

Drill

Έλεγχος Διάτρησης

Έλεγχος πλακών οπλισμένου σκυροδέματος έναντι διάτρησης,
σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 2 (Μέρος 1)



Αθήνα, Ιούνιος 2009
version 1_0_1

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	ΓΕΝΙΚΑ.....	1
1.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.2	Η ΒΑΣΙΚΗ ΟΘΟΝΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ	2
2	ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ	3
2.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ	3
2.2	ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	4
2.3	ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΠΑΡΕΙΩΝ ΠΛΑΚΑΣ	8
2.4	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΟΠΩΝ	9
2.5	ΕΠΙΛΥΣΗ.....	10
3	Ο ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ ΠΛΑΚΑΣ	12
3.1	ΔΙΑΤΟΜΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ	12
3.2	ΤΑΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ $V_{ED,RED}$	13
3.3	ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	13
3.4	ΈΛΕΓΧΟΙ ΑΝΤΟΧΗΣ.....	14
	Βιβλιογραφία	17

1 Γενικά

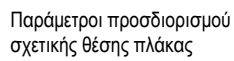
1.1 Εισαγωγή

Το πρόγραμμα χρησιμοποιείται για τον έλεγχο διάτρησης πλακών οπλισμένου σκυροδέματος σύμφωνα με τις διατάξεις του EC2: 1992-1-1 §6.4. Το πρόγραμμα λειτουργεί ανεξάρτητα από το FESPA. Τα αποτελέσματα του ελέγχου τυπώνονται σε τεύχος υπολογισμού το οποίο διαβάζεται από το «ΤΕΥΧΟΣ».

Τα πατώματα χωρίς δοκούς αποτελούν έναν επιφανειακό φορέα στον οποίο, η πλάκα στηρίζεται απ' ευθείας επί των υποστυλωμάτων. Υπό την δράση ενός συγκεντρωμένου φορτίου αναπτύσσονται στην περιοχή των υποστυλωμάτων θλιπτικές και διατμητικές τάσεις, που λόγω αυτών προκύπτουν κυκλικές ρωγμές, οι οποίες οδηγούν σε μείωση της δυσκαμψίας και σε ανακατανομή των ροπών από ακτινικές σε εφαπτομενικές.

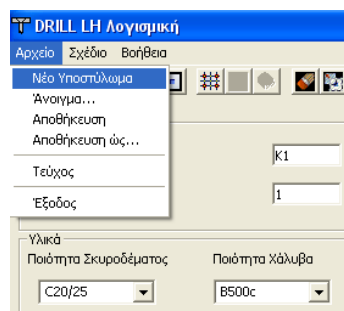
Με την αύξηση της φορτίσεως δημιουργούνται πρόσθετες κυκλικές ρωγμές από τις οποίες αναπτύσσονται διατμητικές ρωγμές υπό γωνία 300-350 που οδηγούν σε σημαντική μείωση της θλιβόμενης ζώνης στην παρειά του υποστυλώματος.

Η αστοχία σε διάτρηση επέρχεται, όταν εξαντληθεί η αντοχή της θλιβόμενης ζώνης ή του εφελκόμενου οπλισμού. Η αστοχία σε διάτρηση είναι δυσμενέστερη συγκρινόμενη με την αστοχία έναντι κάμψεως, καθώς μπορεί να προκαλέσει, χωρίς προειδοποίηση, απότομη ψαθυρή θραύση.



2 Χρήση του προγράμματος

2.1 Εισαγωγή διατομής υποστυλώματος



Εικόνα 2.1: Επιλογή εισαγωγής διατομής υποστυλώματος

Το πρόγραμμα πραγματοποιεί ελέγχους διάτρησης για τους ακόλουθους τύπους διατομών:

Τετραγωνική

Ορθογωνική

Διατομή Γ

Διατομή Z

Κυκλική

Τυχούσα

Η επιλογή πραγματοποιείται από την φόρμα, η οποία παρουσιάζεται στην Εικόνα 2.2.

