

Αντισεισμικές Κατασκευές

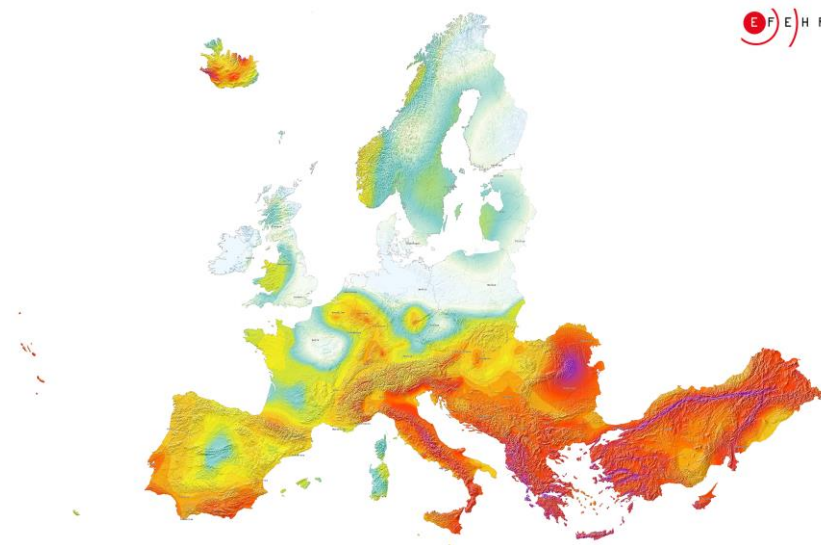
Συντελεστής συμπεριφοράς



ΑΣΠΑΙΤΕ

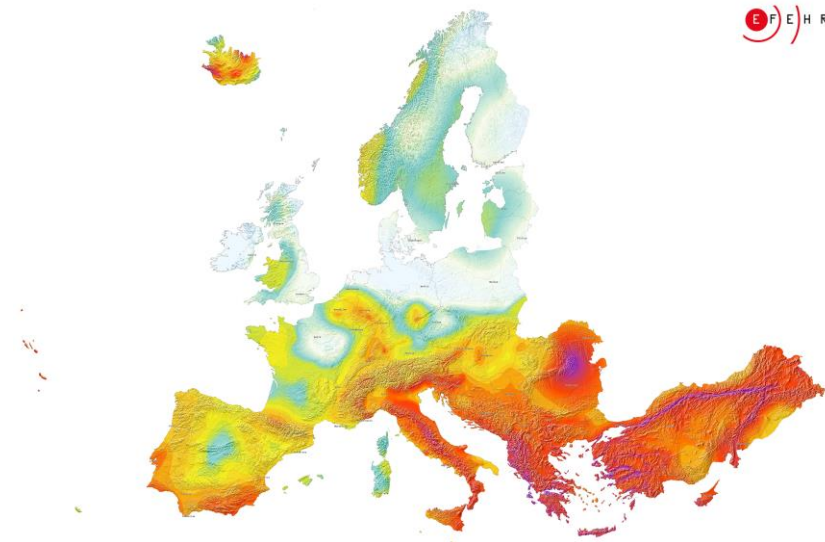
Σεισμική επικινδυνότητα

- Για τον αντισεισμικό σχεδιασμό είναι απαραίτητη η γνώση της **αναμενόμενης εδαφικής κίνησης** λόγω σεισμού
- Όμως, ο σεισμός αποτελεί έντονα **στοχαστικό φαινόμενο**
 - Τυχαία κατανομή εντάσεων μεγεθών και χρόνου εκδήλωσης
- Για τον καθορισμό του σεισμού σχεδιασμού είναι απαραίτητη η **στατιστική επεξεργασία** των υφιστάμενων σεισμικών δεδομένων



Σεισμική επικινδυνότητα

- Η σεισμική επικινδυνότητα εκφράζεται σε όρους **πιθανότητας** εκδήλωσης σεισμού που υπερβαίνει μια δεδομένη τιμή έντασης I ή επιτάχυνσης σε μία δεδομένη γεωγραφική περιοχή εντός δεδομένου χρονικού διαστήματος.
- Με σημείο αφετηρίας κάποια γνωστή σεισμική πηγή (ρήγμα), σχεδιάζονται χάρτες πιθανότητας αστοχίας W για δεδομένη επικεντρική απόσταση I_0 .
 - Η πιθανότητα μειώνεται με αύξηση απόστασης

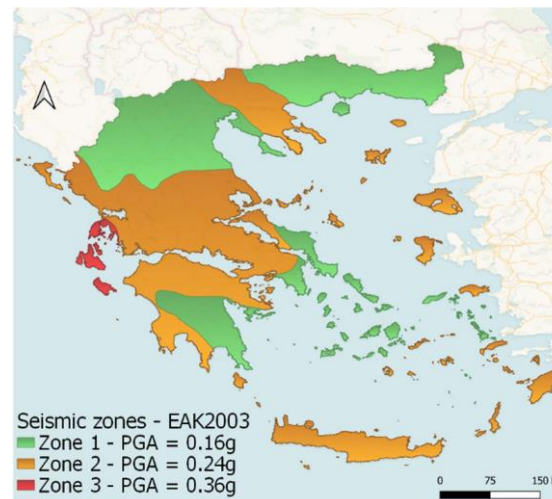
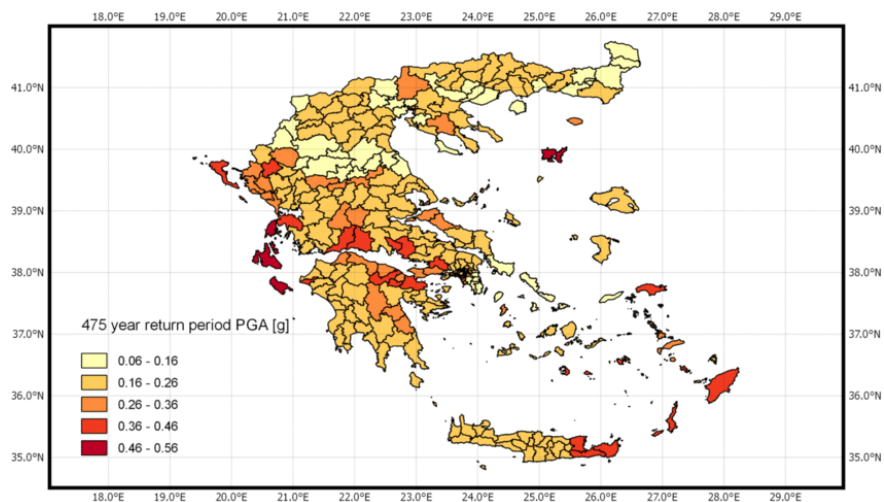


