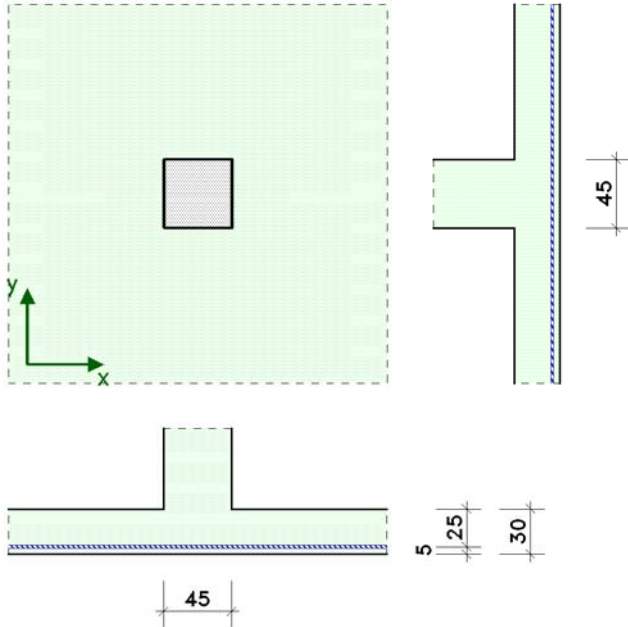


POS. 56: BODENPLATTE

Durchstanznachweis für Stütze auf Bodenplatte

Nach DIN EN 1992-1-1 (EC 2, 1.11) mit Nationalem Anhang Deutschland
(4H-STANZ Version: 8/2012-1a)

Maßstab 1:50



Stützweiten

$L_x = 4.00 \text{ m}$

$L_y = 4.00 \text{ m}$

verankerte Zugbewehrung

$a_{s,zug,x} = 30.00 \text{ cm}^2 / \text{m}$

$a_{s,zug,y} = 33.50 \text{ cm}^2 / \text{m}$

Betonfestigkeitsklasse C35/45

Betonstahlsorte BSt 500 S(A)

1. Belastung

Bemessungswerte der Durchstanzlast im Schwerpunkt der Lasteinleitung

LK	Bezeichnung	Bemessungssit.	V_{Ed} kN	$M_{Ed,x}$ kNm	$M_{Ed,y}$ kNm	$\sigma_{Ed,gd,m}$ kN/m ²
1	neue Lastkomb.	ständig	1400.00	200.00	50.00	0.00

V_{Ed} - Querkraft $M_{Ed,x}/M_{Ed,y}$ - Momente $\sigma_{Ed,gd,m}$ - mittlere Bodenpressung

2. Materialsicherheitsbeiwerte

Bemessungssit.	γ_c	γ_s
ständig	1.50	1.15

3. Einwirkung im kritischen Rundschnitt

$$V_{Ed,crit} = \beta \cdot (V_{Ed} + \Delta V_{Ed}) / (u_1 \cdot d)$$

$$\Delta V_{Ed} = A_{crit} \cdot \sigma_{Ed,gd,m}$$

$$\beta = 1 + \sqrt{\frac{1}{1 + \left(\frac{k_x \cdot M_{Ed,x} / V_{Ed} \cdot u_1 / W_{1,x}}{V_{Ed}} \right)^2 + \left(\frac{k_y \cdot M_{Ed,y} / V_{Ed} \cdot u_1 / W_{1,y}}{V_{Ed}} \right)^2}} \geq 1.10$$

$$W_1 = \int |e| \, dl \quad \text{mit } dl: \text{Differential des Umfangs} \\ e: \text{Abstand von } dl \text{ zur Achse von } M_{Ed}$$

Beiwert zur Ermittlung der Schubspannungen aus Momentenbeanspruchung

(nach [1], Tabelle 6.1)

$$c_1 = c_2 = 0.45 \Rightarrow k_x = k_y = 0.6$$

Abstand und Umfang des kritischen Rundschnittes

$$a_1 = 1 \cdot d = 25 \text{ cm} \Rightarrow u_1 = 3.37 \text{ m}$$

Fläche unter dem kritischen Rundschnitt

$$A_{crit} = 0.85 \text{ m}^2$$

Widerstandsmoment entlang des kritischen Rundschnittes

- bei Momentenbelastung um die x-Achse $W_{1,x} = 1.13 \text{ m}^2$

- bei Momentenbelastung um die y-Achse $W_{1,y} = 1.13 \text{ m}^2$

LK	V _{Ed} kN	ΔV _{Ed} kN	M _{Ed,x} kNm	M _{Ed,y} kNm	β	V _{Ed,crit} N/mm ²
1	1400.00	0.00	200.00	50.00	1.26	2.098

W₁ - Widerstandsmoment entlang des kritischen Rundschnittes ΔV_{Ed} - Resultierende aus Sohldruck
β - Lasterhöhungsfaktor aus exzentrischer Belastung V_{Ed,crit} - Maßgebende Schubspannung im kritischen Rundschnitt

4. Durchstanzwiderstand im kritischen Rundschnitt

$$V_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot z_{\text{zug}} \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot 2 \cdot d / a \geq v_{\text{min}} \cdot 2 \cdot d / a \quad [\text{N/mm}^2]$$

