

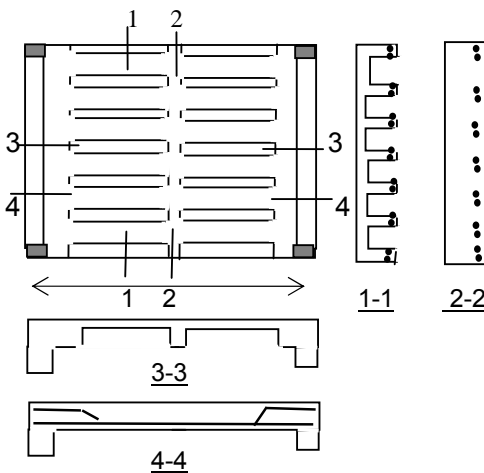
ΔΟΚΙΔΩΤΕΣ ΠΛΑΚΕΣ

1. ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΔΟΚΙΔΩΤΩΝ ΠΛΑΚΩΝ

1.1 Περιγραφή Δοκιδωτών Πλακών

Δοκιδωτές πλάκες, γνωστές και ως πλάκες με νευρώσεις, (σε αντιδιαστολή με τις συνήθεις πλάκες οι οποίες δηλώνονται ως ολόσωμες ή συμπαγείς) είναι οι πλάκες οι οποίες διαμορφώνονται όπως φαίνεται στο Σχ. 1 για λόγους που επεξηγούνται στο κεφ. 1.3.

Πλεονεκτούν σε σύγκριση με τις ολόσωμες ως προς το **σημαντικά μειωμένο ίδιο βάρος** τους (βλ. Κεφ. 1.3).



Σχ. 1 Κάτοψη και τομές δοκιδωτής πλάκας

1.2 Περιοχή Εφαρμογής

Οι **δοκιδωτές πλάκες εφαρμόζονται** όταν:

- ❖ **το απαιτούμενο πάχος h των πλακών προκύπτει μεγάλο, είτε για λόγους λειτουργικότητας είτε για λόγους αντοχής.**

Για λόγους λειτουργικότητας, μεγάλο προκύπτει το πάχος όταν:

- **είναι μεγάλο το άνοιγμά τους.**

Παράδειγμα: Για άνοιγμα αμφιέριστης πλάκας $l = 8,5$ m το απαιτούμενο πάχος για περιορισμό των βελών σε κατάσταση λειτουργίας

προκύπτει:

$$d \geq l_0/30 = 8,5/30 = 0,28 \text{ m} \Rightarrow h = 0,30 \text{ m}$$

Το ίδιο βάρος της πλάκας προκύπτει $g_k = 25 \cdot 0,7 = 7,5 \text{ kN/m}^2$ και είναι αντισυμβαλλόμενη η ανάληψη των ωφέλιμων φορτίων q_k (της τάξεως του $2,0 \text{ kN/m}^2$, για κατοικία) τα οποία θα αποτελούν πολύ μικρό ποσοστό του συνολικού φορτίου.

Για λόγους αντοχής το απαιτούμενο πάχος προκύπτει μεγάλο όταν είναι μεγάλη η ροπή σχεδιασμού M_{sd} .

Η M_{sd} είναι μεγάλη όταν:

- **είτε το άνοιγμα των πλακών είναι μεγάλο,**
- **είτε τα φορτία των πλακών είναι μεγάλα**

Η τάξη μεγέθους του φορτίου σχεδιασμού ρ_d για τις συνήθεις ολόσωμες πλάκες είναι:

$$\rho_d = 1,35 (g_k + g_k') + 1,5q_k = 1,35(25 \cdot 0,20 + 1,0) + 1,50 \cdot (2,0 + 5,0) = 10 \div 18 \text{ kN/m}^2.$$

Η αντίστοιχη τάξη μεγέθους της ροπής σχεδιασμού M_{sd} είναι:

$$M_{sd} = \rho_d \cdot l^2/8 = (10 \div 18) \cdot (4 \div 6)^2/8 = 25 \div 70 \text{ kNm}.$$

- ❖ Τα Μειονεκτήματα της Εναλλακτικής Λύσης της Υπερόπλισης των Πλακών

Για μείωση του πάχους τους οι πλάκες θα μπορούσαν να σχεδιαστούν υπεροπλισμένες. Αυξάνοντας τη δύναμη F_{s1} του εφελκόμενου χάλυβα θα μπορούσε να κρατηθεί μικρός ο μοχλοβραχίονας z , (αφού η καμπτική αντοχή τους είναι $M_{Rdu} = F_{s1} \cdot z$) και να κρατηθεί μικρό το πάχος τους h .

