



Ε.Μ.Π.

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

ΣΙΔΗΡΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΙΙ

ΑΣΚΗΣΗ 12
ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΤΕΓΑΣΤΡΟΥ
ΜΕ ΔΙΑΓΩΝΙΟΥΣ ΣΥΝΔΕΣΜΟΥΣ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ

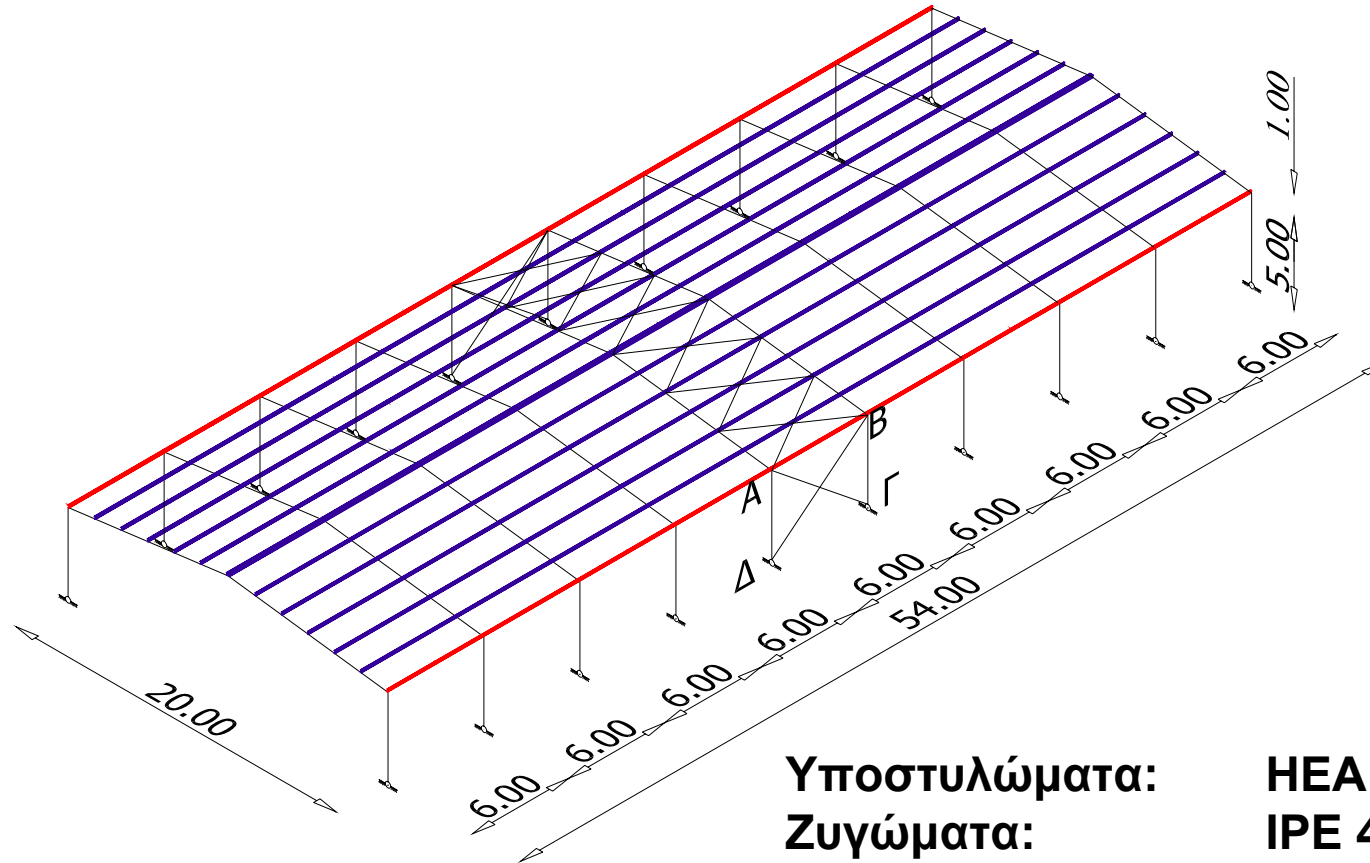
2010-2011



Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Γεωμετρία



Υποστυλώματα: HEA 360
Ζυγώματα: IPE 400

Προοπτικό στεγάστρου

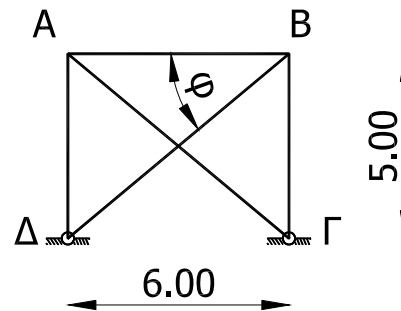
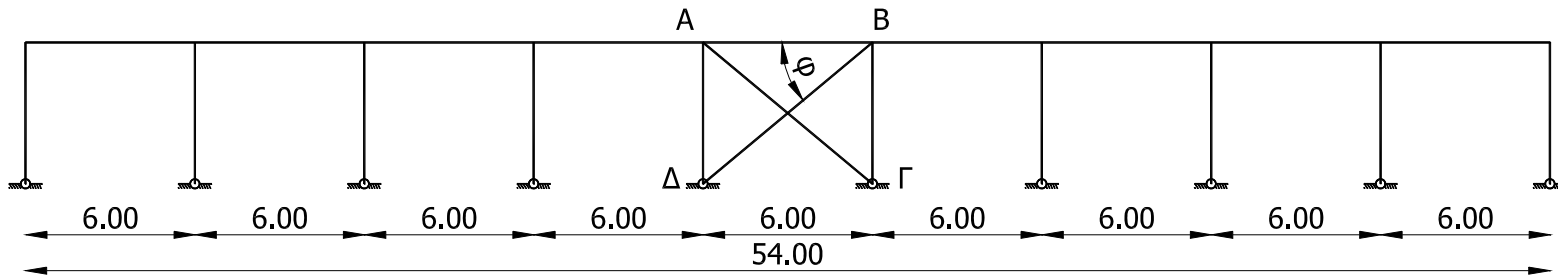


Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ
ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Γεωμετρία

2010-2011



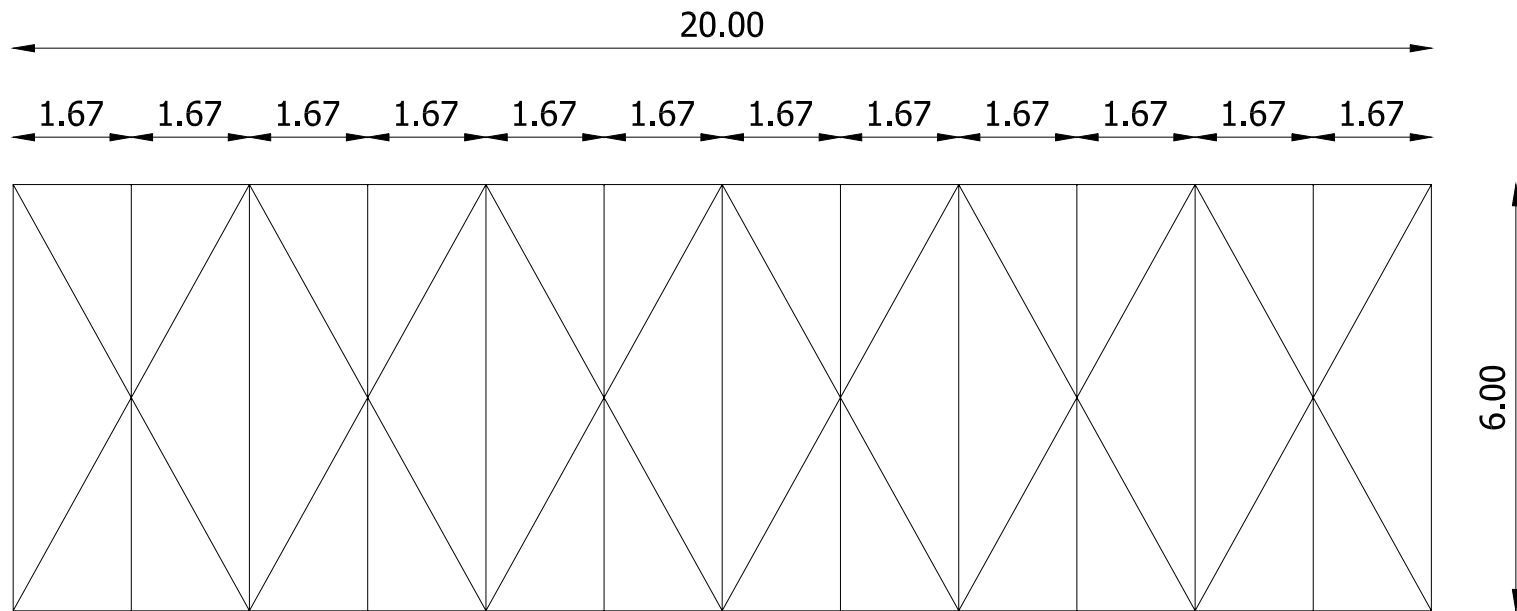
Όψη στεγάστρου



Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Γεωμετρία



Κάτοψη οριζοντίου συνδέσμου

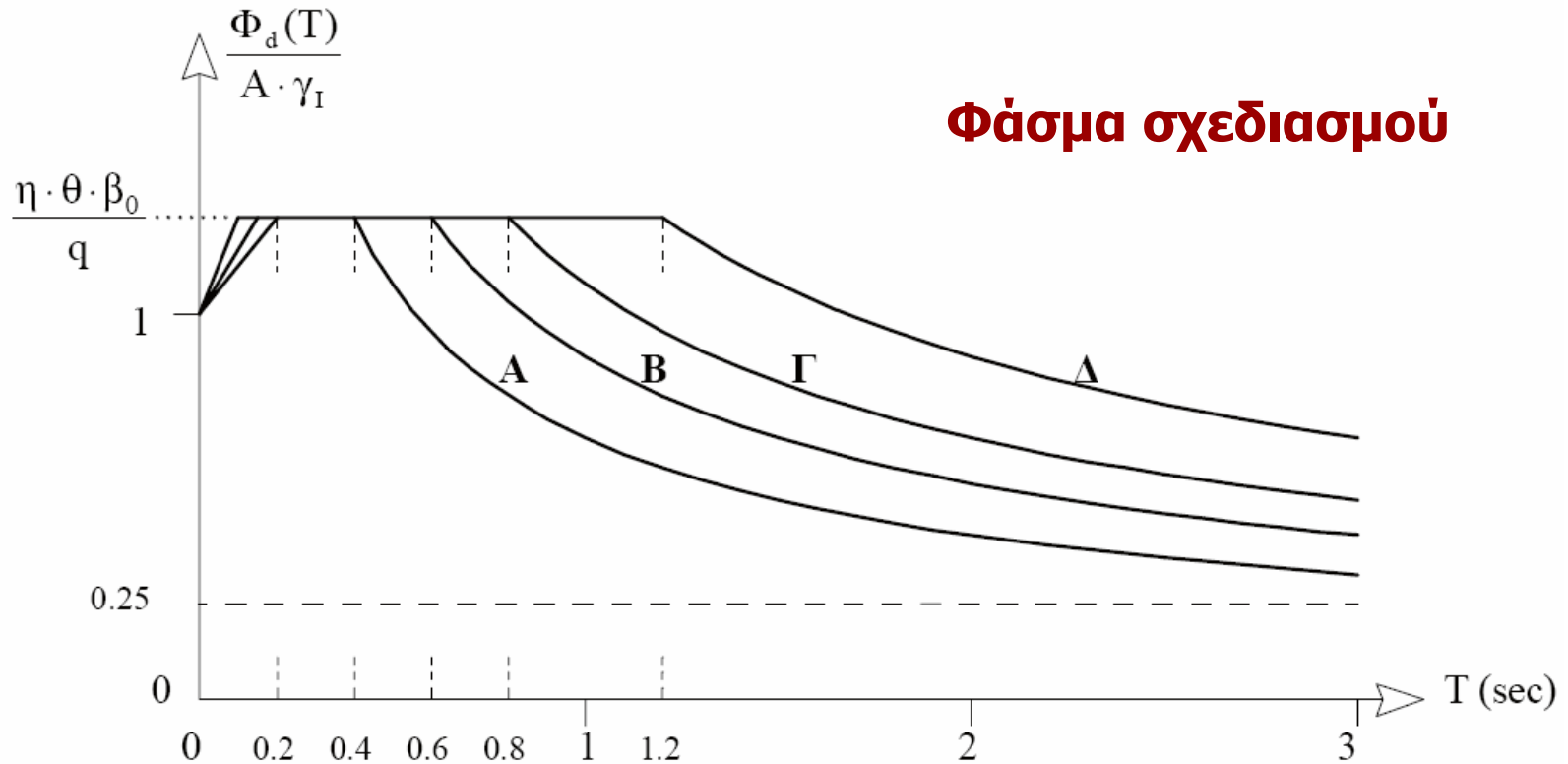


Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Σεισμικές δράσεις σχεδιασμού

Από τον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό 2000 (ΕΑΚ2000)





Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Σεισμικές δράσεις σχεδιασμού

Από τον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό 2000
(ΕΑΚ2000)

**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.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Σεισμικές δράσεις σχεδιασμού

Από τον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό 2000 (ΕΑΚ2000)

$A = \alpha \cdot g$	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.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

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

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.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Φορτία στο στέγαστρο

Συντελεστής απόσβεσης η (ΕΑΚ2000)

**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.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Φορτία στο στέγαστρο

Συντελεστής συμπεριφοράς q (ΕΑΚ2000)

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.	



Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Φορτία στο στέγαστρο

ΜΟΝΙΜΟ: φορτία στέγης:

$$G = 0,80\text{kN/m}^2$$

ΚΙΝΗΤΟ: χιόνι επί της στέγης:

$$S = 1,25\text{kN/m}^2$$

ΣΕΙΣΜΟΣ:

Μέγιστη οριζόντια φασματική επιτάχυνση:

$$\Phi_d(T) = \gamma_1 \cdot A \cdot \frac{n \cdot \theta \cdot \beta_o}{q}$$

Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας III:

$$A=0,36 \cdot g$$

Έδαφος κατηγορίας:

B

Θεμελιώδης περίοδος ταλάντωσης του πλαισίου: $T_1 < T < T_2$

Συντελεστής φασματικής ενίσχυσης:

$$\beta_o=2,50$$

Συντελεστής θεμελίωσης:

$$\theta=1,00$$

Κατηγορία σπουδαιότητας Σ2:

$$\gamma_1=1,00$$

Ποσοστό απόσβεσης:

$$\zeta=3\%$$

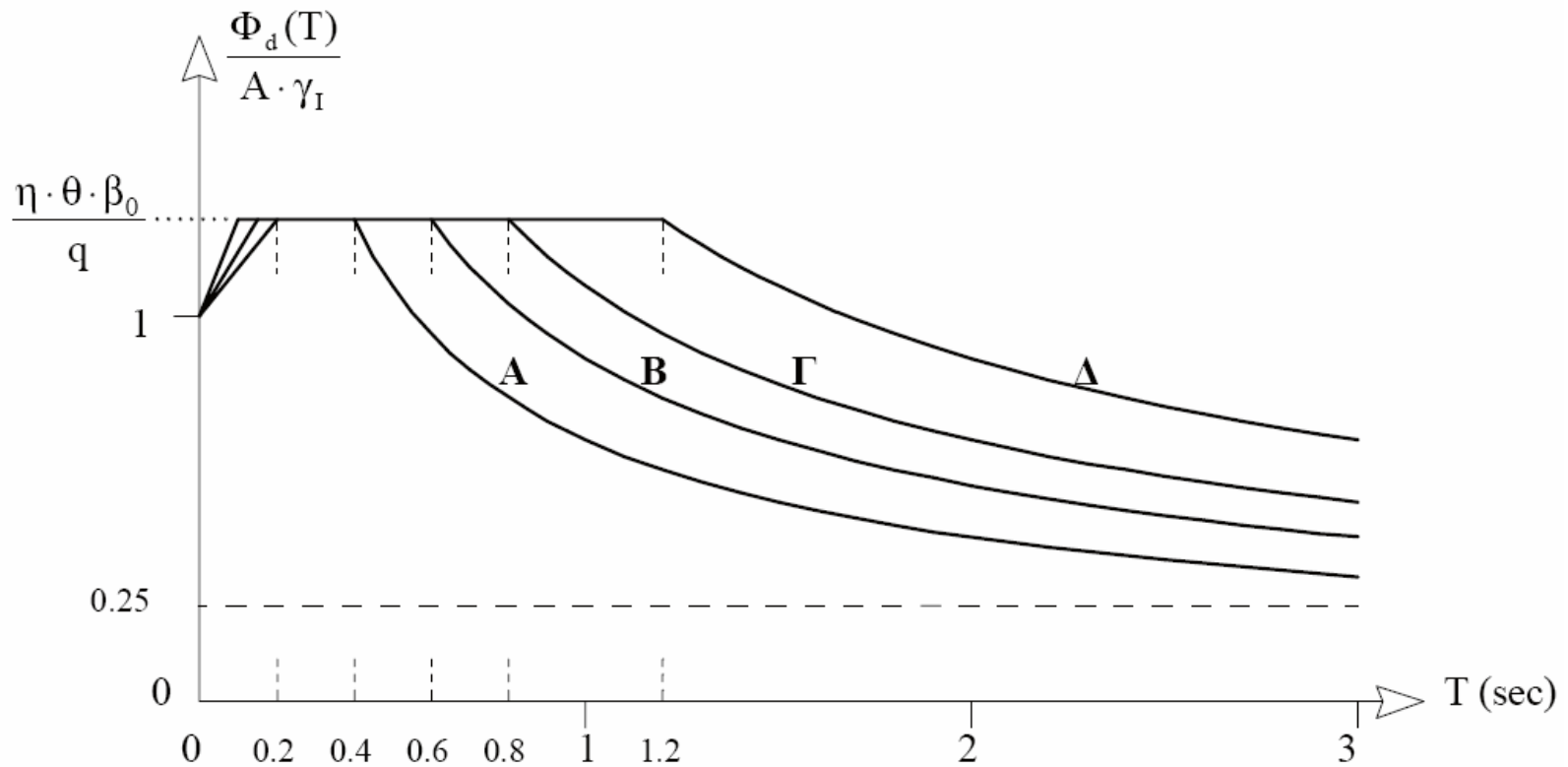
(κοχλιωτή και συγκολλητή μεταλλική κατασκευή)



Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Φάσμα σεισμού (ΕΑΚ2000)



$$\Phi_d(T) = \gamma_1 \cdot A \cdot \frac{\eta \cdot \theta \cdot \beta_0}{q} = 1,00 \times 0,36g \times \frac{1,183 \times 1,00 \times 2,50}{3,0} = 0,355g$$



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

Συνδυασμοί φορτίσεων

Συνδυασμοί φορτίσεων

Κατακόρυφα φορτία: $G + \psi_2 \cdot S = G + 0.30 \cdot S$
 $(0,80 \text{ kN/m}^2 + 0,30 \times 1,25 \text{ kN/m}^2) \times 9 \times 6,00 \text{ m} \times 20,00 \text{ m} = 1269 \text{ kN}$

Οριζόντια σεισμικά φορτία: $\Phi_d(T) \cdot (G + \psi_2 S) / g$
 $Q_E = M \times \Phi_d(T) = 1269 \text{ kN} / g \times 0,355 g = 450,50 \text{ kN}$

2
0
1
0
-
2
0
1
1

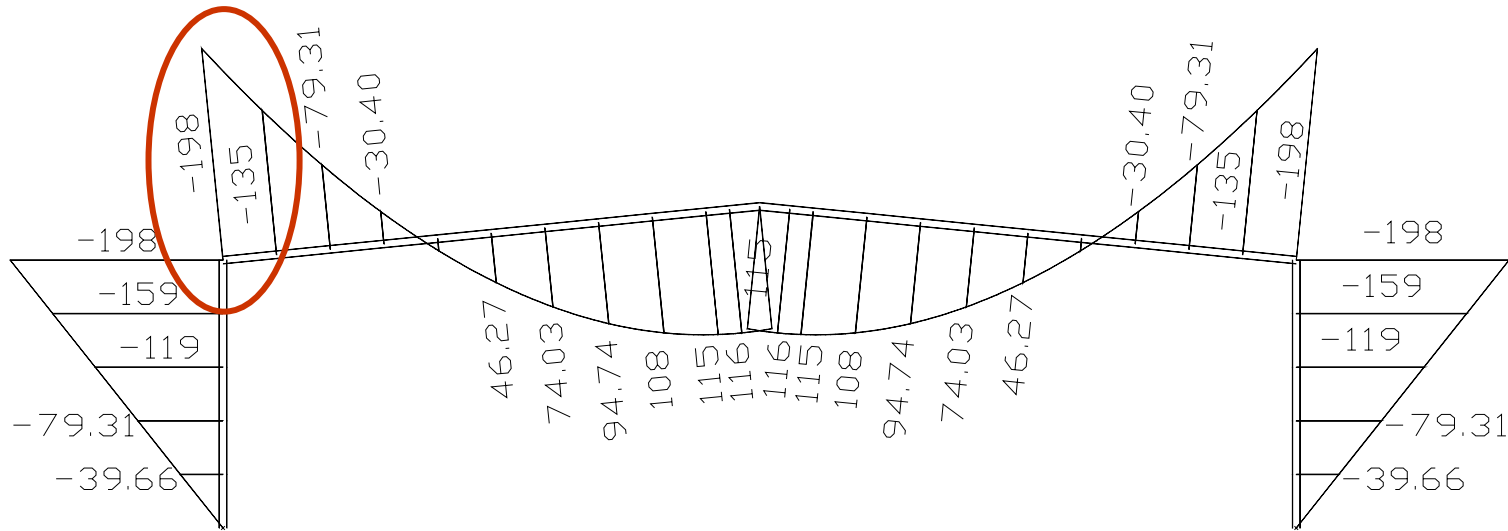


Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Εντατικά μεγέθη

Εντατικά μεγέθη για κατακόρυφα φορτία $G+0.3S$



Ροπές κάμψης M_y

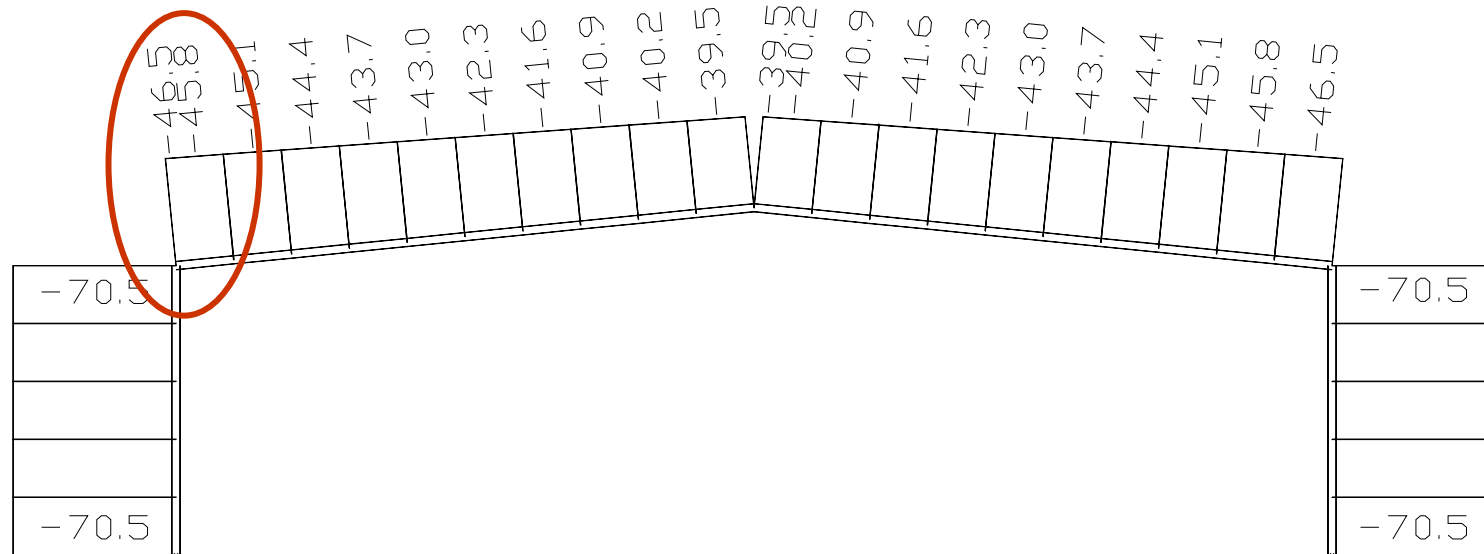


Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Εντατικά μεγέθη

Εντατικά μεγέθη για κατακόρυφα φορτία $G+0.3S$



Αξονικές δυνάμεις N



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

Οριζόντιος σύνδεσμος δυσκαμψίας

Θλιπτική δύναμη στο ζύγωμα λόγω ροπής κάμψης

Όπου το σύστημα δυσκαμψίας απαιτείται για να σταθεροποιεί το θλιβόμενο πέλμα μιας δοκού σταθερού ύψους, η δύναμη N_{Ed} μπορεί να λαμβάνεται από $N=M/h$, όπου M είναι η μέγιστη ροπή στη δοκό και h είναι το συνολικό ύψος της δοκού:

$$N_{f,V,M} = \frac{M_{Ed}}{h - t_f} = \frac{19800 \text{ kNcm}}{40 \text{ cm} - 1,35 \text{ cm}} = 512,30 \text{ kN}$$

όπου M_{Ed} η ροπή κάμψης στο ζύγωμα από τα κατακόρυφα φορτία



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

Οριζόντιος σύνδεσμος δυσκαμψίας

Θλιπτική δύναμη στο ζύγωμα λόγω αξονικής δύναμης

Στο άνω πέλμα του ζυγώματος δρα το ποσοστό της αξονικής δύναμης που αντιστοιχεί στο ποσοστό της επιφάνειάς του επί του συνόλου της διατομής:

$$N_{f,V,N} = \frac{b \cdot t_f}{A} N_{Ed} = \frac{18\text{cm} \cdot 1,35\text{cm}}{84,5\text{cm}^2} \cdot 46,5\text{kN} = 13,37\text{kN}$$

όπου N_{Ed} η θλιπτική δύναμη στο ζύγωμα από τα κατακόρυφα φορτία

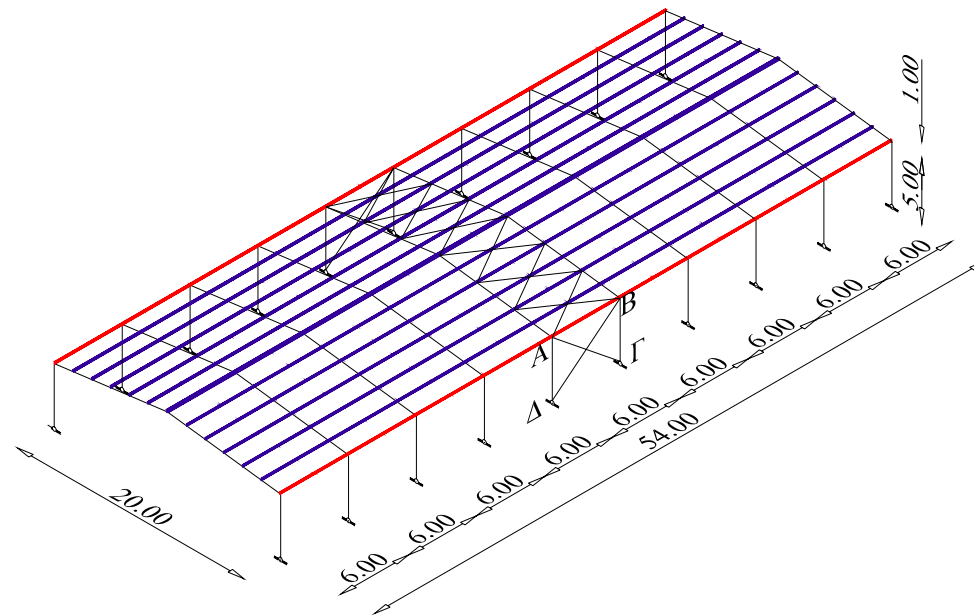


Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Οριζόντιος σύνδεσμος δυσκαμψίας

Ο οριζόντιος σύνδεσμος εξασφαλίζει πλευρική στήριξη στα ζυγώματα όλων των πλαισίων, τα οποία θεωρούνται ότι είναι $8+2 \times 1/2=9$ πλαίσια, εφόσον η ζώνη επιρροής των ακραίων έχει πλάτος ίσο με το μισό του πλάτος των ενδιάμεσων πλαισίων. Επομένως, ο οριζόντιος αυτός σύνδεσμος θεωρείται ότι ευσταθοποιεί: $m=9$ φατνώματα





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

Οριζόντιος σύνδεσμος δυσκαμψίας

Συνολική θλιπτική δύναμη

Κατακόρυφα φορτία: $\Sigma N_{f,v} = 512,30 + 13,37 = 527,7 \text{ kN}$

Συνολική δύναμη ευσταθοποίησης για τον οριζόντιο σύνδεσμο:
 $\Sigma N = 9 \times 527,7 = 4731,30 \text{ kN}$

