

18. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Διακρίνονται οι παρακάτω περιπτώσεις:

16.1 ΔΙΝΕΤΑΙ Η ΖΗΤΕΙΤΑΙ Η P (Νοείται στην κρίσιμη διατομή)

➤ Ζητείται η P (Δίνεται το q)

Παραδοχή: $y_p = \max y_p = y_1 - 0,07 \text{ m}$ για μια στρώση τενόντων

$y_1 - 0,013 \text{ m}$ για δύο στρώσεις τενόντων

Επίλυση 4 ανισοτήτων : άγνωστος η P

Στις τέσσερις ανισώσεις τίθεται το y_p της συνισταμένης χάραξης.

➤ Ζητείται η P και η χάραξη (Δίνεται το q)

Επίλυση 4 ανισοτήτων με άγνωστους y_p, P

Η επίλυση μπορεί να γίνει με δοκιμές :

- πρώτη δοκιμή : $y_p = \max y_p$

- Αν δεν συναληθεύουν οι ανισότητες γίνεται δεύτερη δοκιμή με μικρότερο y_p

Η χάραξη και ο κεντροβαρικός άξονας δίνουν τη μορφή του (υπερισχύοντος) διαγράμματος ροπών προς την πλευρά της ίνας 1.

3. Ζητείται η P , η Χάραξη και το max q

α) Επίλυση 2 ανισοτήτων $t=0$ ως ισοτήτων με άγνωστους το P_o και το y_p ως εξής:

(Μέγιστο q προκύπτει όταν η $\sigma_{10} = \epsilon \pi \sigma_c$ και $\sigma_{20} = 0$)

Όταν $W_1 = W_2$ η επίλυση επιταχύνεται ως εξής:

$$\sigma_{10} = -(N_g + P_o) / A_c + (M_{\min} - P_o \cdot y_p) / W_1 = - \epsilon \pi \sigma_c$$

$$\sigma_{20} = -(N_g + P_o) / A_c - (M_{\min} - P_o \cdot y_p) / W_1 = 0$$

$$\sigma_{10} + \sigma_{20} = -2 \cdot (N_g + P_o) / A_c = - \alpha \pi \sigma_c \quad \Rightarrow \quad P_o = \dots\dots\dots$$

$$\sigma_{10} - \sigma_{20} = 2 \cdot (M_{\min} - P_o \cdot y_p) / W_1 = - \epsilon \pi \sigma_c \quad y_p = \dots\dots\dots ; < \max y_p$$

β) Αντικατάσταση της τιμής του P_o και y_p στις δύο ανισότητες $t = \infty$ και επίλυση τους με άγνωστο το $M_{\max} \Rightarrow q = \dots\dots\dots$

4. Ζητείται το max q (Δίνεται η P)

Επίλυση 2 ανισοτήτων $t=0$ με άγνωστο το y_p

Αντικατάσταση του y_p στις ανισότητες $t = \infty$ και επίλυση τους με άγνωστο το $M_{\max} \Rightarrow q = \dots\dots\dots$

5 Ζητείται η P και το max q (Δίνεται η χάραξη)

Επίλυση 2 ανισοτήτων $t=0$ με άγνωστο το P_o

Αντικατάσταση της μεγαλύτερης τιμής του P_o στις δύο ανισότητες $t = \infty$ και επίλυση τους με άγνωστο το $M_{\max} \Rightarrow q = \dots\dots\dots$

16.2 ΔΙΝΕΤΑΙ ΚΑΙ ΤΟ Αρ

Η Ρ εκτός από τις τέσσερις ανισότητες πρέπει να συναληθεύει και την
 $P < Aρ \cdot επ \cdot \sigma_p$

16.3 ΔΙΝΕΤΑΙ Η Ρ

* στο γρύλλο ή σε άλλη διατομή εκτός από την κρίσιμη

Μεταφέρεται η $P_{γρ}$ στην κρίσιμη διατομή μέσω των μειώσεων

$$P = P_{γρ} \cdot [1 - \mu \cdot \pi \cdot (\alpha + \beta \cdot x) / 180]$$

α, β σε μοίρες, x σε m, P σε kN

Ακολουθείται η διαδικασία των προβλημάτων I -5.

16.4 ΖΗΤΕΙΤΑΙ Η Ρ ΣΤΟ γρύλο

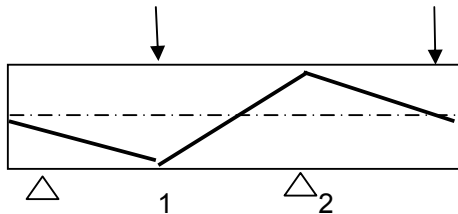
* ή σε άλλη διατομή εκτός της κρίσιμης

Η Ρ που προκύπτει από τη διαδικασία των προβλημάτων στο I) (είναι η Ρ στην κρίσιμη διατομή ελέγχου). Μεταφέρεται στη διατομή του γρύλου:

$$P_{γρ} = P / [1 - \mu \cdot \pi \cdot (\alpha + \beta \cdot x) / 180]$$

α, β σε μοίρες, x σε m, P σε kNm

15.6 ΦΟΡΕΙΣ ΜΕ 2 ΚΡΙΣΙΜΕΣ ΔΙΑΤΟΜΕΣ



Ζητείται η Ρ και η χάραξη

Επίλυση 4 ανισοτήτων στη διατομή 1 (με τη μεγαλύτερη M_{max})

παραδοχή $y_{p1} = \max y_p$, άγνωστος : P_1

Επίλυση 4 ανισοτήτων στη διατομή 2 :

$$P_2 = P_1 \text{ (Προμελέτη)}$$

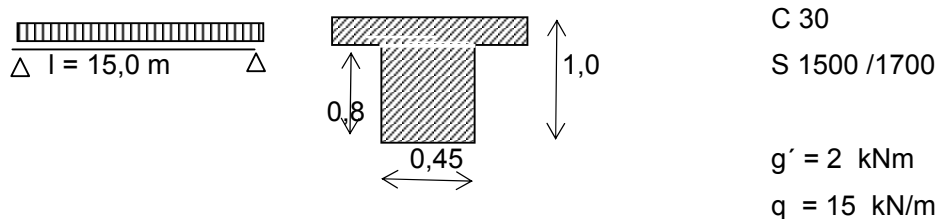
ή $P_2 = P_1 [1 - \mu \cdot \pi \cdot (\alpha + \beta x) / 180]$ (Οριστική μελέτη)

άγνωστος : y_{p2}

19. ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

19.1 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΕ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΟΡΘΩΝ ΤΑΣΕΩΝ*

Παράδειγμα 1: Ζητείται η δύναμη προέντασης στο μέσον του ανοίγματος αμφιέριστης δοκού με τα στοιχεία που δίνονται στο σχήμα.



1. ΦΟΡΤΙΑ (χαρακτηριστικές τιμές)

$$g = \gamma_c \cdot A_c = 25 \cdot (1,0 \cdot 0,4 + 0,6 \cdot 0,4) = 15 \text{ kN/m}$$

$$g' = 2 \text{ «}$$

$$q = 1,5 \text{ «}$$

2. ΣΤΑΤΙΚΗ ΕΠΙΛΥΣΗ (M και N)

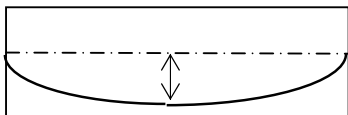
$$\max M_g = 15 \cdot 15^2 / 8 = 422 \text{ kNm}$$

$$\max M_{g'} = 2 \cdot 15^2 / 8 = 56,3 \text{ kNm}$$

$$\max M_q = 15 \cdot 15^2 / 8 = 422 \text{ kNm}$$

3. ΧΑΡΑΞΗ ΤΕΝΟΝΤΩΝ

2



1

ίνα 1 η εφελκυσμένη (ή λιγότερο θλιβόμενη) από τα φορτία της κατασκευής

- Εντοπίζουμε την ίνα 1 και σχεδιάζουμε τον κεντροβαρικό άξονα

- Η χάραξη και ο κεντροβαρικός άξονας δίνουν τη μορφή του (υπερισχύοντος) διαγράμματος ροπών προς την πλευρά της ίνας 1

Τιμή του y_p στην κρίσιμη διατομή: η μέγιστη δυνατή (εκτός και ζητείται όποτε τίθεται ως άγνωστος)

$$\text{Για μια στρώση τενόντων : } \max y_p = y_1 - 0,07 \text{ m}^*$$

$$\text{Για δύο στρώσεις : } \max y_p = y_1 - 0,12 \text{ m}$$

* Ισχύουν για επικάλυψη οπλισμού 3-4 cm.

