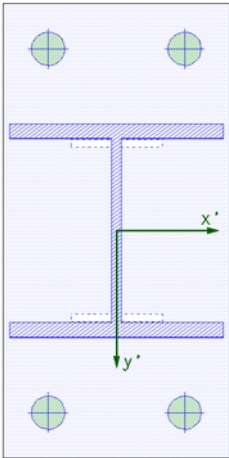


Stahlstützenfuß mit Fußplatte

Stahlnachweise nach DIN EN 1993-1:2010-12 mit NA-Deutschland

Draufsicht Fußplatte
Maßstab 1:10



Stützenquerschnitt

genormtes Profil: HE280B, der Güte S235

Fußplatte

$b_x = 300 \text{ mm}$ $b_y = 600 \text{ mm}$ $t = 60 \text{ mm}$, der Güte S235

Mörtelfuge

$t_F = 20 \text{ mm}$

Untergrund/Bettung

Entsprechend des Betons C25/30

Schubdübel

genormtes Profil: IPE240, der Güte S235

Anker

4 Anker, FK 4.8, M24, ohne Schaft

mit einer Länge von 500 mm

Randabstände $a_x/a_y = 60/60 \text{ mm}$

1. Belastung

1.1. Bemessungswerte der Stützenlast

Angriffspunkt im Schwerpunkt der Stütze

LK	N _{St,d} kN	H _{x,St,d} kN	H _{y,St,d} kN	M _{x,St,d} kNm	M _{y,St,d} kNm	Bemessungssit.
1	400.00	25.00	-75.00	120.00	30.00	ständig
2	-100.00	15.00	-30.00	50.00	10.00	ständig

2. Nachweis

2.1. Material Sicherheitsbeiwerte

Bemessungssit.	γ_{M0}	γ_{M2}	γ_c
ständig	1.10	1.10	1.50

2.2. Schweißnaht zwischen Stützenschaft und Fußplatte

Bemessung nach dem richtungsbezogenen Verfahren entsprechend Abschnitt 4.5.3.2

$\sigma_{V,w,Ed} = (\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\parallel}^2)^{0.5}$

$f_{1,w,Rd} = f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$

$f_{2,w,Rd} = 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$

$U = \max\{ \sigma_{V,w,Ed} / f_{1,w,Rd}, \sigma_{\perp}^2 / f_{2,w,Rd} \}$

Die Verbindung wird mit einer **Doppelkehlnaht** ausgeführt.

Die Normalkraft wird zu 100 % durch die Schweißnaht übertragen.

2.2.1. Stegnaht

Mindestwert der Schweißnahtdicke $a_{min} = 8 \text{ mm}$

LK	a_w mm	σ_{\perp} kN/cm ²	τ_{\perp} kN/cm ²	τ_{\parallel} kN/cm ²	$\sigma_{V,w,Ed}$ kN/cm ²	$f_{1,w,Rd}$ kN/cm ²	$f_{2,w,Rd}$ kN/cm ²	U
1	8	0.00	0.00	-2.39	4.14	40.91	---	0.10
2	8	0.00	0.00	-0.96	1.66	40.91	---	0.04

Maximale Nahtdicke $a_{w,max} = 8 \text{ mm}$

Maximale Ausnutzung $U = 0.10 < 1.00$

2.2.2. Flanschnaht

Mindestwert der Schweißnahtdicke $a_{min} = 8 \text{ mm}$

LK	a_w mm	σ_{\perp} kN/cm ²	τ_{\perp} kN/cm ²	τ_{\parallel} kN/cm ²	$\sigma_{V,w,Ed}$ kN/cm ²	$f_{1,w,Rd}$ kN/cm ²	$f_{2,w,Rd}$ kN/cm ²	U
1	8	17.07	17.07	0.31	34.15	40.91	29.45	0.83
2	8	-6.10	-6.10	0.19	12.21	40.91	29.45	0.30

Maximale Nahtdicke $a_{w,max} = 8 \text{ mm}$



Maximale Ausnutzung $U = 0.83 < 1.00$

a_w - Schweißnahtdicke σ_{\perp}^2 - Normalspannungen senkrecht zur Naht τ_{\perp}^2 - Schubspannungen senkrecht zur Naht
 τ_{\parallel}^2 - Schubspannungen parallel zur Naht U - Ausnutzung

2.3. FE-Berechnung

Die Berechnung der Pressungen unter der Fußplatte und der maßgebenden Schnittgrößen in der Fußplatte erfolgt durch eine FEM-Berechnung mit Steifizifferverfahren. Die Anfangsbettung der Platte ergibt sich aus dem E-Modul des Betons unter der Fußplatte. Für die Flächenbettung gilt Zugfederausschaltung. Die Anker werden durch Punktfedern berücksichtigt, die nur auf Zug wirken.

Die Platte wird in 17 Elemente in X-Richtung und 35 Elemente in Y-Richtung eingeteilt. Die Betonpressung wird begrenzt auf die zulässige Teilflächenpressung mit $\lim \sigma_{c,d} = f_{Rd,u}$. Die Ersatzfeder für die Anker wird angesetzt mit $c = E \cdot A / l = 1482.60 \text{ kN/cm}$.