Προβολή
περισσότερων τύπων
διατομών

Εικόνα 2.2: Φόρμα επιλογής τύπου διατομής υποστυλώματος

Στην περίπτωση κατά την οποία ο χρήστης επιλέξει «Τυχούσα» διατομή, του δίνεται η δυνατότητα να σχεδιάσει τη διατομή με έλξη στα σημεία του καννάβου.

2.2 Εισαγωγή παραμέτρων σχεδιασμού

Αναλυτική εισαγωγή
οπλισμού πλάκας ($\Phi d/d$).
Βλέπε επόμενη εικόνα.

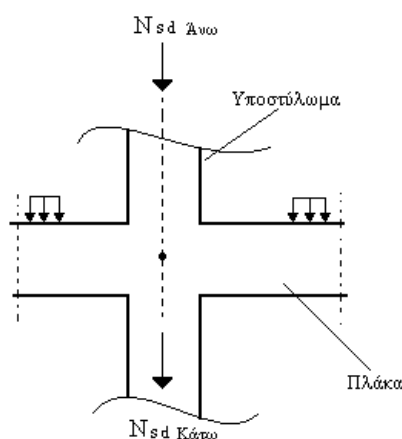
Εικόνα 2.3: Παράμετροι σχεδιασμού

Ο χρήστης επιλέγει τον τύπο της πλάκας που ελέγχει (πλάκα επί εδάφους ή πλάκα ανωδομής). Ακολούθως εισάγει την «Τέμνουσα Δύναμη Σχεδιασμού»

(kN), η οποία αντιστοιχεί στο αξονικό φορτίο του υποστυλώματος (V_{sd} κατά τους Ελ. Κανονισμούς) με την ειδοποιό διαφορά πως σε πλάκα ανωδομής λαμβάνεται η διαφορά των δυο αξονικών φορτίων πάνω και κάτω απ την πλάκα (βλ. παρατήρηση 1). Επίσης ο χρήστης εισάγει τις ποιότητες των υλικών καθώς και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της πλάκας (βλ. παρατήρηση 2). Η σχετική θέση του υποστυλώματος ως προς τις παρειές της πλάκας εισάγεται όπως αναπτύσσεται στην παράγραφο 2.3.

Παρατήρηση 1 :Υπολογισμός Τέμνουσας Δύναμης Σχεδιασμού για :

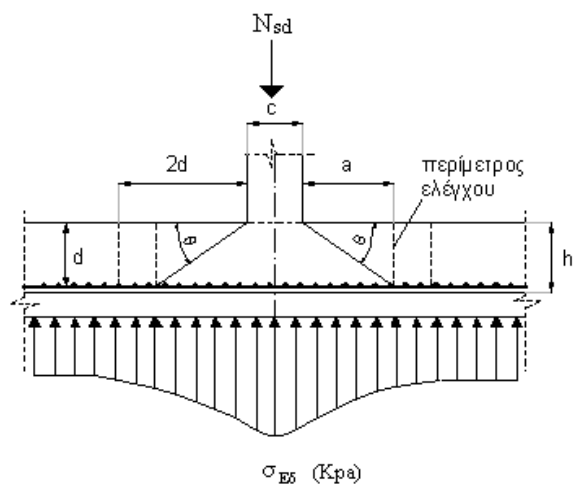
α) Πλάκα Ανωδομής, $V_{Ed} = N_{sd} \text{ Κάτω} - N_{sd} \text{ Άνω}$



Σχήμα 2.1:Υπολογισμός τέμνουσας δύναμης σε πλάκα ανωδομής

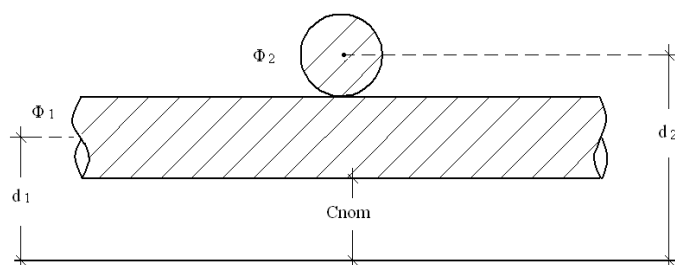
β) Γενική Κοιτόστρωση, $V_{Ed} = N_{sd}$

