

9.1.1 Πεδίο Εφαρμογής

Βλ. πρόσθετες απαιτήσεις στην παρ. 18.2.

9.1.3.2 Γραμμική ανάλυση με περιορισμένη ανακατανομή

Στην περίπτωση των πλακών (πλην των περιπτώσεων πλακών χωρίς δοκούς), οι συνθήκες πλαστιμότητας που δίνονται για δοκούς (παρ. 8.2.2.2) βρίσκονται προς την πλευρά της ασφαλείας.

9.1 ΠΛΑΚΕΣ

9.1.1 Πεδίο Εφαρμογής

Το άρθρο αυτό ισχύει για συμπαγείς πλάκες υποβαλλόμενες σε κάμψη ενδεχομένως δε και σε ορθές αξονικές δυνάμεις που δρουν παράλληλα προς το μέσο επίπεδο της πλάκας. Ισχύει επίσης για πλάκες με μη ομοιόμορφο πάχος (π.χ. πλάκες με νευρώσεις, πλάκες με σώματα πλήρωσης, πλάκες μεταβλητού πάχους κ.α.) υπό την προϋπόθεση ότι η συμπεριφορά τους έναντι των φορτίσεων μπορεί με ικανοποιητική προσέγγιση να εξομοιωθεί με την συμπεριφορά ισοδύναμης πλάκας συμπαγούς διατομής.

9.1.2 Μέθοδοι ανάλυσης

Τα εντατικά μεγέθη μπορούν να καθορισθούν με μεθόδους που έχουν ως βάση:

- α) την ελαστική ανάλυση και
- β) την πλαστική ανάλυση, η οποία μπορεί να χρησιμοποιείται μόνο για μετέλεγχο υφιστάμενης κατασκευής.

9.1.3 Ελαστική ανάλυση

Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην θεωρία ελαστικότητας κατά την οποία υποτίθεται γραμμική σχέση μεταξύ τάσεων και παραμορφώσεων (νόμος Hooke):

9.1.3.1 Γραμμική ανάλυση

Η γραμμική ανάλυση μπορεί να γίνει με βάση τις ονομαστικές διατομές και με τιμή του λόγου του Poisson μεταξύ 0.00 και 0.20.

Τα αποτελέσματα της γραμμικής ανάλυσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τους ελέγχους και έναντι οριακών καταστάσεων αστοχίας και έναντι των οριακών καταστάσεων λειτουργικότητας.

9.1.3.2 Γραμμική ανάλυση με περιορισμένη ανακατανομή

Η γραμμική ανάλυση με περιορισμένη ανακατανομή μπορεί να εφαρμοσθεί για τις ίδιες συνθήκες πλαστιμότητας και ανακατανομής όπως και στους γραμμικούς φορείς.

Στις συνεχείς πλάκες με γραμμικές στηρίξεις, οι ροπές στήριξης που προκύπτουν από γραμμική ανάλυση μπορούν να μειωθούν ή να αυξηθούν μέχρι 15%, χωρίς έλεγχο, με την προϋπόθεση ότι θα διορθωθούν και οι αντίστοιχες ροπές των ανοιγμάτων, ώστε να ικανοποιούνται οι συνθήκες ισορροπίας.

9.1.4 Πλαστική ανάλυση

Με στατικές μεθόδους (π.χ. με την μέθοδο των λωρίδων) προσδιορίζεται μία κατανομή ροπών που ικανοποιεί τις συνθήκες ισορροπίας. Μια από τις δυνατές λύσεις είναι και εκείνη κατά την οποία η κατανομή των ροπών προκύπτει από γραμμική ανάλυση.

Με κινηματικές μεθόδους (π.χ. μεθόδους γραμμών διαρροής) εξετάζονται διάφοροι δυνατοί μηχανισμοί διαρροής.

Κατά την εφαρμογή της πλαστικής ανάλυσης επιτρέπεται υπέρβαση της οριακής τιμής $\varepsilon_s = 0.02$ της ανηγμένης παραμόρφωσης για τον χάλυβα των οπλισμών της πλάκας (Κεφ. 10).

Στην πράξη δεν είναι απαραίτητη η εφαρμογή γραμμικής ανάλυσης για να ελεγχθεί η συνθήκη αυτή. Αρκεί μία προσεγγιστική εκτίμηση της κατανομής των ελαστικών ροπών.

