

ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ II

Γ. Παναγόπουλος, Λέκτορας Εφαρμογών
Δ. Κακαλέτσης, Καθηγητής



Σχεδιασμός δοκών

Σχεδιασμός δοκών - Γεωμετρικοί περιορισμοί

Στον Ε.Σ. 2 δεν υπάρχουν περιορισμοί για τη διαμόρφωση ή τις διαστάσεις διατομής των δοκών (ύψος: h_w , πλάτος: b_w)

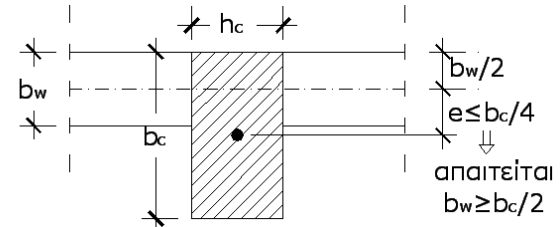
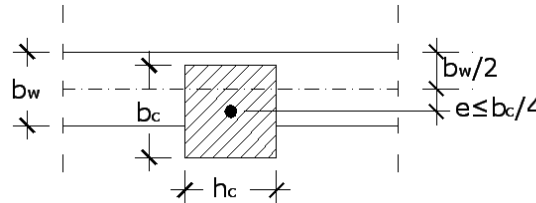
Δοκός: $l \geq 3h_w$, Υψίκορμη δοκός: $l < 3h_w$

Δοκοί: Γεωμετρικοί περιορισμοί (EC8 – 5.4.1.2.1, 5.5.1.2.1)

- 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 ύψος/πλάτος κύριας δοκού

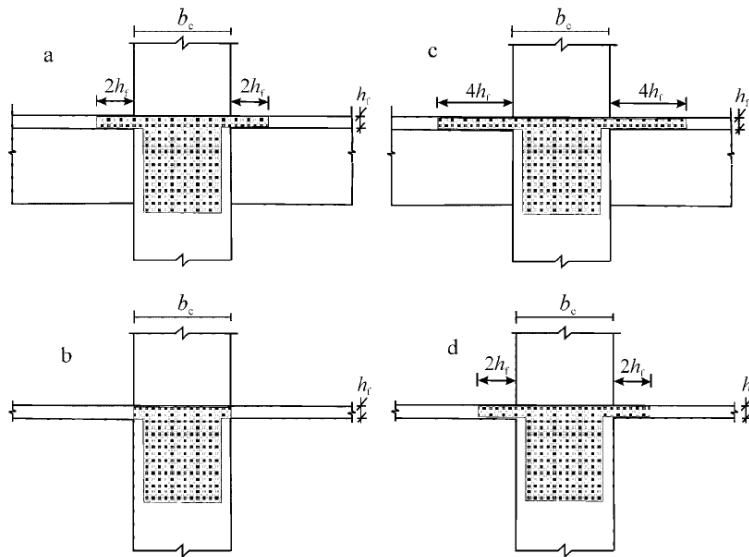
$$h_w/b_w \leq 3.5 \quad \text{και} \quad l_0/b_w \leq 70/(h_w/b_w)^{1/3}$$

όπου l_0 το ελεύθερο άνοιγμα της δοκού μεταξύ στύλων

Σχεδιασμός δοκών - Γεωμετρικοί περιορισμοί

Δοκοί: Γεωμετρικοί περιορισμοί (EC8 – 5.4.3.1.1 και 2, 5.5.3.1.3)

- Κρίσιμες περιοχές κύριων δοκών
 - Δοκοί ΚΠΜ: $l_{cr} = h_w$ εκατέρωθεν των παρειών του κόμβου
 - Δοκοί ΚΠΥ: $l_{cr} = 1.5h_w$
 - Εκατέρωθεν των παρειών φυτευτού υποστυλώματος
- Δοκοί ΚΠΜ, ΚΠΥ: $l_{cr} = 2h_w$
- Συνεργαζόμενο πλάτος πλακών όπου επιτρέπεται η διανομή του εφελκυσμένου οπλισμού στήριξης της δοκού (Σχήμα 5.5)



Σχήμα 5.5 Συνεργαζόμενο πλάτος πλακών, σε περιμετρικό (αριστερά) και εσωτερικό (δεξιά) κόμβο

Σχεδιασμός δοκών – Διαμήκεις οπλισμοί

Ελάχιστα και μέγιστα 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:

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

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

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

Σχεδιασμός δοκών – Διαμήκεις οπλισμοί

Δοκοί: Ελάχιστα και μέγιστα ποσοστά διαμήκους οπλισμού (EC8 – 5.4.3.1.2)

- 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

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

Μέγιστο ποσοστό εφελκούμενου οπλισμού στο l_{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

