



Ε.Μ.Π.

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

ΣΙΔΗΡΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΙΙ

ΔΙΑΛΕΞΗ 7

ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

2008



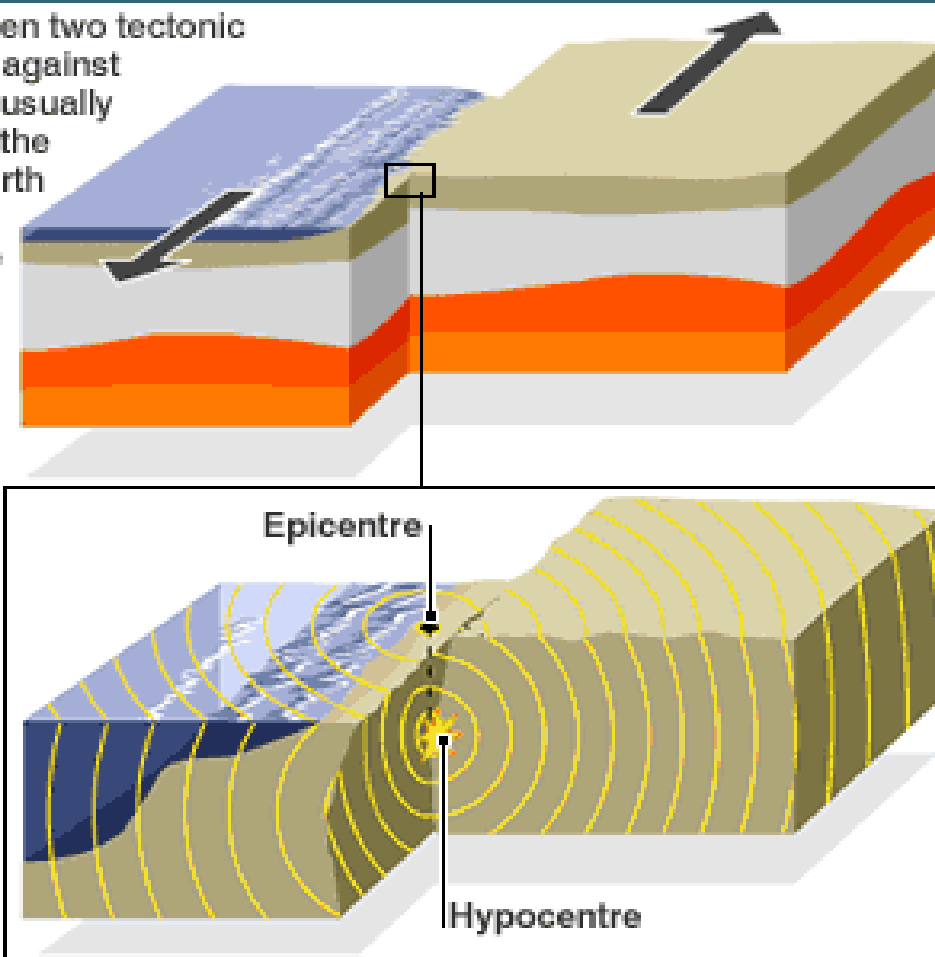
Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Τι είναι σεισμός?

EARTHQUAKES

Earthquakes occur when two tectonic plates move suddenly against each other. The rocks usually break underground at the hypocentre and the earth shakes. Waves spread from the epicentre, the point on the surface above the hypocentre. If a quake occurs under the sea it can cause a tsunami.

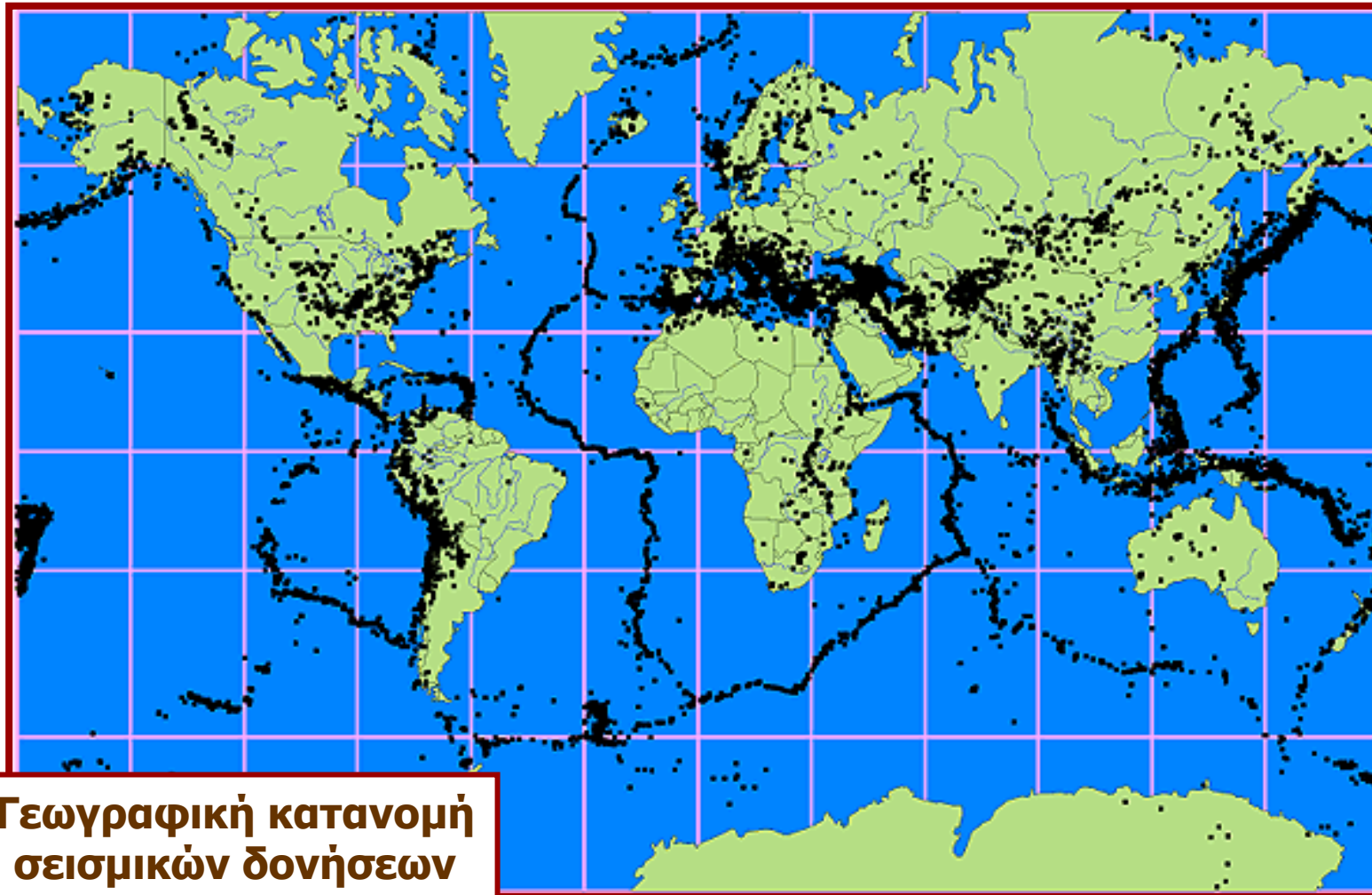




Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Πού γίνονται σεισμοί?



**Γεωγραφική κατανομή
σεισμικών δονήσεων
τελευταίου αιώνα**

ΣΙΔΗΡΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ II

ΔΙΑΛΕΞΗ 7
ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

2008

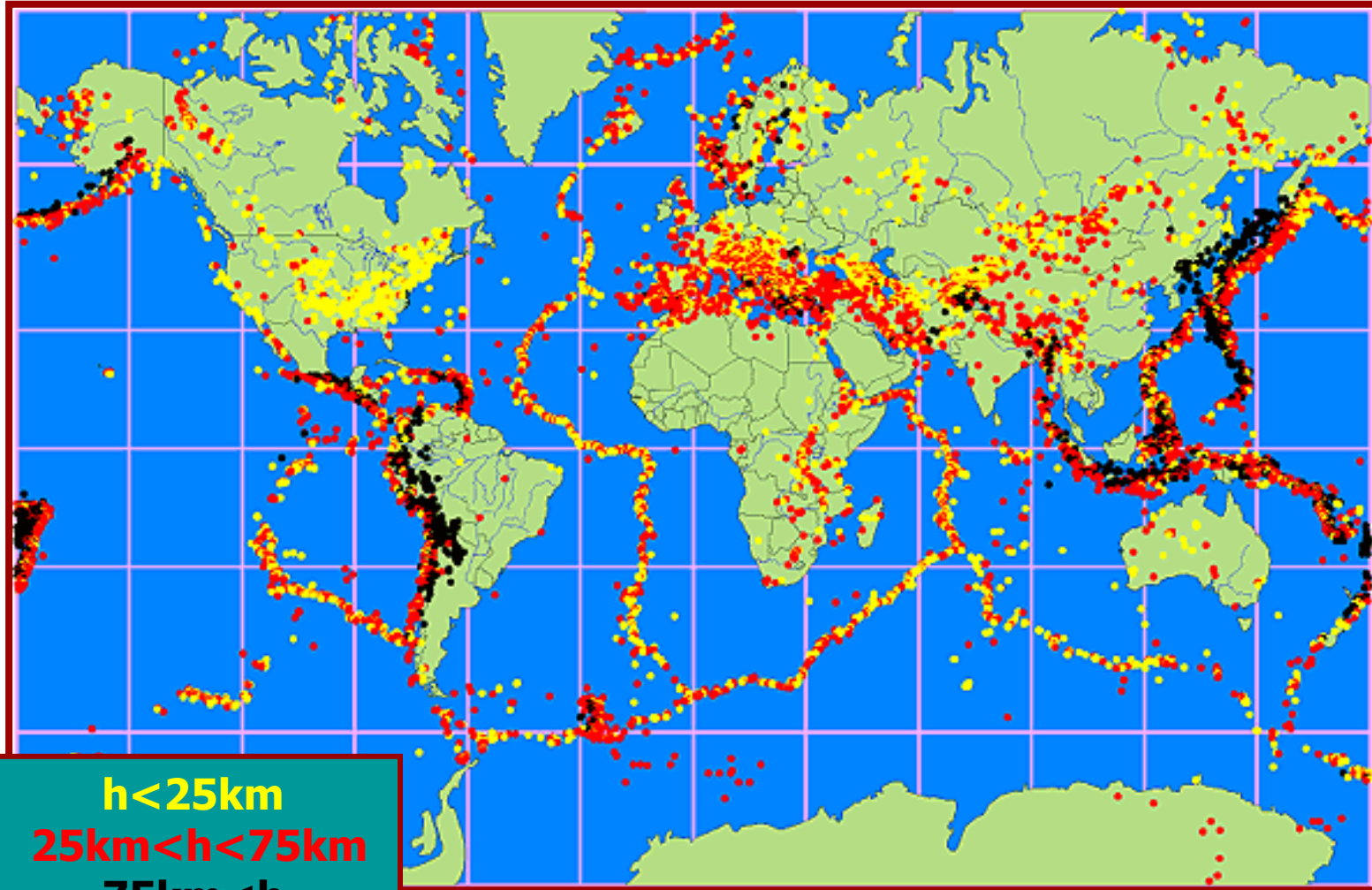
3



Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Σε τι βάθος γίνονται οι σεισμοί?



$h < 25\text{km}$
 $25\text{km} < h < 75\text{km}$
 $75\text{km} < h$

ΣΙΔΗΡΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΙΙ

ΔΙΑΛΕΞΗ 7
ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

2008



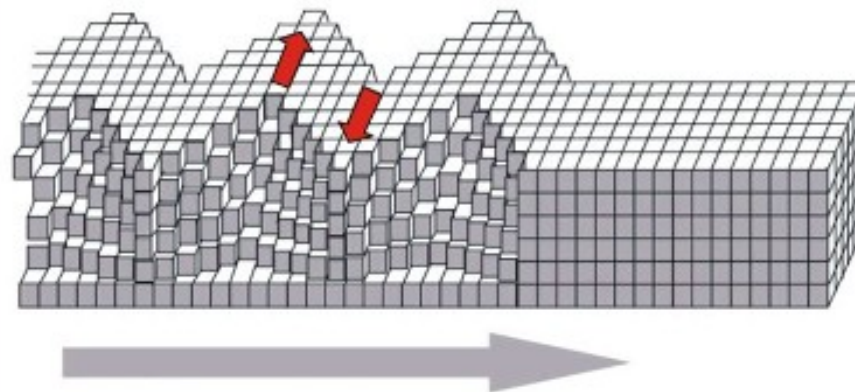
Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

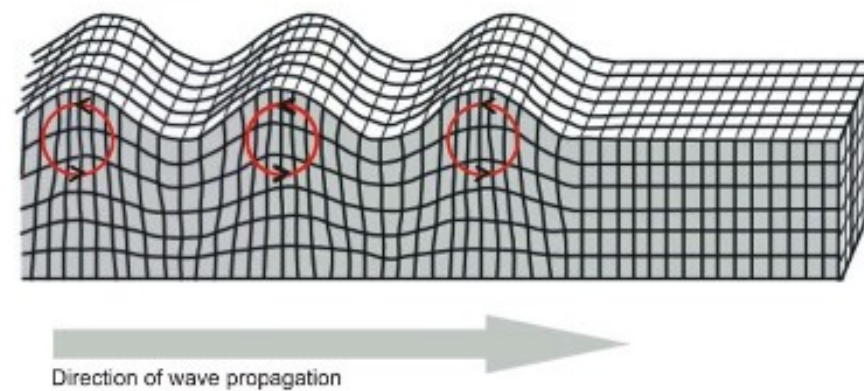
Τι προκαλεί ο σεισμός στην επιφάνεια του εδάφους?

Surface waves

Love wave



Rayleigh wave



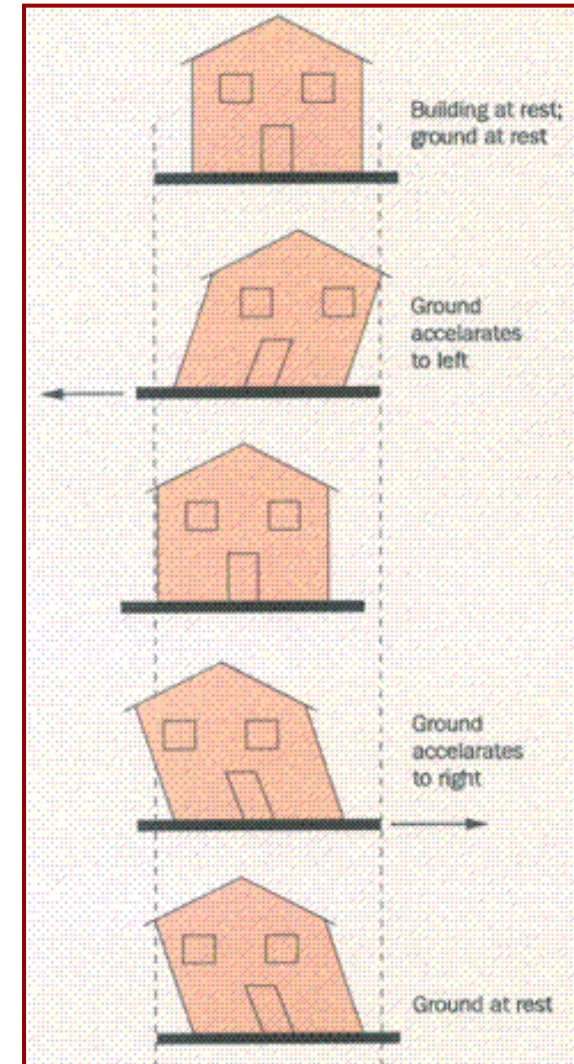
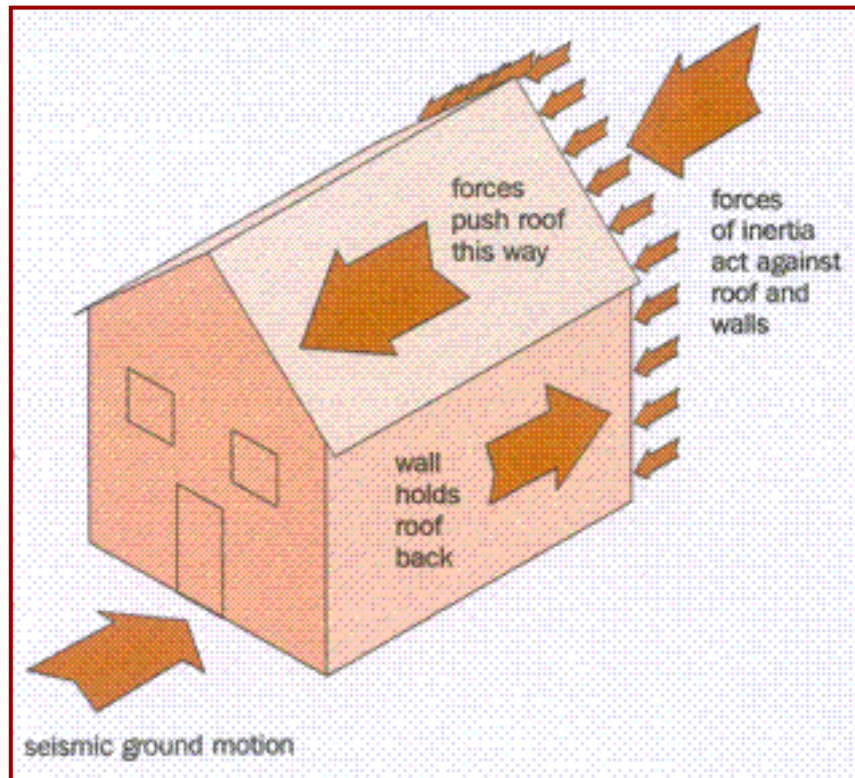
Direction of wave propagation

2008



Ε.Μ.Π.

Τι προκαλεί ο σεισμός στις κατασκευές?

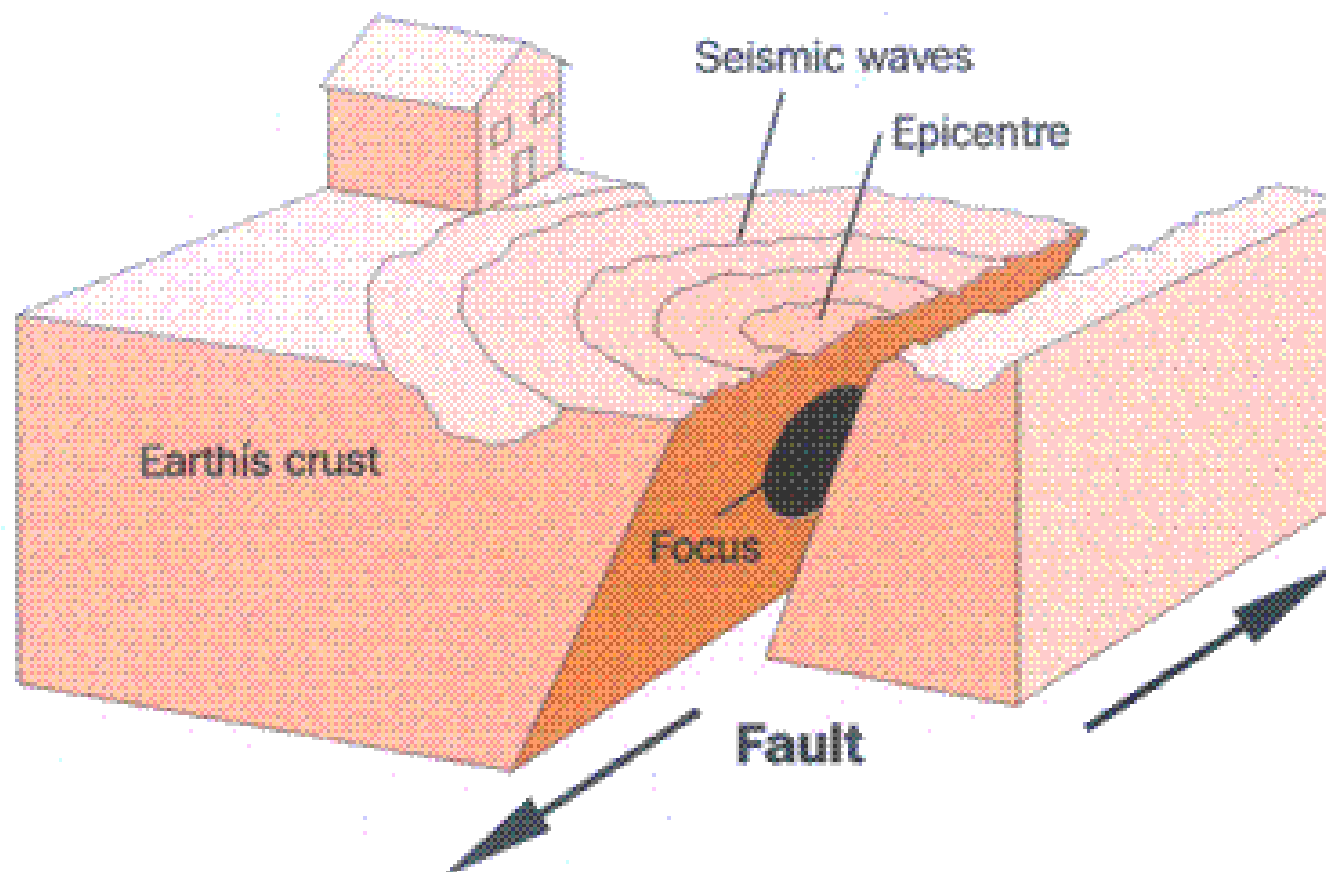




Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Τι προκαλεί ο σεισμός στις κατασκευές?





Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ
ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Πως μετρούν οι σεισμολόγοι την ένταση ενός σεισμού?

Κλίμακα Richter

Βασίζεται στο μέγεθος του μεγαλύτερου σεισμικού κύματος
που καταγράφεται στο σεισμό

Magnitude	Earthquake Effects	Estimated Number Each Year
2.5 or less	Usually not felt, but can be recorded by seismograph.	900,000
2.5 to 5.4	Often felt, but only causes minor damage.	30,000
5.5 to 6.0	Slight damage to buildings and other structures.	500
6.1 to 6.9	May cause a lot of damage in very populated areas.	100
7.0 to 7.9	Major earthquake. Serious damage.	20
8.0 or greater	Great earthquake. Can totally destroy communities near the epicenter.	One every 5 to 10 years



Ε.Μ.Π.

Πως μετρούν οι μη ειδικοί την ένταση ενός σεισμού?

Κλίμακα Mercalli

Βασίζεται στις συνέπειες του σεισμού

Mercalli Intensity	Equivalent Richter Magnitude	Witness Observations
I	1.0 to 2.0	Felt by very few people; barely noticeable.
II	2.0 to 3.0	Felt by a few people, especially on upper floors.
III	3.0 to 4.0	Noticeable indoors, especially on upperfloors, but may not be recognized as an earthquake.
IV	4.0	Felt by many indoors, few outdoors. May feel like heavy truck passing by.
V	4.0 to 5.0	Felt by almost everyone, some people awakened. Small objects moved. trees and poles may shake.
VI	5.0 to 6.0	Felt by everyone. Difficult to stand. Some heavy furniture moved, some plaster falls. Chimneys may be slightly damaged.
VII	6.0	Slight to moderate damage in well built, ordinary structures. Considerable damage to poorly built structures. Some walls may fall.
VIII	6.0 to 7.0	Little damage in specially built structures. Considerable damage to ordinary buildings, severe damage to poorly built structures. Some walls collapse.
IX	7.0	Considerable damage to specially built structures, buildings shifted off foundations. Ground cracked noticeably. Wholesale destruction. Landslides.
X	7.0 to 8.0	Most masonry and frame structures and their foundations destroyed. Ground badly cracked. Landslides. Wholesale destruction.
XI	8.0	Total damage. Few, if any, structures standing. Bridges destroyed. Wide cracks in ground. Waves seen on ground.
XII	8.0 or greater	Total damage. Waves seen on ground. Objects thrown up into air.

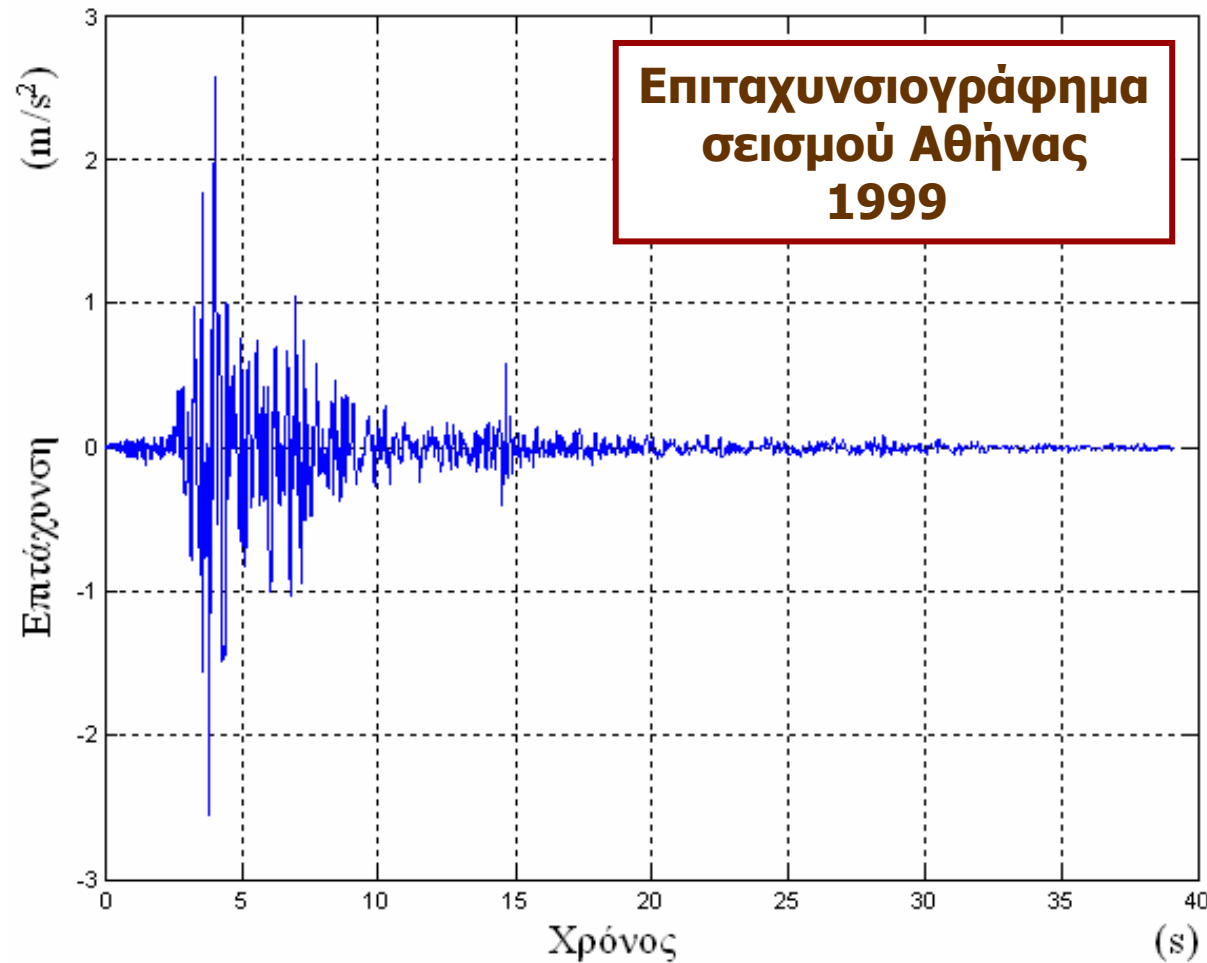


Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Πως περιγράφονται από τους μηχανικούς τα χαρακτηριστικά ενός σεισμού?

Επιταχυνσιογράφημα

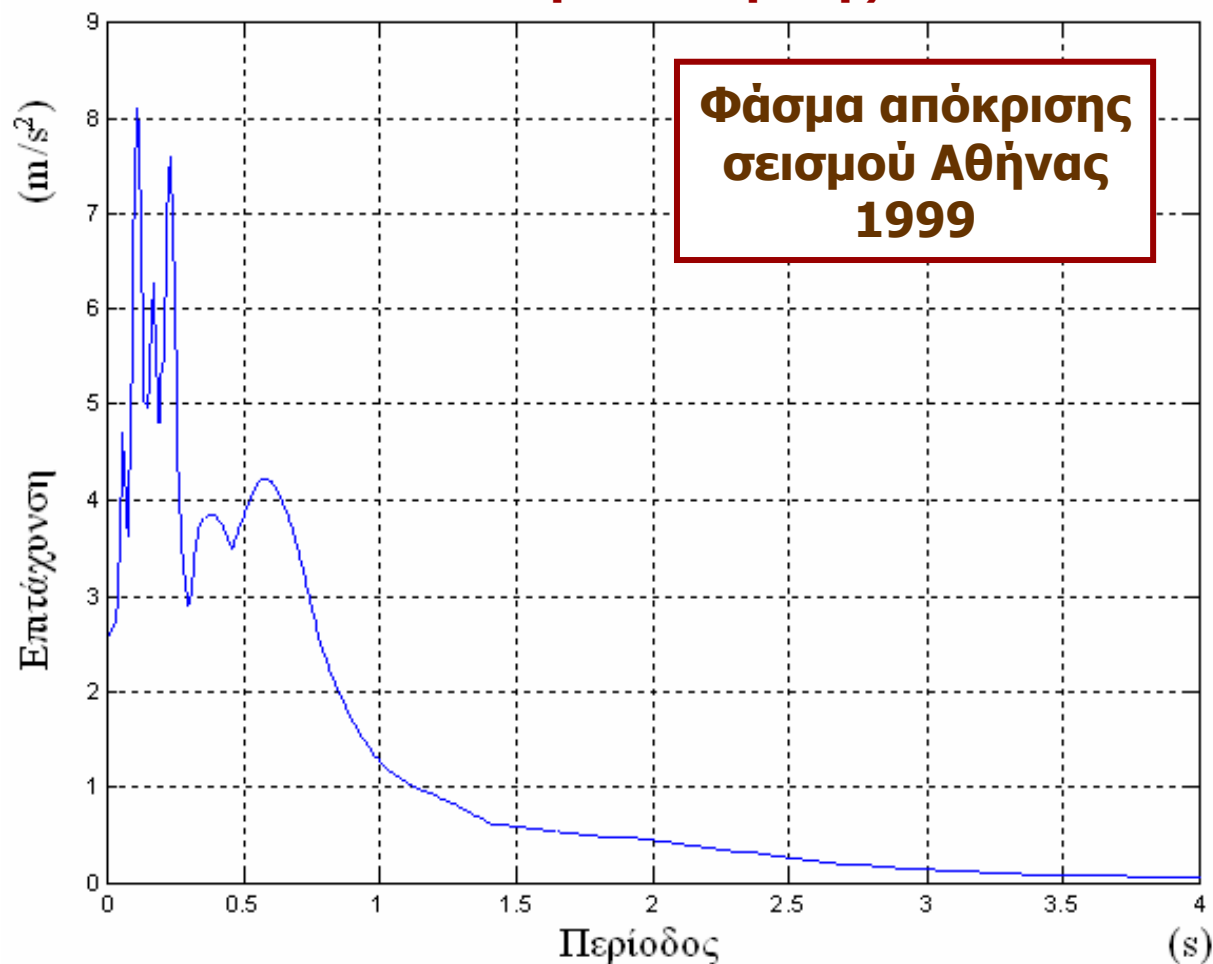




Ε.Μ.Π.

Πως περιγράφονται από τους μηχανικούς τα χαρακτηριστικά ενός σεισμού?

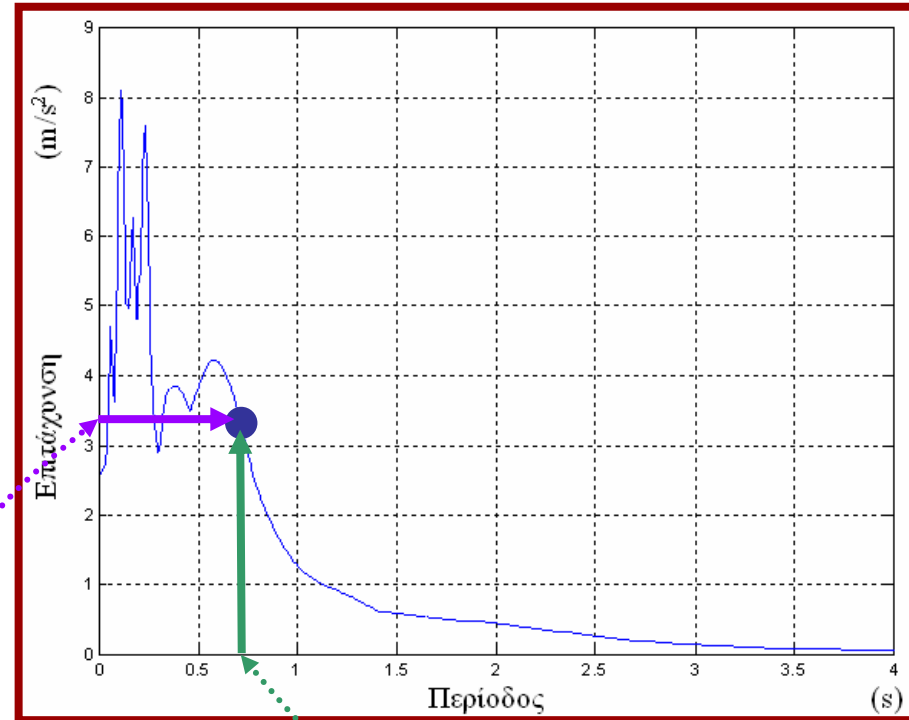
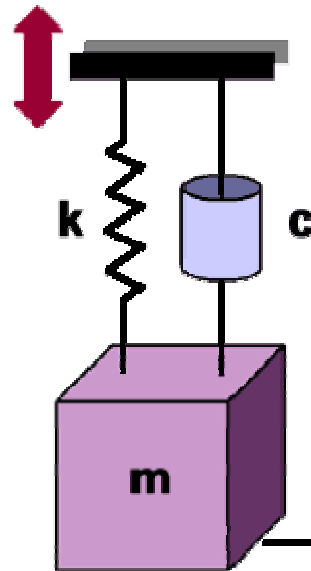
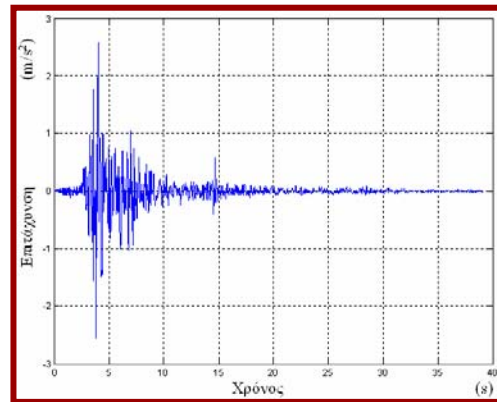
Φάσμα απόκρισης





Ε.Μ.Π.

Πως υπολογίζεται το φάσμα απόκρισης ενός σεισμού?



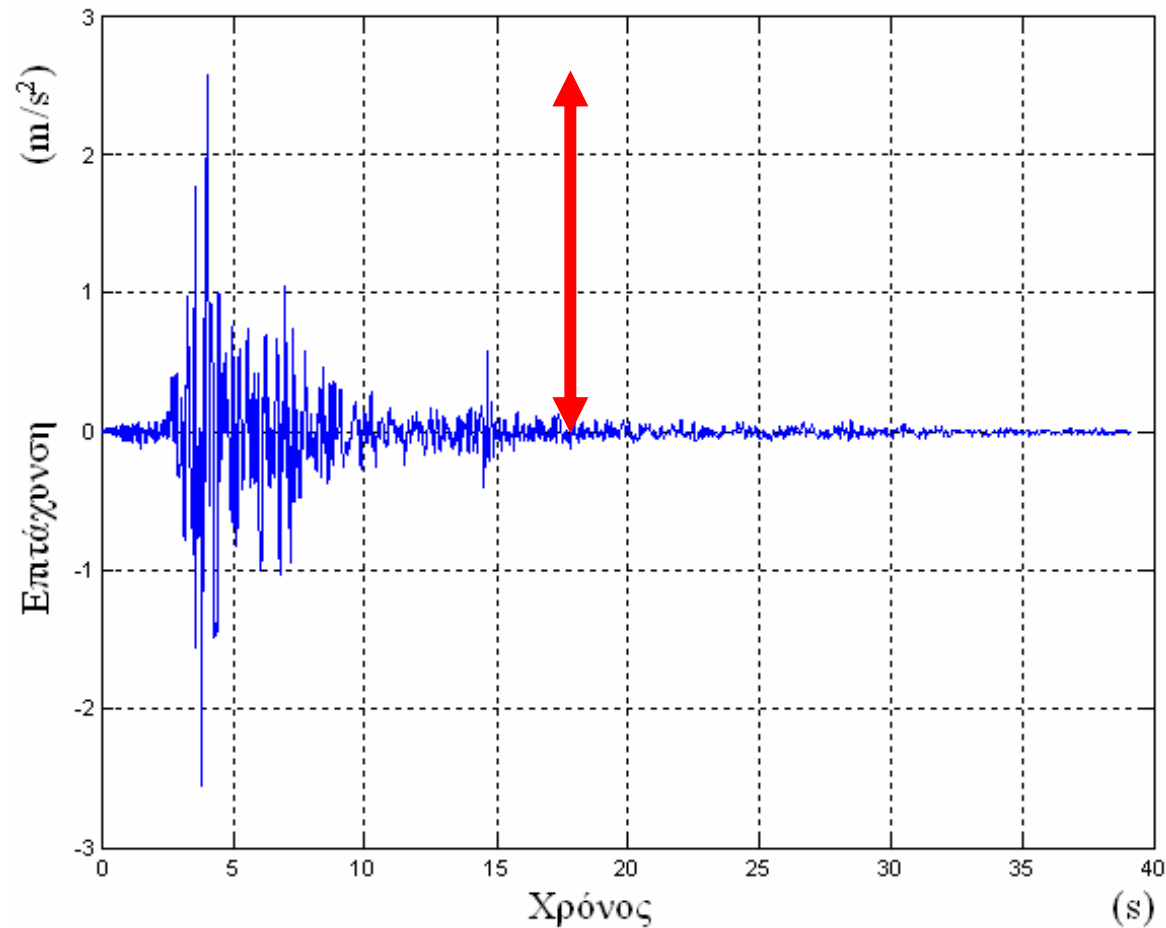
$\max \{ \ddot{y} \}$ για ιδιοπερίοδο $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$



Ε.Μ.Π.