Σεισμική επικινδυνότητα

- **Περίοδος επαναφοράς:** μέσο χρονικό διάστημα που παρεμβάλλεται μεταξύ δύο συμβάντων παρόμοιας έντασης
 - 475 χρόνια περιόδου αναφοράς αντιστοιχούν σε πιθανότητα υπέρβασης 10% σε 50 χρόνια.

$$P = 1 - e^{-t/T}$$

P	πιθανότητα υπέρβασης	(10%)
t	χρονική περίοδος ενδιαφέροντος	(50 έτη)
T	περίοδος επαναφοράς	(475 έτη)

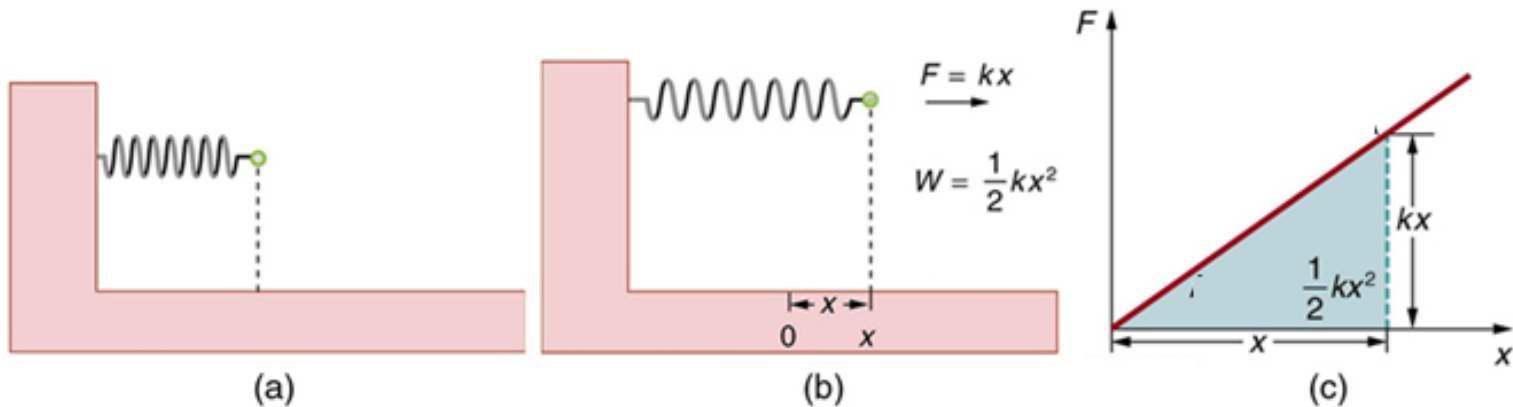


Απαιτήσεις σχεδιασμού

- **Αβεβαιότητα** ως προς την πιθανή ένταση του σεισμού
- **Υψηλό κόστος** υλοποίησης για πλήρη αποφυγή βλαβών



- **Αποδοχή βλαβών** συγκεκριμένης βαρύτητας
- **Απορρόφηση ενέργειας** μέσω παραμορφώσεων και όχι δυνάμεων



Απαιτήσεις σχεδιασμού

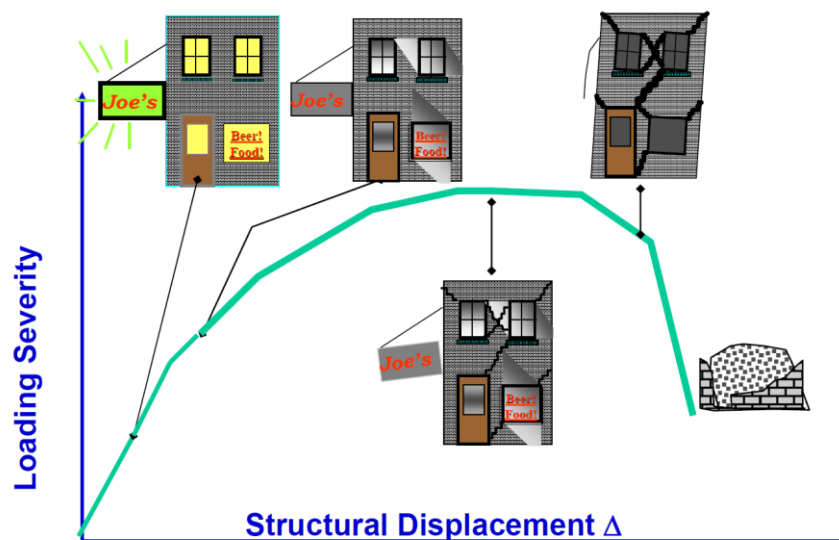
- Στόχοι του αντισεισμικού σχεδιασμού

- Προστασία της ανθρώπινης ζωής στην περίπτωση υψηλών εντάσεων
- Περιορισμός ή και αποφυγή οικονομικών απωλειών στην περίπτωση μετρίων εντάσεων
- Διασφάλιση μιας ελάχιστης στάθμης λειτουργίας των έργων

