



# Οπλισμένο Σκυρόδεμα Ι

**Ενότητα 5:** Κάμψη δοκών (συνέχεια) - Πλακοδοκοί

Γεώργιος Παναγόπουλος  
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

---

# Διαστασιολόγηση για μεγέθη ορθής έντασης

Προέχων εφελκυσμός  
Διαστασιολόγηση πλακοδοκών  
Διατάξεις κανονισμών

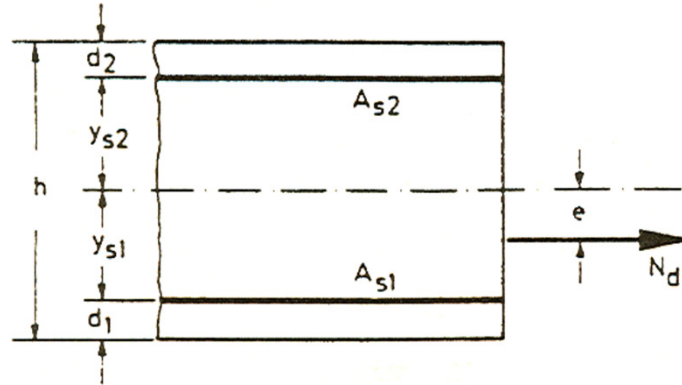
# Περιεχόμενα ενότητας

---

1. Προέχων εφελκυσμός
2. Πλακοδοκοί
  - Λειτουργία
  - Συνεργαζόμενο πλάτος
  - Διαστασιολόγηση
3. Διατάξεις των EC2-EC8 για τις δοκούς
4. Κωδικοποίηση διαδικασίας  
διαστασιολόγησης δοκών σε κάμψη

# Προέχων εφελκυσμός ορθογωνικών διατομών

Εφελκυστική δύναμη με εκκεντρότητα



Η διαδικασία υπολογισμού εξαρτάται από την τιμή της εκκεντρότητας

$$e = M_d / N_d$$

- Αν  $e = M_d / N_d > y_{s1}$

η ουδέτερη γραμμή βρίσκεται μέσα στη διατομή. Υπάρχει θλιβόμενη ζώνη (Προέχουσα κάμψη)

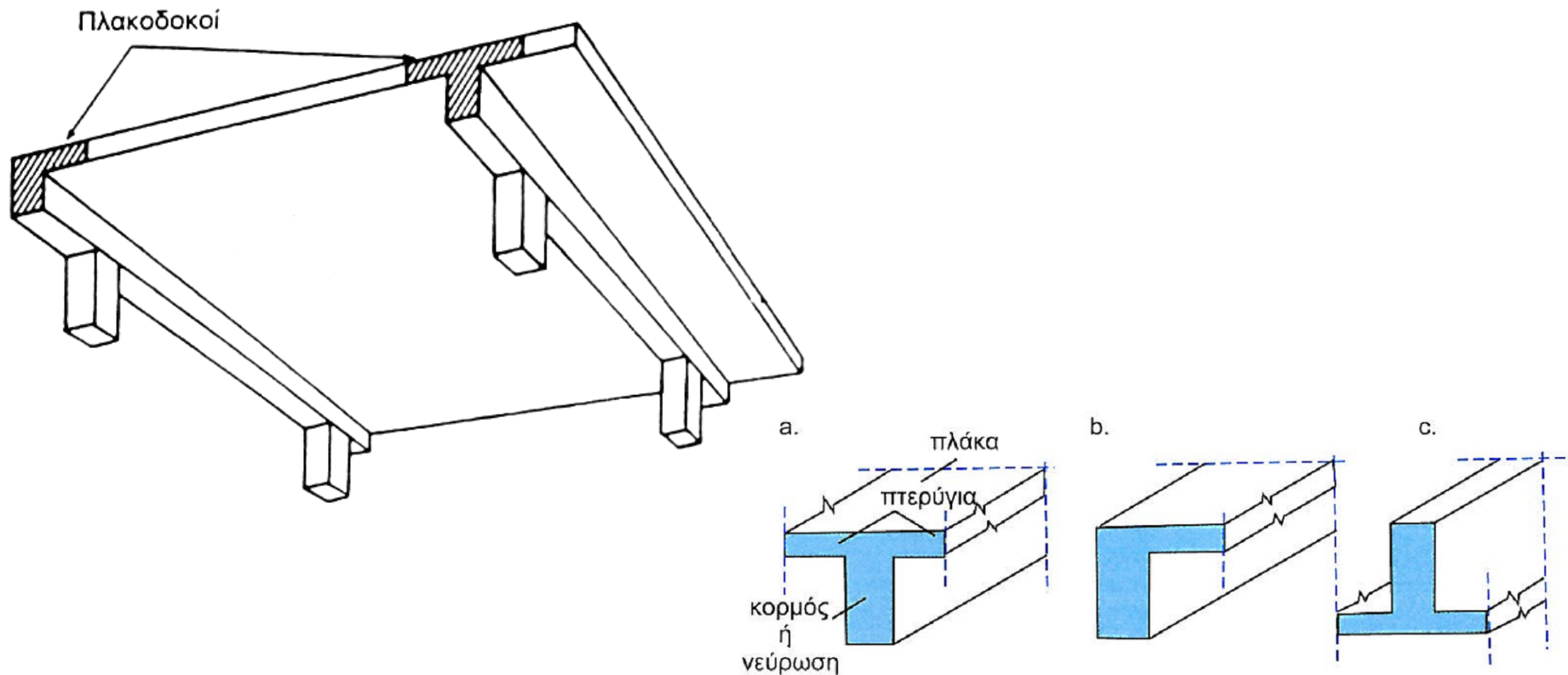
- Αν  $e = M_d / N_d \leq y_{s1}$

τότε η ουδέτερη γραμμή βρίσκεται έξω από τη διατομή και σε όλο το ύψος της αναπτύσσονται εφελκυστικές παραμορφώσεις. Η περίπτωση αυτή ονομάζεται **προέχων εφελκυσμός** και ο απαιτούμενος οπλισμός υπολογίζεται μέσω των σχέσεων:

$$A_{s1} = \frac{N_d}{f_{yd}} \cdot \frac{y_{s2} + e}{y_{s1} + y_{s2}}$$

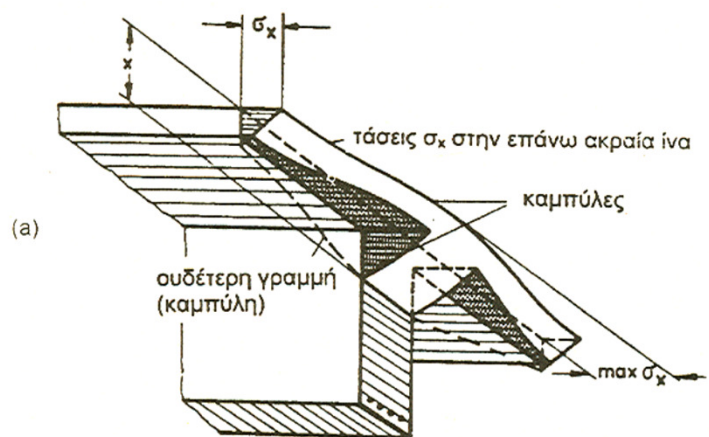
$$A_{s2} = \frac{N_d}{f_{yd}} \cdot \frac{y_{s1} - e}{y_{s1} + y_{s2}}$$

# Κάμψη πλακοδοκών

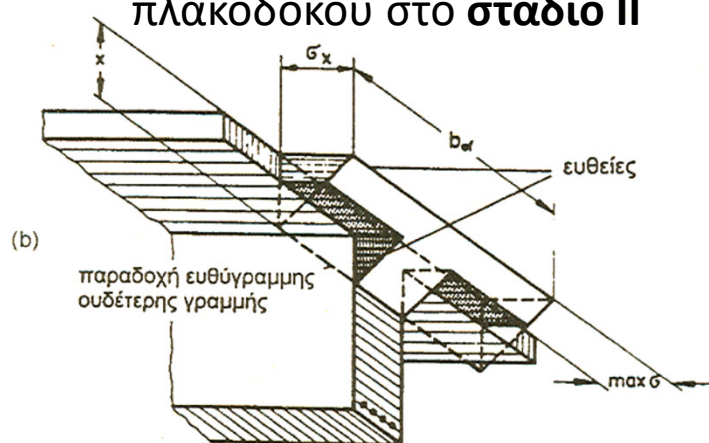


το σχήμα **T** ή **Γ** των διατομών προκύπτει από τη συνεργασία (λόγω της άκαμπτης μονολιθικής σύνδεσης μεταξύ τους) των στηριζόντων δοκών με τις στηριζόμενες σε αυτές πλάκες

# Συνεργαζόμενο πλάτος

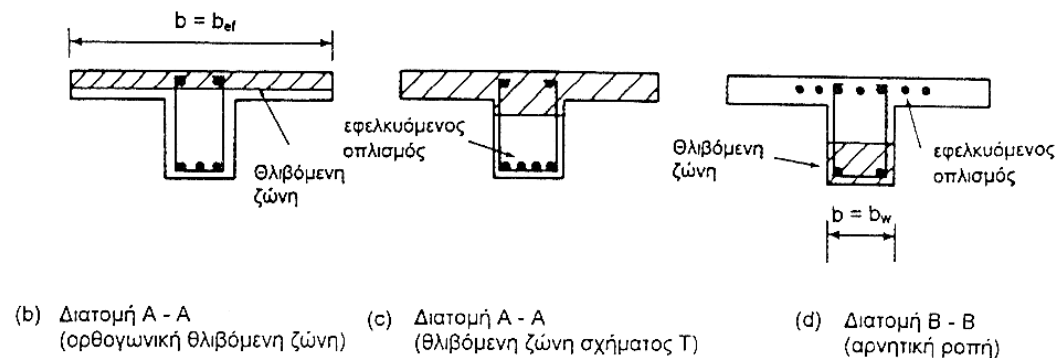
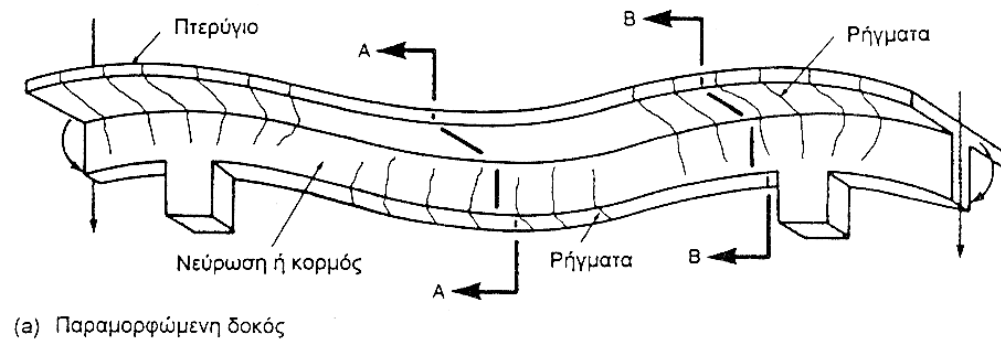


