



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών

Σχεδιασμός Δωδεκαώροφου μεταλλικού πλαισιακού κτιρίου
σύμφωνα με τους Ευρωκώδικες
Βάσει Φασμάτων Συχνότητας Διαρροής

Αθανασίου Απόστολος
ΕΜΚ ΔΕ 2016/10

Επιβλέπων:
Δ. Βαμβάτσικος
Επίκουρος Καθηγητής

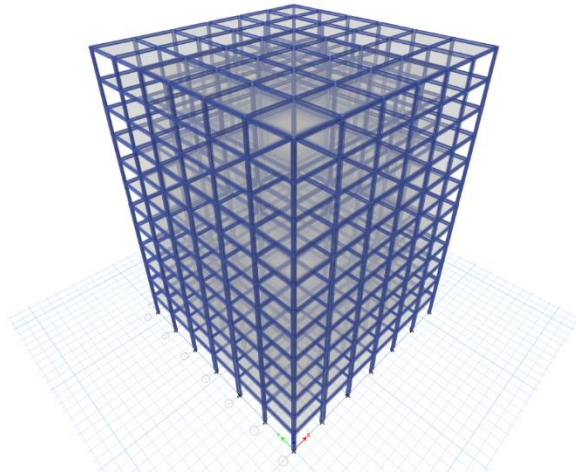
Περίοδος Εξέτασης Διπλωματικών Εργασιών Ιουλίου
11/7/2016

Περιεχόμενα παρουσίασης

- Σχεδιασμός του φορέα σύμφωνα με τον EC-8
- Δημιουργία μη-γραμμικού μοντέλου
- Εκτέλεση IDA
- Εκτίμηση MAF κατασκευής
- Ανασχεδιασμός με αυξημένες απαιτήσεις εμπιστοσύνης
- Συμπεράσματα - Σχόλια

Σχετικά με τον Φορέα

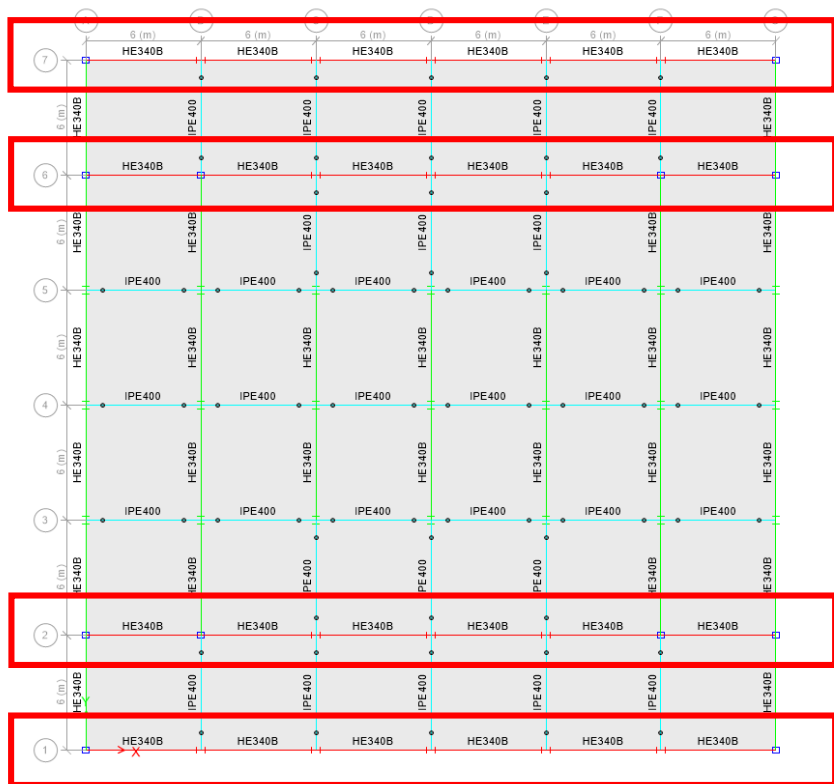
Τρισδιάστατο προσομοίωμα
κατασκευής



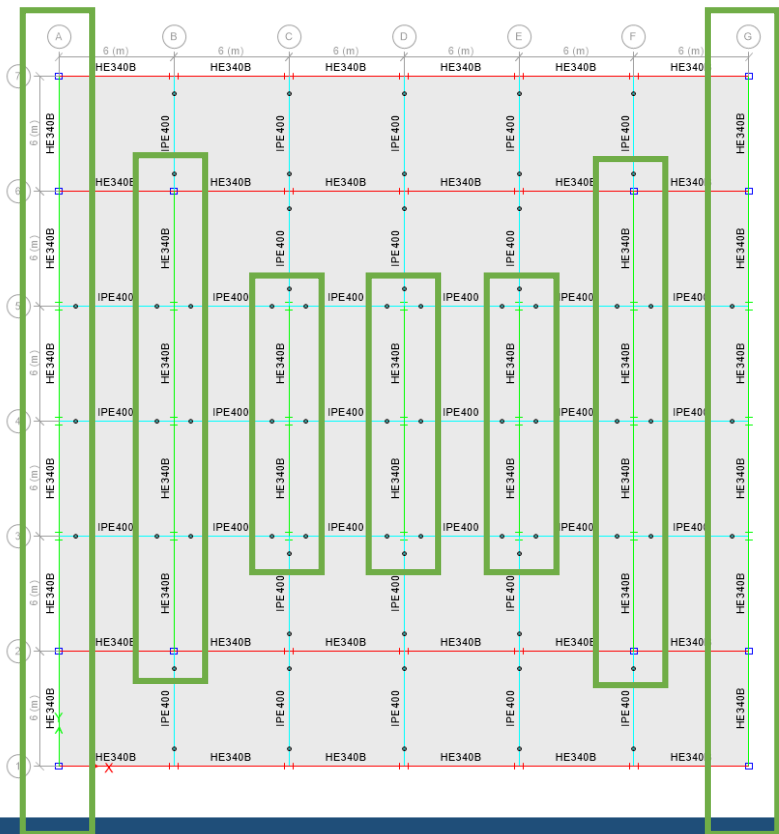
- Δωδεκαώροφο Μεταλλικό Κτίριο με πλαίσια ανάληψης ροπών (MRF)
- 6 ανοίγματα 6m έκαστο σε κάθε διεύθυνση
- Ύψος ορόφων 4.5m ο πρώτος, και 4m όλοι οι υπόλοιποι
- Συνολικό εμβαδόν κάθε ορόφου 1296m²
- Επιτάχυνση Εδάφους: 0.24g
- Σπουδαιότητα II

Διάταξη πλαισίων παραλαβής ροπών

Κατά την διεύθυνση Χ

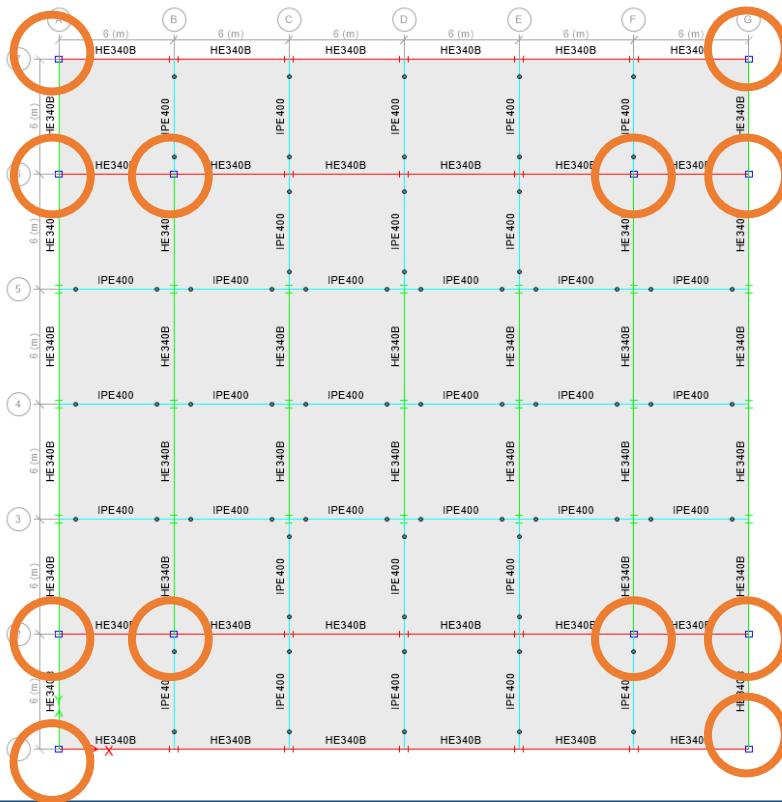


Κατά την διεύθυνση Υ



Διατομές που κάμπτονται και στις δύο διευθύνσεις

Τυπική Κάτοψη



SHS



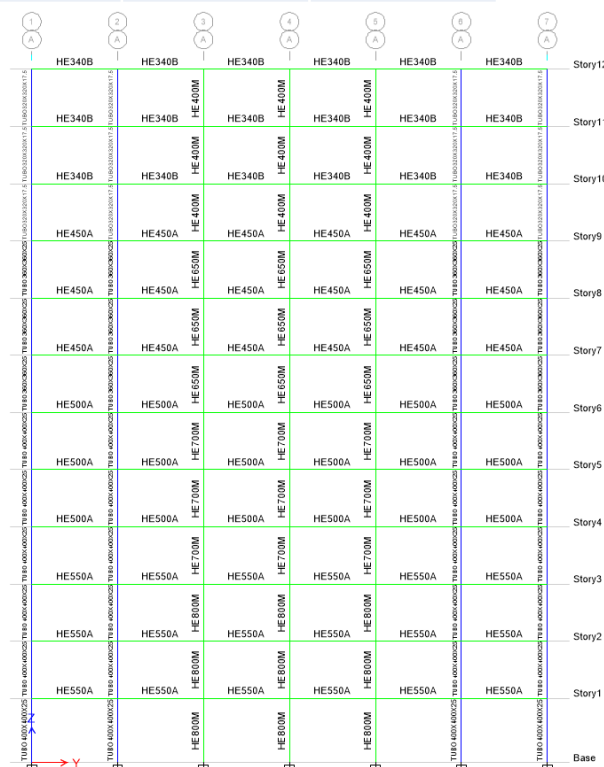
Τομές

Πλαίσιο	Όροφοι	(1-2-3)	(4-5-6)	(7-8-9)	(10-11-12)
Παραλαβής Ροπών	Δοκοί	HEA550	HEA500	HEA450	HEB340
	Υποστυλώματα	HEM800 SHS 400x25	HEM700 SHS 400x25	HEM650 SHS 360x25	HEM400 SHS 320x17.5

