



Ε
Μ
Π

Διάρθρωση

Π. Γιαννόπουλος

Εργαστήριο
Ωπλισμένου
Σκυροδέματος

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*.

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**».

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

Εφόσον για την φορτιζόμενη επιφάνεια ισχύουν:

για κυκλική διατομή,

η διάμετρος δεν υπερβαίνει το $3.50d$,

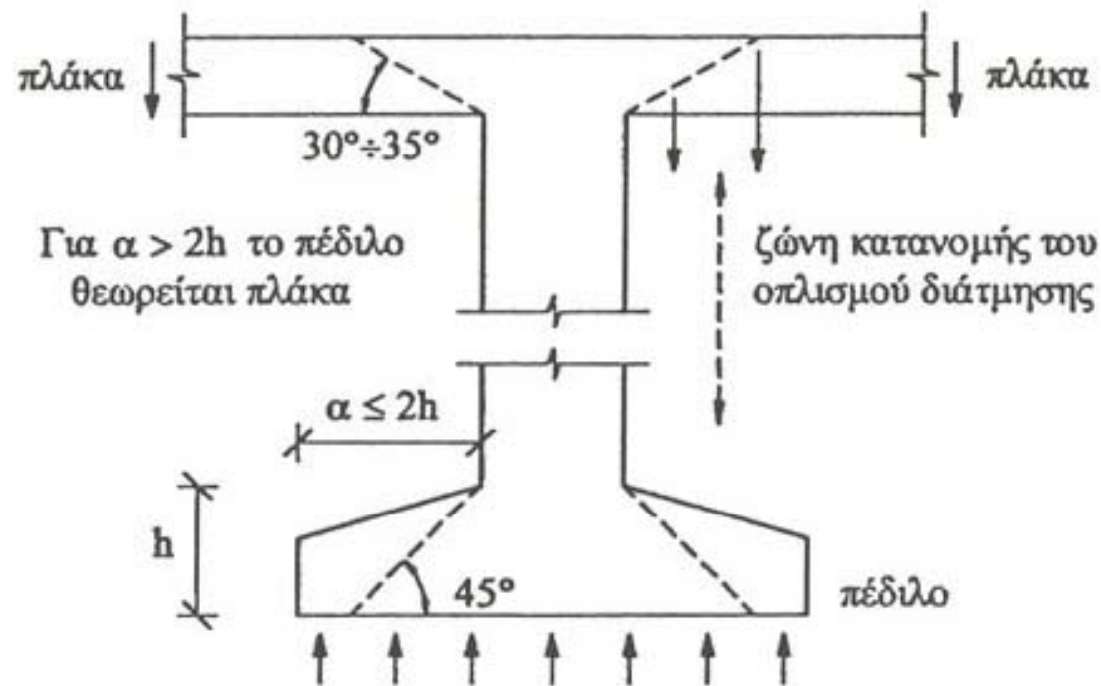
για ορθογωνική διατομή,

η περίμετρος 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° .



Σχήμα Σ 13.1: Κόλουροι κώνοι ή πυραμίδες διάτρησης

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:

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

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

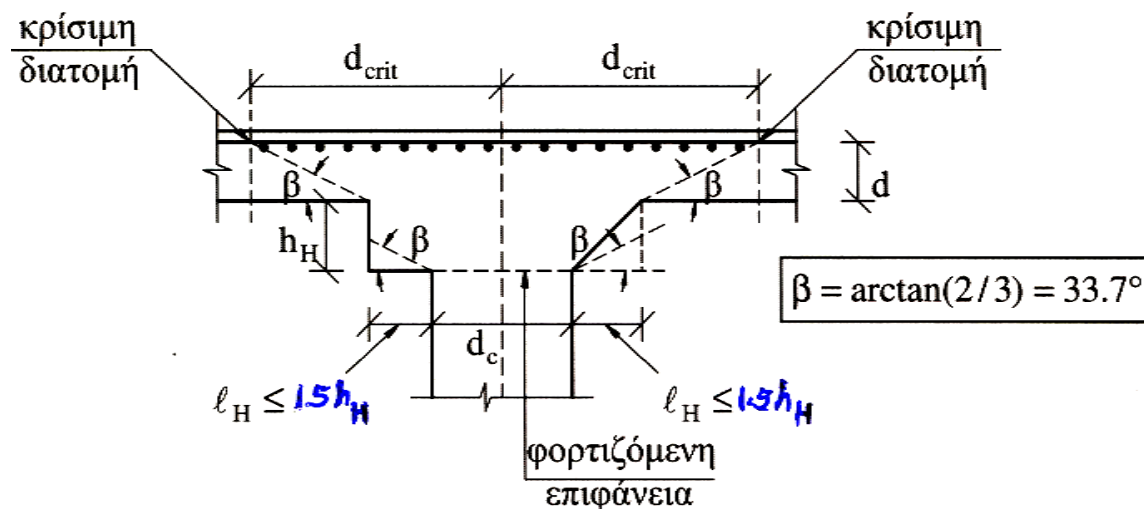
α) Για πλάκες επί κυκλικών υποστυλ. με διαπλάτυνση της κεφαλής έτσι ώστε , $\ell_H \leq 1.5h_H$ ο έλεγχος σε διάτρηση απαιτείται μόνο για την κρίσιμη διατομή (βλ. παρ. 13.2) στην πλάκα και όχι στην διαπλάτυνση, που απέχει από το κέντρο του υποστυλώματος απόσταση d_{crit} ίση με:

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

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).



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

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

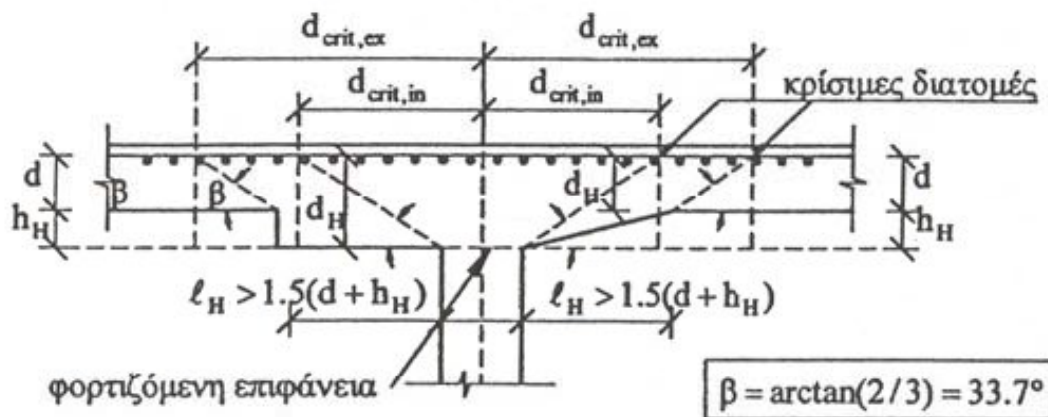
- Και στην πλάκα (για ύψος d),
σε διατομή που απέχει από το κέντρο του υποστυλώματος απόσταση:

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

- Και στην διαπλάτυνση (για ενεργό ύψος d_H),
σε διατομή που απέχει από το κέντρο του υποστυλώματος απόσταση:

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

Ως ενεργό ύψος d_H της διαπλάτυνσης λαμβάνεται το πραγματικό μέσο στατικό ύψος στην θέση της κρίσιμης διατομής, και για τις διαπλάτυνσεις με σταθερό ύψος και για τις διαπλάτυνσεις με μεταβλητό ύψος.



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

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

$$d_{\text{crit}} = 1.5\ell_H + 0.5d_C \quad (13.5)$$

δ) Για ορθογωνικά υποστυλώματα (διατομής $b \times h$) με ορθογωνικές διαπλατύνσεις, συνολικής διατομής $\ell_1 \times \ell_2$ ($\ell_1 \leq \ell_2$), όπου:

$$\ell_1 = b + 2 \cdot \ell_{H1}, \quad \ell_2 = h + 2 \cdot \ell_{H2}$$

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

$$d_{\text{crit}} = 1.5d + 0.56 \cdot \sqrt{\ell_1 \ell_2} \quad (13.6\alpha)$$

ή

$$d_{\text{crit}} = 1.5d + 0.69 \cdot \ell_1 \quad (13.6\beta)$$

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

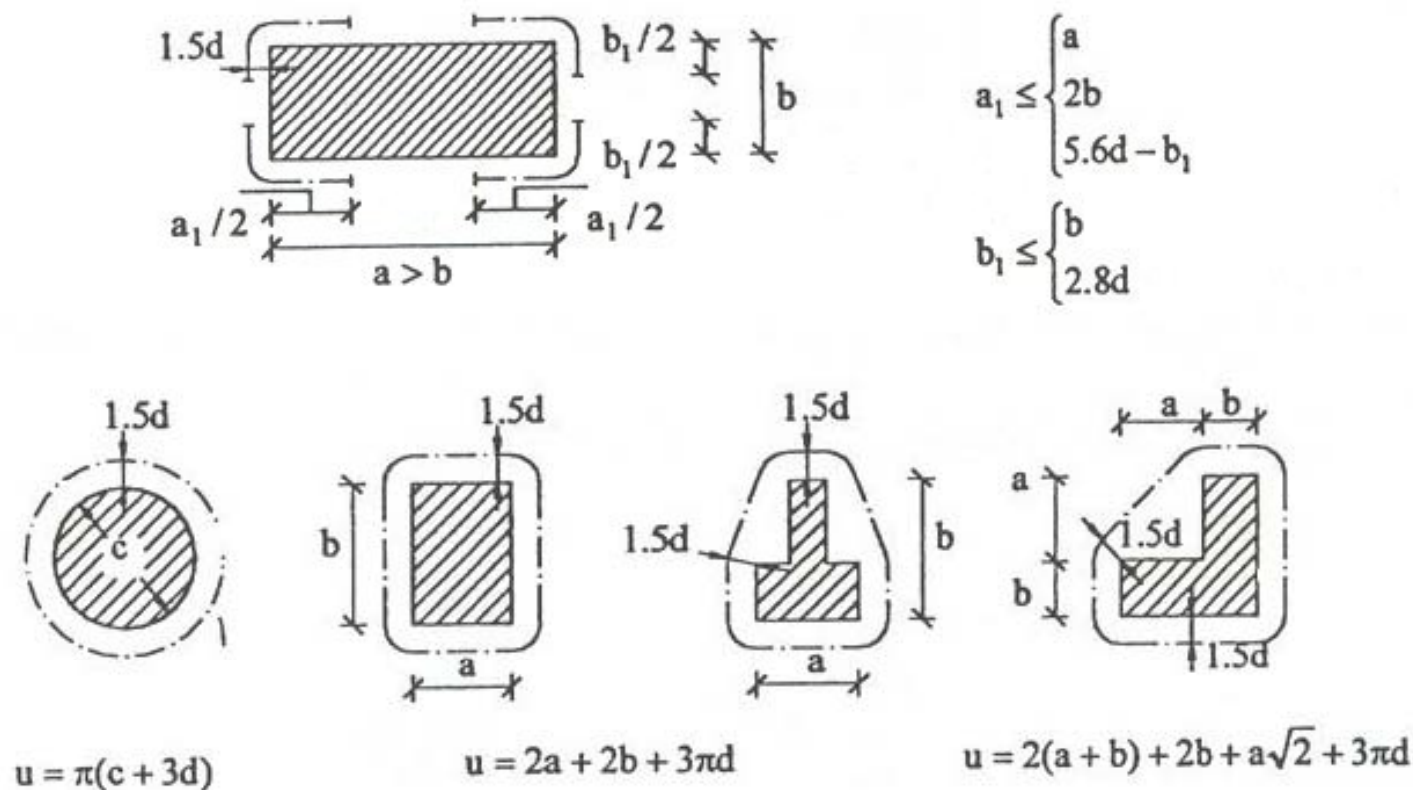
Η κρίσιμη διατομή είναι μια επιφάνεια η οποία ορίζεται ως εξής:

- 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

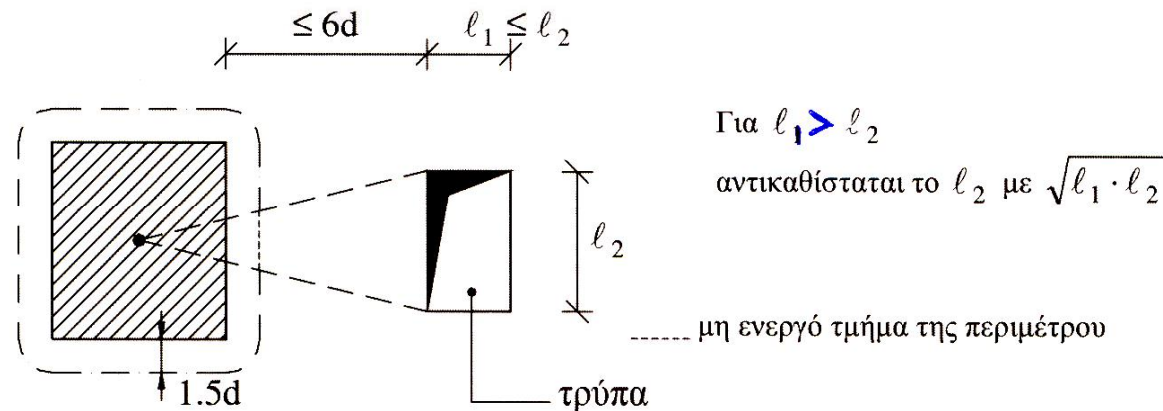
Σε αυτή την περίπτωση, η περίμετρος της κρίσιμης διατομής είναι μία κλειστή γραμμή που περιβάλλει την φορτιζόμενη επιφάνεια κατά τα προαναφερθέντα.



Σχήμα Σ 13.4: Κρίσιμες διατομές μακριά από ελεύθερο άκρο πλάκας

13.2.2 Φορτιζόμενη επιφάνεια κοντά σε οπή της πλάκας

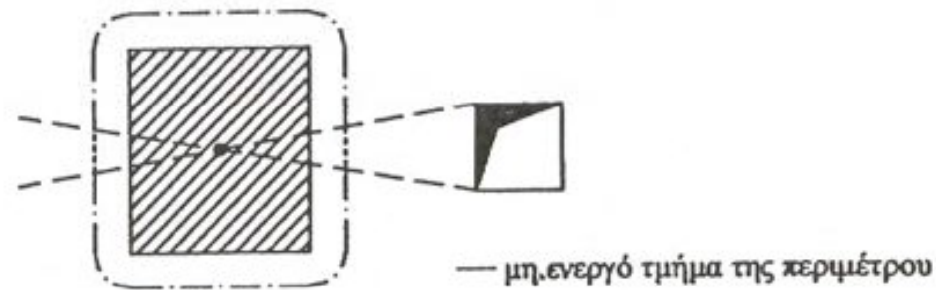
Εάν η μικρότερη απόσταση μεταξύ της παρειάς της οπής και της περιμέτρου της φορτιζόμενης επιφάνειας δεν υπερβαίνει τα $6d$ ή εάν η οπή βρίσκεται μέσα στην ζώνη στήριξης (προκειμένου περί πλακών χωρίς δοκούς), τότε δεν λαμβάνεται υπόψη το τμήμα της κρίσιμης διατομής, το οποίο περιλαμβάνεται μεταξύ των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



Σχήμα Σ 13.5: Κρίσιμη διατομή κοντά σε οπή της πλάκας

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.

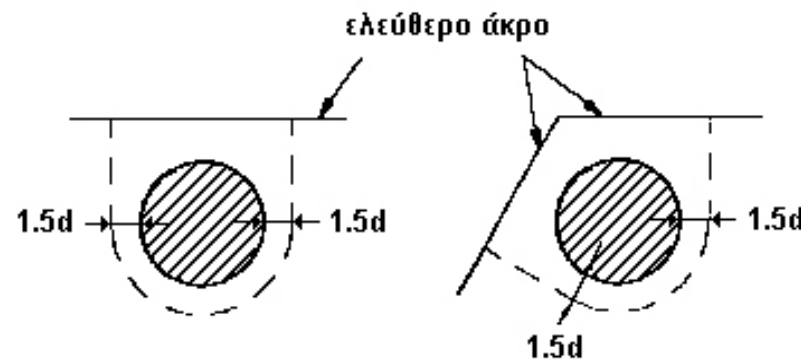
Ένας απλούστερος τρόπος αντιμετώπισης αυτής της περίπτωσης είναι να αφαιρεθεί ένα ακόμα τμήμα της κρίσιμης περιμέτρου τέτοιο, ώστε να αποκατασταθεί στην αρχική του θέση το κέντρο βάρους της (Σχήμα Σ 13.6). Αυτή η μέθοδος, βέβαια, έχει αξία εάν η αρχική φόρτιση είναι κεντρική.



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

13.2.3 Φορτιζόμενη επιφάνεια κοντά σε ελεύθερο άκρο της πλάκας

Τα τμήματα της κρίσιμης διατομής (όπως ορίστηκε στην παρ. 13.2) 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.



