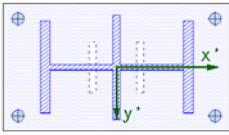


Stahlstützenfuß mit Fußplatte

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

Draufsicht Fußplatte
Maßstab 1:25



Stützenquerschnitt

frei definiertes Profil: Braemer und Kirs, der Güte S235
verdreht mit 90.0°

Fußplatte

$b_x = 750 \text{ mm}$ $b_y = 420 \text{ mm}$ $t = 35 \text{ mm}$, der Güte S235

Mörtelfuge

$t_F = 30 \text{ mm}$

Untergrund/Bettung

Entsprechend des Betons C25/30

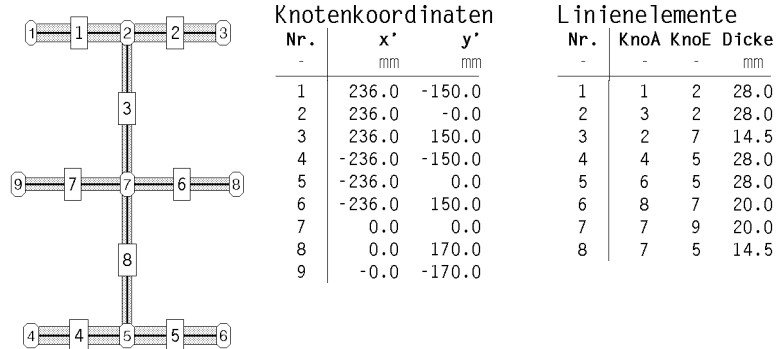
Schubdübel

genormtes Profil: HE160M, der Güte S235
(um 90° gedreht)

Anker

4 Anker, FK 5.6, M22
mit einer Länge von 600 mm
Randabstände $a_x/a_y = 50/50 \text{ mm}$

Querschnittsbeschreibung des Stützenprofils (Braemer und Kirs)



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	2557.00	38.30	4.20	0.00	0.00	ständig
2	-177.00	1.50	-157.60	0.00	0.00	ständig
3	1950.00	-70.60	-3.20	0.00	0.00	ständig
4	-174.00	-4.00	-172.10	0.00	0.00	ständig

2. Nachweis

2.1. Materialsicherheitsbeiwerte

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

2.2. Schweißnaht zwischen Stützenschaft und Fußplatte

Bemessung nach dem vereinfachten Verfahren entsprechend Abschnitt 4.5.3.3

$$F_{w,Ed} = \sigma_{w,y} \cdot a_w$$

$$F_{w,Rd} = f_{w,d} \cdot a_w$$

$$f_{w,d} = (f_u / 30.5) / (\beta_w \cdot \gamma_{m2})$$

$$U = F_{w,Ed} / F_{w,Rd}$$

Die Verbindung wird mit einer **umlaufenden Kehlnaht** ausgeführt.
Die Normalkraft wird zu 100 % durch die Schweißnaht übertragen.

LK	a _w mm	σ _{w,max} kN/cm ²	τ _{w,max} kN/cm ²	σ _{w,v,max} kN/cm ²	F _{w,Ed} kN/cm	F _{w,Rd} kN/cm	U
1	6	19.75	-0.34	19.75	11.85	14.17	0.84
2	6	-3.55	2.16	3.56	2.13	14.17	0.15
3	6	15.18	-0.56	15.18	9.11	14.17	0.64
4	6	-3.74	2.38	3.75	2.25	14.17	0.16

Maximale Nahtdicke a_{w,max} = 6 mm

Maximale Ausnutzung U = 0.84 < 1.00

a_w - Schweißnahtdicke σ_{w,max} - max. Normalspannung in der Schweißnaht τ_{w,max} - max. Schubspannung in der Schweißnaht
 σ_{w,v,max} - max. Vergleichsspannung in der Schweißnaht F_{w,Ed} - Einwirkende Kraft auf die Schweißnaht je Längeneinheit
 F_{w,Rd} - Tragfähigkeit der Schweißnaht je Längeneinheit 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 Steifemethoden. 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 20 Elemente in X-Richtung und 24 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 $c = E \cdot A / l = 1060.50 \text{ kN/cm}$.