Η σεισμική συνιστώσα της αξονικής δύναμης πρέπει να πολλαπλασιάζεται με τον συντελεστή ικανοτικής μεγέθυνσης α_{cd} , ο οποίος για κοιτόστρωση λαμβάνεται ίσος με 1,35. (Βλ. ΕΑΚ §5.2.2[4] και EC8 - 1§4.4.2.6)



Σχήμα 2.2: Υπολογισμός τέμνουσας δύναμης σε γενική κοιτόστρωση

Παρατήρηση 2 : Γεωμετρικά χαρακτηριστικά πλάκας υπολογισμός C_{nom}



Σχήμα 2.3: Υπολογισμός d .

με στατικό ύψος πλάκας $d = \frac{d_1 + d_2}{2}$ όπου

$$d_1 = C_{nom} + \frac{\Phi_1}{2}$$

$$d_2 = C_{\text{nom}} + \Phi_1 + \frac{\Phi_2}{2}$$

Το ισοδύναμο ποσοστό οπλισμού της πλάκας για τις δύο διευθύνσεις εισάγεται είτε απευθείας, είτε από τη φόρμα υπολογισμού του ποσοστού με εισακτέα δεδομένα τη διάταξη και τις διαστάσεις των οπλισμών στις δύο διευθύνσεις (Εικόνα 2.4).

Ποσοστό Οπλισμού

Εισαγωγή Οπλισμού

Φ1 12 / cm Φ2 12 / cm

Asx= 5,64 cm2/m Asy= 5,65 cm2/m

ρlx= 0,237 % ρly= 0,237 %

Ισοδύναμο Ποσοστό Οπλισμού
0,237%

Ελάχιστο Απαιτούμενο ποσοστό
ρl= 8,52 %

Ok Ακύρωση

Εικόνα 2.4: Φόρμα εισαγωγής υπάρχοντος οπλισμού πλάκας

Στην περίπτωση κατά την οποία έχει δοθεί διατομή οπλισμού τότε το πρόγραμμα υπολογίζει το απαιτούμενο ποσοστό διαμήκους οπλισμού της πλάκας ώστε να μη χρειάζεται επιπλέον οπλισμός διάτρησης (με δεδομένα τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά, όπως αυτά έχουν προσδιορισθεί στις παραμέτρους σχεδιασμού).

Το πρόγραμμα λαμβάνει τον **συντελεστή εκκεντροτήτων ,β,** σύμφωνα με την διαδικασία που προτείνει ο EC2 §6.4.3(6), Ελληνικό Εθνικό Προσάρτημα. Ο χρήστης μπορεί να θέσει τη δική του τιμή.

Η **βασική περίμετρος ελέγχου** υπολογίζεται αυτόματα. Λαμβάνεται σε μια απόσταση 2,0d από την φορτιζόμενη επιφάνεια και ορίζεται ώστε να ελαχιστοποιείται το μήκος της. Εναλλακτικά ο χρήστης μπορεί να θέσει τη δική του τιμή. Ισχύουν:

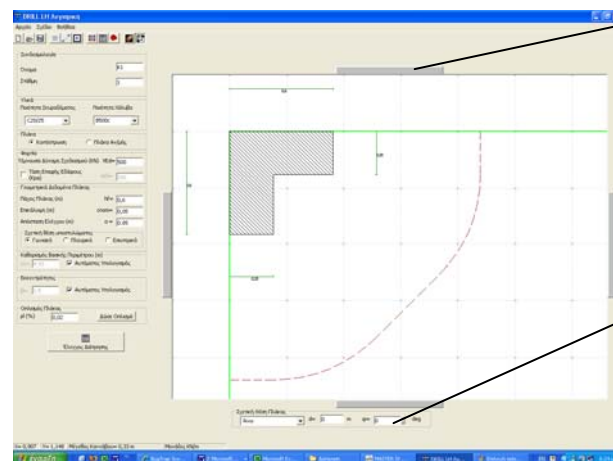
- Πλάκες Ανωδομής $u_1 = 2d$
- Κοιτόστρωση $u_1 = d$

