

ΤΕΙ Πειραιά-Μεταπτυχιακό

Επισκευές Ενισχύσεις κατασκευών

από Ο.Σ.

3^η ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ

10-11-2015

Ακαδημαϊκό έτος 2016-16

Δρ Κυριαζόπουλος Αντώνης

ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ –ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΝ ΚΑΝΕΠΕ
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ
ΕΠΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΠΙΣΚΕΥΑΣΜΕΝΩΝ
ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Βασικές Έννοιες

- ❑ εκτίμηση της συμπεριφοράς μίας υφιστάμενης κατασκευής για το σεισμό σχεδιασμού
- ❑ λήψη αποφάσεων που αφορούν σε ενδεχόμενη ενίσχυσή της

ΑΠΑΙΤΟΥΝΤΑΙ

- ❖ **Ανάλυση** για τα εντατικά μεγέθη ΚΑΙ **παραμορφώσεις** των στοιχείων του φέροντος οργανισμού.
- ❖ **Ανταποκρίνεται** η κατασκευή στους στόχους **αποτίμησης και ανασχεδιασμού** ?
- **ΣΤΟΧΟΙ** –Κύριος του Έργου - υπεύθυνη Δημόσια Αρχή (δημοσίων κτισμάτων, μνημείων, κτλ.)

Οι στόχοι από επιλεγείσα στάθμη επιτελεστικότητας,

ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑ : επιθυμητή συμπεριφορά της κατασκευής για την αντίστοιχη σεισμική δράση σχεδιασμού (σεισμική δράση με αποδεκτή πιθανότητα υπέρβασης κατά τη διάρκεια της συμβατικής ζωής του έργου)

- Οι στάθμες **επιτελεστικότητας** για την αποτίμηση και τον ανασχεδιασμό της κατασκευής
- **A' στάθμη**: σχεδόν πλήρης λειτουργικότητα κατά το σεισμό. ΟΧΙ διακοπή λειτουργίας στη διάρκεια του σεισμού και **ΜΕΤΑ**
- ✓ Οι βλάβες στο φέροντα οργανισμό **ΛΙΓΕΣ** τριχοειδείς ρωγμές. **ΑΣΗΜΑΝΤΕΣ** στον μη φέροντα οργανισμό.
- **B' στάθμη**: προστασία ζωής και περιουσίας των ενοίκων.

Βλάβες **επισκευάσιμες** φέροντος οργανισμού και **μη κρίσιμες** φθορές στο μη φέροντα
Αυτή η στάθμη επιτελεστικότητας **ΕΞΑΣΦΑΛΙΖΕΙ** μικρή πιθανότητα σωματικών βλαβών.
Βλάβες στα ΗΜ και σε διακοσμητικά Αρχιτεκτονικά στοιχεία

Γ' στάθμη: ΑΠΟΦΥΓΗ ΚΑΤΑΡΡΕΥΣΗΣ !!!!

- **Μεγάλες βλάβες στον φέροντα οργανισμό κατά τη διάρκεια του σεισμού σχεδιασμού ΜΗ επισκευάσιμες, φορέας διατηρεί οριακά τη φέρουσα ικανότητά του έναντι κατακορύφων φορτίων, ΟΧΙ περιθώριο αντοχής για αποφυγή κατάρρευσης σε μετασεισμό.**
 - **εκτεταμένες βλάβες στο μη φέροντα οργανισμό - κίνδυνος σωματικής ακεραιότητας των χρηστών. ΟΧΙ κίνδυνος πτώσης σε χώρους συνάθροισης του κοινού.**

ΕΠΙ ΤΟ ΠΛΕΙΣΤΟΝ για την αποτίμηση και τον ανασχεδιασμό των περισσότερων συνήθων οικοδομικών έργων, για Σ2),

ΕΠΙΛΟΓΗ δεύτερης στάθμης επιτελεστικότητας.

Υψηλή σπουδαιότητα –αυστηρότερα κριτήρια επιτελεστικότητας (συνεργασία με τον Κύριο του Έργου).

□ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΔΡΑΣΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

- ✓ Σπουδαιότητα
- ✓ Συνέπειες διακοπής λειτουργίας
- ✓ Οικονομικοί πόροι
- ✓ Φάσματα σχεδιασμού Χρονοιστορία
- ❖ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ 50 ΕΤΗ
- Πιθανότητα υπέρβασης Δράσης σχεδιασμού 10% σε 50 ΕΤΗ (επανάληψη 475 έτη)
- η 50% σε 50 ΕΤΗ (επανάληψη σε 72 έτη)

ΙΔΙΑΙΤΕΡΗΣ ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΗΤΑΣ σεισμός σχεδιασμού υπέρβαση 5% σε 50 έτη

- ❖ ΑΠΛΟΠΟΙΩΝΤΑΣ : Σεισμικές Δράσεις Σχεδιασμού όσες με 50% για υπέρβαση 10% σε 50 έτη

ΕΠΙΛΟΓΗ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

ΠΡΟΗΓΕΤΑΙ:

- **διαχωρισμός** των στοιχείων της κατασκευής που φορτίζονται σε **πρωτεύοντα** και **δευτερεύοντα**.

Πρωτεύοντα στοιχεία : υποστυλώματα, τα τοιχώματα, κτλ. **ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΣΕ ΣΕΙΣΜΙΚΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ**

Δευτερεύοντα: υπόλοιπα στοιχεία, όπως π.χ. οι τοίχοι πλήρωσης, τα φυτευτά υποστυλώματα, κτλ.,

ΜΙΚΡΗ δυσκαμψία, αντοχή ή πλαστιμότητα

ΚΡΙΣΗ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ -ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΑΠΟΦΥΓΗΣ ΚΑΤΑΡΡΕΥΣΗΣ

Κρίσιμοι περιορισμοί στα πρωτεύοντα –**πλαστική στροφή** –**απομένουσα αντοχή**

Κρίσιμοι περιορισμοί στα δευτερεύοντα –**παραλαβή φορτίων βαρύτητας**

Μέθοδοι Ανάλυσης

- Ελαστική στατική.

- Ελαστική δυναμική.

γραμμική σχέση έντασης - παραμόρφωσης για τα δομικά στοιχεία –ΝΑΙ σε μη γραμμική συμπεριφορά –Απλοποιημένη και Δυναμική Φασματική Μέθοδος ΕΑΚ 2000

ΕΠΑΡΚΗΣ ως την πρώτη ΔΙΑΡΡΟΗ- ΑΔΥΝΑΜΙΑ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΑΝΑΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΕΝΤΑΤΙΚΩΝ σε Σεισμό

- Ανελαστική στατική.

απλοποιημένες τεχνικές προσέγγισης της μη γραμμικής συμπεριφοράς του φορέα

- Ανελαστική δυναμική.

ανάλυση χρονοϊστορίας

Πληρέστερη και ρεαλιστική μέθοδο ανάλυσης,

σημαντική κριτική ικανότητα και εμπειρία του μηχανικού

αξιόπιστη γνώση των μηχανικών ιδιοτήτων των δομικών υλικών

ΠΟΛΥΠΛΟΚΗ ΟΧΙ πρακτική για γενική χρήση

Οι Ανελαστικές μέθοδοι αντιμετωπίζουν Αβεβαιότητες στη συμπεριφορά στον ΣΕΙΣΜΟ

ΑΝΕΛΑΣΤΙΚΗ ΣΤΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

- ❖ ΑΠΑΙΤΗΣΗ
- ❖ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ

ΑΝΤΑΠΟΚΡΙΣΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΑΠΑΙΤΗΣΗ

□ Απλοποιημένη Μέθοδος

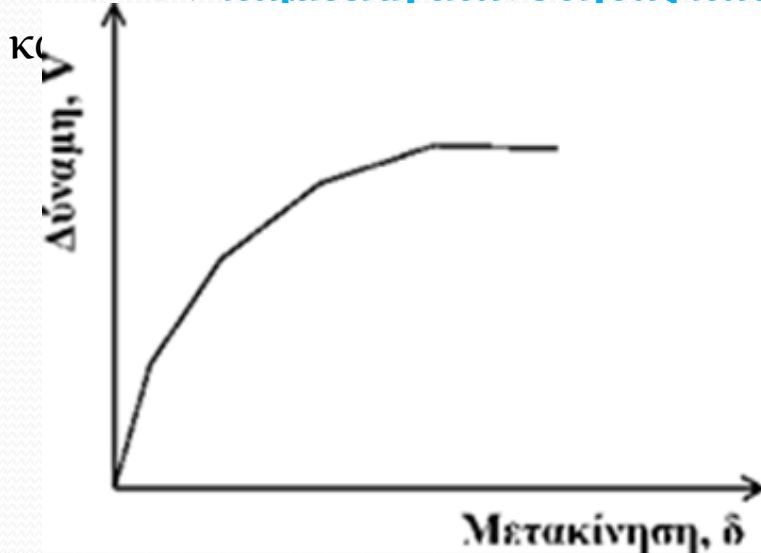
Τρεις παράμετροι: **ικανότητας**, **της απαίτησης σε μετακίνηση** και **της συμπεριφοράς**

(I) **Ικανότητα**. Η συνολική ικανότητα συνάρτηση της επιμέρους ικανότητας των δομικών στοιχείων.

Η ικανότητα πέρα από το όριο διαρροής που προσδιορίζεται από ανελαστική ανάλυση, (μέθοδος σταδιακού ελέγχου των μετακινήσεων (**ΣΕΜ - pushover analysis**)).

ΕΠΑΛΛΗΛΙΑ ΕΛΑΣΤΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ - ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΕΜΝΟΥΣΑΣ

ΒΑΣΗΣ V **καμπύλη ικανότητας κατασκευής**-Πέρασ διαδικασίας σε φάση ασταθούς



σχ 1α. Καμπύλη ικανότητας της κατασκευής

(II) Απαίτηση σε Μετακίνηση.

ΑΝΕΛΑΣΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ -συνθήκη σχεδιασμού: ένα σύνολο πλευρικών μετακινήσεων

(λόγω αβεβαιοτήτων στην σεισμική εδαφική κίνηση)

(οι ελαστικές προσομοιώνουν με πλευρικά κατανεμημένα φορτία)

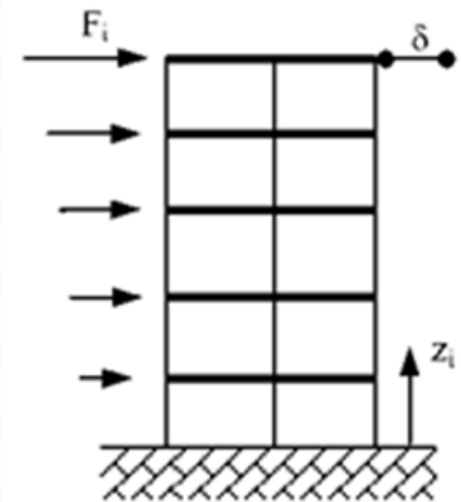
ΑΠΑΙΤΗΣΗ ΣΕ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗ -**Max ANAMENOMENH ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΑΠΟΚΡΙΣΗ**

(III) Συμπεριφορά

Με καμπύλη ικανότητας και απαίτηση σε μετακίνηση - Έλεγχος συμπεριφοράς

συνθήκη σχεδιασμού ένα σύνολο πλευρικών μετακινήσεων

Εξασφάλιση μη ΒΛΑΒΗΣ φερόντων και μη στοιχείων **ΠΕΡΑ ΑΠΟ ΟΡΙΑ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ**



σχ1.(β) Καθ' ύψος κατανομή πλευρικού φορτίου

Μέθοδοι Ανελαστικής Στατικής Ανάλυσης

❖ Μέθοδοι Προσδιορισμού Ικανότητας

- ✓ ικανότητα της κατασκευής ↔ **καμπύλη ικανότητας** (σχ.1α).
- ✓ καμπύλη δύναμης - μετακίνησης - μεταβολή της τέμνουσας βάσης
- ✓ **μεταβάλλεται η μετακίνηση στην κορυφή του κτιρίου** για σταδιακή αύξηση του καθ' ύψος κατανεμημένου πλευρικού φορτίου, (σχ1β).

Παραδοχή: η θεμελιώδης ιδιομορφή της ταλάντωσης είναι δεσπόζουσα όσον αφορά στη σεισμική απόκριση της κατασκευής.

(Η παραδοχή αυτή είναι γενικά ορθή για κτίρια με θεμελιώδεις ιδιοπεριόδους έως 1 sec.)
πιο εύκαμπτα κτίρια, + η επιρροή των ανώτερων ιδιομορφών στην ανάλυση.

συστάσεις επεμβάσεων (FEMA 356), καθορισμός σημαντικότητας σε ανώτερες ιδιομορφές

ΑΠΑΙΤΗΣΗ δυναμικής φασματικής ανάλυσης –**ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΙΔΙΟΜΟΡΦΩΝ 90% σε ταλαντούμενη μάζα**

Σημαντική επιρροή ανώτερων ιδιομορφών αν:

- ❖ Τέμνουσα ορόφου πρώτης ανάλυσης > 130% της Τέμνουσας από δεύτερη ανάλυση
- ❖ συνδυασμός στατικής ανελαστικής με ελαστική δυναμική (αύξηση επιτελεστικότητας 33%)

αναλυτικό προσομοίωμα της κατασκευής και να **κατηγοριοποιηθούν τα δομικά στοιχεία σε πρωτεύοντα και δευτερεύοντα**

Η σχέση δύναμης - μετακίνησης όλων των στοιχείων με ακρίβεια μέσω καμπύλων μονοτονικής φόρτισης μέχρι την αστοχία του στοιχείου.

Απεικονίζεται η φάση απομείωσης της αντοχής του στοιχείου και η ανάπτυξη παραμένουσας αντοχής,

απαίτηση σε παραμόρφωση όσων δευτερευόντων στοιχείων δεν περιλαμβάνονται στο προσομοίωμα, ο μηχανικός μπορεί μεν να τα συμπεριλάβει αλλά με αμελητέα δυσκαμψία χωρίς να επηρεαστεί σημαντικά η συνολική συμπεριφορά της κατασκευής.

Διακριτοποίηση του αναλυτικού προσομοιώματος πρέπει να είναι αντιπροσωπευτική της σχέσης έντασης - παραμόρφωσης των στοιχείων που ανήκουν στις περιοχές του φορέα στις οποίες αναμένεται ανελαστική συμπεριφορά.

ΦΟΡΤΙΑ -ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ

❑ Φορτία βαρύτητας των στοιχείων

Συνδυασμός με τα οριζόντια πλευρικά φορτία σύμφωνα με το σεισμικό συνδυασμό ΕΑΚ 4 έως 8 διαφορετικές γωνίες επιβολής του οριζόντιου φορτίου, ανάλογα με τη μορφή του κτιρίου.

Για κάθε διεύθυνση τα **πλευρικά φορτία σε αντιστοιχία** με την κατανομή των αδρανειακών δυνάμεων

❑ Η κατανομή των οριζόντιων πλευρικών φορτίων μέτρο του σχετικού μεγέθους των τεμνουσών, ροπών και παραμορφώσεων των στοιχείων της κατασκευής.

Η κατανομή **μεταβάλλεται συνεχώς** κατά τη διάρκεια ενός ισχυρού σεισμού, καθώς τμήματα της κατασκευής διαρρέουν και η δυσκαμψία τους αλλάζει.

Οι ακραίες τιμές της κατανομής εξαρτώνται από το βαθμό ανελαστικής συμπεριφοράς της κατασκευής.

Εφαρμόζονται τουλάχιστον δύο διαφορετικές καθ' ύψος κατανομές φορτίων,

Επιλέγεται μία από τις δύο απαιτούμενες κατανομές.

• Μία κατανομή μπορεί να επιλέγεται από τις ακόλουθες τρεις:

1. Καθ' ύψος κατανομή σύμφωνα με τη σχέση

$$F_i = [m_i z_i / \sum m_j z_j] V_o$$

m_i είναι η συγκεντρωμένη μάζα στη στάθμη

i , z_i , η απόσταση της στάθμης i από τη βάση του κτιρίου και V_o η τέμνουσα βάσης (αυξάνεται προοδευτικά) (**Σχήμα 3.**).

προϋπόθεση : περισσότερο από το 75% της συνολικής μάζας του συστήματος ταλαντώνεται σύμφωνα με την θεμελιώδη ιδιομορφή στη θεωρούμενη διεύθυνση και εφόσον χρησιμοποιείται παράλληλα και η ομοιόμορφη κατανομή.

2. Καθ' ύψος κατανομή θεμελιώδους ιδιομορφής στη θεωρούμενη διεύθυνση

$$F_i = [m_i \phi_{i1} / \sum m_j \phi_{j1}] V_o \quad (2)$$

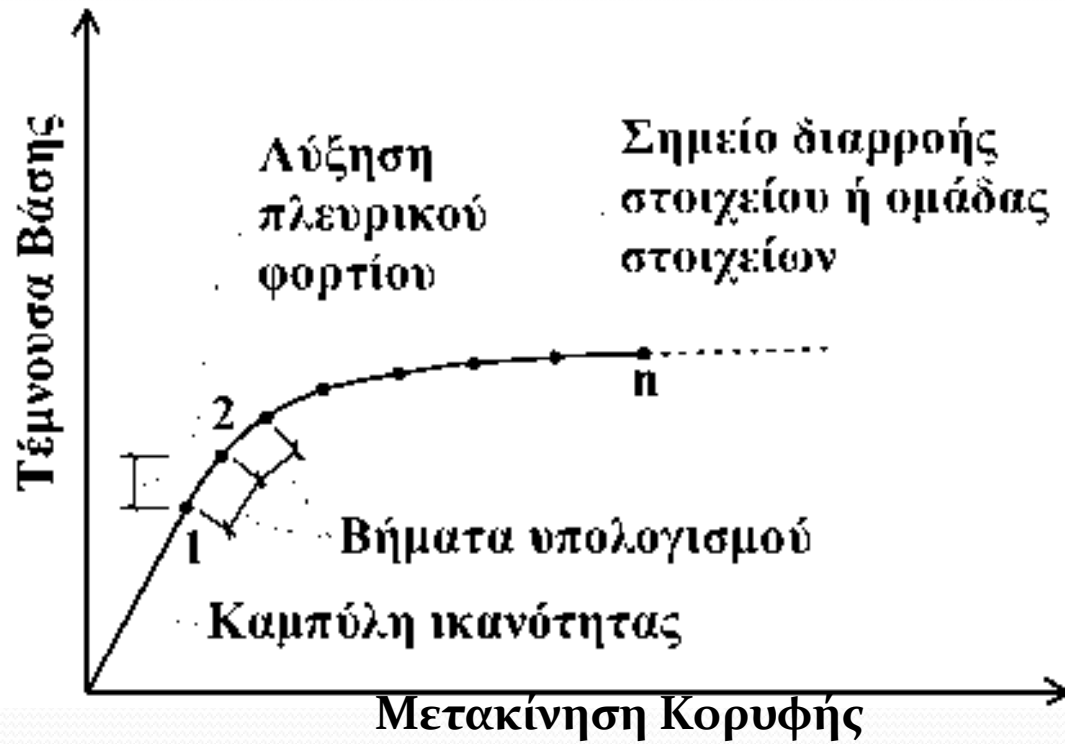
όπου ϕ_{i1} είναι η συνιστώσα της θεμελιώδους ιδιομορφής του κτιρίου στη **στάθμη i** .

Η χρήση αυτής της κατανομής επιτρέπεται -**προϋπόθεση** ότι περισσότερο από το 75% της συνολικής μάζας του συστήματος ταλαντώνεται σύμφωνα με την θεμελιώδη **ιδιομορφή**

3. Καθ' ύψος κατανομή -κατανομή των τεμνουσών στους ορόφους της κατασκευής, - συνδυασμό των ιδιομορφικών αποκρίσεων - δυναμική φασματική ανάλυση του κτιρίου.

Επαρκής αριθμός ιδιομορφών -ενεργοποίηση το 90% της ταλαντούμενης μάζας κατάλληλο φάσμα απόκρισης -εδαφικές συνθήκες.

