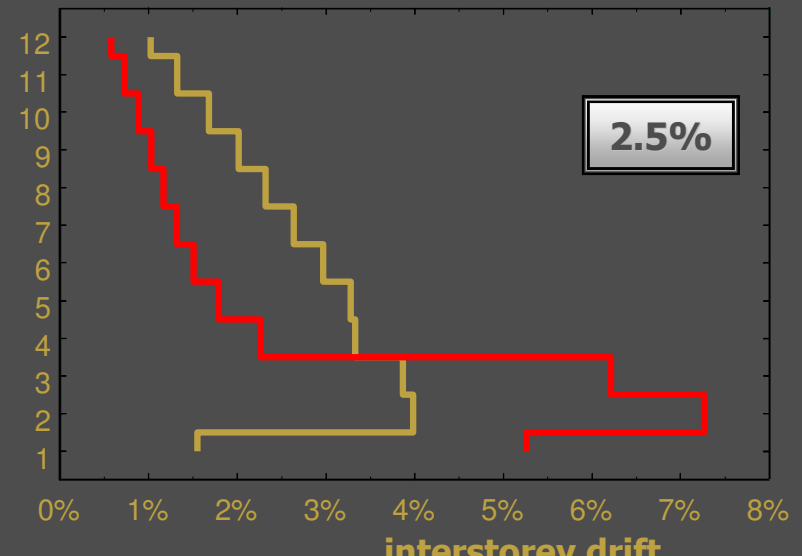
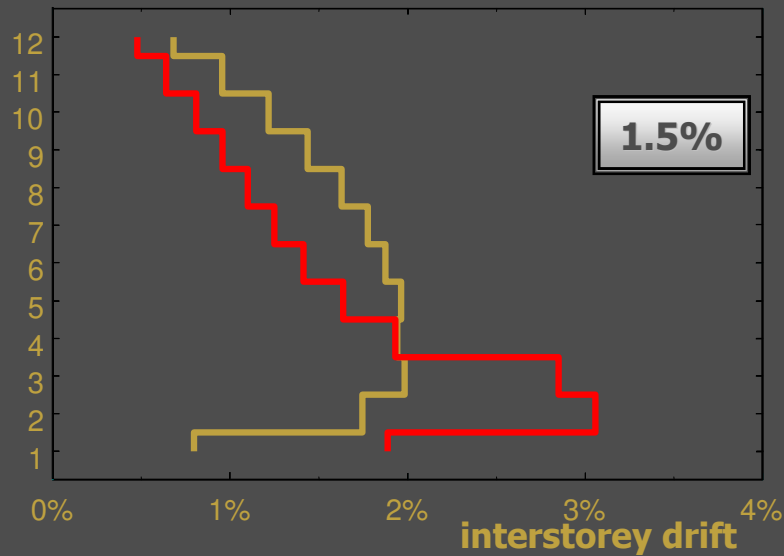
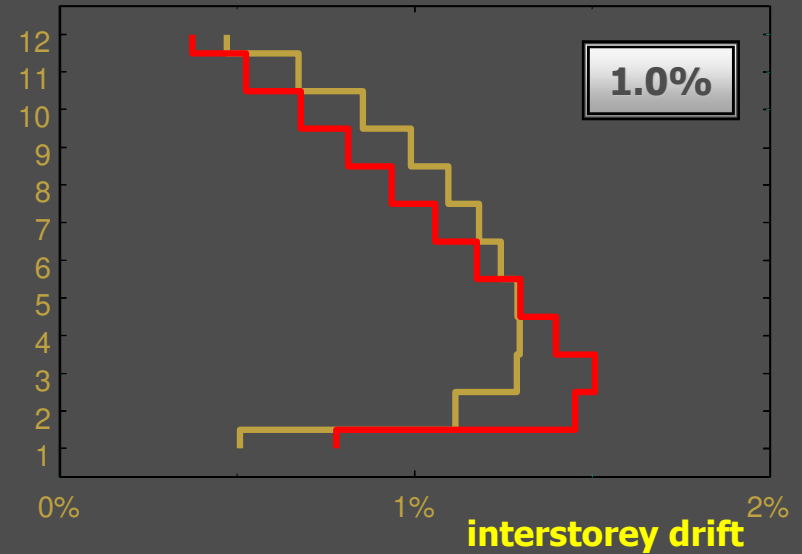
1. Ο ρόλος της κατανομής των οριζόντιων δυνάμεων