Οι περίμετροι ελέγχου πρέπει να ορίζονται σε απόσταση μικρότερη από $2d$ όταν αντίθετα προς τη διεύθυνση του συγκεντρωμένου φορτίου δρα μια μεγάλη πίεση ή ένα φορτίο, ή αντίδραση μέσα σε μια απόσταση $2d$ από την περιφέρεια της επιφάνειας εφαρμογής του φορτίου EC2 §6.4.2(2) π.χ.:

- Η πίεση του εδάφους στη βάση
- Η αντίδραση πασσάλου

2.3 Εισαγωγή παρειών πλάκας

Από τις παραμέτρους σχεδιασμού, ο χρήστης επιλέγει τη «Σχετική θέση υποστυλώματος» ως προς την πλάκα, δηλαδή αν είναι «Εσωτερικό», «Πλευρικό» ή «Γωνιακό». Εναλλακτικά αυτό γίνεται και από τα 4 σχετικά πλήκτρα της περιοχής σχεδίασης, όπως φαίνεται στη Εικόνα 2.5



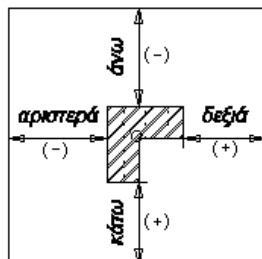
Κάνοντας κλικ σε αυτά τα πλήκτρα, εισάγεται άμεσα η παρειά της πλάκας

Εισαγωγή απόστασης και γωνίας παρειάς πλάκας από την αντίστοιχη πλευρά στύλου

Εικόνα 2.5: Εισαγωγή γωνιακού υποστυλώματος

Η εισαγωγή των παρειών της πλάκας πραγματοποιείται επί του σκαριφήματος όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.5. Η απόσταση της παρειάς της πλάκας από την αντίστοιχη πλευρά της διατομής εισάγεται επιλέγοντας την παρειά, πληκτρολογώντας την απόσταση και πατώντας [Enter].

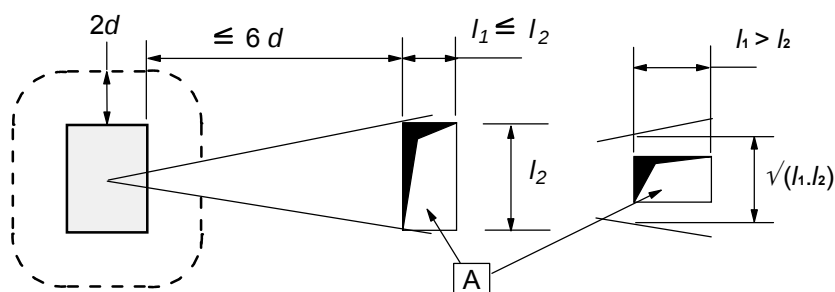
Θετικές τιμές του d , αυξάνουν την απόσταση της παρειάς προς τα δεξιά και προς τα κάτω της διατομής. Αρνητικές τιμές του d , αυξάνουν την απόσταση προς τα αριστερά και άνω (Σχήμα 2.4).



Σχήμα 2.4: Απόσταση πλάκας από παρειά υποστυλώματος.

