



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

**Αντισεισμικός σχεδιασμός 3-όροφου επίπεδου πλαισίου
δύο ίσων ανοιγμάτων**

Μάθημα: Σύνθεση και Σχεδιασμός Κατασκευών Οπλισμένου Σκυροδέματος

Υπεύθυνος: Διονύσης Μπισκίνης

Εργασία 2/2

Αλέξανδρος Καναβός
A.M.: 1034637

Πάτρα, Μάιος 2021

Περιεχόμενα

1	Εισαγωγή	1
1.1	Ορισμός του προβλήματος	1
1.2	Δεδομένα	1
2	Επίλυση	3
2.1	Διαστασιολόγηση διαμήκων οπλισμών των δοκών του 1ου ορόφου	3
2.1.1	Μέλος 78	4
2.1.2	Μέλος 89	6
2.2	Διαστασιολόγηση κατακόρυφων οπλισμών των υποστυλωμάτων του 1ου ορόφου σύμφωνα με τον ικανοτικό σχεδιασμό σε κάμψη	8
	Βιβλιογραφία	9

1. Εισαγωγή

1.1 Ορισμός του προβλήματος

Η παρούσα αναφορά πραγματεύεται το πρόβλημα αντισεισμικού σχεδιασμού 3-όροφου επίπεδου πλαισίου δύο ανοιγμάτων. Στις ενότητες που ακολουθούν παρουσιάζονται τα δεδομένα, όπως αυτά προκύπτουν από την ελαστική στατική ανάλυση της κατασκευής και παραμετροποιημένα ($X_1 = 6$, $X_2 = 3$, $X_3 = 7$) με τον αριθμό μητρώου του συγγραφέα της εν λόγω αναφοράς, και τα ζητούμενα του προβλήματος. Στο δεύτερο μέρος γίνεται η αναλυτική επίλυση του προβλήματος και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα αυτής.

1.2 Δεδομένα

Τα δεδομένα του προβλήματος που αφορούν τα εντατικά μεγέθη (στο καθαρό μήκος των μελών) και προέκυψαν από την ελαστική στατική ανάλυση της κατασκευής, φαίνονται στους πίνακες παρακάτω (Πίν. 1.1, 1.2, 1.3). Επιπλέον δεδομένα του προβλήματος είναι επιγραμματικά τα εξής.

- Το ύψος ορόφου είναι $3m$ και τα ανοίγματα $6m$ (από μέσο στήριξης σε μέσο στήριξης).
- Το μεσαίο υποστύλωμα έχει διατομή $0.4m \times 0.4m$ και τα ακραία $0.35m \times 0.35m$.
- Οι δοκοί έχουν διατομή $0.3m \times 0.6m$ και οι πλάκες έχουν πάχος $0.15m$.
- Κατηγορία Πλαστιμότητας Μέση κατά Ευρωκώδικα 8 (ΚΠΜ).
- Σκυρόδεμα $C25/30$ ($X_2 = 3$) και χάλυβας $B500C$.
- Τα εντατικά μεγέθη λόγω $1.35G + 1.5Q$ είναι 1.7 φορές μεγαλύτερα απ' τα αντίστοιχα λόγω $G + \psi_2 Q$.

$X_3 = 7$	$M_{1,2}$	$M_{2,1}$	$M_{2,3}$	$M_{3,2}$	$M_{4,5}$	$M_{5,4}$	$M_{5,6}$	$M_{6,5}$	$M_{7,8}$	$M_{8,7}$	$M_{8,9}$	$M_{9,8}$
$+E$	65	-58.5	58.5	-65	110	-104.5	104.5	-110	130	-123.5	123.5	-130
$-E$	-65	58.5	-58.5	65	-110	104.5	-104.5	110	-130	123.5	-123.5	130
$G + \psi_2 Q$	-50	-100	-100	-50	-70	-95	-95	-70	-60	-100	-100	-60
$1.35G + 1.5Q$	-85	-170	-170	-85	-119	-161.5	-161.5	-119	-102	-170	-170	-102