Επειδή οι πλάκες έχουν μεγάλο πλάτος δεν θα προέκυπτε ιδιαίτερα ψαθυρή συμπεριφορά (την οποία εμφανίζουν, εν γένει, δοκοί και υποστυλώματα αν υπεροπλιστούν).

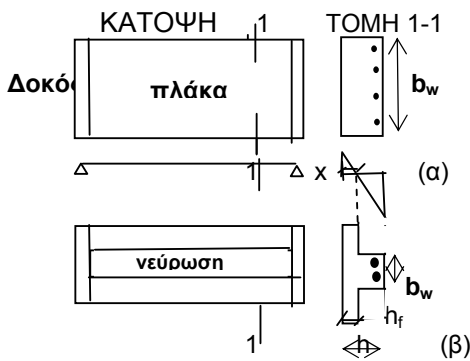
Η λύση αυτή, όμως, μολονότι θα ικανοποιούσε

τις απαιτήσεις σε κατάσταση αστοχίας δεν θα ανταποκρινόταν στις απαιτήσεις σε κατάσταση λειτουργικότητας για μικρό βέλος, καθώς αυτό θα είναι μεγάλο, λόγω της μεγάλης δρώσας ροπής, ενώ η δυσκαμψία τους (ανάλογη του h^3) θα ήταν μικρή.

1.3 Διαφοροποιήσεις Δοκιδωτών και Ολόσωμων Πλακών

➤ Αφαίρεση του Σκυροδέματος της Εφελκυσμένης Ζώνης

Στο Σχ. 2 φαίνεται η κάτοψη λωρίδας αμφιέριστης πλάκας, π.χ. πλάτους 1 m, η εγκάρσια διατομή της και το διάγραμμα παραμορφώσεων καθ' ύψος της (α) για ολόσωμη διαμόρφωση της πλάκας και (β) για δοκιδωτή διαμόρφωση.



Σχ. 2 Κάτοψη και εγκάρσια διατομή λωρίδας πλάκας (α) ολόσωμης και (β) δοκιδωτής

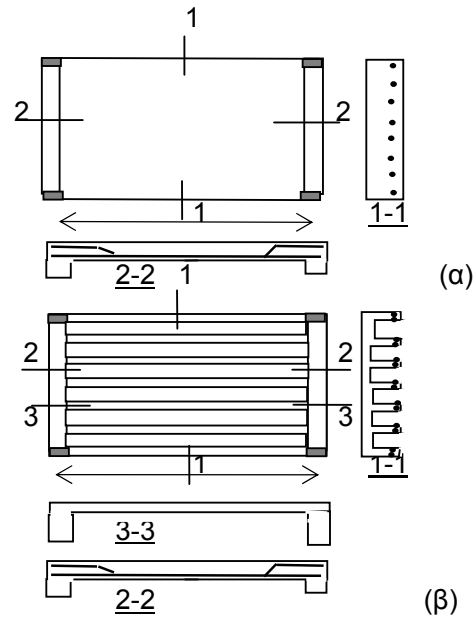
Στην δοκιδωτή πλάκα κρατείται το πάχος της ίσο, περίπου, με το πάχος της θλιβόμενης ζώνης της αντίστοιχης ολόσωμης, της τάξεως των 7 έως 10 cm, και **αφαιρείται το σκυρόδεμα κάτω από τον ουδέτερο άξονα, το οποίο δεν εντείνεται** (δεν συμβάλλει στην ανάπτυξη της καμπτικής ικανότητας της πλάκας).