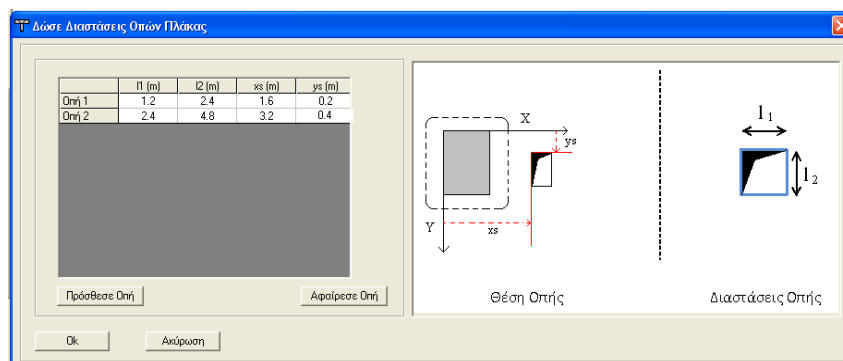
2.4 Περιγραφή οπών

Για επιφάνειες εισαγωγής του φορτίου (π.χ. υποστυλώματα) που βρίσκονται κοντά σε ανοίγματα (οπές), και όταν η ελάχιστη απόσταση μεταξύ του άκρου της επιφάνειας εισαγωγής του φορτίου και του άκρου του ανοίγματος δεν υπερβαίνει το $6d$, ένα μέρος της βασικής περιμέτρου ελέγχου που συνορεύει με το άνοιγμα πρέπει να θεωρηθεί ανενεργό. Το μέρος αυτό περιγράφεται από την απόσταση μεταξύ των δύο εφαπτόμενων που χαράσσονται από το κέντρο της επιφάνειας εισαγωγής του φορτίου προς την περίμετρο του ανοίγματος (Σχήμα 2.5). Το μήκος της πλευράς l_2 μετατρέπεται σε $\sqrt{l_1 l_2}$, εφόσον $l_1 > l_2$.



Σχήμα 2.5: Περίμετρος ελέγχου κοντά σε άνοιγμα

Η φόρμα εισαγωγής των οπών, με τις συγκεκριμένες διαστάσεις l_1 και l_2 καθώς και τις συντεταγμένες θέσεως από την αρχή του υποστυλώματος x_s και x_y σε (m) φαίνεται στην Εικόνα 2.6.



Εικόνα 2.6: Εισαγωγή διαστάσεων οπών πλάκας

2.5 Επίλυση

Με την εντολή «Έλεγχος Διάτρησης» το πρόγραμμα κάνει όλους τους αναγκαίους υπολογισμούς, από τους οποίους προκύπτει αν απαιτείται ή όχι επιπλέον οπλισμός διάτρησης στην πλάκα. Η ίδια σειρά αποτελεσμάτων αναγράφεται και στο παραγόμενο τεύχος υπολογισμών.

ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ

Κανονισμός
Έλεγχος Διάτρησης Πλάκας Ωπλισμένου Σκυροδέματος με EC2: 1992-1-1 Παρ. 6.4

Γενικά Στοιχεία

Στύλος	Στάθμη	Αντοχή Σκυροδέματος f _{ck} (MPa)	Αντοχή Χάλυβα f _{yk} (MPa)
K1	1	16	500

Γεωμετρικά Στοιχεία

Δεδομένα Πλάκας

Τύπος Πλάκας	Στατικό Ύψος d (cm)	Απόσταση Ελέγχου a (m)	Ποσοστό οπλισμού ρ _l (%)
Ανωδομής	0,238	0,476	0,02

Δεδομένα Υποστυλώματος

Τύπος Διατομής	Θέση	Περίμετρος u ₀ (m)	Βασική Περίμετρος u ₁ (m)
Ανάποδο Z	Εσωτερικό	7,10	12,47

Δεδομένα Φορτίσεων

Φορτίσεις

Φόρτιση α/α	Συντελεστής Εκκεντρότητας β	Τέμνουσα Σχεδιασμού β*V _{Ed} (KN)	Τάση Εδάφους σεδ (KPa)
1	1	500	0,00

Έλεγχοι Αντοχής

Έλεγχος Διάτρησης

Θέση Ελέγχου	Καθαρή Ασκούμενη Δύναμη V _{ed_red} (KN)	Τάση Σχεδιασμού v _{Ed} (MPa)	Ανίσωση Ασφαλείας	Αντοχή v _{Rd} (MPa)
Περίμετρος u ₀	500,00	0,30	<	3,00
Περίμετρος u ₁	500,00	0,17	<	0,37

