

**ΟΡΙΑΚΗ
ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ
ΑΣΤΟΧΙΑΣ
ΑΠΟ
ΔΙΑΤΡΗΣΗ**

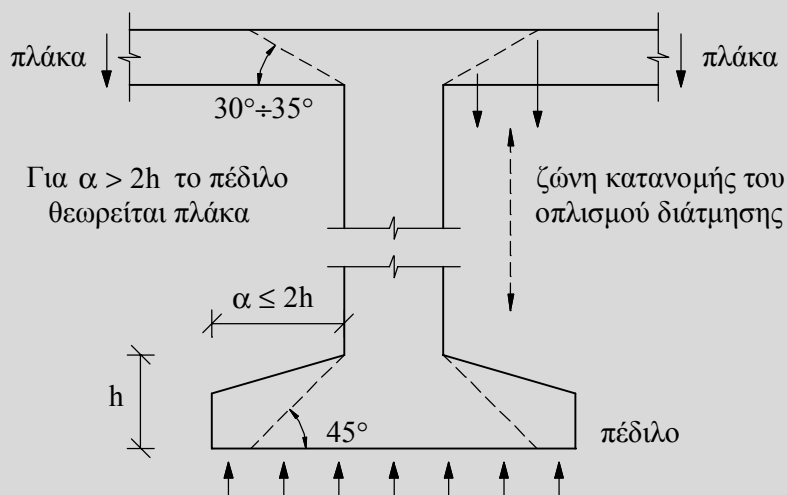
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13

Αυτό το Κεφάλαιο δεν περιλαμβάνει την περίπτωση επαναλαμβανόμενης φόρτισης μεγάλου εύρους (π.χ. σεισμός), η οποία απαιτεί ιδιαίτερη αντιμετώπιση (βλέπε επίσης παρ. 9.1.7).

Για συνηθισμένες περιπτώσεις πλακών με ενισχύσεις στις κεφαλές των υποστυλωμάτων βλέπε τις σχετικές οδηγίες των παρ. 13.1.2 και 13.4.2.

13.1.1 Αρχές

Στην πράξη το συγκεντρωμένο φορτίο ή η αντίδραση προέρχεται κυρίως από ένα υποσύλωμα το οποίο στηρίζεται σε μια πλάκα ή στηρίζει μια πλάκα, οπότε φορτιζόμενη επιφάνεια είναι η διατομή του υποστυλώματος.



Σχήμα Σ 13.1: Κόλουροι κώνοι ή πυραμίδες διάτμησης

Το Κεφάλαιο αυτό αφορά κυρίως την διάτρηση πλακών σταθερού πάχους οπλισμένων έναντι κάμψης σύμφωνα με τα Κεφάλαια 9 και 10. Αφορά επίσης την διάτρηση πεδίων.

Η ίδια μεθοδολογία ελέγχου σε διάτρηση μπορεί να εφαρμοσθεί και σε πλάκες με ενισχύσεις, καθώς και σε πέδιλα (με κεκλιμένες παρειές), τηρουμένων των οδηγιών των παρ. 13.1. και 13.2.

Οι κανόνες που δίνονται στο Κεφάλαιο αυτό συμπληρώνουν τους κανόνες του Κεφαλαίου 11.

13.1 ΓΕΝΙΚΑ

13.1.1 Αρχές

Η διάτρηση μπορεί να προέλθει από φορτίο ή αντίδραση συγκεντρωμένη σε μικρή επιφάνεια των πλακών, η οποία ονομάζεται «φορτιζόμενη επιφάνεια».

Εφόσον για την φορτιζόμενη επιφάνεια ισχύουν:

- για κυκλική διατομή, η διάμετρος δεν υπερβαίνει το $3.50d$,
- για ορθογωνική διατομή, η περίμετρός της δεν υπερβαίνει το $11d$ και ο λόγος μήκους προς πλάτος το 2,
(d = το μέσο στατικό ύψος της πλάκας),

ο έλεγχος σε διάτρηση γίνεται όπως περιγράφεται στα επόμενα.