2
0
1
0
-
2
0
1
1

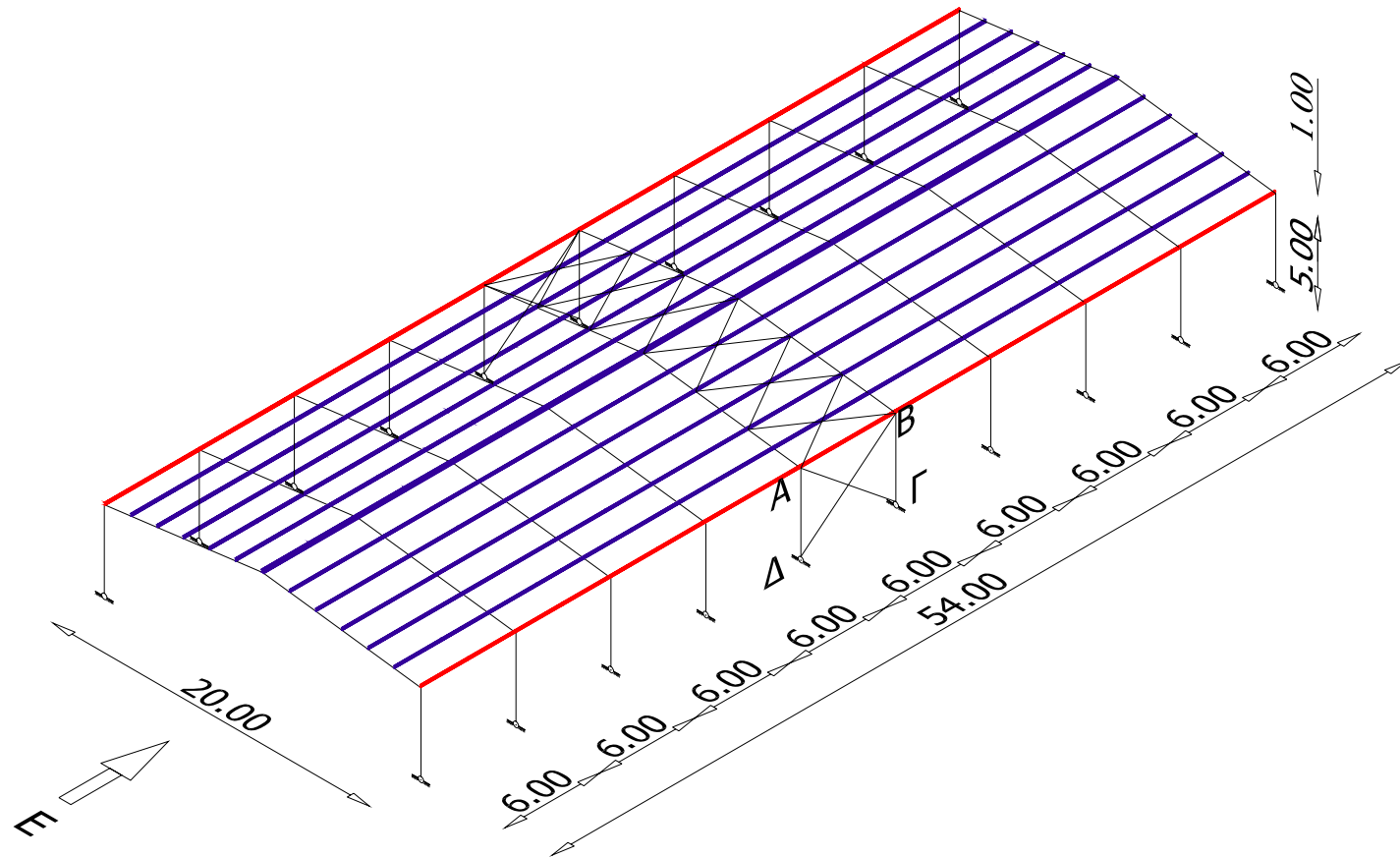


Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Οριζόντιος σύνδεσμος δυσκαμψίας

Οριζόντια φορτία σεισμού



2010-2011

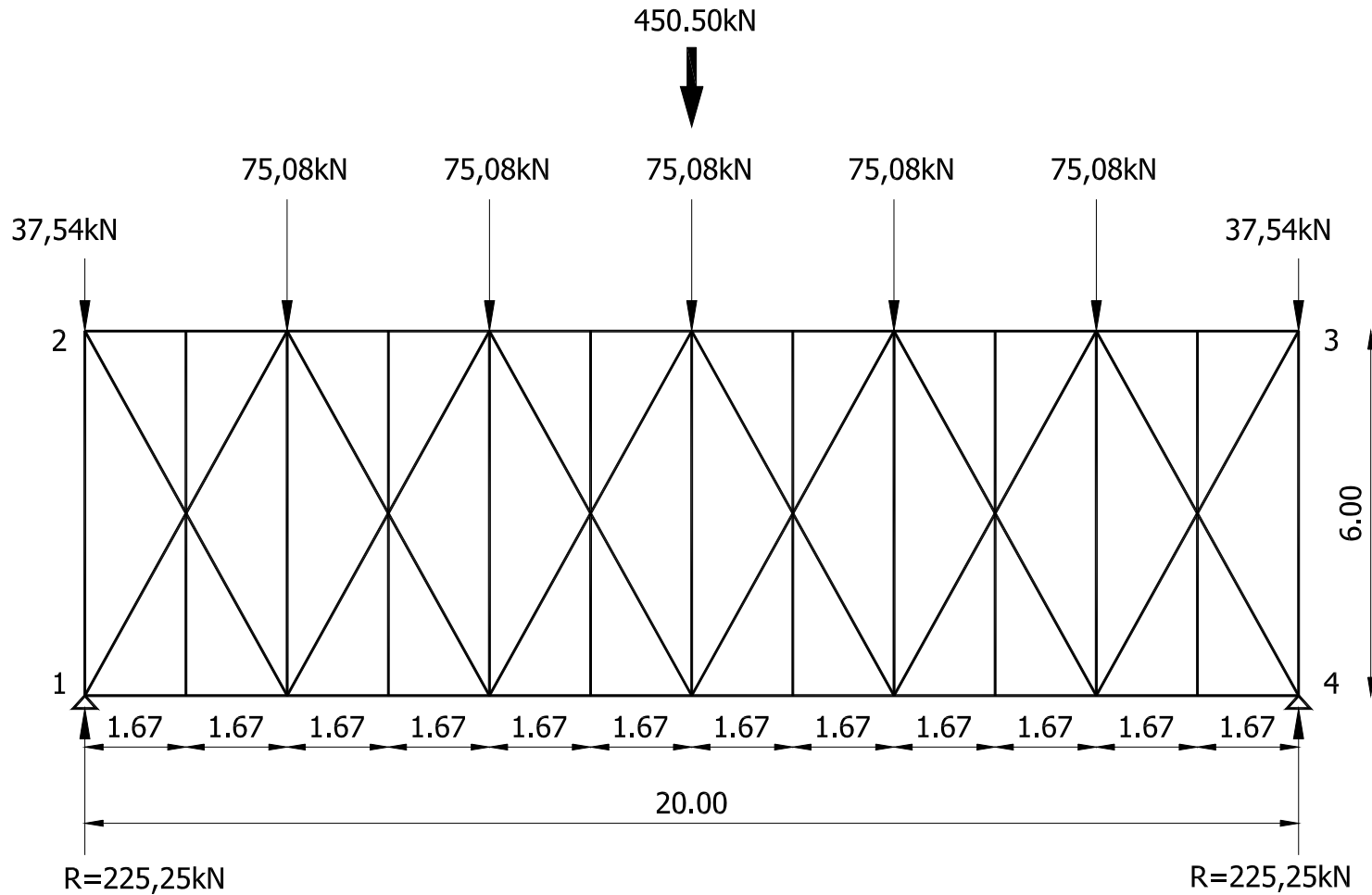


Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Οριζόντιος σύνδεσμος δυσκαμψίας

Οριζόντια φορτία σεισμού



2010-2011

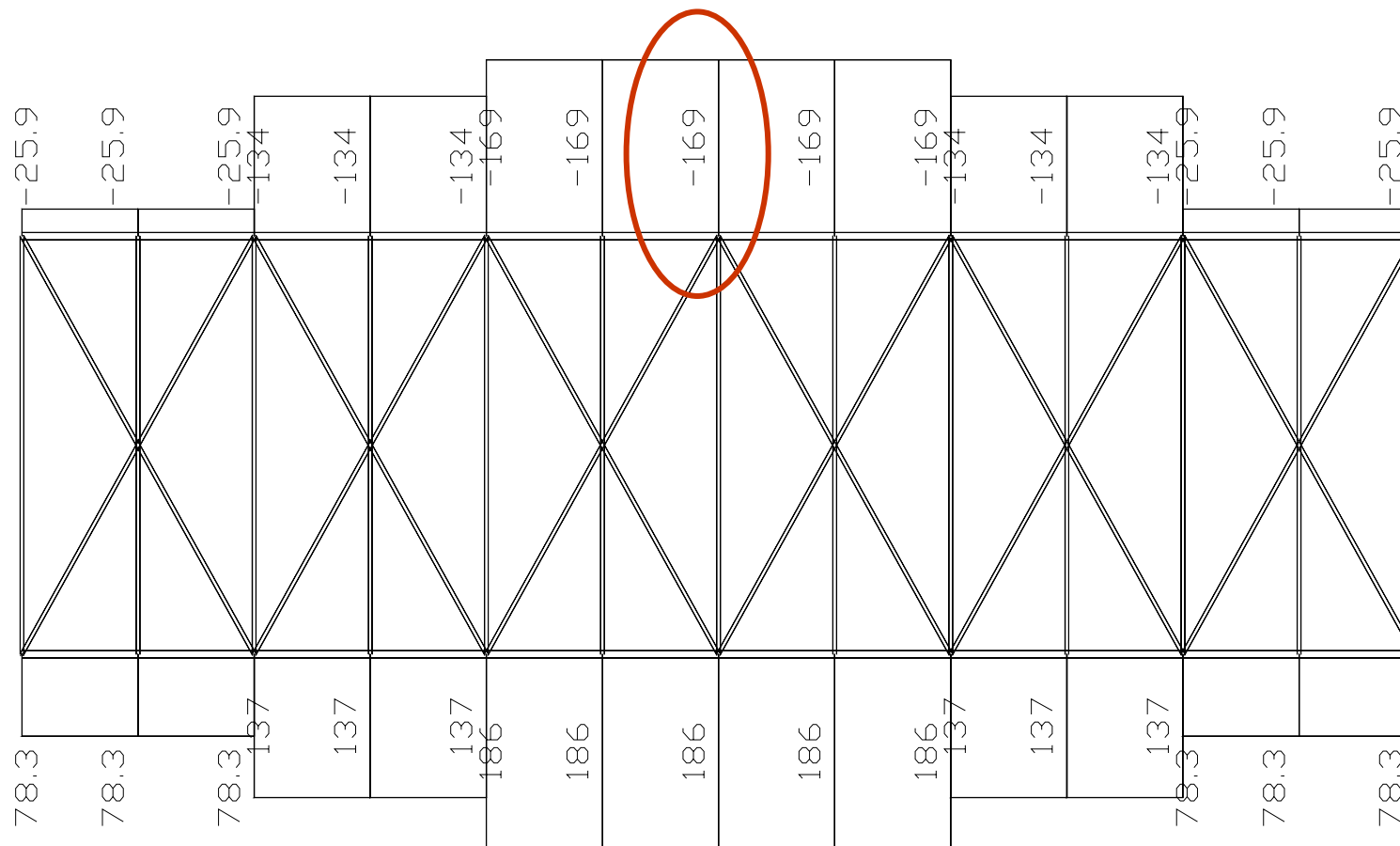


Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Οριζόντιος σύνδεσμος δυσκαμψίας

Οριζόντια φορτία σεισμού





Ε.Μ.Π.

Οριζόντιος σύνδεσμος δυσκαμψίας

Στην ανάλυση συστημάτων δυσκαμψίας, τα οποία απαιτούνται για να παρέχουν ευστάθεια έναντι πλευρικής εκτροπής κατά μήκος των δοκών ή των θλιβομένων μελών, οι δυνάμεις εξασφάλισης λαμβάνονται υπόψη μέσω μίας ισοδύναμης γεωμετρικής ατέλειας των εξασφαλιζόμενων μελών, με τη μορφή μίας αρχικής τοπικής ατέλειας:

$$e_0 = a_m L / 500$$

$$\text{όπου } a_m = \sqrt{0,5 \cdot \left(1 + \frac{1}{m}\right)}$$

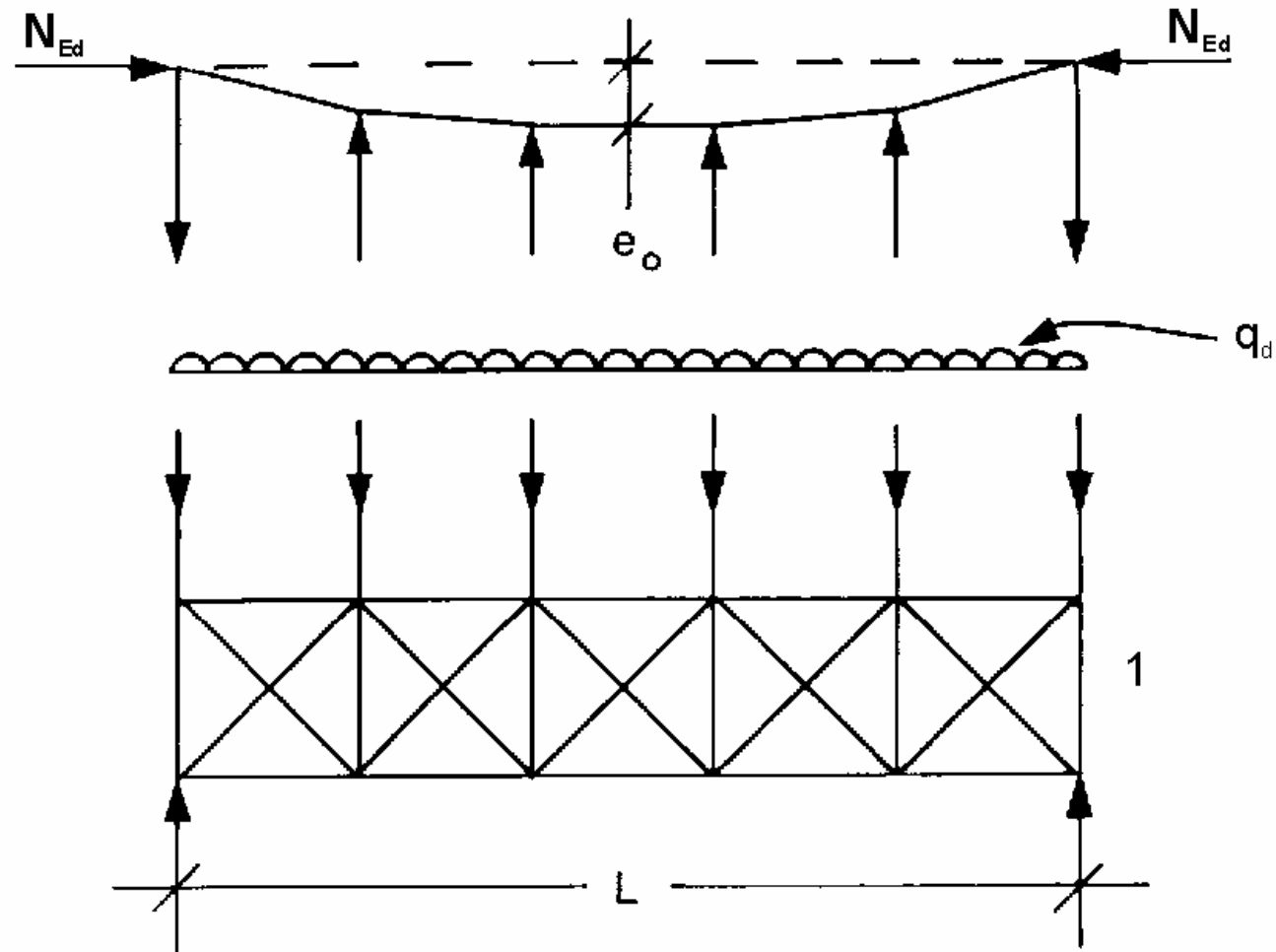
και m είναι ο αριθμός των μελών που αντιστηρίζονται από πλευρική εκτροπή



Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Οριζόντιος σύνδεσμος δυσκαμψίας



2010-2011



Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ
ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Οριζόντιος σύνδεσμος δυσκαμψίας

Συντελεστής a_m

$$a_m = \sqrt{0,5 \cdot \left(1 + \frac{1}{m}\right)} = \sqrt{0,5 \cdot \left(1 + \frac{1}{9}\right)} = 0,745$$

Αρχική τοπική ατέλεια

$$e_0 = \frac{a_m L}{500} = \frac{0,745 \cdot 2000 \text{cm}}{500} \approx 3,0 \text{cm}$$



Ε.Μ.Π.

Οριζόντιος σύνδεσμος δυσκαμψίας

Οι επιδράσεις των αρχικών ατελειών των μελών που θα αντιστηριχθούν από ένα σύστημα δυσκαμψίας, μπορούν να αντικατασταθούν από την ισοδύναμη σταθεροποιητική δύναμη:

$$q = \sum N_{Ed} \delta \frac{e_0 + \delta_q}{L^2}$$

όπου $\sum N_{Ed}$ η συνολική αξονική δύναμη στο θλιβόμενο μέλος του ζυγώματος και δ_q είναι η εντός επιπέδου παραμόρφωση του συστήματος δυσκαμψίας οφειλόμενη στο q και σε όλα τα εξωτερικά φορτία που υπολογίσθηκαν από την ανάλυση πρώτης τάξης. Σημειώνεται ότι το δ_q μπορεί να λαμβάνεται 0 εάν χρησιμοποιείται θεωρία δεύτερης τάξης.



Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Οριζόντιος σύνδεσμος δυσκαμψίας

Ισοδύναμη σταθεροποιητική δύναμη

Αρχικά θεωρείται ότι $\delta_q=0$ και υπολογίζεται η ισοδύναμη δύναμη:

$$q_{\text{ισοδ}} = \sum N_{Ed} \cdot 8 \frac{e_0 + \delta_q}{L^2} = 4731,3 \cdot 8 \cdot \frac{0,03 + 0}{20,00^2} = 2,84 \text{ kN/m}$$

Για οριζόντιο φορτίο 2,84kN/m και το σεισμικό φορτίο στο δικτύωμα του οριζόντιου συνδέσμου (75,08kN/κόμβο) προκύπτει παραμόρφωση $\delta_q=5,6\text{mm}$.

$$(\text{Φορτίο } 2,84 \text{ kN/m} \times 1,67 \text{ m} \times 2 + 75,08 = 84,56 \text{ kN/κόμβο})$$

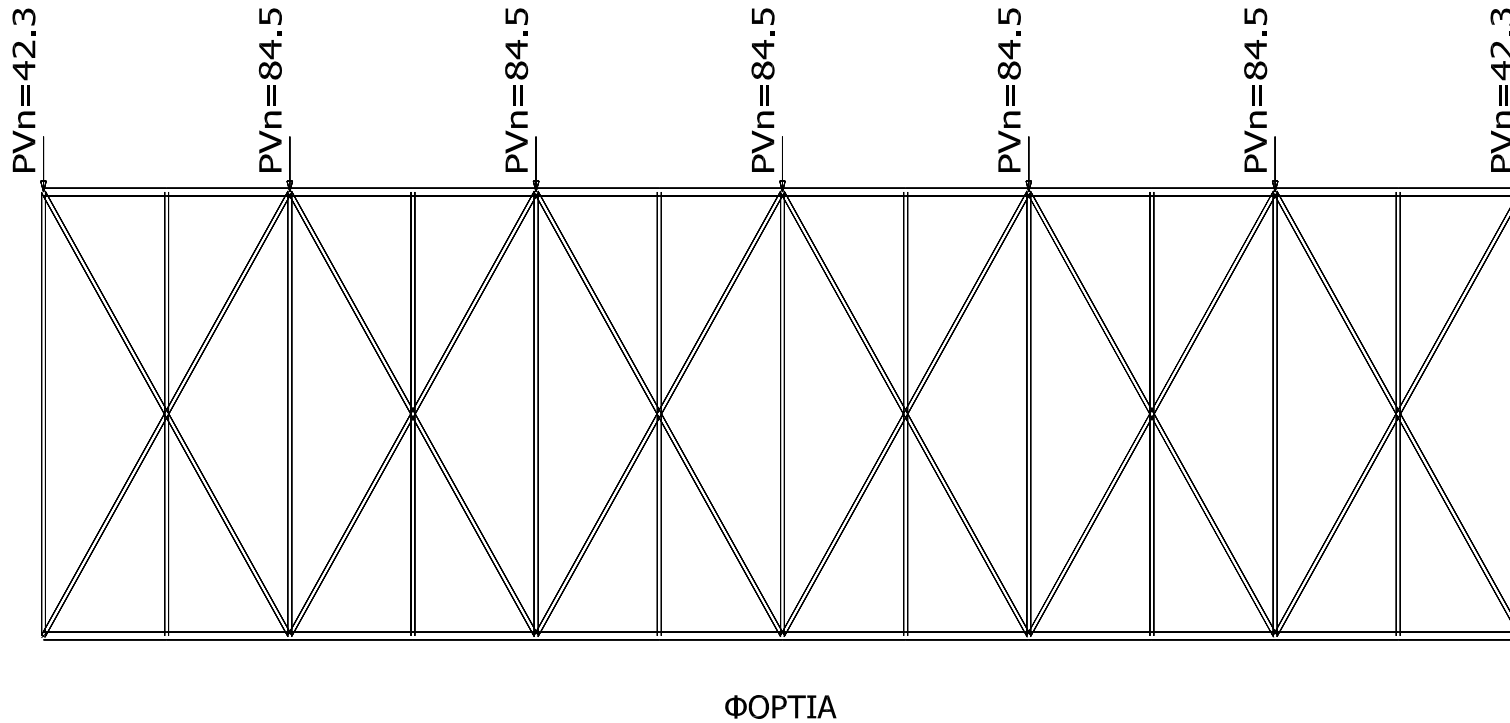


Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Οριζόντιος σύνδεσμος δυσκαμψίας

Ισοδύναμη σταθεροποιητική δύναμη



2010-2011

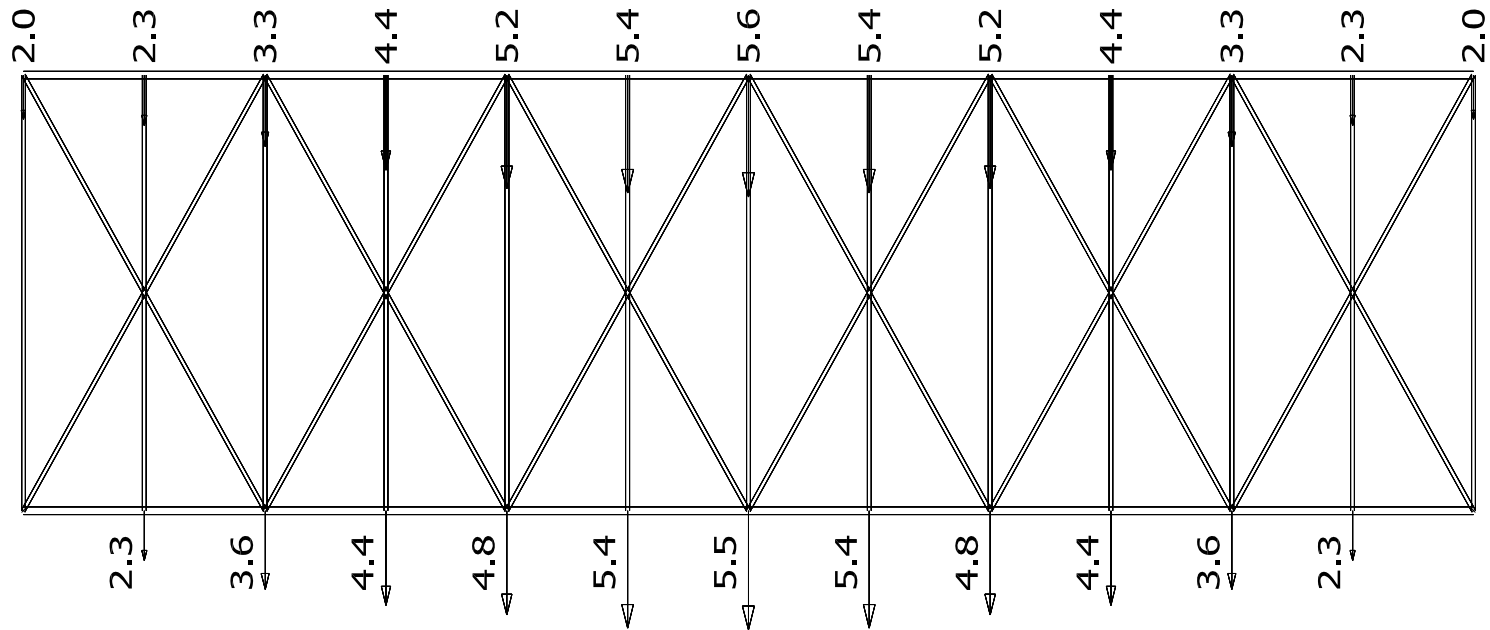


Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Οριζόντιος σύνδεσμος δυσκαμψίας

Ισοδύναμη σταθεροποιητική δύναμη



ΟΡΙΖΟΝΤΙΕΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ



Ε.Μ.Π.

Οριζόντιος σύνδεσμος δυσκαμψίας

Ισοδύναμη σταθεροποιητική δύναμη

Η τελική ισοδύναμη δύναμη που ασκείται στο σύστημα δυσκαμψίας προκειμένου αυτό να εξασφαλίσει πλευρική στήριξη στα ζυγώματα των πλαισίων είναι:

$$q_{\text{ισοδ}} = \sum N_{\text{Ed}} \cdot 8 \frac{e_0 + \delta_q}{L^2} = 4731,3 \cdot 8 \cdot \frac{0,03 + 0,0056}{20,00^2} = 3,36 \text{ kN/m}$$

Για οριζόντιο φορτίο 3,36kN/m και το σεισμικό φορτίο στο δικτύωμα του οριζόντιου συνδέσμου (75,08kN/κόμβο) προκύπτει παραμόρφωση $\delta_q = 5,7 \text{ mm}$ ($\sim 5,6 \text{ mm}$).

$$(\text{Φορτίο } 3,36 \text{ kN/m} \times 1,67 \text{ m} \times 2 + 75,08 = 86,30 \text{ kN/κόμβο})$$

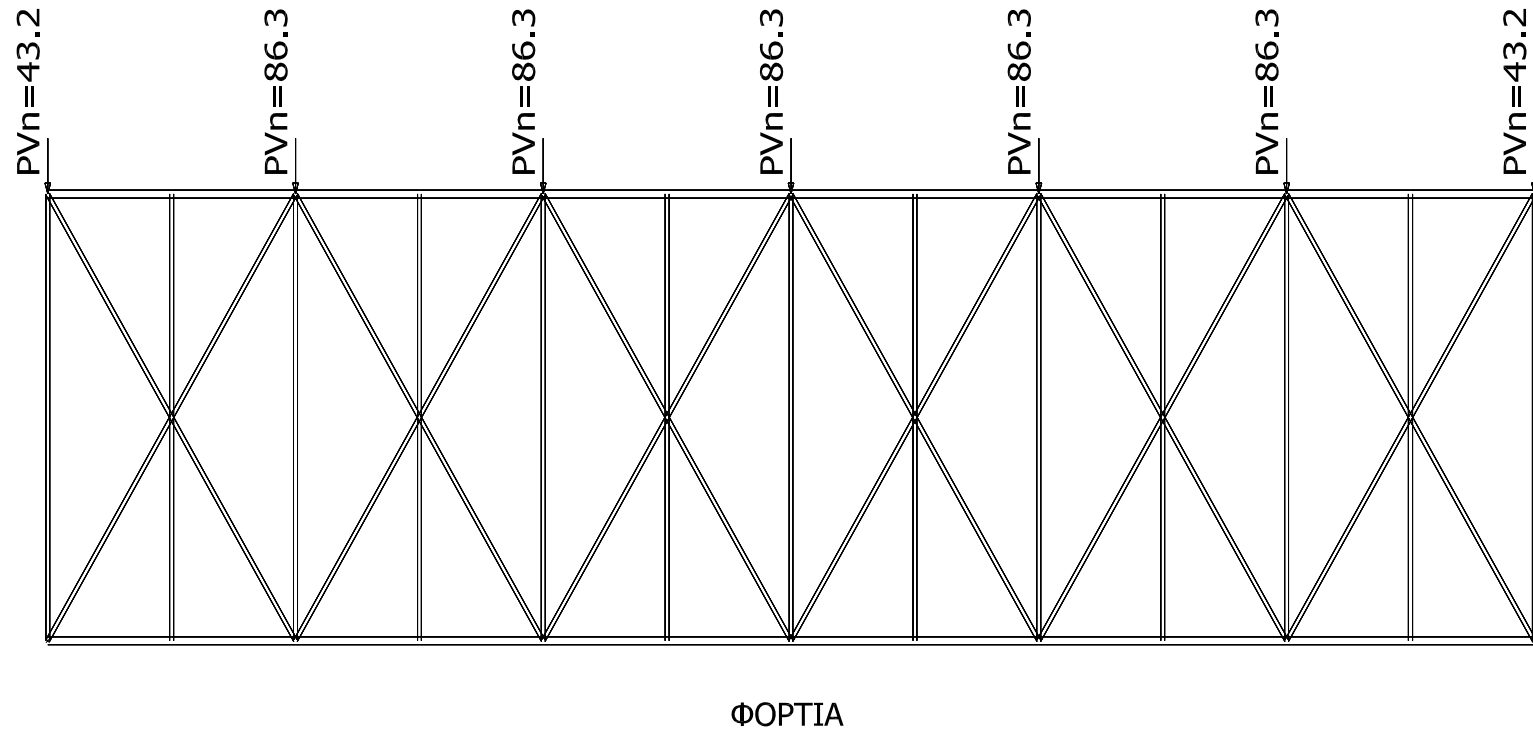


Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Οριζόντιος σύνδεσμος δυσκαμψίας

Ισοδύναμη σταθεροποιητική δύναμη



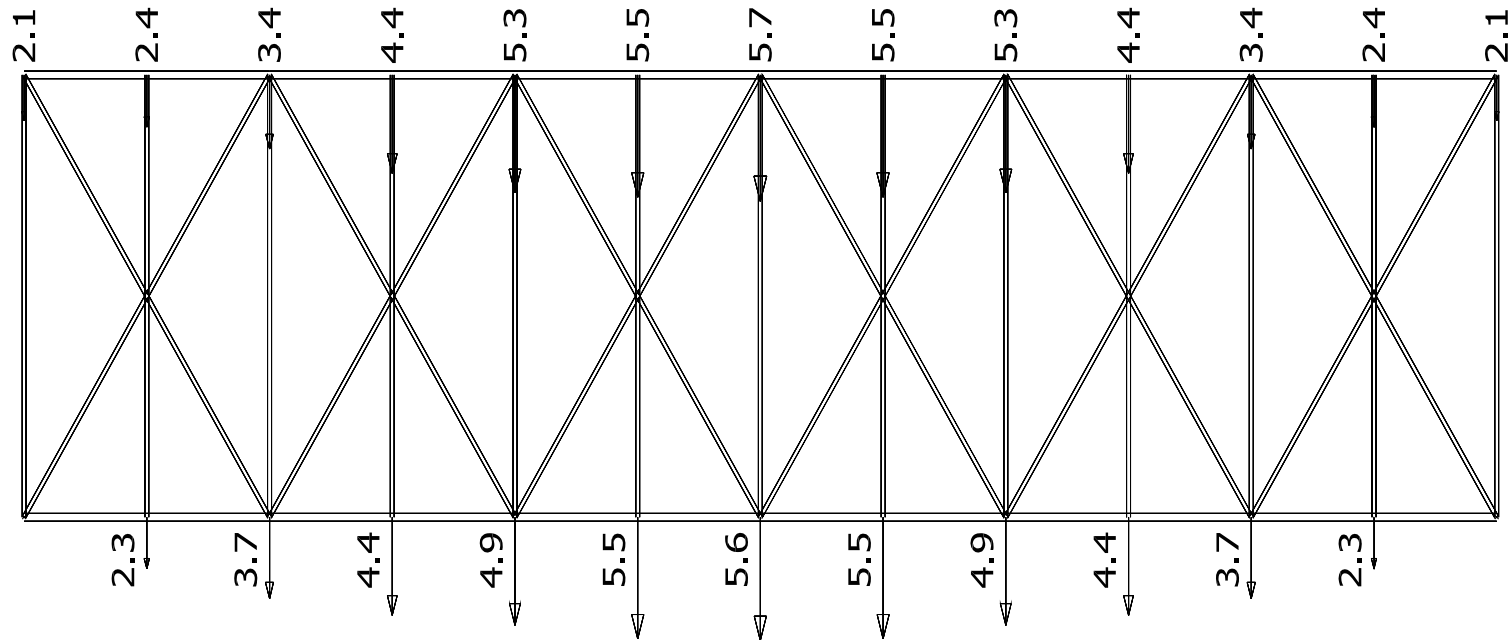


Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Οριζόντιος σύνδεσμος δυσκαμψίας