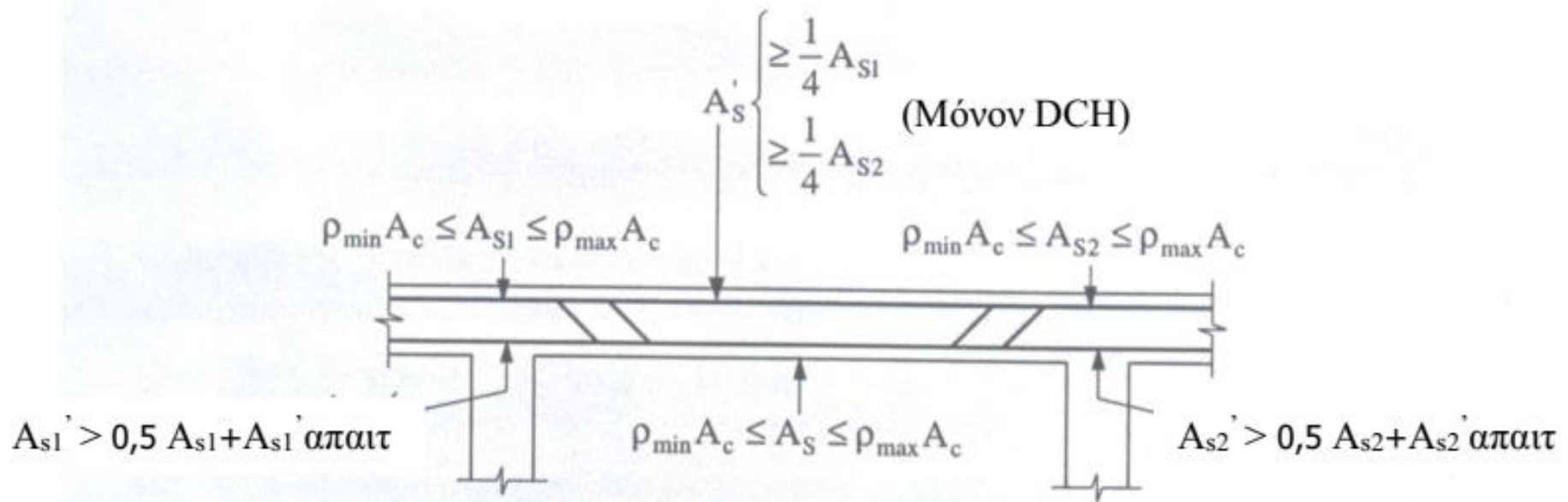
Θεωρήθηκαν: $\rho' = \rho_{L,max} / 2$, $\varepsilon_{sy,d} \approx 2.174\text{‰}$, $\mu_{\varphi} = 6.8$ (ΚΠΜ) ή 10.7 (ΚΠΥ) και χάλυβας κλάσης C ($f_{yd} = 500 / 1.15 \text{MPa}$)

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

Σχεδιασμός δοκών – Διαμήκεις οπλισμοί

Δοκοί: Άλλες κατασκευαστικές διατάξεις (EC8 – 5.4.3.1.2, 5.5.3.1.3)

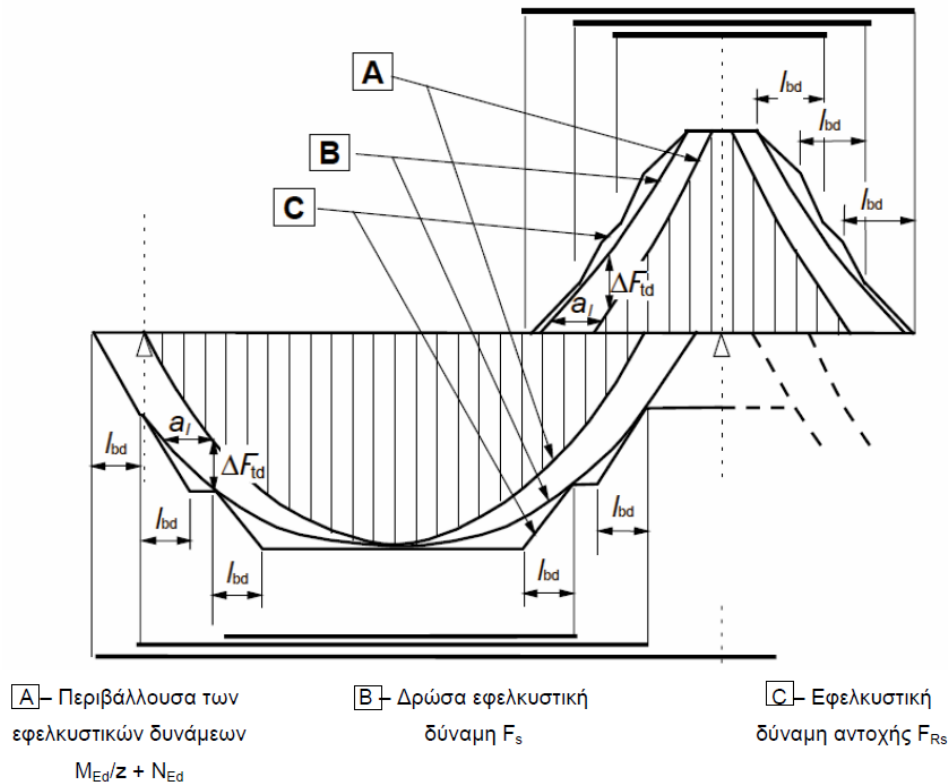
- Στις κρίσιμες περιοχές στηρίξεων δοκών ΚΠΜ, ΚΠΥ απαιτείται θλιβόμενος οπλισμός, επιπλέον του τυχόν απαιτούμενου, ίσος τουλάχιστον με το 50% το εφελκούμενου
- Σε όλο το μήκος του άνω πέλματος δοκών ΚΠΥ απαιτείται τουλάχιστον το 25% του μέγιστου οπλισμού των εκατέρωθεν στηρίξεων και κατ' ελάχιστο 2Ø14 στο άνω και στο κάτω πέλμα