Πίνακας 1.1: Ροπές δοκών στις παρειές των κόμβων (KNm)

$X_3 = 7$	$M_{1,4}$	$M_{4,1}$	$M_{2,5}$	$M_{5,2}$	$M_{3,6}$	$M_{6,3}$	$M_{4,7}$	$M_{7,4}$	$M_{5,8}$	$M_{8,5}$	$M_{6,9}$	$M_{9,6}$	$M_{7,10}$	$M_{10,7}$	$M_{8,11}$	$M_{11,8}$	$M_{9,12}$	$M_{12,9}$
$+E$	40	-36	80	-72	-40	36	65	-58.5	110	-99	-65	58.5	65	-85	110	-130	-65	85
$-E$	-40	36	-80	72	40	-36	-65	58.5	-110	99	65	-58.5	-65	85	-110	130	65	-85
$G + \psi_2 Q$	-45	40	0	0	-45	40	-35	36	0	0	-35	36	-28	20	0	0	-28	20

Πίνακας 1.2: Ροπές υποστυλωμάτων στις παρειές των κόμβων (KNm)

$X_1 = 6$	$N_{1,4}$	$N_{4,7}$	$N_{7,10}$	$N_{2,5}$	$N_{5,8}$	$N_{8,11}$	$N_{3,6}$	$N_{6,9}$	$N_{9,12}$
$+E$	20	60	120	0	0	0	-20	-60	-120
$-E$	-20	-60	-120	0	0	0	20	60	120
$G + \psi_2 Q$	-140	-300	-420	-350	-700	-1050	-140	-300	-420
$1.35G + 1.5Q$	-238	-510	-714	-595	-1190	-1785	-238	-510	-714

Πίνακας 1.3: Αξονικές δυνάμεις μελών (KN)

2. Επίλυση

2.1 Διαστασιολόγηση διαμήκων οπλισμών των δοκών του 1ου ορόφου

Για τις δοκούς με διατομή $0.3m \times 0.6m$ υπολογίζεται η επικάλυψη και το στατικό ύψος ως εξής.

$$c_{nom} = 50mm \rightarrow d_1 = c_{nom} + \phi_h + \phi_L/2 = 50 + 8 + 14/2 = 65mm$$

και

$$d = 600 - 65 = 535mm$$

Το συνεργαζόμενο πλάτος b_{eff} στις διατομές (περιοχές) των δοκών όπου συναντάται θλίψη στο άνω μέρος προκύπτουν ως εξής.

$$b_{eff,7} = 0.5 \cdot 6/10 + 0.2 \cdot 3 = 0.9 > 0.2 \cdot 0.5 \cdot 6 = 0.6 \Rightarrow b_{eff,8} = 0.6m$$

$$b_{eff,78,mid} = 0.7 \cdot 6/10 + 0.2 \cdot 3 = 1.02 > 0.2 \cdot 0.7 \cdot 6 = 0.84 \Rightarrow b_{eff,78,mid} = 0.84m$$

$$b_{eff,89,mid} = 0.7 \cdot 6/10 + 0.2 \cdot 3 = 1.02 > 0.2 \cdot 0.7 \cdot 6 = 0.84 \Rightarrow b_{eff,78,mid} = 0.84m$$

$$b_{eff,9} = 0.5 \cdot 6/10 + 0.2 \cdot 3 = 0.9 > 0.2 \cdot 0.5 \cdot 6 = 0.6 \Rightarrow b_{eff,9} = 0.6m$$

Για τις δοκούς και για ΚΠΜ οι κατασκευαστικοί κανόνες που ορίζονται από τους Ευρωκώδικες 2 και 8 απαιτούν τα παρακάτω, με βάση τα οποία επιλέγονται οι τοποθετούμενοι οπλισμοί. Χάριν συντομίας, οι σχετικές συγκρίσεις με τα κατασκευαστικά ελάχιστα παραλείπονται, όμως διενεργούνται σε όλους τους υπολογισμούς και τους επηρεάζουν αναλόγως.

