



Ε
Μ
Π

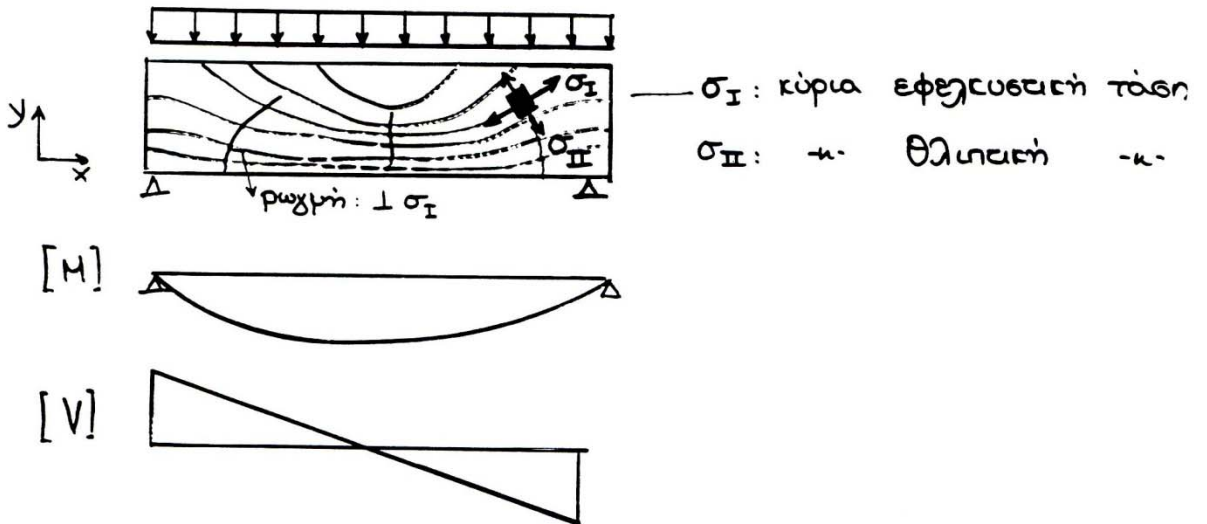
Οριακή Κατάσταση Αστοχίας από Τέμνουσα Με & Χωρίς Σεισμό

Π. Γιαννόπουλος

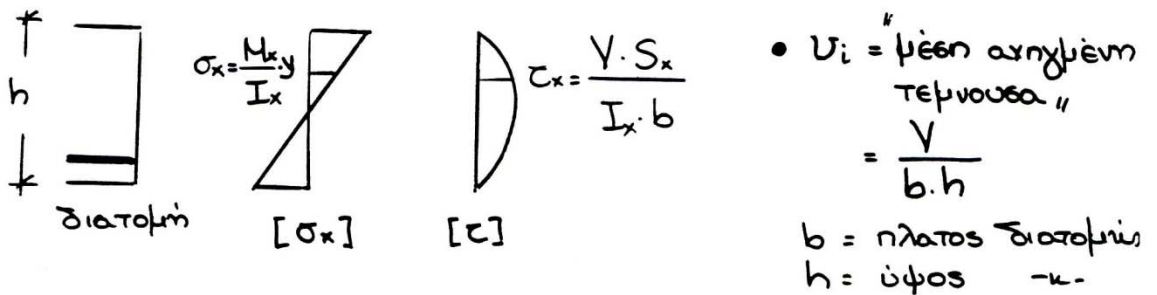
Εργαστήριο
Ωπλισμένου
Σκυροδέματος

Το πρόβλημα της "διατήρησης"

- Στην περίπτωση μιας άοτης δοκού (ομογενές σώμα).
 οι τροχίες των εφεξουστικών τάσεων " σ_I " που δημιουργούνται είναι:



- Ο οπλισμός διατηρείται απομονωμένος στην ανώτερη της λοξής εφεξωτερικής τάσης " σ_I ".
- Διατηρείται τάσεις " τ " δεν υφίσταται στην φύση. Προκύπτει από την ανώτερη των κύριων τάσεων σ_I, σ_{II} με σύστημα αξόνων X, Y



- Προσομοιώματα μεταφοράς τέμνουσας

"Δικτύωμα Mörsch"



- Για τον υπολογισμό του απαιτούμενου οπλισμού διατμήσεως χρησιμοποιείται το κλασικό δικτύωμα Mörsch, έστω και αν στην περίπτωση $\frac{b}{b_w} \sim 1$ υπολογίζονται περισσότεροι ενδομήρες από όσους απαιτούνται (δίνει αφεχείται η ελκυσφόρα του μηχανισμού τόξου στην μεταφορά της τέμνουσας).

(Αν και ο μηχανισμός διατμήματος περιγράφει -κυρίως- την συμπεριφορά λεπτοκορμών δοκών, με N : μικρό, χρησιμοποιείται ευρύτερα για τον υπολογισμό του οπλ. διατμήσεως των γραμμικών στοιχείων).

11. ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΑΠΟ ΤΕΜΝΟΥΣΑ

- Ισχύει για :
- κορμούς δοκών
 - ηλάνες
 - στοιχεία υπό θλίψη, παρουσία V , με διαμήκη οπ. βάσει της § 10
 - κορμούς τοιχωμάτων
 - εώματα κόμβων

- ΔΕΝ ισχύει για
- υψικορμής δοκούς
 - βραχείς προβόλους

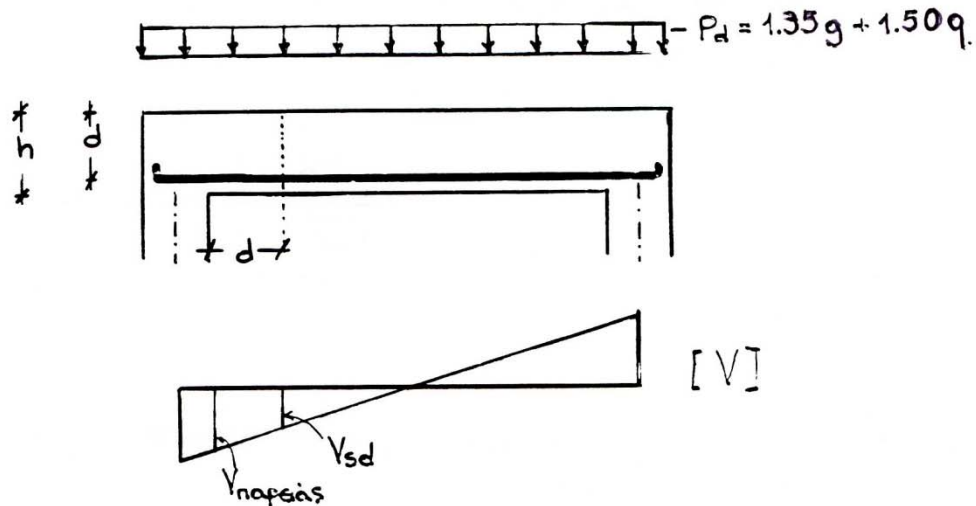
11.1 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΧΩΡΙΣ ΟΠΛΙΣΜΟ ΔΙΑΤΜΗΣΕΩΣ

11.1.1 Γενικά

- Μόνον σε στοιχεία μικρής εμβείας
- ή σε στοιχεία με ικανότητα κατανόμης του φορτίου σε διεύθυνση κάθετη προς τα φορτία και προς το άνοιγμα, χωρίς σημαντικές εφεξυςτικές δυνάμεις
δηλαδή: συνήθεις ηλάνες
- Σε περίπτωση συνδυασμού τέμνουσας και στρέψης απαιτείται ειδικός οπλισμός (§ 12.2.3 & 18.3.7)

- Όταν : $V_{sd} \leq V_{Rd1}$: ΔΕΝ απαιτείται οπρ. διατμήσεως

όπου : V_{sd} = επιβαρυνόμενη τέμνουσα εφελκυσμού
υπολογίζεται σε απόσταση d , από την παρεια
(δίδει στην άμεση γειτονία της ετήριξης
επικρατεί μέγιστη θλίψη).



$$V_{Rd1} = [\tau_{Rd} \cdot k \cdot (1.2 + 40 \rho_l) + 0.15 \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d \quad (11.2)$$

όπου : b_w = το εγγύιστο πλάτος στο ύψος d

τ_{Rd} = διατμητική αντοχή εφελκυσμού έναντι προχύατωσης

$$= 0.25 \cdot f_{ctd} = 0.25 \frac{f_{ctk0.05}}{\gamma_c}, \quad \gamma_c = 1.5$$

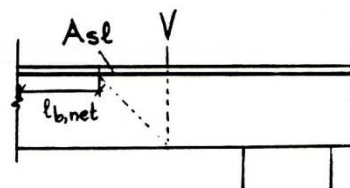
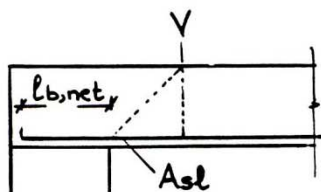
Πιν. 11.1

f_{ck}	12	16	20	25	30	35	40
τ_{Rd}	0,18	0,22	0,26	0,30	0,34	0,37	0,41

f_{ck}, τ_{Rd} σε MPa

- $k = 1.6 - d \leq 1.0$ (d σε μέτρα)
- d = στατικό ύψος
- $\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} \geq 0.02$
- $\sigma_{cp} = N_{sd} / A_c$, όπου N_{sd} : ορθή δύναμη λόγω φόρτισης και προέντασης (θλίψη: > 0)

- A_{sl} = διακοπή διαμήκους εφεξυόμενου οπλισμού που επεκτείνεται πέραν της διακομής υπολογισμού της V_{rd1} κατά: $d + l_{b,net}$



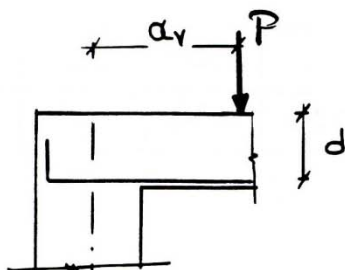
- Σε περίπτωση διαμήκους οπλισμού με $\phi > b_w/8$, ως πλάτος κορμού λαμβάνεται:

$$b_w = \frac{1}{2} \sum \phi$$

b_w : πλάτος κορμού στο εξεταζόμενο επίπεδο

$\sum \phi$: άθροισμα διαμέτρων διαμήκων ράβδων στο επίπεδο αυτό

11.1.2.2 Συγκεντρωμένα γραμμικά φορτία στην περιοχή των στηρίξεων



Εαν ασκούνται συγκεντρωμένα φορτία σε απόσταση:

$$a_v < 2,5d \text{ από τον άξονα της στήριξης}$$

$$\text{Τότε: } V_{rd1} \rightarrow \beta \cdot V_{rd1}$$

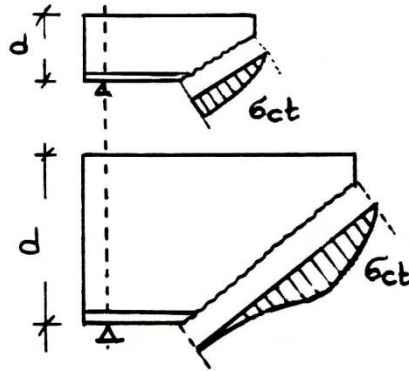
$$1 < \beta = \frac{2,5d}{a_v} < 3,0$$

- Ο συντελεστής β , λαμβάνεται υπόψη όταν ισχύουν:
 - α) Αμεση στήριξη (το φορτίο και η αντίδραση στήριξης προκαλούν διαχώνια θλίψη)
 - β) Σε αμεσά στήριξη: Ο απαιτούμενος εφεξυόμενος οπλισμός στη θέση του φορτίου επεκτείνεται μέχρι την στήριξη και αγκυρώνεται πέρα από την εξωτερική παρειά της
 - Σε ενδιάμεση στήριξη: Ο απαιτούμενος εφεξυόμενος οπλ. στην στήριξη επεκτείνεται και αγκυρώνεται πέρα από την περιοχή εφαρμογής του φορτίου

- Σχολιασμός των παραμέτρων της Εξ. (11.2) του V_{Rd1}

- Φαινόμενα κλίμακος: $k = 1,6 - d^{[m]} \geq 1,0$

i) Θραυστομηχανική



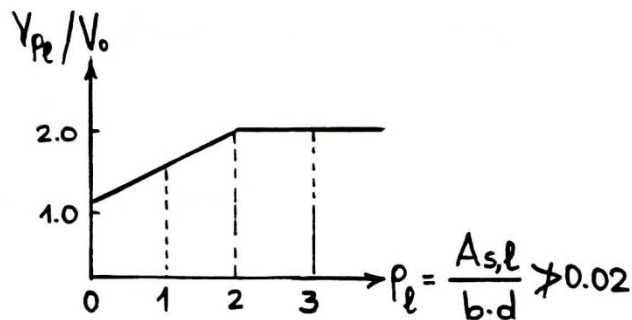
→ Όσο μεγαλύτερο είναι το "d", τόσο μικρότερο ποσοστό του $b \cdot d$ συμπεριλαμβάνεται στην ανάλυση των εφ. τάσεων σ_{ct}

ii)



→ $\uparrow d \rightarrow \downarrow$ ενεργοποίηση του μηχανισμού μεταφοράς V μέσω επιφανείας αδρανών

- Ρόλος του διαμήκους οπλισμού: $(1,2 + 40 \rho_l)$



→ μείωση εύρους γόφης ρωγμής → ενεργότερη επιφανεία αδρανών

11.2 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΕ ΟΠΛΙΣΜΟ ΔΙΑΤΜΗΣΕΩΣ

11.2.1. Γενικά

- Πρόβλεψη ελάχιστου ογκισμού διατμήσεως
(§ 18.1.6, § 18.3.4)
- Κλίση του ογκ. διατμήσεως : $\geq 45^\circ$
(Εξαιρείται ο ογκισμός διατμήσεως των γκαρών)
- Κατά τον υπολογισμό του ογκισμού διατμήσεως πρέπει να λαμβάνονται:
 $f_{yk} \leq 500 \text{ MPa}$: χάλυβες υψηλής συνάφειας
 $f_{yk} \leq 360 \text{ MPa}$: χείλοι χάλυβες
- Λοξές ράβδοι επιτρέπεται να τοποθετούνται μόνον όταν υπάρχουν και συνδετήρες με γωνία 90° ως προς τον διαμήκη άξονα του στοιχείου
και: $V_{\text{ευδ}} > V_{\text{λοξ.}}$ γενικώς
 $V_{\text{ευδ}} \geq 0.65 V_{\text{sd}}$ με απαιτήσεις ανε/τότητας
- Η οριακή κατάσταση αστοχίας από τέμνουσα χαρακτηρίζεται:
 - είτε από διαχώνιση θλίψης του εκτροδέματος (θραύση του κορμού)
 - είτε από εφελκυσμό του ογκισμού διατμήσεως (διαρροή του ογκ. διατμήσεως)

11.2.2. Διαδικασία ελέγχου

α) Έλεγχος περιορισμού θλίψεως κορμού

Οι διαστάσεις του κορμού πρέπει να είναι τέτοιες ώστε :

$$\underline{V_{sd} \leq V_{Rd2}} \quad (11.4)$$

- Πρέπει να ελέγχεται η παρεία: -όμμεσης
και -έμμεσης ετήριξης

β) Έλεγχος σημείου έναντι τένιουσών

$$\underline{V_{sd} \leq V_{Rd3}} \quad (11.5)$$

$$\text{όπου: } \underline{V_{Rd3} = V_{wd} + V_{cd}} \quad (11.6)$$

V_{wd} : τένιουσα που αναλαμβάνεται από τους
ευνδετήρες κατά τη χειρουργία του διευκρίματος

V_{cd} : τένιουσα που αναλαμβάνει το βερόδεμα

- Ο έλεγχος της V_{Rd3} μπορεί να γίνει σε απόσταση " d "
(=στατικό ύψος) από την παρεία μιας όμμεσης ετήριξης
όμως ο σημειός διατήρησης που υποχρεύεται
συνεχίζεται σε ΟΛΟ το μήκος μέχρι τη ετήριξη.