Κατ' αυτόν τον τρόπο μειώνεται σημαντικά το ίδιο βάρος της πλάκας.

➤ Συγκέντρωση του Οπλισμού κατά Θέσεις- Διαμόρφωση Νευρώσεων

Ο εφελκυσμένος οπλισμός, αντί να είναι

μικρής διαμέτρου και να ισομοιράζεται σ' όλο το πλάτος της, όπως φαίνεται στο Σχ. 3(α), είναι μεγαλύτερης διαμέτρου ώστε να προκύπτουν λιγότερες ράβδοι οι οποίες **συγκεντρώνονται κατά θέσεις στις οποίες κρατείται όλο το πάχος της πλάκας**, όπως φαίνεται στο Σχ. 3(β), ώστε να μην μειωθεί ο μοχλοβραχίονας των εσωτερικών δυνάμεων z . Κατ' αυτόν τον τρόπο, σχηματίζονται **δοκίδες ή νευρώσεις κατά τη διεύθυνση του ανοίγματος της πλάκας** οι οποίες, επιπρόσθετα, αυξάνουν τη δυσκαμψία της πλάκας.



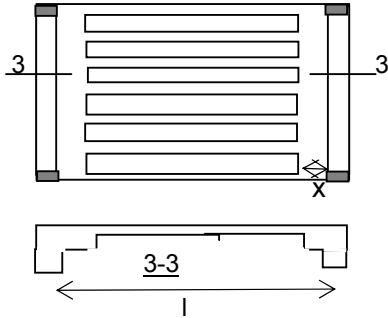
Σχ. 3 Κάτοψη και τομές κατά μήκος και κατά πλάτος πλάκας (α) ολόσωμης και (β) δοκιδωτής (χωρίς την εξασφάλιση της διατμητικής αντοχής της)

➤ Εξασφάλιση Διατμητικής Αντοχής της Πλάκας- Συμπαγείς Ζώνες κοντά στις Στηρίξεις

Οι συνήθεις πλάκες δεν έχουν πρόβλημα διατμητικής αντοχής, καθώς η μεν δρώσα τέμνουσα V_{sd} είναι μικρή (γιατί λόγω του μικρού z είναι μικρή η ροπή M_{sd} και, άρα, και το φορτίο που μπορούν να αναλάβουν), η δε διατμητική αντοχή τους είναι μεγάλη, λόγω του μεγάλου πλάτους τους b_w .

Στις δοκιδωτές, όμως, λόγω της δραστηκής μείωσης του πλάτους τους b_w , όπως φαίνεται στο Σχ. 3(β), μειώνεται η διατμητική αντοχή τους.

Γι' αυτό στις θέσεις κοντά στις στηρίξεις στις οποίες είναι μεγάλη η δρώσα τέμνουσα V_{sd} , δεν αφαιρείται το σκυρόδεμα, η πλάκα παραμένει, όπως φαίνεται στο Σχ. 4, συμπαγής.

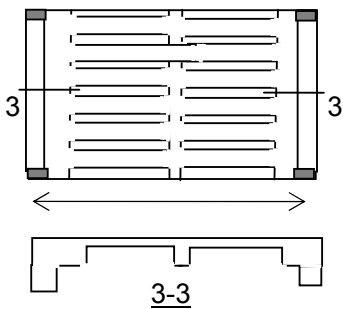


Σχ. 4 Διαμόρφωση συμπαγών ζωνών κοντά στις στηρίξεις της πλάκας

Το εύρος x της συμπαγούς ζώνης είναι περίπου $x=l/10$ (l το άνοιγμα της πλάκας) και προκύπτει από το σχεδιασμό (βλ. Κεφ.1.5).

➤ Εξασφάλιση Δυσκαμψίας και Συνεργασίας - Συμπαγείς Ζώνες στο Άνοιγμα

Στην περίπτωση διαμόρφωσης διαδοκίδων-νευρώσεων προς τη μία μόνο διεύθυνση (σε διέριστες πλάκες) για ενίσχυση της δυσκαμψίας της πλάκας και εξασφάλιση της μονολιθικότητάς της συμπαγής ζώνη εκτός από τις στηρίξεις διαμορφώνεται και στο άνοιγμα, όπως φαίνεται στο Σχ. 5.