θεμελιώδης ιδιοπερίοδος του κτιρίου είναι **μεγαλύτερη από 1 sec**, επειδή επιρροή των ανώτερων ιδιομορφών σημαντική



Σχ. 3. Καμπύλη ικανότητας

- Επιλογή 2^{ης} κατανομής
 1. Ομοιόμορφη κατανομή : οριζόντια πλευρικά φορτία σε κάθε στάθμη: *ανάλογα προς τη συνολική μάζα στάθμης.*
 2. Αναπροσαρμοζόμενη κατανομή φορτίων μεταβολή παραμόρφωσης κατασκευής.

Οι μεθοδολογίες κατανομών φορτίων χρησιμοποιούν κατανομή οριζόντιων φορτίων βασίζεται στις ιδιομορφές του απαραμόρφωτου φορέα. Κατανομή φορτίων με βάση τις ιδιομορφές από τις τέμνουσες δυσκαμψίες. περισσότερο αξιόπιστα αποτελέσματα.

Υπολογιστικά Βήματα

Κατανομή των οριζόντιων πλευρικών φορτίων, διαδοχικές αναλύσεις του φορέα για ΕΝΤΑΤΙΚΑ

Πρώτη ανάλυση -πλευρικά φορτία **να εντείνουν κάποιο στοιχείο στο 100% της αντοχής του** (βλέπε σημείο 1 στο Σχήμα 3.).

Αναθεώρηση προσομοίωματος, -στοιχεία που διέρρευσαν μηδενική ή αμελητέα δυσκαμψία

Νέα ανάλυση του αναθεωρημένου φορέα με προσαυξημένη κατανομή πλευρικών φορτίων με **σκοπό να διαρρεύσει μία νέα ομάδα στοιχείων** (σημείο 2 στο Σχήμα 3.).

Εντατικά μεγέθη και οι στροφές των δομικών στοιχείων στην αρχή κάθε βήματος -ίδια τιμή με τα αντίστοιχα μεγέθη στο τέλος του προηγούμενου βήματος.

Νέα κατανομή προσαυξημένων οριζόντιων φορτίων : μία νέα ανάλυση, η οποία αρχίζει από μηδενικές αρχικές συνθήκες.

Προσδιορισμός του σημείου διαρροής μίας νέας ομάδας στοιχείων επαλληλία εντατικών της τρέχουσας ανάλυσης στο άθροισμα των μεγεθών που έχουν προκύψει από τις προηγούμενες αναλύσεις. **Αντίστοιχα, ο προσδιορισμός των στροφών**

Στο τέλος κάθε υπολογιστικού βήματος - η τέμνουσα βάσης και η μετακίνηση στην κορυφή του κτιρίου.

Ολοκλήρωση όταν γίνει οριακή:

- **Αστάθεια λόγω φαινομένων δευτέρας τάξεως (επιρροή $P - \Delta$).**
- **Σημαντική υπέρβαση των κριτηρίων της επιθυμητής στάθμης επιτελεστικότητας.**
- **Απώλεια φέρουσας ικανότητας κατακόρυφων φορτίων ενός στοιχείου ή μίας ομάδας στοιχείων λόγω μεγάλης πλευρικής μετακίνησης.**

Επαρκής ακρίβεια - λιγότερα από δέκα βήματα, απλούστερες απαιτούνται μόνο τρία ή τέσσερα.

Μόρφωση της καμπύλης ικανότητας του φορέα.

Τυπική καμπύλη ικανότητας, σχ. 3, αποτελείται από διαδοχικά ευθύγραμμα τμήματα με προοδευτικά ελαττούμενη κλίση, -προοδευτική απομείωση της δυσκαμψίας της κατασκευής λόγω **αυξανόμενης πλευρικής μετακίνησης, την προοδευτική διαρροή των**

στοιχείων του φέροντος οργανισμού και τις βλάβες που σημειώνονται στο Πολλαπλές Καμπύλες Ικανότητας

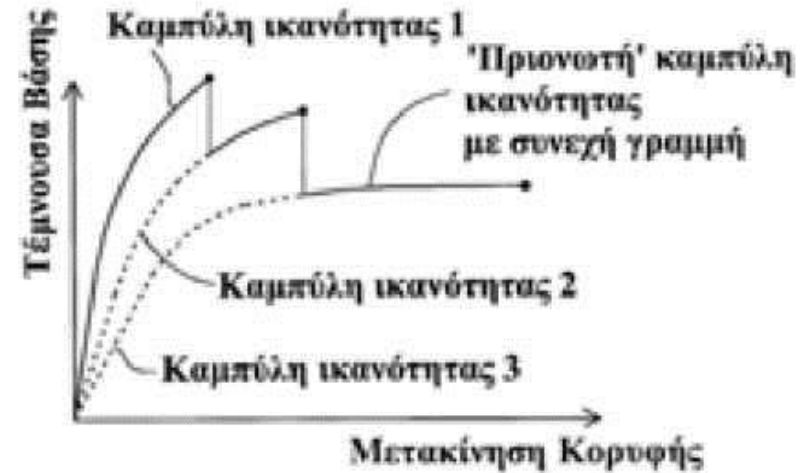
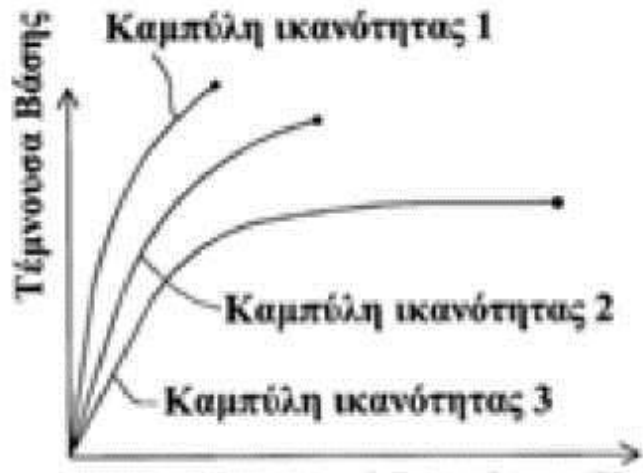
Απομείωση της αντοχής ομάδας στοιχείων, απώλεια όλης ή μέρους της φέρουσας **Συνεισφορά τους μειώνεται ή εξαλείφεται.**

Νέα καμπύλη ικανότητας. Επαρκώς η συνολική απώλεια αντοχής της κατασκευής

Σε τρεις διαφορετικές καμπύλες ικανότητας έχει προσομοιωθεί η βαθμιαία απώλεια αντοχής Η τελική καμπύλη έχει 'πριονωτό' σχήμα, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4

Η προσομοίωση της συνολικής απώλειας αντοχής της κατασκευής - **εξαιρετική κριτική ικανότητα Μηχανικού για αποτίμηση και ανασχεδιασμό.**

Απώλεια αντοχής μίας ομάδας στοιχείων >20%, πρέπει να επανεξετάζεται με μεγάλη προσοχή.



σχ.4 Πολλαπλές καμπύλες ικανότητας για την προσομοίωση της βαθμιαίας απώλειας αντοχής. (β) Τελική καμπύλη ικανότητας για συνολική απώλεια αντοχής.

Προσδιορισμός Απαίτησης-ΜΕΘΟΔΟΙ

Για τον ανασχεδιασμό ή την αποτίμηση της κατασκευής –καμπύλη ικανότητας

εκτίμηση μέγιστης πιθανής μετακίνησης που αντιστοιχεί στη δράση σχεδιασμού.

Οι κυριότερες μεθοδολογίες προσδιορισμού της απαίτησης σε μετακίνηση μίας κατασκευής για το σεισμό σχεδιασμού είναι οι ακόλουθες τρείς:

- **Μέθοδος του φάσματος ικανότητας** (capacity spectrum method).
- **Μέθοδος του συντελεστή μετακίνησης** (displacement coefficient method).
- **Μέθοδος των ίσων μετακινήσεων** (equal displacement method).



Μέθοδος του Φάσματος Ικανότητας

Προϋπόθεση: το φάσμα απαίτησης, όσο και η καμπύλη ικανότητας της κατασκευής σχεδιάζονται σε άξονες φασματικής επιτάχυνσης και φασματικής μετακίνησης.

σημείο ενός φάσματος απόκρισης : μοναδική τιμή φασματικής επιτάχυνσης **S_a**, φασματικής ταχύτητας **S_v**, φασματικής μετακίνησης **S_d** και ιδιοπεριόδου **T**. μετατροπή ενός τυπικού φάσματος απόκρισης **S_a** και **T** σε συντεταγμένες **S_a** και **S_d**, -τιμή της φασματικής μετακίνησης με εξίσωση:

$$S_{d_i} = \frac{T_i^2}{4\pi^2} S_{a_i} g$$

g : επιτάχυνση της βαρύτητας.

Προκειμένου να προκύψει το φάσμα ικανότητας δεδομένης της καμπύλης ικανότητας, πρέπει να γίνει η μετατροπή κάθε σημείου της δεύτερης με βάση τις φασματικές συντεταγμένες που αντιστοιχούν στη θεμελιώδη ιδιομορφή. Κάθε σημείο τέμνουσας βάσης **V_{oi}** και μετακίνησης κορυφής **Δ_{κορ}** στην καμπύλη ικανότητας : αντίστοιχο σημείο **S_{ai}** και **S_{di}** του φάσματος ικανότητας με

$$S_{a_i} = V_{oi} / M_1^*$$

$$S_{d_i} = \Delta_{κορ,i} / \Gamma_1 \Phi_{κορ,i}$$

M₁* και **Γ₁** : ενεργός ιδιομορφική μάζα και ο συντελεστής συμμετοχής σε θεμελιώδη ιδιομορφή, **Φ_{κορ,i}** : συνιστώσα της θεμελιώδους ιδιομορφής στην κορυφή της κατασκευής.