11.2.3 Υπολογισμός αραχών

11.2.3.1 Τέμνουσα αραχής σχεδιασμού λόγω θλίψεως κορμού

- Για γραμμικά στοιχεία και τοιχώματα:

$$V_{Rd2} = \frac{1}{2} \gamma \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot 0,9d \quad (11.7)$$

$$\text{όπου } \gamma = 0,70 - \frac{f_{ck}}{200} \leq 0,50 \quad (f_{ck} \text{ σε MPa})$$

→ αν υπάρχουν κεκλιμένοι συνδετήρες με γωνία " α ":
 $45^\circ < \alpha < 90^\circ$, η τιμή της V_{Rd2} μπορεί να αυξηθεί, πολλαπλασιάζουμε επί $(1 + \cot \alpha)$

→ αν υπάρχουν ορθές δυνάμεις
(π.χ. αξονική σε τοιχώματα ή υποστοιχώματα):
η V_{Rd2} μειώνεται:

$$V_{Rd2,red} = 1,67 \cdot V_{Rd2} \left(1 - \frac{\sigma_{cp,eff}}{f_{cd}}\right) < V_{Rd2} \quad (11.8)$$

$$\text{όπου : } \sigma_{cp,eff} = \frac{N_{sd} - f_{yk} \cdot A_{s2} / \gamma_s}{A_c}$$

A_{s2} = η διατομή του οπλισμού στη θλιβόμενη ζώνη

f_{yk} = χαρακτηριστική τιμή ορίου διαρροής των θλιβόμενων οπλισμών

$$f_{yk} / \gamma_s \leq 400 \text{ MPa}$$

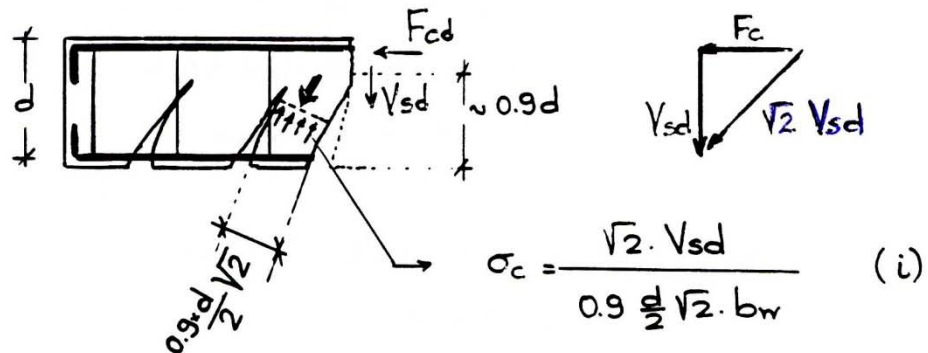
→ αν ο κορμός περιέχει ράβδους ή τένοντες με $\phi > \frac{b_w}{8}$
λαμβάνεται :

$$b'_w = b_w - \frac{1}{2} \sum \phi$$

όπου : $\sum \phi$ = άθροισμα διαμέτρων ράβδων διαμήκους στη
στη δυσμενέστερη θέση

- Ελεγχος έναντι ροής θλίψης του κορμού

Ιδιαίτερα σε : - γεφύες προεντεταμένες δοκούς
- υποστυλώματα και τοιχώματα



Θα πρέπει : $\sigma_c \leq f_{cd}^* = \gamma \cdot f_{cd}$ (ii)

όπου: γ = μειωτικός συντελεστής της αντοχής του εκυροδέματος

(λόγω της ψαθυρότητας του εκυροδέματος δεν θεωρούμε ότι εξαντλείται η αντοχή του)

(i) $\xrightarrow{(ii)}$ $V_{sd} \leq \frac{1}{2} \gamma \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot 0,9d = V_{Rd2}$ (11.4)

11.2.3.2 Τέμνουσα αντοχής σχεδιασμού γύρω ογκισμού διαφύσεως

11.2.3.2α Συνδυασμοί δράσεων χωρίς σεισμό

- Για όλα τα δομικά στοιχεία:

$$V_{cd} = V_{Rd1} \quad (11.10)$$

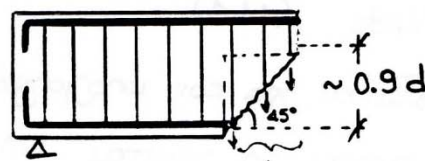
$$V_{wd} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot 0,9d \cdot f_{ywd} (1 + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha \quad (11.11)$$

όπου: A_{sw} = διαφνή ογκισμού διαφύσεως (γωνιακή)

s = απόσταση μεταξύ ογκισμού διαφύσεως

α = γωνία κλίσεως ογκ. διαφύσεως

$0,9d \equiv z$ = μοχλοβραχίονας εσωτερικών δυνάμεων



για $\alpha = 90^\circ$: $(1 + \cot \alpha) \sin \alpha$

$$V_{wd} = \left(\frac{0,9d}{s} \right) \times A_{sw} \times f_{ywd}$$

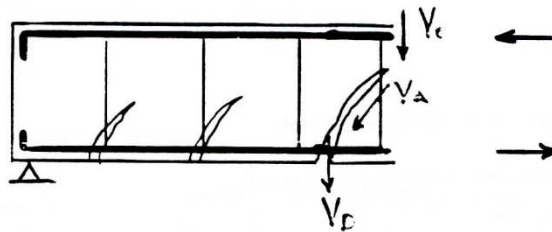
αριθμός συνδετήρων που τέμνονται
από την ρωχή