Η οριακή κατάσταση χαρακτηρίζεται από τον σχηματισμό ενός κόλουρου κώνου ή μιας κόλουρης πυραμίδας των οποίων η μικρή βάση συμπίπτει με τη φορτιζόμενη επιφάνεια, οι δε γενέτειρες είναι κεκλιμένες ως προς το επίπεδο της πλάκας συνήθως υπό γωνία μεταξύ 30° και 35° . Για μεμονωμένα πέδιλα αυτή η γωνία είναι περίπου 45° .

Για μεγάλη ή μακρόστενη φορτιζόμενη επιφάνεια, τμήμα μόνο της κρίσιμης διατομής, όπως καθορίζεται στην παρ. 13.2, είναι καθοριστικό για διάτρηση (π.χ. για μια ορθογωνική διατομή αυτό το τμήμα εκτείνεται μόνο γύρω από την περιοχή των γωνιών). Στα άλλα τμήματα της κρίσιμης διατομής κυριαρχεί η διάτμηση.

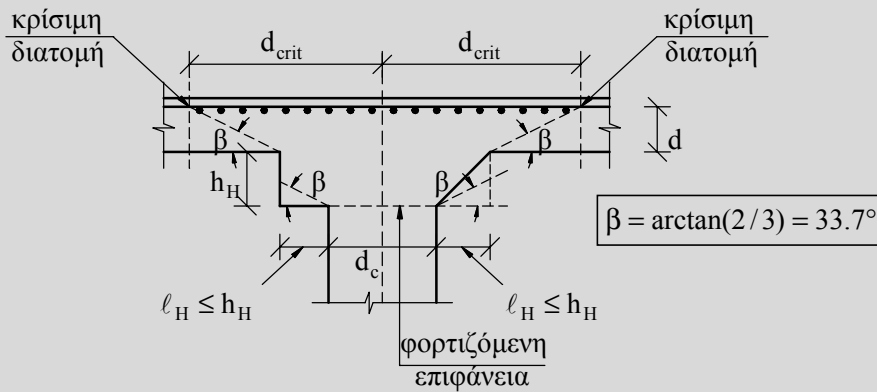
Σε πολλές περιπτώσεις η εξίσωση (13.1) μπορεί να αντικατασταθεί από την

$$V_{Sd} \leq V_{Rd} \dots\dots\dots (\Sigma 13.1)$$

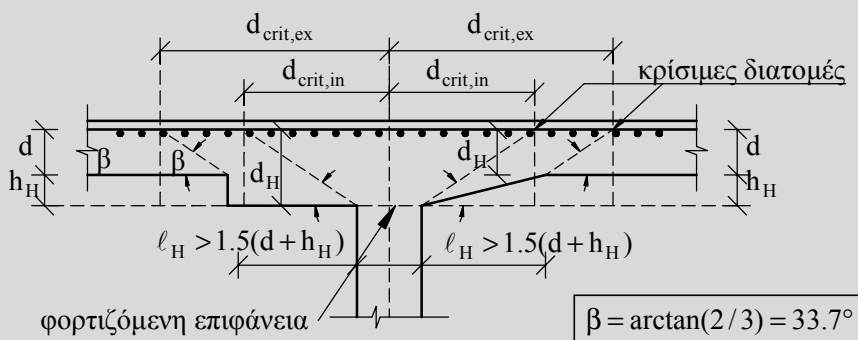
όπου:

V τέμνουσα δύναμη στην κρίσιμη διατομή.