Κατανομή των θλιπτικών τάσεων  
πλακοδοκού στο **στάδιο II**



- Οι αναπτυσσόμενες θλιπτικές τάσεις στη θλιβόμενη ζώνη από την κάμψη της δοκού δεν περιορίζονται μόνο στο πλάτος της δοκού (κορμός) αλλά επεκτείνονται και σε κάποιο τμήμα της παρακείμενης πλάκας (ουσιαστικά δηλαδή στα πτερύγια της πλακοδοκού).
- Θεώρηση ομοιόμορφης κατανομή των τάσεων σε ένα περιορισμένο πλάτος της πλάκας εκατέρωθεν της δοκού, το οποίο ονομάζεται συνεργαζόμενο πλάτος  $b_{eff}$
- Το συνεργαζόμενο πλάτος ορίζεται με τη συνθήκη ότι η ομοιόμορφη τάση που αναπτύσσεται σε αυτό είναι ίση με τη μέγιστη τιμή της πραγματικής κατανομής των τάσεων και ότι η συνισταμένη θλιπτική δύναμη είναι ίση και στις δύο αυτές κατανομές.

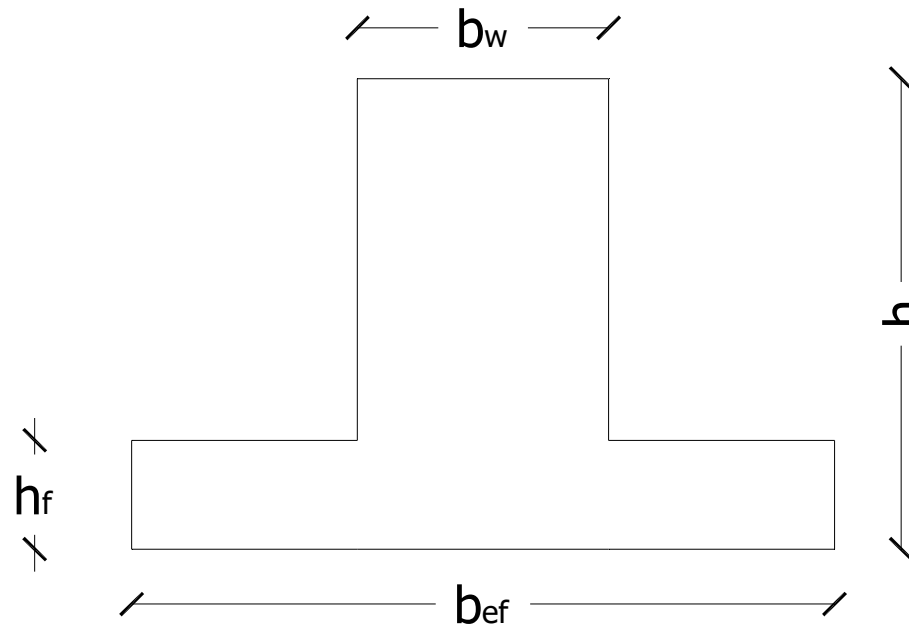
# Λειτουργία πλακοδοκού σε συνεχείς δοκούς



Για **κανονικές** πλακοδοκούς (πλάκα στο πάνω τμήμα της δοκού) ισχύει:

- Θετική ροπή: Λειτουργία πλακοδοκού (θλίβεται και τμήμα της πλάκας)
- Αρνητική ροπή: Λειτουργία ορθογωνικής διατομής (θλίβεται μόνο ο κορμός)

# Αντεστραμμένες πλακοδοκοί



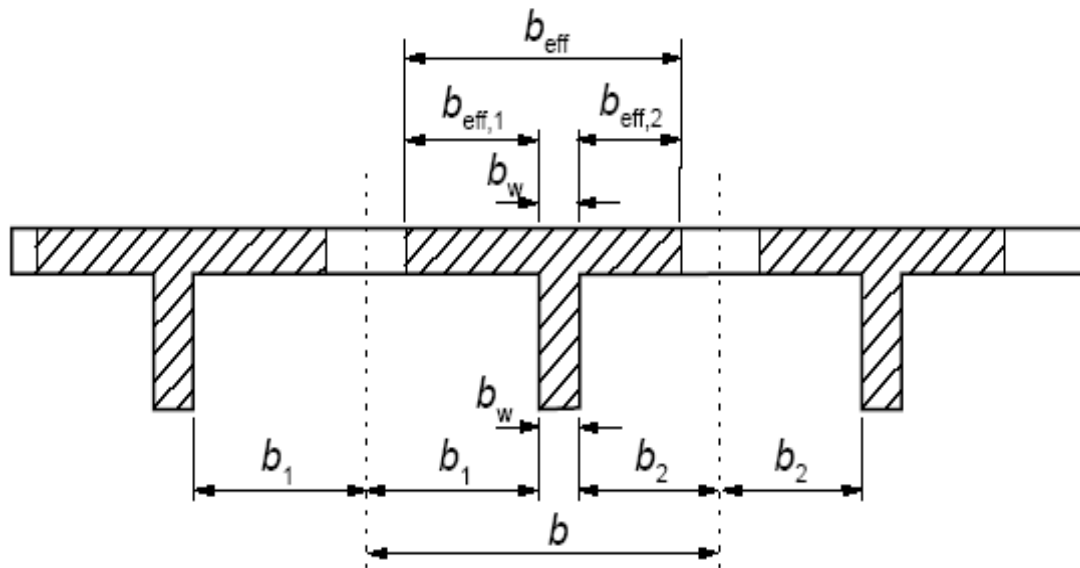
Για **αντεστραμμένες** πλακοδοκοούς (πλάκα στο κάτω τμήμα της δοκού) ισχύει:

- Θετική ροπή: Λειτουργία ορθογωνικής διατομής (θλίβεται μόνο ο κορμός)
- Αρνητική ροπή: Λειτουργία πλακοδοκού (θλίβεται και τμήμα της πλάκας)