- Μηχανισμοί μεταφοράς τέμνουσας μετά την ρωγμάτωση

Αντοχή σε τέμνουσα:

$$\frac{V_{Rd3}}{A} = \frac{V_{wd}}{A} + \frac{V_{cd}}{A} \quad (11.6)$$

οπλ. διατμήσεως + σκυρόδεμα



- Η τέμνουσα που μεταφέρεται από το σκυρόδεμα είναι:

$$V_{cd} = V_o + V_A + V_D$$

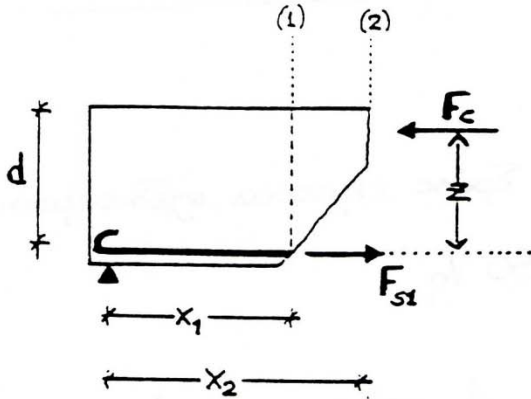
όπου: V_o = τέμνουσα λόγω διατμ. τάσεων στην θλιβόμενη ζώνη

V_A = τέμνουσα λόγω εμβολικής αδρανίων κατά μήκος της ρωγμής (ξτρίβη)

V_D = λόγω δωάνμεων βλήτρου του διαμήκους οπλ.

- Στην περίπτωση βίαιου μεγέθους εντάσεως (ενοχρασμένη τέμνουσα) δημιουργούνται διασταυρούμενες ρωγμές και οι πιο πάνω μηχανισμοί δεν ενεργοποιούνται πλήρως
 $\Rightarrow$ μειωμένη V_{cd} (βλ. § 11.2.3.2β)

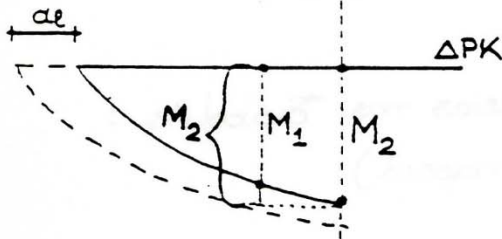
Άλλες συνέπειες της δοξής ρηγματώσεως



Από την ισορροπία του
αριστερά τμήματος έχουμε
ότι :

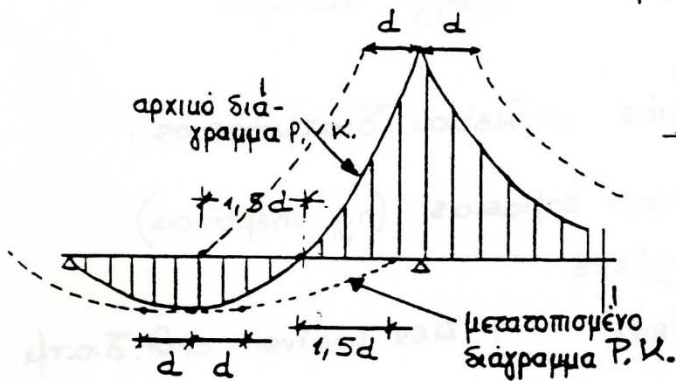
$$M_2 = F_{S_1} \cdot Z \Rightarrow$$

$$F_{S_1} = \frac{M_2}{Z}$$



Δηλ. η δύναμη του οπλισμού στην θέση (1) εξαρτάται από τη ροπή στη θέση (2) ($M_2 > M_1$). Έτσι για τον έλεγχο της ασφάλειας θα πρέπει να μετατοπιστεί το διάγραμμα ροπών προς τα σημεία μηδενισμού κατά ένα μήκος :

$$\alpha_e = \frac{V_{sd} \cdot s}{2 \cdot A_{sw} \cdot f_{yd} \cdot \sin \alpha} - d \cdot \cot \alpha \quad \nless 0.5d$$



Για απλούστευση μπορεί να
ληφθεί $a_0 = d$, ενώ
στα σημεία μηδενισμού
στις εσωτερικές στήλες

$\tau_2 = 1,5 d$ (λόγω πρόσδετων αβεβαιοτήτων).

Με τη μετατόπιση: αυτή δεν αυξάνεται ο μέγιστος σπληνικός ανοίγματος ή σπληνίξεως, απλώς: — αλληλίζουν οι δυνατές θέσεις που σπάνε τα σίδερα — αυξάνει η ανάγκη για υψηλή αγωγή του σπληνισμού στις αυραίες σπληνίξεις (μιας και η ροπή δεν είναι πια μηδενική).

► Συνοπτική διαδικασία ελέγχου έναντι τέμνουσας
(χωρίς σεισμό)

βήμα 1^ο : Υπολογίζεται η δράση τέμνουσα σχεδιασμού:

$$V_{sd} = 1,35 V_g + 1,50 V_q$$

- στην παρεια
- και σε απόσταση d από την παρεια
- Αν υπάρχουν συγκεντρωμένα φορτία "κοντά" στην ετήριξη : μειώνονται κατά 33%

βήμα 2^ο : Έλεγχος επάρκειας της διατομής :
(γίνεται στην παρεια)

$$V_{sd} \leq V_{Rd2}$$

αν ΟΧΙ $\rightarrow$ αλλαγή διατομής

βήμα 3^ο : Υπολογισμός οντισμού διατμήσεως :

3.1) Σε στοιχεία : - μικρής σημασίας (π.χ. υπέρθυρα)
- ηγάρτες

- Αν $V_{sd} \leq V_{Rd1}$: Δεν μπαίνει ονλ. διατμή.
- Αν $V_{sd} > V_{Rd1}$: Ονλ. διατμή. κατά τμ. 3.2

