

ΚΑΜΠΤΙΚΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΜΕ ΠΡΟΣΘΕΤΕΣ ΣΤΡΩΣΕΙΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

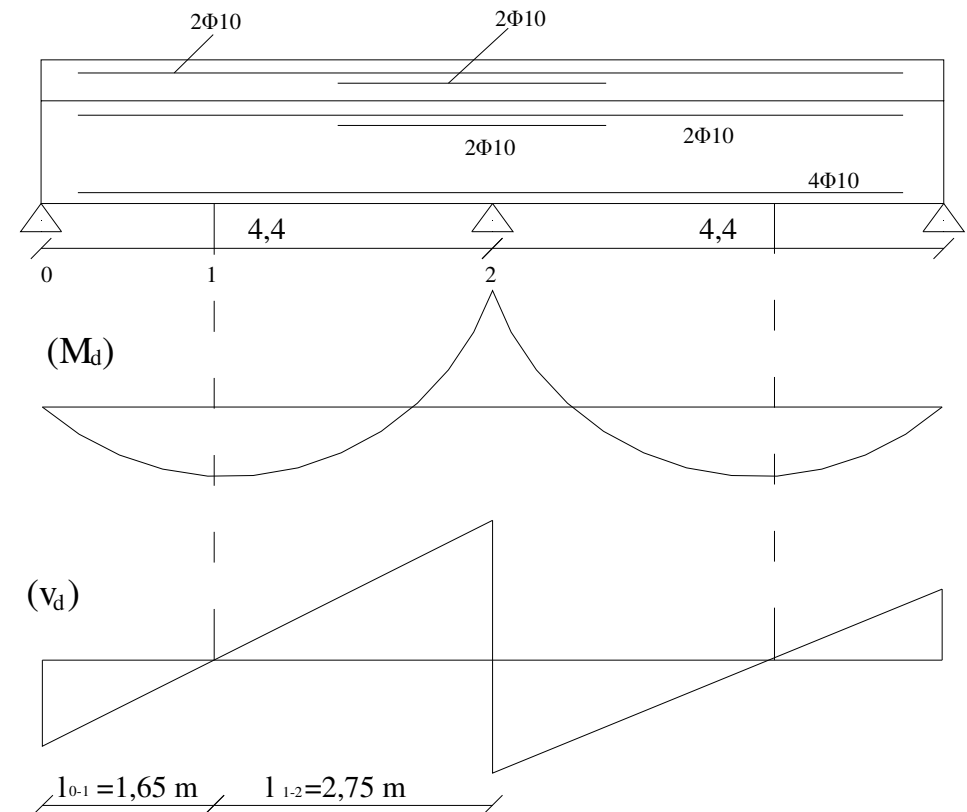
Αριθμητική Εφαρμογή 2014-2015

(1A) Δοκός Οπλισμένου Σκυροδέματος Ενισχυμένη με Στρώση Οπλισμένου Σκυροδέματος- Έλεγχος επάρκειας διεπιφάνειας

ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Υλικά : C25/30, $\Phi 10$ S500
Άνοιγμα δοκού: $l_{0-2} = l_{2-3} = 4,40$ m
Πλάτος δοκού: $b = 250$ mm
Πλάτος στήριξης: $b_{\sigma\tau} = 250$ mm
Ύψος αρχικής δοκού: $h_o = 400$ mm

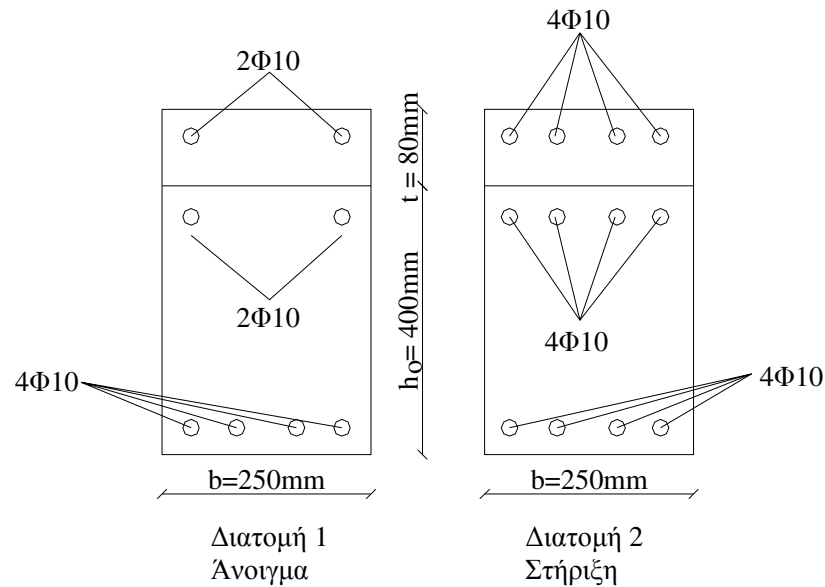
Πάχος πρόσθετης στρώσης
σκυροδέματος: $t_{\varepsilon\pi} = 80$ mm
Επικάλυψη οπλισμού: $d_1 = 40$ mm



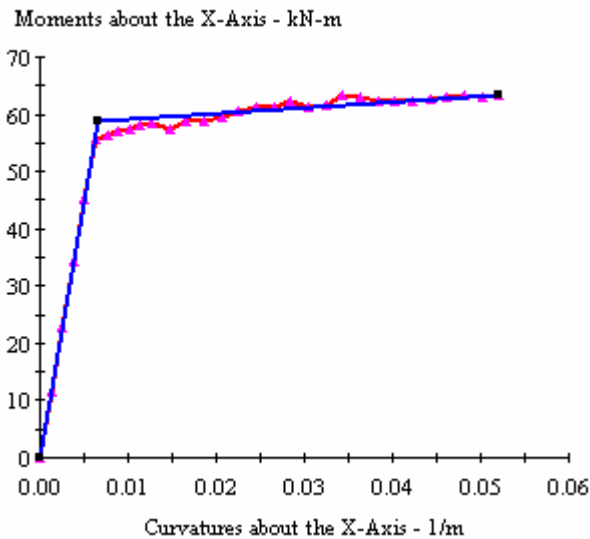
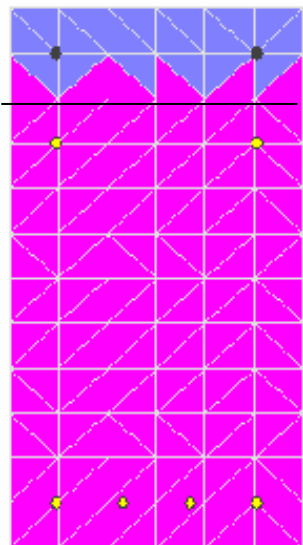
ΖΗΤΟΥΜΕΝΑ:

Έλεγχος διεπιφάνειας όταν $M_1 = M_{1,u}$
και $M_2 = M_{\text{παρ},2,u}$

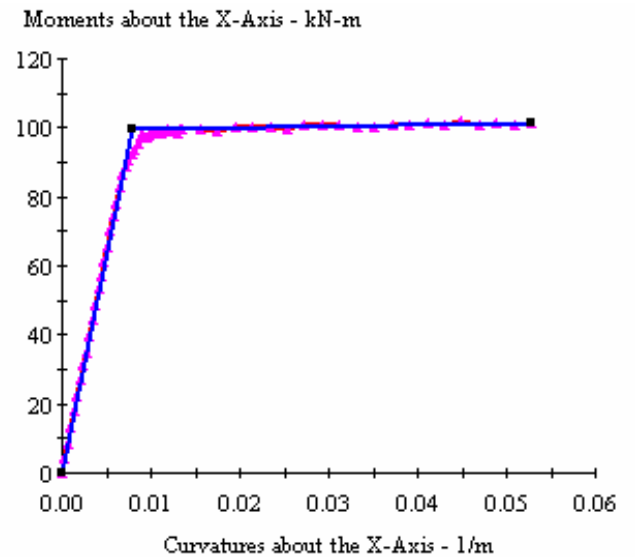
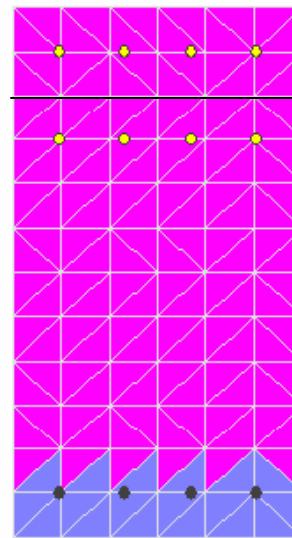
Διάταξη Οπλισμών



