

# ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ II

Γ. Παναγόπουλος, Λέκτορας Εφαρμογών  
Δ. Κακαλέτσης, Καθηγητής



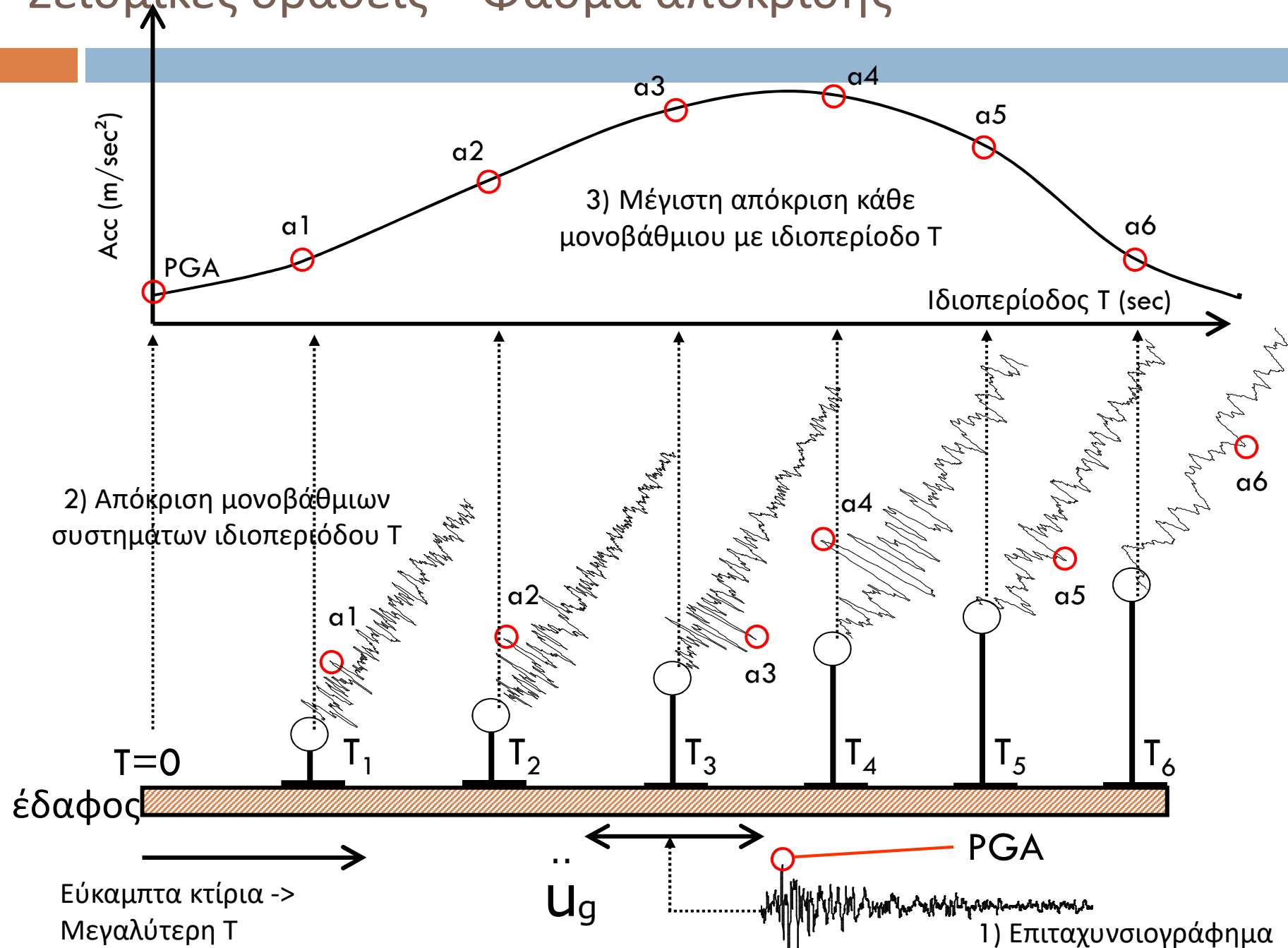
## Σεισμικές δράσεις

# Σεισμικές δράσεις

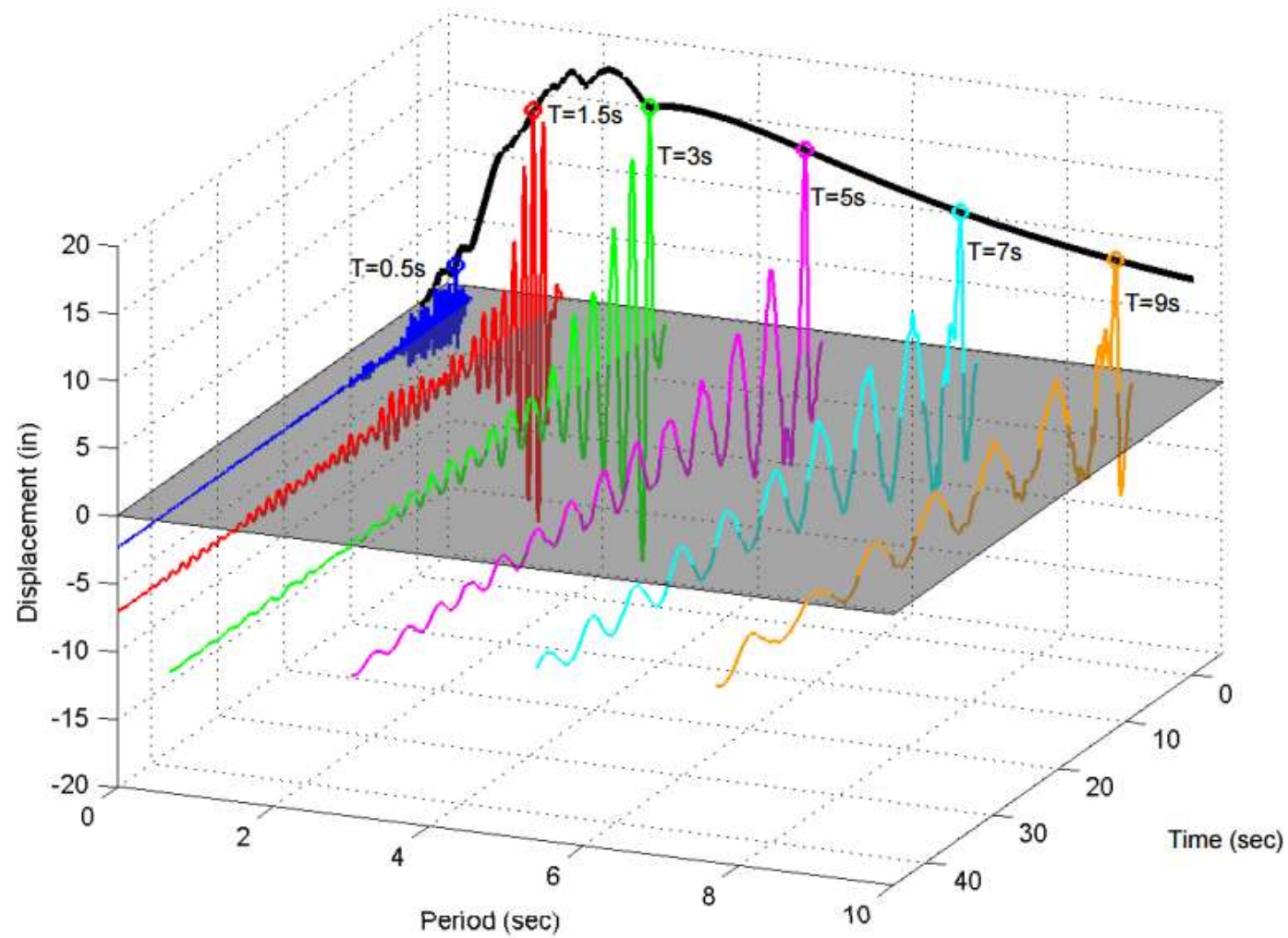
## Σεισμικές δράσεις σχεδιασμού

- **Εξαναγκασμένη κίνηση** στην οποία υποβάλλεται το τμήμα της κατασκευής κάτω από την επιφάνεια του εδάφους -> **Ταλάντωση της ανωδομής**
- Οι σεισμικές κινήσεις του εδάφους συνήθως αντιπροσωπεύονται από ένα **ελαστικό φάσμα**. Αυτό ονομάζεται ελαστικό φάσμα απόκρισης.
- Οι σεισμικές διεγέρσεις έχουν τρεις συνιστώσες, δύο οριζόντιες κάθετες μεταξύ τους και μια κατακόρυφη. Οι κατασκευές πρέπει να σχεδιάζονται για οριζόντιες δράσεις κατά δύο κάθετες μεταξύ τους διευθύνσεις οι οποίες θεωρούνται ανεξάρτητες και εκφράζονται κατά τον Ευρωκώδικα 8 (EC8) από το ίδιο ελαστικό φάσμα απόκρισης.