- ✓ Το σχήμα των δυνάμεων επιλέγεται ώστε να αντιστοιχεί περίπου στην κατανομή των δυναμικών δυνάμεων κατά τη σεισμική φόρτιση
- ✓ Επιλογή διαφορετικής κατανομής μπορεί να δώσει πολύ διαφορετικά αποτελέσματα, ειδικά στο τοπικό επίπεδο
- ✓ Η σημασία της μορφής των δυνάμεων αυξάνει για μεγάλες κατασκευές, όπου περισσότερες από μία ιδιομορφές είναι σημαντικές

Ο ρόλος της κατανομής των οριζόντιων δυνάμεων



Ο ρόλος της κατανομής των οριζόντιων δυνάμεων



Ο ρόλος της κατανομής των οριζόντιων δυνάμεων

- Συνήθως δύο ή περισσότερες κατανομές χρησιμοποιούνται
 - (i) τριγωνική / «ιδιομορφική»
 - (ii) ομοιόμορφη / αναπροσαρμοζόμενη (*adaptive*)

2. Κατανόηση των κριτηρίων/στόχων επιτελεσιμότητας

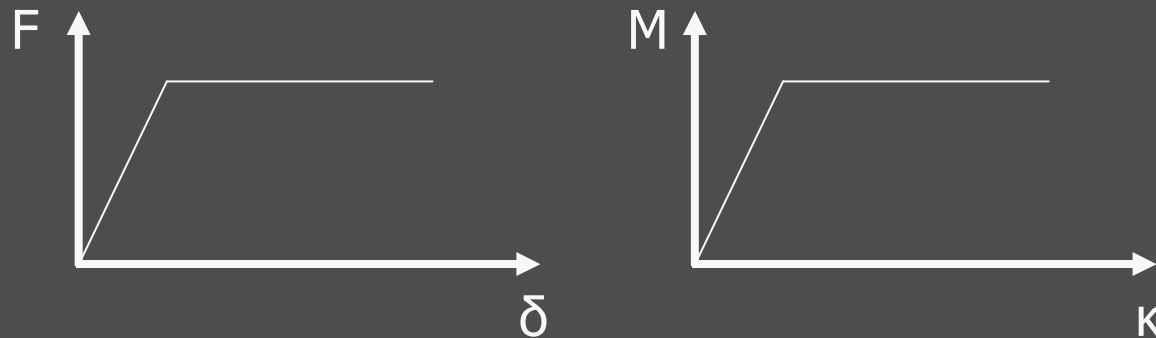
Στόχοι επιτελεσιμότητας όπως αποφυγή κατάρρευσης, προστασία ζωής, ή άμεση λειτουργία πρέπει να 'μεταφραστούν' σε *τεχνικές παραμέτρους*.

=> **αποδεκτές οριακές καταστάσεις** για τα διάφορα στοιχεία της κατασκευής που υπόκεινται στη δεδομένη σεισμική φόρτιση

Μια pushover χωρίς σαφώς ορισμένα κριτήρια επιτελεσιμότητας
⇒ χωρίς πολύ σημασία

3. Το προσομοίωμα πρέπει να είναι επαρκές

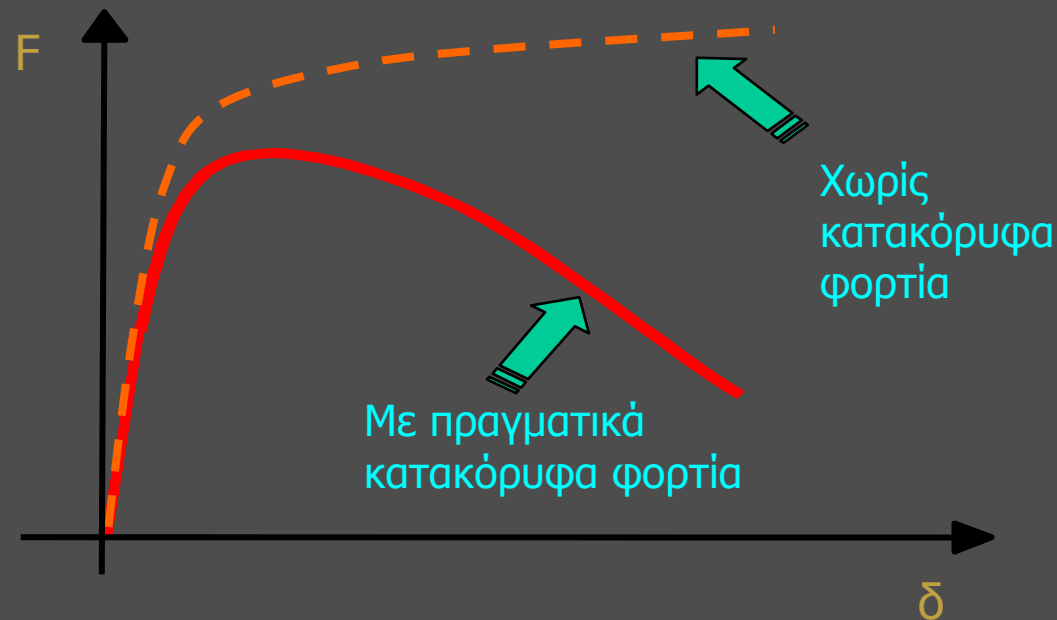
- ✓ Τα ελαστικά χαρακτηριστικά (E , I , A) δεν επαρκούν
- ✓ Απαιτούνται οι σχέσεις F - δ και M - κ των στοιχείων και των συνδέσεων τους