$$\rho_{min} = \frac{A_{s,min}}{bd} = 0.5 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} = 0.5 \cdot \frac{2.56}{500} = 5.12 \cdot 10^{-3}$$

$$A_s = 308mm^2$$

$$A_{s,bottom,support} \geq 0.5A_{s,top,support}$$

$$A_{s,bottom,support} \geq 0.25A_{s,bottom,mid}$$

Για φόρτιση $1.35G + 1.5Q$, από τη διαφορά του αθροίσματος των αξονικών του εισογείου και του 1ου ορόφου διαιρεμένη με $12m$ προκύπτει το φορτίο, έστω $q(KN/m)$, που αναλαμβάνουν οι δοκοί του 1ου ορόφου. Το ημιάθροισμα των ροπών των στηρίξεων κάθε δοκού είναι $-(170 + 102)/2 = -136KNm$.

$$q = \frac{(714 + 1785 + 714) - (510 + 1190 + 510)}{12} = 84KN/m$$

$$M_{7,8,mid} = M_{8,9,mid} = -136 + ql^2/8 = -136 + 84 \cdot 6^2/8 = 242KNm$$

2.1.1 Μέλος 78

Δεξιά παρειά κόμβου 7:

$$\left. \begin{array}{l} G + \psi_2 Q + E \rightarrow M_{7,8} = -60 + 130 = 70 \\ G + \psi_2 Q - E \rightarrow M_{7,8} = -60 - 130 = -190 \\ 1.35G + 1.5Q \rightarrow M_{7,8} = -102 \end{array} \right\} \Rightarrow M_{7,8,top} = -190, M_{7,8,bottom} = 70$$

$$M_{7,8,top} = -190 \rightarrow \mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{bd^2 f_{cd}} = \frac{190}{0.3 \cdot 0.535^2 \cdot 14.16 \cdot 10^3} = 0.156$$

$$\omega_{top} = 0.973 \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2\mu_{sd}}{0.973}} \right) = 0.171$$

$$A_{s,top} = \omega_{top} bd \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0.171 \cdot 0.3 \cdot 0.535 \cdot \frac{14.16}{434.78} = 0.171 \cdot 0.3 \cdot 0.535 \cdot \frac{14.16}{434.78} = 894mm^2$$

Άρα τοποθετούνται:

$$A_{\tau} = 3\Phi 20 = 942mm^2$$

$$M_{7,8,bottom} = 70 \rightarrow \mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_{eff} d^2 f_{cd}} = \frac{70}{0.3 \cdot 0.535^2 \cdot 14.16 \cdot 10^3} = 0.057$$

$$\omega_{bottom} = 0.973 \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2\mu_{sd}}{0.973}} \right) = 0.058$$

$$A_{s,bottom} = \omega_{bottom} bd \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0.058 \cdot 0.3 \cdot 0.535 \cdot \frac{14.16}{434.78} = 303mm^2$$

Άρα τοποθετούνται:

$$A_\tau = 2\Phi 20 = 628mm^2$$

Αριστερή παρειά κόμβου 8:

$$\left. \begin{array}{l} G + \psi_2 Q + E \rightarrow M_{8,7} = -100 - 123.5 = -223.5 \\ G + \psi_2 Q - E \rightarrow M_{8,7} = -100 + 123.5 = 23.5 \\ 1.35G + 1.5Q \rightarrow M_{8,7} = -170 \end{array} \right\} \Rightarrow M_{8,7,top} = -223.5, M_{8,7,bottom} = 23.5$$

$$M_{8,7,top} = -223.5 \rightarrow \mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{bd^2 f_{cd}} = \frac{223.5}{0.3 \cdot 0.535^2 \cdot 14.16 \cdot 10^3} = 0.184$$

$$\omega_{top} = 0.973 \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2\mu_{sd}}{0.973}} \right) = 0.206$$

$$A_{s,top} = \omega_{top} b d \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0.206 \cdot 0.3 \cdot 0.535 \cdot \frac{14.16}{434.78} = 0.206 \cdot 0.3 \cdot 0.535 \cdot \frac{14.16}{434.78} = 1074mm^2$$