Ισοδύναμη σταθεροποιητική δύναμη



ΟΡΙΖΟΝΤΙΕΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ



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

Οριζόντιος σύνδεσμος δυσκαμψίας

Φορτίο σχεδιασμού

Το συνολικό οριζόντιο κατανεμημένο φορτίο για το οποίο θα πρέπει να διαστασιολογηθεί ο οριζόντιος σύνδεσμος δυσκαμψίας είναι:

$$q = q_E + q_{\text{ισοδ.}} = 1,50 \times 450,50 \text{ kN} / (20 \text{ m}) + 3,36 \text{ kN/m} = 37,15 \text{ kN/m}$$

Ο οριζόντιος σύνδεσμος δυσκαμψίας δεν θεωρείται πλάστιμο στοιχείο και σύμφωνα με τον ΕΑΚ2000 §Γ.7, πρέπει να υπολογιστεί για σεισμικό φορτίο ίσο με:

$$P_E = \frac{37,15 \text{ kN/m} \times 20,00 \text{ m}}{6} = 123,8 \text{ kN / κόμβο}$$

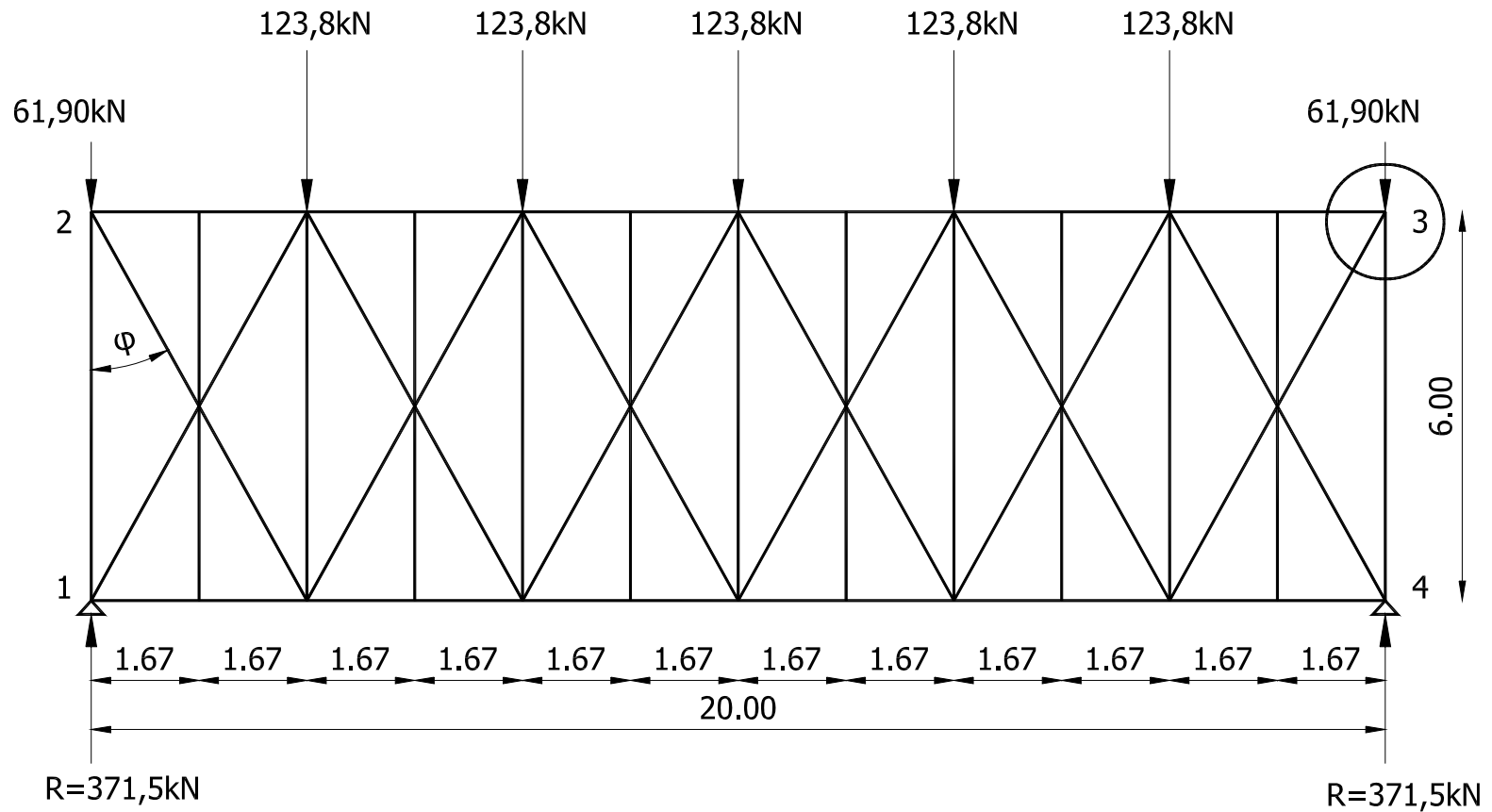


Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Οριζόντιος σύνδεσμος δυσκαμψίας

Φορτίο σχεδιασμού

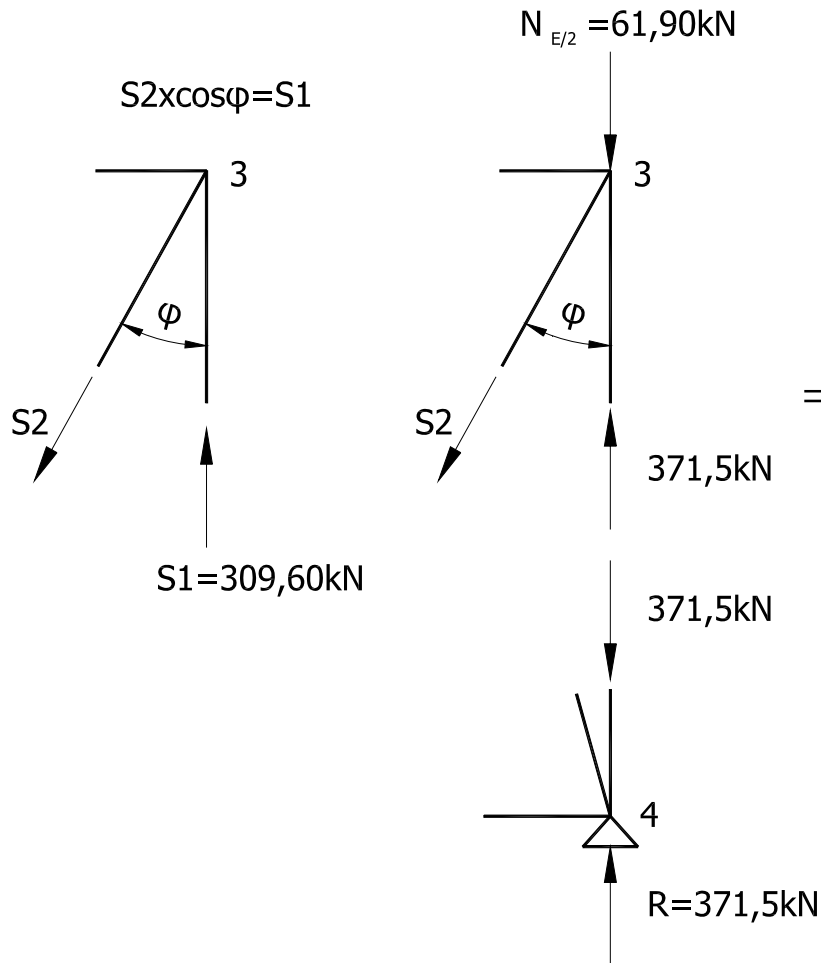




Ε.Μ.Π.

Οριζόντιος σύνδεσμος δυσκαμψίας

Αξονική δύναμη στη διαγώνιο



$$S_2 = N_{Ed} = \frac{S_1}{\cos \varphi} = \frac{R - N_{E/2}}{\cos \varphi} = \frac{371,5\text{kN} - 61,90\text{kN}}{\cos 29,05} = 354,15\text{kN}$$



Ε.Μ.Π.

Οριζόντιος σύνδεσμος δυσκαμψίας

Εφελκυστική αντοχή γωνιακού με έκκεντρη στήριξη

1 κοχλίας:

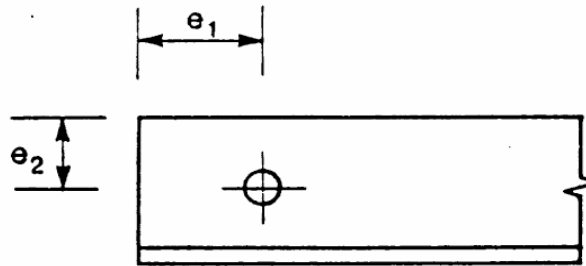
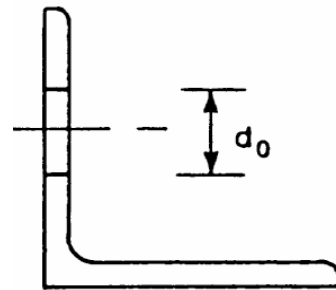
$$N_{u,Rd} = \frac{2,0 (e_2 - 0,5d_o) t f_u}{\gamma_{M2}}$$

2 κοχλίες:

$$N_{u,Rd} = \frac{\beta_2 A_{net} f_u}{\gamma_{M2}}$$

3 ή περισσότερους κοχλίες:

$$N_{u,Rd} = \frac{\beta_3 A_{net} f_u}{\gamma_{M2}}$$





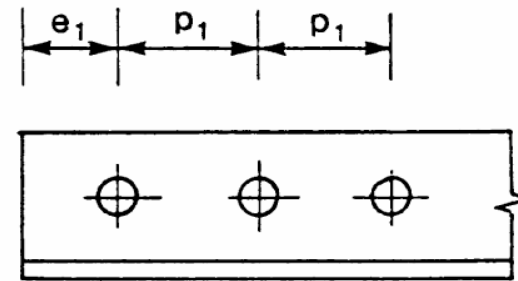
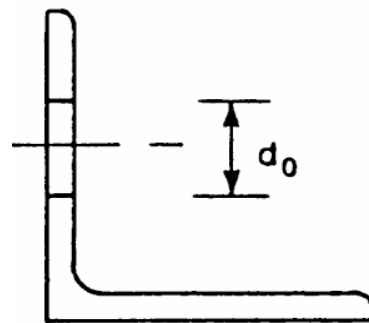
Ε.Μ.Π.

Οριζόντιος σύνδεσμος δυσκαμψίας

Εφελκυστική αντοχή γωνιακού με έκκεντρη στήριξη

Μειωτικοί συντελεστές β_2 και β_3

Βήμα	p_1	$\leq 2,5d_0$	$\geq 5d_0$
2 κοχλίες	β_2	0,4	0,7
3 κοχλίες ή περισσότεροι β_3		0,5	0,7





Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Οριζόντιος σύνδεσμος δυσκαμψίας

Επιλογή διατομής

$$N_{Ed} \leq N_{u,Rd} = \frac{\beta_3 2A_{net} f_u}{\gamma_{M2}} \Rightarrow 2A_{net} \geq \frac{N_{Ed} \gamma_{M2}}{\beta_3 f_u} \Rightarrow$$

$$2A_{net} \geq \frac{354,15\text{kN} \times 1,25}{0,5 \times 36\text{kN/cm}^2} = 24,6\text{cm}^2 \Rightarrow A_{net} \geq 12,3\text{cm}^2$$

Επιλέγεται L90.90.8 ($A=13,89\text{cm}^2$)

2010-2011



Ε.Μ.Π.

Οριζόντιος σύνδεσμος δυσκαμψίας

Αντοχή κοχλιών σε διάτμηση

$$F_{v,Rd} = n \frac{\alpha_v A f_{ub}}{\gamma_{M2}} m$$

όπου

$\alpha_v = 0,6$ για κοχλίες ποιότητας 4.6, 5.6 και 8.8

A=εμβαδόν κοχλία

n=τα επίπεδα διάτμησης

m=το πλήθος των κοχλιών

f_{ub} =εφελκυστική αντοχή κοχλία

$\gamma_{M2}=1,25$



Ε.Μ.Π.

Οριζόντιος σύνδεσμος δυσκαμψίας

Επιλογή κοχλιών

Από τον πίνακα των διατομών L για τη συγκεκριμένη διατομή μπορούμε να ανοικτεί οπή μέχρι $d_1=25\text{mm}$. Για την σύνδεση στην άκρη επιλέγονται κοχλίες M16 ($A=2,01\text{cm}^2$) ποιότητας 4.6:

$$F_{v,Rd} = 2 \times \frac{0,60 \times 2,01\text{cm}^2 \times 40\text{kN/cm}^2}{1,25} \times m$$

$$m > \frac{354,15\text{kN}}{77,18\text{kN}} = 4,6 \rightarrow m = 5$$



Ε.Μ.Π.

Οριζόντιος σύνδεσμος δυσκαμψίας

Αποστάσεις οπών

Ελάχιστες αποστάσεις

$$\min e_1 = 1,2d_o$$

$$\min p_1 = 2,2d_o$$

$$\min e = 50\text{mm}$$

όπου d_o η διάμετρος της οπής

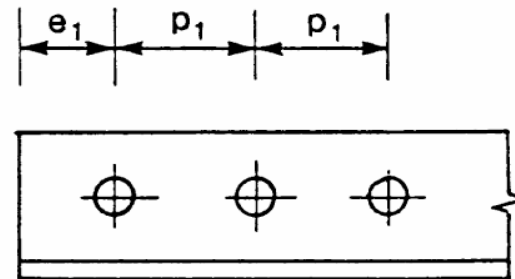
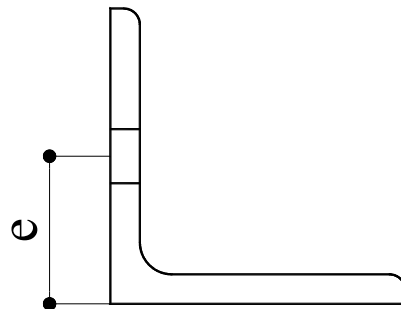
Μέγιστες αποστάσεις

$$\max e_1 = 40\text{mm} + 4t$$

$$\max p_1 = \min(14t; 200\text{mm})$$

$$\max e = 50\text{mm}$$

όπου t είναι το πάχος του λεπτότερου εξωτερικά συνδεδεμένου μέρους





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

Οριζόντιος σύνδεσμος δυσκαμψίας

Αποστάσεις οπών

Επιλέγονται:

21,6 mm <	$e_1=40\text{mm}$	< 72mm
39,6 mm <	$\rho_1=60\text{mm}$	< 112mm
21,6 mm <	$e_2=40\text{mm}$	< 72mm
40 mm =	$e_2=40\text{mm}$	= 40mm

(όπως προτείνεται και από τους πίνακες των διατομών)

2
0
1
0
-
2
0
1
1



Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Οριζόντιος σύνδεσμος δυσκαμψίας

Εφελκυστική αντοχή γωνιακού με έκκεντρη στήριξη

Μειωτικοί συντελεστές β_2 και β_3

Βήμα	ρ_1	$\leq 2,5d_o$	$\geq 5d_o$
2 κοχλίες	β_2	0,4	0,7
3 κοχλίες ή περισσότεροι	β_3	0,5	0,7

Μειωτικός συντελεστής β_3 με γραμμική παρεμβολή

$$\rho_1/d_o = 60/18 = 3,33 \rightarrow \beta_3 = 0,57$$



Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Οριζόντιος σύνδεσμος δυσκαμψίας

Αντοχή διατομής σε εφελκυσμό

$$N_{t,Rd} = \min(N_{pl,Rd}; N_{u,Rd}) = \min\left(\frac{2Af_y}{\gamma_{M0}}; \frac{\beta_3 \times 2A_{net} f_u}{\gamma_{M2}}\right)$$

όπου:

$N_{pl,Rd}$: η εφελκυστική αντοχή της πλήρους διατομής στη διαρροή

$N_{u,Rd}$: η εφελκυστική αντοχή της απομειωμένης διατομής σε θραύση

$\gamma_{M0}=1,00$, $\gamma_{M2}=1,25$

$$N_{t,Rd} = \min\left(\frac{2 \times 13,89\text{cm}^2 \times 23,5\text{kN/cm}^2}{1,0}, \frac{0,57 \times 2 \times 12,45\text{cm}^2 \times 36\text{kN/cm}^2}{1,25}\right)$$

$$N_{t,Rd} = \min(652,83\text{kN}; 408,76\text{kN}) = 408,76\text{kN} > 354,15\text{kN} = N_E$$



Ε.Μ.Π.