Σχεδιασμός δοκών – Διαμήκεις οπλισμοί

Κλιμάκωση του διαμήκους εφελκυσμένου οπλισμού

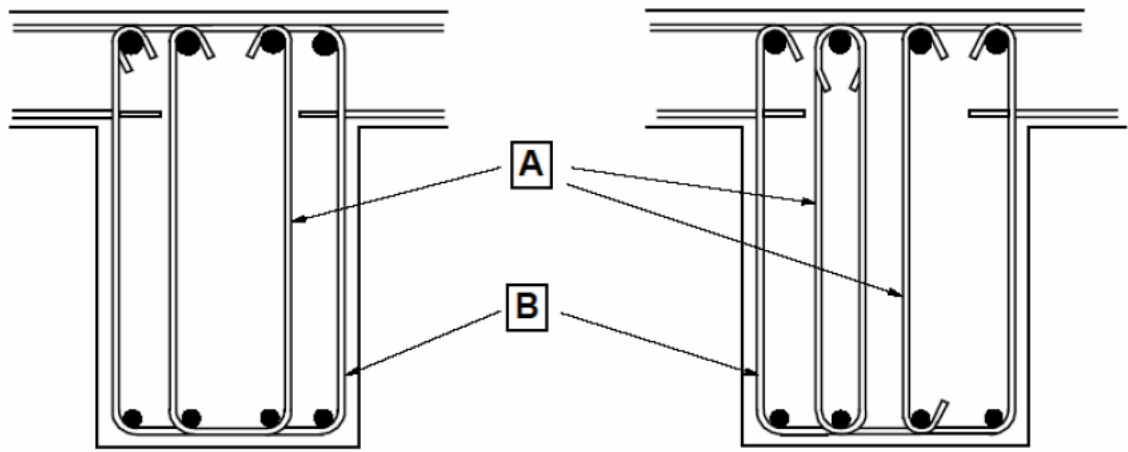
- Απαιτείται μετάθεση του διαγράμματος εφελκυστικών δυνάμεων (ή του διαγράμματος ροπών) κατά a_l
 - Δοκοί χωρίς οπλισμό διάτμησης : $a_l = d$
 - Δοκοί με οπλισμό διάτμησης : $a_l = z \cdot (\cot \theta - \cot \alpha) / 2$



Σχεδιασμός δοκών – Οπλισμός διάτμησης

Οπλισμός διάτμησης

- Πρέπει να σχηματίζει γωνία $45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ με το διαμήκη άξονα του μέλους.
- Μπορεί να αποτελείται από συνδυασμό:
 - Συνδετήρων (τουλάχιστον το 50% του απαιτούμενου οπλισμού)
 - Κεκαμμένων ράβδων
 - Κλωβών ή συνδέσμων που δεν περικλείουν το διαμήκη οπλισμό, αλλά αγκυρώνονται στις θλιβόμενες και εφελκυσόμενες περιοχές



A – Εσωτερικός συνδετήρας
(εναλλακτικές μορφές)

B – Περιμετρικός συνδετήρας

Σχεδιασμός δοκών – Οπλισμός διάτμησης

Οπλισμός διάτμησης

- Ελάχιστο ποσοστό οπλισμού διάτμησης:

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s \cdot b_w \cdot \sin \alpha} \geq \frac{0.08 \cdot \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

Σκυρόδεμα	C16	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60	C70	C80	C90
$\rho_{w,min} (\text{‰})$	0.64	0.72	0.80	0.88	0.95	1.01	1.07	1.13	1.19	1.24	1.34	1.43	1.52

Θεωρήθηκε $f_{yk}=500\text{MPa}$

- Απόσταση μεταξύ κεκαμμένων ράβδων:
- Απόσταση μεταξύ συνδετήρων, συνδέσμων κ.τ.λ.:
- Εγκάρσια απόσταση σκελών συνδετήρα:

$$s_{b,max}=0.60 \cdot d \cdot (1 + \cot \alpha)$$

$$s_{l,max}=0.75 \cdot d \cdot (1 + \cot \alpha)$$

$$s_{t,max}=0.75 \cdot d \leq 600\text{mm}$$

Σχεδιασμός δοκών – Οπλισμός διάτμησης

Οπλισμός διάτμησης

Δοκοί ΚΠΜ, ΚΠΥ: Πρόσθετες διατάξεις οπλισμού διάτμησης κρίσιμων περιοχών
(EC8 – 5.4.3.1.2, 5.5.3.1.3)

- Διάμετρος συνδετήρων: $\varnothing_{bw} \geq 6\text{mm}$
- Πρώτος συνδετήρας σε απόσταση $\leq 50\text{mm}$ από την παρειά του υποστυλώματος
- Απόσταση μεταξύ συνδετήρων:

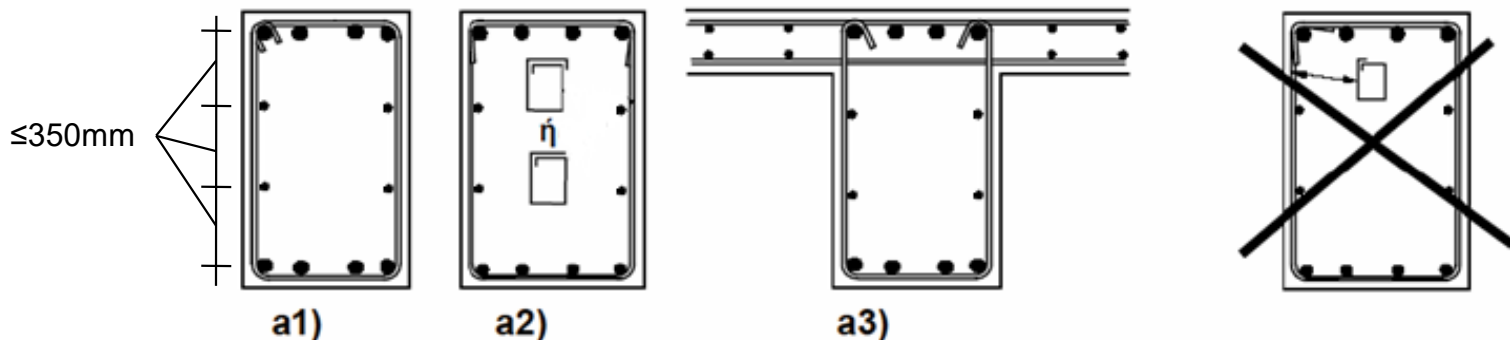
Δοκοί ΚΠΜ: $s = \min(h/4, 24 \cdot \varnothing_{bw}, 8 \cdot \varnothing_{L,min}, 225\text{mm})$

Δοκοί ΚΠΥ: $s = \min(h/4, 24 \cdot \varnothing_{bw}, 6 \cdot \varnothing_{L,min}, 175\text{mm})$

Σχεδιασμός δοκών – Οπλισμός στρέψης

Οπλισμός έναντι στρέψης

- Ελάχιστο ποσοστό συνδετήρων έναντι στρέψης: $\rho_w \geq \frac{0.08 \cdot \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$
- Μέγιστη απόσταση μεταξύ των συνδετήρων έναντι στρέψης:
 $s_{l,max} = \min(u/8, 0.75 \cdot d \cdot (1 + \cot \alpha), h, b)$ όπου:
 u : η εξωτερική περίμετρος της διατομής
- Οι συνδετήρες έναντι στρέψης πρέπει να σχηματίζουν γωνία 90° με το διαμήκη άξονα του μέλους, να κλείνουν και να αγκυρώνονται μέσω υπερκάλυψης ή με άγκιστρα στα άκρα τους
- Πρέπει να υπάρχει τουλάχιστον μία διαμήκης ράβδος σε κάθε γωνία, ενώ οι υπόλοιπες διατάσσονται ομοιόμορφα στην εσωτερική περίμετρο των συνδετήρων, ανά αποστάσεις $\leq 350\text{mm}$



a) Κατάλληλες διαμορφώσεις

b) Ακατάλληλη διαμόρφωση

Σχεδιασμός δοκών – Επιφανειακός οπλισμός

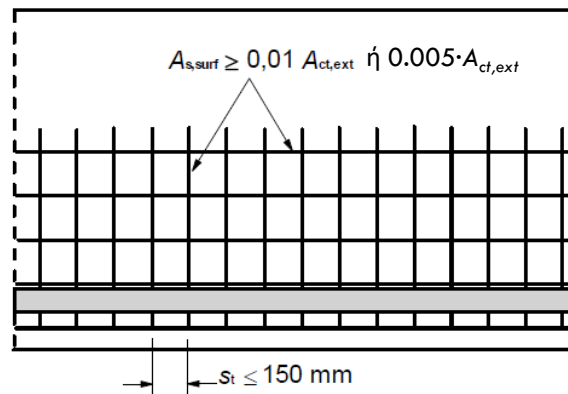
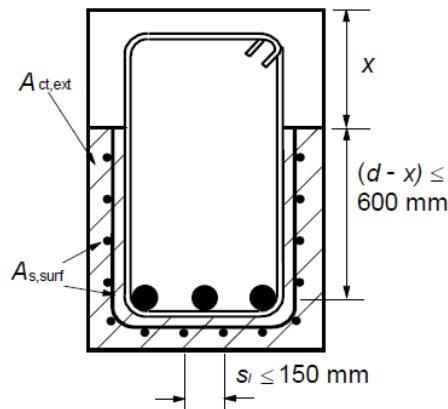
Επιφανειακός οπλισμός

- Απαιτείται όταν:

$$- c > 70\text{mm} \quad \rightarrow A_{s,\text{surf},\text{min}} = 0.005 \cdot A_{\text{ct},\text{ext}}$$

$$- \varnothing_L \text{ ή } \varnothing_{L,n} > 32\text{mm} \quad \rightarrow A_{s,\text{surf},\text{min}} = 0.010 \cdot A_{\text{ct},\text{ext}}$$

- Αποτελείται από πλέγμα ή ράβδους μικρής διαμέτρου και τοποθετείται εξωτερικά των συνδετήρων



- Πρέπει να διαθέτει το ελάχιστο πάχος επικάλυψης (§4.4.1.2)
- Οι διαμήκεις ράβδοι του επιφανειακού οπλισμού μπορούν να συνυπολογίζονται ως οπλισμός κάμψης και οι εγκάρσιες ως οπλισμός διάτμησης, με την προϋπόθεση ότι πληρούν τους αντίστοιχους κανόνες διάταξης και αγκύρωσης.