Οπλισμός Διάτρησης
Δεν απαιτείται οπλισμός διάτρησης
? : Μη πληρούμενο κριτήριο

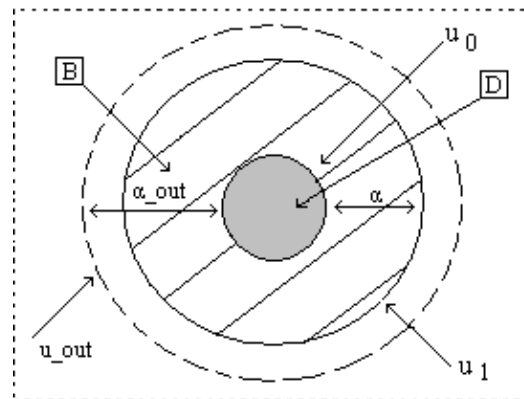
OK

Εικόνα 2.7: Μορφή αποτελεσμάτων ελέγχου διάτρησης.

3 Ο έλεγχος διάτρησης πλάκας

3.1 Διατομές ελέγχου

Ο έλεγχος διάτρησης πραγματοποιείται σε δύο διατομές ελέγχου και συγκεκριμένα στην περίμετρο του υποστυλώματος και στην βασική περίμετρο σχεδιασμού (Εικόνα 3.1). Η βασική περίμετρος ελέγχου (αλλιώς: περίμετρος φορτιζόμενης επιφάνειας) εξαρτάται από το πάχος της πλάκας, το σχήμα της διατομής του υποστυλώματος και τη σχετική θέση του τελευταίου ως προς τις παρειές της πλάκας.



Εικόνα 3.1: Μοντέλο υπολογισμού για τον έλεγχο της Ο.Κ. αστοχίας από διάτρηση

B :Βασική επιφάνεια ελέγχου A_{cont}

D : Φορτιζόμενη επιφάνεια A_{load}

u_0 : Περίμετρος υποστυλώματος

u_1 : Βασική περίμετρος ελέγχου

u_{out} : Εξώτατη περίμετρος οπλισμού

α : Απόσταση ελέγχου

a_{out} : Εξώτατη απόσταση ελέγχου

Στην περίπτωση κατά την οποία απαιτείται οπλισμός διάτρησης, αυτός τοποθετείται εντός των ορίων μίας εξώτατης περιμέτρου u_{out} . Σε κάθε περίπτωση, η δρώσα τάση διάτρησης υπολογίζεται από την Σχέση (3.1):

$$V_{Ed} = \frac{V_{Ed}}{u \cdot d} \quad (3.1)$$

όπου :

V_{Ed} : η δρώσα διατμητική τάση

V_{Ed} : η τέμνουσα δύναμη σχεδιασμού

u : η εξεταζόμενη περιμέτρος ελέγχου

d : το μέσο στατικό ύψος της πλάκας (§2.2 Σχήμα 2.3)

3.2 Τάση εδάφους $V_{Ed,red}$

Στην περίπτωση ελέγχου διάτρησης σε πέδιλα ή πλάκες κοιτόστρωσης, επιτρέπεται να αφαιρείται από την επιβαλλόμενη δύναμη η συνισταμένη των πιέσεων επαφής εντός της περιμέτρου ελέγχου, η οποία δρα ανακουφιστικά. Σε αυτήν την περίπτωση η τέμνουσα σχεδιασμού λαμβάνει την τιμή με βάση την (6.48 §6.4.4 E.C.2) :

$$V_{Ed,red} = V_{Ed} - \Delta V_{Ed} \quad (3.2)$$

όπου

$$\Delta V_{Ed} = (\sigma_{ed} - \gamma_{\pi} \cdot h_{\pi}) A_{cont} \quad (3.3)$$

$V_{Ed,red}$: Καθαρή ασκούμενη δύναμη

ΔV_{Ed} : Καθαρή ασκούμενη δύναμη που δρα προς τα πάνω εντός της θεωρούμενης περιμέτρου ελέγχου, δηλ. η προς τα πάνω εδαφική πίεση μείον το ίδιο βάρος της βάσης του υποστυλώματος

