

Άσκηση 9

Πεζογέφυρα πλάτους 3m γεφυρώνει άνοιγμα μήκους 16m.

Η πεζογέφυρα αποτελείται από καταστρώμα και δοκίδες οι οποίες μεταφέρουν τα φορτία στις δύο κύριες δοκούς διατομής IPE600 και ποιότητας χάλυβα S235 (Σχ. 1).

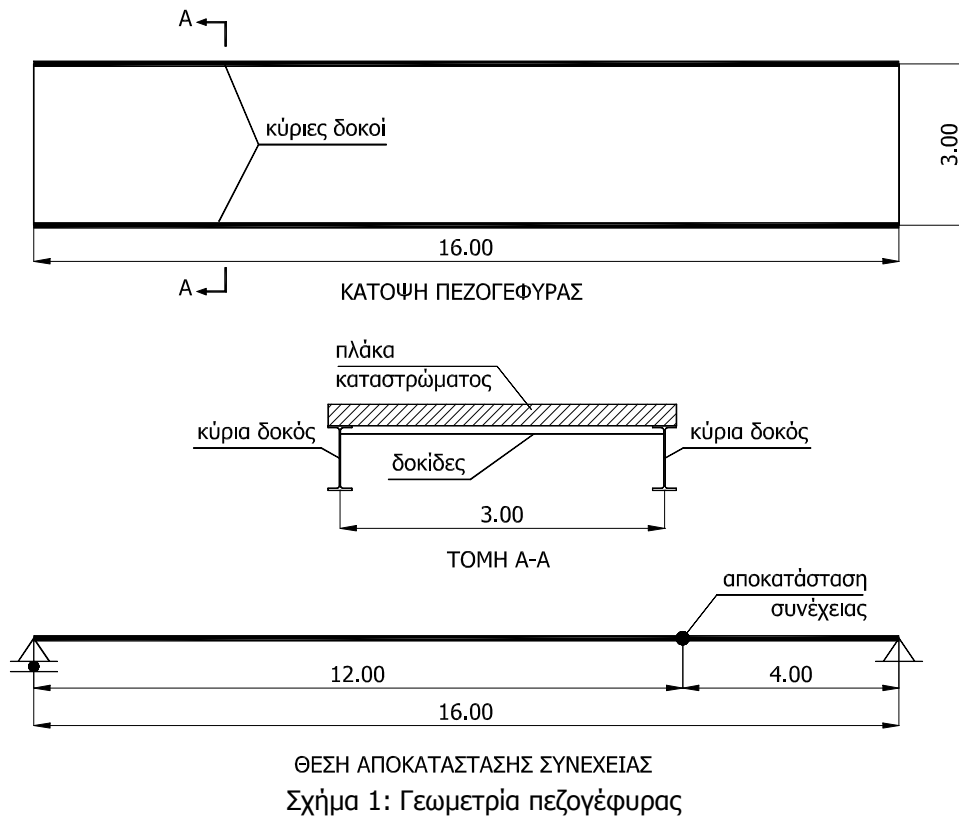
Οι κύριες δοκοί εδράζονται αρθρωτά στα ακρόβαθρα της γέφυρας και θεωρούνται πλήρως εξασφαλισμένες λόγω του συστήματος δυσκαμψίας στη στάθμη του καταστρώματος (αποτελούμενο από τις εγκάρσιες δοκίδες, τους οριζόντιους συνδέσμους δυσκαμψίας και την πλάκα καταστρώματος).

Το ίδιο βάρος καταστρώματος, των δοκίδων και των οριζόντιων συνδέσμων δυσκαμψίας είναι $3,00\text{kN/m}^2$, ενώ το ωφέλιμο φορτίο της γέφυρας είναι $5,00\text{kN/m}^2$.

Λόγω του μεγάλου μήκους των κυρίων δοκών, οι δοκοί κατασκευάζονται από δύο τμήματα, ένα τμήμα μήκους 12,00m και ένα τμήμα μήκους 4,00m. Η συνέχεια στην ένωση των δύο τμημάτων αποκαθίστανται πλήρως μέσω λεπίδων κορμού και λεπίδων πέλματος, οι οποίες συνδέονται στο ένα τμήμα της δοκού μέσω κοινών κοχλίων και στο άλλο τμήμα μέσω ραφών συγκόλλησης.

Ζητούνται:

1. Ο έλεγχος των κυρίων δοκών σε ΟΚΑ.
2. Η επιλογή λεπίδων (κορμού και πέλματος) αποκατάστασης της συνέχειας των κυρίων δοκών.
3. Η μόρφωση και ο έλεγχος της σύνδεσης μέσω κοχλίωσης (δεξί τμήμα της δοκού).
4. Η μόρφωση και ο έλεγχος της σύνδεσης μέσω ραφών συγκόλλησης (αριστερό τμήμα της δοκού)



ΘΕΣΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΥΝΕΧΕΙΑΣ

Σχήμα 1: Γεωμετρία πεζογέφυρας

ΛΥΣΗ ΑΣΚΗΣΗΣ 9**1. ΚΥΡΙΕΣ ΔΟΚΟΙ****1.1. Φορτία και συνδυασμοί φορτίσεων**

Τα φορτία που λαμβάνονται υπόψη είναι:

Ι.Β. καταστρώματος, δοκίδων και οριζόντιων συνδέσμων δυσκαμψίας $g = 3,00\text{kN/m}^2$
Κινητό φορτίο πεζογέφυρας $p = 5,00\text{kN/m}^2$

Η κατανομή των φορτίων ανά κύρια δοκό θα είναι:

$$G = 3,00\text{kN/m}^2 \times 1,50\text{m} = 4,50\text{kN/m}$$

$$P = 5,00\text{kN/m}^2 \times 1,50\text{m} = 7,50\text{kN/m}$$

Λαμβάνοντας υπόψη το ίδιο βάρος της κύριας δοκού, το συνολικό μόνιμο φορτίο είναι:

$$G = 4,50\text{kN/m} + 1,22\text{kN/m} = 5,72\text{kN/m}$$

και επομένως το φορτίο σχεδιασμού για κάθε δοκό είναι:

$$q_{Ed} = 1,35G + 1,50P = 1,35 \times 5,72\text{kN/m} + 1,50 \times 7,50\text{kN/m} = 18,972\text{kN/m}$$

1.2. Εντατικά μεγέθη κύριας δοκού σε ΟΚΑ

Μέγιστη καμπτική ροπή:

$$M_{Ed} = \frac{q_{Ed}L^2}{8} = \frac{18,972\text{kN/m} \times (16,00\text{m})^2}{8} = 607,10\text{kNm} = 60710\text{kNcm}$$

Μέγιστη τέμνουσα δύναμη:

$$V_{Ed} = q_{Ed}L/2 = 18,972\text{kN/m} \times 16,00\text{m}/2 = 151,78\text{kN}$$

1.3. Κατηγορία διατομής

Από τους πίνακες για διατομή ΙΡΕ600 υπό καθαρή κάμψη και για κατηγορία χάλυβα S235 προκύπτει ότι η διατομή ανήκει στην κατηγορία 1, επομένως έχουμε δικαίωμα πλαστικού ελέγχου.