Ο συντελεστής συμμετοχής Γ και η ενεργός ιδιομορφική μάζα M^* της θεμελιώδους ιδιομορφής δίνονται από τις ακόλουθες σχέσεις

$$\Gamma_1 = \sum m_j \varphi_{j1} / \sum m_j \varphi_{j1}^2 \quad (6)$$

$$M_1^* = [\sum m_j \varphi_{j1}]^2 / \sum m_j \varphi_{j1}^2 \quad (7)$$

Μέθοδος του φάσματος ικανότητας είναι

Η εύρεση του σημείου τομής του φάσματος ικανότητας με το κατάλληλο φάσμα απαίτησης της απόκρισης, το οποίο έχει απομειωθεί, επιδράσεις της μη γραμμικής συμπεριφοράς της κατασκευής

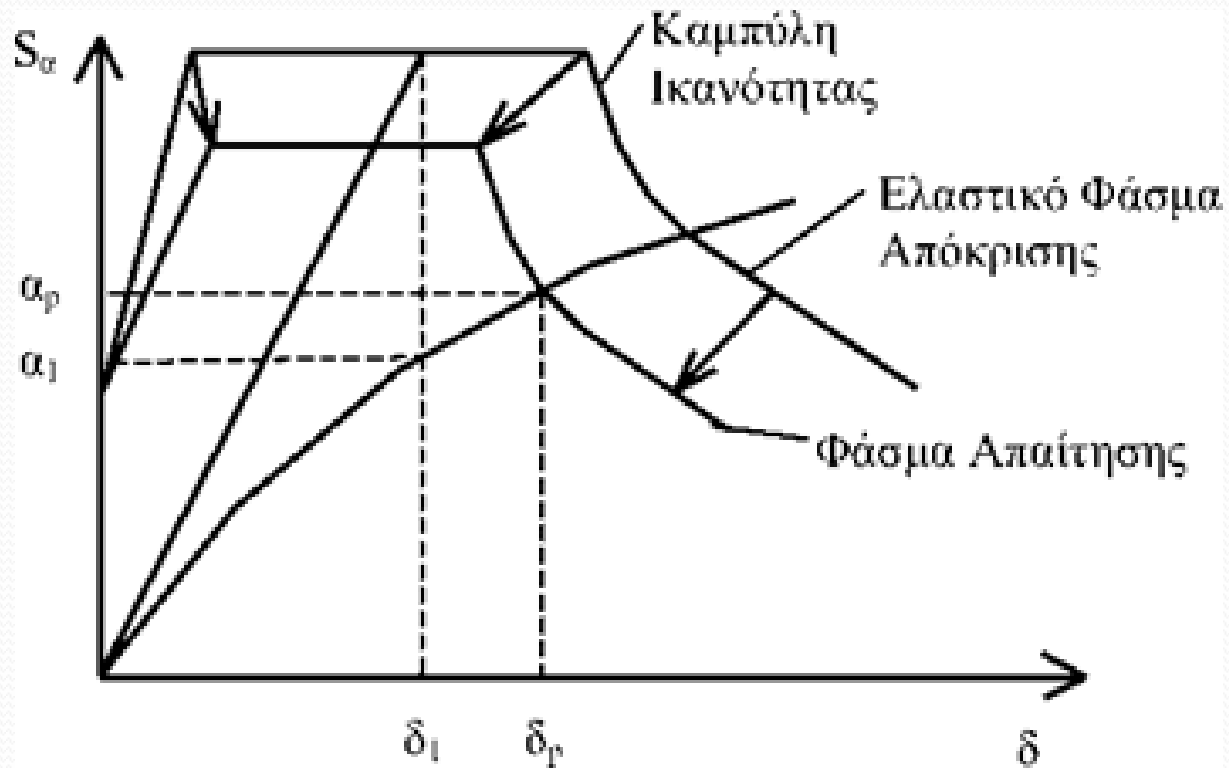
Σημείο τομής βρίσκεται με διαδοχικές ελαστικές δυναμικές αναλύσεις ισοδύναμα γραμμικά συστήματα, των οποίων η θεμελιώδης ιδιοπερίοδος T_{10} και ισοδύναμη ιξώδης απόσβεση ζ_{10} επανυπολογίζονται σε κάθε βήμα.

Η ισοδύναμη ιξώδης απόσβεση αντιπροσωπεύει την επιπλέον της ιξώδους υστερητική απόσβεση των δομικών στοιχείων της κατασκευής λόγω μεταβολής του βρόχου υστέρησης που σχηματίζεται, όταν η σεισμική δράση απεικονίζεται ως συνάρτηση της μετακίνησης της κατασκευής.

Με βάση την τιμή της ισοδύναμης ιξώδους απόσβεσης : **κατάλληλοι μειωτικοί συντελεστές εκτιμάται μία νέα τιμή της μετακίνησης**. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 5 σύγκλιση μεταξύ δύο διαδοχικών τιμών της υπολογιζόμενης μετακίνησης.

Η μετακίνηση δ_p από φάσμα ικανότητας ονομάζεται μετακίνηση συμπεριφοράς της κατασκευής.

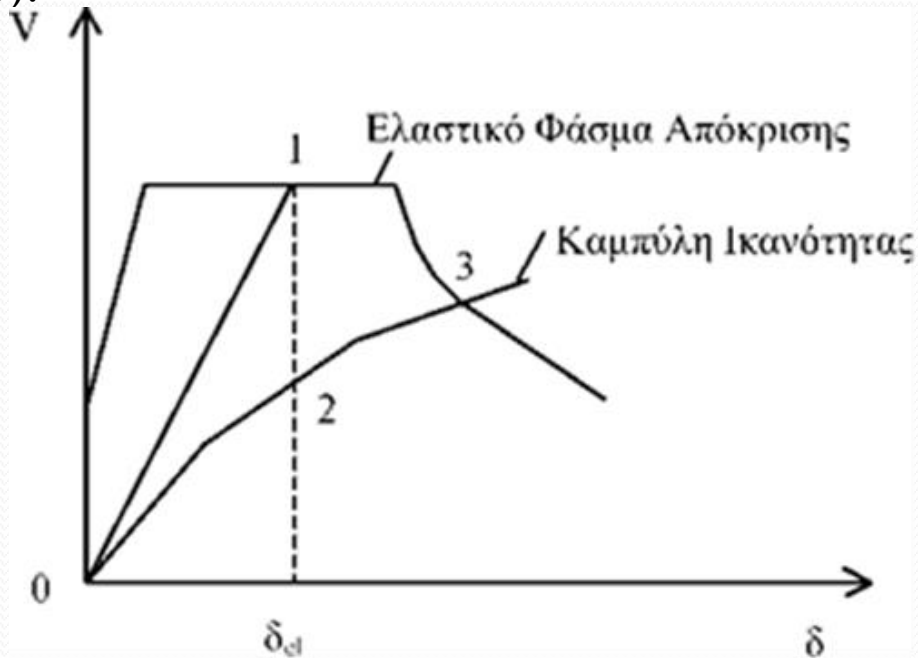
Η μετακίνηση συμπεριφοράς αντιστοιχεί στη συνθήκη σχεδιασμού για την οποία η σεισμική ικανότητα της κατασκευής είναι **ίση με τη σεισμική απαίτηση που επιβάλλεται στην κατασκευή από τη δεδομένη εδαφική , κίνηση**.



Σχ 5 μέθοδος φάσματος ικανότητας

Μέθοδος των Ίσων Μετακινήσεων

Μία κατ' αρχήν εκτίμηση της μετακίνησης που οφείλεται σε δεδομένη σεισμική απαίτηση **με μία απλή μέθοδο** που ονομάζεται μέθοδος των **ίσων μετακινήσεων**. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 5, η προσεγγιστική αυτή μέθοδος βασίζεται στην παραδοχή ότι η ανελαστική μετακίνηση μίας κατασκευής (καμπύλη 0-2-3 του Σχήματος 6) είναι ίση με τη μετακίνηση δει για ελαστική συμπεριφορά της κατασκευής (καμπύλη 0-1 του Σχήματος 6).



Σχήμα 6.: Προσεγγιστική μέθοδος των ίσων μετακινήσεων.

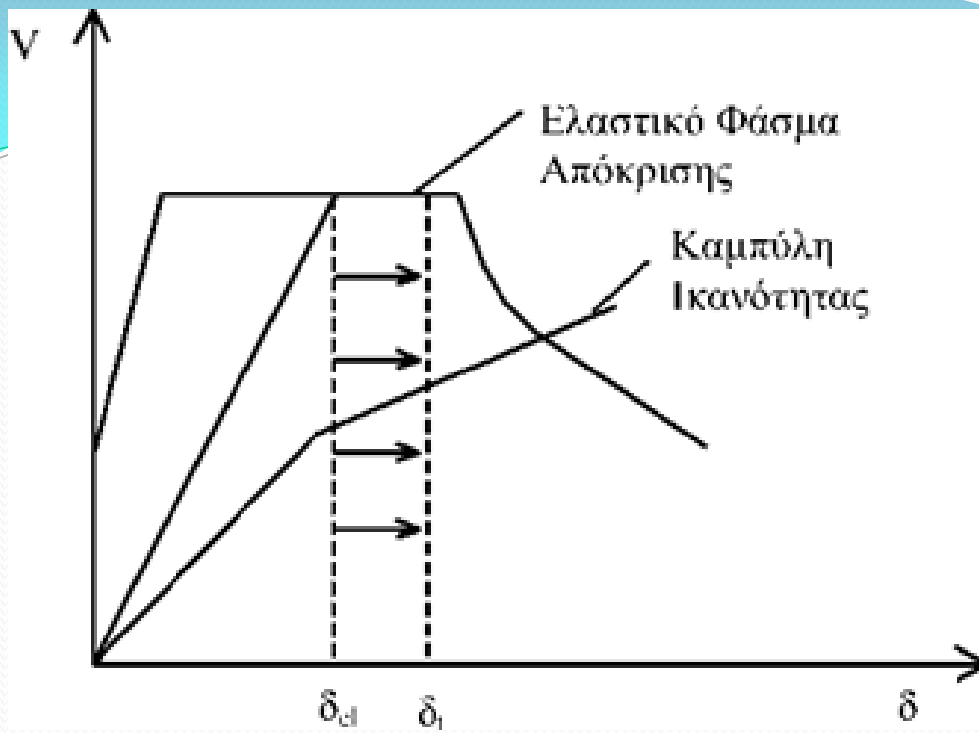
Κτίρια με μεγάλη θεμελιώδη ιδιοπερίοδο ($T_n > 1 \text{ sec}$), η μέθοδος των ίσων μετακινήσεων αποτελείσματα πλησίον μεθόδων του φάσματος ικανότητας και του συντελεστή μετακίνησης.

