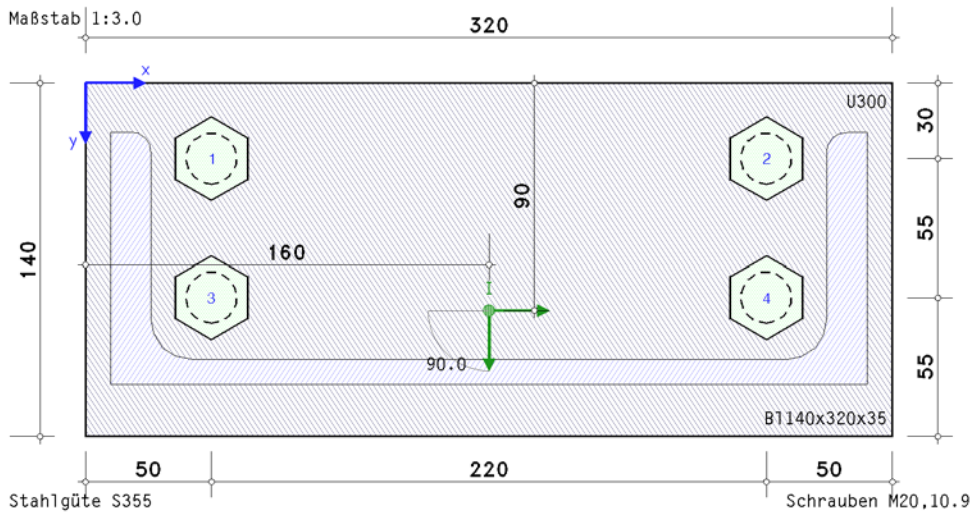


geschraubter Stirnplattenstoß

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



Stahlsorte

Stahlgüte S355

Schrauben

Festigkeitsklasse 10.9, Schraubengröße M20, Gewinde in der Scherfuge

Verbindung

Stirnblech: Dicke $t_p = 35.0$ mm, Breite $b_p = 320.0$ mm, Länge $l_p = 140.0$ mm

Träger: Profil U300

Verdrehung des Querschnitts um den Profilschwerpunkt $\beta = 90.0^\circ$

Träger-Stirnblech: umlaufende Kehlnaht, Nahtdicke $a = 10.0$ mm

Schwerpunktskoordinaten des Trägerprofil bei $x_p = 160.0$ mm, $y_p = 90.0$ mm

Koordinaten des Trägerschwerpunkts auf dem Stirnblech $x_s = 160.0$ mm, $y_s = 90.0$ mm

Schrauben:

gleichmäßige Anordnung der Schrauben, 2 vertikale und 2 horizontale Reihen

Randabstände oben $e_o = 30.0$ mm, unten $e_u = 55.0$ mm

Schraubenabstände $p_{x,1-2} = 220.0$ mm

Randabstände links $e_l = 50.0$ mm, rechts $e_r = 50.0$ mm

Schraubenabstände $p_{y,1-2} = 55.0$ mm

Berechnung

Nachweisführung:

Schnittgrößenermittlung (FEM) und Bemessung

Nachweis des Stirnblechs mit dem plastischen Verfahren

Nachweis des Trägerquerschnitts mit dem plastischen Verfahren

Nachweis der Schweißnähte mit dem richtungsbezogenen Verfahren

Nachweis der Schrauben, die Abstände werden überprüft

FEM-Berechnung:

Die Schrauben werden plastisch berechnet, Federkonstante der Schrauben $c_f = 7433.6$ kN/cm

plastische Grenzkraft $F_{t,f} = f_{t,f} \cdot F_{t,Rd} = 167.6$ kN, $f_{t,f} = 0.950$, $F_{t,Rd} = 176.4$ kN, wirksame Bruchdehnung $\epsilon_{t,f} = 4.5\%$ ohne Vorspannung ($F_{p,c} = 0$)

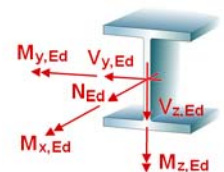
rechnerischer Bettungsmodul des Stirnblechs $c_b = 12000.0$ kN/cm³

Anzahl / Größe der finiten Elemente je Richtung $n_x / \Delta x = 32 / 10.0$ mm, $n_y / \Delta y = 20 / 7.0$ mm

max. 50 Iterationsschritte bei einer Toleranzgrenze von 5%.

Schnittgrößen

Lk	N_{Ed} kN	$M_{y,Ed}$ kNm	$V_{z,Ed}$ kN	$M_{z,Ed}$ kNm	$V_{y,Ed}$ kN	$M_{x,Ed}$ kNm
1	-33.5	81.2	-21.2	-6.1	-4.4	-0.9
2	0.3	4.7	1.3	-5.7	2.4	-0.0
3	-33.2	80.9	-21.4	-5.8	-4.2	-0.9
4	0.1	4.9	1.5	-5.9	2.3	-0.0
5	-7.8	7.8	-5.1	14.0	5.8	-0.1
6	-26.5	71.3	-17.8	-15.7	-8.5	-0.9
7	-28.3	69.2	-20.0	-7.7	-5.4	-0.9
8	-3.4	13.1	0.5	-4.6	3.1	0.0
9	-25.6	72.3	-16.6	-18.9	-7.0	-0.9
10	-30.8	84.4	-17.8	-17.3	-6.0	-0.9
11	-4.1	-0.6	-4.3	12.9	5.1	-0.1



Materialsicherheitsbeiwerte

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

Berechnung

Ausnutzungen

Lk	U_p	U_σ	U_b	U_{wt}	$U_{t,s}$	$U_{vt,s}$	$U_{b,s}$	U_q	$U_{c/t}$	U_w	U
1	0.380	0.353	0.380	0.456	0.950	0.695	0.039	0.526	0.353	0.570	0.950*
2	0.101	0.041	0.101	0.038	0.249	0.185	0.003	0.133	0.200	0.192	0.249
3	0.378	0.343	0.378	0.441	0.950	0.695	0.039	0.519	0.349	0.559	0.950*
4	0.104	0.043	0.104	0.039	0.260	0.193	0.003	0.139	0.204	0.199	0.260
5	0.202	0.144	0.202	0.056	0.371	0.278	0.009	0.306	0.281	0.450	0.450
6	0.527	0.460	0.527	0.599	0.950	0.696	0.038	0.660	0.614	0.804	0.950*
7	0.310	0.276	0.310	0.332	0.950	0.688	0.035	0.501	0.348	0.558	0.950*
8	0.084	0.057	0.084	0.050	0.331	0.243	0.003	0.152	0.206	0.200	0.331
9	0.629	0.545	0.629	0.733	0.950	0.699	0.039	0.726	0.614	0.905	0.950*
10	0.712	0.666	0.712	0.921	0.950	0.707	0.045	0.752	0.614	0.916	0.950*
11	0.171	0.111	0.171	0.044	0.290	0.225	0.008	0.254	0.274	0.386	0.386

U_p : Ausnutzung der Stirnplatte; U_σ : Ausnutzung der Stirnplatte aus Spannung; U_b : Ausnutzung der Stirnplatte aus Kontaktpressung
 $U_{wt,s}$: Ausnutzung der Schrauben aus Dehnung; $U_{t,s}$: Ausnutzung der Schrauben aus Zug; $U_{vt,s}$: Ausnutzung der Schrauben aus Abscheren mit Zug
 $U_{b,s}$: Ausnutzung der Schrauben aus Lochleibung; U_q : Spannungsausnutzung des Trägers; $U_{c/t}$: c/t-Ausnutzung des Trägers
 U_w : Ausnutzung der Schweißnähte; U: Gesamtausnutzung
 *) maximale Ausnutzung

Endergebnis

Maximale Ausnutzung [Lk 1] max U = 0.950 < 1 ok.

Nachweis erbracht

Vorschriften

DIN EN 1990, Eurocode 0: Grundlagen der Tragwerksplanung;
 Deutsche Fassung EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010, Ausgabe Dezember 2010
 DIN EN 1990/NA, Nationaler Anhang zur DIN EN 1990, Ausgabe Dezember 2010
 DIN EN 1993-1-1, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten -
 Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau;
 Deutsche Fassung EN 1993-1-1:2005 + AC:2009, Ausgabe Dezember 2010
 DIN EN 1993-1-1/NA, Nationaler Anhang zur DIN EN 1993-1-1, Ausgabe Dezember 2010
 DIN EN 1993-1-8, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten -
 Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen;
 Deutsche Fassung EN 1993-1-8:2005 + AC:2009, Ausgabe Dezember 2010
 DIN EN 1993-1-8/NA, Nationaler Anhang zur DIN EN 1993-1-8, Ausgabe Dezember 2010

Detaillierte Ausgabe von Lk 1 (maßgebend)

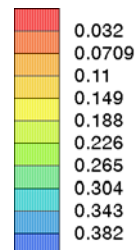
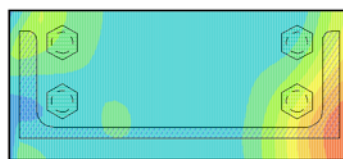
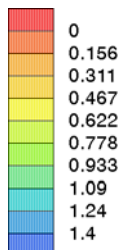
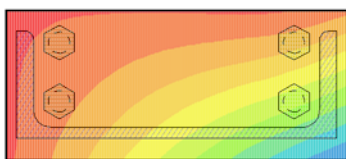
Lk 1: $N_{Ed} = -33.5 \text{ kN}$, $M_{y,Ed} = 81.2 \text{ kNm}$, $V_{z,Ed} = -21.2 \text{ kN}$, $M_{z,Ed} = -6.1 \text{ kNm}$, V_y

Stirnblech

Bemessungsgrößen: $N = -33.47 \text{ kN}$, $M_y = 81.25 \text{ kNm}$, $M_z = -6.13 \text{ kNm}$

Verformungen u_z [mm], abhebend positiv
 min $u_z = -0.04 \text{ mm}$, max $u_z = 1.40 \text{ mm}$

Ausnutzung der Stirnplatte U_p
 min $U_p = 0.032$, max $U_p = 0.380$



Ausnutzung der Stirnplatte

Kno	x mm	y mm	u _z mm	U _σ	U _b	U _p
19	0.0	126.0	-0.041	0.292	0.380	0.380
693	320.0	140.0	1.400	0.036	---	0.036

x,y: Knotenkoordinaten; u_z: Verformungen (abhebend positiv); U_σ: Ausnutzung aus Moment mit Querkraft; U_b: Ausnutzung aus Kontaktpressung
U_p: Ausnutzung der Stirnplatte

Zugkraft in den Schrauben

	x mm	y mm	w _t mm	F _t kN	ε _{w_t} %	U _{w_t}
1	50.0	30.0	0.022	16.57	0.064	0.014
2	270.0	30.0	0.248	148.88	0.708	0.157
3	50.0	85.0	0.096	71.71	0.276	0.061
4	270.0	85.0	0.718	167.58	2.050	0.456

x,y: Schraubenkoordinaten; w_t: Verformung (Zug positiv); F_t: Schraubkraft; ε_{w_t}: Dehnung
U_{w_t}: Ausnutzung aus Dehnung

Ausnutzung der Stirnplatte [Kno 20] U_{max} = 0.380 < 1 ok.

Ausnutzung der Schrauben aus Dehnung [Schraube 4] U_{max} = 0.456 < 1 ok.

Schrauben

Bemessungsgrößen: max F_t = 167.58 kN, V_z = -21.16 kN, V_y = -4.35 kN, M_x = -0.92 kNm

Nachweis der Schrauben

U_{tp}: Ausnutzung aus Zug/Durchstanzen, U_{vt}: Ausnutzung aus Abscheren mit Zug, U_b: Ausnutzung aus Lochleibung, U: Ausnutzung der Schrauben

Schraube 1	U _{tp,1} = 0.094	U _{vt,1} = 0.157	U _{b,1} = 0.039	U ₁ = 0.157
Schraube 2	U _{tp,2} = 0.844	U _{vt,2} = 0.654	U _{b,2} = 0.022	U ₂ = 0.844
Schraube 3	U _{tp,3} = 0.407	U _{vt,3} = 0.360	U _{b,3} = 0.024	U ₃ = 0.407
Schraube 4	U _{tp,4} = 0.950	U _{vt,4} = 0.695	U _{b,4} = 0.006	U ₄ = 0.950
Gesamt Max:	U _{tp} = 0.950	U _{vt} = 0.695	U _b = 0.039	U = 0.950 < 1 ok.

Ausnutzung der Schrauben [Schraube 4] U_{max} = 0.950 < 1 ok.

Träger

plastischer Querschnittsnachweis für N = -33.47 kN, M_y = 81.25 kNm, V_z = -21.16 kN,

M_z = -6.13 kNm, V_y = -4.35 kN, M_x = -0.92 kNm

zul. Normal-/Schubspannung: zul σ_{Rd} = 35.50 kN/cm², zul τ_{Rd} = 20.50 kN/cm²

Obergurt: Querkraft V_O = -4.66 kN, Torsion T_{pO} = -0.35 kNm, Schubspannung τ_O = 2.98 kN/cm² ⇒ U_{τ,O} = 0.145

Gurtbiegung M_{σ,O} = -12.99 kNm, Biegespannung σ_O = 17.95 kN/cm² ⇒ U_{σ,O} = 0.511

Grenznormalkräfte N_{max,O} = 22.94 kN, N_{min,O} = -423.59 kN

Untergurt: Querkraft V_U = 0.30 kN, Torsion T_{pU} = -0.35 kNm, Schubspannung τ_U = 2.95 kN/cm² ⇒ U_{τ,U} = 0.144

Gurtbiegung M_{σ,U} = 6.04 kNm, Biegespannung σ_U = 8.35 kN/cm² ⇒ U_{σ,U} = 0.238

Grenznormalkräfte N_{max,U} = 335.40 kN, N_{min,U} = -154.40 kN

Steg: Querkraft V_S = -21.16 kN, Torsion T_{pS} = -0.23 kNm, Schubspannung τ_S = 2.03 kN/cm² ⇒ U_{τ,S} = 0.099

Grenznormalkräfte N_{max,S} = 946.71 kN, N_{min,S} = -946.71 kN

Hauptbieg.: Normalkraft N = -33.47 kN, Grenznormalkräfte N_{max} = 1305.04 kN, N_{min} = -1524.70 kN ⇒ U_N = 0.022

Moment M_y = 81.25 kNm, Grenzmomente M_{y,max} = 170.99 kNm, M_{y,min} = -87.93 kNm ⇒ U_{M_y} = 0.475

Gesamt (ggf. aus Laststeigerung): max U = 0.526 < 1 ok.

Ausnutzungen: Tragfähigkeit U_σ = 0.526 < 1 ok., c/t-Verhältnis U_{c/t} = 0.353 < 1 ok.

Ausnutzung des Trägers max(U_σ, U_{c/t}) = 0.526 < 1 ok.

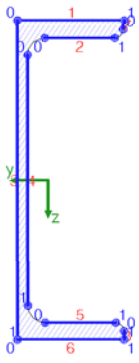
Schweißnähte

Bemessungsgrößen: N = -33.47 kN, M_y = 81.25 kNm, V_z = -21.16 kN, M_z = -6.13 kNm,

V_y = -4.35 kN, M_x = -0.92 kNm

Naht 3: Nahtdicke a = 10.0 mm > a_{max} = t_{min} = 7.1 mm !!

Naht 4: Nahtdicke a = 10.0 mm > a_{max} = t_{min} = 7.1 mm !!



Naht 1:	$a_w = 10.0 \text{ mm}$	$l_w = 100.0 \text{ mm}$
Naht 2:	$a_w = 10.0 \text{ mm}$	$l_w = 66.0 \text{ mm}$
Naht 3:	$a_w = 10.0 \text{ mm}$	$l_w = 300.0 \text{ mm}$
Naht 4:	$a_w = 10.0 \text{ mm}$	$l_w = 236.0 \text{ mm}$
Naht 5:	$a_w = 10.0 \text{ mm}$	$l_w = 66.0 \text{ mm}$
Naht 6:	$a_w = 10.0 \text{ mm}$	$l_w = 100.0 \text{ mm}$
Naht 7:	$a_w = 10.0 \text{ mm}$	$l_w = 8.0 \text{ mm}$
Naht 8:	$a_w = 10.0 \text{ mm}$	$l_w = 8.0 \text{ mm}$

Max: $\sigma_{1,w,Ed} = 24.81 \text{ kN/cm}^2 < f_{1,w,Rd} = 43.56 \text{ kN/cm}^2$,
 $\sigma_{2,w,Ed} = 12.40 \text{ kN/cm}^2 < f_{2,w,Rd} = 35.28 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow U_w = 0.570 < 1$ **ok.**

Ausnutzung der Schweißnähte $U_{max} = 0.570 < 1$ **ok.**

Ausnutzung Lk 1 $U_{max} = 0.950 < 1$ **ok.**