Σχήμα Σ 13.7: Κρίσιμη διατομή κοντά σε ελεύθερο άκρο

13.3 ΔΡΩΣΑ ΤΕΜΝΟΥΣΑ ΔΥΝΑΜΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

α) Σε περίπτωση κεντρικού φορτίου ή αντίδρασης:

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

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

Η τιμή σχεδιασμού της διατμητικής δύναμης αντοχής ανά μονάδα μήκους της κρίσιμης διατομής δίνεται από τη σχέση: $V_{Rd1} = T_{Rd} \cdot K \cdot (1.20 + 40\rho_\ell) \cdot d$ (13.8)

όπου:

T_{Rd} λαμβάνεται από τον Πίνακα 11.1

$K = 1.60 - d \geq 1$ (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 πέδιλα 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 πέδιλα 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:

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

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

Γενικά ισχύει:

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

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

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

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

Για την διάταξη του οπλισμού διάτρησης, βλ. παρ. 18.1.5.3.

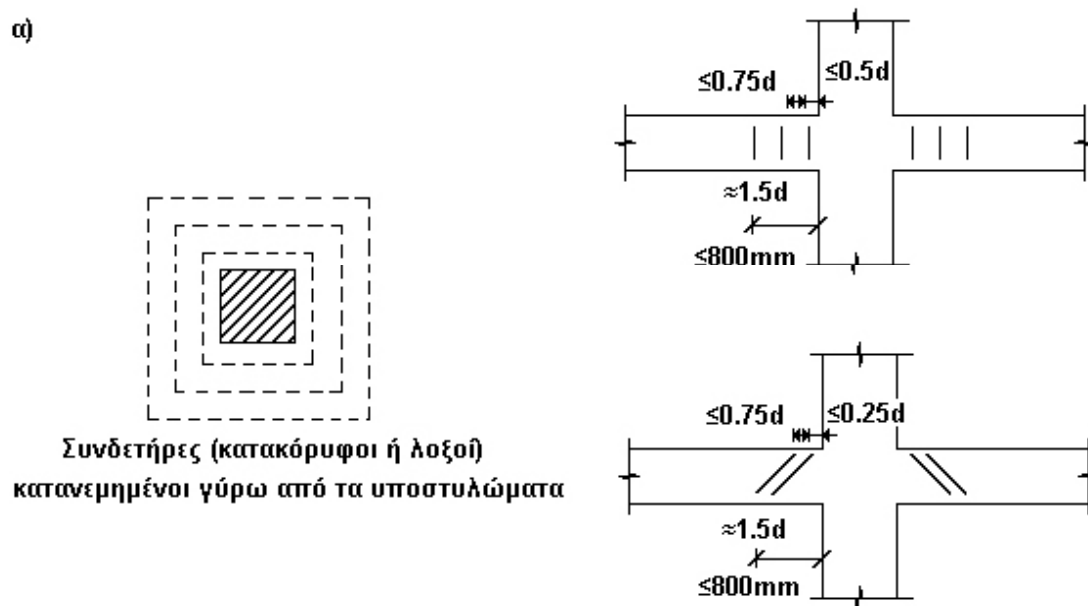
18.1.5.3 Οπλισμός διάτρησης πλακών

Ως οπλισμοί διάτρησης (παρ. 13.4.2) μπορούν να ληφθούν υπόψη:

α) Σε περίπτωση συνδετήρων, εκείνοι οι συνδετήρες που περιλαμβάνονται σε μια ζώνη η οποία εκτείνεται σε απόσταση όχι μεγαλύτερη από $1.5d$ ή 800mm από την φορτιζόμενη επιφάνεια.

Τα κατακόρυφα μέλη των συνδετήρων θα ξεκινούν από απόσταση το πολύ $0.5d$ από την παρειά του στύλου, θα απέχουν μεταξύ τους το πολύ $0.75d$ και θα περιβάλλουν τουλάχιστον ανά μία στρώση τους άνω και κάτω οπλισμούς κάμψης. Οι συνδετήρες μπορούν να τοποθετηθούν σε κύκλο ή ορθογώνιο γύρω από το υποστύλωμα.