Κατασκευές με ιδιοπερίοδο μικρότερη από 0.5 sec, οι μετακινήσεις που υπολογίζονται με την προσεγγιστική αυτή μέθοδο **διαφέρουν σημαντικά από τα αποτελέσματα των δύο άλλων ακριβέστερων μεθόδων.**

Υποεκτιμά τη μετακίνηση που αντιστοιχεί στο σεισμό σχεδιασμού.

Είναι **χρήσιμο εργαλείο για μία πρώτη εκτίμηση της μετακίνησης**, συμπεριφοράς, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο πρώτο βήμα της επαναληπτικής μεθόδου του φάσματος ικανότητας.

Η **μέθοδος συντελεστή μετακίνησης (στοχευόμενη μετακίνηση δt)** ίση με **μετακίνηση μεθόδου ίσων μετακινήσεων** (σχ 7)



Σχήμα 7.: Μέθοδος του συντελεστή μετακίνησης

Μέθοδος συντελεστή μετακίνησης

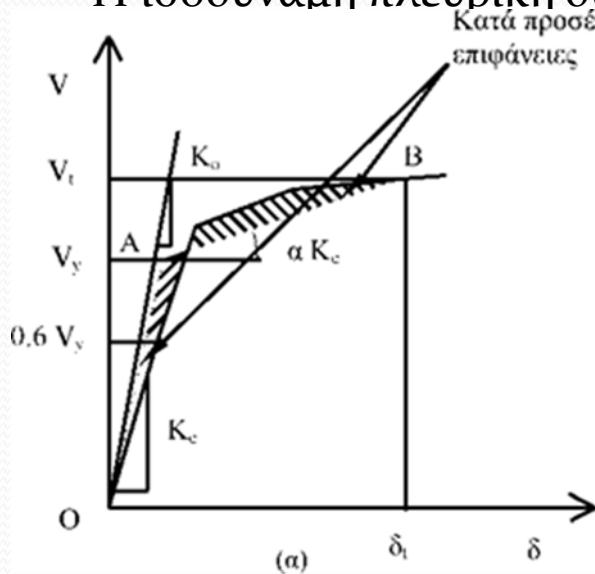
□ Διγραμμική Απεικόνιση της Καμπύλης Ικανότητας

- ✓ **Αντικατάσταση καμπύλης ικανότητας με διγραμμική καμπύλη** –πλευρική δυσκαμψία K_e και η τέμνουσα διαρροής V_y (μη γραμμική σχέση τέμνουσας βάσης με κ. μάζας (σχ8))
- **Η αρχική κλίση K_e -κλίση του μετελαστικού κλάδου :ποσοστό της αρχικής κλίσης αK_e .**

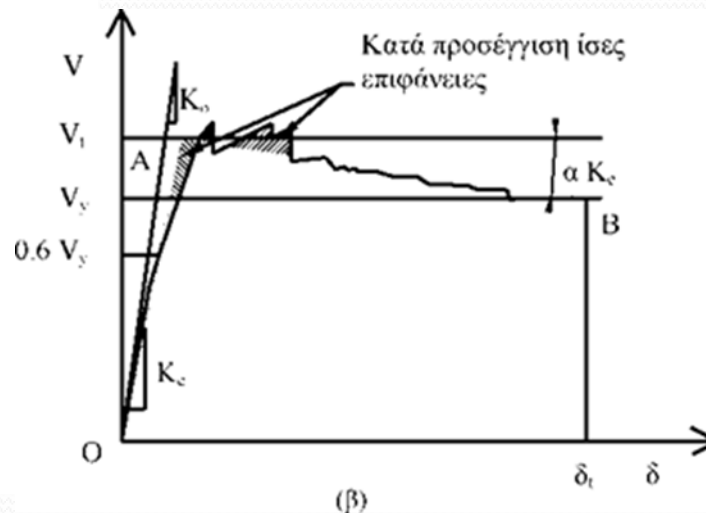
Στο Σχήμα 8 διγραμμική απεικόνιση της καμπύλης ικανότητας (κλάδοι OA και AB) θετικής και αρνητικής κλίσης του μετελαστικού κλάδου.

επαναληπτική γραφική διαδικασία, : ίσα εμβαδά πάνω και κάτω από τα σημεία τομής της πραγματικής και της εξιδανικευμένης καμπύλης.

- Η ισοδύναμη πλευρική δυσκαμψία K_e =τέμνουσα δυσκαμψία (τέμνουσα βάσης =60%



αρροής $V_y \leq$ μέγιστη τέμνουσα βάσης κάθε σημείου



Σχ 8 Διγραμμική απεικόνιση της καμπύλης ικανότητας.
(α) Θετική μετελαστική κλίση.
(β) Αρνητική μετελαστική κλίση.

Προσδιορισμός της Ισοδύναμης Θεμελιώδους Ιδιοπεριόδου

Ο προσδιορισμός της ισοδύναμης θεμελιώδους ιδιοπεριόδου γίνεται με βάση τη διγραμμική καμπύλη δύναμης - μετακίνησης. Η ισοδύναμη θεμελιώδης ιδιοπερίοδος T_e δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$T_e = T_0 \sqrt{\frac{K_0}{K_e}}$$

Το είναι η θεμελιώδης ιδιοπερίοδος (ελαστική δυναμική ανάλυση), K_0 η αντίστοιχη ελαστική πλευρική δυσκαμψία και K_e η ισοδύναμη πλευρική δυσκαμψία.

Στοχευόμενη Μετακίνηση ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ

Με διαφραγματική λειτουργία σε κάθε στάθμη, η στοχευόμενη μετακίνηση είναι:

$$\delta_i = C_0 C_1 C_2 C_3 \Phi_e \frac{T_e^2}{4\pi^2} g$$

C_0 , C_1 , C_2 και C_3 είναι διορθωτικοί συντελεστές και Φ_e η φασματική επιτάχυνση : ισοδύναμη θεμελιώδη ιδιοπερίοδο T_B (από το ελαστικό φάσμα απόκρισης του σεισμού σχεδιασμού).

Ο διορθωτικός συντελεστής C_0 συσχετίζει τη φασματική μετακίνηση ενός ισοδύναμου μονοβάθμιου συστήματος με την πιθανή μετακίνηση της οροφής του πολυβάθμιου συστήματος της κατασκευής.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ

- συντελεστή συμμετοχής της θεμελιώδους ιδιομορφής X συνιστώσα της θεμελιώδους ιδιομορφής στη στάθμη της οροφής του κτιρίου.
- Με χρήση της κατάλληλης τιμής από τον Πίνακα 1.

Πίνακας 1 Τιμές του διορθωτικού συντελεστή C_0

Αριθμός οροφών	Κτίρια με κυρίως διατμητική παραμόρφωση ²		Άλλα κτίρια
	Τριγωνική κατανομή φορτίων	Ομοιόμορφη κατανομή φορτίων	Οποιαδήποτε κατανομή φορτίων
1	1.00	1.00	1.00
2	1.20	1.15	1.20
3	1.20	1.20	1.30
5	1.30	1.20	1.40
> 10	1.30	1.20	1.50

1. Για τον υπολογισμό ενδιάμεσων τιμών επιτρέπεται γραμμική παρεμβολή.
2. Είναι τα κτίρια στα οποία, για όλους τους ορόφους, η μετακίνηση μεταξύ των ορόφων μειώνεται με την αύξηση του ύψους. Χαρακτηρίζει κυρίως κτίρια με μικρό αριθμό τοιχωμάτων.

Η χρήση των τιμών του Πίνακα 1, για γραμμική κατανομή των μετακινήσεων καθ' ύψος και ίσες μάζες σε όλες τις στάθμες, δίνει προσεγγιστικά αποτελέσματα, ειδικά στην περίπτωση που οι μάζες διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους.

□ σημαντική διαφοροποίηση των μαζών καθ' ύψος η χρήση της πρώτης διαδικασίας.

❖ Ο συντελεστής C_1 συνδέει την αναμενόμενη μέγιστη συνολική μετακίνηση (δηλαδή το άθροισμα ελαστικής και ανελαστικής μετακίνησης) με τη μετακίνηση που υπολογίζεται θεωρώντας ελαστική συμπεριφορά.

- $C_1 = 1.0$ για $T_r \geq T_2$
 - $C_1 = |1.0 + (R - 1) T_2 / T_r| / R$ για $0.1 < T_r < T_2$
 - $C_1 = 1.5$ για $T_r \leq 0.1$ sec
- (10)

T_2 χαρακτηριστική τιμή φάσματος απόκρισης που αντιστοιχεί μετάβαση από τον κλάδο σταθερής επιτάχυνσης στον κλάδο σταθερής ταχύτητας. R - λόγος ελαστικής απαίτησης σε αντοχή προς την ανηγμένη τιμή της αντοχής διαρροής και δίνεται από την ακόλ:

$$R = \frac{\Phi_c/g}{V_c/W} C_m$$

C_m - συντελεστής δρώσας μάζας και W το βάρος που αντιστοιχεί στη συνολική ταλαντούμενη μάζα της κατασκευής.

Ο συντελεστής C_m : εκτίμηση της συνεισφοράς της μάζας των ανώτερων ιδιομορφών

1.0 για μονώροφα και διώροφα κτίρια ανεξαρτήτως στατικού συστήματος,

0.9 για πλαισιακούς φορείς :οπλισμένο σκυρόδεμα με τρεις ή περισσότερους

ορόφους, 0.8 για κτίρια τοιχώματα οπλισμένου σκυροδέματος με τρεις ή

περισσότερους ορόφους, 0.9 για μεταλλικά πλαίσια με ή χωρίς διαγώνια στοιχεία με

τρεις ή περισσότερους ορόφους 1.0 σε όλες τις άλλες περιπτώσεις.