Πρόγραμμα Ανάλυσης Διατομών XTRACT- ΑΣΤΟΧΙΑ



$M_{1,u} = 63 \text{ KNm}$, $\chi = 60 \text{ mm}$
Διατομή 1



$M_{\text{παρ},2,u} = 101 \text{ KNm}$, $\chi = 60 \text{ mm}$
Διατομή 2

Κατανομή Εσωτερικών Δυνάμεων

$$F_{s2}^{\mu} = F_{s2,a}^{\mu} + F_{s2,b}^{\mu}$$

$$F_{s2}^{\mu} = 13,455 + 13,455 = 26,91 \text{ KN}$$

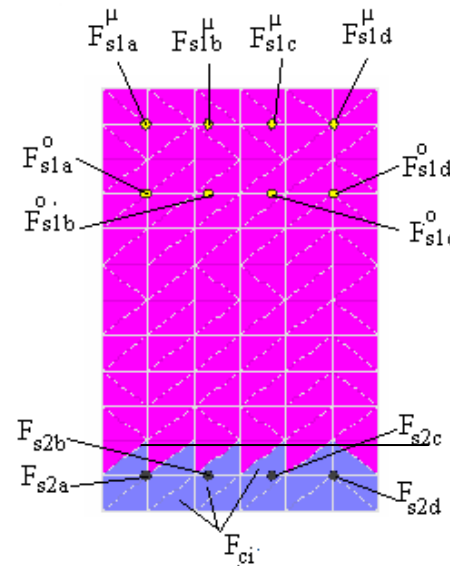
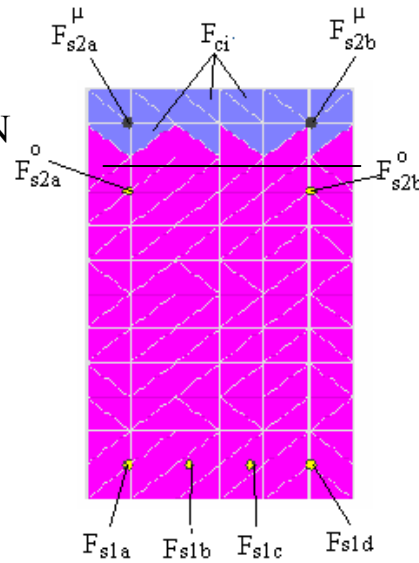
$$F_c = \sum F_{ci} = 178 \text{ KN}$$

$$F_{s2}^o = F_{s2,a}^o + F_{s2,b}^o$$

$$F_{s2}^{\mu} = 34,15 + 34,15 = 68,3 \text{ KN}$$

$$F_{s1} = F_{s1,a} + F_{s1,b} + F_{s1,c} + F_{s1,d}$$

$$F_{s1} = 4 \cdot 34,15 = 136,6 \text{ KN}$$



$$F_{s1}^{\mu} = F_{s1,a}^{\mu} + F_{s1,b}^{\mu} + F_{s1,c}^{\mu} + F_{s1,d}^{\mu}$$

$$F_{s1}^{\mu} = 4 \cdot 34,15 = 136,6 \text{ KN}$$

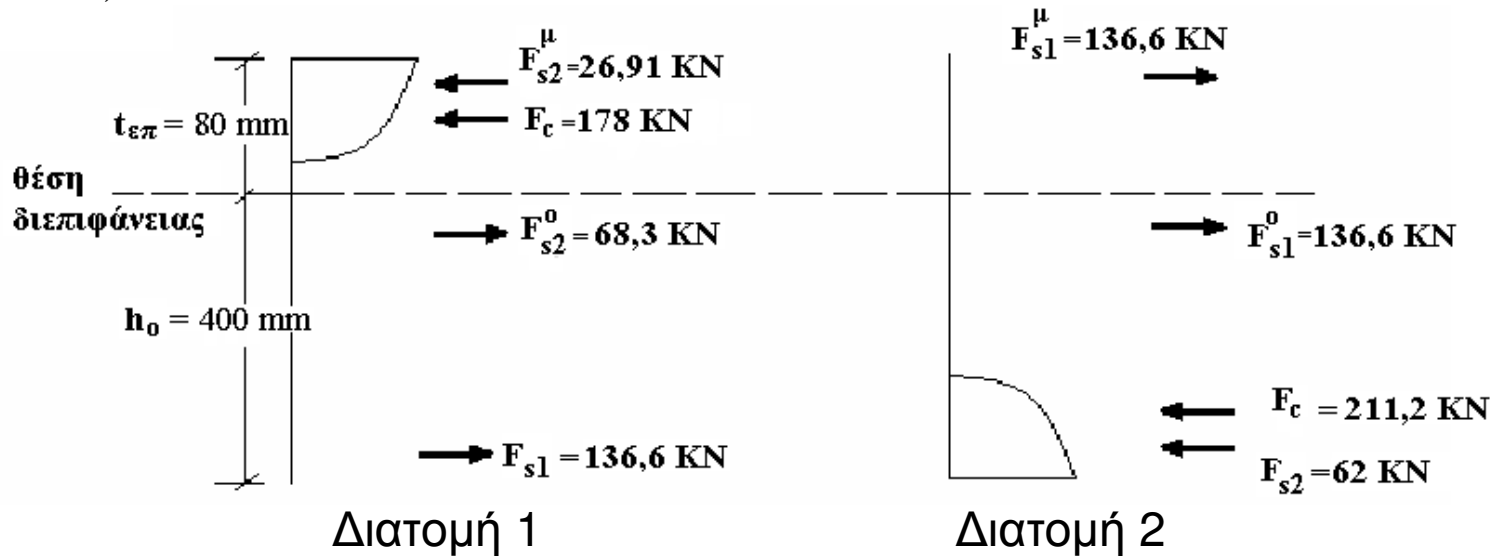
$$F_{s1}^o = F_{s1,a}^o + F_{s1,b}^o + F_{s1,c}^o + F_{s1,d}^o$$

$$F_{s1}^o = 4 \cdot 34,15 = 136,6 \text{ KN}$$

$$F_{s2} = F_{s2,a} + F_{s2,b} + F_{s2,c} + F_{s2,d}$$

$$F_{s1}^{\mu} = 4 \cdot 15,5 = 62 \text{ KN}$$

$$F_c = \sum F_{ci} = 211,2 \text{ KN}$$



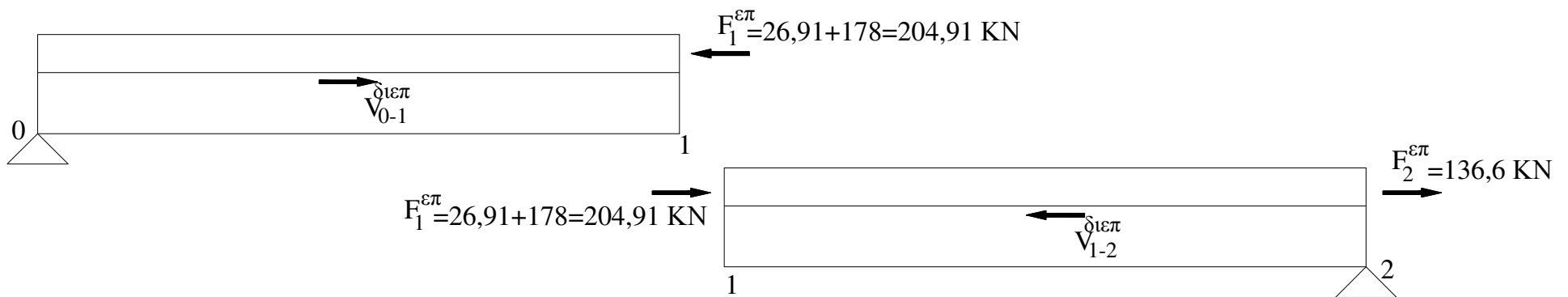
Σημείωση: Εδώ προκύπτει η διεπιφάνεια να είναι εκτός της θλιβόμενης ζώνης

Διατμητικό Φορτίο στη Διεπιφάνεια → Ισορροπία Δυνάμεων

*Βιβλίο Επισκευών σελ. 214-215, Σχ. 4.27 και 4.28, Εξίσ. (7)
ΚΑΝ.ΕΠΕ. § 8.2.1.3 β) iii)*

$$V_{0-1}^{\text{διεπ.}} = \Delta F_{0-1}^{\text{επ}} = F_0^{\text{επ}} - F_1^{\text{επ}} = 0 - (-204,91) = 204,91 \text{KN}$$

$$V_{1-2}^{\text{διεπ.}} = \Delta F_{1-2}^{\text{επ}} = F_1^{\text{επ}} - F_2^{\text{επ}} = -204,91 - 136,6 = -341,51 \text{KN}$$



Απαιτούμενοι Διατμητικοί Σύνδεσμοι

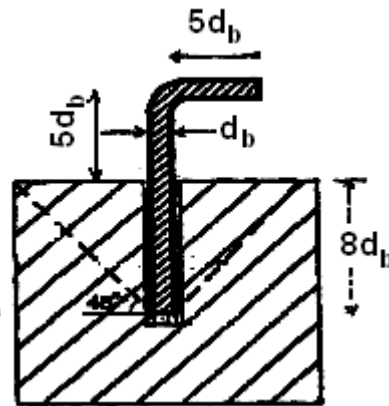
Αγνοώντας τριβή και συνοχή

Αν χρησιμοποιηθούν ευθύγραμμα βλήτρα πρέπει μήκος εντός στρώσης ενίσχυσης και εντός υποστρώματος από $8d_b$.