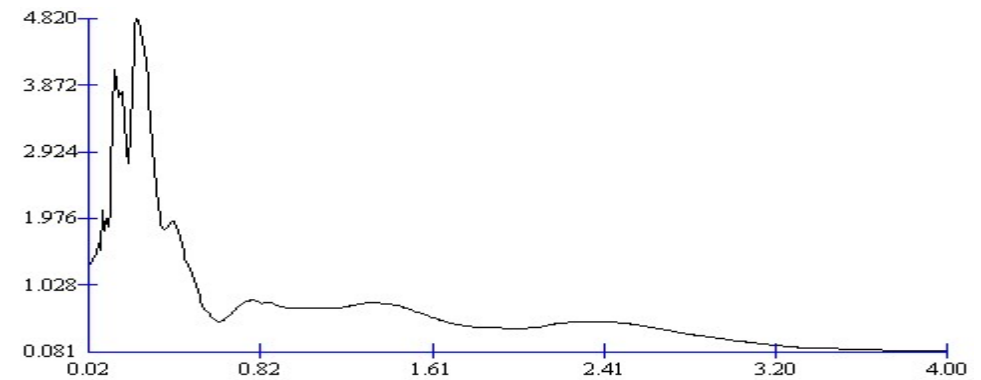
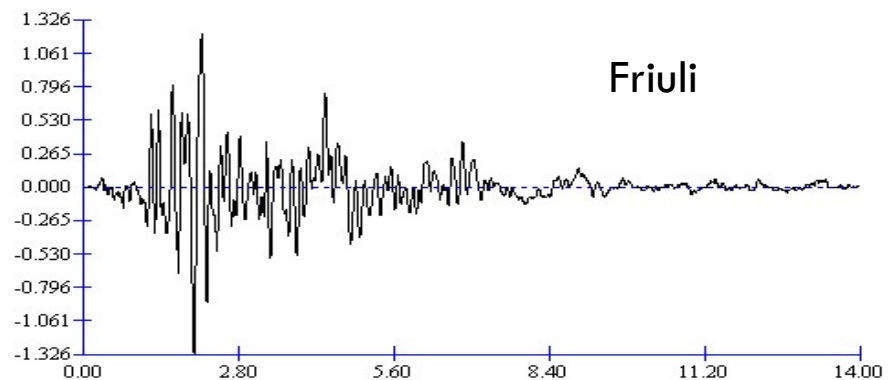
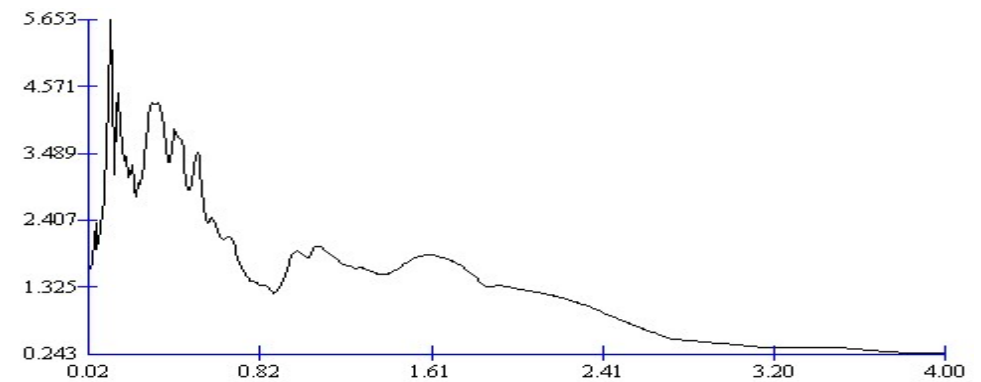
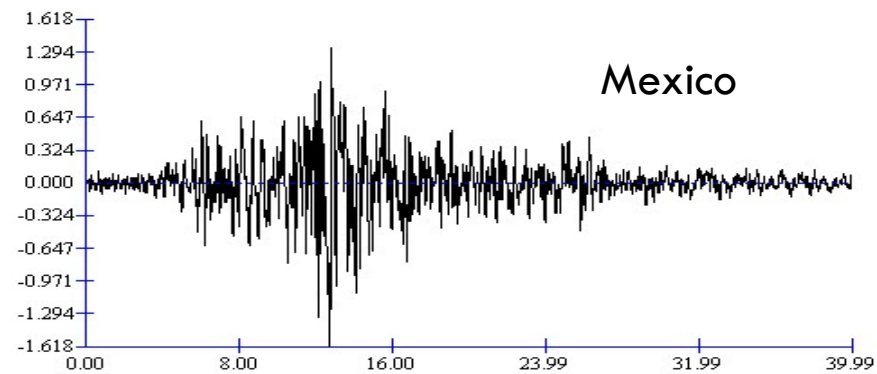
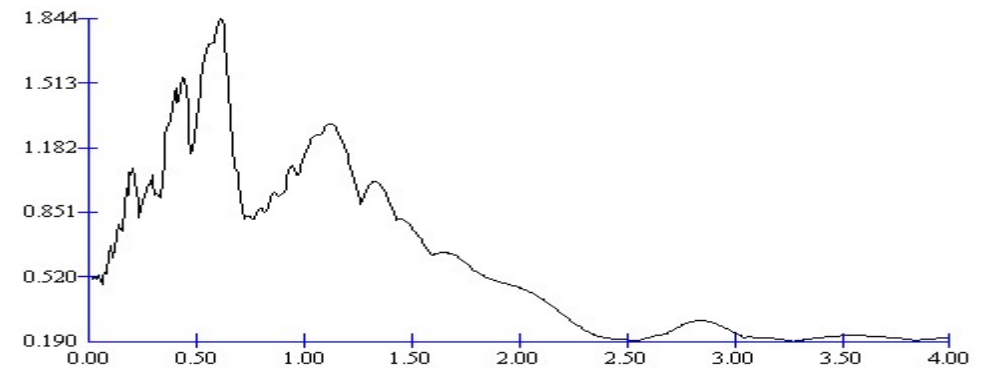
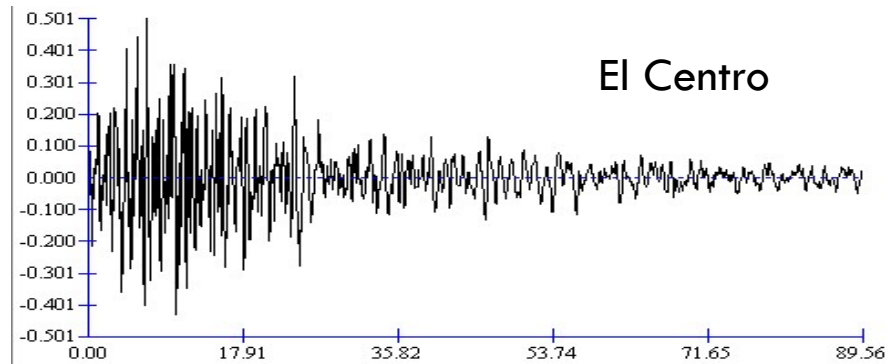
# Σεισμικές δράσεις – Φάσμα απόκρισης