* Ενδέχεται τα αριθμητικά αποτελέσματα να μην είναι ακριβή

4. ΚΡΙΣΙΜΗ ΔΙΑΤΟΜΗ ΕΛΕΓΧΟΥ.

Κρίσιμες διατομές είναι οι διατομές με τα μέγιστα από τα διαγράμματα ροπών των φορτίων κατασκευής (και τα μέγιστα του διαγράμματος των αντιρροπών, αν η χάραξη δεν ακολουθεί τη μορφή του διαγράμματος ροπών).

Αν ο φορέας έχει μεταβλητή διατομή απαιτείται έλεγχος σε περισσότερες διατομές

Στο παράδειγμα κρίσιμη είναι η μεσαία διατομή.

5. ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΙΑΤΟΜΗΣ

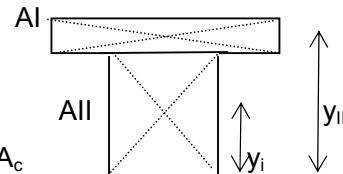
Εύρεση κέντρου βάρους - Υπολογισμός y_1 :

Χωρισμός σε ισοδύναμα ορθογώνια : A_I, A_{II}

Στατικές ροπές ως προς την ίνα 1:

$$A_c = A_I + A_{II} \quad A_I \cdot y_1 + A_{II} \cdot y_{II} = A_c \cdot Y_1 \Rightarrow y_1 = (A_I \cdot y_1 + A_{II} \cdot y_{II}) / A_c$$

$$y_2 = h - y_1$$



Εύρεση ροπής αδρανείας J: J ως προς τον κ.β διατομής = άθροισμα J ως προς κ.β. ορθογώνιων + άθροισμα εμβαδού ορθογώνιων X τετράγωνο απόστασης από κ.β διατομής.

$$J_1 = J_I + J_{II} + A_I \cdot (y_1 - y_1)^2 + A_{II} \cdot (y_{II} - y_1)^2$$

Εύρεση ροπών αντιστάσεως W : $W_1 = J / y_1 \quad W_2 = J / y_2$

Όρια πυρήνα διατομής : $K_1 = W_2 / A_c$

$$A_c = 1,0 \cdot 0,2 + 0,8 \cdot 0,4 = 0,64 \text{ m}^2$$

$$y_1 = (1,0 \cdot 0,2 \cdot 0,9 + 0,4 \cdot 0,8 \cdot 0,4) / 0,64 = 0,65 \text{ m} \quad y_2 = 1,0 - 0,65 = 0,35 \text{ m}$$

$$\max y_p = y_1 - 0,07 = 0,543 \text{ m (για μια στρώση τένοντα)}$$

$$J = (1,0 \cdot 0,2^3 / 12 + 0,4 \cdot 0,8^3 / 12 + (1,0 \cdot 0,2) \cdot 0,15^2 + (0,4 \cdot 0,8) \cdot 0,35^2 = 0,5003 \text{ m}^4$$

$$W_1 = 0,5003 / 0,65 = 0,0817 \text{ m}^3 \quad W_2 = 0,5003 / 0,35 = 0,1292 \text{ m}^3$$

$$K_1 = W_2 / A_c = 0,1292 / 0,64 \quad y_p = 0,64 > K_1 \Rightarrow \text{Τένοντας εκτός πυρήνα}$$

6. ΑΝΙΣΩΣΕΙΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

6.1 κατάστρωση ανισώσεων ασφαλείας

$$\sigma_{1o} = - (N_g + P_o) / A_c + (M_{\min} - P_o \cdot y_p) / W_1 \geq - \text{επ} \sigma_c \quad (1)$$

$$\sigma_{2o} = - (N_g + P_o) / A_c - (M_{\min} - P_o \cdot y_p) / W_2 \leq 0^* \quad (2)$$

$$\sigma_{1oo} = - (N_g + \omega P_\omega) / A_c + (M_{\max} - \omega P_\omega \cdot y_p) / W_1 \leq 0 \quad (3)$$

$$\sigma_{2oo} = - (N_g + N_q^* + \omega P_\omega) / A_c - (M_{\max} - \omega P_\omega \cdot y_p) / W_2 \geq - \text{επ} \sigma_c \quad (4)$$

- ΜονΆδες : P [KN] M [KNm] A_c [m²] W [m³] y_p [m] σ [kN/m]
- Η P και η επ σ_c τίθενται με θετική τιμή
- Η N τίθεται θετική όταν είναι αρνητική
- Ο άξονας y έχει αρχή στο κ.β και θετικές τιμές προς την ίνα 1.

* Αν η N_q είναι εφελκυστική τότε προστίθεται (με αρνητική τιμή) στη σ_{1oo} και όχι στη σ_{2oo}

**Στην περιπτωση περιορισμένης προεντασης τίθεται αντί 0 η επ σ_c^* (εφελκυστική τάση)

6.2 Επιτρεπόμενες τάσεις: επ $\sigma_c = 0,5 f_{ck}$ ή $0,4 f_{ck}$

επ $\sigma_c = 0,5 \cdot 30 = 15 \text{ MPa} = 15 \text{ 000 kN/m}^2$

6.3 Τιμές min M , max M

min M = M_g (προένταση πριν τις επικαλύψεις)

min M = $M_g + M_q$ (προένταση μετά τις επικαλύψεις)

min M = $M_g = 422 \text{ kNm}$ (προένταση πριν τις επικαλύψεις)

max M = $M_g + M_q + M_q = 900 \text{ kNm}$

6.4 Τιμή ω

Παραδοχή $\omega = 0,85$

(Εκτος αν έχουν υπολογιστεί οι απώλειες π.χ 18%, οπότε $\omega = 0,82$)

6.5 Αντικατάσταση τιμών στις τέσσερις ανισότητες

$$\sigma_{1o} = - P_o / 0,64 + (422 - P_o \cdot 0,543) / 0,0817 \geq - 15 \cdot 10^3 \quad (1)$$

$$\sigma_{2o} = - P_o / 0,64 - (422 - P_o \cdot 0,543) / 0,1292 \leq 0 \quad (2)$$

$$\sigma_{1oo} = - P_{oo} / 0,64 + (900 - 0,85 P_o \cdot 0,543) / 0,0817 \leq 0 \quad (3)$$

$$\sigma_{2oo} = - P_{oo} / 0,64 - (900 - 0,85 P_o \cdot 0,543) / 0,1292 \geq - 15 \cdot 10^3 \quad (4)$$

6.6 Επίλυση ανισοτήτων με άγνωστο το P_o

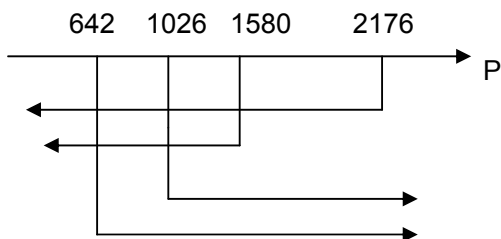
$$(1) : \Rightarrow P_o \leq 2176 \text{ kN}$$

$$(2) : \Rightarrow P_o \geq 642$$

$$(3) : \Rightarrow P_o \leq 1580$$

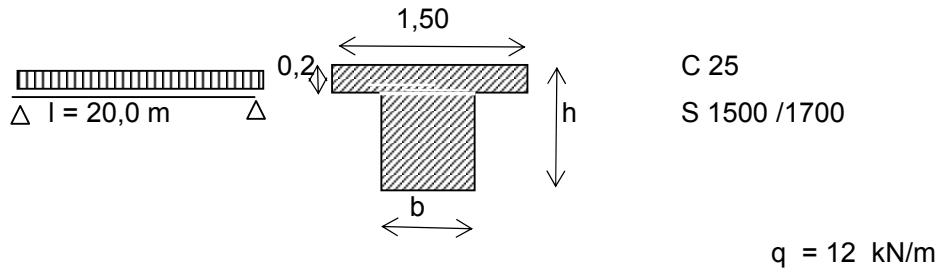
$$(4) : \Rightarrow P_o \geq 1026$$

5.8 Συναλήθευση ανισοτήτων $1026 < P_o < 1580$



19.2 ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΡΟΕΝΤΕΤΑΜΕΝΗΣ ΔΟΚΟΥ

Παράδειγμα 2: Ζητείται η Διαστασιολόγηση της δοκού με τα στοιχεία στο σχήμα



1. Επιλογή Πλάτους

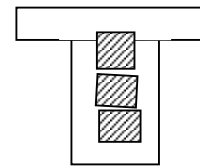
Πρώτη επιλογή: $h = 0,90 \text{ m} \Rightarrow g = 25 \cdot (1,50 \cdot 0,20 + 0,30 \cdot 0,70) = 13,5 \text{ kN/m}$

$$\max M = (13,5 + 12,0) \cdot 20^2 / 8 = 1275 \text{ kNm}$$

$$\text{Προεκτίμηση } P: P = \max M / (0,7h) = 1820 \text{ kNm}$$

Προεκτίμηση αριθμού τενόντων: 3

Διαστάσεις πλακών 23x23 cm, Διατάσσονται μία κατά πλάτος, όπως στο σχήμα. Άρα $b = 30 \text{ cm}$.