*Αν οι ακριβείς σχέσεις δεν είναι γνωστές,
η εφαρμογή της pushover είναι μάταιη*

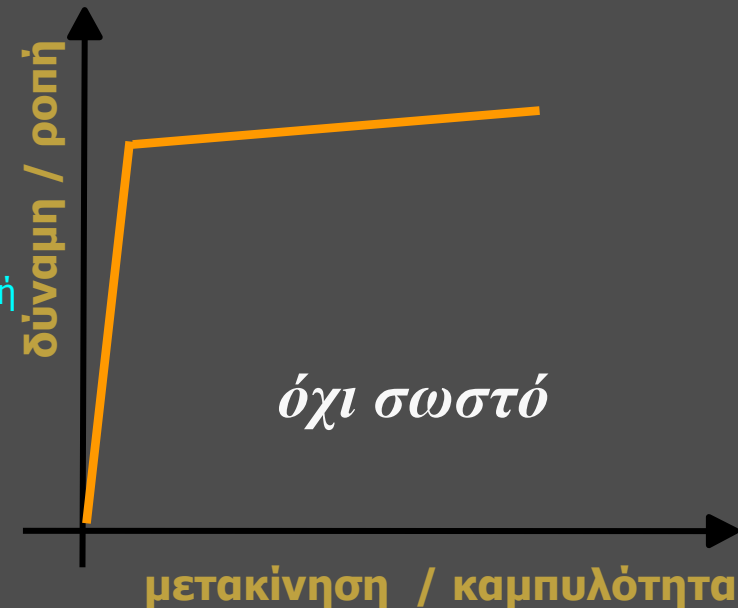
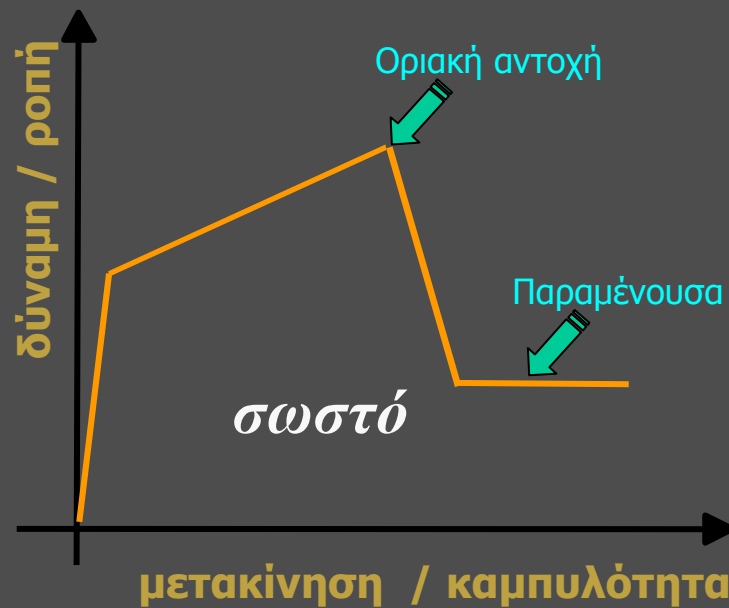
4. Σωστή προσομοίωση των κατακόρυφων φορτίων

1. Τα στοιχεία της κατασκευής υφίστανται ζημιές λόγω των οριζοντίων μετατοπίσεων, αλλά οι κατασκευές καταρρέουν λόγω των φορτίων βαρύτητας!