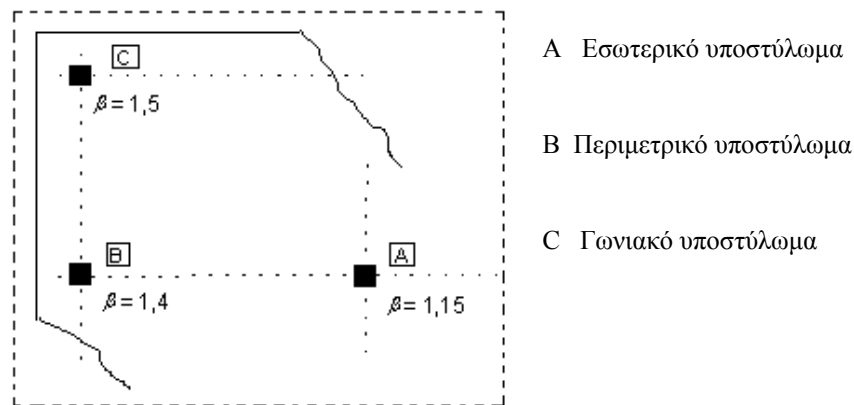
3.3 Εκκεντρότητες σχεδιασμού

Στις περιπτώσεις όπου η αντίδραση σε μια στήριξη (δύναμη σχεδιασμού) δρα έκκεντρα ως προς το κέντρο βάρους της διατομής του υποστυλώματος, η σχέση (3.1) γίνεται:

$$\text{Πλάκα ανωδομής: } v_{Ed} = \beta \frac{V_{Ed}}{u \cdot d} \quad (3.4)$$

$$\text{Γενική κοιτόστρωση: } v_{Ed} = \beta \frac{V_{Ed,red}}{u \cdot d} \quad (3.5)$$

όπου β ο συντελεστής εκκεντρότητας, η τιμή του οποίου προσδιορίζεται σύμφωνα με τη διαδικασία της παραγράφου 6.4.3(6) του Ε.Κ.2. Στις συνήθειες περιπτώσεις φορέων όπου η ευστάθεια υπό οριζόντια φορτία δεν εξαρτάται από την πλαισιακή λειτουργία μεταξύ πλακών και υποστυλωμάτων και στους οποίους τα γειτονικά ανοίγματα δεν διαφέρουν παραπάνω από 25%, μπορεί να χρησιμοποιούνται προσεγγιστικές τιμές για το β οι οποίες δίδονται στο Σχήμα 3.1:



Σχήμα 3.1: Συνιστώμενες τιμές για το β

3.4 Έλεγχοι αντοχής

Η διαδικασία σχεδιασμού έναντι διάτρησης βασίζεται σε ελέγχους τόσο στην παρειά του υποστυλώματος όσο και στην βασική περίμετρο ελέγχου u_1 . Αν απαιτείται οπλισμός διάτρησης, πρέπει να προσδιορίζεται και μια άλλη περίμετρος u_{out} . Ορίζονται οι ακόλουθες διατμητικές τάσεις σχεδιασμού (σε MPa) στις διατομές ελέγχου:

$v_{Rd,c}$: είναι η τιμή σχεδιασμού της αντοχής σε διάτρηση μιας πλάκας χωρίς οπλισμό διάτρησης, στην εξεταζόμενη διατομή ελέγχου.

$v_{Rd,cs}$: είναι η τιμή σχεδιασμού της αντοχής σε διάτρηση μιας πλάκας με οπλισμό διάτρησης, στην εξεταζόμενη διατομή ελέγχου.

$V_{Rd,max}$: είναι η τιμή σχεδιασμού της μέγιστης αντοχής σε διάτρηση στην εξεταζόμενη διατομή ελέγχου.

Οι απαιτούμενοι έλεγχοι συνοψίζονται στα παρακάτω:

1. Τόσο στην περίμετρο του υποστυλώματος όσο και στην περίμετρο της φορτιζόμενης επιφάνειας θα πρέπει να ισχύει:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,max} \quad (3.6)$$

όπου

$V_{Rd,max}$: Μέγιστη αντοχή σε διάτρηση στην εξεταζόμενη διατομή ελέγχου

Αν δεν ικανοποιείται ο παραπάνω έλεγχος τότε απαιτείται αλλαγή του πάχους της πλάκας ή των διαστάσεων του υποστυλώματος.

