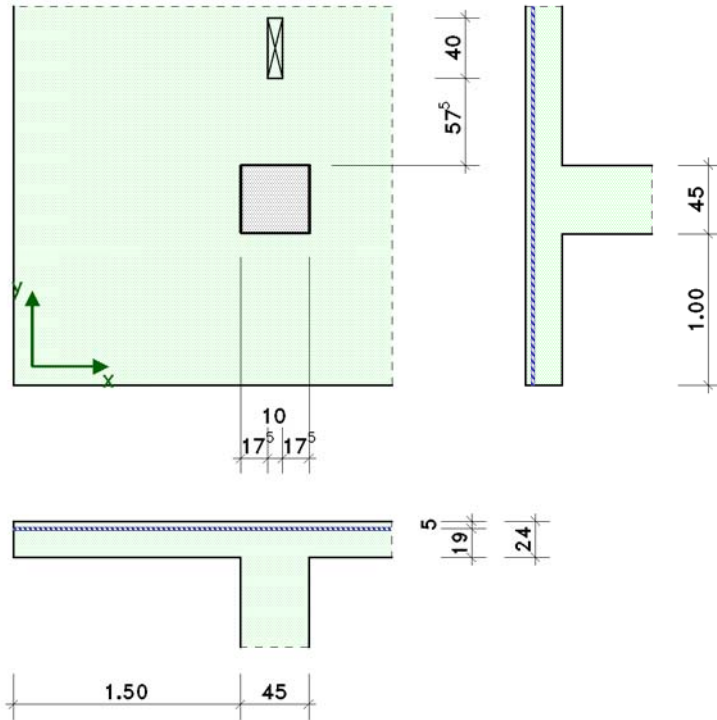


POS. 50: ECKSTÜTZE UNTER DECKENPLATTE MIT AUSSPARUNG

Durchstanznachweis für Stütze unter Deckenplatte

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

Maßstab 1:50



verankerte Zugbewehrung

$$a_{s,zug,x} = 31.42 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

$$a_{s,zug,y} = 31.42 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

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
1	Volllast	ständig	400.00	100.00	50.00
2	Sonderlast	außergew.	650.00	300.00	150.00

V_{Ed} - Querkraft $M_{Ed,x}/M_{Ed,y}$ - Momente

2. Material sicherheitsbeiwerte

Bemessungssit.	γ_c	γ_s
ständig	1.50	1.15
außergew.	1.30	1.00

3. Einwirkung im kritischen Rundschnitt

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

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

$W_1 = \int |e| dl$ mit dl : Differential des Umfangs

e : Abstand von dl 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

$$a_1 = 2 \cdot d = 38 \text{ cm} \Rightarrow u_1 = 4 \text{ m}$$

Widerstandsmoment entlang des kritischen Rundschnittes

- bei Momentenbelastung um die x-Achse $W_{1,x} = 2.14 \text{ m}^2$

- bei Momentenbelastung um die y-Achse $W_{1,y} = 2.66 \text{ m}^2$

Versatz zwischen Rundschnitt- und Stützenschwerpunkt

$$\Delta x = -0.08 \text{ m}$$

$$\Delta y = 0.17 \text{ m}$$

LK	V _{Ed} kN	M _{Ed,x,Sp} kNm	M _{Ed,y,Sp} kNm	β	v _{Ed,crit} N/mm ²
1	400.00	33.23	81.89	1.21	0.635
2	650.00	191.50	201.81	1.43	1.226

W₁ - Widerstandsmoment entlang des kritischen Rundschnittes M_{Ed,x,Sp}/M_{Ed,y,Sp} - Momente bezügl. Schwerpunkt des Rundschnittes
 β - Lasterhöhungsfaktor aus exzentrischer Belastung v_{Ed,crit} - Maßgebende Schubspannung im kritischen Rundschnitt