9.1.5 Γενικές διατάξεις για την ανάλυση πλακών που στηρίζονται σε δοκούς ή φέροντες τοίχους

9.1.4 Πλαστική ανάλυση

Γενικώς η πλαστική ανάλυση (παρ. 9.1.2) εφαρμόζεται για τις οριακές καταστάσεις αστοχίας έναντι εξωτερικών φορτίων (άμεσων δράσεων) και μπορεί να γίνει με βάση τις στατικές ή κινηματικές μεθόδους. Για να επιτρέπεται η εφαρμογή της μεθόδου πρέπει να ικανοποιούνται οι παρακάτω συνθήκες:

- 1) Ο εφελκόμενος οπλισμός σε κάθε σημείο και προς κάθε κατεύθυνση δεν πρέπει να υπερβαίνει το μισό εκείνου που αντιστοιχεί σε διατομή για την οποία η οριακή κατάσταση αστοχίας σε κάμψη χαρακτηρίζεται από τις παρακάτω παραμορφώσεις (Σχήμα 10.1):

$$\varepsilon_s = \varepsilon_{yd} \text{ και } \varepsilon_c = 0.0035 \dots\dots\dots (9.1)$$

- 2α) Εάν εφαρμόζεται στατική μέθοδος, πρέπει η κατανομή ροπών που εκλέγεται να μην διαφέρει σημαντικά από μία ελαστική κατανομή ροπών ο λόγος των χρησιμοποιούμενων ροπών στήριξης προς τις τιμές τους, οι οποίες θα προέκυπταν από μία ελαστική ανάλυση πρέπει να κείται μεταξύ:

0.50 και 1.25 για χάλυβες θερμής έλασης,
 0.75 και 1.25 για χάλυβες ψυχρής κατεργασίας,
 0.85 και 1.15 για δομικά πλέγματα και τένοντες με συνάφεια.

- 2β) Εάν εφαρμόζεται κινηματική μέθοδος, πρέπει ο λόγος των ροπών στήριξης προς τις ροπές ανοίγματος να κείται μεταξύ:

0.50 και 2.00 για χάλυβες θερμής έλασης,
 0.75 και 1.33 για χάλυβες ψυχρής κατεργασίας,
 0.85 και 1.15 για δομικά πλέγματα και τένοντες με συνάφεια.

9.1.5 Γενικές διατάξεις για την ανάλυση πλακών που στηρίζονται σε δοκούς ή φέροντες τοίχους

Η ανάλυση πλακών που στηρίζονται συνεχώς κατά μήκος της περιμέτρου των σε δοκούς ή φέροντες τοίχους (από τοιχοποιία), μπορεί να βασισθεί στην παραδοχή ελεύθερα στρεπτών αλλά ανυποχώρητων στηριγμάτων. Πλάκες που στηρίζονται σε σιδηροδοκούς ή προκατασκευασμένες δοκούς από οπλισμένο σκυρόδεμα θεωρούνται ως συνεχείς μόνον αν η επάνω επιφάνεια της πλάκας βρίσκεται τουλάχιστον 40mm πάνω από το επάνω πέγμα των δοκών και ο οπλισμός της πλάκας συνεχίζεται πάνω από τη δοκό στο επόμενο άνοιγμα (προς κάλυψη των ροπών στήριξης).

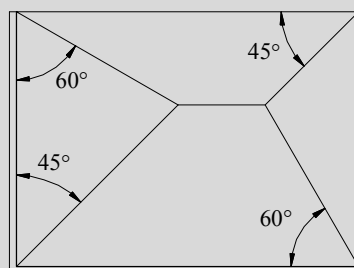
Στις στηρίξεις συνεχών πλακών η ροπή υπολογισμού αναφέρεται στον άξονα της στήριξης για έδραση σε φέροντα τοίχο ή στις παρειές της στήριξης για μονολιθική σύνδεση με το στήριγμα.

Για τον υπολογισμό των εντατικών μεγεθών πλακών, οποιασδήποτε μορφής και

Επαρκής εξασφάλιση έναντι ανύψωσης των γωνιών μπορεί να γίνει δεκτή, όταν μία τουλάχιστον από τις συντρέχουσες στη γωνία πλευρές της πλάκας, είναι μονολιθικά συνδεδεμένη με το υποστήριγμα ή με τη γειτονική πλάκα, ή υπάρχει επαρκής επιφόρτιση.