Αποφυγή
κατάρρευσης

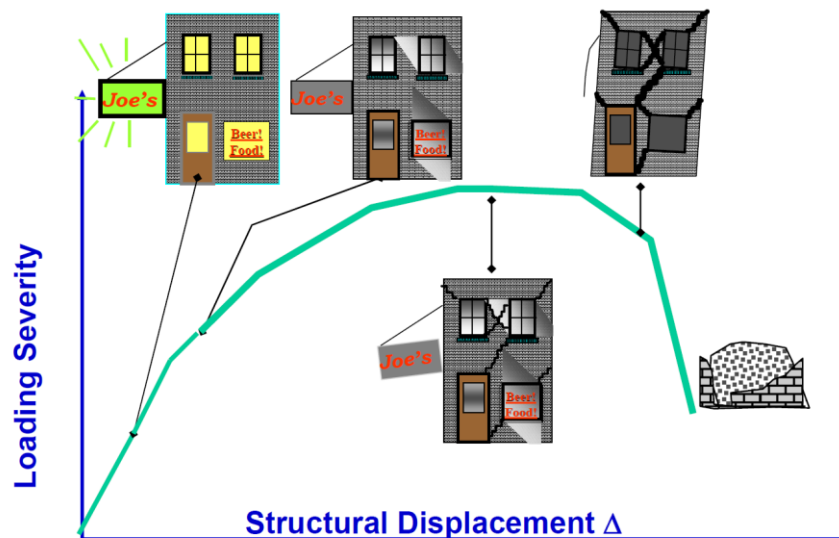
Περιορισμός βλαβών

Καλύπτεται έμμεσα
από τα υπόλοιπα
κριτήρια



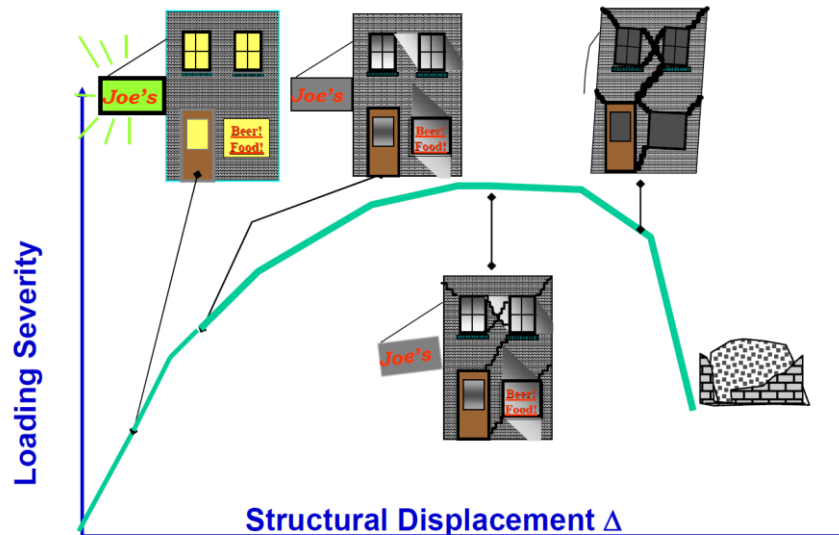
Απαιτήσεις σχεδιασμού

- Σε μικρούς σεισμούς, η κατασκευή θα πρέπει να μην υφίσταται ζημιές (ελαστική συμπεριφορά)
- Σε μεγάλους σεισμούς (με μικρή πιθανότητα να συμβούν στη χρήσιμη ζωή του έργου), η κατασκευή θα υφίσταται ελεγχόμενες πλαστικές παραμορφώσεις.
 - Οι ζημιές θα είναι επιδιορθώσιμες και περιορισμένης έκτασης
- Θα πρέπει να **αποκλειστούν** ψαθυρές μορφές αστοχίας και οι μηχανισμοί κατάρρευσης



Απαιτήσεις σχεδιασμού

- Βάσει αυτών των απαιτήσεων, **επιτρέπουμε στις κατασκευές να παραμορφωθούν στην πλαστική περιοχή** κατά τη διάρκεια ισχυρών σεισμών.
- Ταυτόχρονα, πρέπει να **εξασφαλίζουμε** πως το ελαστοπλαστικό σύστημα θα συνεχίσει να αποκρίνεται στον σεισμικό κραδασμό με **περιορισμένες μετακινήσεις**, ώστε να αποφευχθεί ο κίνδυνος σχηματισμού μαλακού ορόφου.