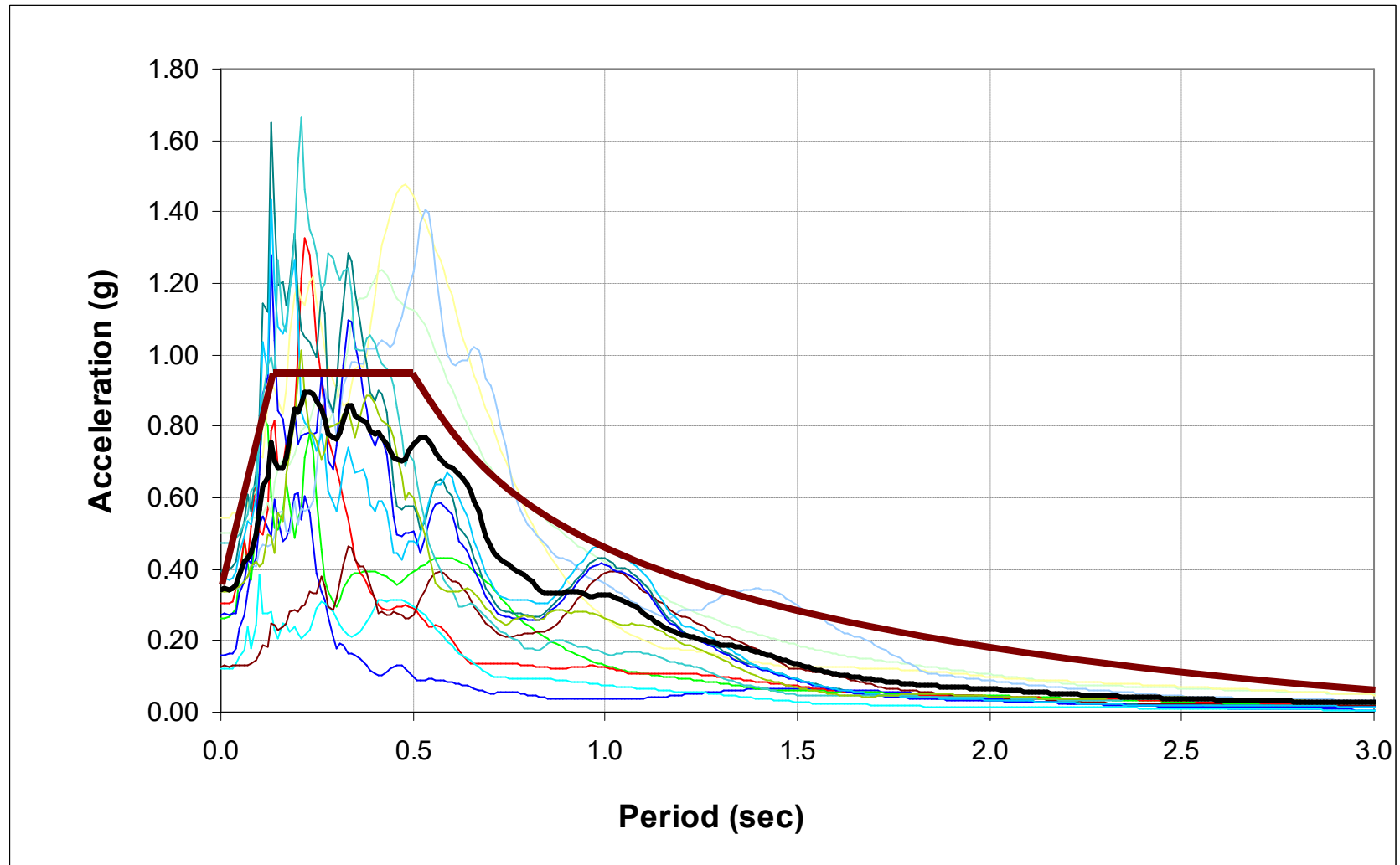
# Σεισμικές δράσεις – Φάσμα απόκρισης



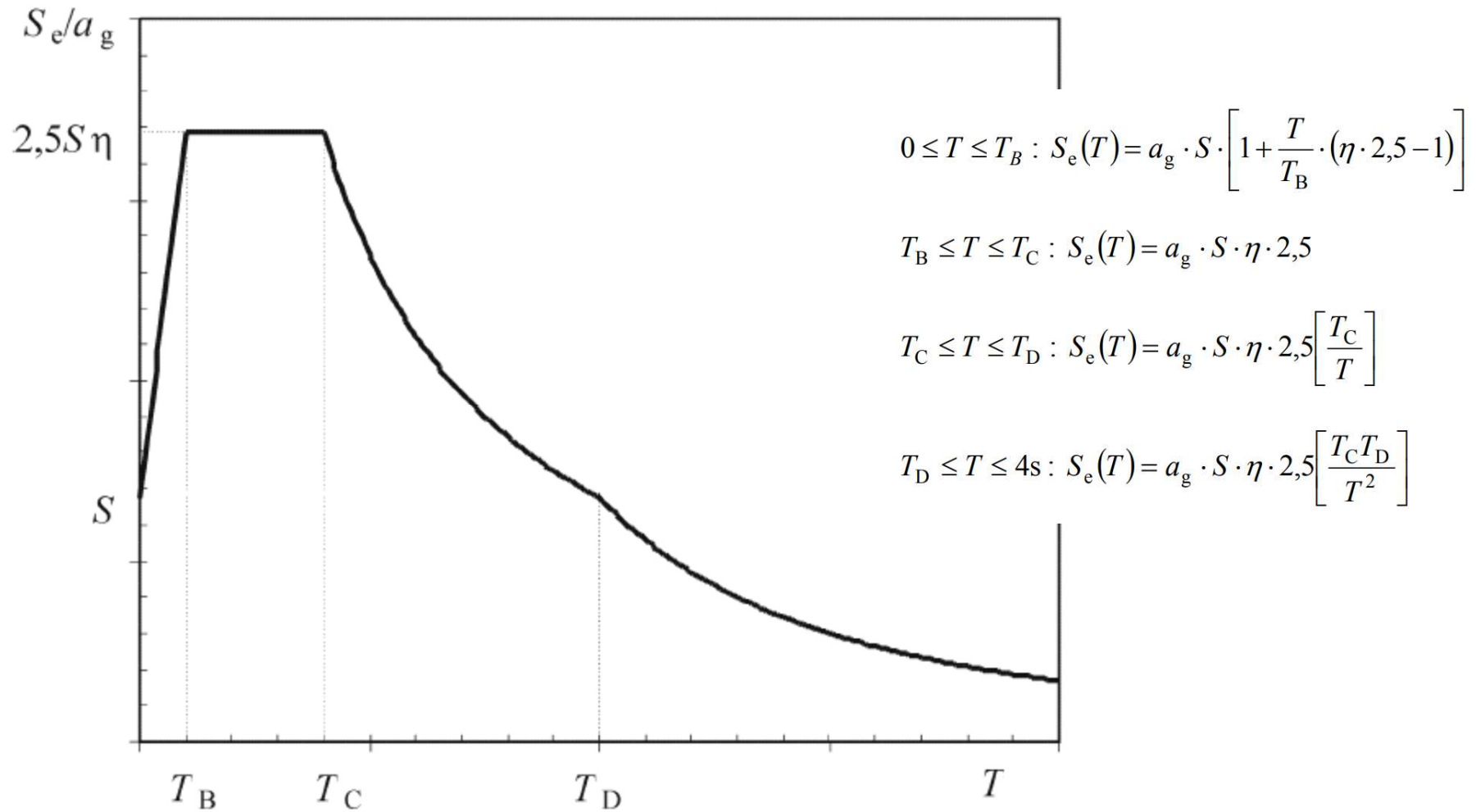
# Σεισμικές δράσεις – Φάσμα απόκρισης



# Σεισμικές δράσεις – Φάσμα απόκρισης



# Σεισμικές δράσεις – Ελαστικό φάσμα EC8





# Σεισμικές δράσεις – Ελαστικό φάσμα EC8

Παράμετροι φασμάτων κατά EC8	Κατηγορία εδάφους				
	A	B	C	D	E
Συντελεστής εδάφους S	1.0	1.2	1.15	1.35	1.4