Ποια χαρακτηριστικά ενός σεισμού ενδιαφέρουν τους μηχανικούς?

Μέγιστη εδαφική σεισμική επιτάχυνση

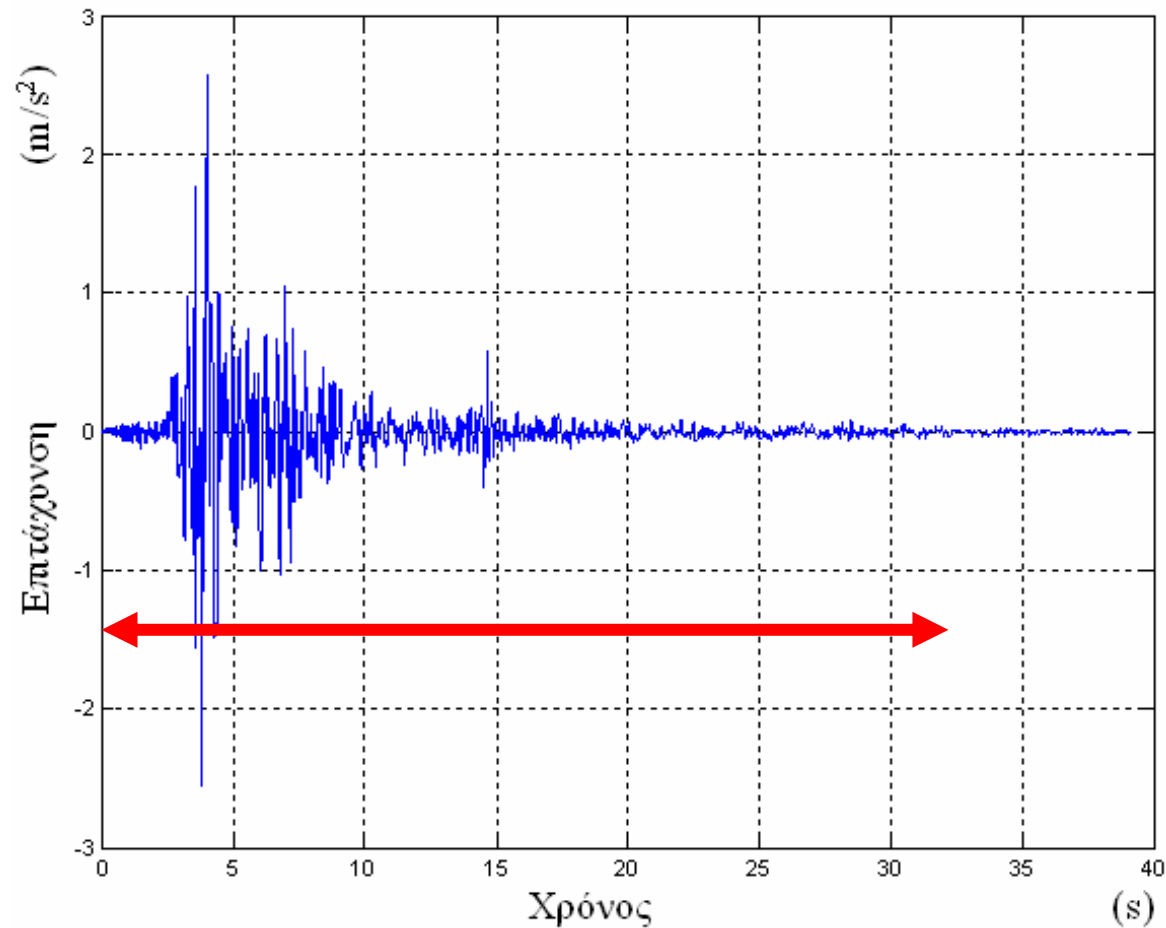




Ε.Μ.Π.

Ποια χαρακτηριστικά ενός σεισμού ενδιαφέρουν τους μηχανικούς?

Διάρκεια

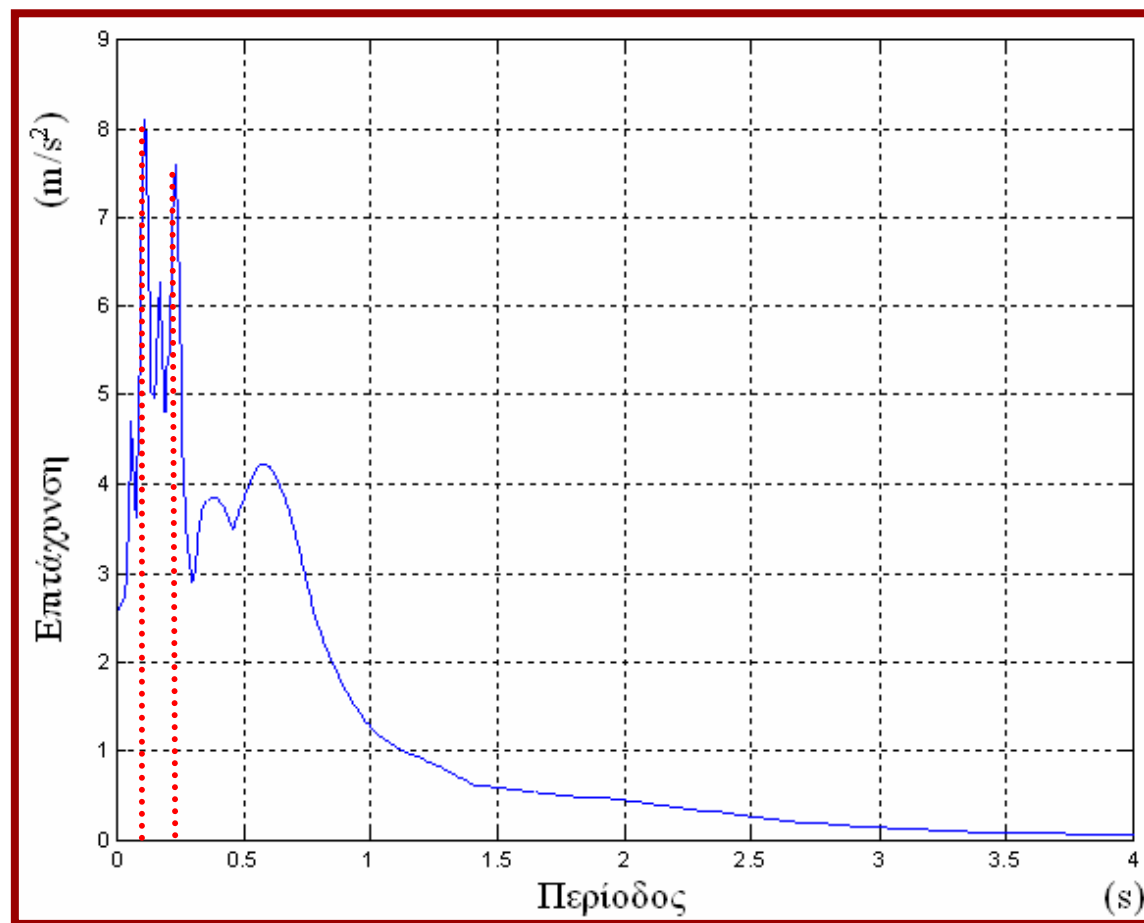




Ε.Μ.Π.

Ποια χαρακτηριστικά ενός σεισμού ενδιαφέρουν τους μηχανικούς?

Κυρίαρχες συχνότητες / περίοδοι





Ε.Μ.Π.

Στόχοι αντισεισμικού σχεδιασμού

Από τον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό 2000 (ΕΑΚ2000) – Κεφάλαιο 1

Οι κύριοι στόχοι του Κανονισμού είναι:

- η προστασία της ανθρώπινης ζωής στην περίπτωση υψηλών εντάσεων,
- ο περιορισμός ή και η αποφυγή των οικονομικών απωλειών στην περίπτωση των μετρίων εντάσεων,
- η διασφάλιση μιας ελάχιστης στάθμης λειτουργιών των έργων.



Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Στόχοι αντισεισμικού σχεδιασμού

Από τον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό 2000 (ΕΑΚ2000) – Κεφάλαιο 1

Σ.1.2.1 Απαίτηση αποφυγής καταρρεύσεως

- [1] α) Κατά το νόημα του άρθρου αυτού, γίνεται αποδεκτό ότι ο φέρων οργανισμός του δομήματος θα υποστεί βλάβες κατά τη δράση του σεισμού σχεδιασμού, οι οποίες όμως πρέπει να ικανοποιούν τις απαιτήσεις της παρ. 1.2.2 και κατά περίπτωση, της παρ. 1.2.3.



Ε.Μ.Π.

Στόχοι αντισεισμικού σχεδιασμού

Από τον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό 2000 (ΕΑΚ2000) – Κεφάλαιο 1

1.2.2 Απαίτηση περιορισμού βλαβών

- [1] Οι βλάβες σε στοιχεία του φέροντα οργανισμού υπό το σεισμό σχεδιασμού πρέπει να είναι περιορισμένες και επιδιορθώσιμες, ενώ οι βλάβες για σεισμούς μικρότερης έντασης και με μεγαλύτερη πιθανότητα εμφάνισης πρέπει να ελαχιστοποιούνται.

1.2.3 Απαίτηση ελάχιστης στάθμης λειτουργιών

- [1] Πρέπει να διασφαλίζεται μία ελάχιστη στάθμη λειτουργιών του δομήματος, ανάλογα με την χρήση και τη σημασία του, όταν το δόμημα υποστεί σεισμό με τα χαρακτηριστικά του σεισμού σχεδιασμού.



Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ
ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Αβεβαιότητες αντισεισμικού σχεδιασμού

Από τον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό 2000 (ΕΑΚ2000) – Κεφάλαιο 1

Έχοντας υπόψη, αφενός μεν, ότι οι διατάξεις του Κανονισμού αυτού βασίζονται στις αναμενόμενες συνθήκες δόνησης λόγω σεισμού και, αφετέρου, τους οικονομικούς περιορισμούς και το γεγονός ότι η γνώση που υφίσταται σήμερα στον τομέα αυτόν περιέχει πολλά κενά, θα πρέπει να γίνει σαφώς αντιληπτό ότι, ακόμη και εάν εφαρμοσθούν οι κανόνες του παρόντος Κανονισμού, η πιθανότητα μη επίτευξης του δεδομένου στόχου του στην περίπτωση κάποιου σεισμού δεν μπορεί να αποκλεισθεί.



Ε.Μ.Π.

Ε
Ρ
Γ
Α
Σ
Τ
Η
ΡΙ
Ο

Μ
Ε
Τ
Α
Λ
Λ
Ι
Κ
Ω
Ν

Κ
Α
Τ
Α
Σ
Κ
Ε
Υ
Ω
Ν

Απορρόφηση σεισμικής ενέργειας

Κατά τη διάρκεια ενός σεισμού οι κατασκευές δέχονται σεισμική ενέργεια, την οποία πρέπει να απορροφήσουν.

Ο παραδοσιακός τρόπος απορρόφησης ενέργειας είναι μέσω πλαστικών παραμορφώσεων, δηλαδή μέσω βλαβών.

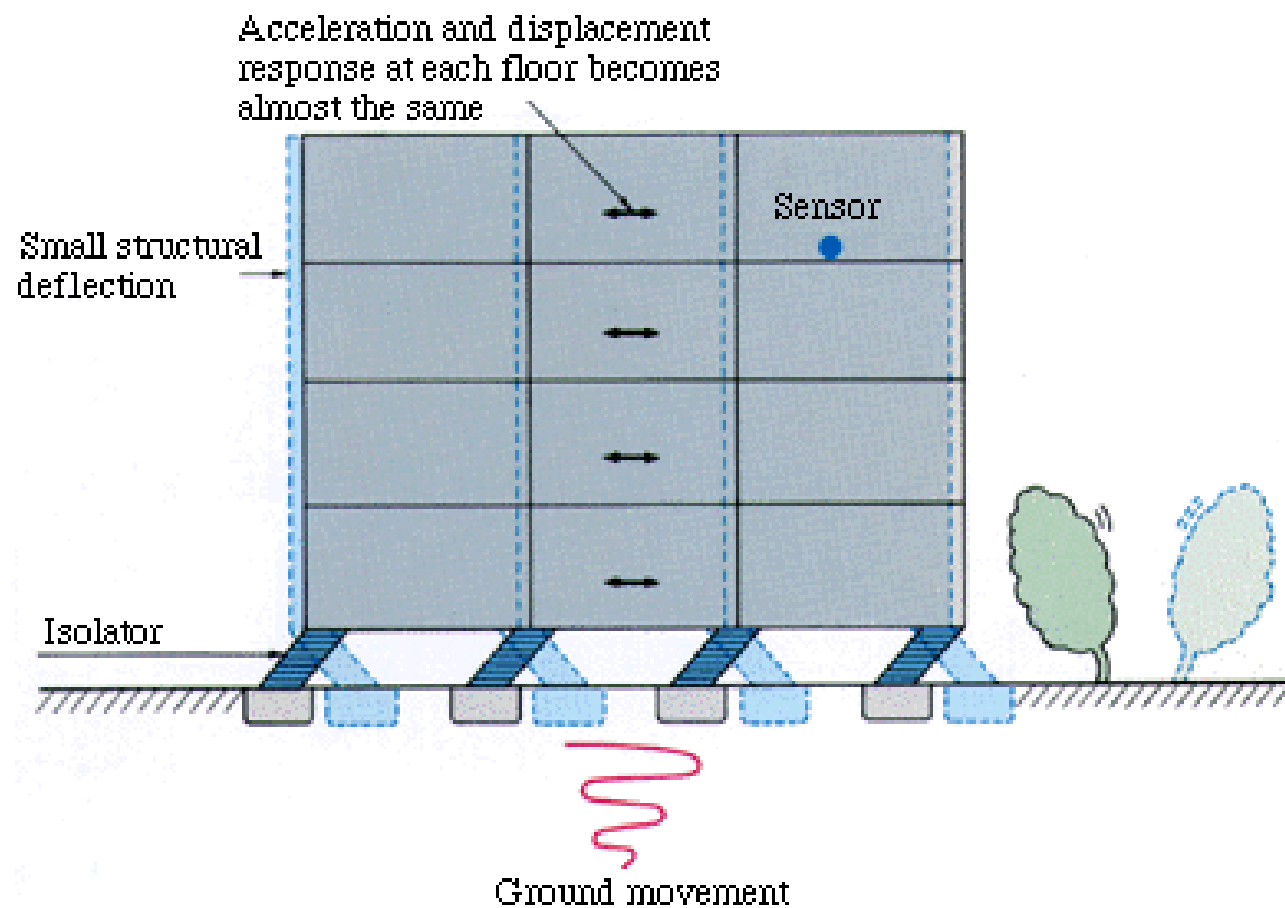
2
0
0
8



Ε.Μ.Π.

Μοντέρνες μέθοδοι απορρόφησης σεισμικής ενέργειας

Σεισμική μόνωση



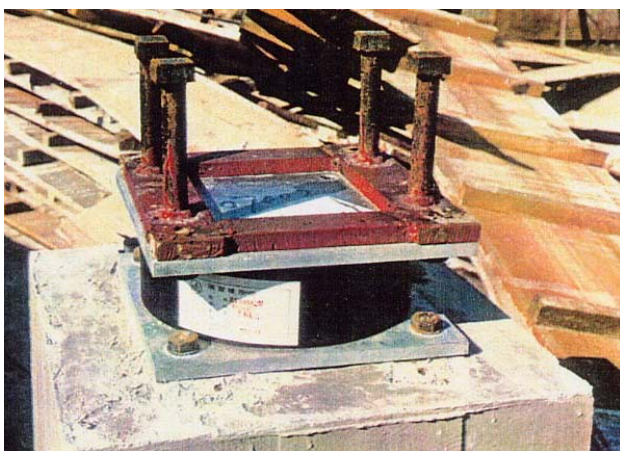
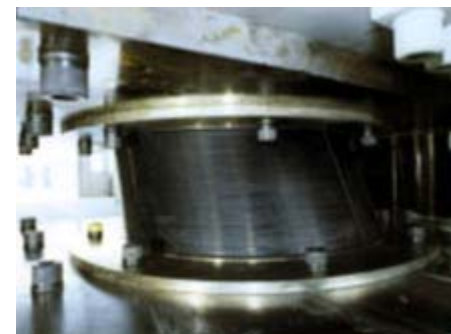
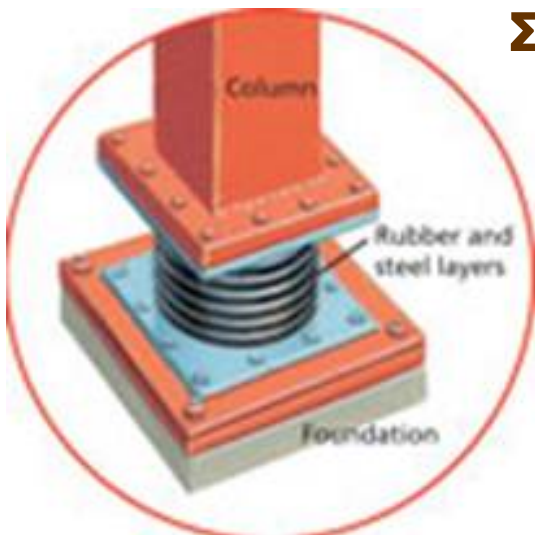


Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Μοντέρνες μέθοδοι απορρόφησης σεισμικής ενέργειας

Σεισμικοί μονωτήρες



ΣΙΔΗΡΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΙΙ

ΔΙΑΛΕΞΗ 7
ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

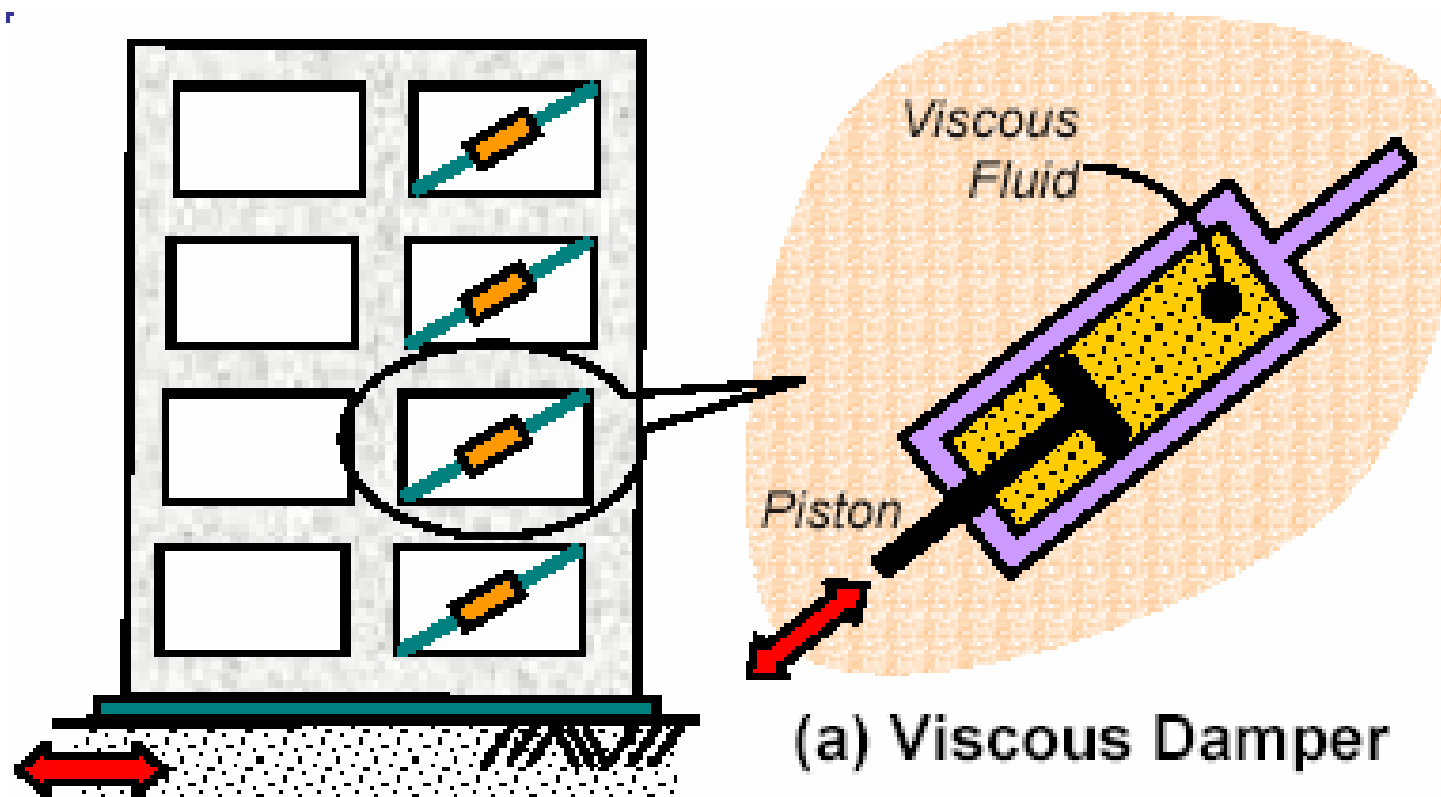
2008



Ε.Μ.Π.

Μοντέρνες μέθοδοι απορρόφησης σεισμικής ενέργειας

Ιξώδεις αποσβεστήρες

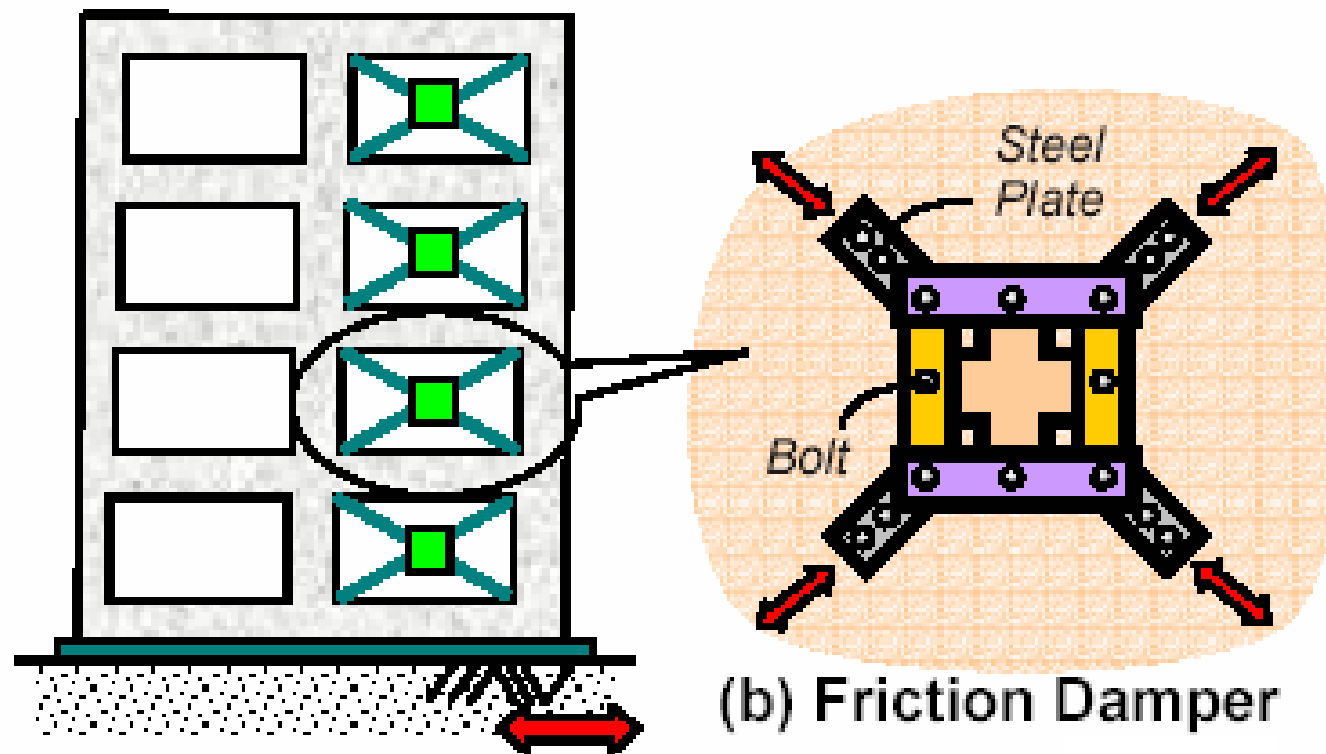




Ε.Μ.Π.

Μοντέρνες μέθοδοι απορρόφησης σεισμικής ενέργειας

Αποσβεστήρες τριβής

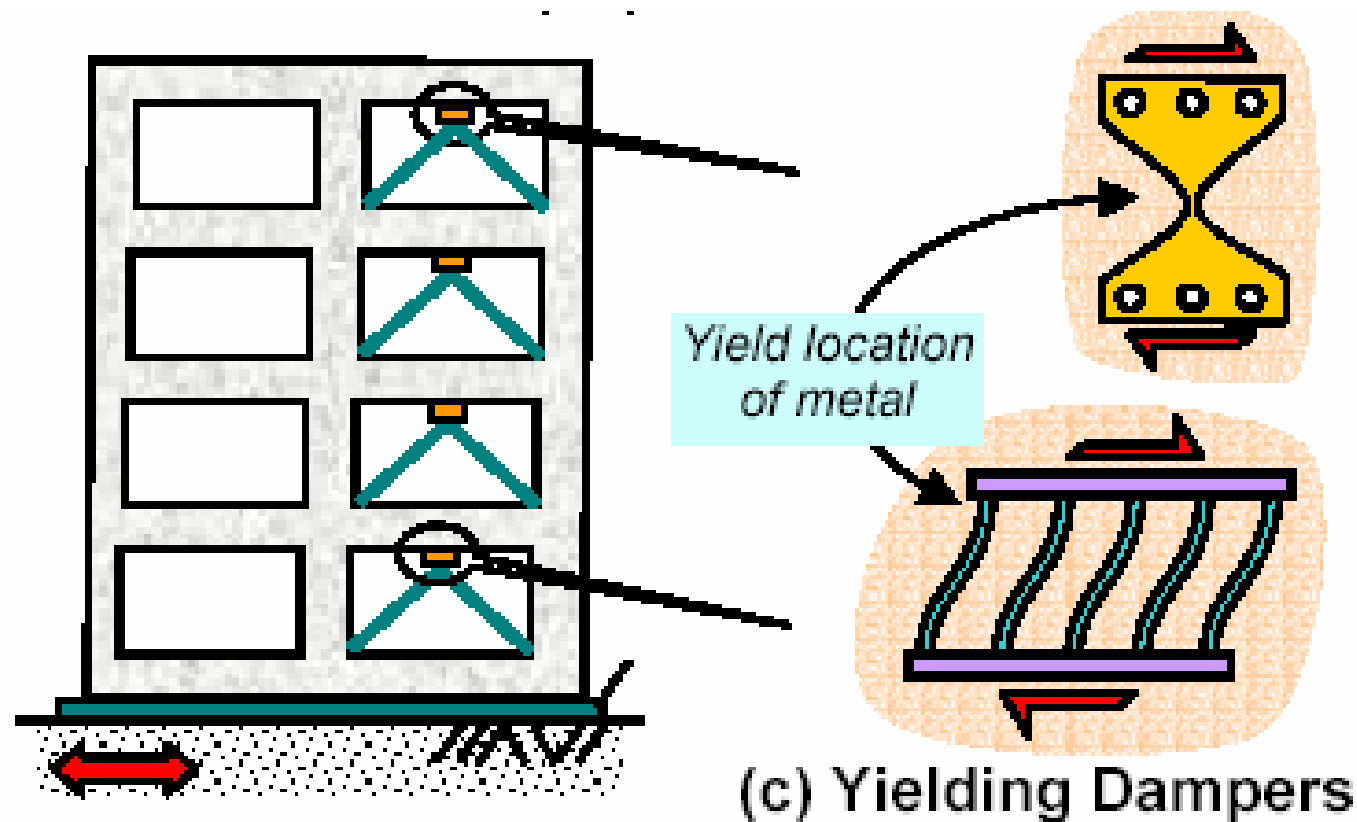




Ε.Μ.Π.

Μοντέρνες μέθοδοι απορρόφησης σεισμικής ενέργειας

Αποσβεστήρες διαρροής



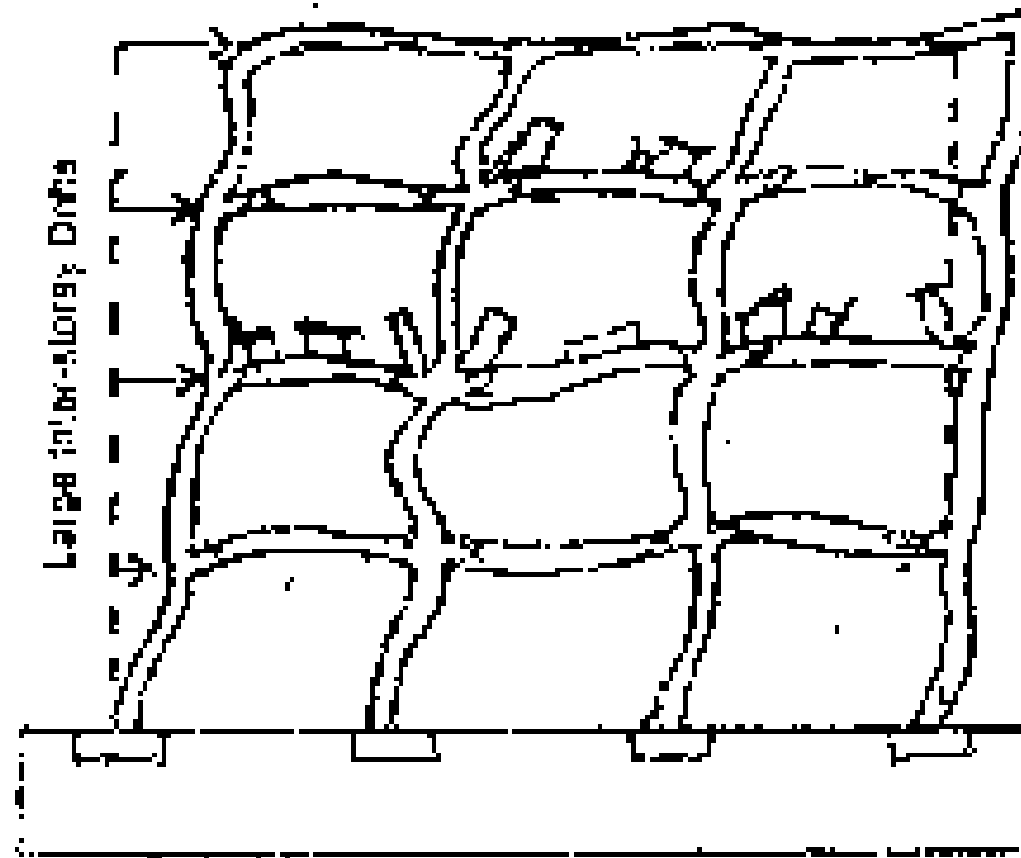


Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Συμβατικές μέθοδοι απορρόφησης σεισμικής ενέργειας

Μέσω πλαστικών παραμορφώσεων, δηλαδή μέσω βλαβών



ΣΙΔΗΡΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΙΙ

ΔΙΑΛΕΞΗ 7
ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

2008



Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Συμβατικές μέθοδοι απορρόφησης σεισμικής ενέργειας

Μέσω πλαστικών
παραμορφώσεων,
δηλαδή μέσω βλαβών





Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Συμβατικές μέθοδοι απορρόφησης σεισμικής ενέργειας

Μέσω πλαστικών παραμορφώσεων, δηλαδή μέσω βλαβών



ΣΙΔΗΡΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΙΙ

ΔΙΑΛΕΞΗ 7
ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

2008



Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Συμβατικές μέθοδοι απορρόφησης σεισμικής ενέργειας

Μέσω πλαστικών
παραμορφώσεων,
δηλαδή μέσω βλαβών





Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Συμβατικές μέθοδοι απορρόφησης σεισμικής ενέργειας

Μέσω πλαστικών παραμορφώσεων, δηλαδή μέσω βλαβών





Ε.Μ.Π.

Συμβατικές μέθοδοι απορρόφησης σεισμικής ενέργειας

Όμως:

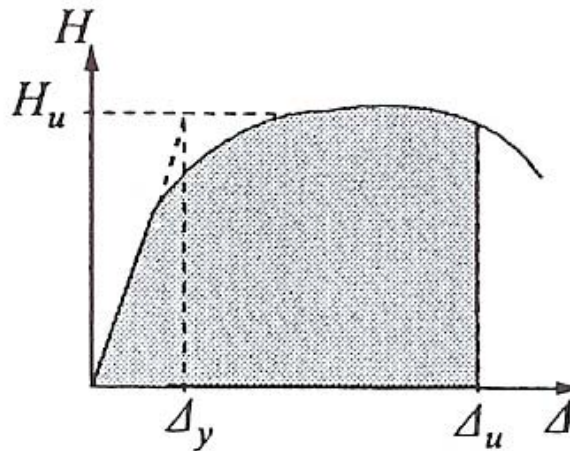
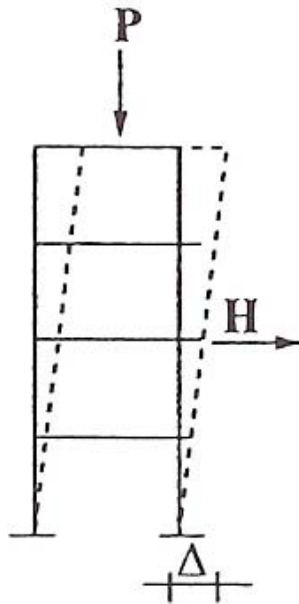
**Οι πλαστικές παραμορφώσεις, επομένως και οι βλάβες
πρέπει να είναι ελεγχόμενες:**

- **Να συμβαίνουν σε συγκεκριμένες θέσεις**
- **Να οφείλονται σε συγκεκριμένο μηχανισμό αστοχίας
ώστε η συμπεριφορά να είναι «πλάστιμη», δηλαδή:**
 - **Οι συνέπειες να μην οδηγούν σε κατάρρευση**
- **Να απορροφάται η απαιτούμενη ποσότητα σεισμικής
ενέργειας**

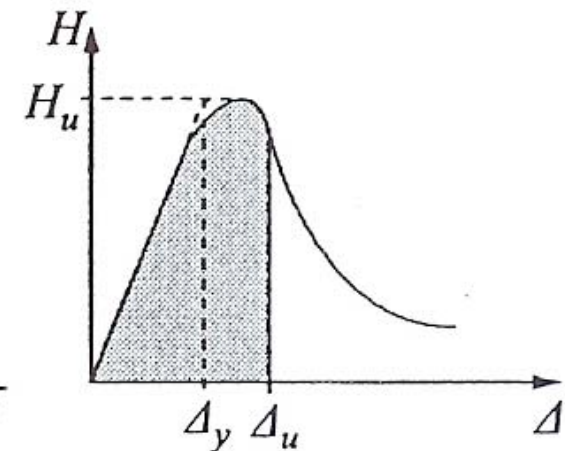


Ε.Μ.Π.

Πλάστιμες και μη πλάστιμες κατασκευές



Πλάστιμη κατασκευή



Μη πλάστιμη κατασκευή



**Σημαντική δυνατότητα απορρόφησης σεισμικής ενέργειας
μέσω πλαστικών παραμορφώσεων**



Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Ικανοτικός σχεδιασμός

2008

Επιδιώκεται:

Η δημιουργία ενός αξιόπιστου ελαστοπλαστικού μηχανισμού, ως προς τον αριθμό και τη θέση των πλαστικών αρθρώσεων

Η αποφυγή δημιουργίας μηχανισμού κατάρρευσης

Η αποφυγή ψαθυρών μορφών αστοχίας των μελών

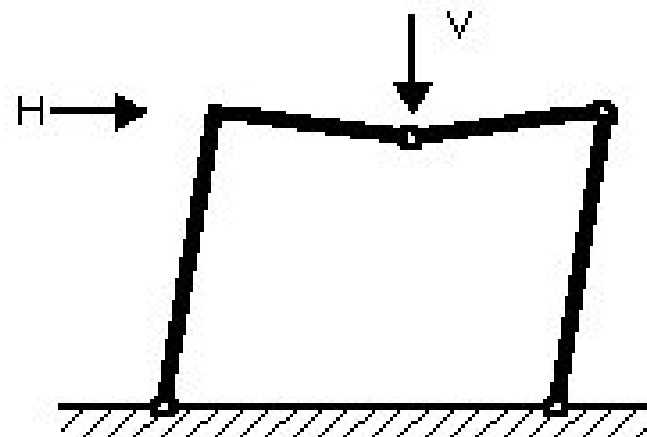
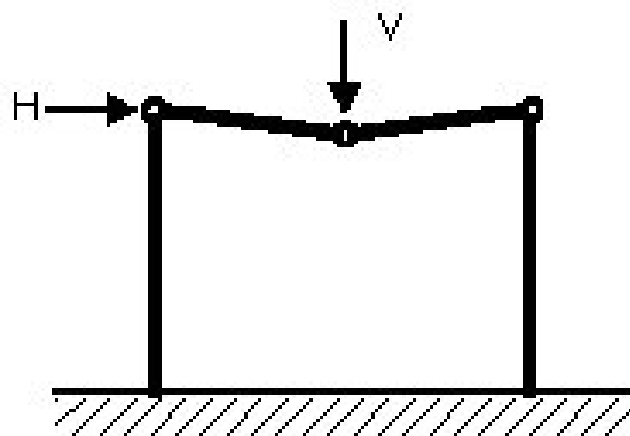
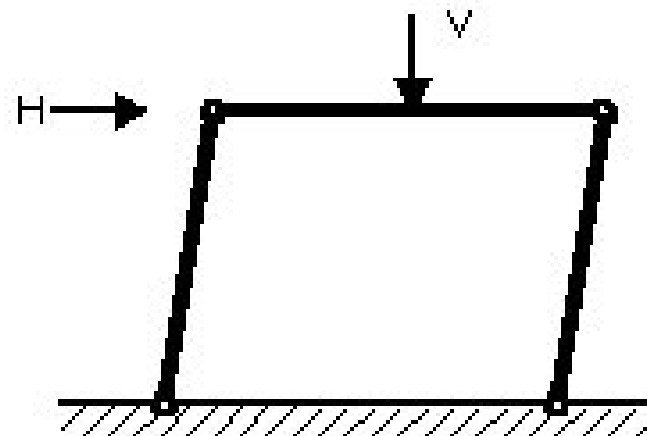
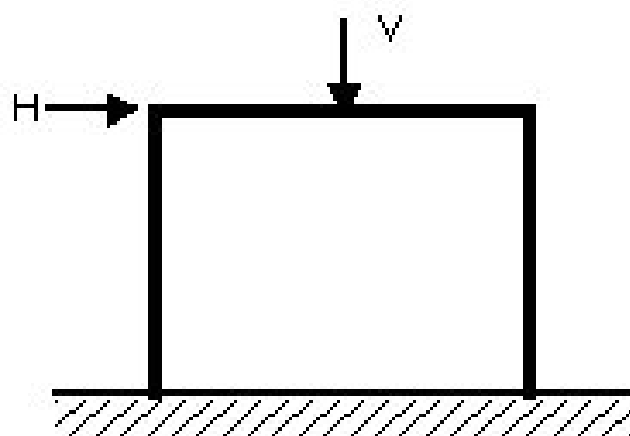
Η εξασφάλιση ικανοποιητικής σχέσης μεταξύ απαιτούμενης και διαθέσιμης πλαστιμότητας στις θέσεις πιθανών πλαστικών αρθρώσεων.



Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

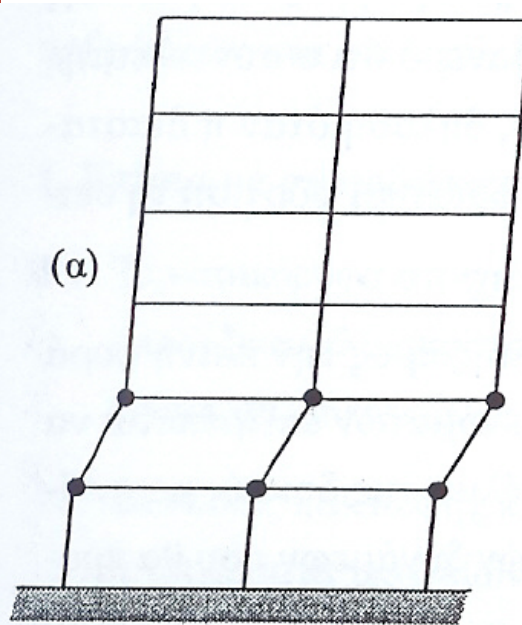
Μηχανισμοί κατάρρευσης





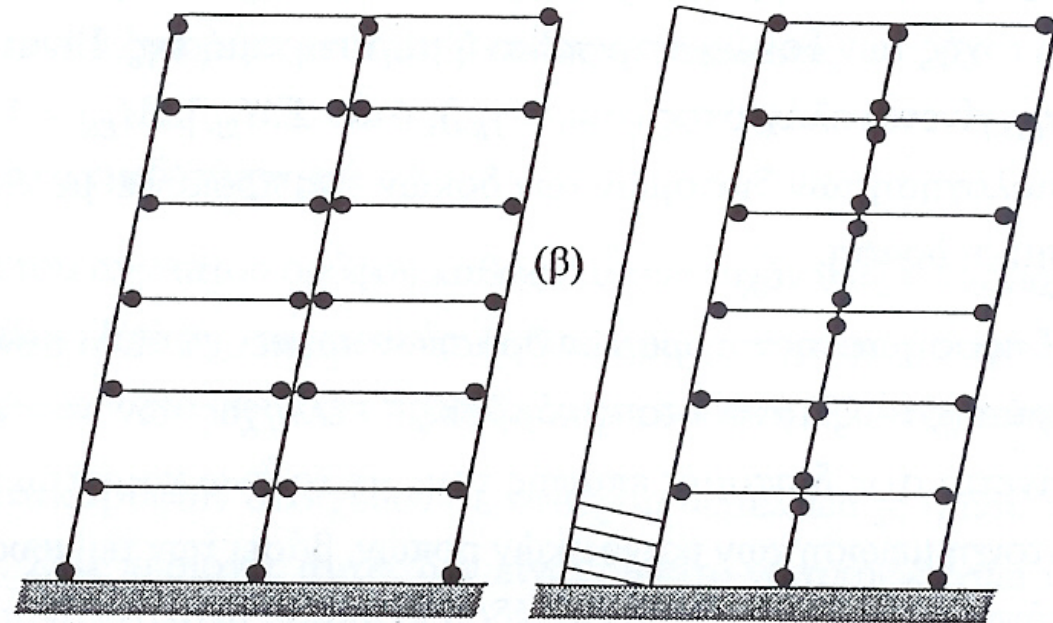
Ε.Μ.Π.

Μηχανισμοί κατάρρευσης



(α)

(α) Μηχανισμός ορόφου



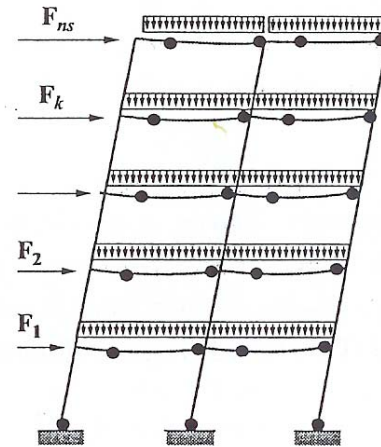
(β)

(β) Αποφυγή μηχανισμού ορόφου

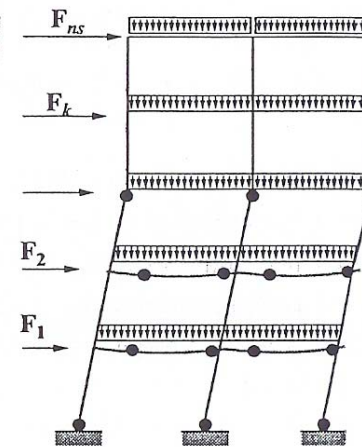


Ε.Μ.Π.

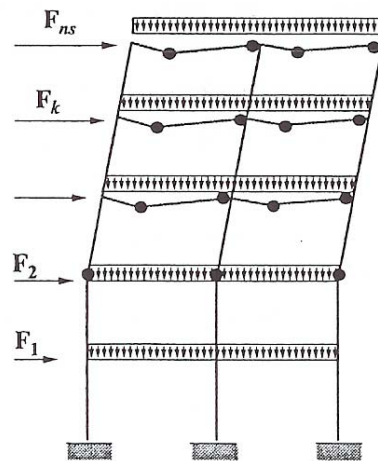
Μηχανισμοί κατάρρευσης



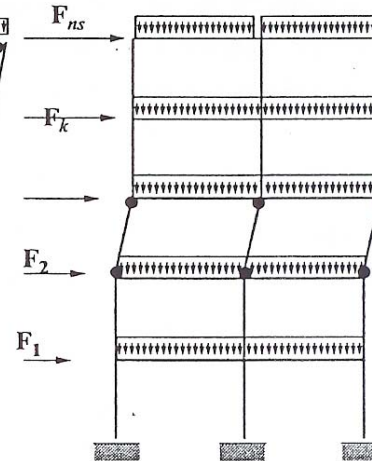
Καθολικός μηχανισμός



Μηχανισμός τύπου -1



Μηχανισμός τύπου -2



Μηχανισμός τύπου -3



Ε.Μ.Π.

Ψαθυρές μορφές αστοχίας

Παραδείγματα ψαθυρών μορφών αστοχίας σε μεταλλικές κατασκευές:

- Διάτμηση κορμού κοχλία
- Θραύση απομειωμένης διατομής εφελκυόμενου μέλους
- Ελαστικός λυγισμός (καμπτικός, τοπικός, πλευρικός)

Πρέπει να αποφεύγονται σε θέσεις όπου επιδιώκεται απορρόφηση σεισμικής ενέργειας μέσω πλαστικών παραμορφώσεων!



Ε.Μ.Π.

Μηχανική συμπεριφορά χάλυβα

Ολκιμότητα χάλυβα: η ικανότητα του να υπόκειται σε μεγάλες μόνιμες πλαστικές παραμορφώσεις χωρίς να θραύεται.

Αυτό συνεπάγεται μεγάλη ικανότητα απορρόφησης σεισμικής ενέργειας.

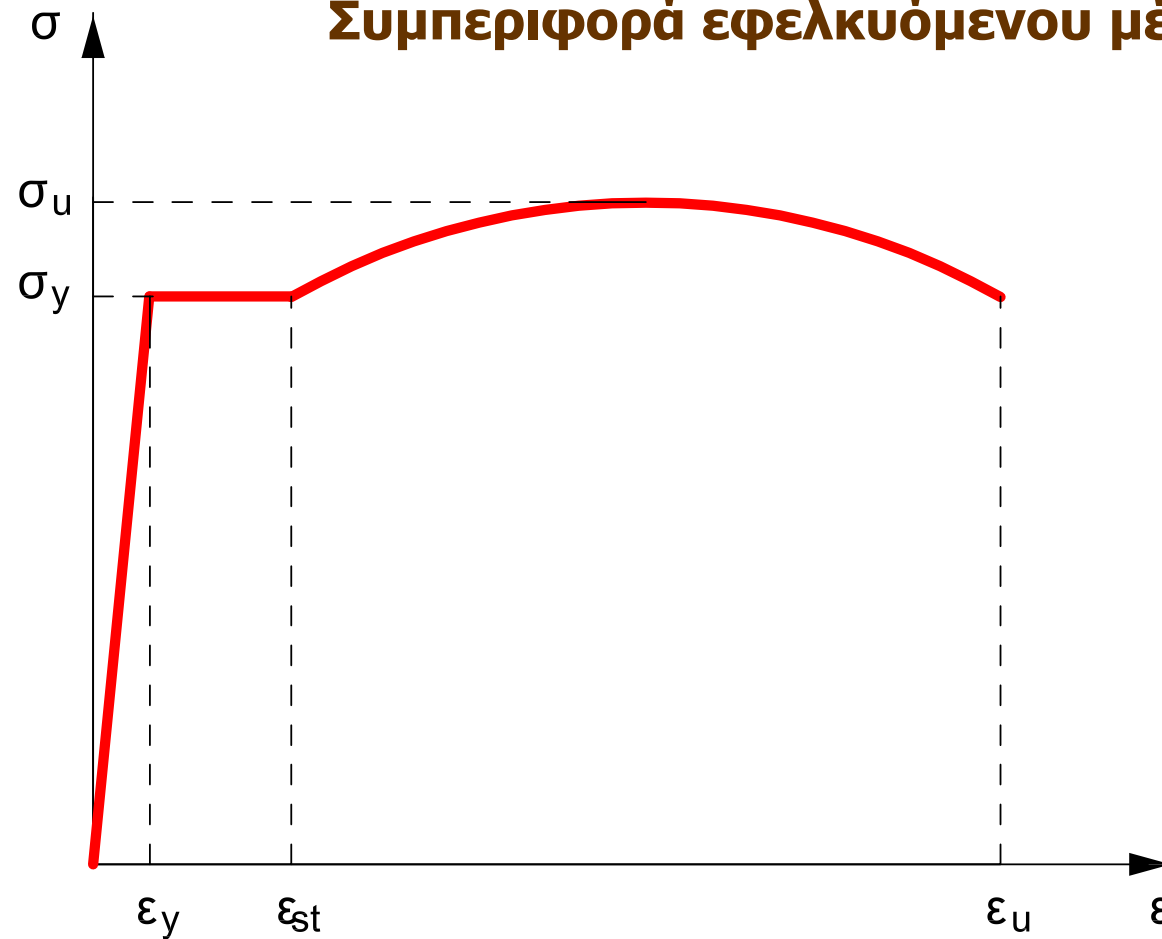


Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Συμπεριφορά υλικού

Συμπεριφορά εφελκυσμένου μέλους



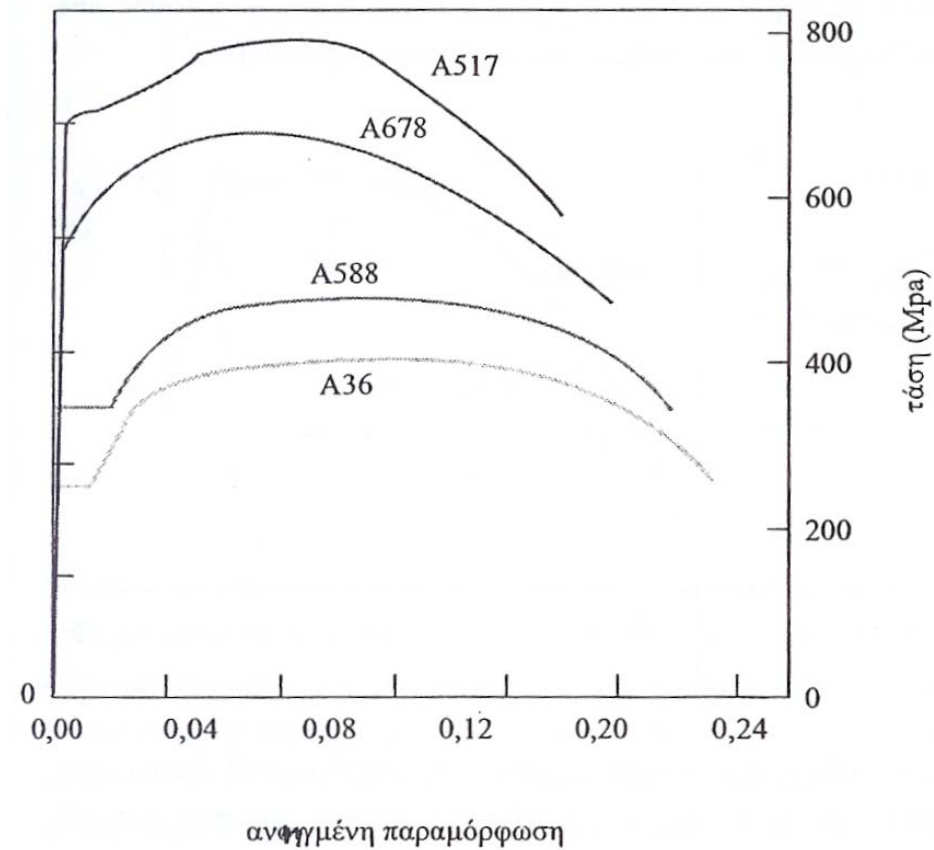


Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Συμπεριφορά υλικού

Τυπικές καμπύλες τάσεων – ανηγμένων παραμορφώσεων
για δομικούς χάλυβες της Αμερικανικής βιομηχανίας





Ε.Μ.Π.

Απαιτήσεις για τον δομικό χάλυβα

α) Η τάση θραύσης f_u πρέπει να είναι τουλάχιστον κατά 20% μεγαλύτερη από την τάση διαρροής f_y (δηλαδή $f_u/f_y \geq 1.2$)

Παράδειγμα: για χάλυβα S235 ισχύει $f_y = 235 \text{ MPa}$ και $f_u = 360 \text{ MPa}$, δηλαδή $f_u/f_y = 1.53 > 1.2$

β) Η μήκυνση θραύσης ϵ_u πρέπει να είναι μεγαλύτερη τουλάχιστον κατά είκοσι φορές από τη μήκυνση διαρροής ϵ_y (δηλαδή $\epsilon_u/\epsilon_y \geq 20$) και τουλάχιστον ίση προς 15% (δηλαδή $\epsilon_u \geq 0.15$)

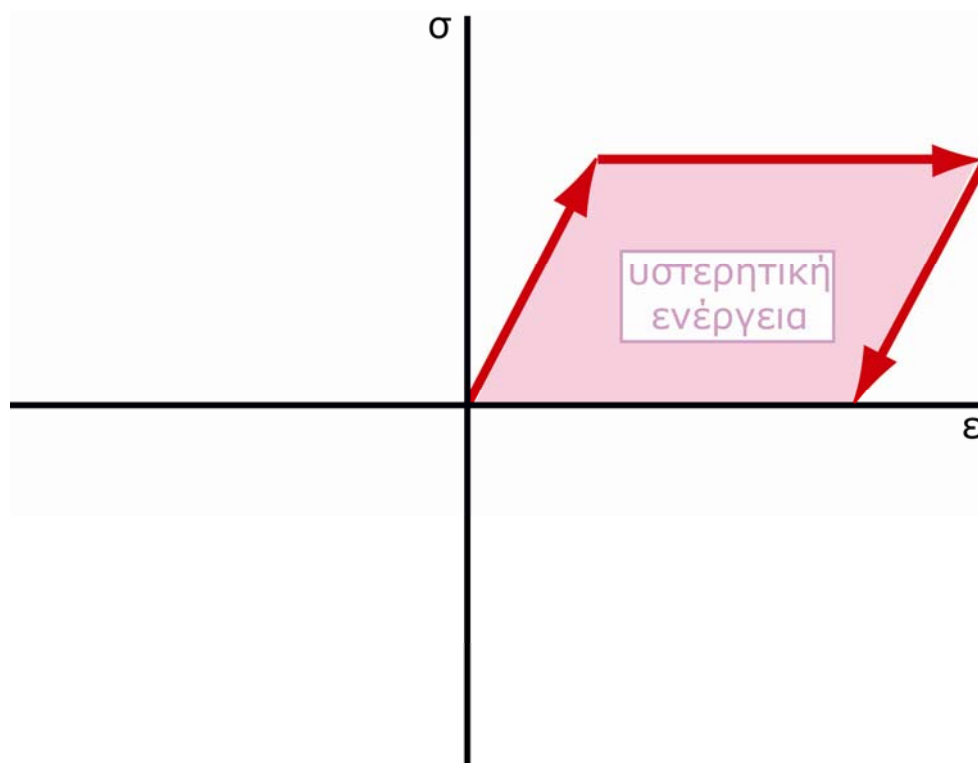


Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Απορρόφηση ενέργειας

Μισός κύκλος φόρτισης - αποφόρτισης

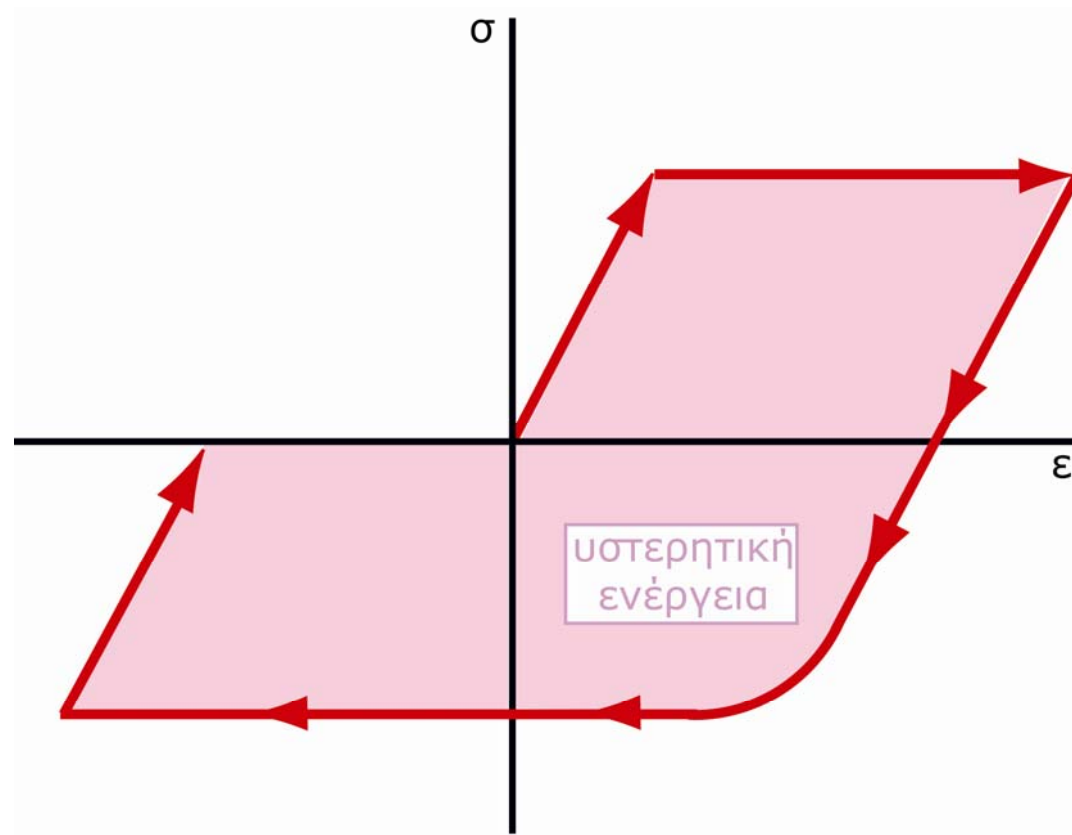




Ε.Μ.Π.

Απορρόφηση ενέργειας

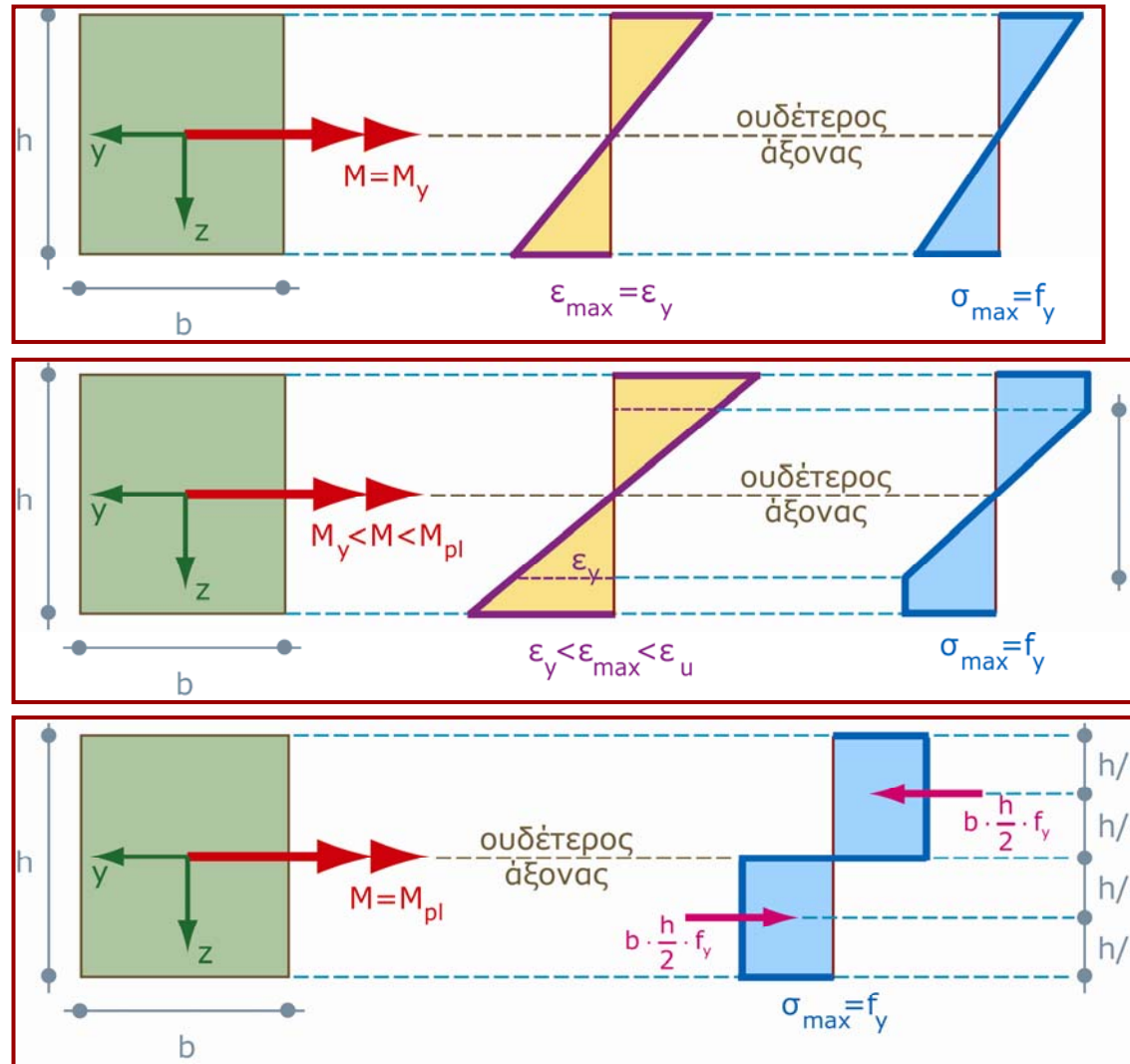
Πλήρης κύκλος φόρτισης - αποφόρτισης





Ε.Μ.Π.

Ελαστοπλαστική συμπεριφορά καμπτόμενου μέλους

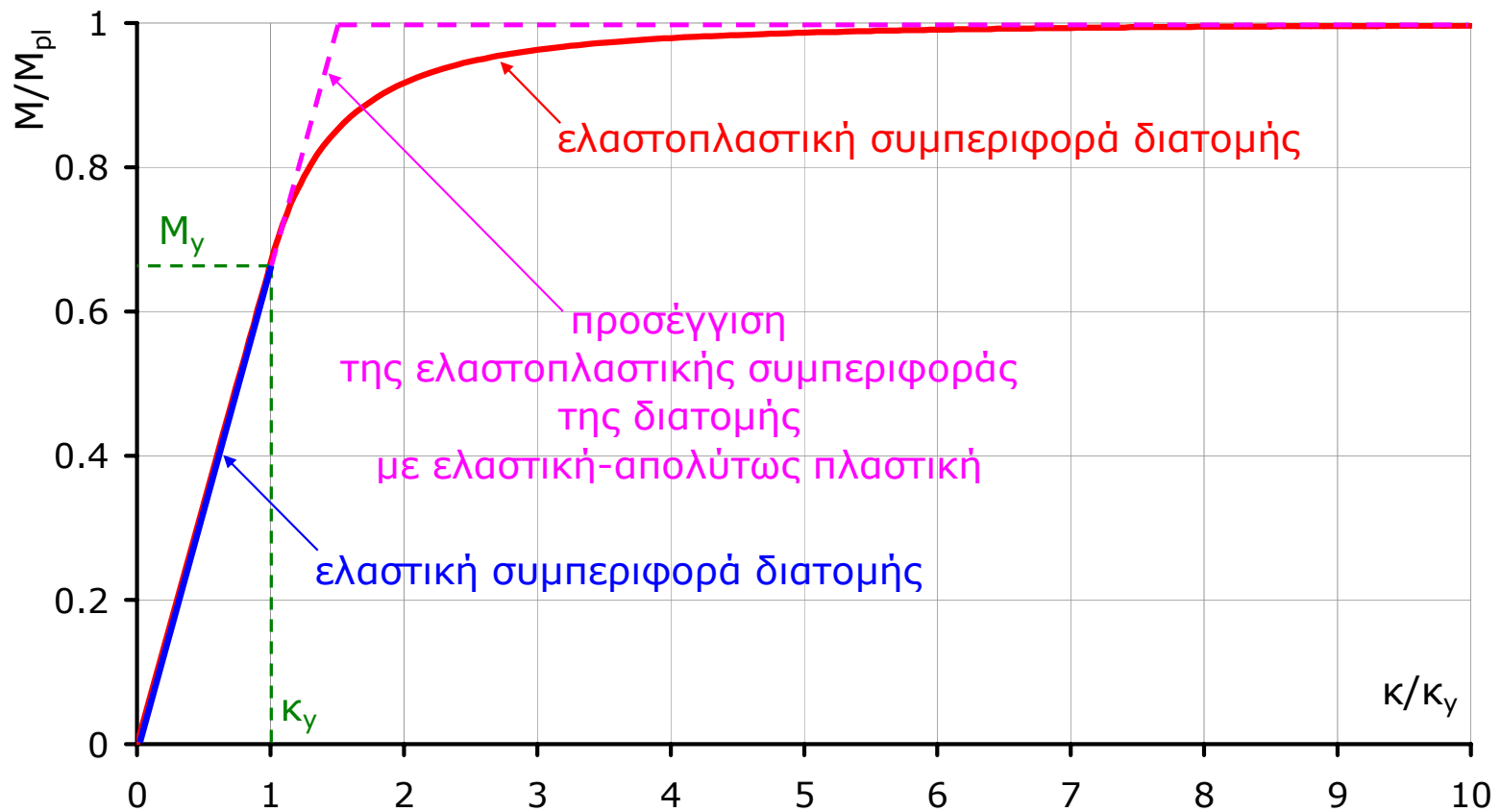




Ε.Μ.Π.

Ορθογωνική διατομή υπό καθαρή κάμψη

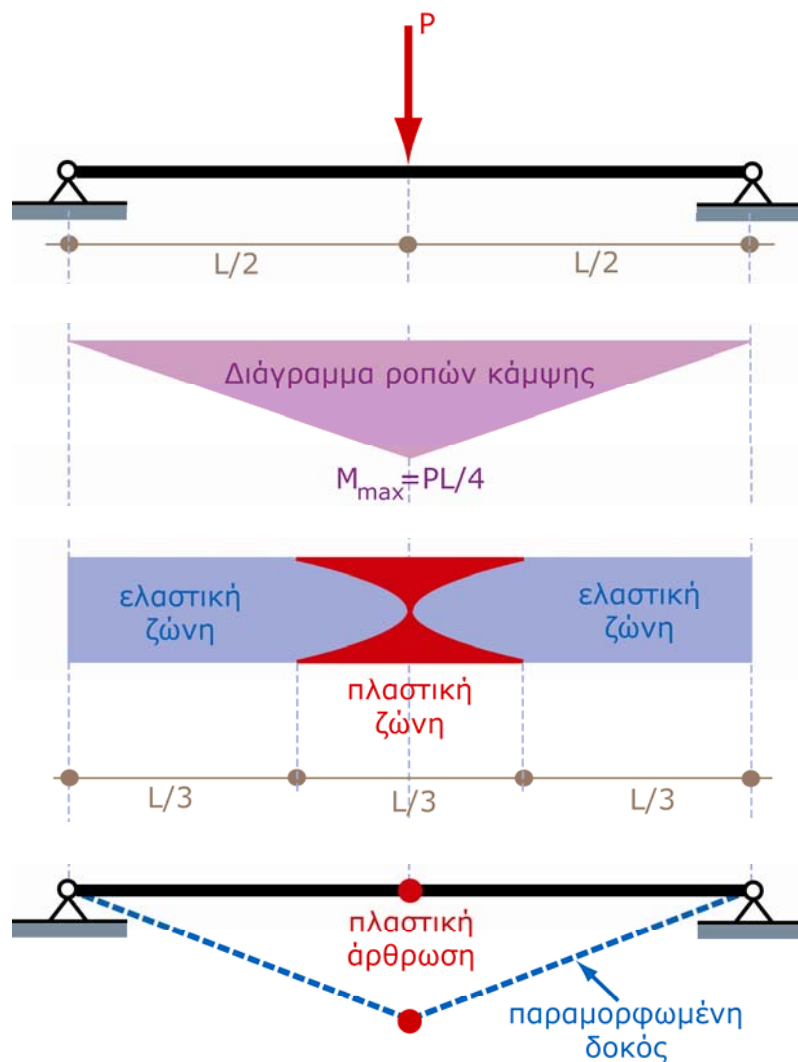
Διάγραμμα ροπών - καμπυλοτήτων





Ε.Μ.Π.

Η έννοια της πλαστικής άρθρωσης



$$\frac{a}{h} = \pm \sqrt{3 \cdot \left(1 - 2 \cdot \frac{x}{L}\right)}, \quad \frac{L}{3} \leq x \leq \frac{L}{2}$$

**Ελαστοπλαστικό
σύνορο**



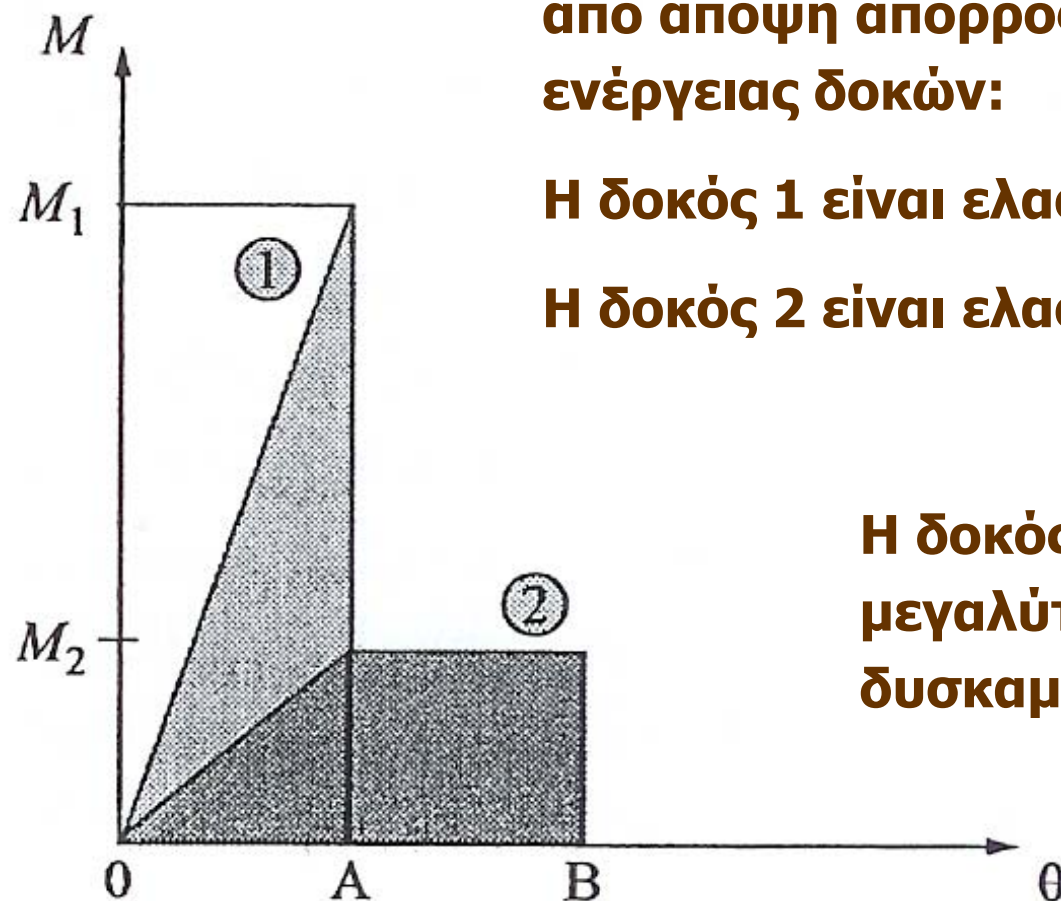
Ε.Μ.Π.

Απορρόφηση ενέργειας καμπτόμενου μέλους

Διάγραμμα $M-\theta$ δύο ισοδύναμων
από άποψη απορρόφησης
ενέργειας δοκών:

Η δοκός 1 είναι ελαστική

Η δοκός 2 είναι ελαστοπλαστική



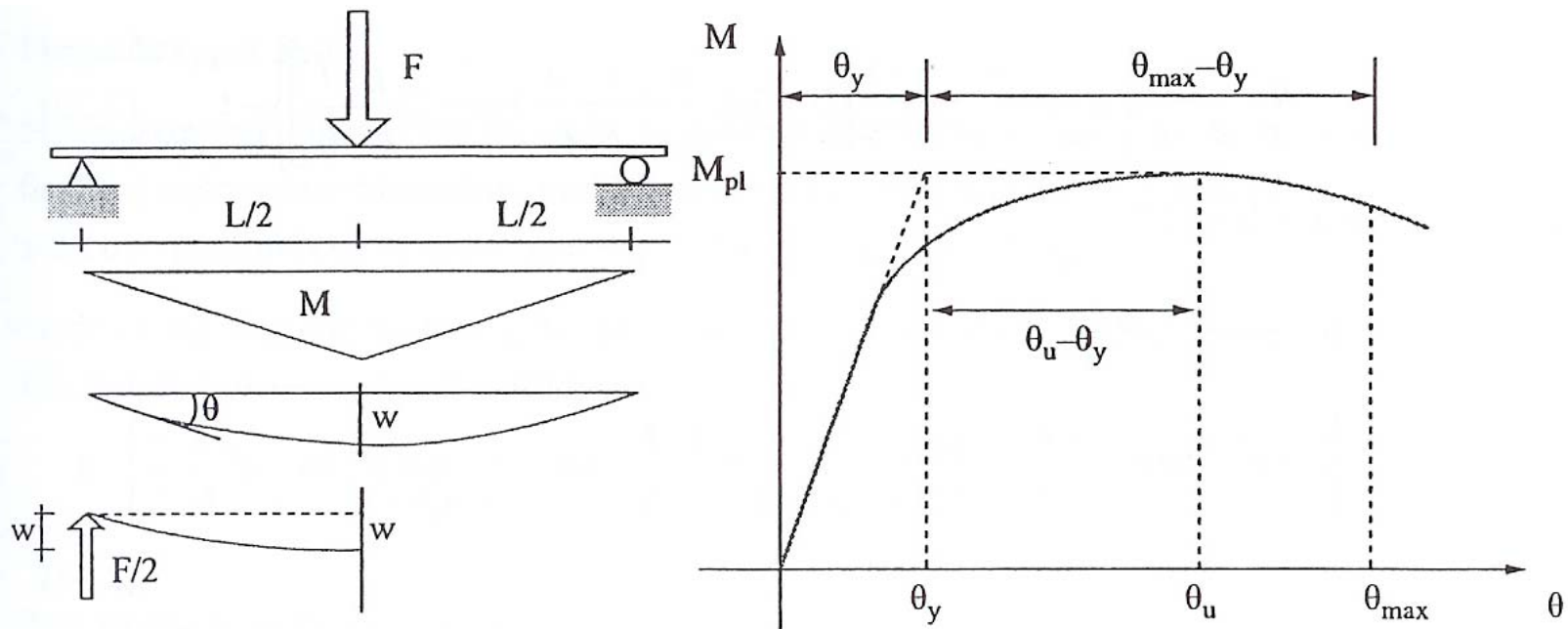
Η δοκός 1 έχει πολύ
μεγαλύτερη απαίτηση
δυσκαμψίας και αντοχής



Ε.Μ.Π.

Προϋπόθεση ελαστοπλαστικής συμπεριφοράς καμπτόμενου μέλους

Πρέπει τα μέλη να διαθέτουν επαρκή ικανότητα σχετικής στροφής των δύο άκρων τους χωρίς την εκδήλωση τοπικού λυγισμού.





Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Αστοχία από τοπικό λυγισμό



ΣΙΔΗΡΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΙΙ

ΔΙΑΛΕΞΗ 7
ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

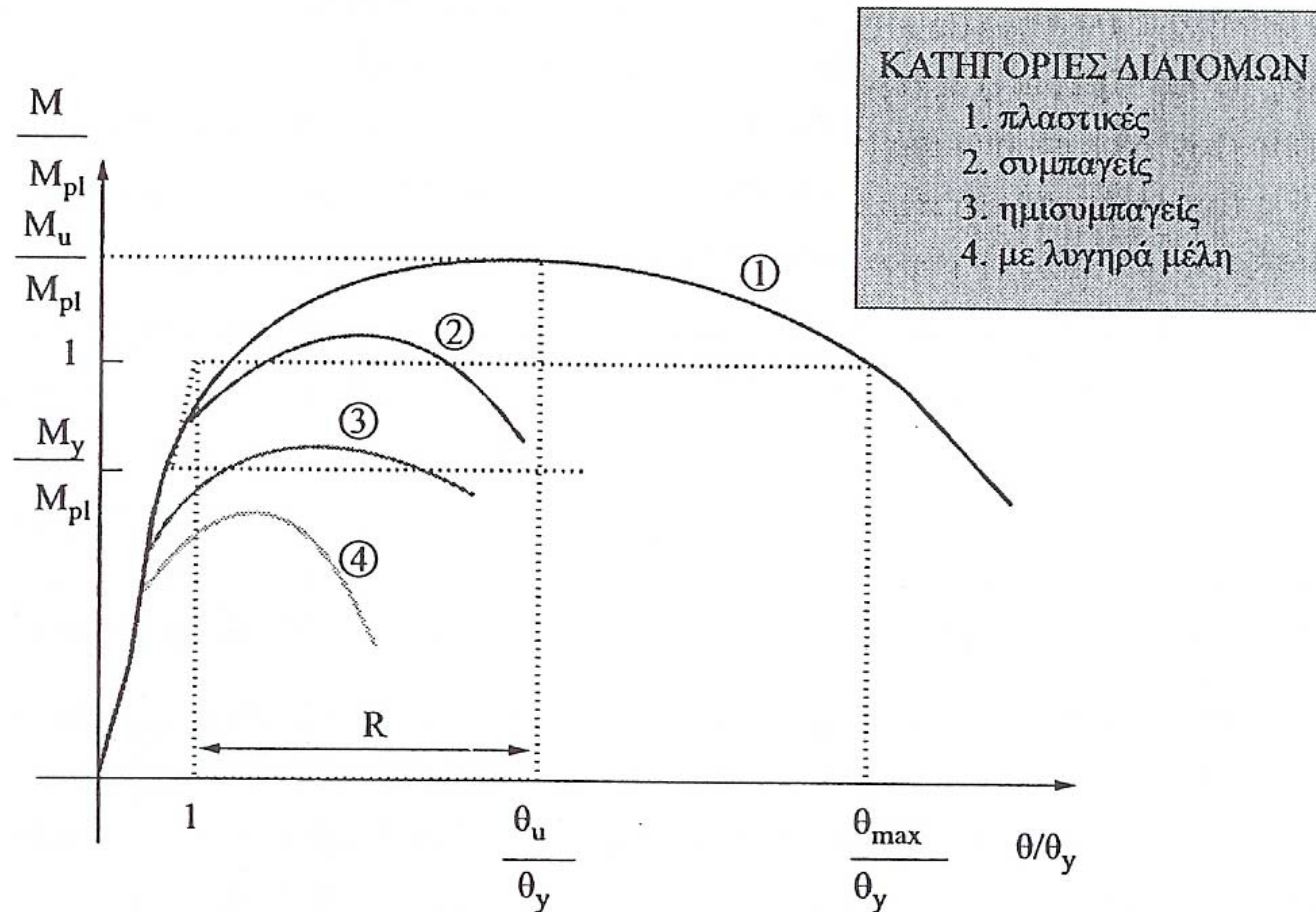
2008



Ε.Μ.Π.

Προϋπόθεση ελαστοπλαστικής συμπεριφοράς καμπτόμενου μέλους

Καμπύλες ροής – στροφής για διάφορες κατηγορίες διατομών

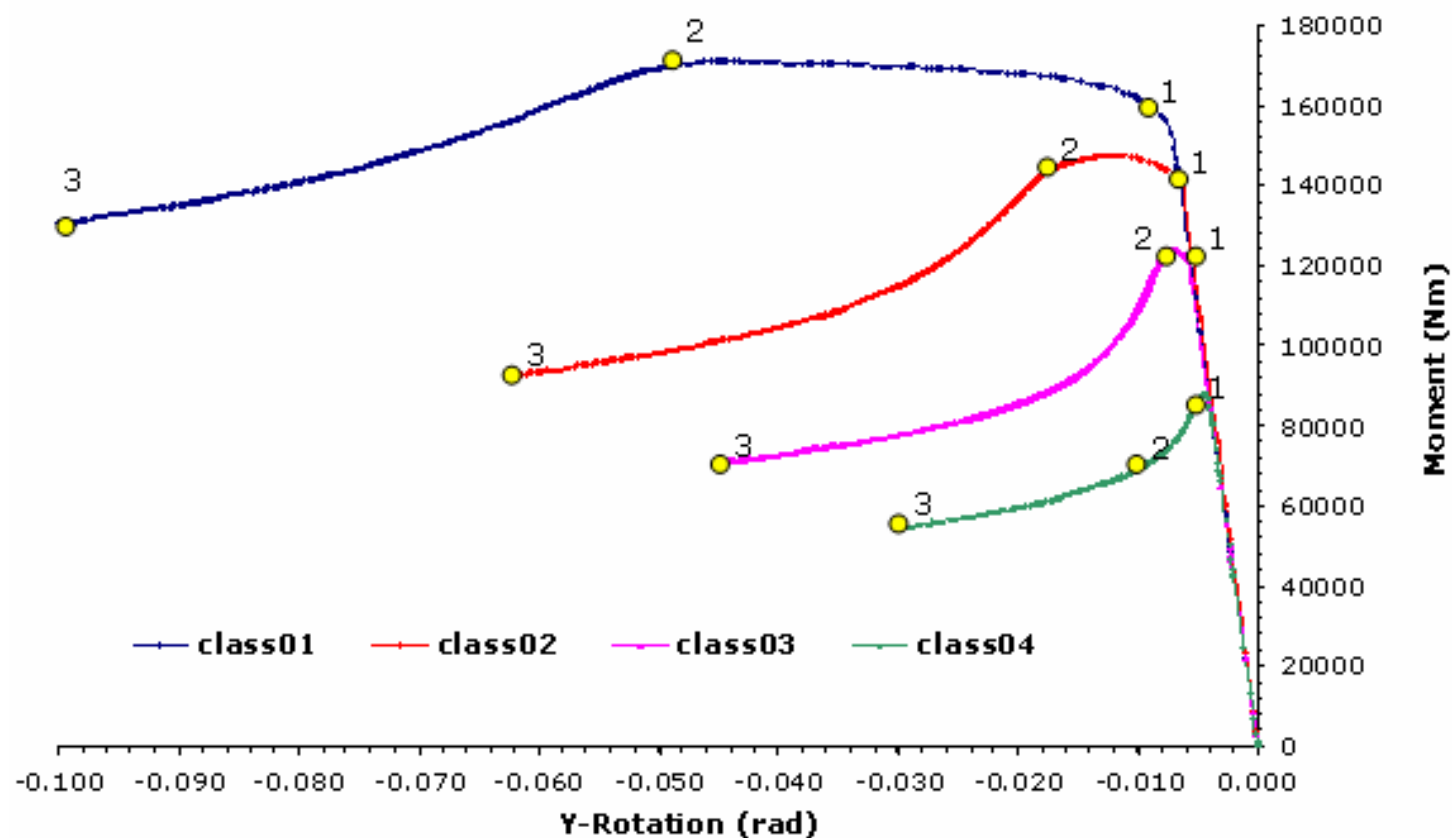




Ε.Μ.Π.

Προϋπόθεση ελαστοπλαστικής συμπεριφοράς καμπτόμενου μέλους

Καμπύλες ροής – στροφής για διάφορες κατηγορίες διατομών





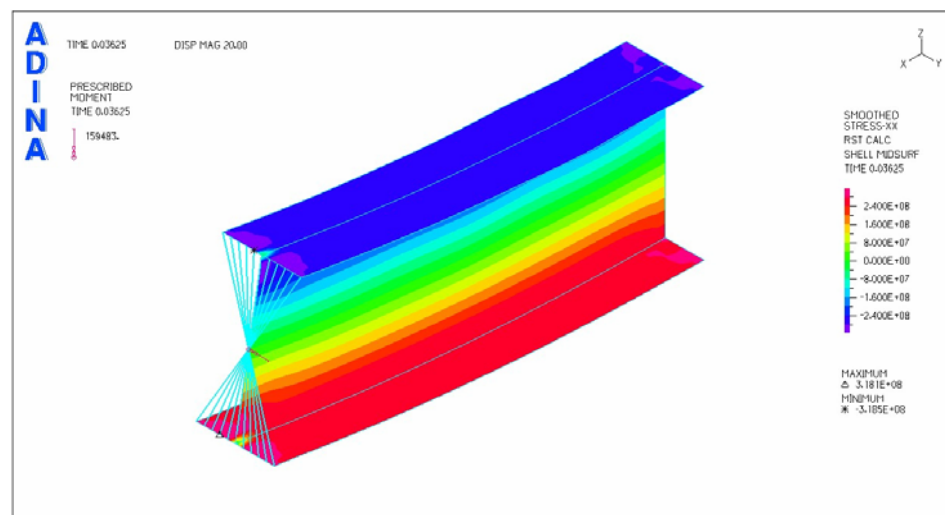
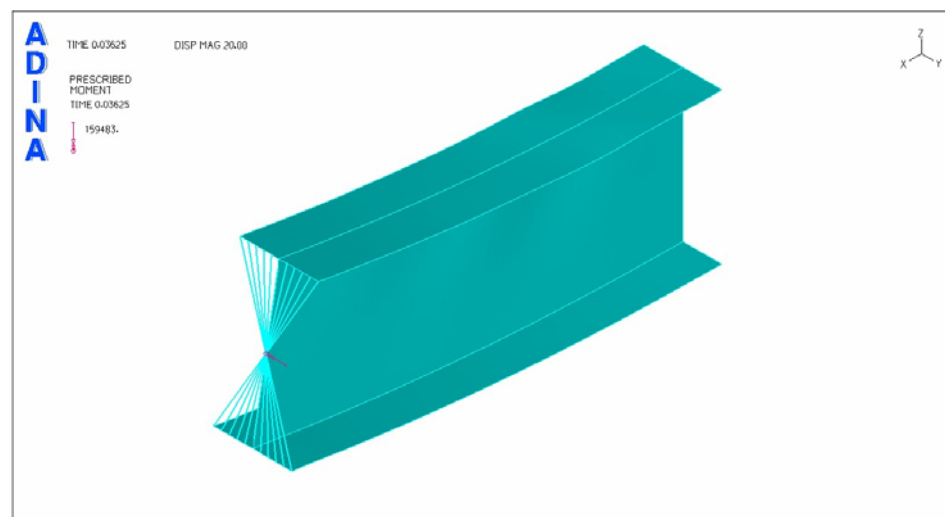
Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Αριθμητικές αναλύσεις για προσομοίωση τοπικού λυγισμού

Καμπτόμενος
πρόβολος
κατηγορίας 1

Σημείο 1





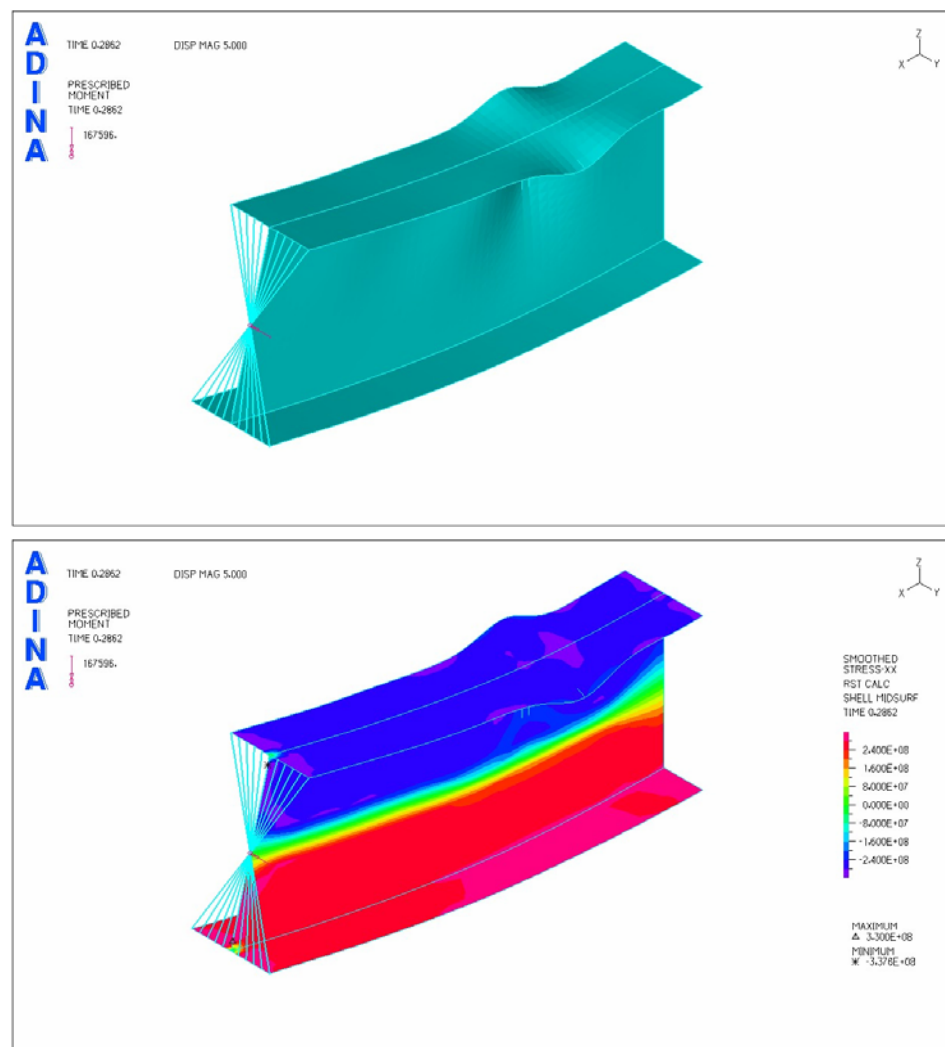
Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Αριθμητικές αναλύσεις για προσομοίωση τοπικού λυγισμού

Καμπτόμενος
πρόβολος
κατηγορίας 1

Σημείο 2





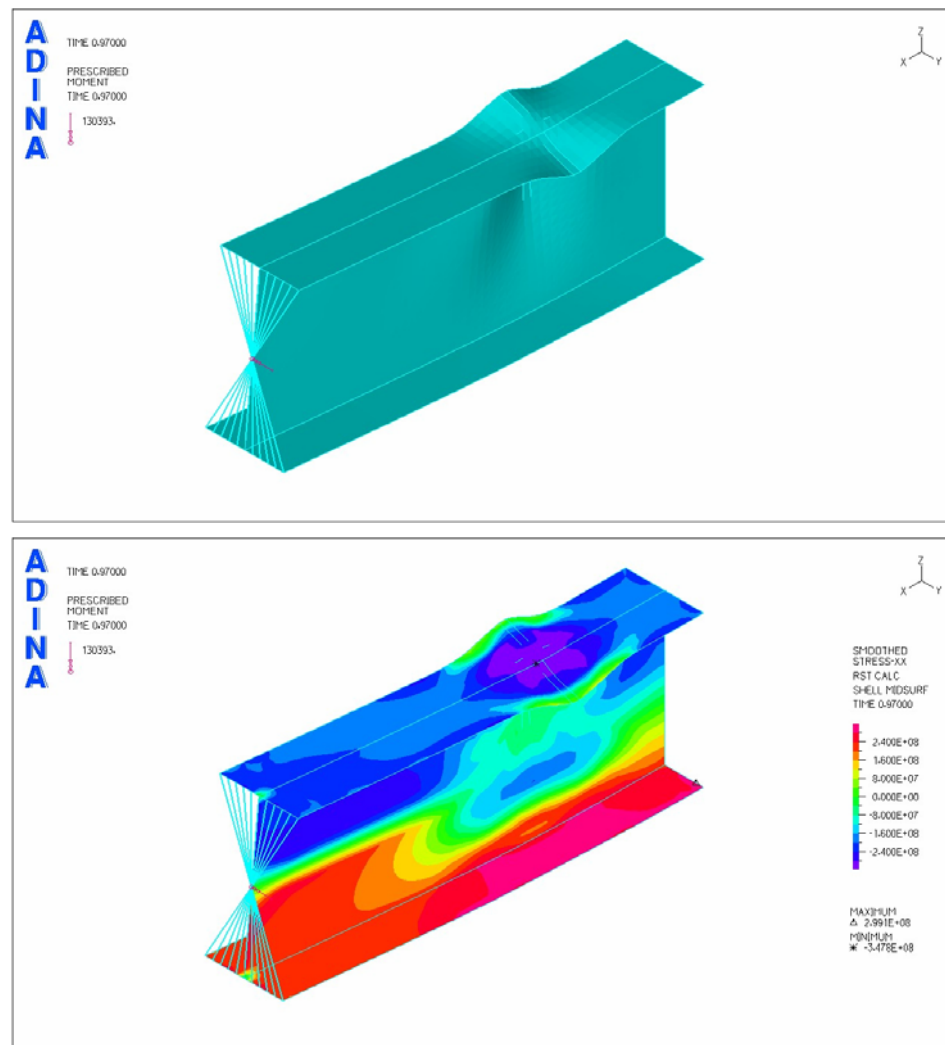
Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Αριθμητικές αναλύσεις για προσομοίωση τοπικού λυγισμού

Καμπτόμενος
πρόβολος
κατηγορίας 1

Σημείο 3



2008



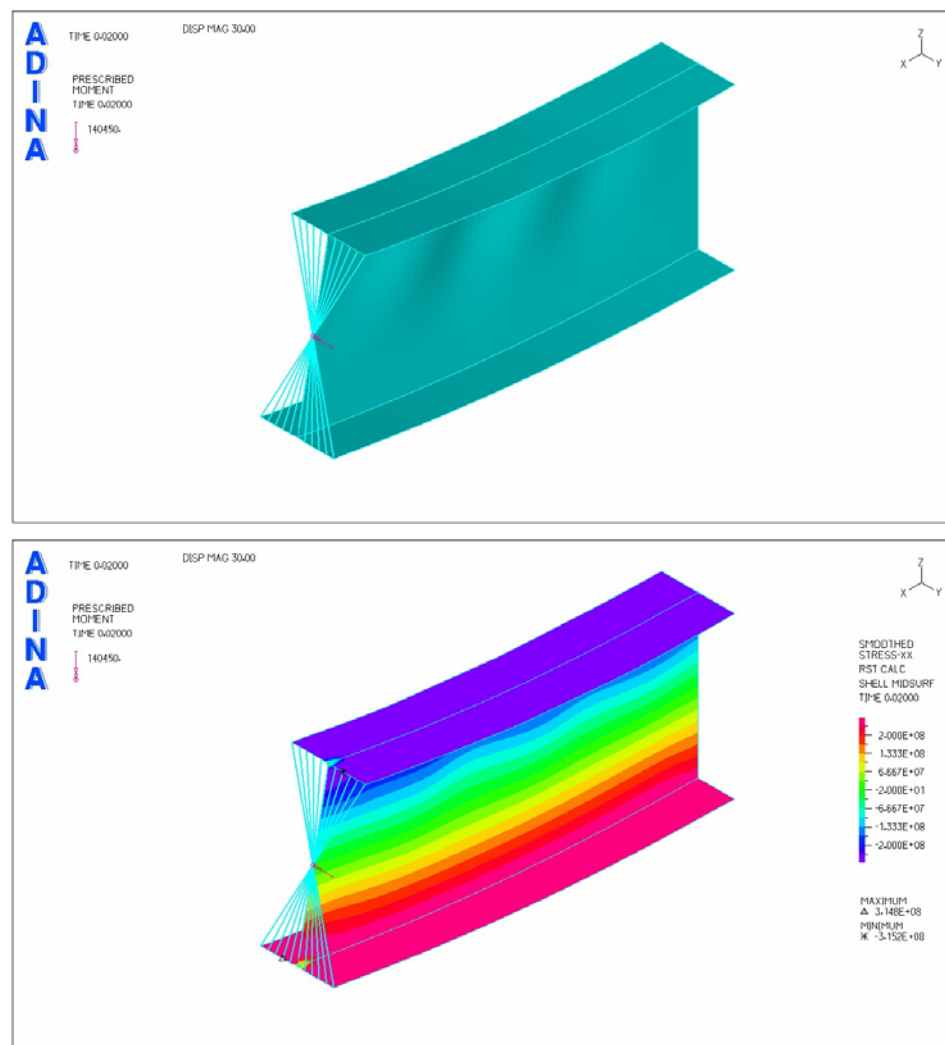
Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Αριθμητικές αναλύσεις για προσομοίωση τοπικού λυγισμού

Καμπτόμενος
πρόβολος
κατηγορίας 2

Σημείο 1





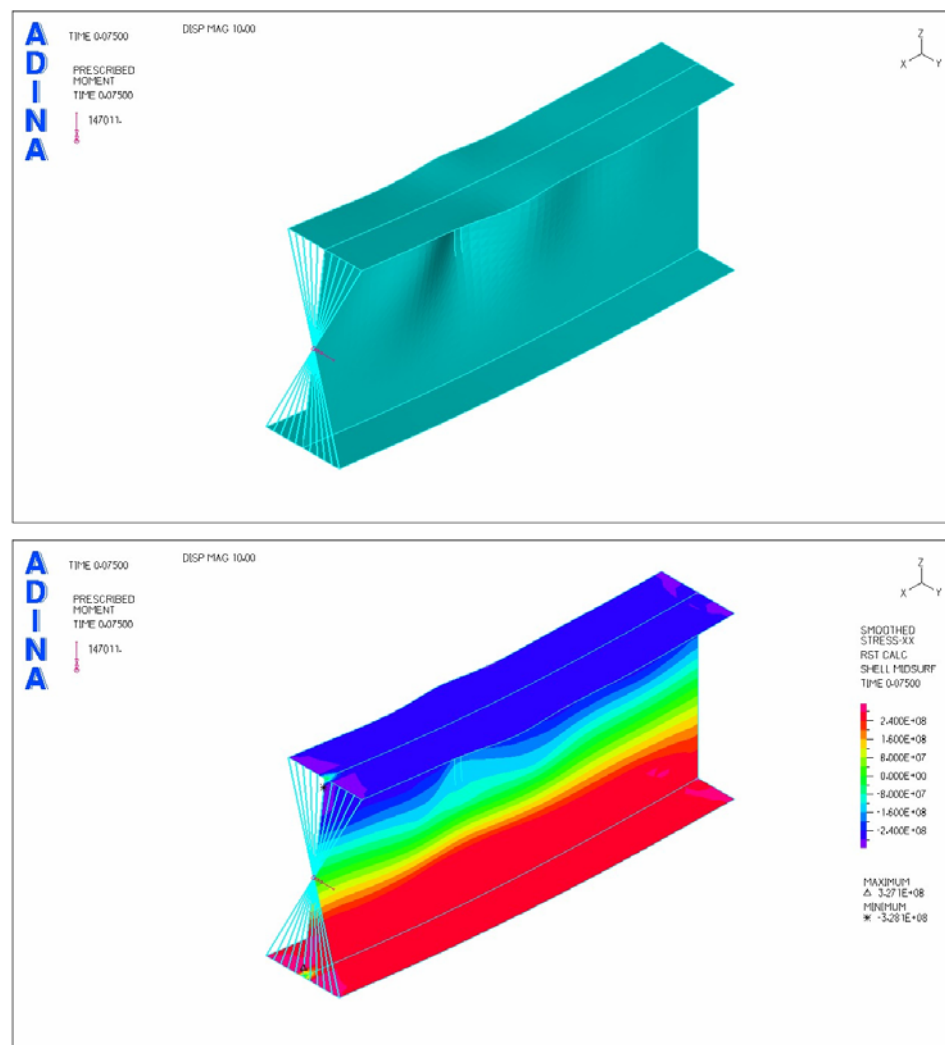
Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Αριθμητικές αναλύσεις για προσομοίωση τοπικού λυγισμού

Καμπτόμενος
πρόβολος
κατηγορίας 2

Σημείο 2





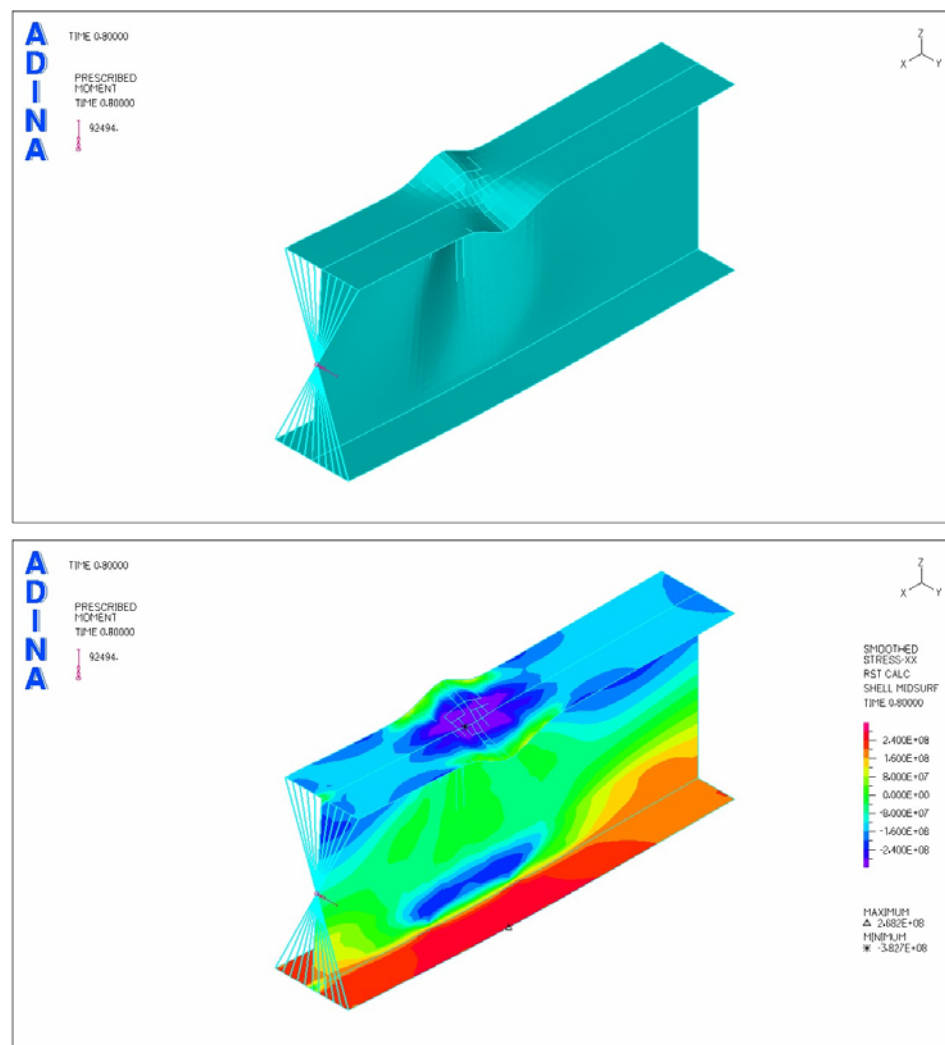
Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Αριθμητικές αναλύσεις για προσομοίωση τοπικού λυγισμού

Καμπτόμενος
πρόβολος
κατηγορίας 2

Σημείο 3





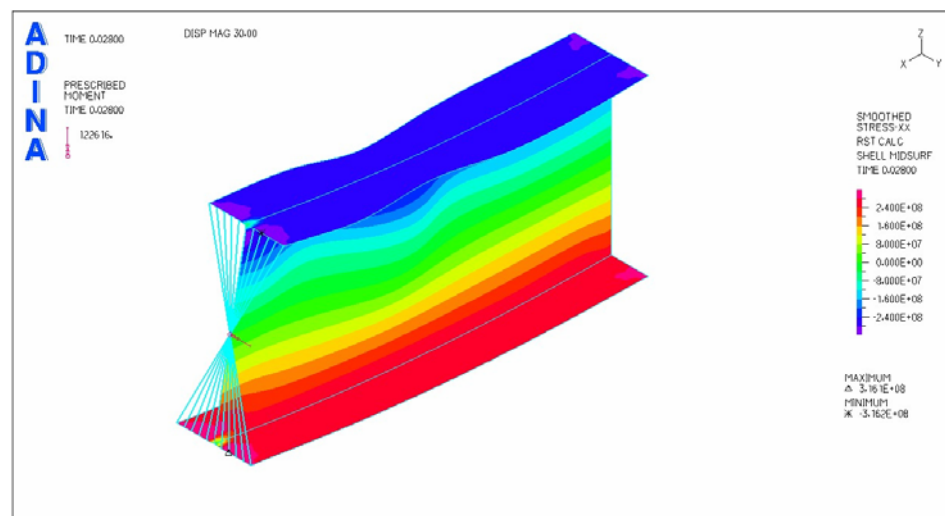
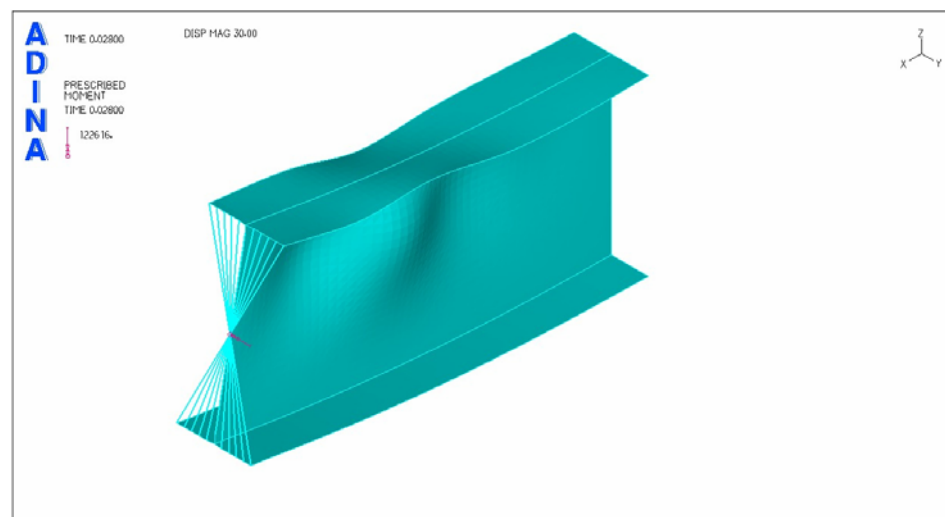
Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Αριθμητικές αναλύσεις για προσομοίωση τοπικού λυγισμού

Καμπτόμενος
πρόβολος
κατηγορίας 3

Σημείο 1





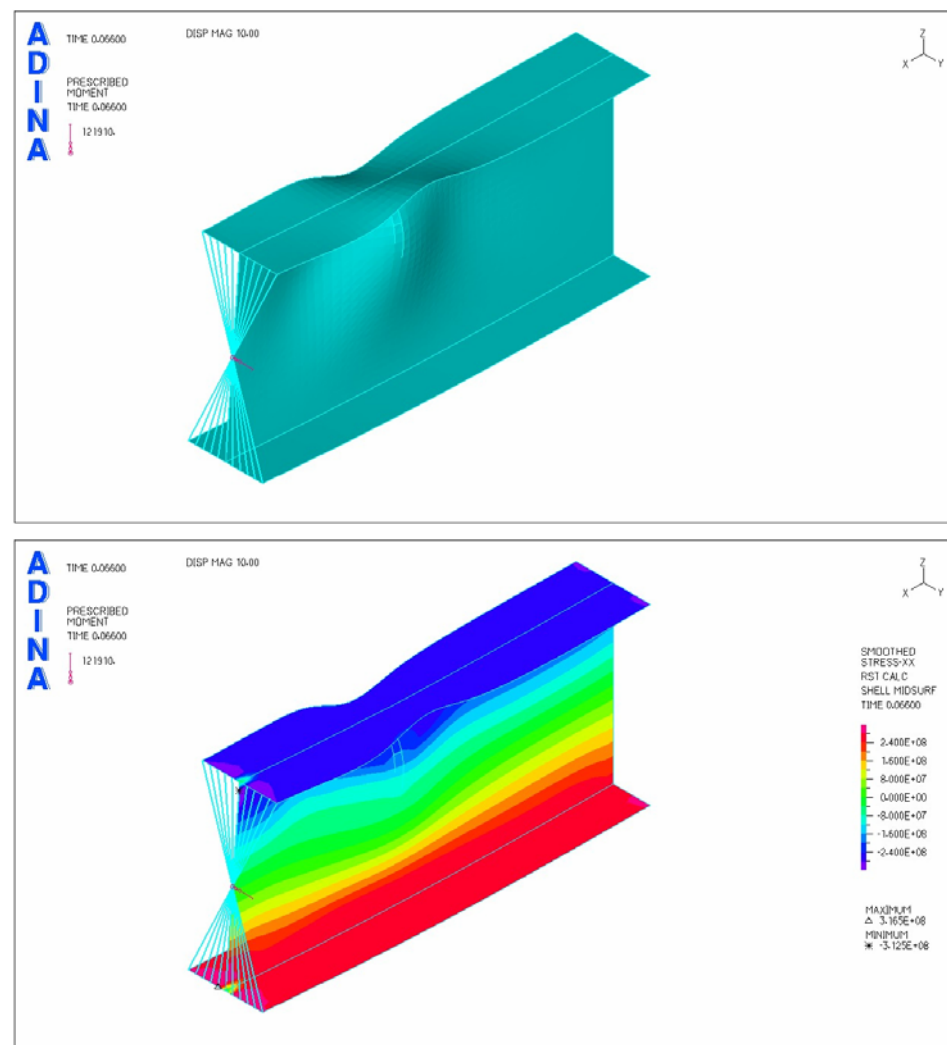
Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Αριθμητικές αναλύσεις για προσομοίωση τοπικού λυγισμού

Καμπτόμενος
πρόβολος
κατηγορίας 3

Σημείο 2





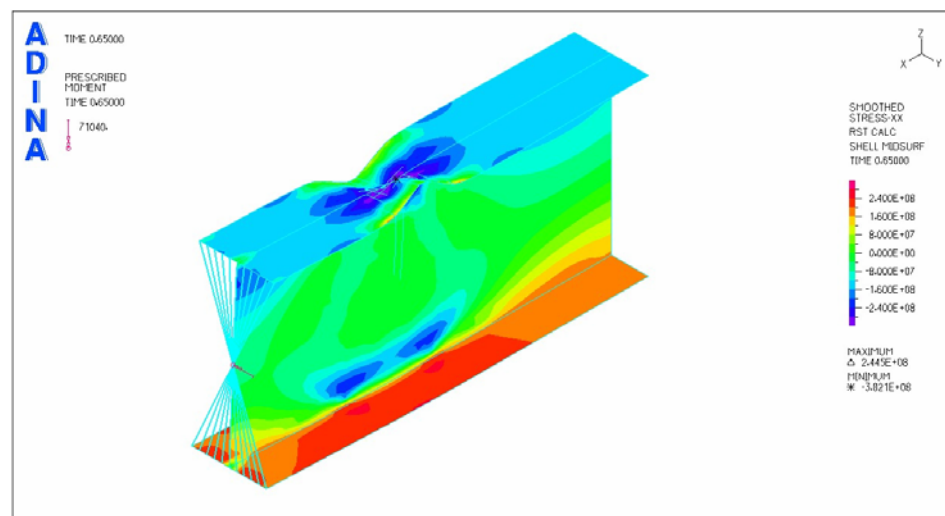
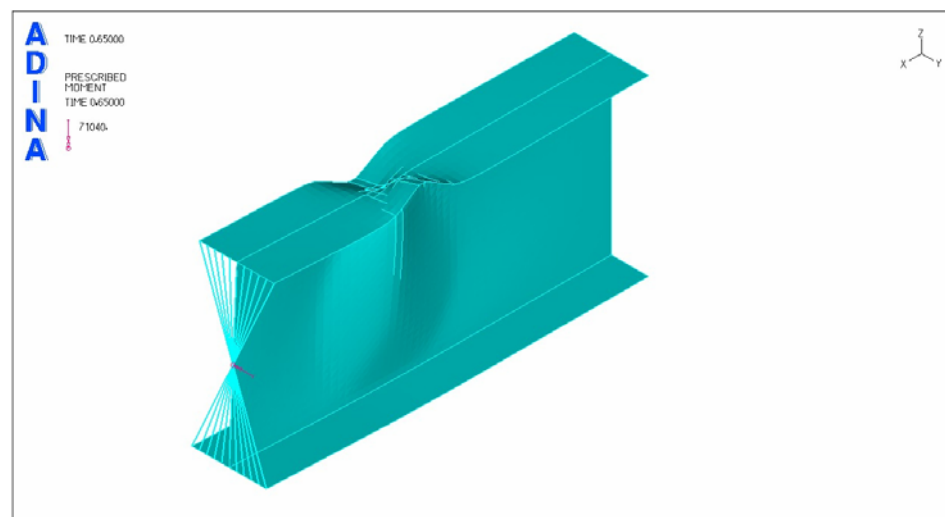
Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Αριθμητικές αναλύσεις για προσομοίωση τοπικού λυγισμού