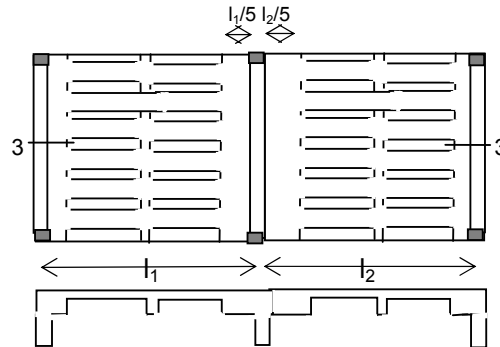


Σχ. 5 Διαμόρφωση συμπαγούς ζώνης στο άνοιγμα της πλάκας

➤ Ιδιαιτερότητες για Συνεχείς Πλάκες

Στην περίπτωση πλακών με ενδιάμεση στήριξη είναι προφανές ότι η πλάκα θα διαμορφωθεί, όπως φαίνεται στο Σχ. 6, συμπαγής σ' όλη την

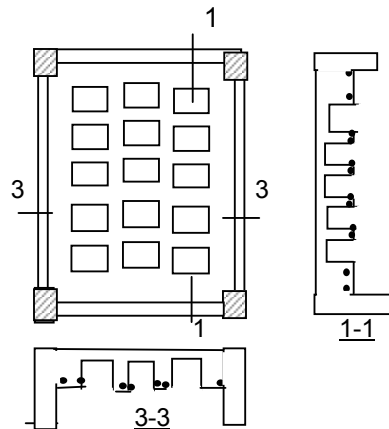
έκταση της αρνητικής ροπής, (περίπου 0,20l εκατέρωθεν της στήριξης), καθώς στο κάτω μέρος της πλάκας είναι η θλιβόμενη ζώνη και δεν μπορεί να αφαιρεθεί.



Σχ. 6 Διαμόρφωση συνεχών δοκιδωτών πλακών

➤ Διαμόρφωση Τετραέριστην Δοκιδωτών Πλακών

Στις τετραέριστες πλάκες διαμορφώνονται νευρώσεις και προς τις δύο κατευθύνσεις, όπως φαίνεται στο Σχ. 7.



Σχ. 7 Τετραέριστη δοκιδωτή πλάκα

Οι νευρώσεις διαμορφώνονται με τις ίδιες διαστάσεις και αποστάσεις και προς τις δύο διευθύνσεις.

2. ΠΡΟΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΟΚΙΔΩΤΩΝ ΠΛΑΚΩΝ

2.1 Προδιαστασιολόγηση

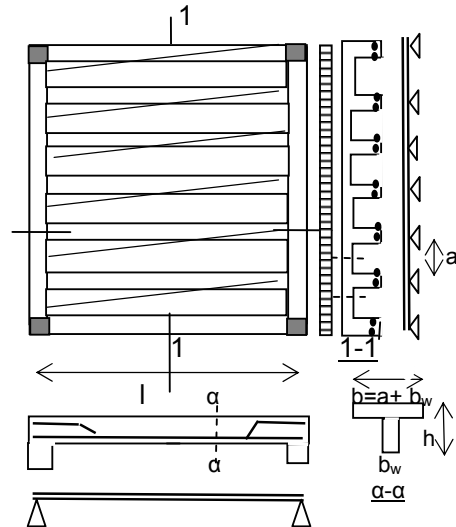
- Το **ύψος h των διαδοκίδων** (νευρώσεων) επιλέγεται περίπου ίδιο μ' αυτό που θα προέκυπτε αν σχεδιαζόταν η πλάκα ολόσωμη, της τάξεως των 30 cm.
- Το **πάχος h_f της άνω συμπαγούς ζώνης** επιλέγεται περίπου ίδιο με το βάθος της θλιβόμενης ζώνης χ της αντίστοιχης ολόσωμης πλάκας, της τάξεως του 0,07 έως 0,10 cm ($\chi=0,25d$ περίπου).
- Το **πλάτος των διαδοκίδων b_w** επιλέγεται τόσο ώστε να μπορούν να τοποθετηθούν τουλάχιστον δύο ράβδοι οπλισμού, της τάξεως των 10 cm.
- Η **απόσταση a μεταξύ διαδοχικών διαδοκίδων** δεν πρέπει να είναι πολύ μεγάλη για να μην μειωθεί πολύ η δυσκαμψία της πλάκας αλλά και για να επαρκεί το πάχος των 7 έως 10 cm του ολόσωμου τμήματος της πλάκας.
- Το **εύρος των συμπαγών ζωνών** στις στηρίξεις επιλέγεται ίσο με το 1/10 του ανοίγματος της πλάκας.
- Το **εύρος των συμπαγών ζωνών στο άνοιγμα** επιλέγεται ίδιο με το πλάτος των διαδοκίδων (καθώς τίθεται ο ίδιος οπλισμός μ' αυτές).
- Ο **αριθμός των συμπαγών ζωνών** είναι μία στο μέσον του ανοίγματος. Αν το άνοιγμα της πλάκας είναι ιδιαίτερα μεγάλο, π.χ. μεγαλύτερο από 8,0 m, διαμορφώνονται δύο συμπαγείς ζώνες στα τρίτα του ανοίγματος.

2.2 Σχεδιασμός Δοκιδωτών Πλακών

Για το σχεδιασμό αμελούνται οι συμπαγείς ζώνες στο άνοιγμα και τις στηρίξεις και επιλύεται ο ξυλότυπος που φαίνεται στο Σχ. 8.

➤ Στατικά Συστήματα

Το στατικό σύστημα μιας διέριστης δοκιδωτής πλάκας αποτελείται, όπως φαίνεται στο Σχ. 8, από:



Σχ. 8 Στατικά συστήματα για το σχεδιασμό

- Την **πλάκα της συμπαγούς άνω ζώνης** Στηρίζεται στις διαδοκίδες και το στατικό της σύστημα είναι συνεχής φορέας (άπειρων) ίσων ανοιγμάτων. Το φορτίο της είναι το φορτίο της πλάκας. Το πάχος της είναι ίσο με το πάχος h_f της συμπαγούς άνω ζώνης της πλάκας και το άνοιγμά της ίσο με την απόσταση a των διαδοχικών διαδοκίδων (νευρώσεων).
- Τις διαδοκίδες Στηρίζονται στις δοκούς και το στατικό τους σύστημα είναι αυτό της αντίστοιχης ολόσωμης πλάκας. Το φορτίο τους είναι το φορτίο της πλάκας από μέσον σε μέσον του φατνώματος. Τό ύψος τους είναι το πάχος h της πλάκας, το πλάτος του κορμού τους είναι b_w . Στο άνοιγμα λειτουργούν ως λεπτόκορμοι πλακοδοκοί.

➤ **Σχεδιασμός σε Κάμψη**

Πλάκες:

Ο οπλισμός προκύπτει πολύ μικρός και συνήθως τίθεται δομικό πλέγμα.

Διαδοκίδες (νευρώσεις):

Ο οπλισμός προκύπτει από τη σχέση των λεπτόκορμων δοκών: $A_s = M_{sd} / [(d - h_f / 2) \cdot f_{sd}]$. Διατάσσονται τουλάχιστον δύο ράβδοι.

Επειδή η διάμετρος του οπλισμού προκύπτει μεγαλύτερη από 8 mm απαιτείται προσοχή στην ορθή αγκύρωσή τους (βλ. οδηγίες θέματος 2)

➤ **Σχεδιασμός σε Διάτμηση**

Έλεγχος Επάρκειας Εύρους x Συμπαγούς Ζώνης στις Στήριξεις

Υπολογίζεται η διατμητική αντοχή V_{Rd2} και από την ανίσωση ασφαλείας:

$$V_{sd} \leq V_{Rd2} \Rightarrow \max V_{sd} = V_{Rd2}$$

προκύπτει η μέγιστη τιμή $\max V_{sd}$ της δρώσας τέμνουσας που μπορεί να φέρει η διαδοκίδα με πάχος κορμού b_w .