$T_B$ (sec)	0.15	0.15	0.20	0.20	0.15
$T_C$ (sec)	0.4	0.5	0.6	0.8	0.5
$T_D$ (sec)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5

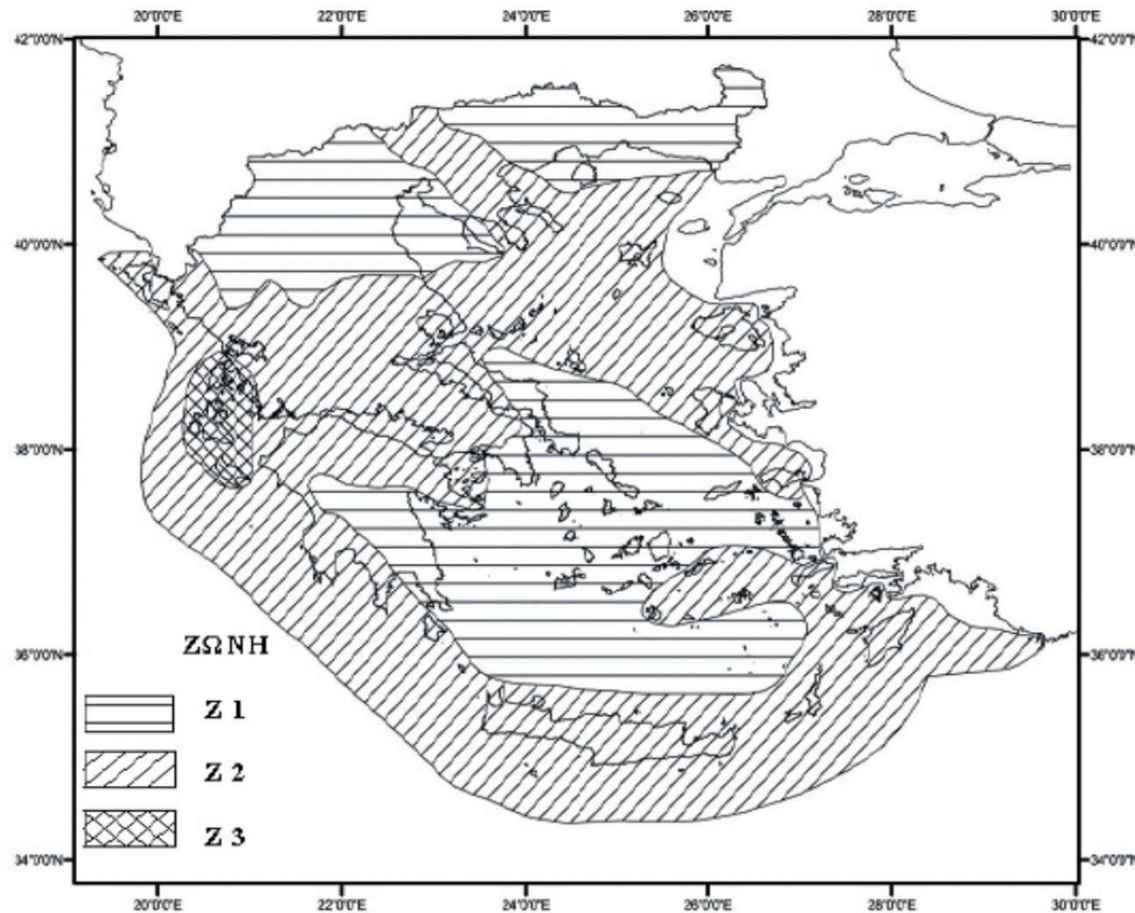
- $T_B$  ιδιοπερίοδος στην αρχή της περιοχής σταθερής επιτάχυνσης του φάσματος
- $T_C$  ιδιοπερίοδος στο τέλος της περιοχής σταθερής επιτάχυνσης του φάσματος
- $T_D$  η τιμή περιόδου που αρχίζει η περιοχή σταθερής μετακίνησης του φάσματος