13.1.2 Υποστυλώματα με ενίσχυση ή διαπλάτυση της κεφαλής



Σχήμα Σ 13.2: Πλάκα επί κυκλικού υποστυλώματος με διαπλάτυση κεφαλής έτσι ώστε $l_H \leq 1.5 \cdot h_H$



Σχήμα Σ 13.3: Πλάκα επί κυκλικού υποστυλώματος με διαπλάτυση κεφαλής έτσι ώστε $l_H > 1.5 \cdot (d + h_H)$

Ο έλεγχος σε διάτρηση γίνεται στην «κρίσιμη διατομή» (που ορίζεται στην παρ. 13.2). Στην διατομή αυτή, οι δρώσες και οι ανθιστάμενες διατμητικές δυνάμεις ανά μονάδα μήκους πρέπει να ικανοποιούν την συνθήκη:

$$V_{Sd} \leq V_{Rd} \dots\dots\dots (13.1)$$

Οι τιμές των V_{Sd} και V_{Rd} προσδιορίζονται σύμφωνα με τις παρ. 13.3 και 13.4.

Όταν το πάχος της πλάκας ή της πλάκας θεμελίωσης δεν είναι αρκετό ώστε να εξασφαλισθεί η απαραίτητη αντοχή έναντι διάτρησης, μόνο από το σκυρόδεμα και από τον οπλισμό κάμψης, πρέπει να τοποθετείται οπλισμός διάτρησης σύμφωνα με την παρ. 13.4.

13.1.2 Υποστυλώματα με ενίσχυση ή διαπλάτυνση της κεφαλής

α) Για πλάκες επί κυκλικών υποστυλωμάτων με διαπλάτυνση της κεφαλής έτσι ώστε $\ell_H \leq 1.5 h_H$, ο έλεγχος σε διάτρηση απαιτείται μόνο για την κρίσιμη διατομή (βλ. παρ. 13.2) στην πλάκα και όχι στην διαπλάτυνση, που απέχει από το κέντρο του υποστυλώματος απόσταση d_{crit} ίση με:

$$d_{crit} = 1.5d + \ell_H + 0.5d_C \dots\dots\dots (13.2)$$

όπου:

d_C διάμετρος υποστυλώματος,

ℓ_H και h_H είναι, αντιστοίχως, η οριζόντια και η κατακόρυφη διάσταση της διαπλάτυνσης (πέραν της περιμέτρου του υποστυλώματος).

β) Για πλάκες επί κυκλικών υποστυλωμάτων με διαπλάτυνση της κεφαλής έτσι ώστε $\ell_H > 1.5(d + h_H)$, ο έλεγχος σε διάτρηση απαιτείται:

- Και στην πλάκα (για ύψος d),

σε διατομή που απέχει από το κέντρο του υποστυλώματος απόσταση:

$$d_{crit,ex} = 1.5d + \ell_H + 0.5d_C \dots\dots\dots (13.3)$$

- Και στην διαπλάτυνση (για ενεργό ύψος d_H),

σε διατομή που απέχει από το κέντρο του υποστυλώματος απόσταση:

$$d_{crit,in} = 1.5(d + h_H) + 0.5d_C \dots\dots\dots (13.4)$$

Ως ενεργό ύψος d_H της διαπλάτυνσης λαμβάνεται το πραγματικό μέσο

στατικό ύψος στην θέση της κρίσιμης διατομής, και για τις διαπλατύνσεις με σταθερό ύψος και για τις διαπλατύνσεις με μεταβλητό ύψος.

- γ) Για διαπλατύνσεις με $1.5 h_H < l_H \leq 1.5(d + h_H)$ ελέγχεται μια διατομή στην πλάκα σε απόσταση από το κέντρο του υποστυλώματος ίση με:

$$d_{crit} = 1.5 l_H + 0.5 d_C \dots\dots\dots (13.5)$$

- δ) Για ορθογωνικά υποστυλώματα (διατομής $b \times h$) με ορθογωνικές διαπλατύνσεις, συνολικής διατομής $l_1 \times l_2$ ($l_1 \leq l_2$), όπου:

$$l_1 = b + 2 \cdot l_{H1}, l_2 = h + 2 \cdot l_{H2}$$

η κρίσιμη διατομή απέχει από το κέντρο του υποστυλώματος απόσταση ίση με την μικρότερη από τις:

$$d_{crit} = 1.5d + 0.56 \cdot \sqrt{l_1 l_2} \dots\dots\dots (13.6a)$$

ή

$$d_{crit} = 1.5d + 0.69 \cdot l_1 \dots\dots\dots (13.6b)$$

13.1.3 Πλάκες με νευρώσεις

Η βασική μέθοδος που χρησιμοποιείται για συμπαγείς πλάκες, μπορεί να εφαρμοσθεί και στις πλάκες με νευρώσεις (υπό την έννοια της παρ. 9.1.1), υπό την προϋπόθεση ότι θα είναι συμπαγείς σε όλο το ύψος τους σε περιοχή που εκτείνεται τουλάχιστον 3d γύρω από ένα υποστύλωμα.