2. Επιλογή Ύψους

Στατικά μεγέθη συναρτήσει του ύψους:

Κρίσιμη διατομή στη μέση του ανοίγματος (παραβολική χάραξη τενόντων)

$$g = 25 \cdot [1,50 \cdot 0,20 + 0,30 \cdot (h - 0,20)]$$

$$\min M = (g + 12,0) \cdot 20^2 / 8$$

Γεωμετρικά στοιχεία συναρτήσει του h:

$$A_c = A_I + A_{II} = 1,50 \cdot 0,20 + 0,30 \cdot (h - 0,20)$$

$$y_1 = (A_I \cdot y_I + A_{II} \cdot y_{II}) / A_c \quad y_2 = h - y_1 \quad y_P = y_1 - 0,08 \text{ m}$$

$$J_1 = J_I + J_{II} + A_I \cdot (y_1 - y_I)^2 + A_{II} \cdot (y_{II} - y_1)^2$$

Ανισώσεις ασφαλείας συναρτήσει του h:

$$\sigma_{1o} = - (N_g + P_o) / A_c + (M_{\min} - P_o \cdot y_P) / W_1 \geq - \epsilon_P \sigma_c \quad (1)$$

$$\sigma_{2o} = - (N_g + P_o) / A_c - (M_{\min} - P_o \cdot y_P) / W_2 \leq 0^* \quad (2)$$

$$\sigma_{1oo} = - (N_g + \omega P_o) / A_c + (M_{\max} - \omega P_o \cdot y_P) / W_1 \leq 0 \quad (3)$$

$$\sigma_{2oo} = - (N_g + N_q^* + \omega P_o) / A_c - (M_{\max} - \omega P_o \cdot y_P) / W_2 \geq - \epsilon_P \sigma_c \quad (4)$$

Τιμές μεγεθών για Διάφορες Τιμές του h

<u>h</u>	<u>0,90</u>	<u>1,0</u>	<u>1,10</u>	<u>1,20</u>
A_c	0,51	0,54	0,57	0,60
$y_1 P_o$	0,62	0,88	0,68	0,80
y_2	0,28	0,32	0,36	0,40
y_P	0,55	0,81	0,61	0,73
W_1	0,056	0,069	0,084	0,100
W_2	0,121	0,146	0,173	0,200
P_o από την (1)	1832	1860	1901	1952
P_o από την (2)	2077	2004	1943	1891
P_o από την (3)	2220	2036	1890	1771
P_o από την (4)	105	-656	-1325	-1928
Διάστημα συναλήθευσης	0	0	$1890 < P_o < 1901$	$1771 < P_o < 1891$
Επιλέγεται <u>h=1,20 m</u>				

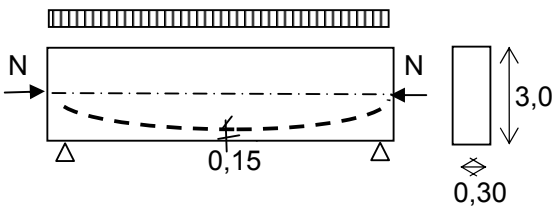
19.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΟΡΘΩΝ ΤΑΣΕΩΝ ΣΕ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ

Παραδειγμα 3: Ζητείται ο έλεγχος των ορθών τάσεων σε κατάσταση αστοχίας στο μέσον του ανοίγματος φορέα με τα παρακάτω στοιχεία.

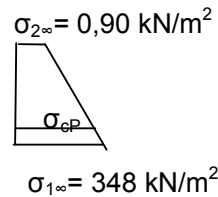
Τάση προέντασης σ_p στο μέσον του ανοίγματος τη στιγμή της προέντασης: $\sigma_p = 486 \text{ MPa}$

$A_p = 4778 \text{ mm}^2$ C25 ($E_c = 31.000 \text{ MPa}$) S1500/1700

Φορτία: $N_G = 200 \text{ kN}$ $N_Q = 250 \text{ kN}$ $M_G = 5000 \text{ kNm}$ $M_Q = 6000 \text{ kNm}$



Τάσεις από έλεγχο ορθών τάσεων σε κατάσταση λειτουργίας



1. ΕΥΡΕΣΗ ΚΑΜΠΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ M_{Rdu}

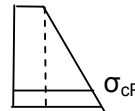
- **1η Δοκιμή: $\Delta \epsilon = 10 \text{ ‰}$**

- Υπολογισμός F_{cd}

$$x = 2,85 \cdot 3,5 / (10 + 3,5) = 0,74 \Rightarrow F_{cd} = 0,68 \cdot 0,30 \cdot 0,74 \cdot 25 \cdot 10^3 / 1,5 = 5935 \text{ kN}$$

- Υπολογισμός F_{pd}

$$\sigma_{cP} = 0,90 + (348 - 0,90) \cdot 2,85 / 3,0 = 335 \text{ MPa}$$



$$\epsilon_p = 10 \text{ ‰} + 335 / 31\ 000 + 486 / 200\ 000 = 10 + 2,54 = 12,5 \text{ ‰}$$

Από διάγραμμα $\sigma_p - \epsilon_p \Rightarrow \sigma_p = 1620 \text{ MPa}$

$$F_{pd} = 4778 \cdot 10^{-6} \cdot 1620 \cdot 10^3 / 1,15 = 6730 \text{ kN}$$

- Έλεγχος ισοδυναμίας αξονικών

$$N_{sd} = 1,35 \cdot 200 + 1,5 \cdot 250 = 645 \text{ kN}$$

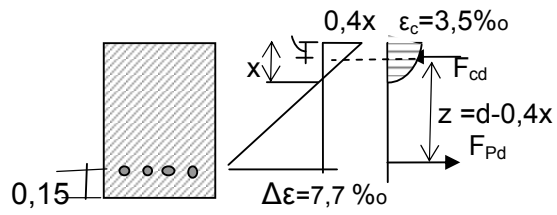
$$N_{Rd} = 5935 - 6730 = -795 \Rightarrow \text{Δεν ισχύει} \text{ δεν ισχυει η ισοδυναμια } N_{sd} \neq N_{Rd}$$

- **2η Δοκιμή $\Delta \epsilon = 7,7 \text{ ‰}$**

$$x = 0,9 \text{ m} \Rightarrow F_{cd} = 7154 \text{ kN} \quad \epsilon_p = 7,7 + 2,54 = 10,54 \text{ ‰} \Rightarrow \sigma_p = 1560 \text{ MPa} \Rightarrow F_p = 6498 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = 7154 - 6400 = N_{sd} \Rightarrow \text{Άρα ισχύει το } \Delta \epsilon = 7,7 \text{ ‰}$$