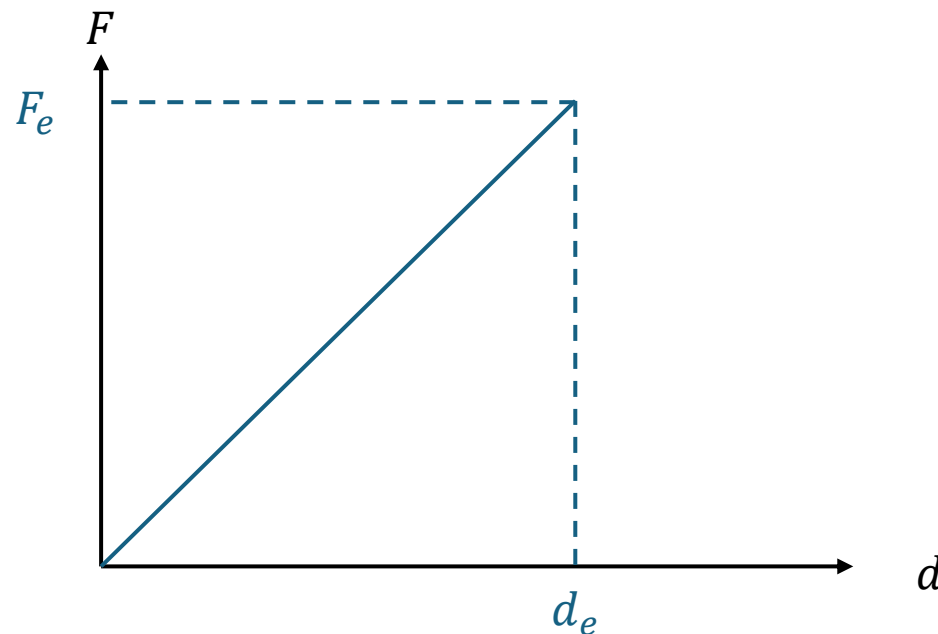


Ελαστική απόκριση

- Θεωρούμε κατασκευή με μάζα m , δυσκαμψία K και ιδιοπερίοδο T .
- Από το (ελαστικό) φάσμα σχεδιασμού Φ_e προκύπτει πως αν η κατασκευή συμπεριφερθεί **πλήρως ελαστικά**, θα δεχθεί σεισμική δύναμη F_e ίση με

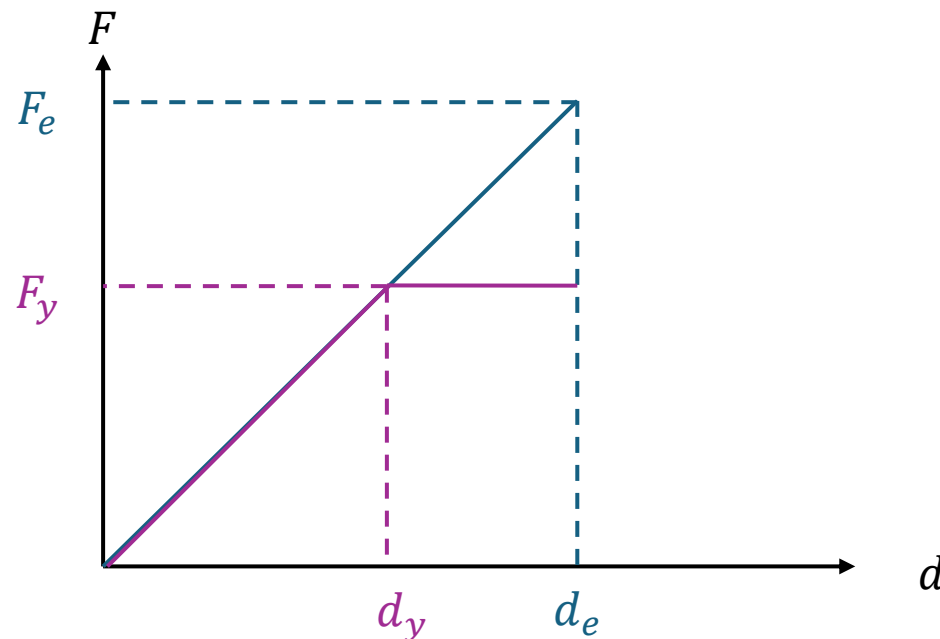
$$F_e = m \cdot \Phi_e(T)$$

- Η δύναμη θα προκαλέσει μετακίνηση d_e



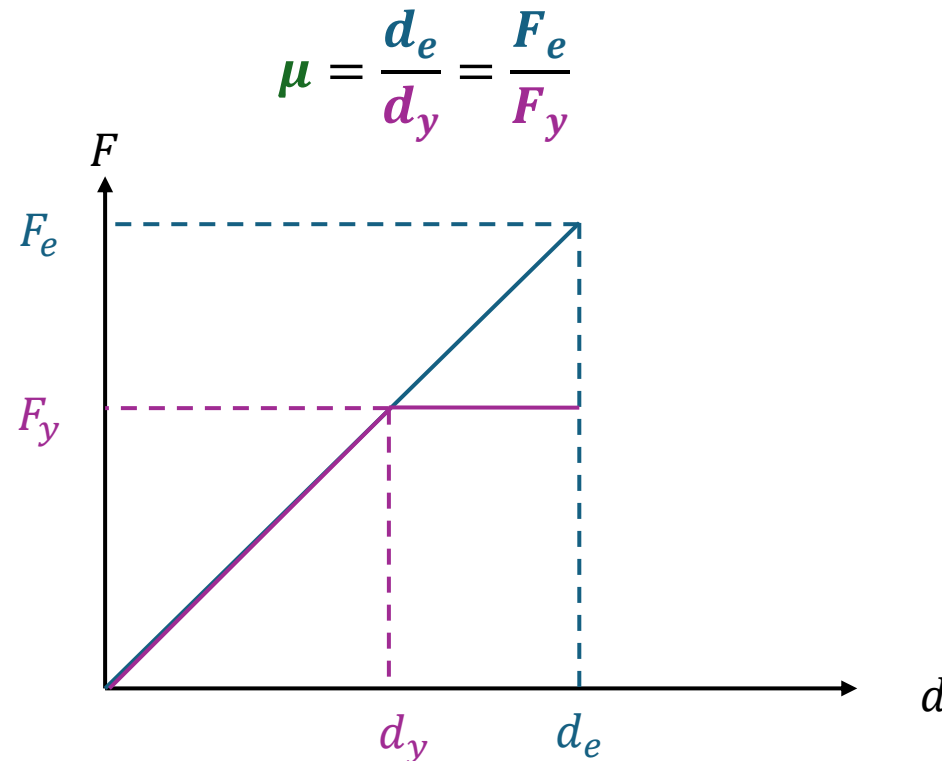
Ανελαστική απόκριση

- Αν η κατασκευή έχει **όριο διαρροής F_y** , τότε αυτή θα είναι και η μέγιστη δύναμη που μπορεί να αναπτυχθεί, με την κατασκευή να συμπεριφέρεται **ελαστοπλαστικά**.
- Πειραματικά έχει διαπιστωθεί πως η μέγιστη μετατόπιση που θα καταγραφεί παραμένει περίπου ίση με **d_e** .
 - Παραδοχή των ίσων μετακινήσεων, αρκετά ακριβής για $T > 0.6$ s