2.3.1. Spannungen in der Fußplatte (Elast.-Plast.)

Schnittgrößen

LK	X _{Fp} cm	Y _{Fp} cm	m _{xx} kNcm/cm	m _{yy} kNcm/cm	m _{xy} kNcm/cm	v _x kN/cm	v _y kN/cm
1	0.9	12.9	11.63	75.08	4.88	6.03	18.45
2	0.9	12.9	5.80	38.59	3.85	2.66	5.92

Spannungen und Ausnutzungen

$$\sigma_{Pl,V} = (\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3(\tau_{xy}^2 + \tau_{xz}^2 + \tau_{yz}^2))^{0.5}$$

$$\sigma_{Rd} = f_y / \gamma_{M0}$$

$$U = \sigma_{Pl,V} / \sigma_{Rd}$$

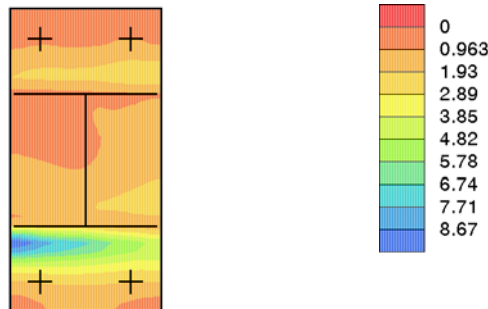
LK	X _{Fp} cm	Y _{Fp} cm	$\sigma_{Pl,V}$ kN/cm ²	σ_{Rd} kN/cm ²	U
1	0.9	12.9	9.63	19.55	0.49
2	0.9	12.9	4.48	19.55	0.23

Maximale Ausnutzung $U = 0.49 < 1.00$

X_{Fp}/Y_{Fp} - Koordinaten auf der Fußplatte m_{xx}/m_{yy} - Momente m_{xy} - Drillmoment v_x/v_y - Querkraft
 $\sigma_{Pl,V}$ - plastische Vergleichsspannung σ_{Rd} - Grenznormalspannung U - Ausnutzung

Spannungsverteilung - $\sigma_{Pl,V}$ [kN/cm²]

LK 1 (max $\sigma_{Pl,V}$)



2.3.2. Betonpressung unter der Fußplatte

Der zulässige Anteil der Druckfläche mit Betonpressungen größer als der Bemessungswert der Betondruckfestigkeit (f_{cd}) beträgt 30%.

LK	$\lim \sigma_{c,d}$ kN/cm ²	A _{Druck} cm ²	$\sigma_{c,max}$ kN/cm ²	$\sigma_{c,m}$ kN/cm ²	f_{cd} kN/cm ²	U	$\sigma_c(A_D) > f_{cd}$ %
1	4.25	671.6	3.93	0.73	1.42	0.52	11.26
2	4.25	93.8	2.03	0.67	1.42	0.47	16.13

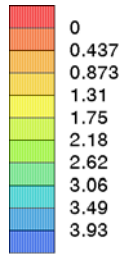
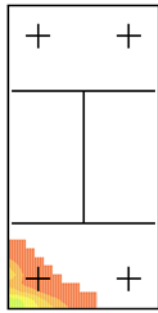
Maximale Ausnutzung $U = 0.54 < 1.00$

Maximaler Anteil der Betonpressung mit $\sigma_c > f_{cd} = 16.13 < 30.00$

A_{Druck} - Fläche mit Betonpressungen $\sigma_{c,max}$ - maximale Betonpressung $\sigma_{c,m}$ - mittlere Betonpressung U - Ausnutzung

Pressungsverteilung [kN/cm²]

LK 2



2.3.3. Ankerzugkräfte

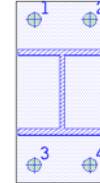
$$F_{t,Rd} = k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s / \gamma_{M2}$$

$$U = F_{t,Ed,max} / F_{t,Rd}$$

Spannungsquerschnitt für M24: $A_s = 3.53 \text{ cm}^2$

Es werden keine Senkschrauben verwendet: $k_2 = 0.90$

Nummerierung



LK	$F_{t,Ed,1}$ kN	$F_{t,Ed,2}$ kN	$F_{t,Ed,3}$ kN	$F_{t,Ed,4}$ kN	$F_{t,Rd}$ kN	U_{max} -
1	39.64	53.90	---	---	115.53	0.47
2	65.23	84.43	---	12.87	115.53	0.73

Maximale Ausnutzung $U = 0.73 < 1.00$

f_{ub} - Zugfestigkeit des Schraubenwerkstoffes $F_{t,Ed,i}$ - Zugkraft des Ankers $F_{t,Rd}$ - Grenzzugkraft der Anker
 U_{max} - max. Ausnutzung