Ο έλεγχος διάτρησης θα γίνεται στην κρίσιμη διατομή (παρ. 13.2), ενώ απαιτείται και ένας έλεγχος σε τέμνουσα στο πέρασ της συμπαγούς ζώνης της πλάκας.

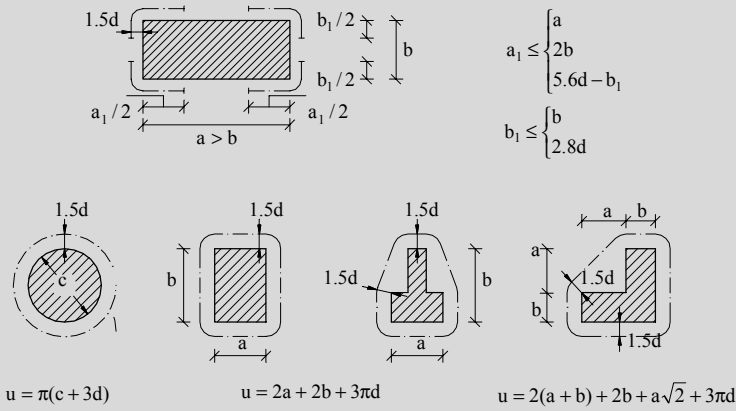
13.2 ΚΡΙΣΙΜΗ ΔΙΑΤΟΜΗ

Η κρίσιμη διατομή είναι μια επιφάνεια η οποία ορίζεται ως εξής:

- είναι κάθετη στο μέσο επίπεδο της πλάκας,
- έχει ύψος ίσο με το στατικό ύψος d της πλάκας,
- η περίμετρός της περιβάλλει την φορτιζόμενη επιφάνεια, μερικώς ή ολικώς. Η απόσταση μεταξύ της κρίσιμης διατομής και φορτιζόμενης επιφάνειας δεν είναι ποθενά μικρότερη από 1.50d και συγχρόνως η κρίσιμη διατομή έχει το μικρότερο δυνατό μήκος περιμέτρου.

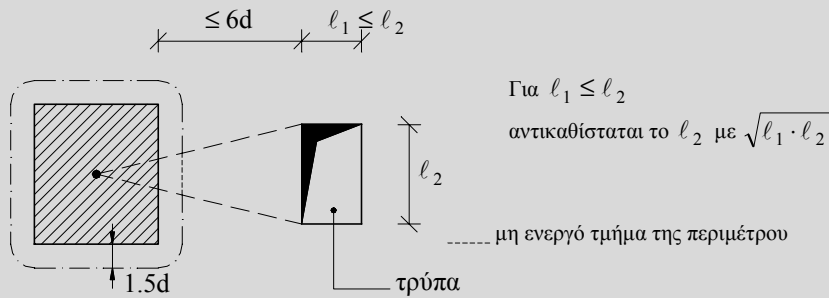
Ειδικότερα, αυτή η περίμετρος καθορίζεται παρακάτω για διάφορες περιπτώσεις.