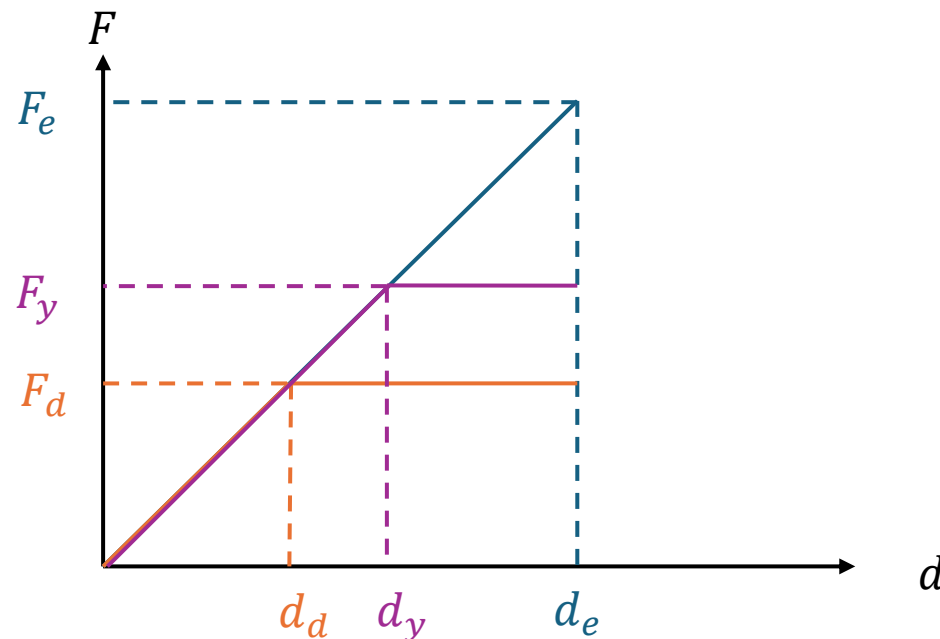
Ανελαστική απόκριση

- Προδιαγράφουμε μια τιμή του μ βάσει του υλικού και του στατικού συστήματος του φορέα.
- Η κατασκευή διαρρέει υπό φορτίο ίσο με F_y .
- Από την ομοιότητα των τριγώνων του διαγράμματος προκύπτει



Σχεδιασμός

- Η **πραγματική αντοχή μιας κατασκευής** είναι μεγαλύτερη από τη **θεωρούμενη στο σχεδιασμό**, κυρίως λόγω υψηλότερης αντοχής των υλικών επί των χαρακτηριστικών τιμών.
- Η διαρροή της κατασκευής επέρχεται για φορτίο $F_y > F_d$



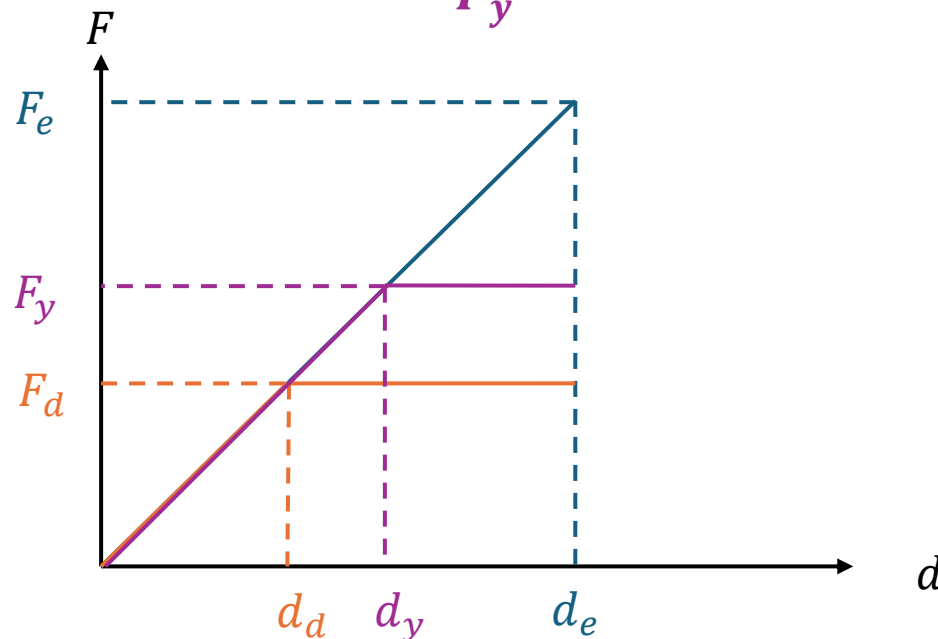
Σχεδιασμός

- Ο λόγος της **δύναμης διαρροής** προς την **αντοχή σχεδιασμού** ονομάζεται **υπεραντοχή**

$$q_0 = \frac{F_y}{F_d}$$

- Επιπλέον, ορίζουμε τον λόγο της **ελαστικής δύναμης** προς τη **δύναμη διαρροής**