3.2) Ο οντισμός διατμήσεως πρέπει να αναγραφώνει V :

$$V_{wd} = V_{sd} - V_{cd}$$

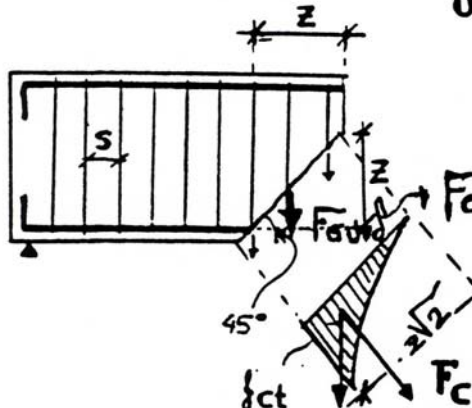
↑ σε απόσταση d από παρεια

3.3) Έλεγχος : αν τηρούνται οι κατασκευαστικές διατάξεις

- για τον ελάχιστο οντισμό (ξ 18.34., ξ 18.4.4.2)
- για τις μέγιστες αποστάσεις σωδότηρων

Ελάχιστος οπλισμός

Απαιτηση: Αυόμη και αν η διατομή είναι σε θέση να μεταφέρει την τέμνουσα μέσω εφελκυστικών τάσεων κατά μήκος της πιθανής ρωγμής, πρέπει να τοποθετηθεί οπλισμός ικανός να παραλάβει όλη την τέμνουσα που μπορεί να μεταφέρει το συρόδεμα μόνο του, τη στιγμή της δοξής ρηγματώσεως, ώστε να μην έχουμε ψαθύρη θραύση :



$$F_{\text{stirrups}} = F_{\text{crack}}$$

$$F_{\text{crack}} = \frac{z}{s} (A_{sw} \cdot f_{sy})$$

$$F_{ct} = (z \sqrt{2} b_w) \frac{1}{3} f_{ct}$$

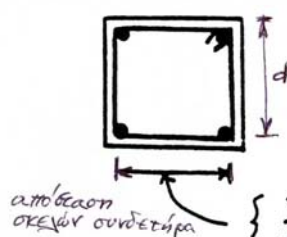
$$z \cdot b_w \cdot \frac{1}{3} f_{ct} \hat{=} \frac{z}{s} A_{sw} \cdot f_{sy} \rightarrow \frac{A_{sw}}{b \cdot s} = \frac{1}{3} \cdot \frac{f_{ct}}{f_{sy}}$$

άρα :

$$\min \rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot s} = \frac{1}{3} \cdot \frac{f_{ct}}{f_{sy}} \rightarrow \frac{1}{3} \cdot \frac{f_{ct, 0.05} \cdot \gamma_c}{f_{sy}}$$

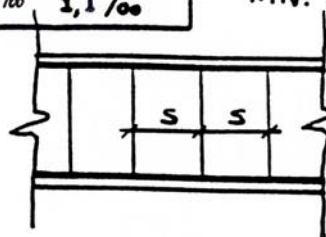
Χαλύβας	S220	S400	S500
Συρόδεμα			
C12 ÷ C20	1,6‰	0,9‰	0,7‰
C25 ÷ C35	2,4‰	1,3‰	1,1‰

→ ελάχιστα ποσοστά οπλισμού διατμήσεως, δίνονται στον ΠΙΝ. Σ18.1 του Ε.Κ.Ο.Σ.



απόσταση
σκελών συνδέτηρα

$$s_{\max} = \begin{cases} 0,8 \cdot d & \nlessgtr 300 \text{ mm} \\ 0,5 \cdot d & \nlessgtr 300 \text{ mm} \\ 0,3 \cdot d & \nlessgtr 200 \text{ mm} \end{cases}$$



π.χ. C12, S400

$$\min \rho_w = \frac{1}{3} \cdot \frac{1,2}{400} \approx 1‰$$

$$\text{όταν } V_{sd} < \frac{1}{5} V_{Rd2}$$

$$\text{όταν } \frac{V_{sd}}{5} \leq V_{sd} \leq \frac{2}{3} V_{Rd2}$$

$$\text{όταν } V_{sd} > \frac{2}{3} V_{Rd2}$$

11.2.3.2β Συνδυασμοί δράσεων με βεβή

δηλ. για φορτία $G_k + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$

Ⓘ. Για $N_{sd} > -0,1 \cdot A_c \cdot f_{cd}$ (κυρίως κάμψη)

- δοκοί

- υποστυλώματα ή τοιχώματα με μικρό N

- Στις περιοχές ενδεχόμενων πλαστικών αρθρώσεων, λόγω ανακυκλώσεων εμφανίζεται ρηγμάτωση σε όλο το ύψος της διατομής μετά τη διαρροή των οπλισμών

→ σημαντική μείωση της V_{cd}

► Όρος V_{cd} :

α) Για γραμμικά στοιχεία στις κρίσιμες περιοχές (: § 18.3.3, § 18.4.5)

$$V_{cd} = 0,30 V_{Rd1} \quad (11.12)$$

β) Για τοιχώματα στην κρίσιμη περιοχή (§ 18.5.2):

$$V_{cd} = 0,25 V_{Rd1} \quad (11.13)$$

α) & β): Εκτός των κρίσιμων περιοχών & σε στοιχεία χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας:

$$V_{cd} = V_{Rd1} \quad (11.10)$$

► Όρος V_{wd} :

1) Για γραμμικά στοιχεία :

$$\zeta = \frac{V_{min}}{V_{max}}$$

$\zeta \rightarrow$ καθορίζει την
εμβάση του οπλ.
κορμού στην V_{wd}

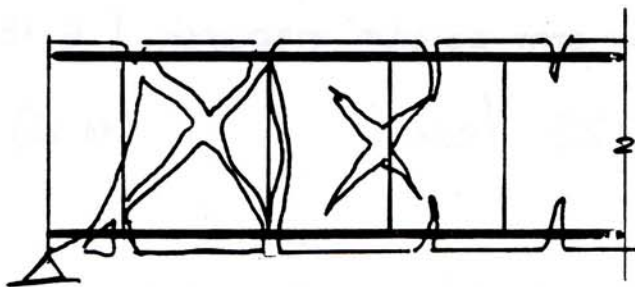
V_{min}, V_{max} = ελάχιστη και μέγιστη τέμνουσα σε μια
διατομή, για βεβημό διαφορετικής δ/νσεως

$$-1 \leq \zeta \leq 1$$

• Για $\zeta < 0$:

Το πρόσημο της τέμνουσας οδηγεί με αποτέλεσμα
να δημιουργούνται ροές διασταυρούμενες ρωγμές.