13.2.1 Φορτιζόμενη επιφάνεια μακριά από οπή ή ελεύθερο άκρο της πλάκας



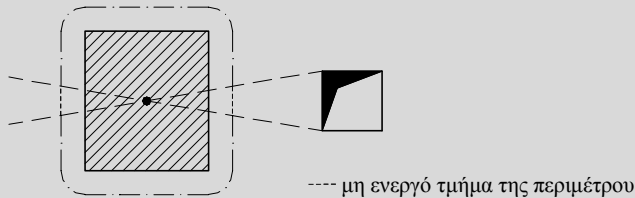
Σχήμα Σ 13.4: Κρίσιμες διατομές μακριά από ελεύθερο άκρο πλάκας

13.2.2 Φορτιζόμενη επιφάνεια κοντά σε οπή της πλάκας



Σχήμα Σ 13.5: Κρίσιμη διατομή κοντά σε οπή της πλάκας

Ένας απλούστερος τρόπος αντιμετώπισης αυτής της περίπτωσης είναι να αφαιρεθεί ένα ακόμα τμήμα της κρίσιμης περιμέτρου τέτοιο, ώστε να αποκατασταθεί στην αρχική του θέση το κέντρο βάρους της (Σχήμα Σ 13.6). Αυτή η μέθοδος, βέβαια, έχει αξία εάν η αρχική φόρτιση είναι κεντρική.



Σχήμα Σ 13.6: Απλοποιημένη μορφή του Σχ. Σ 13.5 προς αποφυγή εκκεντρότητας

13.2.1 Φορτιζόμενη επιφάνεια μακριά από οπή ή ελεύθερο άκρο της πλάκας

Σε αυτή την περίπτωση, η περίμετρος της κρίσιμης διατομής είναι μία κλειστή γραμμή που περιβάλλει την φορτιζόμενη επιφάνεια κατά τα προαναφερθέντα.

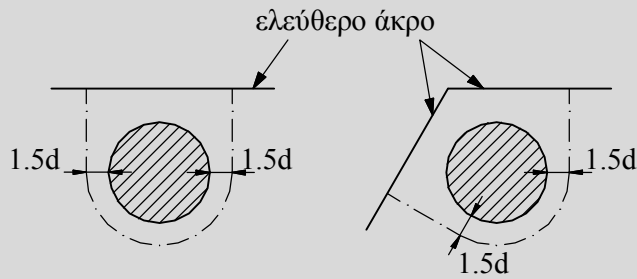
13.2.2 Φορτιζόμενη επιφάνεια κοντά σε οπή της πλάκας

Εάν η μικρότερη απόσταση μεταξύ της παρειάς της οπής και της περιμέτρου της φορτιζόμενης επιφάνειας δεν υπερβαίνει τα $6d$ ή εάν η οπή βρίσκεται μέσα στην ζώνη στήριξης (προκειμένου περί πλακών χωρίς δοκούς), τότε δεν λαμβάνεται υπόψη το τμήμα της κρίσιμης διατομής, το οποίο περιλαμβάνεται μεταξύ των δύο εφαπτόμενων που φέρονται από το κέντρο βάρους της φορτιζόμενης επιφάνειας προς την περίμετρο της οπής.

13

Σημειώνεται όμως ότι εάν η μείωση αυτή της κρίσιμης περιμέτρου είναι σημαντική και εκτρέπει αισθητά το κέντρο βάρους της, τότε η φόρτιση θα πρέπει να αντιμετωπισθεί ως έκκεντρη, σύμφωνα με την παρ. 13.3.

13.2.3 Φορτιζόμενη επιφάνεια κοντά σε ελεύθερο άκρο της πλάκας



Σχήμα Σ 13.7: Κρίσιμη διατομή κοντά σε ελεύθερο άκρο

13.3 ΔΡΩΣΑ ΤΕΜΝΟΥΣΑ ΔΥΝΑΜΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Διευκρινίζεται ότι κατά τον έλεγχο των μεμονωμένων πεδίων σε διάτρηση, οι αντιδράσεις του εδάφους που ασκούνται στο εσωτερικό μιας επιφάνειας, η οποία καθορίζεται από γενέτειρες θραύσης κατά γωνίες 45° μπορούν να αφαιρούνται από το φορτίο του υποστυλώματος για τον υπολογισμό της V_{sd} .

Αντιστοίχως σε όλες τις άλλες περιπτώσεις αφαιρούνται τα φορτία που ασκούνται σε επιφάνεια που περικλείεται από την περίμετρο της κρίσιμης διατομής.