Οριζόντιος σύνδεσμος δυσκαμψίας

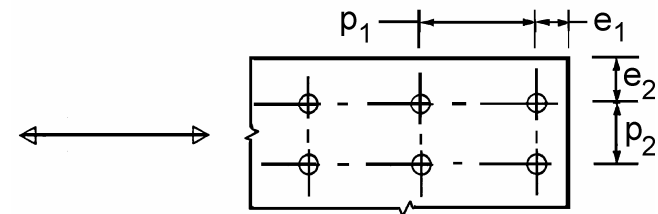
Αντοχή σε σύνθλιψη άντυγας των οπών

$$F_{b,Rd} = m \frac{k_1 \alpha_b f_u d t_{\min}}{\gamma_{M2}}$$

όπου

$$\alpha_b = \min \left\{ \frac{e_1}{3d_o}; \frac{p_1}{3d_o} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1 \right\}$$

$$k_1 = \min \left\{ 2,8 \frac{e_2}{d_o} - 1,7; 1,4 \frac{p_2}{d_o} - 1,7; 2,5 \right\}$$



m = το πλήθος των οπών

f_u = η εφελκυστική αντοχή σε θραύση του ελάσματος

d = η διάμετρος του κοχλία

d_o = η διάμετρος της οπής

t_{\min} : είναι το πάχος του λεπτότερου συνδεόμενου μέρους

$\gamma_{M2} = 1,25$



Ε.Μ.Π.

Οριζόντιος σύνδεσμος δυσκαμψίας

Αντοχή σε σύνθλιψη άντυγας των οπών

$$\alpha = \min \left\{ \frac{40\text{mm}}{3 \times 18\text{mm}}; \frac{60\text{mm}}{3 \times 18\text{mm}} - \frac{1}{4}; \frac{40\text{kN/cm}^2}{36\text{kN/cm}^2}; 1 \right\} = 0,741$$

$$k_1 = \min \left\{ 2,8 \frac{40\text{mm}}{18\text{mm}} - 1,7; 2,5 \right\} = 25,0$$

$$F_{b,Rd} = 5 \times \frac{2,50 \times 0,741 \times 36\text{kN/cm}^2 \times 1,6\text{cm} \times 2 \times 0,8\text{cm}}{1,25}$$

$$F_{b,Rd} = 682,91\text{kN} > 354,15\text{kN} = N_{Ed}$$



Ε.Μ.Π.

Οριζόντιος σύνδεσμος δυσκαμψίας

Κριτήρια πλαστιμότητας

- Δεν ισχύει το κριτήριο ολκιμότητας σύμφωνα με το οποίο καθοριστική πρέπει να είναι η εφελκυστική αντοχή της απομειωμένης διατομής σε θραύση, έναντι της εφελκυστικής αντοχής της πλήρους διατομής σε διαρροή. Ο οριζόντιος σύνδεσμος δεν θεωρείται πλάστιμο μέλος, επομένως δεν είναι απαραίτητο να ισχύει το κριτήριο αυτό.
- Παρ' όλο που σε μη πλάστιμα μέλη, όπως είναι ο οριζόντιος σύνδεσμος, δεν είναι απαραίτητο η αντοχή σε σύνθλιψη άντυγας να είναι μικρότερη από την αντοχή σε διάτμηση κοχλιών, ωστόσο είναι επιθυμητό, αφού είναι όλκιμος τρόπος αστοχίας.

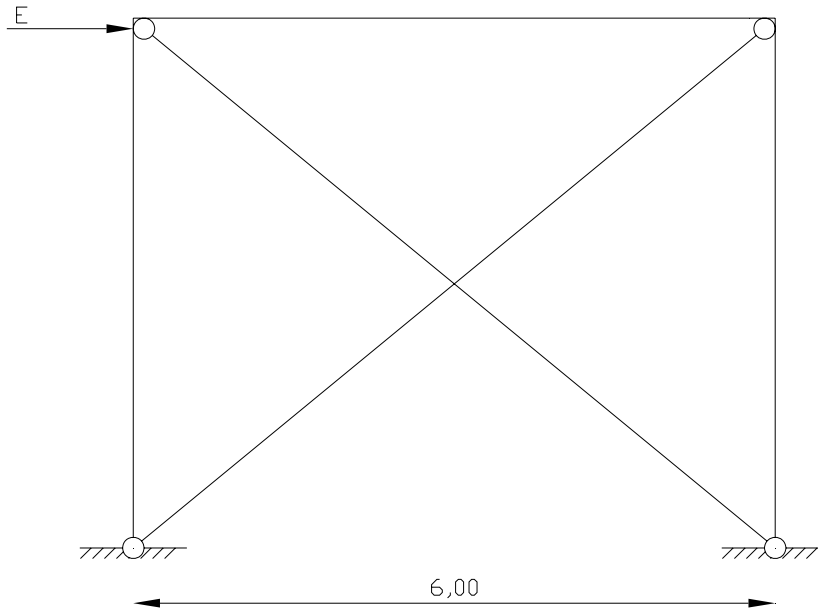


Ε.Μ.Π.

Κατακόρυφος σύνδεσμος δυσκαμψίας

Οριζόντια φορτία σεισμού

$$q = 450,50 \text{ kN} + 3,36 \text{ kN/m} \times 20 \text{ m} = 517,70 \text{ kN}$$



$$E = \frac{517,70 \text{ kN}}{2} = 258,85 \text{ kN}$$

$$\tan \alpha = \frac{5}{6} = 0,833 \Rightarrow \alpha = 39,8^\circ$$

$$N_{Ed} = \frac{258,85 \text{ kN}}{\cos 39,8} = 336,92 \text{ kN}$$



Ε.Μ.Π.

Κατακόρυφος σύνδεσμος δυσκαμψίας

Οι οριζόντιες δυνάμεις εναλλασσόμενης φοράς αναλαμβάνονται μόνο από τις εκάστοτε εφελκυόμενες διαγωνίους σεισμού (ΕΑΚ2000)

Λυγηρότητα

Σύμφωνα με την παράγραφο §Γ.5.2 [2] (ΕΑΚ2000) θα πρέπει να ισχύει:

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr}}} \leq 1,50$$

όπου N_{cr} το κρίσιμο φορτίο Euler.

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{l^2}$$



Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Κατακόρυφος σύνδεσμος δυσκαμψίας

Λυγηρότητα

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{\pi^2 \cdot E \cdot I} \cdot \ell^2} \Rightarrow \bar{\lambda} = \frac{\ell}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{A}{I}} \cdot \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{\ell}{\pi \cdot i} \cdot \sqrt{\frac{f_y}{E}} \leq 1,50 \Rightarrow$$

$$i \geq \frac{\ell}{1,5 \times \pi} \times \sqrt{\frac{f_y}{E}} \Rightarrow i \geq \frac{390,5\text{cm}}{1,5 \times 3,14} \times \sqrt{\frac{23,5\text{kN/m}^2}{21000\text{kN/m}^2}} \Rightarrow i \geq 2,77\text{cm}$$

όπου το μήκος λυγισμού της διαγωνίου ράβδου θεωρείται ίσο με το μισό του μήκος:

$$\ell = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{(6,0\text{m})^2 + (5,0\text{m})^2} = 3,905\text{m} = 390,5\text{cm}$$



Ε.Μ.Π.

Κατακόρυφος σύνδεσμος δυσκαμψίας

Διατομή διαγωνίου

Επιλέγεται κοίλη τετραγωνική διατομή 80/80/5

Για τη διατομή αυτή ισχύει:

$$A=14,73\text{cm}^2 \quad i_y=3,05\text{cm} \quad I_y=136,60\text{cm}^4$$

Έλεγχος σε εφελκυσμό διαγωνίου

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{14,73\text{cm}^2 \times 23,5\text{kN/cm}^2}{1,00} = 346,2\text{kN} > 336,92\text{kN} = N_{Ed}$$

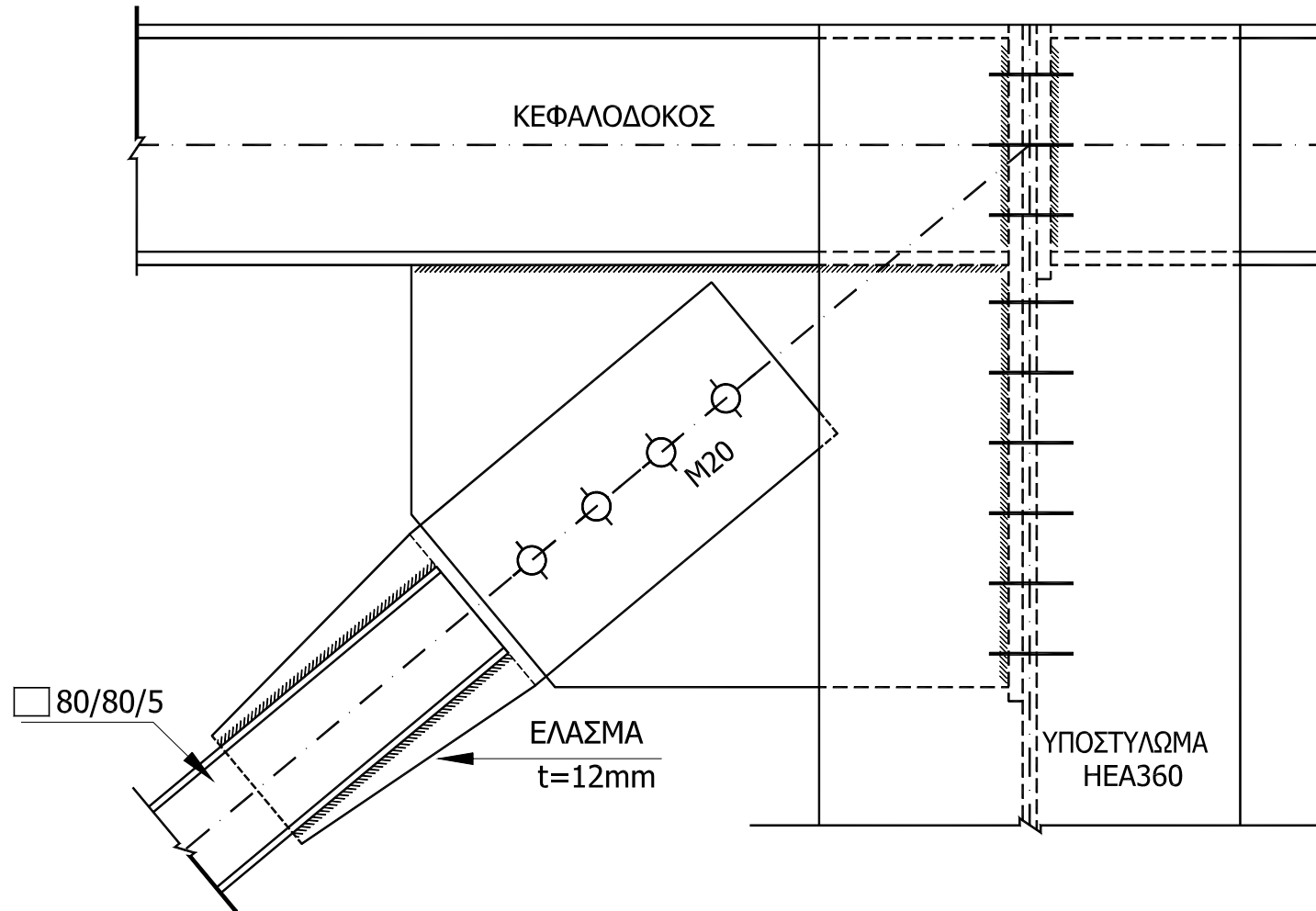


Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Κατακόρυφος σύνδεσμος δυσκαμψίας

Έλεγχος σε εφελκυσμό διατομής ελάσματος σύνδεσης





Ε.Μ.Π.

Κατακόρυφος σύνδεσμος δυσκαμψίας

Συνδέσεις πλαστικών μελών

Οι συνδέσεις σε περιοχές πλαστικών αρθρώσεων πρέπει να έχουν επαρκή υπεραντοχή ώστε να περιορίζουν τη διαρροή στα πλαστικά μέλη και πρέπει να ικανοποιούν την παρακάτω σχέση:

$$R_d > 1,20R_{fy}$$

όπου R_d : η οριακή αντοχή της σύνδεσης

R_{fy} : η αντοχή διαρροής του πλαστικού μέλους



Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Κατακόρυφος σύνδεσμος δυσκαμψίας

Επιλογή πλάτους ελάσματος σύνδεσης

Για τη σύνδεση της διαγωνίου με τους κόμβους τοποθετείται έλασμα, του οποίου το πάχος επιλέγεται ίσο με 12mm.

Επίσης επιλέγεται να χρησιμοποιηθούν για τη σύνδεση κοχλίες M20.

Η διαρροή πρέπει να γίνεται στη βασική διατομή της διαγωνίου και όχι στο έλασμα σύνδεσης,

Το βοηθητικό έλασμα πρέπει να έχει υπεραντοχή έναντι της βασικής διατομής της διαγωνίου.

2010-2011



Ε.Μ.Π.

Κατακόρυφος σύνδεσμος δυσκαμψίας

Επιλογή πλάτους ελάσματος σύνδεσης

$$\alpha) tb \geq 1,2A \Rightarrow b \geq \frac{1,2 \times 14,73 \text{cm}^2}{1,2 \text{cm}} = 14,73 \text{cm}$$

$$\beta) 1,2N_{pl,Rd} \leq N_{u,Rd,ελασμ} \Rightarrow$$

$$\frac{1,2 \times 14,73 \cdot 23,5}{1,00} \leq \frac{0,90 \times (b - 2,2 \text{cm}) \times 1,2 \text{cm} \times 36 \text{kN} / \text{cm}^2}{1,25} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow b \geq 15,55 \text{cm}$$

Επιλέγεται πλάτος ελάσματος $b=160 \text{mm}$.