Εναλλακτικά μπορεί να λαμβάνεται ίσος με την ενεργό ιδιομορφική μάζα M_i^* της θεμελιώδους ιδιομορφής, όπως δίνεται από την εξίσωση . Θεμελιώδης ιδιοπερίοδος της κατασκευής >1.0 sec, ο συντελεστής C_m λαμβάνεται ίσος με **1.0**.

Ο διορθωτικός συντελεστής C_2 εκφράζει την επίδραση του σχήματος του βρόχου υστέρησης των δομικών στοιχείων της κατασκευής στη μέγιστη αναμενόμενη μετακίνηση. Τιμές του συντελεστή C_2 για διάφορους τύπους πλαισιακών φορέων δίνονται στον Πίνακα 2

Παίρνει τις ακόλουθες τιμές:

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

	$T_e < 0.1 \text{ sec}$		$T_e > T_2$	
Στάθμη επιτελεστικότητας	Φορέας τύπου 1 ¹	Φορέας τύπου 2 ²	Φορέας τύπου 1 ¹	Φορέας τύπου 2 ²
Σχεδόν πλήρης λειτουργικότητα	1.0	1.0	1.0	1.0
Προστασία ζωής	1.3	1.0	1.1	1.0
Αποφυγή κατάρρευσης	1.5	1.0	1.2	1.0

1. Κατασκευές με χαμηλή πλαστιμότητα
2. Κατασκευές με υψηλή πλαστιμότητα.
3. Για ενδιάμεσες τιμές του T επιτρέπεται γραμμική παρεμβολή.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ: Από ερευνητικές μελέτες εάν η τιμή του λόγου R είναι μεγάλη ή η κατασκευή βρίσκεται κοντά σε ρήγμα η διάρρηξη του οποίου προκαλεί την εδαφική κίνηση, η μέγιστη ανελαστική μετακίνηση διαφέρει σημαντικά από την αντίστοιχη μέγιστη μετακίνηση (ελαστικής συμπεριφοράς) . Ανελαστική μετακίνηση > την ελαστική. Μεγαλύτερες αποκλίσεις παρατηρούνται σε εδάφη κατηγορίας Γ και Δ .

Πλατύ σχήμα βρόχων βρόχοι ↔ σημαντική απομείωση της δυσκαμψίας- μείωση ικανότητας απορρόφησης ενέργειας- άρα αναμενόμενη μετακίνηση είναι μεγαλύτερη.

- σημαντική επίδραση σε κατασκευές με μικρή θεμελιώδη ιδιοπερίοδο και χαμηλή αντοχή. Οι φορείς τύπου 1 παρουσιάζουν αυτή τη συμπεριφορά :χαμηλή πλαστιμότητα.

από Πίνακα 2, **οι τιμές του C_2** : επιλεγείσα στάθμη επιτελεστικότητας

- ✓ **Μειώνονται** όσο υψηλότερη είναι η επιλεγείσα στάθμη επιτελεστικότητας.
- Στοχευόμενη μετακίνηση **σε χαμηλότερο επίπεδο βλαβών μικρότερη**.
- **Επιλεγείσα στάθμη επιτελεστικότητας ΟΧΙ απόλυτο μέτρο του εύρους της ανελαστικής συμπεριφοράς της κατασκευής σε περιοχές μέτριας ή χαμηλής σεισμικής επικινδυνότητας.**
- Κατασκευή ικανοποιεί τα κριτήρια που αντιστοιχούν σε μία στάθμη επιτελεστικότητας υψηλότερη από την επιλεγείσα, **η χρήση ενός μικρότερου συντελεστή C_2 είναι δικαιολογημένη.**
- **επιτρέπεται η γραμμική παρεμβολή μεταξύ των τιμών του πίνακα** που αντιστοιχούν στις στάθμες επιτελεστικότητας πάνω και κάτω από την πραγματική συμπεριφορά της κατασκευής.

C₃: ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΟΣ συντελεστής μετακινήσεων φαινομένων 2ας τάξεως (επιρροή P - Δ).

κτίρια με θετική μετελαστική δυσκαμψία, ο C₃ = 1.0.

κτίρια με αρνητική μετελαστική δυσκαμψία, C₃ :

$$C_3 = 1 + \frac{|a|}{T_c} (R - 1)^{3.2}$$

Όταν η μη γραμμική σχέση δύναμης - μετακίνησης είναι διγραμμική.

Εναλλακτικά, ο συντελεστής C₃ μπορεί να υπολογιστεί συναρτήσει του δείκτη σχετικής μεταθετότητας θ συνήθεις περιπτώσεις κατασκευών όπου θ < 0.1, λαμβάνεται C₃ = 1.0.

Εάν ο δείκτης σχετικής μεταθετότητας είναι μεγαλύτερος από 0.1, ο συντελεστής

C₃ :

$$C_3 = 1 + 5 (\theta - 0.1) / T_c$$

Τα φαινόμενα δευτέρας τάξεως (δράση των φορτίων βαρύτητας σε παραμορφωμένη κατασκευή - συνέπεια αύξηση της πλευρικής μετακίνησης).

Ο βαθμός αύξησης της μετακίνησης εξαρτάται από :

1. Τον λόγο, α , της μετελαστικής δυσκαμψίας προς την ελαστική δυσκαμψία.
2. Τη θεμελιώδη ιδιοπερίοδο της κατασκευής T_e .
3. Το λόγο, R , της ελαστικής απαίτησης σε αντοχή προς την ανηγμένη τιμή της αντοχής διαρροής.
4. Τις υστερητικές σχέσεις φορτίου - μετακίνησης των στοιχείων κάθε ορόφου.
5. Τα δυναμικά χαρακτηριστικά της εδαφικής κίνησης.
6. Τη διάρκεια της έντονης εδαφικής κίνησης.

φαινόμενα δευτέρας τάξεως ΠΟΛΥΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΑ, ΟΧΙ μόνο από συντελεστή.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: στρεπτικά ευαίσθητα κτίρια ΣΥΝΕΚΤΙΜΗΣΗ στρεπτικών φαινομένων ↔ **κατάλληλη προσαύξηση στοχευόμενης μετακίνησης δ_t .**

Τιμή της στοχευόμενης μετακίνησης X μέγιστη τιμή του συντελεστή επαύξησης των μετακινήσεων n_m που έχει υπολογιστεί για οποιονδήποτε όροφο του κτιρίου.

Συντελεστής n_m = μέγιστη μετακίνηση σε οποιοδήποτε σημείο του διαφράγματος κάθε στάθμης προς τη μέση μετακίνηση του συγκεκριμένου διαφράγματος.

Παράδειγμα υπολογισμού

Εφαρμογή μεθόδου συντελεστή μετακίνησης για υπολογισμό της απαίτησης σε μετακίνηση.

ΔΕΔΟΜΕΝΑ

- επτάώροφος πλαισιακός φορέας από ΟΣ $H = 20 \text{ m}$ (Σχήμα 9).
- σύνολο των φορτίων βαρύτητας της κατασκευής είναι $W = 46882 \text{ kN}$ και εξετάζεται μόνο μία διεύθυνση φόρτισης.
- Επιλέγουμε ως στάθμη επιτελεστικότητας την Β : **απαίτηση της προστασίας της ζωής και της περιουσίας των ενοίκων.**

Για τον υπολογισμό της στοχευόμενης μετακίνησης θα χρησιμοποιηθεί το **ελαστικό φάσμα του ΕΑΚ 2000 που προκύπτει για μέγιστη σεισμική επιτάχυνση του εδάφους θεμελίωσης**

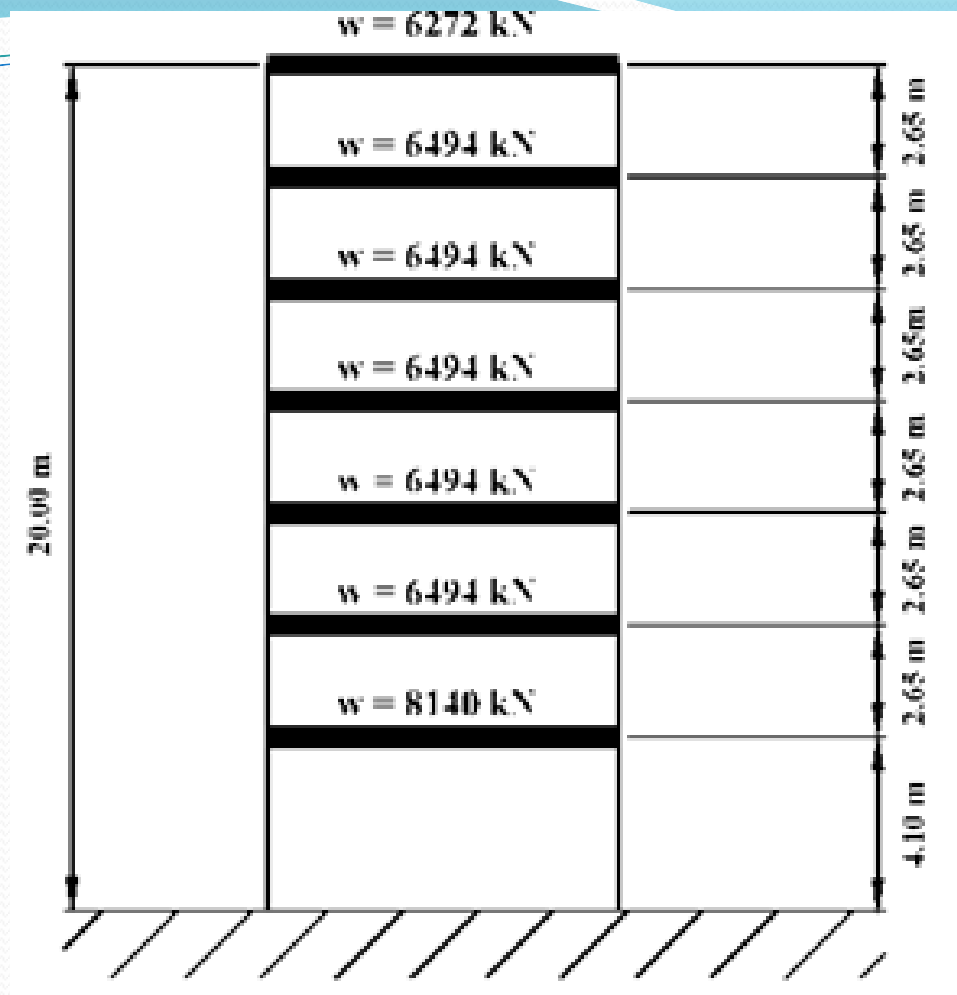
$A = 0.16g$ (**ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας: I**),

συντελεστή σπουδαιότητας του κτιρίου $\gamma_1 = 1.00$

διορθωτικό συντελεστή $n = 1.00$,

συντελεστή επιρροής της θεμελίωσης $\theta = 1.00$

κατηγορία εδάφους Β. Λαμβάνεται $g = 9.800 \text{ m/sec}^2$.