2.4. Schubdübel zur Einleitung der Horizontalkraft in das Fundament

Gesamtlänge $l = 19.0 \text{ cm}$

Länge im Beton $l_c = 17.0 \text{ cm}$

2.4.1. Betonpressung

$$\sigma_c = V_{Ed} / (l_c \cdot b)$$

$$\sigma_{c,Steg,cal} = \sigma_{c,Steg} \cdot f_{\sigma,Steg}$$

$$U = \sigma_{c,max} / f_{cd}$$

Zusätzlicher Sicherheitsfaktor bei Betonpressungen über den Steg $f_{\sigma,Steg} = 1.5$

LK	$V_{Ed,Flansch}$ kN	$V_{Ed,Steg}$ kN	$\sigma_{c,Flansch}$ N/mm ²	$\sigma_{c,Steg}$ N/mm ²	$\sigma_{c,Steg,cal}$ N/mm ²	f_{cd} N/mm ²	U -
1	75.00	25.00	3.68	0.67	1.00	14.17	0.26
2	30.00	15.00	3.57	0.97	1.46	14.17	0.25

Maximale Ausnutzung $U = 0.26 < 1.00$

$\sigma_{c,Flansch}$ - Betonpressung über den Flansch $\sigma_{c,Steg}$ - Betonpressung über den Steg U - Ausnutzung

2.4.2. Spannungen am Anschluss der Fußplatte

$$\sigma_{v,Ed} = (\sigma_{Ed}^2 + 3 \cdot \tau_{Ed}^2)^{0.5}$$

$$\sigma_{Rd} = f_y / \gamma_{M0}$$

$$u = \sigma_{v,Ed} / \sigma_{Rd}$$

LK	$M_{x,Ed}$ kNcm	$M_{y,Ed}$ kNcm	σ_{Ed} kN/cm ²	τ_{Ed} kN/cm ²	$\sigma_{v,Ed}$ kN/cm ²	σ_{Rd} kN/cm ²	U -
1	-787.50	262.50	-7.98	-5.38	9.32	21.36	0.44
2	-165.00	82.50	-2.25	-2.15	3.73	21.36	0.17

Maximale Ausnutzung $U = 0.44 < 1.00$

$\sigma_{v,Ed}$ - Vergleichsspannung σ_{Rd} - Grenznormalspannung τ_{Rd} - Grenzschubspannung U - Ausnutzung

2.4.3. Schweißnaht zwischen Fußplatte und Schubdübel

Bemessung nach dem richtungsbezogenen Verfahren entsprechend Abschnitt 4.5.3.2

$$\sigma_{V,w,Ed} = (\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{\parallel}^2)^{0.5}$$

$$f_{1,w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2})$$

$$f_{2,w,Rd} = 0.9 f_u / \gamma_{M2}$$

$$U = \max\{ \sigma_{V,w,Ed} / f_{1,w,Rd}, \sigma_{\perp}^2 / f_{2,w,Rd} \}$$

Die Verbindung wird mit einer **Doppelkehlnaht** ausgeführt.

Die Normalkraft wird zu 100 % durch die Schweißnaht übertragen.

2.4.3.1. Stegnaht

Mindestwert der Schweißnahtdicke $a_{min} = 8 \text{ mm}$

LK	a_w mm	σ_{\perp} kN/cm ²	τ_{\perp} kN/cm ²	τ_{\parallel} kN/cm ²	$\sigma_{V,w,Ed}$ kN/cm ²	$f_{1,w,Rd}$ kN/cm ²	$f_{2,w,Rd}$ kN/cm ²	U
1	8	0.00	0.00	-2.46	4.26	40.91	---	0.10
2	8	0.00	0.00	-0.98	1.71	40.91	---	0.04

Maximale Nahtdicke $a_{w,max} = 8 \text{ mm}$

Maximale Ausnutzung $U = 0.10 < 1.00$

2.4.3.2. Flanschnaht

Mindestwert der Schweißnahtdicke $a_{min} = 8 \text{ mm}$

LK	a_w mm	σ_{\perp} kN/cm ²	τ_{\perp} kN/cm ²	τ_{\parallel} kN/cm ²	$\sigma_{V,w,Ed}$ kN/cm ²	$f_{1,w,Rd}$ kN/cm ²	$f_{2,w,Rd}$ kN/cm ²	U
1	8	3.97	3.97	0.77	8.05	40.91	29.45	0.20
2	8	1.09	1.09	0.46	2.32	40.91	29.45	0.06

Maximale Nahtdicke $a_{w,max} = 8 \text{ mm}$

Maximale Ausnutzung $U = 0.20 < 1.00$

a_w - Schweißnahtdicke σ_{\perp}^2 - Normalspannungen senkrecht zur Naht τ_{\perp}^2 - Schubspannungen senkrecht zur Naht
 τ_{\parallel}^2 - Schubspannungen parallel zur Naht U - Ausnutzung

3. Zusammenfassung

Alle geführten Nachweise und Bemessungen konnten erfolgreich durchgeführt werden.

Maximale Ausnutzungen bei den einzelnen Nachweisen	
Schweißnaht zwischen Stütze und Fußplatte	83%
Spannungen in der Fußplatte	49%
Pressungen unter der Fußplatte	54%
Ankerzugkräfte	73%
Schubdübel	44%