# Συνεργαζόμενο πλάτος

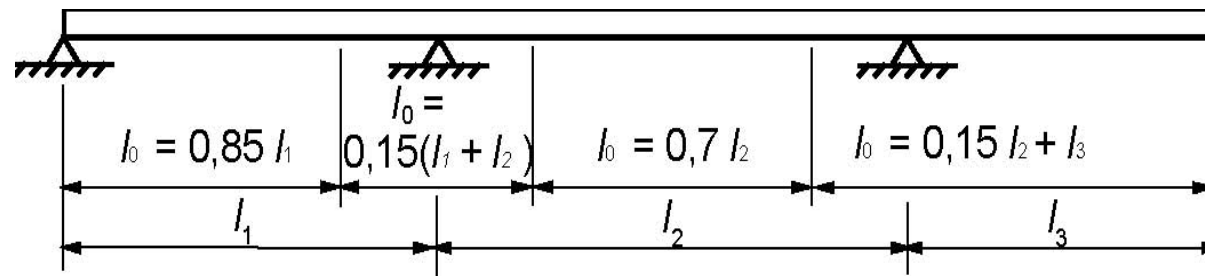
Ο υπολογισμός γίνεται σύμφωνα με το σχήμα



$$b_{eff} = \sum b_{eff,i} + b_w \leq b$$

$$b_{eff,i} = 0.2b_i + 0.1l_0 \leq 0.2l_0$$

$$b_{eff,i} \leq b_i$$

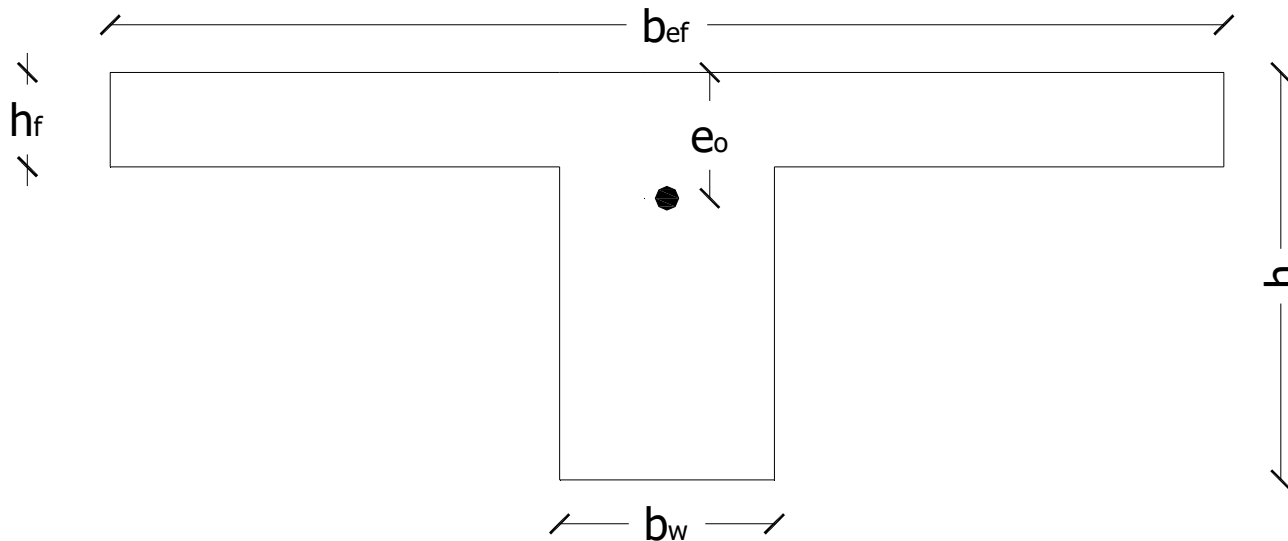


# Υπολογισμός οπλισμού πλακοδοκών (1/3)

$$M_{sd} = M_d - N_d \cdot y_{s1}$$

Προσοχή στο  $y_{s1}$

το κέντρο βάρους δε βρίσκεται στο μέσο της διατομής



$$e_o = \frac{h}{2} \cdot \frac{b_w \cdot (h - h_f)}{b_{eff} \cdot h_f + b_w \cdot (h - h_f)} + \frac{h_f}{2}$$

# Υπολογισμός οπλισμού πλακοδοκών (2/3)

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} \quad \Rightarrow \quad \omega \quad \Rightarrow \quad A_s = \omega \cdot b_{eff} \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_{sd}}{f_{yd}}$$