1.4. Έλεγχος διάτμησης

Από πίνακες προτύπων διατομών $A_v = 83,80\text{cm}^2$. Επομένως ισχύει:

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = A_v \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 83,80\text{cm}^2 \frac{23,5\text{kN/cm}^2}{\sqrt{3} \cdot 1,00} = 1136,98\text{kN} > V_{Ed} = 151,78\text{kN}$$

1.5. Έλεγχος σε μονοαξονική κάμψη

Σύμφωνα με τον πλαστικό έλεγχο σε μονοαξονική κάμψη η αντοχή σε καμπτική ροπή είναι:

$$M_{pl,Rd} = W_{pl} f_y / \gamma_{M0} = 3512\text{cm}^3 \times 23,5\text{kN/cm}^2 / 1,00 = 82532\text{kNcm}$$

και ισχύει

$$M_{pl,Rd} = 82532\text{kNcm} > M_{Ed} = 60710\text{kNcm}$$

2. ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΥΝΕΧΕΙΑΣ**2.1. Γενικά**

α) Η αποκατάσταση συνέχειας γίνεται μέσω λεπίδων πελμάτων και κορμού (Σχήμα 3). Υπάρχει αρμός μεταξύ των δύο συνδεομένων τμημάτων της δοκού.

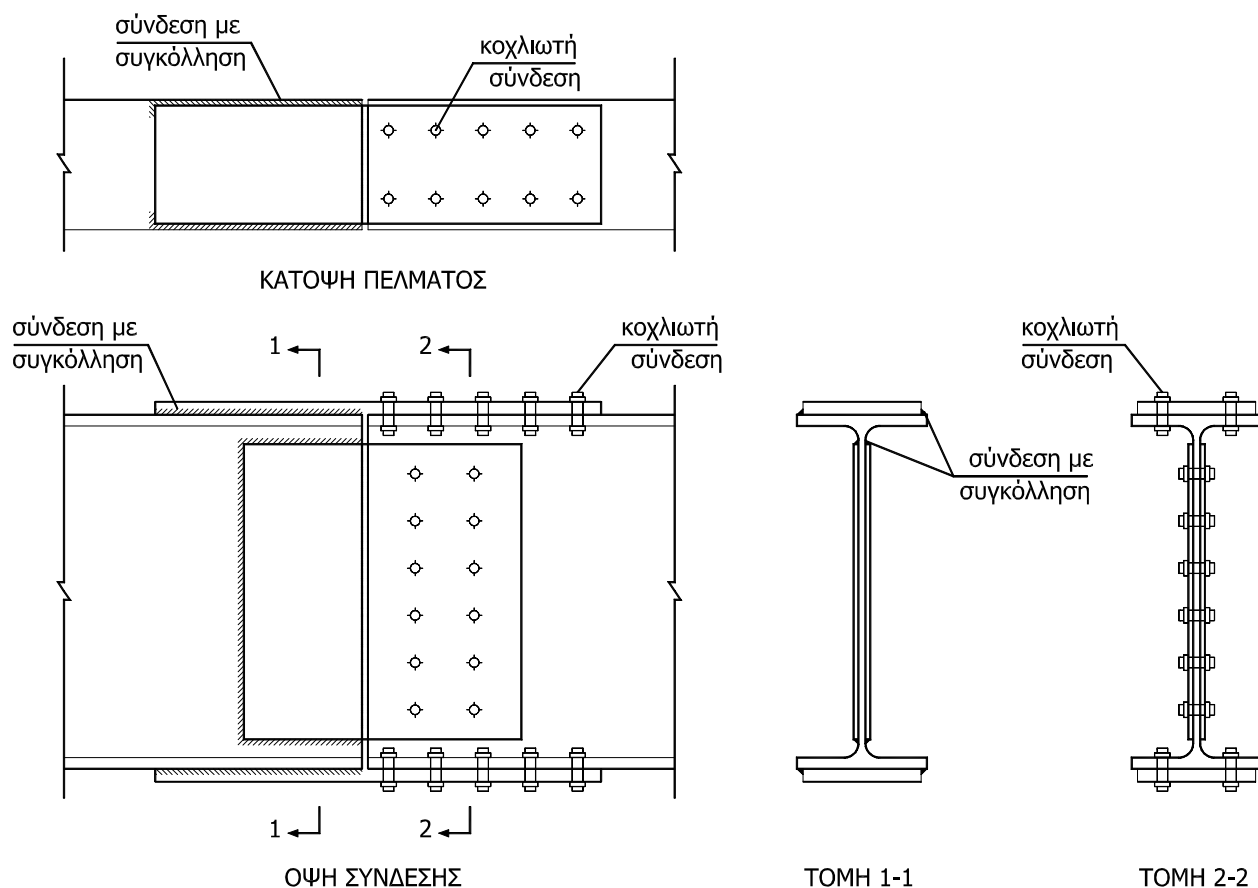
β) Η αποκατάσταση μπορεί να γίνει με συγκόλληση ή με κοχλίες. Οι **κοχλιωτές συνδέσεις** μπορούν να γίνουν και από τις δύο πλευρές. Ωστόσο, τουλάχιστον η μία από τις δύο πλευρές θα πρέπει να γίνει κοχλιωτή επειδή γίνεται στο εργοτάξιο.

γ) Μπορεί να γίνει **πλήρης αποκατάσταση** (δηλαδή λαμβάνοντας υπόψη τα μεγέθη αντοχής της δοκού) ή **μερική αποκατάσταση** (λαμβάνοντας υπόψη τα εντατικά μεγέθη που αναπτύσσονται στη συγκεκριμένη διατομή από την περιβάλλουσα όλων των φορτίσεων).

δ) Η διατομή της δοκού δεν μπορεί να παραλάβει ταυτόχρονα ροπή ίση με την αντοχή της σε κάμψη και τέμνουσα ίση με την αντοχή της σε διάτμηση. Επιπλέον, η απομειωμένη διατομή της δοκού στις θέσεις των οπών των κοχλίων δεν μπορεί καν να παραλάβει ροπή ίση με την αντοχή της σε κάμψη. Υπέρ της ασφαλείας όμως, ως εντατικά μεγέθη της σύνδεσης θα θεωρηθούν η ροπή αντοχής της διατομής $M_{pl,Rd}$ (εφόσον επιδιώκουμε πλήρη αποκατάσταση) και η τέμνουσα δύναμη που αναπτύσσεται στη θέση της αποκατάστασης συνέχειας. Επίσης υπέρ της ασφαλείας, η θεώρηση αυτή γίνεται τόσο για την κοχλίωση όσο και για την συγκόλληση, αν και στην κοχλίωση (που είναι πιο κοντά στη στήριξη) θα έπρεπε να αφαιρείται η ροπή που δίνει η τέμνουσα, ενώ στη συγκόλληση να προστίθεται. Ωστόσο, θεωρείται ότι η ροπή σχεδιασμού αυξάνεται λόγω της τέμνουσας και στις δύο περιπτώσεις, λαμβάνοντας υπόψη την περίπτωση ότι η συγκόλληση και η κοχλίωση να τοποθετηθούν ανάποδα.

ε) Λόγω της μεταφοράς της έντασης από την κύρια διατομή στις λεπίδες αποκατάστασης και μετά πάλι στην κύρια διατομή, δεχόμαστε ότι οι λεπίδες πελμάτων μεταφέρουν την ένταση από τα πέλματα της κύριας διατομής και οι λεπίδες κορμού από τον κορμό της κύριας διατομής. Επιδιώκεται να τηρείται η αναλογία αντοχών που υπάρχει μεταξύ πελμάτων και κορμού στην κύρια διατομή και μεταξύ λεπίδων πελμάτων και κορμού.

στ) Οι εξωραφές που συνεχίζουν μέχρι τις άκρες των ελασμάτων πρέπει να γυρίζουν πλήρως στη γωνία σε μία απόσταση τουλάχιστον ίση με το διπλάσιο πάχος τους, εκτός αν από τη διαμόρφωση του κόμβου κάτι τέτοιο είναι αδύνατο.



Σχήμα 1: Μορφή σύνδεσης αποκατάστασης συνέχειας

2.2. Κατανομή ρομών στα πέλματα και τον κορμό

Για την επιλογή των ελασμάτων θα ληφθεί υπόψη η αντοχή της διατομής $M_{pl,Rd}=82532\text{kNcm}$ εφόσον θέλουμε πλήρη αποκατάσταση της συνέχειας στη θέση της σύνδεσης. Η ροπή κατανέμεται στα πέλματα και στον κορμό με βάση την αναλογία της πλαστικής ροπής αντίστασης.

$$W_{pl,w} = \frac{t_w (h - 2t_f)^2}{4} = \frac{1,20\text{cm}(60\text{cm} - 2 \times 1,90\text{cm})^2}{4} = 947,53\text{cm}^3$$

$$W_{pl,f} = W_{pl} - W_{pl,w} = 3512\text{cm}^3 - 947,53\text{cm}^3 = 2564,47\text{cm}^3$$

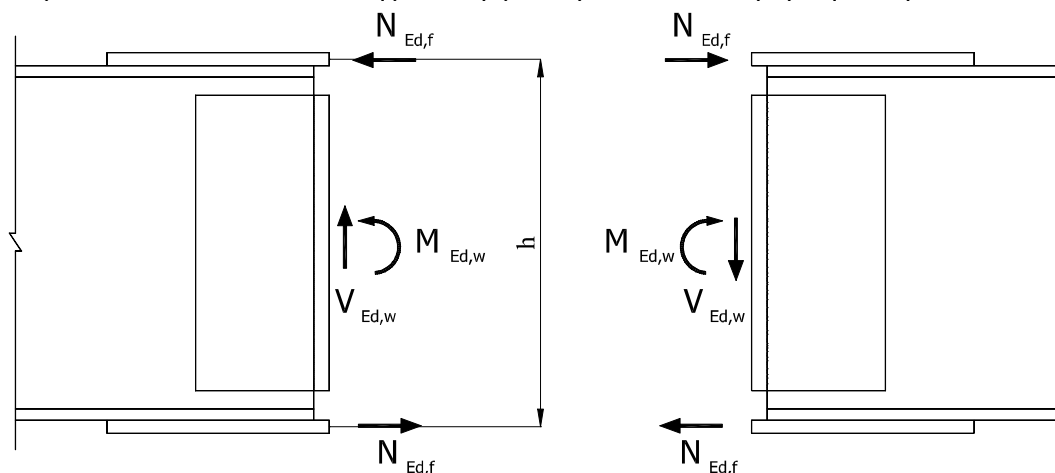
$$M_{Ed,w} = \frac{W_{pl,w}}{W_{pl}} M_{Ed} = \frac{947,53\text{cm}^3}{3512\text{cm}^3} \times 82532\text{kNcm} = 22266,96\text{kNcm}$$

$$M_{Ed,f} = \frac{W_{pl,f}}{W_{pl}} M_{Ed} = \frac{2564,47\text{cm}^3}{3512\text{cm}^3} \times 82532\text{kNcm} = 60265,05\text{kNcm}$$

Η ροπή $M_{Ed,f}$ που κατανέμεται στα πέλματα αναλύεται σε ζεύγος δυνάμεων.

$$N_{f,Ed} = \frac{M_{Ed,f}}{h} \quad \text{όπου } h \text{ η απόσταση των κέντρων των λεπίδων πελμάτων.}$$

Οι συνδέσεις των λεπίδων αποκατάστασης υπολογίζονται με τα εντατικά μεγέθη που φαίνονται στο σχήμα.



Σχήμα 2: Εντατικά μεγέθη στη θέση αποκατάστασης συνέχειας

2.3. Λεπίδες πελμάτων

2.3.1. Γενικά

Η επιλογή γίνεται έτσι ώστε η εφελκυστική αντοχή του ελάσματος να είναι ίση ή μεγαλύτερη από την εφελκυστική αντοχή του πέλματος της κυρίας δοκού.

Το πλάτος της λεπίδας επιλέγεται λίγο μικρότερο από το πλάτος του πέλματος της κύριας δοκού, προκειμένου να γίνει η συγκόλληση. Έτσι επιλέγεται $b=20\text{cm}=200\text{mm}$. Η αντοχή της λεπίδας σε εφελκυσμό θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη ή ίση από την αντοχή του πέλματος της δοκού σε εφελκυσμό. Επομένως θα πρέπει να ισχύει:

$$b_{\lambda\epsilon\pi} \times t_{\lambda\epsilon\pi} \geq A_f \Rightarrow t_{\lambda\epsilon\pi} \geq \frac{22\text{cm} \times 1,90\text{cm}}{20\text{cm}} = 2,09\text{cm}$$

Επιλέγεται πάχος ελάσματος πελμάτων $t=2,2\text{cm} = 22\text{mm}$ (έλασμα σε κάθε πέλμα #200.22 ($A=44,0\text{cm}^2$))

Επομένως:

$$N_{f,Ed} = \frac{M_{Ed,f}}{h} \Rightarrow N_{f,Ed} = \frac{M_{Ed,f}}{h_{IPE600} + t_{\epsilon\lambda}} = \frac{60265,05\text{kNcm}}{60\text{cm} + 2,2\text{cm}} = 969\text{kN}$$

2.3.2. Κοχλίωση λεπίδων πελμάτων

Για την αποκατάσταση της συνέχειας στα πέλματα επιλέγουμε κοχλίες M24 ποιότητας 5.6:

A: Η διατομή του κάθε κοχλίου ($A = \pi d^2/4 = \pi(2,4\text{cm})^2/4 = 4,52\text{cm}^2$)

Θα πρέπει να ισχύει:

$$F_{v,Rd} = n \frac{a_v A f_{ub}}{\gamma_{M2}} m \Rightarrow F_{v,Rd} = 1 \times \frac{0,60 \times 4,52\text{cm}^2 \times 50\text{kN/cm}^2}{1,25} \times m = 108,48\text{kN} \times m > N_{Ed,f} = 969\text{kN}$$

$$\Rightarrow m > \frac{969}{108,48} = 8,93 \rightarrow m = 10$$

2.3.3. Έλεγχος αποστάσεων κοχλίων

Θεωρούμε ότι η κατασκευή βρίσκεται κοντά στη θάλασσα, επομένως το περιβάλλον θεωρείται διαβρωτικό.

Ελάχιστες αποστάσεις

$$\min e_1 = 1,2d_o = 1,2 \times 26\text{mm} = 31,2\text{mm}$$

$$\min p_1 = 2,2d_o = 2,2 \times 26\text{mm} = 57,2\text{mm}$$

$$\min e_2 = 1,2d_o = 1,2 \times 26\text{mm} = 31,2\text{mm}$$

$$\min p_2 = 2,4d_o = 2,4 \times 26\text{mm} = 62,4\text{mm}$$

Μέγιστες αποστάσεις

$$\max e_1 = 40\text{mm} + 4t = 40 + 4 \times 19\text{mm} = 116\text{mm}$$

$$\max p_1 = \min(14t; 200\text{mm}) = \min(14 \times 19\text{mm}; 200\text{mm}) = \min(266\text{mm}; 200\text{mm}) = 200\text{mm}$$

$$\max e_2 = 40\text{mm} + 4t = 40 + 4 \times 19\text{mm} = 116\text{mm}$$

$$\max p_2 = \min(14t; 200\text{mm}) = \min(14 \times 19\text{mm}; 200\text{mm}) = \min(266\text{mm}; 200\text{mm}) = 200\text{mm}$$

Επιλέγουμε:

$$31,2\text{mm} < e_1 = 40\text{mm} < 116\text{mm}$$

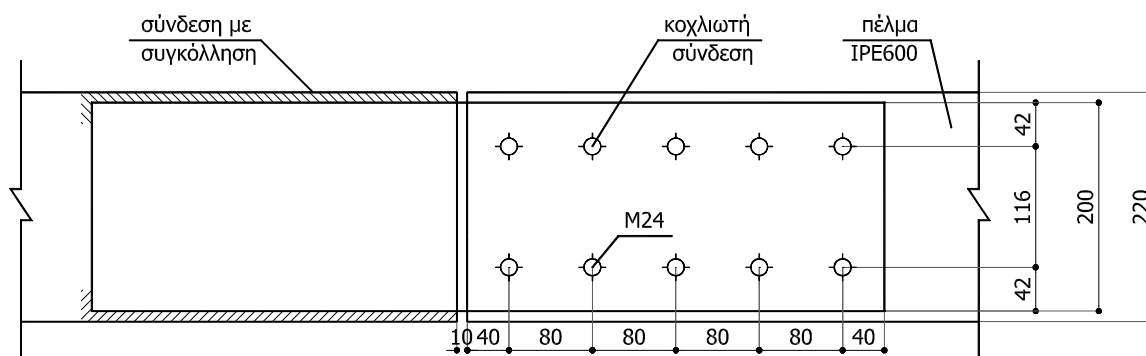
$$57,2\text{mm} < p_1 = 80\text{mm} < 200\text{mm}$$

$$31,2\text{mm} < e_2 = 42\text{mm} < 116\text{mm}$$

$$62,4\text{mm} < p_2 = 116\text{mm} < 200\text{mm}$$

(η διάσταση p_2 που επιλέγεται δίνεται ως η ελάχιστη απόσταση στον πίνακα της διατομής IPE600)

2.3.4. Διάταξη κοχλίων πελμάτων



Σχήμα 3: Κάτοψη κοχλιωτής σύνδεσης πέλματος

2.3.5. Έλεγχος σε σύνθλιψη άντυγος των οπών

$$a = \min \left\{ \frac{e_1}{3d_o}; \frac{p_1}{3d_o} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1 \right\} = \min \left\{ \frac{40\text{mm}}{3 \times 26\text{mm}}; \frac{80\text{mm}}{3 \times 26\text{mm}} - \frac{1}{4}; \frac{50\text{kN/cm}^2}{36\text{kN/cm}^2}; 1 \right\} = \min \{0,51; 0,78; 1,39; 1,00\} =$$

$$0,51$$

$$k_1 = \min \left\{ 2,80 \frac{e_2}{d_o} - 1,70; 1,40 \frac{p_2}{d_o} - 1,70; 2,50 \right\} = \min \left\{ 2,80 \frac{42\text{mm}}{26\text{mm}} - 1,70; 1,40 \frac{116\text{mm}}{26\text{mm}} - 1,70; 2,50 \right\} = \min \{2,82 ;$$

$$4,55 ; 2,50\} = 2,50$$

Συνολική αντοχή σε σύνθλιψη άντυγας

$$F_{b,Rd} = n \frac{k_1 a f_u d t_{\min}}{\gamma_{M2}} = 10 \times \frac{2,50 \times 0,51 \times 36\text{kN/cm}^2 \times 2,4\text{cm} \times 1,90\text{cm}}{1,25} = 1674\text{kN} > N_{Ed,f} = 969\text{kN}$$

2.3.6. Έλεγχος συγκόλλησης

(Επιλογή πάχους – εύρεση μήκους)

Επιλέγεται ραφή με πάχος 7mm (έτσι ώστε να χωράει το οριζόντιο σκέλος της συγκόλλησης που είναι: $7\sqrt{2} = 10\text{mm}$)Πάχος συγκόλλησης $a=7\text{mm}=0,7\text{cm} < 0,70 \times t_{\min} = 0,70 \times 1,90\text{cm} = 1,33\text{cm}$

Η αντοχή της συγκόλλησης δίνεται ως εξής:

$$f_{v,wd} = \frac{f_u}{\sqrt{3}\beta_{Mw}} = \frac{36\text{kN/cm}^2}{\sqrt{3} \times 0,80 \times 1,25} = 20,78\text{kN/cm}^2$$

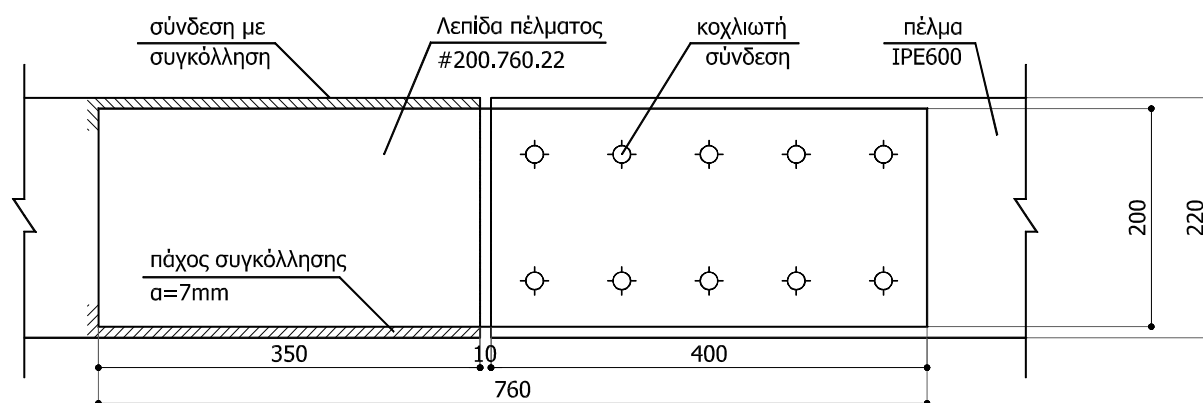
όπου για S235 ο συντελεστής συσχέτισης είναι $\beta_w=0,80$.

Θα πρέπει να ισχύει:

$$N_{Ed,f} \leq 2\ell_1 a f_{v,wd} \Rightarrow \ell_1 \geq \frac{N_{Ed,f}}{2a f_{v,wd}} \Rightarrow \ell_1 \geq \frac{969\text{kN}}{2 \times 0,7\text{cm} \times 20,78\text{kN/cm}^2} = 33,3\text{cm}$$

Επιλέγεται μήκος συγκόλλησης στα πέλματα $\ell_1 = 35\text{cm} = 350\text{mm}$

2.3.7. Διάταξη σύνδεσης πελμάτων με συγκόλληση



Σχήμα 4: Κάτοψη σύνδεσης πέλματος με συγκόλληση

2.4. Λεπίδες κορμού

2.4.1. Γενικά

Η επιλογή γίνεται έτσι ώστε το εμβαδόν των δύο ελασμάτων του κορμού να είναι περίπου ίσο ή μεγαλύτερο από το εμβαδόν του κορμού της δοκού αλλά και η αναλογία της πλαστικής ροπής αντίστασης των λεπίδων κορμού και πελμάτων να είναι περίπου ίση με την αναλογία της πλαστικής ροπής αντίστασης κορμού και πελμάτων της κυρίας δοκού ώστε να υπάρχει και αντίστοιχη αναλογία στην κατανομή της ροπής.

Επιλέγονται δύο ίδια ελάσματα στον κορμό. Η μία διάσταση καθορίζεται από το ευθύγραμμο τμήμα του κορμού το οποίο είναι ίσο με: $d=514\text{mm}$.

Επιλέγουμε $b=500\text{mm}$.

$$\text{Διατομή κορμού: } A_w = A - 2A_f = 156\text{cm}^2 - 2 \times 41,80\text{cm}^2 = 72,40\text{cm}^2$$

$$\text{Θα πρέπει να ισχύει: } 2tb \geq A_w \Rightarrow t \geq \frac{72,4\text{cm}^2}{2 \times 50\text{cm}} = 0,724\text{cm}$$

$$W_{pl} \geq W_{pl,w} \Rightarrow 2 \times \frac{t \times h^2}{4} \geq W_{pl,w} \Rightarrow t \geq W_{pl,w} \frac{2}{h^2} = 947,53\text{cm}^3 \frac{2}{(50\text{cm})^2} = 0,76\text{cm} > 0,724\text{cm}$$

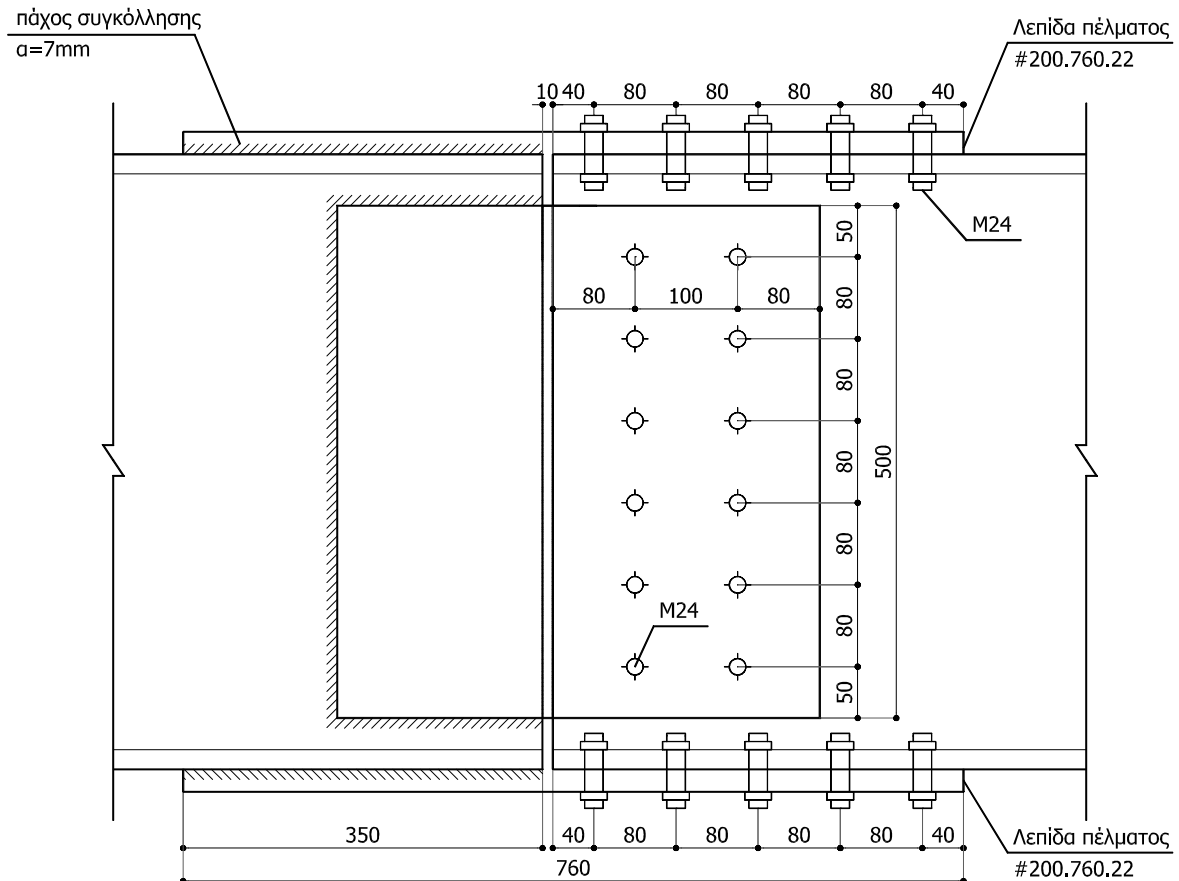
Επιλέγουμε $t=8\text{mm}$ και επομένως τα ελάσματα που επιλέγουμε είναι: 2#500.8 ($A=80\text{cm}^2$).

Επιβεβαιώνεται ότι τηρείται η αναλογία των πλαστικών ροπών αντιστάσεως μεταξύ πελμάτων και κορμού στην κύρια διατομή και τις λεπίδες:

Κύρια διατομή: $\frac{W_{pl,f}}{W_{pl,w}} = \frac{2564,47\text{cm}^3}{947,53\text{cm}^3} = 2,71$

Λεπίδες: $\frac{W_{pl,f}}{W_{pl,w}} = \frac{2 \cdot 20\text{cm} \cdot 2,2\text{cm} \cdot 31,1\text{cm}}{2 \cdot \frac{0,8\text{cm} \cdot (50\text{cm})^2}{4}} = 2,74 \approx 2,71$

2.4.2. Διάταξη κοχλίων κορμού



Σχήμα 5: Όψη κοχλιωτής σύνδεσης κορμού

2.4.3. Κοχλίωση λεπίδων κορμού

Για την αποκατάσταση της συνέχειας στον κορμό επιλέγουμε 12 κοχλίες M24 ποιότητας 5.6 σε δύο σειρές, όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα:

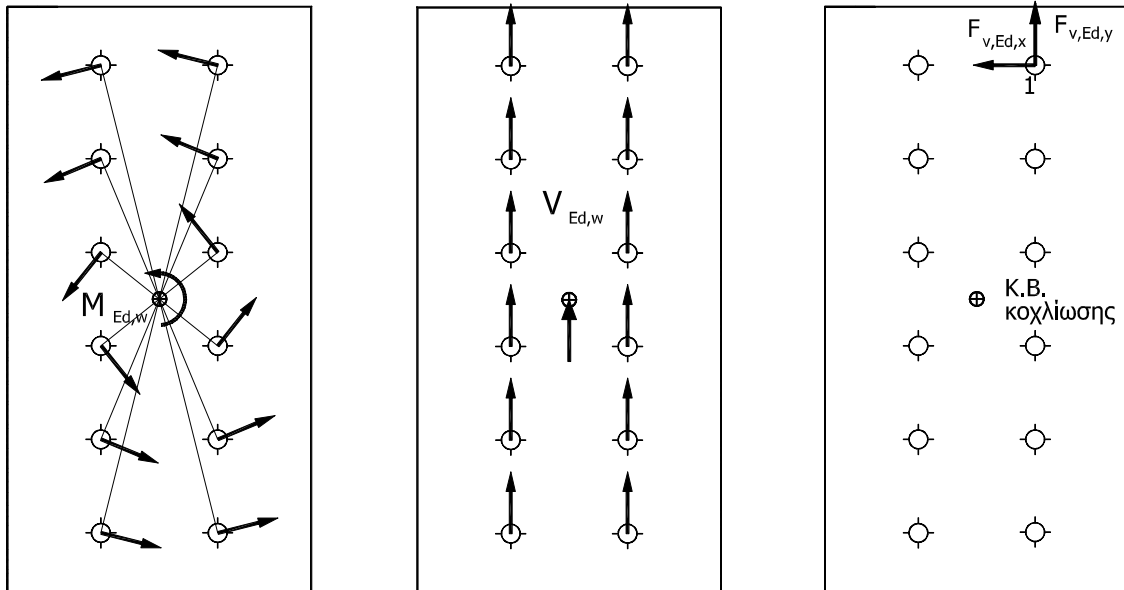
Για την κοχλίωση του κορμού θα λάβουμε υπόψη την τέμνουσα δύναμη του σημείου της αποκατάστασης συνέχειας που είναι: $V_{Ed} = 18,972\text{kN/m} \times 16,00\text{m} / 2 = 18,972\text{kN/m} \times 4,00\text{m} = 76\text{kN}$

Η ροπή που καταπονεί την κοχλίωση θα είναι:

$$M_{Ed,b} = M_{Ed,w} + V_{Ed} \times s = 22266,96 + 76 \times (0,5 + 8,0 + 10,0/2) = 23293\text{kNcm}$$

Η πολική ροπή αδράνειας της κοχλίωσης ως προς το Κ.Β. της κοχλίωσης είναι:

$$I_p = \sum_i (x_i^2 + y_i^2) = 12 \times (5,0\text{cm})^2 + 4 \times (4,0\text{cm})^2 + 4 \times (12\text{cm})^2 + 4 \times (20\text{cm})^2 = 2540\text{cm}^2$$



Σχήμα 6: Δυνάμεις στους κοχλίες, έλεγχος απομακρυσμένου κοχλία

Ο έλεγχος γίνεται με τη διατμητική δύναμη του κοχλία 1 ως τον πλέον απομακρυσμένο κοχλία.

$$F_{V,Ed,x} = \frac{M_{Ed,w}}{I_p} y_1 = \frac{23293 \text{ kNcm}}{2540 \text{ cm}^2} \times 20,0 \text{ cm} = 183 \text{ kN}$$

$$F_{V,Ed,y} = \frac{M_{Ed,w}}{I_p} x_1 + \frac{V_{Ed}}{m} = \frac{23293 \text{ kNcm}}{2540 \text{ cm}^2} \times 5,0 \text{ cm} + \frac{76 \text{ kN}}{12} = 52,19 \text{ kN}$$

$$F_{V,Ed} = \sqrt{(F_{V,Ed,x})^2 + (F_{V,Ed,y})^2} = \sqrt{(183 \text{ kN})^2 + (52,19 \text{ kN})^2} = 190 \text{ kN}$$

Θα πρέπει να ισχύει:

$$F_{v,Rd} = n \frac{a_v A f_{ub}}{\gamma_{M2}} \Rightarrow F_{v,Rd} = 2 \times \frac{0,60 \times 4,52 \text{ cm}^2 \times 50 \text{ kN/cm}^2}{1,25} = 216,96 \text{ kN} > F_{V,Ed} = 190 \text{ kN}$$

2.4.4. Έλεγχος σε σύνθλιψη άντυγος των οπών

κατά x-x

$$a = \min \left\{ \frac{e_1}{3d_o}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1 \right\} = \min \left\{ \frac{80 \text{ mm}}{3 \times 26 \text{ mm}}; \frac{50 \text{ kN/cm}^2}{36 \text{ kN/cm}^2}; 1 \right\} = \min \{1,03; 1,39; 1,00\} = 1,00$$

$$k_1 = \min \left\{ 2,80 \frac{e_2}{d_o} - 1,70; 2,50 \right\} = \min \left\{ 2,8 \frac{50 \text{ mm}}{26 \text{ mm}} - 1,7; 2,5 \right\} = \min \{3,68; 2,5\} = 2,50$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 a f_u d t_{\min}}{\gamma_{M2}} = \frac{2,50 \times 1,00 \times 36 \text{ kN/cm}^2 \times 2,4 \text{ cm} \times 1,20 \text{ cm}}{1,25} = 207,36 \text{ kN} > F_{V,Ed,x} = 183 \text{ kN}$$

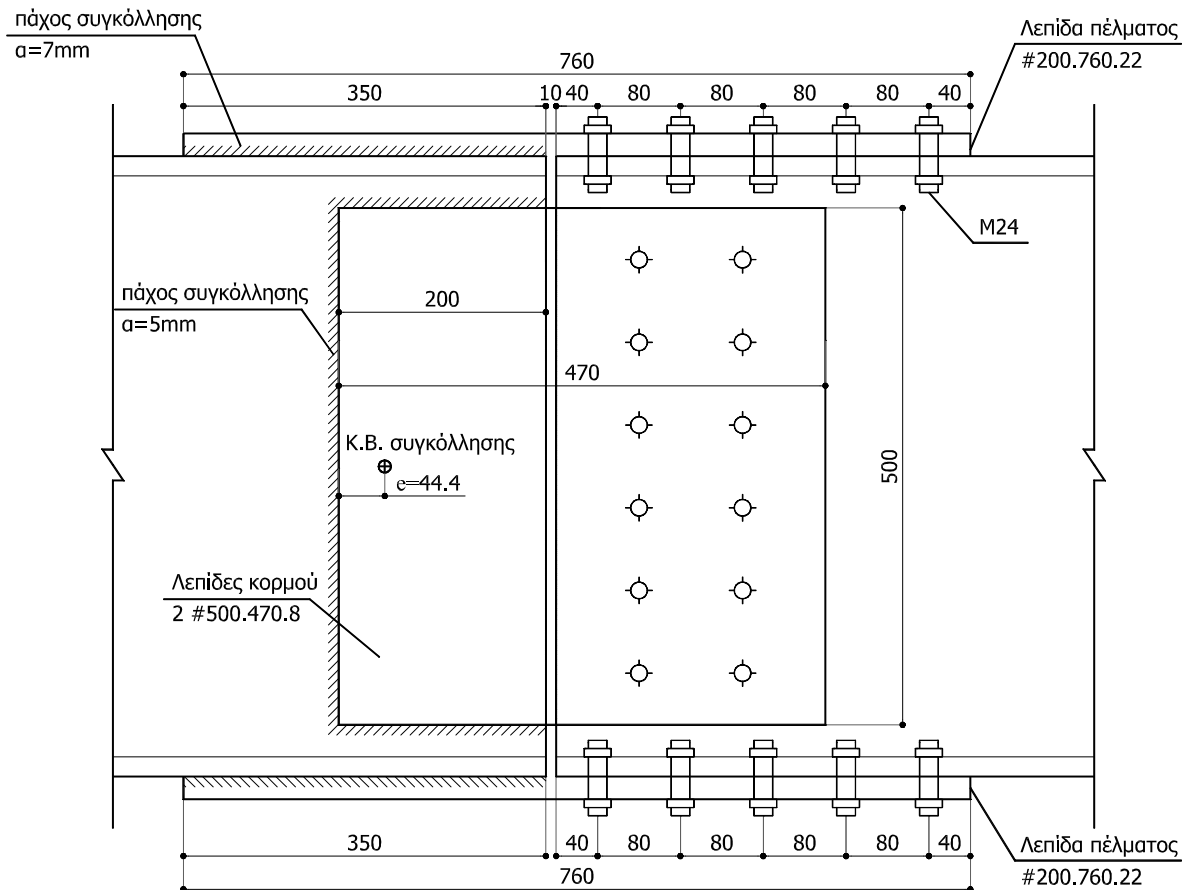
κατά y-y

$$a = \min \left\{ \frac{50 \text{ mm}}{3 \times 26 \text{ mm}}; \frac{50 \text{ kN/cm}^2}{36 \text{ kN/cm}^2}; 1 \right\} = \min \{0,64; 1,39; 1,00\} = 0,64$$

$$k_1 = \min \left\{ 2,8 \frac{80 \text{ mm}}{26 \text{ mm}} - 1,7; 2,5 \right\} = \min \{6,91; 2,5\} = 2,50$$

$$F_{b,Rd} = \frac{2,50 \times 0,64 \times 36 \text{ kN/cm}^2 \times 2,4 \text{ cm} \times 1,20 \text{ cm}}{1,25} = 132,7 \text{ kN} > F_{V,Ed,y} = 52,19 \text{ kN}$$