Εφόσον σε μία γωνία συναντώνται δύο πλευρές ομοειδούς στήριξης, η γωνία μερισμού είναι 45° .

Εφόσον συναντώνται πλήρως πακτωμένη με ελεύθερα εδραζόμενη πλευρά, η γωνία μερισμού προς την πλευρά της πάκτωσης είναι 60° .



Σχήμα Σ 9.1: Κατανομή του φορτίου τετραέρειστων πλακών για τον υπολογισμό των αντιδράσεων των στηρίξεων

Για μερική πάκτωση λαμβάνονται γωνίες μεταξύ 45° και 60° .

είδους στήριξης, ισχύουν γενικά οι βάσεις υπολογισμού των εντατικών μεγεθών.

Προσεγγιστικές μέθοδοι επιτρέπονται όταν βρίσκονται προς την πλευρά της ασφαλείας.

Για ορθογωνικές τετραέρειστες πλάκες επιτρέπεται να εκτελείται υπολογισμός κατά προσέγγιση, με την παραδοχή διασταυρούμενων λωρίδων πλάκας με κοινό μέγιστο βέλος κάμψης. Οι υπολογιζόμενες ροπές ανοίγματος σύμφωνα με τις παραπάνω παραδοχές, πρέπει να αυξάνονται κατάλληλα όταν:

- α) οι γωνίες δεν εξασφαλίζονται έναντι ανύψωσης,
- β) δεν διατάσσεται οπλισμός συστροφής σε γωνίες όπου συναντώνται δύο πλευρές στήριξης ελεύθερα στρεπτές,
- γ) υπάρχουν οπές στις γωνίες, οι οποίες επηρεάζουν σημαντικά τη δυστροψία.

Συνεχείς τετραέρειστες πλάκες με λόγο θεωρητικών ανοιγμάτων $\min 3 / \max 3$ κατά μια διεύθυνση συνέχειας όχι μικρότερο από 0.75 επιτρέπεται για τον υπολογισμό των ροπών στήριξης να θεωρούνται ως πλήρως πακτωμένες στις στηρίξεις. Οι μέγιστες και οι ελάχιστες ροπές ανοίγματος επιτρέπεται να υπολογίζονται με τη θεώρηση πλήρους πάκτωσης για την καθολική φόρτιση ρ (όλων των ανοιγμάτων).

$$p = 1.35g - 1.50q / 2 \dots\dots\dots (9.2)$$

και ελεύθερα στρεπτής έδρασης στις στηρίξεις για φόρτιση ρ με διάταξη ζατρικίου

$$p = 1.50g - 1.50q / 2 \dots\dots\dots (9.3)$$

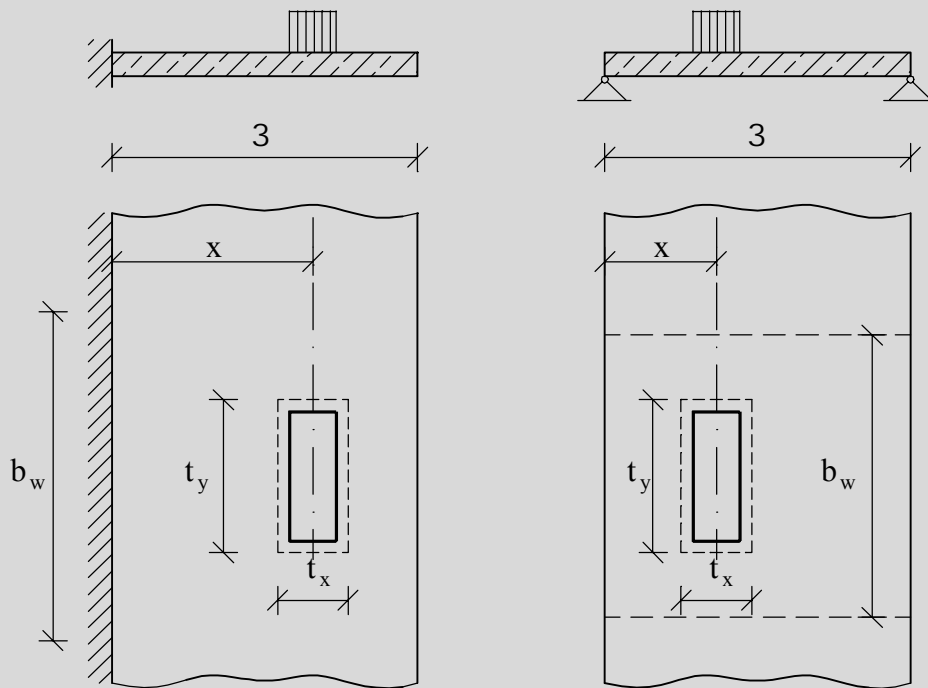
όπου g , q το μόνιμο και το κινητό φορτίο της πλάκας, αντίστοιχα.