| $\mu_{sd}$     | $h_r/d=0.05$                           |       |       |       |       | $\mu_{sd}$     | $h_r/d=0.10$                           |       |       |       |       | $\mu_{sd}$   | $h_r/d=0.15$                           |  |       |       |       |                |            |  |       |       |       |                |            |  |       |       |       |       |       |
|----------------|--|-------|-------|-------|-------|----------------|--|-------|-------|-------|-------|--|--|--|-------|-------|-------|----------------|------------|--|-------|-------|-------|----------------|------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|
|                | $\omega \gamma_{I\Delta} b_{eff}/b_w=$ |       |       |       |       |                | $\omega \gamma_{I\Delta} b_{eff}/b_w=$ |       |       |       |       |  | $\omega \gamma_{I\Delta} b_{eff}/b_w=$ |  |       |       |       |                |            |  |       |       |       |                |            |  |       |       |       |       |       |
|                | 10                                     | 5     | 3     | 2     | 1     |                | 10                                     | 5     | 3     | 2     | 1     |  | 10                                     | 5                                      | 3     | 2     | 1     |                |            |  |       |       |       |                |            |  |       |       |       |       |       |
| 0.02           | 0.020                                  | 0.020 | 0.020 | 0.020 | 0.021 | 0.02           | 0.021                                  | 0.021 | 0.021 | 0.021 | 0.02  | 0.021  | 0.021                                  | 0.021                                  | 0.021 | 0.021 |       |                |            |  |       |       |       |                |            |  |       |       |       |       |       |
| 0.04           | 0.041                                  | 0.041 | 0.041 | 0.041 | 0.042 | 0.04           | 0.042                                  | 0.042 | 0.042 | 0.042 | 0.04  | 0.042  | 0.042                                  | 0.042                                  | 0.042 | 0.042 |       |                |            |  |       |       |       |                |            |  |       |       |       |       |       |
| 0.06           | 0.065                                  | 0.063 | 0.063 | 0.063 | 0.063 | 0.06           | 0.063                                  | 0.063 | 0.063 | 0.063 | 0.06  | 0.02<br>0.04<br>0.06<br>0.08<br>0.10<br>0.12<br>0.14<br>0.16<br>0.18<br>0.20<br>0.22<br>0.24<br>0.26<br>0.28<br>0.30<br>0.32 | $\mu_{sd}$                             | $h_r/d=0.20$                           |       |       |       |                | $\mu_{sd}$ | $h_r/d=0.30$                           |       |       |       |                | $\mu_{sd}$ | $h_r/d=0.40$                           |       |       |       |       |       |
| 0.08           |  | 0.091 | 0.087 | 0.085 | 0.084 | 0.08           | 0.084                                  | 0.084 | 0.085 | 0.085 | 0.08  |  |  | $\omega \gamma_{I\Delta} b_{eff}/b_w=$ |       |       |       |                |            | $\omega \gamma_{I\Delta} b_{eff}/b_w=$ |       |       |       |                |            | $\omega \gamma_{I\Delta} b_{eff}/b_w=$ |       |       |       |       |       |
| 0.10           |  |       | 0.114 | 0.110 | 0.107 | 0.10           | 0.111                                  | 0.108 | 0.108 | 0.107 | 0.107 |  |  | 0.10                                   | 10    | 5     | 3     | 2              |            | 1                                      | 10    | 5     | 3     | 2              |            | 1                                      | 10    | 5     | 3     | 2     | 1     |
| 0.12           |  |       | 0.146 | 0.137 | 0.131 | 0.12           |  | 0.138 | 0.134 | 0.132 | 0.131 |  |  | 0.12                                   | 0.02  | 0.021 | 0.021 | 0.021          |            | 0.021                                  | 0.021 | 0.02  | 0.021 | 0.021          |            | 0.021                                  | 0.021 | 0.021 | 0.021 | 0.021 | 0.021 |
| 0.14           |  |       |       | 0.166 | 0.155 | 0.14           |  |       | 0.164 | 0.158 | 0.155 |  |  | 0.14                                   | 0.04  | 0.042 | 0.042 | 0.042          |            | 0.042                                  | 0.042 | 0.04  | 0.042 | 0.042          |            | 0.042                                  | 0.042 | 0.042 | 0.042 | 0.042 | 0.042 |
| 0.16           |  |       |       | 0.199 | 0.179 | 0.16           |  |       | 0.200 | 0.188 | 0.179 |  |  | 0.16                                   | 0.06  | 0.063 | 0.063 | 0.063          |            | 0.063                                  | 0.063 | 0.06  | 0.063 | 0.063          |            | 0.063                                  | 0.063 | 0.063 | 0.063 | 0.063 | 0.063 |
| 0.18           |  |       |       | 0.237 | 0.206 | 0.18           |  |       |       | 0.220 | 0.206 |  |  | 0.18                                   | 0.08  | 0.085 | 0.085 | 0.085          |            | 0.085                                  | 0.085 | 0.08  | 0.085 | 0.085          |            | 0.085                                  | 0.085 | 0.085 | 0.085 | 0.085 | 0.085 |
| 0.20           |  |       |       |       | 0.233 | 0.20           |  |       |       | 0.259 | 0.233 |  |  | 0.20                                   | 0.10  | 0.107 | 0.107 | 0.107          |            | 0.107                                  | 0.107 | 0.10  | 0.107 | 0.107          |            | 0.107                                  | 0.107 | 0.107 | 0.107 | 0.107 | 0.107 |
| 0.22           |  |       |       |       | 0.261 | 0.22           |  |       |       |       | 0.261 |  |  | 0.22                                   | 0.12  | 0.131 | 0.131 | 0.131          |            | 0.131                                  | 0.131 | 0.12  | 0.131 | 0.131          |            | 0.131                                  | 0.131 | 0.131 | 0.131 | 0.131 | 0.131 |
| 0.24           |  |       |       |       | 0.291 | 0.24           |  |       |       |       | 0.291 |  |  | 0.24                                   | 0.14  | 0.154 | 0.154 | 0.154          |            | 0.154                                  | 0.155 | 0.14  | 0.155 | 0.155          |            | 0.155                                  | 0.155 | 0.155 | 0.155 | 0.155 | 0.155 |
| 0.26           |  |       |       |       | 0.323 | 0.26           |  |       |       |       | 0.323 |  |  | 0.26                                   | 0.16  | 0.180 | 0.179 | 0.179          |            | 0.179                                  | 0.179 | 0.16  | 0.179 | 0.179          |            | 0.179                                  | 0.179 | 0.179 | 0.179 | 0.179 | 0.179 |
| 0.28           |  |       |       |       | 0.357 | 0.28           |  |       |       |       | 0.357 |  |  | 0.28                                   | 0.18  |       | 0.210 | 0.207          |            | 0.206                                  | 0.206 | 0.18  | 0.206 | 0.206          |            | 0.206                                  | 0.206 | 0.206 | 0.206 | 0.206 | 0.206 |
| 0.30           |  |       |       |       | 0.394 | 0.30           |  |       |       |       | 0.394 |  |  | 0.30                                   | 0.20  |       |       | 0.241          |            | 0.236                                  | 0.233 | 0.20  | 0.232 | 0.232          |            | 0.233                                  | 0.233 | 0.233 | 0.233 | 0.233 | 0.233 |
| 0.32           |  |       |       |       | 0.434 | 0.32           |  |       |       |       | 0.434 |  |  | 0.32                                   | 0.22  |       |       |                |            | 0.270                                  | 0.261 | 0.22  | 0.261 | 0.261          |            | 0.261                                  | 0.261 | 0.261 | 0.261 | 0.261 | 0.261 |
|                |  |       |       |       |       |                |  |       |       |       |       |  |  | 0.24                                   |       |       |       | 0.309          |            | 0.291                                  | 0.24  |       |       | 0.293          |            | 0.292                                  | 0.291 | 0.24  | 0.291 | 0.291 | 0.291 |
| $\mu_{lim}$    | 0.069                                  | 0.096 | 0.133 | 0.178 | 0.316 | $\mu_{lim}$    | 0.104                                  | 0.128 | 0.159 | 0.198 | 0.316 | $\mu_{lim}$  | 0.169                                  | 0.186                                  | 0.207 | 0.234 | 0.316 | $\mu_{lim}$    | 0.227      | 0.236                                  | 0.25  | 0.266 | 0.316 | $\mu_{lim}$    | 0.273      | 0.278                                  | 0.284 | 0.292 | 0.316 |       |       |
| $\omega_{lim}$ | 0.008                                  | 0.119 | 0.170 | 0.233 | 0.424 | $\omega_{lim}$ | 0.119                                  | 0.153 | 0.198 | 0.254 | 0.424 | $\omega_{lim}$   | 0.195                                  | 0.221                                  | 0.255 | 0.297 | 0.424 | $\omega_{lim}$ | 0.272      | 0.289                                  | 0.311 | 0.34  | 0.424 | $\omega_{lim}$ | 0.343      | 0.352                                  | 0.364 | 0.379 | 0.424 |       |       |