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	65.6	20.1	11.17	5.67	0.01	-4.22	0.02
2	9.4	6.1	-15.64	-5.61	-4.01	-6.34	-1.63
3	9.4	21.9	8.60	4.36	0.01	3.25	-0.02
4	65.6	6.1	-15.93	-5.72	4.09	6.47	-1.66

Spannungen und Ausnutzungen

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

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

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

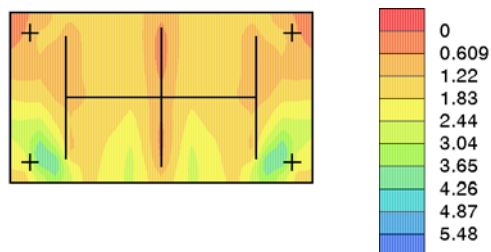
LK	x _{Fp} cm	y _{Fp} cm	σ _{Pl,V} kN/cm ²	σ _{Rd} kN/cm ²	U
1	65.6	20.1	3.79	21.36	0.18
2	9.4	6.1	5.98	21.36	0.28
3	9.4	21.9	2.92	21.36	0.14
4	65.6	6.1	6.09	21.36	0.29

Maximale Ausnutzung U = 0.29 < 1.00

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

Spannungsverteilung - σ_{Pl,V} [kN/cm²]

LK 4 (max σ_{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	l im $\sigma_{c,d}$ 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	3150.0	1.52	0.81	1.42	0.57	13.54
2	4.25	-	-	-	1.42	0.00	0.00
3	4.25	3150.0	1.17	0.62	1.42	0.44	0.00
4	4.25	-	-	-	1.42	0.00	0.00

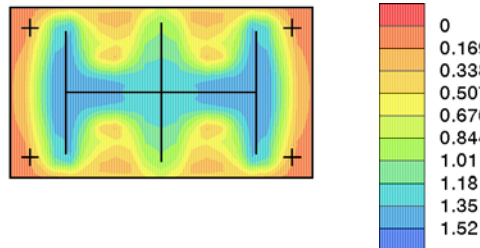
Maximale Ausnutzung $U = 0.57 < 1.00$

Maximaler Anteil der Betonpressung mit $\sigma_c > f_{cd} = 13.54 < 30.00$

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

Pressungsverteilung [kN/cm²]

LK 1 (max $\sigma_{c,m}$)



2.3.3. Ankerzugkräfte

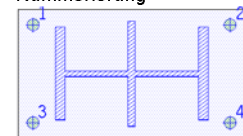
$$F_{t,Rd} = k^2 \cdot f_{ub} \cdot A_s / \gamma_M2$$

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

Spannungsquerschnitt für M22: $A_s = 3.03 \text{ cm}^2$

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	---	---	---	---	123.95	0.00
2	24.68	24.50	64.00	63.82	123.95	0.52
3	---	---	---	---	123.95	0.00
4	21.79	22.28	64.72	65.21	123.95	0.53

Maximale Ausnutzung $U = 0.53 < 1.00$

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 $l = 13.0 \text{ cm}$

Länge im Beton $l_c = 10.0 \text{ cm}$

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 $f_{\sigma,Steg} = 1.1$

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	38.30	4.20	4.61	0.63	0.69	14.17	0.33
2	1.50	157.60	0.09	11.76	12.94	14.17	0.91
3	70.60	3.20	8.51	0.48	0.53	14.17	0.60
4	4.00	172.10	0.24	12.84	14.13	14.17	1.00

Maximale Ausnutzung $U = 1.00 = 1.00$

$\sigma_{c,Flansch}$ - 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	23.10	-210.65	-0.48	-1.78	3.08	21.36	0.14
2	-1260.80	-12.00	-5.97	-3.10	5.97	21.36	0.28
3	-17.60	388.30	0.77	3.27	5.67	21.36	0.27
4	-1376.80	32.00	6.55	-3.32	6.55	21.36	0.31

Maximale Ausnutzung U = 0.31 < 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

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

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

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

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

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

Die Normalkraft wird zu 100 % durch die Schweißnaht übertragen.

2.4.3.1. Stegnaht

Mindestwert der Schweißnahtdicke $a_{min} = 6 \text{ mm}$

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	6	0.00	0.00	-3.07	5.32	40.91	---	0.13
2	6	0.00	0.00	-0.12	0.21	40.91	---	0.01
3	6	0.00	0.00	5.66	9.80	40.91	---	0.24
4	6	0.00	0.00	0.32	0.56	40.91	---	0.01

Maximale Nahtdicke $a_{w,max} = 6 \text{ mm}$

Maximale Ausnutzung U = 0.24 < 1.00

2.4.3.2. Flanschnaht

Mindestwert der Schweißnahtdicke $a_{min} = 6 \text{ mm}$

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	6	0.74	0.74	-0.12	1.49	40.91	29.45	0.04
2	6	8.20	8.20	4.56	18.20	40.91	29.45	0.44
3	6	-1.20	-1.20	0.09	2.41	40.91	29.45	0.06
4	6	-9.01	-9.01	4.98	19.97	40.91	29.45	0.49

Maximale Nahtdicke $a_{w,max} = 6 \text{ mm}$

Maximale Ausnutzung U = 0.49 < 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	84%
Spannungen in der Fußplatte	29%
Pressungen unter der Fußplatte	57%
Ankerzugkräfte	53%
Schubdübel	100%