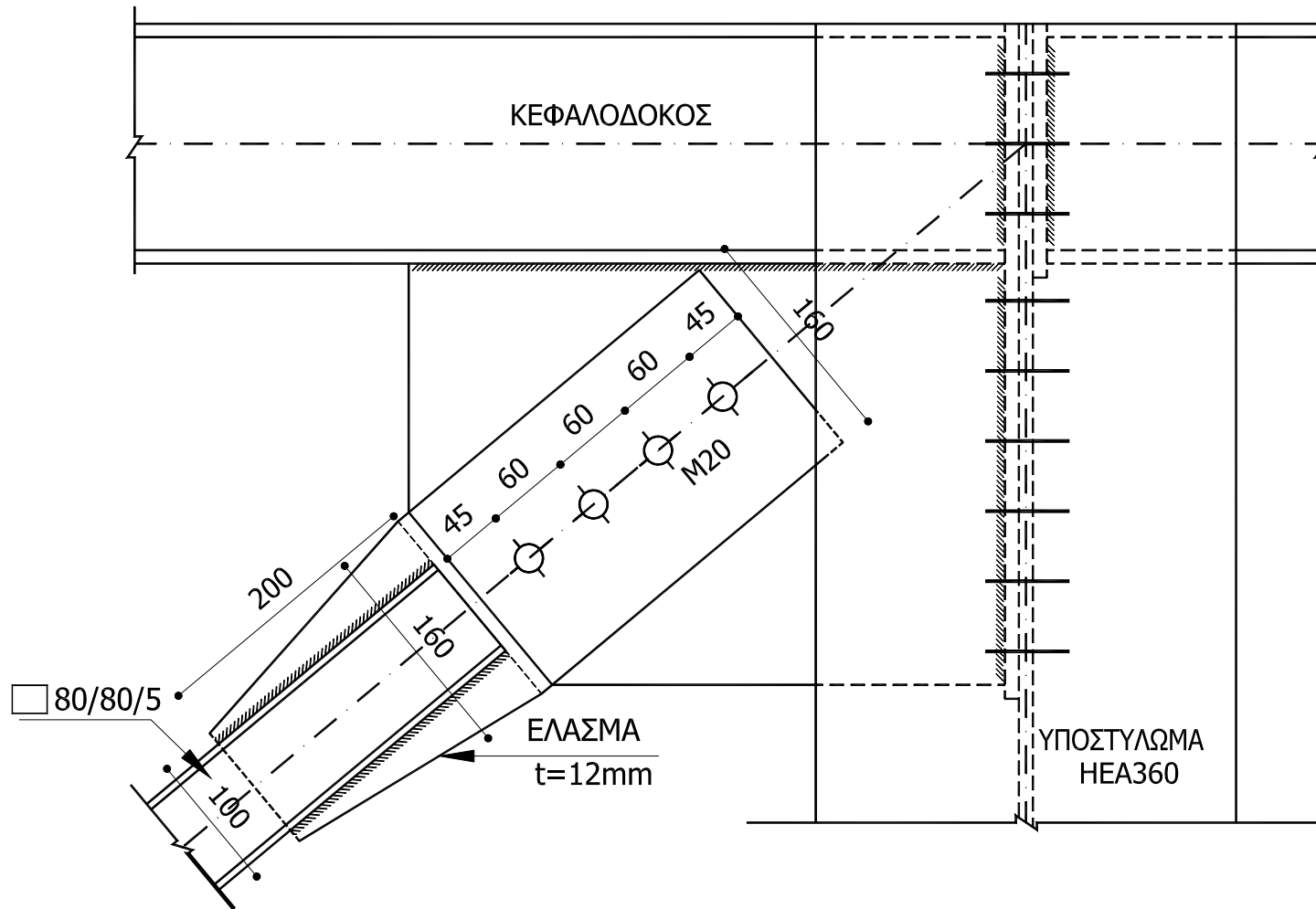


Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Κατακόρυφος σύνδεσμος δυσκαμψίας

Έλεγχος σε εφελκυσμό διατομής ελάσματος σύνδεσης



ΣΙΔΗΡΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΙΙ

ΑΣΚΗΣΗ 12: ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΤΕΓΑΣΤΡΟΥ
ΜΕ ΔΙΑΓΩΝΙΟΥΣ ΣΥΝΔΕΣΜΟΥΣ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ

2010-2011



Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Κατακόρυφος σύνδεσμος δυσκαμψίας

Αντοχή συγκόλλησης

$$f_{v,wd} = \frac{f_u}{\sqrt{3}\beta\gamma_{Mw}} = \frac{36\text{kN/cm}^2}{\sqrt{3} \times 0,80 \times 1,25} = 20,78\text{kN/cm}^2$$

Συντελεστής συσχέτισης $\beta_w = 0,8$ για S235

Ποιότητα χάλυβα	S235	S275	S355	S420 και S460
Συντελεστής συσχέτισης	0,80	0,85	0,90	1,0



Ε.Μ.Π.

Κατακόρυφος σύνδεσμος δυσκαμψίας

Αντοχή συγκόλλησης

Επιλέγεται πάχος συγκόλλησης 3mm. Το απαιτούμενο μήκος συγκόλλησης είναι:

$$1,20N_{Pl,Rd} \leq 4laf_{vw,d} \Rightarrow l \geq \frac{1,20N_{Pl,Rd}}{4af_{vw,d}} \Rightarrow$$

$$l \geq \frac{1,20 \times 346,20\text{kN}}{4 \times 0,3\text{cm} \times 20,78\text{kN/cm}^2} = 16,7\text{cm} < 20\text{cm}$$

Έλεγχος πάχους συγκόλλησης

$$a = 0,3\text{cm} < 0,70 \times t_{\min} = 0,70 \times 0,50\text{cm} = 0,35\text{cm}$$

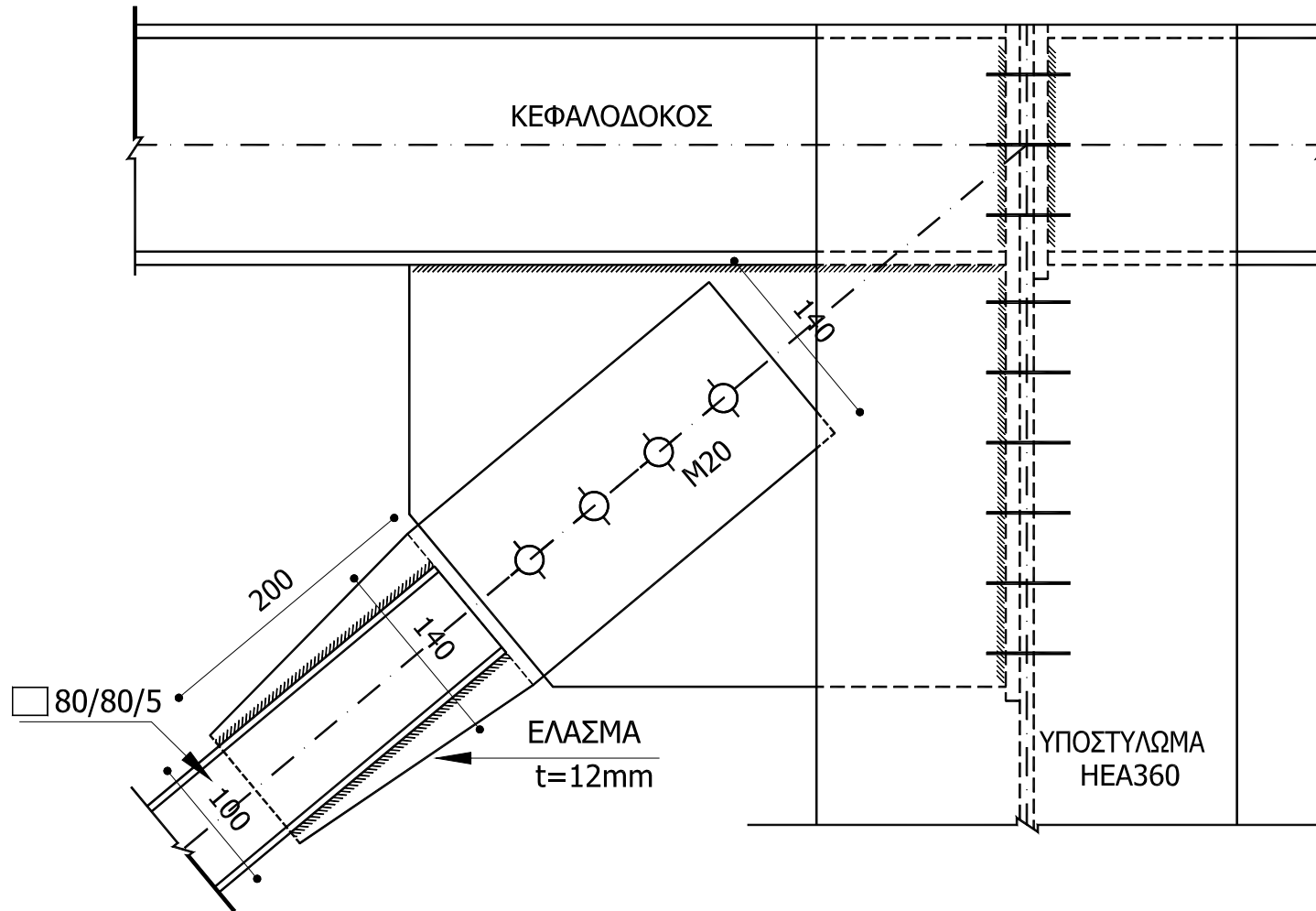


Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Κατακόρυφος σύνδεσμος δυσκαμψίας

Έλεγχος σε εφελκυσμό διατομής ελάσματος σύνδεσης





Ε.Μ.Π.

Κατακόρυφος σύνδεσμος δυσκαμψίας

Αντοχή κοχλιών σε διάτμηση

Επιλέγουμε δίτμητους κοχλίες M20 ποιότητας 8.8. Οι κοχλίες διαμορφώνονται ως μονόμητοι με χρήση ενός κομβοελάσματος.

$$F_{v,Rd} = n \frac{\alpha_v A f_{ub}}{\gamma_{M2}} m$$

όπου

$\alpha_v = 0,6$ για κοχλίες ποιότητας 4.6, 5.6 και 8.8

A =εμβαδόν κοχλία

n =τα επίπεδα διάτμησης

m =το πλήθος των κοχλιών

f_{ub} =εφελκυστική αντοχή κοχλία

$\gamma_{M2}=1,25$



Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Κατακόρυφος σύνδεσμος δυσκαμψίας

Αντοχή κοχλιών σε διάτμηση

$$F_{v,Rd} = 1 \times \frac{0,60 \times 3,14 \text{cm}^2 \times 80 \text{kN/cm}^2}{1,25} \times m$$

$$= 120,58 \times m (\text{kN}) > 1,20 \times N_{pl,Rd} = 1,20 \times 346,2 \text{kN} = 415,4 \text{kN}$$

$$\Rightarrow m > \frac{415,40 \text{kN}}{120,58 \text{kN}} = 3,44 \rightarrow m = 4$$

$$F_{v,Rd} = 1 \times \frac{0,60 \times 3,14 \text{cm}^2 \times 80 \text{kN/cm}^2}{1,25} \times 4 = 482,30 \text{kN}$$



Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Κατακόρυφος σύνδεσμος δυσκαμψίας

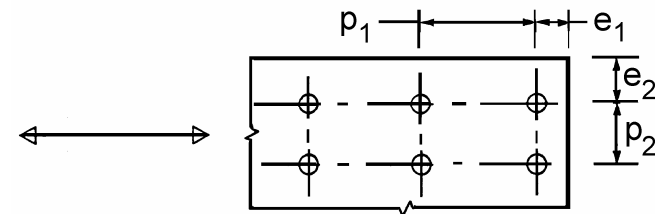
Αντοχή σε σύνθλιψη άντυγας των οπών

$$F_{b,Rd} = m \frac{k_1 \alpha_b f_u d t_{min}}{\gamma_{M2}}$$

όπου

$$\alpha_b = \min \left\{ \frac{e_1}{3d_o}; \frac{p_1}{3d_o} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1 \right\}$$

$$k_1 = \min \left\{ 2,8 \frac{e_2}{d_o} - 1,7; 1,4 \frac{p_2}{d_o} - 1,7; 2,5 \right\}$$



m=το πλήθος των οπών

f_u =η εφελκυστική αντοχή σε θραύση του ελάσματος

d=η διάμετρος του κοχλία

d_o =η διάμετρος της οπής

t_{min} : είναι το πάχος του λεπτότερου συνδεόμενου μέρους

$\gamma_{M2}=1,25$



Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Κατακόρυφος σύνδεσμος δυσκαμψίας

Αντοχή σε σύνθλιψη άντυγας των οπών

$$F_{b,Rd} = 4 \times \frac{2,50 \times a \times 36 \text{ kN/cm}^2 \times 2,0 \text{ cm} \times t}{1,25} = (576at) \text{ kN}$$

Για να είναι καθοριστική η αστοχία σε σύνθλιψη άντυγας των οπών και όχι η αστοχία σε διάτμηση των κοχλιών

$$1,20N_{pl,Rd} \leq F_{b,Rd} \leq F_{v,Rd} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{415,40 \text{ kN}}{576 \text{ kN}} \leq at \leq \frac{482,30 \text{ kN}}{576 \text{ kN}} \Rightarrow 0,721 \leq at \leq 0,837$$

$$\text{Για } t=12\text{mm:} \quad 0,601 \leq a \leq 0,698$$



Ε.Μ.Π.

Κατακόρυφος σύνδεσμος δυσκαμψίας

Αντοχή σε σύνθλιψη άντυγας των οπών

Ισχύει:
$$a = \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_o}, \frac{p_1}{3 \cdot d_o} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1\right)$$

Επομένως:
$$0,601 \leq \frac{e_1}{3 \cdot d_o} \leq 0,698 \Rightarrow 39,67 \leq e_1 \leq 46,07\text{mm}$$

και
$$0,601 \leq \frac{p_1}{3 \cdot d_o} - \frac{1}{4} \leq 0,698 \Rightarrow 56,17 \leq p_1 \leq 62,57\text{mm}$$



Ε.Μ.Π.

Κατακόρυφος σύνδεσμος δυσκαμψίας

Αντοχή σε σύνθλιψη άντυγας των οπών

Επιλέγουμε:

$$39,67\text{mm} < e_1=45\text{mm} < 46,07\text{mm}$$

$$56,17\text{mm} < p_1=60\text{mm} < 62,57\text{mm}$$

$$\text{Άρα: } a = \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_o}, \frac{p_1}{3 \cdot d_o} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1\right)$$

$$a = \min\left\{\frac{45\text{mm}}{3 \times 22\text{mm}}; \frac{60\text{mm}}{3 \times 22\text{mm}} - \frac{1}{4}; \frac{80\text{kN/cm}^2}{36\text{kN/cm}^2}; 1\right\}$$

$$a = \min \{0,682; 0,659 ; 2,22; 1\} = 0,659$$



Ε.Μ.Π.