Οι αντιδράσεις τετραέρειστων ομοιόμορφα φορτισμένων πλακών, οι οποίες χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των δράσεων του σχεδιασμού των δοκών, επιτρέπεται να υπολογίζονται από τις επιφάνειες φόρτισης που προκύπτουν από γεωμετρικό μερισμό της επιφάνειας της κάτοψης.

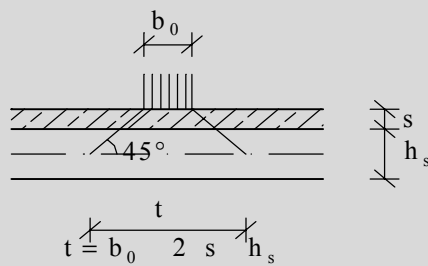
Π.χ. οι στηρίξεις στις μικρές πλευρές τετραέρειστων πλακών με λόγο πλευρών >2.

9.1.6 Διανομή σημειακών, γραμμικών ή τμηματικώς κατανεμημένων φορτίων σε αμφιέριστες πλάκες

Για φορτία αυτού του τύπου είναι απαραίτητος και έλεγχος της πλάκας σε διάτρηση.



Σχήμα Σ 9.2: Υπολογιστικό πλάτος διανομής φορτίου



Σχήμα Σ 9.3: Πλάτος εισαγωγής φορτίου

Στηρίξεις που δεν ελήφθησαν υπόψη στον υπολογισμό της πλάκας πρέπει να συμμετέχουν στη διανομή των φορτίων της πλάκας.

9.1.6 Διανομή σημειακών, γραμμικών ή τμηματικώς κατανεμημένων φορτίων σε αμφιέρειστες πλάκες

Εφόσον δεν γίνεται ακριβέστερη ανάλυση, επιτρέπεται για φορτία σημειακά, γραμμικά ή ομοιομόρφως κατανεμημένα σε ορθογωνική επιφάνεια της πλάκας, να καθορίζεται υπολογιστικό πλάτος διανομής του φορτίου b_m , εγκάρσιως προς την διεύθυνση του κυρίου σπλισμού. Το πλάτος t της εισαγωγής του φορτίου (στο μέσο επίπεδο της πλάκας) ισούται με την αντίστοιχη διάσταση της επιφάνειας εφαρμογής του φορτίου αυξημένη κατά το διπλάσιο του πάχους της επικάλυψης της πλάκας (s) και κατά το πάχος της πλάκας.

Μετά την αναγωγή του σε ορθογωνική επιφάνεια t_x t_y στο μέσο επίπεδο της πλάκας, το φορτίο μπορεί να θεωρηθεί ότι αναλαμβάνεται κατά την κύρια διεύθυνση σπλισμού από λωρίδα πλάτους b_m . Μέσα στην λωρίδα αυτή θεωρείται ότι δρα σταθερή ροπή κάμψης m ανά μέτρο πλάτους, καθώς και σταθερή τέμνουσα δύναμη v ανά μέτρο πλάτους.

Τα μεγέθη m και v υπολογίζονται από τους τύπους:

$$m = \frac{M}{b_m} \dots\dots\dots (9.4)$$

$$v = \frac{V}{b_m} \dots\dots\dots (9.5)$$

όπου:

- m ροπή ανοίγματος, m_f , ή ροπή στήριξης, m_s (ανά μέτρο πλάτους),
- v τέμνουσα δύναμη στη στήριξη (ανά μέτρο πλάτους),
- M μέγιστη ροπή της πλάκας (ανάλογα με το στατικό σύστημα, από τον Πιν. Σ9.1), η οποία φορτίζεται από το συνολικό φορτίο ομοιομόρφως κατανεμημένο επί μήκους t_x ,
- V τέμνουσα δύναμη της πλάκας στη στήριξη.