- Τιμή της M_{Rdu}



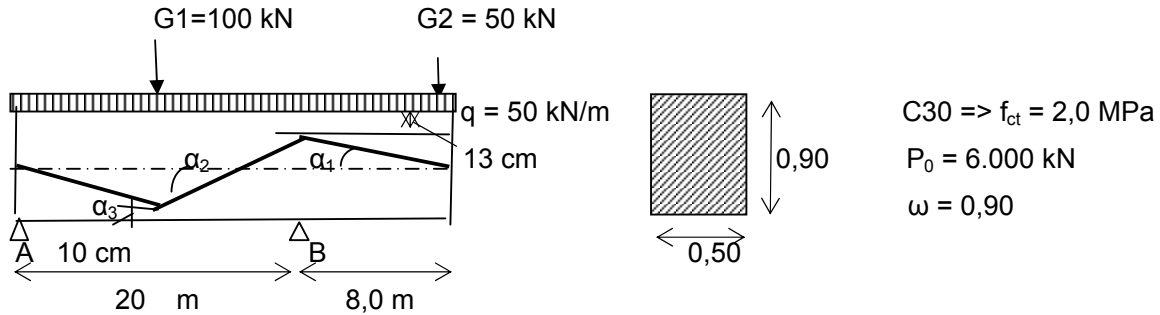
$$M_{Rdu} = F_{cd} \cdot (3,0 / 2 - 0,4x) + F_{pd} (3,0 / 2 - 0,15) = 7154 \cdot (1,50 - 0,4 \cdot 0,89) + 6498 \cdot 1,35 = 16\,861 \text{ kNm}$$

- Έλεγχος Ανίσωσης Ασφαλείας

$$M_{sd} = 1,35 \cdot 5000 + 1,5 \cdot 6000 = 16\,750 \text{ kNm} < M_{Rdu} = 16861 \text{ kNm} \Rightarrow \text{Φορέας ασφαλής}$$

Παραδειγμα 4: Για τον μονοπροέχοντα φορέα με τα φορτία (στα συγκεντρωμένα μόνιμα συμπεριλαμβάνεται και το ίδιο βάρος του φορέα) και τα γεωμετρικά και τεχνολογικά στοιχεία στο σχήμα ζητούνται για την κατάσταση λειτουργικότητας:

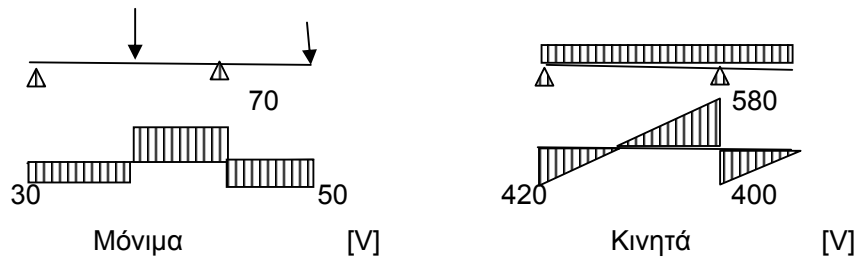
- α) Ο έλεγχος έναντι λοξού εφελκυσμού. Να αμεληθούν οι μειώσεις της προέντασης.
- β) Ο έλεγχος της λοξής θλιπτικής τάσης στο ελεύθερον άκρον του φορέα τη στιγμή της προέντασης



α) ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΝΑΝΤΙ ΛΟΞΟΥ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ

1. ΣΤΑΤΙΚΗ ΕΠΙΛΥΣΗ

1.1 Από τα φορτία της κατασκευής



Από Μόνιμα: $M_B = 50 \cdot 8 = 400 \text{ kNm}$

$V_A = 100/2 - 400/20 = 30 \text{ kN}$ $V_B^{ap} = 100/2 + 400/20 = 70 \text{ kN}$, $V_B^{\delta\epsilon\zeta} = 50 \text{ kN}$

Από Κινητά: $M_B = 50 \cdot 8,0^2/2 = 1600 \text{ kNm}$

$V_A = 50 \cdot 20/2 - 1600/20 = 420 \text{ kN}$ $V_B^{ap} = 50 \cdot 20/2 + 1600/20 = 580 \text{ kN}$ $V_B^{\delta\epsilon\zeta} = 50 \cdot 8,0 = 400 \text{ kN}$

1.2 Από την Προένταση – Αντιτέμνουσες (Αμελούνται οι μειώσεις της προέντασης)

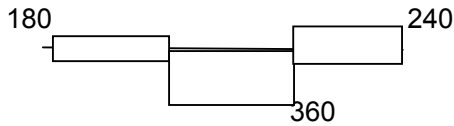
- Στις ακραίες διατομές: $V_p = P \cdot \eta \mu \alpha^*$. Στα ευθύγραμμα τμήματα της χάραξης το διαγράμμα είναι ορθογωνικό με τιμή: $V = P \cdot \eta \mu \alpha^*$

$$\epsilon\phi. \alpha_1 = (0,45 - 0,13)/8,0 = 0,04 \quad \Rightarrow \quad \eta \mu \alpha_1 = 0,04 \quad \Rightarrow \quad V_{p1} = 0,04 \cdot 6000 = 240 \text{ kN}$$

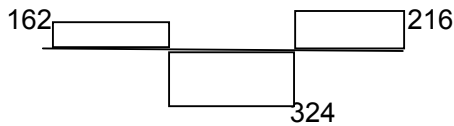
$$\epsilon\phi. \alpha_2 = (0,9 - 0,13 - 0,10)/10,0 = 0,067 \Rightarrow \eta \mu \alpha_2 = 0,06 \Rightarrow V_{p2} = 0,06 \cdot 6000 = 360 \text{ kN}$$

$$\epsilon\phi. \alpha_3 = (0,45 - 0,10)/10,0 = 0,035 \quad \Rightarrow \quad \eta \mu \alpha_3 = 0,03 \quad \Rightarrow \quad V_{p3} = 0,03 \cdot 6000 = 180 \text{ kN}$$

* α : η γωνία κλίσης της χάραξης ως προς τον κ.β. άξονα του φορέα



$t = 0$ (για P_0)



$t = \infty$ (για P_∞)

2. ΚΡΙΣΙΜΗ ΔΙΑΤΟΜΗ ΕΛΕΓΧΟΥ - ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΕΜΝΟΥΣΑ ΕΛΕΓΧΟΥ

Για $t = 0$ ($\min M_s, P_0$)

Για $t = \infty$ ($\max M_s, P_\infty$)

Διατομή A $+30 - 180 = -150$ kN

$+30 + 420 - 162 = 288$

Διατομή B^{αρ} $-70 + 360 = +290$

$-70 - 580 + 324 = -326$

Διατομή B^{δεξ} $+50 - 240 = -190$

$+50 + 400 - 216 = +234$

Κρίσιμη διατομή η B **$\max V = 326$ kN**

3. ΣΥΝΤΟΜΕΥΣΗ ΕΛΕΓΧΟΥ

$$\sigma_I = \sigma_x / 2 + \sqrt{(\sigma_x / 2)^2 + \tau^2}$$

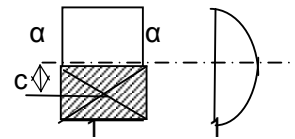
Αν $\sigma_x = 0$ είναι $\sigma_I = \tau$ Επειδή $\sigma_x < 0$ είναι $\sigma_I < \tau$

Αν $\tau < \epsilon\pi \sigma_I \Rightarrow \sigma_I < \epsilon\pi \sigma_I$

4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ $\max \tau$

$$\max \tau = \max V.S / (b.J)$$

- Μορφή διαγράμματος τ - στάθμη της $\max \tau$



$$S = A.c$$

Από τη μορφή του διαγράμματος προκύπτει ότι η στάθμη της $\max \tau$ είναι η α-α (στο μέσον)

- Υπολογισμός της τ στη στάθμη α-α

S :εμβαδον (αα11) . απόσταση κ.β. εμβαδού (αα11) από κ.β. διατομής

$$S = 0,50 \cdot 0,45 \cdot 0,45 / 2 = 0,055 \text{ m}^3 \quad b = 0,5 \text{ m} \quad J = 0,5 \cdot 0,9^3 / 12 = 0,032 \text{ m}^4$$

$$\max \tau = 326 \cdot 0,055 / (0,5 \cdot 0,032) = 1050 \text{ kN/m}^2$$

5. ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ σ_I

$C_{30} \Rightarrow f_{ct} = 2,0 \text{ MPa} = 2000 \text{ kN/m}^2$ Δυσμενεστερη $\epsilon\pi \sigma_I = f_{ct} = 2000 \text{ kN}$

6. ΕΛΕΓΧΟΣ $\max \tau = 1050 < \epsilon\pi \sigma_I = 2000 \Rightarrow \sigma_I < \epsilon\pi \sigma_I \Rightarrow$ φορέας ασφαλής

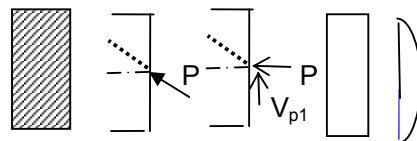
β) ΕΛΕΓΧΟΣ ΛΟΞΗΣ ΘΛΙΠΤΙΚΗΣ ΤΑΣΗΣ $\sigma_{II} = \sigma_c / 2 - \sqrt{\sigma_c^2 / 4 + \tau^2}$

1. Αναζήτηση κρίσιμης στάθμης για την σ_{II}

Διάγραμμα ορθών τάσεων σ_c ορθογωνικό.