Κατακόρυφος σύνδεσμος δυσκαμψίας

Αντοχή σε σύνθλιψη άντυγας των οπών

$$F_{b,Rd} = 4 \times \frac{2,50 \times 0,659 \times 36 \text{ kN / cm}^2 \times 2,0 \text{ cm} \times 1,2 \text{ cm}}{1,25} = 455,5 \text{ kN}$$

$$F_{b,Rd} = 455,50 \text{ kN} > 1,20 \times 346,2 \text{ kN} = 1,20 \times N_{pl,Rd} = 415,4 \text{ kN}$$

Κριτήριο ολκιμότητας

Επίσης ισχύει το κριτήριο ολκιμότητας, σύμφωνα με το οποίο καθοριστική πρέπει να είναι η αστοχία σε σύνθλιψη άντυγας των οπών και όχι η αστοχία σε διάτμηση των κοχλιών, το οποίο είναι υποχρεωτικό, εφόσον ισχύει:

$$F_{b,Rd} = 455,50 \text{ kN} < F_{v,Rd} = 482,30 \text{ kN}$$

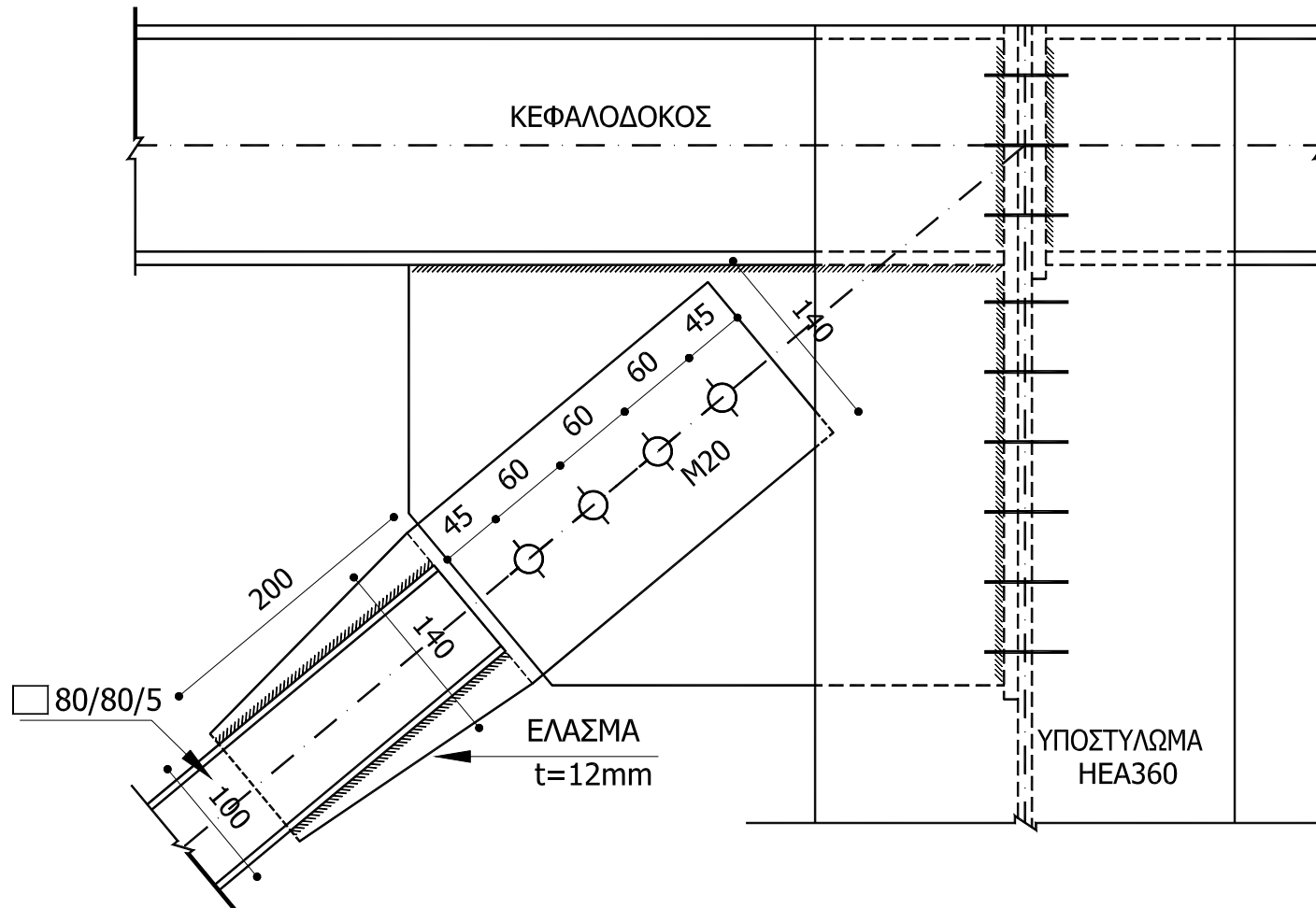


Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Κατακόρυφος σύνδεσμος δυσκαμψίας

Τελική διαμόρφωση σύνδεσης





Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Διαστασιολόγηση κεφαλοδοκού

Συντελεστής ικανοτικής μεγέθυνσης

Η κεφαλοδοκός σύμφωνα με την παράγραφο Γ.5.3 [1] του ΕΑΚ2000 πρέπει να διαστασιολογηθεί με τα μεγέθη της σεισμικής έντασης πολλαπλασιασμένα επί τον συντελεστή ικανοτικής μεγέθυνσης :

$$a_{CD} = \frac{(1.20 \cdot N_{Pdi} - N_{vdi})}{N_{Edi}} \leq q$$

όπου:

N_{Pdi} η αντοχή σχεδιασμού της εφελκυστικής διαγωνίου,

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

N_{Edi} η εφελκυστική δύναμη της διαγωνίου μόνον υπό τη σεισμική δράση του σεισμικού συνδυασμού.

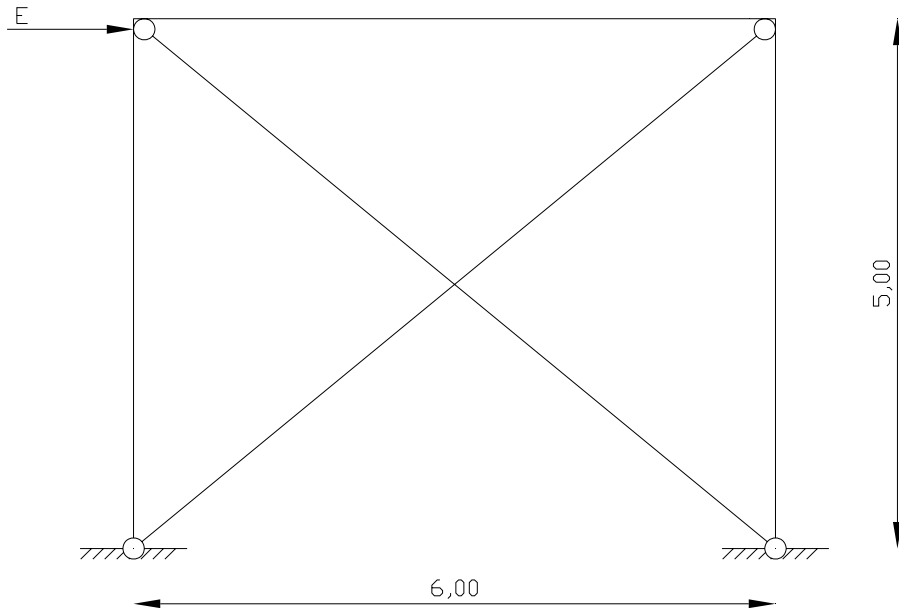


Ε.Μ.Π.

Διαστασιολόγηση κεφαλοδοκού

Οριζόντια φορτία σεισμού

$$q/2 = 450,50/2 + 3,36 \times 20/2 = \underbrace{225,25 \text{ kN}}_{\text{Σεισμική}} + \underbrace{33,60 \text{ kN}}_{\text{Μη σεισμική}}$$



$$N_{vdi} = \frac{33,60 \text{ kN}}{\cos 39,8} = 43,73 \text{ kN}$$

$$N_{Edi} = \frac{225,25 \text{ kN}}{\cos 39,8} = 293,19 \text{ kN}$$



Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Διαστασιολόγηση κεφαλοδοκού

Δράση σχεδιασμού

$$N_{Pdi} = N_{pl,Rd} = 346,20 \text{ kN}$$

$$N_{vdi} = 43,73 \text{ kN}$$

$$N_{Edi} = 293,19 \text{ kN}$$

Επομένως:

$$a_{CD} = \frac{(1,20 \cdot N_{Pdi} - N_{vdi})}{N_{Edi}} \leq q$$

$$a_{CD} = \frac{(1,20 \times 346,20 \text{ kN} - 43,73)}{293,19 \text{ kN}} = 1,27 < q = 3,00 \Rightarrow a_{CD} = 1,27$$

$$N_{Ed} = a_{CD} \cdot E = 1,27 \cdot 258,85 \text{ kN} = 328,74 \text{ kN}$$

όπου:

$$E = \frac{517,70 \text{ kN}}{2} = 258,85 \text{ kN}$$



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

Διαστασιολόγηση κεφαλοδοκού

Επιλογή διατομής

Η επιλογή δίνεται με το κριτήριο αντοχής σε λυγισμό υποθέτοντας $\chi=0,35$ (περιμένουμε να λυγίσει κατά τον ασθενή άξονα)

$$N_{Ed} \leq N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} \Rightarrow A \geq \frac{N_{Ed} \cdot \gamma_{M1}}{\chi f_y} \Rightarrow$$

$$A \geq \frac{328,74 \text{ kN} \times 1,00}{0,35 \times 23,5 \text{ kN / cm}^2} = 39,97 \text{ cm}^2$$

Επιλέγουμε HEA180 ($A=45,3 \text{ cm}^2$, κατηγορία 1)

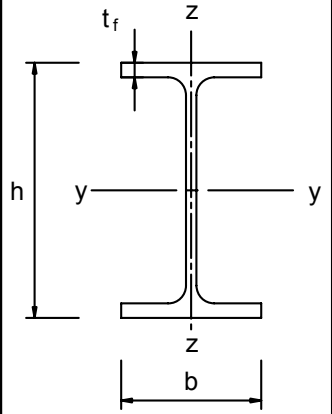


Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Καμπύλη λυγισμού

Επιλογή καμπύλης λυγισμού

Διατομή	Όρια	Λυγισμός περί τον άξονα	Καμπύλη λυγισμού	
			S 235 S 275 S 355 S 420	S 460
Ελατές διατομές 	$h/b > 1,2$	$t_f \leq 40 \text{ mm}$ $40 \text{ mm} < t_f \leq 100$	$y - y$ $z - z$	a b a_0 a_0
			$y - y$ $z - z$	b c a a
	$h/b \leq 1,2$	$t_f \leq 100 \text{ mm}$ $t_f > 100 \text{ mm}$	$y - y$ $z - z$	b c a a
			$y - y$ $z - z$	d d c c



Ε.Μ.Π.

Λυγισμός εντός και εκτός επιπέδου πλαισίου

Ανηγμένες λυγηρότητες

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr,y}}} = \frac{L_{cr,y}}{i_y} \frac{1}{\lambda_1} \quad \bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr,z}}} = \frac{L_{cr,z}}{i_z} \frac{1}{\lambda_1}$$

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93,9\varepsilon \quad \varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}}$$

Μήκη λυγισμού

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 6,00\text{m} = 600\text{mm}$$

Λυγισμός κατά τον ασθενή άξονα

$$\bar{\lambda}_z = \frac{L_z}{i_z \times \lambda_1} = \frac{600\text{cm}}{4,52\text{cm} \times 93,91} = 1,41$$

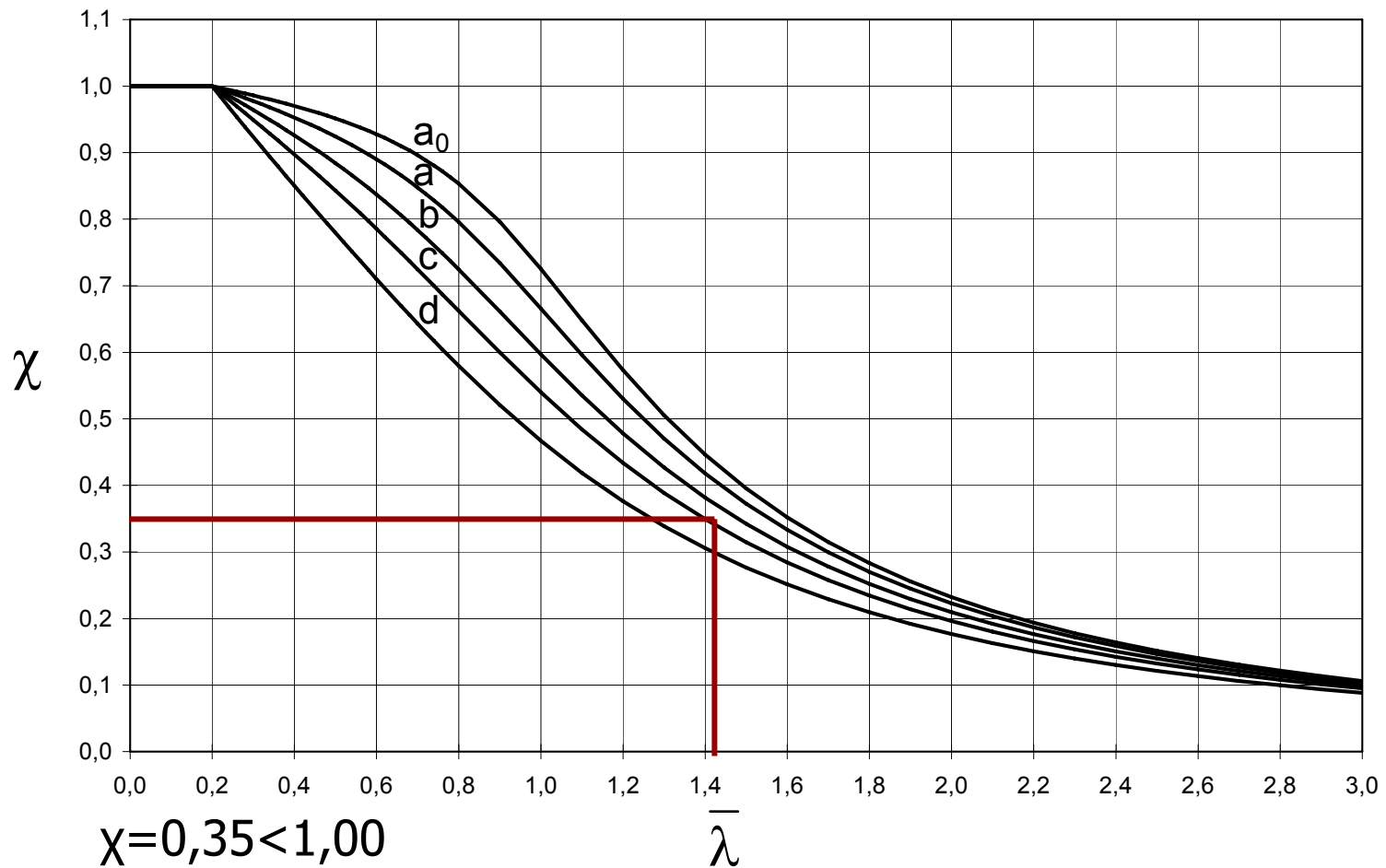


Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Λυγισμός εντός επιπέδου πλαισίου

Μειωτικοί συντελεστές



2010-2011



Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ
ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Διαστασιολόγηση κεφαλοδοκού

Αντοχή θλιβόμενου μέλους σε λυγισμό

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,35 \times 45,3 \text{cm}^2 \times 23,5 \text{kN/cm}^2}{1,00} = 372,60 \text{kN}$$

$$N_{b,Rd} = 372,60 \text{kN} > N_{Ed} = 328,74 \text{kN}$$



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

Σχόλια

- Σε περίπτωση υποστέγου με 9 φατνώματα συνήθως διατάσσονται πάνω από έναν πλευρικό χιαστί σύνδεσμο ανά πλευρά.
- Όπως υπολογίστηκε με υπεραντοχή η κεφαλοδοκός, το ίδιο πρέπει να γίνει και με το υποσύλωμα, προσθέτοντας την αξονική θλιπτική δύναμη που προκύπτει από τον κατακόρυφο διαγώνιο σύνδεσμο. Ωστόσο, για το υποσύλωμα συνήθως κρίσιμοι είναι οι μη σεισμικοί υπολογισμοί.
- Επίσης απαιτείται υπολογισμός με υπεραντοχή της σύνδεσης μετωπικής πλάκας κεφαλοδοκού / διαγωνίου επί του υποστυλώματος.

2
0
1
0
-
2
0
1
1