Ο πρόσθετος σπλισμός που προκύπτει από τα παραπάνω εντατικά μεγέθη τοποθετείται στην πλάκα σύμφωνα με την παρ. 18.1.5.1.

Πίνακας Σ 9.1: Υπολογιστικό πλάτος διανομής φορτίου

	1	2	3		
	Στατική σύσφιξη Εντατική μεγέθη	Υπολογιστικό πλάτος διανομής φορτίου	Όριος χύος		
1		$b_m = t_y \cdot 2.50 x (1 - \frac{x}{3})$	0 x 1	$t_y \cdot 0.80 \cdot 3$	$t_x \cdot 3$
2		$b_m = t_y \cdot 0.50 x$	0 x 1	$t_y \cdot 0.80 \cdot 3$	$t_x \cdot 3$
3		$b_m = t_y \cdot 1.50 x (1 - \frac{x}{3})$	0 x 1	$t_y \cdot 0.80 \cdot 3$	$t_x \cdot 3$
4		$b_m = t_y \cdot 0.50 x (2 - \frac{x}{3})$	0 x 1	$t_y \cdot 0.80 \cdot 3$	$t_x \cdot 3$
5		$b_m = t_y \cdot 0.30 x$	0.21 x 1	$t_y \cdot 0.40 \cdot 3$	$t_x \cdot 0.20 \cdot 3$
6		$b_m = t_y \cdot 0.40 (3 - x)$	0 x 0.81	$t_y \cdot 0.40 \cdot 3$	$t_x \cdot 0.20 \cdot 3$
7		$b_m = t_y \cdot x (1 - \frac{x}{3})$	0 x 3	$t_y \cdot 0.80 \cdot 3$	$t_x \cdot 3$
8		$b_m = t_y \cdot 0.50 x (2 - \frac{x}{3})$	0 x 3	$t_y \cdot 0.40 \cdot 3$	$t_x \cdot 3$
9		$b_m = t_y \cdot 0.30 x$	0.21 x 3	$t_y \cdot 0.40 \cdot 3$	$t_x \cdot 0.20 \cdot 3$
10		$b_m = t_y \cdot 1.50 x$	0 x 3_k	$t_y \cdot 0.80 \cdot 3_k$	$t_x \cdot 3_k$
11		$b_m = t_y \cdot 0.30 x$	0.23_k x 3_k	$t_y \cdot 0.40 \cdot 3_k$	$t_x \cdot 0.20 \cdot 3_k$

Στον Πίνακα Σ9.1, x είναι η απόσταση του κέντρου βάρους του φορτίου από τη στήριξη.

9.1.7 Ανάλυση πλακών χωρίς δοκούς

Για άλλες περιπτώσεις διάταξης των υποστυλωμάτων απαιτείται η εφαρμογή ακριβέστερων μεθόδων υπολογισμού.

Τα οριζόντια φορτία πρέπει κατά κανόνα να αναλαμβάνονται από κατακόρυφα στοιχεία μεγάλης δυσκαμψίας (τοιχώματα ή και πλαίσια δοκών - στύλων), τα οποία θα είναι κατάλληλα διατεταγμένα στην κάτοψη. Στην περίπτωση κατά την οποία μέρος των οριζοντίων φορτίων αναλαμβάνεται από το σύστημα πλακών - στύλων, θα διεξάγεται ειδικός έλεγχος (π.χ. με τη μέθοδο των ισοδύναμων πλαισίων), ο οποίος θα αποδεικνύει ότι η καταπόνηση λαμβανομένης υπόψη και της διάτρησης

9.1.7 Ανάλυση πλακών χωρίς δοκούς

Η ανάλυση πλακών που στηρίζονται απευθείας και μονολιθικώς σε υποστυλώματα, με περίπου ορθογωνική διάταξη σε κάτοψη, μπορεί να γίνει με την μέθοδο των ισοδύναμων πλαισίων. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται κυρίως για κατακόρυφα φορτία.