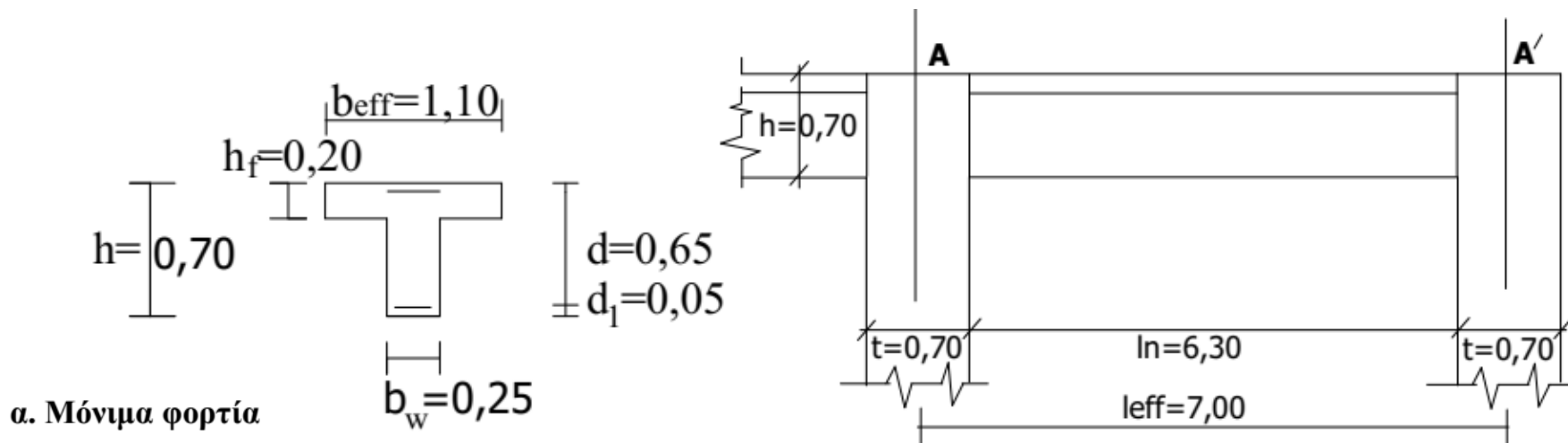
Σχεδιασμός δοκών – Εφαρμογή

Εκφώνηση

Στο παρακάτω σχ. 8.1 φαίνεται μεσαίο πλαίσιο συνήθους κατασκευής κατοικιών κατηγορίας πλαστιμότητας DCM. Οι διαστάσεις των υποστυλωμάτων είναι 70/30 cm ενώ οι αρχικές διαστάσεις της τυπικής δοκού είναι $b_w/h = 25 / 70$ cm και δίδονται στο σχ. 8.1.

Η δοκός είναι μεσαία και απέχει από την προηγούμενη και την επόμενη 5m (καθαρό άνοιγμα).

Η κατηγορία εδάφους είναι B (κατά EC8) Υλικά : Σκυρόδεμα C30 – Χάλυβας B500C (S500)



α. Μόνιμα φορτία

Δίδεται $G=32$ kN/m

β. Μεταβλητά φορτία

Δίδεται $Q=10$ kN/m

Ζητούνται:

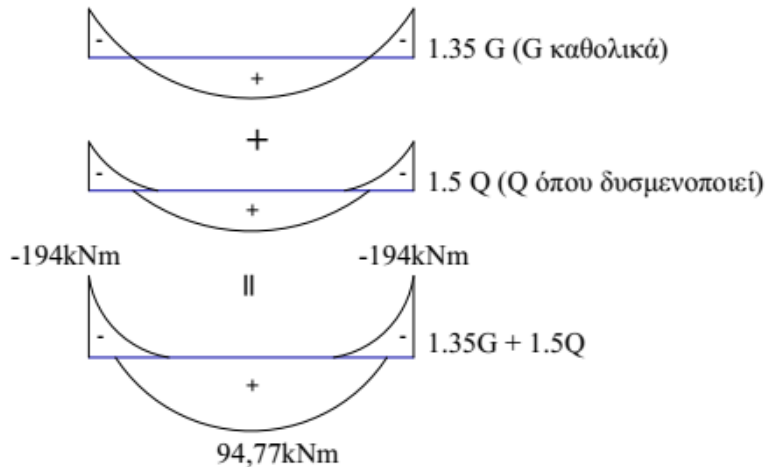
Ο πλήρης σχεδιασμός της δοκού A-A'.

Σχεδιασμός δοκών – Εφαρμογή

Εντατικά Μεγέθη: Τα εντατικά μεγέθη της δοκού Α-Α' όπως αυτά προέκυψαν από αναλύσεις του δομικού συστήματος για συνήθεις και σεισμικές δράσεις δίδονται στα σχ. 8.2 και σχ. 8.3.