Καμπτόμενος
πρόβολος
κατηγορίας 3

Σημείο 3





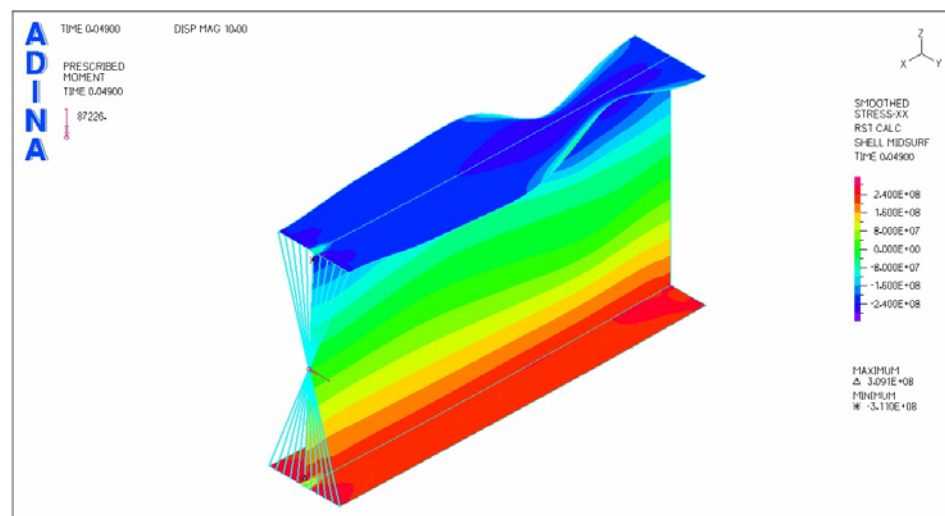
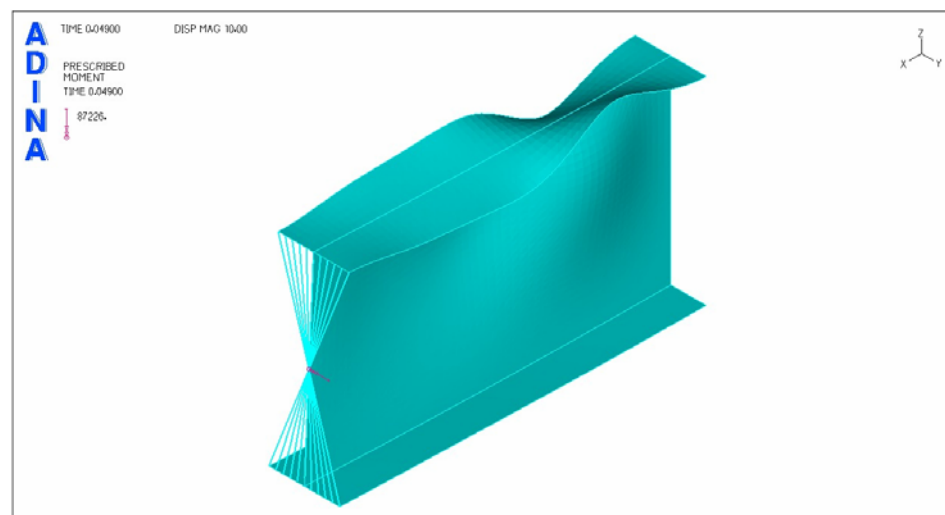
Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Αριθμητικές αναλύσεις για προσομοίωση τοπικού λυγισμού

Καμπτόμενος
πρόβολος
κατηγορίας 4

Σημείο 1





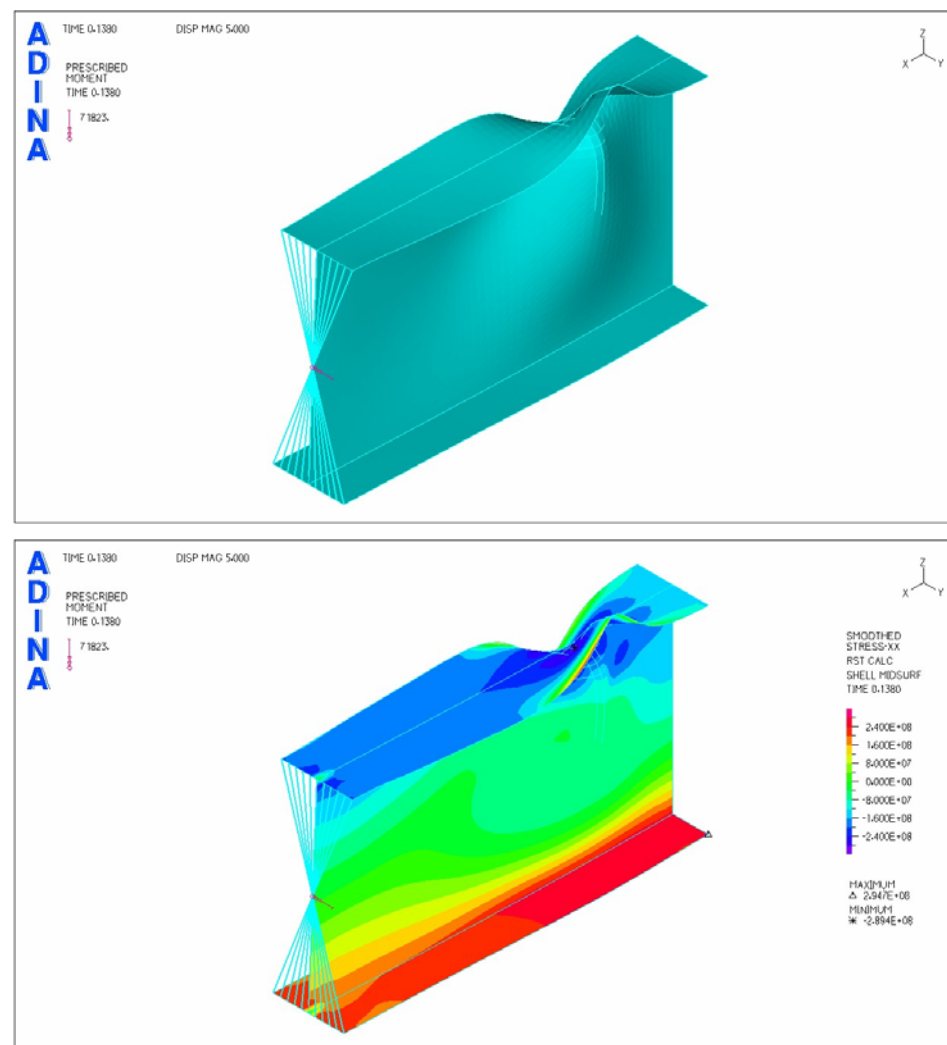
Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Αριθμητικές αναλύσεις για προσομοίωση τοπικού λυγισμού

Καμπτόμενος
πρόβολος
κατηγορίας 4

Σημείο 2



2008



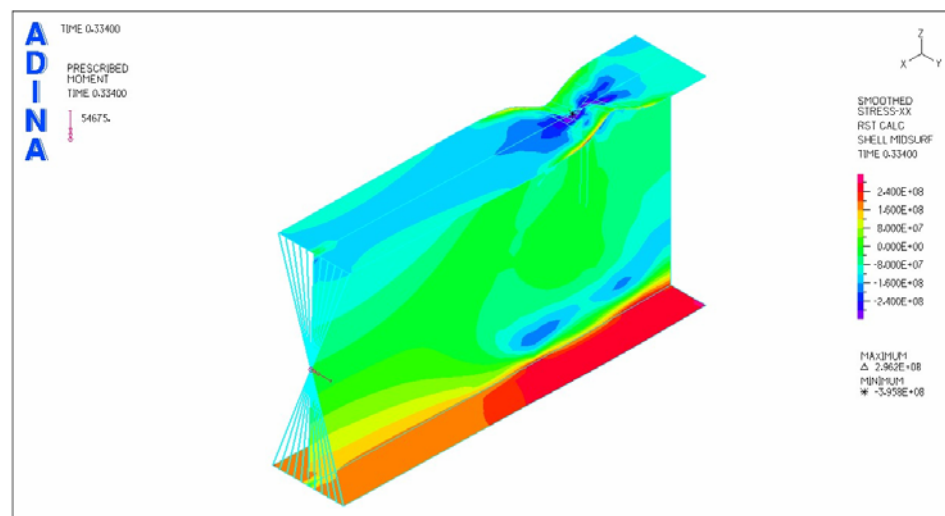
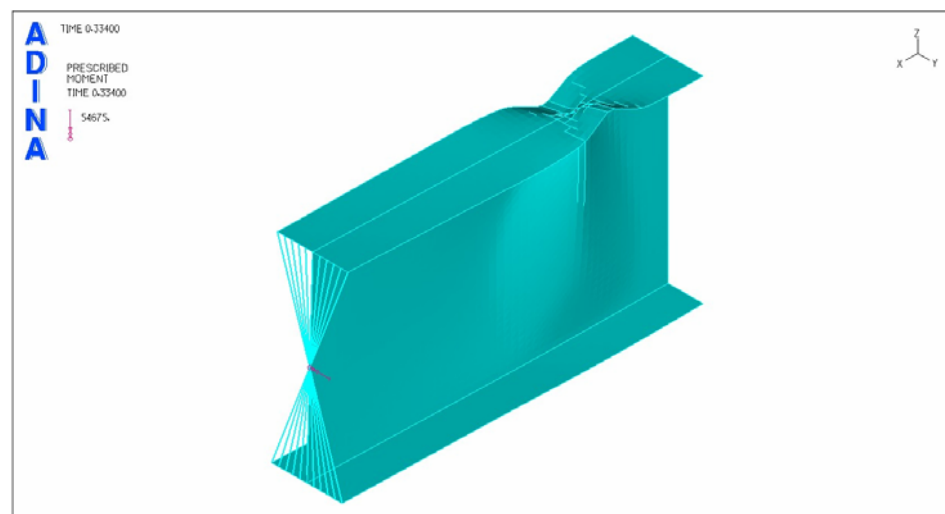
Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Αριθμητικές αναλύσεις για προσομοίωση τοπικού λυγισμού

Καμπτόμενος
πρόβολος
κατηγορίας 4

Σημείο 3

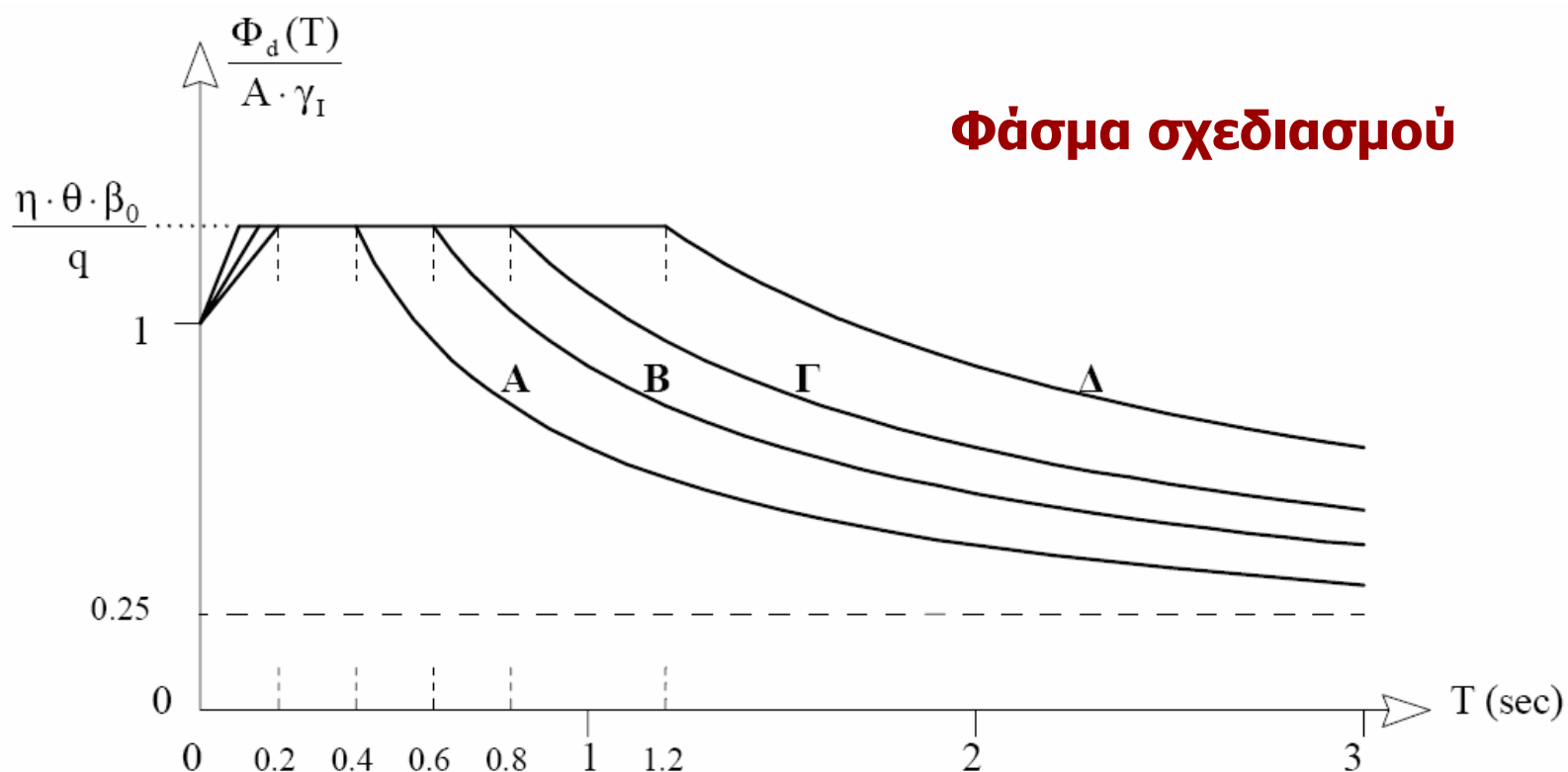




Ε.Μ.Π.

Σεισμικές δράσεις σχεδιασμού

Από τον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό 2000 (ΕΑΚ2000) – Κεφάλαιο 2





Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Σεισμικές δράσεις σχεδιασμού

Από τον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό 2000 (ΕΑΚ2000) – Κεφάλαιο 2

Φάσμα σχεδιασμού

Περιοχή Περιόδων

Εξίσωση

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

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

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



Ε.Μ.Π.

Σεισμικές δράσεις σχεδιασμού

Από τον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό 2000 (ΕΑΚ2000) – Κεφάλαιο 2

$A = \alpha \cdot g$	μέγιστη οριζόντια σεισμική επιτάχυνση του εδάφους (παρ. 2.3.3),
g	επιτάχυνση της βαρύτητας,
γ_I	συντελεστής σπουδαιότητας του κτιρίου (παρ. 2.3.4),
q	συντελεστής συμπεριφοράς της κατασκευής (παρ. 2.3.5),
η	διορθωτικός συντελεστής για ποσοστό απόσβεσης $\neq 5\%$,
θ	συντελεστής επιρροής της θεμελίωσης (παρ. 2.3.7),
T_1 και T_2	χαρακτηριστικές περίοδοι του φάσματος (Πίνακας 2.4),
$\beta_0 = 2.5$	συντελεστής φασματικής ενίσχυσης και
A, B, Γ, Δ	κατηγορία εδάφους (παρ. 2.3.6).



Ε.Μ.Π.

Σεισμικές δράσεις σχεδιασμού

Χάρτης σεισμικής επικινδυνότητας (ΕΑΚ2000)

2.3.3 Σεισμική επιτάχυνση εδάφους

- [1] Για την εφαρμογή του παρόντος Κανονισμού η Χώρα υποδιαιρείται σε ~~τέσσερις~~ **3** Ζώνες Σεισμικής Επικινδυνότητας I, II, III ~~και IV~~, τα όρια των οποίων καθορίζονται στον Χάρτη Σεισμικής Επικινδυνότητας της Ελλάδος (Σχήμα 2.2).
- [2] Στον Πίνακα 2.1 δίνεται κατάλογος οικισμών του ελληνικού χώρου και η Ζώνη Σεισμικής Επικινδυνότητας στην οποία ανήκουν.
- [3] Σε κάθε Ζώνη Σεισμικής Επικινδυνότητας αντιστοιχεί μία τιμή σεισμικής επιτάχυνσης εδάφους A, σύμφωνα με τον Πίνακα 2.2.
- [4] Οι τιμές των σεισμικών επιταχύνσεων εδάφους του Πίνακα 2.2 εκτιμάται, σύμφωνα με τα σεισμολογικά δεδομένα, ότι έχουν πιθανότητα υπέρβασης 10% στα 50 χρόνια.

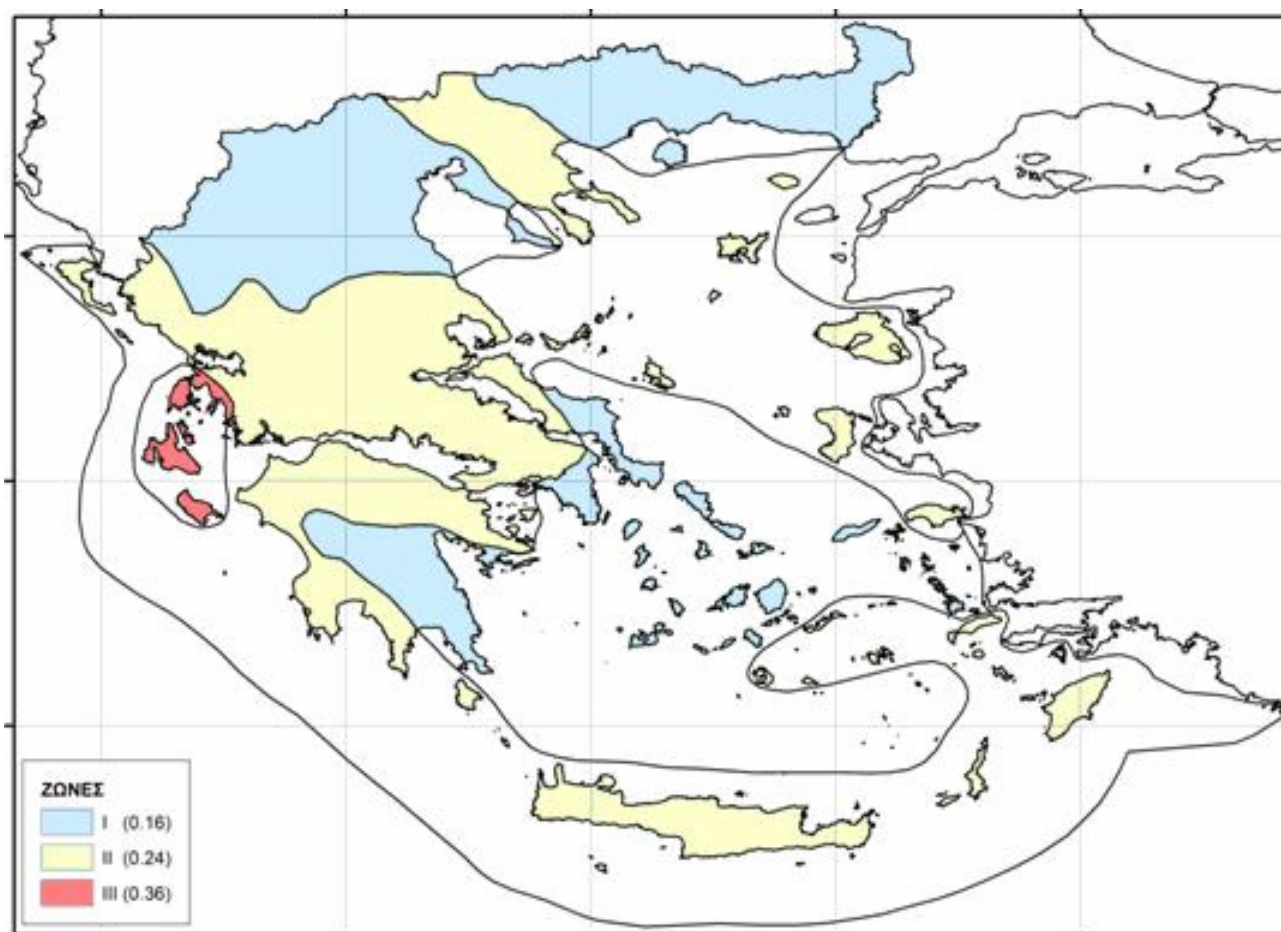


Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Σεισμικές δράσεις σχεδιασμού

Χάρτης σεισμικής επικινδυνότητας (ΕΑΚ2000)



ΣΙΔΗΡΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ II

ΔΙΑΛΕΞΗ 7
ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

2008



Ε.Μ.Π.

Σεισμικές δράσεις σχεδιασμού

Συντελεστής σπουδαιότητας γ_1 (ΕΑΚ2000)

Κατηγορία Σπουδαιότητας		γ_1
Σ1	Κτίρια μικρής σπουδαιότητας ως προς την ασφάλεια του κοινού, π.χ. αγροτικά οικήματα, υπόστεγα, στάβλοι κλπ.	0.85
Σ2	Συνήθη κτίρια κατοικιών και γραφείων, βιομηχανικά κτίρια, ξενοδοχεία κλπ.	1.00
Σ3	Εκπαιδευτικά κτίρια, κτίρια δημόσιων συναθροίσεων, αίθουσες αεροδρομίων και γενικώς κτίρια στα οποία ευρίσκονται πολλοί άνθρωποι κατά μεγάλο μέρος του 24ώρου. Κτίρια τα οποία στεγάζουν εγκαταστάσεις πολύ μεγάλης οικονομικής σημασίας (π.χ. κτίρια που στεγάζουν υπολογιστικά κέντρα, ειδικές βιομηχανίες) κλπ.	1.15
Σ4	Κτίρια των οποίων η λειτουργία, τόσο κατά την διάρκεια του σεισμού, όσο και μετά τους σεισμούς, είναι ζωτικής σημασίας, όπως κτίρια τηλεπικοινωνίας, παραγωγής ενέργειας, νοσοκομεία, πυροσβεστικοί σταθμοί, κτίρια δημόσιων επιτελικών υπηρεσιών. Κτίρια που στεγάζουν έργα μοναδικής καλλιτεχνικής αξίας (π.χ. μουσεία κλπ.).	1.30



Ε.Μ.Π.

Σεισμικές δράσεις σχεδιασμού

Κατάταξη εδαφών (ΕΑΚ2000)

2.3.6 Κατάταξη εδαφών

- [1] Από άποψη σεισμικής επικινδυνότητας τα εδάφη κατατάσσονται σε πέντε κατηγορίες Α, Β, Γ, Δ και Χ, που περιγράφονται στον Πίνακα 2.5.
- [2] Δόμηση μόνιμων έργων σε εδάφη κατηγορίας Χ μπορεί να γίνει μόνο ύστερα από λεπτομερείς έρευνες και μελέτες, εφόσον ληφθούν κατάλληλα μέτρα βελτίωσης των ιδιοτήτων του εδάφους, και αντιμετωπισθούν με ειδικό τρόπο τα συγκεκριμένα προβλήματα που υπάρχουν (βλ. Κεφ. 5).
- [3] Σχηματισμός πάχους μικρότερου των 5 m μπορεί να θεωρείται ότι ανήκει στην αμέσως προηγούμενη κατηγορία εδάφους με εξαίρεση την κατηγορία Χ.



Ε.Μ.Π.

Σεισμικές δράσεις σχεδιασμού

Κατάταξη εδαφών (ΕΑΚ2000)

Πίνακας 2.5: Κατηγορίες Εδάφους.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
A	<p>Βραχώδεις ή ημιβραχώδεις σχηματισμοί εκτεινόμενοι σε αρκετή έκταση και βάθος, με τη προϋπόθεση ότι δεν παρουσιάζουν έντονη αποσάθρωση</p> <p>Στρώσεις πυκνού κοκκώδους υλικού με μικρό ποσοστό ιλυοαργιλικών προσμίξεων, πάχους μικρότερου των 70μ.</p> <p>Στρώσεις πολύ σκληρής προσυμπιεσμένης αργίλου πάχους μικρότερου των 70μ.</p>
B	<p>Εντόνως αποσαθρωμένα βραχώδη ή εδάφη που από μηχανική άποψη μπορούν να εξομοιωθούν με κοκκώδη.</p> <p>Στρώσεις κοκκώδους υλικού μέσης πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 5μ. ή μεγάλης πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 70μ.</p> <p>Στρώσεις σκληρής προσυμπιεσμένης αργίλου πάχους μεγαλύτερου των 70μ.</p>
Γ	<p>Στρώσεις κοκκώδους υλικού μικρής σχετικής πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 5μ. ή μέσης πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 70μ.</p> <p>Ιλυοαργιλικά εδάφη μικρής αντοχής σε πάχος μεγαλύτερο των 5μ.</p>



Ε.Μ.Π.

Σεισμικές δράσεις σχεδιασμού

Κατάταξη εδαφών (ΕΑΚ2000)

Πίνακας 2.5: Κατηγορίες Εδάφους.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
Δ	Έδαφος με μαλακές αργίλους υψηλού δείκτη πλασιμότητας ($I_p > 50$) συνολικού πάχους μεγαλύτερου των 10μ.
Χ	<p>Χαλαρά λεπτόκοκκα αμμοϊλιώδη εδάφη υπό τον υδάτινο ορίζοντα, που ενδέχεται να ρευστοποιηθούν (εκτός αν ειδική μελέτη αποκλείσει τέτοιο κίνδυνο, ή γίνει βελτίωση των μηχανικών τους ιδιοτήτων)</p> <p>Εδάφη που βρίσκονται δίπλα σε εμφανή τεκτονικά ρήγματα. (Βλπ. και παρ. 5.1[3]).</p> <p>Απότομες κλιτείς καλυπτόμενες με προϊόντα χαλαρών πλευρικών κορημάτων.</p> <p>Χαλαρά κοκκώδη ή μαλακά ιλυοαργιλικά εδάφη, εφόσον έχει αποδειχθεί ότι είναι επικίνδυνα από άποψη δυναμικής συμπεκνώσεως ή απώλειας αντοχής.</p> <p>Πρόσφατες χαλαρές επιχωματώσεις (μπάζα). Οργανικά εδάφη.</p> <p>Εδάφη κατηγορίας Γ με επικινδύνως μεγάλη κλίση.</p>



Ε.Μ.Π.

Ε
Ρ
Γ
Α
Σ
Τ
Η
ΡΙ
Ο

Μ
Ε
Τ
Α
Λ
Λ
Ι
Κ
Ω
Ν

Κ
Α
Τ
Α
Σ
Κ
Ε
Υ
Ω
Ν

Σεισμικές δράσεις σχεδιασμού

Συντελεστής επιρροής θεμελίωσης θ (ΕΑΚ2000)

Σε εδάφη Κατηγορίας Α ή Β ο συντελεστής θ λαμβάνει την τιμή 1.0. Σε εδάφη κατηγορίας Γ ή Δ ο συντελεστής θεμελίωσης θ επιτρέπεται να λαμβάνει τις τιμές που δίνονται στον Πίνακα 2.7, όταν συντρέχει τουλάχιστον μία από τις προϋποθέσεις που αναφέρονται σε αυτόν και εφόσον η προκύπτουσα φασματική επιτάχυνση σχεδιασμού δεν είναι μικρότερη από εκείνη που θα προέκυπτε για έδαφος κατηγορίας Β.



Ε.Μ.Π.

Σεισμικές δράσεις σχεδιασμού

Συντελεστής επιρροής θεμελίωσης θ (ΕΑΚ2000)

Πίνακας 2.7: Συντελεστής Θεμελίωσης θ .

Προϋποθέσεις		
1α.	Το κτίριο διαθέτει ένα υπόγειο	0.90
1β.	Η θεμελίωση του κτιρίου είναι γενική κοιτόστρωση	
1γ.	Η θεμελίωση του κτιρίου είναι με πασσάλους που φέρουν δοκούς σύνδεσης στην κεφαλή	
2α.	Το κτίριο διαθέτει δύο τουλάχιστον υπόγεια	0.80
2β.	Το κτίριο διαθέτει ένα τουλάχιστον υπόγειο και η θεμελίωση είναι γενική κοιτόστρωση	
2γ.	Η θεμελίωση του κτιρίου είναι με πασσάλους που συνδέονται με ενιαίο κεφαλόδεσμο (όχι αναγκαστικά ενιαίου πάχους)	
Παρατήρηση: Υπόγειος θεωρείται ένας όροφος όταν έχει περιμετρικά τοιχώματα έτσι, ώστε οι συνδεόμενες πλάκες να είναι πρακτικά αμετάθετες.		



Ε.Μ.Π.

Σεισμικές δράσεις σχεδιασμού

Συντελεστής απόσβεσης η (ΕΑΚ2000)

Ο διορθωτικός συντελεστής απόσβεσης υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\eta = \sqrt{\frac{7}{2+\zeta}} \geq 0.7 \dots\dots\dots (2.2)$$

ζ : ποσοστό απόσβεσης



Ε.Μ.Π.

Σεισμικές δράσεις σχεδιασμού

Συντελεστής απόσβεσης η (ΕΑΚ2000)

Πίνακας 2.8: Τιμές ποσοστού απόσβεσης ζ .

Είδος Κατασκευής	$\zeta\%$
Μεταλλική: με συγκολλήσεις	2
με κοχλιώσεις	4
Σκυρόδεμα: άοπλο	3
οπλισμένο	5
προεντεταμένο	4
Τοιχοποιία: οπλισμένη	6
διαζωματική	5
Ξύλινη: κολλητή	4
κοχλιωτή	4
ηλωτή	5



Ε.Μ.Π.

Σεισμικές δράσεις σχεδιασμού

Συντελεστής απόσβεσης η (ΕΑΚ2000)

**Συγκολλητές
μεταλλικές κατασκευές**

$$\eta = \sqrt{\frac{7}{2+\zeta}} = \sqrt{\frac{7}{2+2}} = \sqrt{\frac{7}{4}} = 1,323$$

**Κοχλιωτές μεταλλικές
κατασκευές**

$$\eta = \sqrt{\frac{7}{2+\zeta}} = \sqrt{\frac{7}{2+4}} = \sqrt{\frac{7}{6}} = 1,080$$

**Κοχλιωτές & συγκολλητές
μεταλλικές κατασκευές
(προσέγγιση)**

$$\eta = \sqrt{\frac{7}{2+\zeta}} = \sqrt{\frac{7}{2+3}} = \sqrt{\frac{7}{5}} = 1,183$$



Ε.Μ.Π.

Σεισμικές δράσεις σχεδιασμού

Συντελεστής συμπεριφοράς q (ΕΑΚ2000)

2.3.5 Συντελεστής συμπεριφοράς q

- [1] Ο συντελεστής αυτός εισάγει την μείωση των σεισμικών επιταχύνσεων της πραγματικής κατασκευής λόγω μετελαστικής συμπεριφοράς, σε σχέση με τις επιταχύνσεις που προκύπτουν υπολογιστικά σε απεριορίστα ελαστικό σύστημα.

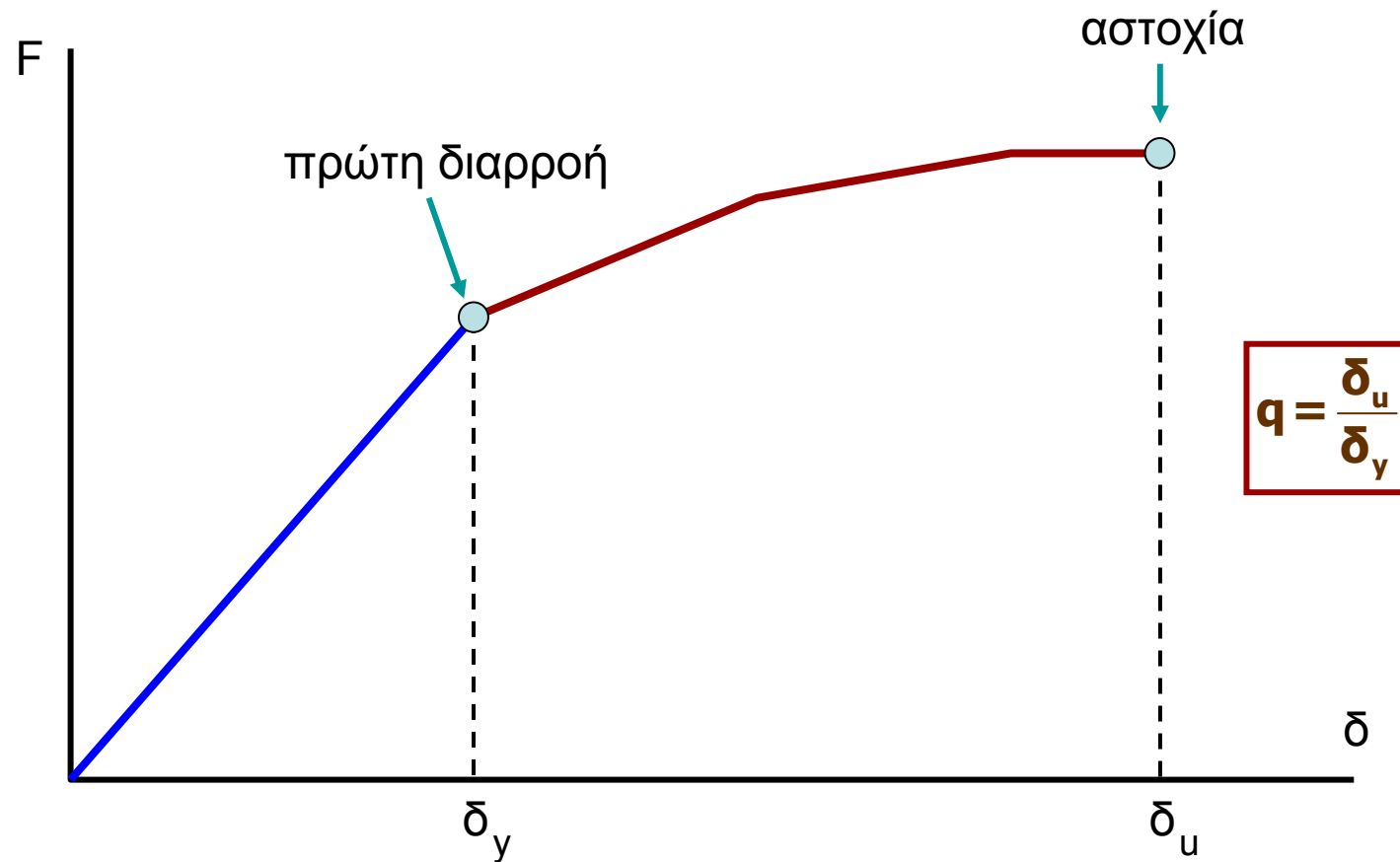


Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Σεισμικές δράσεις σχεδιασμού

Συντελεστής συμπεριφοράς q (ΕΑΚ2000)





Ε.Μ.Π.

Σεισμικές δράσεις σχεδιασμού

Συντελεστής συμπεριφοράς q (ΕΑΚ2000)

- [2] Μέγιστες τιμές του q δίδονται στον Πίνακα 2.6 ανάλογα με το είδος του υλικού κατασκευής και τον τύπο του δομικού συστήματος. Οι τιμές αυτές ισχύουν υπό την βασική προϋπόθεση ότι για τον σεισμό σχεδιασμού έχουμε έναρξη διαρροής του συστήματος (πρώτη πλαστική άρθρωση) και με την περαιτέρω αύξηση της φόρτισης είναι δυνατός ο σχηματισμός αξιόπιστου μηχανισμού διαρροής με την δημιουργία ικανού αριθμού πλαστικών αρθρώσεων (πλάστιμη συμπεριφορά).
- [3] Σε περίπτωση επιθυμητής ελαστικής συμπεριφοράς λαμβάνεται $q = 1$.

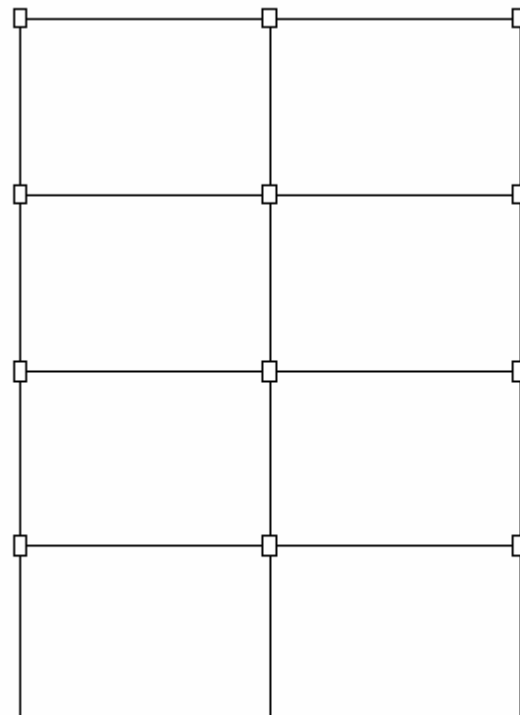


Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Ελαστοπλαστική σεισμική απόκριση

Κατάρρευση 4 - ορόφου μεταλλικού κτιρίου, (Σ. Τράπεζα: ΜΙΚΑ, E-Defense)
Μη γραμμική ανάλυση με χρονική ολοκλήρωση:
ελαστική συμπεριφορά έως και κατάρρευση



(Πηγή:
Lignos & Krawinkler
2007)



Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Ελαστοπλαστική σεισμική απόκριση

Κατάρρευση 4 - ορόφου μεταλλικού κτιρίου, (Σ. Τράπεζα: ΜΙΚΑ, E-Defense)



(Πηγή: Lignos & Krawinkler 2007)

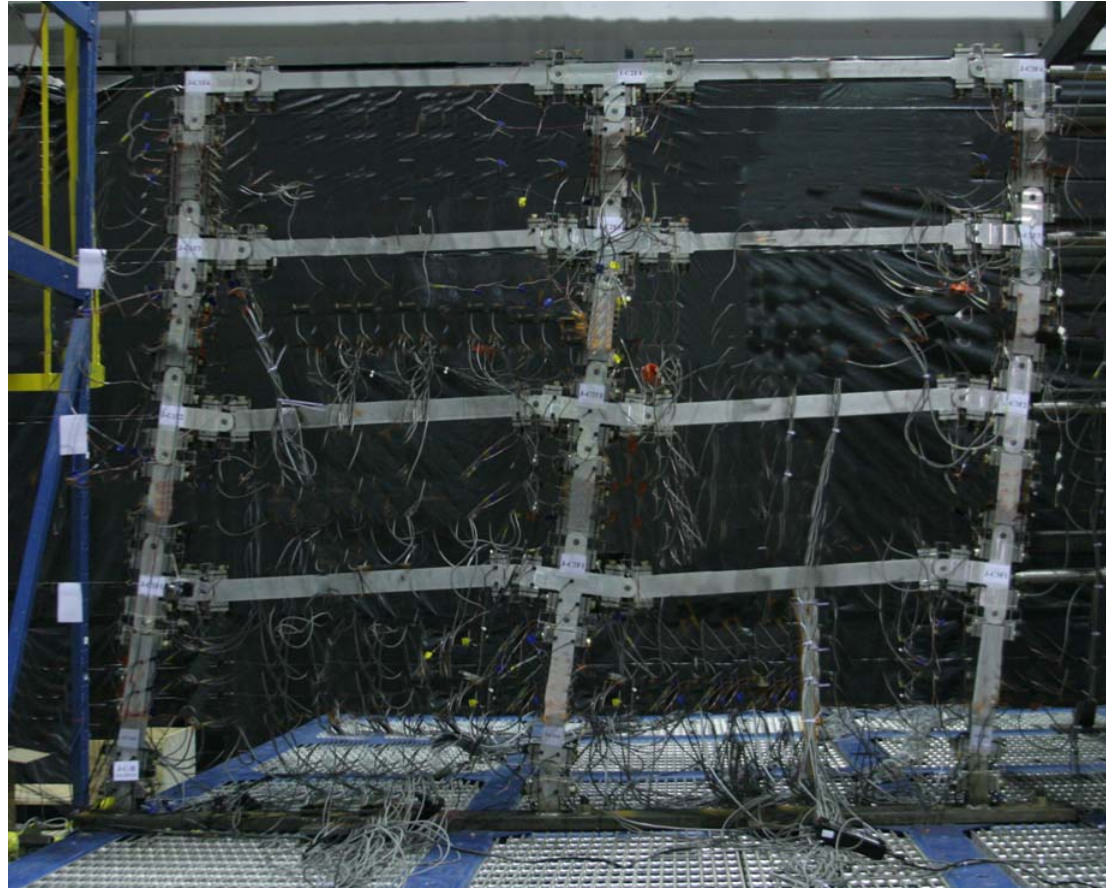


Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Ελαστοπλαστική σεισμική απόκριση

Κατάρρευση 4 - ορόφου μεταλλικού κτιρίου, (Σ. Τράπεζα: ΜΙΚΑ, E-Defense)



(Πηγή: Lignos & Krawinkler 2007)



Ε.Μ.Π.