Διάγραμμα τ παραβολικό.

Κρίσιμη στάθμη στο μέσον του ύψους.



$$\sigma_c = -P_c / A_c = -6000 / (0,5 \cdot 0,9) = -13333 \text{ kN/m}^2 \quad \max \tau = 240 \cdot 0,055 / (0,5 \cdot 0,032) = 773 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{II} = \sigma_c / 2 - \sqrt{\sigma_c^2 / 4 + \tau^2} = -13333 / 2 - \sqrt{13333^2 / 4 + 773^2} =$$

19.5 ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΕΜΝΟΥΣΑΣ ΣΕ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ - ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΔΕΤΗΡΩΝ

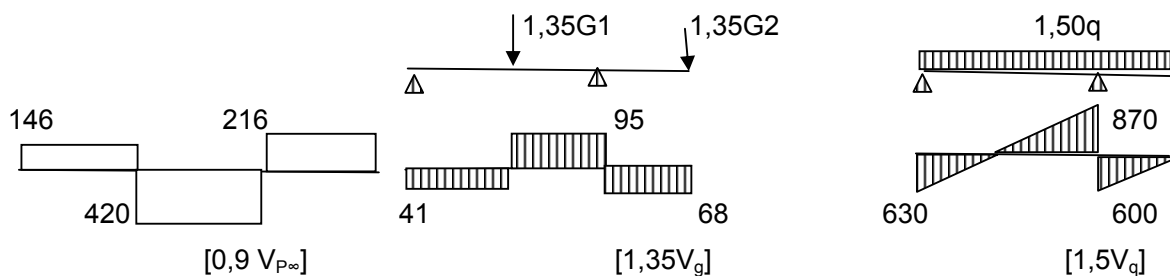
Παράδειγμα 5: Ζητείται ο έλεγχος της διατομής σε κατάσταση αστοχίας και ο υπολογισμός των συνδετήρων μονοπρόεχοντα φορέα με φορτία και γεωμετρικά στοιχεία αυτά στο προηγούμενο παράδειγμα 4. Υλικά: C30, S500. Τένοντες: 4 με διάμετρο Φ 30 mm . $P_0 = 6000$ kN , $\omega = 0,90$

Από τον έλεγχο των ορθών τάσεων σε κατάσταση αστοχίας στη διατομή Β έχει προκύψει δύναμη προέντασης $P_d = V_{Pd} = 7000$ kN.

1. ΣΤΑΤΙΚΗ ΕΠΙΛΥΣΗ

1.1 Δυσμενής Συνδυασμός*: $1,35 V_G + 1,5 V_q - 0,9 V_{P_\infty}$

1.2 Τέμνουσες από τα φορτία της κατασκευής (1,35.G, κινητά.1,50q)



1.2 Τέμνουσες από προένταση: ($V_{Pd} = 0,9 V_{P_\infty}$)

Διατομή Α: $V_{Pd} = 0,9 \cdot 162 = 146$ kN

Διατομή Β^{απ}: $V_{Pd} = P_d \cdot \epsilon\phi \cdot \alpha_1 = 7000 \cdot 0,06 = 420$ kN

Διατομή Β^{δεξ}: $V_{Pd} = 0,9 \cdot 216 = 195$ kN

1.3 Συνολικές Τέμνουσες: ($1,35 V_G + 1,5 V_q - 0,9 V_{P_\infty}$)

Διατομή Α: $V = +41 + 630 - 146 = +525$ kN

Διατομή Β^{απ}: $V = -95 - 870 + 420 = -545$ kN

Διατομή Β^{δεξ}: $V = +68 + 600 - 195 = +473$ kN

Κρίσιμη διατομή η Β^{απ} με $\max V = 545$ kN (στη θεωρητική στήριξη)

$\max V$ στην παρειά της στήριξης: $\max V' = 545 - q \cdot b_{\text{υποστ}}/2 = 545 - 50 \cdot 0,60/2 = 530$ kN

$\max V$ σε απόσταση d από την παρειά της στήριξης: ($d = 0,90 - 0,13 = 0,77$ m)

$\max V'' = 545 - q \cdot (b_{\text{υποστ}}/2 + d) = 545 - 50 \cdot (0,60/2 + 0,77) = 491$ kN

2. ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ Πρέπει: $\max V' \leq V_{Rd2,red} = 1,67 \cdot V_{Rd2} (1 - \sigma_{cd}/f_{cd}) < V_{Rd2}$

$V_{Rd2} = 0,5 \cdot v \cdot 0,9d \cdot b_{wn} \cdot f_{cd} = 0,5 \cdot 0,6 \cdot 0,9 \cdot 0,77 \cdot (0,50 - 0,5 \cdot 4 \cdot 0,03) \cdot 30 \cdot 10^3/1,5 = 1746$ kN

$\sigma_{cd} = P_\infty/A_c = \omega \cdot P_0/A_c = 0,90 \cdot 6000/(0,50 \cdot 0,90) = 12.000$ kN/m²

$V_{Rd2,red} = 1,67 \cdot 1746 \cdot (1 - 12.000/20.000) = 1166$ kN

$\max V' = 530 < V_{Rd2,red} = 1166 \Rightarrow$ η διατομή είναι επαρκής

* Βλέπε κεφ. 10.5

2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΔΕΤΗΡΩΝ Πρέπει: $\max V'' \leq V_{Rd3}$

$V_{Rd3} = (0,9d/s) \cdot A_{sw} \cdot f_{swd} + V_{cd}$

$$V_{cd} = V_{Rd1} = [T_{Rd} \cdot k \cdot (1,2 + 40 \rho_l) + 0,15 \sigma_{cd}] b_{w,n} \cdot d, \quad k = 1,6 - d [\text{m}] = 1,6 - 0,77 < 1,0 \Rightarrow k = 1,0$$

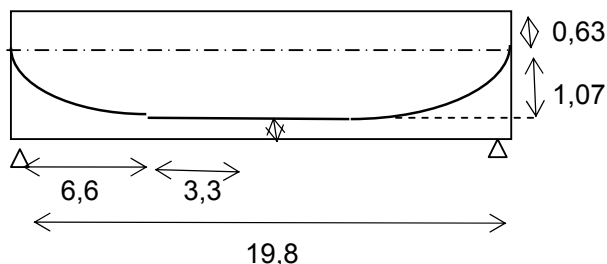
$$\rho_l = A_s \cdot b \cdot d [\%] = 0 \text{ (δεν υπάρχουν οριζόντιοι τένοντες)}$$

$$V_{cd} = [2,5 \cdot 10^3 \cdot 1,0 \cdot 1,2 + 0,15 \cdot 12000] \cdot (0,50 - 0,5 \cdot 4 \cdot 0,03) \cdot 0,77 = 1626 \text{ kN}$$

Είναι $\max V'' = 491 < V_{cd} = 1626 \Rightarrow$ ελάχιστοι συνδετήρες \Rightarrow τετράτμητοι $\Phi 8 / (77/3) = \Phi 8/27$

19.5 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΙΩΣΕΩΝ και μεγίστων τάσεων κατά μήκος του τενοντα

Να υπολογιστούν οι μειώσεις κατά μήκος του παρακάτω φορέα κατά τη στιγμή επιβολής της προέντασης με τάση ίση με την επιτρεπόμενη



Δίνονται: S 1500/1770 $\mu = 0,25$, $\beta = 0,5^\circ/\text{m}$ $\delta = 0,002 \text{ m}$