Άρα τοποθετούνται:

$$A_\tau = 4\Phi 20 = 1256mm^2$$

$$M_{8,7,bottom} = 23.5 \rightarrow \mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_{eff} d^2 f_{cd}} = \frac{23.5}{0.3 \cdot 0.535^2 \cdot 14.16 \cdot 10^3} = 0.010$$

$$\omega_{bottom} = 0.973 \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2\mu_{sd}}{0.973}} \right) = 0.010$$

$$A_{s,bottom} = \omega_{bottom} b_{eff} d \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0.010 \cdot 0.6 \cdot 0.535 \cdot \frac{14.16}{434.78} = 102mm^2$$

Άρα τοποθετούνται:

$$A_\tau = 2\Phi 20 = 628mm^2$$

Άνοιγμα:

$$M_{7,8,mid} = 242 \rightarrow \mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_{eff} d^2 f_{cd}} = \frac{242}{0.84 \cdot 0.535^2 \cdot 14.16 \cdot 10^3} = 0.071$$

$$\omega_{mid} = 0.973 \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2\mu_{sd}}{0.973}} \right) = 0.074$$

$$A_{s,mid} = \omega_{mid} b_{eff} d \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0.074 \cdot 0.84 \cdot 0.535 \cdot \frac{14.16}{434.78} = 0.074 \cdot 0.84 \cdot 0.535 \cdot \frac{14.16}{434.78} = 1082mm^2$$

Άρα τοποθετούνται:

$$A_\tau = 4\Phi 20 = 1256mm^2$$

2.1.2 Μέλος 89

Δεξιά παρειά κόμβου 8:

$$\left. \begin{aligned} G + \psi_2 Q + E &\rightarrow M_{8,9} = -100 + 123.5 = 23.5 \\ G + \psi_2 Q - E &\rightarrow M_{8,9} = -100 - 123.5 = -223.5 \\ 1.35G + 1.5Q &\rightarrow M_{8,9} = -170 \end{aligned} \right\} \Rightarrow M_{8,9,top} = -223.5, M_{8,9,bottom} = 23.5$$

$$M_{8,9,top} = -223.5 \rightarrow \mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{bd^2 f_{cd}} = \frac{223.5}{0.3 \cdot 0.535^2 \cdot 14.16 \cdot 10^3} = 0.184$$

$$\omega_{top} = 0.973 \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2\mu_{sd}}{0.973}} \right) = 0.206$$

$$A_{s,top} = \omega_{top} b d \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0.206 \cdot 0.3 \cdot 0.535 \cdot \frac{14.16}{434.78} = 0.206 \cdot 0.3 \cdot 0.535 \cdot \frac{14.16}{434.78} = 1074mm^2$$

Άρα τοποθετούνται:

$$A_\tau = 4\Phi 20 = 1256mm^2$$

$$M_{8,9,bottom} = 23.5 \rightarrow \mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_{eff} d^2 f_{cd}} = \frac{23.5}{0.3 \cdot 0.535^2 \cdot 14.16 \cdot 10^3} = 0.010$$

$$\omega_{bottom} = 0.973 \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2\mu_{sd}}{0.973}} \right) = 0.010$$

$$A_{s,bottom} = \omega_{bottom} b_{eff} d \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0.010 \cdot 0.6 \cdot 0.535 \cdot \frac{14.16}{434.78} = 102mm^2$$