• Αν είναι:

$$V_{sd}^{\pi} < \max V_{sd} = V_{Rd2} = 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot 0,9d$$

όπου:

V_{sd}^{π} είναι η τέμνουσα στην παρειά της στήριξης που προκύπτει από τη στατική επίλυση της διαδοκίδας,

τότε το πλάτος b_w του κορμού της διαδοκίδας είναι επαρκές.

• Αν είναι:

$$V_{sd}^{\pi} > \max V_{sd} = V_{Rd2} = 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot 0,9d \quad (1)$$

τότε το πλάτος b_w του κορμού της διαδοκίδας δεν είναι επαρκές στην περιοχή της στήριξης.

Επαρκεί μόνον για τις θέσεις για τις οποίες ισχύει η ανίσωση ασφαλείας.

Η απόσταση x μετρούμενη από την παρειά της στήριξης μετά την οποία επαρκεί το b_w προκύπτει από την παρακάτω σχέση:

$$V_{sd}' = V_{sd}^{\pi} - \rho_d \cdot x < V_{Rd2} = 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot 0,9d \quad (2)$$

όπου:

V_{sd}' : είναι η τέμνουσα σε απόσταση x από την παρειά της στήριξης

Η συμπαγής ζώνη εκτείνεται στο τμήμα της νευρώσης μεταξύ της διατομής αυτής και της στήριξής της (στις κανονικές δοκούς).

Διατμητικός Οπλισμός

Ακολουθείται η διαδικασία των δοκών: Ελέγχεται σ' απόσταση d από την παρειά της δοκού κατά πόσον ισχύει:

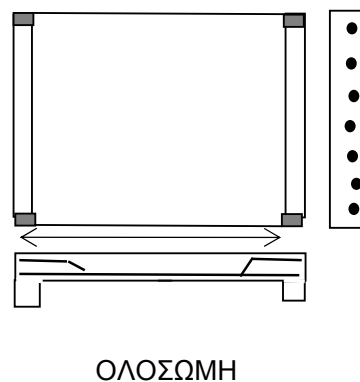
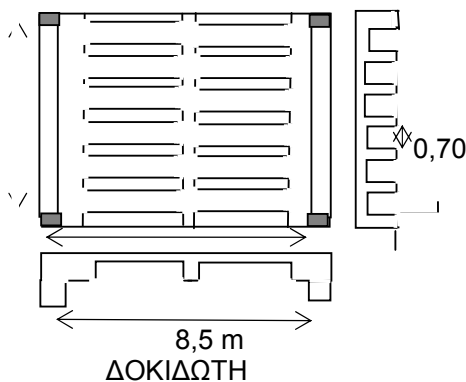
η $V_{sd} < V_{Rd3}$. Αν δεν ισχύει η ανίσωση υπολογίζεται διατμητικός οπλισμός με τη μορφή (συνήθως για ευκολία) ανοικτών συνδετήρων.

➤ **Σχεδιασμός Ενδιάμεσων Συμπαγών Ζωνών**

Συνήθως δεν γίνεται ιδιαίτερος σχεδιασμός. Κρατείται η διαστασιολόγηση και η όπλιση των διαδοκίδων.

2.3 ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Ζητείται να υπολογιστεί η δοκιδωτή πλάκα στο σχήμα και να συγκριθεί το φορτίο της m' αυτό αντίστοιχης ολόσωμης πλάκας. Υλικά: C20/25, S500. Φορτία: $q_k = 2 \text{ kN/m}^2$, $g_{\text{επ}} = 0$



1. Εκτίμηση Συνολικού Πάχους Πλάκας = Ύψος Διαδοκίδων

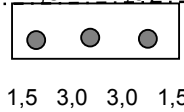
$$d \geq l_0/30 = 8,5/30 = 0,28 \text{ m} \Rightarrow h = 0,30 \text{ m}$$

2. Προδιαστασιοποίηση

Πάχος h_f πλακών μεταξύ των διαδοκίδων: Περίπου όσο η θλιβόμενη ζώνη που είναι περίπου ίση με το $1/4$ του $d \Rightarrow h_f = 0,25 \cdot 0,28 = 0,07 \text{ m}$.