Επειδή $t=80\text{mm} \geq 8d_b + \text{επικάλ}$ \longrightarrow $d_b=8\text{mm}$

Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται βλήτρα $\Phi 14$ S500 μορφής Γ (με ελάχιστο ευθύγραμμο μήκος $5 d_b$)

$$5 d_b = 5 \times 14 = 70\text{mm} < t$$



*Βιβλίο Επισκευών (3^η Έκδοση)
σελ. 138, Σχ. 3.28 α)*

Έχουν επιλεγεί βλήτρα Φ14 S500 σχήματος Γ

Το φορτίο σχεδιασμού κάθε βλήτρου προκύπτει:

*Βιβλίο Επισκευών σελ. 174, Εξίσ. (5)
ΚΑΝ.ΕΠΕ. § 6.1.2.2 α)*

$$V_{ud} = \frac{1,30}{\gamma_{Rd}} d_b^2 \sqrt{f_{cd} \cdot f_{yd}} = \frac{1,65}{\gamma_{Rd}} A_s \sqrt{f_{cd} \cdot f_{yd}} = \frac{1,65}{1,3} \times 1,54 \times 10^{-4} \sqrt{\frac{25.000}{1,5} \times \frac{500.000}{1,15}} = 16,64 \text{ KN}$$

Τμήμα 0-1

Πλήθος απαιτούμενων βλήτρων :

$$n_{0-1} = \frac{V_{0-1}^{\text{διεπ}}}{V_{ud}} = \frac{204,91}{16,64} = 12,31 \approx 12 \text{ βλήτρα}$$

Τμήμα 1-2

Πλήθος απαιτούμενων βλήτρων :

$$n_{1-2} = \frac{V_{1-2}^{\text{διεπ}}}{V_{ud}} = \frac{341,51}{16,64} = 20,52 \approx 21 \text{ βλήτρα}$$

Έλεγχος Ελάχιστου Ποσοστού

Για την εξασφάλιση αξιόπιστης διατμητικής αντοχής της διεπιφάνειας απαιτείται ελάχιστο ποσοστό εγκαρσίου οπλισμού διεπιφάνειας:

Επομένως: $\rho_{\delta, \min} = 0,20 f_{ctm} / f_{yk} = 0,20 \cdot \frac{25}{1,50} \frac{1,15}{500} = 0,145\% \geq 0,12\%$

ΚΑΝ.ΕΠΕ. § 8.2.1.3 β) ν)

και

$$A_{c\delta}^{0-1} = l_{0-1} b$$

$$A_{c\delta}^{1-2} = l_{1-2} b$$

Επομένως:

$$A_{sd}^{\min} = \frac{0,145}{100} \times 1650 \times 250 = 598 \text{ mm}^2 \quad \text{για το τμήμα 0-1}$$

$$A_{sd}^{\min} = \frac{0,145}{100} \times 2750 \times 250 = 997 \text{ mm}^2 \quad \text{για το τμήμα 1-2}$$

Για το τμήμα 0-1 ισχύει: $A_{sd}^{0-1} = 12 \times A_s (\Phi 14) = 12 \times 154 = 1848 \text{ mm}^2 > 598 \text{ mm}^2$

Για το τμήμα 1-2 ισχύει: $A_{sd}^{1-2} = 21 \times 154 = 3234 \text{ mm}^2 > 997 \text{ mm}^2$

Διάταξη Βλήτρων

Τα βλήτρα τοποθετούνται στον άξονα της δοκού.

Βιβλίο Επισκευών σελ. 217, (δ)

Απόσταση 1ου βλήτρου από ελεύθερο άκρο:

$$c = \min(7db, 100\text{mm}) = \min(7 \times 14 = 98\text{mm}, 100\text{mm}) \quad 100\text{mm} > 5db = 70\text{mm}$$

Αποστάσεις μεταξύ βλήτρων : s

Απόσταση από θέση 1 : $s/2$

$$\text{Τμήμα 0-1: } s_{0-1} = \frac{l_{0-1} - c}{n_{0-1} - 0,5} = \frac{1650 - 100}{12 - 0,5} = 135 \text{ mm}$$

$$\text{Τμήμα 1-2: } s_{1-2} = \frac{l_{1-2}}{n_{1-2}} = \frac{2750}{21} = 131 \text{ mm}$$

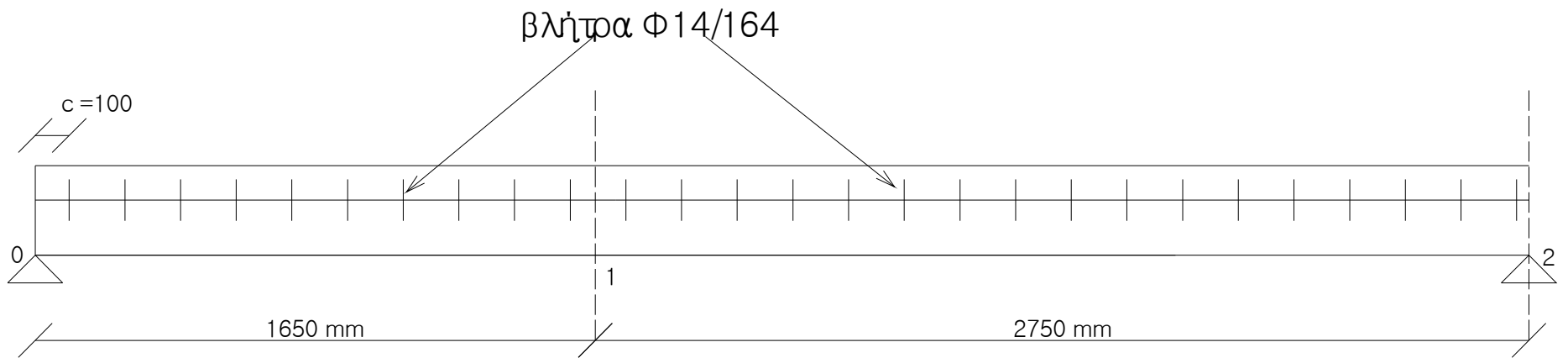
Και στα δύο τμήματα ισχύει $s_{0-1}, s_{1-2} < s_{\max}$ όμως θα πρέπει $s_{0-1}, s_{1-2} > s_{\text{cr}}$

$$\begin{aligned} \text{Όπου: } s_{\text{cr}} &= \gamma_{\text{Rd}} (l_b + d_b) = 1,3 (8d_b + d_b) = 11,7d_b = 164\text{mm} \quad \text{και} \\ s_{\max} &= \min(6 t_{\text{επ}}, 800\text{mm}) = \min(6 \times 80 \text{ mm}, 800 \text{ mm}) = 480 \text{ mm} \end{aligned}$$

Επομένως:

στο τμήμα 0-1 τοποθετούνται 10 βλήτρα $\Phi 14/164$, Λιγότερα από $n_{\text{απ}} = 12$ 9
και στο τμήμα 1-2 τοποθετούνται 17 βλήτρα $\Phi 14/164$, Λιγότερα από $n_{\text{απ}} = 21$

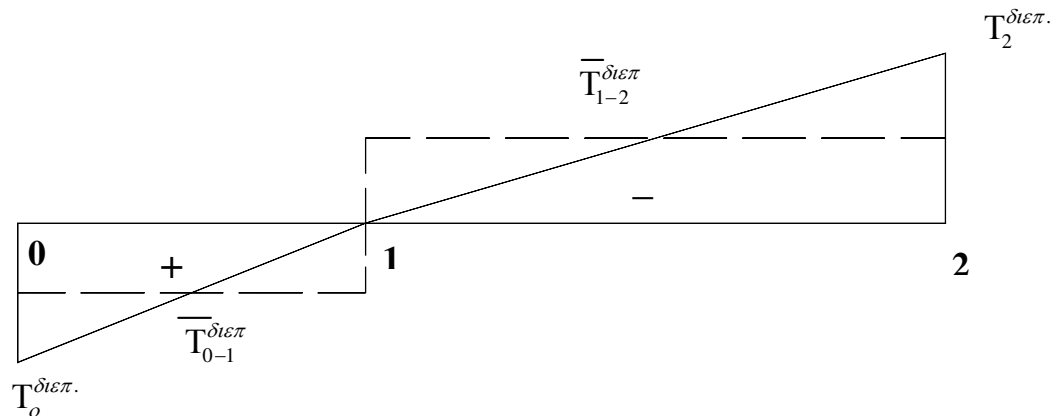
Διάταξη Βλήτρων με Ομοιόμορφη Κατανομή στα τμήματα 0-1 και 1-2



Αποτελεσματικότερη Διάταξη των Βλήτρων με πύκνωση και αραίωση

- Παρακολουθεί τη μεταβολή της διατμητικής ροής T_i : $T_i = V_i / l$. (Δίνεται ως παράδειγμα εφαρμογής. Δεν ισχύει όμως στην περίπτωση που εξετάζουμε, διότι προκύπτει $S < S_{cr}$).

Μεταβολή T_i κατά μήκος της δοκού \equiv μεταβολή V_i κατά μήκος της δοκού



Βιβλίο Επισκευών σελ. 246

Πύκνωση στις στηρίξεις θεωρώντας ότι :

$$s_\mu - \frac{s_\mu}{2} \leq s \leq s_\mu + \frac{s_\mu}{2} \quad \text{ή} \quad \frac{s_\mu}{2} \leq s \leq 3 \frac{s_\mu}{2}$$

Όπου $s_\mu = l/n$ και βήμα $\beta = s_\mu/n$

Έτσι για το τμήμα 0-1 προκύπτει: $s_{\mu} = \frac{1650}{10} = 165 \text{ mm}$ και $\beta = \frac{165}{10} = 16,5 \text{ mm}$

και για το τμήμα 1-2 προκύπτει: $s_{\mu} = \frac{2750}{17} = 161,8 \text{ mm} \approx 162 \text{ mm}$ και $\beta = \frac{162}{17} = 9,5 \text{ mm}$

π.χ. Τμήμα 0-1: $s_{\mu} = 165 \text{ mm}$

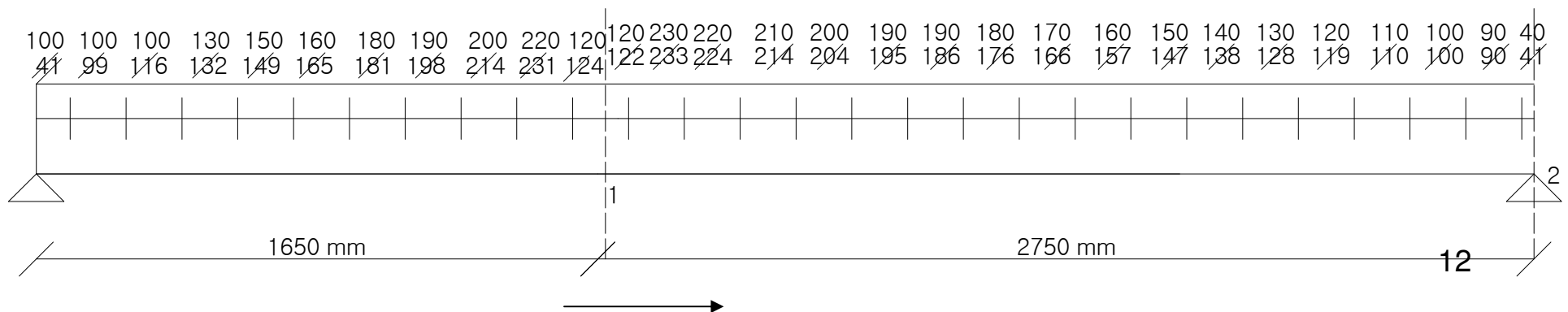
1η απόσταση $s_{\mu} / 2 = 165/2 = 82,5 \text{ mm}$

Αυτή είναι απόσταση 2 βλήτρων.