Κατά την διεύθυνση X (1)

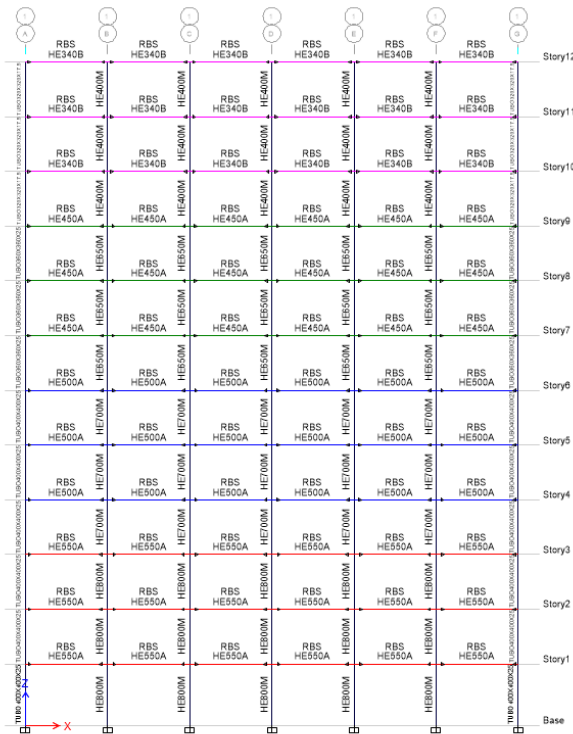


Κατά την διεύθυνση Y (A)

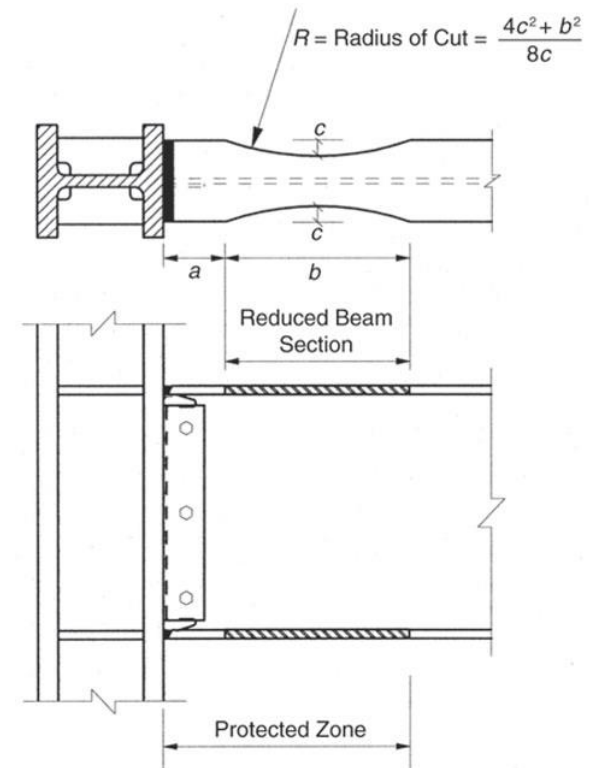


Συνδέσεις RBS

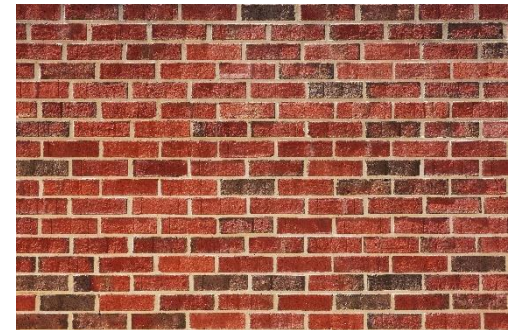
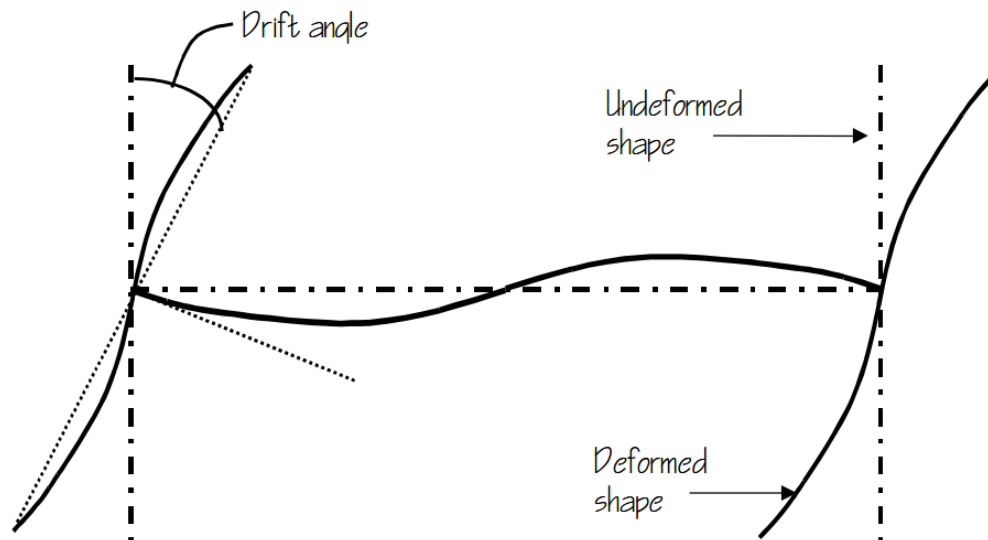
Εμφάνιση θέσεων RBS στο μοντέλο



Χαρακτηριστικά μεγέθη σύνδεση



Drift ορόφου



$$drift = \frac{u_{i+1} - u_i}{h}$$

Απαιτήσεις συμπεριφοράς

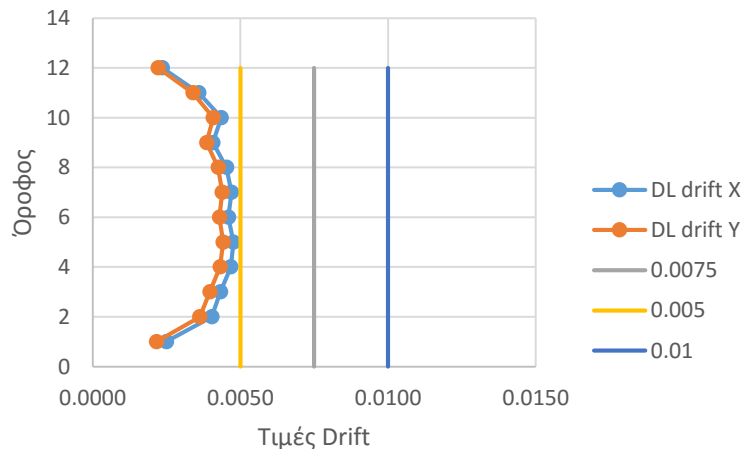
Απαίτηση Περιορισμού των βλαβών

- Συχνές σεισμικές δράσεις
Περίοδος επαναφοράς: 95 έτη
- Αυξημένες απαιτήσεις επιτελεστικότητας μη φερόντων στοιχείων 0.5%

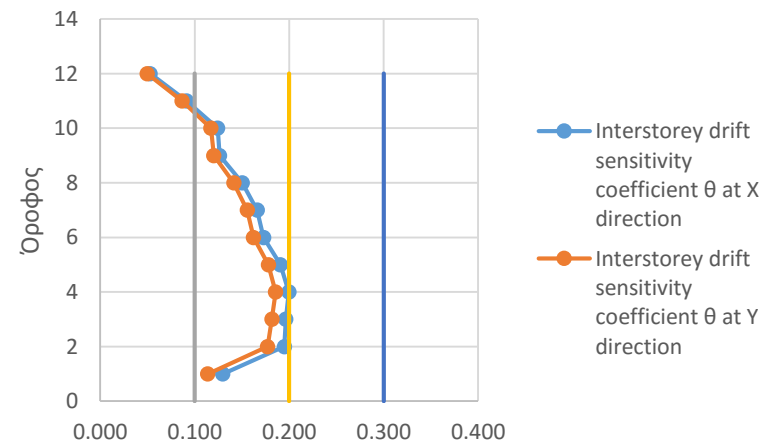
Απαίτηση Προστασίας Ζωής

- Περίοδος επαναφοράς: 475 έτη
- Έλεγχος φαινομένων Ρ-Δ
- Αντοχές Διατομών και μελών