Ελαστοπλαστική σεισμική απόκριση

Κατάρρευση 4 - ορόφου μεταλλικού κτιρίου, (Σ. Τράπεζα: ΜΙΚΑ, E-Defense)



(Πηγή: Lignos & Krawinkler 2007)

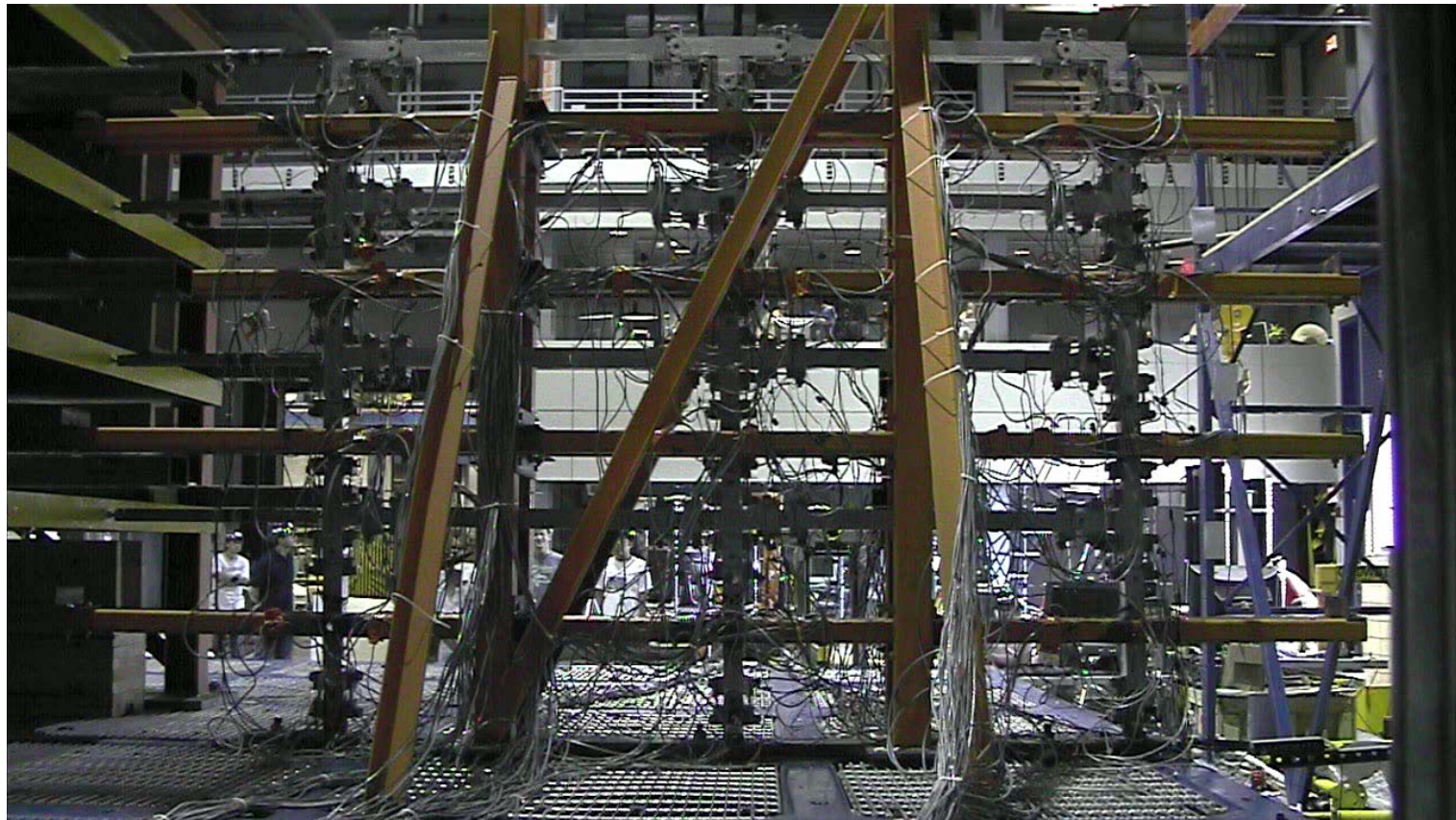


Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Ελαστοπλαστική σεισμική απόκριση

Κατάρρευση 4 - ορόφου μεταλλικού κτιρίου, (Σ. Τράπεζα: ΜΙΚΑ, E-Defense)



(Πηγή: Lignos & Krawinkler 2007)



Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Ελαστοπλαστική σεισμική απόκριση

Κατάρρευση 4 - ορόφου μεταλλικού κτιρίου, (Σ. Τράπεζα: ΜΙΚΑ, E-Defense)



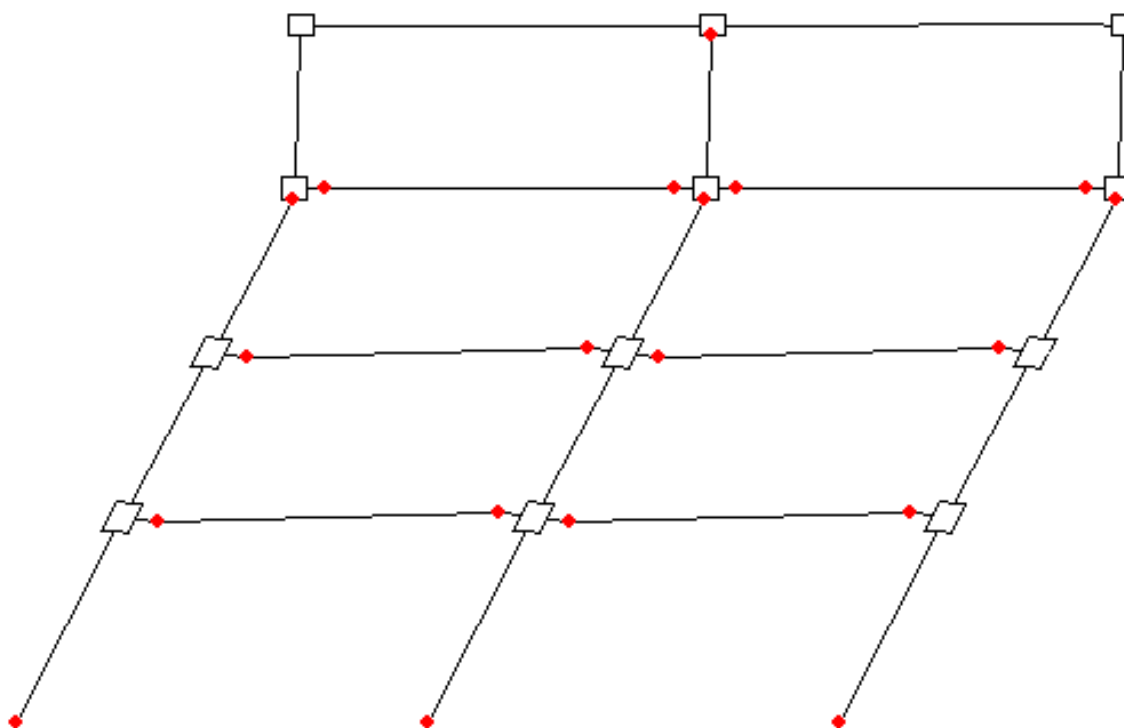
(Πηγή: Lignos & Krawinkler 2007)



Ε.Μ.Π.

Ελαστοπλαστική σεισμική απόκριση

Κατάρρευση 4 - ορόφου μεταλλικού κτιρίου, (Σ. Τράπεζα: ΜΙΚΑ, E-Defense)
Μηχανισμός κατάρρευσης



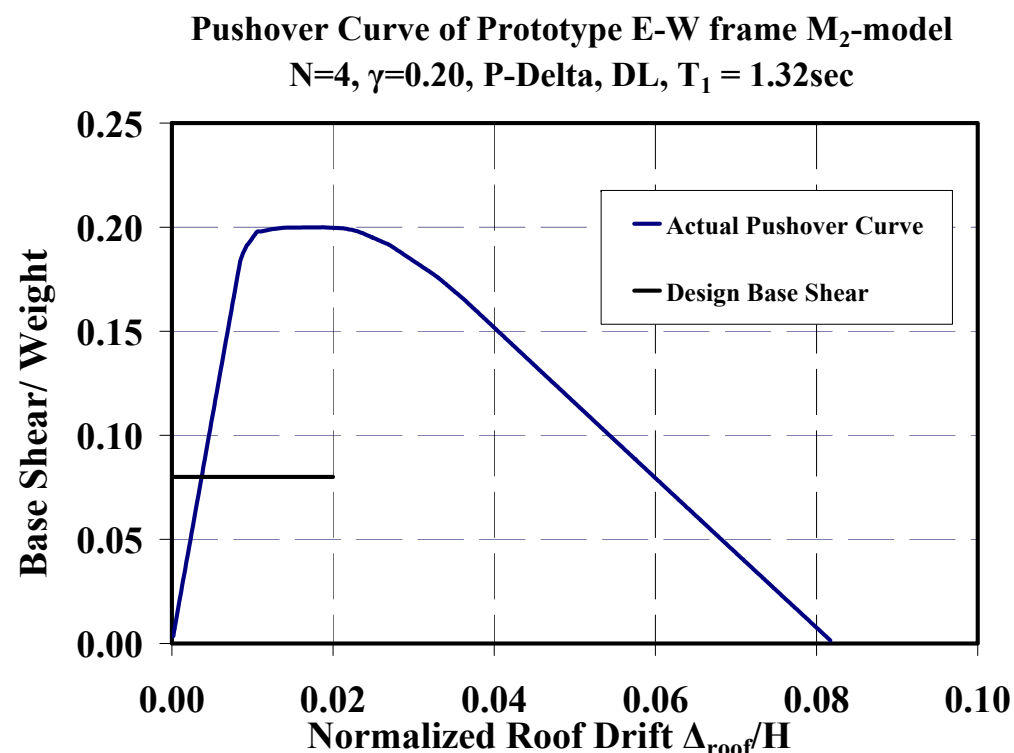
(Πηγή: Lignos & Krawinkler 2007)



Ε.Μ.Π.

Ελαστοπλαστική σεισμική απόκριση

Κατάρρευση 4 - ορόφου μεταλλικού κτιρίου, (Σ. Τράπεζα: ΜΙΚΑ, E-Defense)
Καμπύλη Pushover



(Πηγή: Lignos & Krawinkler 2007)



Ε.Μ.Π.

Σεισμικές δράσεις σχεδιασμού

Συντελεστής συμπεριφοράς q (ΕΑΚ2000)

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
	* Βλέπε Παράρτημα Γ.	
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



Ε.Μ.Π.

Σεισμικές δράσεις σχεδιασμού

Συντελεστής συμπεριφοράς q (ΕΑΚ2000)

$$\Phi_d(T) = \gamma_I \cdot A \cdot \frac{\eta \cdot \theta \cdot \beta_0}{q}$$

Η ένταση που υπολογίζεται αν διαιρέσουμε την σεισμική επιτάχυνση σχεδιασμού με q και πραγματοποιήσουμε ελαστική ανάλυση, προσεγγίζει ικανοποιητικά την πραγματική, ενώ οι παραμορφώσεις που προκύπτουν πρέπει να πολλαπλασιαστούν επί q .



Ε.Μ.Π.

Σεισμικές δράσεις σχεδιασμού

Συντελεστής συμπεριφοράς q (ΕΑΚ2000)

Πίνακας 2.6. Μέγιστες Τιμές Συντελεστή Συμπεριφοράς q .

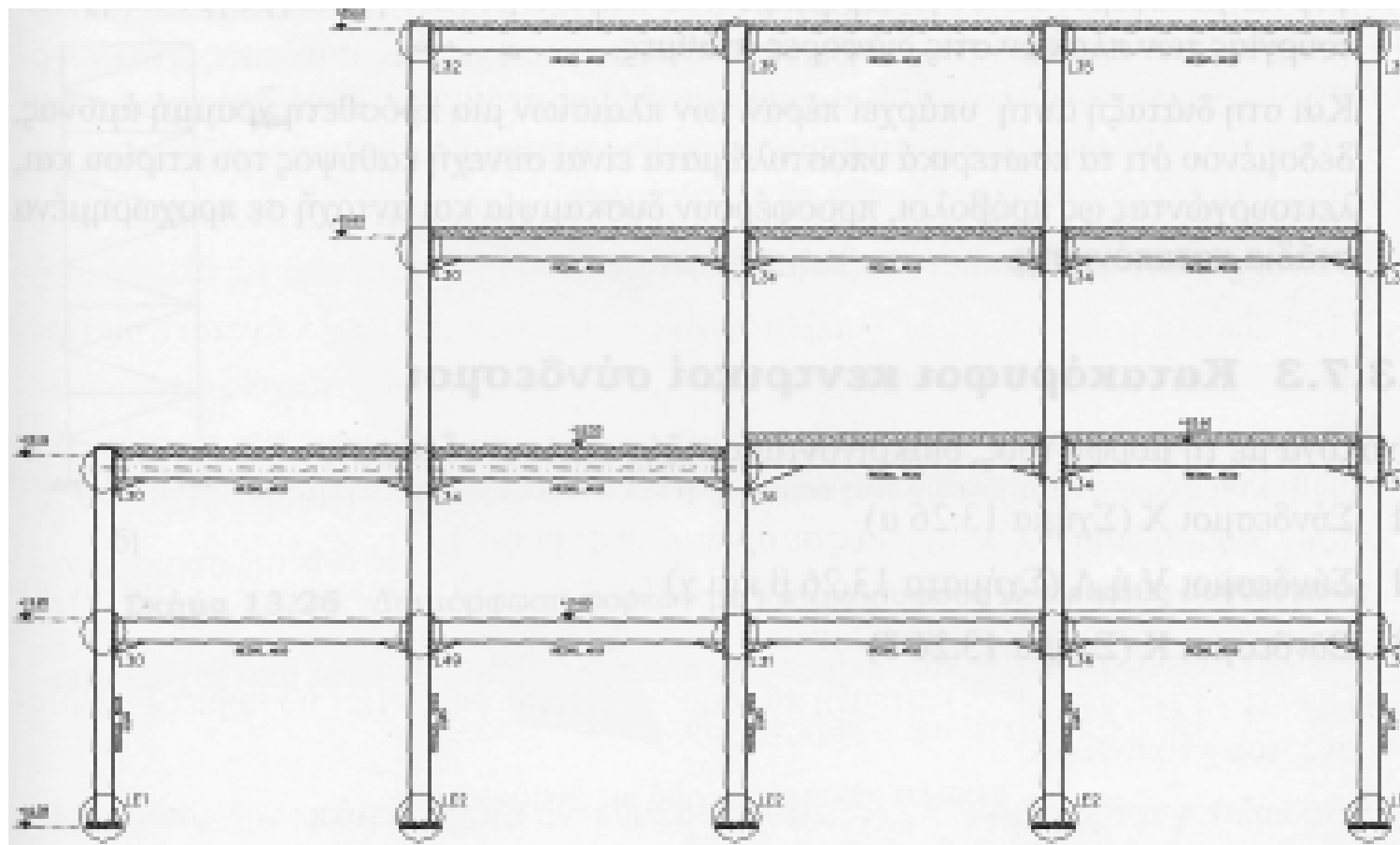
ΥΛΙΚΟ	ΔΟΜΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	q
2. ΧΑΛΥΒΑΣ	α. Πλαίσια	4.00
	β. Δικτυωτοί σύνδεσμοι με εκκεντρότητα *	4.00
	γ. Δικτυωτοί σύνδεσμοι χωρίς εκκεντρότητα:	
	• διαγώνιοι σύνδεσμοι	3.00
	• σύνδεσμοι τύπου V ή L	1.50
	• σύνδεσμοι τύπου K (όπου επιτρέπεται*)	1.00
	* Βλέπε Παράρτημα Γ.	



Е.М.П.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Πλαίσια



ΣΙΔΗΡΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ II

ΔΙΑΛΕΞΗ 7

ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ



Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Πλαίσια

2008



ΣΙΔΗΡΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΙΙ

ΔΙΑΛΕΞΗ 7
ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

93



Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Πλαίσια

2008



ΣΙΔΗΡΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΙΙ

ΔΙΑΛΕΞΗ 7
ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

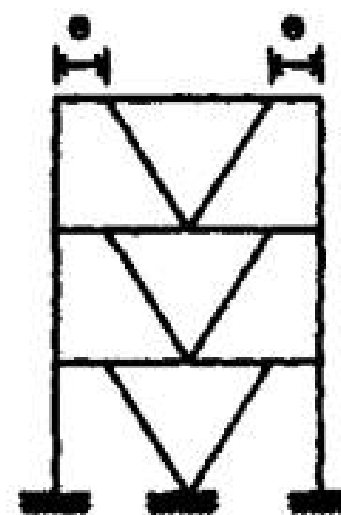
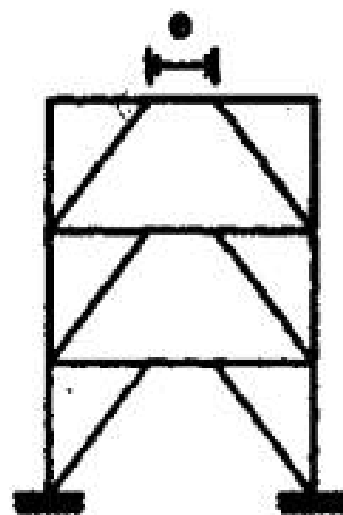
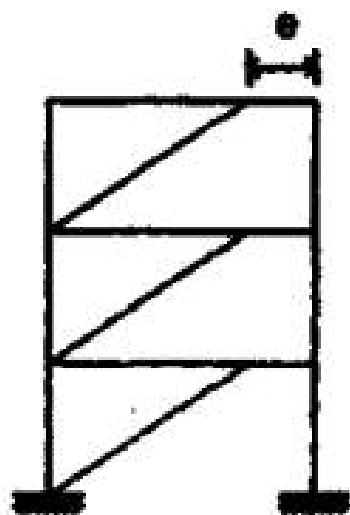
94



Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Δικτυωτοί σύνδεσμοι με εκκεντρότητα

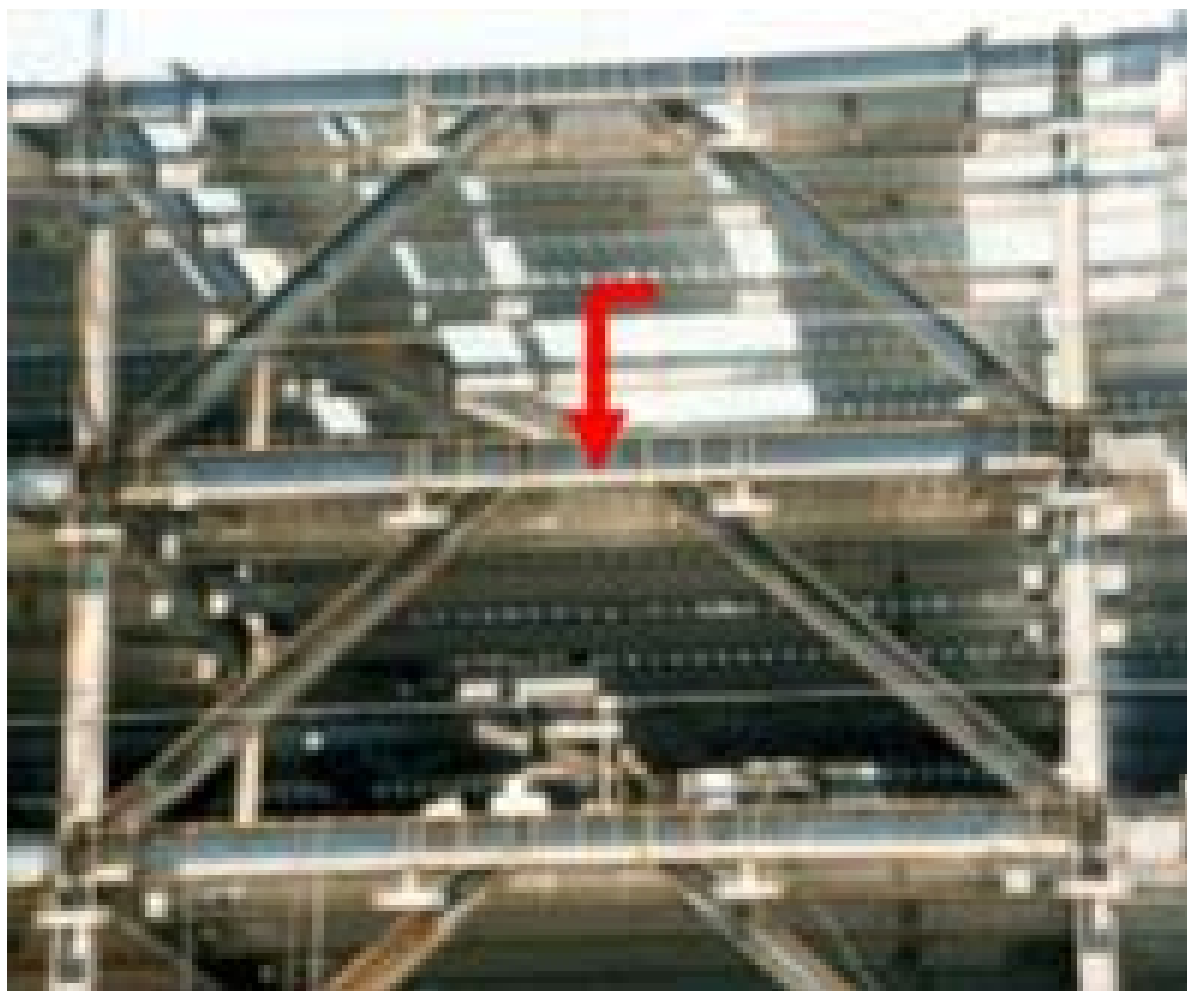




Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Δικτυωτοί σύνδεσμοι τύπου Λ με εκκεντρότητα



2008



Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Δικτυωτοί διαγώνιοι σύνδεσμοι χωρίς εκκεντρότητα



ΣΙΔΗΡΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΙΙ

ΔΙΑΛΕΞΗ 7
ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

2008



Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Δικτυωτοί διαγώνιοι σύνδεσμοι χωρίς εκκεντρότητα



ΣΙΔΗΡΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΙΙ

ΔΙΑΛΕΞΗ 7
ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

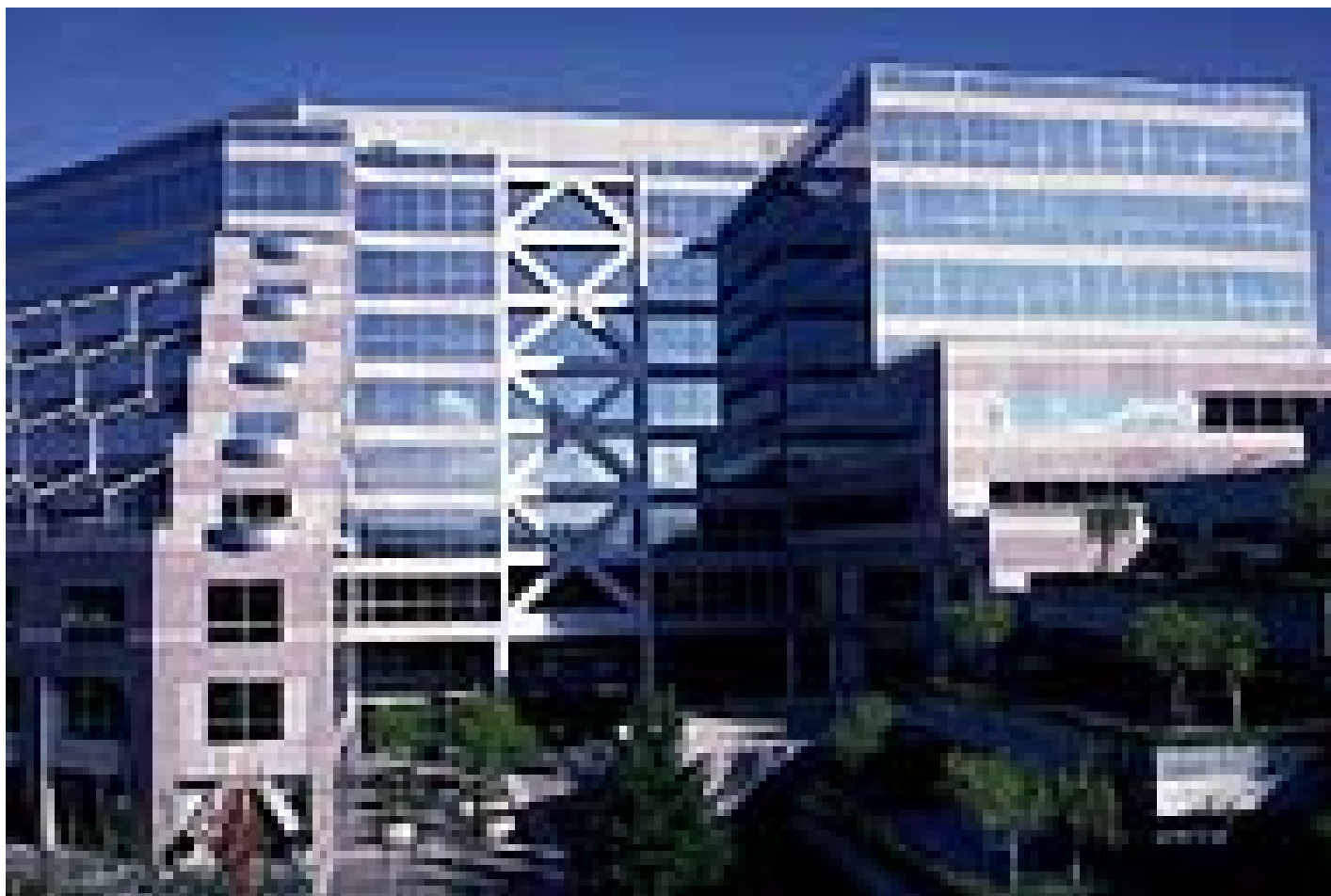
2008



Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Δικτυωτοί διαγώνιοι σύνδεσμοι χωρίς εκκεντρότητα



2008



Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Δικτυωτοί σύνδεσμοι τύπου Λ χωρίς εκκεντρότητα



ΣΙΔΗΡΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΙΙ

ΔΙΑΛΕΞΗ 7
ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

2008

100



Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Δικτυωτοί σύνδεσμοι τύπου Λ χωρίς εκκεντρότητα





Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Αντισεισμικός σχεδιασμός μεταλλικών κατασκευών





Ε.Μ.Π.

Αντισεισμικός σχεδιασμός μεταλλικών κατασκευών

Γ.1 ΘΛΙΒΟΜΕΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

- [1] Στις περιοχές πιθανών και ενδεχομένων πλαστικών αρθρώσεων διατομών από χάλυβα πρέπει να αποφεύγεται ο τοπικός λυγισμός των τοιχωμάτων με περιορισμό, προς τα άνω, του λόγου πλάτους προς πάχος (b/t). Ο περιορισμός αυτός εξαρτάται από τον συντελεστή συμπεριφοράς που έχει επιλεγεί (q), ανάλογα με τις τιμές του οποίου οι διατομές κατατάσσονται στις κατηγορίες Α, Β και Γ, όπως φαίνεται στον Πίνακα 1.



Ε.Μ.Π.

Αποφυγή τοπικού λυγισμού

Διατομή	Κατανομή Τάσεων (θλίψη θετική)	Κατηγορία Διατομής		
		A	B	Γ
Ορθογ. κοίλη διατομή 	Θλίψη 	$q \geq 4$ 33ε	$4 \geq q \geq 2$ 38ε	$2 > q$ 42ε
Σφληνωτή διατομή 	Θλίψη Κάμψη Θλίψη + Κάμψη	$50\varepsilon^2$	$70\varepsilon^2$	$90\varepsilon^2$
Κορμοί διατομών I, κορμοί & πέλματα συγκολλητών διατομών 	Πλαστική κατανομή Ελαστική κατανομή	66ε	78ε	90ε
	Θλίψη 	33ε	39ε	41ε
	Συνδ. κάμψης και θλίψης Πλαστική κατανομή Ελαστική κατανομή	$\frac{33}{\alpha}\varepsilon$	$\frac{39}{\alpha}\varepsilon$	$\frac{41}{\alpha}\varepsilon$
Προεξέχοντα πέλματα συγκολ. κιβωτ. διατομών ή πέλματα διατομών I 	Θλίψη 	9ε	10ε	12ε
	Συνδ. κάμψης και θλίψης 	$\frac{9}{\alpha}\varepsilon$	$\frac{10}{\alpha}\varepsilon$	$\frac{12}{\alpha}\varepsilon$
	Συνδ. κάμψης και θλίψης 	$\frac{9}{\alpha\sqrt{\alpha}}\varepsilon$	$\frac{10}{\alpha\sqrt{\alpha}}\varepsilon$	$\frac{12}{\alpha\sqrt{\alpha}}\varepsilon$
Πέλματα διατομών I 	Θλίψη 	20ε	22ε	26ε



Ε.Μ.Π.

Αποφυγή τοπικού λυγισμού

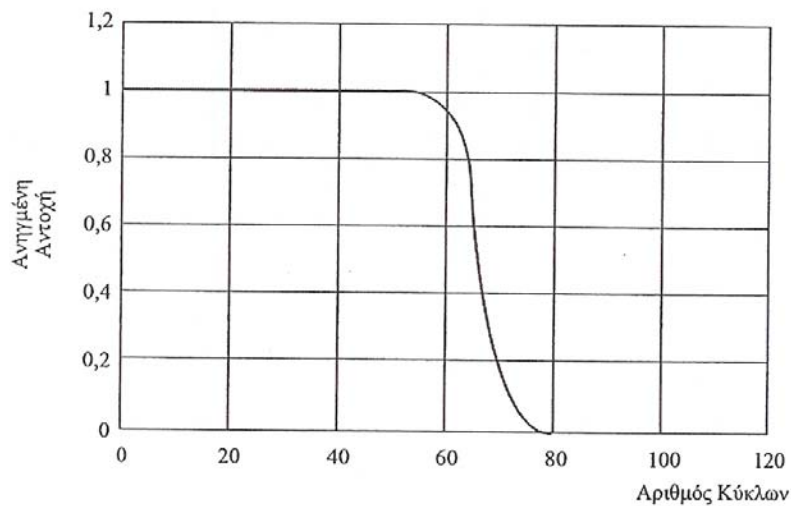
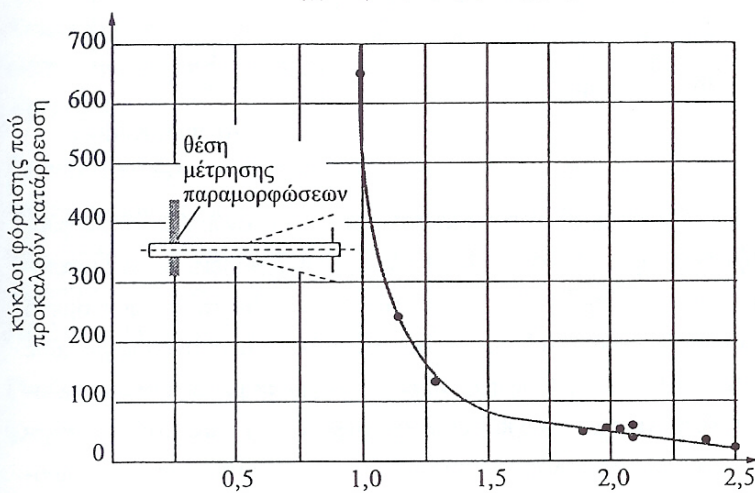
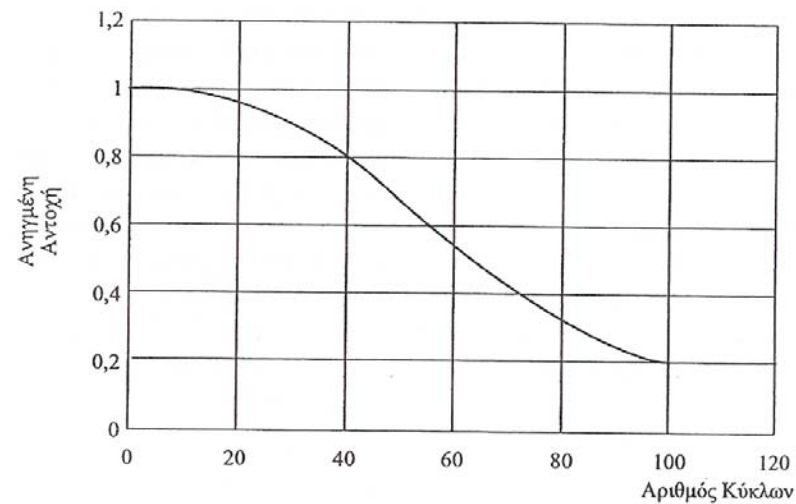
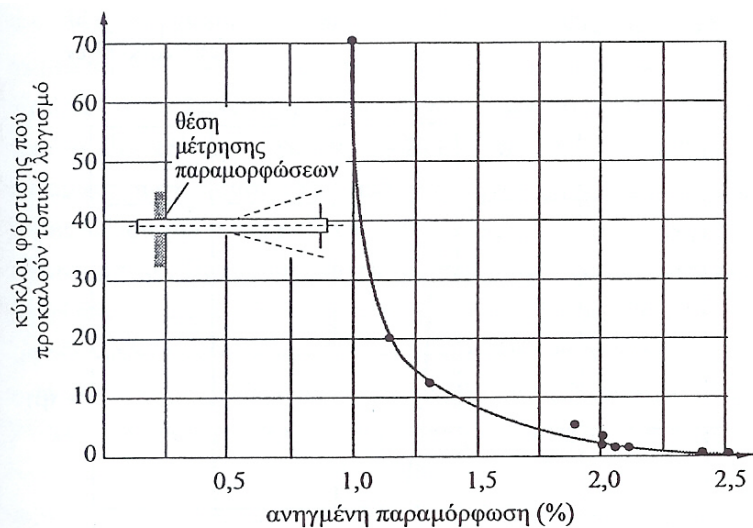
- Η αντοχή έναντι τοπικού λυγισμού μέλους σιδηράς κατασκευής υπό ανακυκλιζόμενη δυναμική φόρτιση είναι διαφορετική από την αντοχή υπό στατικά φορτία.
- Σε περιπτώσεις υψηλών τιμών των ανηγμένων παραμορφώσεων μπορεί να έχουμε εμφάνιση τοπικού λυγισμού στους πρώτους κύκλους φόρτισης, ο οποίος βαθμιαία επεκτείνεται κατά τους επόμενους κύκλους και καταλήγει σε αστοχία.
- Η αστοχία υπό τις παραπάνω συνθήκες μπορεί να θεωρηθεί και ως αστοχία σε κόπωση υπό περιορισμένο αριθμό κύκλων φόρτισης (low-cycle-fatigue)



Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Αποφυγή τοπικού λυγισμού





Ε.Μ.Π.

Αντισεισμικός σχεδιασμός μεταλλικών κατασκευών

Γ.2 ΕΦΕΛΚΥΟΜΕΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

- [1] Σε εφελκυσόμενα στοιχεία, ο λόγος της καθαρής διατομής, σε θέσεις οπών κοχλιών, προς την πλήρη διατομή δεν πρέπει να είναι μικρότερος από την τιμή

$$A_{\text{net}} / A = 1.262 f_y / f_u$$

όπου f_y είναι το όριο διαρροής και f_u η οριακή εφελκυστική αντοχή του χρησιμοποιούμενου χάλυβα.

Αυτό μπορεί να απαιτήσει την ενίσχυση της περιοχής των οπών με πρόσθετα συγκολλητά ελάσματα.



Ε.Μ.Π.

Αντισεισμικός σχεδιασμός μεταλλικών κατασκευών

Γ.3 ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ

- [1] Συνδέσεις σε περιοχές πλαστικών αρθρώσεων πρέπει να έχουν επαρκή υπεραντοχή ώστε να περιορίζουν την διαρροή στα πλαστικά μέλη. Στους σχετικούς ελέγχους, θα λαμβάνεται η ανώτερη τιμή της τάσεως διαρροής του πιθανού πλαστικού μέλους (δηλαδή του ασθενέστερου).
- [2] Συνδέσεις σε περιοχές πλαστικών αρθρώσεων που έχουν γίνει με εσωραφές πλήρους διείσδυσης, θεωρούνται ότι ικανοποιούν το παραπάνω κριτήριο υπεραντοχής.
- [3] Συνδέσεις συγκολλητές με εξωραφές ή συνδέσεις κοχλιωτές πρέπει να ικανοποιούν τη σχέση:

$$R_d \geq 1.20 R_{fy} \dots\dots\dots (\Gamma.1)$$

όπου R_d οριακή αντοχή της σύνδεσης, R_{fy} η αντοχή διαρροής του πλαστικού μέλους.

- [4] Σε κοχλιωτές συνδέσεις καθοριστική πρέπει να είναι η αστοχία σε σύνθλιψη άνωταξης των οπών και όχι η αστοχία σε διάτμηση των κοχλιών.



Ε.Μ.Π.