Η απόσταση του βλήτρου από τη στήριξη 0 είναι $82,5/2 = 41,25 \approx 41 \text{ mm}$

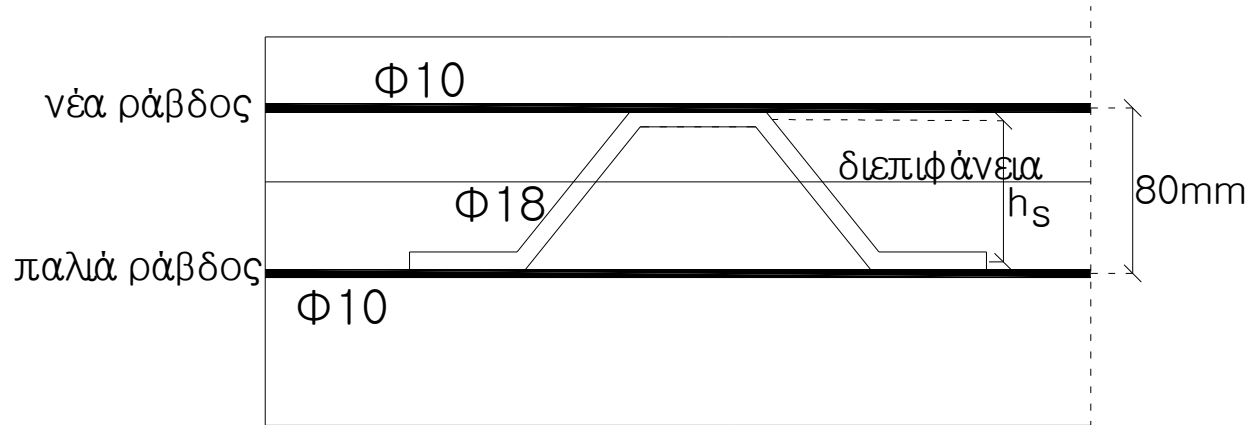
Η απόσταση του 2ου βλήτρου από το πρώτο είναι: $82,5 + \beta = 99 \text{ mm}$ κ.τ.λ.

Η απόσταση του 10ου βλήτρου από το σημείο 1 είναι $(3s_{\mu}/2)/2 = 124 \text{ mm}$



Δεδομένου ότι δεν επιτεύχθηκε η πλήρης ανάληψη της τέμνουσας στην διεπιφάνεια με βλήτρα, εφαρμόζεται πρόσθετος μηχανισμός ανάληψης διατμητικού φορτίου με **Συγκόλληση Αναρτήρων**

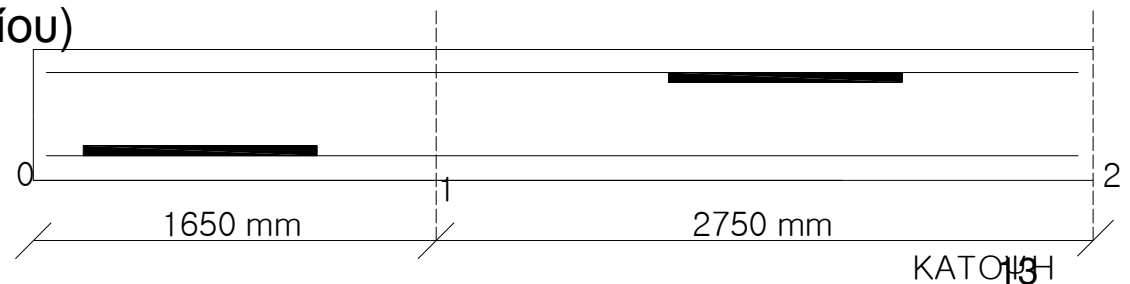
- $V_{βλ.} = 10 \cdot 16,64 = 166,4 \text{KN}$
 Τμήμα 0-1 : $\Delta V = 204,91 - 166,4 = 38,51 \text{KN}$
 - $V_{βλ.} = 17 \cdot 16,64 = 282,88 \text{KN}$
 Τμήμα 1-2 : $\Delta V = 341,51 - 282,88 = 58,63 \text{KN}$
- \Rightarrow Αναρτήρες
 Αναλαμβάνεται από βλήτρα
 \Rightarrow Αναλαμβάνεται από βλήτρα
 Αναρτήρες



Αναρτήρες Φ18 S500s
 $h_s = 80 - \Phi - \Phi_{αν}$
 $h_s = 80 - 10 - 18 = 52 \text{mm}$

$T_{\alpha,1} = \frac{20 \times A_{s\alpha}}{h_s} = \frac{20 \times 254}{52} = 98 \text{KN} > F_{s \text{ παλ.ραβδ}} = \frac{78,5 (\text{mm}^2) \times 500 (\text{MPa})}{1,15} = 34 \text{KN}$
 ((2*10) αντί για (2*14) του βιβλίου)

Επομένως $T_{\alpha,1} = 34 \text{KN}$

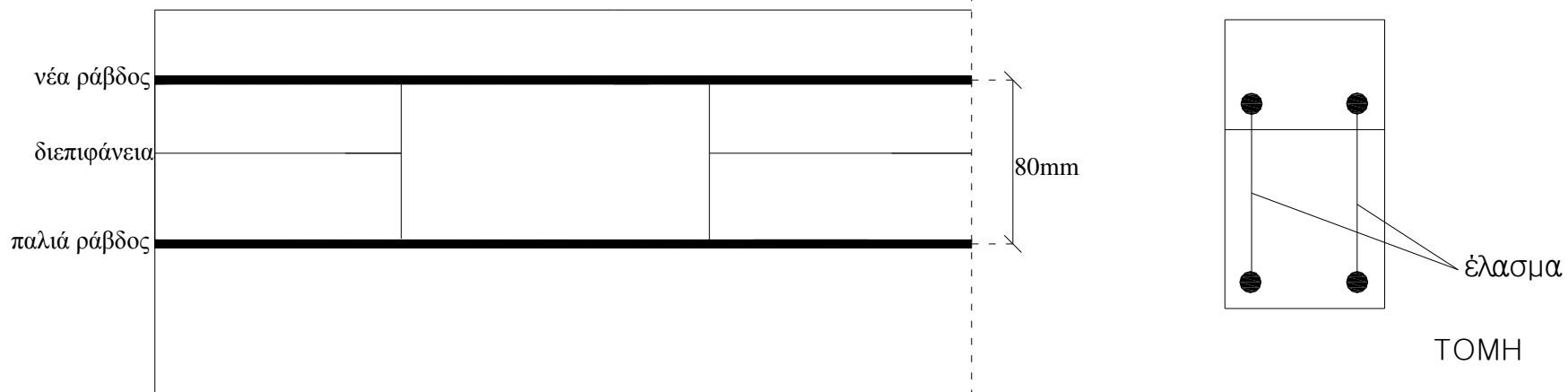


Έστω 1 αναρτήρας σε κάθε τμήμα.