drift profile



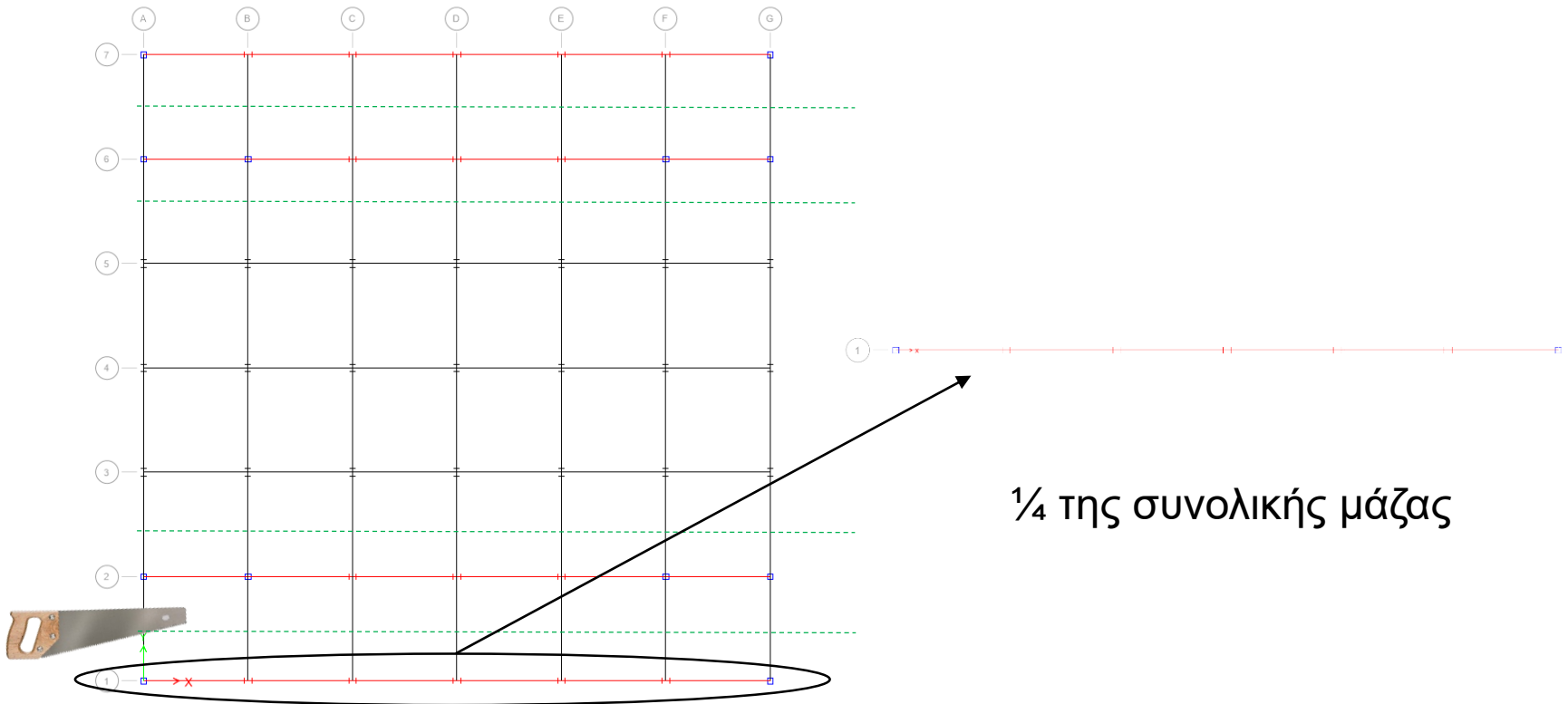
Interstorey drift sensitivity coefficient θ



Μετάβαση σε δισδιάστατο προσομοίωμα

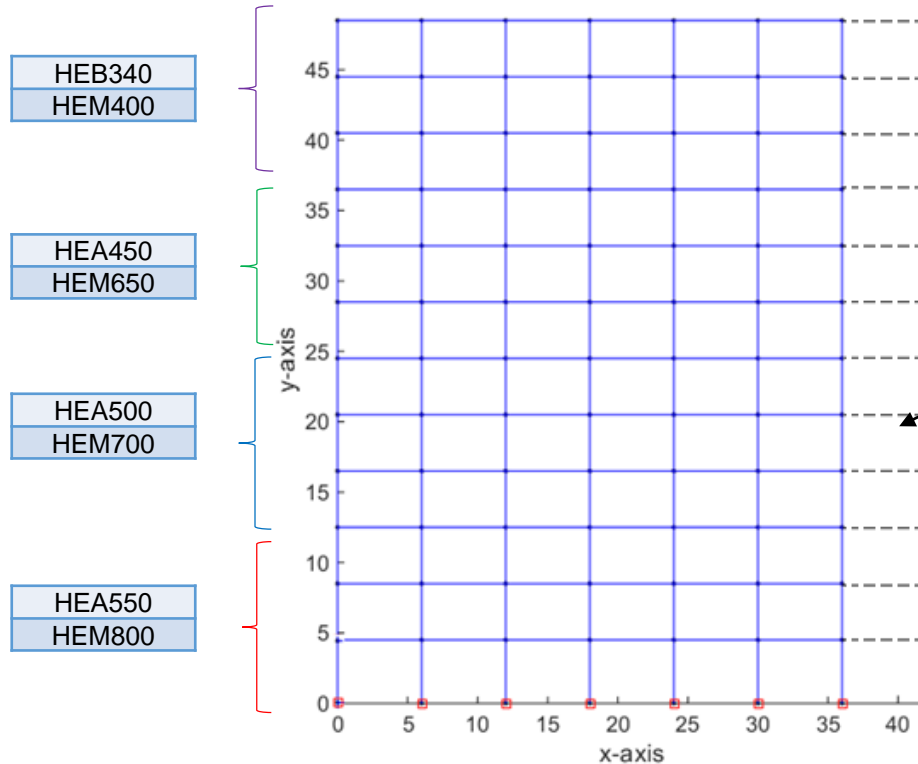
Πλαίσια Ανάληψης ροπών στην διεύθυνση X (κάτοψη)

Επιλογή ενός πλαισίου για 2D προσομοίωμα (κάτοψη)



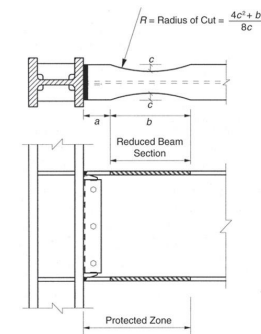
2D προσομοίωμα κατασκευής (όψη)

Πλαίσιο	Όροφοι	(1-2-3)	(4-5-6)	(7-8-9)	(10-11-12)
Παραλαβής Ροπών	Δοκοί	HEA550	HEA500	HEA450	HEB340
	Υποστυλώματα	HEM800	HEM700	HEM650	HEM400

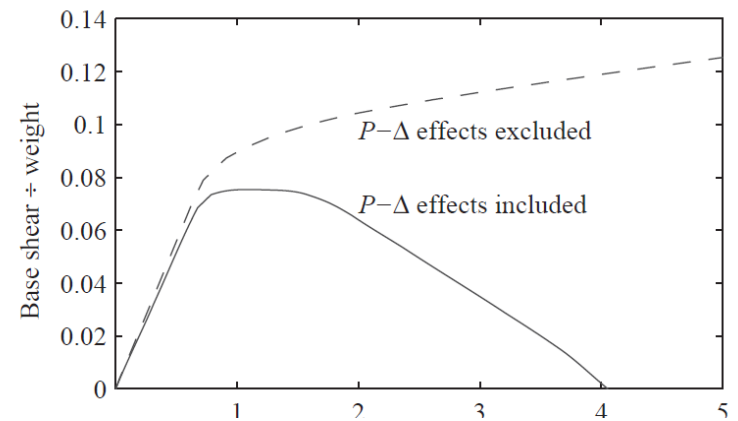
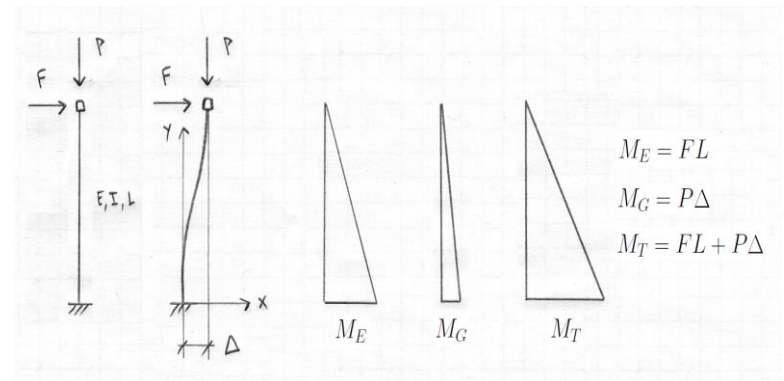
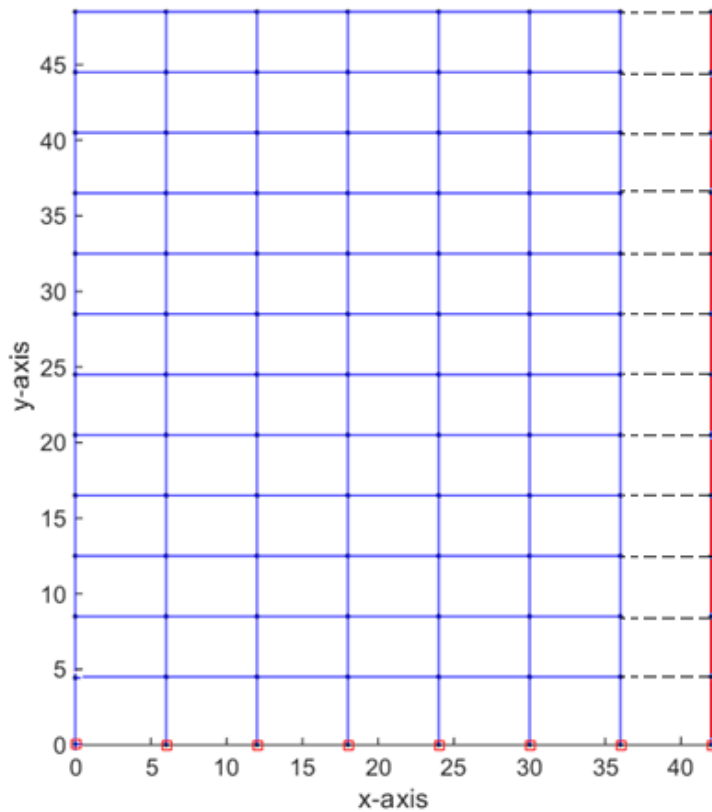


