

Οκτώβριος 2010

Άσκηση 1

Η κάλυψη βιομηχανικού χώρου γίνεται από μεταλλική κατασκευή από χάλυβα S235 με κύριους φορείς δίστυλα δίρριχτα πλαίσια με ελκυστήρα ΑΒΓΔΕ, τοποθετημένα ανά 6,00m. Η κατασκευή υπόκειται σε κατακόρυφα φορτία που προέρχονται από μόνιμα φορτία $g=0,60\text{kN/m}^2$ και από χιόνι $s=1,50\text{kN/m}^2$. Στα άκρα (σημεία Β και Δ) ο ελκυστήρας, διατομής 2U120, συνδέεται με τον κόμβο του πλαισίου μέσω βοηθητικού ελάσματος πάχους 20mm και κοχλίων (λεπτομέρεια 1). Η συνέχεια του ελκυστήρα ΒΔ, αποκαθίσταται σε ενδιάμεση θέση επίσης μέσω βοηθητικού ελάσματος διατομής 180mm x 20mm και κοχλίων (λεπτομέρεια 2). Το σπείρωμα των κοχλίων βρίσκεται εκτός του επιπέδου διατμήσεως. Οι κοχλιωτές συνδέσεις μπορούν να πραγματοποιηθούν είτε με 4 κοχλίες M16 ποιότητας 8.8 ή με 5 κοχλίες M16 ποιότητας 5.6.

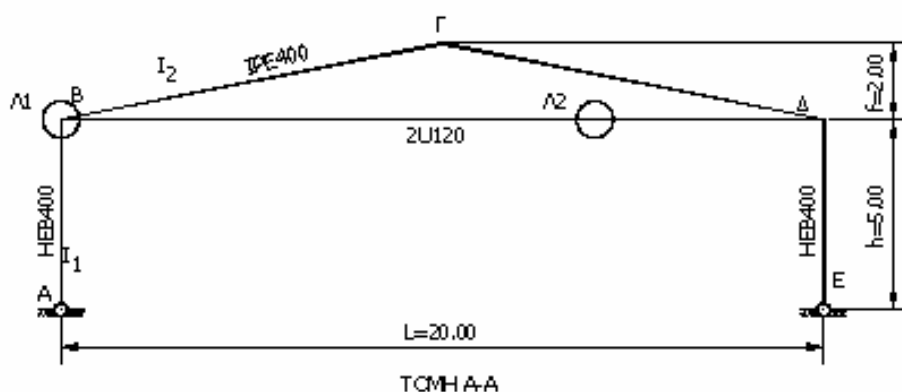
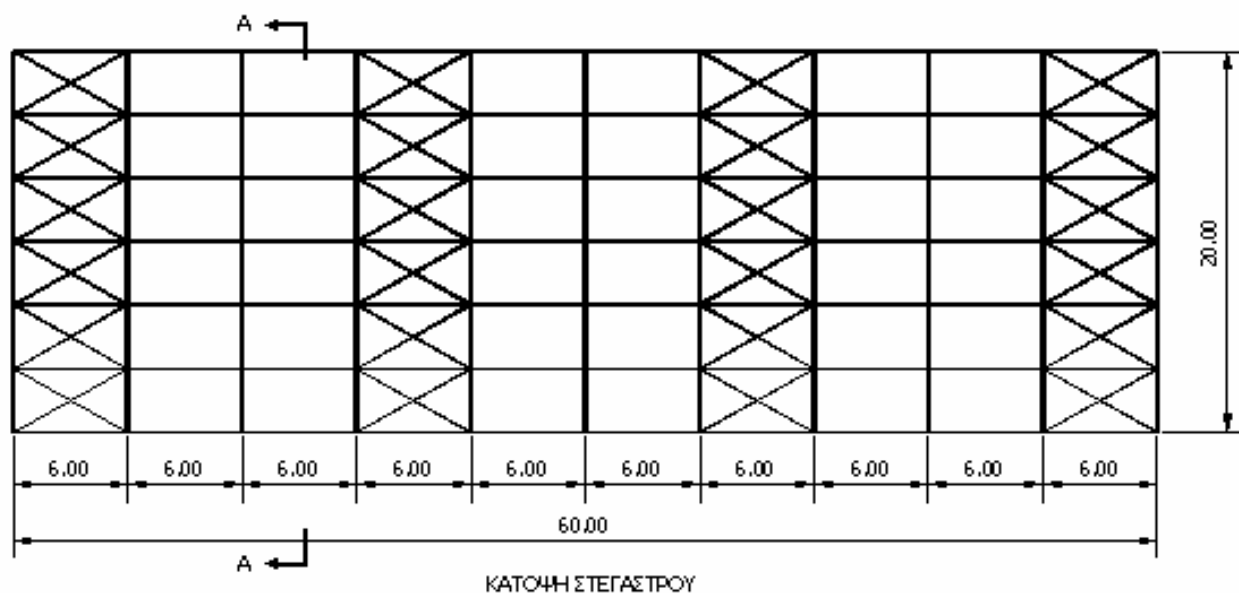
Ζητούνται :

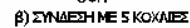
Ο έλεγχος επάρκειας του ελκυστήρα.

Ο έλεγχος επάρκειας των συνδέσεων στα άκρα του ελκυστήρα και στη θέση αποκατάστασης της συνέχειας.

Ο έλεγχος επάρκειας της λεπίδας σύνδεσης στη θέση αποκατάστασης της συνέχειας.

Εφελκυστική δύναμη Z του ελκυστήρα : $Z = \frac{qL^2}{16} \times \frac{10hk + 6h - f}{fh(4k + 3)}$ όπου $k = \frac{I_2}{I_1} \frac{h}{L}$





ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ 2

ΛΥΣΗ ΑΣΚΗΣΗΣ 1

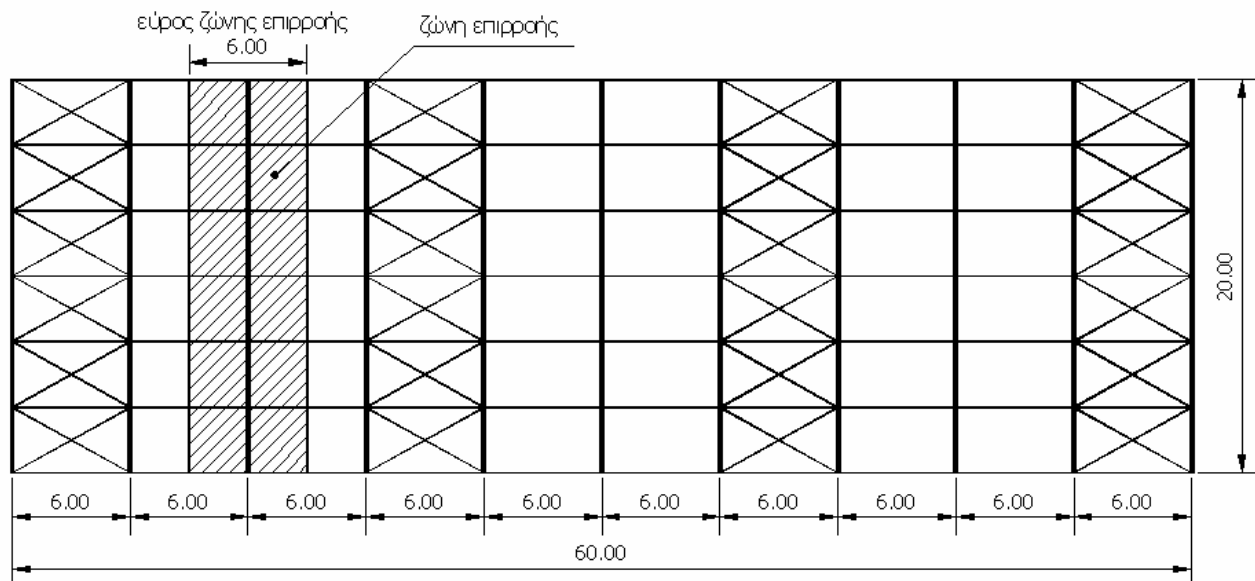
Υλικά

Ποιότητα δομικού χάλυβα S235 όριο διαρροής: $f_y = 235 \text{ MPa} = 23,5 \text{ kN/cm}^2$
εφελκυστική αντοχή: $f_u = 360 \text{ MPa} = 36,0 \text{ kN/cm}^2$

Χαρακτηριστικά διατομών

IPE 400 $I_y = 23130 \text{ cm}^4$
HEB 400 $I_y = 57680 \text{ cm}^4$
U120 $A = 17,0 \text{ cm}^2$ $I_y = 364 \text{ cm}^4$ $t_w = 7 \text{ mm}$

1. ΦΟΡΤΙΑ ΚΑΙ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΦΟΡΤΙΣΕΩΝ



Σχήμα 1: Κάτοψη στεγάστρου και ζώνη επιρροής πλαισίων

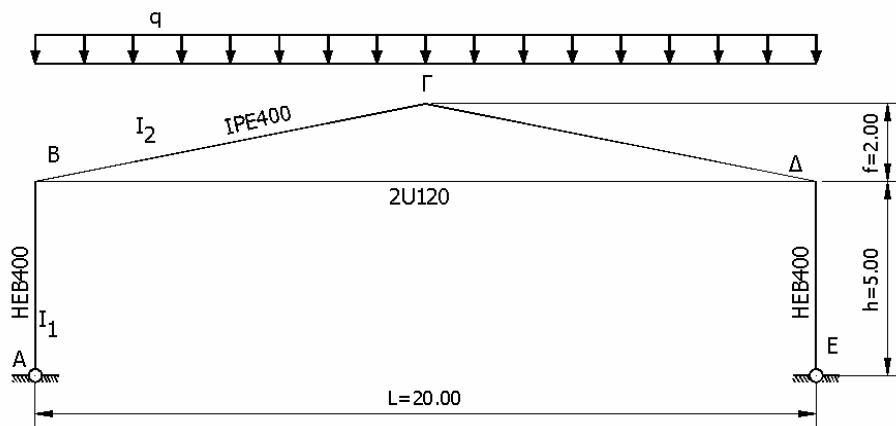
Η κατανομή των φορτίων ανά πλαίσιο θα είναι:

$$g = 0,60 \text{ kN/m}^2 \times 6,00 \text{ m} = 3,6 \text{ kN/m}$$

$$s = 1,50 \text{ kN/m}^2 \times 6,00 \text{ m} = 9,0 \text{ kN/m}$$

$$\text{Φορτίο σχεδιασμού} : 1,35g + 1,50s = 1,35 \times 3,6 \text{ kN/m} + 1,50 \times 9,0 \text{ kN/m} = 18,36 \text{ kN/m}$$

2. ΕΦΕΛΚΥΣΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ ΕΛΚΥΣΤΗΡΑ



Σχήμα 2: Φορτίο για τον υπολογισμό της έντασης στον ελκυστήρα

Υπολογισμός εφελκυστικής δύναμης Z του ελκυστήρα για το φορτίο σχεδιασμού:

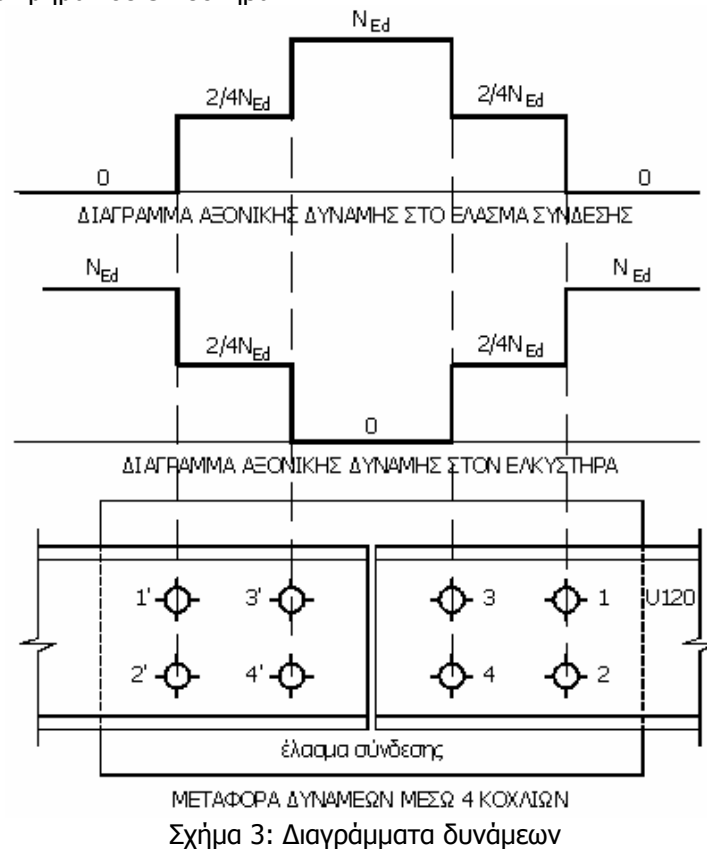
$$k = \frac{I_2 \times h}{I_1 \times L} = \frac{23130 \text{ cm}^4 \times 500 \text{ cm}}{57680 \text{ cm}^4 \times 2000 \text{ cm}} = 0,10$$

$$Z = \frac{qL^2}{16} \frac{10hk + 6h - f}{fh(4k + 3)} = \frac{18,36 \text{ kN/m} \times (20 \text{ m})^2}{16} \frac{10 \times 5,0 \text{ m} \times 0,10 + 6 \times 5,0 \text{ m} - 2,0 \text{ m}}{2,0 \text{ m} \times 5,0 \text{ m} \times (4 \times 0,10 + 3)} = 445,5 \text{ kN}$$

3. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΛΥΣΗ 1: ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕ 4 ΚΟΧΛΙΕΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ 8.8

3.1. Μεταφορά δυνάμεων μέσω κοχλίων

Η μεταφορά των δυνάμεων από τον ελκυστήρα στο έλασμα γίνεται μέσω των κοχλίων. Ο κάθε κοχλίας μεταφέρει το 1/4 της αξονικής δύναμης. Στην περίπτωση της σύνδεσης με 4 κοχλίες, εξετάζοντας τη φορά μεταβίβασης της δύναμης από δεξιά προς τα αριστερά, οι κοχλίες 1 και 2 μεταφέρουν τα 2/4 της αξονικής δύναμης από τον ελκυστήρα στο έλασμα και μετά τους κοχλίες 3 και 4 όλη η δύναμη έχει μεταβιβαστεί από τον ελκυστήρα στο έλασμα. Αντίστοιχα οι κοχλίες 3' και 4' μεταφέρουν από το έλασμα στο αριστερό τμήμα του ελκυστήρα τα 2/4 της αξονικής δύναμης, και μετά τους κοχλίες 1' και 2' όλη η δύναμη έχει περάσει από το έλασμα στο αριστερό τμήμα του ελκυστήρα.



4. ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΕΛΚΥΣΤΗΡΑ

4.1. Αντοχή ελκυστήρα σε εφελκυσμό

Η αντοχή της διατομής σε εφελκυσμό είναι:

$$N_{t,Rd} = \min(N_{pl,Rd}; N_{u,Rd}) = \min\left(\frac{A f_y}{\gamma_{M0}}; \frac{0,90 A_{net} f_u}{\gamma_{M2}}\right)$$

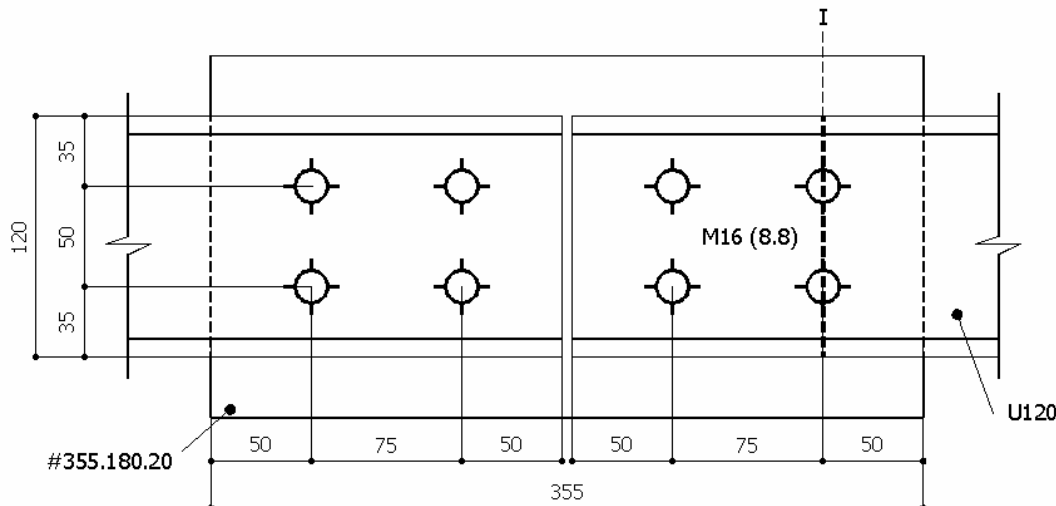
όπου $N_{pl,Rd}$: η εφελκυστική αντοχή της πλήρους διατομής σε διαρροή
και $N_{u,Rd}$: η εφελκυστική αντοχή της απομειωμένης διατομής σε θραύση

Για 2U120: $A = 2 \times 17,00 \text{ cm}^2 = 34,00 \text{ cm}^2$
 $t_w = 2 \times 0,70 \text{ cm} = 1,40 \text{ cm}$

Για την σύνδεση του ελκυστήρα χρησιμοποιούμε κοχλίες M16:

Διατομή κοχλία $d = 16 \text{ mm} = 1,6 \text{ cm}$

Διατομή οπής $d_o = d + 2 \text{ mm} = 18 \text{ mm} = 1,8 \text{ cm}$



Σχήμα 4: Γραμμή θραύσης για τον ελκυστήρα

Πλήρης διατομή:

$$A = 34 \text{ cm}^2$$

Απομειωμένη διατομή

Γραμμή θραύσης I-I

$$A_{net} = A - n d_o t = 34,00 \text{ cm}^2 - 2 \times 1,8 \text{ cm} \times 1,40 \text{ cm} = 28,96 \text{ cm}^2$$

Αντοχή διατομής:

$$N_{t,Rd} = \min(N_{pl,Rd}; N_{u,Rd}) = \min\left(\frac{A f_y}{\gamma_{M0}}; \frac{0,90 A_{net} f_u}{\gamma_{M2}}\right)$$

$$N_{t,Rd} = \min\left(\frac{34,00 \text{ cm}^2 \times 23,5 \text{ kN/cm}^2}{1,0}; \frac{0,90 \times 28,96 \text{ cm}^2 \times 36 \text{ kN/cm}^2}{1,25}\right)$$

$$= \min(799,0 \text{ kN}; 750,6 \text{ kN}) = 750,6 \text{ kN}$$

Ισχύει:

$$N_{t,Rd} = 750,6 \text{ kN} > 445,5 \text{ kN} = N_{Ed}$$

Παρατηρείται ότι υπάρχει σημαντικό περιθώριο ασφαλείας για τον ελκυστήρα.

Δεν ικανοποιείται το κριτήριο πλαστιμότητας. Για να είναι πλάσιμη συμπεριφορά του ελκυστήρα θα πρέπει να ισχύει:

$$N_{u,Rd} > N_{pl,Rd} \Rightarrow 0,9 \times A_{net} \times f_u / \gamma_{M2} > A \times f_y / \gamma_{M0} \Rightarrow \frac{A_{net}}{A} > \frac{f_y \times \gamma_{M2}}{0,9 \times f_u \times \gamma_{M0}}$$

Για S235 ισχύει:

$$\frac{A_{net}}{A} > \frac{23,5 \times 1,25}{0,9 \times 36 \times 1,00} = 0,91$$

Στην περίπτωση μας $A_{net}/A = 28,96/34,00 = 0,85$

Ωστόσο, ο ελκυστήρας δεν είναι μέλος από το οποίο προσδοκείται η απορρόφηση σεισμικής ενέργειας και επομένως η ικανοποίηση του κριτηρίου πλαστιμότητας είναι επιθυμητή μεν, αλλά όχι υποχρεωτική.

4.2. Αντοχή κοχλιών σε διάτμηση

Για την σύνδεση του ελκυστήρα χρησιμοποιούμε κοχλίες M16 (Ποιότητας 8.8):

Διατομή κοχλία

$$d=16\text{mm}=1,6\text{cm}$$

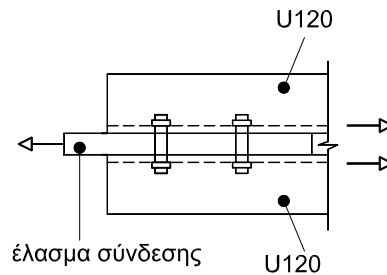
Διατομή οπής

$$d_o=d+2\text{mm}=18\text{mm}=1,8\text{cm}$$

Ποιότητα χάλυβα κοχλιών 8.8

$$\text{όριο διαρροής: } f_{yb}=640\text{MPa}=64,0\text{kN/cm}^2$$

$$\text{εφελκυστική αντοχή: } f_{ub}=800\text{MPa}=80,0\text{kN/cm}^2$$



Σχήμα 5: Δίτμητοι κοχλίες

Η αντοχή των κοχλιών σε διάτμηση δίνεται ως εξής:

$$F_{v,Rd} = n \frac{a_v A f_{ub}}{\gamma_{M2}} m$$

όπου

$a_v = 0,6$ για κοχλίες ποιότητας 4.6, 5.6 και 8.8

n =τα επίπεδα διάτμησης (η σύνδεση θα γίνει με δίτμητους κοχλίες, συνεπώς $n=2$)

m =το πλήθος των κοχλιών ($m=4$)

Δεδομένου ότι το σπείρωμα δεν τέμνει τα επίπεδα διάτμησης η διατομή του κάθε κοχλία A είναι:

$$A = \pi d^2 / 4 = \pi (1,6\text{cm})^2 / 4 = 2,00\text{cm}^2$$

Επομένως η αντοχή των κοχλιών σε διάτμηση θα είναι:

$$F_{v,Rd} = 2 \times \frac{0,60 \times 2,00\text{cm}^2 \times 80\text{kN/cm}^2}{1,25} \times 4 = 614,4\text{kN} > 445,5\text{kN} = N_{Ed}$$

Οι κοχλίες επαρκούν σε διάτμηση.

4.3. Έλεγχος σε σύνθλιψη άντυγας των οπών

Η αντοχή σε σύνθλιψη άντυγας των οπών είναι:

$$F_{b,Rd} = m \frac{k_1 a_b f_u d t_{\min}}{\gamma_{M2}}$$

όπου t_{\min} : είναι το πάχος του λεπτότερου συνδεόμενου μέρους, επομένως:

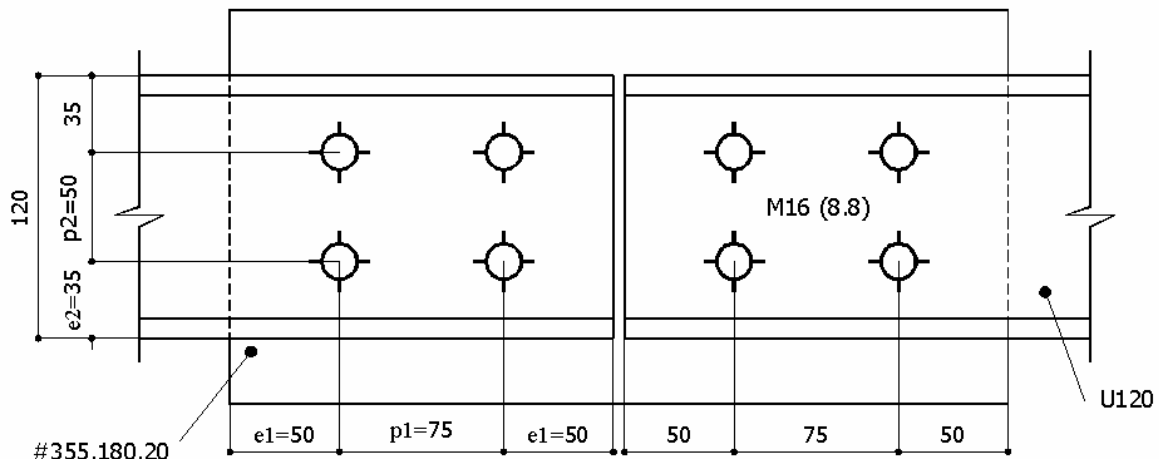
$$t_{\min} = \min\{2 \times 0,7\text{cm} ; 2,0\text{cm}\} = 1,4\text{cm}$$

$$a_b = \min\left\{\frac{e_1}{3d_o}; \frac{p_1}{3d_o} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1\right\}$$

$$k_1 = \min\left\{2,8 \frac{e_2}{d_o} - 1,7; 1,4 \frac{p_2}{d_o} - 1,7; 2,5\right\}$$

d : η διάμετρος του κοχλία

d_o : η διάμετρος της οπής



Σχήμα 6: Αποστάσεις οπών για έλεγχο σε σύνθλιψη άντυγας

$$a_b = \min \left\{ \frac{50 \text{ mm}}{3 \times 18 \text{ mm}}; \frac{75 \text{ mm}}{3 \times 18 \text{ mm}} - \frac{1}{4}; \frac{80 \text{ kN/cm}^2}{36 \text{ kN/cm}^2}; 1 \right\} = \{0,93; 1,14; 2,22; 1\} = 0,93$$

$$k_1 = \min \left\{ 2,8 \frac{35 \text{ mm}}{18 \text{ mm}} - 1,7; 1,4 \frac{50 \text{ mm}}{18 \text{ mm}} - 1,7; 2,5 \right\} = \min \{3,74; 2,19; 2,5\} = 2,19$$

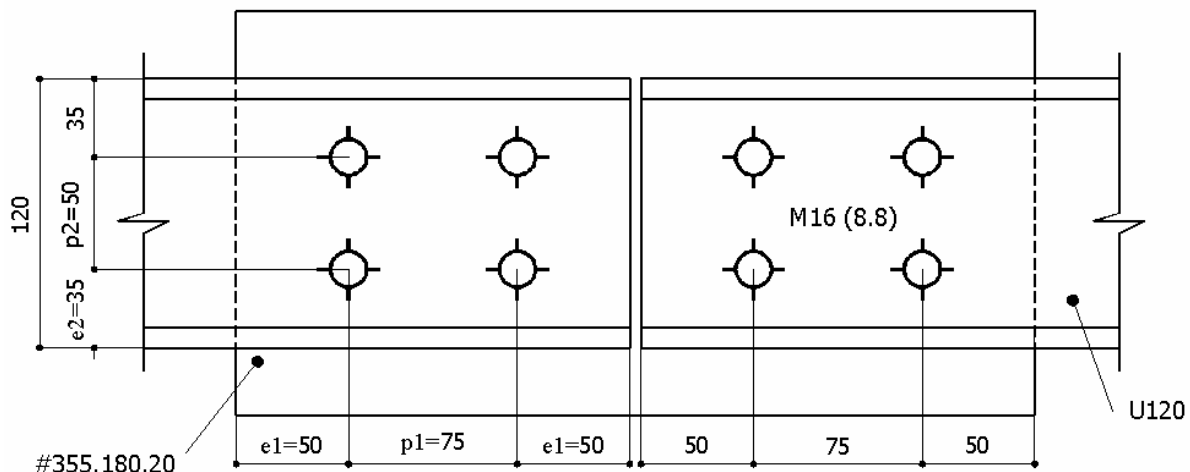
Συνολική αντοχή σε σύνθλιψη άντυγας

$$F_{b,Rd} = 4 \times \frac{2,19 \times 0,93 \times 36 \text{ kN/cm}^2 \times 1,6 \text{ cm} \times 1,40 \text{ cm}}{1,25} = 525,6 \text{ kN} > 445,5 \text{ kN} = N_{Ed}$$

Ο έλεγχος επάρκειας της σύνδεσης σε σύνθλιψη άντυγας ικανοποιείται.

Ισχύει $F_{v,Rd} = 614,4 \text{ kN} > F_{b,Rd} = 525,6 \text{ kN}$. Επομένως, ικανοποιείται το κριτήριο πλαστιμότητας σύμφωνα με το οποίο καθοριστική πρέπει να είναι η αστοχία σε σύνθλιψη άντυγας των οπών και όχι η αστοχία σε διάτμηση των κοχλιών.

4.4. Έλεγχος αποστάσεων κοχλιών με υπόθεση διαβρωτικού περιβάλλοντος



Σχήμα 7: Αποστάσεις οπών

Ελάχιστες αποστάσεις

$$e_1 = 50 \text{ mm} > 1,2d_o = 1,2 \times 18 \text{ mm} = 21,6 \text{ mm}$$

$$p_1 = 75 \text{ mm} > 2,2d_o = 2,2 \times 18 \text{ mm} = 39,6 \text{ mm}$$

$$e_2 = 35 \text{ mm} > 1,2d_o = 1,2 \times 18 \text{ mm} = 21,6 \text{ mm}$$

$$p_2 = 50 \text{ mm} > 2,4d_o = 2,4 \times 18 \text{ mm} = 43,2 \text{ mm}$$

Μέγιστες αποστάσεις

$$e_1 = 50\text{mm} < 40\text{mm} + 4t = 40 + 4 \times 7\text{mm} = 68\text{mm}$$

$$p_1 = 75\text{mm} < \min(14t ; 200\text{mm}) = \min(14 \times 7\text{mm} ; 200\text{mm}) = \min(98\text{mm} ; 200\text{mm}) = 98\text{mm}$$

$$e_2 = 35\text{mm} < 40\text{mm} + 4t = 40 + 4 \times 7\text{mm} = 68\text{mm}$$

$$p_2 = 50\text{mm} < \min(14t ; 200\text{mm}) = \min(14 \times 7\text{mm} ; 200\text{mm}) = \min(98\text{mm} ; 200\text{mm}) = 98\text{mm}$$

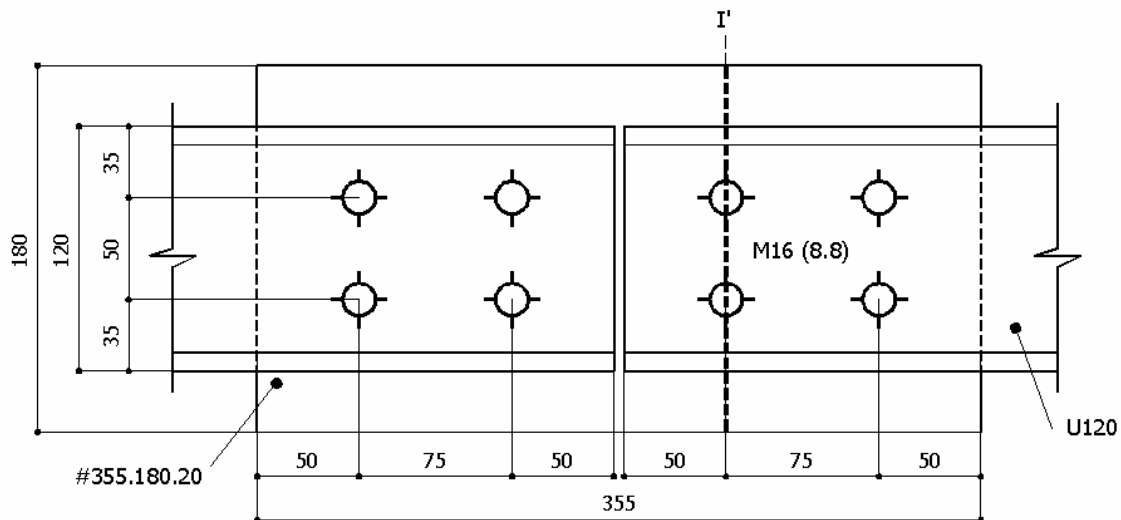
t: είναι το πάχος του λεπτότερου εξωτερικά συνδεόμενου μέρους.

4.5. Έλεγχος λεπίδας σύνδεσης στη θέση αποκατάστασης συνέχειας

Αντοχή σε εφελκυσμό

Η αντοχή της λεπίδας σύνδεσης σε εφελκυσμό είναι:

$$N_{t,Rd} = \min(N_{pl,Rd} ; N_{u,Rd}) = \min\left(\frac{A f_y}{\gamma_{M0}} ; \frac{0,90 A_{net} f_u}{\gamma_{M2}}\right)$$



Σχήμα 8: Γραμμές θραύσης για τη λεπίδα σύνδεσης

Πλήρης διατομή:

$$A = 18\text{cm} \times 2,0\text{cm} = 36,0\text{cm}^2$$

Απομειωμένη διατομή

Γραμμή θραύσης I'-I'

$$A_{net} = A - n d_o t = 36,00\text{cm}^2 - 2 \times 1,8\text{cm} \times 2,00\text{cm} = 28,80\text{cm}^2$$

Αντοχή διατομής:

$$N_{t,Rd} = \min\left(\frac{36,00\text{cm}^2 \times 23,5\text{kN/cm}^2}{1,0} ; \frac{0,90 \times 28,8\text{cm}^2 \times 36\text{kN/cm}^2}{1,25}\right)$$

$$= \min(845,0\text{kN} ; 746,5\text{kN}) = 746,5\text{kN}$$

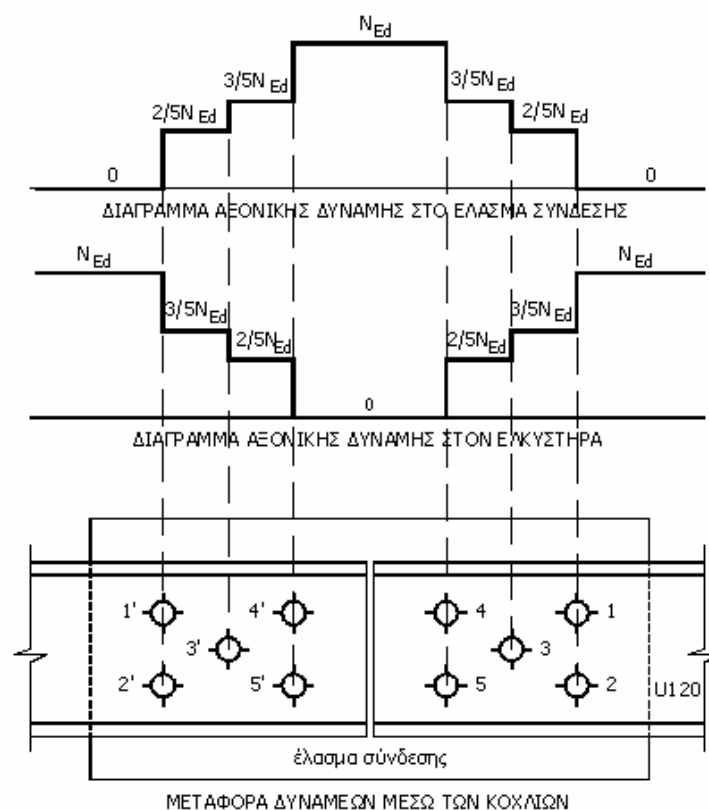
Ισχύει:

$$N_{t,Rd} = 746,5\text{kN} > 445,5\text{kN} = N_{Ed}$$

Ο έλεγχος της λεπίδας σύνδεσης ικανοποιείται. Δεν ικανοποιείται το κριτήριο πλαστιμότητας.

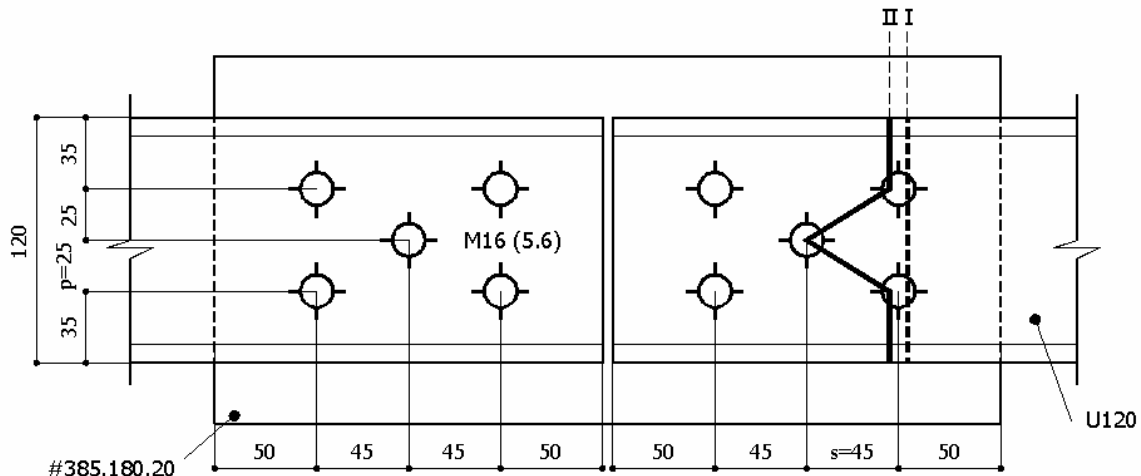
5. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΛΥΣΗ 2: ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕ 5 ΚΟΧΛΙΕΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ 5.6**5.1. Μεταφορά δυνάμεων μέσω κοχλίων**

Η μεταφορά των δυνάμεων από τον ελκυστήρα στο έλασμα γίνεται μέσω των κοχλίων. Ο κάθε κοχλίας μεταφέρει το $1/5$ της αξονικής δύναμης. παράδειγμα, στην περίπτωση της σύνδεσης με 5 κοχλίες, εξετάζοντας τη φορά μεταβίβασης της δύναμης από δεξιά προς τα αριστερά, οι κοχλίες 1 και 2 μεταφέρουν τα $2/5$ της αξονικής δύναμης από τον ελκυστήρα στο έλασμα, μετά τον κοχλία 3 τα $3/5$ της δύναμης έχουν μεταβιβαστεί στο έλασμα και μετά τους κοχλίες 4 και 5 όλη η δύναμη έχει μεταβιβαστεί από τον ελκυστήρα στο έλασμα. Αντίστοιχα οι κοχλίες 4' και 5' μεταφέρουν από το έλασμα στο αριστερό τμήμα του ελκυστήρα τα $2/5$ της αξονικής δύναμης, ο κοχλίας 3' μεταφέρει άλλο $1/5$ αυτής και μετά τους κοχλίες 1' και 2' όλη η δύναμη έχει περάσει από το έλασμα στο αριστερό τμήμα του ελκυστήρα.



Σχήμα 9: Διαγράμματα δυνάμεων

5.2. Αντοχή ελκυστήρα σε εφελκυσμό



Σχήμα 10: Γραμμές θραύσης για τον ελκυστήρα

Πλήρης διατομή:

$$A = 34 \text{ cm}^2$$

Απομειωμένη διατομή

Γραμμή Θραύσης I-I

$$A_{\text{net}1} = A - n \cdot d_o \cdot t = 34,00 \text{ cm}^2 - 2 \times 1,8 \text{ cm} \times 1,40 \text{ cm} = 28,96 \text{ cm}^2$$

Γραμμή θραύσης II-II

$$A_{\text{net}2} = A - n \cdot d_o \cdot t + m \cdot \frac{s^2}{4 \times p} \cdot t = 34,00 \text{ cm}^2 - 3 \times 1,8 \text{ cm} \times 1,40 \text{ cm} + 2 \times \frac{(4,5 \text{ cm})^2}{4 \times 2,5 \text{ cm}} \times 1,40 \text{ cm} = 32,11 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{net}} = \min(28,96 \text{ cm}^2 ; 32,11 \text{ cm}^2) = 28,96 \text{ cm}^2$$

Παρατηρείται ότι η απομειωμένη διατομή είναι ίση με αυτή που υπολογίστηκε στην 1^η περίπτωση όπου η σύνδεση διαμορφώνεται με 4 κοχλίες, επομένως η αντοχή της διατομής του ελκυστήρα σε εφελκυσμό είναι ίση με:

$$N_{t,Rd} = 750,6 \text{ kN} > 445,5 \text{ kN} = N_{Ed}$$

Ο έλεγχος επάρκειας της διατομής του ελκυστήρα ικανοποιείται. Δεν ικανοποιείται το κριτήριο πλαστιμότητας.

5.3. Αντοχή κοχλιών σε διάτμηση

Για την σύνδεση του ελκυστήρα χρησιμοποιούμε κοχλίες M16 ποιότητας 5.6:

Ποιότητα χάλυβα κοχλιών 5.6
 όριο διαρροής: $f_{yb}=300\text{MPa}=30,0\text{kN/cm}^2$
 εφελκυστική αντοχή: $f_{ub}=500\text{MPa}=50,0\text{kN/cm}^2$

Η αντοχή των κοχλιών σε διάτμηση είναι:

$$F_{v,Rd} = n \frac{a_v A f_{ub}}{Y_{M2}} m$$

όπου

$a_v = 0,6$ για κοχλίες ποιότητας 4.6, 5.6 και 8.8

η=τα επίπεδα διάτμησης (η σύνδεση θα γίνει με διτμητους κοχλίες, συνεπώς η=2)

m =το πλήθος των κοχλιών ($m=5$)

Δεδομένου ότι το σπείρωμα δεν τέμνει τα επίπεδα διάτμησης η διατομή του κάθε κοχλία Α είναι:

$$A = \pi d^2 / 4 = \pi (1,6 \text{ cm})^2 / 4 = 2,00 \text{ cm}^2$$

$$F_{v,Rd} = 2 \times \frac{0,60 \times 2,00 \text{ cm}^2 \times 50 \text{ kN/cm}^2}{1,25} \times 5 = 480,0 \text{ kN} > 445,5 \text{ kN} = N_{Ed}$$

Οι κοχλίες επαρκούν σε διάτμηση.

5.4. Έλεγχος σε σύνθλιψη άντυνας των οπών

Η αντοχή σε σύνθλιψη άντυνας των οπών είναι:

$$F_{b,Rd} = m \frac{k_1 a_b f_u d t_{\min}}{\gamma_{M2}}$$

$$\text{όπου } t_{\min} = \min\{2 \times 0,7 \text{ cm} ; 2,0 \text{ cm}\} = 1,4 \text{ cm}$$

d: η διάμετρος του κοχλία

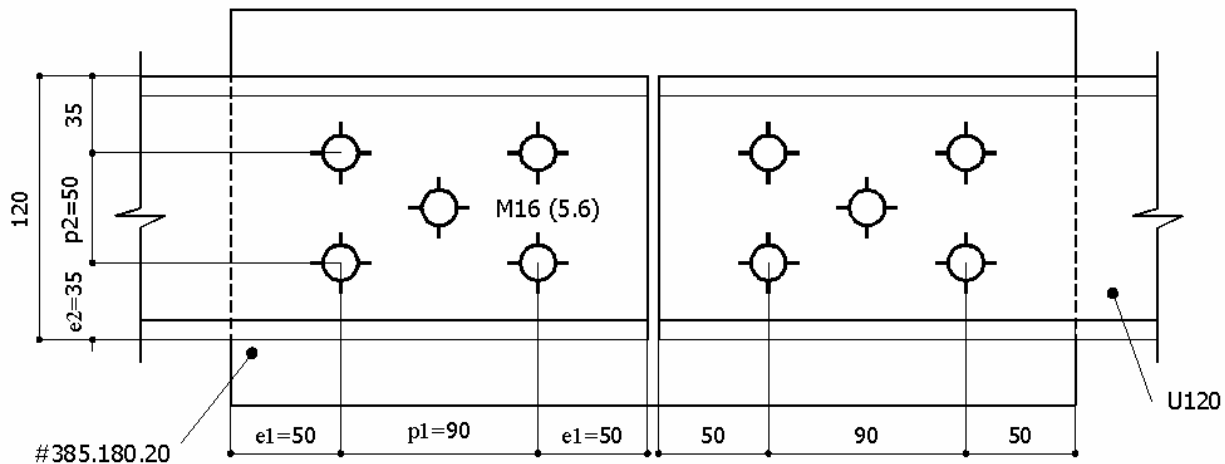
d_o: η διάμετρος της οπής

$$a_b = \min \left\{ \frac{e_1}{3d_o} ; \frac{p_1}{3d_o} - \frac{1}{4} ; \frac{f_{ub}}{f_u} ; 1 \right\}$$

$$a_b = \min \left\{ \frac{50 \text{ mm}}{3 \times 18 \text{ mm}} ; \frac{90 \text{ mm}}{3 \times 18 \text{ mm}} - \frac{1}{4} ; \frac{50 \text{ kN/cm}^2}{36 \text{ kN/cm}^2} ; 1 \right\} = \{0,93 ; 1,42 ; 1,39 ; 1\} = 0,93$$

$$k_1 = \min \left\{ 2,8 \frac{e_2}{d_o} - 1,7 ; 1,4 \frac{p_2}{d_o} - 1,7 ; 2,5 \right\}$$

$$k_1 = \min \left\{ 2,8 \frac{35 \text{ mm}}{18 \text{ mm}} - 1,7 ; 1,4 \frac{50 \text{ mm}}{18 \text{ mm}} - 1,7 ; 2,5 \right\} = \min\{3,74 ; 2,19 ; 2,5\} = 2,19$$



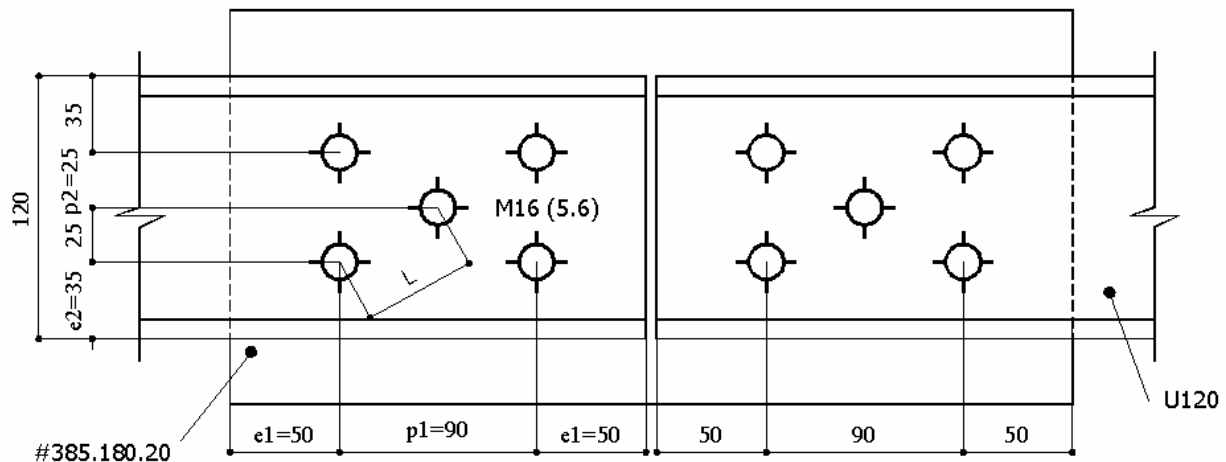
Σχήμα 11: Αποστάσεις οπών για έλεγχο σε σύνθλιψη άντυνας

Συνολική αντοχή σε σύνθλιψη άντυνας:

$$F_{b,Rd} = 5 \times \frac{2,19 \times 0,93 \times 36 \text{ kN/cm}^2 \times 1,6 \text{ cm} \times 1,40 \text{ cm}}{1,25} = 657,0 \text{ kN} > 445,5 \text{ kN} = N_{Ed}$$

Ο έλεγχος επάρκειας της σύνδεσης σε σύνθλιψη άντυνας επαρκεί.

Ισχύει $F_{v,Rd} = 480,0 \text{ kN} < F_{b,Rd} = 657,0 \text{ kN}$. Επομένως, δεν ικανοποιείται το κριτήριο πλαστιμότητας.

5.5. Έλεγχος αποστάσεων κοχλιών με υπόθεση διαβρωτικού περιβάλλοντος

Σχήμα 12: Αποστάσεις οπών

Ελάχιστες αποστάσεις

$$e_1=50\text{mm} > 1,2d_o = 1,2 \times 18\text{mm} = 21,6\text{ mm}$$

$$p_1=90\text{mm} > 2,2d_o = 2,2 \times 18\text{mm} = 39,6\text{ mm}$$

$$e_2=35\text{mm} > 1,2d_o = 1,2 \times 18\text{mm} = 21,6\text{ mm}$$

$$p_2=25\text{mm} > 1,2d_o = 1,2 \times 18\text{mm} = 21,6\text{ mm}$$

$$\text{εφόσον ισχύει } L = \sqrt{(25\text{mm})^2 + (45\text{mm})^2} = 51,48\text{mm} > 2,4d_o = 2,4 \times 18\text{mm} = 43,2\text{ mm}$$

διαφορετικά ισχύει:

$$\min p_2 = 2,4d_o$$

Μέγιστες αποστάσεις

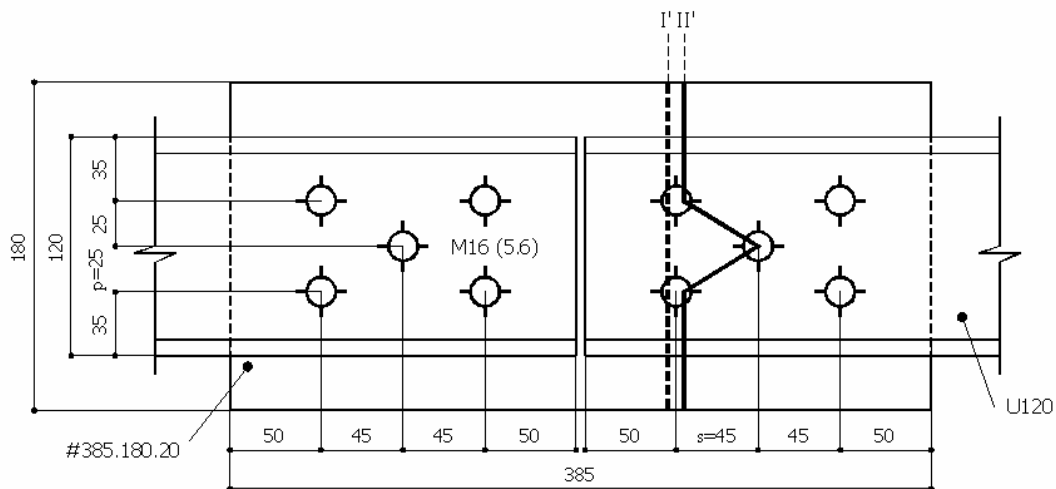
$$e_1=50\text{mm} < 40\text{mm} + 4t = 40 + 4 \times 7\text{mm} = 68\text{ mm}$$

$$p_1=90\text{mm} < \min(14t ; 200\text{mm}) = \min(14 \times 7\text{mm} ; 200\text{mm}) = \min(98\text{mm} ; 200\text{mm}) = 98\text{mm}$$

$$e_2=35\text{mm} < 40\text{mm} + 4t = 40 + 4 \times 7\text{mm} = 68\text{ mm}$$

$$p_2=25\text{mm} < \min(14t ; 200\text{mm}) = \min(14 \times 7\text{mm} ; 200\text{mm}) = \min(98\text{mm} ; 200\text{mm}) = 98\text{mm}$$

t: είναι το πάχος του λεπτότερου εξωτερικά συνδεόμενου μέρους.

5.6. Έλεγχος λεπίδας σύνδεσης στη θέση αποκατάστασης συνέχειας**Αντοχή σε εφελκυσμό**

Σχήμα 13: Γραμμές θραύσης για τη λεπίδα σύνδεσης

Πλήρης διατομή:

$$A = 18\text{cm} \times 2,0\text{cm} = 36,0\text{cm}^2$$

Απομειωμένη διατομή**Γραμμή θραύσης I'-I'**

$$A_{\text{net1}} = A - n d_o t = 36,00\text{cm}^2 - 2 \times 1,8\text{cm} \times 2,00\text{cm} = 28,80\text{cm}^2$$

Γραμμή θραύσης II'-II'

$$A_{\text{net2}} = A - n d_o t + m \frac{s^2}{4 \times p} t = 36,00\text{cm}^2 - 3 \times 1,8\text{cm} \times 2,00\text{cm} + 2 \times \frac{(4,5\text{cm})^2}{4 \times 2,5\text{cm}} \times 2,00\text{cm} = 33,30\text{cm}^2$$

$$A_{\text{net}} = \min (28,80\text{cm}^2 ; 33,30\text{cm}^2) = 28,80\text{cm}^2$$

Και σε αυτή την περίπτωση η κρίσιμη γραμμή θραύσης είναι αυτή που αντιστοιχεί στην 1^η περίπτωση στην οποία η σύνδεση διαμορφώνεται με 4 κοχλίες, επομένως η αντοχή της λεπίδας σύνδεσης σε εφελκυσμό είναι:

$$N_{t,Rd} = 746,5\text{kN} > 445,5\text{kN} = N_{Ed}$$

Ο έλεγχος της λεπίδας σύνδεσης ικανοποιείται αλλά δεν ικανοποιείται το κριτήριο πλαστιμότητας.