$T_{\alpha} = 2 \times 34 = 68 \text{KN}$ Αρκεί και στα δύο τμήματα

Με συγκόλληση Ελασμάτων

- Τμήμα 0-1 : $V_{βλ.} = 10 \cdot 16,64 = 166,4 \text{ KN}$ Αναλαμβάνεται από βλήτρα
 $\Delta V = 204,91 - 166,4 = 38,51 \text{ KN} \Rightarrow$ Ελάσματα
- Τμήμα 1-2: $V_{βλ.} = 17 \cdot 16,64 = 282,88 \text{ KN}$ Αναλαμβάνεται από βλήτρα
 $\Delta V = 341,51 - 282,88 = 58,63 \text{ KN} \Rightarrow$ Ελάσματα



Ελάσματα 80 mm x 2 mm, Fe 360, $E_j = 210 \text{ GPa}$, $f_{jd} = 235/1,15 = 204,35 \text{ MPa}$

$$F_j = A_{s,j} f_{y,j} = 2 \times 80 \times 204,35 / 1000 = 32,7 \text{ KN} < F_s^{\text{παλ.ραβδ}} = (78,5 \times 500 / 1,15) / 1000 = 34 \text{ KN}$$

Επομένως αρκεί 1 έλασμα σε κάθε τμήμα

$$F_j = 2 \times 32,7 = 65,4 \text{ KN}$$

Λύση με συνυπολογισμό της Συνοχής

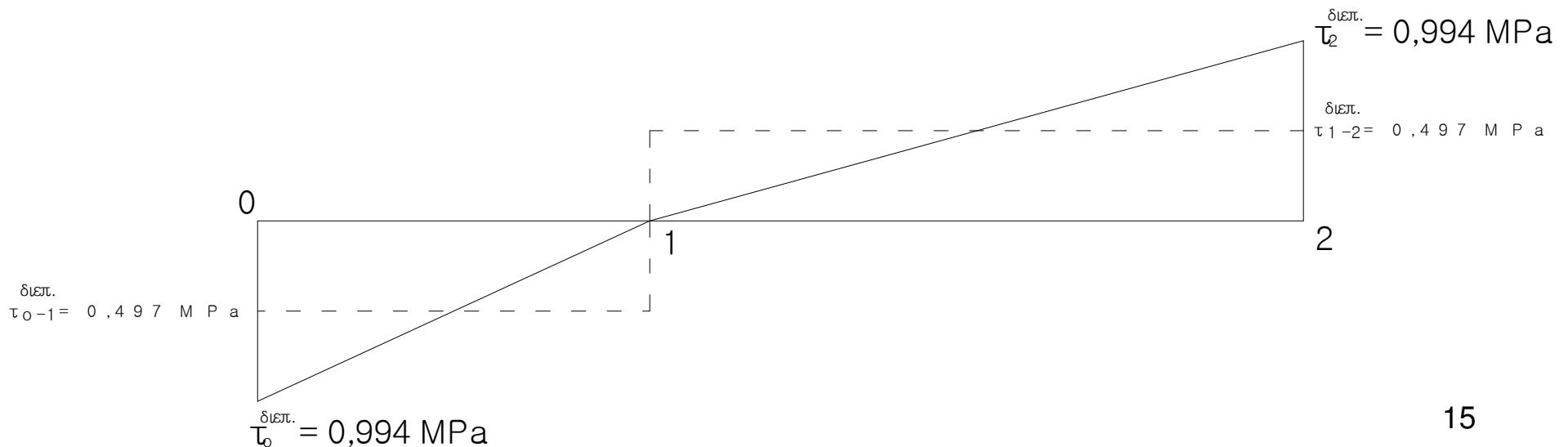
Οι μέσες τιμές των διατμητικών τάσεων στα τμήματα 0-1 και 1-2 προκύπτουν:

$$\bar{\tau}_{0-1}^{\text{διεπ.}} = \frac{V_{0-1}^{\text{διεπ.}}}{b \cdot l_{0-1}} = \frac{204,91}{0,25 \times 1,65} = 496,75 \text{ kN/m}^2 = 0,497 \text{ MPa}$$

$$\bar{\tau}_{1-2}^{\text{διεπ.}} = \frac{V_{1-2}^{\text{διεπ.}}}{b \cdot l_{1-2}} = \frac{-341,51}{0,25 \times 2,75} = -496,74 \text{ kN/m}^2 = -0,497 \text{ MPa}$$

Όμως $T_i = \tau_i^{\text{διεπ.}} \cdot b$

Επομένως: $\tau_o^{\text{διεπ.}} = 2\bar{\tau}_{0-1}^{\text{διεπ.}} = 2 \times 0,497 = 0,994 \text{ MPa}$, $\tau_2^{\text{διεπ.}} = 2\bar{\tau}_{1-2}^{\text{διεπ.}} = 2 \times (-0,497) = -0,994 \text{ MPa}$



- Έστω ότι η επιφάνειά έχει προηγουμένως εκτραχυνθεί.

$$\tau_{cud} = 0,75 f_{ctd} \quad \text{Βιβλίο Επισκευών σελ. 201, εξ. 3(b)}$$

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk0,05}}{1,5} = \frac{0,7 \times f_{ctm}}{1,5} = \frac{0,7 \times 0,3}{1,5} \quad f_{ck}^{2/3} = 0,14 \times 25^{2/3} = 1,2 \text{ MPa}$$

Επομένως:

$$\tau_{cud} = 0,75 \times 1,2 = 0,9 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\max} = 0,994 \text{ MPa} > \tau_{cud} = 0,9 \text{ MPa}$$

Ισχύουν τα προηγούμενα όπου αγνοείται η συνοχή

Προσεγγιστική Λύση

Αν δεν είναι δεδομένα αποτελέσματα εσωτερικών δυνάμεων από κατάλληλο λογισμικό

- Έστω ότι όλη η θλιπτική δύναμη αναλαμβάνεται από την ενίσχυση και ο εφελκόμενος χάλυβας φτάνει τη διαρροή του.

Επομένως:

- Διατομή 1: $F_{s1} = 4 \cdot 3,14 \cdot \frac{10^2}{4} \cdot \frac{500}{1,15} 10^{-3} = 136,5 \text{ KN}$

$$\text{και } F_{c1} = F_{s1} = 136,5 \text{ KN}$$

$$F_{c1} = 0,8 \cdot x \cdot b \cdot 0,85 \cdot f_{cd} \Rightarrow 0,8 \cdot x = 32,76 \text{ mm} < 80 \text{ mm}$$

$$\text{Έτσι: } F_1 = F_{c1} = 136,5 \text{ KN}$$

- Διατομή 2: $F_2 = F_{s2} = 4 \cdot 3,14 \cdot \frac{10^2}{4} \cdot \frac{500}{1,15} 10^{-3} = 136,5 \text{ KN}$

Επομένως:

$$V_{0-1}^{\text{διεπ.}} = \Delta F_{0-1}^{\text{επ}} = F_0^{\text{επ}} - F_1^{\text{επ}} = 0 - (-136,5) = 136,5 \text{ KN}$$

$$V_{1-2}^{\text{διεπ.}} = \Delta F_{1-2}^{\text{επ}} = F_1^{\text{επ}} - F_2^{\text{επ}} = -136,5 - 136,5 = -273 \text{ KN}$$

Απαιτούμενοι Διατμητικοί Σύνδεσμοι

$$\text{Τμήμα 0-1: } n_{0-1} = \frac{136,5}{16,64} = 8 \beta\lambda\acute{\eta}\tau\rho\alpha \quad \Phi 14 \text{ S500}$$

$$\text{Τμήμα 1-2: } n_{1-2} = \frac{273}{16,64} = 16 \beta\lambda\acute{\eta}\tau\rho\alpha \quad \Phi 14 \text{ S500}$$

Έλεγχος Ελάχιστου Ποσοστού

$$\text{Για το τμήμα 0-1 ισχύει: } A_{sd}^{0-1} = 5 \times A_s (\Phi 14) = 8 \times 154 = 1232 \text{ mm}^2 > 495 \text{ mm}^2$$

$$\text{Για το τμήμα 1-2 ισχύει: } A_{sd}^{1-2} = 16 \times 154 = 2464 \text{ mm}^2 > 825 \text{ mm}^2$$

Διάταξη Βλήτρων

$$\text{Τμήμα 0-1: } s_{0-1} = \frac{l_{0-1} - c}{n_{0-1} - 0,5} = \frac{1650 - 100}{8 - 0,5} = 207 \text{ mm}$$

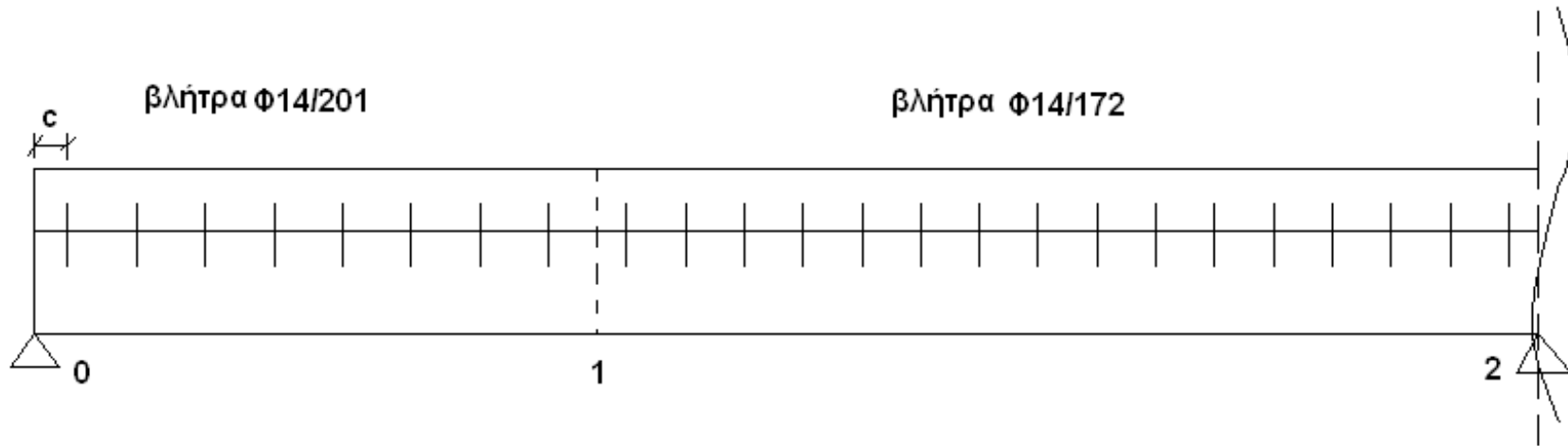
$$\Rightarrow s_{cr} < s_{0-1}, s_{1-2} < s_{\max}$$

$$\text{Τμήμα 1-2: } s_{1-2} = \frac{l_{1-2}}{n_{1-2}} = \frac{2750}{16} = 172 \text{ mm}$$