1. Αλληλοσυσχέτιση Τάσεων

1.1. ΜΕΙΩΣΕΙΣ ΛΟΓΩ ΤΡΙΒΩΝ

- **Σχέσεις Υπολογισμού**

$$\sigma_x = \sigma_0 \cdot [1 - \mu (\alpha + \beta \cdot x)] \quad (1) \quad \text{γωνίες } \alpha, \beta \text{ σε ακτίνια ή}$$

$$\sigma_x = \sigma_0 \cdot [1 - \mu \cdot \pi \cdot (\alpha + \beta \cdot x) / 180] \quad (2) \quad \text{γωνίες } \alpha, \beta \text{ σε μοίρες}$$

Οι τιμές μ και β δίνονται από το σύστημα προέντασης. Είναι της τάξεως :
 $\mu = 0,25$ και $\beta = 1^\circ/\text{m} = 1 \cdot \pi / 180$ ακτίνια

Διατομή o : η πλησιέστερη στο γρυλλο (ακραία διατομή φορέα)

Διατομή x : η πιο απομακρυσμένη από το γρυλλο σε απόσταση x από την o

Γωνία α : το άθροισμα όλων των γωνιών (με απολυτες τιμες) αποκλισης από την ευθυγραμμία στο τμήμα ox

❖ Αν $\alpha > 20^\circ$ τότε:

$$\sigma_x = \sigma_0 \cdot e^{-[1 - \pi \cdot \mu (\alpha + \beta \cdot l) / 180]} \quad (3) \quad \alpha, \beta \text{ σε μοίρες}$$

l : το μήκος του τένοντα μεταξύ των διατομών o και x

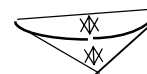
Γεωμετρικά στοιχεία για παραβολή 2ου βαθμού:

$$\alpha = 2 \cdot \gamma_p / (l/2) = 4 \cdot \gamma_p / l$$

- **Υπολογισμός**

Διατομή 1: $x_1 = 6,6 \text{ m}$ $\epsilon\phi \alpha = 2 \cdot \gamma_p / x = 2 \cdot 1,07 / 6,6 = 0,32$ ακτίνια $\Rightarrow \alpha = 18^\circ$
 $\sigma_1 = \sigma_{p0} \cdot [1 - 0,25 \cdot 3,14 \cdot (18 + 0,5 \cdot 6,6) / 180] = 0,91 \sigma_0$

Διατομή 2: $x_2 = 9,9 \text{ m}$ $\alpha = 18 + 0 = 18^\circ$
 $\sigma_2 = \sigma_{p0} \cdot [1 - 0,25 \cdot 3,14 \cdot (18 + 0,5 \cdot 9,9) / 180] = 0,90 \sigma_0$



1.2 ΜΕΙΩΣΕΙΣ ΛΟΓΩ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ ΤΟΥ ΤΕΝΟΝΤΑ

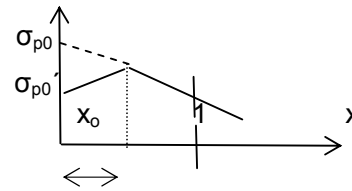
- Σχέσεις Υπολογισμού**

$$\sigma_{p0}' = \sigma_{p0} \cdot (1 - 2k_x x_0) \quad \sigma_{p x_0} = \sigma_{p0} (1 - k_x x_0)$$

όπου:

$$k_x = \mu (\beta + \alpha / x_1) \text{ (γωνίες σε ακτίνια)}$$

x_0 : μήκος επιρροής της ολίσθησης



$$x_0 = 1/k_x \cdot \ln (1 - \sqrt{k_x \cdot \delta / \epsilon_{p0}}) \text{ ή για } x_0 < x_1$$

$$x_0 = \sqrt{\delta / (k_x \cdot \epsilon_{p0})} \text{ για } \mu \alpha < 0,10 \text{ (για } \alpha < 20^\circ)$$

όπου:

$$k_x = \mu(\beta + \alpha / x_1), \quad \epsilon_{p0} = \sigma_{p0} / E_p$$

α : η (συνολική) γωνία απόκλισης μέχρι τη διατομή 1

- Συμβολισμοί:**

Διατομή $x = 0$ => τάση σ_{p0} (πριν την ολίσθηση στην αγκύρωση)
 τάση σ_{p0}' (μετά την ολίσθηση στην αγκύρωση)

Διατομή $x = x_0$ => τάση σ_{x_0}

- Υπολογισμός**

$$k_x = 0,25 \cdot 3,14 \cdot (0,5 + 18 / 6,6) / 180 = 0,0014$$

$$\max \sigma_{p0} = \min \{ 0,70 f_{ptk}, 0,80 f_{p0,1k} \} = 1190 \text{ MPa} \quad \epsilon_{p0} = 1190 / 200.000 = 6 \text{ ‰}$$

$$x_0 = 1 / 0,0014 \cdot \ln (1 - \sqrt{0,0014 \cdot 0,002 / 6}) = 5,0 \text{ m} \text{ (ισχύει } x_0 < x_1)$$

$$\sigma_{x_0} = \sigma_{p0} (1 - 0,014 \cdot 5,0) = 0,93 \sigma_{p0} \quad \sigma_{p0}' = \sigma_{p0} \cdot (1 - 2 \cdot 0,014 \cdot 5,0) = 0,86 \sigma_{p0}$$

2. Τιμές Τάσεων

- Μέγιστες Επιτρεπόμενες Τάσεις κατά Μήκος του Φορέα**

$$\max \sigma_{p1} = \min \{ 0,65 f_{ptk}, 0,75 f_{p0,1k} \} \quad f_{ptk} : \text{εφελκυστική αντοχή}$$

$f_{p0,1k} : \text{όριο διαρροής}$

$$\max \sigma_{p0} = \min \{ 0,70 f_{ptk}, 0,80 f_{p0,1k} \}$$

Διατομή 1 : η πλησιέστερη στο άκρον της ενεργού αγκύρωσης κρίσιμη διατομή

Διατομή 0 : η ακραία διατομή της ενεργού αγκύρωσης

για χάλυβα S 1500/1700 είναι:

$$\max \sigma_{p1} = \min \{ 0,65 \cdot 1700, 0,75 \cdot 1500 \} = 1105 \text{ MPa}$$

$$\max \sigma_{p0} = \min \{ 0,70 \cdot 1700, 0,80 \cdot 1500 \} = 1190 \text{ MPa}$$

- Μέγιστες Τάσεις σε Διάφορες Διατομές**

Επειδή οι μειώσεις στην πρώτη κρίσιμη διατομή είναι μεγαλύτερες από 5% τίθεται:

$$\sigma_{p0} = \text{επ } \sigma_{p0} = 1190 \text{ MPa}$$

Οι τάσεις στις υπόλοιπες διατομές προκύπτουν:

$$\sigma_{p1} = 0,91 \cdot \sigma_{p0} = 1092 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{p2} = 0,90 \cdot \sigma_{p0} = 1080 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{p x_0} = 0,93 \cdot \sigma_{p0} = 1116 \text{ MPa}$$

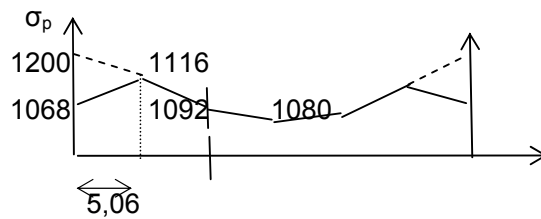
$$\sigma_{p0}' = 0,86 \cdot \sigma_{p0} = 1068 \text{ MPa}$$

3. Διάγραμμα Τάσεων κατά Μήκος - ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΜΕΙΩΣΕΩΝ

Η μορφή του διαγράμματος είναι ευθύγραμμη ή τεθλασμένη (εξίσωση πρώτου βαθμού ως προς x) με κλίση σταθερή σ όλα τα ευθύγραμμα τμήματα.

Στα καμπύλα τμήματα η κλίση είναι μεγαλύτερη από τα ευθύγραμμα.

Στα σημεία καμπής της χάραξης το διάγραμμα παρουσιάζει κατακόρυφη πτώση.



19.7 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

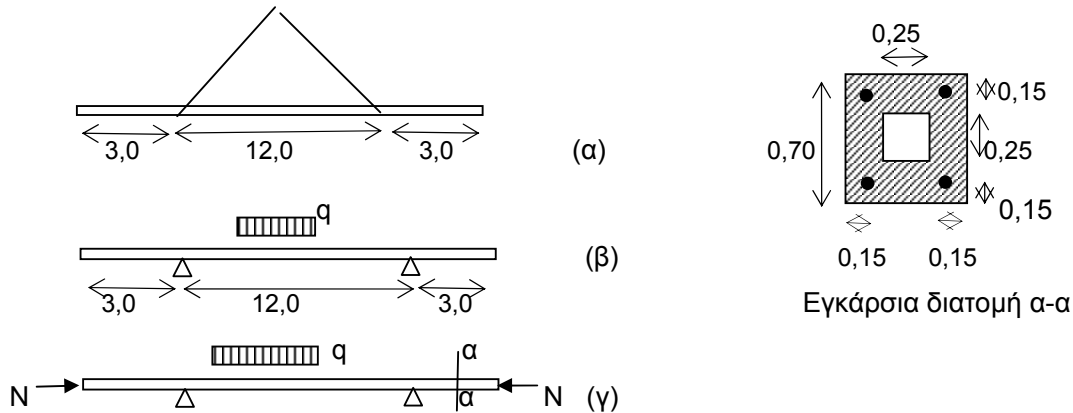
Υπολογίζονται οι απώλειες (για $t=\infty$) και ο συντελεστής ω σε διατομή προεντεταμένου φορέα με τα παρακάτω στοιχεία.

20. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΤΙΚΗ ΑΣΚΗΣΗ

Προκατασκευασμένος προεντεταμένος φορέας με 4 ευθύγραμμους τένοντες και τετράγωνη κοίλη εγκάρσια διατομή αναρτάται οριζοντίως από τον διαμήκη κεντροβαρικό του άξονα από δύο σημεία σ' απόσταση 3,0 m από τα άκρα του, όπως φαίνεται στο Σχ. 1(α), και στη συνέχεια τοποθετείται στην τελική του θέση, όπως φαίνεται στο Σχ. 1(β).

Υλικά: C30, S1500/1700, $\epsilon_{cs} = 0,4 \cdot 10^{-3}$ $\varphi = 2,0$, $E_p = 200000 \text{ MPa}$ $E_c = 30000 \text{ MPa}$

Τένοντες: $A_p = 200 \text{ mm}^2$ $\Phi = 70 \text{ mm}$, $\mu = 0,25$, $\beta = 1^0$ $\delta = 2 \text{ mm}$, προένταση αμφίπλευρη



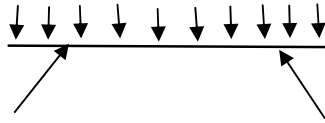
Ζητούνται:

1. Το διάγραμμα των μέγιστων τάσεων προέντασης κατά μήκος του φορέα.
2. Το διάγραμμα της δύναμης προέντασης κατά μήκος του φορέα.
3. Η επιμήκυνση Δl που πρέπει να εφαρμοστεί στο άκρον των τενόντων ώστε να αξιοποιηθεί πλήρως ο χάλυβας προέντασης.
4. Οι απώλειες προέντασης λόγω συστολής ξηράνσεως κατά μήκος του φορέα.
5. Για τη φάση ανάρτησης: η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή της θλιπτικής τάσεως που αναπτύσσεται στο φορέα.
6. Μετά την τοποθέτηση του φορέα στην τελική του θέση:
 - (α) Η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή του κινητού φορτίου q που μπορεί να φέρει ο φορέας στην οριακή κατάσταση λειτουργικότητας για πλήρη προένταση. Να ληφθούν υπόψιν απώλειες 25%.
 - (β) Οι απώλειες προέντασης λόγω συστολής ξηράνσεως και ερπυσμού στη μεσαία διατομή του φορέα για το μέγιστο φορτίο q που προέκυψε στο (α).
 - (γ) Η μέγιστη αξονική δύναμη N που μπορεί να φέρει ο φορέας ταυτόχρονα με το μέγιστο φορτίο q που προέκυψε στο (α).
 - (δ) Η συνολική παραμόρφωση των τενόντων σε κατάσταση αστοχίας στη μεσαία διατομή θεωρώντας ότι οι παραμορφώσεις αστοχίας είναι: $\epsilon_c = 3,5\%$ και $\Delta \epsilon_p = 15\%$.
 - (ε) Έλεγχος λοξής εφελκυστικής και λοξής θλιπτικής τάσης στην ακραία διατομή του φορέα.
 - (ζ) Έλεγχος επάρκειας της διατομής του φορέα σε κατάσταση αστοχίας.
 - (η) Το εμβαδόν των πλακών αγκύρωσης
 - (θ) Ο οπλισμός στην περιοχή της αγκύρωσης

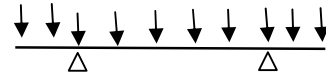
1. Εντοπισμός Στατικού Συστήματος



A



B



Γ

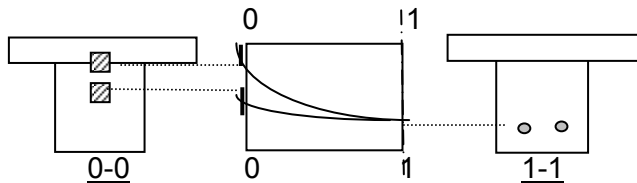
A: Απομόνωση στρωτήρα από τα συρματόσχοινα

B: Απομόνωση στρωτήρα από τον εαυτό του

Γ: Στατικό σύστημα

ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΣΚΟΠΙΣΗΣ

Θέμα Εξαμήνου για τους Γεωτεχνικούς, Συγκοινωνιολόγους και Υδραυλικούς το 2005. Στο σχήμα δίνεται η κατά μήκος και εγκάρσια διατομή αμφιέριστης προεντεταμένης δοκού της οροφής του ισόγειου διώροφου κτιρίου εκθεσιακού χώρου υπό ανέγερση, όπως προέκυψε από πρόγραμμα ηλεκτρονικού υπολογιστή.



C30, S500,

$A_c = 0.32 \text{ m}$, $\gamma_1 = 0.475 \text{ m}$, $\gamma_2 = 0.325 \text{ m}$, $k_1 = A_c/W_2 = 0.175 \text{ m}$, $k_2 = A_c/W_1 = 0.115 \text{ m}$

S1500/1700, 21Φ7,

$A_p = 808 \text{ mm}^2$, $\mu = 0.25$, $\beta = 0.5^\circ/\text{m}$, $\delta = 0 \text{ mm}$, πλάκες: 230x230 mm

Ζητούνται:

A. ΚΑΤΑ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

1. Έλεγχος ορθότητας της μελέτης του φορέα.

Προτείνεται να ακολουθηθούν τα παρακάτω βήματα:

I. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΚΑΙ ΕΛΑΧΙΣΤΗΣ

ΤΙΜΗΣ ΤΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

1. Σχεδίαση διαγράμματος μεταβολής της δύναμης προέντασης P_0 κατά μήκος του φορέα. Εξετάζεται το ενδεχόμενο μονόπλευρης και αμφίπλευρης προέντασης
2. Υπολογισμός του ποσοστού μείωσης της δύναμης P_0 από τη θέση της ενεργής αγκύρωσης μέχρι τη μεσαία διατομή
3. Υπολογισμός της επιτρεπόμενης τάσης του τένοντα στη μεσαία διατομή και στη θέση της ενεργού αγκύρωσης.
4. Υπολογισμός της δύναμης P_0 στη μεσαία και ακραία διατομή.
5. Έλεγχος ορθών τάσεων στην ακραία διατομή.
6. Εκτίμηση της τιμής P_{00} στη μεσαία διατομή
7. Υπολογισμός της μέγιστης και ελάχιστης τιμής της ροπής λειτουργίας που μπορεί να αναλάβει ο φορέας στη μεσαία διατομή
8. Υπολογισμός της τάσης του σκυροδέματος στη στάθμη του τένοντα για την ελάχιστη τιμή της ροπής στη μεσαία διατομή. Εκτίμηση (χρόνιων) απωλειών προέντασης. Έλεγχος P_{00} και ενδεχόμενα επαναπροσδιορισμός της M_{\max}

II] ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΦΟΡΤΙΟΥ ΑΣΤΟΧΙΑΣ

1. Υπολογισμός της M_{Rdu}
2. Θέτοντας $M_{sd} = M_{Rdu}$ και $M_{sd} = q_d \cdot l^2/8$ προκύπτει το φορτίο αστοχίας q_d .