# Σεισμικές δράσεις – Ελαστικό φάσμα EC8

## Κατηγορίες εδάφους

A	Βράχος ή γεωλογικό στρώμα όμοιο βράχου. Μπορεί να υπάρχει ασθενέστερος σχηματισμός προς την επιφάνεια με πάχος έως 5m.
B	Πυκνή άμμος, πυκνοί χάλικες, ή πολύ στιφρή (σκληρή) άργιλος, πάχους αρκετών δεκάδων μέτρων, που χαρακτηρίζονται από βαθμιαία αύξηση των μηχανικών χαρακτηριστικών τους με το βάθος.
C	Βαθιές εναποθέσεις πυκνής άμμου ή άμμου μέτριας πυκνότητας ή στιφρής (σκληρής) αργίλου με πάχος που εκτείνεται από μερικές δεκάδες έως πολλές εκατοντάδες μέτρα.
D	Εναποθέσεις από χαλαρό έως μέτριο έδαφος χωρίς συνοχή (με ή χωρίς μαλακές στρώσεις συνεκτικών υλικών) ή έδαφος από μαλακό έως μετρίως σκληρό και συνεκτικό.
E	Εδαφικό προφίλ το οποίο στην επιφάνεια έχει στρώση ιλύος με μέσες ταχύτητες διατμητικών κυμάτων κατηγορίας C ή D και με πάχος μεταξύ 5 m και 20 m που εδράζεται σε στιφρότερο (πιο σκληρό) έδαφος με ταχύτητες διατμητικών κυμάτων κατηγορίας A.
Ειδική κατηγ. S <sub>1</sub>	Εναποθέσεις που περιλαμβάνουν κυρίως μαλακές αργίλους ή μία στρώση με πάχος $\geq 10\text{m}$ από μαλακές αργίλους ή ίλες με υψηλό δείκτη πλαστικότητας ( $PI > 40$ ) και υψηλή περιεκτικότητα νερού.
Ειδική κατηγ. S <sub>2</sub>	Εναποθέσεις εδαφών που είναι πιθανόν να υποστούν ρευστοποίηση ή ευαίσθητων αργίλων ή άλλο εδαφικό προφίλ που δεν ανήκει στις παραπάνω κατηγορίες (A έως E ή S <sub>1</sub> ).

# Σεισμικές δράσεις – Ελαστικό φάσμα EC8



Χάρτης σεισμικής  
επικινδυνότητας

Ζώνη Σεισμικής Επικινδυνότητας:	I	II	III
$\alpha_{gR} =$	0.16	0.24	0.36

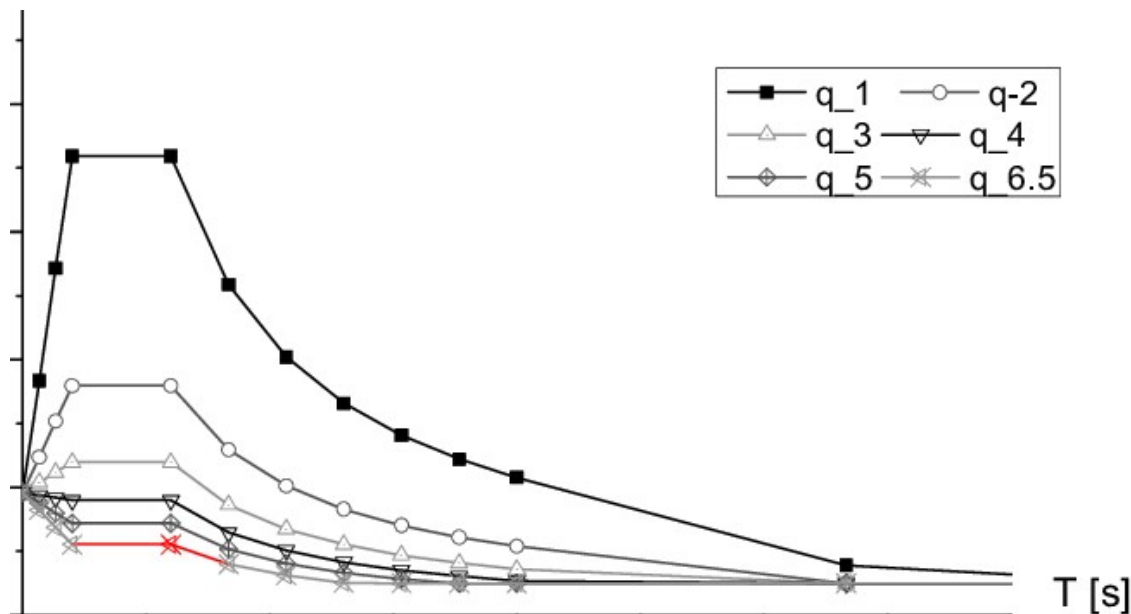
# Σεισμικές δράσεις – Ελαστικό φάσμα EC8