Ο.Κ.Α. Χωρίς σεισμό:

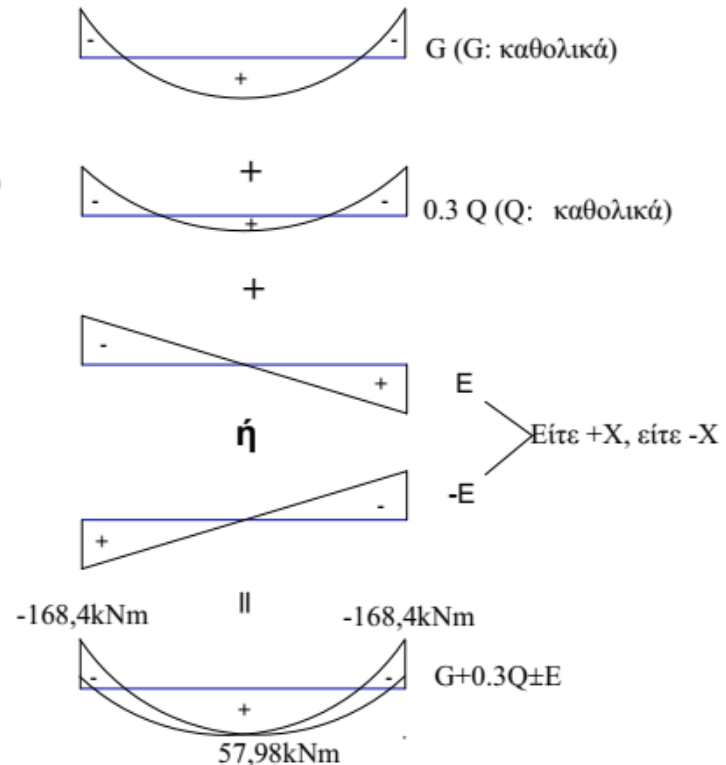
$$1.35 G + 1.5Q \text{ (Q: εναλλακτά)}$$



[M]

Ο.Κ.Α. Με σεισμό:

$$G + 0.3 Q \pm E \text{ (Q: καθολικά)}$$

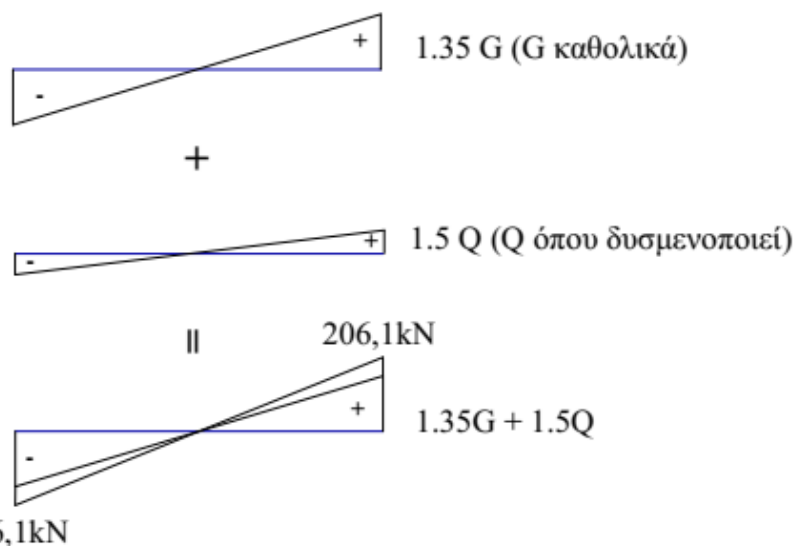


Σχεδιασμός δοκών – Εφαρμογή

Εντατικά Μεγέθη: Τα εντατικά μεγέθη της δοκού Α-Α' όπως αυτά προέκυψαν από αναλύσεις του δομικού συστήματος για συνήθεις και σεισμικές δράσεις δίδονται στα σχ. 8.2 και σχ. 8.3.

Ο.Κ.Α. Χωρίς σεισμό:

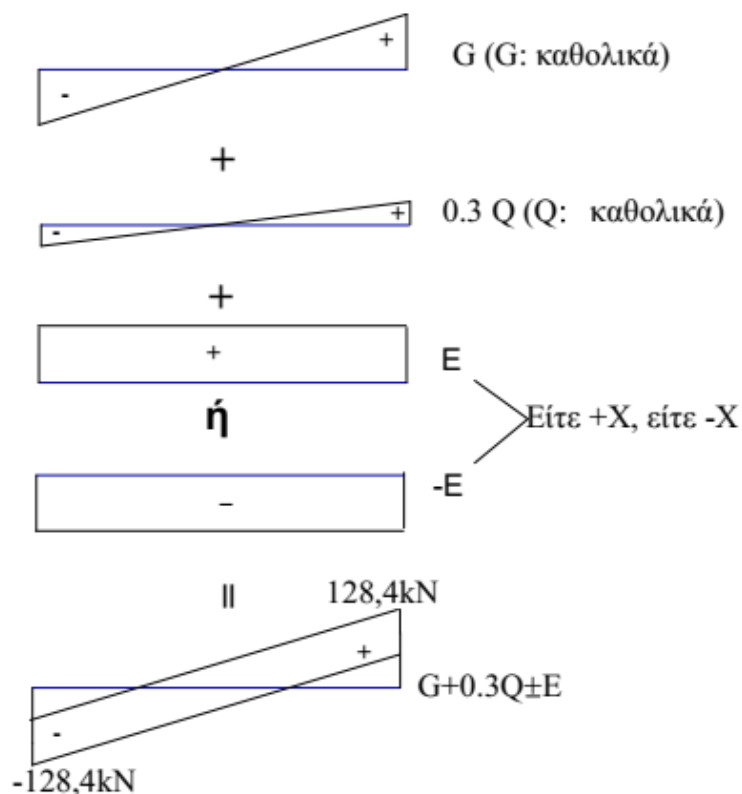
$1.35 G + 1.5Q$ (Q: εναλλακτά)