## Υπολογισμός οπλισμού πλακοδοκών (3/3)

---

- Αν  $\mu_{sd} > \mu_{lim}$  τότε απαιτείται η τοποθέτηση θλιβόμενου οπλισμού. Στην περίπτωση αυτή προσδιορίζεται η τιμή  $\omega_{lim}$  από τους πίνακες
- Επιπλέον υπολογίζεται το μέγεθος  $\Delta\mu$  ως εξής:  $\Delta\mu = \mu_{sd} - \mu_{lim}$
- ο απαιτούμενος εφελκυσμένος οπλισμός είναι:

$$A_{s1} = \left( \omega_{lim} + \frac{\Delta\mu}{1 - d_2 / d} \right) \cdot b_{ef} \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_d}{f_{yd}}$$

- και ο απαιτούμενος θλιβόμενος οπλισμός:

$$A_{s2} = \frac{\Delta\mu}{1 - d_2 / d} \cdot b_{ef} \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}}$$

# Υπολογισμός οπλισμού πλακοδοκών

---

- Αν  $\mu_{sd} > \mu_{lim}$  τότε απαιτείται η τοποθέτηση θλιβόμενου οπλισμού. Στην περίπτωση αυτή προσδιορίζεται η τιμή  $\omega_{lim}$  από τους πίνακες
- Επιπλέον υπολογίζεται το μέγεθος  $\Delta\mu$  ως εξής:  $\Delta\mu = \mu_{sd} - \mu_{lim}$
- ο απαιτούμενος εφελκυσμένος οπλισμός είναι:

$$A_{s1} = \left( \omega_{lim} + \frac{\Delta\mu}{1 - d_2 / d} \right) \cdot b_{ef} \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_d}{f_{yd}}$$

- και ο απαιτούμενος θλιβόμενος οπλισμός:

$$A_{s2} = \frac{\Delta\mu}{1 - d_2 / d} \cdot b_{ef} \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}}$$

# Διατάξεις των EC2-EC8 για τις δοκούς (1/5)

---

- Δοκός:  $l \geq 3h_w$  , Υψίκορμη δοκός:  $l < 3h_w$
- Στον Ε.Σ. 2 δεν υπάρχουν περιορισμοί για τη διαμόρφωση ή τις διαστάσεις διατομής των δοκών εκτός ειδικών περιπτώσεων:

Δοκοί με κίνδυνο πλευρικής στρέβλωσης. Τα φαινόμενα 2<sup>ης</sup> τάξης λόγω στρέβλωσης επιτρέπεται να αγνοούνται εφόσον:

- Μόνιμες καταστάσεις:  $h/b \leq 2.5$  και  $l_{ot}/b \leq 50 / (h/b)^{1/3}$
- Παροδικές καταστάσεις:  $h/b \leq 3.5$  και  $l_{ot}/b \leq 70 / (h/b)^{1/3}$