Η αντοχή του δομήματος συνήθως μειώνεται με αύξηση των κατακόρυφων φορτίων

5. Δεν συνεχίζουμε μετά την αστοχία εκτός εάν μπορούμε να την προσομοιώσουμε σωστά



⇒ προσοχή!

[έλεγχοι με το χέρι]

6. Προσοχή στις αγκυρώσεις και στα ματίσματα

- Στις περισσότερες παλιές κατασκευές τα μήκη αγκύρωσης δεν είναι επαρκή

⇒ μειωμένη αντοχή

- Πρέπει να ληφθεί υπόψη!

- αντίστοιχη μείωση της επιφάνειας οπλισμού της διατομής
- όριο μέγιστης ροπής που μπορεί να παραληφθεί

Αλλιώς, υπερεκτίμηση της πραγματικής ικανότητας των στοιχείων

⇒ απώλεια ακρίβειας

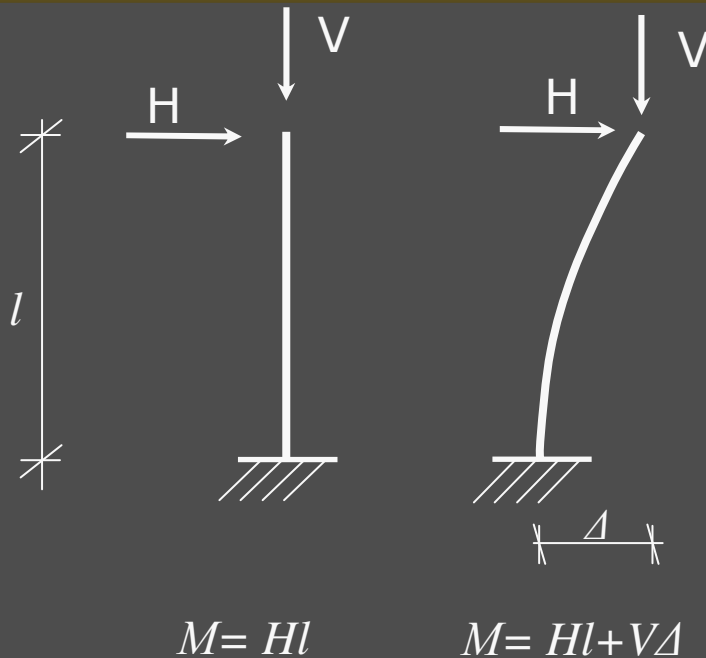
7. Δεν αγνοούμε τις διατμητικές αστοχίες

1. Αν η αντοχή σε διάτμηση δεν είναι επαρκής
⇒ αστοχία σε διάτμηση πριν τη δημιουργία πλαστικών αρθρώσεων
2. Ακόμη κι αν η αντοχή σε διάτμηση είναι επαρκής, η απουσία περίσφιξης οδηγεί σε αστοχία του σκυροδέματος σε θλίψη στις περιοχές των πλαστικών αρθρώσεων
⇒ απότομη μείωση της αντοχής

Αδυναμία πολλών προγραμμάτων ανελαστικής ανάλυσης να προσομοιώσουν τις παραπάνω αστοχίες!

⇒ **προσοχή!** [έλεγχοι με το χέρι]