Σχ 9 Επτάώροφος πλαισιακός φορέας

Δυναμικά Χαρακτηριστικά της Κατασκευής

Τα δυναμικά χαρακτηριστικά της κατασκευής αφορούν μόνο στη θεμελιώδη μεταφορική ιδιομορφή και είναι:

- η ταλαντούμενη μάζα κάθε στάθμης,
- η συνιστώσα της ιδιομορφής σε κάθε στάθμη,
- ο συντελεστής συμμετοχής και
- η ενεργός ιδιομορφική μάζα.

Από δυναμική φασματική ανάλυση της κατασκευής προέκυψε ότι η θεμελιώδης ιδιοπερίοδος είναι $T_0 = 0.88 \text{ sec}$.

Για κατηγορία εδάφους **B** η χαρακτηριστική τιμή του φάσματος απόκρισης που αντιστοιχεί στη μετάβαση από τον κλάδο σταθερής επιτάχυνσης στον κλάδο σταθερής ταχύτητας είναι $T_2 = 0.60 \text{ sec}$.

Αφού $T_0 = 0.88 \text{ sec} > T_2 = 0.60 \text{ sec}$, η φασματική επιτάχυνση που αντιστοιχεί στη θεμελιώδη ιδιοπερίοδο της κατασκευής προκύπτει από τον τρίτο κλάδο του ελαστικού φάσματος του ΕΑΚ 2000 και είναι $\Phi_e(T_0) = 0.273g$. Τα δυναμικά χαρακτηριστικά (θεμελιώδης ιδιομορφή της κατασκευής), Πίνακα 3. Στον Πίνακα 3 η θεμελιώδης ιδιομορφή κανονικοποιήθηκε ώστε συνιστώσα στη στάθμη της οροφής του κτιρίου να είναι ίση με 1.0.

Ο συντελεστής συμμετοχής Γ_1 και η ενεργός ιδιομορφική μάζα M_1^* της θεμελιώδους ιδιομορφής υπολογίζονται από τις εξισώσεις (6) και (7), αντίστοιχα. Με βάση τα αριθμητικά δεδομένα του Πίνακα 3 έχουμε

Στάθμη	Z_i (m)	Δz_i (m)	w_i (kN)	m_i (kN sec ² /m)	ϕ_i	$m_i \phi_i / \Sigma m_i \phi_i$	F_i (kN)
7	20.00		6272	640	1.000	0.211	2234
6	17.35	2.65	6494	662	0.938	0.205	2170
5	14.70	2.65	6494	662	0.839	0.184	1941
4	12.05	2.65	6494	662	0.703	0.154	1626
3	9.40	2.65	6494	662	0.535	0.117	1237
2	6.75	2.65	6494	662	0.351	0.077	812
1	4.10	2.65	8140	830	0.188	0.052	545
0	0.00	4.10	0.00	0.00	0.000	0.000	0
Σ		20.00	46882	4780			10565

Πίνακας 3 Δυναμικά χαρακτηριστικά επτάώροφου πλαισιακού φορέα

$$\Gamma_1 = \sum m_j, \phi_{j1} / \sum m_j, \phi^2_{j1} = 3024.33 / 2316.21 = 1.31$$

$$M_1^* = [\sum m_j \phi_{j1}]^2 / \sum m_j, \phi^2_{j1} = 3024.33^2 / 2316.21 = 3948.94 \text{ kN sec}^2/\text{m}$$

Η τέμνουσα βάσης που προκύπτει για την κατασκευή που ταλαντώνεται με τη θεμελιώδη ιδιομορφή δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$V_0 = M_1 \times \Phi_e (T_0) = (3948.94)(0.273g) = 10565 \text{ kN (14)}$$

Οι δυνάμεις F_i - Πίνακας 3 -αρχική κατανομή των οριζόντιων πλευρικών φορτίων καθ' ύψος του κτιρίου, εκτέλεση πρώτης από τις απαιτούμενες ελαστικές αναλύσεις για προσέγγιση του συνολικό διαγράμματος δύναμης - μετακίνησης της κατασκευής, σύμφωνα με τη σχέση (3.2). Επειδή $M_1^* = 3948.94 \text{ kN sec}^2/\text{m} > 0.75 \times \sum m_i = 0.75 \times 4780 = 3585.00 \text{ kN sec}^2/\text{m}$, η κατανομή των πλευρικών φορτίων έγινε με βάση το σχήμα της θεμελιώδους ιδιομορφής, σύμφωνα με την εξίσωση (2).

Καμπύλη Ικανότητας

Καμπύλη ικανότητας της κατασκευής -η εξιδανικευμένη διγραμμική απεικόνισή της και προσδιορισμός της απαίτησης σε μετακίνηση.

Η πρώτη ελαστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε έδειξε ότι ορισμένες από τις δοκούς του πλαισιακού φορέα ενδέχεται να έχουν σημαντικές απαιτήσεις πλαστιμότητας, -ελαστικές ροπές >ροπή διαρροής των.

Πρώτο σημείο διαρροής της κατασκευής (σημείο Α), τέμνουσα βάσης μειώθηκε από $V_0 = 10565$ kN σε $V^A_0 = 9786$ kN,

Μετακίνηση της κορυφής μειώθηκε από $\Delta_{κορ} = 6.95$ cm - αντιστοιχεί σε τέμνουσα βάσης $V_0 = 10565$ kN, σε $\Delta_{κορ} = 6.38$ cm για $V^A_0 = 9786$ kN.

Τέλος του πρώτου υπολογιστικού βήματος το αναλυτικό προσομοίωμα τροποποιήθηκε κατάλληλα ώστε να ληφθεί υπόψη ο σχηματισμός πλαστικών αρθρώσεων στις θέσεις των δοκών που διέρρευσαν.

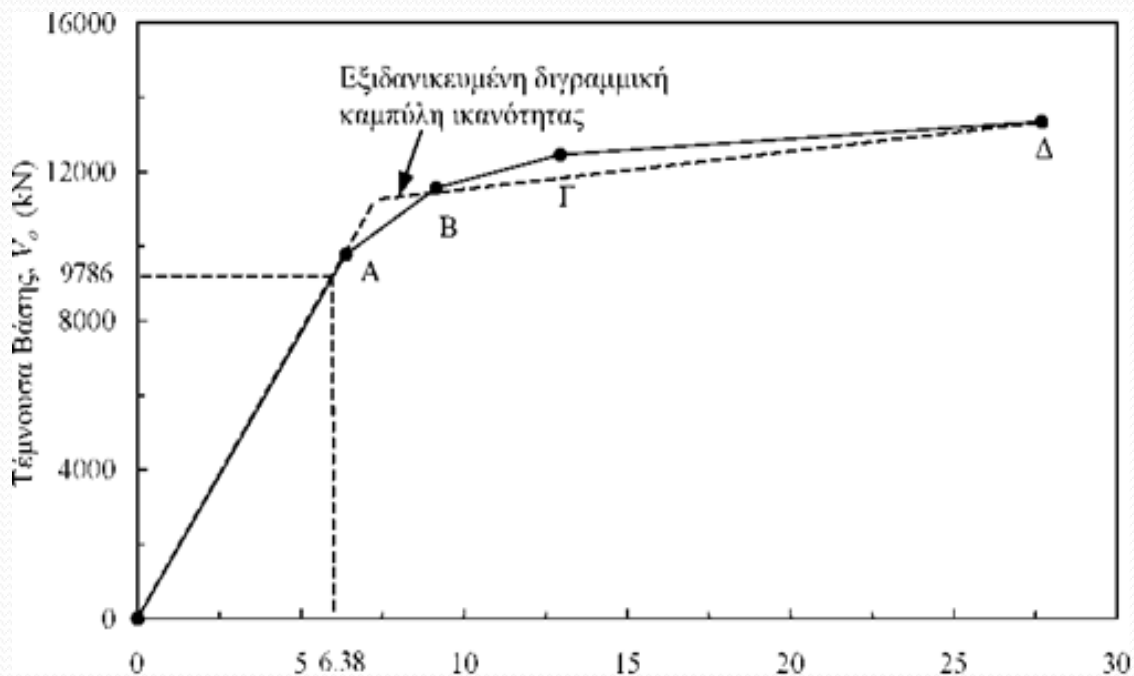
Το νέο προσομοίωμα, (τμήμα ΑΒ Σχήμα 10), παρέλαβε μία επιπλέον τέμνουσα βάσης 1779 kN **έως τη διαρροή μίας νέας ομάδας στοιχείων.**

Η επιπλέον μετακίνηση 2.76 cm Έτσι Β αντιστοιχεί σε τέμνουσα βάσης $V^B_0 = 11565$ kN και μετακίνηση κορυφής $\Delta_{κορ} = 9.14$ cm .

Νέα τροποποίηση του αναλυτικού προσομοιώματος ,προσδιορισμός του σημείου Γ σε τέμνουσα βάσης $V^Γ_0 = 12454$ kN και μετακίνηση κορυφής $\Delta_{κορ} = 12.95$ cm.

Τρίτη τροποποίηση του προσομοιώματος έδειξε ότι η κατασκευή είναι ικανή να παραλάβει επιπλέον οριζόντιο φορτίο 890 kN ήτοι συνολική τέμνουσα βάσης $V^Δ_0 = 13344$ kN με μία σημαντική αύξηση της μετακίνησης κορυφής της τάξης των 14.74cm , μετακινούμενη από το σημείο Γ στο σημείο Δ.