4. Durchstanzwiderstand im kritischen Rundschnitt

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

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

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

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

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

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

Maßstabsfaktor

$$k = 1 + \sqrt{200/190} = 2.03 > 2 \Rightarrow k = 2$$

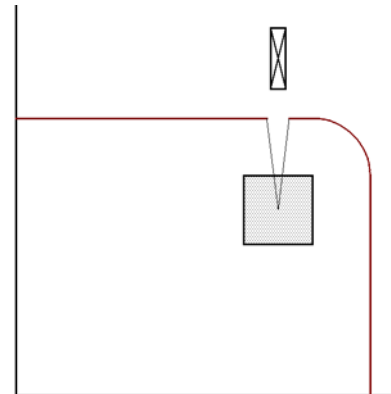
Längsbewehrungsgrad der verankerten Zugbewehrung

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

$$\rho_{lx,zug} = 31.42/19 \cdot 10^{-2} = 0.01654$$

$$\rho_{ly,zug} = 31.42/19 \cdot 10^{-2} = 0.01654$$

$$\rho_{l,zug} = \sqrt{0.01654 \cdot 0.01654} = 0.01654$$



4.1. Bemessungssituation ständig und vorübergehend (LK 1)

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

$$\rho_{l,zug,max} = \min(0.02, 0.5 \cdot 19.83/434.78) = 0.02 > 0.0165$$

$$v_{min} = 0.0525/1.5 \cdot 23^{3/2} \cdot 35^{0.5} = 0.586 \text{ N/mm}^2$$

$$v_{Rd,c} = 0.12 \cdot 2 \cdot (100 \cdot 0.01654 \cdot 35)^{1/3} = 0.928 \text{ N/mm}^2 > 0.586 \text{ N/mm}^2$$

0.635 N/mm² < 0.928 N/mm² ⇒ keine zusätzliche Bewehrung erforderlich

4.2. Bemessungssituation außergewöhnlich (LK 2)

$$C_{Rd,c} = 0.18/1.3 = 0.14$$

$$\rho_{l,zug,max} = \min(0.02, 0.5 \cdot 22.88/500) = 0.02 > 0.0165$$

$$v_{min} = 0.0525/1.3 \cdot 23^{3/2} \cdot 35^{0.5} = 0.676 \text{ N/mm}^2$$

$$v_{Rd,c} = 0.14 \cdot 2 \cdot (100 \cdot 0.01654 \cdot 35)^{1/3} = 1.071 \text{ N/mm}^2 > 0.676 \text{ N/mm}^2$$

1.226 N/mm² > 1.071 N/mm² ⇒ Durchstanzbewehrung erforderlich

Maximaltragfähigkeit

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

$$v_{Rd,max} = 1.4 \cdot 1.071 = 1.5 \text{ N/mm}^2$$

1.226 N/mm² < 1.5 N/mm² ⇒ v_{Ed,crit} kann mit Durchstanzbewehrung aufgenommen werden

Grundwert der erforderlichen Durchstanzbewehrung

$$A_{sw,crit} = (v_{Ed} - 0.75 \cdot v_{Rd,c}) \cdot s_r \cdot u / (1.5 \cdot f_{ywd,ef})$$

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

$$f_{ywd,ef} = 250 + 0.25 \cdot 190 = 297.5 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ywd} = 500/1 = 500 \text{ N/mm}^2 > 297.5 \text{ N/mm}^2$$

$$s_r = 0.75 \cdot 19 = 14.3 \text{ cm}$$

$$A_{sw,crit} = (1.226 - 0.75 \cdot 1.071) \cdot 14.3 \cdot 4 / (1.5 \cdot 297.5) \cdot 100 = 5.39 \text{ cm}^2$$

5. Bemessung für maßgebendes Lastkollektiv 2

5.1. Bügelbewehrungsreihen

$$A_{sw,erf} = \kappa_{sw} \cdot A_{sw,crit}$$

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

Stabdurchmesser

$$\max \varnothing_{sw} \leq 0.05 \cdot 190 \approx 10 \text{ mm} \Rightarrow \text{gewählt } \varnothing 10$$

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

Nr	κ _{sw}	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	2.50	13.48	9.5	9.5	2.40	1.44	9	18 Ø 10	13.3	14.14
2	1.40	7.55	14.3	23.8	3.29	2.96	12	12 Ø 10	27.4	9.42
3	1.00	5.39	14.3	38.0	4.00	3.59	15	16 Ø 10	25.0	12.57
4	1.00	5.39	14.3	52.3	4.22	3.80	12	12 Ø 10	35.2	9.42
5	1.00	5.39	14.3	66.5	4.44	4.00	12	12 Ø 10	37.0	9.42