8. Τα φαινόμενα β' τάξης (P-δ) είναι σημαντικά



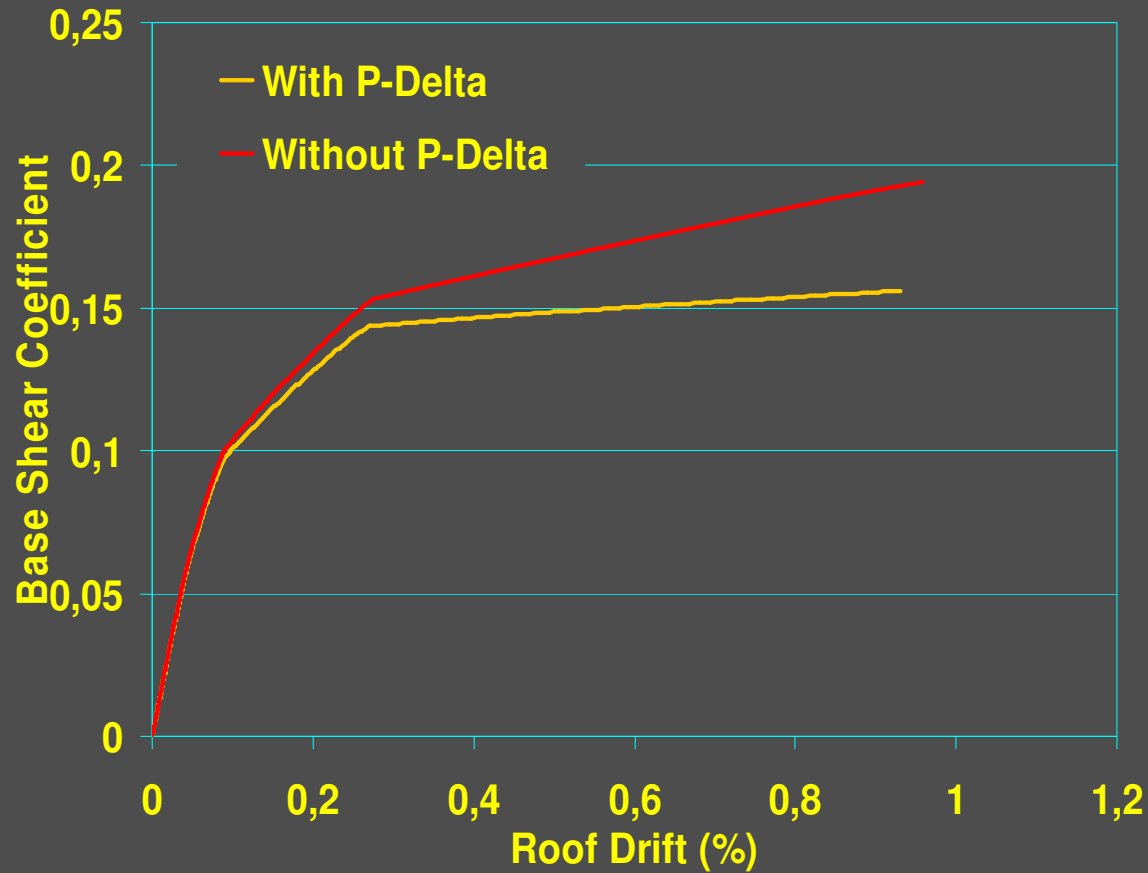
Η σημασία των φαινομένων β' τάξης αυξάνει με τις οριζόντιες μετατοπίσεις και τα κατακόρυφα φορτία

Η προσέγγιση *ΐσχυρό υποστυλώμα – ασθενές δοκάρι* λαμβάνει τις ροπές αντοχής στην απαραμόρφωτη κατάσταση

Pushover: Μεγάλες παραμορφώσεις

- ⇒ σημαντική μείωση της καμπτικής αντοχής των υποστυλωμάτων
- ⇒ συχνά πλαστικές αρθρώσεις στα *ΐσχυρά* υποστυλώματα αντί στα *ΐσθενή* δοκάρια