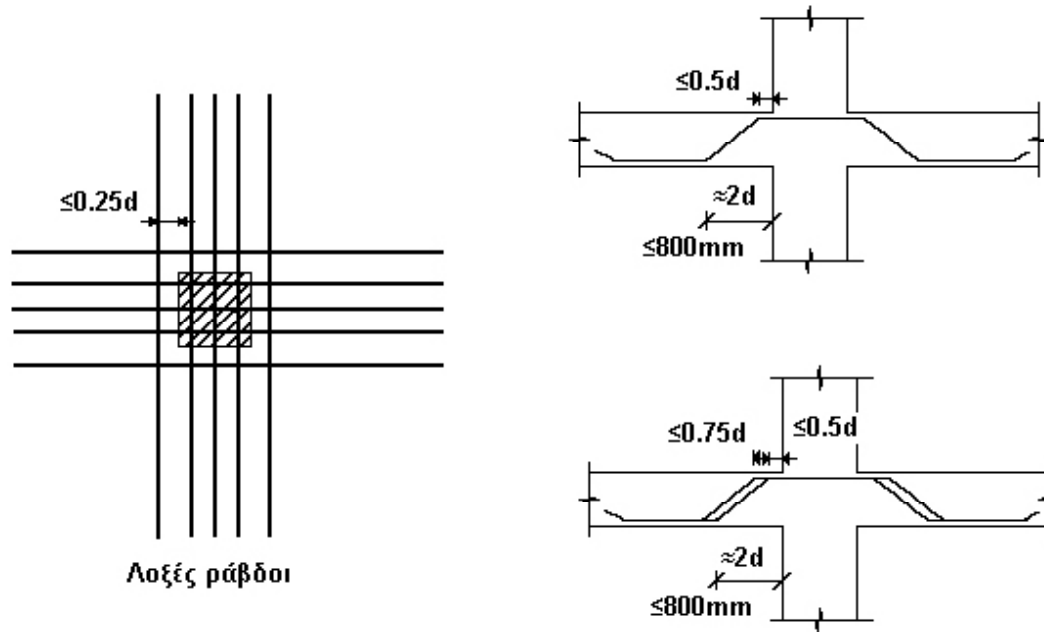
α)



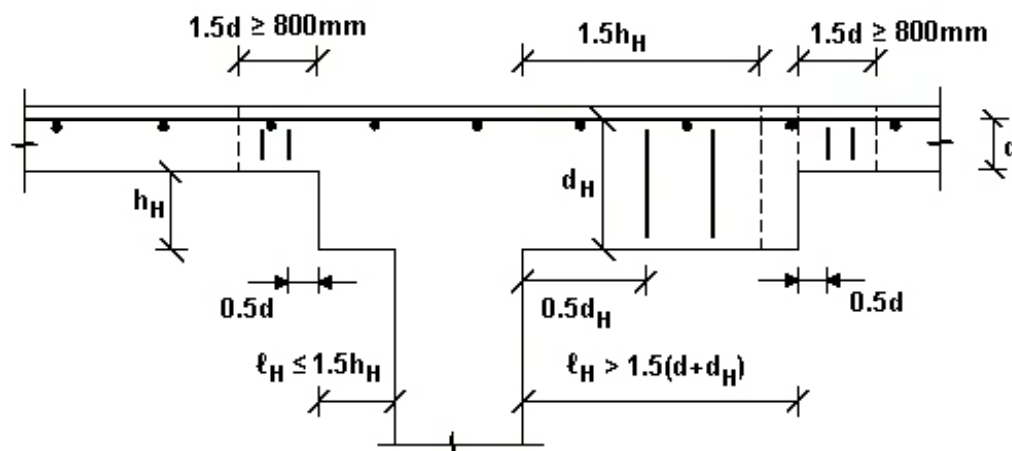
Σχήμα Σ 18.7α: Τυπική διάταξη οπλισμού διάτρησης σε πλάκα χωρίς διαπλάτυνση της κεφαλής του στύλου

β) Σε περίπτωση λοξών ράβδων εκείνες μόνο που διατέμνουν την επιφάνεια, η οποία βρίσκεται σε απόσταση όχι μεγαλύτερη από $2d$ ή 800mm από την φορτιζόμενη επιφάνεια.