Ε
Ρ
Γ
Α
Σ
Τ
Η
ΡΙ
Ο

Μ
Ε
Τ
Α
Λ
Λ
Ι
Κ
Ω
Ν

Κ
Α
Τ
Α
Σ
Κ
Ε
Υ
Ω
Ν

Αντισεισμικός σχεδιασμός μεταλλικών κατασκευών

**Ημιάκαμπτες συνδέσεις και συνδέσεις μερικής αντοχής
δεν συνιστώνται, προς το παρόν, στη μόρφωση
αντισεισμικών κατασκευών.**

**Ο κόμβος κατά την ανακυκλιζόμενη δυναμική
καταπόνηση πρέπει γενικά να διατηρεί τη δυσκαμψία,
την αντοχή και την ικανότητα του απορρόφησης
ενέργειας.**

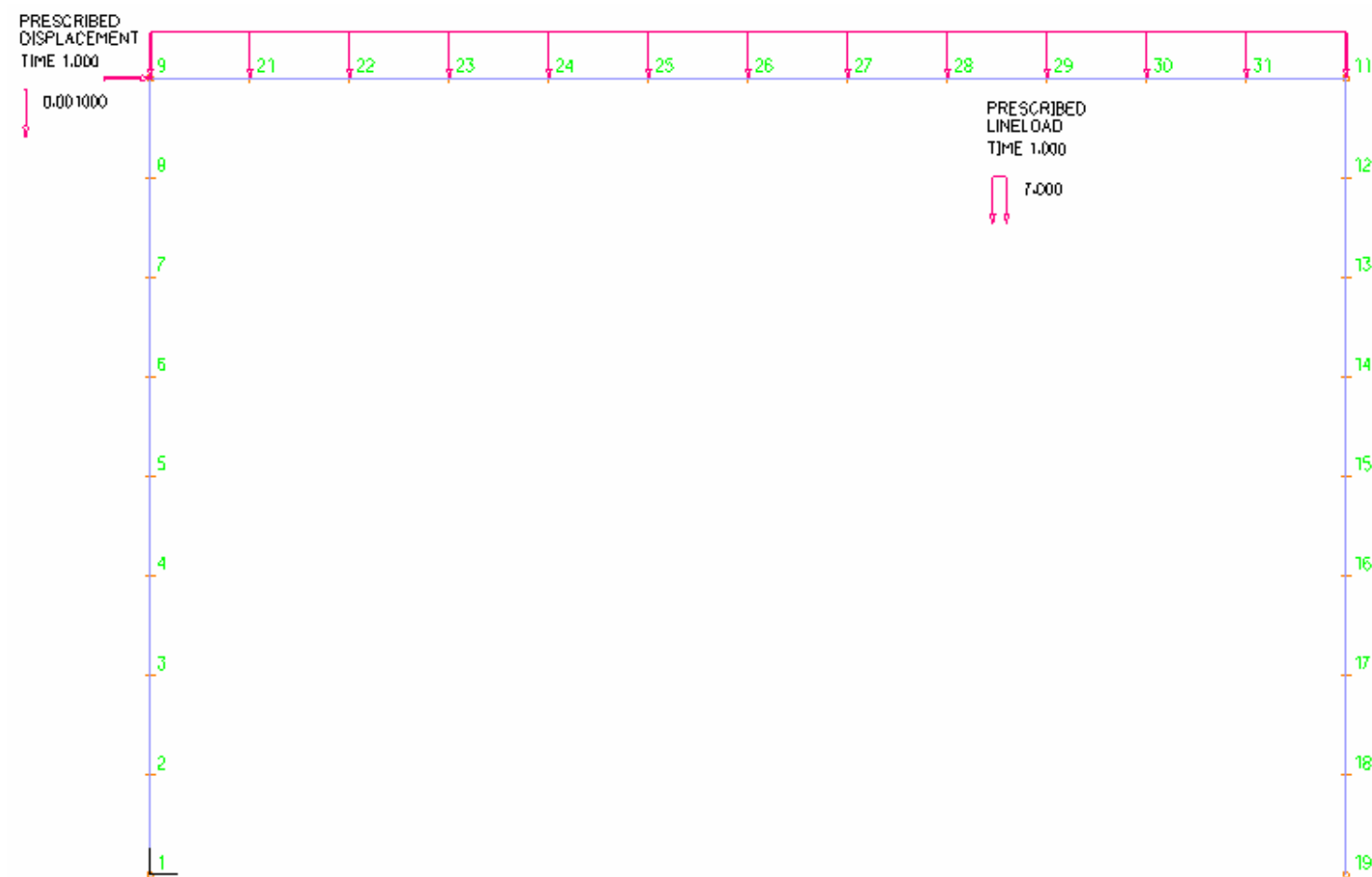
2
0
0
8



Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Πλαίσια



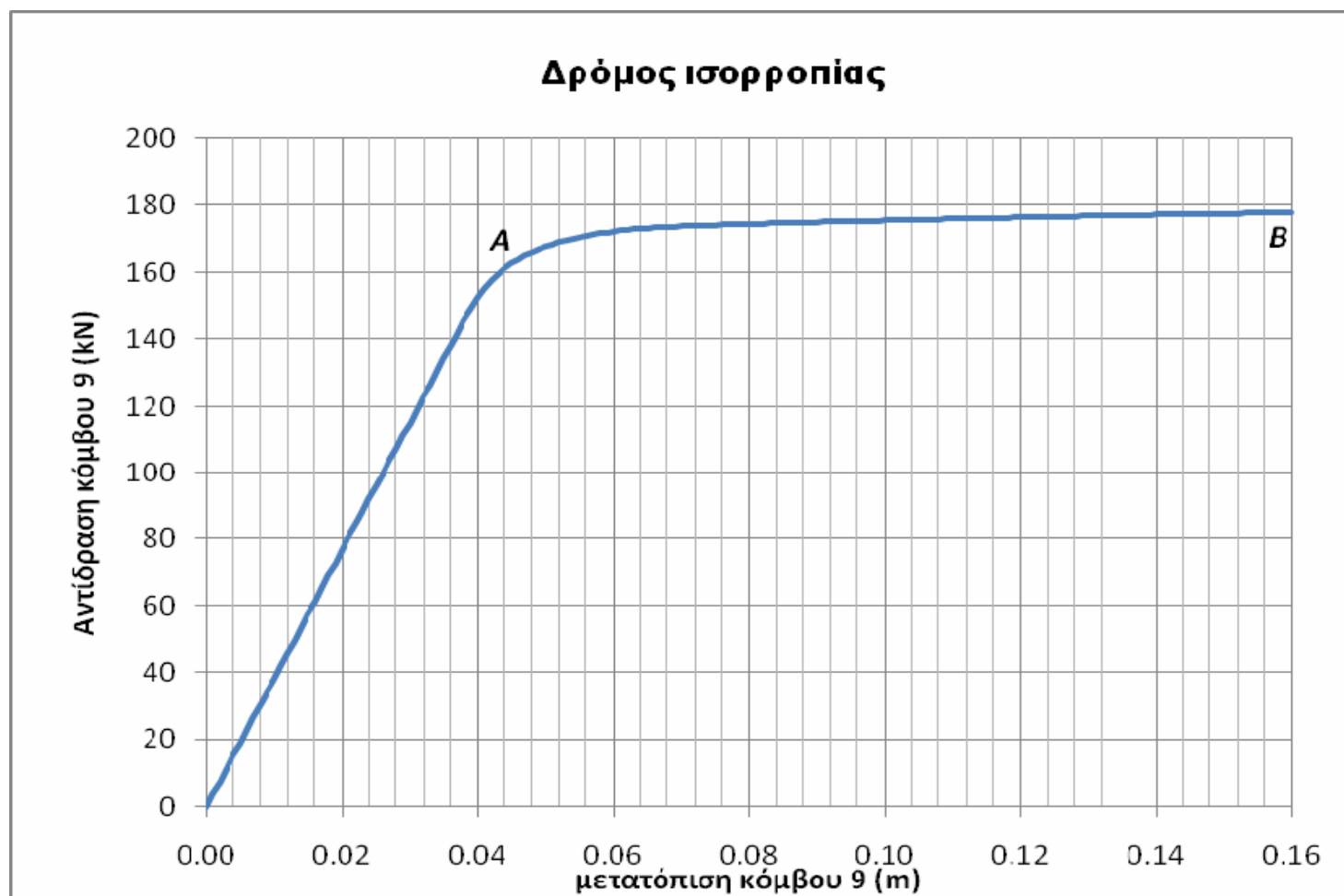


Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Πλαίσια

2008



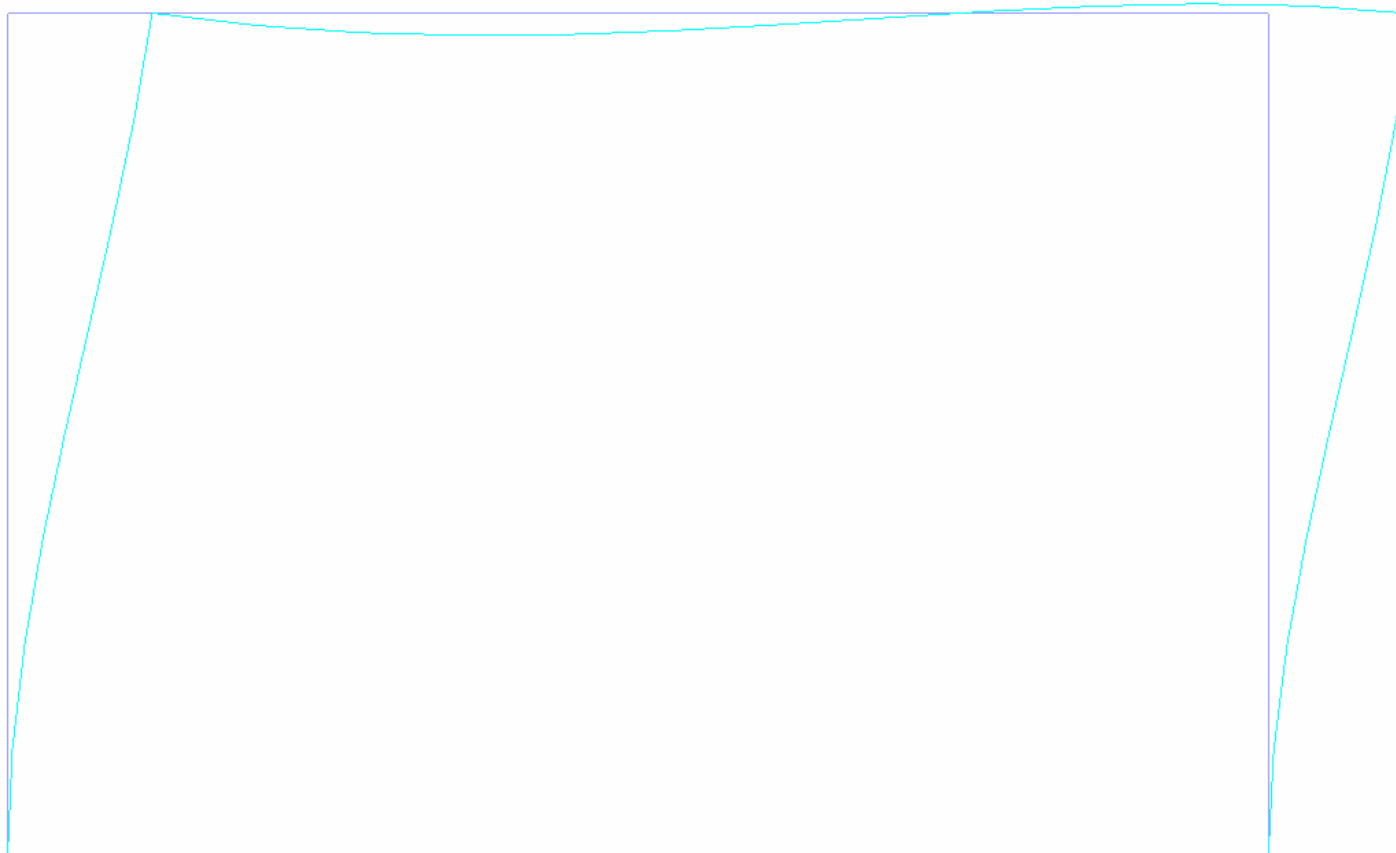


Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Πλαίσια

2008



Παραμορφωμένη γεωμετρία (σημείο Α)

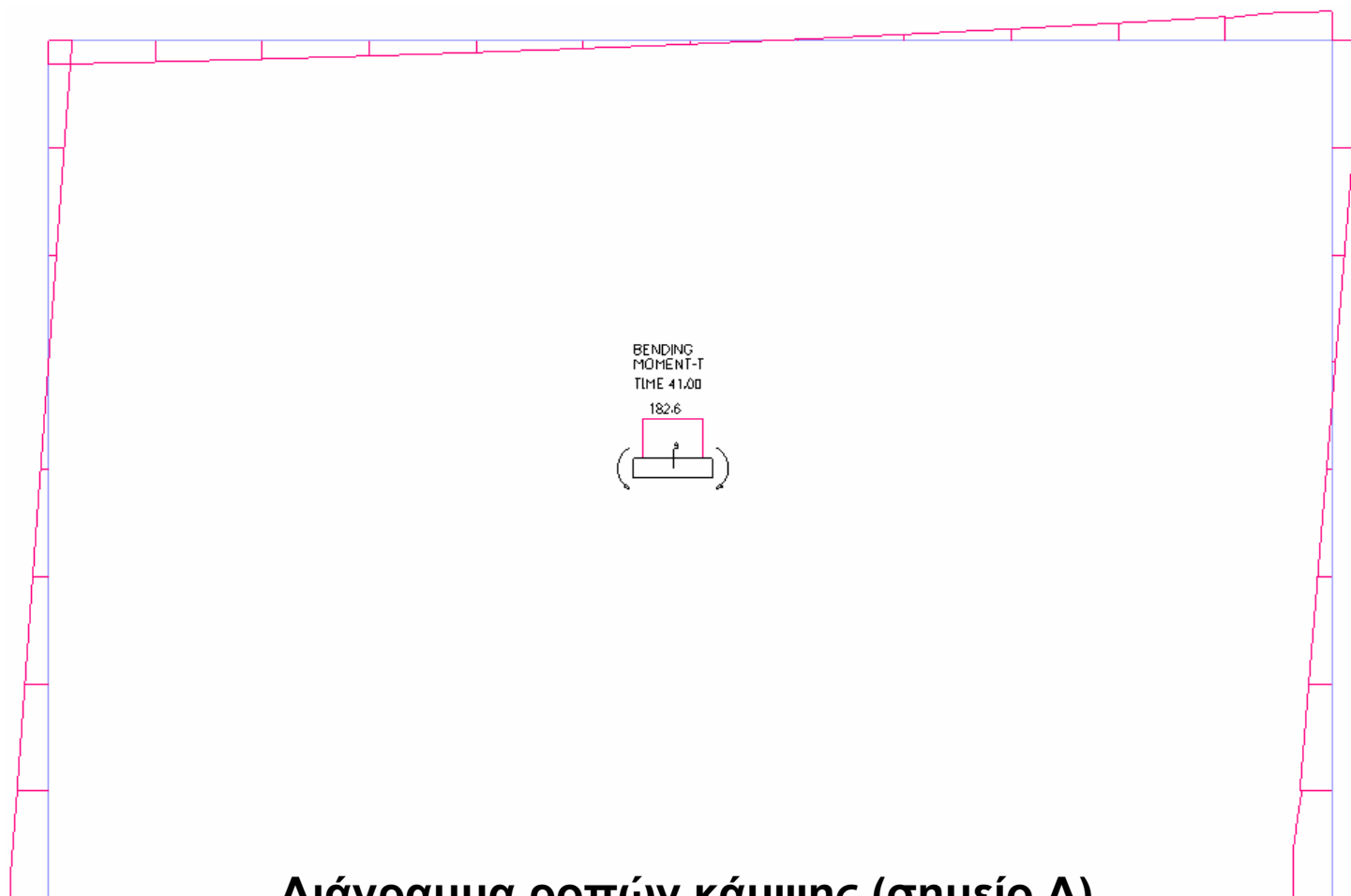


Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Πλαίσια

2008



Διάγραμμα ροπών κάμψης (σημείο A)

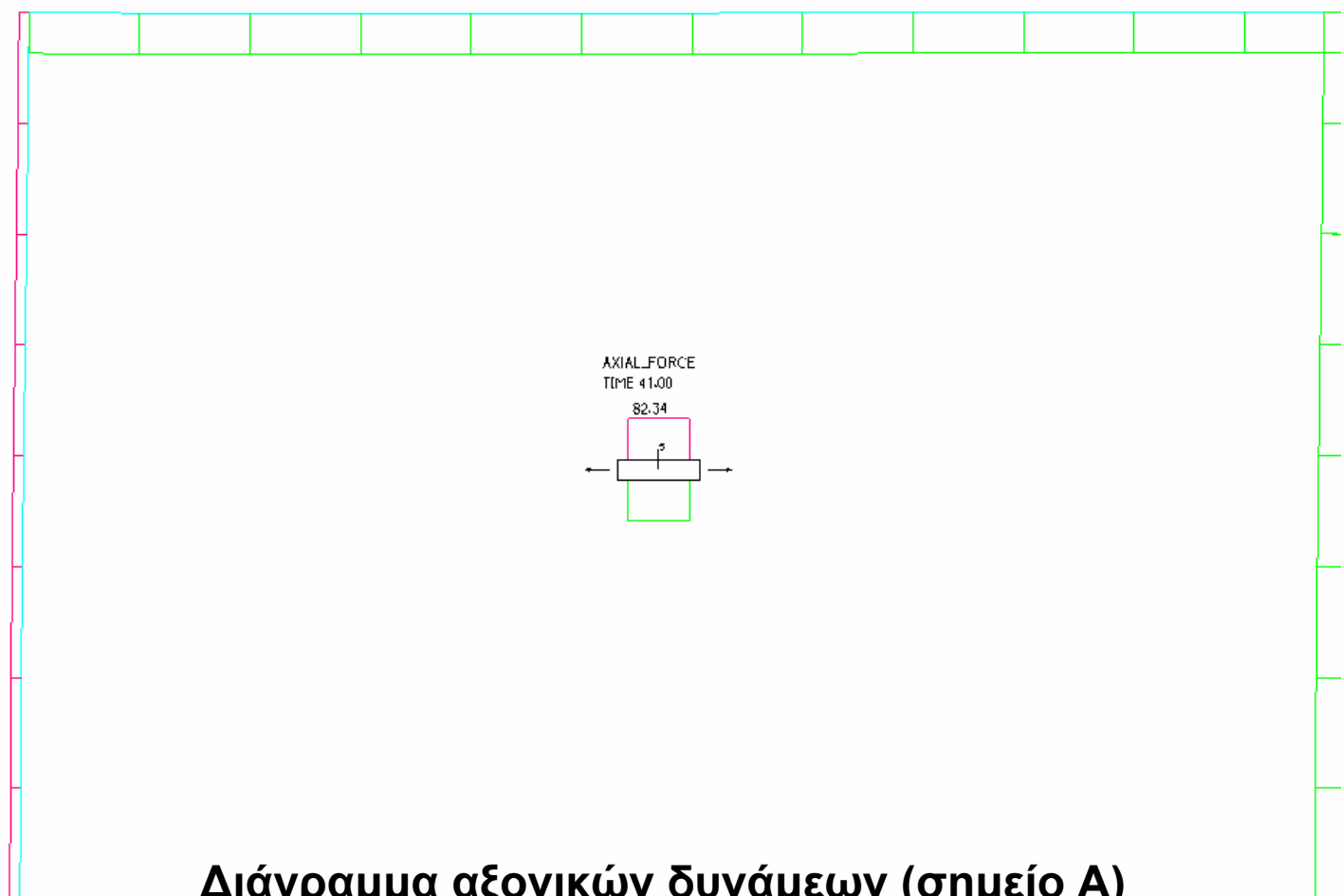


Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Πλαίσια

2008



Διάγραμμα αξονικών δυνάμεων (σημείο A)

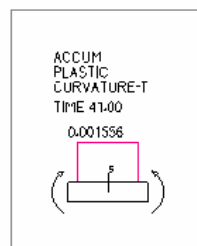


Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Πλαίσια

2008



Διάγραμμα πλαστικών καμπυλοτήτων (σημείο A)

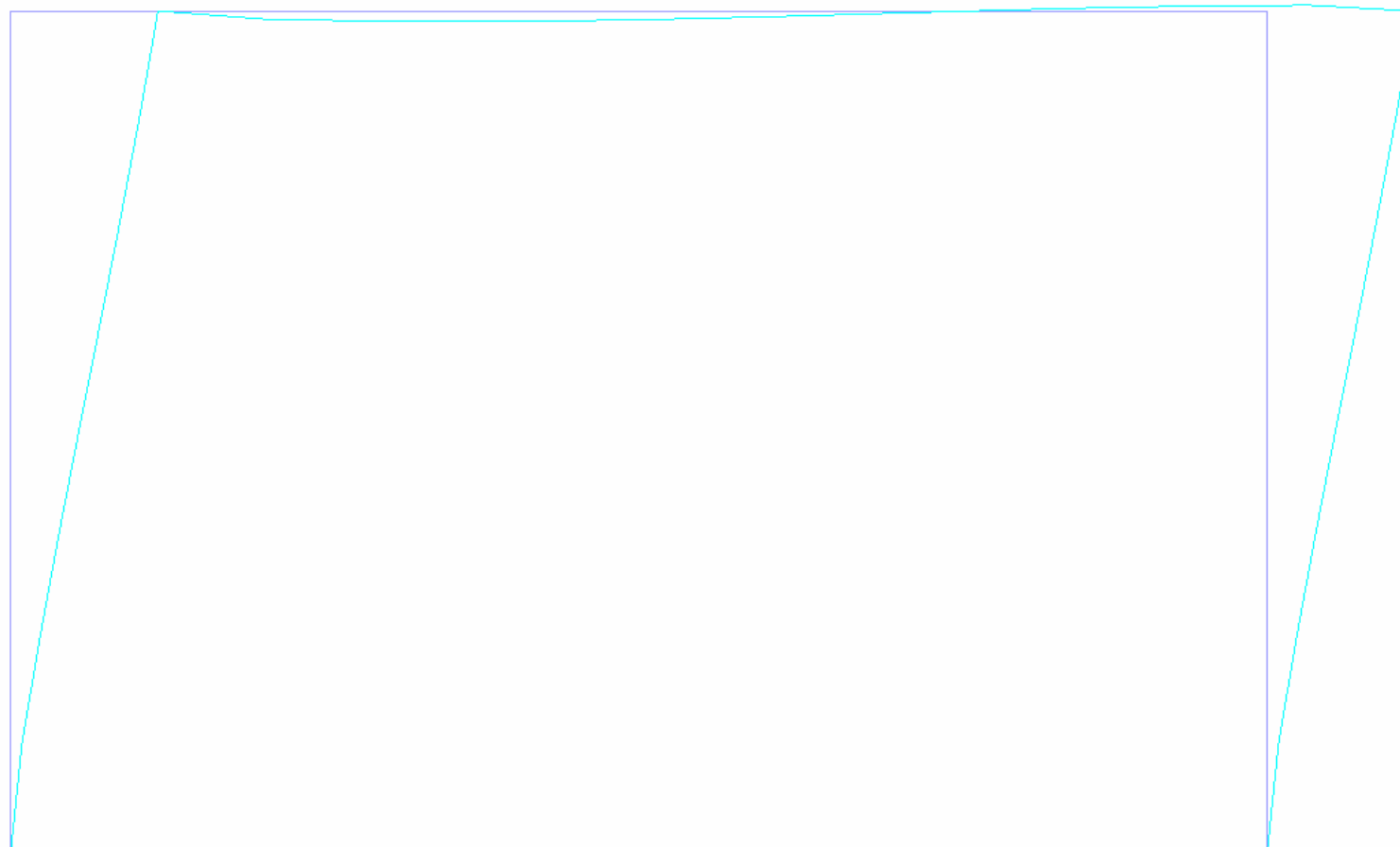


Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Πλαίσια

2008



Παραμορφωμένη γεωμετρία (σημείο Β)

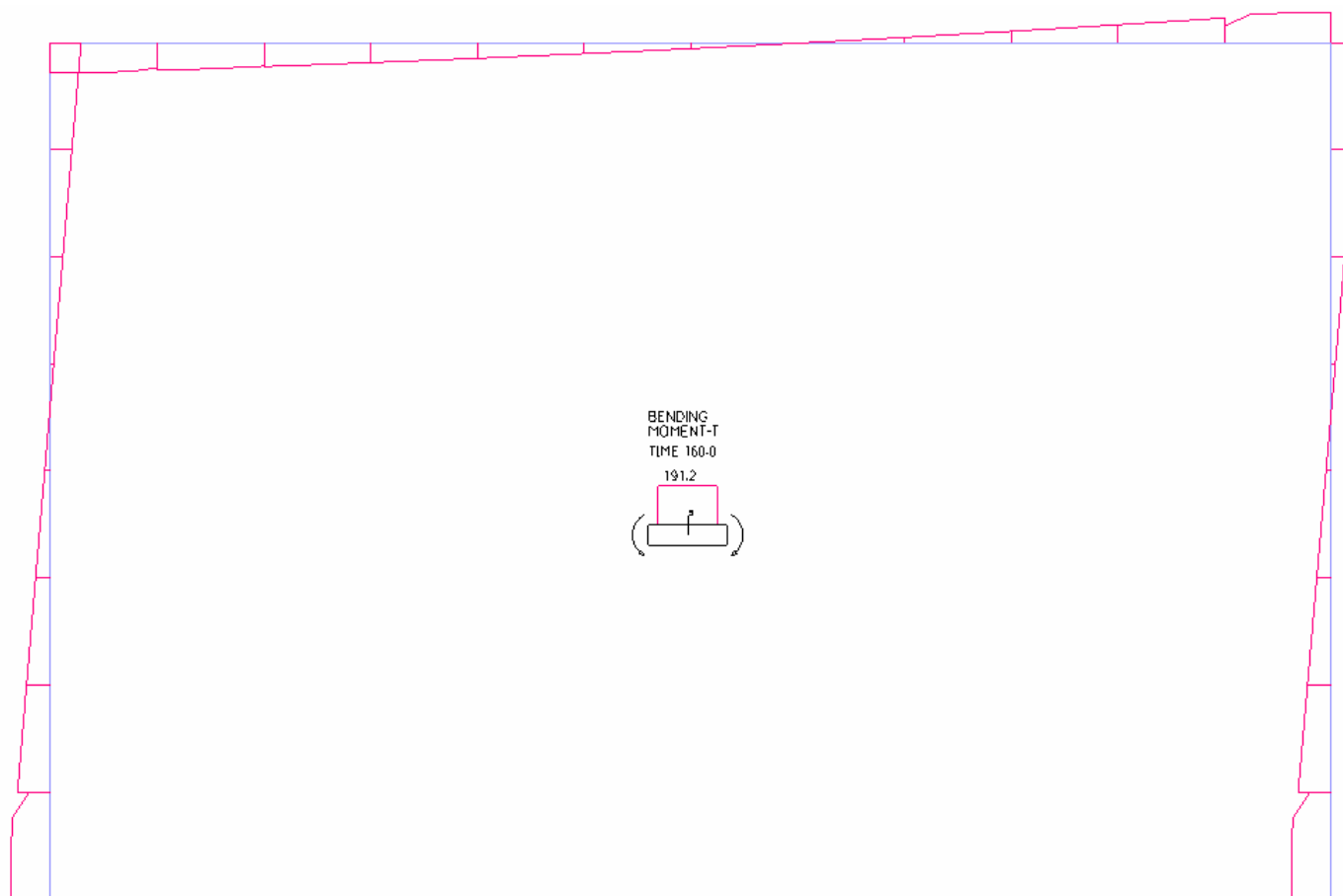


Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Πλαίσια

2008



Διάγραμμα ροπών κάμψης (σημείο Β)

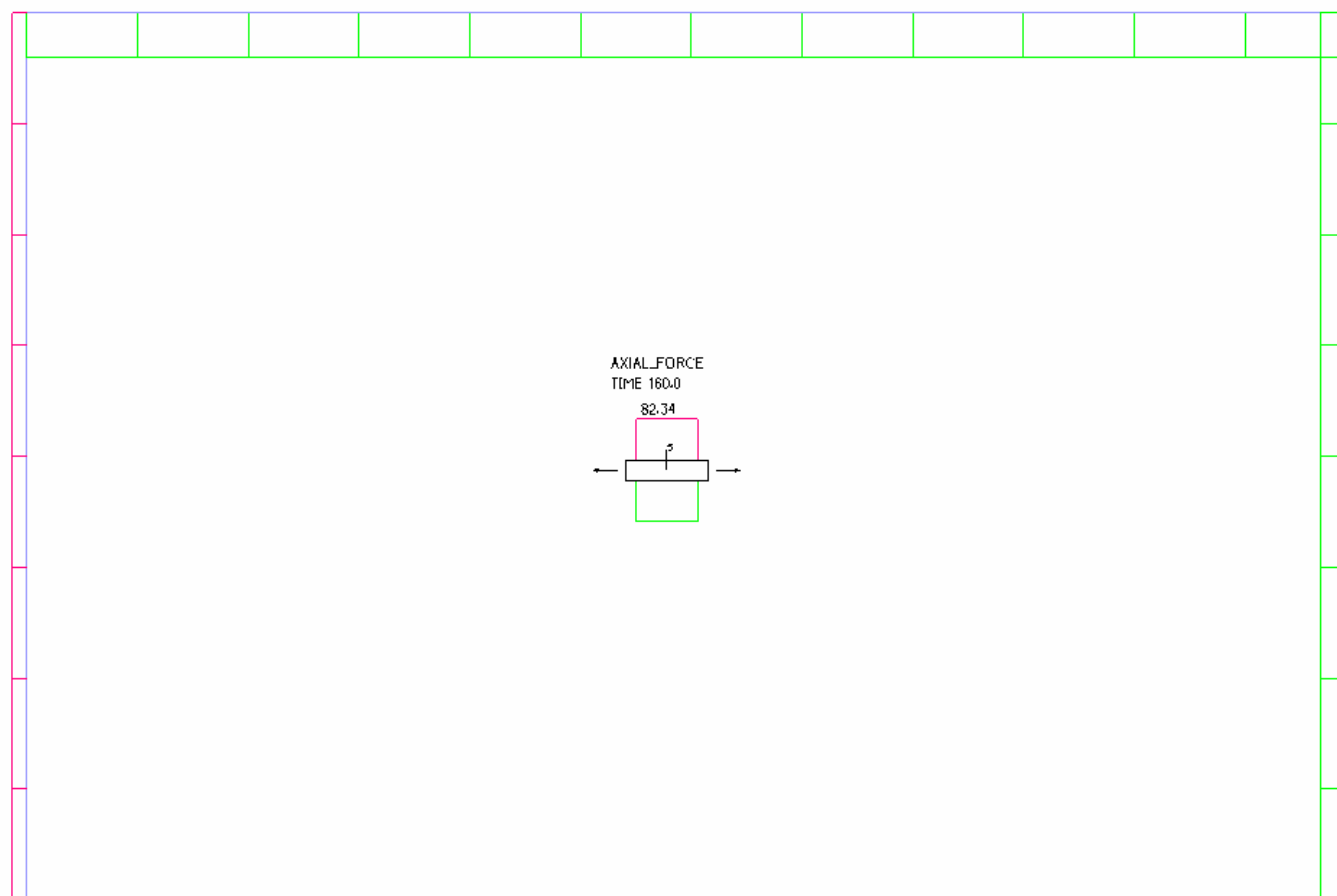


Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Πλαίσια

2008



Διάγραμμα αξονικών δυνάμεων (σημείο Β)

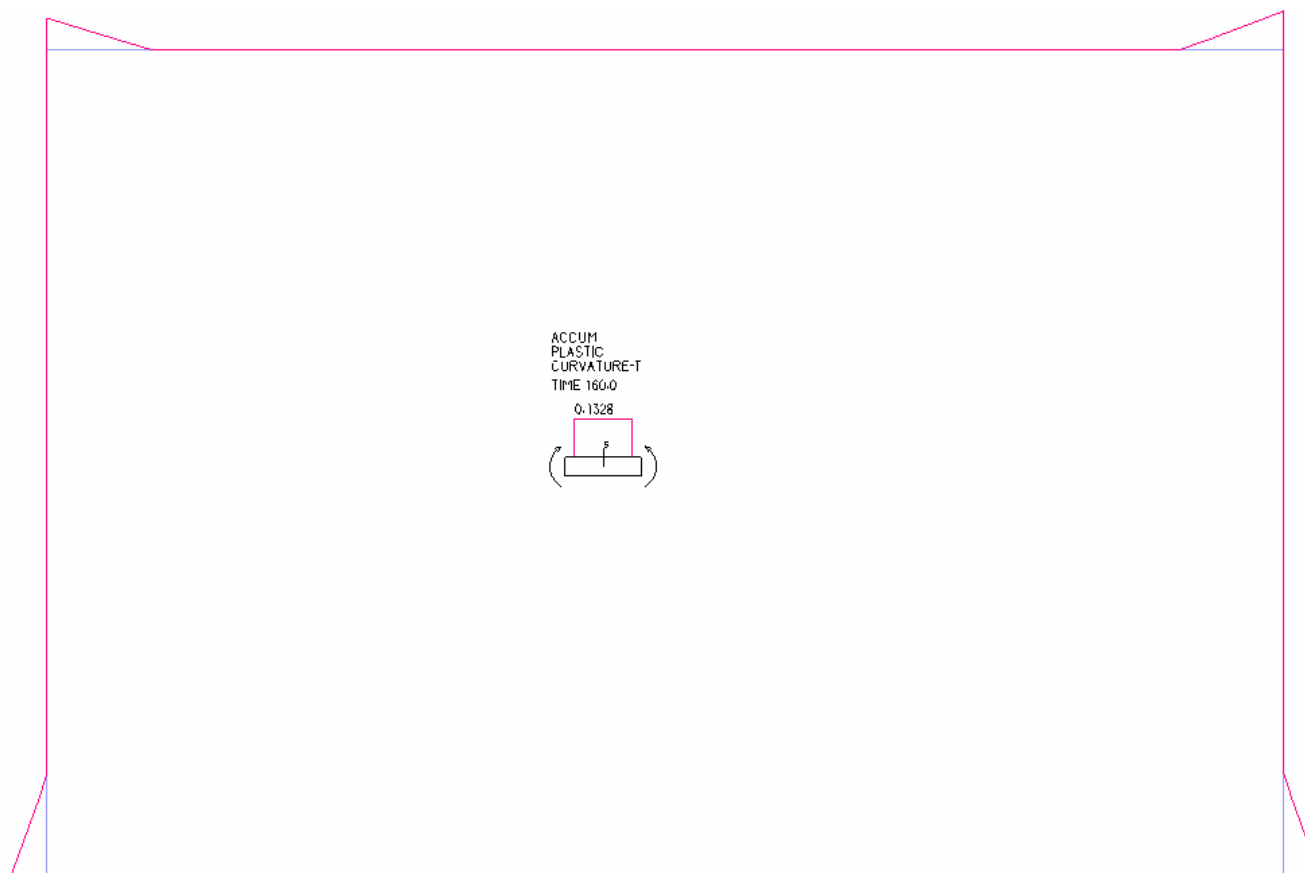


Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Πλαίσια

2008



Διάγραμμα πλαστικών καμπυλοτήτων (σημείο B)



Ε.Μ.Π.

Ε
Ρ
Γ
Α
Σ
Τ
Η
ΡΙ
Ο

Μ
Ε
Τ
Α
Λ
Λ
Ι
Κ
Ω
Ν

Κ
Α
Τ
Α
Σ
Κ
Ε
Υ
Ω
Ν

Πλαίσια

2
0
0
8

Καμπτική διαρροή κρίσιμων περιοχών

Ο φορέας συνεχίζει να αποκρίνεται στις αιχμές των σεισμικών μετακινήσεων με πρακτικά σταθερή ένταση, ελευθερώνοντας σε κάθε ανακύκλιση σημαντικό μέρος από τη σεισμική ενέργεια που έχει απορροφήσει.



Ε.Μ.Π.

Πλαίσια

Σε πλαισιωτούς φορείς οι πλαστικές αρθρώσεις

- **Δεν πρέπει να συγκεντρώνονται στα άκρα όλων των υποστυλωμάτων του ίδιου ορόφου (αποφυγή σχηματισμού ορόφου)**
- **Πρέπει να γίνονται στις δοκούς (ασθενής δοκός – ισχυρό υποστύλωμα)**



Ε.Μ.Π.

Γ.4.2 Δοκοί

- [1] Θα γίνεται έλεγχος έναντι πλευρικού καμπτικού ή στρεπτοκαμπτικού λυγισμού των δοκών θεωρώντας ότι στο ένα άκρο έχει αναπτυχθεί καμπτική πλαστική άρθρωση.



Ε.Μ.Π.

- [2] Για να εξασφαλιστεί η ελάχιστη απαιτούμενη αντοχή και επαρκής πλαστιμότητα στροφής στις θέσεις πλαστικών αρθρώσεων πρέπει να ικανοποιούνται οι ακόλουθες συνθήκες:

$$M_s / M_{pd} \leq 1.00 \quad \text{..... (Γ.2.1)}$$

$$N_s / N_{pd} \leq 0.15 \quad \text{..... (Γ.2.2)}$$

$$(V_o + V_M) / V_{pd} \leq 0.50 \quad \text{..... (Γ.2.3)}$$

όπου:

M_s είναι η μέγιστη ροπή που προκύπτει από τους σεισμικούς συνδυασμούς,

N_s είναι η αντίστοιχη αξονική δύναμη,

N_{pd}, M_{pd}, V_{pd} είναι οι οριακές υπολογιστικές αντοχές αξονικής, ροπής και τέμνουσας της διατομής στη θέση πλαστικής άρθρωσης,

V_o είναι η τέμνουσα της δοκού θεωρούμενης ως αμφιερείστου στη θέση πλαστικής άρθρωσης,

$V_M = (M_{RA} + M_{RB}) / \ell$ η τέμνουσα που αντιστοιχεί στην οριακή καμπτική αντοχή των άκρων της δοκού υπολογιζόμενη με την ανώτερη τιμή της τάσης διαρροής και

ℓ είναι το άνοιγμα της δοκού.



Ε.Μ.Π.

- [3] Οι συνδέσεις της δοκού στα υποστυλώματα πρέπει να ικανοποιούν τις απαιτήσεις της παρ. Γ.3 με θεώρηση της οριακής αντοχής σε κάμψη M_{pd} της διατομής πλαστικής άρθρωσης και τέμνουσα δύναμη ίση με $V_o + V_M$ όπως καθορίστηκε προηγουμένως.



Ε.Μ.Π.

Γ.4.3 Υποστυλώματα

[1] Τα υποστυλώματα ελέγχονται σε κάμψη με ορθή δύναμη σύμφωνα με την παρ. 4.1.4.1 του Αντισεισμικού Κανονισμού.