Συντελεστής  
σπουδαιότητας  $\gamma_I$

Κατηγορία		Κριτήρια	$\gamma_I$
Σχεδιασμός DCM και DCH	I	Κτίρια μικρής σημασίας για τη δημόσια ασφάλεια π.χ. κτίσματα αγροτικής και κτηνοτροφικής χρήσης. (Περίοδος επανάληψης σεισμού σχεδιασμού $T_L=243$ χρόνια)	0,80
	II	Συνηθισμένα κτίρια. Κατασκευές που δεν ανήκουν στις υπόλοιπες κατηγορίες. (Περίοδος επανάληψης αναφοράς σεισμού σχεδιασμού $T_{LR}=475$ χρόνια)	1,00
Επιτρέπεται MONON σχεδιασμός DCH	III	Κτίρια των οποίων η απόκριση έναντι σεισμικών δράσεων έχει σημασία από άποψη των συνεπειών της κατάρρευσής τους, π.χ. σχολεία, μουσεία, κ.ά (Περίοδος επανάληψης σεισμού σχεδιασμού $T_L=824$ χρόνια)	1,20
	IV	Κτίρια των οποίων η λειτουργία τους κατά τη διάρκεια και μετά το σεισμό έχει μεγάλη σημασία για την προστασία των πολιτών, π. χ. νοσοκομεία, πυροσβεστικοί σταθμοί, σταθμοί παραγωγής ενέργειας κ.ά. (Περίοδος επανάληψης σεισμού σχεδιασμού $T_L= 1308$ χρόνια)	1,40

# Σεισμικές δράσεις – Φάσμα σχεδιασμού EC8

Εισαγωγή του συντελεστή συμπεριφοράς  $q \rightarrow$  Σημαντική μείωση των σεισμικών δράσεων **ΓΙΑΤΙ;;; Είναι προς την ασφάλεια;;;**



$$0 \leq T \leq T_B : S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \left[ \frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \cdot \left( \frac{2,5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C : S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q}$$

$$T_C \leq T \leq T_D : S_d(T) \begin{cases} = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \left[ \frac{T_C}{T} \right] \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases}$$

$$T_D \leq T : S_d(T) \begin{cases} = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \left[ \frac{T_C T_D}{T^2} \right] \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases}$$

# Σεισμικές δράσεις – Φάσμα σχεδιασμού EC8

## Συντελεστής συμπεριφοράς

- Ο σχεδιασμός γίνεται για **ανελαστική συμπεριφορά** κατά το **σεισμό σχεδιασμού**
  - Αποδεκτές βλάβες
  - Απαραίτητα μέτρα ώστε τα στοιχεία που υφίστανται βλάβες να έχουν την απαραίτητη **πλαστιμότητα** δηλαδή την ικανότητα να εισέρχονται στην πλαστική περιοχή χωρίς να μειώνεται η ικανότητα τους σε ανάληψη φορτίου.
- Ο δείκτης συμπεριφοράς  $q$  εκφράζει γενικά την ικανότητα ενός δομικού συστήματος να **καταναλώνει ενέργεια από ανελαστικές παραμορφώσεις**, χωρίς να μειώνεται σημαντικά η αντοχή του.
- Απλοποιημένη διαδικασία ανάλυσης που να εξασφαλίζει για το σεισμό σχεδιασμού την ασφαλή ανελαστική απόκριση με το επιθυμητό επίπεδο ανελαστικοποίησης (αποδεκτό επίπεδο δομικών βλαβών)
  - Ικανοτικός σχεδιασμός
  - Λεπτομέρειες όπλισης