Άρα τοποθετούνται:

$$A_\tau = 2\Phi 20 = 628mm^2$$

Αριστερή παρειά κόμβου 9:

$$\left. \begin{aligned} G + \psi_2 Q + E &\rightarrow M_{9,8} = -60 - 130 = -190 \\ G + \psi_2 Q - E &\rightarrow M_{9,8} = -60 + 130 = 70 \\ 1.35G + 1.5Q &\rightarrow M_{9,8} = -102 \end{aligned} \right\} \Rightarrow M_{9,8,top} = -190, M_{9,8,bottom} = 70$$

$$M_{9,8,top} = -190 \rightarrow \mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{bd^2 f_{cd}} = \frac{190}{0.3 \cdot 0.535^2 \cdot 14.16 \cdot 10^3} = 0.156$$

$$\omega_{top} = 0.973 \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2\mu_{sd}}{0.973}} \right) = 0.171$$

$$A_{s,top} = \omega_{top} b d \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0.171 \cdot 0.3 \cdot 0.535 \cdot \frac{14.16}{434.78} = 0.171 \cdot 0.3 \cdot 0.535 \cdot \frac{14.16}{434.78} = 894 mm^2$$

Άρα τοποθετούνται:

$$A_{\tau} = 3\Phi 20 = 942 mm^2$$

$$M_{9,8,bottom} = 70 \rightarrow \mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_{eff} d^2 f_{cd}} = \frac{70}{0.3 \cdot 0.535^2 \cdot 14.16 \cdot 10^3} = 0.057$$

$$\omega_{bottom} = 0.973 \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2\mu_{sd}}{0.973}} \right) = 0.058$$

$$A_{s,bottom} = \omega_{bottom} b d \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0.058 \cdot 0.3 \cdot 0.535 \cdot \frac{14.16}{434.78} = 303 mm^2$$

Άρα τοποθετούνται:

$$A_{\tau} = 2\Phi 20 = 628 mm^2$$

Άνοιγμα:

$$M_{9,8,mid} = 242 \rightarrow \mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_{eff} d^2 f_{cd}} = \frac{242}{0.84 \cdot 0.535^2 \cdot 14.16 \cdot 10^3} = 0.071$$

$$\omega_{mid} = 0.973 \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2\mu_{sd}}{0.973}} \right) = 0.074$$

$$A_{s,mid} = \omega_{mid} b_{eff} d \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0.074 \cdot 0.84 \cdot 0.535 \cdot \frac{14.16}{434.78} = 0.074 \cdot 0.84 \cdot 0.535 \cdot \frac{14.16}{434.78} = 1082 mm^2$$

Άρα τοποθετούνται:

$$A_{\tau} = 4\Phi 20 = 1256 mm^2$$

Άρα τελικά οι διαμήκεις οπλισμοί των δοκών του 1ου ορόφου, όπως προέκυψαν από τους άνωθεν υπολογισμούς, φαίνονται συγκεντρωτικά στον επόμενο πίνακα.

Θέση	Κόμβος 7	Άνοιγμα 78	Κόμβος 8	Άνοιγμα 89	Κόμβος 9
Πάνω	3Φ20	—	4Φ20	—	3Φ20
Κάτω	2Φ20	4Φ20	2Φ20	4Φ20	2Φ20

Πίνακας 2.1: Διαμήκεις οπλισμοί δοκών 1ου ορόφου

2.2 Διαστασιολόγηση κατακόρυφων οπλισμών των υποστυλωμάτων του 1ου ορόφου σύμφωνα με τον ικανοτικό σχεδιασμό σε κάμψη

Βιβλιογραφία

- Μπισκίνης Διονύσης. *Αντισεισμικός Σχεδιασμός Κατασκευών Οπλισμένου Σκυροδέματος*. Πάτρα, Ελλάδα: Ψηφιακό αρχείο σημειώσεων, 2021.
- Φαρδής Μιχαήλ. *Μαθήματα οπλισμένου σκυροδέματος Μέρος III*. Πάτρα, Ελλάδα: Τμήμα Εκτυπώσεων Τυπογραφείου Πανεπιστημίου Πατρών, 2018.