όπου

$l_{ot}$  : απόσταση μεταξύ σημείων στροφικών παγιώσεων

$h$  : ολικό ύψος δοκού στο μέσο του  $l_{ot}$

$b$  : πλάτος του θλιβόμενου πέλματος

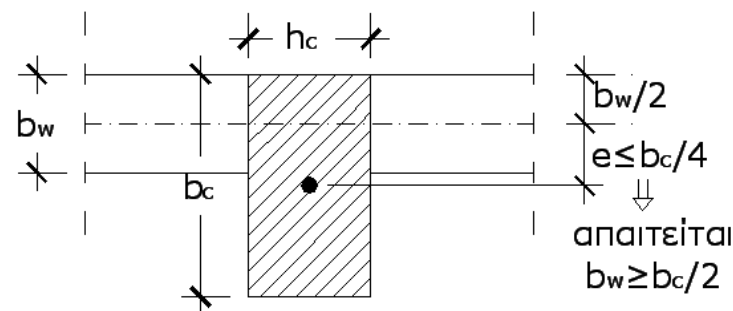
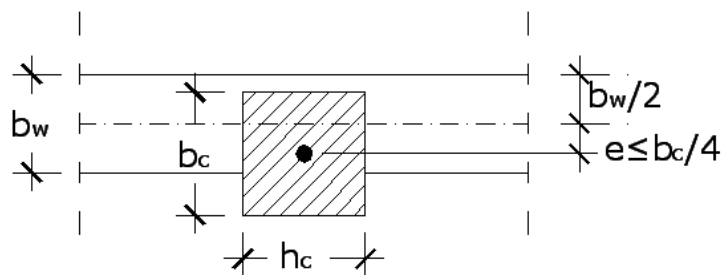
# Διατάξεις των EC2-EC8 για τις δοκούς (2/5)

## Γεωμετρικοί περιορισμοί (από EC8)

- Δοκοί μέσης πλαστιμότητας (ΚΠΜ)

- Πλάτος κύριας δοκού:  $b_w \leq \min(b_c + h_w, 2b_c)$

- Εκκεντρότητα αξόνων δοκού – στύλου:  $e \leq b_c/4$



- Πρόσθετες διατάξεις για δοκούς υψηλής πλαστιμότητας (ΚΠΥ)

- Πλάτος κύριας δοκού:  $b_w \geq 200\text{mm}$

- Λόγος ύψους/πλάτος κύριας δοκού

$$h_w/b_w \leq 3.5 \quad \text{και} \quad I_o/b_w \leq 70/(h_w/b_w)^{1/3}$$

όπου  $I_o$  το ελεύθερο άνοιγμα της δοκού μεταξύ στύλων

# Διατάξεις των EC2-EC8 για τις δοκούς (3/5)

## Ελάχιστα και μέγιστα επιτρεπόμενα ποσοστά οπλισμού

- Ελάχιστος διαμήκης εφελκόμενος οπλισμός:

$$A_{s,min} = 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_t \cdot d \geq 0.0013 \cdot b_t \cdot d$$

όπου:  $b_t$  το μέσο πλάτος στο ύψος της εφελκόμενης περιοχής

Ελάχιστο ποσοστό εφελκόμενου οπλισμού  $\rho_{L,min} = A_{s,min} / (b_t \cdot d)$

| Υλικά              | C16  | C20  | C25  | C30  | C35  | C40  | C45  | C50  | C55  | C60  | C70  | C80  | C90  |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $\rho_{L,min}$ (‰) | 1.30 | 1.30 | 1.35 | 1.51 | 1.66 | 1.82 | 1.98 | 2.13 | 2.18 | 2.29 | 2.39 | 2.50 | 2.60 |

Θεωρήθηκε  $f_{yk}=500\text{MPa}$

- Μέγιστος διαμήκης εφελκόμενος οπλισμός:

$$A_{s,max} = 0.040A_c$$

Σε περιοχές υπερκάλυψης επιτρέπεται, υπό τις προϋποθέσεις της §8.7.2,

$$A_{s,max} \leq 0.080A_c$$



# Διατάξεις των EC2-EC8 για τις δοκούς (4/5)

## Ελάχιστα και μέγιστα επιτρεπόμενα ποσοστά οπλισμού (από EC8)

- Ελάχιστος εφελκούμενος οπλισμός, γενικά:  $\rho_{L,min} = 0,5 \cdot f_{ctm} / f_{yk}$

Ελάχιστο ποσοστό εφελκούμενου οπλισμού  $\rho_{L,min} = A_{s,min} / (b \cdot d)$

| Υλικά              | C16  | C20  | C25  | C30  | C35  | C40  | C45  | C50  | C55  | C60  | C70  | C80  | C90  |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $\rho_{L,min}$ (‰) | 1.90 | 2.20 | 2.60 | 2.90 | 3.20 | 3.50 | 3.80 | 4.10 | 4.20 | 4.40 | 4.60 | 4.80 | 5.00 |

Θεωρήθηκε  $f_{yk}=500\text{MPa}$

- Μέγιστος εφελκούμενος οπλισμός κρίσιμων περιοχών

$$\rho_{L,max} = \rho' + \frac{0.0018}{\mu_\phi \cdot \varepsilon_{sy,d}} \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}}$$

Μέγιστο ποσοστό εφελκούμενου οπλισμού στο  $I_{cr}$ :  $\rho_{L,max} = A_{s,max} / (b \cdot d)$

| Υλικά              |     | C16  | C20  | C25  | C30   | C35   | C40   | C45   | C50   | C55   | C60   | C70   | C80   | C90   |
|--------------------|-----|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\rho_{L,max}$ (‰) | ΚΠΜ | 5.97 | 7.47 | 9.34 | 11.20 | 13.07 | 14.94 | 16.80 | 18.67 | 20.54 | 22.40 | 26.14 | 29.87 | 33.61 |
|                    | ΚΠΥ | 3.80 | 4.75 | 5.93 | 7.12  | 8.31  | 9.49  | 10.68 | 11.87 | 13.05 | 14.24 | 16.61 | 18.98 | 21.36 |

Θεωρήθηκαν:  $\rho' = \rho_{L,max} / 2$ ,  $\varepsilon_{sy,d} \approx 2.174\text{‰}$ ,  $\mu_\phi = 6.8$  (ΚΠΜ) ή  $10.7$  (ΚΠΥ) και χάλυβας κλάσης C ( $f_{yd}=500/1.15\text{MPa}$ )