Για μεγάλες τιμές δρώσας τέμνουσας V_{sd} οι ρωγμές
των δύο περηνάτων μπορεί να ενωθούν σε συνεχείς ρωγμές
 $\rightarrow$ Μείωση ικανότητας ανόληψης τέμνουσας.



Αντιμετώπιση: Διεδοχώντος οπλισμός που να
περνάει από τις δυνατές θέσεις
ανάπτυξης των διαμπεριών ρωγμών

ΕΤΕΛ, για ΓΡΑΜΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ:

α) Για: $-0,50 \leq \zeta \leq 1$

$$V_{wd} = \frac{A_{sw}}{s} 0,9d \cdot f_{ywd} (1 + \cot \alpha) \sin \alpha \quad (11.11)$$

β) Για: $\zeta < -0,50$

$$\bullet \text{ Ay } V_{sd} \leq 4,50(2+\zeta) \cdot \tau_{Rd} \cdot b_w \cdot d \quad (11.14)$$

Τότε: V_{wd} από την εξ. (11.11)

$$\bullet \text{ Ay } V_{sd} \geq 9,00(2+\zeta) \cdot \tau_{Rd} \cdot b_w \cdot d \quad (11.15)$$

Τότε: ΟΛΗ η τέμνουσα αναλαμβάνεται από διεδιαγώνιο οπλισμό

$$\bullet \text{ Ay } 4,50(2+\zeta) \cdot \tau_{Rd} \cdot b_w \cdot d \leq V_{sd} \leq 9,00(2+\zeta) \cdot \tau_{Rd} \cdot b_w \cdot d$$

Τότε: 50% της V_{sd} από ευδετήρες

50% " " " " διεδιαγώνιο οπλισμό

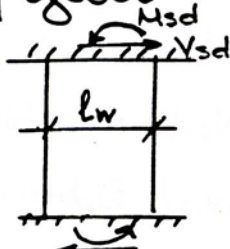
Κάθε διεδιαγώνια ράβδος αναλαμβάνει $V = A_s \cdot f_{ywd} \cdot \sin \alpha$
όπου A_s = επιφάνεια μιας διεδιαγώνιας ράβδου κατά μία διεύθυνση
 α = γωνία ράβδων ή άξονα δοκού (συνήθως $\alpha = 45^\circ$ ή $\tan \alpha = (d-d')/l_b$)

όπου V_{sd} = θετική τιμή της απολύτως μέγιστης ($|V_{max}|$)

τέμνουσας στην διατομή από σεισμικό συνδυασμό δράσεων
 & όχι από ικανοτικό σχεδιασμό

2) Για ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ:

Ο τρόπος οπλισμού έναντι εφελκυσμού εξαρτάται από το μέγεθος του "λόγου διατμήσεως" α_s .



$$\alpha_s = \frac{M_{sd}}{V_{sd} \cdot l_w}$$

α) Για $\alpha_s \geq 2,0$: V_{wd} όπως στα γραμμικά στοιχεία

β) Για $\alpha_s \leq 1,3$: V_{wd} αν' την εμπειρική σχέση:

$$V_{wd} = [\rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot (\alpha_s - 0,3) + \rho_v \cdot f_{yd,v} (1,3 - \alpha_s)] b_w \cdot z$$

όπου : ρ_h = ποσοστό οριζόντιου σπληνίου κορμού

ρ_v = " κατακόρυφου " "

$f_{yd,h}$ = τιμή σχεδιασμού ορίου διαρροής οριζ. σπλ.

$f_{yd,v}$ = " " " κατακόρ. " "

z = ενεργός μοχλοβραχίονας ($\geq 0,8 l_w$)

• Αν $\alpha_s < 0,30$ θα λαμβάνεται : $\alpha_s = 0,30$

• ΕΛΕΓΧΟΣ :
$$\frac{\rho_v \cdot f_{yd,v}}{\rho_h \cdot f_{yd,h}} \leq 1,0$$

ώστε ο οριζόντιος σπληνός να έχει μεγαλύτερη αντοχή αν' τον κατακόρυφο

γ) Για $1,3 < \alpha_s < 2,0$: πρέπει να διατάσσονται:

γ1) Οριζόντιος σπληνός κορμού :

$$\rho_h \cdot f_{yd,v} \cdot b_w \cdot z = \underbrace{V_{sd} - V_{cd}}$$

Δύναμη που πρέπει να αναληφθεί

γ2) Κατακόρυφος σπληνός κορμού:

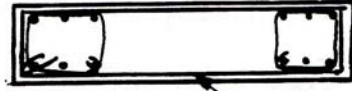
$$\rho_v \cdot f_{yd,v} \cdot b_w \cdot z = V_{sd} - V_{cd} - \min N_{sd}$$

όπου $N_{sd} > 0$: όταν είναι θλιπτική

δ) Οριζόντιοι σιδηροί κορμού τοιχωμάτων:

→ πλήρως αγκυρωμένοι στα περιεχόμενα άερα (§ 18.5.3)

→ αν έχουν τη μορφή επιμήκων κλειστών βωδετήρων:



λαμβάνονται πλήρως υπόψη στον υπολογισμό της απαιτούμενης περιφύξεως των άερων (§ 18.5.3)

ε) Κατακόρυφοι σιδηροί κορμού τοιχωμάτων

→ κατάλληλη αγκύρωση

→ να ενώνονται με υπερκαλύψεις καθύψος (§ 17.7.2)

→ αν έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά βωδέας με τους σιδηρούς των περιεχόμενων άερων

Τότε λαμβάνονται πλήρως υπόψη στον υπολογισμό της ροής αντοχής των τοιχωμάτων (§ 10.4.1).