Τέλος κάθε βήματος, -τέμνουσα βάσης και τη μετακίνηση κορυφής-επί πλέον συνολικές μετακινήσεις μεταξύ των ορόφων της κατασκευής με επαλληλία των πλευρικών μετακινήσεων Δ : μετακινήσεις μεταξύ των ορόφων της κατασκευής με ύψος 2.65 m που είχαν υποστεί τη μεγαλύτερη απομείωση της δυσκαμψίας τους ξεπέρασαν τα 5.1 cm, λόγος της μετακίνησης προς το ύψος του ορόφου να είναι μεγαλύτερος από 0.02 – η τιμή αυτή του λόγου μετακίνησης είναι οριακή για την ικανοποίηση των κριτηρίων της επιλεγείσας στάθμης επιτελεστικότητας που ορίζεται ως προστασία της ζωής και της παρουσίας των ενοίκων του κτιρίου, κρίθηκε σκόπιμο να μη συνεχιστεί η ανάλυση πέρα από το σημείο Δ .



Μετακίνηση Κορυφής, $\Delta_{κορ}$ (cm)

Σχ 10 Διγραμμική απεικόνιση καμπύλης ικανότητας.

Απαίτηση σε Μετακίνηση

Όπως φαίνεται από το διάγραμμα δύναμης - μετακίνησης του Σχήματος 10, για τον επτάώροφο πλαίσιακό φορέα του παραδείγματος η ισοδύναμη πλευρική δυσκαμψία K_e είναι ίση με την ελαστική πλευρική δυσκαμψία K_o , η τιμή της οποίας είναι:

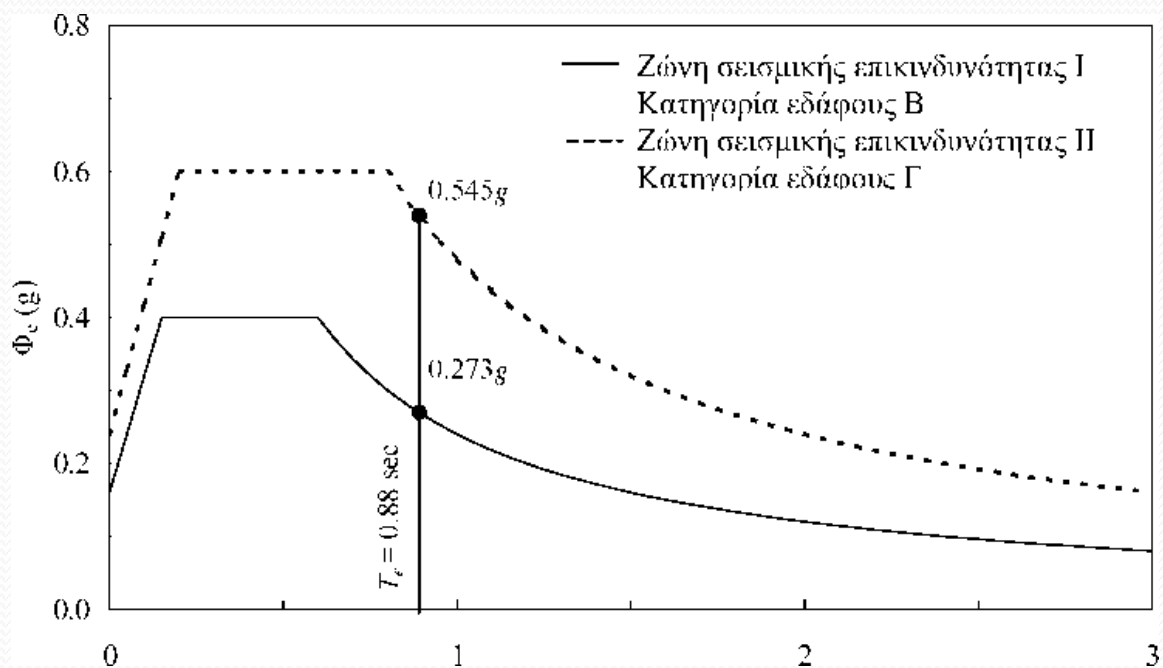
$$K_o = V_o^3 / \Delta_{ετοπ}^3 = 9786 / 6.38 = 1534 \text{ kN/m}$$

Η ελαστική θεμελιώδης ιδιοπερίοδος T_o που **προέκυψε από τη δυναμική φασματική ανάλυση** είναι 0.88 sec. Επομένως, η ισοδύναμη θεμελιώδης ιδιοπερίοδος T_e μπορεί να προσδιοριστεί από τη σχέση :

$$T_e = T_o \sqrt{\frac{K_o}{K_e}} = 0.88 \sqrt{\frac{1534}{1534}} = 0.88 \text{ sec}$$

Προκειμένου να υπολογιστεί η στοχευόμενη μετακίνηση δι απαιτείται ο προσδιορισμός των διορθωτικών συντελεστών C_0 , C_1 , C_2 και C_3 :

- συντελεστής συμμετοχής της θεμελιώδους ιδιομορφής $\Gamma_1 = 1.31$ X συνιστώσα της θεμελιώδους ιδιομορφής στη στάθμη της οροφής του κτιρίου $\phi_{\gamma_1} = 1.00$ (βλέπε Πίνακα 3) **προκύπτει $C_0 = 1.31 \times 1.00 = 1.31$.**
- Επειδή $T_e = 0.88 \text{ sec} > T_2 = 0.60 \text{ sec}$, σύμφωνα με τη σχέση (10) προκύπτει $C_1 = 1.0$.
- Θεωρώντας συντηρητικά φορέα τύπου 1, για την επιλεγείσα στάθμη επιτελεστικότητα και για $T_e > T_2$, από τον Πίνακα 3 προκύπτει $C_2 = 1.1$.
- Θεωρώντας ότι η μετελαστική δυσκαμψία της καμπύλης ικανότητας είναι θετική ο C_3 λαμβάνεται ίσος με 1.0.



Σχ 11 Ελαστικό φάσμα σχεδιασμού.

Με δεδομένο ότι η φασματική επιτάχυνση Φ_e είναι: $\Phi_e(T_e) = 0.273g$ (Σχήμα 11),

η **στοχευόμενη μετακίνηση** υπολογίζεται από τη σχέση :

$$\delta_t = C_{1v} C_{1l} C_{2l} C_{3l} \Phi_e \frac{T_e^2}{4\pi^2} g = 1.31 \times 1.0 \times 1.1 \times 1.0 \times 0.273 \times \frac{0.88^2}{4\pi^2} \times 9.800$$
$$\times 100 = 7.56 \text{ cm}$$

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: η επταώροφη κατασκευή βρίσκεται σε ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας **II**, (μέγιστη επιτάχυνση εδάφους $A = 0.24g$) αντί για I και είναι θεμελιωμένη σε έδαφος κατηγορίας **G** αντί για B, η φασματική επιτάχυνση στην ισοδύναμη θεμελιώδη ιδιοπερίοδο, όπως φαίνεται στο Σχήμα 10, είναι: **$\Phi_e(T_e) = 0.545g$** , και η αντίστοιχη στοχευόμενη μετακίνηση αυξάνεται σε **$\delta_t = 15.12 \text{ cm}$** , δηλαδή είναι **διπλάσια** σε σχέση με την προηγούμενη περίπτωση.

Διαδικασία ελέγχου συμπεριφοράς

✓ **απαίτηση σε μετακίνηση OK** — ακολουθεί ο έλεγχος συμπεριφοράς της κατασκευής.

❖ Η διαδικασία :

• Αρχικά έλεγχος συνολικής συμπεριφοράς της κατασκευής για επαλήθευση **ικανότητας** παραλαβής οριζόντιων σεισμικών φορτίων δεν έχει μειωθεί πάνω από το 20% της μέγιστης τιμής της.

Απαίτηση σε μετακίνηση που έχει υπολογιστεί, οι τιμές των λόγων της πλευρικής μετακίνησης μεταξύ των ορόφων προς το ύψος τους **δεν πρέπει να ξεπερνούν τις μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές που αντιστοιχούν στην επιλεγείσα στάθμη επιτελεστικότητας** για την αποτίμηση και τον ανασχεδιασμό της κατασκευής.

• Κατηγοριοποίηση των επιμέρους φορέων του φέροντος σε διάφορους τύπους. (πλασιακοί φορείς δοκών και υποστυλωμάτων ή πλακών και υποστυλωμάτων, αντισεισμικά τοιχώματα, διαφράγματα, θεμελιώσεις, κλπ).

• Διαχωρισμός των στοιχείων της κατασκευής που συνεισφέρουν στην πλευρική δυσκαμψία ή φορτίζονται λόγω των πλευρικών μετακινήσεων που επιβάλλονται στην κατασκευή από τα σεισμικά φορτία, σε πρωτεύοντα και δευτερεύοντα. (**ΕΧΕΙ ΠΡΟΗΓΗΘΕΙ**)

• Για κάθε έναν από τους επιμέρους φορείς του φέροντος οργανισμού -τα κρίσιμα στοιχεία - ελέγχονται οι δράσεις στα στοιχεία - **πλάστιμες ή μη πλάστιμες**.

• Η κατασκευή να ανταποκρίνεται στους ελάχιστους ανεκτούς στόχους αποτίμησης και ανασχεδιασμού που αντιστοιχούν στην επιλεγείσα στάθμη επιτελεστικότητας, η απαίτηση σε αντοχή καθώς και η παραμόρφωση των κρίσιμων στοιχείων πρέπει να είναι **μικρότερες από συγκεκριμένες 'οριακές' τιμές** που αντιστοιχούν στα **κριτήρια επιτελεστικότητας** της στάθμης.

ΤΕΛΟΣ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗΣ Γ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

ΕΠΟΜΕΝΟ ΜΑΘΗΜΑ

επισκευή η ενίσχυση στοιχείων
από οπλισμένο σκυρόδεμα –υλικά
επισκευής ,έγχυτο σκυρόδεμα,
εκτοξευόμενο σκυρόδεμα,
εποξεικές ρητίνες, χάλυβας

ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΑΣ