

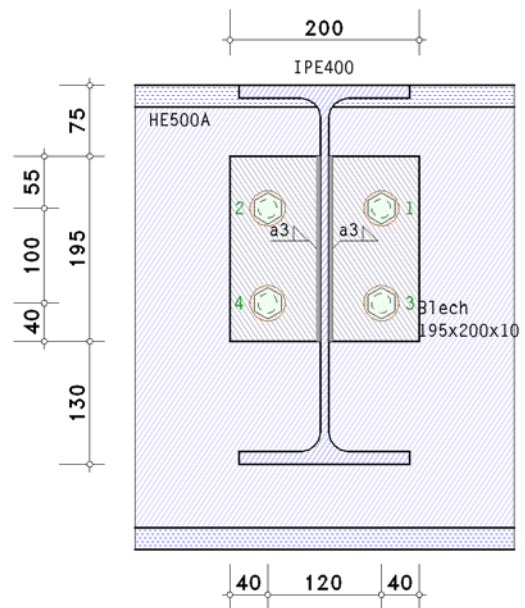
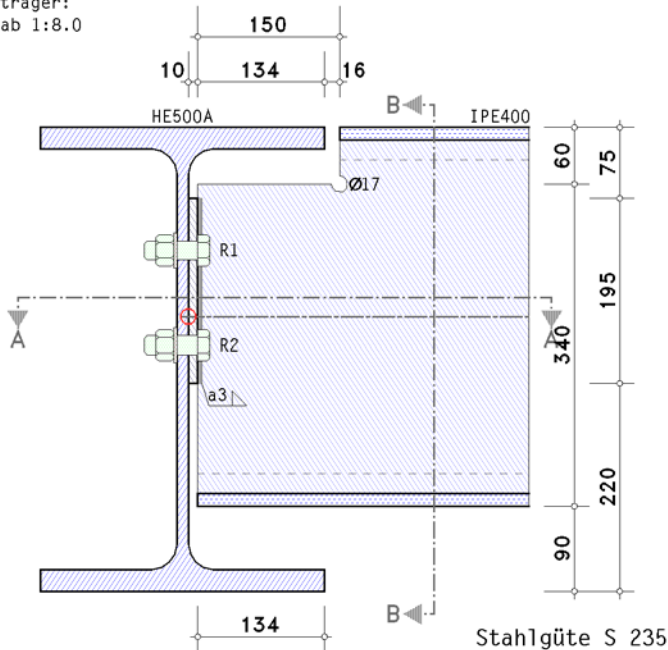
POS. 24: KAHLMEYER 1.5.3 AUS 1.2.3

Gelenkiger Trägeranschluss

EC 3-1-8 (12.10), NA: Deutschland

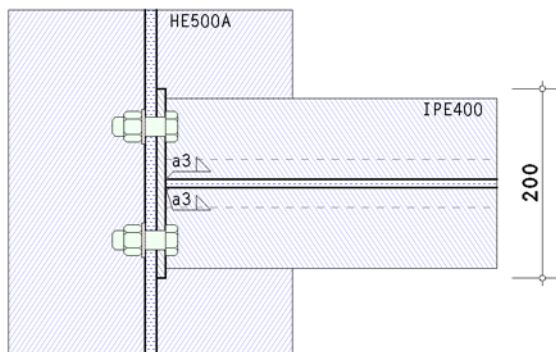
Hauptträger:
Maßstab 1:8.0

Schnitt B-B:



○ Gelenk

Schnitt A-A:



Nebenträgeranschluss mit Stirnplatte, Anschluss an einen Trägersteg

Stahlsorte

Stahlgüte S 235

Schrauben

Schraube: Festigkeitsklasse 4.6,

Abmessungen:

Schaftdurchmesser $d = 20.0$ mm, Nennlochspiel $\Delta d = 1.0$ mm $\Rightarrow$ Lochdurchmesser $d_0 = 21.0$ mm

Bruttoquerschnittsfläche (Schaft) $A = 3.142$ cm²

Spannungsquerschnittsfläche $A_s = 2.450$ cm²

Durchmesser des Schraubenkopfes (Schlüsselweite) $d_s = 30.0$ mm

Durchmesser des Schraubenkopfes (Eckenmaß) $d_e = 32.95$ mm

Schraubenkopfhöhe $t_k = 12.5$ mm

Höhe der Mutter $t_m = 19.0$ mm

Durchmesser der Unterlegscheibe $d_p = 37.0$ mm

Blechdicke der Unterlegscheibe $t_p = 3.0$ mm

Schaft liegt in der Scherfuge

Geometrie

Hauptträger

Profil HE500A

Nebenträger

Profil IPE400

Anschlusskonfiguration

Stirnblech: Dicke $t_p = 10.0$ mm, Länge $l_p = 195.0$ mm, Breite $b_p = 200.0$ mm

Blechabstände: $h_o = 0.0 \text{ mm}$, $\ddot{u}_o = 75.0 \text{ mm}$ ($h_u = 90.0 \text{ mm}$, $\ddot{u}_u = 130.0 \text{ mm}$)

Ausklüpfung: $a_o = 150.0 \text{ mm}$, $e_o = 60.0 \text{ mm}$

Ausführung der Ausklüpfung mit Bohrung (Bohrradius $r_b = 8.5 \text{ mm}$)

Schraubenabstände am Hauptträger: $e_{z,0} = 55.0 \text{ mm}$, $p_{z,1-2} = 100.0 \text{ mm}$, $e_{x,0} = 40.0 \text{ mm}$

Dicke je Schweißnaht: $a_w = 3.0 \text{ mm}$

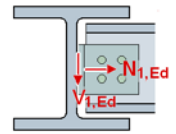
Tragfähigkeit

Nachweis der Schweißnähte mit dem richtungsbezogenen Verfahren

Elastischer Querschnittsnachweis der Nebenträger

Schnittgrößen

Lk 1: $V_{1,Ed} = 200.00 \text{ kN}$



Materialsicherheitsbeiwerte

Beanspruchbarkeit von Querschnitten $\gamma_{M0} = 1.00$

Beanspruchbarkeit von Schrauben, Schweißnähten, Blechen auf Lochleibung $\gamma_{M2} = 1.25$

Gelenkiger Trägeranschluss

Abstände der Schraubenreihen am Hauptträger (rechts)

Randabstand: $e_2 = 40.0 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_o = 25.2 \text{ mm}$, $e_2 = 40.0 \text{ mm} < 4 \cdot t_{\min} + 40 \text{ mm} = 80.0 \text{ mm}$

Lochabstand: $p_2 = 120.0 \text{ mm} > 2.4 \cdot d_o = 50.4 \text{ mm}$, $p_2 = 120.0 \text{ mm} < \min(14 \cdot t_{\min}, 200 \text{ mm}) = 140.0 \text{ mm}$

Randabstand: $e_1 = 55.0 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_o = 25.2 \text{ mm}$, $e_1 = 55.0 \text{ mm} < 4 \cdot t_1 + 40 \text{ mm} = 88.0 \text{ mm}$

Lochabstand: $p_1 = 100.0 \text{ mm} > 2.2 \cdot d_o = 46.2 \text{ mm}$, $p_1 = 100.0 \text{ mm} < \min(14 \cdot t_{\min}, 200 \text{ mm}) = 140.0 \text{ mm}$

Randabstand: $e_1 = 40.0 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_o = 25.2 \text{ mm}$, $e_1 = 40.0 \text{ mm} < 4 \cdot t_1 + 40 \text{ mm} = 88.0 \text{ mm}$

Annahme: Drehpunkt (Gelenk) befindet sich im Anschnitt zum Hauptträgersteg

Lk 1:

Bemessungsgrößen

Transformation der Schnittgrößen in den Bezugspunkt (Schnittpunkt der Trägerachsen)

$M_{1,Ed} = V_{j1,Ed} \cdot e_1 = -1.20 \text{ kNm}$, $e_1 = -6.0 \text{ mm}$

$V_{1,Ed} = V_{j1,Ed} = 200.00 \text{ kN}$

Tragfähigkeit der Verbindung

Berechnung des Punktequerschnitts:

Schraube 1 $T_1 = T_{z,1} = 50.00 \text{ kN}$

Schraube 2 $T_2 = T_{z,2} = 50.00 \text{ kN}$

Schraube 3 $T_3 = T_{z,3} = 50.00 \text{ kN}$

Schraube 4 $T_4 = T_{z,4} = 50.00 \text{ kN}$

Querkrafttragfähigkeit

Schrauben mit Abscheren:

$U_i = T_i / F_{v,Rd}$, $V_{Rd,i} = V_{1,Ed} / U_i$, $V_{Rd} = \min V_{Rd,i}$

Abschertragfähigkeit je Scherfuge: $F_{v,Rd} = \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A / \gamma_{M2} = 60.32 \text{ kN}$, $\alpha_v = 0.60$

Schraube 1: $U_1 = 0.829$, $V_{Rd,1} = 241.3 \text{ kN}$

Schraube 2: $U_2 = 0.829$, $V_{Rd,2} = 241.3 \text{ kN}$

Schraube 3: $U_3 = 0.829$, $V_{Rd,3} = 241.3 \text{ kN}$

Schraube 4: $U_4 = 0.829$, $V_{Rd,4} = 241.3 \text{ kN}$

Abschertragfähigkeit gesamt: $V_{Rd,1} = 241.3 \text{ kN}$

Stirnplatte mit Lochleibung:

$U_{z,i} = T_{z,i} / F_{b,z,Rd}$, $U_{y,i} = T_{y,i} / F_{b,y,Rd}$, $U_i = \max(U_{z,i}, U_{y,i})$, $V_{Rd,i} = V_{1,Ed} / U_i$, $V_{Rd} = \min V_{Rd,i}$

Schraube 1: $F_{b,z,1} = 125.71 \text{ kN}$, $U_1 = 0.398$, $V_{Rd,1} = 502.9 \text{ kN}$

Schraube 2: $F_{b,z,2} = 125.71 \text{ kN}$, $U_2 = 0.398$, $V_{Rd,2} = 502.9 \text{ kN}$

Schraube 3: $F_{b,z,3} = 91.43 \text{ kN}$, $U_3 = 0.547$, $V_{Rd,3} = 365.7 \text{ kN}$

Schraube 4: $F_{b,z,4} = 91.43 \text{ kN}$, $U_4 = 0.547$, $V_{Rd,4} = 365.7 \text{ kN}$

Lochleibungstragfähigkeit gesamt: $V_{Rd,2} = 365.7 \text{ kN}$

Trägersteg mit Lochleibung:

$U_{z,i} = T_{z,i} / F_{b,z,Rd}$, $U_{y,i} = T_{y,i} / F_{b,y,Rd}$, $U_i = \max(U_{z,i}, U_{y,i})$, $V_{Rd,i} = V_{1,Ed} / U_i$, $V_{Rd} = \min V_{Rd,i}$

Schraube 1: $F_{b,z,1} = 172.80 \text{ kN}$, $U_1 = 0.289$, $V_{Rd,1} = 691.2 \text{ kN}$

Schraube 2: $F_{b,z,2} = 172.80 \text{ kN}$, $U_2 = 0.289$, $V_{Rd,2} = 691.2 \text{ kN}$

Schraube 3: $F_{b,z,3} = 172.80 \text{ kN}$, $U_3 = 0.289$, $V_{Rd,3} = 691.2 \text{ kN}$

Schraube 4: $F_{b,z,4} = 172.80 \text{ kN}$, $U_4 = 0.289$, $V_{Rd,4} = 691.2 \text{ kN}$

Lochleibungstragfähigkeit gesamt: $V_{Rd,3} = 691.2 \text{ kN}$

Stirnplatte mit Zug und Schub (Blockversagen):

Schubwiderstand $V_{\text{eff,Rd}} = (A_{\text{nt}} \cdot f_u) / \gamma_{\text{M2}} + (A_{\text{nv}} \cdot f_y / 3^{1/3}) / \gamma_{\text{M0}} = 432.33 \text{ kN}$
Schubtragfähigkeit gesamt: $V_{\text{Rd,4}} = 432.3 \text{ kN}$

Stirnplatte mit Biegung und Schub:

Schubtragfähigkeit $V_{\text{Rd}} = f_y / \gamma_{\text{M0}} / ((b' / W_{\text{el}})^2 + 3 \cdot (1/A)^2)^{1/2} = 147.23 \text{ kN}$

Schubtragfähigkeit gesamt: $V_{\text{Rd,5}} = 2 \cdot 147.23 = 294.5 \text{ kN}$

Trägersteg mit Schub (neben der Schweißnaht):

Schubtragfähigkeit $V_{\text{Rd}} = (A_v \cdot f_y) / (3^{1/2} \cdot \gamma_{\text{M0}}) = 227.53 \text{ kN}$

Schubtragfähigkeit gesamt: $V_{\text{Rd,6}} = 227.5 \text{ kN}$

Schubtragfähigkeit: $\min V_{\text{Rd,p}} = V_{\text{Rd,6}} = 227.5 \text{ kN}$

Nachweis der Verbindung

$V_{\text{Ed}} = 200.0 \text{ kN}$: $V_{\text{Ed}} / \min V_{\text{Rd}} = 0.879 < 1$ **ok.**

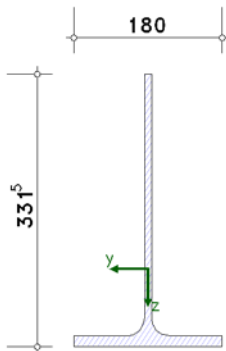
Schweißnahtnachweis

$\sigma_{1,w,\text{Ed}} = 30.53 \text{ kN/cm}^2 < f_{1,w,\text{Rd}} = 36.00 \text{ kN/cm}^2$,

$\sigma_{2,w,\text{Ed}} = 3.72 \text{ kN/cm}^2 < f_{2,w,\text{Rd}} = 25.92 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow U_w = 0.848 < 1$ **ok.**

Querschnittsnachweis des Nebenträgers

Nachweis bei $\Delta x = 166.0 \text{ mm}$ mit Ausklinkung

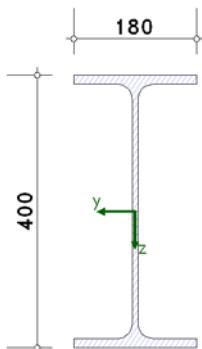


elastischer Querschnittsnachweis für $M_{\text{Ed}} = 32.00 \text{ kNm}$, $V_{\text{Ed}} = 200.00 \text{ kN}$

elastische Spannungen: $\max \sigma_x = 5.18 \text{ kN/cm}^2$, $\min \sigma_x = -12.98 \text{ kN/cm}^2$, $\max \tau = 9.61 \text{ kN/cm}^2$, $\max \sigma_v = 16.65 \text{ kN/cm}^2$

Ausnutzungen: Tragfähigkeit $U_\sigma = 0.708 < 1$ **ok.**

Nachweis bei $\Delta x = 166.0 \text{ mm}$



elastischer Querschnittsnachweis für $M_{\text{Ed}} = 32.00 \text{ kNm}$, $V_{\text{Ed}} = 200.00 \text{ kN}$

elastische Spannungen: $\max \sigma_x = 2.77 \text{ kN/cm}^2$, $\min \sigma_x = -2.77 \text{ kN/cm}^2$, $\max \tau = 6.58 \text{ kN/cm}^2$, $\max \sigma_v = 11.39 \text{ kN/cm}^2$

Ausnutzungen: Tragfähigkeit $U_\sigma = 0.485 < 1$ **ok.**, c/t -Verhältnis $U_{c/t} = 0.117 < 1$ **ok.**

Endergebnis

Maximale Ausnutzung: Tragfähigkeit $\max U = 0.879 < 1$ **ok.**
 c/t-Verhältnis $\max U = 0.117 < 1$ **ok.**

Nachweis erbracht