Τα φαινόμενα β' τάξης (P-δ) είναι σημαντικά

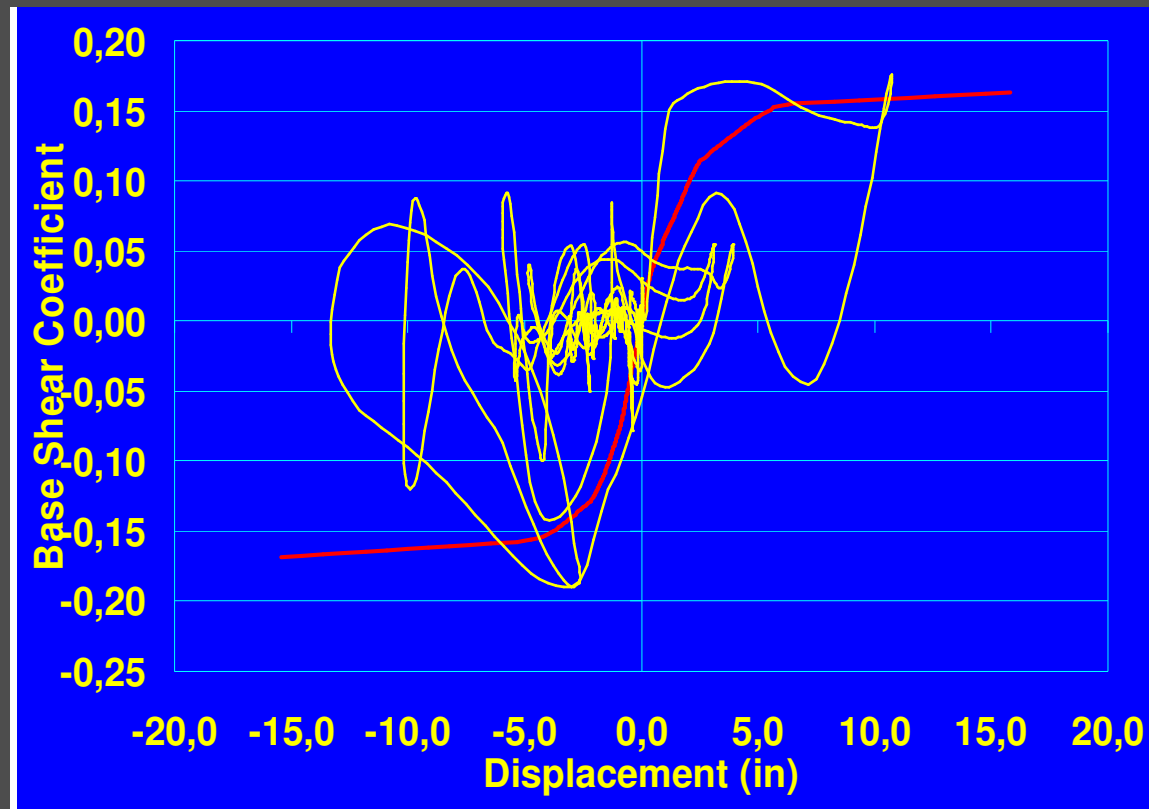


9. Δεν συγκρίνουμε την Pushover με την σεισμική φόρτιση

- Στη pushover το φορτίο αυξάνεται μονοτονικά
- Ο σεισμός δημιουργεί δυνάμεις που μεταβάλλονται συνεχώς σε μέγεθος και διεύθυνση κατά τη διάρκεια της διέγερσης.
- Στη pushover η φόρτιση είναι προκαθορισμένη
- Η σεισμική φόρτιση είναι τυχαία και υπάρχει αλληλεξάρτηση σεισμικής απαίτησης και σεισμικής ικανότητας

Δεν συγκρίνουμε την Pushover με την σεισμική φόρτιση

- Το καλύτερο που μπορούμε να έχουμε με τη pushover είναι μια περιβάλλουσα στις σεισμικές δυνάμεις και μετατοπίσεις



Προσοχή στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων!