# Σεισμικές δράσεις – Φάσμα σχεδιασμού EC8

## Συντελεστής συμπεριφοράς

Είδος Δομικού Συστήματος			Συντελεστές Συμπεριφοράς q		
			DCM	DCH	
Πλαίσια	Πλαισιωτό δομικό σύστημα ή Μικτό (διπλό) σύστημα ισοδύναμο προς πλαισιωτό	Πολυώροφο πολύστιλο $\alpha_w/\alpha_1=1.3$		$3\alpha_w/\alpha_1=3.9$	$4.5\alpha_w/\alpha_1=5.85$
		Πολυώροφο δίστυλο $\alpha_w/\alpha_1=1.2$		$3\alpha_w/\alpha_1=3.6$	$4.5\alpha_w/\alpha_1=5.40$
		Μονώροφο πολύστιλο $\alpha_w/\alpha_1=1.1$		$3\alpha_w/\alpha_1=3.3$	$4.5\alpha_w/\alpha_1=5.95$
Τοιχωματικά Δομικά Συστήματα	Τοιχωματικό σύστημα συζευγμένων τοιχωμάτων ή Μικτό (διπλό) σύστημα ισοδύναμο προς τοιχωματικό $\alpha_w/\alpha_1=1.2$	Οι τιμές του q πολλαπλασιάζονται επί $k_w=(1+\alpha_o)/3$ Πρέπει $0.5 \leq (1+\alpha_o)/3 \leq 1.0$ $\alpha_o=h_w/l_w$	Καμπτικά και Καμπτοδιατμητικά τοιχώματα με $\alpha_o \geq 2$	$3\alpha_w/\alpha_1=3.6$	$4.5\alpha_w/\alpha_1=5.40$
			Διατμητικά με $\alpha_o=1$	$(2/3)3\alpha_w/\alpha_1=2.4$	$(2/3)4.5\alpha_w/\alpha_1=3.6$
			Για $\alpha_o=1$ έως 2	2.4 έως 3.6	3.6 έως 5.40
			Για $\alpha_o \leq 0.5$ έως 1	1.8 έως 2.4	2.7 έως 3.6
	Τοιχωματικό σύστημα μη συζευγμένων τοιχωμάτων $\alpha_w/\alpha_1=1.1$		Καμπτικά και καμπτοδιατμητικά τοιχώματα με $\alpha_o \geq 2$	3.0	$4.0\alpha_w/\alpha_1=4.40$
			Διατμητικά με $\alpha_o=1$	$(2/3)3.0=2.0$	$(2/3)4.0\alpha_w/\alpha_1=2.93$
			Για $\alpha_o=1$ έως 2	2.0 έως 3.0	2.93 έως 4.4
			Για $\alpha_o \leq 0.5$ έως 1	1.5 έως 2.0	2.2 έως 2.93
	Τοιχωματικό σύστημα με 2 μη συζευγμένα τοιχώματα ανά κατεύθυνση $\alpha_w/\alpha_1=1.0$		Καμπτικά και καμπτοδιατμητικά τοιχώματα με $\alpha_o \geq 2$	3.0	$4.0\alpha_w/\alpha_1=4.0$
			Διατμητικά με $\alpha_o=1$	$(2/3)3.0=2.0$	$(2/3)4.0\alpha_w/\alpha_1=2.67$
			Για $\alpha_o=1$ έως 2	2.0 έως 3.0	2.67 έως 4.0
			Για $\alpha_o \leq 0.5$ έως 1	1.5 έως 2.0	2.0 έως 2.67
Εύστρεπτο δομικό σύστημα (torsionally flexible) Όταν τουλάχιστον σε μία διεύθυνση ισχύει $r < I_s$		Πλαισιωτό Δομικό σύστημα		2.0	3.0
		Δομικό σύστημα με τοιχώματα	Καμπτικά και καμπτοδιατμητικά τοιχώματα με $\alpha_o \geq 2$	2.0	3.0
			Διατμητικά με $\alpha_o=1$	$(2/3)2.0=1.67$	$(2/3)3.0=2.0$
			Για $\alpha_o=1$ έως 2	1.67 έως 2.0	2.0 έως 3.0
			Για $\alpha_o \leq 0.5$ έως 1	1.5 έως 1.67	1.5 έως 2.0
Τύπος ανεστραμμένου εκκρεμούς (Inverted pendulum) Συστήματα στα οποία το 50% και πλέον της μάζα τους βρίσκεται στο ανώτερο 1/3 τμήμα της κατασκευής			1.5	2.0	

$$q = q_o k_w \geq 1,5$$

# Σεισμικές δράσεις – Κατηγορίες πλαστιμότητας

## Κατηγορία πλαστιμότητας χαμηλή (ΚΠΧ) (DCL)

Χαμηλή ικανότητα απόδοσης ενέργειας και μικρή πλαστιμότητα, εφαρμόζοντας τους κανόνες του EC2 όσον αφορά την διαστασιολόγηση. Χωρίς μείωση των σεισμικών δυνάμεων, δηλαδή με συντελεστή συμπεριφοράς  $q=1$ .

## Κατηγορία πλαστιμότητας μέση (ΚΠΜ) (DCM)

Μεσαία ικανότητα απόδοσης ενέργειας και μεσαία πλαστιμότητα, εφαρμόζοντας συγκεκριμένους υπολογιστικούς και κατασκευαστικούς κανόνες του EC8.

## Κατηγορία πλαστιμότητας υψηλή (ΚΠΥ) (DCH)

Υψηλή ικανότητα απόδοσης ενέργειας και υψηλή πλαστιμότητα, εφαρμόζοντας πιο αυστηρούς υπολογιστικούς και κατασκευαστικούς κανόνες σε σχέση με την ΚΠΜ. Ο σχεδιασμός γίνεται για μειωμένες τιμές της σεισμικής δράσης (μεγάλες τιμές του  $q$ )



# Σεισμικές δράσεις – Τέμνουσα βάσης

Η τέμνουσα βάσης υπολογίζεται με βάση τις τιμές του φάσματος επιταχύνσεων σχεδιασμού με τη χρήση της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου όπως αυτή προσδιορίζεται με βάση τις σχέσεις της προηγούμενης παραγράφου. Το συνολικό μέγεθος των σεισμικών φορτίων υπολογίζεται από τη σχέση:

$$F_b = S_d(T) \cdot m \cdot \lambda$$

όπου

- $m$  η συνολική ταλαντούμενη μάζα της κατασκευής
- $S_d(T)$  η τιμή της φασματικής επιτάχυνσης σχεδιασμού
- $\lambda$  συντελεστής διόρθωσης που δηλώνει ότι στην θεμελιώδη 1<sup>η</sup> ιδιομορφή η συμμετοχή της δρώσας μάζας είναι μικρότερη από το 85% της συνολικής ταλαντούμενης μάζας του κτιρίου.  $\lambda=0,85$  εάν  $T < 2T_c$  και το κτίριο έχει πάνω από δυο ορόφους,  $\lambda=1$  σε κάθε άλλη περίπτωση
- $T$  η θεμελιώδης περίοδος ταλαντώσεως της κατασκευής

# Σεισμικές δράσεις – Κατανομή καθύψος

Μετά τον υπολογισμό της συνολικής οριζόντιας ισοδύναμης σεισμικής τέμνουσας (τέμνουσα βάσης), απαιτείται η κατανομή της στα επίπεδα των ορόφων υπό μορφή συνιστωσών οριζοντίων δυνάμεων

$$F_i = F_b \frac{m_i z_i}{\sum_{j=1}^N m_j z_j}$$