Leaning
{P-Δ}
Column
(Ελαστικό)

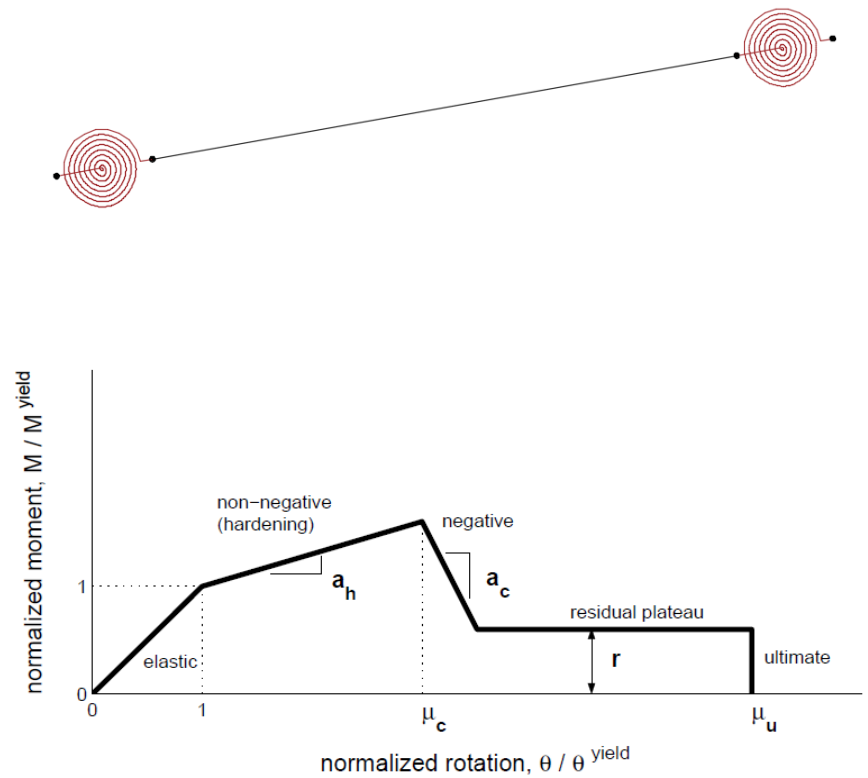
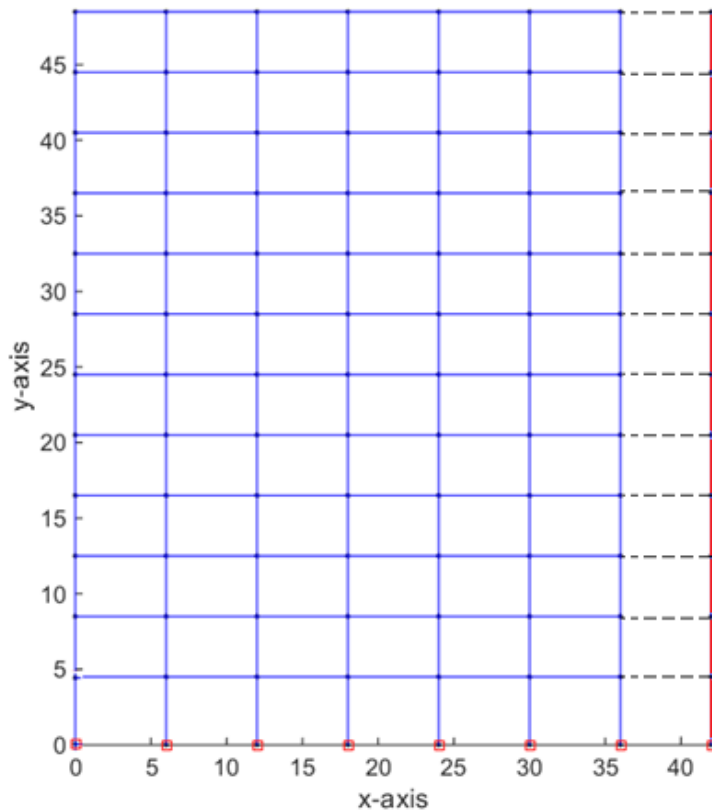
Κινηματικές
Δεσμεύσεις



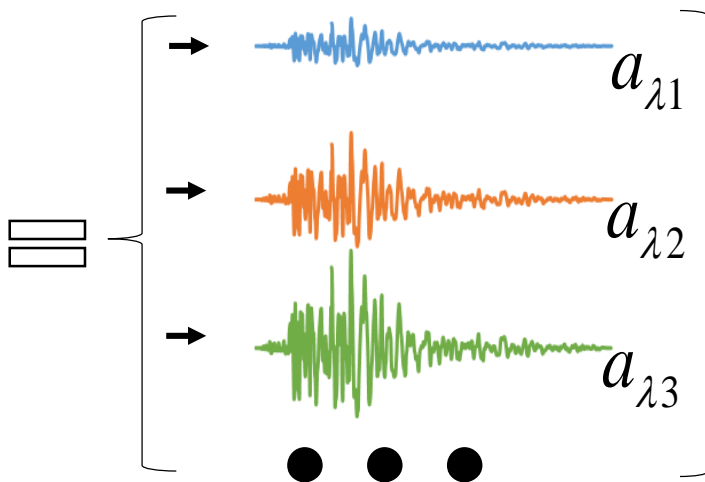
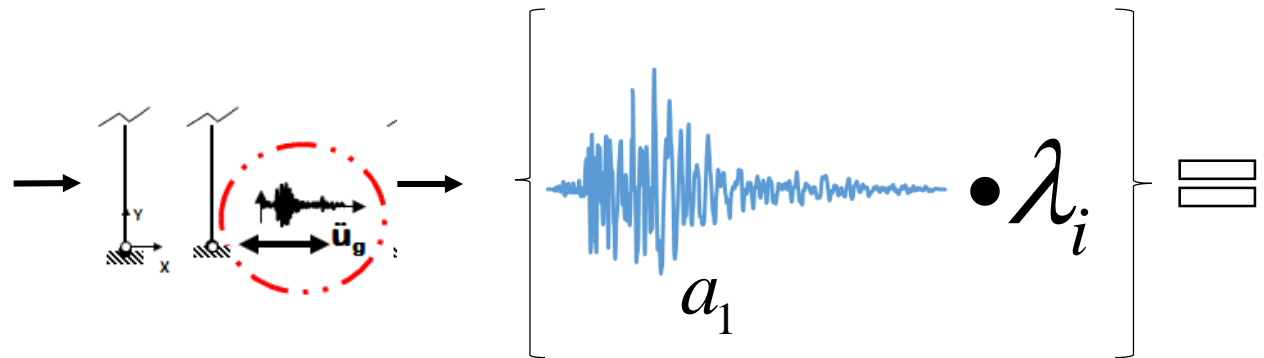
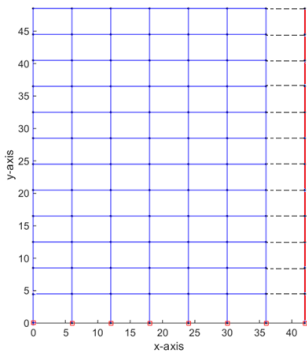
Φαινόμενα P-Δ



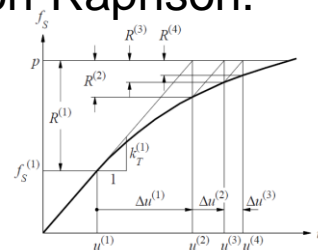
Μη γραμμικό μοντέλο



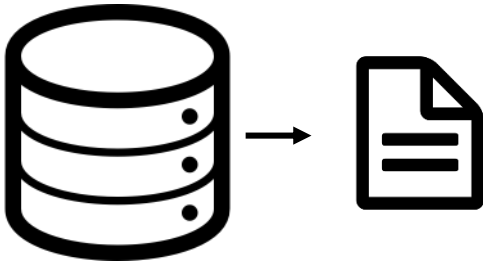
Ικανοτική δυναμική ανάλυση – IDA (1)



Αριθμητική επίλυση της εξίσωσης κίνησης (μέθοδος Newmark), και σε κάθε χρονικό βήμα εφαρμογή Newton-Raphson.



Επεξεργασία αποτελεσμάτων post-processing καμπύλη IDA (1)



π.χ.