[V]

Ο.Κ.Α. Με σεισμό:

$G + 0.3 Q \pm E$ (Q : καθολικά)



Σχεδιασμός δοκών – Εφαρμογή

Επίλυση

1. Θεωρητικό άνοιγμα

Ο υπολογισμός του θεωρητικού ανοίγματος γίνεται σύμφωνα με τον EC2.

$$l_{\text{eff}} = l_n + a_1 + a_2$$

όπου

l_n το καθαρό άνοιγμα ανάμεσα στις δυο παρειές των στηρίξεων A και A', $l_n = 6,30\text{m}$

στην ακραία στήριξη A' : $a_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} (1/2)h = (1/2)0,70 \\ (1/2)t = (1/2)0,70 \end{array} \right\} = 0,350\text{ m}$

στη μεσαία στήριξη A : $a_2 = \min \left\{ \begin{array}{l} (1/2)h = (1/2)0,70 \\ (1/2)t = (1/2)0,70 \end{array} \right\} = 0,350\text{ m}$

όπου h το ύψος της διατομής της δοκού $h = 0,70\text{ m}$

t το πλάτος του υποστηλώματος της στήριξης $t = 0,70\text{ m}$

Άρα

$$l_{\text{eff}} = l_n + a_1 + a_2 = 6,30 + 0,350 + 0,350 = 7,00\text{ m}$$

Με βάση αυτό το θεωρητικό άνοιγμα υπολογίζονται στα σχ. 8.2 και σχ. 8.3 τα εντατικά μεγέθη στα κέντρα των υποστηλωμάτων και δίδονται τελικά, κατόπιν αναγωγής, στις παρειές των υποστηλωμάτων.

Σχεδιασμός δοκών – Εφαρμογή

3. Υπολογισμός διαμήκους οπλισμού (οπλισμός κάμψης)

3.1 Συνδυασμός φορτίσεων - Ροπές σχεδιασμού (Σχ. 8.2)

Συνδυασμοί φορτίσεων

1ος Συνδυασμός (χωρίς σεισμό) : $M_{sd} = \gamma_g M_g + \gamma_q M_q$

όπου $\gamma_g = 1.35$ για δυσμενή επιρροή και 1.00 για ευνοϊκή επιρροή

$\gamma_q = 1.50$ για δυσμενή επιρροή και 0.00 για ευνοϊκή επιρροή

2ος και 3ος Συνδυασμός (με σεισμό) : $M_{sd} = M_g + \psi_2 M_q \pm M_E$

όπου $\psi_2 = 0.30$ τιμή μεταβλητών φορτίων για χρόνια δράση

Άνοιγμα:

α) Από συνδυασμό δράσεων χωρίς σεισμό:

$$M_{sd} = 94,77 \text{ kNm}$$

β) Από συνδυασμό δράσεων με σεισμό:

$$M_{sd} = 57,98 \text{ kNm}$$

Στήριξη A και A' :

α) Από συνδυασμό δράσεων χωρίς σεισμό:

$$M_{A, sd} = -194,00 \text{ kNm}$$

β) Από συνδυασμό με σεισμό:

$$M_{A, sd} = -168,40 \text{ kNm}$$

Σχεδιασμός δοκών – Εφαρμογή

3.2. Έλεγχος σε κάμψη

3.2.1. Άνοιγμα

Ροπή σχεδιασμού

Η ροπή σχεδιασμού στο άνοιγμα προέρχεται από συνδυασμούς χωρίς σεισμό και είναι: $M_{sd} = 94,77 \text{ kNm}$. Άρα η δοκός λειτουργεί στο άνοιγμα ως πλακοδοκός και οπλίζεται με βάση τη μέγιστη ροπή.

Συνεργαζόμενο πλάτος

Το συνεργαζόμενο πλάτος πλακοδοκού b_{eff} για όλες τις οριακές καταστάσεις υπολογίζεται προσεγγιστικά ως

$$b_{eff} = b_w + l_0 / 5 = b_w + 0,6l_{eff} / 5 = 0,25 + 0,6 \cdot 7 / 5 = 1,10 \text{ m}$$

Σχεδιασμός δοκών – Εφαρμογή

3.3. Ελάχιστος, μέγιστος και κατασκευαστικός οπλισμός

Οι οπλισμοί που έχουν ήδη υπολογισθεί στις κρίσιμες διατομές της δοκού, θα πρέπει σε κάθε περίπτωση να μην είναι λιγότεροι σε ποσότητα από τους ελάχιστους αλλά ούτε περισσότεροι από τους μέγιστους επιτρεπόμενους όπως αυτοί ορίζονται στον EC2.