II Για $N_{sd} \leq -0,10 \cdot A_c \cdot f_{cd}$ (κάμψη με θλίψη)

- υποστηρίγματα και τοιχώματα

- Λόγω μεγάλης αξιολογίας δεν μπορούν να ερηματιστούν διαμπερείς ρωγμές στη διατομή, οπότε υπάρχει πάντοτε ελπιόμενη ζώνη εκφυδέρματος για την μεταφορά της τέμνουσας

α) Στις κρίσιμες περιοχές γραμμικών στοιχείων & τοιχωμάτων

$$V_{cd} = 0,9 V_{Rd1} \quad \text{για γραμμικά στοιχεία} \quad (11.16)$$

$$V_{cd} = 0,7 V_{Rd1} \quad \text{για τοιχώματα} \quad (11.17)$$

β) Εκτός κρίσιμων περιοχών & σε στοιχεία χωρίς απαιτούμενες αντιστοιχίες

$$V_{cd} = V_{Rd1}$$

γ) Η αντοχή του σημείου κορμού V_{wd} δίνεται

- για γραμμικά στοιχεία εξ. (11.11)

- για τοιχώματα $\rightarrow$ § 11.2.3.2β στην Ι.2

11.2.5 Εναλλακτική μέθοδος υπολογισμού αντοχών δοκών έναντι τέμνουσας

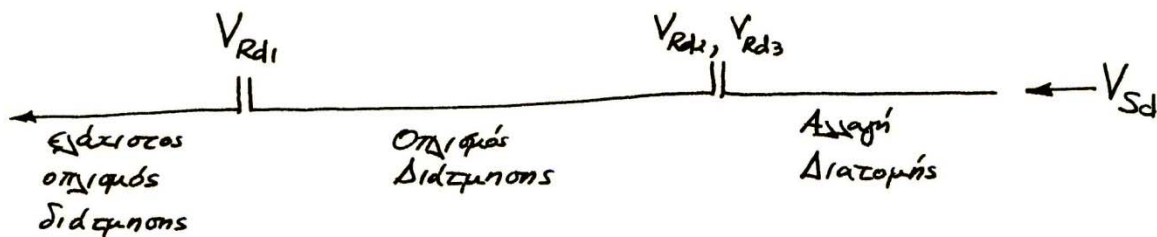
- Χρησιμοποιείται σε περίπτωση εφδυσιασμού τέμνουσας και στρέψης (βλ. § 12.2)
- ή σε περίπτωση καταπόνησης μόνον από τέμνουσες δυνάμεις, με στόχο την εξοχιστοποίηση του εφωχικού οπλισμού (βεχτιστοποίηση εφδυσιασμού).
- Η μέθοδος βασίζεται στην εκτίμηση της γωνίας κλίσης θ των θλιρόμενων διαχυνίων του εκυροδέματος

→ Ποκοί με σταθ. διαμήκη οη. : $0.4 < \cot \theta < 2.5$

→ Δοκοί με εφαινόμενο ... : $0.5 < \cot \theta < 2.0$

• • •

Οριακή Κατάσταση Αποτυχίας από Τέμνουσα



- $$V_{Rd1} = \left[\tau_{Rd} \cdot K \cdot (1.20 + 40 \rho_l) + 0.15 \sigma_{cp} \right] b_w \cdot d$$

σε απόσταση d από την παρειά

$$K = 1.6 - \frac{d}{[m]} \leq 1.0 \quad \rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} \neq 0.02 \quad \sigma_{cp} = \frac{N_{Sd}}{A_c} \text{ (εγγενής θλιπτική)}$$

- $$V_{Rd2} = 0.5 \nu f_{cd} \cdot b_w \cdot z$$

Τέμνουσα αποτυχίας λόγω εγγενούς κορμού σε την παρειά

$$\nu = 0.70 - \frac{f_{ck}}{200} \geq 0.50 \quad [f_{ck} \text{ σε MPa}]$$

$$z = 0.90 d$$

Για αρθρές ελκυστικές συνδέσεις: $V_{Rd2, red} = 1.67 V_{Rd2} \left(1.00 - \frac{\sigma_{cp, eff}}{f_{cd}} \right) < V_{Rd2}$

$$\sigma_{cp, eff} = \frac{N_{Sd} - f_{yk} A_{s2} / \gamma_s}{A_c}$$

- $$V_{Rd3} = V_{wd} + V_{cd}$$

Τέμνουσα αποτυχίας λόγω διατμητικά οπλισμών σε απόσταση d από την παρειά

$$V_{wd} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot 0.9 d f_{ywd} \frac{(1 + \cot \alpha) \sin \alpha}{1 \text{ για } \alpha = 90^\circ}$$

αποτυχία κορμού

$$V_{cd} = V_{Rd1} \text{ για όλα τα δομικά στοιχεία χωρίς σείσμο}$$