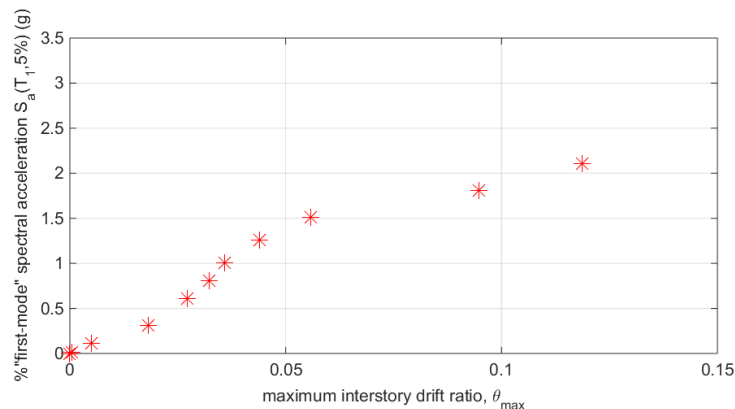
$$EDP = \theta_{\max} = \max(\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n)$$

$$IM = S_{\alpha}(T_1, 5\%)$$

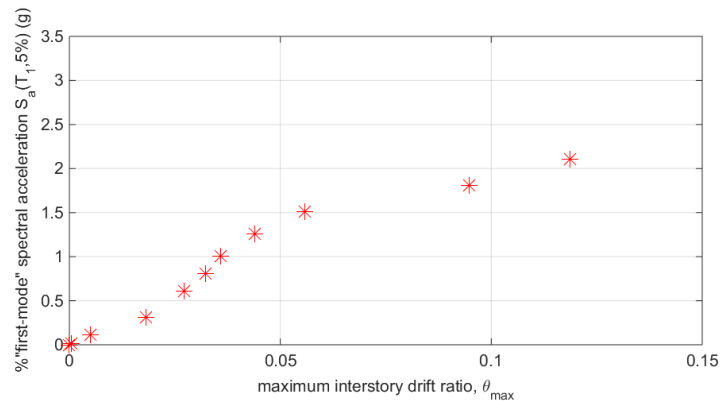
Μέγιστη τιμή
απόκρισης drift
σε κάθε όροφο
 $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n$

Επιλογή της
μέγιστης από
όλες τις τιμές
 θ_{\max}

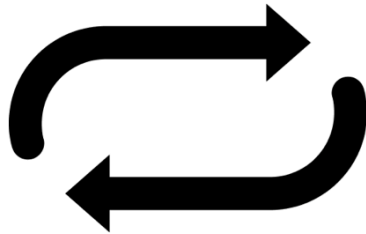
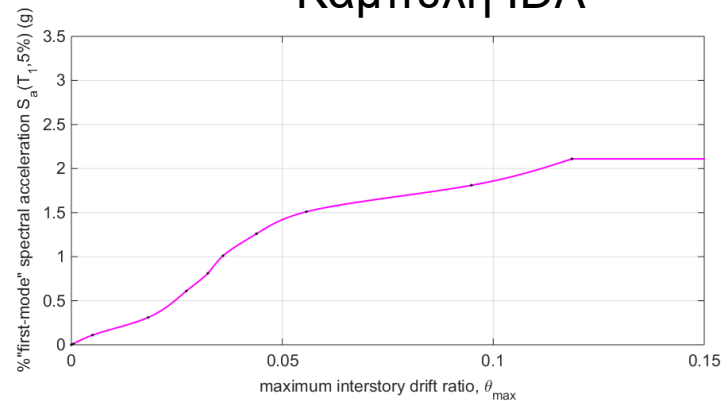
Προκύπτει
ένα σημείο
στην
καμπύλη
IM-EDP



Επεξεργασία αποτελεσμάτων post-processing καμπύλη IDA (2)



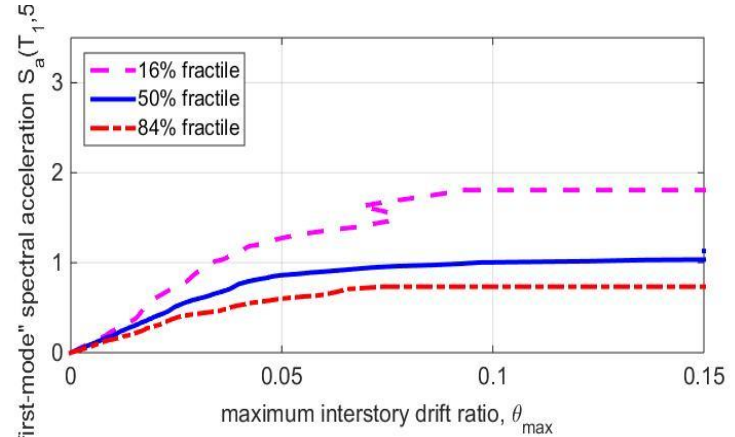
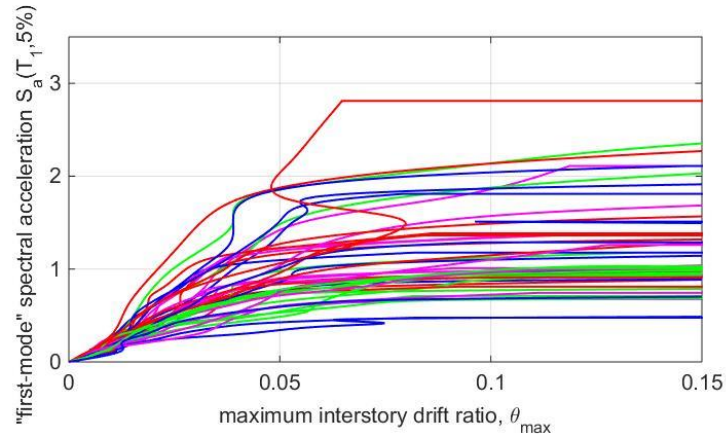
Καμπύλη IDA



Η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται για
22 σεισμικά γεγονότα
(44 καταγραφές, δύο ανά διεύθυνση)



Σύνολο καμπυλών IDA



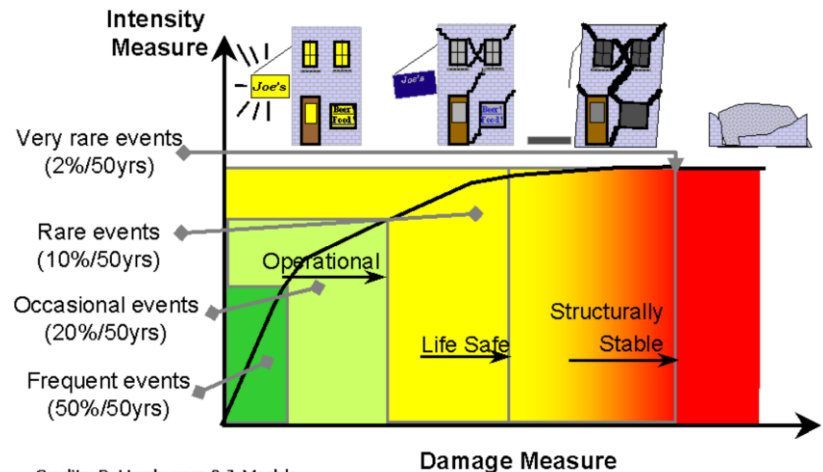
- Μέσω της απεικόνισης των 44 καμπυλών (αριστερά) δεν μπορούμε να βγάλουμε συμπεράσματα για την δυναμική απόκριση της κατασκευής
- Χρησιμοποιούμε ποσοστημόρια (quantiles)

Στόχοι επιτελεστικότητας

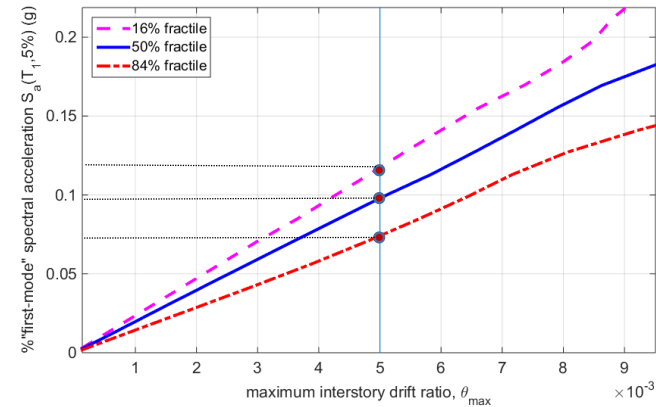
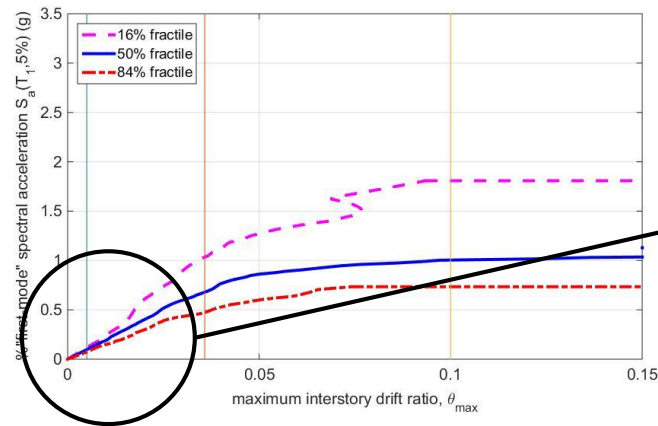
Καθορισμός στόχων σχεδιασμού

		Στάθμη επιτελεστικότητας		
		Πολύ μικρές Βλάβες	Σημαντικές Βλάβες	Οιονεί Κατάρρευση
Συχνότητα Σεισμού - Πιθανότητα υπέρβασης σεισμική δράσης	Συχνός σεισμός 10% στα 10 χρόνια ($T_R = 95$ χρόνια)	DL	Μη αποδεκτός στόχος	Μη αποδεκτός στόχος
	Σπάνιος σεισμός 10% στα 50 χρόνια ($T_R = 475$ χρόνια)	Στόχος μεγαλύτερης σπουδαιότητας	CP	Μη αποδεκτός στόχος
	Πολύ Σπάνιος σεισμός 2% στα 50 χρόνια ($T_R = 2475$ χρόνια)	Στόχος μεγαλύτερης σπουδαιότητας	Στόχος μεγαλύτερης σπουδαιότητας	NC