Τμήμα 0-1: 8Φ14/201 S500

Τμήμα 1-2: 16Φ14/172 S500

Διάταξη Βλήτρων με Ομοιόμορφη Κατανομή στα τμήματα 0-1 και 1-2



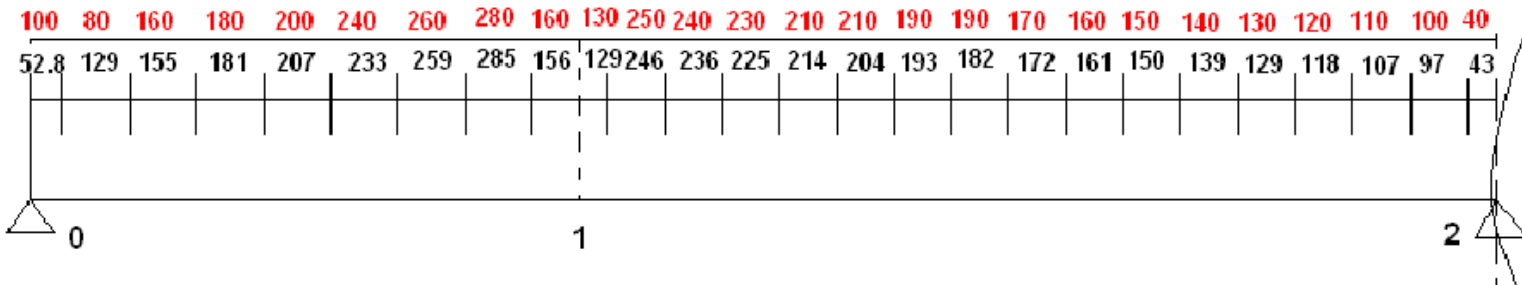
Ακριβέστερη Διάταξη Βλήτρων

$$s_{\mu} = 1650/8 = 206,25\text{mm}$$

$$s_{\mu} = 2750/16 = 171,875\text{mm}$$

$$\beta = 206,25/8 = 25,78\text{mm}$$

$$\beta = 171,875/16 = 10,74\text{mm}$$



Παρατήρηση

$$s < s_{cr}$$

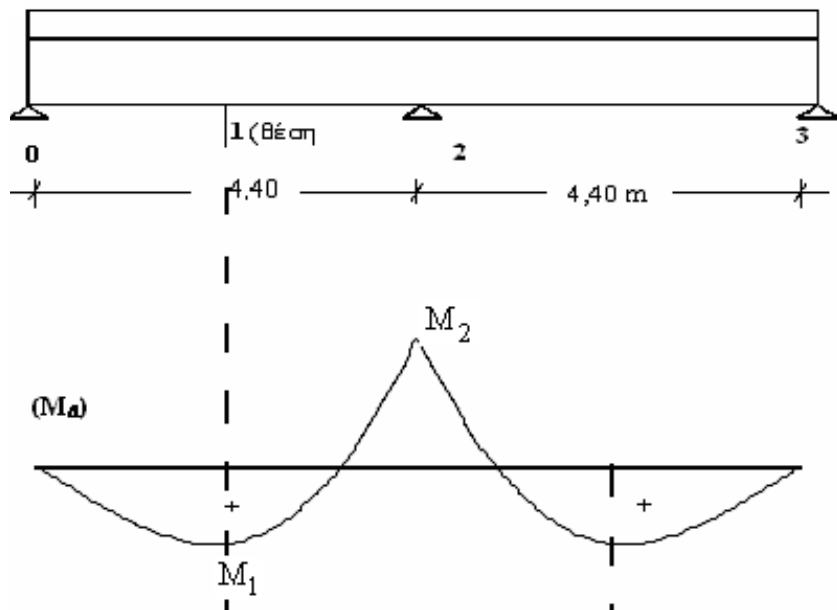
Δεν είναι
δόκιμη η
πύκνωση

ΕΠΙΛΥΣΗ ΣΤΗ ΦΑΣΗ 1ης ΑΣΤΟΧΙΑΣ

Έχει υπολογιστεί με πρόγραμμα ανάλυσης διατομών (XTRACT)
 Η ροπή αντοχής στο άνοιγμα $M_{1,max} = 63 \text{ KNm}$ και η ροπή αντοχής στη στήριξη
 $M_{2,max} = 101 \text{ KNm}$

Όμως: $M_1 = \frac{q_1 \cdot \ell^2}{14,2} \Rightarrow 63 = \frac{q_1 \cdot 4,4^2}{14,2} \Rightarrow q_1 = 46,2 \text{ KN}$ και

$$M_{\pi\alpha\rho,2} = M_2 + \Delta M = \frac{q_2 \cdot \ell^2}{8} - \frac{5}{16} \cdot q_2 \cdot \ell \cdot b_{\sigma\tau} \Rightarrow 101 = \frac{q_2 \cdot 4,4^2}{8} + \frac{5}{16} \cdot q_2 \cdot 4,4 \cdot 0,25 \Rightarrow q_2 = 48,1 \text{ KN} > q_1 = 46,2 \text{ KN}$$

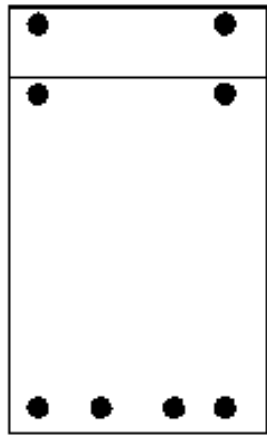


Επομένως όταν η διατομή στη θέση 1 αποκτά τη ροπή αντοχής της, στη θέση 2 η ροπή θα είναι:

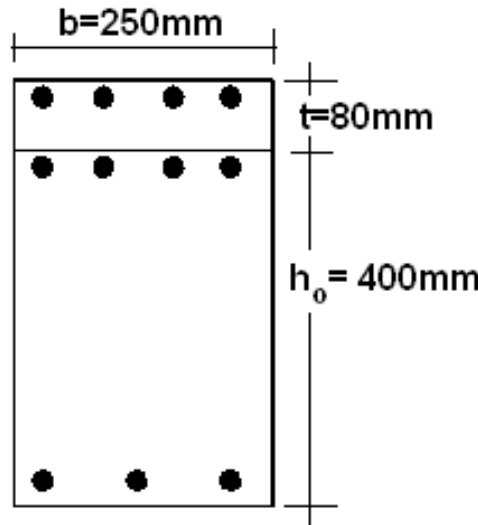
$$M_{\pi\alpha\rho,2} = \frac{46,2 \cdot 4,4^2}{8} - \frac{5}{16} \cdot 46,2 \cdot 4,4 \cdot 0,25 = 95,9 \text{ KNm}$$

Ο έλεγχος της διεπιφάνειας θα γίνει με βάση τα αποτελέσματα του προγράμματος ανάλυσης διατομών για $\underline{M_1 = M_{1,u} = 63 \text{ KNm}}$ και $\underline{M_{\pi\alpha\rho,2} = 95,9 \text{ KNm} < M_{\pi\alpha\rho,2,u} = 101 \text{ KNm}}$

• Έστω ότι συνέβαινε η διεπιφάνεια εντός θλιβόμενης ζώνης
(1B)



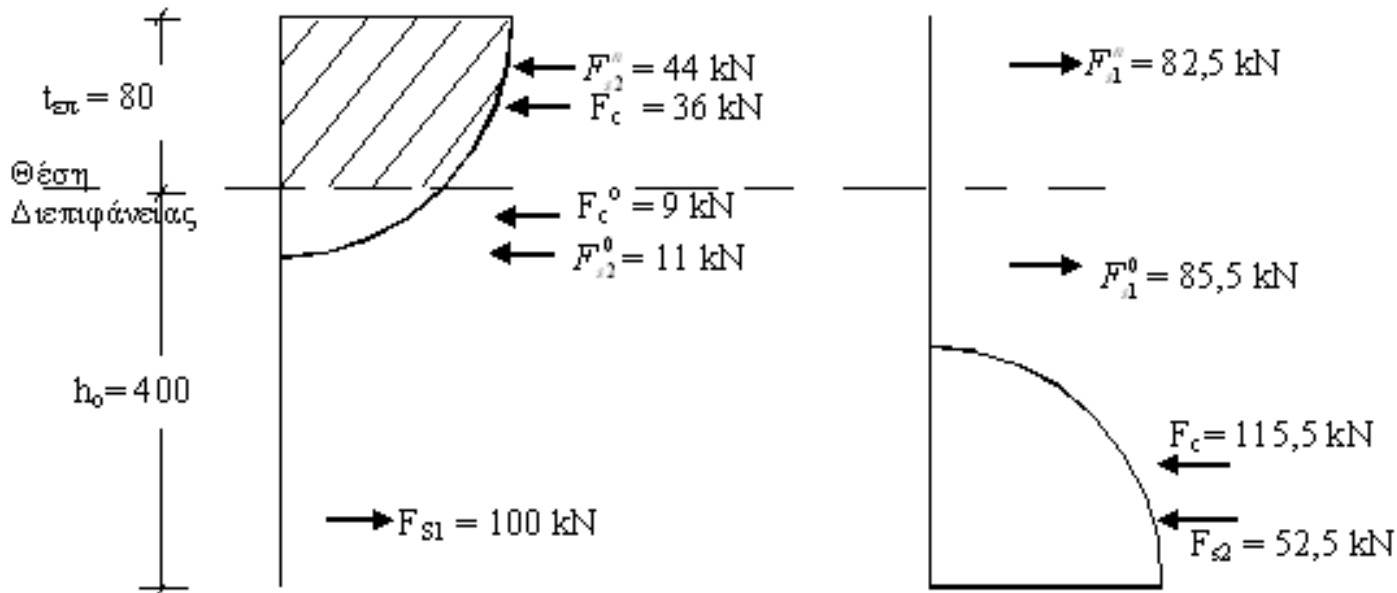
Διατομή 1
Άνοιγμα



Διατομή 2
Στήριξη

Διάταξη
οπλισμών

Ας υποτεθούν οι παρακάτω εσωτερικές δυνάμεις

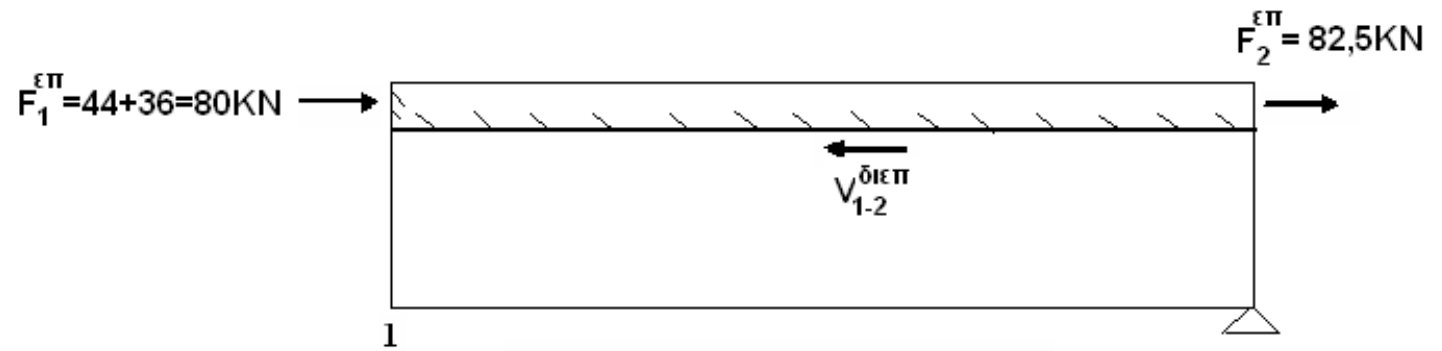
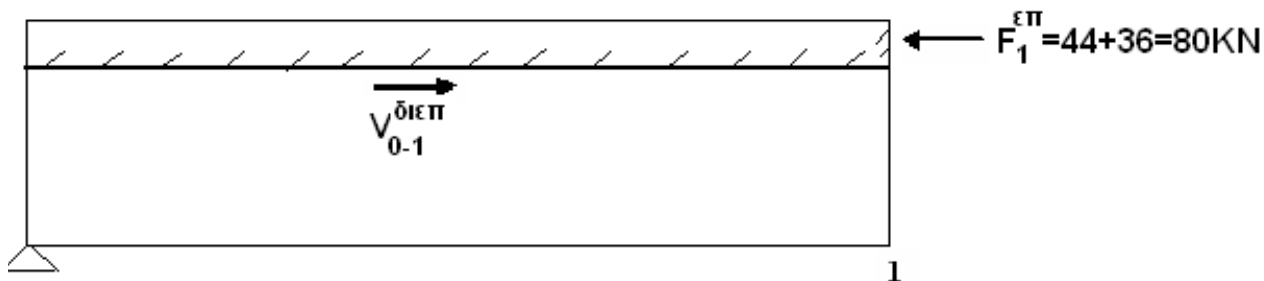


Διατμητικό Φορτίο στη Διεπιφάνεια → Ισορροπία Δυνάμεων

*Βιβλίο Επισκευών σελ. 214-215, Σχ. 4.27 και 4.28, Εξίσ. (7)
ΚΑΝ.ΕΠΕ. § 8.2.1.3 β) iii)*

$$V_{0-1}^{\text{διεπ.}} = \Delta F_{0-1}^{\text{επ}} = F_0^{\text{επ}} - F_1^{\text{επ}} = 0 - (-80) = + 80 \text{ kN}$$

$$V_{1-2}^{\text{διεπ.}} = \Delta F_{1-2}^{\text{διεπ.}} = F_1^{\text{επ}} - F_2^{\text{επ}} = -80 - (82,5) = - 162,5 \text{ kN}$$



Απαιτούμενοι Διατμητικοί Σύνδεσμοι

- Αγνοώντας τριβή και συνοχή

Επιλέγονται βλήτρα Φ14 S500 σχήματος Γ

Το φορτίο σχεδιασμού κάθε βλήτρου προκύπτει:

$$V_{ud} = \frac{1,65}{1,3} \times 1,54 \times 10^{-4} \sqrt{\frac{25.000}{1,5} \times \frac{500.000}{1,15}} = 16,64 \text{ KN}$$

*Βιβλίο Επισκευών σελ. 174, Εξίσ. (5)
ΚΑΝ.ΕΠΕ. § 6.1.2.2 α)*

Τμήμα 0-1

Πλήθος απαιτούμενων βλήτρων : $n_{0-1} = \frac{80}{16,64} = 4,80$

Τίθενται 5Φ14, S500

Τμήμα 1-2

Πλήθος απαιτούμενων βλήτρων : $n_{1-2} = \frac{162,5}{16,64} = 9,76$

Τίθενται 10Φ14, ²³S500

Έλεγχος Ελάχιστου Ποσοστού

Για την εξασφάλιση αξιόπιστης διατμητικής αντοχής της διεπιφάνειας απαιτείται ελάχιστο ποσοστό εγκαρσίου οπλισμού διεπιφάνειας:

$$\text{Επομένως: } \rho_{\delta, \min} = 0,20 f_{ctm} / f_{yk} = 0,20 \cdot \frac{25}{1,50} \frac{1,15}{500} = 0,145\% \geq 0,12\%$$

ΚΑΝ.ΕΠΕ. § 8.2.1.3 β) ν)

και

$$A_{c\delta}^{0-1} = l_{0-1} b \quad A_{c\delta}^{1-2} = l_{1-2} b$$

Επομένως:

$$A_{sd}^{\min} = \frac{0,145}{100} \times 1650 \times 250 = 595 \text{ mm}^2 \quad \text{για το τμήμα 0-1}$$

$$A_{sd}^{\min} = \frac{0,145}{100} \times 2750 \times 250 = 995 \text{ mm}^2 \quad \text{για το τμήμα 1-2}$$

Για το τμήμα 0-1 ισχύει: $A_{sd}^{0-1} = 5 \times A_s (\Phi 14) = 5 \times 154 = 770 \text{ mm}^2 > 595 \text{ mm}^2$

Για το τμήμα 1-2 ισχύει: $A_{sd}^{1-2} = 10 \times 154 = 1540 \text{ mm}^2 > 995 \text{ mm}^2$

Διάταξη Βλήτρων

Τα βλήτρα τοποθετούνται στον άξονα της δοκού.

Βιβλίο Επισκευών σελ. 217, (δ)

Απόσταση 1ου βλήτρου από ελεύθερο άκρο:

$$c = \min(7d_b, 100\text{mm}) = \min(7 \times 14 = 98\text{mm}, 100\text{mm}) = 100\text{mm} > 5d_b = 70\text{mm}$$

Αποστάσεις μεταξύ βλήτρων : s

Απόσταση από άκρο 1 : s/2

$$\text{Τμήμα 0-1: } s_{0-1} = \frac{l_{0-1} - c}{n_{0-1} - 0,5} = \frac{1650 - 100}{5 - 0,5} = 345\text{mm}$$

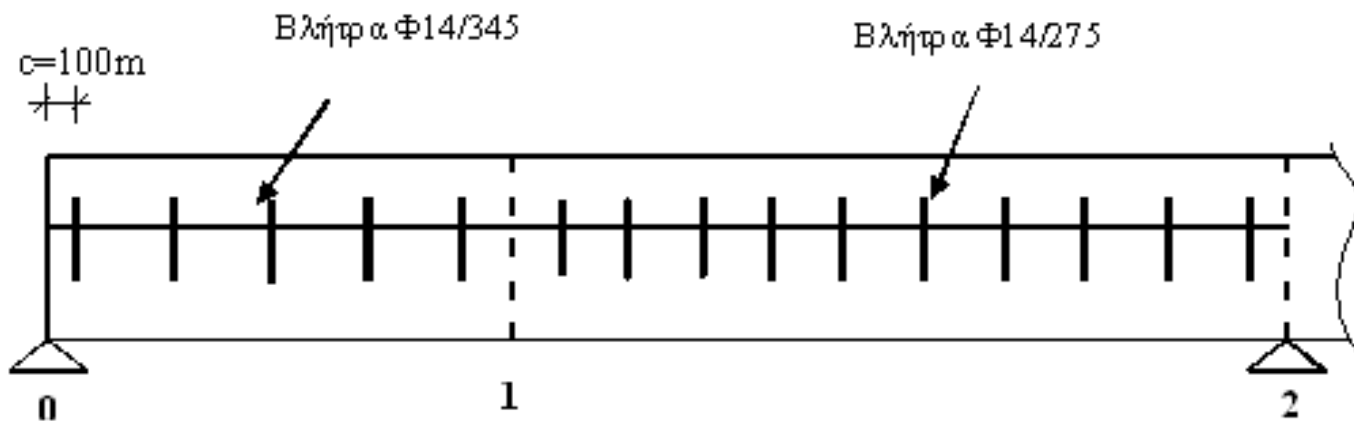
$$\text{Τμήμα 1-2: } s_{1-2} = \frac{l_{1-2}}{n_{1-2}} = \frac{2750}{10} = 275\text{mm}$$