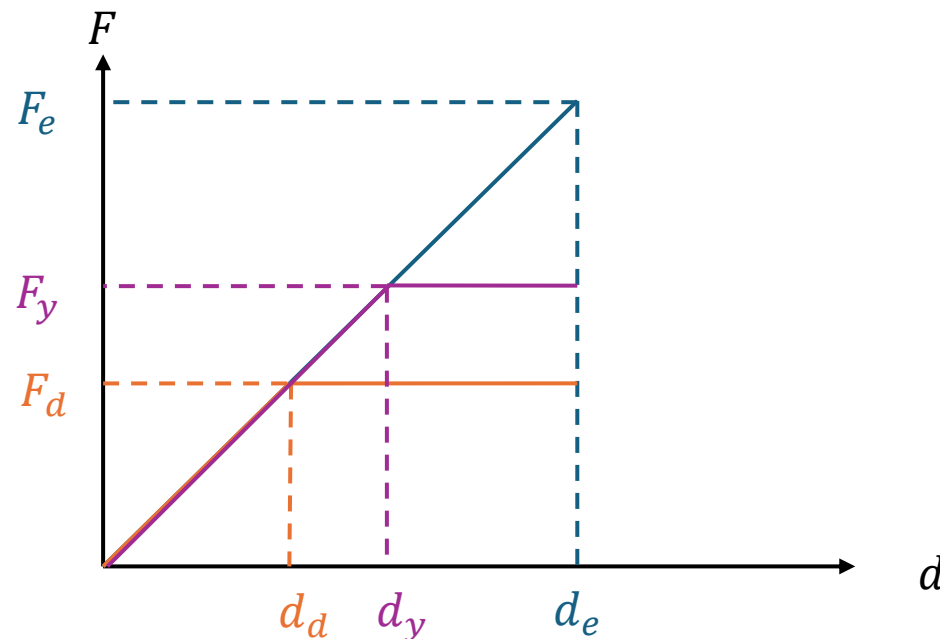
$$q_d = \frac{F_e}{F_y}$$



Συντελεστής συμπεριφοράς

- Ο λόγος της **ελαστικής δύναμης** προς την **αντοχή σχεδιασμού** ονομάζεται **συντελεστής συμπεριφοράς**

$$q = \frac{F_e}{F_d} = \frac{F_e}{F_y} \cdot \frac{F_y}{F_d} = q_0 \cdot q_d$$



Συντελεστής συμπεριφοράς

- Ο **συντελεστής συμπεριφοράς** δηλώνει πόσες φορές μικρότερο είναι το σεισμικό φορτίο σχεδιασμού από το φορτίο που θα αναπτυσσόταν στον απείρως ελαστικό σύστημα.
- Όσο μεγαλύτερος ο **συντελεστής συμπεριφοράς**, τόσο περισσότερο επιτρέπουμε στην κατασκευή να παραμορφωθεί στην πλαστική περιοχή.
- Οι κανονισμοί παρέχουν *μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές* του **συντελεστή συμπεριφοράς**, συναρτήσει του υλικού δόμησης και του δομικού συστήματος.

Συντελεστής συμπεριφοράς

- Με την παραδοχή των ίσων μετακινήσεων προκύπτει

$$q_d = \mu$$
$$q = q_0 \cdot \mu$$

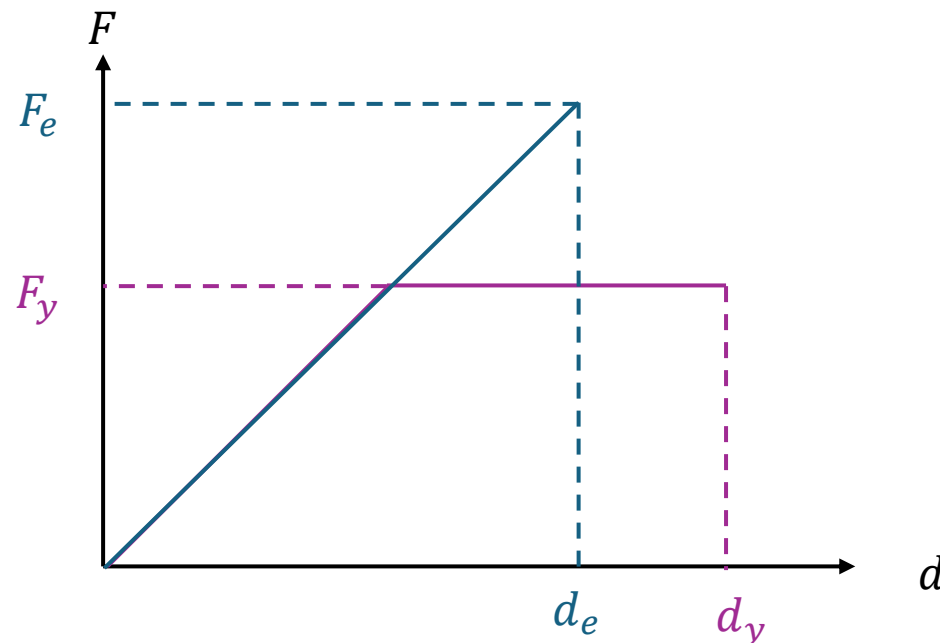
- Εν τούτοις, η παραδοχή ισχύει κυρίως για **εύκαμπτες κατασκευές**.
- Στις **δύσκαμπτες κατασκευές** ισχύει η παραδοχή της **ισότητας της ενέργειας** που εισέρχεται στο ελαστικό και το ελαστοπλαστικό σύστημα.
- Τα εμβαδά κάτω από τις καμπύλες του ελαστικού και του ελαστοπλαστικού συστήματος πρέπει να είναι ίσα