III. ΕΛΕΓΧΟΣ ΛΟΞΟΥ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ

- a) Υπολογισμός της τιμής της τέμνουσας και αντιτέμνουσας σε απόσταση d από τη θέση της ενεργής αγκύρωσης για τη μέγιστη τιμή του φορτίου λειτουργίας
- b) Υπολογισμός της διατμητικής τάσης και της λοξής εφελκυστικής τάσης στο μέσον του ύψους της διατομής
- c) Έλεγχος με τη δυσμενέστερη επιτρεπόμενη τάση

2. Τροποποιήσεις στην διατομή είτε τη χάραξη για τις παρακάτω περιπτώσεις

- a) Το ελάχιστο φορτίο που θα εφαρμοστεί στη δοκό είναι μικρότερο από την τιμή που προέκυψε από τον έλεγχο
- b) Το φορτίο αστοχίας του φορέα είναι μεγαλύτερο από την τιμή που προέκυψε από τον έλεγχο
- c) Η λοξή εφελκυστική τάση προκύπτει μεγαλύτερη από την αντίστοιχη επιτρεπόμενη

3 Προδιαγραφή των μέτρων ασφαλείας κατά την τάνυση των τενόντων

4 Προδιαγραφή της απαιτούμενης στάθμης οργάνωσης του εργοταξίου

5 Επιλογή της χρονικής στιγμής προέντασης (πριν ή μετά τις επικαλύψεις)

6 Επιλογή της χρονικής στιγμής για τις τσιμεντενέσεις

7 Καθορισμό απαιτήσεων για το σκυρόδεμα πέραν της αντοχής

B. ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

Κατά τη φάση της κατασκευής της δοκού έρχεστε αντιμέτωποι με τις παρακάτω απρό-βλεπτες καταστάσεις:

- 1) Παρουσία λιπαντικού στην επιφάνεια του σωλήνα των τενόντων και στην επιφάνεια των ράβδων του οπλισμού της πλάκας
- 2) Παραλαβή άμμου με μεγάλο ποσοστό παιπάλης
- 3) Παραλαβή τσιμέντου μειωμένης ποιότητας με ενδεχόμενο μείωσης της αντοχής του σκυροδέματος κατά 20-30%
- 4) Ανεπαρκή συμπύκνωση του σκυροδέματος λόγω μειωμένης εργασιμότητάς του
- 5) Λόγω ανειλημμένων υποχρεώσεων του συνεργείου τάνυσης, αίτημα για τάνυση των τενόντων στις επτά αντί στις είκοσι οκτώ ημέρες

Καλείστε να εντοπίσετε τις συνέπειες που θα έχουν στη συμπεριφορά της προεντεταμένης δοκού και της πλάκας (από οπλισμένο σκυρό-δεμα) κάθε μίας από τις παραπάνω δυσχέρειες αν δεν αντιμετωπιστούν και να υποδείξετε τον τρόπο αντιμετώπισής τους.

Γ. ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΠΟΠΕΡΑΤΩΣΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

Τρία χρόνια μετά την αποπεράτωση του έργου και τη χρήση του ως εκθεσιακού χώρου προστίθενται τρεις (προβλεπόμενοι) όροφοι και ο εκθεσιακός χώρος μεταφέρεται στους επάνω ορόφους.

Για το ισόγειο και τον πρώτο όροφο μελετάται το ενδεχόμενο διαμόρφωσής τους σε κλειστό παιδικό κολυμβητήριο το ισόγειο και χώρο στάθμευσης οχημάτων ο πρώτος όροφος.

Για τη νέα χρήση του χώρου προβλέπεται καθαίρεση των τοιχοποιιών, της επικάλυψης των πλακών και της ψευδοροφής.

Καλείστε να εκτιμήσετε:

- 1. Ενδεχόμενες συνέπειες των προβλεπόμενων επεμβάσεων στην ασφαλή συμπεριφορά της προεντεταμένης δοκού.

2. Την καταλληλότητα της μελετούμενης αλλαγής χρήσης του υπερκείμενου και υποκείμενου της προεντεταμένης δοκού χώρου,
3. Τα κριτήρια στα οποία πρέπει να υπακούει μελλοντική αλλαγή της χρήσης του χώρου ως προς τις παρακάτω παραμέτρους:
 - a) Το μέγεθος της διακύμανσης των φορτίων λειτουργίας
 - b) Τη συχνότητα εφαρμογής του κινητού φορτίου (εναλλαγής μέγιστου και ελάχιστου φορτίου)
 - c) Τη γειτνίαση με χώρους με αυξημένη πιθανότητα πυρκαϊάς
 - d) Το βαθμό χημικής δραστηριότητας του περιβάλλοντος του χώρου
 - e) Τη δυνατότητα αυθαίρετων επεμβάσεων ελλείψει τεχνικής υπηρεσίας συντήρησης του χώρου
 - f) Τις συνέπειες ενδεχόμενης αστοχίας

Δ ΚΑΤΑ ΤΗ ΦΑΣΗ ΑΠΟΣΑΦΗΝΙΣΗΣ ΤΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΟΥ ΠΡΟΕΝΤΕΤΑΜΕ-ΝΟΥ ΦΟΡΕΑ ΓΙΑ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ ΜΕΛΛΟΝ-ΤΙΚΩΝ ΒΕΛΤΙΩΜΕΝΩΝ ΛΥΣΕΩΝ

1. Για τον φορέα του σκυροδέματος της δοκού (της προέντασης θεωρούμενης ως εξωτερικό μέγεθος), τα διαγράμματα παραμορφώσεων, ορθών τάσεων και εσωτερικών δυνάμεων καθ' ύψος της μεσαίας διατομής της δοκού για την ελάχιστη και μέγιστη τιμή των φορτίων λειτουργίας, για τα φορτία ρηγμάτωσης και τα φορτία αστοχίας.
2. Τα παραπάνω διαγράμματα για τον ενιαίο φορέα σκυροδέματος και τένοντα της δοκού (της προέντασης θεωρούμενης ως εσωτερικό μέγεθος).
3. Τα αντίστοιχα διαγράμματα για την κρίσιμη διατομή δοκού από οπλισμένο σκυρόδεμα.
4. Σύγκριση των σχέσεων ισοδυναμίας εσωτερικών και εξωτερικών αξονικών δυνάμεων και ροπών καθώς και της ανίσωσης ασφαλείας για καθένα από τους παραπάνω φορείς και τιμές των φορτίων
5. Τα διαγράμματα της τάσης και της δύναμης προέντασης στη μεσαία διατομή της δοκού με την αύξηση του φορτίου και σύγκριση με τα αντίστοιχα διαγράμματα της τάσης και της δύναμης του εφελκόμενου οπλισμού στην κρίσιμη διατομή αντίστοιχου φορέα από οπλισμένο σκυρόδεμα.
6. Με βάση τις παραπάνω συγκρίσεις, εντοπισμό ομοιοτήτων και διαφοροποιήσεων στο μέγεθος και το μοχλοβραχίονα των εσωτερικών δυνάμεων με την αύξηση της επιπόνησης μεταξύ του προεντεταμένου και οπλισμένου φορέα.
7. Με βάση τα παραπάνω, ενοποίηση προεντεταμένου και οπλισμένου σκυροδέματος, θεωρώντας την προένταση από την οπτική: (α) τεχνητής μείωσης της επιπόνησης, (β) τεχνητής αύξησης των εσωτερικών δυνάμεων και μεταβολής του μοχλοβραχίονά τους, και (γ) τεχνητής αύξησης της τιμής της ροπής ρηγμάτωσης του φορέα.
8. Με βάση τη μορφή της ανίσωσης ασφαλείας στην κατάσταση λειτουργίας, ανάδειξη της ύπαρξης επάνω και κάτω ορίου στις τιμές όλων των μεγεθών που υπεισέρχονται στην ανίσωση (P , γ_p , M_{min} , M_{max} , h , W_1 , W_2 , A_c , ..) και αναζήτηση αντίστοιχων ορίων και για την κατάσταση αστοχίας (τόσο στον προεντεταμένο, όσο και στον οπλισμένο φορέα) και εντοπισμό της αδυναμίας γενικεύσεων.
9. Ανάδειξη της αλληλοσχέτισης των παραπάνω μεγεθών στον προεντεταμένο φορέα, αναζήτηση αντίστοιχης αλληλοσχέτισης των μεγεθών και στον οπλισμένο φορέα και εντοπισμό της σχετικότητας των συμπερασμάτων