13.4.1 Πλάκες ή πέδιλα χωρίς οπλισμό έναντι διάτρησης

13.2.3 Φορτιζόμενη επιφάνεια κοντά σε ελεύθερο άκρο της πλάκας

Τα τμήματα της κρίσιμης διατομής (όπως ορίστηκε στην παρ. 13.2.1) τα οποία βρίσκονται κοντά σε ελεύθερο άκρο πλάκας, πρέπει να αντικατασταθούν από τμήματα κάθετα προς τα άκρα, εφόσον το συνολικό μήκος της περιμέτρου που προκύπτει κατά αυτό τον τρόπο (μη λαμβανομένου υπόψη του μήκους του ελεύθερου άκρου) είναι μικρότερο από το μήκος της περιμέτρου της κρίσιμης διατομής, όπως ορίζεται στην παρ. 13.2.1.

13.3 ΔΡΩΣΑ ΤΕΜΝΟΥΣΑ ΔΥΝΑΜΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

α) Σε περίπτωση κεντρικού φορτίου ή αντίδρασης:

$$v_{Sd} = V_{Sd} / u \dots\dots\dots (13.7)$$

όπου:

v_{Sd} τέμνουσα δύναμη που δρα κατά μήκος της περιμέτρου u για πλάκες, ή κατά μήκος της βάσης του κώνου διάτρησης για πέδιλα και,

u η περίμετρος της κρίσιμης διατομής σύμφωνα με την παρ. 13.2.

β) Σε περίπτωση έκκεντρου φορτίου:

Στην περίπτωση αυτή η τιμή της v_{Sd} που προσδιορίζεται από την εξίσωση (13.7) πολλαπλασιάζεται επί ένα αυξητικό συντελεστή β , ο οποίος λαμβάνει υπόψη την εκκεντρότητα της φόρτισης. Εφόσον δεν είναι δυνατή η εκκεντρότητα του φορτίου το $\beta=1.00$. Στις άλλες περιπτώσεις λαμβάνεται:

- Για γωνιακά υποστυλώματα $\beta=1.50$,
- Για περιμετρικά υποστυλώματα $\beta=1.40$,
- Για εσωτερικά υποστυλώματα $\beta=1.15$.

13.4 ΤΕΜΝΟΥΣΑ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

13.4.1 Πλάκες ή πέδιλα χωρίς οπλισμό έναντι διάτρησης

Σε αυτήν την περίπτωση θα πρέπει:

$$V_{Sd} < V_{Rd1}$$

Για εξωτερικά υποστυλώματα με απόσταση από το άκρο της πλάκας μικρότερη από το τετραπλάσιο του πάχους της, η προένταση δεν ενεργοποιείται πλήρως γύρω από όλη την περίμετρο u της κρίσιμης διατομής. Για αυτό η συνεισφορά της προέντασης στην εξίσωση (Σ 13.2) δεν πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στην περίπτωση αυτή.

13.4.2.1 Άνω όριο αντοχής

Ο οπλισμός διάτρησης αποτελείται είτε από λοξές ράβδους είτε καλύτερα από συνδετήρες (κατακόρυφους ή λοξούς) σε μία ή περισσότερες σειρές.

Πειραματικά έχει διαπιστωθεί ότι η μέγιστη αύξηση της αντοχής διάτρησης δεν μπορεί να υπερβεί κάποιο όριο, πάνω από την αντοχή που έχει η πλάκα χωρίς ειδικό οπλισμό διάτρησης, όσο μεγάλο και αν είναι το ποσοστό οπλισμού διάτρησης.

13.4.2.2 Υπολογισμός οπλισμού διάτρησης

Για την διάταξη του οπλισμού διάτρησης, βλ. παρ. 18.1.6.3.

Τέλος, ενδείκνυται να γίνεται έλεγχος έναντι διάτρησης και εκτός της ζώνης οπλισμού διάτρησης. Για αυτό τον έλεγχο, ως φορτιζόμενη επιφάνεια λαμβάνεται η επιφάνεια που περικλείεται από την περίμετρο της κρίσιμης διατομής.