Συντελεστής συμπεριφοράς

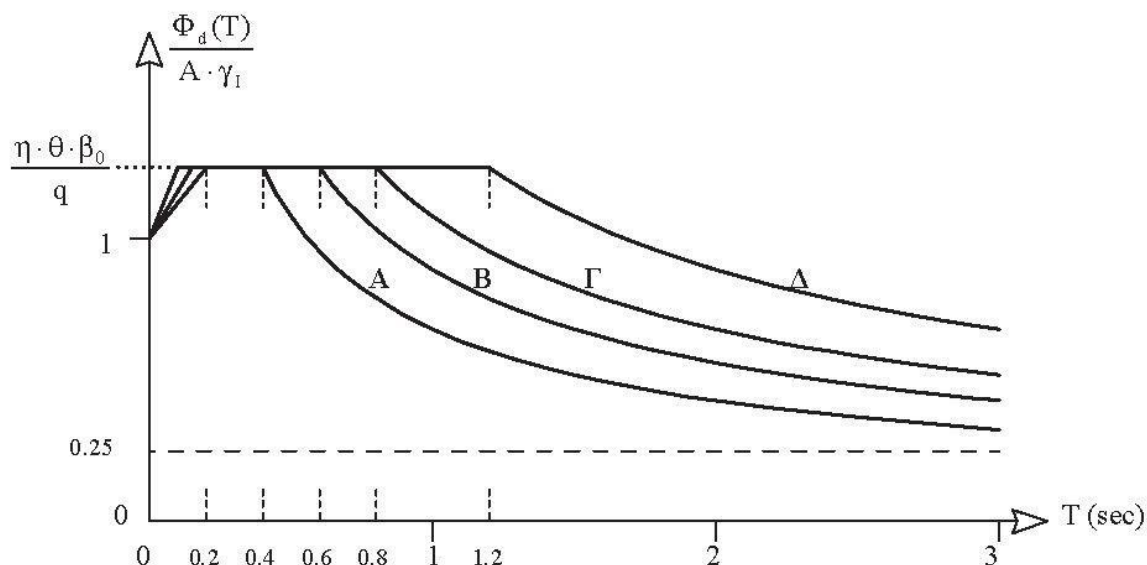
- Με την **ισότητα της ενέργειας** προκύπτει

$$q_d = \sqrt{2 \cdot \mu - 1}$$
$$q = q_0 \cdot \sqrt{2 \cdot \mu - 1}$$

- Βάσει αυτής της θεώρησης, ο προκύπτων **συντελεστής ασφαλείας** είναι μικρότερος από αυτόν για εύκαμπτα συστήματα.
- Εν τούτοις, κατά τον **ΕΑΚ** εφαρμόζεται η ισότητα των μετακινήσεων για όλες τις κατασκευές.



Φάσμα σχεδιασμού ΕΑΚ



$$0 \leq T < T_1: \quad \Phi_d(T) = \gamma_I \cdot A \cdot \left[1 + \frac{T}{T_1} \left(\frac{\eta \cdot \theta \cdot \beta_0}{q} - 1 \right) \right]$$

$$T_1 \leq T \leq T_2: \quad \Phi_d(T) = \gamma_I \cdot A \cdot \frac{\eta \cdot \theta \cdot \beta_0}{q} \dots\dots\dots$$

$$T_2 < T: \quad \Phi_d(T) = \gamma_I \cdot A \cdot \frac{\eta \cdot \theta \cdot \beta_0}{q} \cdot \left(\frac{T_2}{T} \right)^{2/3} \dots\dots\dots$$

$$\frac{\Phi_d(T)}{A \gamma_i} \geq 0.25$$

Φάσμα σχεδιασμού ΕΑΚ

- q : συντελεστής συμπεριφοράς

$$0 \leq T < T_1 : \quad \Phi_d(T) = \gamma_I \cdot A \cdot \left[1 + \frac{T}{T_1} \left(\frac{\eta \cdot \theta \cdot \beta_0}{q} - 1 \right) \right]$$

$$T_1 \leq T \leq T_2 : \quad \Phi_d(T) = \gamma_I \cdot A \cdot \frac{\eta \cdot \theta \cdot \beta_0}{q} \dots\dots\dots$$

$$T_2 < T : \quad \Phi_d(T) = \gamma_I \cdot A \cdot \frac{\eta \cdot \theta \cdot \beta_0}{q} \cdot \left(\frac{T_2}{T} \right)^{2/3} \dots\dots\dots$$

Ο συντελεστής συμπεριφοράς περιγράφει την ικανότητα μια κατασκευής να **απορροφά και να διαχέει ενέργεια** μέσω **πλάστιμης συμπεριφοράς**, χωρίς μείωση της **αντοχής της**.