Ελάχιστος διαμήκης οπλισμός

Από τη σχέση $\rho_{\min} = \frac{1}{2} \frac{f_{ctm}}{f_{yk}}$ για C30 και S500 : $\rho_{\min} = 2.90 \text{ ‰}$

Άρα $\min A_{s1} = 0.0029 \cdot 25 \cdot 65 = 4,71 \text{ cm}^2$ ($2\varnothing 16 = 4,02 \text{ cm}^2 < 4,71 \text{ cm}^2$)

Μέγιστος διαμήκης οπλισμός

└ Για κρίσιμες περιοχές και C30 , B500C

$$\rho_{\max} = \rho' + \frac{0.0018}{\mu_{\phi} \varepsilon_{sy,d}} \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0.0018}{3.9 \cdot (500/1.15)/200000} \frac{30/1.5}{500/1.15} = 0.00977 = 9,77 \text{ ‰}$$

όπου $\rho' = 0$ (δυσμενής περίπτωση)

$\mu_{\phi} = 3.9$ έστω ότι πρόκειται για πλαισιωτό πολυώροφο πολύστυλο δομικό σύστημα

- Για μη κρίσιμες περιοχές $\Rightarrow \rho_{\max} = 4.0 \text{ ‰}$

Επομένως

- Κρίσιμες περιοχές $A_{s,\max} = 0.00977 \cdot 25 \cdot 65 = 15,88 \text{ cm}^2$
- Μη κρίσιμες περιοχές $A_{s,\max} = 0.04 \cdot 25 \cdot 65 = 65,00 \text{ cm}^2$

Σχεδιασμός δοκών – Εφαρμογή

Άνοιγμα

Υπολογισμός οπλισμού

Με χρήση του πίνακα CEB για τον σχεδιασμό των πλακοδοκών υπολογίζεται το μ_{sd} και το μ_{lim} ελέγχεται αν χρειάζεται θλιβόμενος οπλισμός και κατόπιν υπολογίζεται η απαιτούμενη ποσότητα οπλισμού ως εξής:

$$h_f/d = 20/65 = 0,30$$

$$b_{eff} / b_w = 110/25 = 4,4$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_{eff} d^2 f_{cd}} = \frac{0.09477 \text{ MNm}}{1.10 \cdot 0.65^2 \frac{30}{1.5}} = 0,01 \quad \left. \vphantom{\mu_{sd}} \right\} \omega = 21/1000, \mu_{sd} = 0,01 < \mu_{lim} = 0.236$$

οπότε απαιτείται μόνο εφελκυσμένος οπλισμός (κάτω), ίσος με:

$$A_{s1} = \omega b d \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{21}{1000} 110 \cdot 65 \frac{30/1.5}{500/1.15} = 6,91 \text{ cm}^2 \quad A_{s,min} < A_{s1} < A_{s,max}$$

Αρα, τοποθετείται κάτω οπλισμός 4Ø16 (8,04 cm²).

Σχεδιασμός δοκών – Εφαρμογή

Στηρίξεις Α και Α'

Οπλισμός άνω

Οι ροπές σχεδιασμού των στηρίξεων Α και Α' λαμβάνονται μετά από σύγκριση των ροπών που προκύπτουν από όλους τους συνδυασμούς φορτίσεων:

από συνδυασμό χωρίς σεισμό: $M_{A,sd} = M_{A',sd} = -194,00 \text{ kNm}$

από συνδυασμούς με σεισμό: $M_{A,sd} = M_{A',sd} = -168,4 \text{ kNm}$

και άρα η τελική ροπή σχεδιασμού των στηρίξεων Α και Α' είναι:

$$M_{A,sd} = M_{A',sd} = -194,00 \text{ kNm}$$

Η δοκός συμπεριφέρεται ως ορθογωνική διατομή.

Με χρήση των πινάκων CEB για τον σχεδιασμό ορθογωνικών διατομών

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b \cdot d^2 f_{cd}} = \frac{194}{0.25 \cdot 0.65^2 \frac{30 \cdot 10^3}{1.5}} = 0,0961 < \mu_{lim} = 0.316$$

$$A_{s1} = \omega b d \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0,0961 \cdot 25 \cdot 65 \frac{30/1.5}{500/1.15} = 7,18 \text{ cm}^2 \quad A_{s,min} < A_{s1} < A_{s,max}$$

τοποθετούνται 4Ø16 (8,04 cm²)

Οπλισμός κάτω

Ο οπλισμός κάτω, ω' , υπολογίζεται με βάση τον περιορισμό $\omega' \geq 0.5\omega$ και άρα: $\omega' \geq 0.5 \omega \rightarrow$

$$A_{s2} \geq 8,04/2 \rightarrow A_{s2} \geq 4,02 \text{ cm}^2$$

Σχεδιασμός δοκών – Εφαρμογή

Τελικοί οπλισμοί κάμψης

Στήριξη Α και Α':

Άνω => 4Ø16 (8,04 cm²)

Κάτω => 3Ø16 (6,03 cm²)

Άνοιγμα:

Άνω => 3Ø16 (6,03 cm²)

Κάτω => 4Ø16 (8,04 cm²)

Επομένως σε άνω παρειά στο άνοιγμα και κάτω παρειά στη στήριξη με βάση την απαίτηση ελάχιστου οπλισμού πρέπει τοποθετηθούν 4,71 cm² και επειδή χρησιμοποιούνται παντού Ø16 τοποθετούνται τελικά 3Ø16 (6,03 cm²)