Η τιμή σχεδιασμού της διατμητικής δύναμης αντοχής ανά μονάδα μήκους της κρίσιμης διατομής δίνεται από τη σχέση:

$$V_{Rd1} = \tau_{Rd} \cdot \kappa \cdot (1.20 + 40\rho_{\ell}) \cdot d \dots\dots\dots (13.8)$$

όπου:

τ_{Rd} λαμβάνεται από τον Πίνακα 11.1

$\kappa = 1.60 - d \geq 1$ (d σε μέτρα)

$\rho_{\ell} = \sqrt{\rho_{\ell x} \cdot \rho_{\ell y}} \leq 0.015$

$\rho_{\ell x}$ και $\rho_{\ell y}$ ποσοστά διαμήκους οπλισμού κατά x και y

$d = \frac{1}{2} (d_x + d_y)$

d_x και d_y στατικά ύψη κατά x και y.

Τα ποσοστά οπλισμού $\rho_{\ell x}$ και $\rho_{\ell y}$ δεν πρέπει να είναι μικρότερα από 0.005. Η απαίτηση αυτή δεν ισχύει για πέλδιλα με πάχος μεγαλύτερο από 0.50 μ.

Εάν η περιοχή της κρίσιμης διατομής της πλάκας καταπονείται από ορθές θλιπτικές δυνάμεις (περιλαμβανόμενης και της προέντασης), η τιμή της V_{Rd1} της σχέσης (13.8) μπορεί να αυξηθεί σύμφωνα με την εξίσωση (11.2).

13.4.2 Πλάκες ή πέλδιλα με οπλισμό έναντι διάτρησης

13.4.2.1 Άνω όριο αντοχής

Ακόμα κι όταν τοποθετείται οπλισμός διάτρησης, η V_{Rd2} δεν μπορεί να υπερβαίνει την τιμή της παρακάτω σχέσης:

$$V_{Rd2} = 1.60 V_{Rd1} \dots\dots\dots (13.9)$$

13.4.2.2 Υπολογισμός οπλισμού διάτρησης

Γενικά ισχύει:

$$V_{Sd} < V_{Rd2}$$

$$V_{Sd} < V_{Rd3}$$

$$V_{Rd3} = V_{Rd1} + \sum A_{sw} \cdot f_{yd} \cdot \sin \alpha / u \dots\dots\dots (13.10)$$

13.4.3 Ελάχιστες ροπές σχεδιασμού πλακών (στις θέσεις σύνδεσης με τα υποστυλώματα) λόγω έκκεντρης φόρτισης

Για εξασφάλιση της ανάπτυξης της τέμνουσας αντοχής (έναντι διάτρησης, σχέσεις 13.8 και 13.10) πρέπει οι πλάκες να σχεδιάζονται (στις θέσεις σύνδεσης με τα υποστυλώματα) για ελάχιστες ροπές σχεδιασμού (ανά μονάδα μήκους) m_{Sdx} και m_{Sdy} σύμφωνα με την σχέση (13.11) εκτός αν οι ροπές που προέκυψαν από την ανάλυση είναι μεγαλύτερες):

$$m_{Sdx} \text{ (ή και } m_{Sdy} \text{)} \geq \eta V_{Sd} \dots\dots\dots (13.11)$$

όπου:

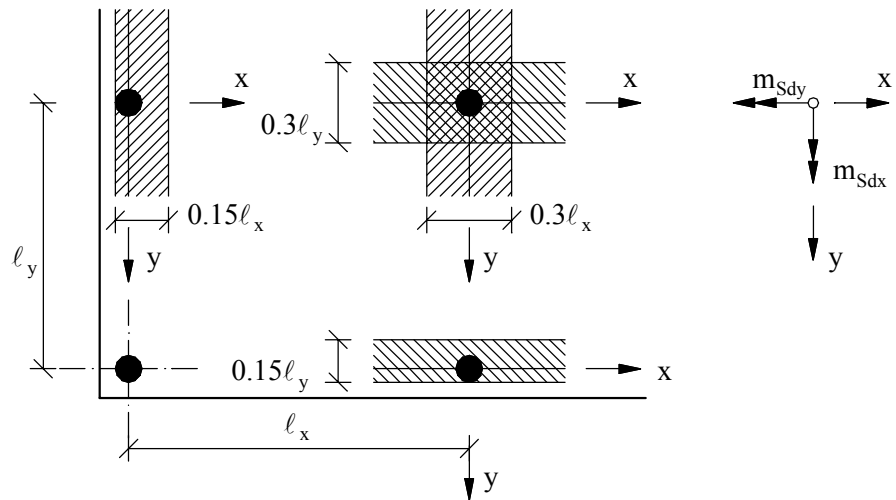
V_{Sd} είναι η δρώσα τέμνουσα δύναμη (σχέση 13.7)

η είναι ο συντελεστής ροπής, σύμφωνα με τον Πίνακα 13.1 ($0 \leq |\eta| \leq 0.5$) και το Σχ. 13.1.

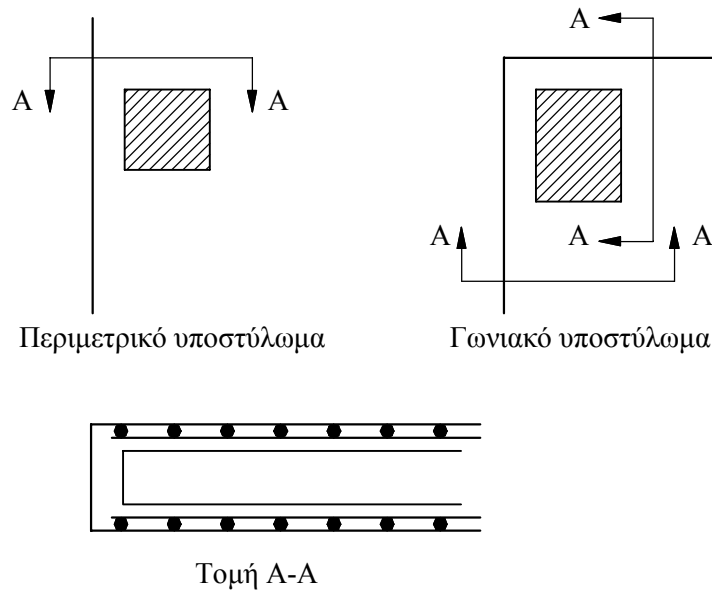
Για τον έλεγχο αυτών των ροπών, το ενεργό πλάτος της πλάκας δίνεται στον Πιν. 13.1. Επίσης, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη μόνο οι σπλισμοί που είναι επαρκώς αγκυρωμένοι πέραν της περιμέτρου της κρίσιμης διατομής (βλ. και Σχ. 13.2).

Πίνακας 13.1: Συντελεστής ροπής η , σχέση (13.11)

Θέση Υποστυλώματος	η για m_{Sdx}			η για m_{Sdy}		
	πάνω πέλμα	κάτω πέλμα	ενεργό πλάτος	πάνω πέλμα	κάτω πέλμα	ενεργό πλάτος
Εσωτερικό	-0.125	0	$0.3 \ell_y$	-0.125	0	$0.3 \ell_x$
Περιμετρικό, ακμή πλάκας παράλληλη προς x	-0.25	0	$0.15 \ell_y$	-0.125	+0.125	(ανά m)
Περιμετρικό, ακμή πλάκας παράλληλη προς y	-0.125	+0.125	(ανά m)	-0.25	0	$0.15 \ell_x$
Γωνιακό	-0.5	0.5	(ανά m)	+0.5	-0.5	(ανά m)



Σχήμα 13.1: Ροπές σχεδιασμού πλακών λόγω έκκεντρης φόρτισης και ενεργό πλάτος



Σχήμα 13.2: Διάταξη οπλισμού σε περιμετρικά και γωνιακά υποστυλώματα