Καμπύλη IDA με στόχους σχεδιασμού

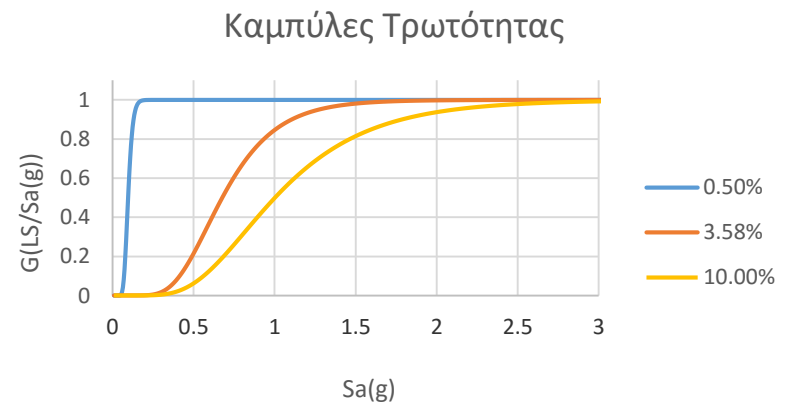
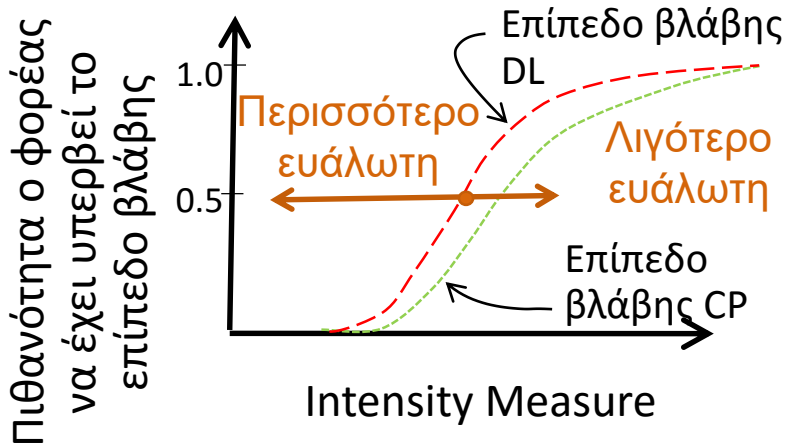


Καμπύλες IDA με στόχους σχεδιασμού



- Το τοποθετούμε τα όρια του θ_{max} για τους στόχους επιτελεστικότητας που εξετάζουμε
- Υπολογίζουμε τις τιμές της φασματικής επιτάχυνσης που αντιστοιχεί στην στάθμη DL

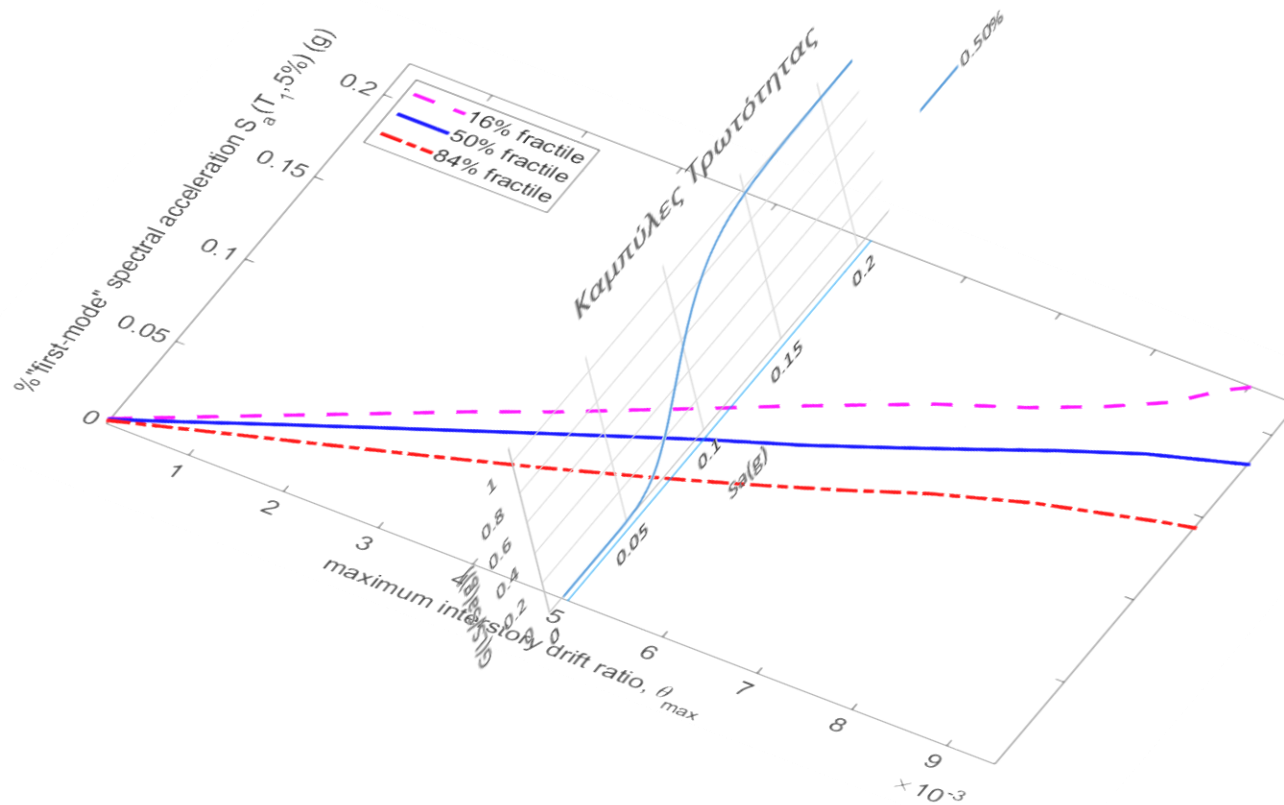
Καμπύλες τρωτότητας



- Κάνουμε παραδοχή ότι για συγκεκριμένο θ_{max} τα αποτελέσματα του μέτρου έντασης που προκύπτουν από τις καμπύλες IDA ακολουθούν την Λογαριθμοκανονική κατανομή

$$F_{LS}(s_a) = P[S_{a,C} \leq s_a] = \Phi \left(\frac{\ln s_a - \ln S_{a,c}^{50\%}}{\beta_{S_{a,C}}} \right)$$

Καμπύλες τρωτότητας



Μέση Ετήσια Συχνότητα Υπέρβασης MAF

- Θεωρούμε πως η εμφάνιση των σεισμών στον χρόνο ακολουθεί την κατανομή Poisson, οπότε η πιθανότητα κατάρρευσης σε t χρόνια υπολογίζεται ως:

$$P_c(\text{σε } _ \text{ένα } _ \text{έτος}) = -\frac{t}{\ln(1 - P_c)}$$

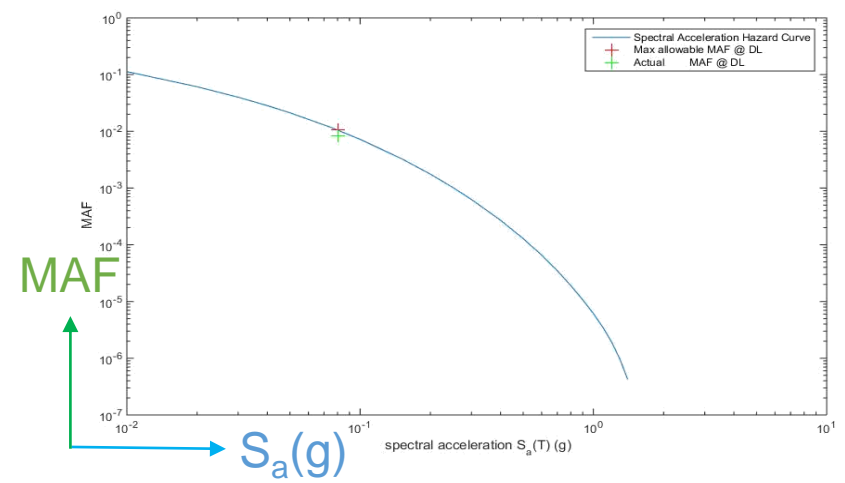
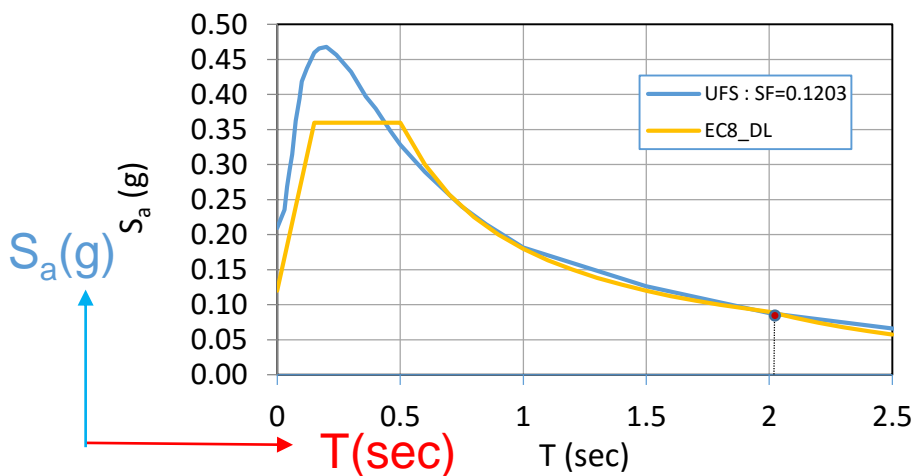
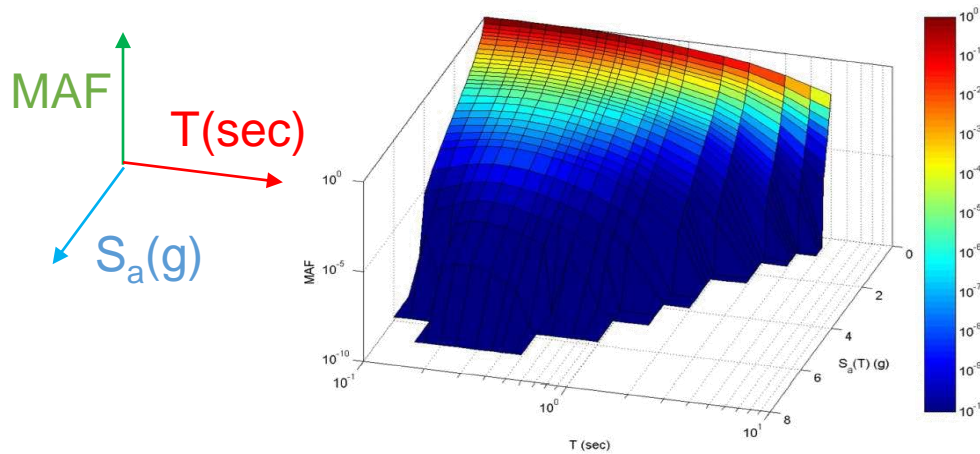
Συχνός σεισμός 10% στα 10 χρόνια ($T_R = 95$ χρόνια)

$$MAF^{DL} = \lambda_{DL} = \frac{1}{T_R^{DL}} = \frac{1}{95} = 0.010536 \approx 0.0105$$

Σπάνιος σεισμός 10% στα 50 χρόνια ($T_R = 475$ χρόνια)

$$MAF^{CP} = \lambda_{CP} = \frac{1}{T_R^{CP}} = \frac{1}{475} = 0.0021$$

Επιφάνεια Σεισμικής Επικινδυνότητας

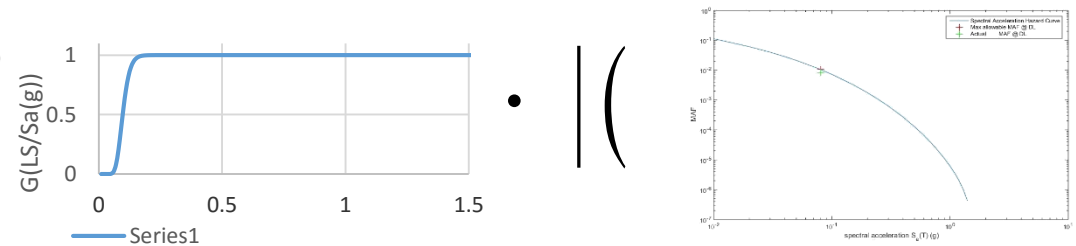


MAF στόχου επιτελεστικότητας DL

- Με βάση το θεώρημα ολικής πιθανότητας

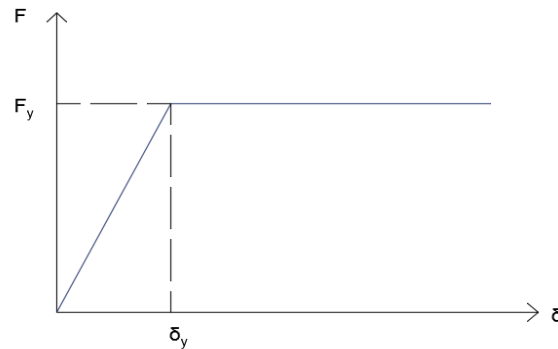
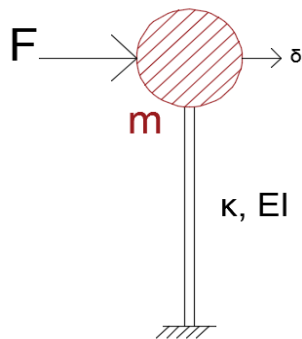
$$\lambda_{LS} = \int_0^{+\infty} P(\text{Capacity} < \text{Demand} \mid IM) \left| \frac{dH(IM)}{d(IM)} \right| \cdot d(IM)$$

Καμπύλη Τρωτότητας

$$\lambda_{DL} = \int_0^{+\infty} G(LS/Sa(g)) \cdot \left(\left(\text{Spectral Acceleration } S_a(F) \right)' \right) \cdot d(IM)$$


Προκύπτει τιμή μικρότερη ή ίση της απαιτούμενης (10% στα 10 χρόνια) με εμπιστοσύνη 75.5% και βάρος 43.50kg/m²

Χαρακτηριστικά μονοβάθμιου ταλαντωτή



$T, m, \kappa, \delta_y, F_y$

m =σταθερή

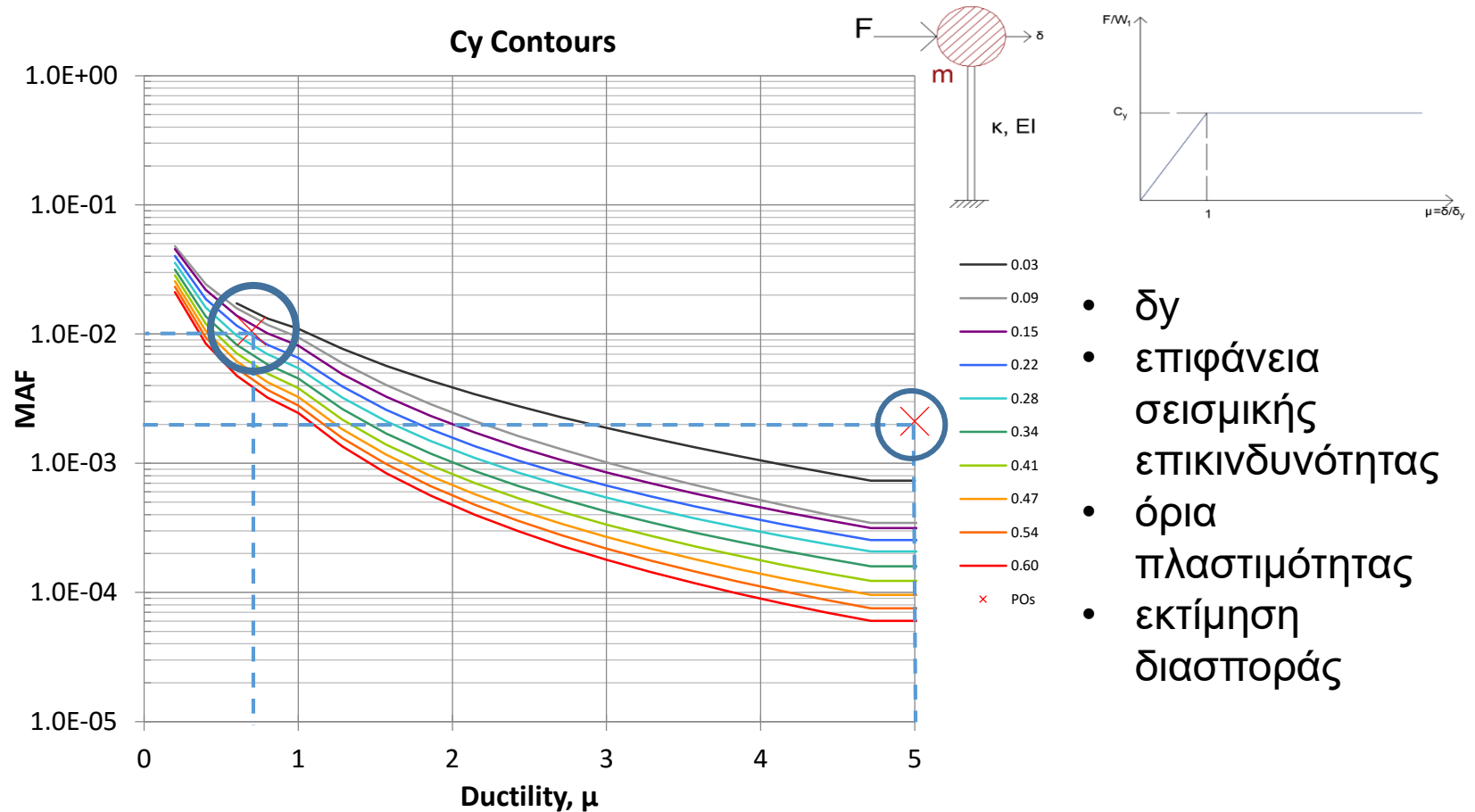
T, κ εξαρτημένα

δ_y, F_y ανεξάρτητα

Όμως:

δ_y σταθερό για
συγκεκριμένη μορφή
φορέα!