Nr	κ_{sw}	$A_{sw,erf}$ cm ²	s_r cm	l_w cm	u m	$A_{sw,min}$ cm ²	min n	gewählt Schenkel	\bar{s}_t cm	$A_{sw,vorh}$ cm ²
6	1.00	5.39	14.3	80.8	4.67	4.20	13	14 Ø 10	33.3	11.00
7	1.00	5.39	14.3	95.0	4.89	4.40	13	14 Ø 10	34.9	11.00
8	1.00	5.39	14.3	109.3	5.12	4.60	14	14 Ø 10	36.5	11.00

Zulässige tangentielle Abstände der Schenkel:

$s_t \leq 28.5$ cm in der 1., 2. und 3. Reihe

$s_t \leq 38.0$ cm in der 4., 5., 6., 7. und 8. Reihe

Hinweis zur Lagetoleranz:

Nach [3] sind radiale Abweichungen bis $\pm 0.2d$ (hier ± 3.8 cm) bezüglich der theoretischen Schnittführung erlaubt.

Wichtig ist dabei, dass die erste Reihe immer zwischen $0.3d$ und $0.5d$ liegt.

κ_{sw} - Anpassungsfaktor nach [2], NCI zu 6.4.5 (1) 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

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

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

Umfang des äußeren Rundschnittes

$$l_{w,out} = 109.2 + 1.5 \cdot 19 = 137.7 \text{ cm} \Rightarrow u_{out} = 5.56 \text{ m}$$

Maßgebende Schubspannung

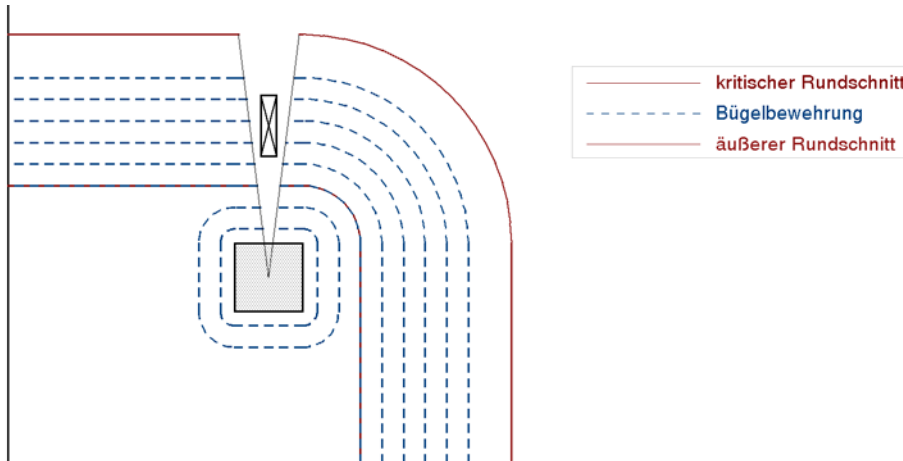
$$V_{Ed,out} = 1.226 \cdot 4 / 5.56 = 0.881 \text{ N/mm}^2$$

Querkrafttragfähigkeit

$$C_{Rd,c} = 0.15 / 1.3 = 0.12$$

$$V_{Rd,c} = 0.12 \cdot 2 \cdot (100 \cdot 0.01654 \cdot 35)^{1/3} = 0.893 \text{ N/mm}^2 > 0.676 \text{ N/mm}^2$$

$$0.881 \text{ N/mm}^2 < 0.893 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow \text{Nachweis erbracht}$$



6. Mindestlängsbewehrung zur Sicherstellung der Querkrafttragfähigkeit

entsprechend [1] Tabelle Tab. NA.6.1.1

Zug Seite	Richtung	η	$m_{Ed,min}$ kNm/m	$a_{so,min}$ cm ² /m	$a_{su,min}$ cm ² /m	Verteilungsbreite m
oben	x	0.125	81.25	8.63	----	2.02
	y	0.125	81.25	8.63	----	2.02

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

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

[2] DIN EN 1992-1-1/NA: Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 2, Teil 1-1, Januar 2011

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