Στην περίπτωση κατά την οποία η μέθοδος εφαρμόζεται και για οριζόντια φορτία, θα λαμβάνεται το πλάτος συνεργασίας της δοκού z_x από την σχέση

$$z_x = b_0 \cdot 2 \cdot h_s$$

είναι ανεκτή, οι παραμορφώσεις διατηρούνται κάτω από τα ανεκτά όρια και ότι η πλαστιμότητα του συστήματος δεν μειώνεται.

9.1.7.1 Κατά πλάτος κατανομή των ροπών ανοίγματος και στήριξης της πλάκας

Στο Σχήμα 9.1 δείχνεται επίσης και η κατά πλάτος κατανομή των ροπών ανοίγματος και στήριξης.

Στην περίπτωση κατά την οποία η λωρίδα στήριξης φατνώματος περιλαμβάνει δοκό, η δοκός αυτή θα θεωρείται ότι παραλαμβάνει ποσοστό 85% της ροπής της λωρίδας στήριξης εφόσον ισχύει η σχέση:

$$\frac{3'_x}{3_y} \frac{I_b}{I_s} \geq 1 \dots\dots\dots (\Sigma 9.1)$$

I_b και I_s είναι οι ροπές αδρανείας της δοκού και της πλάκας αντίστοιχα (σε πλάτος $3'_x$). Αν ισχύει η σχέση:

$$\frac{3'_x}{3_y} \frac{I_b}{I_s} \geq 1 \dots\dots\dots (\Sigma 9.2)$$

η ροπή που αναλαμβάνεται από τη δοκό θα υπολογίζεται με γραμμική παρεμβολή μεταξύ των ποσοστών 85% και 0%. Η πλάκα της λωρίδας στήριξης θα υπολογίζεται για το τμήμα της ροπής, το οποίο δεν αναλαμβάνεται από την παραπάνω δοκό.

όπου

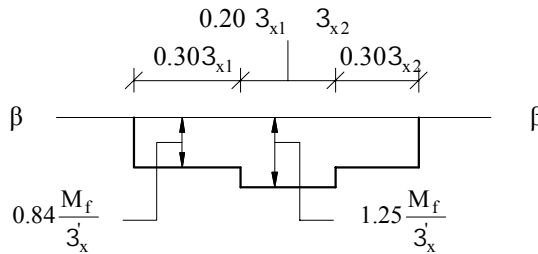
- b_0 το πλάτος υποστύλματος στην εξεταζόμενη διεύθυνση και
- h_s πάχος της πλάκας.

Σε αυτήν την περίπτωση δεν χρειάζεται κατά την ανάλυση του φορέα περαιτέρω μείωση της δυσκαμψίας λόγω ρηγματώσης (βλ. παρ. 8.2.1).

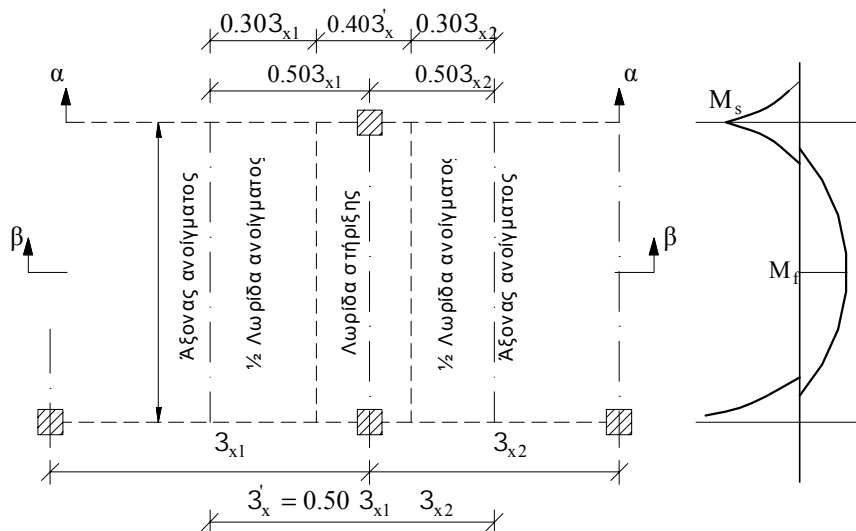
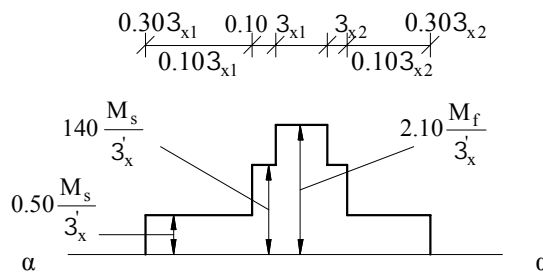
9.1.7.1 Κατά πλάτος κατανομή των ροπών ανοίγματος και στήριξης της πλάκας