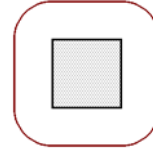
$$C_{Rd,c} = 0.18 / \gamma_c$$

$$k = 1 + \sqrt{200/d} \leq 2.0 \text{ mit } d \text{ [mm]}$$

$$\rho_{l,\text{zug,max}} = \min(0.02, 0.5 \cdot f_{cd} / f_{yd})$$

$$\rho_{l,\text{zug}} = \sqrt{\rho_{lx,\text{zug}} \cdot \rho_{ly,\text{zug}}} \leq \rho_{l,\text{zug,max}}$$

$$v_{\text{min}} = 0.0525 / \gamma_c \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} \text{ für } d \leq 600 \text{ mm}$$



Maßstabsfaktor

$$k = 1 + \sqrt{200/250} = 1.89 < 2$$

Längsbewehrungsgrad der verankerten Zugbewehrung

Mittelwert aus der Zugbewehrung bis zum Abstand 3d von der Stütze

$$\rho_{lx,\text{zug}} = 30/25 \cdot 10^{-2} = 0.012$$

$$\rho_{ly,\text{zug}} = 33.5/25 \cdot 10^{-2} = 0.0134$$

$$\rho_{l,\text{zug}} = \sqrt{0.012 \cdot 0.0134} = 0.01268$$

Durchstanzwiderstand ohne Durchstanzbewehrung

$$C_{Rd,c} = 0.18/1.5 = 0.12$$

$$\rho_{l,\text{zug,max}} = \min(0.02, 0.5 \cdot 19.83/434.78) = 0.02 > 0.0127$$

$$v_{\text{min}} \cdot 2 \cdot d / a = 0.0525/1.5 \cdot 1.89^{3/2} \cdot 350^{0.5} \cdot 2 \cdot 25/25 = 1.08 \text{ N/mm}^2$$

$$V_{Rd,c} = 0.12 \cdot 1.89 \cdot (100 \cdot 0.01268 \cdot 35)^{1/3} \cdot 2 \cdot 25/25 = 1.61 \text{ N/mm}^2 > 1.08 \text{ N/mm}^2$$

2.098 N/mm² > 1.61 N/mm² ⇒ Durchstanzbewehrung erforderlich

Maximaltragfähigkeit

$$V_{Rd,max} = 1.4 \cdot V_{Rd,c}$$

$$V_{Rd,max} = 1.4 \cdot 1.61 = 2.254 \text{ N/mm}^2$$

2.098 N/mm² < 2.254 N/mm² ⇒ V_{Ed,crit} kann mit Durchstanzbewehrung aufgenommen werden

5. Bemessung

Erforderliche Bewehrung der ersten beiden Bewehrungsreihen

$$A_{sw,1+2} = \beta \cdot (V_{Ed} + \Delta V_{Ed}) / f_{ywd,ef}$$

$$f_{ywd,ef} = 250 + 0.25 \cdot d \leq f_{ywd}$$

$$f_{ywd,ef} = 250 + 0.25 \cdot 250 = 312.5 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ywd} = 500/1.15 = 434.8 \text{ N/mm}^2 > 312.5 \text{ N/mm}^2$$

$$A_{sw,1+2} = 1.26 \cdot (1400 - 0) / 312.5 = 56.58 \text{ cm}^2$$

5.1. Bügelbewehrungsreihen

$$A_{sw,erf} = 0.50 \cdot A_{sw,1+2} \text{ für 1. und 2. Reihe}$$

$$A_{sw,erf} = 0.33 \cdot A_{sw,1+2} \text{ ab der 3. Reihe}$$

$$A_{sw,min} = 0.08/1.5 \cdot f_{ck}^{0.5} / f_{yk,sr-u}$$

Stabdurchmesser

$$\max \varnothing_{sw} \leq 0.05 \cdot 250 \approx 13 \text{ mm} \Rightarrow \text{gewählt } \varnothing 10$$

Hinweis zum Einbau von 10er Bügeln: beide Bewehrungslagen müssen umfasst werden

Nr	A _{sw,erf} cm ²	s _r cm	l _w cm	u m	A _{sw,min} cm ²	min n	gewählt Schenkel	St cm	A _{sw,vorh} cm ²
1	28.29	7.5	7.5	2.27	1.07	7	38 Ø 10	6.0	29.85
2	28.29	12.5	20.0	3.06	2.41	9	38 Ø 10	8.0	29.85
3	18.67	18.8	38.8	4.23	5.01	9	24 Ø 10	17.6	18.85
4	18.67	18.8	57.5	5.41	6.40	11	24 Ø 10	22.6	18.85
5	18.67	18.8	76.3	6.59	7.80	14	24 Ø 10	27.5	18.85
6	18.67	18.8	95.0	7.77	9.19	16	24 Ø 10	32.4	18.85
7	18.67	18.8	113.8	8.95	10.59	18	24 Ø 10	37.3	18.85