10. Τρισδιάστατες κατασκευές απαιτούν περισσότερες από μία pushover

Δομήματα με σημαντικές μη κανονικότητες σε κάτοψη

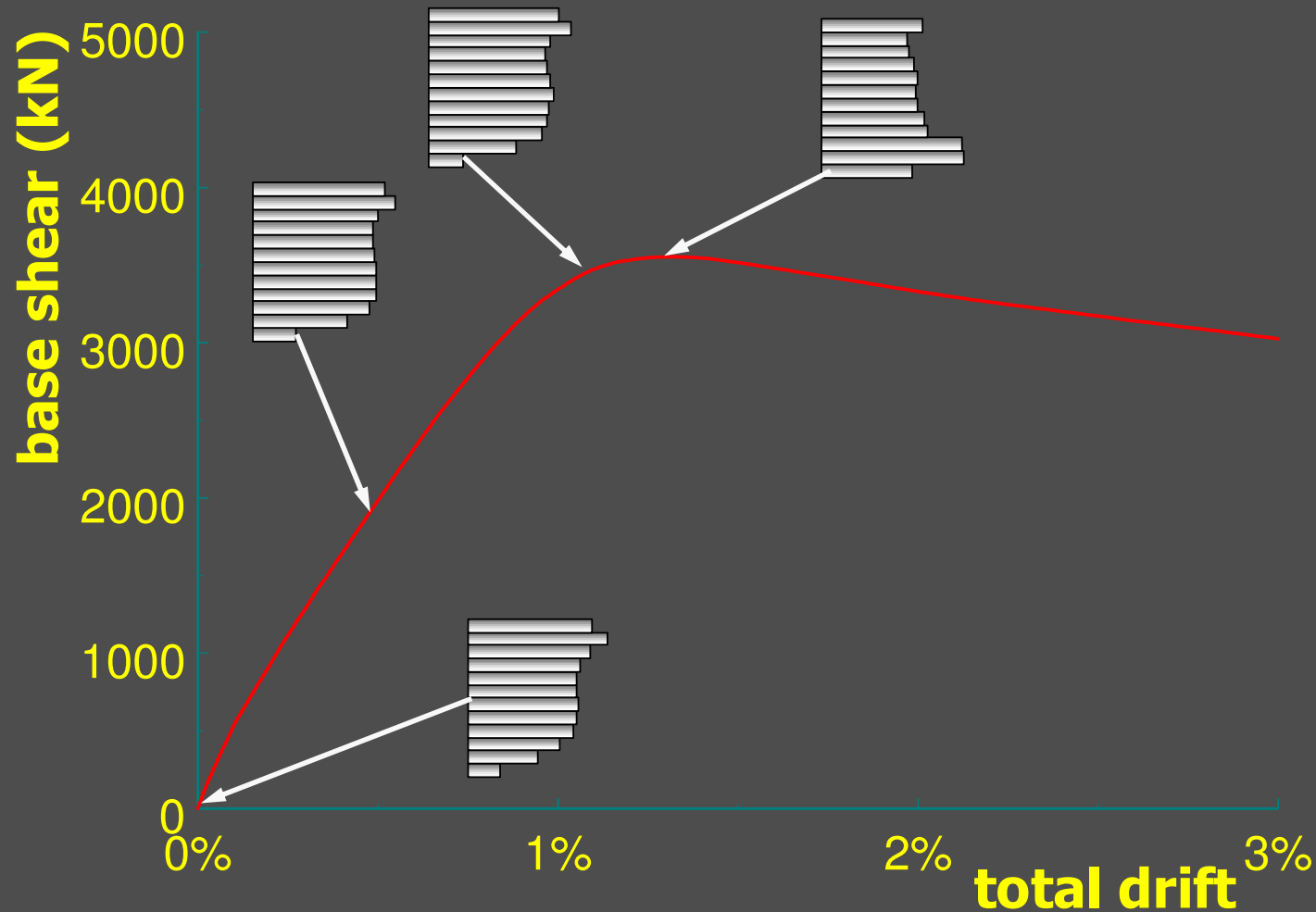
- Μια απλή 2-D pushover δεν επαρκεί
- Απαιτείται δημιουργία 3-D προσομοιώματος
- Pushover σε δύο κάθετες διευθύνσεις
[συνήθως ξεχωριστά]

Για τι θα μιλήσουμε...

- ✓ Τι είναι η ανάλυση pushover
 - ορισμός
 - κατανόηση λεπτομερειών
- ✓ Παράδειγμα – εφαρμογή
- ✓ Προσδιορισμός της στοχευόμενης μετακίνησης
- ✓ Τι πληροφορίες μας δίνει
- ✓ Αδυναμίες της μεθόδου
- ✓ Εργαλεία για pushover
- ✓ Κανονισμοί και οδηγίες
- ✓ Τι χρειάζεται προσοχή – λάθη που πρέπει να αποφύγουμε
- ✓ Εξέλιξη της pushover

Εξέλιξη της pushover

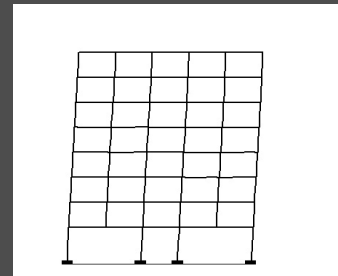
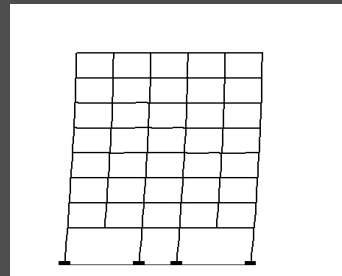
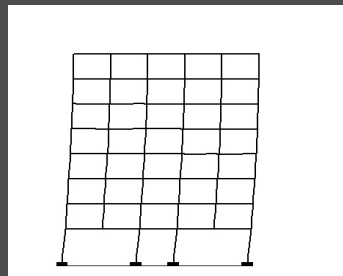
1) Αναπροσαρμοζόμενη κατανομή φορτίων (adaptive pushover)



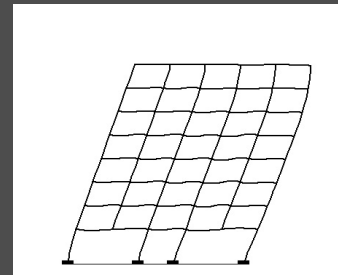
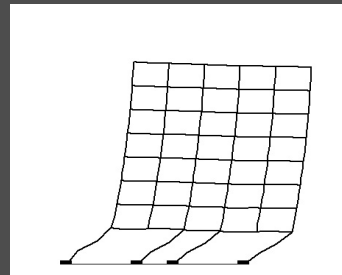
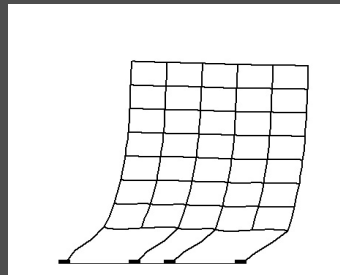
Εξέλιξη της pushover