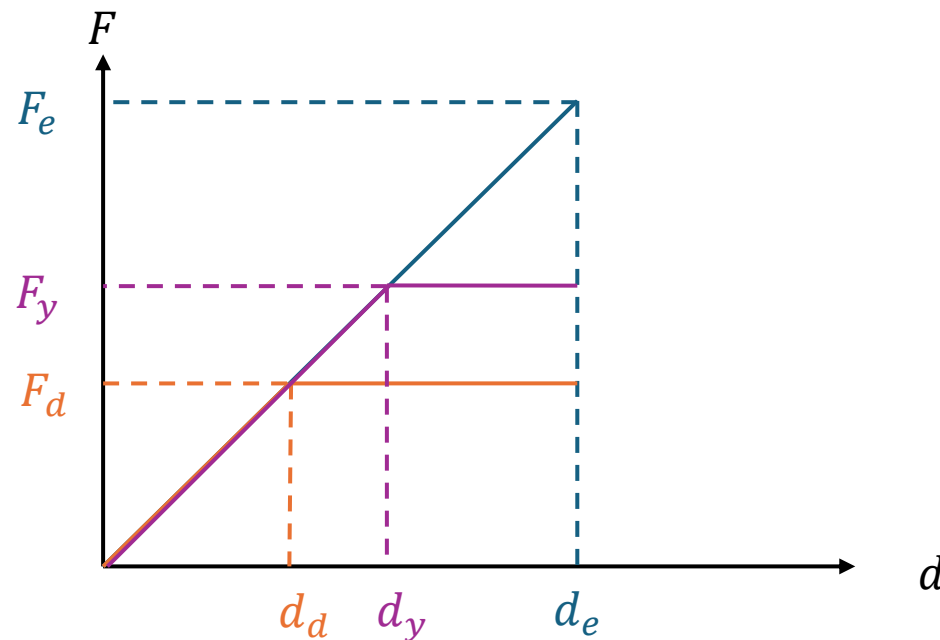
$q = 1$ για ελαστική συμπεριφορά

Πίνακας 2.6: Μέγιστες Τιμές Συντελεστή Συμπεριφοράς q .

ΥΛΙΚΟ	ΔΟΜΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	q
1. ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	α. Πλαίσια ή μικτά συστήματα	3.50
	β. Συστήματα τοιχωμάτων που λειτουργούν σαν πρόβολοι	3.00
	γ. Συστήματα στα οποία τουλάχιστον το 50% της συνολικής μάζας βρίσκεται στο ανώτερο 1/3 του ύψους.	2.00
2. ΧΑΛΥΒΑΣ	α. Πλαίσια	4.00
	β. Δικτυωτοί σύνδεσμοι με εκκεντρότητα *	4.00
	γ. Δικτυωτοί σύνδεσμοι χωρίς εκκεντρότητα:	
	• διαγώνιοι σύνδεσμοι	3.00
	• σύνδεσμοι τύπου V ή L	1.50
	• σύνδεσμοι τύπου K (όπου επιτρέπεται*)	1.00
3. ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ	α. Με οριζόντια διαζώματα	1.50
	β. Με οριζόντια και κατακόρυφα διαζώματα	2.00
	γ. Οπλισμένα (κατακόρυφα και οριζόντια)	2.50
4. ΞΥΛΟ	α. Πρόβολοι	1.00
	β. Δοκοί – Τόξα – Κολλητά πετάσματα	1.50
	γ. Πλαίσια με κοχλιώσεις	2.00
	δ. Πετάσματα με ηλώσεις	3.00

Φάσμα σχεδιασμού ΕΑΚ

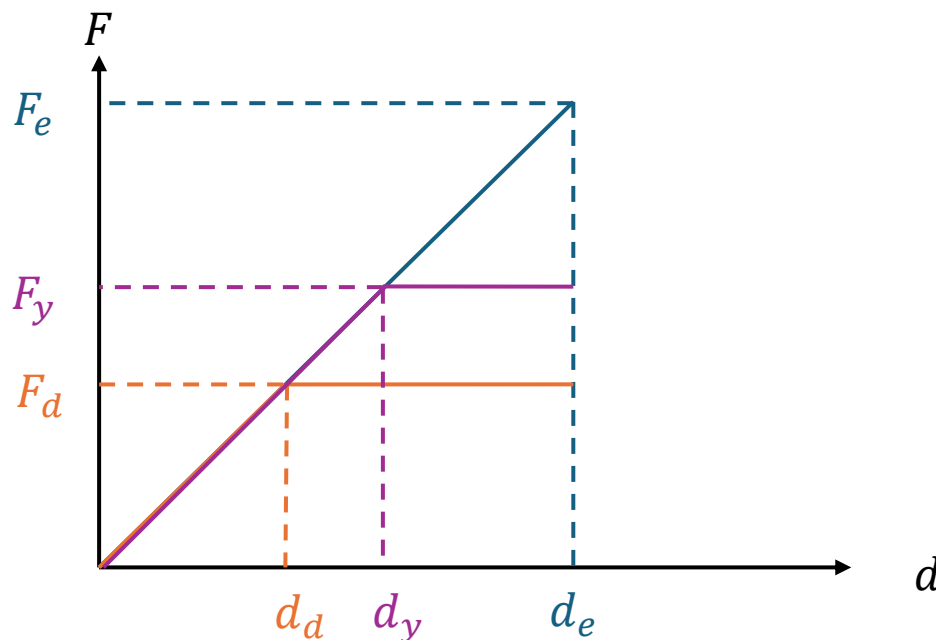
- Από το φάσμα σχεδιασμού προκύπτει το σεισμικό φορτίο σχεδιασμού F_d .
- Η κατασκευή σχεδιάζεται ώστε να παραμένει ελαστική για αυτό το σεισμικό φορτίο F_d .



Φάσμα σχεδιασμού ΕΑΚ

- Οι μετακινήσεις που προκύπτουν από την ανάλυση αντιστοιχούν στα φορτία σχεδιασμού d_d .
- Επομένως, οι πραγματικές μετατοπίσεις λόγω σεισμικής φόρτισης υπολογίζονται από τη σχέση:

$$d_e = q \cdot d_d$$



Συνέπειες ανελαστικού σχεδιασμού στην κατασκευή

- Για μεγαλύτερη επιθυμητή πλαστιμότητα, παρατηρείται:
 - Στον φέροντα οργανισμό
 - Μείωση στη συνολική δαπάνη κατασκευής
 - Αύξηση στην πολυπλοκότητα λεπτομερειών
 - Αύξηση στις πλαστικές παραμορφώσεις και βλάβες
 - Στον οργανισμό πλήρωσης
 - Αύξηση βλαβών