Zulässige tangentielle Abstände der Schenkel:

$$s_t \leq 37.5 \text{ cm in der 1. und 2. Reihe}$$

$$s_t \leq 50.0 \text{ cm in der 3., 4., 5., 6. und 7. Reihe}$$

Hinweis zur Lagetoleranz:

Nach [2] sind radiale Abweichungen bis ±0.2d (hier ±5.0cm) bezüglich der theoretischen Schnittführung erlaubt. Die erste Reihe dagegen, sollte bei Fundamenten und Bodenplatten immer exakt bei 0.3d liegen.

s_r - radialer Abstand zur vorherigen Reihe l_w - Abstand zum Stützenrand u - Länge des wirksamen Rundschnittes

A_{sw,min} - erf. Mindestdurchstanzbewehrung der gesamten Reihe s_t - mittlerer tangentialer Abstand der Schenkel im Schnitt

5.2. Nachweis im äußeren Rundschnitt

Querkrafttragfähigkeit im Abstand 1.5d von der letzten Bewehrungsreihe nachweisen

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot z_{\text{zug}} \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot 2 \cdot d/a \geq v_{\text{min}} \cdot 2 \cdot d/a \quad [\text{N/mm}^2]$$

$$C_{Rd,c} = 0.15/\gamma_c$$

Umfang des äußeren Rundschnittes

$$l_{w,\text{out}} = 113.8 + 1.5 \cdot 25 = 151.3 \text{ cm} \Rightarrow u_{\text{out}} = 11.3 \text{ m}$$

Abzugswert aus Sohldruck im Rundschnitt

$$A_{\text{out}} = 10.112 \text{ m}^2$$

$$\Delta V_{Ed} = 10.112 \cdot 0 = 0 \text{ kN}$$

Maßgebende Schubspannung

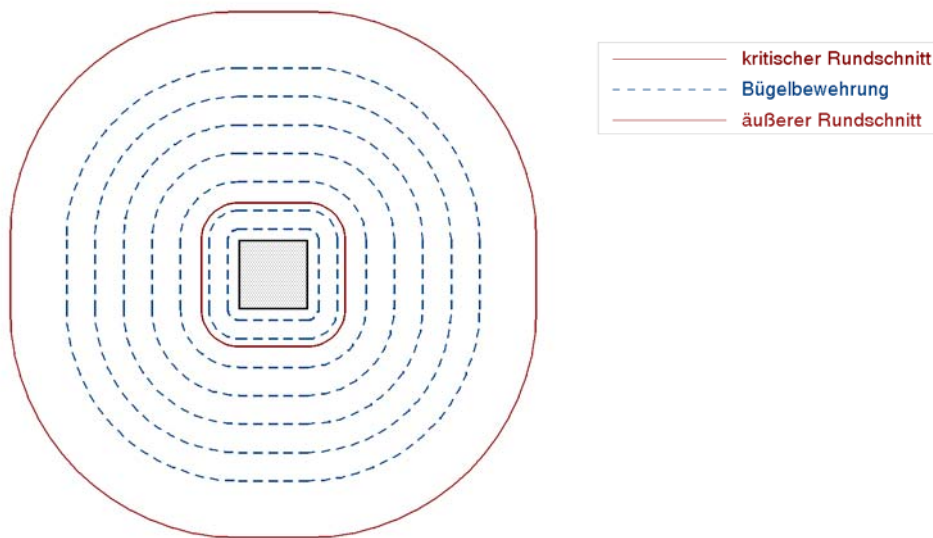
$$v_{Ed,\text{out}} = 1.26 \cdot (1.4 - 0) / (11.3 \cdot 0.25) = 0.626 \text{ N/mm}^2$$

Querkrafttragfähigkeit

$$C_{Rd,c} = 0.15/1.5 = 0.1$$

$$v_{Rd,c} = 0.1 \cdot 1.89 \cdot (100 \cdot 0.01268 \cdot 35)^{1/3} = 0.671 \text{ N/mm}^2 > 0.54 \text{ N/mm}^2$$

$$0.626 \text{ N/mm}^2 < 0.671 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow \text{Nachweis erbracht}$$



6. Mindestlängsbewehrung zur Sicherstellung der Querkrafttragfähigkeit

entsprechend [1] Tabelle Tab. NA.6.1.1

Abzugswert aus Sohldruck unter Lasteinleitung

$$A_{\text{Load}} = 0.203 \text{ m}^2$$

$$\Delta V_{Ed} = 0.203 \cdot 0 = 0 \text{ kN}$$

Zug Seite	Richtung	η	$m_{Ed,\text{min}}$ kNm/m	$a_{su,\text{min}}$ cm ² /m	$a_{so,\text{min}}$ cm ² /m	Verteilungsbreite m
oben	x	0.125	175.00	17.00	----	1.20
	y	0.125	175.00	17.00	----	1.20

$$\eta - \text{Momentenbeiwert} \quad m_{Ed,\text{min}} = \eta \cdot V_{Ed} - \text{Mindestbemessungsmoment}$$

[1] DIN EN 1992-1-1: Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken, Teil 1-1, Januar 2011

[2] DAfStb Heft 525: Erläuterungen zu DIN 1045-1, 2. überarb. Aufl., Beuth, 2010