2. Οπλισμός διάτρησης δεν απαιτείται όταν ικανοποιείται η ακόλουθη ανίσωση ασφαλείας:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,c} \quad (3.7)$$

όπου

$V_{Rd,c}$: Μέγιστη αντοχή σε διάτρηση πλάκας χωρίς οπλισμό διάτρησης στην εξεταζόμενη διατομή ελέγχου.

Για την περίπτωση πλακών ανωδομής η αντοχή έναντι διάτρησης υπολογίζεται με βάση την σχέση (6.47 §6.4.4 E.C.2):

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp} \geq (v_{min} + k_1 \sigma_{cp}) \quad (3.8)$$

Αντίστοιχα για την περίπτωση πλάκας επί εδάφους, η αντοχή έναντι διάτρησης προκύπτει από την (6.50 §6.4.4 E.C.2):

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} \frac{2d}{a} \geq v_{min} \frac{2d}{a} \quad (3.9)$$

όπου:

f_{ck} σε MPa

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0 \quad d \text{ σε mm}$$

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{ly} \cdot \rho_{lz}} \leq 0,02$$

ρ_{ly}, ρ_{lz} αναφέρονται στον εφελκόμενο οπλισμό με συνάφεια στις διευθύνσεις y και z, αντιστοίχως. Οι τιμές ρ_{ly} και ρ_{lz} πρέπει να υπολογίζονται ως μέσες τιμές, θεωρώντας ένα πλάτος πλάκας ίσο προς το πλάτος του υποστύλωματος συν $3d$ σε κάθε πλευρά.

Όταν η τάση σχεδιασμού υπερβαίνει τη μέγιστη αντοχή $V_{Rd,c}$ τότε απαιτείται οπλισμός διάτρησης το εμβαδό του οποίου υπολογίζεται σύμφωνα με την ακόλουθη εξίσωση:

$$V_{Ed} = v_{Rd,cs} = 0.75v_{Rd,c} + 1.5(d/s_r)A_{sw}f_{ywd,ef}(1/(u_1d))\sin(\alpha) \quad (3.10)$$

όπου:

A_{sw} : είναι το εμβαδόν του οπλισμού διάτρησης κατά μήκος μιας από τις περιμέτρους γύρω από το υποστύλωμα [mm²]

s_r : είναι η αξονική απόσταση των περιμέτρων του οπλισμού διάτρησης [mm]

$f_{ywd,ef}$: είναι η δρώσα τιμή σχεδιασμού της αντοχής του οπλισμού διάτρησης, σύμφωνα με τη σχέση $f_{ywd,ef} = 250 + 0,25 d \leq f_{ywd}$ [MPa]

d : είναι ο μέσος όρος των στατικών υψών σε δύο κάθετες διευθύνσεις [mm] (§2.2 Σχ. 3)

α : είναι η γωνία που σχηματίζει ο οπλισμός διάτρησης με το επίπεδο της πλάκας

$C_{Rd,c}$: $C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c$

v_{min} : $v_{min} = 0,035 k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$

k_1 : $k_1 = 0,1$

Για τη συνήθη περίπτωση που χρησιμοποιείται μόνο μία σειρά κεκαμμένων προς τα κάτω ράβδων τότε ο λόγος d/s_r λαμβάνεται ίσος με 0.67 (EC2 – 6.4.5(1)) και επιπλέον για $\alpha = 900$, η σχέση (3.10) απλοποιείται στην ακόλουθη:

$$V_{Ed} = v_{Rd,cs} = 0.75v_{Rd,c} + \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd,eff}}{u_1 \cdot d} \quad (3.11)$$

οπότε ο απαιτούμενος οπλισμός διάτρησης A_{sw} περιγράφεται από τη σχέση (3.12):

$$A_{sw} \geq u_1 \cdot d (v_{Ed} - 0.75v_{Rd,c}) / f_{ywd,eff} \quad (3.12)$$

Βιβλιογραφία

Αγγλική

[EC2-1-1] «EN 1992-1-1 Eurocode 2: Design of Concrete Structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings», CEN, 4/2004.