

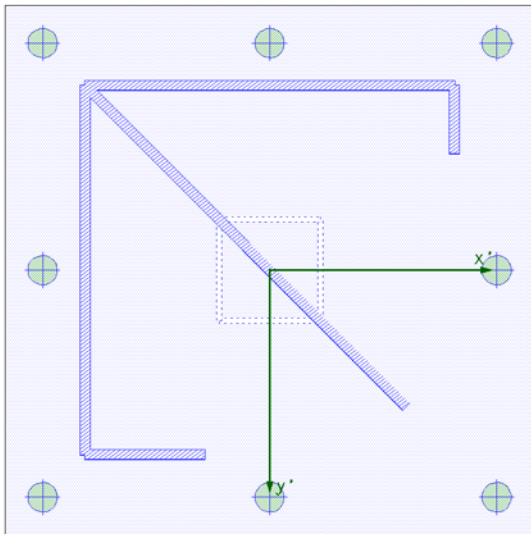
POS. 2: STÜTZENFUSS MIT FUSSPLATTE

4H-EC3FP Version: 5/2013-1a

Stahlstützenfuß mit Fußplatte

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

Draufsicht Fußplatte
Maßstab 1:10



Stützenquerschnitt

frei definiertes Profil: Querschnitt 19, der Güte S355

Fußplatte

$b_x = 700 \text{ mm}$ $b_y = 700 \text{ mm}$ $t = 20 \text{ mm}$, der Güte S235

Mörtelfuge

$t_F = 30 \text{ mm}$

Untergrund/Bettung

Entsprechend des Betons C25/30

Schubdübel

genormtes Profil: MSH140X140X6.3, der Güte S355

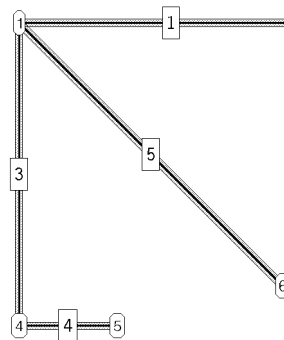
Anker

8 Anker, FK 4.8, M22, ohne Schaft
mit einer Länge von 200 mm

Positionen auf der Fußplatte:

Nr	x'	y'	Nr	x'	y'
	mm	mm		mm	mm
1	-300	-300	5	300	0
2	0	-300	6	-300	300
3	300	-300	7	0	300
4	-300	0	8	300	300

Querschnittsbeschreibung des Stützenprofils (Querschnitt 19)



Knotenkoordinaten

Nr.	x'	y'
-	mm	mm
1	-244.0	-244.0
2	244.0	-244.0
3	244.0	-154.0
4	-244.0	244.0
5	-86.0	244.0
6	180.0	180.0

Linienelemente

Nr.	KnoA	KnoE	Dicke
-	-	-	mm
1	1	2	12.0
2	2	3	12.0
3	1	4	12.0
4	4	5	12.0
5	1	6	12.0

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	2232.00	12.80	4.30	0.00	0.00	ständig
2	-303.00	-1.60	166.50	0.00	0.00	ständig
3	1647.00	42.70	-1.50	0.00	0.00	ständig
4	-302.00	-2.40	-166.70	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

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

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

$$f_{w,d} = (f_u/30.5) / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$$

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

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

LK	a_w mm	$\sigma_{w,max}$ kN/cm ²	$\tau_{w,max}$ kN/cm ²	$\sigma_{w,v,max}$ kN/cm ²	$F_{w,Ed}$ kN/cm	$F_{w,Rd}$ kN/cm	U
1	4	15.37	0.25	15.37	6.15	9.45	0.65
2	4	-2.71	-3.25	4.23	1.69	9.45	0.18
3	4	11.49	0.30	11.49	4.59	9.45	0.49
4	4	-2.82	-3.31	3.94	1.58	9.45	0.17

Maximale Nahtdicke $a_{w,max} = 4$ mm

Maximale Ausnutzung $U = 0.65 < 1.00$

a_w - Schweißnahtdicke $\sigma_{w,max}$ - max. Normalspannung in der Schweißnaht $\tau_{w,max}$ - max. Schubspannung in der Schweißnaht
 $\sigma_{w,v,max}$ - 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 Steifzifferverfahren. 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 30 Elemente in X-Richtung und 30 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 $c = E \cdot A / l = 3181.50$ 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	8.2	61.8	4.37	4.37	-0.05	3.44	-3.44
2	33.8	61.8	-2.52	-14.13	-1.36	0.67	8.99
3	8.2	61.8	3.20	3.20	-0.03	2.52	-2.51
4	8.2	36.2	-13.20	-2.41	-1.20	-8.46	-0.60