Και στα δύο τμήματα ισχύει $s_{cr} < s_{0-1}, s_{1-2} < s_{\max}$

$$\begin{aligned} \text{Όπου: } s_{cr} &= \gamma_{Rd} (l_b + d_b) = 1,3 (8d_b + d_b) = 11,7d_b = 164\text{mm} \quad \text{και} \\ s_{\max} &= \min(6 t_{\text{επ}}, 800\text{mm}) = \min(6 \times 80 \text{ mm}, 800 \text{ mm}) = 480 \text{ mm} \end{aligned}$$

Επομένως τίθενται 5 βλήτρα (Φ14/345) στο τμήμα 0-1
και 10 βλήτρα (Φ14/275) στο τμήμα 1-2

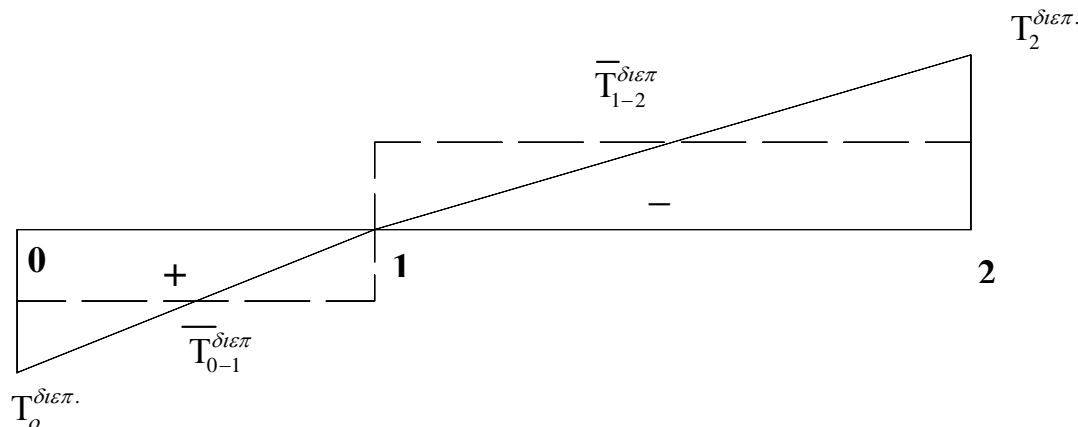
Διάταξη Βλήτρων με Ομοιόμορφη Κατανομή στα τμήματα 0-1 και 1-2



Ακριβέστερη Διάταξη των Βλήτρων

- Παρακολουθεί τη μεταβολή της διατμητικής ροής T_i : $T_i = V_i / l$

Μεταβολή T_i κατά μήκος της δοκού \equiv μεταβολή V_i κατά μήκος της δοκού



Βιβλίο Επισκευών σελ. 246

Πύκνωση στις στηρίξεις θεωρώντας ότι : $s_\mu - \frac{s_\mu}{2} \leq s \leq s_\mu + \frac{s_\mu}{2}$ ή $\frac{s_\mu}{2} \leq s \leq 3\frac{s_\mu}{2}$

Όπου $s_\mu = l/n$ και βήμα $\beta = s_\mu/n$

Έτσι για το τμήμα 0-1 προκύπτει: $s_{\mu} = \frac{1650}{5} = 330 \text{ mm}$ και $\beta = \frac{330}{5} = 66 \text{ mm}$

και για το τμήμα 1-2 προκύπτει: $s_{\mu} = \frac{2750}{10} = 275 \text{ mm}$ και $\beta = \frac{275}{10} = 27,5 \text{ mm}$

π.χ. Τμήμα 0-1: $s_{\mu} = 330 \text{ mm}$

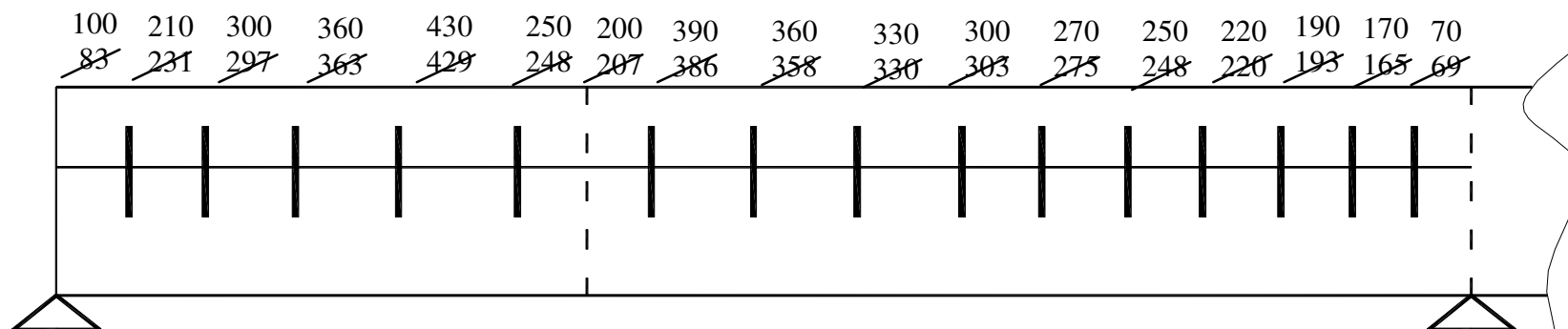
1η απόσταση $s_{\mu} / 2 = 330 / 2 = 165 \text{ mm}$

Αυτή είναι απόσταση 2 βλήτρων.

Η απόσταση του βλήτρου από τη στήριξη 0 είναι $165 / 2 = 82,5 \approx 83 \text{ mm}$

Η απόσταση του 2ου βλήτρου από το πρώτο είναι: $165 + \beta = 231 \text{ mm}$ κ.τ.λ.

Η απόσταση του 5ου βλήτρου από τη στήριξη είναι $(3s_{\mu} / 2) / 2 = 248 \text{ mm}$



Λύση με συνυπολογισμό της Συνοχής

Οι μέσες τιμές των διατμητικών τάσεων στα τμήματα 0-1 και 1-2 προκύπτουν:

$$\bar{\tau}_{0-1}^{\text{διεπ.}} = \frac{V_{0-1}^{\text{διεπ.}}}{b \cdot l_{0-1}} = \frac{80}{0,25 \times 1,65} = 194 \text{ kN/m}^2 = 0,194 \text{ MPa}$$

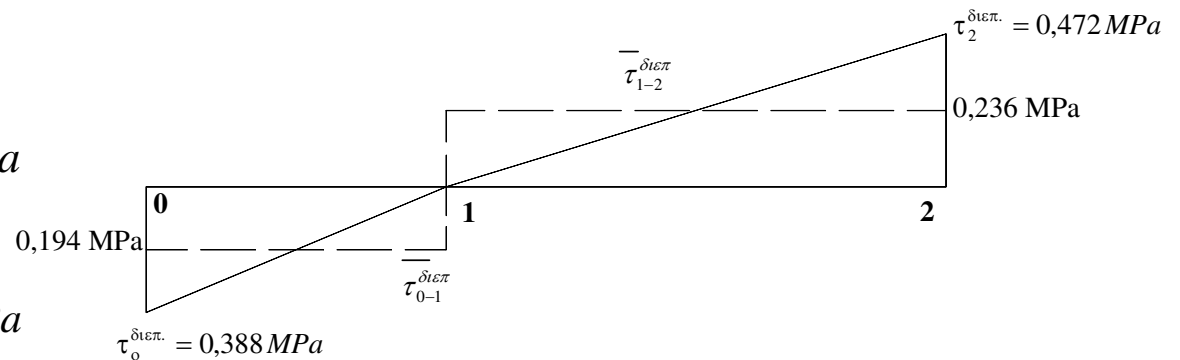
$$\bar{\tau}_{1-2}^{\text{διεπ.}} = \frac{V_{1-2}^{\text{διεπ.}}}{b \cdot l_{1-2}} = \frac{-162,5}{0,25 \times 2,75} = -236,4 \text{ kN/m}^2 = -0,236 \text{ MPa}$$

Όμως $T_i = \tau_i^{\text{διεπ.}} \cdot b$

Επομένως:

$$\tau_o^{\text{διεπ.}} = 2 \bar{\tau}_{0-1}^{\text{διεπ.}} = 2 \times 0,194 = 0,388 \text{ MPa}$$

$$\tau_2^{\text{διεπ.}} = 2 \bar{\tau}_{1-2}^{\text{διεπ.}} = 2 \times (-0,236) = -0,472 \text{ MPa}$$



- Έστω ότι η επιφάνειά έχει προηγουμένως εκτραχυνθεί.

$$\tau_{cud} = 0,75 f_{ctd} \quad \text{Βιβλίο Επισκευών σελ. 201, εξ. 3(b)}$$

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk0,05}}{1,5} = \frac{0,7 \times f_{ctm}}{1,5} = \frac{0,7 \times 0,3}{1,5} f_{ck}^{2/3} = 0,14 \times 25^{2/3} = 1,2 \text{ MPa}$$

Επομένως:

$$\tau_{cud} = 0,75 \times 1,2 = 0,9 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\max} = 0,472 \text{ MPa} < \tau_{cud} = 0,9 \text{ MPa}$$

Δεν απαιτούνται διατμητικοί σύνδεσμοι