2.4.5. Διάταξη σύνδεσης κορμού με συγκόλληση



Σχήμα 7: Όψη σύνδεσης κορμού

2.4.6. Συγκόλληση λεπίδων κορμού

(Δεδομένου του μήκους της συγκόλλησης γίνεται εύρεση πάχους)

Υπολογίζουμε το κέντρο βάρους της συγκόλλησης:

$$e_x = \frac{2 \times 20 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}}{50 \text{ cm} + 2 \times 20 \text{ cm}} = 4,44 \text{ cm}$$

Το εμβαδόν της συγκόλλησης θα είναι:

$$A = (50 + 2 \times 20) \alpha \times 2 = 180 \alpha \text{ (cm}^2\text{)}$$

Η ροπή αδράνειας της συγκόλλησης κατά τον άξονα x-x και y-y είναι:

$$I_x = \frac{\alpha \times (50 \text{ cm})^3}{12} + 20 \text{ cm} \times \alpha \times (25 \text{ cm})^2 \times 2 = 35417 \alpha \text{ (cm}^4\text{)}$$

$$I_y = 50 \text{ cm} \times \alpha \times (4,44 \text{ cm})^2 + \frac{2 \times \alpha \times (20 \text{ cm})^3}{12} + 2 \times 20 \text{ cm} \times \alpha \times (10 \text{ cm} - 4,44 \text{ cm})^2 = 3555 \alpha \text{ (cm}^4\text{)}$$

ενώ η πολική ροπή αδράνειας θα είναι:

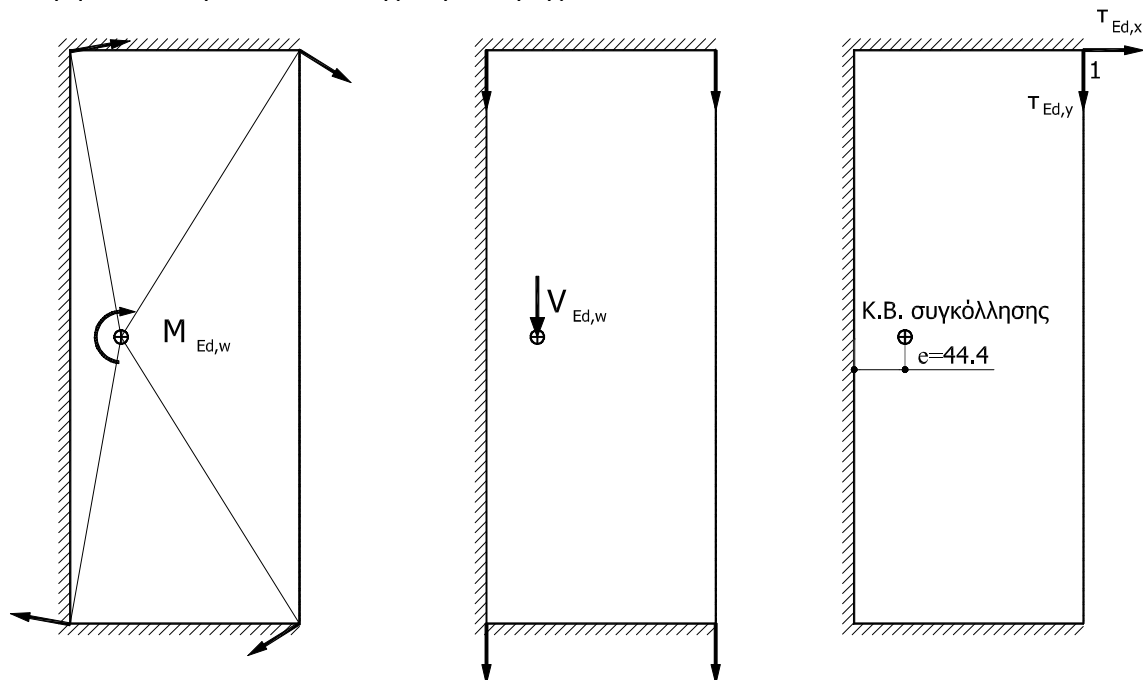
$$I_p = I_x + I_y = 35417 \alpha + 3555 \alpha = 38972 \alpha \text{ (cm}^4\text{)}$$

Η ροπή που καταπονεί την συγκόλληση θα είναι:

$$M_{Ed,b} = M_{Ed,w} + V_{Ed} \times s = 22266,96 + 76 \times (20 - 4,44 + 0,5) = 23488 \text{ kNm}$$

όπου s η απόσταση του κέντρου βάρους της συγκόλλησης από τον αρμό.

Επιλέγουμε να ελέγξουμε το σημείο 1 της συγκόλλησης ως το δυσμενέστερο, αφού βρίσκεται στη μεγαλύτερη απόσταση από το Κ.Β. της συγκόλλησης.



Σχήμα 8: Διατμητικές τάσεις στα ακρότατα σημεία της συγκόλλησης

Οι διατμητικές τάσεις που αναπτύσσονται σε κάθε μία συγκόλληση στο σημείο 1 θα είναι:

$$\tau_{Ed,x} = \frac{M_{w,Ed}}{I_p} y_{\max} = \frac{23488 \text{ kNcm}}{2 \cdot 38972 a (\text{cm}^4)} \cdot 25 \text{ cm} = \frac{7,53}{a} \text{ kN/cm}^2$$

και

$$\tau_{Ed,y} = \frac{M_{w,Ed}}{I_p} x_{\max} + \frac{V_{Ed}}{A} = \frac{23488 \text{ kNcm}}{2 \cdot 38972 a (\text{cm}^4)} \cdot (20 - 4,44) \text{ cm} + \frac{76 \text{ kN}}{180 a (\text{cm}^2)} = \frac{4,82}{a} \text{ kN/cm}^2$$

Ο έλεγχος της συγκόλλησης των δύο ελασμάτων στον κορμό δίνεται ως εξής:

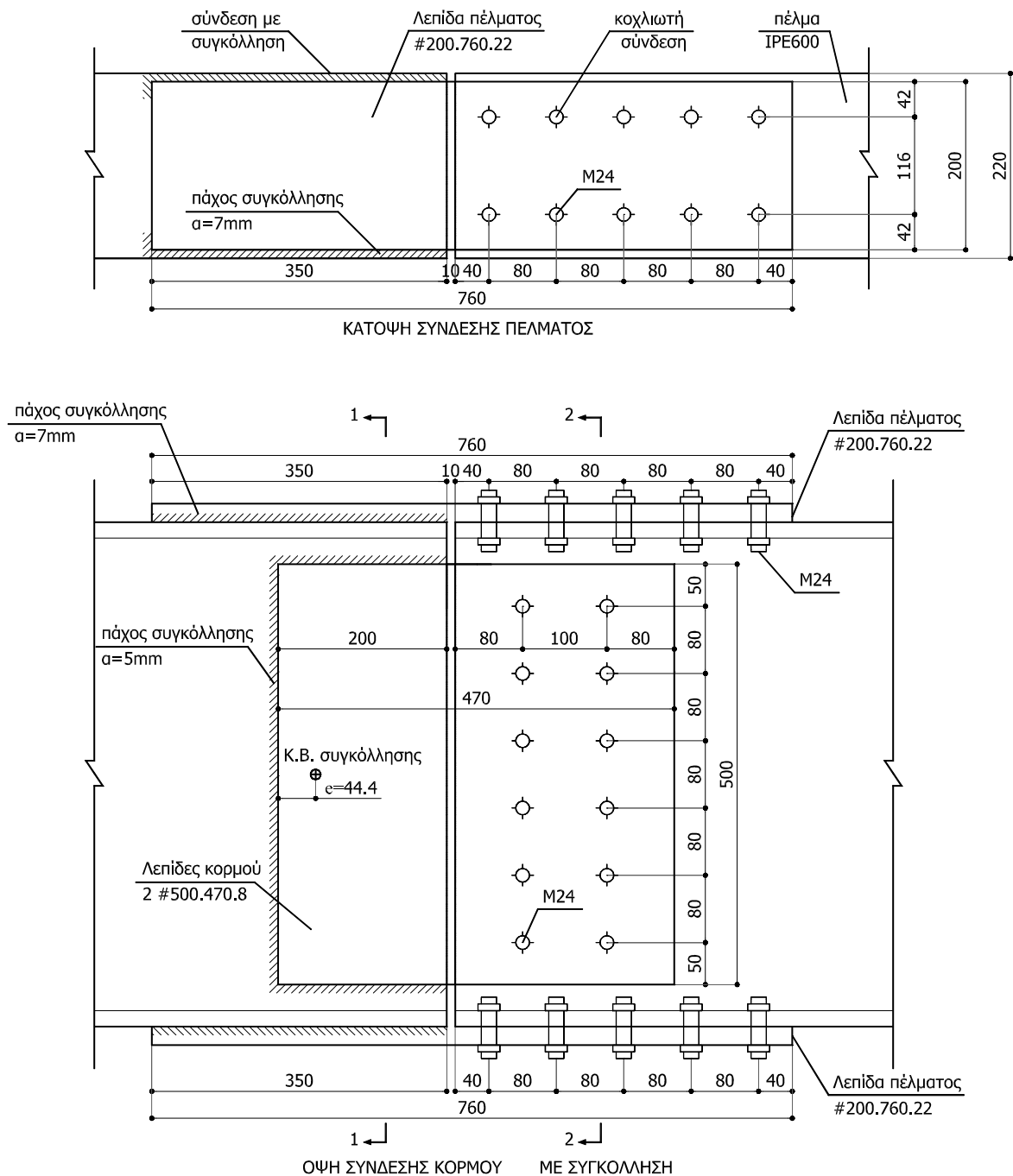
$$\tau_{Ed} = \sqrt{(\tau_{Ed,x})^2 + (\tau_{Ed,y})^2} \leq f_{vw,d} = \frac{f_u}{\sqrt{3} \times 1,25 \times \beta_w} \Rightarrow$$

$$\frac{\sqrt{7,53^2 + 4,82^2}}{a} \text{ kN/cm}^2 \leq 20,78 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow a \geq 0,43 \text{ cm}$$

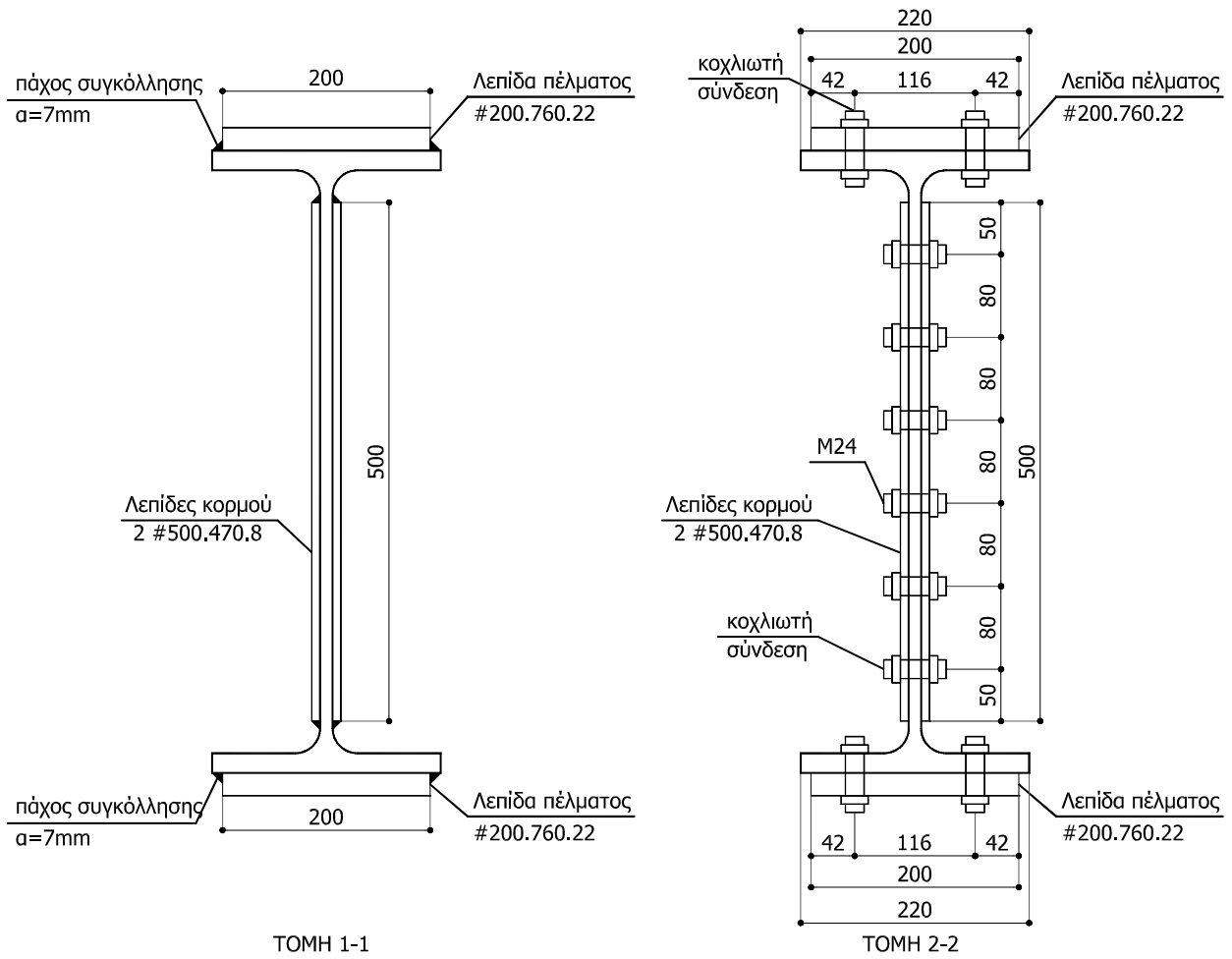
$$\text{Επιλέγεται } a = 5 \text{ mm} < 0,7 \times t_{\min} = 0,7 \times 8 \text{ mm} = 5,6 \text{ mm}$$

Για τα επιλεγόμενα μήκη συγκολλήσεων πρέπει να κρατάμε κάποια περιθώρια για συνδυασμό με το σύστημα ποιοτικού ελέγχου που ακολουθείται.

3. ΤΕΛΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΣΥΝΔΕΣΗΣ



Σχήμα 9: Κάτοψη και όψη σύνδεσης



Σχήμα 10: Τομές σύνδεσης