β)



Σχήμα Σ 18.7α: Τυπική διάταξη οπλισμού διάτρησης σε πλάκα χωρίς διαπλάτυνση της κεφαλής του στύλου



Σχήμα Σ 18.7β: Τυπική διάταξη οπλισμού διάτρησης σε πλάκα με διαπλάτυνση της κεφαλής του στύλου

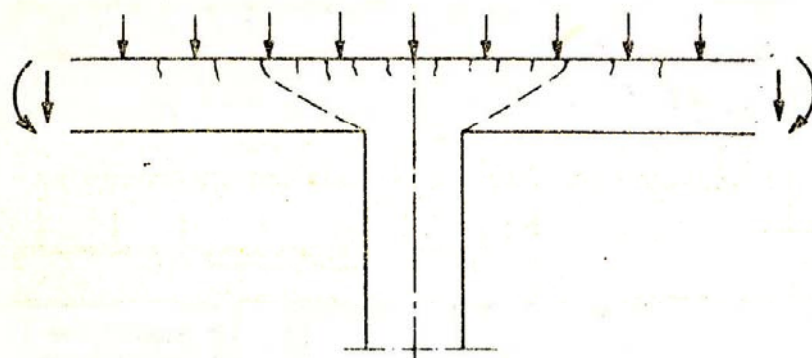
Για να περιορισθεί η πιθανότητα αλυσωτής κατάρρευσης, που θα μπορούσε να ξεκινήσει από μια τοπική αστοχία σε διάτρηση, συνιστάται να προβλέπεται στην πλάκα κάτω διαμήκης οπλισμός, ο οποίος να διέρχεται από τις διεπιφάνειες πλάκας - υποστυλώματος και να έχει καλή αγκύρωση εκατέρωθεν.

Δεν είναι δυνατό να γίνει κάποιος ακριβής υπολογισμός της συνεισφοράς αυτού του οπλισμού. Μπορεί προσεγγιστικά να χρησιμοποιείται η παρακάτω εμπειρική έκφραση:

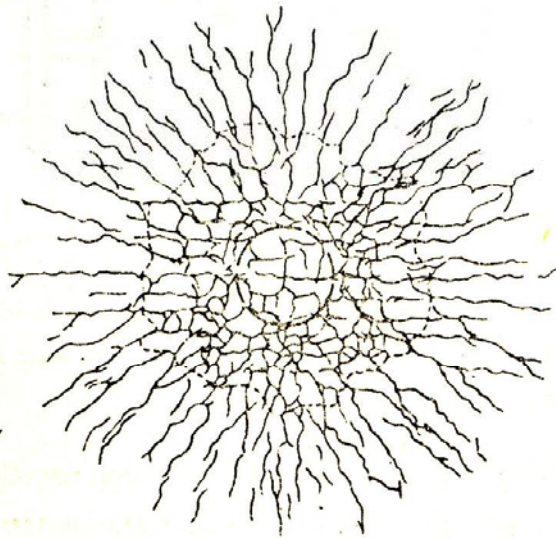
$$1.3 \cdot \left(\sum \emptyset^2 \right) \cdot \sqrt{f_{yk} \cdot f_{ck}} \geq V_{Sd}$$

Στη σχέση αυτή η άθροιση περιλαμβάνει όλες τις ράβδους που διέρχονται από τις διεπιφάνειες πλάκας-υποστυλώματος και αγκυρώνονται και στις δύο πλευρές. Μια ράβδος που διέρχεται ενιαία από τις δύο πλευρές μετριέται διπλά. V_{Sd} είναι η ολική τέμνουσα που μεταφέρεται στο υποστύλωμα.

Εικών ρηγματώσεως εις τομήν του υποστυλώματος

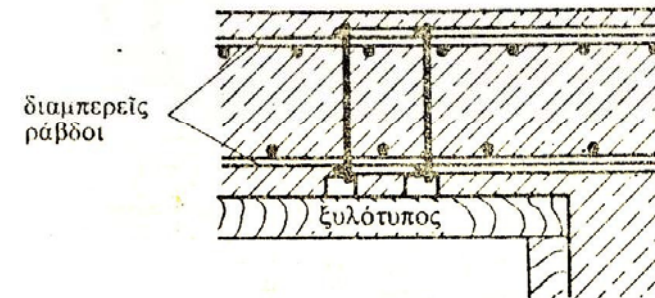


Εικών ρηγματώσεως εκ των άνω



Λεπτομέρεια "Α"

α) λεπτή πλάξ



β) παχέα πλάξ

συγκολλησις του άνω δακτυλίου μετά την τοποθέτησιν του άνω όπλισμού