Πλάτος διαδοκίδων: Λόγω του μεγάλου ανοίγματος εκτιμούνται 3 ράβδοι στις διαδοκίδες, όποτε $b=0,15 \text{ m}$ για να τις χωρέσει ($b > 3 \cdot 0,14 + 2 \cdot 3,0 + 2 \cdot 1,5 = 14,0$) . . .

Απόσταση μεταξύ διαδοκίδων: 0,70 m



3. Υπολογισμός Πλακών

$$g_{i\beta} = 25 \cdot 0,07 = 1,75 \text{ kN/m}^2, \max \rho_d = 1,35 \cdot 1,75 + 1,5 \cdot 2,0 = 5,4 \text{ kN/m}^2, \min \rho_d = g_{i\beta} = 1,75 \text{ kN/m}^2$$

$$\max M_{sd} = [0,042 \cdot 1,75 + 0,089 \cdot (5,4 - 1,75)] = 0,22 \text{ kNm/m} \text{ πολύ μικρό}$$

$$\min M_{sd} = - [0,083 \cdot 1,75 + 0,114 \cdot (5,4 - 1,75)] = \ll$$

$$A_s =$$

$$\min A_s = 0,001 \cdot A_c = 0,001 \cdot 100 \cdot 7 = 0,7 \text{ cm}^2/\text{m} \Rightarrow \text{πλέγμα T92 } (\Phi 4,2/150) \Rightarrow A_s = 5,2 \text{ cm}^2/\text{m}$$

4. Υπολογισμός Διαδοκίδων

0,85 Από πλάκα: $\rho = 5,4 \cdot 0,85 = 4,6 \text{ kN/m}$
0,07 $\rho_{\text{κρέμαση}} = \frac{25 \cdot 0,07 \cdot 0,23}{0,23} = 1,2 \ll$
0,23 $\rho_d = 5,8 \ll$

Υπολογισμός σε Κάμψη

$$M_{sd} = 5,8 \cdot 8,5^2 / 8 = 52,4 \text{ kNm}. \quad d = 0,30 - 0,02 = 0,28 \text{ m} \quad b/b_w = 0,85/0,15 > 5 \Rightarrow$$

$$A_s = M_{sd} / [(d - h_f/2) \cdot f_{sd}] = 52,4 / [(0,28 - 0,04) \cdot 435000] = 5,0 \text{ cm}^2 \Rightarrow 2\Phi 14 + 1\Phi 16 (5,0 \text{ cm}^2)$$

Υπολογισμός σε Διάτμηση

$$V_{Rd2} = 0,5 \cdot n \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot 0,9d = 0,5 \cdot 0,6 \cdot (20000/1,5) \cdot 0,15 \cdot 0,9 \cdot 0,28 = 151 \text{ kN} > V_{sd} = 0,5 \cdot 5,8 \cdot 8,5 = 24,7 \text{ kN}$$

\Rightarrow επαρκές το εύρος της συμπαγούς ζώνης

$$V_{Rd1} = \tau_{Rd} \cdot k \cdot (1,2 + 40 \rho_l) \cdot d \cdot b_w = 0,26 \cdot 1000 \cdot 1,3 \cdot (1,2 + 40 \cdot 0,012) \cdot 0,28 \cdot 0,15 = 24 \text{ kN} \quad (\rho_l = 5,0 / (15 \cdot 28) = 0,012 < 0,02)$$

$$V_{wd} = V_{sd} - V_{Rd1} = 24,7 - 24 = 0,7 \Rightarrow \text{ελάχιστοι συνδετήρες } \Phi 8/14 \quad (2 \text{ συνδετήρες να τέμνουν τη ρωγμή})$$