Για την κατανομή των εντατικών μεγεθών, κάθε φάτνωμα της πλάκας θα πρέπει να χωρίζεται (κατά τις δύο διευθύνσεις) σε μία εσωτερική λωρίδα πλάτους 0.6λ , την «λωρίδα ανοίγματος» και σε δύο εξωτερικές λωρίδες, «λωρίδες στήριξης», εκάστη πλάτους 0.2λ (Σχήμα 9.1).

Κατ' εἰκόνα πῶς φαίνεται



Κατ' εἰκόνα πῶς ῥιξίη



Σχήμα 9.1: Κατά πλάτος κατανομή των μέσων ροπών κατά y

9.2.1 Μέθοδοι ανάλυσης

Όταν οι δυνάμεις που ενεργούν στο μέσο επίπεδο δημιουργούν θλίψη και όταν οι λόγοι ανοίγματος προς πάχος και ύψους προς πάχος είναι μεγάλοι, ενδέχεται να χρειάζεται να ληφθούν υπόψη και τα φαινόμενα δευτέρας τάξεως, τα οποία προκαλούνται από παραμορφώσεις του μέσου επιπέδου.

9.2.3 Πλαστική ανάλυση

Γενικώς, μέσω των στατικών μεθόδων προσδιορίζεται η κατανομή των εσωτερικών δυνάμεων έτσι ώστε να ικανοποιείται η συνθήκη ισορροπίας (μία από τις αποδεκτές κατανομές είναι και αυτή που προκύπτει από γραμμική ανάλυση). Για τον σκοπό αυτό, μπορούν να χρησιμοποιηθούν απλές κατανομές με την θεώρηση ότι ο φορέας είναι ένα στατικό σύστημα που αποτελείται από θλιβόμενα μέλη (διαγώνιοι ή τόξα σκυροδέματος) και εφελκυσόμενα μέλη (ελκυστήρες αποτελούμενοι από τον χάλυβα των οπλισμών).

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στην θέση των σημείων εφαρμογής του φορτίου σε σχέση με τις στηρίξεις, όπου ίσως να είναι απαραίτητος και οπλισμός ανάρτησης.

9.2 ΔΙΣΚΟΙ

9.2.1 Μέθοδοι ανάλυσης

Οι δυνάμεις που ενεργούν στο μέσο επίπεδο ενός δίσκου μπορούν να προσδιοριστούν με βάση:

- ελαστική ανάλυση
- πλαστική ανάλυση
- μέθοδο θλιπτήρων – ελκυστήρων.

9.2.2 Ελαστική ανάλυση

Η ελαστική ανάλυση βασίζεται σε γραμμική σχέση τάσεων - παραμορφώσεων (νόμος Hooke). Ελαστική ανάλυση μπορεί να γίνει με βάση τις ονομαστικές διατομές και με τιμή του λόγου του Poisson μεταξύ 0.00 και 0.20.

Τα αποτελέσματα ελαστικής ανάλυσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ελέγχους και έναντι οριακών καταστάσεων λειτουργικότητας και έναντι οριακών καταστάσεων αστοχίας.

9.2.3 Πλαστική ανάλυση

Η πλαστική ανάλυση μπορεί να βασισθεί μόνον σε στατικές μεθόδους.

Η πλαστική ανάλυση μπορεί καταρχήν να χρησιμοποιηθεί μόνο για έλεγχο οριακών καταστάσεων αστοχίας.

Παρόλα αυτά, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για έλεγχο οριακών καταστάσεων λειτουργικότητας, εάν οι διαφορές μεταξύ της κατανομής της έντασης που προκύπτει από την πλαστική ανάλυση και της κατανομής της έντασης που προκύπτει από γραμμική ανάλυση είναι αποδεκτές για την υπόψη οριακή κατάσταση λειτουργικότητας.