Spannungen und Ausnutzungen

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

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

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

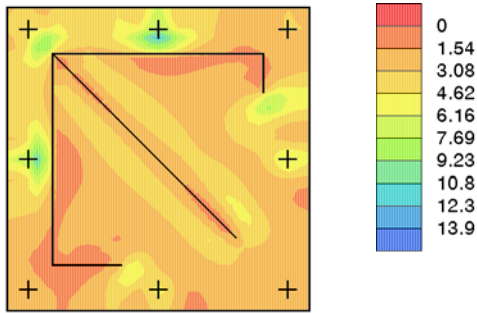
LK	x_{Fp} cm	y_{Fp} cm	$\sigma_{Pl,V}$ kN/cm ²	σ_{Rd} kN/cm ²	U
1	8.2	61.8	6.07	21.36	0.28
2	33.8	61.8	15.39	21.36	0.72
3	8.2	61.8	4.44	21.36	0.21
4	8.2	36.2	14.37	21.36	0.67

Maximale Ausnutzung $U = 0.72 < 1.00$

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 - $\sigma_{P1,V}$ [kN/cm²]

LK 2 (max $\sigma_{P1,V}$)



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	4513.4	2.26	0.49	1.42	0.35	10.13
2	4.25	76.2	1.29	0.46	1.42	0.33	7.14
3	4.25	4486.2	1.65	0.37	1.42	0.26	0.73
4	4.25	65.3	1.17	0.57	1.42	0.40	0.00

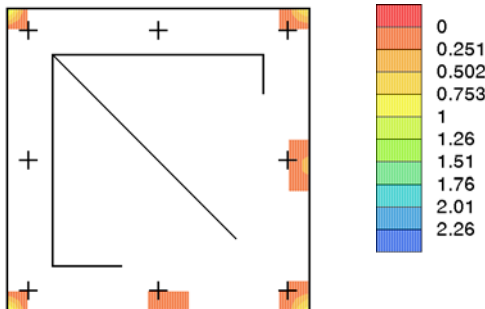
Maximale Ausnutzung $U = 0.40 < 1.00$

Maximaler Anteil der Betonpressung mit $\sigma_c > f_{cd} = 10.13 < 30.00$

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

Pressungsverteilung [kN/cm²]

LK 4 (max $\sigma_{c,m}$)



2.3.3. Ankerzugkräfte

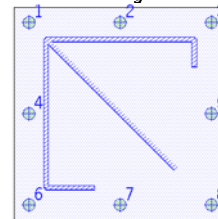
$$F_{t,Rd} = k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s / \gamma_{M2}$$

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

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	$F_{t,Ed,5}$ kN	$F_{t,Ed,6}$ kN	$F_{t,Rd}$ kN	U_{max} -
1	---	---	---	---	---	---	99.16	0.00
2	48.21	91.08	23.50	82.15	36.26	12.04	99.16	0.92
3	---	---	---	---	---	---	99.16	0.00
4	29.16	69.10	17.36	85.66	39.37	29.50	99.16	0.86

LK	F _{t,Ed,7} kN	F _{t,Ed,8} kN	F _{t,Rd} kN	U _{max} -
1	---	---	99.16	0.00
2	35.05	10.11	99.16	0.35
3	---	---	99.16	0.00
4	51.53	17.25	99.16	0.52

Maximale Ausnutzung $U = 0.92 < 1.00$

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 $l = 12.0$ cm

Länge im Beton $l_c = 9.0$ cm

2.4.1. Betonpressung

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

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

LK	$\sigma_{c,x}$ N/mm ²	$\sigma_{c,y}$ N/mm ²	f _{cd} N/mm ²	U -
1	0.61	1.83	14.17	0.13
2	13.21	0.13	14.17	0.93
3	0.21	6.10	14.17	0.43
4	13.23	0.19	14.17	0.93

Maximale Ausnutzung $U = 0.93 < 1.00$

$\sigma_{c,x}$ - Betonpressung über x-Richtung $\sigma_{c,y}$ - Betonpressung über y-Richtung 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	23.65	70.40	0.67	-0.88	1.53	32.27	0.05
2	1248.75	-12.00	9.03	-11.43	19.80	32.27	0.61
3	-8.25	234.85	-1.74	-2.93	5.08	32.27	0.16
4	-1250.25	-18.00	-9.09	11.45	19.83	32.27	0.61

Maximale Ausnutzung $U = 0.61 < 1.00$

$\sigma_{v,Ed}$ - 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 **umlaufenden Kehlnaht** ausgeführt.

Die Normalkraft wird zu 100 % durch die Schweißnaht übertragen.

Mindestwert der Schweißnahtdicke $a_{min} = 4$ 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	4	-0.61	-0.61	1.26	2.50	40.91	29.45	0.06
2	4	8.01	8.01	16.34	32.51	40.91	29.45	0.79
3	4	1.55	1.55	4.19	7.89	40.91	29.45	0.19
4	4	8.06	8.06	-16.36	32.59	40.91	29.45	0.80

Maximale Nahtdicke $a_{w,max} = 4$ mm

Maximale Ausnutzung $U = 0.80 < 1.00$

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	65%
Spannungen in der Fußplatte	72%
Pressungen unter der Fußplatte	40%
Ankerzugkräfte	92%
Schubdübel	93%