2) Εφαρμογή οριζοντίων μετατοπίσεων μεταβλητής κατανομής αντί για δυνάμεις

Εφαρμογή μετατοπίσεων με σταθερή κατανομή \Rightarrow λάθος αποτελέσματα



0.5% drift



3.0% drift

δυναμική

εφαρμ. δυνάμεων

εφαρμ. μετατοπίσεων

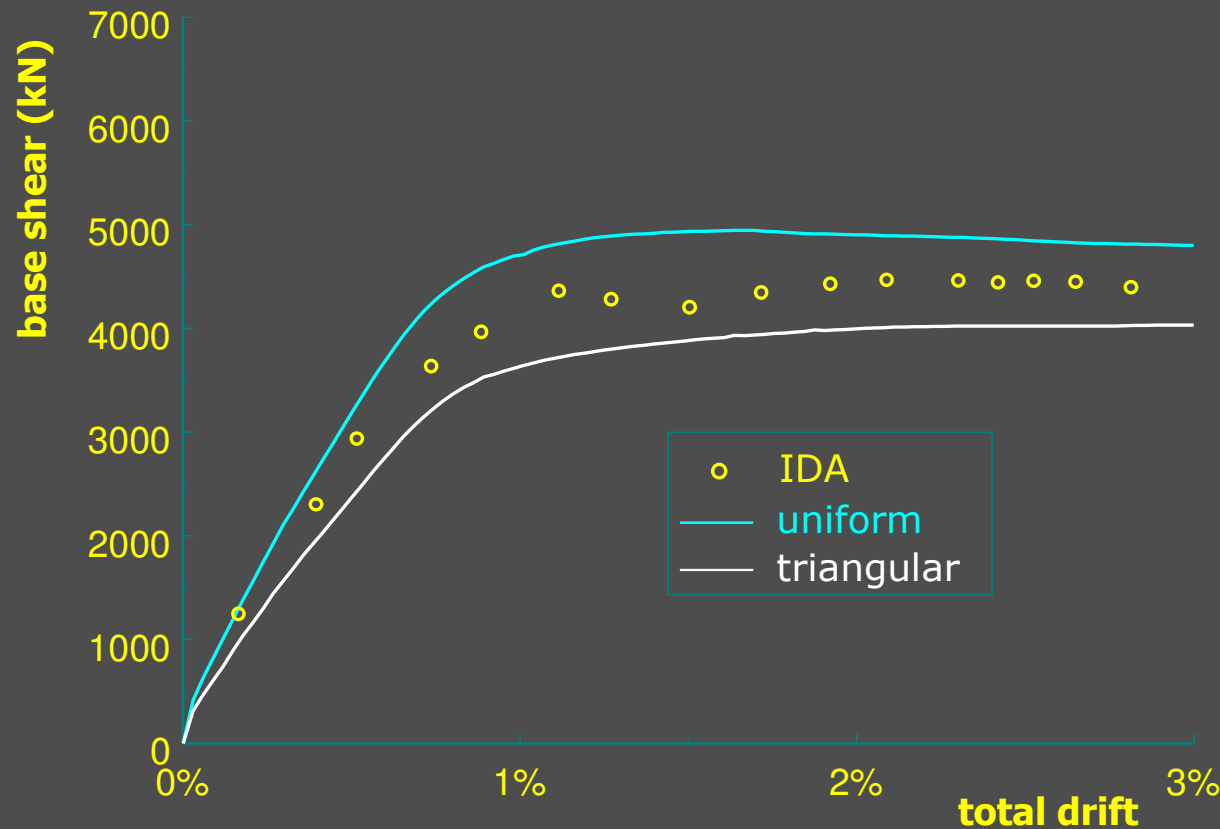
Displacement-based adaptive pushover

Εφαρμ. μετατοπίσεων με αναπροσαρμοζόμενη κατανομή

Εξέλιξη της pushover

3) Incremental Dynamic Analysis (IDA)

Σειρά δυναμικών *ανελαστικών* αναλύσεων με το ίδιο επιταχυνσιογράφημα και με αυξανόμενη ένταση



Τέλος