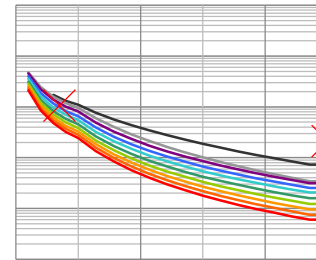
Φάσματα Συχνότητας Διαρροής



- δ_y
- επιφάνεια σεισμικής επικινδυνότητας
- όρια πλαστιμότητας
- εκτίμηση διασποράς

Απαίτηση εμπιστοσύνης 85%

Πλαίσιο	Όροφοι	(1-2-3)	(4-5-6)	(7-8-9)	(10-11-12)
Παραλαβής Ροπών	Δοκοί	HEA550	HEA600	HEA600	HEA600
	Υποστυλώματα	HEM800	HEM800	HEM700	HEM700



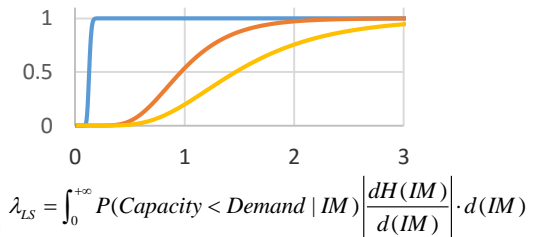
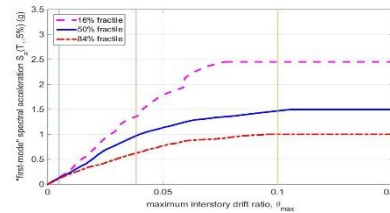
$$C_{y,YFS} = 0.194$$



ανασχεδιασμός φορέα



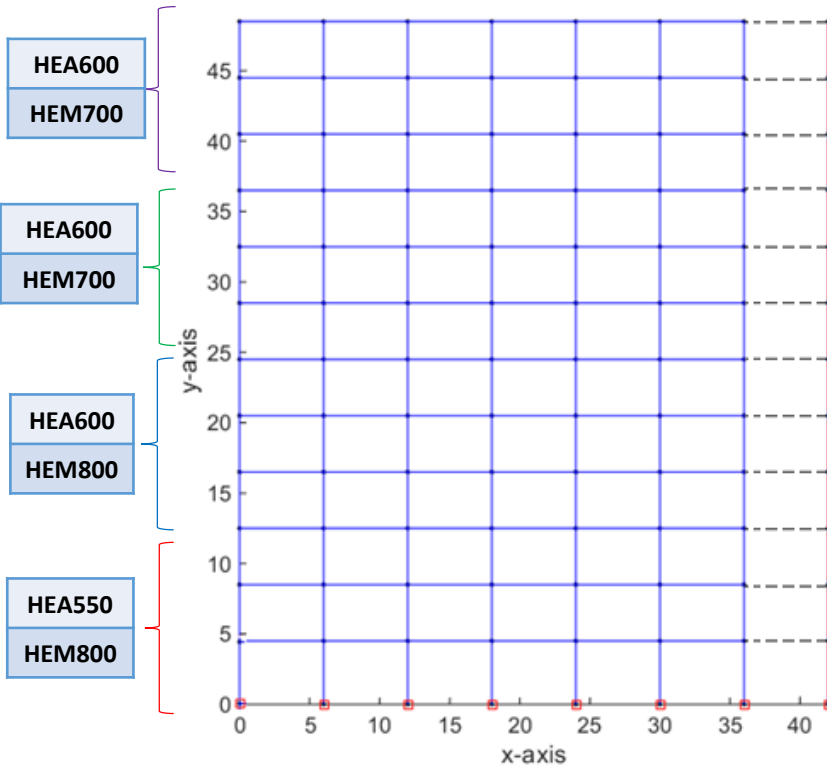
εκτίμηση νέου MAF



$$\lambda_{LS} = \int_0^{+\infty} P(\text{Capacity} < \text{Demand} | IM) \left| \frac{dH(IM)}{d(IM)} \right| \cdot d(IM)$$

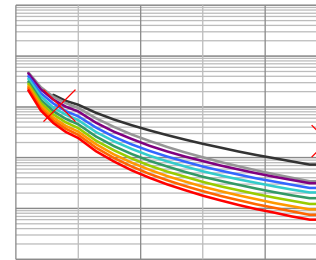


εμπιστοσύνη 86.5% και βάρος
46.84kg/m² (αύξηση 7.67%)



Απαίτηση εμπιστοσύνης 95%

Πλαίσιο	Όροφοι	(1-2-3)	(4-5-6)	(7-8-9)	(10-11-12)
Παραλαβής Ροπών	Δοκοί	HEB650	HEA650	HEA600	HEA600
	Υποστυλώματα	HEM800	HEM800	HEM700	HEM700



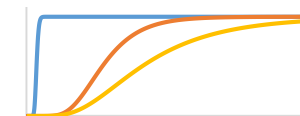
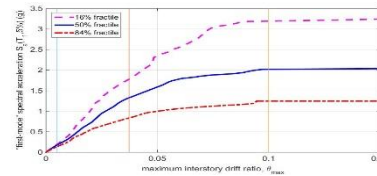
$$C_{y,YFS} = 0.258$$



ανασχεδιασμός φορέα



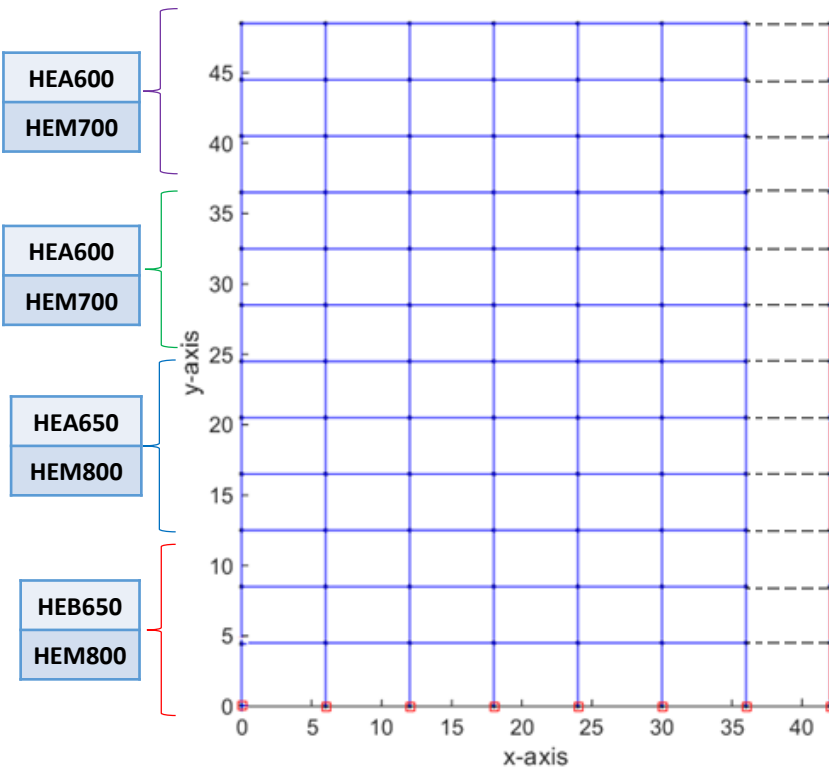
εκτίμηση νέου MAF



$$\lambda_{LS} = \int_0^{+\infty} P(\text{Capacity} < \text{Demand} | IM) \left| \frac{dH(IM)}{d(IM)} \right| \cdot d(IM)$$

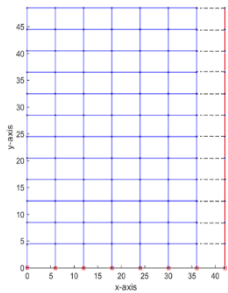


εμπιστοσύνη 97.5% και βάρος 52.60kg/m² (αύξηση 20.9%)



Σύνοψη αποτελεσμάτων

Προκύπτει τιμή μικρότερη ή ίση της απαιτούμενης (10% στα 10 χρόνια) με εμπιστοσύνη:

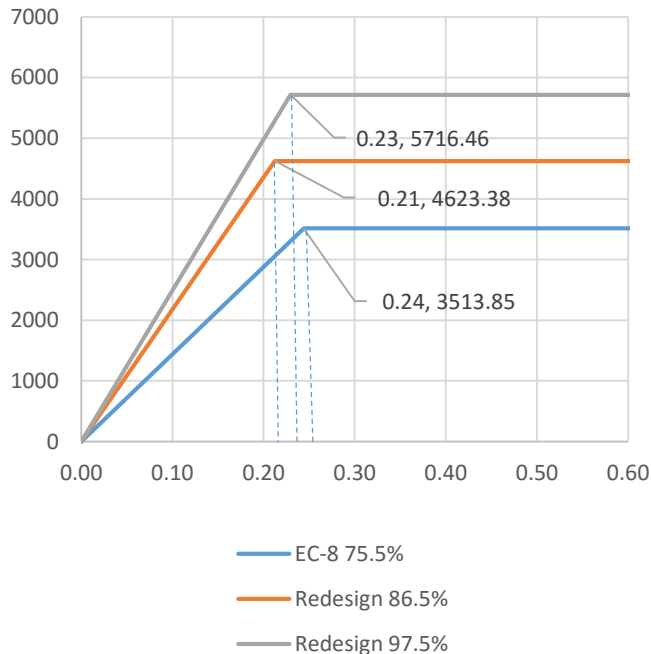


75.5% και βάρος 43.50kg/m^2

86.5% και βάρος 46.84kg/m^2 (αύξηση 7.67% σε σχέση με τον αρχικό σχεδιασμό)

97.5% και βάρος 52.60kg/m^2 (αύξηση 20.9% σε σχέση με τον αρχικό σχεδιασμό)

Συμπεράσματα - Σχόλια



- Γεωμετρία
- Ευρωπαϊκές διατομές
- Αποτίμηση κατασκευής σχεδιασμένη με τον Ευρωκώδικα. Αξιοπρεπή αποτελέσματα.
- Δεν έχουμε τα απαραίτητα εργαλεία για τον έλεγχο της εμπιστοσύνης όταν σχεδιάζουμε με βάση τον Ευρωκώδικα
- Τα Φάσματα Συχνότητας Διαρροής οδηγούν στον επιτυχή ανασχεδιασμό του φορέα, σύμφωνα με τις απαιτήσεις που ορίσαμε.
- Η διαρροή των διγραμμικοποιημένων καμπύλων ικανότητας, διατηρείται περίπου στην ίδια τιμή – έρευνα Aschheim (2002)
- Η παραδοχή που κάναμε για τις σταθερές μετακινήσεις διαρροής ήταν ορθή

Πέρασ παρουσίασης

ευχαριστώ