[2] Η δυσμενέστερη τέμνουσα του υποστυλώματος από τους σεισμικούς συνδυασμούς πρέπει να ικανοποιεί την συνθήκη:

$$V / V_{pd} \leq 0.50 \dots\dots\dots (\Gamma.3.1)$$

[3] Σε κόμβο σύνδεσης δοκού με υποστυλῶμα, η τέμνουσα δύναμη φατνώματος κορμού το οποίο περιβάλλεται και στις 4 πλευρές από πέλματα των συνδεομένων στοιχείων ή από επεκτάσεις τους, αρκεί να ικανοποιεί την συνθήκη:

$$V / V_{pd} \leq 1.00 \dots\dots\dots (\Gamma.3.2)$$

[4] Συνδέσεις επέκτασης των υποστυλωμάτων θα σχεδιάζονται με αντοχή που υπερβαίνει εκείνη των συνδεομένων στοιχείων.

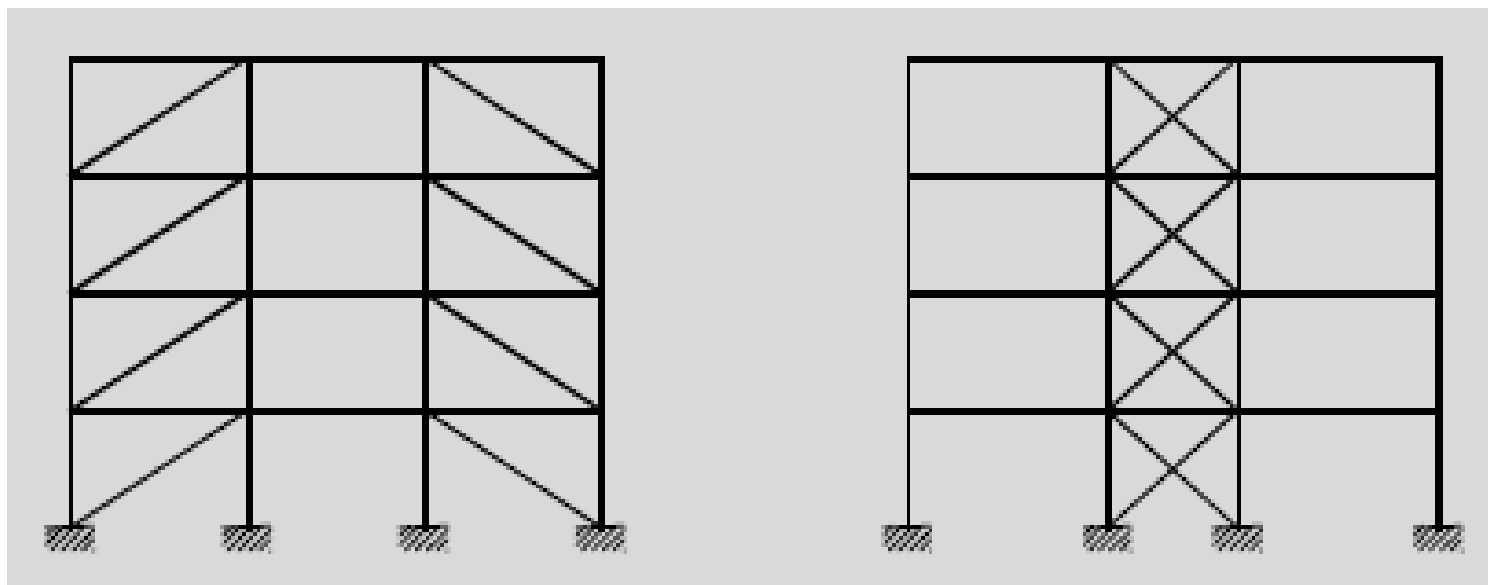


Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Δικτυωτοί σύνδεσμοι χωρίς εκκεντρότητα

2008





Ε.Μ.Π.

Δικτυωτοί σύνδεσμοι χωρίς εκκεντρότητα

Γ.5 ΔΙΚΤΥΩΤΟΙ ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ ΧΩΡΙΣ ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΑ

Γ.5.1 Δράση και Πλάστιμα Στοιχεία

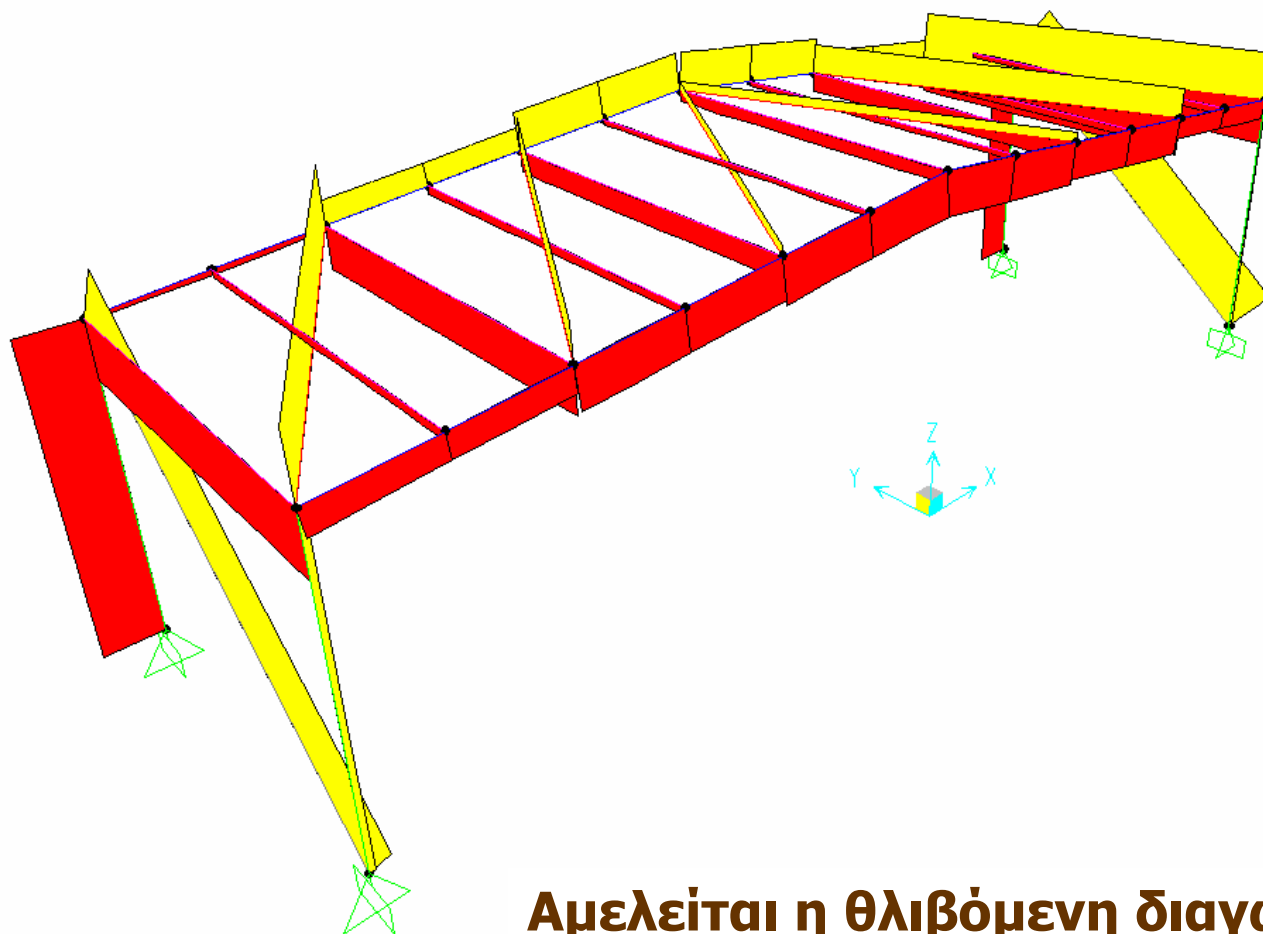
- [1] Σε δικτυωτούς συνδέσμους χωρίς εκκεντρότητα η ανάληψη των οριζοντίων δυνάμεων γίνεται κυρίως από ράβδους επιπονούμενες σε αξονική δύναμη. Πλάστιμα στοιχεία σε τέτοιους συνδέσμους είναι κατά κύριο λόγο οι εφελκυσόμενες διαγώνιοι.



Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Δικτυωτοί σύνδεσμοι χωρίς εκκεντρότητα



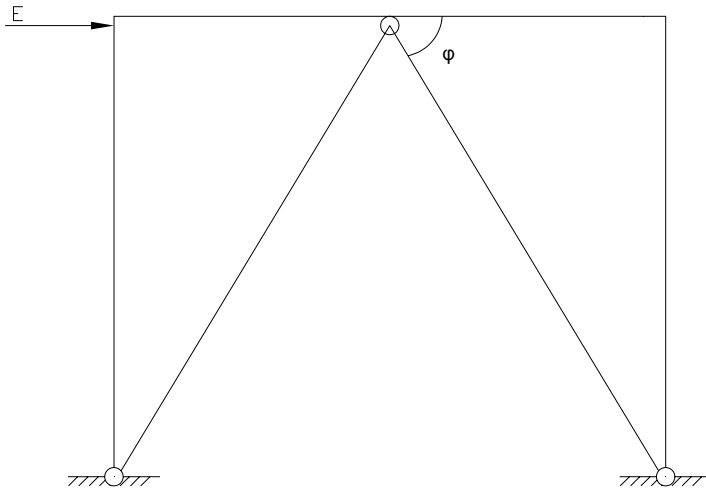
Αμελείται η θλιβόμενη διαγώνιος



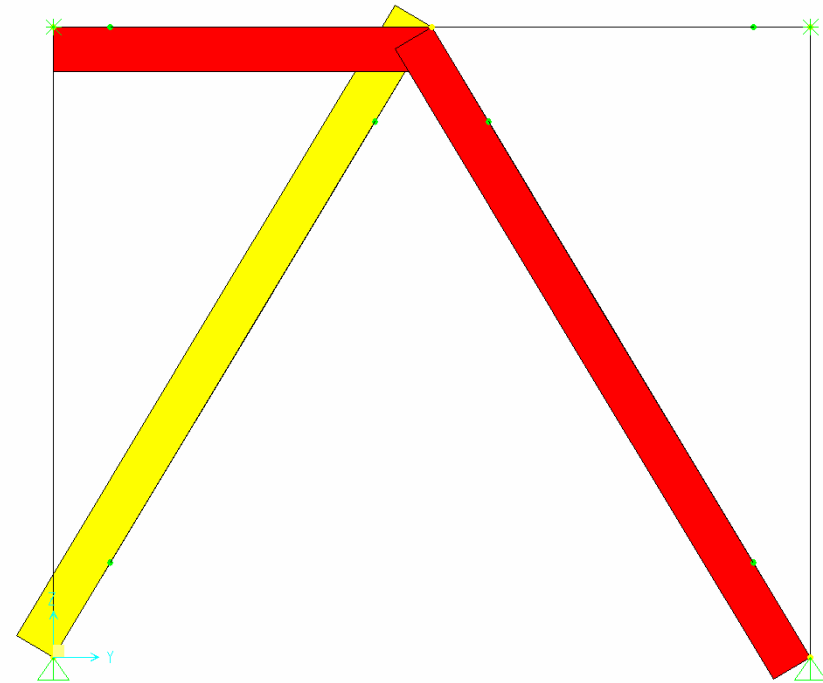
Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Δικτυωτοί σύνδεσμοι χωρίς εκκεντρότητα



Δεν μπορεί να αμεληθεί
η θλιβόμενη διαγώνιος





Ε.Μ.Π.

Δικτυωτοί σύνδεσμοι χωρίς εκκεντρότητα

Γ.5.2 Διαγώνιοι

[1] Οι διαγώνιοι θα ικανοποιούν την συνθήκη

$$N_s / N_{pd} \leq 1.00 \dots\dots\dots (\Gamma.4)$$

όπου:

N_s είναι η μέγιστη εφελκυστική δύναμη που προκύπτει από τους σεισμικούς συνδυασμούς και

N_{pd} είναι η υπολογιστική οριακή αντοχή σε εφελκυσμό.

Επίσης θα ικανοποιούν τις συνθήκες των παρ. Γ.2 και Γ.3 του παρόντος.



Ε.Μ.Π.

Δικτυωτοί σύνδεσμοι χωρίς εκκεντρότητα

- [2] Η ανηγμένη λυγηρότητα $\bar{\lambda}$ των διαγωνίων πρέπει να περιορίζεται σύμφωνα με τη σχέση:

$$\bar{\lambda} = \sqrt{Af_y / N_{cr}} \leq 1.50 \dots\dots\dots (\Gamma.5)$$

όπου:

A είναι το εμβαδόν της διατομής,

f_y είναι το όριο διαρροής και

$N_{cr} = \pi^2 EI / \ell^2$ είναι το ιδεατό κρίσιμο φορτίο Euler της διαγωνίου.



Ε.Μ.Π.

Δικτυωτοί σύνδεσμοι χωρίς εκκεντρότητα

Γ.5.3 Υποστυλώματα και Δοκοί

- [1] Τα υποστυλώματα και οι δοκοί κάθε ορόφου θα ελέγχονται σε λυγισμό υπό την επίδραση του σεισμικού συνδυασμού (4.1) αλλά με τα μεγέθη σεισμικής έντασης πολλαπλασιασμένα επί συντελεστή ικανοτικής μεγέθυνσης:

$$\alpha_{cd} = (1.20 N_{Pdi} - N_{vdi}) / N_{Edi} \leq q$$

όπου:

N_{Pdi} είναι η υπολογιστική αντοχή της εφελκυομένης διαγωνίου του ορόφου,

N_{vdi} είναι η εφελκυστική δύναμη της ίδιας διαγωνίου υπό την επίδραση των μη σεισμικών δράσεων του σεισμικού συνδυασμού (κατά κανόνα $N_{vdi} = 0$) και

N_{Edi} είναι η εφελκυστική δύναμη της διαγωνίου μόνον υπό τη σεισμική δράση του συνδυασμού (4.1).



Ε.Μ.Π.

Ε
Ρ
Γ
Α
Σ
Τ
Η
Ρ
Ι
Ο

Μ
Ε
Τ
Α
Λ
Λ
Ι
Κ
Ω
Ν

Κ
Α
Τ
Α
Σ
Κ
Ε
Υ
Ω
Ν

Δικτυωτοί σύνδεσμοι χωρίς εκκεντρότητα

2
0
0
8

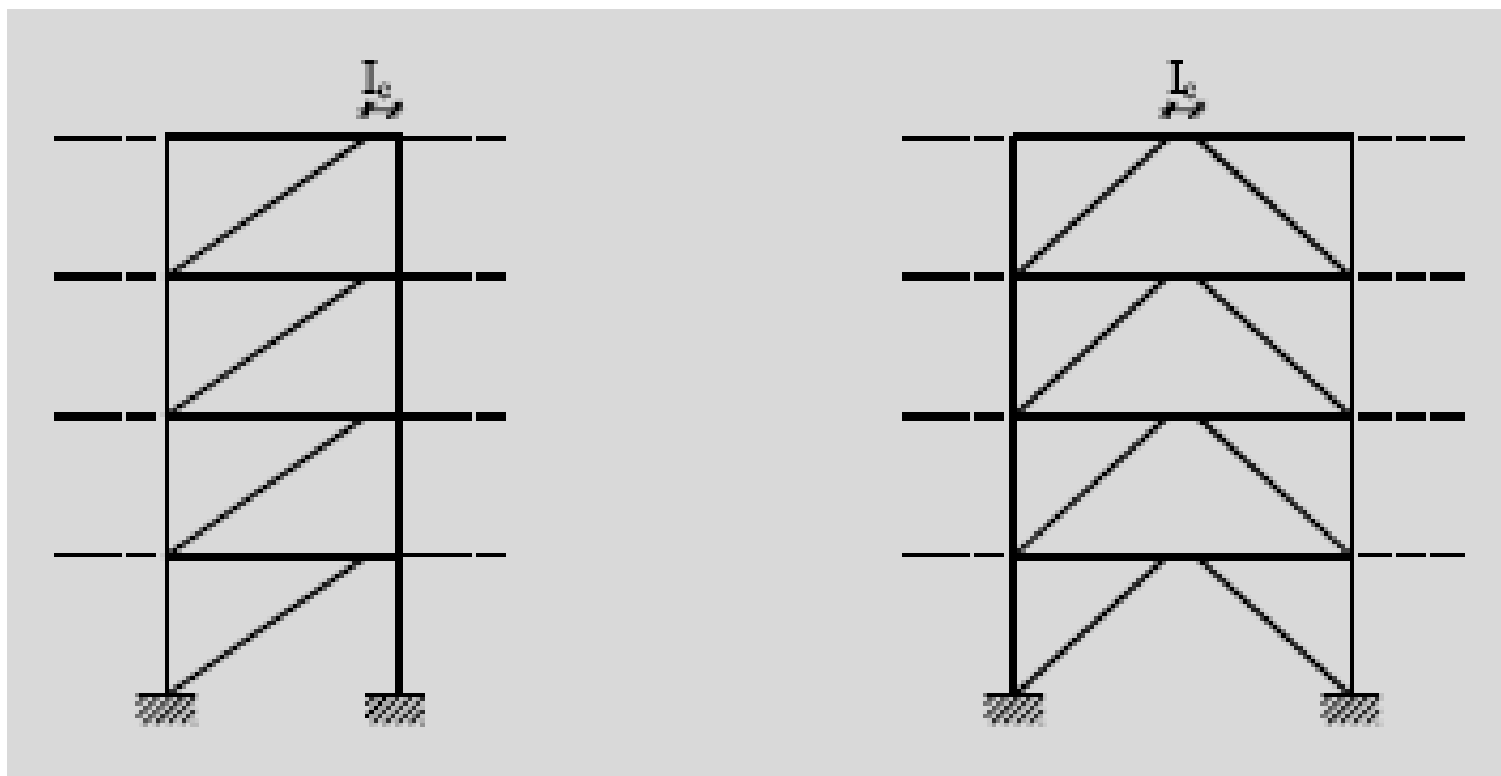
- [2] Οι οριζόντιες δοκοί δικτυωτών συνδέσμων μορφής V ή Λ πρέπει να υπολογίζονται έτσι ώστε να μπορούν να παραλάβουν, τα κατακόρυφα φορτία χωρίς να ληφθεί υπόψη η ενδιάμεση στήριξη από τις διαγωνίους.



Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Δικτυωτοί σύνδεσμοι με εκκεντρότητα

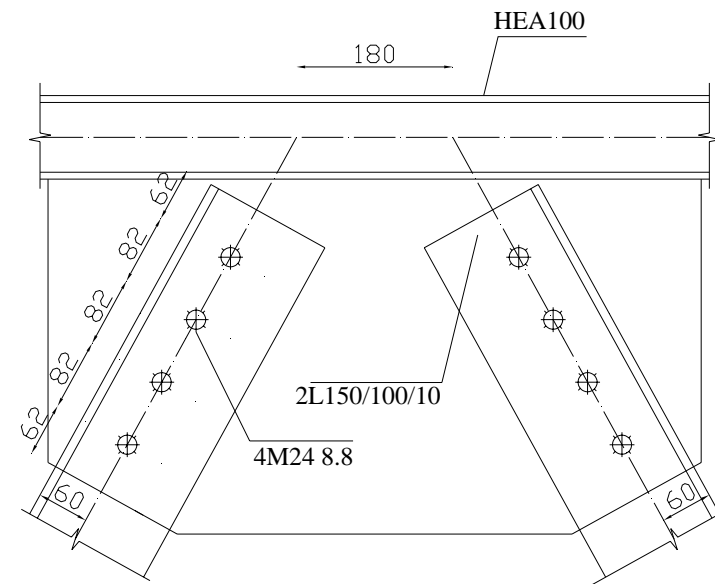
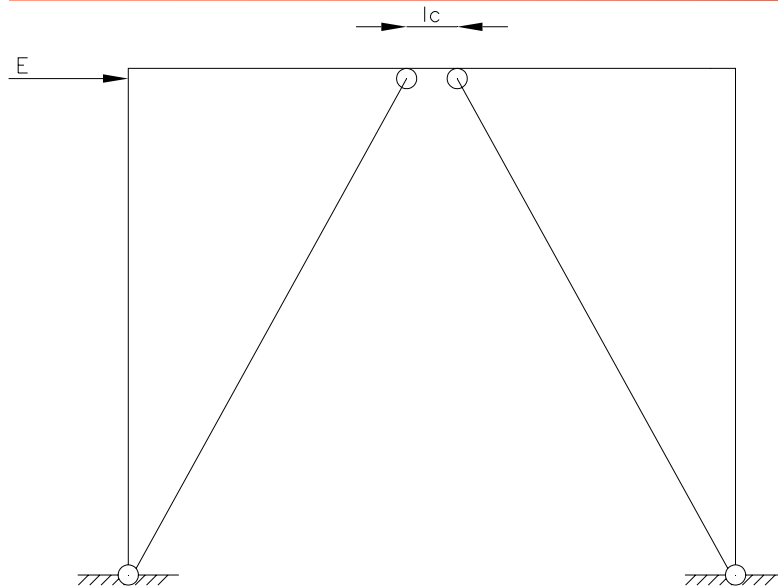




Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Δικτυωτοί σύνδεσμοι με εκκεντρότητα

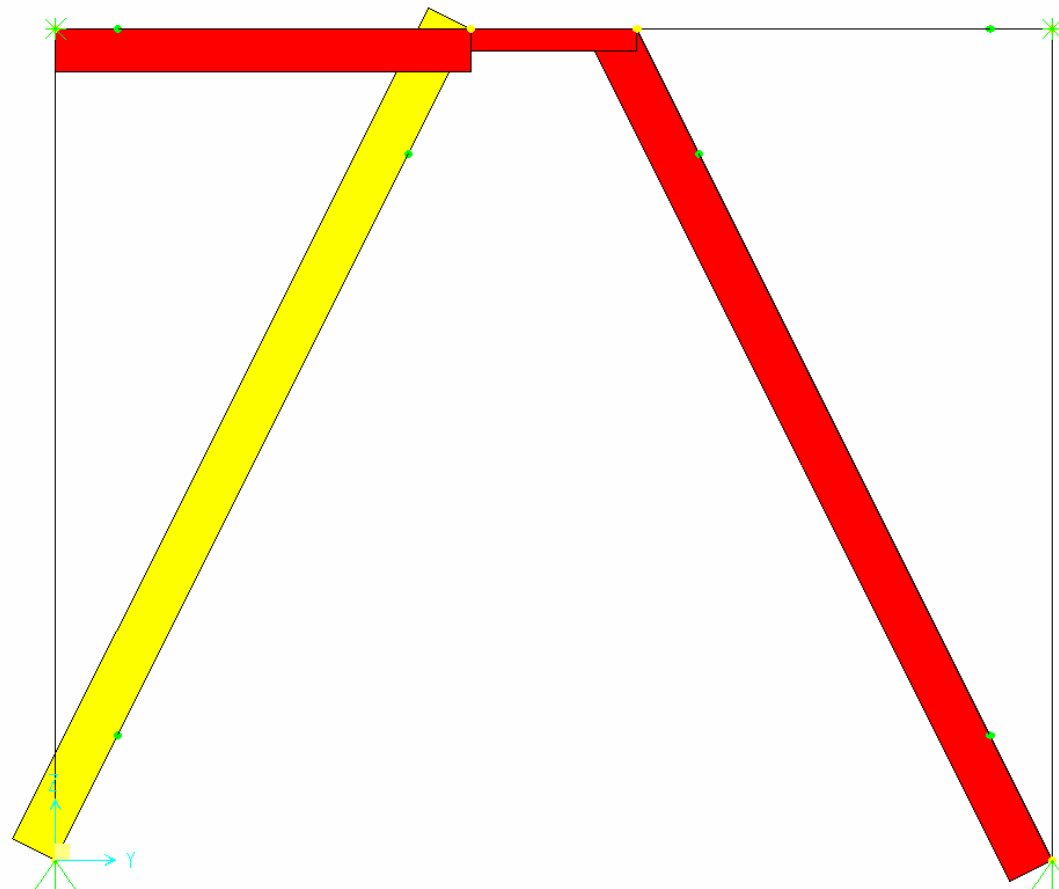




Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Δικτυωτοί σύνδεσμοι με εκκεντρότητα



Διάγραμμα αξονικών δυνάμεων

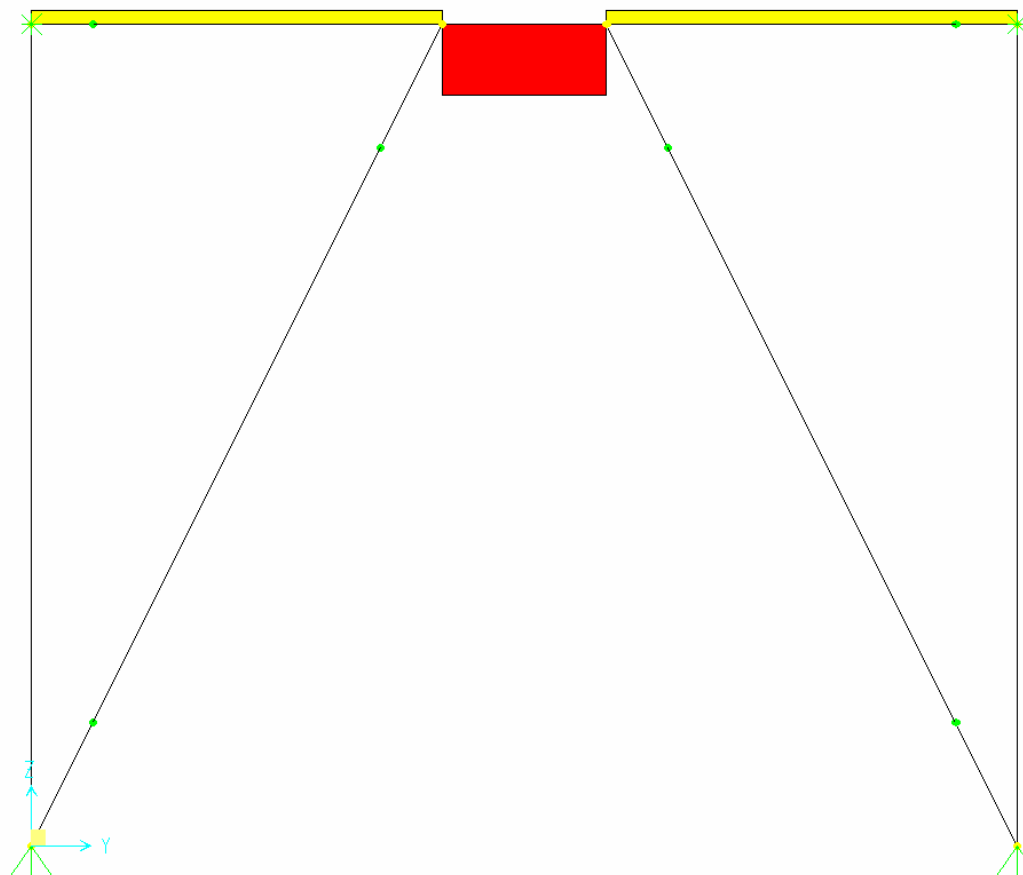


Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Δικτυωτοί σύνδεσμοι με εκκεντρότητα

2008



Διάγραμμα τενουσών δυνάμεων

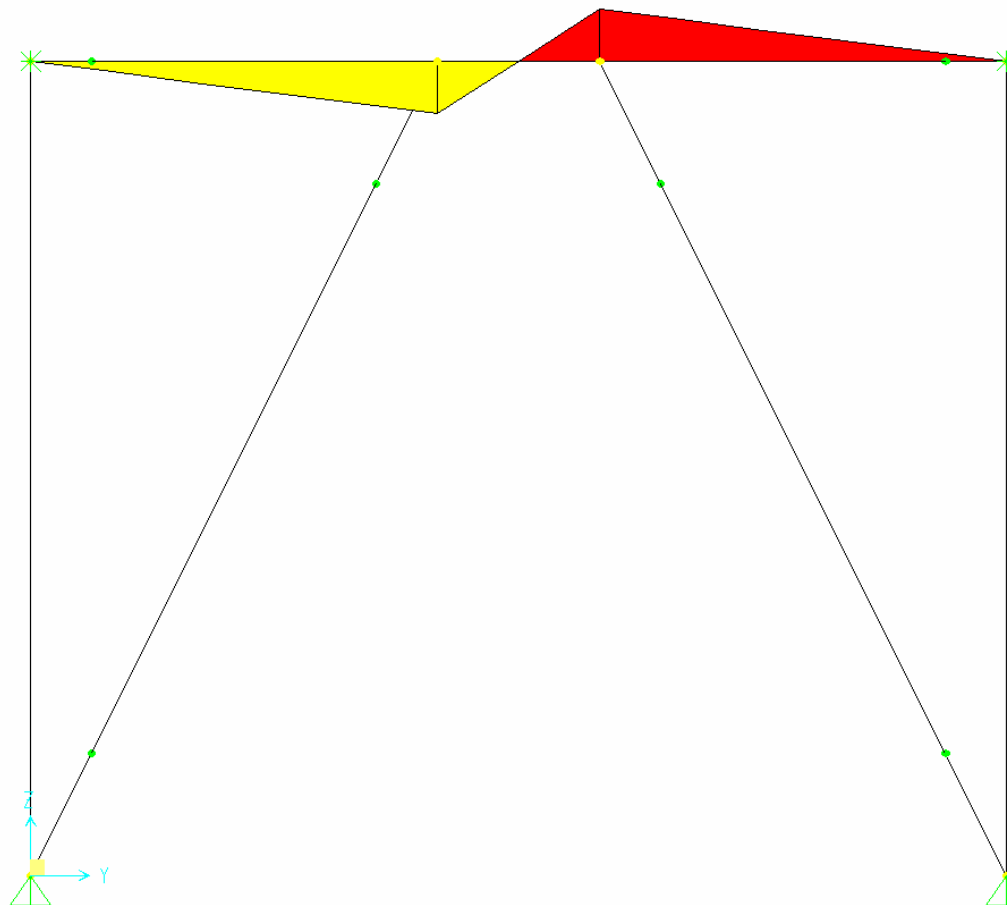


Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Δικτυωτοί σύνδεσμοι με εκκεντρότητα

2008



Διάγραμμα καμπτικών ροπών



Ε.Μ.Π.

Δικτυωτοί σύνδεσμοι με εκκεντρότητα

Γ.6 ΔΙΚΤΥΩΤΟΙ ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ ΜΕ ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΑ

Γ.6.1 Δράση και Πλάστιμα Στοιχεία

- [1] Το βασικό χαρακτηριστικό αυτών των συνδέσμων είναι ότι η σύνδεση του ενός τουλάχιστον άκρου της κάθε διαγωνίου με το ζύγωμα γίνεται με εκκεντρότητα ως προς τον αντίστοιχο κόμβο (υποστυλώματος-ζυγώματος ή ετέρας διαγωνίου-ζυγώματος). Το τμήμα του ζυγώματος που αποτελεί την έκκεντρη σύζευξη ονομάζεται «δοκός σύζευξης» και υπόκειται σε μεγάλη διατμητική και καμπτική καταπόνηση από οριζόντια φορτία. Στο τμήμα αυτό είναι συνεπώς ευκολότερο να συγκεντρωθούν οι απαιτήσεις πλαστιμότητας.



Ε.Μ.Π.

Δικτυωτοί σύνδεσμοι με εκκεντρότητα

- [2] Ο μηχανισμός διαρροής της δοκού σύζευξης εξαρτάται από τον λόγο του μήκους της I_c προς το μήκος

$$I_0 = 2 M_{pc} / V_{pc}$$

όπου M_{pc} και V_{pc} η αντοχή σε κάμψη και διάτμηση της διατομής της δοκού σύζευξης.

Όταν $I_c / I_0 \leq 0.80$ αναπτύσσεται κυρίως διατμητική διαρροή (διατμητική πλαστική άρθρωση).

Όταν $I_c / I_0 \geq 1.30$ η διαρροή είναι κυρίως καμπτική (ζεύγος καμπτικών πλαστικών αρθρώσεων).

Στην ενδιάμεση περιοχή η διαρροή είναι σύμμικτη. Σε όλες τις περιπτώσεις υπάρχει δυνατότητα μεγάλης πλαστιμότητας.



Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ
ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Δικτυωτοί σύνδεσμοι με εκκεντρότητα

- [3] Οι δοκοί σύζευξης πρέπει να υπολογίζονται και να μορφώνονται έτσι ώστε να παρέχουν επαρκή πλαστιμότητα. Τα άλλα στοιχεία (στήλοι, διαγώνιοι και υπόλοιπο τμήμα των ζυγωμάτων) πρέπει να ελέγχονται με ικανοτικό σχεδιασμό, ώστε η διαρροή να περιορίζεται στις δοκούς σύζευξης.



Ε.Μ.Π.

Δικτυωτοί σύνδεσμοι με εκκεντρότητα

Γ.6.2 Δοκοί Σύζευξης

- [1] Οι διατομές των δοκών σύζευξης πρέπει να είναι κατηγορίας Α, σύμφωνα με τον Πίνακα 1. Στους κορμούς δεν επιτρέπεται η τοποθέτηση ελασμάτων ενίσχυσης, ούτε η διάνοιξη οπών.
- [2] Τα άκρα των δοκών σύζευξης πρέπει να ενισχύονται με αμφίπλευρες νευρώσεις καθ' όλο το ύψος του κορμού. Το πάχος των νευρώσεων αυτών πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσο προς $0,75 t_w$ ή 10 mm.



Ε.Μ.Π.

Δικτυωτοί σύνδεσμοι με εκκεντρότητα

- [3] Όταν $I_c / I_o \leq 1.40$ απαιτείται διάταξη και ενδιάμεσων νευρώσεων. Οι ενδιάμεσες νευρώσεις πρέπει να καταλαμβάνουν ολόκληρο το ύψος του κορμού, ώστε να εξασφαλίζουν τον κορμό και τα πέλματα από λυγισμό, επιτρέπεται δε να είναι μονόπλευρες σε δοκούς ύψους μέχρι 600 mm. Η μέγιστη απόσταση μεταξύ διαδοχικών νευρώσεων θα λαμβάνεται ίση με:

$$56t_w - d/5 \quad \text{για } I_c / I_o \geq 1.15$$

ή

$$38t_w - d/5 \quad \text{για } I_c / I_o \leq 0.80.$$

Για τιμές I_c / I_o μεταξύ των προηγούμενων ορίων θα γίνεται γραμμική παρεμβολή.



Ε.Μ.Π.

Δικτυωτοί σύνδεσμοι με εκκεντρότητα

- [4] Οι αντοχές των δοκών σύζευξης σε αξονική δύναμη, ροπή κάμψεως και τέμνουσα δύναμη δίδονται από τις παρακάτω σχέσεις:

$$N_{pc} = 2b_f t_f f_y + h_w t_w f_y \dots\dots\dots (\Gamma.6.1)$$

$$M_{pc} = b_f t_f (h_w + t_f) f_y + 0.25 t_w h_w^2 f_y \dots\dots\dots (\Gamma.6.2)$$

$$V_{pc} = h_w t_w f_y / \sqrt{3} \dots\dots\dots (\Gamma.6.3)$$

όπου:

b_f και t_f είναι, αντίστοιχα, το πλάτος και το πάχος των πελμάτων,

h_w και t_w είναι, αντίστοιχα, το ύψος και το πάχος των κορμών και

f_y είναι το όριο διαρροής



Ε.Μ.Π.

Δικτυωτοί σύνδεσμοι με εκκεντρότητα

- [5] Δοκοί σύζευξης με μηχανισμό καμπτικών πλαστικών αρθρώσεων, διαστασιολογούνται όπως οι δοκοί των πλαισίων (βλ. παρ. 4.2).
- [6] Δοκοί σύζευξης με μηχανισμό διατμητικών πλαστικών αρθρώσεων, πρέπει να ικανοποιούν τις ακόλουθες συνθήκες:

$$N_{sc} / N_{pc} \leq 0.10 \quad \text{.....} \quad (\Gamma.7.1)$$

$$M_{sc} / M_{pc} \leq 0.70 \quad \text{.....} \quad (\Gamma.7.2)$$

$$V_{sc} / V_{pc} \leq 1.00 \quad \text{.....} \quad (\Gamma.7.3)$$

όπου:

N_{sc}, M_{pc}, V_{sc} η αξονική, ροπή και τέμνουσα όπως προκύπτουν από τους σεισμικούς συνδυασμούς για $\max V_{sc}$.



Ε.Μ.Π.

Δικτυωτοί σύνδεσμοι με εκκεντρότητα

Γ.6.3 Υποστυλώματα και Διαγώνιοι

- [1] Θα ελέγχονται σε κάμψη και λυγισμό με τις δράσεις που ορίζονται στην παρ. 5.3 με ικανοτικό συντελεστή:

$$\alpha_{cd} = 1.20 \min(V_{pdi} / V_{sdi}, M_{pdi} / M_{sdi}) \dots\dots\dots (\Gamma.8)$$

όπου:

V_{sdi}, M_{sdi} είναι, αντίστοιχα, η τέμνουσα και η ροπή από το σεισμικό συνδυασμό στην πλαστική άρθρωση (δοκό σύζευξης) του ίδιου ορόφου και

V_{pdi}, M_{pdi} είναι οι αντίστοιχες οριακές αντοχές της διατομής της δοκού σύζευξης.



Ε.Μ.Π.

Οριζόντιοι δικτυωτοί σύνδεσμοι

Γ.7 ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΑ – ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΙ ΔΙΚΤΥΩΤΟΙ ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ

- [1] Τα διαφράγματα ή οι οριζόντιοι δικτυωτοί σύνδεσμοι πρέπει να εξασφαλίζουν την μεταφορά των σεισμικών δυνάμεων στους κατακόρυφους φορείς (κατακόρυφους συνδέσμους ή/ και πλαίσια) με επαρκή υπεραντοχή ώστε αφενός μεν να επιτυγχάνεται ο περιορισμός των πλαστικών αρθρώσεων στις προβλεπόμενες θέσεις, αφετέρου δε να υπάρχει δυνατότητα ανακατανομής των δυνάμεων που είναι απαραίτητη, επειδή οι κατακόρυφοι φορείς δεν εισέρχονται σύγχρονα στο μετελαστικό στάδιο.
- [2] Κατά κανόνα η προηγούμενη απαίτηση καλύπτεται αν τα μέλη των οριζοντίων συνδέσμων ελεγχθούν με τις δράσεις που προκύπτουν από τους σεισμικούς συνδυασμούς πολλαπλασιασμένες επί συντελεστή μεγεθύνσεως $\alpha = 1.50$.