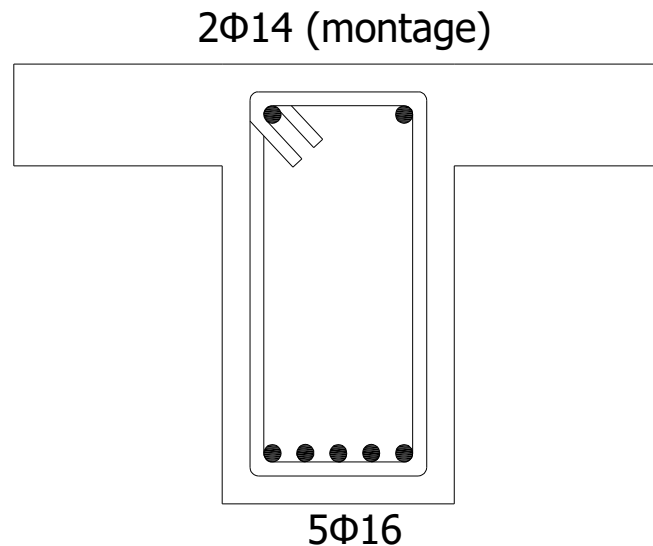
- ✓ Προσοχή: για χάλυβες κλάσης B επιβάλλεται  $1.5\mu_\phi$  με συνέπεια ριζική μείωση του  $\rho_{L,max}$

# Διατάξεις των EC2-EC8 για τις δοκούς (5/5)

## Διαμήκεις οπλισμοί

- Ελάχιστη επιτρεπόμενη διάμετρος είναι συνήθως  $\varnothing 12$  (στην πράξη  $\geq \varnothing 14$ )
- Σε μία διατομή μπορεί να χρησιμοποιούνται το πολύ δύο διαφορετικές διαμέτροι διαμήκων ράβδων και θα πρέπει να ισχύει

$$\varnothing_{L,min} \geq \frac{2}{3} \cdot \varnothing_{L,max}$$



τουλάχιστον 2 διαμήκεις ράβδοι και στο θλιβόμενο τμήμα της δοκού για κατασκευαστικούς λόγους (montage)

# Συνοπτική διαδικασία διαστασιολόγησης δοκών σε κάμψη (1/2)

---

1. Αναγνώριση του στατικού συστήματος και επίλυσή του
2. Με βάση το διάγραμμα ροπών αναγνώριση των κρίσιμων θέσεων για την τοποθέτηση του διαμήκους οπλισμού (μέγιστες ροπές σε στηρίξεις και ανοίγματα). Έλεγχος σε ποιες θέσεις υπάρχει λειτουργία πλακοδοκού και σε ποιες ορθογωνικής διατομής.
3. Αν υπάρχει λειτουργία πλακοδοκού υπολογίζεται το συνεργαζόμενο πλάτος  $b_{eff}$
4. Έλεγχος σε ποια περίπτωση μονοαξονικής καταπόνησης αντιστοιχεί η διατομή που επιλύεται
5. Σε περίπτωση που δε δίνεται το ύψος της δοκού γίνεται επιλογή από τον μηχανικό έτσι ώστε τελικά ο απαιτούμενος οπλισμός να είναι ανάμεσα στα ελάχιστα και μέγιστα επιτρεπόμενα όρια
6. Υπολογισμός της ανηγμένης ροπής σχεδιασμού  $\mu_{sd}$  και σύγκρισή της με την οριακή τιμή  $\mu_{lim}$  για να εξακριβωθεί αν απαιτείται και θλιβόμενος οπλισμός

# Συνοπτική διαδικασία διαστασιολόγησης δοκών σε κάμψη (2/2)

---

7. Υπολογισμός του απαιτούμενου εφελκυσμένου (και αν χρειάζεται του θλιβόμενου) οπλισμού
8. Σύγκριση του απαιτούμενου οπλισμού με τον ελάχιστο και μέγιστο επιτρεπόμενο οπλισμό.
9. Αν προκύψει  $A_s < A_{smin}$  τότε τοποθετείται ο ελάχιστος οπλισμός
10. Αν προκύψει  $A_s > A_{smax}$  τότε απαιτείται αλλαγή διατομής και επανάληψη της διαδικασίας.
11. Επιλογή ράβδων οπλισμού και έλεγχος αν οι ράβδοι αυτές χωρούν σε μία στρώση
12. Τοποθέτηση του οπλισμού στη διατομή και σχεδίαση ενδεικτικών σκαριφημάτων με τη θέση του

# Μέγιστος αριθμός ράβδων οπλισμού σε πλάτος b

| $\varnothing_L$ | Πλάτος δοκού (mm) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----------------|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                 | 150               | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 |
| 12              | 2                 | 4   | 5   | 7   | 8   | 10  | 11  | 13  | 14  | 16  | 17  | 19  |
| 14              | 2                 | 3   | 5   | 6   | 8   | 9   | 11  | 12  | 13  | 15  | 16  | 18  |
| 16              | 2                 | 3   | 5   | 6   | 7   | 9   | 10  | 11  | 13  | 14  | 15  | 17  |
| 18              | 2                 | 3   | 4   | 6   | 7   | 8   | 9   | 11  | 12  | 13  | 15  | 16  |
| 20              | 2                 | 3   | 4   | 5   | 6   | 8   | 9   | 10  | 11  | 13  | 14  | 15  |
| 22              |                   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 11  | 12  | 13  | 14  |
| 25              |                   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  |
| 28              |                   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  |
| 32              |                   | 2   | 3   | 3   | 4   | 5   | 6   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  |

Για τον υπολογισμό των παραπάνω τιμών θεωρήθηκαν: Συνδετήρες  $\varnothing 8$ , επικάλυψη 35mm, μέγιστη διάμετρος αδρανών 16mm,  $k_1=1\text{mm}$ ,  $k_2=5\text{mm}$